水力資源有効活用技術開発調査
小水力資源有効活用技術開発調査

報告書

簡易発電システム設計マニュアルの策定

平成 18 年度

平成 19 年 3 月

財団法人　新エネルギー財団

(経済産業省　資源エネルギー庁　委託調査)

まえがき

我が国は，世界有数のエネルギー消費国であり，依然として一次エネルギー供給の８割以上を輸入に依存するという，極めて脆弱なエネルギー構造を持っている。このため，エネルギーセキュリティ面の観点から，エネルギーの安定供給を確保することは引き続き重要な政策課題である。

また，平成 17 年 2 月 16 日，気候変動枠組条約第 3 回締約国会議(COP3)で採択された「京都議定書」(1997)が，141 ケ国・地域（EU 連合含む）の批准により発効された。この中で我が国は，温室効果ガスの排出量を，2008 年から 2012 年の平均値で 1990 年に比べ，6%削減することを義務付けられている。しかし，最近の実績では基準年を逆に数%上回る状況にあるため，短期間のうちにより実効性の高い対策を講じていくことが喫緊の課題となっている。

このような目標の達成に当たっては，わが国においても「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」（いわゆる RPS 法）が施行され，本格的な取り組みがなされている。

再生可能エネルギーの中で「水力」は，設備利用率が高く，単位発電量あたりの CO_2 排出量も格段に少ないことから，今後の再生可能エネルギー開発政策の中核に位置づけられるべきエネルギーである。総合資源エネルギー調査会需給部会は，平成１３年７月の「長期エネルギー需給見通し」において，1990 年度の一般水力発電供給量 788 億 kWh に対して，2010 年度には 803 億 kWh が必要としている。

河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設などを利用した発電や，水路式発電所に地下調整池を付加した発電は取水設備等，既存の設備を利用することができるため，新規開発に比べ環境負荷が小さい。しかし，これまでは経済性に劣る等の理由で開発されてこなかったため，経済性を向上させる技術開発を行うことにより，これらの地点の開発を促進することが可能となる。「水力資源有効活用技術開発調査」はこれらの地点を経済的に開発するため，平成１４年度から開始した技術開発調査で，「小水力資源有効活用技術開発調査」および「地下調整池による水路式発電所増強技術開発調査」から構成されている。

本報告書は，平成 18 年度に資源エネルギー庁の委託により（財）新エネルギー財団が実施した，「水力資源有効活用技術開発調査」のうち「小水力資源有効活用技術開発調査」に関する調査検討について取りまとめたものである。

本調査を実施するにあたっては，（財）新エネルギー財団に委員会および専門部会を設置し，本調査に関する基本的事項，具体的・専門的事項について審議した。

本調査の実施にあたりご指導，ご協力いただいた関係各位に対し厚くお礼を申し上げる次第である。

平成１９年３月

水力資源有効活用技術開発調査

小水力発電部会　委員名簿

（平成１８年度）

役名	氏　名	所　属　お　よ　び　職　名
主査	山中　豪俊	電源開発㈱　東日本支店　田子倉電力所　所長
副主査	笠原　強造	東京電力㈱　信濃川電力所　土木建築グループ　副長
委員	細越　　亮	東北電力㈱　土木建築部　水力土木グループ　主任
委員	大濱　隆司	九州電力㈱　土木部　土木計画・建設グループ　チーフ
委員	斉藤　恵吾	群馬県企業局　発電課　主任
委員	白石　達也	東京発電㈱　水力事業部　運営管理グループ　マネージャー
委員	大和　昌一	富士電機システムズ㈱　e‐ソリューション本部 エネルギーソリューション統括部　担当部長 営業技術部
委員	安蒜　和浩	㈱明電舎　発電制御装置部　技術課　技師

目　　次

Ⅰ　概　要

１．１　調査目的　----------Ⅰ-1
１．２　調査の基本方針　----------Ⅰ-1
１．３　調査内容　----------Ⅰ-1
１．４　平成 18 年度の調査項目および結果　----------Ⅰ-3

Ⅱ　詳細調査・技術的検討

１．１　一般市販管の水圧管路への適合に向けた基準の調査・検討　--------Ⅱ-1.1
１．２　一般市販管による水圧管路技術基準(案)　----------Ⅱ-1.7

Ⅲ　実例に関する調査・検討

第１章　個別地点の実例に関する調査・検討

１．１　個別地点の実例に関する調査・検討　----------Ⅲ-1.1
１．２　関係法令と簡易発電システムの関わり　----------Ⅲ-1.5

第２章　個別要素技術に関するデータ収集・分析および評価

２．１　土木設備要素技術に関するデータ収集・分析および評価----------Ⅲ-2.1
２．２　電気機械設備要素技術に関するデータ収集・分析および評価--------Ⅲ-2.10

Ⅳ　簡易発電システム設計マニュアルの策定

第１章　概　要

１．１　目　的 ..... 1－1
１．２　適用範囲 ..... 1－2
１．３　対象施設 ..... 1－4
１．４　基本構想 ..... 1－6
１．５　コストダウン要素および要素技術の採用によるコストダウン効果 ..... 1－9

第２章　調査・計画

２．１　調　査 ..... 2－1
２．２　計　画 ..... 2－1

第３章　土木設備

３．１　取水設備 ..... 3－1
３．２　水圧管路 ..... 3－14
３．３　発電所基礎・建屋 ..... 3－20
３．４　その他設備 ..... 3－26
３．５　コストダウンの要素 ..... 3－28

第４章　電気機械設備

４．１　水　車 ..... 4－1
４．２　発電機 ..... 4－10
４．３　制御・保護装置 ..... 4－25
４．４　その他設備 ..... 4－36
４．５　コストダウンの要素 ..... 4－41

第５章　施工計画・工事工程

５．１　施工計画 ..... 5－1
５．２　工事工程 ..... 5－1

第６章　概算工事費・経済性の評価

６．１　概算工事費 ..... 6－1
６．２　経済性の評価 ..... 6－1

第７章　運　転・保　守

７．１　運　転（監視・運用）.....7－1
７．２　保　守（点検・管理）.....7－9

第８章　関係法令・基準等

８．１　法令・基準および規程.....8－1
８．２　適用施設別手続き.....8－38

第９章　助成制度

９．１　主な助成制度.....9－1
９．２　地方債等.....9－2

簡易発電システム設計マニュアル　巻末資料

巻末資料－１　各適用施設における標準的な落差と流量の範囲
巻末資料－２　一般市販管に関する検討資料
巻末資料－３　取水設備の課題と対応
巻末資料－４　ケーススタディ
巻末資料－５　モニタリング調査
巻末資料－６　水車の開発動向
巻末資料－７　発電機の開発動向
巻末資料－８　水車等に関する海外機器製作者の技術調査
巻末資料－９　永久磁石発電機システムの運転制御事例
巻末資料－10　一般水力発電設備土木構造物の点検内容事例
巻末資料－11　点検対象機器別点検頻度表
巻末資料－12　一般市販管による水圧管技術基準(案)
巻末資料－13　簡易発電システム設計マニュアル概要版
巻末資料－14　電気事業法の届出および河川法に係る許可申請事例等
巻末資料－15　参考資料

Ⅰ　概　要

Ⅰ　概　要

１．１　調査目的

「小水力資源有効活用技術開発調査」は，河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設など，低落差で流量が小さくこれまで発電に利用されてこなかった領域を対象として,低コストで簡易な発電システム(以下,「簡易発電システム」という）の構築を目的とする。

本調査は平成 14 年度～18 年度にかけて実施された。調査の全体実施状況を表Ⅰ-1.1 に示す。

表Ⅰ-1.1　調査スケジュール

調査項目	14 年度	15 年度	16 年度	17 年度	18 年度	備　　考
基本構想の検討						
技術的検討・詳細調査						(平成18年度) 一般市販管による水圧管路技術基準(案)を策定
ケーススタディ						
実証試験要領の作成						
実例地点に関する調査・検討						
簡易発電システム 設計マニュアルの策定						

１．２　調査の基本方針

調査の基本方針は，以下のとおりとした。

①　対象とする開発規模は 500kW 程度以下とする。

②　建設コストの低減を図る。

③　運転・保守に要するコストの削減を図る。

④　要求品質と保証品質を最低限度満足するシステム設計を行う。

１．３　調査内容

調査全体の内容を以下に整理した。また調査全体の展開を図Ⅰ-1.1 に示す。

(1) 平成 14 年度の調査内容

平成 14 年度は，簡易発電システムの基本構想について検討し，コストダウンの可能

性を確認した。さらに,「技術的検討・詳細調査」としてコストダウンに向けたる要素技術について基礎的な調査・検討を実施した。

(2) 平成 15 年度の調査内容

平成 15 年度は，簡易発電システム構築に向けた「技術的検討・詳細調査」として，要素技術，適用施設別コストダウンおよび監視・運用管理について調査・検討した。

また,「ケーススタディ」として 5 つの地点を選定し，そのうち 3 地点について在来設計と簡易発電システムでそれぞれ比較設計を行った。

(3) 平成 16 年度の調査内容

平成 16 年度は,「技術的検討・詳細調査」として，平成 15 年度に引続き要素技術，適用施設別コストダウンおよび監視・運用管理について，実例地点に対するモニタリングを含めた調査・検討を実施し，要素技術の中では、水車、発電機について，簡易発電システムへ適用可能な機器の開発動向を調査した。

また,「ケーススタディ」として前年度の残りの 2 地点と新たに選定した 1 地点について，在来設計と簡易発電システムとの比較設計を行った。2 ヵ年にわたるケーススタディの結果，簡易発電システムによってコスト（建設単価）が低減することを確認した。

さらに，簡易発電システムの実証に向け，各設備の機能を確認するために必要とされる試験項目を抽出するとともに，実証試験における確認事項・試験方法および評価方法を整理し,「実証試験要領(案)」を作成した。

(4) 平成 17 年度の調査内容

平成 17 年度は，簡易発電システム構築に向けた「技術的検討・詳細調査」として，一般市販管に関する調査検討を中心に検討を行い,『水門鉄管技術基準　FRP(M)水圧管編』と比較する形で,『一般市販管による水圧管路技術基準(案)の骨子』を作成した。さらに，水車等に関する海外機器製作者の技術調査を実施し，海外機器の導入についての可能性について確認した。

また,「実例地点に関する調査・検討」として，小水力発電導入地点のモニタリング調査および一般市販管，永久磁石発電機等の個別要素技術のデータ収集・分析・評価を実施した。

そのうえで,「簡易発電システム設計マニュアルの策定」として，調査初年度からの成果を整理し,『簡易発電システム設計マニュアルの骨子』を作成した。

(5) 平成 18 年度の調査内容

平成 18 年度は,「技術的検討・詳細調査」として，平成 17 年度でとりまとめた骨子

をベースに検討を重ね，内容の精査・充実を図り『一般市販管による水圧管路技術基準（案)』をとりまとめた。

また，前年度に引き続いて「実例地点に関する調査・検討」を実施し，最新の事例について調査・検討するとともに，これまでの調査結果をとりまとめて『簡易発電システム設計マニュアル』（以下,「本設計マニュアル」という。）の作成に反映させた。

そして,「簡易発電システム設計マニュアルの策定」として，5 年間にわたる調査を最終的にとりまとめ，コストダウンの実現に向けた本設計マニュアルを策定した。

(6) 調査結果の全体とりまとめ

平成 14 年度～18 年度にかけて実施した調査・検討結果の全体は，最終的に，本報告書のⅣに記載した本設計マニュアルにとりまとめた。

各調査・検討項目のとりまとめ箇所を表Ⅰ-1.2 に整理した。

表Ⅰ-1.2 調査結果のとりまとめ箇所

調査・検討項目	本報告書　当該箇所
基本構想の検討	本設計マニュアル第 1，8 章および巻末資料－1
詳細調査・技術的検討	本設計マニュアル第 3，4，7 章および巻末資料 2～3，6～15
ケーススタディ	本設計マニュアルおよび巻末資料－4
実例に関する調査・検討	本設計マニュアルおよび巻末資料－5
簡易発電システム設計マニュアルの策定	本設計マニュアル

１．４　平成 18 年度の調査項目および結果

平成 18 年度の調査項目および結果を以下に整理した。また，平成 18 年度の調査概要を図Ⅰ-1.2 に示す。

１．４．１　詳細調査・技術的検討

「第 1 章　一般市販管の水圧管路への適合に向けた基準の調査・検討」では，調査・検討の流れを整理するとともに，一般市販管として技術的に検討すべき項目を抽出し，その性能を確認するための試験方法を抽出・整理した。この検討作業により『一般市販管による水圧管路技術基準（案)』の条項（規定事項）を明確にした。

次に，一般市販管の性能を確認するための各種試験が JIS 基準や協会基準,メーカー基準においてどのように規定され，必要な試験の全てに対応しているかを整理した。あわせて，一般市販管を水圧管路として適用するにあたり要求される項目を管の基本性能として満足する部分（評価）と，設計（計画）で対応する部分（対応）に区分し，基本性能に対する根拠資料を整理することにより，水力発電所の水圧管路としての要求性能を満足する

ことを確認した。

「第２章　一般市販管による水圧管路技術基準（案)」では，一般市販管に対するこれまでの調査・検討結果を踏まえ，一般市販管による水圧管路の計画一般，材料，設計，製作，据付け，保守管理にわたる『一般市販管による水圧管路技術基準（案)』を立案した。

１．４．２　実例に関する調査・検討

「第１章　個別地点の実例に関する調査・検討」では，農業用水利施設（取水堰）を利用した実例地点として，京都府に存在する嵐山保勝会水力発電所（京都嵐山保勝会）について調査を行った。この発電所は，2mに満たない農業用取水堰を利用したものであり，逆潮流ありでの低圧連系システムや，海外製のサイフォン式水車を採用するなど，簡易発電システムの構築に向けて貴重な参考事例となった。

また，嵐山保勝会水力発電所建設に係る官庁協議をはじめ平成 16 年に実施したモニタリング調査結果などを勘案し，「関係法令と簡易発電システムの関わり」として整理した。

「第２章　個別要素技術に関するデータ収集・分析および評価」では，浸透水取水方式を採用している実例として，中国電力㈱周布川第一発電所の木戸谷川取水ダムについて調査を行い，取水状況と保守管理の対応などについて確認した。また，水圧管路にポリエチレン管を採用している群馬県桐生市（旧黒保根村）の利平茶屋発電所を調査し，2 年間を越える運用の中で問題がないことを確認した。

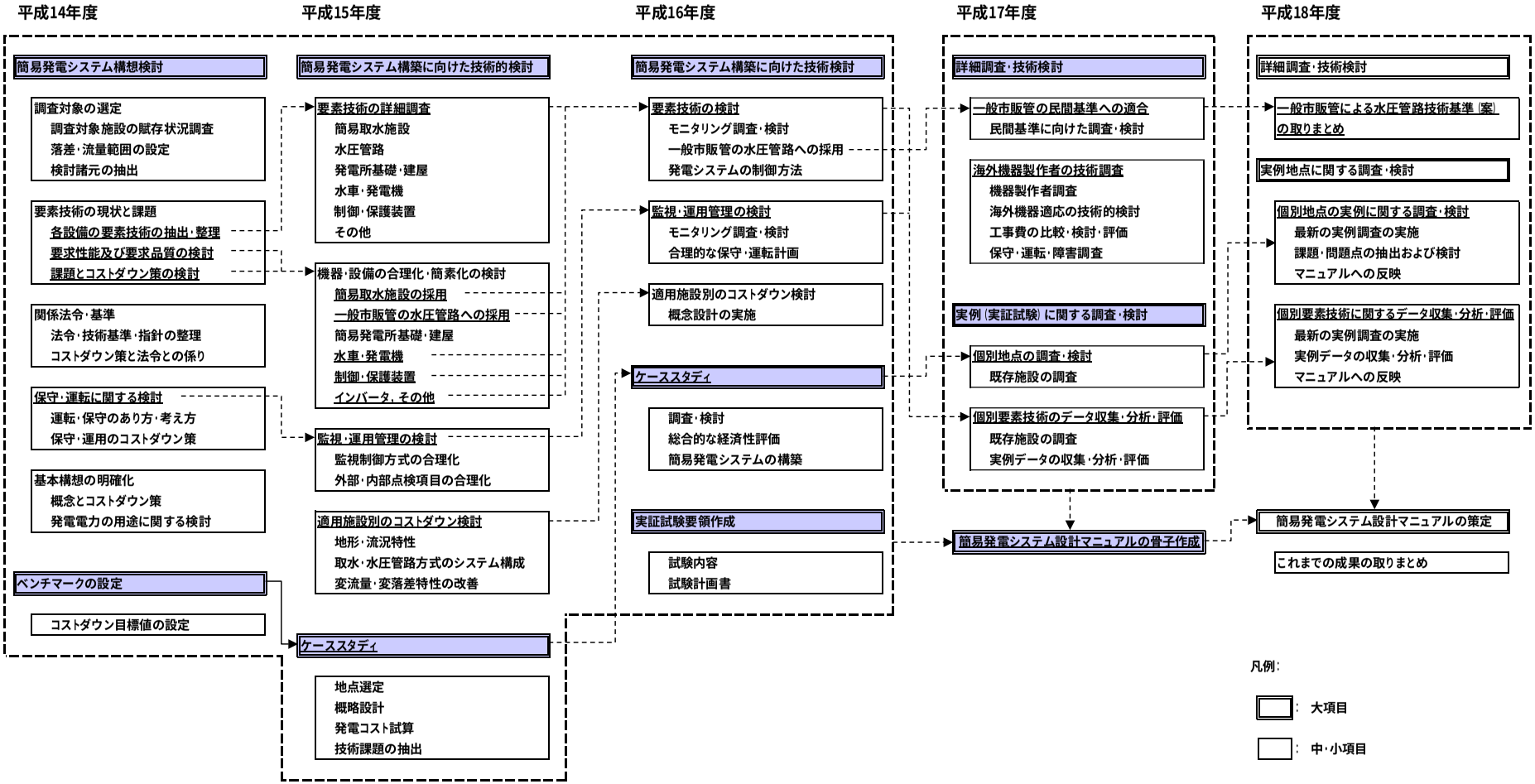
さらに，永久磁石発電機を採用している富山県南砺市（旧利賀村）の南砺市利賀ミニ水力発電所について調査を行い，機能的に問題のないことを確認するとともに，運用状況，保守管路の対応などについて確認した。

１．４．３　簡易発電システム設計マニュアルの策定

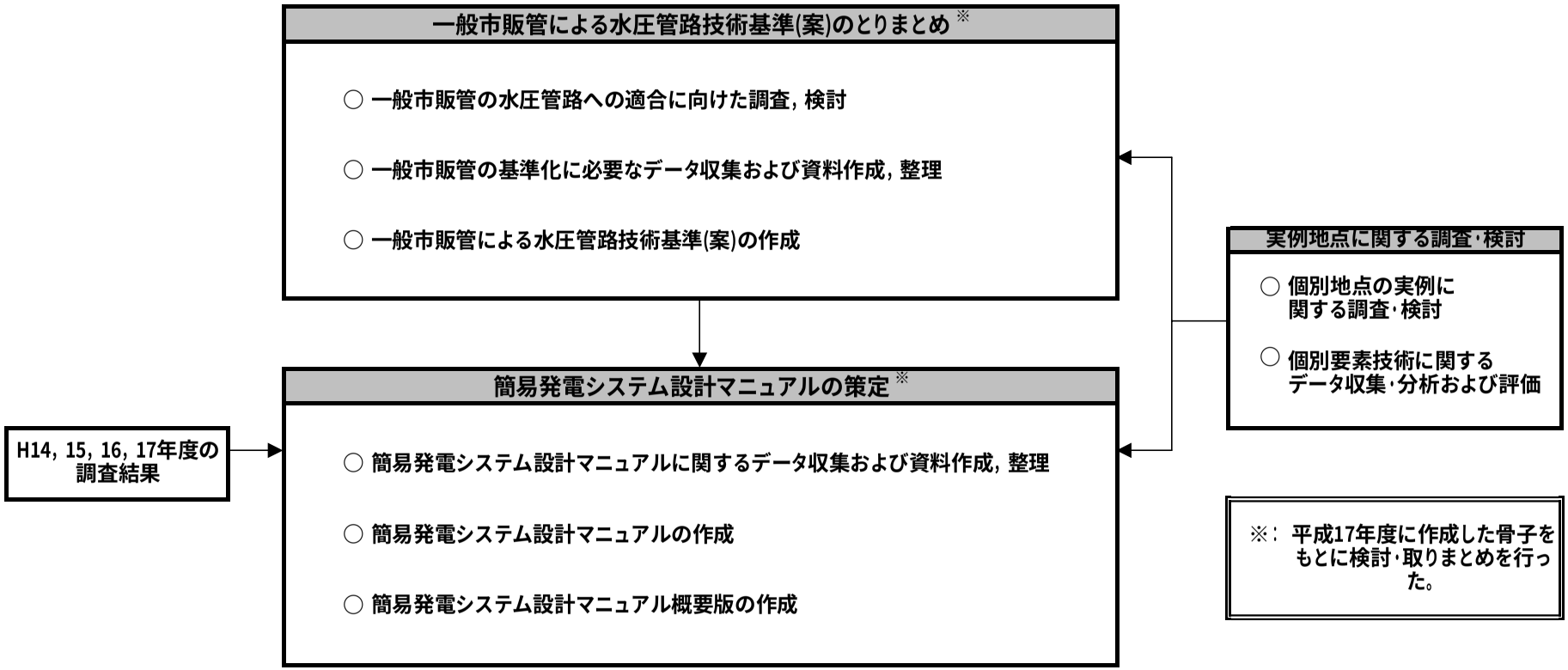
平成 14 年度からの成果を本設計マニュアルとして，総合的にとりまとめた。

本設計マニュアルでは，河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設など，低落差で流量が小さくこれまで発電に利用されてこなかった領域を対象として，低コストで簡易な発電システム（簡易発電システム）を説明するもので，コスト低減に係る要素技術の考え方（設計)，運転・保守および関係法令等を中心に，調査計画，施工，経済性評価および助成制度についても概略を解説して，小力発電所の建設全般にわたって対応できるものとした。

また，巻末資料として，平成 14 年以降の調査・検討で得られた成果であるケーススタディ，モニタリング調査，永久磁石発電機システムの運転制御事例，一般市販管による水圧管路技術基準(案)，本設計マニュアルをコンパクトにまとめた概要版などを添付した。



図Ⅰ-1.1　小水力資源有効活用技術開発調査の調査展開図



図Ⅰ-1.2　平成18年度　小水力資源有効活用技術開発調査　調査内容概念図

II　詳細調査・技術的検討

Ⅱ　詳細調査・技術的検討

本章では，平成 17 年度に取りまとめた『一般市販管による水圧管路技術基準(案)の骨子』をベースに，一般市販管の適用に関する資料の精査・充実を行い，その結果を整理した。さらに，一般市販管による水圧管路の設計や施工等についても整理し，最終的に『一般市販管による水圧管路技術基準(案)』として取りまとめた。

１．１　一般市販管の水圧管路への適合に向けた基準の調査・検討

１．１．１　一般市販管の水圧管路への適合に向けた基準の調査・検討

簡易発電システムにおける水圧管路として，３種の一般市販管（硬質塩化ビニル管，ポリエチレン管及び耐圧ポリエチレンリブ管[ハウエル管])を適用可能と評価した検討の流れを図Ⅱ-1.1 に示す。

一般市販管の水圧管路への適合性を確認するために，まず，一般市販管として技術的に検討すべき項目を抽出し，その性能を確認するための試験方法を抽出・整理した。この検討作業により技術基準（案）の条項（規定事項）を明確にした。

次に，一般市販管の性能を確認するための各種試験が JIS 基準や協会基準,メーカー基準においてどのように規定され，必要な試験の全てに対応しているかを整理した。

あわせて，一般市販管を水圧管路として適用するにあたり要求される項目を管の基本性能として満足する部分（評価）と，設計（計画）で対応する部分（対応）に区分し，基本性能に対する根拠資料を整理することにより，水力発電所の水圧管路としての要求性能を満足することを確認した。

検討の詳細は本報告書「Ⅳ　簡易発電システム設計マニュアル」の第 3 章 3.2 及び巻末資料-2 にまとめた。

適用可能とした一般市販管の管種と基本性能を表Ⅱ-1.1～3 に示す。

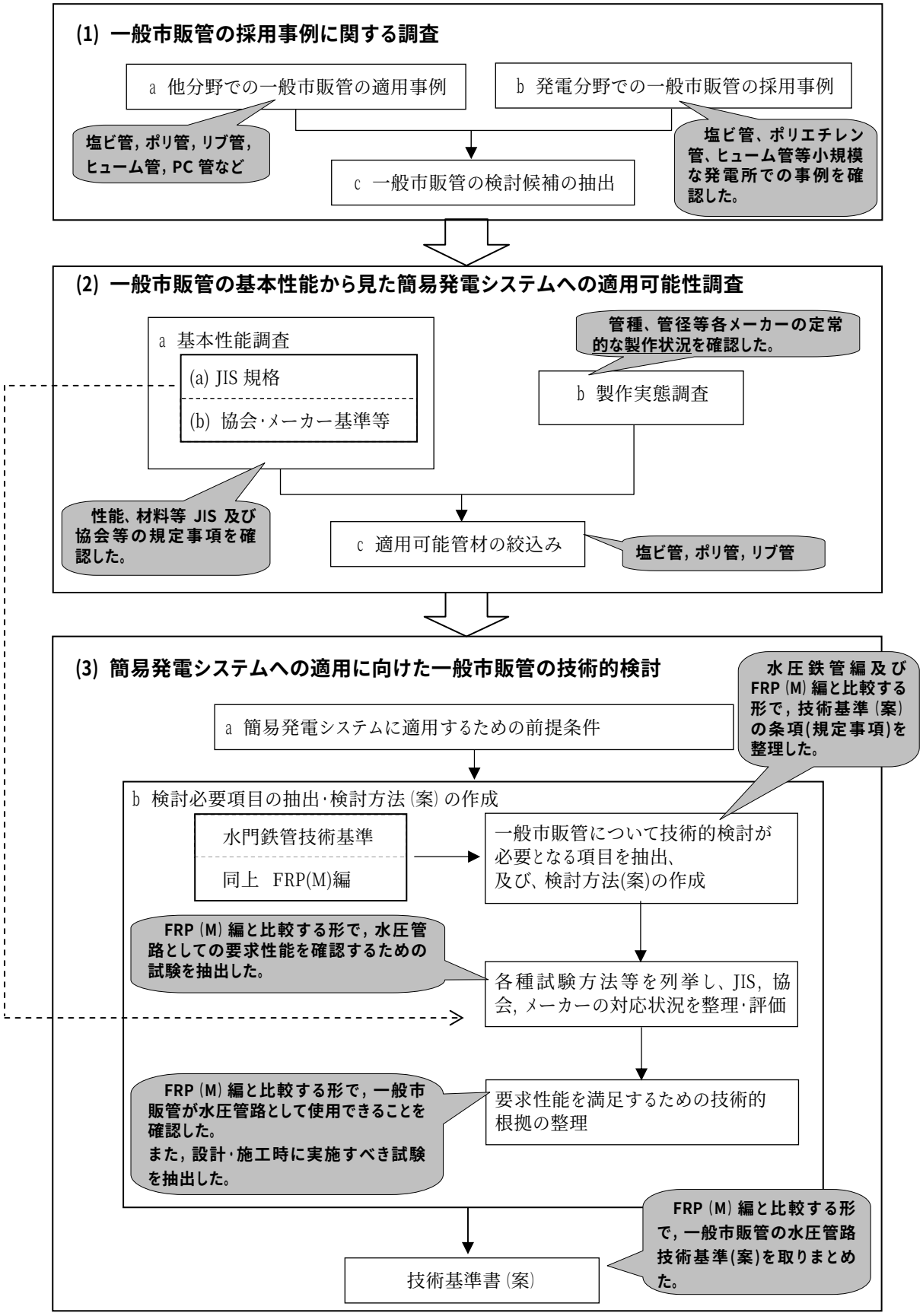


図 II -1.1　一般市販管を適用可能と評価した検討の流れ

表Ⅱ-1.1　適用管種

管種		規格	口径（呼び径）
塩ビ管	硬質塩化ビニル管	JIS K 6741 (2004)	13～700㎜
	水道用硬質塩化ビニル管	JIS K 6742 (2004)	13～150㎜
	水道用ゴム輪形硬質塩化ビニル管	JWWA K 127 (2004)	50～150㎜
	水道用ゴム輪形耐衝撃性硬質塩化ビニル管	JWWA K 129 (2004)	50～150㎜
	水道用ゴム輪形硬質塩化ビニル管	AS 31 (2001)	125～300㎜
	水道用ゴム輪形耐衝撃性硬質塩化ビニル管	AS 33 (2001)	125～300㎜
	農業用水用厚肉硬質塩化ビニル管	AS 60 (2000)	50～150㎜
ポリ管	一般用ポリエチレン管	JIS K 6761 (2004)	10～300㎜
	水道用ポリエチレン2層管	JIS K 6762 (2004)	13～50㎜
	農業用高密度ポリエチレン管	農水ポリエチレン管協会規格(ISO 4427(1996))	250～1500㎜
リブ管	耐圧ポリエチレンリブ管	JIS K 6780 (2003)	200～2000㎜
	内圧用高耐圧ポリエチレン管（ハウエル管）	高耐圧ポリエチレン管協会規格　(2005)	300～1000㎜

表Ⅱ-1.2　一般市販管の物性値

		単位	塩ビ管	ポリ管	リブ管
試験温度		℃	15	20	23
物理定数	弾性係数	MPa	2,750	830	750～1000
	ポアソン比	---	0.38	0.37	0.3～0.48
	比重	---	1.43	0.95	0.95～0.96
	線膨張係数	1/℃	$6\sim7\times10^{-5}$	$11\sim13\times10^{-5}$	$11\sim13\times10^{-5}$
機械的強度	短期引張強度	MPa	49	22.6	24～32.3
	短期曲げ強度	MPa	88.5	34.3	24～32.3
備考			塩化ビニル管･継手協会	農水ポリエチレン管協会	高耐圧ポリエチレン管協会

注）;短期引張強さ，短期曲げ強さ:製造後の基準強度であり，クリープの影響を受けていない強度）
（参考:長期強度:クリープの影響を考慮した50年後の期待強度）

表Ⅱ-1.3　一般市販管の最大使用圧力

塩ビ管の種類

記号	最大使用圧力※ (MPa)	呼び径 (㎜)
VH	1.25	50～150
VP	1.00	13～300
VM	0.80	350～500
VU	0.60	40～700

※最大使用圧力は参考値であり，VHはAS60，VP,VM，VUはJIS K 6741に規定される値。

ポリ管の種類

記号	最大使用圧力※ (MPa)	呼び径 (㎜)
SDR11	1.60	10～550
〃 13.6	1.25	10～700
〃 17	1.00	10～700
〃 21	0.80	10～1100
〃 26	0.63	10～1500
〃 29	0.57	10～1500
〃 33	0.50	10～1500

※最大使用圧力は参考値であり，農水ポリエチレン管協会で規程している値。ここで示される値はISO 4427の考え方(ISO 4427 3.6)に準じたものであり，MRS（長期強度＝50年後に予想される強度)に対して安全率1.25を考慮して設定された値である。この考え方及び安全率は，JIS K 6761 付属書３にも明記されている。

リブ管の種類

記号	最大使用圧力※ (MPa)	呼び径 (㎜)
5K	0.50	300～1000
4K	0.40	300～1000
1K	0.10	200～2000

※最大使用圧力は参考値であり，高耐圧ポリエチレン管協会で規程している値。

１．１．２　技術基準(案)における安全率の設定

「一般市販管による水圧管路技術基準(案)」の策定にあたっては，既往の水門鉄管技術基準（水圧鉄管編及び FRP(M)編）に加えて,水圧管路として一般市販管を対象としている設計基準（『水道施設設計指針』（日本水道協会，2000),『土地改良事業計画設計基準「パイプライン」』（農林水産省構造改善局，1998)）を参考に検討した。

この検討のなかで，特に許容応力（安全率）に関する条項は,一般市販管の設計において特に重要な部分であり,その考え方を明確にしておく必要がある。そのため,一般市販管による水圧管路において設定した許容応力（第 17 条）の考え方を以下に示す。

(1) 水門鉄管技術基準　FRP(M)編

FRP(M)編では,“ FRP(M)管の設計計算に用いる安全率は，各地点の状況に応じ，これらの要因を考慮したうえで設計者が判断し，決定する必要がある ”としている。さらに,“ 通常の FRP(M)水圧管に対し,本基準に従って設計する場合は安全率として 6 を用いてよい ”，としている。

この安全率の値は,ASME（米国機械学会）の FRP 圧力容器基準(ASME,Boiler and Pressure Vessel Code.Sec X,Fiber-Reinforced Plastic Presure Vessels. RD-111, 1995)で採用している安全率に等しい。

(2) 『水道施設設計指針（水道指針)』(日本水道協会，2000)

内圧による応力と外圧による応力を別々に評価する条件で，長期強度（管が 20℃で 50 年後に予想される強度）に対する安全率を，塩ビ管に対して 2.3 程度，ポリ管に対して 2.0 程度としている。

一方，長期強度は短期強度のほぼ 1/2 と考えられるため，短期強度を長期強度に変換させるためには 2.0 程度の安全率をかければよい。従って，長期強度に対する安全率を 2 とした場合，短期強度に対する安全率は 4 程度となる。

また，外圧による曲げ応力に対しては，水道指針においても，短期引張強度に対して安全率 2.5 としている。

しかし，縦断方向の検討についての安全率は特に規定していない。

(3) 『土地改良事業計画設計基準「パイプライン」(農林基準)』

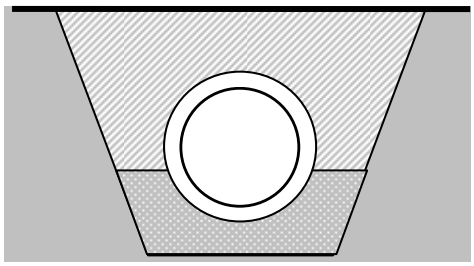
（農林水産省構造改善局，1998)

内圧による応力と外圧による応力を同時に評価する条件で，短期強度（製造後の強度＝クリープの影響を受けていない材料の強度）に対する安全率を,3.0 としている。

また，縦断方向の検討については，短期引張強度に対して安全率 2.0 としている。

しかし，外圧による曲げ応力に対しては安全率を規定していない。

(4) 水道指針及び農林基準における発生応力に対する照査方法



内圧によって発生する引張応力　σ_1　，　許容引張応力　σ_{1a}

内圧によって発生する曲げ応力　σ_2　，　許容曲げ応力　σ_{2a}

図Ⅱ-1.2　埋設管に作用する応力

a　水道指針

内圧による引張応力と外圧による曲げ応力を別々に照査する。

(a) 内圧

$$\sigma_1 = \frac{P(D-t)}{2t} \leqq \sigma_{1a}$$

ここに，p ；内圧(N/mm^2)，

D ；内径(mm)

t ；管厚(mm)

(b) 外圧

$$\sigma_2 = \frac{k \bullet P_e \bullet r^2}{z} \leqq \sigma_{2a}$$

ここに，p_e ；外圧(N/mm^2)

k ；支承角及び管の照査位置からきまる曲げモーメント係数

r ；管厚中心半径(mm)

z ；断面係数(mm^3/mm)

b　農林基準

内圧と外圧による応力を一緒に評価し，必要管厚を照査する。

$$t \geqq \frac{0.5D \bullet H + \sqrt{(0.5D \bullet H)^2 + 24\alpha \bullet \sigma_{1a} \bullet M}}{2 \bullet \sigma_{1a}}$$

ここに，D ；内径(mm)，

H ；設計水圧(静水圧＋水撃圧) (N/mm^2)

α ；管の引張応力/曲げ応力

M ；外圧によって発生する最大曲げモーメント(N・mm/mm)

c　水道指針と農林基準の比較

表Ⅱ-1.4　設計の考え方の比較

設計の考え方		水道指針	農林基準
周方向応力の検討	荷重の考え方※	内圧による応力と外圧による応力を別々に評価	内圧による応力と外圧による応力を足し合わせて評価
	設計基準強度	長期引張強度（クリープによる強度低下考慮）	短期引張強度（クリープによる強度低下無視）
	安全率	2.3（塩ビ管），2.0（ポリ管）	3.0（塩ビ管，ポリ管）
周方向曲げ応力の検討	設計基準強度	短期引張強度（クリープによる強度低下無視）	(規定していない)
	安全率	2.5（塩ビ管，ポリ管）	
縦断方向の検討	設計基準強度	(規定していない)	短期引張強度（クリープによる強度低下無視）
	安全率		2.0（塩ビ管，ポリ管）
短期荷重と長期荷重の関係		短期強度　長期強度×2.0	短期強度のみに着目している

※水圧鉄管･FRPMおよび一般市販管における荷重の考え方は，水道指針と同様に，内圧による応力と外圧による応力を別々に評価

(4) 一般市販管による水圧管路への適用

一般市販管による水圧管路の設計方針は基本的に水門鉄管技術基準（水圧鉄管編及び FRP(M)水圧管編）に準じることとし，荷重の考え方としては，内圧と外圧を別々に評価することを基本とした。

また,設計基準強度としても,水門鉄管技術基準に準じて，クリープによる強度低下を考慮していない短期強度を基準とする。

以上のことから,一般市販管による水圧管路の設計においては,水道基準と同程度の安全率を確保することを基本とし,短期強度(製造後の強度＝クリープによる影響を受けていない材料の強度）に対して，以下の安全率を示すこととした。

設計内圧により発生する引張周方向応力に対して　；　安全率　4
外圧による曲げ応力に対して　；　安全率　2.5

なお，一般市販管による水圧管路技術基準(案)の第 17 条（許容応力）の条項では，水門鉄管技術基準　水圧鉄管編及び FRP(M)水圧管編と同様に,“設計計算に用いる安全率は，各地点の状況に応じ，これらの要因を考慮したうえで設計者が判断し，決定する必要がある”と明記することとした。

１．２　一般市販管による技術基準(案)

一般市販管の基本性能に対する検討及び許容応力（安全率）や荷重に関する検討結果をもとに,『一般市販管による水圧管路技術基準(案)』を策定した。

『一般市販管による水圧管路技術基準(案)』では，水圧管路の支持形式としては露出形式又は土中埋設形式によるものとし,『水門鉄管技術基準　水圧鉄管編』及び『水門鉄管技術基準　FRP(M)編』で対象としている岩盤埋設形式については対象外とした。また，各条項の規定事項は基本的に水圧鉄管編及び FRP(M)水圧管編に準じた内容としたが，構成については全体の流れを考えて若干修正した。

なお，一般市販管はその適用管径や最大使用圧力が限られることから，発電所の規模は大きくても数百 kW であり，比較的小さな規模になるものと考えられる。一方，岩盤埋設形式は，岩盤を掘削し，水圧管を挿入したあとに管と岩盤の間隙をグラウト等によって充填するもので，工費は比較的高くなるものと考えられる。さらに，一般市販管が多く採用されている水道や農業の技術書（『水道施設設計指針』日本水道協会 2000,『土地改良事業計画設計基準(パイプライン)』農林水産省 1998）においても，一般市販管に対応する岩盤埋設形式に関する規定はない。したがって,『一般市販管による水圧管路技術基準(案)』では岩盤埋設形式を対象外とした。

また，土中埋設の場合，一般市販管を採用できるような地点は，基本的に条件の良い地盤を前提としている（第 29 条）ため，地震力は考慮しなくて良いものとした。この対応は『水門鉄管技術基準　水圧鉄管編』及び『水門鉄管技術基準　FRP(M)編』においても同様である。

『一般市販管による水圧管路技術基準(案)』の目次を次頁に示す。また,『一般市販管による水圧管路技術基準(案)』の全文については，本報告書「Ⅳ　簡易発電システム設計マニュアル」の巻末資料-12 として添付した。

一般市販管による水圧管路技術基準(案)

・ 硬質塩化ビニル管
・ ポリエチレン管
・ 耐圧ポリエチレンリブ管　　編

目　　次

第１節　総　　則
第１条　適用範囲 …… 1
第２条　定　　義 …… 1

第２節　計画一般
第３条　計画，設計 …… 3
第４条　設計に用いる内圧 …… 5
第５条　設計に用いる外圧 …… 9
第６条　損失水頭 …… 10

第３節　材　　料
第７条　主要耐圧部の材料 …… 13
第８条　付属設備の材料 …… 15
第９条　材料試験 …… 15

第４節　主要耐圧部の設計
第１　一般事項
第10条　設計の原則 …… 17
第11条　余裕厚 …… 17
第12条　設計に用いる寸法 …… 18
第13条　継手効率 …… 18
第14条　設計に用いる物性値 …… 18
第15条　考慮する荷重 …… 21
第16条　荷重の組合せ …… 22
第17条　許容応力 …… 22

第 18 条　許容応力の割増 ····· 24
第 19 条　主要耐圧部の設計 ····· 24
第 20 条　振動に対する考慮 ····· 25
第 21 条　使用環境に対する考慮 ····· 26
第 22 条　摩耗に対する考慮 ····· 27
第２　露出形式水圧管
第 23 条　考慮する荷重 ····· 30
第 24 条　荷重の組合せ ····· 30
第 25 条　管と支承の摩擦係数 ····· 31
第 26 条　応力の算定 ····· 31
第３　土中埋設形式水圧管
第 27 条　考慮する荷重 ····· 36
第 28 条　荷重組合せ ····· 36
第 29 条　埋設条件 ····· 37
第 30 条　応力の算定 ····· 38

第 5 節　付属設備
第 31 条　継手 ····· 45
第 32 条　継手の設計 ····· 47
第 33 条　曲管 ····· 47
第 34 条　漸縮管 ····· 48
第 35 条　分岐管 ····· 49
第 36 条　付属設備設置に伴う欠損部の補強 ····· 50
第 37 条　スラストカラ ····· 50
第 38 条　マンホール ····· 51
第 39 条　空気管及び空気弁 ····· 51
第 40 条　制水弁，バイパス管及びバイパス弁 ····· 52
第 41 条　排水管及び排水弁 ····· 53
第 42 条　支台及びアンカブロックの位置と基礎 ····· 53
第 43 条　支台及びアンカブロックに考慮する荷重 ····· 55
第 44 条　支台及びアンカブロックの安定検討 ····· 59
第 45 条　支台の支承部 ····· 61
第 46 条　アンカボルト等 ····· 62

第 6 節　製作

第 47 条　試験及び検査 …… 63
第 48 条　付属設備の製作 …… 64

第 7 節　据付け

第 49 条　取扱い …… 65
第 50 条　据付一般 …… 65
第 51 条　継手の施工 …… 66
第 52 条　調整管 …… 67
第 53 条　充水及び運転試験 …… 67
第 54 条　銘板 …… 68

第 8 節　保守管理

第 55 条　漏水の防止 …… 69
第 56 条　継手の整備 …… 69
第 57 条　空気管及び空気弁の整備 …… 69
第 58 条　振動の軽減 …… 70
第 59 条　完成後の水質に対する考慮 …… 70
第 60 条　管の点検 …… 71
第 61 条　補修又は取替え …… 71
第 62 条　支台及びアンカブロックの補修 …… 71
第 63 条　敷及び切取りのり面の保護 …… 72

III　実例に関する調査・検討

第１章　個別地点の実例に関する調査・検討

第１章　個別地点の実例に関する調査・検討

本章では，農業用水利施設（取水堰）を利用した実例地点として，京都府に存在する嵐山保勝会水力発電所（京都嵐山保勝会）の調査結果を取りまとめた。また，嵐山保勝会水力発電所建設に係る官庁協議をはじめ，平成 16 年に実施したモニタリング調査結果などを勘案し，「関係法令と簡易発電システムの関わり」として整理した。

１．１　個別地点の実例に関する調査・検討

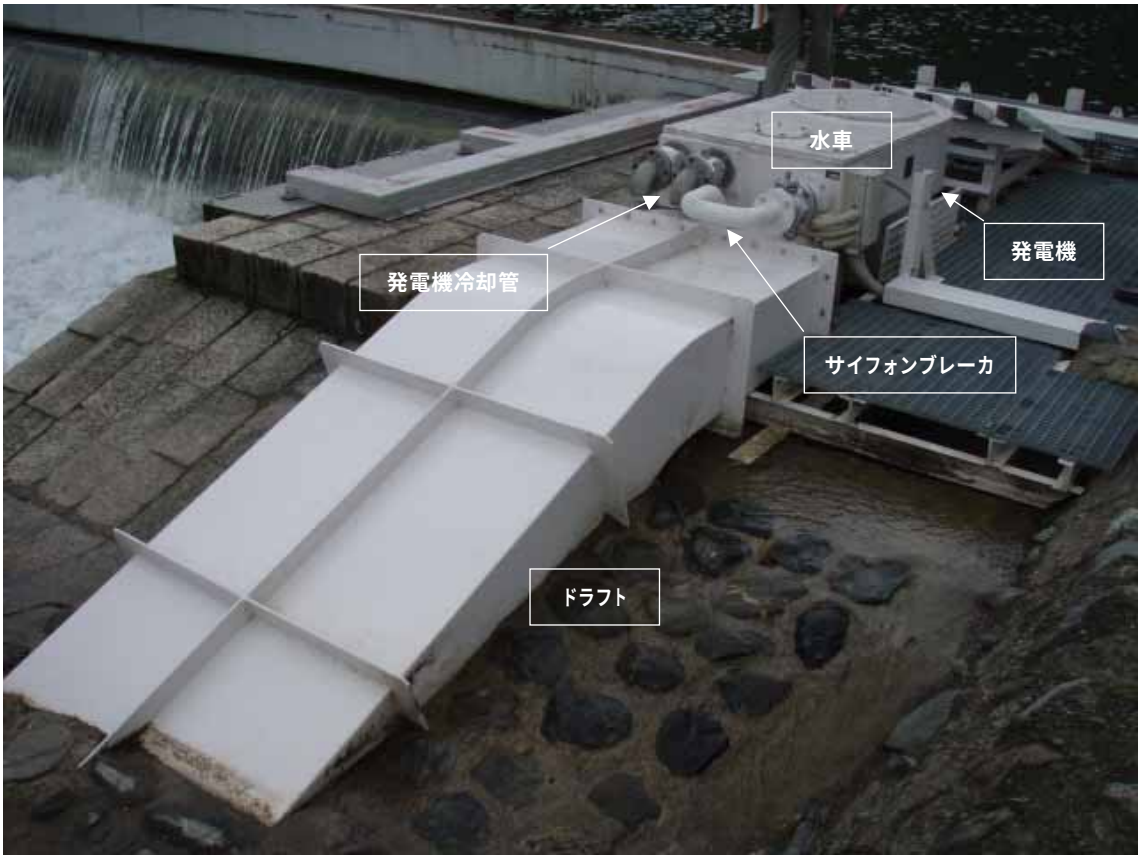
農業用水利施設（取水堰）を利用した実例地点として，京都府に存在する嵐山保勝会水力発電所（京都嵐山保勝会）について調査を行った。

この発電所は，2mに満たない農業用取水堰を利用したものであり，逆潮流ありでの低圧連系システムや，海外製のサイフォン式水車を採用するなど，簡易発電システムの構築に向けて貴重な参考事例となった。

現地調査時に得られた主な内容を表Ⅲ-1.1 に示す。

表Ⅲ-1.1　嵐山保勝会水力発電所　調査結果

項　目	単位	内容、記事
設備名称		嵐山保勝会水力発電所
所在地		京都市右京区嵯峨天竜寺
設備区分		一般河川
河川水系		水源:淀川水系桂川 水利権:嵐山保勝会
事業者		嵐山保勝会
運転開始	年月日	平成17年12月
有効落差	m	1.73
最大使用水量	m^3/s	0.55
最大出力	kW	5.5
年間発電電力量	kWh	30,000（計画値）
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		低圧連系（220V）、逆潮流あり
用途		渡月橋照明、余剰電力を関電に売電
水車形式		ｻｲﾌｫﾝ式水車(ﾏｰﾍﾞﾙ)
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	295
発電機種類		立軸誘導発電機（ｼｰﾒﾝｽ）、ﾌﾟｰﾘｰおよびﾍﾞﾙﾄ増速
発電機出力	kW	5.5
発電機電圧	V	220、60Hz
回転速度	min^{-1}	614
制御･保護装置		発電機制御盤（ひまわりﾆｭｰｴﾈﾙｷﾞｰ）、単独運転検出装置（ｵﾑﾛﾝ）
監視装置･方法		ｲﾝﾀｰﾈｯﾄ、携帯電話による遠方監視
運用･保守		巡視は必要の都度実施、点検計画未定。
		軸受ｸﾞﾘｰｽ供給頻度2回/月、取水ｽｸﾘｰﾝ除塵を適宜実施。
		取水部水位による応水運転制御。
		運開半年後にﾍﾞﾙﾄ断、洪水期浸水障害あり（処置、対策済み）。
		主機廻り流木避け、安全柵追加設置（国交省の指導）。
特記事項		渡月橋の照明設備を自然ｴﾈﾙｷﾞｰで賄うことを目的に設置。
		NEDO中小水力補助30%+地元寄付金（企業、個人）。
		一級河川内設置（河川法26条許可）、逆変換装置なしで低圧系統連系。
		主機、発電機制御盤、照明切替盤が分散しているが同一構内扱い。
		主機は発電機下方設置（設置高さ制約）、防水（洪水対策）の特殊仕様。



写真III-1.1　主機（サイフォン式プロペラ水車、誘導発電機）外観



写真III-1.2　主機設置状況



写真III-1.3　同左（左岸側より）



写真III-1.4　主機設置状況（上流側より）



写真III-1.5　同左（右岸側より）



写真III-1.6　発電機制御盤



写真III-1.7　　同左



写真III-1.8　発電機制御盤内部



写真III-1.9　同左



写真III-1.10　照明切替盤



写真III-1.11　同左（取引用計量設備）



写真III-1.12　渡月橋



写真III-1.13　同左（LED 照明設備 60 基）

１．２　関係法令と簡易発電システムの関わり

(1) 関係法令に対する意見，要望等

現状の水力発電が関わる関係法令・基準等は，発電所の規模が比較的大きく，経済性の見込める地点を考慮したものとなっている。

このような状況の中，簡易発電システムで大幅なコストダウンを実施する場合，この関係する法令・基準等に抵触するかどうかによって，関係協議に係る時間が大きく左右される。

そこで，過去にNEFが実施したアンケート（電力会社，公営電気事業者および機器製作者に対して実施したアンケート調査（平成14年10月）並びに「水力資源有効活用技術開発委員会小水力発電部会」委員に対して実施したアンケート調査（平成14年12月））や，平成16年度に実施したモニタリング調査結果をもとに，発電事業者等の意見，要望等の集約結果を整理した。

① 水圧管路用管材（水門鉄管技術基準：第7条「水圧鉄管の材料」）

水門鉄管技術基準では，鉄管以外にFRPM管についての使用を認めている。この他の管材，特に樹脂管について強度上安全である場合，使用が認められればコストダウンが可能である。

② 水圧管路の管材最小板厚：（水門鉄管技術基準：第13条「最小板厚」）

水門鉄管技術基準では，最小板厚規定によりJIS規格管も最小板厚を6㎜としている。強度上安全で，施工上問題がない場合，最小板厚より薄い板厚の管材を使用することができれば，コストダウンの可能性がある。

③ アンケートおよびモニタリング調査結果の意見等

1）河川法

・小流量における許認可手続きの簡素化

大規模水力開発と同じ許認可申請資料の作成，ヒアリングが要求され，小出力発電設備では開発期間やコストに与える影響や負担が大きい。また，農業用水や上下水道を利用する場合でも，発電用水として，別途許認可が必要となる。

2）電気事業法

・小出力発電設備の適用範囲拡大

水力発電設備は，ダム式を伴わない出力10kW未満で規定されているが，適用範囲の拡大（ダム式の条件を廃止又は出力アップ）により普及が図れる。モニタリング調査では，出力9.9kWの事例が見られたが，届出手続きの省略や電気主任技術者選任の省略が主な理由とされ

た。

・工事計画届出書の簡素化

開発規模が小規模であり，安全や品質に直接関わる影響の少ないもの，他の法令・基準等により安全や品質が確保されているものは，提出書類の簡素化又は省略を図る。具体的には，メーカーでシリーズ化された汎用発電機や変圧器の短絡強度計算書等の省略等がある。

・ダム水路主任技術者届出の見直し

上下水道施設において減圧弁の代りやビル設備の冷却配水管の落差を利用する発電等，ダムや水路を伴わない発電設備に関しては、ダム水路主任技術者の選任を廃止する。

3）電気設備技術基準，解釈

・単独運転検出装置の省略

小出力発電設備ではコストに占める割合も大きく，モニタリング調査でも多く意見として出された。系統状況や運用形態，系統シミュレーションの結果等から，電力協議を通じて省略できる期待はある。

・低圧連系における逆変換装置の省略

電気設備技術基準の解釈では，低圧連系の場合「逆変換装置がなく逆潮流ありでの連系不可」とあるが、交流発電機での連系を認める。

4）電力供給規程，約款

・特定供給範囲の適用範囲拡大

自家消費する場合でも，同一構内でなければ供給できないため，適用範囲の拡大が求められる。

5）その他

・中小水力開発補助　補助率アップ

簡易発電システムは出力も小さく，スケールメリットが期待できないため，開発の普及には補助金による助勢が重要なファクターとなる。

太陽光発電，風力発電と横並びの補助が期待される。

・中小水力開発補助　申請条件の見直し

この申請条件として，工事計画届出書の受理があるが工事計画書はメーカーや機器を特定しないと作成できない部分がある。しかし，この制度では，原則として，補助金採択後に三社見積等によってメーカーを決定する必要があり，合理的ではない。申請条件の見直しを図る必要がある。

・中小水力開発補助　10%追加補助条件の見直し

RPS 法で認定された小水力発電設備では，余剰電力を売電した場合のみ中小水力開発補助の 10%追加が適用されるが，本来の再生可能エ

ネルギー普及促進の観点から，売電の有無に関わらず適用されるべきである。

・中小水力開発補助　対象範囲の拡大

現状，補助金の対象は採択決定以降の業務に限られているため，工事実施前に必要な地点調査・測量・基本計画等の業務は補助金の対象外となっている。

しかし，開発規模の小さい小水力発電では，これらの工事実施前に必用となる調査等にかかる経費は大きな割合を占めており，特に地方自治体等が独自で計画を行う場合，その資金調達が支障となって，計画そのものが実施不可能な状態となる現実がある。

このため，採択が決定したものについては，遡って補助対象とする仕組みを策定する必要がある。

・新エネルギーとして認定

小水力発電の普及が進まない現状や，その可能性を鑑み，出力1,000kW 以下の水力発電を新エネルギーに認定し，太陽光や風力発電並みの優遇政策で普及促進を図る。

第２章　個別要素技術に関する
データ収集・分析および評価

第２章　個別要素技術に関するデータ収集・分析および評価

本章では，浸透取水形式を採用している実例として，中国電力㈱周布川第一発電所の木戸谷川取水ダムについて調査を行い，取水状況と保守管理の対応などについて確認した。また，水圧管路にポリエチレン管を採用している群馬県桐生市（旧黒保根村）の利平茶屋発電所を調査し，2 年間を越える運用の中で問題がないことを確認した。

さらに，永久磁石発電機を採用している富山県南砺市（旧利賀村）の南砺市利賀ミニ水力発電所について調査を行い，機能的に問題のないことを確認するとともに，運用状況，保守管路の対応などについて確認した。

２．１　土木設備要素技術に関するデータ収集・分析および評価

２．１．１　浸透取水形式の取水施設に対する調査

浸透取水形式を採用している実例として，中国電力㈱周布川第一発電所の木戸谷川取水ダムについて調査を行った。

取水施設に関しては，電力以外の水道や農業の分野でさまざまな形式が見られるが，小流量の取水方式である浸透型取水設備については，設計方法など技術的な体系化がされていない状況にある。

中国電力㈱周布川第一発電所の木戸谷川取水ダムは，昭和 36 年の建設で，計画取水量は 0.30㎥/s である。構造形式は，取水ダム上流側に木枠（松）を組み，玉石を詰めて沈床を設け，その中に側面と天端に孔を空けた暗渠を設置している。

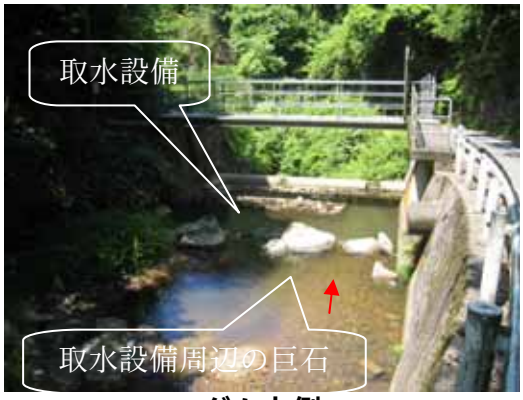
平常時はゴミが少なく完全取水しているが，出水時は砂礫によって，落葉期および融雪期は落葉等により取水に支障を来すことがあり，適時メンテナンスを行っているとのことであった。

40 年を超える実績の中で，大きな問題もなく安定に取水されていることから，木戸谷川取水ダムのような形式の浸透取水施設は簡易発電システムへ適用可能と考えられる。

現地調査時に得られた主な内容を表Ⅲ-2.1 に示す。

表III-2.1　木戸谷川取水ダム　調査結果

項　目	単位	内容、記事
設備名称		周布川第一発電所　木戸谷川取水ダム
所在地		島根県那賀郡弥栄村
設備区分		浸透流水方式取水設備
河川水系		周布川水系木戸谷川
事業者		中国電力㈱
運転開始	年月日	昭和36年11月(1961)
有効落差	m	146.15
最大使用水量	m^3/s	8.0　(木戸谷川取水ダム最大取水量：0.3m^3/s)
最大出力	kW	9,800
年間発電電力量	kWh	ー
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		ー
用途		事業用(電力供給)
水車形式		立軸フランシス水車
水車出力	kW	ー
回転速度	min^{-1}	ー
発電機種類		ー
発電機出力	kW	ー
発電機電圧	V	ー
回転速度	min^{-1}	ー
制御･保護装置		ー
監視装置･方法		随時巡回(頻度：1回/1ヶ月)
運用･保守		スクリーンを取水設備，導水路入り口部，本線合流立て坑接続部の3箇所に設置。
		除塵作業は人力で実施。
		玉石の清掃，並び換えは，長期断水時（およそ10年に1度）に実施。
		取水路などに堆積した土砂は，人力で排除。
特記事項		取水ダム直上流に設置した，側面と天端に孔を空けた暗渠から取水。
		暗渠の周辺は木枠（松）を組み，玉石を詰めて囲っている。
		昭和57年に取水設備天端の有孔スラブを撤去し，スクリーンに変更。
		取水設備が土砂の影響を受けた大きな出水は過去に3度あった。
		これ以外は土砂の影響を大きく受けたことはなく，土砂流出の少ない河川である。
		取水設備のスクリーンは，幅約350cm，長さ70cm，ピッチ40mm，バーの幅6mm。
		取水設備の孔の直径は4cm，間隔は20cm。



ダム上側



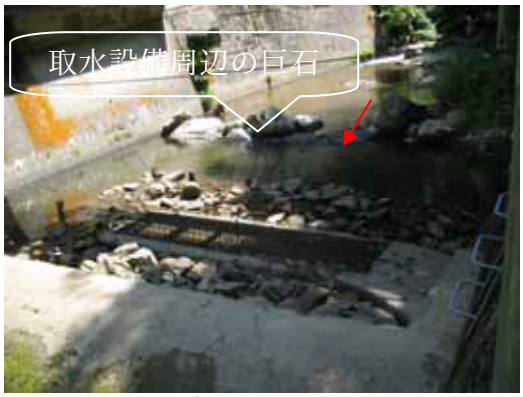
ダム上流側河川状況



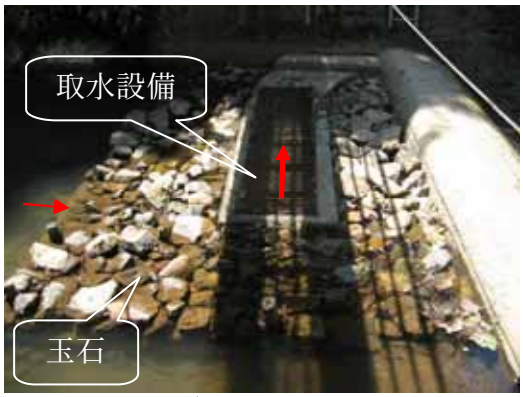
ダム下流側



ダム下流側河川状況

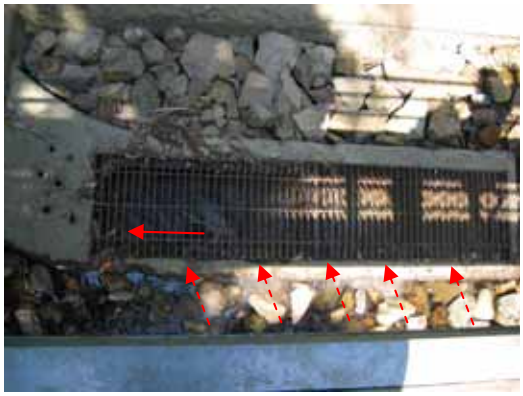


ダム取水口部



ダム取水口部

写真III-2.1　木戸谷川取水ダム　現地状況写真



取水口部



導水部



導水路（矩形，コンクリート）



導水路　水路橋



導水路本線　注入設備



導水路本線　注入設備

写真III-2.2　木戸谷川取水ダム　現地状況写真

２．１．２　一般市販管（ポリ管）採用地点に対する追加調査

水力発電所の水圧管路としてポリエチレン管を採用している群馬県桐生市（旧黒保根村）の利平茶屋発電所に対して調査を行った。

利平茶屋発電所に対しては建設直後に調査を実施し，計画面や各種協議などについて確認しているが，建設から 2 年以上を経過したこともあり，一般市販管であるポリエチレンの状況などを中心に追加調査を行った。

現地踏査および聞取調査の結果，一般市販管であるポリエチレンによる水圧管路は，運転時，充抜水時を含めて漏水，振動等はなく，2 年間を超える運転期間中を通じてなんら問題ないことが確認された。併せて，パワーコンディショナや海外製の小規模水車などについても，十分に機能していることが確認された。

したがって，ポリエチレン管は簡易発電システムへ適用可能と考えられる。

現地調査時に得られた主な内容を表Ⅲ-2.1 に示す。

表Ⅲ-2.2　利平茶屋発電所　調査結果

項　目	単位	内容、記事
設備名称		利平茶屋水力発電所
所在地		群馬県桐生市黒保根町
設備区分		砂防ﾀﾞﾑ
河川水系		利根川水系鳥居川(普通河川) 水利権なし(普通河川のため村管理)
事業者		群馬県桐生市黒保根支所
運転開始	年月日	平成16年4月
有効落差	m	63.44
最大使用水量	m^3/s	0.046
最大出力	kW	22
年間発電電力量	kWh	109,025（計画値）、35,519（H16年度）、59,455（H17年度）
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		低圧連系(220V)、逆潮流あり
用途		ｷｬﾝﾌﾟ場･管理棟負荷、余剰電力を東電に売電
水車形式		立軸ﾍﾟﾙﾄﾝ水車(ｸﾞﾗｰ)
水車出力	kW	30
回転速度	min^{-1}	1,060
発電機種類		立軸同期発電機(ｸﾞﾗｰ)、ﾍﾞﾙﾄ増速
発電機出力	kW	25.5(力率0.85、容量30kVA)
発電機電圧	V	440
回転速度	min^{-1}	1,500
制御･保護装置		発電機･保護盤(ｸﾞﾗｰ、ｵｰｽﾄﾘｱ)、ﾊﾟﾜｰｺﾝﾃﾞｨｼｮﾅ4kW×6台(ｵﾑﾛﾝ)
監視装置･方法		遠方監視なし、巡視2回/月
運用･保守		巡視は必要の都度実施(ｸﾞﾘｰｽ補給1回/2週)、運開1年目に臨時分解点検実施。
		（主機ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ･ﾍﾞﾙﾄ交換、監視表示器移設、水車出口ｶﾊﾞｰ増設、入口弁電動化）
		電気主任技術者は外部委託（2回/月）。
		季節による流量変化があり、運用ﾊﾟﾀｰﾝをﾏﾆｭｱﾙ化(調査時16kW運用)。
		RPS認証済み。
特記事項		水圧管路にﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝ管を適用（直埋設）。
		水位、流量の計測なし。
		低圧連系のための汎用ｿｰﾗｰﾊﾟﾜｰｺﾝﾃﾞｨｼｮﾅを転用。
		余剰電力の売電により年間収益あり。
		（点検委託、消耗品費用に充当）



写真III-2.3　主機（ペルトン水車、同期発電機）外観



写真III-2.4　発電所建屋外観



写真III-2.5　発電所説明銘板



写真III-2.6　発電機制御盤、監視表示器



写真III-2.7　パワーコンディショナ
（4kW×6 並列）



写真III-2.8　治山ダム外観



写真III-2.9　同左（水圧管路）



写真III-2.10　水圧管路
（鉄管部、埋設部はポリ管）



写真III-2.11　浸透取水設備



写真III-2.12　治山ダム上流側の状況



写真III-2.13　集水枡



写真III-2.14 集水枡の内側



写真III-2.15　水圧管路ルート



写真III-2.16　水圧管路ルート



写真III-2.17　水圧管路ルート



写真III-2.18　水圧管路ルート



写真III-2.19　水圧管路ルート



写真III-2.20　水圧管路ルート



写真III-2.21　水圧管路（発電所接続部の鋼管）

２．２　電気機械設備要素技術に関するデータ収集・分析および評価

２．２．１　永久磁石発電機に対する調査

永久磁石発電機を採用している富山県南砺市（旧利賀村）の南砺市利賀ミニ水力発電所について調査を行った。

南砺市利賀ミニ水力発電所では発電機として永久磁石発電機を採用しているが，建設から約１年（休止期間あり）になかで特に不具合もなく，システムとしても問題ないことが確認された。

したがって，永久磁石発電機は簡易発電システムへ適用可能と考えられる。

現地調査時に得られた主な内容を表Ⅲ-2.3 に示す。

表Ⅲ-2.3　南砺市利賀ミニ水力発電所　調査結果

項　目	単位	内容、記事
設備名称		南砺市利賀ミニ水力発電所
所在地		富山県南砺市利賀村阿別当
設備区分		一般河川
河川水系		水源:庄川水系利賀川（悪瀬川） 水利権なし（普通河川のため旧利賀村管理）
事業者		富山県南砺市利賀行政ｾﾝﾀｰ
運転開始	年月日	平成17年11月
有効落差	m	8
最大使用水量	m^3/s	0.177
最大出力	kW	9.9
年間発電電力量	kWh	24,000（計画値）
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		自立運転（単独負荷への供給）
用途		消雪ﾎﾟﾝﾌﾟ、街路灯電源（街路灯のみ一般配電線受電切替回路あり）
水車形式		ﾎﾟﾝﾌﾟ逆転水車(酉島製作所)
水車出力	kW	11.1
回転速度	min^{-1}	800
発電機種類		PMG+逆変換装置ｼｽﾃﾑ（東洋電機製造）
発電機出力	kW	18.5
発電機電圧	V	190、60Hz
回転速度	min^{-1}	800
制御･保護装置		ﾊﾟﾜｰｺﾝﾃﾞｨｼｮﾅ盤（東洋電機製造）
監視装置･方法		発電機負荷制御盤（三菱電機）、遠方監視なし
運用･保守		巡視は必要の都度実施、点検計画未定。
		維持管理は直営で実施しているが、村内業者への委託を検討中。
		ﾍｯﾄﾞﾀﾝｸ水位による応水運転制御（自動/手動切替）。
		渇水期は運転停止（水力不足で起動停止を繰返すため）。
		土砂混入による軸受損傷で、水車改造を実施。
特記事項		農水環境保全事業として実施（補助50%）。
		設計は北電設計ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ、工事は三菱電機+米倉組JV。
		水量不足により稼動率が低い。
		調査時停止中（H18.8）。



写真III-2.22　主機（ポンプ逆転水車、永久磁石発電機）外観



写真III-2.23　永久磁石発電機



写真III-2.24　パワーコンディショナ盤



写真III-2.25　発電機負荷制御盤



写真III-2.26　水車、発電機銘板



写真III-2.27　発電所建屋外観



写真III-2.28　同左、水圧管路埋設部



写真III-2.29　発電所建屋（放水河川側）



写真III-2.30　発電所建屋銘板



写真III-2.31　搬入口（発電所建屋天板）



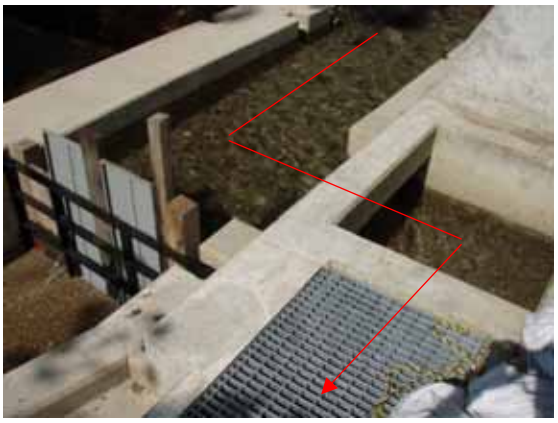
写真III-2.32　ヘッドタンク外観



写真III-2.33　取水設備（下流側より）



写真III-2.34　取水設備（上流側より）



写真III-2.35 取水設備外観(スクリーン)



写真III-2.36 水圧管路埋設部

Ⅳ　簡易発電システム設計マニュアルの策定

簡易発電システム設計マニュアル

平成 19 年 3 月

財団法人 新エネルギー財団

(経済産業省　資源エネルギー庁　委託調査)

ま　え　が　き

小水力資源有効活用技術開発調査（以下,「本調査」という）は，河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設など，低落差で流量が小さくこれまで発電に利用されてこなかった領域を対象として，低コストで簡易な発電システム(以下,「簡易発電システム」という)を構築することを目的とし，平成 14 年度から平成 18 年度までの 5 ヵ年にわたって実施された。

本調査で実施した 5 ヵ年の調査スケジュールおよび調査内容の概要は，以下に示すとおりであり，『簡易発電システム設計マニュアル』（以下,「本設計マニュアル」という）はその成果として，設計方法を中心に運転・保守，関係法令や技術基準等に関する事項等を含めて取りまとめたものである。

表－1　調査スケジュール

調査項目	14 年度	15 年度	16 年度	17 年度	18 年度	備　　考
基本構想の検討						
技術的検討・詳細調査						(平成18 年度) 一般市販管による水圧管路技術基準（案）を策定
ケーススタディ						
実証試験要領の作成						
実例地点に関する調査・検討						
簡易発電システム 設計マニュアルの策定						

(1) 平成 14 年度の調査内容

平成 14 年度は，簡易発電システムの基本構想について検討し，コストダウンの可能性を確認した。さらに,「技術的検討・詳細調査」としてコストダウンに向けた要素技術について基礎的な調査検討を実施した。

(2) 平成 15 年度の調査内容

平成 15 年度は，簡易発電システム構築に向けた「技術的検討・詳細調査」として，要素技術，適用施設別コストダウンおよび監視・運用管理について調査・検討した。

また,「ケーススタディ」として 5 地点を選定し，そのうち 3 地点について在来設計と簡易発電システムとの比較設計を行った。

(3) 平成 16 年度の調査内容

平成 16 年度は,「技術的検討・詳細調査」として，平成 15 年度に引続き簡易発電システム構築に向けた要素技術, 適用施設別コストダウンおよび監視・運用管理について調査・検討を実施した。

また,「ケーススタディ」として前年度の残りの 2 地点と新たに選定した 1 地点について在来設計と簡易発電システムとの比較設計を行った。2 ヵ年にわたるケーススタディの結果，簡易発電システムによってコスト（建設単価）が低減することを確認した。

さらに，簡易発電システムの実証に向け，設備の機能を確認するために必要とされる試験項目を抽出するとともに，実証試験における確認事項・試験方法および評価方法を整理して,「実証試験要領書(案)」を作成した。

(4) 平成 17 年度の調査内容

平成 17 年度は，簡易発電システム構築に向けた「技術的検討・詳細調査」として，一般市販管に関する調査検討を中心に検討を行い,『水門鉄管技術基準　FRP(M)水圧管編』と比較する形で,『一般市販管による水圧管路技術基準(案)の骨子』を作成した。さらに，水車等に関する海外機器製作者の技術調査を実施し，海外機器の導入についての可能性について確認した。

また,「実例地点に関する調査・検討」として，小水力発電導入地点のモニタリング調査および一般市販管，永久磁石発電機等の個別要素技術のデータ収集・分析・評価を実施した。

そのうえで,「簡易発電システム設計マニュアルの策定」として，調査初年度からの成果を整理し,『簡易発電システム設計マニュアルの骨子』を作成した。

(5) 平成 18 年度の調査内容

平成 18 年度は,「技術的検討・詳細調査」として，平成 17 年度でとりまとめた骨子をベースに検討を重ね, 内容の精査・充実を図り『一般市販管による水圧管路技術基準（案)』をとりまとめた。

また，前年度に引き続いて「実例地点に関する調査・検討」を実施し，最新の事例について調査・検討するとともにこれまでの調査結果をとりまとめ,『本設計マニュアル』の作成に反映させた。

そして,「簡易発電システム設計マニュアルの策定」として，5 年間にわたる調査を最終的にとりまとめ，コストダウンの実現に向けた『本設計マニュアル』を策定した。

水力資源有効活用技術開発調査

小水力発電部会　委員名簿

（平成１８年度）

役名	氏　名	所　属　お　よ　び　職　名
主査	山中　豪俊	電源開発㈱　東日本支店　田子倉電力所　所長
副主査	笠原　強造	東京電力㈱　信濃川電力所　土木建築グループ　副長
委員	細越　　亮	東北電力㈱　土木建築部　水力土木グループ　主任
委員	大濱　隆司	九州電力㈱　土木部　土木計画・建設グループ　チーフ
委員	斉藤　恵吾	群馬県企業局　発電課　主任
委員	白石　達也	東京発電㈱　水力事業部　運営管理グループ　マネージャー
委員	大和　昌一	富士電機システムズ㈱　e‐ソリューション本部 エネルギーソリューション統括部　担当部長 営業技術部
委員	安蒜　和浩	㈱明電舎　発電制御装置部　技術課　技師

本マニュアルは,平成 14 年度から 18 年度にわたり,資源エネルギー庁の委託により(財)新エネルギー財団が実施した「水力資源有効活用技術開発調査」のうちの「小水力資源有効活用技術開発調査」の成果を取りまとめたものである。

本調査を実施するにあたっては,(財) 新エネルギー財団に上記専門部会を設置し, 本調査に関する基本的事項, 具体的・専門的事項について審議した。

簡易発電システム設計マニュアル　目次

第１章　概　要

１．１　目　的 ..... 1－1
１．２　適用範囲 ..... 1－2
１．３　対象施設 ..... 1－4
１．４　基本構想 ..... 1－6
　１．４．１　基本的な設計の流れ ..... 1－6
　１．４．２　要素技術 ..... 1－7
１．５　コストダウン要素および要素技術の採用によるコストダウン効果 ..... 1－9

第２章　調査・計画

２．１　調　査 ..... 2－1
２．２　計　画 ..... 2－1

第３章　土木設備

３．１　取水設備 ..... 3－1
　３．１．１　取水方式の種類 ..... 3－2
　３．１．２　取水方式の選定 ..... 3－8
　３．１．３　設計に関する基本事項 ..... 3－13
３．２　水圧管路 ..... 3－14
　３．２．１　対象管種 ..... 3－14
　３．２．２　一般市販管による水圧管路技術基準(案) ..... 3－19
３．３　発電所基礎・建屋 ..... 3－20
　３．３．１　法的要件等 ..... 3－20
　３．３．２　発電所基礎・建屋の形式 ..... 3－23
　３．３．３　設計に関する基本事項 ..... 3－25
３．４　その他設備 ..... 3－26
３．５　コストダウンの要素 ..... 3－28
　３．５．１　各施設の要素技術適合性 ..... 3－28
　３．５．２　コストダウンの要素 ..... 3－29
　３．５．３　各要素技術によるコストダウン ..... 3－30

第４章　電気機械設備

４．１　水　車 ..... 4－1
４．１．１　水車の分類 ..... 4－2
４．１．２　水車形式の選定 ..... 4－2
４．１．３　水車の設置方式 ..... 4－7
４．２　発電機 ..... 4－10
４．２．１　発電機の種類 ..... 4－10
４．２．２　発電機の選定 ..... 4－11
４．２．３　発電機種類別システム構成比較 ..... 4－15
４．２．４　永久磁石発電機の導入について ..... 4－18
４．３　制御・保護装置 ..... 4－25
４．３．１　制御・保護装置の基本仕様等 ..... 4－25
４．３．２　簡易制御，保護装置に関する技術検討 ..... 4－34
４．４　その他設備 ..... 4－36
４．５　コストダウンの要素 ..... 4－41
４．５．１　各要素技術によるコストダウン ..... 4－41
４．５．２　永久磁石発電機システムの経済性 ..... 4－47

第５章　施工計画・工事工程

５．１　施工計画 ..... 5－1
５．２　工事工程 ..... 5－1

第６章　概算工事費・経済性の評価

６．１　概算工事費 ..... 6－1
６．２　経済性の評価 ..... 6－1

第７章　運　転・保　守

７．１　運　転（監視・運用） ..... 7－1
７．１．１　監視方式の合理化 ..... 7－2
７．１．２　簡易発電システムの監視項目 ..... 7－6
７．１．３　監視業務の外部委託化 ..... 7－8
７．２　保　守（点検・管理） ..... 7－9
７．２．１　土木設備 ..... 7－10
７．２．２　電気設備 ..... 7－17

第８章　関係法令・基準等

８．１　法令・基準および規程 ..... 8－1
８．１．１　関係法令 ..... 8－3
８．１．２　関係技術基準・規程 ..... 8－7
８．１．３　機器簡素化による合理化と関係法令・基準等 ..... 8－16
８．１．４　適用施設別関係法令 ..... 8－27
８．２　適用施設別手続き ..... 8－38

第９章　助成制度

９．１　主な助成制度 ..... 9－1
９．２　地方債等 ..... 9－2

巻末資料

巻末資料－１　各適用施設における標準的な落差と流量の範囲
巻末資料－２　一般市販管に関する検討資料
巻末資料－３　取水設備の課題と対応
巻末資料－４　ケーススタディ
巻末資料－５　モニタリング調査
巻末資料－６　水車の開発動向
巻末資料－７　発電機の開発動向
巻末資料－８　水車等に関する海外機器製作者の技術調査
巻末資料－９　永久磁石発電機システムの運転制御事例
巻末資料－10　一般水力発電設備土木構造物の点検内容事例
巻末資料－11　点検対象機器別点検頻度表
巻末資料－12　一般市販管による水圧管技術基準(案)
巻末資料－13　簡易発電システム設計マニュアル概要版
巻末資料－14　電気事業法の届出および河川法に係る許可申請事例等
巻末資料－15　参考資料

第1章　概　要

１．１　目　的

本設計マニュアルは，河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設の水など，落差・流量が小さくこれまで発電に利用されてこなかった領域を対象として，低コストで簡易な発電システム（以下,「簡易発電システム」という）による設計手法を示し，小水力発電の開発促進に資することを目的とする。

【解説】

水力発電は，長期間にわたり発電可能であるばかりでなく，再生可能・純国産・クリーンな電源でもあり，我が国のエネルギー供給における重要な役割を果たしてきた。

水力発電は，わが国の 110 年以上にわたる水力発電の歴史の中で，果たす役割も時代背景に応じて変化し，オイルショック以前は急速に増大する電力需要を満たすために大規模発電を中心に，オイルショック以降は石油に替わる貴重なエネルギーの一環として，開発されてきた。現在，大規模開発に適した地点の建設が少なくなるなかで，これからは中小規模の水力発電の開発が中心になりつつある。

我が国は，豊富な水資源に恵まれ，これら中小規模の開発に適した地域はまだまだ残されており，その開発は貴重な純国産エネルギーの確保という面および地球環境問題の解決等の様々な観点から，大きな力を発揮するものと考えられている。さらに，大いなる自然の恵みである"水力"の利用は発電のみに留まらず，水力発電を核に地場産業の創出・活性化に努めている市町村もあり，地域の自立的な発展に役立つ大きな可能性を秘めている。

このような背景のもと本設計マニュアルは，河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設の水など，落差・流量が小さく，経済性に乏しいため，これまで発電に利用されてこなかった領域を対象として，コストダウンにつながる要素技術，設計手法，運転・保守面での手法等を示すことにより，小水力発電の開発促進を目的とする。

なお，小水力発電の検討にあたり，本設計マニュアルで説明がされていない事項については，表 1−1 に示すガイドブック等を参照されたい。

表 1−1　ガイドブック等

図　　書　　名	発　行 (改訂年月)	発行者
ハイドロバレー計画 ガイドブック	平成 17 年 3 月	資源エネルギー庁 財団法人新エネルギー財団
水力発電計画 工事費積算基準	平成 17 年 3 月	資源エネルギー庁 財団法人新エネルギー財団
中小水力発電 ガイドブック　新訂 5 版	平成 16 年 5 月	財団法人新エネルギー財団 水力本部
マイクロ水力発電 導入ガイドブック	平成 15 年 3 月	新エネルギー・産業技術総合 開発機構
農業用水利用施設 小水力発電施設 計画設計技術マニュアル	平成 7 年 12 月	農林水産省構造改善局 建設部建設課・水利課
発電水力演習（第 9 版）	平成 9 年 4 月	(著者)千秋信一 (出版)学献社

注；詳細は「巻末資料−15 参考資料」に示す。

１．２　適用範囲

本設計マニュアルは，開発規模 500kW 程度以下の水力発電所に適用する。

【解説】

本設計マニュアルは，河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設の水など，落差・流量が小さく，経済性に乏しいため，これまで発電に利用されてこなかった領域を対象として，コストダウンにつながる要素技術，設計手法，運転・保守面での手法等を示すことにより，低コストで簡易なシステムを構築するものである。

上記 5 施設における水力発電の賦存状況は，既往データから各施設数を整理し，それぞれの標準的な落差と流量を設定して推定した結果，図 1−1 に示すとおりとなる（詳細は巻末資料－１を参照)。

これらの結果を見ると，各施設の賦存状況は概ね 500kW 以下になっていることから，本設計マニュアルの適用範囲は，500kW 程度以下とした。

なお，後述する要素技術の採用によるコストダウンは，施設の開発規模とは無関係に対応可能であり，500kW 以上の発電所にも適用可能とする。

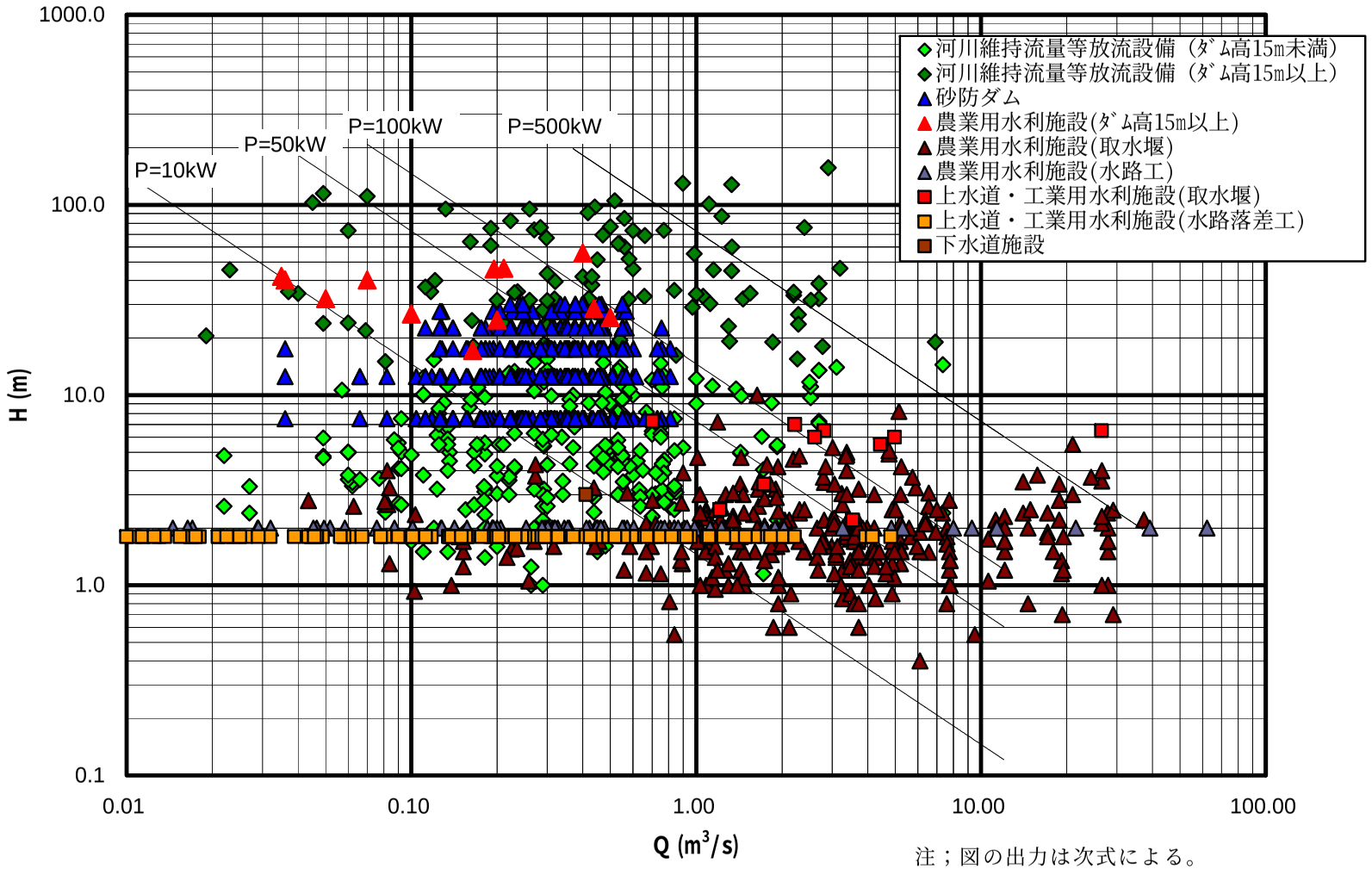


図 1－1 落差・流量賦存状況

注；図の出力は次式による。
Ｐ＝9.8×Ｑ×Ｈ×η （η＝0.7）
サンプル地点をプロットした。
※２；５m間隔に設定した落差ごとにプロットした。
※３；平均落差に対して流量をプロットした。

１．３　対象施設

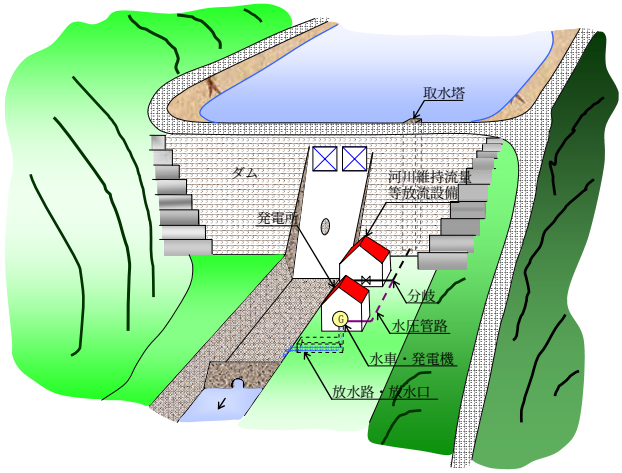
本設計マニュアルで対象とする施設は,以下の 5 施設とする。
① 河川維持流量等放流設備
② 山間部における砂防ダム
③ 農業用ダム・取水堰および水路落差工で構成される農業用水利施設
④ 上水道・工業用水利施設
⑤ 下水道施設

【解説】

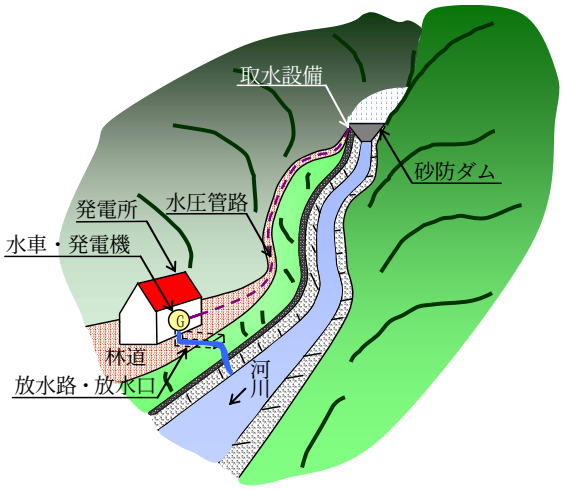
本設計マニュアルは，これまで発電に利用されてこなかった落差・流量の小さい領域を対象として，コストダウンにつながる要素技術，設計手法，運転・保守面での手法等を示すことにより，低コストで簡易なシステムを構築するものである。

このことを念頭におき，対象施設は落差・流量が小さく経済性に乏しいため，これまで発電に利用されてこなかった領域の施設として，上記の５つの施設を選定した（図 1－2 参照)。

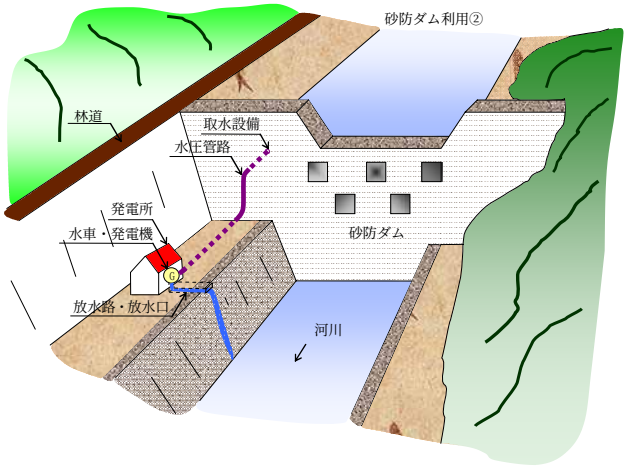
なお，後述する要素技術の採用によるコストダウンは，施設の種類とは無関係に対応可能であり，上記以外の施設（山間小河川（渓流)，養魚場関連施設および河川管理施設（水門，堰等）等）にも適用可能とする。



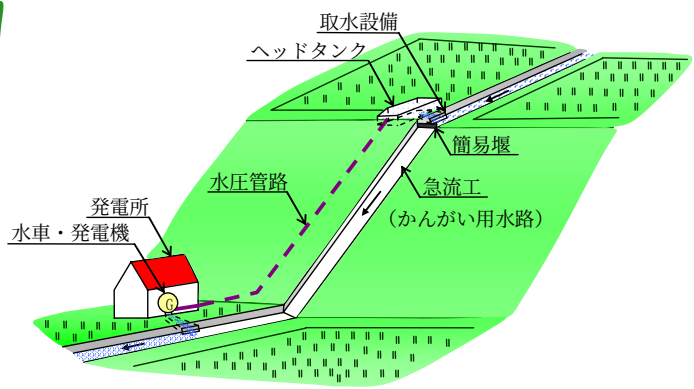
河川維持流量等放流設備の利用



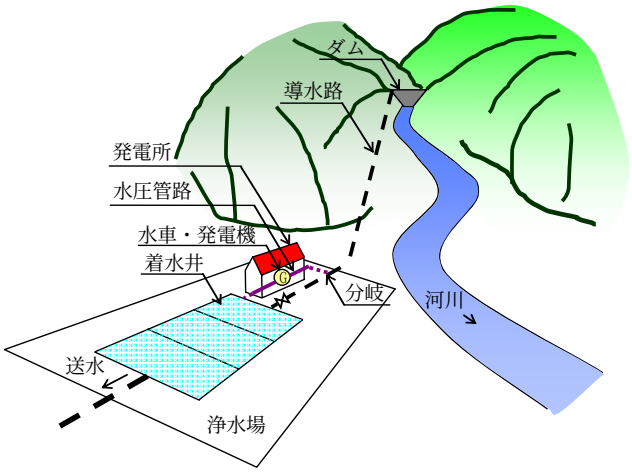
砂防ダムの利用(1)



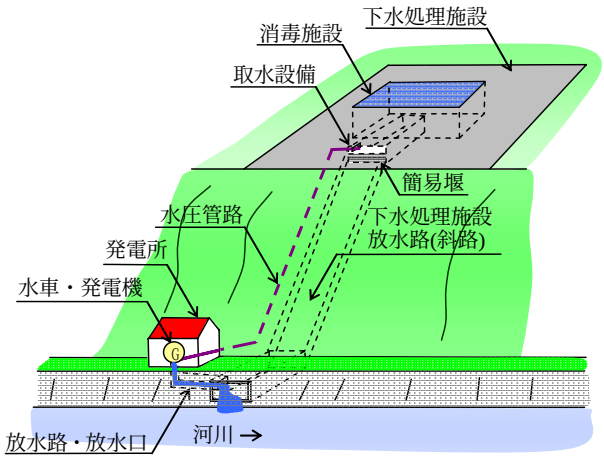
砂防ダムの利用(2)



農業用水利施設の利用



上水道・工業用水利施設の利用



下水道施設の利用

図 1－2　対象施設

１．４　基本構想

１．４．１　基本的な設計の流れ

本設計マニュアルによる設計の流れは,一般的な水力発電計画と同様であるが, 各施設の検討において簡易発電システムの要素技術を適用し,コストダウンを図るものとする。

【解説】

基本的な設計の流れを，図 1－3 に示す。なお，本設計マニュアルでは図 1－3 に示す①～⑤の項目を想定したものである。

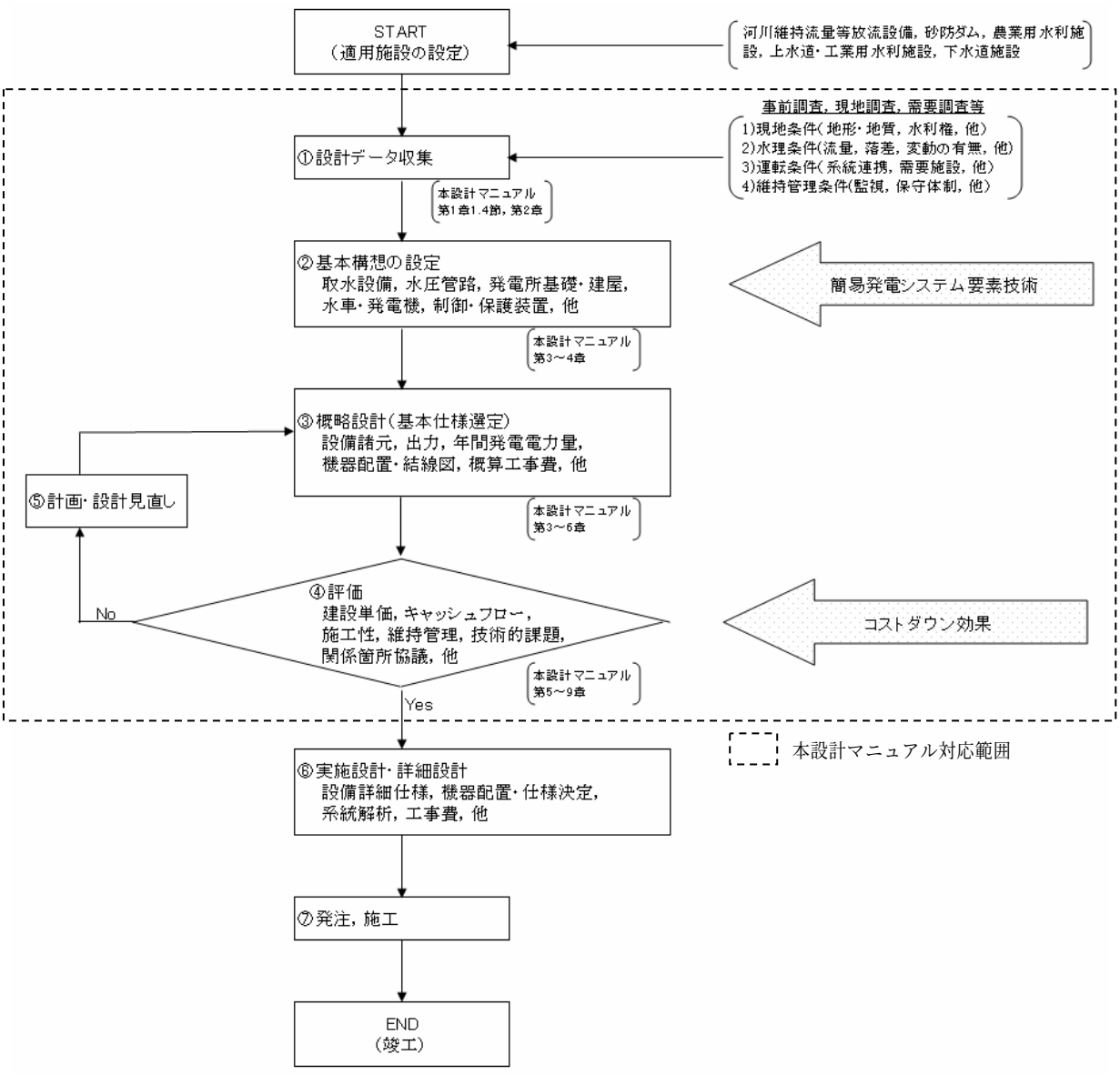


図 1－3 簡易発電システム　基本的な設計の流れ

１．４．２　要素技術

本設計マニュアルでは，水力発電所の計画・設計・更新等にあたり，本設計マニュアルで解説する要素技術の適用によるコストダウンについて，検討するものとする。
ここで対象とする要素技術とは,以下の設備に対応した技術を示す。
① 土木設備；　取水設備，水圧管路，発電所基礎・建屋
② 電気設備；　水車，発電機，制御・保護装置

【解説】

本設計マニュアルで対象とする要素技術は以下のとおりであり，それぞれ詳細は第３章および第４章で詳述する。

なお，上記の設備以外でも，簡易な監視装置の採用や電気主任技術者の他地点との兼務，ダム水路主任技術者と電気主任技術者の兼務等，トータルコストの低減に繋がる設備・対応については，関連法令と発電所全体の機能と安全性に影響を与えないことに配慮したうえ，積極的に取り入れてよい。

(1) 土木設備

a 取水設備

簡易発電システムにおける取水方式は,表 1−2 に示すものがあげられ,どの方式(要素技術）を採用するかは，現地状況，適用施設（河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設）の対象構造物，取水規模等から適切な方式を選定したうえで，ランニングコストを含め，総合的にコストダウンに繋がるものとする。

表 1−2　簡易発電システムにおける取水方式の例

取水方式	取水規模※
浸透水	小流量
越流水付着	
集水井	
水クッション	小，中流量
バースクリーン	中，大流量
嵩上げ	
水路落差工	
横取り	小～大流量
堤体穴開け	
ゲート穴開け	
既設管分岐	
サイフォン	

※；取水規模は最大使用水量を示し，小流量は 0.1㎥/s 未満，中流量は 0.1～1.0㎥/s 未満，大流量は 1.0㎥/s 以上を目安とする。

b 水圧管路

簡易発電システムにおける水圧管路として利用する一般市販管は,表 1−3 に示す 3 種類を使用することができ，これら一般市販管（要素技術）の採用にあたっては,「一般市販管による水圧管路技術基準(案)」（巻末資料−12）に準じることとする。

また，どの一般市販管を採用するかは，経済性，当該地点の特性や施工性，維持管理のほか，各管種の特性を総合的に検討して決定する。

表 1−3　簡易発電システムにおける一般市販管

管　材　名
硬質塩化ビニル管（塩ビ管）
ポリエチレン管（ポリ管）
耐圧ポリエチレンリブ管[ハウエル管](リブ管)

C 発電所基礎・建屋

簡易発電システムにおける発電所基礎・建屋は，それぞれの機能の合理化によりコストダウンを図るとともに，表 1−4 に示す形式（要素技術）等から，法的要件の満足と使用環境を考慮し，適切な形式を採用する。

表 1−4　簡易発電システムにおける発電所基礎・建屋の形式の例

項　目	形　式
発電所基礎	直接基礎
	ケーソン基礎
	杭基礎
水車，発電機基　礎	コンクリート（＋形鋼）
	形　鋼
	ゲート等による支持
	省　略
建　屋	天井クレーン省略（梁やフックのみ設置等）
	合理化建屋（屋根取外し可能）
	簡易型建屋
	建屋省略
	既設建物利用

(2) 電気設備

a 水車

簡易発電システムにおける水車形式は，水車の構造，適用範囲，諸特性を考慮し，開発動向を踏まえ，落差と流量を基本諸元として，水車形式選定図（図 4−2 参照）か

ら選定する。

b 発電機

簡易発電システムへ適用可能な発電機は，同期発電機，誘導発電機，永久磁石発電機および直流発電機があり，その中でも簡易発電システムへの適用が望ましいのは，誘導発電機・永久磁石発電機と考えられる。

発電機の採用にあたっては，その開発動向や課題，方向性を調査し，問題点を抽出し整理するとともに，運転条件（自立運転，系統連系運転）・保守性および経済性（回路構成を考慮したシステム全体で評価）を考慮して選定する。

c 制御・保護装置

簡易発電システムへ適用可能な制御・保護装置は，適用施設や地点特性，発電所出力に負う要素が少なく，基本的に仕様を満足できる汎用品を組み合せることによるコストダウンの実現性が高いことから，汎用的な一般産業用 PLC を適用する。

１．５　コストダウン要素および要素技術の採用によるコストダウン効果

各設備のコストダウン要素には以下のものがあげられ，要素技術の採用は在来設計と比較してコストダウン効果が期待できる。

表 1−5　各設備のコストダウン要素

設備		コストダウン要素
土木設備		
	取水設備	取水地点の条件に適合した取水形式の選択によるランニングコスト削減。
	水圧管路	一般市販管の採用によるイニシャルコスト・ランニングコストの削減。
	発電所基礎・建屋	基礎の合理化，建屋の簡略化・省略によるイニシャルコスト削減。
	その他	沈砂池，ヘッドタンク，余水吐，除塵設備などの省略によるイニシャルコスト削減。
電気機械設備		
	水車	落差と流量を基本諸元として水車形式選定図から選定。 入口弁，調速装置等の省略又は簡素化によるイニシャルコスト削減。
	発電機	運転条件等を考慮して，誘導発電機又は永久磁石発電機の採用によるイニシャルコスト削減。
	制御・保護装置	一般産業用 PLC の採用によるイニシャルコスト削減。
	その他	水車，発電機，制御・保護装置の標準製品（パッケージ製品）の採用によるイニシャルコスト削減。 地点特性を効果的に機器仕様へ反映し，年間発電電力量の減少を抑制。 出力 50kW で永久磁石発電機システムの採用を検討。

【解説】

(1) 土木設備

土木設備におけるコストダウン要素には上記に示すものがあげられ，以下の事項を踏まえてコストダウンを図る。

① 各適用施設（河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設）に対する要素技術の適合性を確認する。

② 各適用施設の特性に応じたコストダウンの要素を整理し，その可能性を検討する。

③ 各要素技術に必要とされる機能と性能を考慮したうえ,イニシャルコストとランニングコストを十分に評価したうえ,トータルコストの低減を図る。

なお，詳細は本設計マニュアル第３章に示す。

(2) 電気機械設備

電気機械設備におけるコストダウン要素には，上記のものがあげられ，以下の事項を踏まえてコストダウンを図る。

① 入口弁、調速装置等の省略又は簡素化は，関係法令・基準等との関係を整理する。

② 運転条件（自立運転、系統連系運転），保守性を考慮して機器を選定する。

③ 経済性は機器単品ごとではなく，システム全体として評価する。

④ 機器の屋外設置等，土木設備との協調が取れた計画設計が必要である。

なお，詳細は本設計マニュアル第４章に示す。

(3) コストダウン効果

在来設計と要素技術を導入した簡易発電システムのイニシャルコストに対する経済性を比較したケーススタディでは，表1−6に示すように，簡易発電システムのコストダウン効果が確認された。

なお，ケーススタディの詳細は巻末資料－４に示す。

表 1−6　ケーススタディにおけるコストダウン効果

項 目	A地点		B地点		C地点		D地点		E地点		F 地点	
	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電
施設区分	河川維持流量等放流設備		河川維持流量等放流設備		砂防ダム		砂防ダム		下水道		工業用水利施設(湧水)	
最大使用水量 (m^3/s)	4.0		0.175		0.036		0.0456		0.20		0.21	
有効落差 (m)	12.89	10.65	9.26	9.58	35.66	32.71	67.0	64.45	11.15	11.68	85.77	87.74
最大出力 (kW)	400	290	11.0	11.0	9.0	8.0	21.5	20.0	13.5	14.0	130	130
取水方式	既設管分岐	既設管分岐	横取	サイフォン	横取	浸透水	浸透水	浸透水	横取 (コンクリート)	横取 (角落しゲート)	横取	横取
水圧管路	鋼管	鋼管	鋼管	耐圧ポリエチレンリブ管	FRPM 管	塩ビ管	鋼管	高密度ポリエチレン管	FRP 管	塩ビ管	FRPM 管・ダグタイル管	塩ビ管・ダグタイル管
発電所基礎・建屋	地上式	既存建屋利　用	半地下式	省略	地上式	地上式	半地下式	省略	半地下式	省略	地上式	地上式
水車形式	S 型チューブラ	横軸固定羽根プロペラ	横軸固定羽根プロペラ	同左	ペルトン	ポンプ逆転	ペルトン	同左	クロスフロー	同左	ペルトン	ポンプ逆転
発電機	誘導発電機	同左	誘導発電機	永久磁石発電機	誘導発電機	永久磁石発電機	誘導発電機	永久磁石発電機	誘導発電機	永久磁石発電機	誘導発電機	永久磁石発電機
保護・制御	一体形制御盤	同左	一体形制御盤	汎用 PLC	一体形制御盤	汎用 PLC	一体形制御盤	汎用 PLC	一体形制御盤	汎用 PLC	一体形制御盤	汎用 PLC
建設単価の削減率(%)※	35		41		12		40		30		10	

※：在来設計の建設単価に対して簡易発電システムを採用した場合の建設単価削減率＜ ＝(1-簡易発電システム建設単価/在来設計建設単価)×100 ＞

第２章　調査・計画

２．１　調　査

簡易発電システムを設計する際は，発電事業の目的，適用施設，現地状況に合わせて必要な調査を選定して実施する。なお，主な調査には以下のものがある。

① 事前調査（既存資料の収集）
② 現地調査（現地踏査，流量測定，地形調査，地質調査，補償関係調査，環境調査，送配電線調査）
③ 需要調査（自家用発電設備設置者の場合）

【解説】

簡易発電システムを設計する際は，発電事業の目的（一般供給および卸供給，自家消費），適用施設（河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設），現地状況に合わせて必要な調査を選定し，図 1－3 に示す「①設計データ収集」の段階で実施する必要がある。

なお，調査に関しては既存資料に詳しく解説されているので，本設計マニュアルでは詳細な解説を省略した。したがって，調査に関しては巻末資料－15 に示す参考資料等を参照されたい。

２．２　計　画

簡易発電システムを設計する際は，発電事業の目的，適用施設，現地状況に合わせて必要な検討事項を実施し，計画を立案する。

【解説】

簡易発電システムを設計する際は，発電事業の目的（一般供給および卸供給，自家消費），適用施設（河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設），現地状況に合わせて必要な検討事項を，図 1－3 に示す「③計画・設計（基本仕様選定）」～「④評価」の流れで実施し，計画を立案する必要がある。

なお，計画に関しては既存資料に詳しく解説されているので，本設計マニュアルでは詳細な解説を省略した。したがって，計画に関しては巻末資料－15 に示す参考資料等を参照されたい。

第３章　土木設備

簡易発電システムとしてコストダウンを図る土木設備の要素技術は，基本的に以下の３つの設備を対象とする。

①　取水設備
②　水圧管路
③　発電所基礎・建屋

【解説】

河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設の水などを利用する簡易発電システムは，落差・流量が小さく，経済性に乏しいため，これまで発電にあまり利用されてこなかった領域が対象であることから，コストダウンを図る土木設備（上記３設備）の要素技術としては，発電施設以外の実態を含めて調査・検討を行った。

これらの設備における要素技術の採用にあたっては,各設備の設定条件にあわせて，その機能と安全性を十分に検討したうえ,イニシャルコストとランニングコストの両面に配慮して，総合的なコストダウンを図るものとする。

なお，本設計マニュアルでは，コストダウン技術として，これまで取り上げられることのなかった取水設備，水圧管路，発電所基礎・建屋を対象としたが，その他，沈砂池，導水路，ヘッドタンク，余水路等の主要設備についても，従前の事例，既存資料や検討結果等を参考にコストダウンに努めるものとする。

３．１　取水設備

簡易発電システムにおける取水設備としては，発電設備としてこれまで採用されてきた方式に加え,発電施設以外の実績も考慮し,ランニングコストを含めた総合的なコストダウンとなるような方式を採用するものとする。

【解説】

簡易発電システムにおける取水設備は,“少ない水をいかに効率よく取水するか”という命題に対応したものとなる。このため，これまで発電で実績をあげている渓流取水設備に加え,発電施設以外の実績も考慮して，効果的な取水方式を選択する必要がある。

また，取水設備の選定における配慮事項としては，以下の３項目があげられる。

①　土砂や塵芥等への対応
②　保守のしやすさ（流入土砂，塵芥を排除しやすい構造）
③　管理の状況（対応人員，管理所との距離等）

これらは，いずれもランニングコストに影響する事項であり,簡易発電システムの管理に大きく影響する問題でもある。

したがって，取水設備については，上記の３項目を十分配慮したうえ，維持管理の容易さとイニシャルコストを勘案して，総合的なコストダウンとなるような形式を選択しなければならない。

なお，第７章「運転・保守」に記載されているとおり，除塵は小水力発電の重要な課題であることから，取水障害を引き起こさないよう慎重に対応する必要がある。簡易発電システムへの採用を念頭においた除塵機の採用事例を第７章「運転・保守」で整理した。

３．１．１　取水方式の種類

簡易発電システムにおける取水方式としては，表 3－1 に示す取水方式を参考に,現地状況に合わせて適切な方式を選定する。

【解説】

農業分野では「土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」(平成 7 年 7 月　農林水産省構造改善局)」に渓流取水の要件として,

① 急激な流量変化に対して，安定した計画取水ができること
② 流下土砂礫，種々の浮遊落下物によって，取水障害が起こりにくいこと
③ 流石，流木等に対して堅牢であること
④ 構造が簡単で，維持管理が容易であり，その費用が低廉であること
⑤ 取水制限流量等の取水規則がある場合には,その条件を確実に満たし得る 措置を講じること
⑥ 冬季，積雪，凍結のあるところでも取水障害が起こりにくく，損壊しにくいこと
⑦ 周辺の景観や，河川環境を損ねないものであること
⑧ 魚族の棲息する渓流河川では，その環境を保証し得るものであること

があげられており，同基準によれば農業分野における渓流取水の方法は，図 3－1 に示すように分類されている。

一方，水道分野では,「水道施設設置指針・解説(1990 厚生省監修)」に取水設備の要件として,

① 取水設備は，水源の種類にかかわらず年間通じて計画取水量を確実に取水できること
② 水質が良好であって，将来も汚濁のない地点に設置すること
③ 洪水時等の悪条件下においても，維持管理が安全かつ容易に行えること

を考慮することとされている。

また，水道水源には地表水（河川・湖沼）と地下水（伏流水）があり，取水設備の選定は，河川水を水源とする設備として「取水堰・取水塔・取水門および取水管渠」，地下水を水源とする設備として「集水埋渠・浅井戸および深井戸」の中から適切に選択するのが一般的である。さらに，河川水を水源とする場合で，河川勾配が急で巨石等が流下する可能性があり，土砂の堆積が著しくて，みお筋や取水位の確保を十分に検討する必要があるような渓流取水の場合は，特に水クッション方式やバースクリーン方式を採用することが多い。

水道分野における渓流取水方式は，図 3－2 に示すように分類されている。

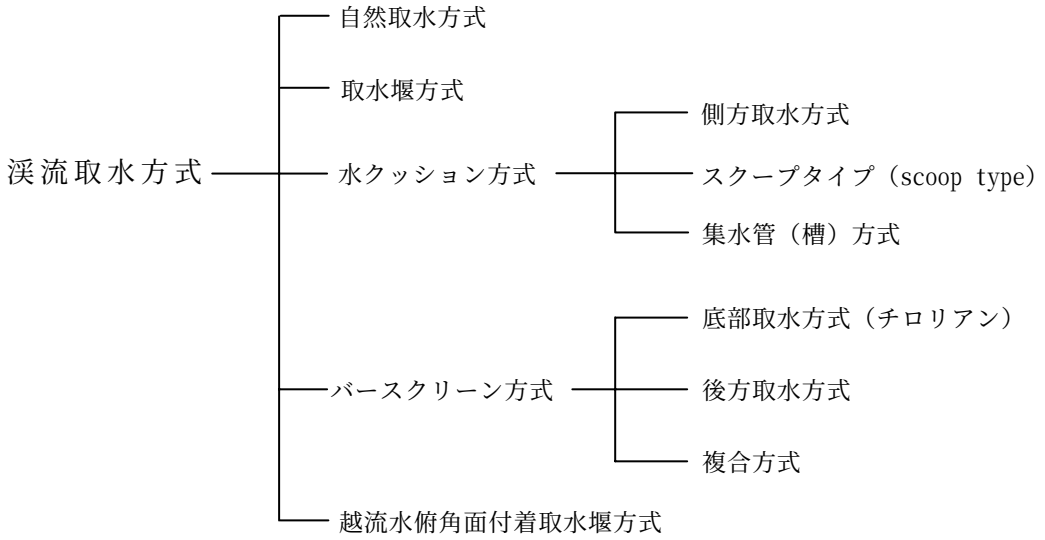


図 3－1　農業分野の渓流取水方式の分類

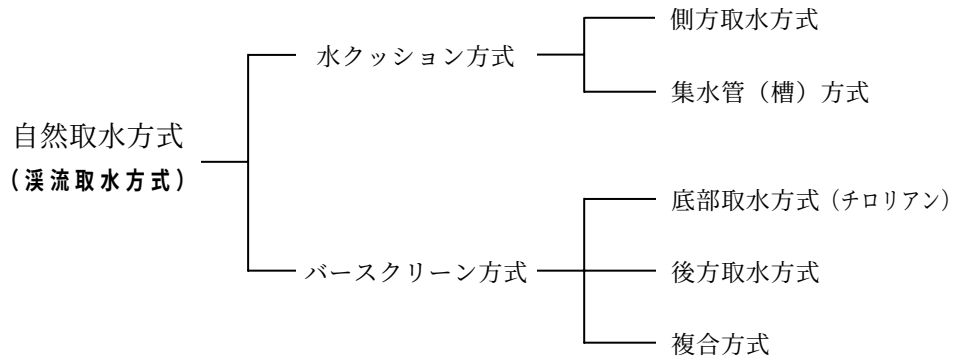
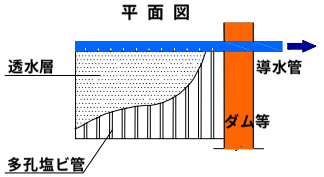
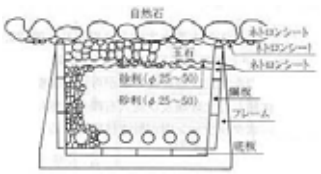
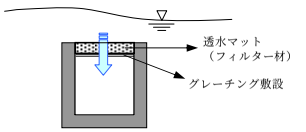
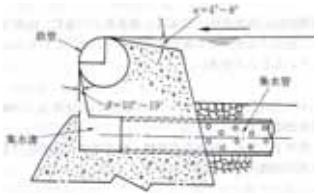


図 3－2　水道分野の渓流取水方式の分類

簡易発電システムにおける取水方式の例は，農業分野および水道分野の実績に発電分野の実績を加え，表 3－1 に整理した。

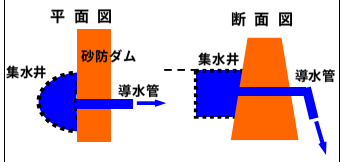
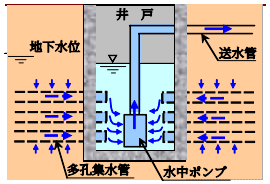
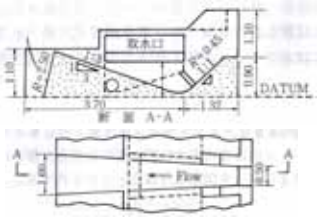
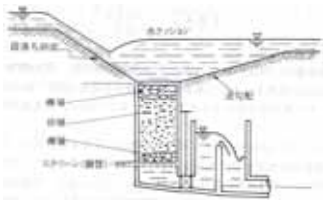
なお，簡易発電システムにおいては，表 3－1 を参考にして，表 3－4 に示す各取水方式の特性に対応した取水方式を選定する。

表 3−1(1)　簡易発電システムにおける取水方式の参考例

取水方式	取水規模*	分　類	概念図	概　要	採用事例等 採用状況	備　考
浸透水取水方式	小流量 0.002m³/s/m² 程度 (単位面積当り)	多孔管		河床内の透水層に多孔塩ビ管等を設置し，浸透した流水を取水する方法。堆砂した砂防ダムに適用できる。	中国電力㈱周布川第一発電所 （Q=0.30m³/s）	 (ふとん篭＋集水管)
		集水管方式 （集水暗渠）		渓流の河床面下に集水管を埋設し取水する方法。 長所：0.05m³/s 程度の小規模取水では安定した取水が期待できる。 短所：取水量が大きくなると暗渠が大きくなり，取水地点が制限される。一般には維持管理は難しい。	東京電力㈱ 信濃川発電所 （Q=0.12m³/s） 中国電力㈱ 安蔵川発電所 （Q=0.35m³/s）	
		透水マット		透水マットがフィルターの役目を果たし，水頭差を利用して取水する方法。	中部電力㈱春日発電所 ヘチマロン：プラスチック立体網状成形品 	 (ふとん篭＋集水管)
		ふとん籠		取水口などにフトン籠を配置し，流水をろ過する方法。	九州電力㈱　槇之口発電所 （Q=0.16m³/s） 群馬県桐生市　利平茶屋発電所	
越流水付着水取水方式	小流量 0.016 m³/s/m 以下 (単位幅当り)	――		円弧状の堰頂部を流下する水を付着力によって俯角面に沿って取水溝に導く方法。 長所：土砂礫，流木等の流下物は分離され，除塵効果は高い。 短所：出水時には越流水が堰頂部を離れ，ほとんど取水が不可能になる。	金沢市企業局　新内川第二発電所 （Q=0.13m³/s） 中部電力㈱　松川発電所 （Q=0.10m³/s）	北電技術コンサルタント㈱ 平成 8 年 8 月実用新案登録

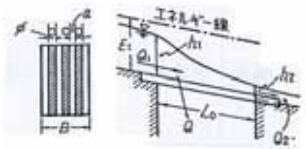
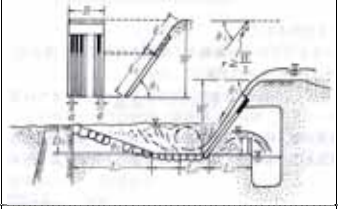
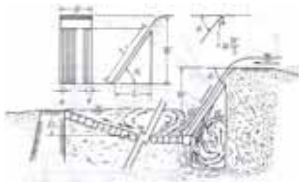
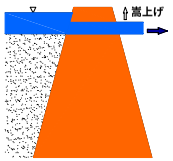
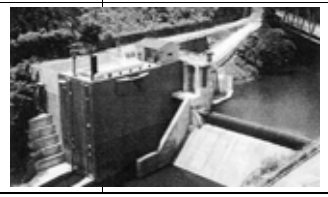
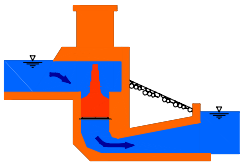
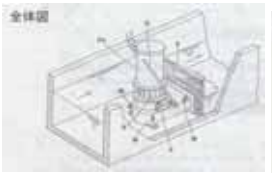
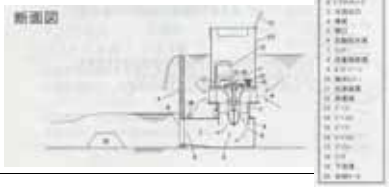
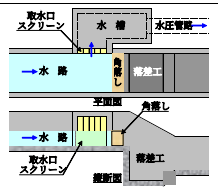
注）取水規模は最大使用水量を示し，小流量は 0.1m³/s 未満，中流量は 0.1～1.0m³/s 未満，大流量は 1.0m³/s 以上を目安とする。

表 3－1（2） 簡易発電システムにおける取水方式の参考例

取水方式	取水規模*	分 類	概念図	概 要	採用事例等 採用状況	備 考
集水井取水方式	小流量	表流水		堰又は落差工の上流河床部に半円（矩形）状の集水井をつくり，構造物を有孔加工して取水する方法。	 （集水井）	 （導水管）
		伏流水		井戸底部付近に多孔集水管を放射線状に配置して取水（集水）する方法。 伏流水の流況が良ければ，安定した取水が可能。		
水クッション取水方式	小～中流量	側方取水方式		越流水は水クッション部で常流状態となり，水路側面にある取水口から取水する方法。	東北電力㈱ 実川発電所 （Q=0.35m³/s） 中国電力㈱ 新大呂発電所 （Q=0.09m³/s）	
		スクープ方式		下流側流出口（デフレクター）の敷高を流入口よりも高くし，水クッション部に沈積した土砂礫を下流へ掃流しながら，水路側壁に設けた取水口から取水する方法。 長所：比較的小粒の土砂礫に対する掃流効果は高い。 短所：水理模型実験を行い，最適形状を確認する必要がある。		 （取水口）
		集水槽方式		水クッション底床部に集水槽を設置した取水方法。流水を水クッション内で常流に保ち，ろ過層の浸透性を利用する。		

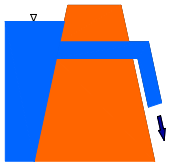
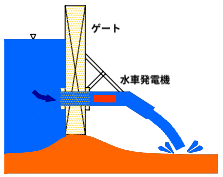
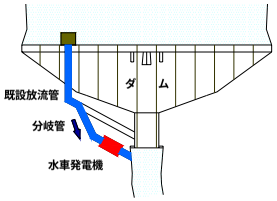
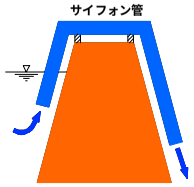
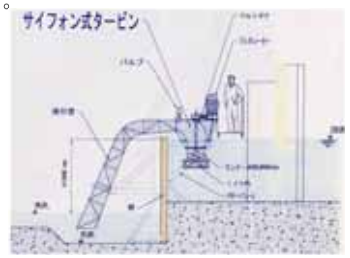
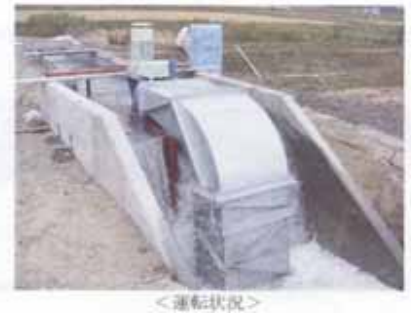
注）取水規模は最大使用水量を示し，小流量は 0.1m³/s 未満，中流量は 0.1～1.0m³/s 未満，大流量は 1.0m³/s 以上を目安とする。

表 3－1（3） 簡易発電システムにおける取水方式の参考例

取水方式	取水規模*	分 類	概念図	概 要	採用事例等 採用状況	備 考
バースクリーン 取水方式	中～大流量 0.1～ 0.3㎥/s/m (単位幅当り)	底部取水方式 （チロリアン）		固定堰越流部や落差工等に設定されたバースクリーンによって土砂礫，流木等を排除し，流入水を集水路に導く方法。 長所：構造が簡素で，取水効率に優れる。 短所：流木，浮遊流下物による目詰まりが生じやすい。	（渓流取水において数多くの実績がある）	 （後方取水方式）
		後方取水方式		傾斜部にバースクリーンを配置し，水クッション部で常流状態となった流水を背面から取水する方法。 長所：土砂礫，浮遊流下物による目詰まりが起き難い。 短所：チロリアンに比べて構造が複雑。	富士川水系 琴川取水堰 （Q=0.232㎥/s） 水資源機構 三重用水 員弁川他取水堰	
		複合方式		浮遊流下物等によるバースクリーンの目詰まりを防ぐために，スクリーンの取付け角を 45～50 ° とし，越流水の取水と水叩き部からの背面取水を見込んだ取水方法。 長所：取水効率が良く，洪水時の取水にも適する。 短所：チロリアンに比べて構造が複雑。		
嵩上げ取水方式	中～大流量	―――		既設ダムの嵩上げにより得られた容量を利用し，取水口を設置して取水する方法。	宮城県企業局 猿瀬発電所	 （ゴムダムによる嵩上げ）
水路落差工取水方式	中～大流量	―――		既設水路内の落差工を利用する取水方法。	長野県大町市 農業用水路 発電施設	 
横取り取水方式	小～大流量	淵利用側方取水 など		河川や水路などの流れの方向に対して，側面部に取水口を設けて取水する方法。 取水方法としては最も簡易であり，小量取水の事例が多くある。	都留市市民発電所， 長野県大町市農業用水路発電施設	

注）取水規模は最大使用水量を示し，小流量は 0.1㎥/s 未満，中流量は 0.1～1.0㎥/s 未満，大流量は 1.0㎥/s 以上を目安とする。

表 3－1（4）　簡易発電システムにおける取水方式の参考例

取水方式	取水規模*	分　類	概念図	概　要	採用事例等 採用状況等	備　考
堤体穴開け取水方式 （既設ダム等への対応）	小～大流量	――		ダム堤体に管路を埋設し，取水口を設置して取水する方法。	電源開発㈱；秋葉ダム，活込ダム 東北地方建設局；鎧畑ダム，田瀬ダム 茨城県；藤井川ダム	
ゲート穴開け取水方式	小～大流量	――		ゲートを改造して門扉に水車を取り付けて取水する方法。	富山県常西発電施設	
既設管分岐取水方式	小～大流量	――		既設の放流管を分岐して取水する方法。ダム利水放流管等に適用できる。 （東京電力㈱　稲核発電所　⇒）		
サイフォン取水方式	小～大流量	――		サイフォン作用を利用して取水する方法。一般には，管頂部に真空ポンプを配置する。なお，一般的に最高点の位置と動水勾配線の差（高さ）は 8.0～8.5mが限界となる。 	七色ダム（電源開発㈱；七色発電所），活込ダム（電源開発㈱；足寄発電所），丸尾ダム（関西電力㈱；和田発電所）いずれも河川維持流量の放流。 	

注）取水規模は最大使用水量を示し，小流量は 0.1m³/s 未満，中流量は 0.1～1.0m³/s 未満，大流量は 1.0m³/s 以上を目安とする。

３．１．２　取水方式の選定

簡易発電システムにおける取水方式の選定にあたっては，各適用施設の対象構造物と取水規模の適合性を考慮して，適切な方式を選定する。

【解説】

簡易発電システムにおける適用施設の対象構造物を，表 3－2 のとおり整理した。

表 3－2　各適用施設の対象構造物

[各適用施設において対象構造物がある場合は○，ない場合は×とした]

適用施設 / 対象構造物	河川維持流量等放流設備	砂防ダム	農業用施設	上・工水施設	下水道施設
ダム・堰堤(堰)	○	○	○	○	×
落差工・放水口※1	×	×	○	○	○
急流工・放水路※2	×	×	○	○	○

※１；ほとんど垂直に落ちる構造物とする。
※２；ある程度の勾配をもつ構造物とする。

次に，各対象構造物において適合の可能性がある取水方式を，表 3－3 のとおり整理した。ここで,ダム・堰堤(堰)のうち，砂防ダムに対応する構造物については，特に流入砂礫への考慮が必要なことから，別に区分して整理した。

表 3－3　各適用施設の対象構造物への適合性

[各対象構造物において取水方式が適合する場合は○，しない場合は×とした]

取水規模※3	取水方式	ダム・堰堤(堰)		落差工・放水口	急流工・放水路
		砂防施設	砂防施設以外		
小流量	浸透水	○	×	×	×
	越流水付着	○	○	×	×
	集水井	○	×	×	×
小～中流量	水クッション	○	○	×	×
中～大流量	バースクリーン	○	○	×	×
	嵩上げ	○	○	×	×
	水路落差工	×	×	○	×
小～大流量	横取り	○	○	○	○
	堤体穴開け	○	○	×	×
	ゲート穴開け	×	○	○	○
	既設管分岐	×	○	×	×
	サイフォン	○	○	○	○

※３；取水規模は最大使用水量を示し，小流量は 0.1㎥/s 未満，中流量は 0.1～1.0㎥/s 未満，大流量は 1.0㎥/s 以上を目安とする。

さらに，砂礫の混入や塵芥の混入等，設計・管理を考える上で条件となる事項に対し，各取水方式の特性を表 3－4 のとおり整理した。

表 3－4　各取水方式の特性

取水方式	土砂の混入	塵芥の混入	取水口部での損失水頭	水路内への設置
浸透水	混入し難い	混入し難い	落差若干低減	不可
越流水付着	混入し難い	混入し難い	落差低減	可
集水井	混入し難い	混入し難い	落差若干低減	不可
水クッション	混入し難い	混入し難い	落差低減	不可
バースクリーン	混入する	混入する	落差低減	可
嵩上げ	混入し難い	混入する	影響なし	可
水路落差工	混入する	混入する	影響なし	可
横取り	混入する	混入する	影響なし	不可
堤体穴開け	混入する	混入する	影響なし	可
ゲート穴開け	混入し難い	混入し難い	影響なし	可
既設管分岐	混入し難い	混入し難い	影響なし	不可
サイフォン	混入し難い	混入し難い	影響なし	可

本設計マニュアルでは，表 3－2～4 に整理した事項を念頭におき，取水方式の絞込みフロー(例)を図 3－3～6 のとおり作成した。簡易発電システムにおける取水方式としては，ここに示すフローにより選択することができる。

実際の設計に際しては，図 3－3～6 によって絞込まれた取水方式に対して表 3－1 に示す「各方式の概要」と，3.5.3 項「(1)取水設備によるコストダウン」を勘案するとともに，表 7－5 に示す維持管理(点検)に対する課題を参考にして，最終的な取水方式を決定する。

なお，ここで示すフローは，あくまでも基本的な考え方を示すものである。沈砂池や除塵機等の補助的な設備の設置や各地点の特殊性等を考慮することにより，フローに適合しないような取水設備の選択も可能となる。

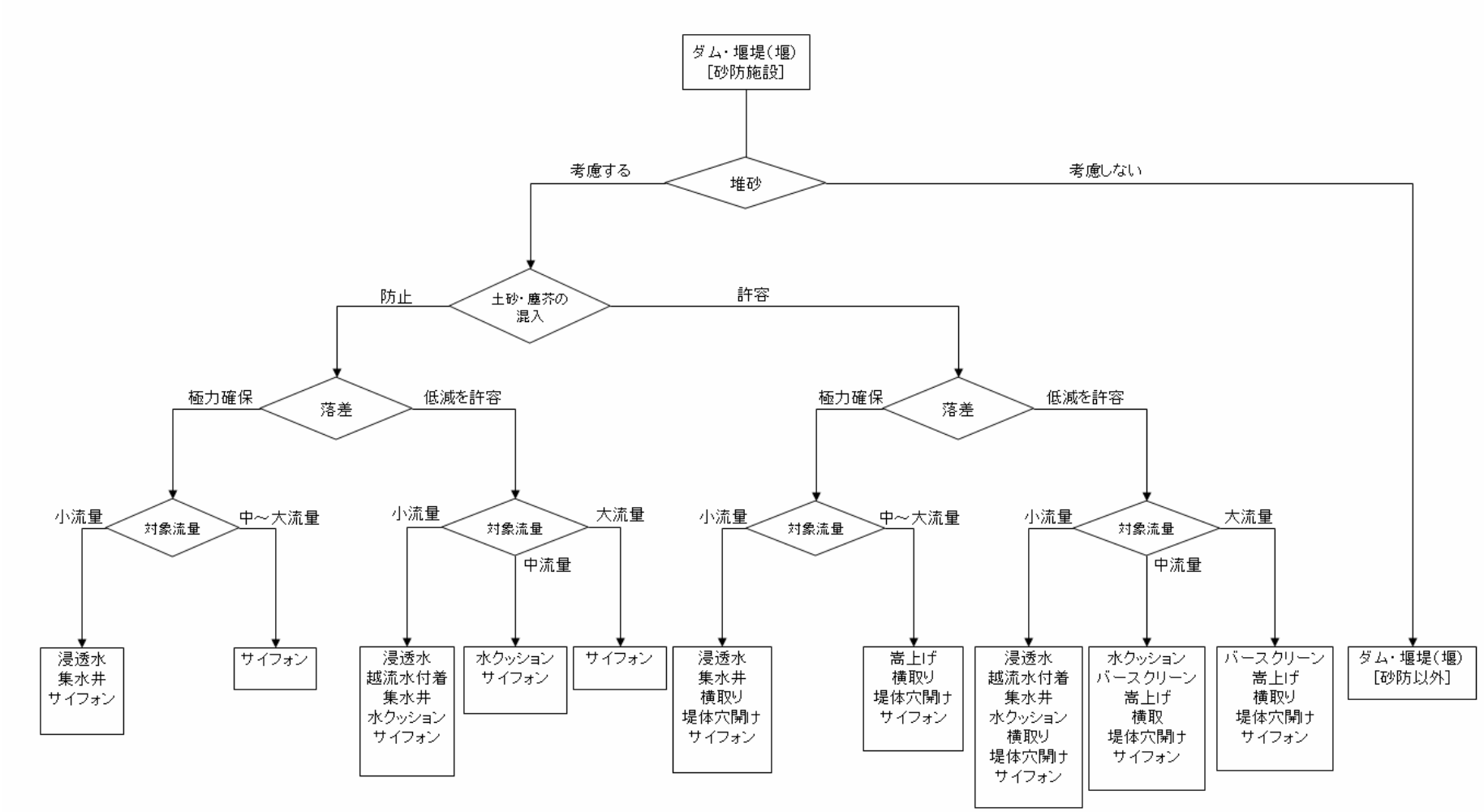


図 3－3 ダム・堰堤(堰)　[砂防施設]　における取水方式絞込みフロー

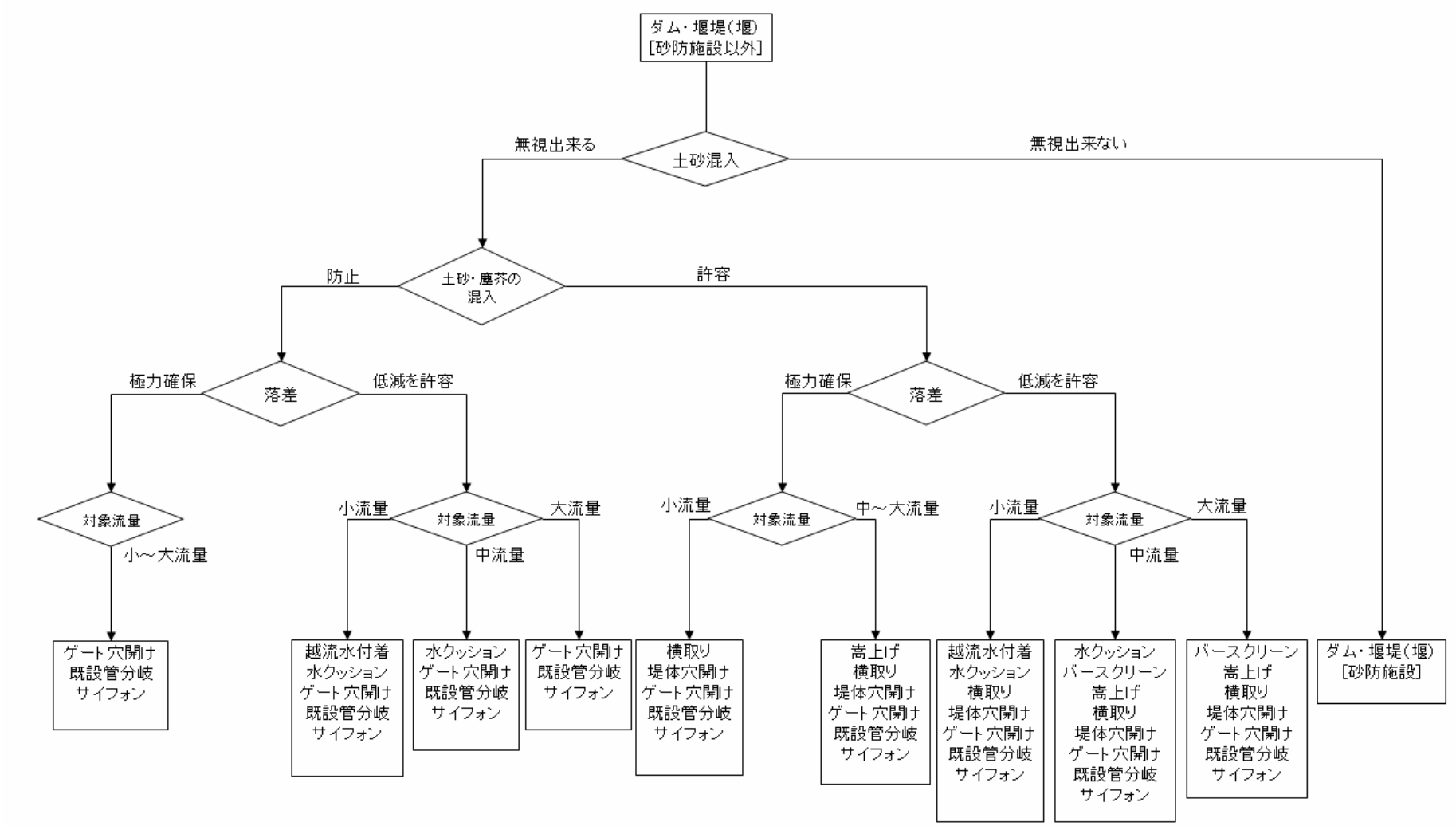


図 3－4 河川維持流量等放流設備　[砂防以外]　における取水方式絞込みフロー

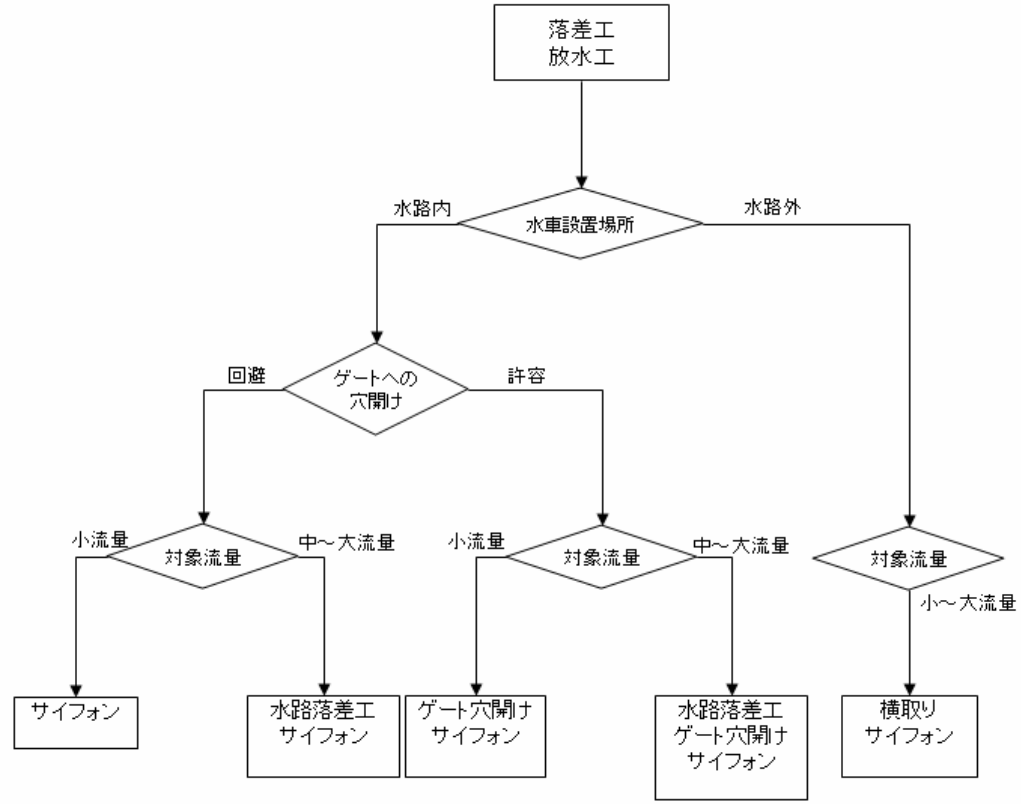


図 3－5 落差工・放水口における取水方式絞込みフロー

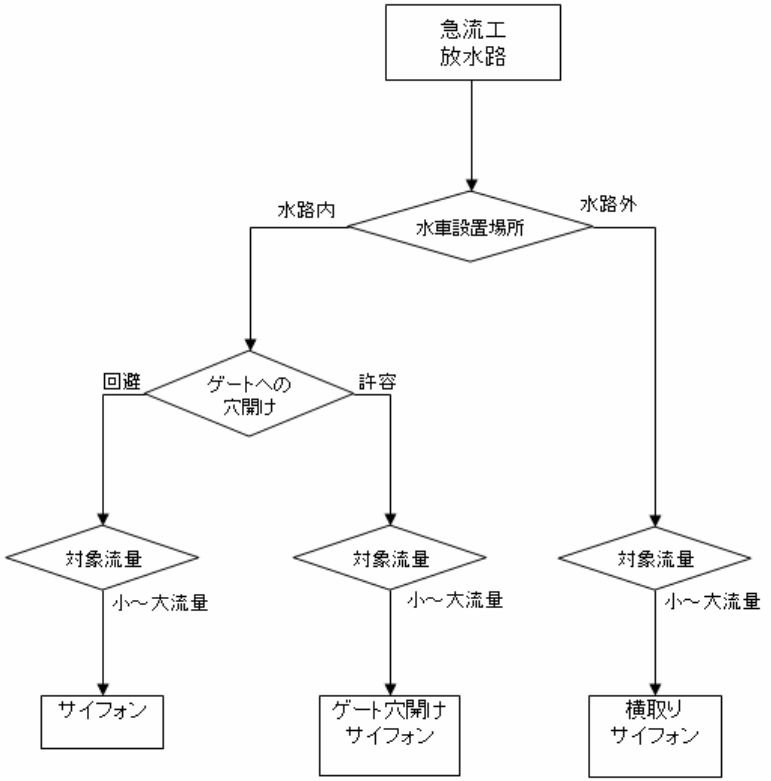


図 3－6 急流工・放水路における取水方式絞込みフロー

３．１．３　設計に関する基本事項

取水設備の設計にあたっては，計画取水量を取水するため，適用施設および当該地点の諸条件に合わせて,必要となる構成設備を検討し，これら構成設備が安全に機能する規模・構造とするとともに，いかなる状況下においても，適用施設の目的を妨げることのないように留意して設計する。

【解説】

一般的に取水設備は，取水ダム（堰），土砂吐きゲート，取水口，スクリーン，制水門等の設備から構成されている。計画取水量を取水するためには，適用施設および当該地点の諸条件に合わせて，必要となる上記構成設備を検討し，それら構成設備が安全に機能する規模・構造で設計する必要がある。

また，取水設備は既設施設に設置されることから，発電運転時，発電運転停止時および事故停止時等，いかなる状況下においても，適用施設の目的を妨げることのないように留意して設計する必要がある。

なお，取水設備（各構成設備）に関しては既存資料に詳しく解説されているので，本設計マニュアルでは詳細な解説を省略した。したがって，取水設備（各構成設備）の設計にあたっては，巻末資料－15 に示す参考資料等を参照されたい。

３．２　水圧管路

３．２．１　対象管種

簡易発電システムにおいて使用する水圧管路としてはコンクリートを材料とする管，「発電用水力設備に関する技術基準を定める省令（以下、「水技」という。）　第 26 条に対応する（技術基準の解釈　第 22 条)」に規定される管のほか，一般市販管として以下の３種を使用することができる。

① 硬質塩化ビニル管（塩ビ管）
② ポリエチレン管（ポリ管）
③ 耐圧ポリエチレンリブ管[ハウエル管](リブ管)

【解説】

簡易発電システムにおいて使用できる管種は，コンクリートを材料とする管の他,「水技　第 26 条に対応する（技術基準の解釈　第 22 条)」に規定される鋼材・鋼管・FRP(M)管に加え，一般市販管として上記３種を使用することができる。

小流量・低落差を対象とする簡易発電システムにおいては，農業（パイプライン）や水道，下水道等において利用されている硬質塩化ビニル管等の「安価で施工性の良い一般市販管」の採用によりコストダウンの可能性がある。そのため,これまで水力発電所の水圧管路として一般的に用いられてきた鋼管や FRP(M)管に対し,安全性が確認できたことから新たな選択肢として上記 3 種の管を加えた。これらの一般市販管の採用によるコストダウンについては「３．５　コストダウンの要素」に示す。

簡易発電システムにおける水圧管路として,上記の３種の一般市販管を適用可能と評価した検討の流れを図 3－7 に示す。図 3－7 の流れに従って，対象管種に新たな選択肢として加えた塩ビ管,ポリ管,リブ管の概要および性能,技術的な検討の経緯を以下に解説する。

(1) 一般市販管の採用事例

簡易発電システムにおいて使用する水圧管路管種を選定するため,まず,発電以外の分野での水圧管路としての適用実績について整理した。その結果を表 3－5 に整理した。その結果，小流量・低落差の簡易発電システムへの採用を前提とし，

・ 複数の分野で使用されている
・ 現時点で容易に入手可能と考えられる

という点に考慮して，一般市販管の検討対象管種を以下の５種に選定した。

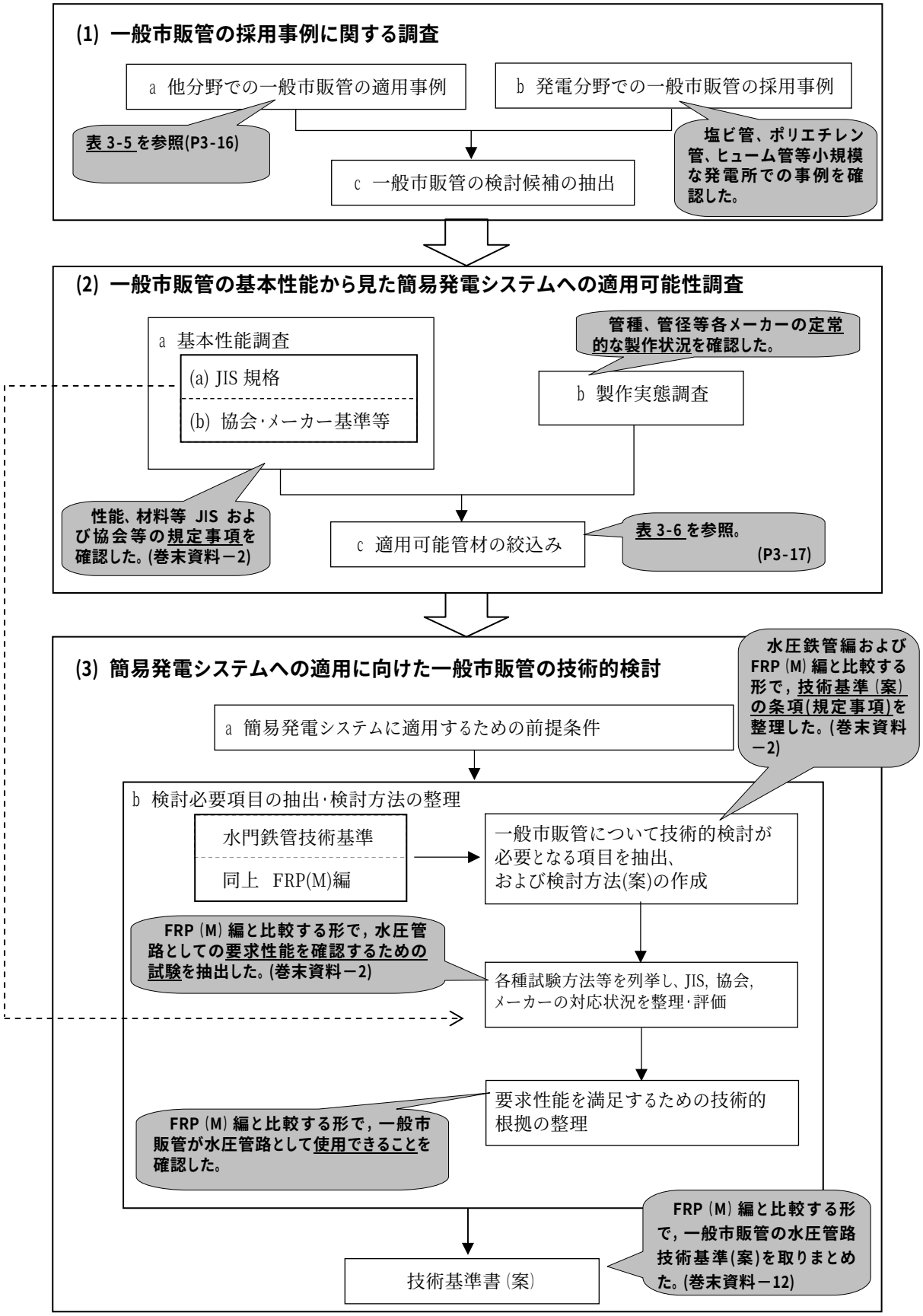


図 3－7　一般市販管を適用可能と評価した検討の流れ

① 硬質塩化ビニル管（塩ビ管）
② ポリエチレン管（ポリ管）
③ 耐圧ポリエチレンリブ管（リブ管）
④ 遠心力鉄筋コンクリート管(HP 管)
⑤ プレストレストコンクリート管（PC 管）

表 3－5　他分野における適用管種一覧表

管　種	特　徴	農業※1	上水道※2	工業用水※3	下水道※4	備　考
鋼管(ステンレス鋼管含む)	強度が大。耐久性に富み，靭性・延性が良い。耐衝撃性に優れ，重量は比較的軽い。電食に配慮を要する。	○	○ (配・給水)	○	○	発電で採用実績あり
ダクタイル鋳鉄管	強度・耐久性が大きく，耐食性も優れる。電食の恐れが少ない。重量は比較的重い。	○	○ (配・給水)	○	○	同上
FRP(M)管	軽量で施工性が良い。耐食性，耐磨耗性，耐電食性，耐衝撃性に優れる。	○			○	同上
硬質塩化ビニル管	軽量で施工性が良い。耐食性，耐電食性に優れる。低温時に耐衝撃性が低下。有機溶剤，熱，紫外線に弱い。	○	○ (配・給水)	○	○	
ポリエチレン管	軽量で施工性が良い。耐衝撃性，耐食性，耐電食性に優れる。比較的柔らかく傷がつきやすい。有機溶剤に注意を要する。	○	○ (配・給水)		○	
耐圧ポリエチレンリブ管	軽量で施工性が良い。耐食性，耐電食性，耐電食性に優れる。				○	
遠心力鉄筋コンクリート管 (HP 管)	耐食性・耐久性が大。電食の恐れなし。重量が重い。	○		○	○	
プレストレストコンクリート管 （PC 管）	同上	○		○		

※１；「土地改良事業計画設計基準」，※２；「水道施設設計指針」
※３；「工業用水道施設基準」，※４；「下水道施設計画・設計指針」

(2) 一般市販管適用の可能性（絞り込み）

引き続き,(1)で抽出した５種の一般市販管に対し，各管の基本性能（JIS 規格，協会・メーカー基準）および製作実態について調査し，簡易発電システムへの適用の可否を整理

した(表 3－6)。

表 3－6 に示す整理結果より，簡易発電システムの水圧管路の対象管種を以下に絞り込むものとした。

① 硬質塩化ビニル管（塩ビ管）

② ポリエチレン管（ポリ管）

③ 耐圧ポリエチレンリブ管（ポリリブ管）

④ プレストレストコンクリート管（PC 管）

なお，各管種の基本性能を確認するため JIS 規格および協会等の規程事項を整理した。その結果は巻末資料－２に添付する。

表 3－6　簡易発電システムへの適用の可否

	規　格	使用圧力	継手性能	製作実態	適用の可否
硬質塩化ビニル管	JIS K 6741	○ (1.0MPa 以下)	○	○	○
	JIS K 6742	○ (0.75MPa 以下)	○	○	○
ポリエチレン管	JIS K 6761	○ (規定なし)	○	○	○
	JIS K 6762	○ (0.75MPa 以下)	○	○	○
	(協会規格)	○ (1.0MPa 以下)	○	○	○
耐圧ポリエチレンリブ管	JIS K 6780	○ 〔協会：0.1MPa 以下)	○	○	○
	(協会規格)	○ 〔協会：0.5MPa 以下)	○	○	○
遠心力鉄筋コンクリート管(HP 管)	JIS A 5372	○ (0.4~0.6MPa 以下)	○	×	×
プレストレストコンクリート管（PC 管）	JIS A 5373	○ (協会：0.6MPa 以下)	○	○	○

[凡　例]　使用圧力：○＝内圧管として使用可能，×＝内圧管として使用不可能
継手性能：○＝継手部が強度・水密性から弱点にならない，×＝継手部が弱点になる
製作実態：○＝製作している，×＝製作していない
適用可否：○＝簡易発電システムへの適用可能，×＝適用は難しい

(3) 一般市販管の適合性（技術的検討）

前記(2)で絞り込んだ４種の一般市販管に対し，簡易発電システムの水圧管路としての利用しやすくするために『一般市販管による水圧管路技術基準(案)』を立案することとした。その基準(案)の立案を念頭に置いて，まず，既往の基準（『水門鉄管技術基準 水圧鉄管編』および『水門鉄管技術基準 FRP(M)水圧管編』）と比較する形で，一般市販管として技術的に検討すべき項目を抽出し,その性能を確認するための試験方法を抽出･整理した。この検討作業により『一般市販管による水圧管路技術基準(案)』の条項（規定事項）が整理された。この結果については,「技術的検討が必要な項目ならびに検討方法」として巻末資料－２に添付する。

次に，一般市販管の性能を確認するための各種試験が JIS 基準や協会基準,メーカー基

準においてどのように規定され，必要な試験の全てに対応しているか,また，不足している場合は大学や民間研究機関等の試験により補完できるのか，ということについて調査・検討した。この検討は,FRP(M)管を水力発電所の水圧管路として採用する際に検討された試験等を基本として，各管種の技術基準や設計資料で解説されている試験項目を加えたものである。この検討結果を整理し「要求性能を確認するための技術的根拠」として巻末資料－２に添付した。

以上の検討から，簡易発電システムの水圧管路として適合性が確認され，採用できる一般市販管の管種は，表 3－7 に示すとおりである。

農業用パイプライン等で使用されている一般市販管のプレストレストコンクリート管（PC 管）は，既に水技第 26 条の四においてコンクリートの材料が規定されていることから，表 3－7 に含まないこととした。

なお，十分な検討を加えた場合は,表 3－7 に示以外の材料を使用することができる。

表 3－7　適用管種

管種		規　格	口径（呼び径）
塩ビ管	硬質塩化ビニル管	JIS K 6741	13～700㎜
	水道用硬質塩化ビニル管	JIS K 6742	13～150㎜
	水道用ゴム輪形硬質塩化ビニル管	JWWA K 127	50～150㎜
	水道用ゴム輪形耐衝撃性硬質塩化ビニル管	JWWA K 129	50～150㎜
	水道用ゴム輪形硬質塩化ビニル管	AS 31	125～300㎜
	水道用ゴム輪形耐衝撃性硬質塩化ビニル管	AS 33	125～300㎜
	農業用水用厚肉硬質塩化ビニル管	AS 60	50～150㎜
ポリ管	一般用ポリエチレン管	JIS K 6761	10～300㎜
	水道用ポリエチレン２層管	JIS K 6762	13～50㎜
	農業用高密度ポリエチレン管	農水ポリエチレン管協会規格(ISO 4427)	250～1500㎜
リブ管	耐圧ポリエチレンリブ管	JIS K 6780	200～2000㎜
	内圧用高耐圧ポリエチレン管	高耐圧ポリエチレン管協会規格	300～1000㎜

３．２．２　一般市販管による水圧管路技術基準(案)

簡易発電システムの水圧管路として一般市販管（塩ビ管，ポリ管，リブ管）を採用する場合は,一般市販管による水圧管路技術基準(案)による。

【解説】

「３．２．１　対象管種」に示す検討結果と,『水門鉄管技術基準 水圧鉄管編』および『水門鉄管技術基準 FRP(M)水圧管編』や，一般市販管に対する既往の設計基準（『水道施設設計指針』(日本水道協会，2000),『土地改良事業計画設計基準「パイプライン」』(農林水産省構造改善局，1998)）を参考に，一般市販管による水圧管路技術基準(案)を立案した（巻末資料－12)。

簡易発電システムの水圧管路として採用する一般市販管（塩ビ管，ポリ管，リブ管）の管種の選定にあたっては,経済性に加えて,当該地点の特性や施工性，維持管理のほか，各管種の特性を総合的に検討して決定する必要があり，また，その管種の性能と機能を十分に把握したうえ，当該地点の諸条件に合わせて,適正な設計が必要となる。

したがって,一般市販管を採用する際は，巻末資料－12 に添付する「一般市販管による水圧管路技術基準(案)」に従い，当該地点の諸条件を考慮して，適正に設計する必要がある。

また，本設計マニュアルは開発規模 500kW 程度以下の水力発電所に適用するが，一般市販管は「一般市販管による水圧管路技術基準(案)」に従うことで，開発規模 500kW を超える水力発電所や，他の水路設備（導水路，余水路等）にも採用可能である。

なお,「３．２．１　対象管種」で示す一般市販管のプレストレストコンクリート管（PC 管）は，表 3－7 と同様に『一般市販管による水圧管路技術基準(案)』に含まないこととした。

３．３　発電所基礎・建屋

３．３．１　法的要件等

簡易発電システムにおける発電所基礎・建屋は,比較的規模が小さいことから，それぞれの機能の合理化によりコストダウンを図ることになるが,それぞれの法的要件に関しては満足しなければならない。

【解説】

簡易発電システムにおける発電所基礎・建屋の検討に際しては,以下に示すそれぞれの法的要件に関して満足しなければならない。

(1) 発電所基礎

水力発電所の設計に際し，基本となる基準は水技第 35 条である。

水技 35 条および同 35 条に関連する『発電用水力設備に関する技術基準の解釈』（以下,「水技解釈」という。）第 42 条を以下に示す。

【水技】
（地下発電所等のコンクリート構造物の施設）
第 35 条　水車及び発電機を収容する施設であって，地下に施設するものは，次の各号によらなければならない。
一　地下発電所等に使用するコンクリートの材料は，第 10 条各号によること。
二　地下発電所は，自重，水圧，地震力及び土圧若しくは地圧に対し，安定であり，かつ，これらの荷重によりコンクリート構造物の部分に生じる応力及びこれらの荷重のうち，地震力以外の荷重により当該部分に生じる応力は，使用する材料ごとにそれぞれの許容応力を超えないこと。

水技 35 条は, 地下発電所等のコンクリート構造物が備えなければならない事項について規定したものである。地下発電所には，全地下式の発電所だけでなく，水車のみ地下に設置する場合の地下部分を含むものである。

【水技第 35 条に対応する】
（水技解釈　第 42 条　地下発電所等の許容応力）
省令第 35 条第二項に規定する許容応力とは, コンクリートを使用する場合にあっては，省令第 13 条第 1 項第三号の技術基準の解釈第 6 条を準用する。

ここで，水技第 13 条第 1 項第三号の技術基準の解釈第 6 条に規定されるコンクリートの許容応力度は，『コンクリート標準示方書』(2002 土木学会)と同値であり，標準的な値を規定している。

(2) 発電所建屋

発電所建屋の縮小・省略等の合理化を検討する際は，次の法的要件を満足しなければならない。

電気設備に関する技術基準を定める『電気設備に関する技術基準を定める省令』（以下，「電技」という。）によると，以下の点を満足する必要がある。

【電技】

（電気設備の接地）

第 10 条　電気設備の必要な箇所には，異常時の電位上昇，高電圧の進入等による感電，火災その他人体に危険を及ぼし，又は物件への損傷を与える恐れがないよう，接地のその他の適切な措置を講じなければならない（以下略）。

（電気設備の接地の方法）

第 11 条　電気設備に接地を施す場合は，電流が安全かつ確実に大地に通じることができるようにしなければならない。

（発電所への取扱者以外の者の立入りの防止）

第 23 条　高圧または特別高圧の電気機械器具，母線等を施設する発電所又は変電所，開閉所もしくはこれらに準じる場所には，取扱者以外の者に電気機械器具，母線等が危険である旨を表示するとともに，当該者が容易に構内に立入る恐れがないように適切な処置を講じなければならない

上記の電技第 23 条については，次のような解釈が定められている。

【電技第 23 条に対応する】

（技術基準の解釈　第 43 条　発電所への取扱者以外の者の立入りの防止）

高圧または特別高圧の電気機械器具，母線等を施設する発電所又は変電所，開閉所もしくはこれらに準じる場所には，次の各号により構内に取扱者以外の者が立入らないように施設すること。

ただし，土地の状況により人が立入る恐れがない箇所については，この限りではない。

一　さく，へい等を設けること。

二　出入口に立入りを禁止する旨を表示すること。

三　出入口に施錠装置その他適切な装置を施設すること。

また，民間規程である『発変電規程(JEAC 5001-2000)』によると，以下の点を満足する必要がある。

【発変電規程】

（さく，へい等の設置）

第１－５条　発変電所において高圧または特別高圧の機械器具，母線等を施設する場合には，その構内に取扱者以外のものが立入らないよう，また，外部から人が容易に充電部分に近づかないようにさく，へい等を設け，かつ，その出入口に立入りを禁止する表示をするとともに，施錠装置その他適当な装置を施設しなければならない。ただし，土地の状況により人が立入る恐れがない箇所については，この限りではない。

（照明設備）

第５－18 条　発変電所には，監視，操作及び日常の点検手入れなどを安全，かつ，確実に行うため，必要な照明設備を施設しなければならない。

（巡視通路における保護さく等）

第５－19 条　日常巡視点検時の巡視通路及び点検位置が高圧又は特別高圧の露出充電部分に接近する場合には，取扱者が容易に露出充電部分に触れないよう，保護さく又は保護網を施設しなければならない。

（小動物侵入防止設備の施設）

第５－21 条　発変電所等の屋内電気設備及び 100kV 以下の屋外電気設備で，小動物により事故発生のおそれがある場合は，適当な設備を施設しなければならない。

発電所建屋を省略する場合は，上記の法的要件や民間規程に加えて，以下の事項についても注意を払って，設計する必要がある。

① 構造的な対応

発電所建屋を省略する場合，降雨・降雪および落石等に対する適切な対応が必要である。

② 使用環境への対応

発電所建屋を省略する場合，紫外線による材料の劣化や直射日光による温度変化等に対する適切な対応が必要である。

③ 施工・点検時への対応

発電所建屋を省略する場合,天井クレーン等が存在しないため,発電機器類の据付,点検時等への適切な対応が必要である。

３．３．２　発電所基礎・建屋の形式

簡易発電システムにおける発電所基礎・建屋は，それぞれの法的要件と使用環境を考慮し,適切な形式（省略を含む）を選定する。

【解説】

平成 16 年度に実施したモニタリング調査の結果から，発電所基礎や建屋には，様々な形式が見られた。それらの事例では,構造上，機能上，安全上の不具合等は確認されず，基本的に以下に示す法的要件を満足しているものと考えられる。

①『水技』　⇒　主に，構造上（強度），機能(確保)上の規定
②『電技』　⇒　主に，構造上（強度），機能(確保)上，安全上の規定
③『発変電規程』　⇒　主に，安全上，維持管理上の規定

また，構造，使用環境，施工，点検時に対する以下の事項に対応しているものと考えられる。

① 降雨・降雪，落石等への対応
② 紫外線による劣化，直射日光による温度変化への対応
③ 発電機器類の据付け，点検時等への対応

以上の対応等を考慮して，簡易発電システムにおける発電所基礎・建屋の形式選定例は表 3－8 に整理した。また，簡易発電システムに対応する発電所基礎・建屋の事例は表 3－9 に示す。

表 3－8　簡易発電システムにおける発電所基礎・建屋の形式の選定例

項　目	条　件	形　式	対応例等
発電所基礎	基本的な基礎形式	直接基礎	一般的，表 3－9①
	比較的規模が大きく，かつ，支持地盤が深い場合	ケーソン基礎	発電所としては特異なケース
	同　上	杭基礎	中～大規模発電所
水車，発電機基　礎	一般的水車	コンクリート（＋形鋼）	表 3－9②
	小規模水車（マイクロフランシス他）	形　鋼	農業用水利施設，工場内小規模発電設備等
	ゲート穴開け取水方式	ゲート等による支持	表 3－9③
	投込み水車等	アンカー等による固定	
建　屋	一般的な形式	天井クレーン省略（梁やフックのみ設置等）	表 3－9④
	トラッククレーン等で対応可能な場合	合理化建屋（屋根取外し可能）	
	小規模施設	簡易型建屋	表 3－9⑤～⑥
	屋外対応可能な場合	建屋省略	表 3－9⑦
	その他	既設建物利用	

表 3－9　簡易発電システムに対応する発電所基礎・建屋の事例

[発電所基礎]

① 直接基礎




[水車，発電機基礎]

② コンクリート（+形鋼）




③ ゲート等による支持




[建　屋]

④ 天上クレーン省略





開閉式の天上　　梁のみが設置されている

[建　屋]

⑤ 簡易型建屋





⑥ 簡易型建屋（制御盤への対応）




⑦ 建屋省略




３．３．３　設計に関する基本事項

発電所基礎の設計にあたっては，水圧管路，水車および発電機を支持するとともに，吸出し管を固定させ，上載荷重や地震荷重に耐え，かつ，水車・発電機の振動に対して十分に安全な構造となるよう設計する。

また，発電所建屋の設計にあたっては，電気機械設備の寸法および配置とともに，運転，保守，工事中の据付等を考慮して設計する。

【解説】

発電所基礎の設計あたっては，水圧管路，水車および発電機を支持するとともに，吸出し管を固定させ，上載荷重や地震荷重に耐え，かつ水車・発電機の振動（定格運転時の動的荷重や短絡時における動的荷重等）に対して十分に安全な構造となるよう設計する必要がある。

一般的に横軸発電機から基礎に作用する力は，停止時，定格運転時，短絡時および地震時のそれぞれの状態において，その方向（垂直，水平および水平直角方向）と大きさが異なったものとなる。また，その値の変動の傾向は，発電機の固定位置によっても異なっている。さらに，各位置，各方向の作用力は，一般に地震時又は短絡時において最大値を示すため，一概に地震時だけの検証では不十分となる。

したがって，発電所基礎の設計に際しては，水車および発電機の形式・配置から決定される作用力を的確に把握し，水車および発電機の荷重に耐える構造であることを，それぞれの荷重条件に応じて確認しなければならない。

なお，水車および発電機の形式・配置から決定される作用力については，一般に水車および発電機を，基礎に固定する際のアンカーボルトの計算用に提示されるものを流用することができる。

また，発電所建屋の設計にあたっては，電気機械設備の寸法および配置とともに運転，保守，工事中の据付等を考慮して設計する必要がある。さらにコストダウンに伴う発電所建屋の規模縮小・省略等による合理化は，発電機シャフトの短略，水車回転数の高速度化による水車，発電機の小型化，クレーンの改良・省略，付属機器の合理的な組合せ等，電気機械設備と一体に検討する必要がある。

なお，発電所基礎・建屋の設計にあたっては，既存資料に詳しく解説されているので，本設計マニュアルでは詳細な解説を省略した。したがって，発電所基礎・建屋の設計に関しては巻末資料－15 に示す参考資料等を参照されたい。

３．４　その他設備

簡易発電システムを構成するその他設備（取水設備，水圧管路，発電所基礎・建屋を除く）には，主に以下の設備がある。簡易発電システムにおいては，適用施設および当該地点の諸条件に合わせて,これら設備の設置の有無（省略）およびコストダウン設計を考慮したうえで，各設備が安全に機能する規模・構造にするとともに，いかなる状況下においても，適用施設の目的を妨げることのないように留意して設備を配置・設計する。

① 沈砂池
② 導水路
③ ヘッドタンク
④ 余水路
⑤ 放水路・放水口

【解説】

簡易発電システムにおいては，河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設等の適用施設と，当該地点の諸条件に合わせて，各設備の設置の必要性を検討し，省略できる設備は省略することでコストダウンを図るとともに，各設備の設計においてもコストダウンを考慮したものとする。また，各設備は安全に機能する規模・構造であるとともに，いかなる状況下においても，適用施設の目的を妨げることのないように留意して配置・設計する必要がある。

なお，その他設備に関しては既存資料に詳しく解説されているので，本設計マニュアルでは詳細な解説を省略した。したがって，その他設備の設計およびコストダウンにあたっては,巻末資料－15 に示す参考資料等を参照されたい。

(1) 沈砂池

沈砂池は，水圧管路や水車等への影響が懸念される粒径以上の土砂を的確に沈降させ，排除できる規模・構造にするとともに，導水路への過剰な流入を防止する余水吐を設置する必要がある。

また，沈砂池の設計にあたっては，現地状況および水圧管路，水車等の材料特性とあわせて，沈砂池および水路の維持管理に支障を来たさない範囲で，合理化設計（沈砂池の縮小化）等を検討し，コストダウンを図る必要がある。

(2) 導水路

導水路は，取水口からヘッドタンクまで，発電使用水を安全に導水できる最も経済的なルート・規模・構造にする必要がある。

また，導水路の延長は，工事費に与える影響が大きいことから，導水路のルートおよび形式の選定にあたっては，当該地点の諸条件，通水断面，勾配，地形・地質および工期等を考慮して，最も経済的なものとする。

なお，導水路の形式には開水路と圧力水路とがあり，開水路には開きょ，蓋きょ，暗きょ，管，トンネル，圧力水路にはトンネル，管等がある。

ここで，導水路を管とする場合は一般市販管の採用も可能であり，採用する場合は巻末資料－12 に示す『一般市販管による水圧管路技術基準(案)』を準用するものとする。

(3) ヘッドタンク

ヘッドタンクは，発電所の負荷変動に伴う水圧管路流量と導水路流量との差を調整するとともに，流水中の土砂をここで最終的に沈殿除去し，水車に障害を与えない規模・構造にする必要がある。

また，ヘッドタンクは発電所と最短距離で結ぶ位置に設置するとともに，設計にあたってはヘッドタンクの小規模化等（巻末資料－15『中小水力発電ガイドブック(新訂 5 版)』参照）を検討し，コストダウンを図る必要がある。

(4) 余水路

余水路は，沈砂池やヘッドタンクの余水吐からの越流水を，安全に河川や既設水路に放流できる規模・構造にする必要がある。

余水路の設計にあたっては，余水路の省略（土木設備で対応する方法，放流バルブを併用する方法，デフレクタ放流を併用する方法）等を検討し，コストダウンを図る必要がある。

ここで，余水路を管とする場合は一般市販管の採用も可能であり，採用する場合は巻末資料－12 に示す『一般市販管による水圧管路技術基準(案)』を準用するものとする。

(5) 放水路・放水口

放水路は，水車から放出された発電使用水を，安全に河川や既設水路に導く規模・構造にする必要がある。

なお，放水路の断面は，負荷変動に伴う水位変化の軽減および損失落差の軽減のため，断面を大きめとし，放水庭の形状は，水車形式を考慮したうえで，損失水頭をできるだけ小さくし，水車からの放水が速やかに整流され，再び滑らかに漸縮して放水路へ流入するように設計する。

放水口は河川や既設水路への出口部になるので，河川や既設水路の流水や流砂により，破損しないようその周辺地形・既設構造物を考慮して，規模・構造にする必要がある。

３．５　コストダウンの要素

３．５．１　各施設の要素技術適合性

簡易発電システムにおける土木設備に対しては，各適用施設に対する要素技術の適合性を考慮したうえ，適切にコストダウンを図るものとする。

【解説】

簡易発電システムの土木設備におけるコストダウンを図るためには，各適用施設に対する要素技術の適合性を的確に把握する必要がある。

そのため，各適用施設の地形および流況の特性を考慮し，各要素技術の適合性について把握する必要がある。表 3－10 はその一例である。

この表は，簡易発電システムとして小水力発電所を計画する場合の指標となるが，実際の計画立案に際しては，当該計画発電所の状況や諸条件を考慮し，経済性や保守管理を含めて総合的に評価する必要がある。そのうえで，適切な設備を選定し，コストダウンを図ることになる。

表 3－10　各適用施設の各要素技術の適合性[土木設備]

技術要素＼適用施設		河川維持流量等放流設備	砂防ダム	農業用水利施設			上･工業用水利施設		下水道施設
		ﾀﾞﾑ･取水堰		ダム	取水堰	落差工･急流工	ﾀﾞﾑ･取水堰	落差工･急流工	放水路･放水口
取水方式	浸透水	×	○	×	○	○	○	○	○
	越流水付着	×	○	×	×	○	×	×	○
	集水井	×	○	×	○	×	○	○	×
	水クッション	×	○	×	○	×	○	○	×
	バースクリーン	○	○	○	○	○	○	○	○
	嵩上げ	×	×	×	×	×	×	×	×
	水路落差工	×	×	×	×	○	×	×	○
	横取り	○	○	○	○	×	○	○	×
	堤体穴開け	○	○	○	○	×	○	○	×
	ゲート穴開け	○	×	○	○	×	○	○	×
	既設管分岐	○	×	○	×	×	○	×	×
	サイフォン	○	○	○	○	○	○	○	○
水路管圧	硬質塩化ビニル管	○	×	○	○	○	○	○	○
	ポリエチレン管	○	○	○	○	○	○	○	○
	耐圧ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝﾘﾌﾞ管	×	○	×	○	○	○	○	○
発電所	基礎合理化	○	○	○	○	○	○	○	○
	建屋合理化	○	○	○	○	○	○	○	○

注；○ 適合性が高い，× 適合性が低い

３．５．２　コストダウンの要素

簡易発電システムにおける土木設備では，各適用施設の特性に応じたコストダウンの要素を整理して,その可能性を検討する。

【解説】

簡易発電システムにおける土木設備によるコストダウンを図るためには，前項で整理した各適用施設に対する要素技術の適合性に加え,各適用施設の特性に応じたコストダウンの要素について整理し,その要素によるコストダウンの可能性について検討するものとする。

各適用施設の特性に応じたコストダウンの要素を表 3−11 に整理した。なお,この表は,各施設の一般的な条件に対して整理したものなので，実際の計画立案に際しては，当該計画発電所の状況や諸条件を考慮し，適正に評価する必要がある。

表 3−11 各適用施設のコストダウンの要素の例

適用施設		適用箇所または条件	コストダウン可能な要素
河川維持流量等放流設備	ダム	ダム自体の利用	沈砂池、ヘッドタンク、余水吐の省略
		水位変動が小さい場合	定落差対応の水車の選択
		流量変動が小さい場合	定流量対応の水車の選択
			水圧管路の径の最小化
		既設利水放流管が利用可能な場合	水圧管路の短縮
			分岐管方式の取水形式の採用
	取水堰	堰自体の利用	ヘッドタンク、余水吐の省略
		流量変動が小さい場合	定落差・定流量対応の水車の選択
			水圧管路の径の最小化
		砂礫流入が少ない場合	沈砂池の省略
		取水が越流水付着、水クッション方式の場合	沈砂池、除塵設備、余水吐の省略
		既設ゲートへの取付けが可能な場合	ゲート穴開けやサイフォンの採用
砂防ダム		取水量の変動が小さい場合	定落差・定流量対応の水車の選択
			水圧管路の径の最小化
		取水が浸透水、越流水付着、水クッション方式の場合	沈砂池、除塵施設、余水吐の省略
農業用水利施設	ダム・取水堰	[河川維持流量等放流設備のダムまたは取水堰に同じ]	
	落差工	落差工(水路)自体の利用	沈砂池、ヘッドタンクの省略
		流量変動が小さい場合	定落差・定流量対応の水車の選択
			水圧管路の径の最小化
		流量の期別変動が大きい場合	水車・発電機の複数台設置による発電効率最適化
		水路内への水車を設置する場合	水圧管路の省略
			水車基礎の合理化・省略
	急流工	急流工(水路)自体の利用	沈砂池、ヘッドタンクの省略
		流量変動が小さい場合	定落差・定流量対応の水車の選択
			水圧管路の径の最小化
上水道･工業用水利施設	ダム・取水堰	[河川維持流量等放流設備のダムまたは取水堰に同じ]	
	落差工・急流工	処理後の流水を利用する場合	除塵施設の省略
		[その他、農業用水利施設の落差工・急流工に同じ]	
下水道施設	放水路・放水口	下水道施設自体の利用	除塵施設の省略
		[その他、農業用水利施設の落差工・急流工に同じ]	
各施設共通		水圧管路に対して	一般市販管の採用
		系統連系が不要の場合	保護装置の簡略化
		低圧連系となる場合	高圧連系設備の省略
		発電機	永久磁石発電機の採用
		制御・保護装置	汎用PLCの採用
		発電所基礎	直接基礎方式の採用
		発電所建屋	簡略化、省略

３．５．３　各要素技術によるコストダウン

簡易発電システムにおける土木設備によるコストダウンは，各要素技術に必要とされる機能と性能を考慮したうえ，トータルコストの低減を目的に実施する。

【解説】

簡易発電システムにおける土木設備によるコストダウンを図るためには，各要素技術に必要とされる機能と性能を考慮し，イニシャルコストとランニングコストを十分に評価したうえ,最終的にはトータルコストの低減を目的に実施しなければならない。

(1) 取水設備によるコストダウン

簡易発電システムにおける取水設備においては,“少ない水を如何にして効率よく取水するか”ということが最大の課題となる。また，開発事例調査からもわかるように，小水力発電におけるトラブル発生の原因は，取水口部に対する塵芥の流入・閉塞によるものが多い。したがって，取水口についてはイニシャルコストのみでなく，ランニングコストについても十分に検討する必要がある。

a イニシャルコスト

取水設備に係るイニシャルコストを低減させるためには，自然河川を含め，できるだけ手をかけないで取水を可能とすることである。具体的には河川の自然な淵を利用する横取り取水方式等が有利となる。この方法は農業用，上水道・工業用，下水道の水路から取水を行う場合においても効果的である。さらに，既設管分岐取水方式は取水部自体が水圧管路の一部であり,取水口自体が既存施設の利用とも評価できるので,大きなコスト低減が可能となる。

また，浸透水取水方式や集水井取水方式等は，沈砂池やスクリーン等を省略できるという面で有利であるが,単位面積当りの取水量が小さいため,相応の施工面積が必要となる。

その他,サイフォン取水方式はダム等の既存施設の改造を不要とするため,例えば堤体穴開け取水方式やバースクリーン取水方式に比較して，構造的にもコスト的にも有利になる可能性がある。しかし，サイフォン取水方式は真空ポンプが必要になるため,イニシャルコストに加え,機械設備に関するメンテナンスが必要となる。

取水設備に係るイニシャルコストについては，当該取水地点の地形や地質,流況，取水量，管理条件等を総合的に評価したうえで，適用できる要素技術を適切に評価してコストダウンを図る必要がある。

b ランニングコスト

取水設備に係るランニングコストとしては，主に取水口の塵芥処理（取水口スクリーンにおける除塵）や取水口に流入した砂礫の処理に掛かる費用が，大きなものとしてあげられる。簡易発電システムは，発電電力量が小さいので運転保守に掛けるコストはできるだけ低く抑えたい。このため，可能な限り塵芥処理等のランニングコストを低減させなければならない。

そのような面から，取水設備には浸透水取水方式や集水井取水方式，既設管分岐取水方式等が有利になるが，浸透水取水方式や集水井取水方式は目詰まりの問題や単位面積当りの取水量が小さいこと等，問題もある。また，イニシャルコストは掛かるが，ランニングコストの低減には除塵機の設置が効果的な場合もある。

取水設備に係るランニングコストについては，当該水力発電所の現場状況によって対策方法が異なってくるため，その費用についても随時，適切に判断する必要がある。

c トータルコスト

取水設備に係るトータルコストは，当該発電所取水地点の地形・地質，既設構造物の規模，取水量，流況，管理条件等によって大きく変動する。したがって，計画段階においては，現場状況と各取水方式の機能を十分に整理・検討し，全体工事費，維持管理条件等を把握して，総合的な評価のもとに取水方式を決定する必要がある。

(2) 水圧管路によるコストダウン

簡易発電システムにおける水圧管路においては，基本的に一般市販管の採用によるコストダウンが基本となるが，管自体の費用（資材費）のほかに，管の重量や継手の形式から評価される施工性，粗度係数の違いによる管径の選択，塗装等に要するメンテナンス費用等を，総合的に評価しなければならない。

a イニシャルコスト

水圧管路に係るイニシャルコストとしては，管の資材費と布設費のほか，管の選定において粗度係数の違いによる必要管径の相違や，各管種の対応管径，対応内圧を考慮する必要がある。

一般に，塩ビ管は，資材費が比較的安く，軽いこととゴム輪継手であることから施工性も良い。しかも，ある程度の内圧まで耐えられるが，適用管径が比較的小さく，紫外線に対しても何らかの防護が必要となる。

ポリ管は，資材費が高いものの，管が一体化されるため，ある程度自由な曲線配置が可能となり，曲管等が不要となることから総合的には経済的になる場合もある。しかも，ある程度の内圧まで耐えられるが，融着継手になるためゴム輪継手に比べれば施工性が若干低く，適用管径も比較的小さい。

リブ管のゴム輪継手の場合は，資材費が比較的安く，適応管径も大きく，継手の施工性も良いが,対応内圧は低い。リブ管の融着継手では，ポリ管と同様に，資材費が比較的高いものの，管が一体化されるため,ある程度自由な曲線配置が可能となり，曲管等が不要となることから，総合的には経済的になる場合もある。しかも，適用管径も比較的大きいが，融着継手になるためゴム輪に比べれば施工性が若干低く，ポリ管に比べて適応内圧は比較的小さくなる。

その他,塩ビ管,ポリ管,リブ管は粗度係数が比較的低いため,同程度の有効落差を確保するためには,鋼管やFRP(M)管に比べて管径を小さく設定することが可能となる。また，曲管については，各管種によって費用が異なるため,その有無（数）によって全体資材費が大きく増加する場合がある。

さらに,各管種の施工性は,重機の入りやすさや曲線区間の多さ等の現場条件にも左右される。

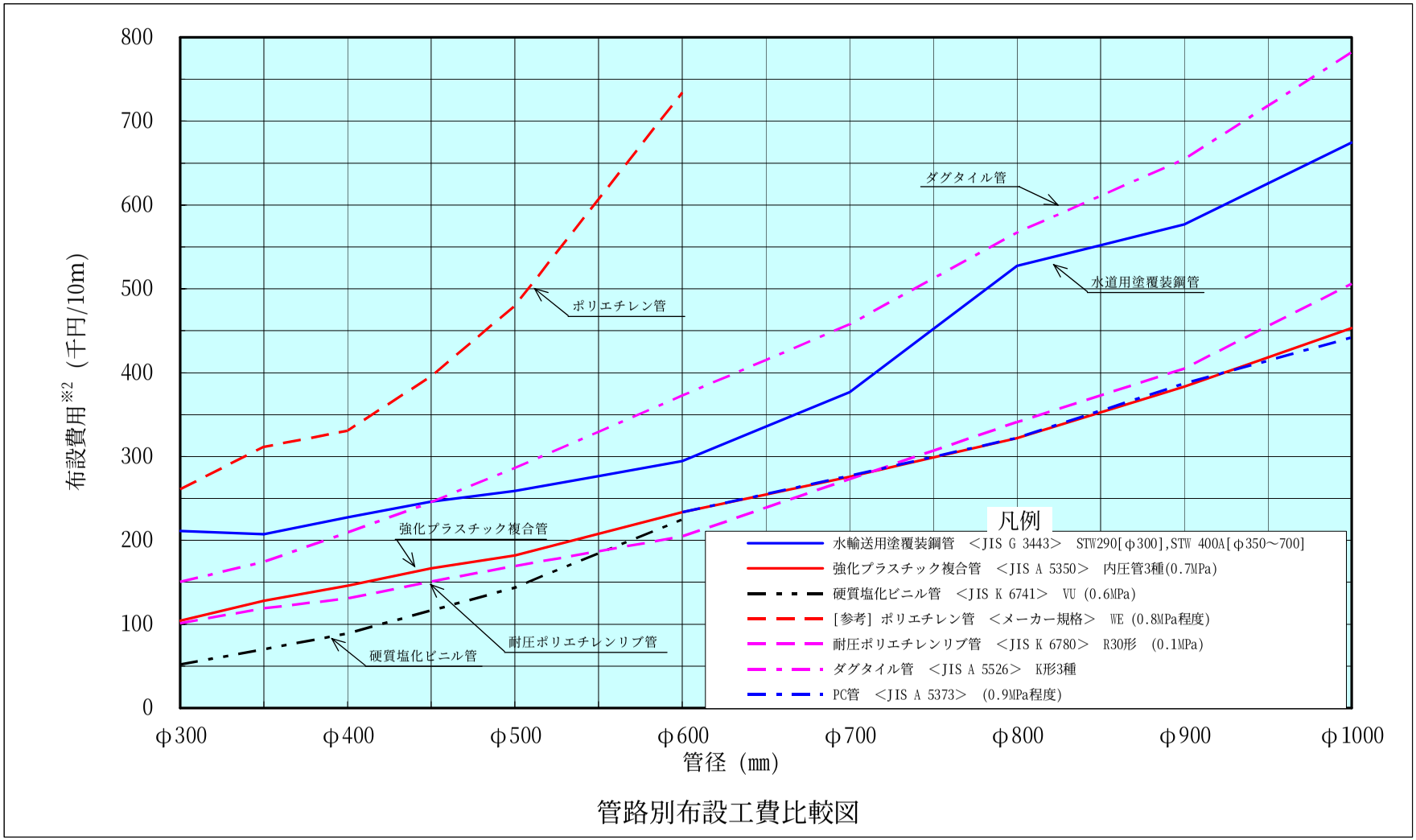
以上のように,水圧管路に係るイニシャルコストは様々な要因により左右されるため,現場の状況と各管種の特性を考慮して,適用できる管種を適切に評価してコストダウンを図る必要がある。

なお，参考として，埋設を前提とした主要管種の布設工事費（労務費，資材費,機械費，雑費）を積算し,比較を行った。

積算にあたっては，単純に直管（異形管などは含まず）の埋設を前提とし，床掘，基礎工，埋戻しなどは計上せず，布設工事の直接費（資材費，機械損料，労務費，その他雑費）のみとした。なお，資材費は以下のとおり仮定して算出した。

1) 基本的に実勢価格（『2006.9積算資料』経済調査会）を用いた。
2) 口径の大きい塩ビ管の単価は『積算資料』に記載されていないため，一部の県が内示価格としているものを参考に計上した。
3) ポリ管の単価は『積算資料』に記載されていないため，メーカー提示価格で計上した。したがって，布設工事費は参考値とした。

試算結果（10m当たりの埋設管路敷設工事費（資材費込み））を図3－8に示す。



管路別布設工費比較図

※1；凡例内の管材名の横の(　)は、設計内圧（静水圧＋水撃圧）を示す。なお，鋼管とダクタイル管は,1MPa程度は問題なく対応可能。
※2；布設工費は資材費及び諸雑費を含む。床堀り・埋戻し費用は含まない。

図 3－8　10m 当たりの埋設管路敷設工事費（資材費込み，直管のみ（異形管含まず））

b ランニングコスト

水圧管路に係るランニングコストとしては,一般的に鋼管での塗装が考えられるが,一般市販管を使用する場合には塗装は無用である。

一般市販管を常用している農業用水や上水道では，基本的にメンテナンスフリーであり，比較的安定した利用となる水力発電においても，基本的にメンテナンスフリーとして問題ない。

したがって，水圧管路に係るランニングコストは，定期的な点検等，管理面に掛かる費用を考慮するものとする。

なお,ゴム輪継手の管を露出配管とするような場合は,ゴム輪やシール材の交換等が必要になる可能性がある。

c トータルコスト

水圧管路に係るトータルコストは，当該配管地点の地形・地質，対象流量，対象内圧，施工制約条件，管理条件等によって大きく変動する。したがって，計画段階では，現場状況と設計条件,各管種の機能を十分に整理・検討し，全体工事費，維持管理条件等を把握して，総合的な評価のもとに採用管種を決定する必要がある。

(3) 発電所基礎・建屋によるコストダウン

発電所基礎・建屋については,ランニングコストに係る費用が比較的小さいため,イニシャルコストの低減が基本となる。

発電所基礎に関しては，電気機械の形式・配置から決定される荷重を考慮し，安定して支持する必要がある。そこで，発電所基礎は適正な安定計算を実施し，必要十分な大きさ（適正規模）を決定することにより，基礎のプレキャスト化や水車，発電機との一体化により，施工面での工期短縮，コストダウンが可能になると考えられる。

一方，発電所建屋については，保安や使用環境を考慮したうえでその省略について検討し，その際には水車，発電機等の電気設備を露出型にすることによる費用増分を適切に把握して，総合的に評価する必要がある。

また，建屋に付随するクレーン等については，施工時およびメンテナンス時における対応(簡易な門型クレーンの設置やトラッククレーンの採用等)を検討しておく必要がある。

なお，各要素技術を導入してコストダウンを図った概略発電計画を，巻末資料－４のケーススタディに示す。

表3－12　各要素技術によるコストダウン

	取水設備	水圧管路	発電所基礎・建屋
イニシャルコスト	**(1)横取り取水方式の採用** ・できるだけ手をかけないで取水が可能。 ・農業用，上水道・工業用，下水道の水路から取水を行う場合においても効果的。 **(2) 既設管分岐取水方式の採用** ・取水口自体が既存施設の利用のため大きなコスト低減が可能。 (3)浸透水取水方式や集水井取水方式の採用 ・沈砂池やスクリーン等を省略できる。 ・ただし，単位面積当りの取水量が小さいため，施工面積が必要となる。 **(4)サイフォン取水方式** ・既存施設の改造が不要。 ・だたし，真空ポンプが必要で，イニシャルコストに加え，機械設備に関するメンテナンスが必要。 **(5)全体** ・地形や地質，流況，取水量，管理条件等を総合的に評価し，適用できる要素技術を適切に評価してコストダウンを図る必要がある。	**(1) 塩ビ管の採用** ・粗度係数が小さく，資材費も比較的安い。 ・重量が軽く，ゴム輪継手であることから施工性が良い。 ・ただし，適用管径が比較的小さく，紫外線に対しても何らかの防護が必要。 **(2) ポリ管の採用** ・粗度係数が小さい。 ・資材費は高いが，融着継手で管が一体化されるため，ある程度自由な曲線配置が可能で，曲管等が不要となる。 ・ただし，融着継手のため，ゴム輪継手に比べ，施工性が若干低く，適用管径も比較的小さい。 **(3) リブ管(ゴム輪継手) の採用** ・粗度係数が小さい。 ・資材費が比較的安く，適応管径も大きく，継手の施工性も良い。 ・ただし，対応内圧は低い。 **(4) リブ管(融着継手)** ・粗度係数が小さい。 ・資材費は高いが，融着継手で管が一体化されるため，ある程度自由な曲線配置が可能で，曲管等が不要となる。 ・ただし，融着継手のため，ゴム輪継手に比べ，施工性が若干低く，適応内圧もポリ管に比べて比較的小さい。 **(5)全体** ・現場の状況と各管種の特性を考慮して，適用できる管種を適切に評価する。	**(1)発電所基礎** ・基礎のプレキャスト化。 ・水車，発電機一体化による施工面での工期短縮。 **(2)建　屋** ・建屋の省略。 ・クレーンの簡略化。
ランニングコスト	・目詰まりの問題や単位面積当りの取水量が小さい等，問題はあるが，浸透水取水方式，集水井取水方式，既設管分岐取水方式等が有利。 ・ランニングコストの低減には除塵機の設置が効果的な場合もある。 ・現場状況によって対策方法が異なるため，その費用についても随時，適切に判断する必要がある。	・基本的にメンテナンスフリー。 ・定期的な点検等，管理面に掛かる費用を考慮する。	－
トータルコスト	・現場状況と各取水方式の機能を十分に整理・検討し，全体工事費，維持管理条件等を把握して，総合的な評価のもとに取水方式を決定する。	・現場状況と設計条件，各管種の機能を十分に整理・検討し，全体工事費，維持管理条件等を把握して，総合的な評価のもとに採用管種を決定する。	－

第４章　電気機械設備

簡易発電システムを構成する主要機器は，水車，発電機及び制御・保護装置であり，基本的に通常の水力発電所に設置される電気機械設備と何ら変るところはない。
ただし，これら機器は簡易発電システム全体に占める価格比率が大きく，簡易発電システムの構築にあたっては，そのコストダウンに向けた機器簡素化，付属設備省略，汎用品の採用等を考慮し，かつ，信頼性低減に繋がらない検討を行う必要がある。

【解説】

電気機械設備では，水車，発電機及び制御・保護装置を対象として要素技術の調査・検討を行った。ここで，コストダウンに向けた機器簡素化，付属装置省略，汎用品の採用等は，関係法令を遵守する観点から，水車に関しては『発電用水力設備に関する技術基準を定める省令，解釈』，発電機及び制御・保護装置に関しては『電気設備に関する技術基準を定める省令，解釈』，系統連系に関しては，指針として制定されている『電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン』，また，電気技術規程である『系統連系規程』に抵触しないことを確認する必要がある。

関係法令との関わりは，第８章「関係法令・基準等」で具体的に触れる。ここでは水車，発電機及び制御・保護装置のそれぞれについて，その開発状況や簡易発電システムへ適用可能な機器の選定，また，適用する際の課題・技術検討結果等について説明する。

４．１　水車

小水力資源を有効に活用し，年間発電電力量を増加するためには，その地点に応じた最適な水車形式の選定が重要である。水車形式は地点特性の落差・流量及びその変動範囲と価格等を考慮して最適なものを選定する。

【解説】

簡易発電システムにおいても，単にイニシャルコストダウン等の要求だけで水車性能を無視した設計は発電電力量の増加とならず，結果的に経済性を確保できないため避けなければならない。また，施設場所，メンテナンス，ランニングコスト，発電機や制御・保護装置との協調も考慮する必要がある。

基本的に水車形式は発電機種類には影響しないが，その連結方法については，直結式とするかギヤ又はベルト駆動方式により増速又は減速するかの検討が必要である。また，制御・保護方式については，取水設備で流量調整機能を有するか，水車本体で可動羽根制御が必要であるか等，水車形式の選定で影響を受ける。

４．１．１　水車の分類

水車は，落差や流量に対応して様々な種類がある。

【解説】

水車は JEC-4001『水車及びポンプ水車』において，水車出力 100kW 以上を対象に軸方向やランナ数等に応じた細かい分類がなされているが，水車出力 100kW 未満に対してもこの規格の準用を推奨している。

図 4－1 に水車の分類を示す。

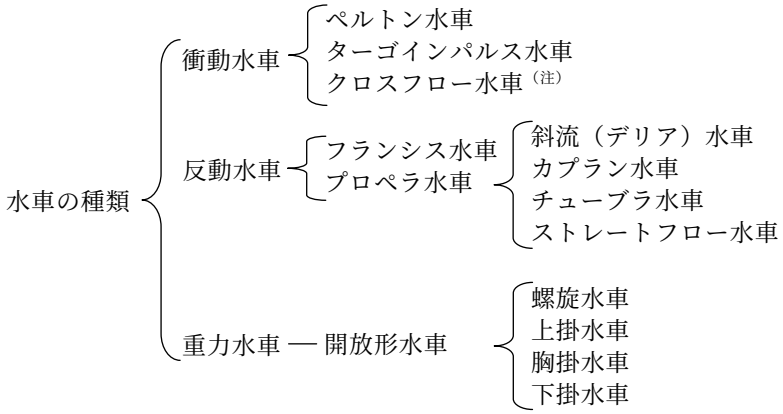


図 4－1　水車の分類

一般に水車形式は衝動水車,反動水車の二つに大別され，国内での適用事例は少ないが,これに重力水車が加わる形で水車は整理される。図 4－1 の中で，注に示すクロスフロー水車は，衝動水車及び反動水車の特性を併せ持つ水車である。

４．１．２　水車形式の選定

簡易発電システムへ適用可能な水車形式の構造，適用範囲，諸特性を考慮し，開発動向を踏まえ，水車形式は，落差と流量を基本諸元として，水車形式選定図から選定する。

【解説】

表 4－1 は，簡易発電システムへ適用可能な水車形式とその概略仕様を整理したものである。これをもとに作成した水車形式選定図を図 4－2 に示す（ただし，重力水車は除く）。水車形式は落差と流量を基本諸元として選定する。

表 4－1　簡易発電システム適用可能水車の種類と概略仕様（1／3）

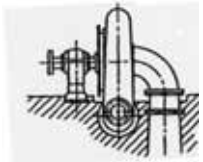
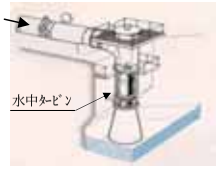
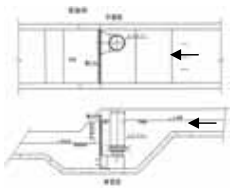
種　　類	概略図	構造概要	適用範囲	備　　考
反動水車				
①横軸ﾌﾗﾝｼｽ水車 （小水力用）		流水がﾗﾝﾅの周辺から流入し，ﾗﾝﾅ内において軸方向に向きを変えて流出するもの。	出力：50～4,000kW 落差：10～300m 流量：0.3～10m³/s	流量を調整するｶﾞｲﾄﾞﾍﾞｰﾝを設ける必要があり，構造が複雑である。 変流量・変落差対応の運転が可能である。
②横軸固定羽根ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ水車 （発電機流水路外設置）		円筒ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ水車の一種であり，水車上に発電機を搭載(流水路外)し，水車回転部と発電機とはﾍﾞﾙﾄで直結されているもの。	出力：1～300kW 落差：2～20m 流量：0.07～3m³/s	従来のﾌﾟﾛﾍﾟﾗ水車を簡素化し，低落差，小流量領域でも対応可能としたもの。 ﾗﾝﾅﾍﾞｰﾝあるいはｶﾞｲﾄﾞﾍﾞｰﾝを可動とすることにより，ある程度の変落差・変流量には対応可能。
③横軸固定羽根斜流水車 （発電機流水路内設置）		円筒斜流水車の一種であり，水車軸に発電機を直結(流水路内)したもの。	出力：3～100kW 落差：3～150m 流量：0.01～1m³/s	従来の斜流水車を簡素化し，低落差，小流量領域でも対応可能としたもの。 ﾗﾝﾅﾍﾞｰﾝ，ｶﾞｲﾄﾞﾍﾞｰﾝが固定のため，水車での流量調整運転は不可能。流量は落差によって一義的に決まってしまうため，変落差対応もできない。流量調整が必要な場合，ｵﾘﾌｨｽや流量調整用ﾊﾞﾙﾌﾞ等による損失水頭調整により，手動で行う必要がある。
④ﾎﾟﾝﾌﾟ逆転水車		標準立軸(横軸)ﾎﾟﾝﾌﾟを逆転させて使用する。ﾗﾝﾅ固定用ﾈｼﾞを標準ﾎﾟﾝﾌﾟに対し，逆に切る必要がある。流入方向がﾎﾟﾝﾌﾟの場合と比較して反転するため，ﾗﾝﾅ形状がﾎﾟﾝﾌﾟの場合と逆になる。	出力：1～200kW 落差：6～80m 流量：0.02～1m³/s	ｷｬﾋﾞﾃｰｼｮﾝ特性が厳しく，羽根形状の修正が場合によって必要である。軸受や封水部の寿命が短い。無拘束速度対応が必要である。 ﾗﾝﾅﾍﾞｰﾝが固定のため，水車での流量調整運転は不可能。流量は落差によって一義的に決まってしまうため，変落差対応もできない。流量調整が必要な場合，ｵﾘﾌｨｽや流量調整用ﾊﾞﾙﾌﾞ等による損失水頭調整により，手動で行う必要がある。
⑤水中ﾀｰﾋﾞﾝ		水中ﾎﾟﾝﾌﾟを逆転させて使用する。ﾗﾝﾅ固定用ﾈｼﾞを標準ﾎﾟﾝﾌﾟに対し，逆に切る必要がある。流入方向がﾎﾟﾝﾌﾟの場合と比較して反転するため，ﾗﾝﾅ形状がﾎﾟﾝﾌﾟの場合と逆になる。	出力：10～500kW 落差：2.8～20m 流量：0.4～10m³/s	発電機が直結され，ｺﾝﾊﾟｸﾄ化が可能である。流量を調整するｶﾞｲﾄﾞﾍﾞｰﾝはない。水中形のため，軸受や封水部の寿命が短い。無拘束速度対応が必要である。 ﾗﾝﾅﾍﾞｰﾝ，ｶﾞｲﾄﾞﾍﾞｰﾝが固定のため，水車での流量調整運転は不可能。流量は落差によって一義的に決まってしまうため，変落差対応もできない。流量調整が必要な場合，ｵﾘﾌｨｽや流量調整用ﾊﾞﾙﾌﾞ等による損失水頭調整により，手動で行う必要がある。
⑥投げ込み式水車		超低落差用水車として開発された立軸ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ水車の一つで，既設水路内に堰板を設置し，その落差を利用するもの。	出力:1～12kW 落差:1～3m 程度 流量:0.2～2.0m³/s	水車，発電機が同一の筐体に収納され，この筐体を落差工に据えるだけの簡単なものである。 定落差運転が原則であり，水車での流量調整運転は不可能。

表 4－1　簡易発電システム適用可能水車の種類と概略仕様（2／3）

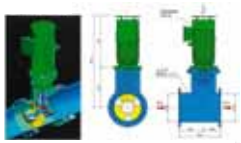
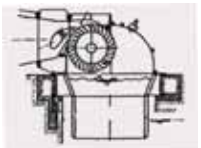
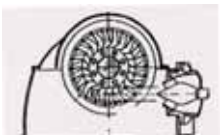
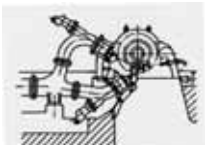
種　　類	概略図	構造概要	適用範囲	備　　考
反動水車				
⑦直交軸流形水車		汎用のゲートポンプを水車として使用するポンプ逆転水車の一種である。立軸でも横軸でも設置方向を選ばず，直交軸内のギヤ構成により増減速ができる。	出力：1～200kW 落差：2～8.5m 流量：0.08～4m³/s	ﾗﾝﾅﾍﾞｰﾝが固定のため，水車での流量調整運転は不可能。流量は落差によって一義的に決まってしまうため，変落差対応もできない。流量調整が必要な場合，ｵﾘﾌｨｽや流量調整用ﾊﾞﾙﾌﾞ等による損失水頭調整により，手動で行う必要がある。
⑧ｻｲﾌｫﾝ式水車		堰の上流側に水車を設置し，ﾄﾞﾗﾌﾄﾁｭｰﾌﾞで堰を越して放流する構造である。始動時は発電機を電動機，水車をﾎﾟﾝﾌﾟとし，ｻｲﾌｫﾝ効果の発生による自然流下で発電を開始する。停止時は空気を注入し，ｻｲﾌｫﾝ効果を喪失させる。	出力：0.7～50kW 落差：1.5～6m 流量：0.15～1.4m³/s	ﾗﾝﾅﾍﾞｰﾝ，ｶﾞｲﾄﾞﾍﾞｰﾝが固定のため，水車での流量調整運転は不可能。流量は落差によって一義的に決まってしまう。
衝動水車				
⑨ｸﾛｽﾌﾛｰ水車		衝動水車および反動水車の特性を併せ持ち，流水が円筒形ﾗﾝﾅに軸と直角方向に流入し，ﾗﾝﾅを貫通して流出するもの。	出力：10～1,000kW 落差：5～200m 流量：0.1～8m³/s	変流量・変落差対応の運転が可能である。
⑩ﾀｰｺﾞｲﾝﾊﾟﾙｽ水車		ｼﾞｪｯﾄ流をﾗﾝﾅの側面から入射させるので，ﾋﾟｯﾁ円が小さくなり，回転速度を高くできる点がﾍﾟﾙﾄﾝ水車と異なる。	出力：100～8,000kW 落差：25～300m 流量：0.2～8m³/s	変落差対応の運転が可能である。 ﾆｰﾄﾞﾙを可動とすれば，変流量にも対応可能。
⑪ﾍﾟﾙﾄﾝ水車(小水力用)		ﾉｽﾞﾙから流出するｼﾞｪｯﾄをﾗﾝﾅ周辺ﾊﾞｹｯﾄに作用させる構造のもの。	出力:0.5～4,000kW 落差:17～500m 程度 流量:0.01～2m³/s	回転速度が低いため，機器体格が大きい。 変落差対応の運転が可能である。 ﾆｰﾄﾞﾙを可動とすれば，変流量にも対応可能。

表 4－1　簡易発電システム適用可能水車の種類と概略仕様（3／3）

種　類	概略図	構造概要	適用範囲	備　考
重力水車				
⑫下掛水車		流水がﾗﾝﾅ下部から流入するもので，ﾗﾝﾅが開放されており，水車軸の中心にｷﾞﾔが収納されたもの。	出力：6.1～120kW 落差：1～2m 流量：1～10m³/s	構造が簡単である。水車直径は落差の約 3～4 倍，水車幅は流量 1m³/s につき 1m である。 回転速度が遅いので，ｷﾞﾔで増速する必要がある。
⑬上掛水車		流水がﾗﾝﾅ上部から流入するもので，ﾗﾝﾅが開放されており，水車軸の中心にｷﾞﾔが収納されたもの。	出力：4～20kW 落差：2～5.5m 流量：0.2～0.6m³/s	構造が簡単である。水車直径は落差の約 90～95%程度，水車幅は流量 0.1m³/s につき 0.5m 程度である。 回転速度が遅いので，ｷﾞﾔで増速する必要がある。
⑭螺旋水車		流水が螺旋状のﾗﾝﾅ上部から主軸方向に流入する。主軸上部にｷﾞﾔが収納されているもの。	出力：3～300kW 落差：1～10m 流量：0.3～5.5m³/s	魚が通過できる(上流→下流)水車として知られている。 回転速度が遅いので，ｷﾞﾔで増速する必要がある。

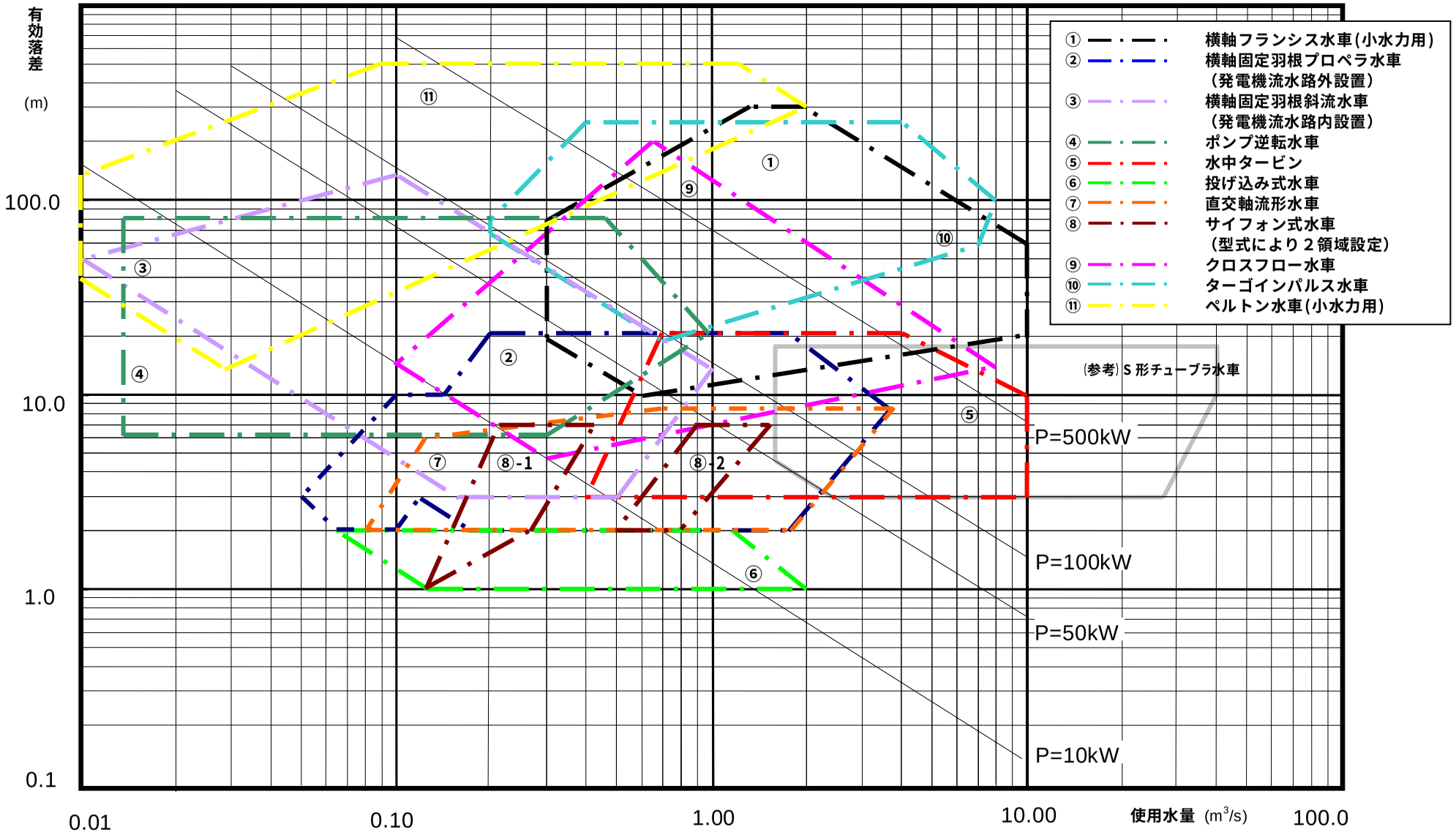

有効落差
(m)
100.0
10.0
1.0
0.1
0.01
0.10
1.00
10.00
使用水量 (m³/s)
100.0
① 横軸フランシス水車(小水力用)
② 横軸固定羽根プロペラ水車
(発電機流水路外設置)
③ 横軸固定羽根斜流水車
(発電機流水路内設置)
④ ポンプ逆転水車
⑤ 水中タービン
⑥ 投げ込み式水車
⑦ 直交軸流形水車
⑧ サイフォン式水車
(型式により２領域設定)
⑨ クロスフロー水車
⑩ ターゴインパルス水車
⑪ ペルトン水車(小水力用)
(参考) S 形チューブラ水車
P=500kW
P=100kW
P=50kW
P=10kW
⑧-1
⑧-2

図 4－2　水車形式選定図

４．１．３　水車の設置方式

機器構造・機器配置の構成から，特にメンテナンス面で水車の設置方式毎の特質も考慮して水車を選定する。

【解説】

表 4−2 は，水車の設置方式毎の特質を整理したものである。機器構造・機器配置の構成から，特にメンテナンス面でのメリット・デメリットを整理した。

メンテナンスには巡視点検，普通点検，定期点検，細密点検，特別細密点検（オーバーホール）と幅広いが，水車廻りを抜水して機器分解を伴う細密点検，特別細密点検では，どの水車設置方法でも条件は同じであり，特質としての差異は見られない。

表 4−2　水車設置方式毎の特質（1/2）

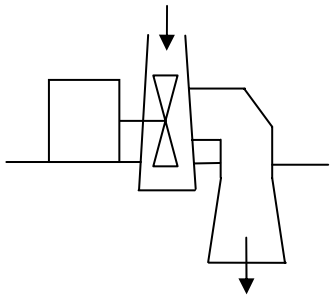
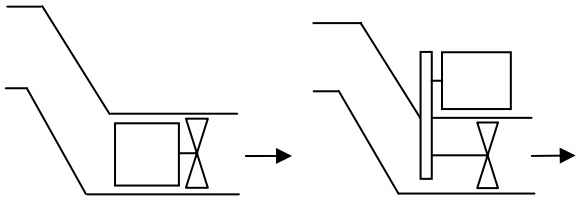
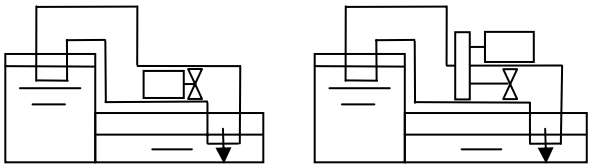
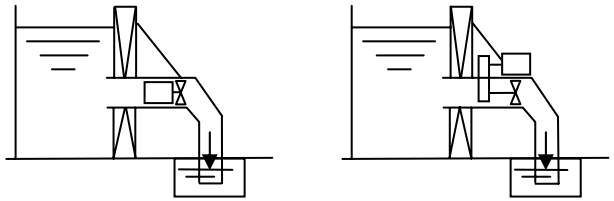
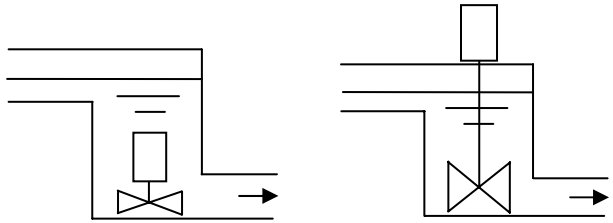
設置方式	水車構成図	特質事項
①通常設置		（有利な点） • 多数の実績を有する設置方法であり，設置スペースが大きいが，設置は容易である。 • 機器が露出しているため，分解を伴わない点検は容易である。 （不利な点） • 低落差地点においては，吸出し高さ確保のために，別途土木工事を伴う場合がある。 • 機器設置のための水路改造および機器設置スペースが必要である。
②管路内設置	既設管内設置 	（有利な点） ・ 既設配管があれば，水圧管路の新設が不要である。 ・ 機器設置スペースおよび土木工事が最小限で済む。 （不利な点） ・ バイパス管の設置が必要な場合がある。 ・ 管路内設置のため，分解を伴わない点検は困難である。
	サイフォン管内設置 	（有利な点） ・ ゲートバルブ設置や管路内設置と比較すると，適用可能施設が多い。 ・ 機器設置スペースおよび土木工事が最小限で済む。 （不利な点） ・ 大気開放で落差変動や出力変化を発生することがある。 ・ 真空ポンプなど付属設備が必要である。 ・ 機器はサイフォン管内設置のため，分解を伴わない点検は困難である。

表 4－2　水車設置方式毎の特質（2/2）

設置方式	水車構成図	特質事項
③ゲート直接設置		（有利な点） ・　機器設置スペースおよび土木工事が最小限で済む。 （不利な点） ・　点検がゲート上で行うことになるため困難である。 ・　機器の据付けが困難である。 ・　発電機水路外設置の場合，下流の洪水水位によっては適用できない。適用する場合は，防水構造とする必要がある。 ・　水車，発電機の重量が大きい場合は，ゲート巻上機容量の検討が必要である。
④水中設置		（有利な点） ・　比較的低落差の箇所に適する設置方法である。 ・　機器の据付けが容易である。 ・　機器設置スペースおよび土木工事が最小限で済む。 （不利な点） ・　水中設置のため，水車，発電機の分解を伴わない点検は困難である。 ・　発電機水路外設置の場合には，水車と発電機とを結合する軸が長くなり，軸強度等の検討が必要になる。

４．２ 発電機

発電機は，運転条件・保守性および経済性を考慮して選定する。

【解説】

発電機は水車のように，適用施設や地点特性で特に留意する事項はなく，水車形式が落差・流量およびその変動範囲と価格等を考慮して最適なものを選定するのに対して，発電機は運転条件，保守性および経済性を考慮して選定する。また，系統連系，単独負荷への電力供給（自立運転）等の運転区分によっては，選定不可な発電機もあるので，運用面での制約等を加味した検討が必要である。

ただし，施設場所，メンテナンス，ランニングコスト，制御・保護装置との協調を考慮する必要性は水車と共通であり，また，水車との連結方法については，直結とするかギヤ又はベルト駆動により増減速するかにより，発電機を選定する必要がある。

４．２．１　発電機の種類

簡易発電システムへ適用可能な発電機は，同期発電機，誘導発電機，永久磁石発電機および直流発電機の４つである。

【解説】

ここでは，各発電機の仕様概要を説明する。この中で，永久磁石発電機および直流発電機には「逆変換装置」が必要である。逆変換装置は，インバータ（INV）又はコンバータ（CONV）から構成される装置であって，保護装置を含めたユニットは，パワーコンディショナとも呼ばれている。

(1) 同期発電機

同期発電機は機械動力を受けて交流電力を発生し，定常運転状態において，その回転速度がギャップの回転磁界と同期するもの(これを同期速度という)で，磁気回路，電気回路および機械的部分から構成される。磁気回路は強磁性体で作られた電機子鉄心と界磁鉄心等からなり，電気回路は電機子巻線，界磁巻線，励磁装置等からなる。機械的部分は固定子枠・回転子軸・軸受等から構成される。

(2) 誘導発電機

誘導発電機は互いに独立している二つの巻線があり，機械動力を受けて交流電力を発生し，一つの巻線からもう一つの巻線に電磁誘導作用によりエネルギーを伝達して回転するもので，定常状態において同期速度と異なる速度で回転する。ここで，固定子側の巻線を一次巻線，回転子側の巻線を二次巻線という。

(3) 永久磁石発電機

永久磁石発電機は回転子に永久磁石を使用するもので，機械動力を受けて交流電力を発生し，発電機本体の特性は同期発電機と類似している。回転子へ永久磁石を適用する方法によって表面磁石形と埋込磁石形がある。

永久磁石発電機は励磁装置を有さないことから，負荷又は電力系統に接続する際は，逆変換装置による電圧・周波数制御が必要である。

(4) 直流発電機

直流発電機は機械動力を受けて，直流電力を発生するものを言い，電機子の回転に伴って導体がＮ極とＳ極の下を通過するときに，導体内に発生する起電力の方向は互いに反転して交番起電力となるので，これを整流子とブラシの整流作用によって直流としている。電力系統に接続する際は，直流を交流に変換する逆変換装置を必要とする。

４．２．２　発電機の選定

発電機の選定で重要な要素は運転条件であり，系統連系しない場合（自立運転）と系統連系する場合（系統連系運転）の二つに区分される。

この運転条件によっては，選定不可な発電機もあるので，発電機の選定にあたっては経済性だけでなく，運用面での制約を加味する必要がある。

【解説】

自立運転とは発電設備が電力系統に連系しない場合，又は電力系統から切り離された単独系統に電力を供給するもので，単独で需要家に電力を供給する形態である。一方，系統連系運転とは発電設備が低圧又は高圧配電線等の電力系統と接続された状態において，発電設備と電力系統の両者から需要家に電力を供給する形態である。どちらの形態かによって，選定できる発電機が決まる。

表 4−3 は，発電機別に簡易発電システムへの適用性を示したものである。

表 4−3　簡易発電システムへの発電機別適用性

発電機	運転条件		保守性	
	自立運転 可否	系統連系運転 可否	励磁装置 要否	ﾌﾞﾗｼ・整流子 要否
同期発電機	可	可	要	否
誘導発電機	不可	可	否	否
永久磁石発電機	可	可	否	否
直流発電機	可	可	否	要

同期発電機は自立運転・系統連系運転ともに可能であり，また，整流子とブラシの保守が不要であるが，励磁装置が必要であることから系統連系する場合は，誘導発電機に比べ

て，簡易発電システムへの適用性は低いものと考えられる。

誘導発電機は，自立運転は不可能であるが系統連系運転は可能であり，また，励磁装置が不要で整流子とブラシの保守も不要であり，簡易発電システムへの適用性は高いものと考えられる。

永久磁石発電機は，自立運転・系統連系運転ともに可能であり，また，励磁装置が不要で整流子とブラシの保守も不要であることから，簡易発電システムへの適用性は高いものと考えられる。

直流発電機は，自立運転・系統連系運転ともに可能であり，励磁装置が不要であるが，整流子とブラシの保守が必要であり，また，オルタネータを適用した極小出力なものを除けば実績がないため，簡易発電システムへの適用性は低いものと考えられる。

以上の運転条件，保守性を考慮すると，出力 500kW 程度以下を想定している簡易発電システムに適用が期待される発電機は，誘導発電機および永久磁石発電機である。ただし，永久磁石発電機の場合は逆変換装置により電圧・周波数を制御する必要があることから，経済性に関しては逆変換装置に掛るコストを含めた簡易発電システム全体で評価する必要がある。

表 4－4 は，発電機を選定するにあたり，必要となる各発電機毎の技術的特徴を表形式で整理したものである。構造，運転条件，力率，系統並列，高調波負荷，事故時対応に区分して，各発電機毎にその特徴を記述した。この中には記載ないが，一般に発電機電圧は発電機製作上の経済性や接続される遮断器及び断路器等の開閉装置を考慮して決定されるが，出力 500kW 程度以下を想定している簡易発電システムでは，出力 300kW 未満で 220V 又は 440V，出力 300kW 以上で 6.6kV の区分が適切である。

表 4－4　同期発電機・誘導発電機・永久磁石発電機・直流発電機の技術的特徴（1/2）

	構　造	運転条件	力　率	系統並列	高調波負荷	事故時対応	
						系統短絡事故時	無拘束速度時
同期発電機	・ 励磁機，回転整流器が必要である。 ・ ﾌﾞﾗｼﾚｽ励磁であるため保守が容易である。	・ 自立運転，系統連系運転共に可能である。	・ 自立運転時は，負荷の力率により定まるが，一般的には，負荷力率は 80～90%の遅れである。 ・ 系統連系時は，励磁電流の調整により無効電力を調整することが可能である。	・ 自動同期装置により電圧位相等を合わせて並列する。 ・ 並列時の電気的，機械的ｼｮｯｸは殆どない。	・ 制動巻線なしの場合は磁極表面で，制動巻線付の場合は制動巻線の熱容量で許容出力が制限される。	・ 過渡電流が流れる。 ・ 励磁方式により，発電機に励磁電流の供給が可能な場合には，過渡電流発生後に持続短絡電流が流れる場合がある。 ・ 短絡方向継電器（DSR）により保護する必要がある。	・ 発電機が無拘束速度連続運転仕様でない場合には，無拘束速度による運転を長時間継続しないよう過速度継電器（12）等で保護し，発電機を停止させる（→調速装置要）。 ・ 発電機が無拘束速度連続運転仕様である場合には，人為的にｶﾞｲﾄﾞﾍﾞｰﾝ，入口弁又は取水口ｹﾞｰﾄなどの閉鎖により発電機を停止させる。また，発電機運転中に並列用遮断器がOFFされた場合は，界磁遮断器も自動的にOFFする必要がある。
誘導発電機	・ 励磁装置が不要である。 ・ 回転子が，かご形構造の場合，堅牢で高速化が容易である。 ・ 回転子が，巻線形構造の場合，ﾌﾞﾗｼの保守が必要となる。	・ 励磁電流を系統から供給する必要があり，一般には自立運転は不可能である。ただし，小容量機（出力 25kW 程度以下）では，ｺﾝﾃﾞﾝｻ励磁方式等の採用により自立運転するｹｰｽがある。	・ 「すべり」の絶対値が大きくなるほど出力は増加する。 ・ 出力増加に伴い，無効電力も増加するが，力率の調整ができないため，力率調整（改善）するためには，補償用ｺﾝﾃﾞﾝｻの設置が必要となる。	・ 並列時には，「すべり」と無関係に約 5～6 倍の突入電流が流れるため，電圧降下が大きい場合には，限流ﾘｱｸﾄﾙを設置する必要がある。 ・ 並列時の「すべり」による突入電流の大きさは変らないが（一般に突入電流は拘束電流相当が流れ，「すべり」と無関係），電圧に影響する時間を短くするため，同期速度近傍で並列するのが望ましい。	・ 回転子ﾊﾞｰの熱容量が大きく，高調波負荷に対して比較的強い。	・ 過渡電流が流れる。 ・ 過渡電流発生後には，発電機に励磁電流を供給することができなくなるため，持続短絡電流は流れない。 ・ 不足電圧継電器（UVR）により保護する必要がある。	・ 発電機が無拘束速度連続運転仕様でない場合には，無拘束速度による運転を長時間継続しないよう過速度継電器（12）等で保護し，発電機を停止させる（→調速装置要）。 ・ 発電機が無拘束速度連続運転仕様である場合には，人為的にｶﾞｲﾄﾞﾍﾞｰﾝ，入口弁又は取水口ｹﾞｰﾄなどの閉鎖により発電機を停止させる。また，発電機運転中に並列用遮断器がOFFされた場合は，界磁遮断器も自動的にOFFする必要がある。

表 4－4　同期発電機・誘導発電機・永久磁石発電機・直流発電機の技術的特徴（2/2）

	構　造	運転条件	力　率	系統並列	高調波負荷	事故時対応	
						系統短絡事故時	無拘束速度時
永久磁石発電機	・ 小型，軽量，高効率である。 ・ 回転子に永久磁石を使用しており，表面磁石形埋込磁石形がある。	・ 自立運転，系統連系運転共に可能である。ただし，電圧・周波数が回転速度に依存し，制御できないため，ｲﾝﾊﾞｰﾀを設け，負荷に接続する必要がある。	・ 発電機本体は励磁電流を供給しないため，誘導機より力率が良い。 ・ 負荷側から見た力率は，ｲﾝﾊﾞｰﾀにより決定される（力率制御が可能）。	・ 逆変換装置により電圧位相等を合わせて並列する。 ・ 並列時の電気的，機械的ｼｮｯｸは殆どない。	・ 磁極表面で許容出力が制限される。 ・ 実用では逆変換装置の容量選定時に高調波分を考慮する必要がある。	・ 過渡電流が流れる。 ・ 過渡電流発生後，発電機に励磁電流を供給することが可能であるため，持続短絡電流が流れる。 ・ 短絡方向継電器（DSR）により保護する必要がある。また，一般的に逆変換装置は，付加される保護機能により定格の約3倍の電流で瞬時遮断される。 ・ 過渡電流は，逆変換装置の負荷側に設置される交流ﾘｱｸﾄﾙで制限される。	・ 無拘束速度時には，発電機の回転速度にほぼ比例して発電機電圧も上昇する。これによる過電圧から逆変換装置を保護するために，過電圧継電器（OVR）および発電機と逆変換装置間を切り離すための遮断器を設置する必要がある。
直流発電機	・ 整流子とﾌﾞﾗｼの保守が必要である。	・ 自立運転，系統連系運転共に可能である。ただし，電圧が回転速度に依存して制御できないため，ｲﾝﾊﾞｰﾀを設け，負荷に接続する必要がある。	・ 発電機本体は励磁電流を供給しないため，誘導機より力率が良い。 ・ 負荷側から見た力率は，ｲﾝﾊﾞｰﾀにより決定される（力率制御が可能）。	・ 逆変換装置により電圧位相等を合わせて並列する。 ・ 並列時の電気的，機械的ｼｮｯｸは殆どない。	・ 実用では逆変換装置の容量選定時に高調波分を考慮する必要がある。	・ 発電機の電機子抵抗で決まる短絡電流が流れ，ﾌﾗｯｼｭｵｰﾊﾞを発生する危険がある。 ・ 発電機は，直流ﾘｱｸﾄﾙで短絡電流を制限し，直流遮断器で保護する必要がある。また，一般的に逆変換装置は，付加される保護機能により定格の約3倍の電流で瞬時遮断される。	・ 無拘束速度時には，発電機の回転速度にほぼ比例して発電機電圧も上昇する。これによる過電圧から逆変換装置を保護するために，過電圧継電器（OVR）および発電機と逆変換装置間を切り離すための遮断器を設置する必要がある。

４．２．３　発電機種類別システム構成比較

発電機を選定するにあたり，経済性については回路構成を考慮したシステム全体で評価する必要がある。この結果から，運転条件を加味して発電機を選定する。

【解説】

簡易発電システムへの適用が望ましいのは，運転条件，保守性を考慮し，誘導発電機・永久磁石発電機と考えられる。ただし，永久磁石発電機は逆変換装置により電圧，周波数を制御する必要があることから，経済性に関しては発電機単体ではなく，逆変換装置を含めたシステムとして比較評価が必要である。

ここでは，同期発電機，誘導発電機，永久磁石発電機，直流発電機の各発電機種類別にシステム構成を比較し，経済性を含めた技術的評価および課題等について整理することで簡易発電システムへの適用性を検討した。

(1) 発電機種類別システム構成

発電機システムは，発電機条件（300kVA-440V-6P，1,000min^{-1}）をもとに，以下に示す４構成とし，汎用性，経済性，実現性，信頼性，保守性のほか，技術的課題，性能（効率）等について比較検討することにした。

①システム構成１：同期発電機
②システム構成２：誘導発電機（ソフトスタート回路）
③システム構成３：永久磁石発電機（一次側インバータ方式）
④システム構成４：直流発電機（一次側インバータ方式）

(2) 比較結果および評価

表 4－5 に発電機種類別システム構成比較結果を示す。いずれも汎用性，信頼性の面では共通であるが，経済性の面からは励磁装置を必要とする同期発電機は他に比べて劣る傾向にある。永久磁石発電機，直流発電機は逆変換装置を必要とするが，出力 500kW 程度以下を想定している簡易発電システムの場合は，汎用インバータの適用が可能であり，一般産業においてその普及も進んでおり，低価格化の傾向にあることから，システム全体としては同期発電機に対して，機器簡素化と相俟って経済性が良好との結果を得た。

機器簡素化の観点から，調速装置の省略可否があるが，同期発電機に関しては定速運転させるために省略不可であるが，その他の発電機種別においては，水車形式により必要可否が異なるため，比較項目から対象外とした。

表 4－5　発電機種類別システム構成比較表（1/2）

比較項目＼簡易発電システム		誘導発電機システム	同期発電機システム	永久磁石発電機システム	直流発電機システム
汎用性		・比較的多くの水力発電所において，適用実績がある。 ・自立運転には不適である。	・多くの水力発電所において，適用実績があるが，その殆どは汎用品ではなく，個別設計品対応である。 ・自立運転には適している。	・水力発電所への適用が増えている。 ・励磁装置は不要である。 ・自立運転には適している。 ・他システムに比べて汎用性が高い。	・自立運転には適している。
経済性		◎	△	◎	○
	励磁装置	不要	必要	不要	不要
	逆変換装置	不要	不要	必要	必要
	励磁用変圧器	不要	必要	不要	不要
	その他	誘導発電機の種類が，かご形である。	発電機として機器簡素化要素がない。	発電機は同出力および同回転速度で比較して同期発電機より安価である。	発電機は同出力および同回転速度で比較して同期発電機より安価である。
新技術の適用性		△ 新技術の適用は殆どない。	△ 新技術の適用は殆どない。	○ 水力発電所へ永久磁石発電機システムを適用する。	○ 主回路に逆変換装置を適用する。
実現性		◎ 多くの水力発電所で適用実績がある。	◎ 多くの水力発電所で適用実績がある。	◎ 風力発電設備での適用実績が多い。また，開発事例調査（モニタリング調査）にもあるように，最近，水力発電設備への適用が増えており，今後の普及が期待されている。	△ 水力発電所向けには適用実績は殆どない（マイクロ水力発電設備に適用がある）。
信頼性		◎ 多くの水力発電所で適用実績がある。	◎ 多くの水力発電所で適用実績がある。	○ 風力発電設備での適用実績が多い。また，開発事例調査（モニタリング調査）にもあるように，最近，水力発電設備への適用が増えているが，運転実績が短期間であることから，継続的な運転状況を確認する必要がある。	△ 水力発電所向けには適用実績は殆どない。直流電源用としての適用実績はある。
課題		・系統並列時に流れる突入電流の抑制 ・単独負荷への対応	・システムを構成する装置の低価格化	・高調波対策 ・単独負荷供給時の電圧変動対策 ・回転速度上昇時の過電圧保護対策 ・無拘束速度対策	・高調波対策 ・単独負荷供給時の電圧変動対策 ・回転速度上昇時の過電圧保護対策 ・無拘束速度対策
保守性		◎ かご形であり，保守は容易である。	△ ブラシ保守が必要，なお，ブラシレスを適用すればブラシ保守は不要である。	◎ 界磁巻線，ブラシがないため保守は容易である。	△ ブラシ保守が必要である。

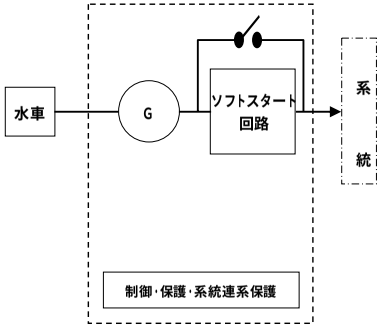
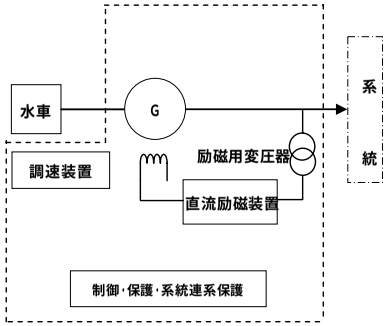
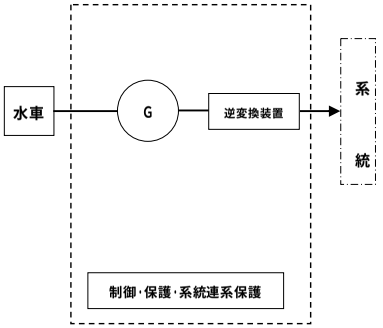
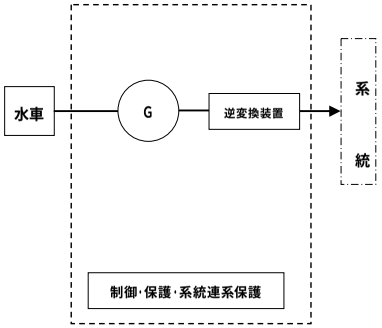
［凡例］

◎　○　△　×

高い　←→　低い

経済性、適用性、実現性、
信頼性、保守性、発電機効率
総合評価

表 4－5　発電機種類別システム構成比較表（2/2）

比較項目＼簡易発電システム	誘導発電機システム	同期発電機システム	永久磁石発電機システム	直流発電機システム
製造限界	小出力機から大出力機まで幅広いラインナップがある。	小出力機から大出力機まで幅広いラインナップがある。	逆変換装置の経済性から，出力 500kW 程度が限界である。	出力 1,500kW 程度が限界である。
発電機システムの機器構成	 発電機仕様： 300kVA-440V-6P，1,000min^{-1}	 発電機仕様： 300kVA-440V-6P，1,000min^{-1}	 発電機仕様： 300kVA-440V-6P，1,000min^{-1}	 発電機仕様： 300kVA-440V-6P，1,000min^{-1}
発電機システム価格比〔同期発電機システムを１とする〕	0.95	1.00	0.93	0.95
発電機効率比較				
発電機出力		力率 1.0	(　)内は逆変換装置を含む総合効率	(　)内は逆変換装置を含む総合効率
100%	92.5　(力率 84.5)	93.0	96.5　(91.5)	92.0　(87.0)
75%	92.0　(力率 81.5)	92.0	96.0　(89.0)	91.0　(84.0)
50%	91.0　(力率 74.5)	89.5	95.0　(85.0)	89.0　(79.0)
評価	○	○	○	△
総合評価	◎ 経済性は有利であるが，自立運転は不適	○ 経済性は不利であるが，自立運転には適	◎ 経済性は有利であり，自立運転にも適	△ 保守性は不利であるが，自立運転には適

[凡例]

◎　○　△　×

高い　←→　低い

経済性、適用性、実現性、
信頼性、保守性、発電機効率
総合評価

表 4－5 の総合評価では,誘導発電機又は永久磁石発電機システムが簡易発電システムへの適用にあたって望ましい結果を得た。ただし，誘導発電機システムは多くの水力発電所で適用実績があり，実用性・信頼性・保守性とも高いが，永久磁石発電機システムは未だ適用実績が少なく，継続的な運転状況の確認が求められる。また，高調波抑制対策，単独負荷供給時の電圧変動対策，回転速度上昇時（無拘束速度時）の過電圧保護対策等を検討する必要がある。

４．２．４　永久磁石発電機システムの導入について

簡易発電システムへの適用性が高い永久磁石発電機システムについて，導入するにあたっての技術的課題を抽出し，対策を講じる必要がある。
また，適用実績が少ない発電システムであり，その運転制御方法を確認し，適用可否を判断する。

【解説】

永久磁石発電機システムは，発電状況に応じた高効率運転が可能で，系統連系にあたって安定した電圧・周波数に変換でき，自立運転も可能で汎用性が高く，他のシステムに比べて経済性も高いことから，簡易発電システムへの適用性が高い。しかし，逆変換装置の高調波抑制および過電圧保護対策，水車無拘束速度対策等が課題としてあり，これらに対してどのような対策が講じられているか，又は講じる必要があるか検討する必要がある。

また，永久磁石発電機システムは，最近の技術であり適用実績も少ないことから，その運転制御方法を確認する必要がある。ここでは，永久磁石発電機システムを導入するにあたり，これら技術的課題の抽出と対策について，適用実績の多い風力発電を含めた事例等から調査・検討した結果を説明する。

(1) 永久磁石発電機システムの課題

表 4－6 は風力発電システムとの相違点を過速度対策,速度上昇時における逆変換装置の過電圧対策を比較したものである。永久磁石発電機システムは，風力発電の分野で適用実績が多いが，この比較から風力発電では問題となる要素がなく，風力発電での仕様をそのまま簡易発電システムへ適用するには対策を講じる必要がある。

表 4－6　風力発電システムとの相違点

比較項目	風力発電システム	永久磁石発電機システム
過速度対策	インペラに風があたらないようピッチ制御することで速度上昇を回避	負荷遮断時は速度上昇が発生するため，下記の対策が必要 1．水車にガイドベーンを設ける 2．上流側又は下流側に入口弁，ゲート等の止水設備を設ける 3．水車と発電機の伝達機構を切り離す機構を設ける（例えば過速度時に連結ベルトが自動的に外れる機構）
速度上昇時における過電圧対策	速度上昇が殆どないため必要なし	負荷遮断等で発電機の回転速度が上昇する場合は，過電圧も発生するため，上記過速度対策のほか，発電機および逆変換装置に対して以下の対策が必要 1．発電機定格電圧が 200V の場合に，連続仕様で約 2 倍の 400V 耐圧の固定子コイルを有する発電機仕様とする 2．電磁接触器等により，発電機を逆変換装置から切り離す 3．逆変換装置素子の耐圧は通常の 2 倍程度の仕様とする 4．系統連系しない場合における負荷の選定として，電圧変動しても支障ない負荷とする

永久磁石発電機の無拘束速度時における制限事項については，メーカー調査の結果から下記に示す項目を確認している。ここで，主回路および逆変換装置については，無拘束速度時に発電機から切り離す（開閉器開放）ことにより保護できるが，発電機は回転速度に比例して上昇する電圧，機械的強度に耐えなければならない。

発電機，逆変換装置の制限事項

□許容最大回転速度は，最大回転速度の 125%，1 分間

□絶縁は最高 AC600V（定格：AC190V 又は AC380V）

□逆変換装置素子は最高 AC500V

a 永久磁石発電機の過速度対策

メーカー調査による制約事項で，過速度に対しては JEC-2100（1993）『回転電気機械一般』にもとづき，「最大定格回転速度の 120%」を満足しているが，簡易発電システムでは無拘束速度が 180～220%に至る可能性もあるため，永久磁石発電機を適用する場合は，これを克服する対策を講じなければならない。

このため，無拘束速度 200%を想定し，永久磁石発電機およびパワーコンディショナ盤を選定するにあたっての方法を以下の通り検討した。これは，永久磁石発電機の標準仕様において，出力一定速度範囲が 1,200min^{-1}～1,600min^{-1}であることから，JEC にもとづき最大定格回転速度 120%の 1,920min^{-1}まで無拘束速度が許容できるとし，

その半分の回転速度である 960min^{-1}を定格回転速度に設定すれば，無拘束速度 200%と同等の仕様になると考えたものである（過速度側に余裕を持たせる考え方）。

ただし，本来の定格回転速度以下での運転は，①発電機効率等の性能低下，②目標とする出力が得られない等の問題点がある。図 4－3 は永久磁石発電機システムの総合効率を示したものである。これを見ると，960min^{-1}～1,200min^{-1}の範囲において，著しい効率低下は見られない。また，出力は定格回転速度を低く押さえる分だけ目標とする出力が得られないことから，図 4－3 内の回転速度に対する軸入力の関係から，1.82（軸入力 100%→55%に低下するため，0.55^{-1}）を乗じた定格を有する発電機を選定する。

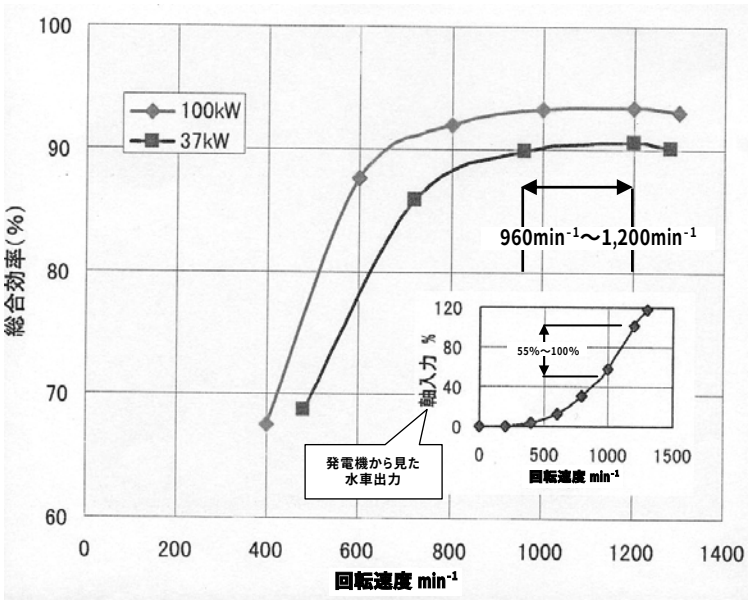


図 4－3　永久磁石発電機システム総合効率

この考え方は，巻末資料－５に示すモニタリング調査（開発事例調査）で，富山県南砺市（利賀行政センター）が，平成 17 年 11 月から運転を開始した出力 9.9kW の永久磁石発電機システムで検証することができる。この地点は，流量調整機構がなく入口弁を有するが，負荷遮断時は入口弁が閉止されるまで過渡的に無拘束速度に至る。

この南砺市利賀ミニ水力発電所の基本諸元を表 4－7 に示す。

表 4－7　南砺市利賀ミニ水力発電所諸元

項目	単位	諸元
有効落差	m	8
最大使用水量	m^3/s	0.177
最大出力	kW	9.9
系統連系，潮流	-	自立運転
水車形式	-	ポンプ逆転水車
水車出力	kW	11.1
回転速度	min^{-1}	800
発電機システム構成	-	永久磁石発電機+逆変換装置
発電機出力	kW	18.5
発電機電圧	V	190（60Hz）
回転速度	min^{-1}	800
制御･保護装置	-	パワーコンディショナ盤

①発電所出力の設定

Pp＝11.1kW（水車出力）×0.867（10kW 級永久磁石発電機システム設定効率）→9.9kW

②無拘束速度 200%を考慮した発電機出力の選定

Pg＝9.9kW（発電所出力）×1.82＝18.02kW

ここで，1.82 は過速度に対する発電機定格補正係数である。

発電機の製品ラインナップは 11kW，18.5kW，22kW，37kW･･･より 18.5kW を選択

南砺市利賀ミニ水力発電所で無拘束速度を考慮しなければ，製品ラインナップから出力 11kW の発電機が選定できる。負荷遮断時に入口弁が閉止されるまで過渡的に無拘束速度に至ることを考慮し，発電機定格補正係数 1.82 を乗じた 18.5kW が選択されている。

写真 4－1 に南砺市利賀ミニ水力発電所の水車・発電機，入口弁の機器外観を示す。



写真 4－1　南砺市利賀ミニ水力発電所

巻末資料－５に示すモニタリング調査（開発事例調査）で，同じく永久磁石発電機システムを導入した都留市民発電所（山梨県都留市）を比較すると，この地点は発電所出力 Pp＝20kW に対し，永久磁石発電機出力は Pg＝22kW が選択されている。

このため，発電機出力に 1.1 倍の余裕しかないが，この地点は水車ゲートと取水ゲートが閉止するまでの過渡的な間の回転速度上昇を抑制するための対策として，ダミーロード回路（制動回路）を設け，負荷遮断時には発電機出力を抵抗体による回生制動により消費する工夫がなされている。

写真 4－2 に都留市民発電所の水車，発電機外観を示す。



写真 4－2　都留市民発電所

発電機無拘束速度を回避するための工夫として，水車との伝達機構を切り離す機構（ベルト外し，ギアクラッチ等）を設ける方法も考えられるが，その構造が複雑で，コストアップにも繋がることから，実用化されている事例はない。

また，200％無拘束速度時の発電機電圧は，190V×2＝380V＜600V（絶縁耐力は1,500V）であり問題ないが，定格電圧 380V を採用する場合は，600V/380V＝1.6 であり，無拘束速度をこれ以下に押さえる必要がある。

b 逆変換装置の課題，対策

逆変換装置に関する課題を表 4－8 に整理する（表中ではインバータを INV，コンバータを CONV と表記）。逆変換装置は GTO（Gate Turn Off Thyristor），IGBT（Insulated Gate Bipolar Transisitor）等の半導体素子のスイッチング動作により，直流を交流に変換する装置である。このため，このスイッチング動作に起因する高調波抑制対策，発電機の一次側に逆変換装置を設置することによる回転速度上昇時における逆変換装置素子の過電圧保護対策を講じる必要がある。

表 4－8　逆変換装置の課題，対策について

課題	対　　策	補　　足
高調波対策	パルス幅制御形（PWM）INV の採用 小中容量 INV に適用される方式で，一般に IGBT が使用される。CONV 部は周波数制御と電圧制御をパルス幅変調（PWM）して行う。INV 部は PWM 制御により，電流を正弦波化して高調波を抑制すると同時に高力率（ほぼ 1）制御を行う。 なお，IGBT を使用した INV は，スイッチング周波数が高くできるので，特別な高周波抑制フィルタは不要である。	電流制御形 INV と比較すると，効率は若干落ちるものの，高調波は殆どない。
単独負荷供給時の電圧変動対策	余剰エネルギーをダミーロードで放熱し，発電機回転速度を一定に保つように制御する。	－
回転速度上昇時の過電圧保護対策	定格電圧の 2 倍以上の耐圧素子を適用する。又は，電磁接触器により発電機を INV から切り離す。	－

(2) 永久磁石発電機システムの運転制御事例

図 4－4 に永久磁石発電機システムの回路構成を示す。主要な設備は水車，永久磁石発電機，逆変換装置ユニットの簡易な構成であり，逆変換装置ユニットは自立運転の場合は負荷設備，系統連系の場合は配電線に接続される。

逆変換装置ユニットであるパワーコンディショナは，発電機保護のほか系統連系に必要な系統保護，単独運転検出装置が内蔵されている。また，発電機用インバータには外部入力として，必要に応じてトルク指令又は速度指令を入力することにより，落差・流量に応じた高効率運転を可能としている。連系用インバータは自立運転，系統連系に応じて電圧

制御，電流制御の切替が可能な仕様である。

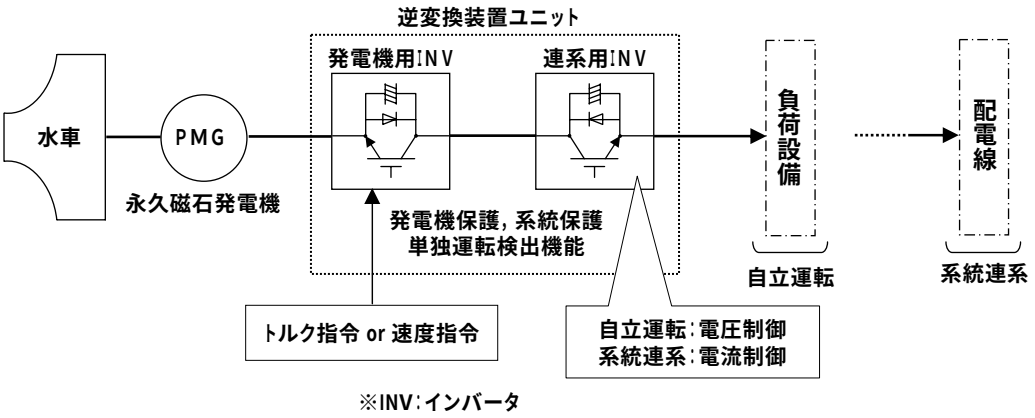


図 4－4　永久磁石発電機システム回路構成

永久磁石発電システムは，風力発電設備での適用実績が多く，水力では適用実績が少ない発電システムであり，その運転制御方法を確認する必要がある。

風力発電で永久磁石発電機システムを適用するのは，定格風速を超える高風速時（突風時）には，風車の回転速度を上げることで脈動する風のエネルギーを吸収し（軸の回転エネルギーとして蓄積),逆に低風速時には回転エネルギーを放出することで発電機出力を補い，脈動の少ない安定した電力が供給できることを目的としている。

ただし，水力発電では水理諸元である落差や流量が短時間で大きく変動することは考えられないことから，基本的にその運転制御方法は相違する。

簡易発電システムに永久磁石発電機システムを適用するにあたり，自立運転と系統連系のケースについて，その運転制御方法を巻末資料－９で具体的に確認した。

４．３　制御・保護装置

制御・保護装置は，適用施設や地点特性，発電所出力に負う要素が少なく，基本的に仕様を満足できる汎用品を組み合せることによるコストダウンの実現性が高い。
また，制御・保護装置は一般産業分野での技術開発も目覚しいものがあり，この分野からの適用を図る。

【解説】

制御・保護装置は，水車形式，発電機の種類との協調を図る必要があり，また，運転条件（自立運転・系統連系，低圧・高圧連系，逆潮流有無，応水・水調運転）によって必要となる制御・保護要素が決まる。保護要素は関係法令で定められたものを最低限施設する必要もあり，コストダウンの観点から信頼性低減に繋げてはならない。

なお，小出力機器では主回路機能を含めた水車，発電機がセットになったパッケージ製品があり，特別な制御シーケンス等の追加削除がなければ，標準品をそのまま適用することが可能であり，コストダウンに大きく貢献する。

制御・保護装置のメンテナンスやランニングコストは水車，発電機と同様に保守性および経済性を考慮する必要がある。特に，制御・保護装置はデジタル化が進み，その技術開発も日々進んでいるため，新製品の開発により適用した装置の製造中止に伴う補修部品の調達等を充分考慮して機器を選定する。

４．３．１　制御・保護装置の基本仕様等

制御・保護装置は信頼性の観点から，一体形監視制御装置が一般的であるが，機器の合理化によるコストダウンの観点から，簡易発電システムの制御・保護装置には汎用的な一般産業用 PLC を適用する。
また，系統連系する場合は，単独運転検出装置が必要となる場合があり，受動方式と能動方式の中から適した製品を選定する。

【解説】

ここでは，一般産業用 PLC と電力用仕様の比較，一般産業用を適用するにあたっての考え方，製品化されている簡易制御・保護装置の基本仕様，系統連系にあたって必要となる単独運転検出装置の基本仕様について説明する。

(1) 一般産業用 PLC の基本仕様とその適用

一般産業用 PLC（Programmable Logic Controller）は，電力用仕様と比較して外観および性能とも大きな差異はない。表 4－9 に一般産業用コントローラと電力用コントローラの比較仕様一覧を示す。一般産業用は JIS B 3502 に準拠しているのに対して，電力用は電気協同研究（第 57 巻第 5 号）にもとづいている。

表 4－9　一般産業用コントローラと電力用コントローラとの比較（1/2）

	項　目	一般産業用コントローラ仕様	電力用コントローラ仕様	説　明
1	準拠規格類	JIS B 3502（注 1）に準拠したものが製品化されている 以前は JEIDA-29（注 2）などの指針によっているが，製品により異なる	電協研水力仕様（注 3）に準拠	プログラマブルコントローラ単体の規格はない 電協研水力仕様は一般産業用コントローラ単体では満足できないが，合理化策では一般産業用の適用を前提としている
2	制御電源電圧変動範囲	JIS B 3502 では， 直流：定格電圧の-15%～+20% 交流：定格電圧の-15%～+10% 定格電圧は AC110V，AC220V および DC24V の製品が多く，DC110V も製品化されている	直流：90V～140V 以内 交流：95V～125V 以内	コントローラ単体の定格電圧は，DC110V に限定せず，無停電電源装置が設置されている場合は，交流定格のコントローラも適用可能である 電協研水力仕様では合理化できないとして，仕様を満足できる補助装置の設置が必要である
3	周囲温度	JIS B 3502 では，コントローラ単体（開放型装置）の直下で+5℃～55℃	装置(盤)の周囲温度 0℃～40℃ ただし，-10℃～+50℃を 1 日に数時間程度許容し，結露・氷結しない状態	電協研水力仕様の合理化策では，結露・氷結しない状態のみを適用
4	相対湿度	JIS B 3502 では，次のいずれか一つを選択 レベル RH-1：50%～90% レベル RH-2： 5%～95%	日平均で 30%～80%	JIS B 3502 のレベル RH-1 では，静電放電ノイズレベルが低い値となるが，装置(盤)に収納した状態では電協研水力仕様を満足できると判断する
5	冷却方式	現状でも多くの製品が自然冷却	自然冷却を標準	差異はない
6	裏面配線の太さ	入出力ユニットの端子には，1.25mm² までの太さの配線が接続可能であるが，2.0mm² の配線は圧着端子の種類によっては接続できない場合がある	一般配線の太さは 2.0mm² を基本とするが，入出力ユニットに直接接続される配線の太さは，ユーザーとメーカー間で仕様を決定	電協研水力仕様の合理化策では，サイズ統一を図った方が経済的とし，合理化する必要はないとしている
7	端子台	入出力ユニットの端子には，1.25mm² までの太さの配線が接続可能であるが，2.0mm² の配線は圧着端子の種類によっては接続できない場合がある	5.5mm² を基本とするが，これにより難い場合は，ユーザーとメーカー間で仕様を決定	電協研水力仕様の合理化策では，サイズ統一を図った方が経済的とし，合理化する必要はないとしている
8	塗装	JIS B 3502 では，色彩についての規定はなく，一般産業用製品では塗装色を個別に指定することはできない	盤内収納器具のフレーム，カバーなどの金属露出部は，5Y7/1 か 7.5BG6/1.5	標準塗装色
9	商用周波耐電圧	JIS B 3502 では，標準絶縁耐力試験の方法は従来と異なるが，従来の交流 1 分間耐電圧試験（2×定格電圧+1,000V）も認められている	装置（盤単位）で， 60V 以下：500V　1 分間 60V 超 600V 以下:2,000V　1 分間 ただし，60V 以下の半導体応用製品や高感度計測器は検査対象外	JIS B 3502 の標準絶縁耐力試験では，3 種類の試験方法から一つを選択することになっており，試験電圧値に標高補正がある
10	耐ノイズ（電波ノイズ）	JIS B 3502 では，放射電磁界 10V/m という電界強度での規定	トランシーバ，移動電話などについて定められた出力と周波数帯域においてアンテナ先端を接近させて試験し，誤出力のないもの	電協研水力仕様の合理化策では，JIS 規格によることとし，単体についての規定は行わないとしている
11	突入電流	JIS B 3502 では規定がないため，製品により 10～20 倍程度	制御電源の開閉に伴い，過渡的に発生する最大電流値は電源定格の 5 倍以下	電協研水力仕様の定格の 5 倍以下を満足するためには，電源装置を別置するなどの対策が必要

表 4－9　一般産業用コントローラと電力用コントローラとの比較（2/2）

	項　目		一般産業用コントローラ仕様	電力用コントローラ仕様	説　明
12	温　度　性　能		JIS B 3502 では，コントローラ単体（開放型装置）の直下で+5℃～55℃	周囲温度-10℃～+50℃において，動作値，動作時間などの許容誤差が常軌使用状態の 2 倍以内にあること	周囲温度に同じであり，電協研水力仕様の合理化策では，一般産業用の適用を考慮して動作保証の規定は行わないとしている
13	入 出 力 電 圧		DC24V が基本 DC110V の製品もあるが，実装密度が 50%程度，電圧変動範囲が±10%程度となる場合がある	DC110V	電協研水力仕様では合理化できないとして，仕様を満足できる補助装置の設置が必要である
14	CPU 演算速度		電力用コントローラと同等	要求仕様，機能を満足できる速度	差異なし
15	メ モ リ 容 量		下位機種では小容量であるが，水力発電所用としては問題にならない	要求仕様，機能を満足できる容量	プログラム容量，データメモリ容量とも問題ない
16	水力発電所機器とのインターフェース		専用インターフェースがなく，装置としての応答性，精度が若干異なる	専用カードによるインターフェース	拡張ユニットで対応
17	信　頼　性		電力用コントローラを超えることはないが，大きな差はない	高い信頼性を実現	エージング方法，スクリーニング対象範囲などに差がある ユニット化されているため部品点数は少ない
18	保　守　性		故障時はユニット単位の交換を行うのみで，製品のモデルチェンジは電力用コントローラに比べて早い	故障時は部品交換だけでなく，原因調査，解析を行う体制がある 長期間の保守対応も行われている	ユニット単位の交換で対応
19	その他	試験成績書	製品個別の試験成績書はない	製品個別の試験成績書がある	標準の試験成績書
		製品の非標準個別対応	製品の非標準個別対応はできない	精密受入試験など製品の非標準個別対応ができる	制御･保護機能共用型，全機能共用型も同様
		価　格	ハード単体の価格は電力用と比べて安価（カタログ販売品）	ソフトを含む装置一式の価格	一般産業用コントローラでは，ハードウェア価格のほかにソフトウェア設計，組立，配線，試験費用などが別途必要
		ソフトウェアの扱い	一般にソフトは別売	販売価格にはソフトが含まれる	盤に組み込み，装置として製作する場合は従来と変わらない
		販 売 数 量	販売数量は多い	―	―
		保 証 期 間	保証期間は 1 年間	契約により異なるが，通常は 2 年間	―

注 1　日本工業規格 JIS B 3502 (1997)「プログラマブルコントローラ装置への要求事項および試験」

注2　電子情報技術産業協会 JEIDA 規格
JEIDA-29（1990)「工業用計算機設置環境基準」(2000-7 廃止，JEIDA 63 に移行)
JEIDA-63（2000)「産業用情報処理・制御機器設置環境基準」

注3　電気協同研究　第 57 巻第 5 号(平成 14 年 3 月)「一般水力発電所の制御・保護システム合理化」
電協研水力仕様の定義は「概要」に記載されており，以下に内容を抜粋する。
「従来は水力発電所の制御装置および保護装置の一般仕様についての標準仕様は，電気協同研究　第 48 巻第 3 号（注 4）で記載された，いわゆる「電力仕様」であった。しかし，「電力仕様」という名称は電力用規格 B-402（注 5）と混同されて用いられる恐れがあることに加え，制御･保護装置間で内容に一部違いがあるなど，曖昧な部分があった。本研究では，これらの仕様の見直しを行い，内容の明確化と制御･保護装置間の一般仕様の統一を図っている。このため，従来の標準仕様と区別するために，本書で記載した現状の仕様（合理化検討ベース）を特に「電協研水力仕様」と呼ぶことにした。「電協研水力仕様」は，水力発電所の制御装置および保護装置の一般仕様についての定義とし，高信頼性，高機能性を追及した従来のいわゆる電力向け標準仕様に相当する」

注4　電気協同研究　第 48 巻第 3 号(平成 4 年 11 月)「水力発電所ディジタル機器の標準仕様」

注5　B-402(平成 9 年 10 月改訂)「ディジタル形保護継電器及び保護継電装置」

ここで，一般産業用コントローラが電力用コントローラと異なる点を整理すると，概ね以下の通りである。

○ 電圧変動範囲（制御電源，入出力回路等）が狭い。
○ 配線および端子台サイズが小さい。
○ 商用周波耐電圧値が 1,500V である。
○ 水力発電所機器向けのインターフェイスが少ない。
○ 保守性を向上させるために，故障時はユニット交換を基本としている。
○ 取扱説明書，完成図書類は標準仕様で整備されている。

電圧変動範囲に関しては，補助装置の設置が必要になるが，信頼性の面でも電力用コントローラと遜色は見られず，簡易発電システムへの適用にあたって，大きな懸案事項はないと考えられる。

また，一般産業用コントローラは標準仕様機器であることから，非標準仕様への個別対応は無理としているが，簡易発電システムにおける制御・保護装置では基本的な主機起動・停止と標準保護（単独運転検出装置等は除く）のみで，特殊仕様は考えないことから，一般産業用 PLC を簡易発電システムへ適用するのは可能である。

表 4－9 の一般産業用コントローラと電力用コントローラとの比較仕様一覧を受けて，簡易発電システムへ一般産業用 PLC を適用するにあたっての考え方を，表中説明欄にも記載したが，差異のある部分に関しては電協研水力仕様である電気協同研究（第 57 巻第 5 号）にある下記の合理化策を適用する。

合理化策レベル a: 電協研水力仕様の一部を省略し，装置（盤）としては可能な限り電協研水力仕様を満たしながら，一般産業用を適用する。

合理化策レベル b: 電協研水力仕様の全てを除外して，適用を前提としている一般産業用コントローラ以外にも一般産業用機器を適用する。

次に，一般産業用コントローラを簡易発電システムへ適用するにあたり，運転制御および監視制御面での制約事項，並びにその対応策について，表 4－10 に示すように整理した。

ここで，遠方監視制御に関しては，簡易発電システムが随時巡回に該当することから考慮しないことにした。また，水車，発電機の機器簡素化および合理化策によっては，水車形式並びに発電機種類の選定で，調速制御（水車による省略）又は励磁装置（発電機による省略）も該当しない場合がある。

表 4－10　一般産業用コントローラの制約事項，対応策

	項　目	制約事項	理由	対応策ほか
1	自動制御(起動停止)	該当なし	－	－
2	調速制御	X 級(注 1)の適用は不可	専用の回転速度検出カードがないため,X 級(注 1)の不動帯 0.02%を保証するだけの精度がない	Y 又は Z 級(注 1)の適用
3	励磁制御	最大電圧上昇率(ΔV)は保証可能，ブラシレス励磁では負荷遮断時に波形が乱れる可能性がある	時定数の短い発電機でブラシレス励磁の場合，電圧や界磁電流の検出遅れが大きいと波形が乱れる	負荷遮断時の波形乱れを許容する
4	二次制御	該当なし	－	－
5	自動同期	ビート電圧の演算不可	専用の入力カードがないため，電圧波形を高速にサンプリングできない	ビート電圧変換器(特注品)を外部に設置する
6	遠方監視制御	CDT(注 2)，又は HDLC(注 3)方式に準拠できない	専用のモデムカードがない(注 4)	遠方制御は考慮しない 遠方監視は簡易通報装置等の汎用品で対応可能

注 1　X 級，Y 級，Z 級
電気協同研究第 42 巻第 2 号「水車付属装置の設計指針」で，調速制御に関して定義されている性能の一つである。具体的には以下の通り。
X 級：ガバナフリー運転(調定率一定運転)，AFC(自動周波数制御)運転を行う系統周波数の調整を行う主要発電所に適用される。
Y 級： X 級を使用する発電所に準じて系統周波数調整を協力する発電所に適用される。また，系統単独運転(直配負荷を含む)，或いは試送電を行うが X 級に該当しない発電所に適用される。
Z 級：系統周波数調整を必要としない発電所や誘導発電機の発電所に適用される。
注 2　CDT：Cyclic Digital Transmission：サイクリックデータ転送装置
注 3　HDLC：High Level Data Link Control：ハイレベル[高水準]データ･リンク制御
注 4　最近では CDT，又は HDLC 方式に準拠した製品が開発されている。

(2) 簡易制御・保護装置の基本仕様等

表 4－11 は実績のある簡易制御・保護装置の基本仕様等について，中小水力向け一体形制御・保護装置 5 社，マイクロ水力向け制御・保護装置 2 社をメーカー調査した結果を整理して比較したものである。

CPU 構成や機器性能等は全て標準装備である。また，必要によりオプション扱いで追加仕様が可能な機器もある（準標準品)。従来，一体形制御・配電盤は電気協同研究第 48 巻第 3 号にもとづいた「電力仕様」が基本であったが，前述した電気協同研究第 57 巻第 5 号で一般水力発電所の制御・保護システムの合理化が図られ，表 4－11 にある機器は全てこの合理化策を取り入れた製品となっている。

表 4－11　簡易制御・保護装置の基本仕様（メーカー比較）

製作者	CPU 構成	電源構成	性能								価格（A 社 1）
			操作・表示	自動制御	自動同期	励磁制御	調速制御	二次調整	遠方監視制御	保　護	
A 社	シングル (汎用 PLC)	ｼﾝｸﾞﾙ	ﾀｯﾁﾊﾟﾈﾙ	○	○	○	Y 級 油圧，電動ｻｰﾎﾞ (ｶﾌﾟﾗﾝ水車 高効率運転可)	・水調 ・APFR ・AQR	－ (ｵﾌﾟｼｮﾝでｲｰｻﾈｯﾄ 又は Web によるﾓﾆﾀ機能)	#51,#51H,#27B,#59B #67G,#64B,#95H/L #87,#87G,#51GN,#40 #12,#64N	1.0
B 社	シングル (汎用 PC)	二重化	ﾀｯﾁﾊﾟﾈﾙ	○	○	－	－	・ALR ・水調(ｵﾌﾟｼｮﾝ) ・APFR	－ (電話回線によるﾓﾆﾀ機能)	－	1.7
C 社	シングル (汎用 PC)	ｼﾝｸﾞﾙ	ﾀｯﾁﾊﾟﾈﾙ	○	○	－	－	・水調 ・APFR ・AQR	－	#51V,#59,#27B #95H/L,#64B,#12	0.6
D 社	シングル (一般産業用 PLC)	ｼﾝｸﾞﾙ	ﾀｯﾁﾊﾟﾈﾙ	○	○	○	Y 級 油圧，電動ｻｰﾎﾞ	・水調 ・APFR	・CDT(ｵﾌﾟｼｮﾝ) ・HDLC(ｵﾌﾟｼｮﾝ)	#51,#59,#64G #95H/L,#64,#12	1.3
E 社	シングル (汎用 PC)	ｼﾝｸﾞﾙ	ﾀｯﾁﾊﾟﾈﾙ	○	○	－	－	－	－	#51H,#51,#59,#64G #27,#95H/L,#12	0.5
F 社	汎用 PC	UPS (DC24V)	－ (始動・停止 SW)	○	○	○	ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞ	－	－ (ｵﾌﾟｼｮﾝで対応可能)	#51,#59,#64G,#12	0.3
G 社	－	－	－ (始動・停止 SW) (回転速度計)	－	－	○ (発電機付属)	ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞ	－	－ (ｵﾌﾟｼｮﾝで電話回線によるﾓﾆﾀ機能)	#59,#27,#95H/L,#12	0.2

※A 社～E 社：中小水力向け一体形制御・保護装置，F 社～G 社：ﾏｲｸﾛ水力向け制御・保護装置

※ﾒｰｶｰ標準品(ｶﾀﾛｸﾞ等資料，聞き取りﾍﾞｰｽ)

※構成，性能は標準装備品(追加仕様はｵﾌﾟｼｮﾝとして記載)

※価格表示は A 社を 1.0 とする（相対表示）

各社個別の仕様により，標準装備品に多少の違いはあるが，中小水力向け一体形制御・保護装置の CPU 構成は汎用 PC，一般産業用又は汎用 PLC を採用しており，合理化策では補助装置の設置が必要とされた電源装置については，シングル化を図ることでコストダウンに努めている。また，操作・表示部はタッチパネルで簡素化し，自動制御および自動同期は各社とも標準装備であり，調速制御も Y 級に対応している製品もある。

マイクロ水力向け制御・保護装置は，さらに簡素化された構成であり，操作・表示部は始動・停止 SW のみ，調速制御もダミーロードの仕様である。

簡易制御・保護装置の基本仕様等において，各社で共通しているのは，汎用品の採用による合理化策であり，機器縮小による省スペース化，操作性および保守性の向上，現地工事および試験期間の短縮，経済性の向上である。

マイクロ水力向け制御・保護装置の価格は，中小水力向け一体形制御・保護装置に比べて 25%前後の低価格であることから，簡易発電システムへの適用にあたっては一層のコストダウンを図ることができる。表 4－12 はマイクロ水力向け制御・保護装置の制御・保護機能を整理したものである。同期発電機，誘導発電機の発電機種類によりその機能は異なるが，簡易発電システムの簡易制御・保護装置として適用が望める。

表 4－12　マイクロ水力向け制御・保護機能一覧

機　能	同期発電機	誘導発電機
CPU 構成	汎用 PC	Ry 制御
制御電源	小容量 UPS 装備(DC24V)	AC100V 電源
操作･表示	始動･停止 SW，運転表示のみ （故障表示なし）	始動･停止 SW，運転表示のみ （故障表示なし）
自動制御	①始動･発電 入口弁を開操作 →昇速→電圧確立→揃速(ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞ) →並列→発電出力 ②停止･非常停止 停止･重故障信号→入口弁自動閉鎖 →解列	①始動･発電 入口弁を開操作 →昇速→すべり 3%程度で並列 →発電出力 ②停止･非常停止 停止･重故障信号→入口弁自動閉鎖 →解列
自動同期	あり	なし
励磁制御	あり	なし
調速装置	ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞ式周波数調整装置を使用	なし
二次制御	なし	なし
遠方監視制御	なし(ｵﾌﾟｼｮﾝで対応可能)	なし(ｵﾌﾟｼｮﾝで対応可能)
保護	#51,#59,#64G,#12 動力伝達ﾍﾞﾙﾄ破断	#51,#59,#64G,#12 動力伝達ﾍﾞﾙﾄ破断

(3) 単独運転検出装置の基本仕様等

単独運転とは，系統事故時等に発電設備が系統から解列されず，商用電源から分離された部分系統内における運転である。単独運転状態は，一般公衆や点検作業員の感電，非同期連系による機器破損等の安全に対して大きな影響を与える恐れがあるとともに，事故点の被害拡大や事故復旧の遅れ等により供給支障の拡大を招く可能性があることから，確実に防止することが原則とされている。

単独運転を検出する装置は，検出原理から受動方式と能動方式に大別され，それぞれ多

種の方式が実用化されている。受動方式では周波数変化率による検出方式が一般的であるが，この方式のみでは信頼性確保の点から不利であるため，能動方式について製品化しているメーカーを調査した。

表 4－13 は検出方式の異なる 4 方式を調査して比較した結果である。この中の転送遮断装置は，系統遮断器情報を専用通信線や一般公衆回線等で伝送し，発電設備の線路遮断器等を動作させるものであって，系統遮断器情報の出力並びに通信線の確保が必要になることから，簡易発電システムには適さない。

また，無効電力変動方式と QC モード周波数シフト方式は，単独運転検出装置の外付けが否で，同期発電機に限定されており，また，価格も高いことから誘導発電機や永久磁石発電機を主流とする簡易発電システムには適さない。このため，次数間高調波注入方式又は負荷変動方式の方式が検討対象となる。

次数間高調波注入方式は，電力系統に微少量の次数間高調波電流を注入することにより，それに対する電圧や電流を計測し，インピーダンスの変化を監視することで単独運転を検出するものである。注入する高調波は微少量なため，電力系統に影響を与えない特徴を有している。複数台設置による相互干渉がなく，検出時限も 1 秒程度と早いため，高速で確実な検出が期待できる。負荷変動方式は，電力系統に検出用インピーダンス（負荷抵抗）を周期的に短時間挿入し，系統側からの電流変化値と発電機からの電流変化値を用いて単独運転を検出するものである。このため，励磁回路を持たない誘導発電機や負荷変動の激しい発電設備への適用も可能としている。

単独運転検出装置のコストダウンを図る目的で，巻末資料－５に示すモニタリング調査（開発事例調査）の中に，群馬県桐生市（黒保根支所）が平成 16 年 4 月から運転を開始した出力 22kW の利平茶屋水力発電所がある。ここはソーラー用パワーコンディショナ（出力 4kW/台，単独運転検出機能内蔵）を 6 台並列した回路構成で適用している。また，京都市（嵐山保勝会）が平成 17 年 12 月から運転を開始した出力 5.5kW の嵐山保勝会水力発電所でも同メーカーが製品化している単独運転検出装置を適用し，コストダウンに努めている。

系統単独運転検出装置の選定にあたっては，発電機種類，運転条件，保護要素等を考慮し，必要な仕様を満足する標準品から選定することが望ましい。

表 4－13　単独運転検出装置の基本仕様（方式比較）

評価指標＼各方式		次数間高調波注入方式	無効電力変動方式	QCﾓｰﾄﾞ周波数ｼﾌﾄ方式	負荷変動方式	転送遮断装置
発電事業者が着目する指標（汎用性，経済性等）	単独運転検出装置の外付	可	自動電圧調整装置に外乱信号を与える必要あるため否	自動電圧調整装置に外乱信号を与える必要あるため否	可	―
	装置容量	発電機出力に関わらず標準装置で対応可	発電機出力に関わらず標準装置で対応可	発電機出力に関わらず標準装置で対応可	発電機出力増大に伴い装置容量（負荷抵抗）が大きくなる	―
	複数台纏め一括保護	複数台を纏めて1台で保護可	複数台纏めて保護することは困難な場合あり	複数台纏めて保護することは困難な場合あり	複数台を纏めて1台で保護可	複数台を纏めて1台で保護可
	適用できる発電機の種類	発電機の種類によらず使用可	同期発電機のみ使用可	同期発電機のみ使用可	発電機の種類によらず使用可	発電機の種類によらず使用可
	装置の大きさ	(W500*D400*H1,700mm) 自立盤200kg	(W600*D150*H250mm) 他盤へ組込10kg	(W190*D95*H260mm) 他盤へ組込1.6kg	(W550*D250*H800mm) 自立盤(壁掛可) 55kg	(W500*D200*H300mm) 他盤へ組込10kg
	連系保護継電器（標準装備）	#59,#27,#67S,#64V,#95H/L	#27,#95H/L	#59,#27,#95H/L	#59,#27,#95H/L	―
	価　　格（転送遮断装置1.0）	0.4	0.7	0.7	0.3	1.0
電力会社が着目する指標（系統への影響等）	系統への影響	0.1%程度の注入次数成分の電圧歪を発生させる	複数設置の際には電圧変動が大となる可能性あり	系統連系時変動なし	複数設置の際には電圧変動が大となる可能性あり	原理的になし
	複数台設置による相互干渉	注入周波数の高精度分離により影響なし	変動位相の同期により影響なし	特に影響は受けない	負荷挿入周期の同期により影響なし	原理的になし
	検出時限	1秒程度で検出	2秒～10秒程度	数秒程度	1秒～5秒程度	原理的に高速
	保守性	5年に一度，短寿命部品の交換	5年に一度，短寿命部品の交換	5年に一度，短寿命部品の交換	5年に一度，短寿命部品の交換	・毎年通信試験が必要 ・系統切替毎に対処要 （ﾋｭｰﾏﾝｴﾗｰによる誤遮断あり）

※単独運転検出装置（能動式）
※ﾒｰｶｰ標準品(ｶﾀﾛｸﾞ等資料，聞き取りﾍﾞｰｽ)
※価格表示は転送遮断装置を1.0とする（相対表示）

４．３．２　簡易制御，保護装置に関する技術検討

簡易制御･保護装置は，電協研水力仕様（電気協同研究第 57 巻第 5 号）の合理化策を反映した簡易形として標準品が既に製品化されており，その選定にあたっては，水車形式，発電機種類，運転条件，保護要素等との協調を図り，必要な仕様を満足する標準品から選定する。

【解説】

ここでは，簡易発電システムに必要な制御および保護項目を検討する。なお，保護装置に関わる技術基準および系統連系ガイドライン，単独運転検出装置の技術的課題等については，第８章「関係法令・基準等」で具体的に触れる。

(1) 簡易発電システムの制御対象

簡易発電システムで必要な制御項目は，機器省略，簡素化により対象となるものに違いがあること，手動操作であれば自動操作の必要がなく，制御対象とはならない等，水車，発電機の機器仕様により大きな差がある。

表 4－14 に簡易発電システムの制御対象として，基本的な自動制御対象項目とその制御方法について整理した。

表 4－14　簡易発電システムの制御対象

自動制御対象	自動制御方法	摘　要
自動制御 （水車，入口弁，発電機，遮断器）	・始動停止，並解列 ・非常停止	手動操作の場合は省略可 （入口弁等，遮断器）
自動同期	・電圧，周波数，位相調整	手動並列の場合は省略可
励磁装置	・励磁制御，電圧確立	永久磁石発電機，誘導発電機は省略可
調速装置 （ガイドベーン，負荷制限装置， ダミーロード）	・ガイドベーン等による調速制御 ・水調運転，流量一定運転	－
逆変換装置	・インバータ制御(トルク，速度指令)	－

ここで，重錘閉鎖装置付入口弁を適用する場合は，始動時の開操作は手動であり，停止又は事故時は重錘による自重閉操作であるため，自動制御対象にはならない。また，並列用遮断器操作を手動とする場合も，自動同期を含めて自動制御対象外になる。

永久磁石発電機の適用では励磁制御が不要になるが，インバータ制御に対するトルク指令の入力が必要であり，場合によっては速度指令の入力も必要となる。

水位一定運転（砂防ダムや上下水道に適用）や流量一定運転（維持流量水車）が必要な場合は，調速装置を設置する必要があり，山小屋等の単独負荷へ接続する場合は，周波数を一定に保つため，負荷変動に応じたダミーロードの「入，切」が必要となる。

このため，発電システムの構成や運転制御方式に応じて制御対象は大きく変化する。

汎用 PLC のシステムダウンを回避する観点からは，汎用 PLC の容量および処理速度を考慮し，制御対象を少なくして CPU 負担率の低減を図ることが望ましい。

この汎用 PLC 等，制御系のシステムダウン時の対応としては，①維持流量放流の責務から運転継続，事後，保守員による手動停止操作，②水車，発電機非常停止等，運転条件に合せたシーケンスを考慮する必要がある。

(2) 簡易発電システムの保護対象

簡易発電システムの保護項目は，関係法令と経済性を勘案して，#51（過電流），#59（過電圧），#27（低電圧），#64（地絡），#12（過速度）を基本とする。

機器仕様によっては，水車，発電機がベルト駆動の場合，動力伝達ベルト破断等の保護項目を基本項目に加える必要がある。簡易発電システムが系統連系する場合は，技術基準やガイドライン等の技術要件を遵守する必要があるが，これらについては，第８章「関係法令・基準等」で具体的に触れる。

４．４　その他設備

簡易発電システムの主要電気機械設備は水車，発電機および制御・保護装置であるが，その他設備として，入口弁，開閉器，変圧器，水位計等がある。
これら機器の選定は，設置される場所の地点特性や系統連系条件，運転制御方法等で違いがあるため，経済性も考慮して選定する。

【解説】

その他設備は，発電所が設置される場所の地点特性や系統連系条件，運転制御方法，土木設備との協調から，必要により選定され設置されるものである。ここでは，入口弁，開閉器，変圧器，水位計について，その概略仕様を設置事例から説明する。

(1) 入口弁

入口弁は流水を遮断する装置であり，水車付属装置に区分される。入口弁は設備として必ず設置するものではなく，水車形式によりガイドベーン（フランシス水車），ニードル（ペルトン水車），ランナベーン（プロペラ水車）等を有する場合や土木設備に流水遮断ゲートがある場合は，コストダウンの観点から省略されるケースがある。なお，入口弁の省略については，第８章「関係法令・基準等」で具体的に触れる。

出力 500kW 未満を対象とする簡易発電システムではバタフライ弁が一般的であり，その開閉操作は手動のもの，又は開のみ手動で閉は重錘とした重錘閉鎖装置付入口弁が，機器簡素化・合理化の観点から実用化されている。

写真4－3は手動開閉のバタフライ弁，写真4－4は重錘閉鎖装置付入口弁の事例を示す。



写真 4－3　手動入口弁
（φ200㎜ バタフライ弁，利平茶屋水力発電所 22kW）





写真 4－4　重錘閉鎖装置付入口弁
（φ500㎜ バタフライ弁，鯛生小水力発電所 66kW）

(2) 開閉器

開閉器は発電機を負荷へ接続又は系統へ連系させる場合や停止又は事故時等に電気回路から切り離すために必要な装置である。また，各負荷向け配電線にも用いられ,遮断容量・電圧・電流等の電気諸元，単線結線図の回路構成等から種類を選定する。

出力 500kW 未満を対象とする簡易発電システムでは，遮断容量・電圧・電流ともに小さいため，低圧回路では MCCB 又は ELCB（漏電遮断器）が一般的である。また，高圧回路ではコストダウンの観点から,真空遮断器等に替えて限流ヒューズ付きの LBS（負荷開閉器）を適用する場合もある。

写真 4－5 は低圧連系発電所で主回路，系統連系とも ELCB とした事例で，写真 4－6 は 6.6kV 高圧連系で LBS とした事例を示す。



写真 4－5　ELCB
（200V-120A，利平茶屋水力発電所 22kW）



写真 4－6　LBS

（7.2kV-200A，狩宿第二発電所 61kW）

(3) 変圧器

変圧器は系統連系するにあたり，発電機が低圧であって高圧系統に連系するため昇圧する場合又は系統受電で降圧する場合に必要な装置であり，発電機が高圧であって高圧系統に連系する場合は，発電機の絶縁性能や保護協調を充分に検証したうえで省略されるケースがある。

変圧器は安価な油入変圧器が一般的であるが，出力 500kW 未満を対象とする簡易発電システムにおいては，油入変圧器に比べて割高ではあるものの，メンテナンスが容易でオイルレスであることから環境にも優しいモールド形変圧器が適用されるケースもある。

写真 4－7 はキュービクル内に収納された高圧連系用のモールド形変圧器（昇圧）の事例を示す。写真 4－8 は屋内に設置され，安全確保の観点から防護柵で囲われた高圧連系用の油入変圧器（降圧）の事例を示す。



写真 4－7　モールド形変圧器

（6.6kV/440V-100kVA，狩宿第二発電所 61kW）



写真 4－8　油入変圧器
（6.6kV/220V-75kVA，馬曲温泉公園発電所 95kW）

(4) 水位計

水位計は主機の運転制御に水位情報が必要な場合の装置であるが（水位調整運転や応水運転），出力 500kW 未満を対象とする簡易発電システムで，流況変化の少ない発電所では設置しないケースが多い。

一般に水位計には施工性やメンテナンスを考慮して圧力式を適用した事例が多い。写真 4－9 は圧力式水位計の事例を示す。この発電所ではヘッドタンク内の取水スクリーンより上流側に水位計を設置し，応水運転が行われている。

写真 4－10 は超音波式水位計の事例を示す。この発電所では水位情報を主機運転制御に使用していないが，記録として水位情報を収集している。

写真 4－11 は水位計を省略し，コストダウンを目的に入口弁上流側の水圧計で代替した事例である。この発電所では，この水圧計情報をもとに応水運転が行われている。



写真 4－9　圧力式水位計
（清和発電所 190kW）



写真 4－10　超音波式水位計
（常西実証試験設備 5kW）



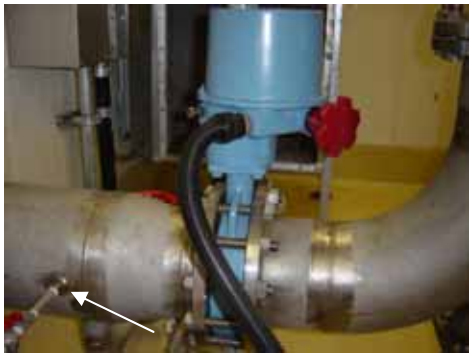


写真 4－11　水圧計による水位計代替
（サッポロビール新九州工場 9.9kW）

４．５　コストダウンの要素

電気機械設備の主要機器である水車，発電機及び制御・保護装置は，簡易発電システムに占める価格比率が大きいことから，そのコストダウンに向けた機器簡素化，付属設備省略，汎用品の採用等を考慮する必要がある。

【解説】

コストダウンを考慮するにあたり，先ず，機器に対しては必要最小限の機能に留め，必要以上の性能を求めないことが必要である。このため，可能な限りメーカー標準品を採用する等，機器価格低減に努めた機器選定が必要である。

ただし，機器仕様の簡素化で合理化を図る方法は，関係法令・基準等との関係整理が必要であり，この部分については，第８章「関係法令，基準等」で具体的に触れる。

ここでは，これらコストダウンの要素について，各項目毎に調査・検討した結果を説明する。また，適用実績が増える傾向にある逆変換装置を有する永久磁石発電機システムにおいて，経済性を踏まえた適用範囲を検討する。

４．５．１　各要素技術によるコストダウン

コストダウンには単純にイニシャルコストダウンする方法と，地点特性を効果的に機器仕様へ反映し，年間発電電力量を大きくしてイニシャルコストと相殺させてコストダウンを図る方法がある。

【解説】

イニシャルコストダウンの方法は，電気機械設備の主要機器である水車，発電機及び制御・保護装置の全体に占める価格比率が大きいことから，機器仕様を簡素化して合理化を図り，単純にコストを下げることである。

地点特性を効果的に機器仕様へ反映し，年間発電電力量を大きくしてイニシャルコストを相殺させる方法は，変流量・変落差のある地点で運転範囲を拡大させるのが具体的であり，それぞれについて対応策を検討した。

(1) 機器別コストダウン

ａ　入口弁の省略又は簡素化

入口弁は水路設備と密接に関係し，関係法令である『発電用水力設備に関する技術基準を定める省令，解釈』により，その省略及び簡素化について規定されていることから，単純にイニシャルコストダウンの目的だけで省略することはできない。関係法令からは，水路又は水車のいずれかに最低限何かしらの止水設備が必要であり，取水設備にゲート等の止水設備を設ける場合は入口弁を省略することができる。

止水設備は水路内点検のための抜水，水車廻り点検のための抜水等，メンテナンス

方法にも影響することから，土木設備と水車設備の協調が取れた計画設計の中で，コストダウンを図る必要がある。

入口弁を設置する場合，入口弁は水車始動・停止時に電動サーボモータ又は圧油装置を用いた自動開閉装置を有しているものが一般的であるが，簡易発電システムでは水車始動・停止頻度が少ないと想定されるため，これらの自動開閉装置を手動開閉，非常時は重錘により閉とする簡素化入口弁の採用がコストダウンに資する。

b　調速装置の省略

水車回転速度を一定に制御するガイドベーン又はニードル，アクチュエータ及びこれらの制御装置全てを省略しようとするものである。ガイドベーンや補機が省略される結果，保守費用の軽減が図れる可能性もある。ただし，同期発電機では系統並列させるための流量・速度調整が必要になるため，基本的には省略できないが，発電機に永久磁石発電機を採用する場合は，逆変換装置制御による速度制御が可能であるので，水車の調速装置を省略できる。また，ダミーロードを設置することにより，調速装置を簡素化できる。

最近では，パワーエレクトロニクスの開発が目覚しく，汎用インバータの適用も可能であり，コスト的にも低廉化していることから，永久磁石発電機によるシステム構成であっても，誘導発電機に比べコストダウンになるとの試算もある（4.2.4 章で示す）。ただし，永久磁石発電機システムにおいて，調速装置を省略した場合は，入口弁或いは適当な流量調整ゲートがないと始動が難しいので，両者の省略は困難である。

c　誘導発電機の採用

誘導発電機は同期発電機に比べると装置点数が少なく，イニシャルコストダウンが図れ，装置点数が少ないことは保守の軽減によるランニングコストダウンにも繋がる。

誘導発電機では調速装置の省略が可能であるが，始動時の流量調整設備（入口弁で代替或いはゲート），出力が大きい場合の系統並列時突入電流対策（ソフトスタート回路或いは順次並列シーケンス），力率改善設備，単独負荷への供給困難等から，その適用にあたっては地点特性の検討が必要である。

d　永久磁石発電機システムの採用

永久磁石発電機システムは励磁装置を有さないことから，同期発電機に比べると装置点数が少なく，コストダウンが図れる。また，調速装置も水調運転や流量一定運転の必要がなければ省略は可能である。ただし，系統連系は逆変換装置を介して行うので，これに関わる付帯設備が増え，コストアップ要因となるが，逆変換装置は風力発電等でも実績が多く，その価格も低廉化している傾向にある。

価格を検討する際には，発電機単品ではなく，逆変換装置を含めたシステムとしての評価が必要である。一般に，システム構成には永久磁石発電機本体，逆変換装置，保護装置が含まれている。

永久磁石発電機は，定格回転速度以下でもその回転速度に応じた出力が得られ，よ

り水車効率の高い運転点を選ぶことができる。このため，運転範囲が広がることにより，特に変落差のある地点に対応できる。

e　標準製品（パッケージ製品）の採用

通常，水車，発電機は地点特性に応じた特別仕様となる場合が多いが，メーカーからは中小水力向けに標準的な機器が数多くラインナップされており，地点特性に近い機器を適用することにより，設計費低減を図ることが可能である。

また，標準製品は調達コスト低減にも繋がるため，相乗効果的にコストダウンを図ることができる。なお，標準製品の適用は，本来目的とする仕様以上のものになるケースも想定され，オーバースペックについては注意が必要である。

f　汎用品の採用

電力規格ではその仕様に厳しい部分があるため，簡易発電システムとして許容できる範囲で，一般産業用として使用されている汎用品を採用することによりコストダウンを図る。水車，発電機の主要機器は対象外になるが，一般産業用で使用される制御・保護装置，配電線用遮断器，汎用インバータ等がある。

以下に具体的項目を列記する。

①並列用遮断器に配電線用遮断器（MCCB）を採用

②永久磁石発電機システムの逆変換装置に汎用インバータを採用

③制御・保護装置に一般産業用コントローラ（PLC）を採用，又はハード回路構成の簡易制御装置を適用

④デジタル式一体形簡易保護装置の適用

(2) 建設費コストダウン

a　一体可搬形水車発電機の採用

中小水力の分野では標準的な一体形基礎（チャンネルベース）に水車，発電機及び制御・保護装置等の電気機械設備を全て組込み，メーカーで工場検査完了後にそのまま現地まで輸送し，現地組立なしに機器を据付けるものである。現地据付工程の短縮化が図れ，実績も多いことから，簡易発電システムへの適用も可能である。

b　電気機械設備の屋外設置

各機器を屋外仕様で製作し，発電所建屋を省略することにより土木部門でのコストダウンを図るものである。屋外仕様とすることによる機器の価格増分はあるが，地点仕様によっては発電所建屋省略と相殺して，経済性が向上するケースもある。

ただし，住宅が密集する都市部や豪雪地帯，塩害地域等では問題が多く，降雨の多い時期にはメンテナンス面で不都合が発生する可能性が高い。また，発電設備は保守上の観点から，一般公衆との明確な区分（立入禁止措置等）が必要であることを考慮すると，地点特性によりケースバイケースとなる。

(3) その他コストダウン

a　標準シーケンス

標準部品がハードであるのに対し，ソフトでも標準化したものを適用すれば，設計費低減によるコストダウンが図れる。このためには，機器制御シーケンスをシンプルなものとし，小水力で似たような地点などで実績のあるシーケンスを標準仕様として適用することも考えられる。

b　簡略化した試験方法

試験費は価格全体に占める比率としては非常に小さいが，標準部品，標準シーケンス等は形式認定相当と取り扱い，試験項目を大幅に省略して，必要最小限の確認のみに留め，試験期間を短縮する方法がある。ただし，試験については自主保安の観点から，予め事業者側でその仕様を明確に規定しておく必要がある。

c　リサイクル

中小水力では変電設備，開閉設備を転用するケースもあり，簡易発電システムにおいても，リサイクルにより補える設備を抽出し，コストダウンを図る方法もある。また，このリサイクルも一般産業用からの部品転用も考えられる。

d　小出力発電設備の採用

電気事業法の一般用電気工作物では,ダムを伴うものを除く出力 10㎾ 未満の水力発電所は，小出力発電設備として工事計画及び保安規程の届出，電気主任技術者の選任等が該当しないため，手続き業務の省略や電気主任技術者の外部委託費用等を削減することができる。ただし，発電設備における保安の最終責任は事業者にあり，自己責任・自主保安を充分に認識しておく必要がある。

(4) 変流量・変落差対応

変流量・変落差が大きな地点では，水車，発電機の性能から運転に制約が掛かる場合は設備利用率が低減する。この対策として可動羽根化や可変速化が考えられるが，適用にあたっては地点特性や機器仕様，メンテナンス計画，売電単価等を考慮した上でケースバイケースの検討が必要である。

a　変流量

上下水道設備は地点によって日間流量変化の幅が大きく，最大と最小の流量比が大きい場合が少なくない。通常，水車は最大使用水量で最高効率が得られるように設計されるため，運転する流量変化幅が大きいと，部分流量域は効率低下により発電電力量の減少が懸念される。このような変流量特性に追従できる水車を採用することにより，発電電力量の減少を抑え，総合的にコストダウンを図る。

図 4－5 は，変流量対応の可動羽根プロペラ水車で，流量に対する効率特性の一例を示したものである。流量変化範囲を全て運転範囲とする場合，部分流量域の効率低下が著しいため，発電電力量の減少が生じる。

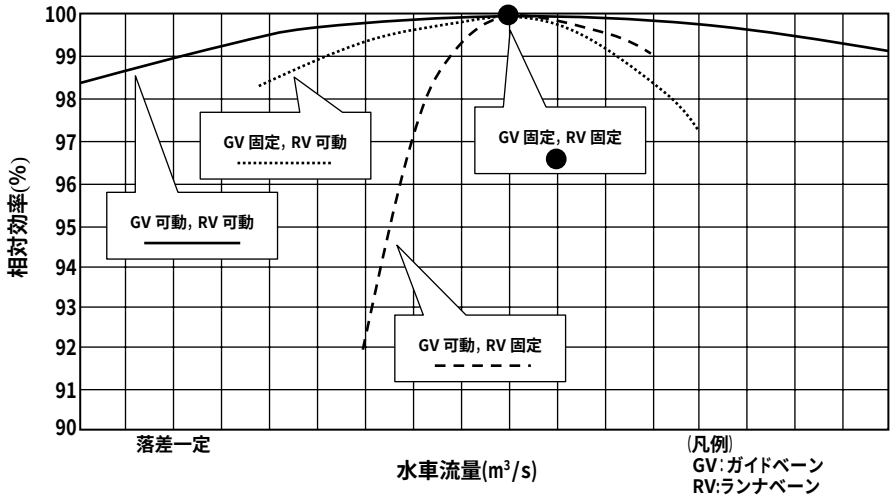


図 4－5　可動羽根プロペラ水車特性

部分流量域の効率低下を改善するため，ガイドベーンを可動にして対応するには限界があり,ランナベーンを可動させることによって,流量に応じた最適開度を選定し，損失低下を抑制する。ガイドベーン可動よりもランナベーン可動の方が運転範囲が広く確保可能で，オンカム点から離れた運転点における水車効率低下が緩やかになる。

このため，部分負荷運転時の効率向上が期待でき，最低負荷運転レベルも下げることができる。ただし，可動羽根の機器単体価格は固定羽根に比べて，一般的に約 30%増となるため，年間発電電力量の増加との経済比較により，地点特性によりケースバイケースでの計画検討が必要である。

また，可動羽根化することにより，その制御シーケンスが追加となり，部品点数も増え，メンテナンス面も固定羽根に比べて不利である。更に，可動部が存在することにより，油流出対策をより徹底する必要がある。

変流量対応では，この他に並列運転方式（複数台による運転・停止切替）や多射ペルトン水車，ガイドベーン分割クロスフロー水車の適用等がある。

b　変落差

貯水池式ダムは水位変化の幅が大きく，最高と最低の落差比が大きい場合が少なくない。通常，水車は基準有効落差付近で最高効率が得られるように設計される。運転する落差変化幅が大きいと，最高と最低落差域は効率低下により発電電力量の減少が懸念されるだけでなく，振動やキャビテーション発生等の問題がある。このような変落差特性に追従できる水車を採用することにより，発電電力量の減少を考慮する必要がある。

変落差に対応するには，回転速度を可変とし，落差に応じた高効率運転を行う方法がある。この可変速化は逆変換装置を必要とし，その制御も複雑であるが，簡易発電システムで対象とする出力 500kW 未満であれば，一次側インバータ方式である永久磁

石発電機とパワーコンディショナの組合せが適用できる。

図 4－6 は，水車特性における等効率曲線の一例を示したものである。

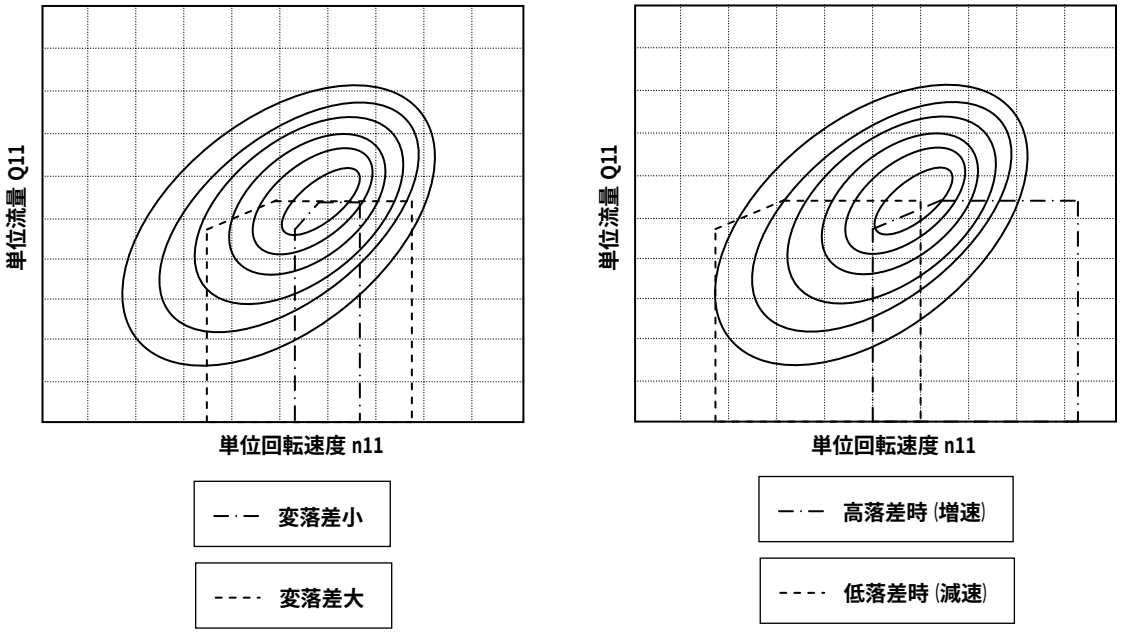


図 4－6　水車等効率曲線

ここで，左側に示すように変落差が大きいと運転範囲が拡大し，最低落差及び最高落差域の効率が最高効率点から離れ，低い効率での運転となる。このため，右側に示すように回転速度を変えることにより運転範囲を平行移動し，その落差に応じた最高効率点で運転する。ただし，運転範囲の拡大と高効率運転は発電電力量の増加を期待できるが，コスト増とシステム制御の複雑化を招く可能性もあり，変流量対応の場合と同様に，最終的に経済性が確保できるかは，地点特性によりケースバイケースであるので，地点毎の計画検討が必要である。

変落差対応では，この他に直列運転方式（複数台による運転・停止制御）の適用等がある。ただし，直列運転方式は基本的に低落差用水車の適用範囲を広げるため，複数台の水車を直列接続させ，水車１台あたりの落差分担を行うものであるが，変落差対応として成立するか否かは低落差となる期間の長さ等，個別地点の条件に負う。

４．５．２　永久磁石発電機システムの経済性

適用実績が増える傾向にある永久磁石発電機システムは，簡易発電システムへの適用が見込まれるが，系統連系のケースでは誘導発電機と競合する。永久磁石発電機システムの経済性を再度評価し，その適用範囲は出力 50kW 未満とする。

【解説】

発電機種類別システム構成比較では，誘導発電機と永久磁石発電機のシステム価格に大きな乖離はなく，系統連系においてはどちらを選定するか競合する。

図 4－7 は,誘導発電機と永久磁石発電機のシステム価格をメーカー調査した見積価格の一例をトレンド比較したものである。比較にあたっては系統連系を条件とし，共通項目となる水車，入口弁，高圧連系設備は含めず，発電機，配電盤（主回路盤，制御・保護装置，単独運転検出装置）のみの価格で比較した。

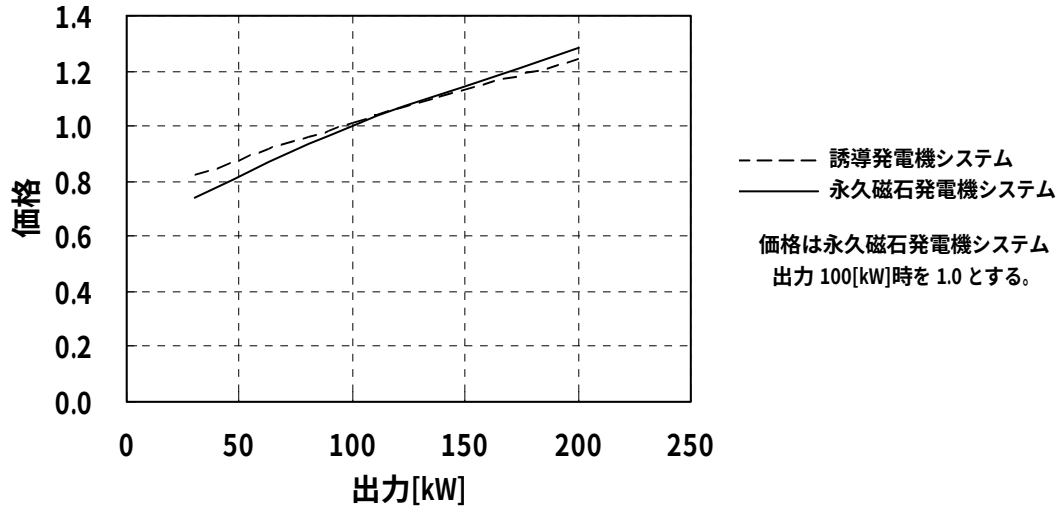


図 4－7　誘導発電機，永久磁石発電機システム価格比較

この結果，極端に大きな乖離は見られないが，出力 120kW 以下程度で永久磁石発電機システムに経済性がある。系統連系を条件にした場合，永久磁石発電機は出力 50kW 未満で低圧連系が可能であることを考慮すると，高圧連系設備の省略も可能となることから，永久磁石発電機システムでコストメリットのあるのは，出力 50kW 未満である。

このため，計画にあたっては，この出力を目安として設計するのが望ましい。

第５章　施工計画・工事工程

５．１　施工計画

施工計画は，立案するうえで必要と考えられる事前調査を実施した上で，所定の工期内に所要の品質の設備を経済的に，しかも安全と環境を損なうことなく完成させるため，労務，資材，機械，動力，給水設備，建物および輸送等を総合的に検討して立案する。

【解説】

施工計画は，立案するうえで必要と考えられる以下の事前調査を実施した上で，所定の工期内に所要の品質の設備を経済的に，しかも安全と環境を損なうことなく完成させるため，労務，資材，機械，動力，給水設備，建物および輸送等を総合的に検討して立案する必要がある。

① 自然条件調査（水文・気象条件，地形・地質 等）

② 工事条件調査（資材購入・運搬・管理等，労働事情，工事用動力，工事用水，補償問題，環境問題 等）

なお，施工計画に関しては既存資料に詳しく解説されているので，本設計マニュアルでは詳細な解説を省略した。したがって，施工計画の立案等にあたっては,巻末資料－15 に示す参考資料等を参照されたい。

５．２　工事工程

工事工程は，適用施設，設置設備の種類，規模，現場の立地条件等を考慮し，経済的な工程を検討して立案する。

【解説】

工事工程は，適用施設（河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設），設置設備の種類，規模，現場の立地条件等を考慮し，以下の事項等に留意して経済的な工程を検討して立案する必要がある。

① 施工速度と内容のバランス
② 工事用施設および機械類の規模とそのバランス
③ 水文・気象条件
④ 着工並びに施工時期
⑤ 作業量の配分
⑥ 工程に対する余裕

なお，工事工程に関しては既存資料に詳しく解説されているので，本設計マニュアルでは詳細な解説を省略した。したがって，工事工程の立案等にあたっては,巻末資料－15 に示す参考資料等を参照されたい。

第６章　概算工事費・経済性の評価

６．１　概算工事費

小水力発電の工事費は，一般に土木工事費，建築工事費，電気工事費，その他費用に大きく区分される。概算工事費の積算にあたっては，発電事業の目的，適用施設，設置設備，現地状況および計画段階に合わせて，必要な積算項目を取捨選択して工事費を算定する。

【解説】

小水力発電の工事費は，一般に土木工事費，建築工事費，電気工事費，その他費用に大きく区分される。概算工事費の積算にあたっては，発電事業の目的（一般電気および卸供給，自家消費），適用施設（河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設），設置設備，現地状況および計画段階（地点選定，概略計画，実施設計）に合わせて，必要な積算項目を取捨選択して工事費を算定する必要がある。

なお、概算工事費の算定にあたっては,巻末資料－15 に示すような「水力発電計画工事費積算基準」（以下，積算基準という）を利用できるが，この積算基準は過去に建設された多くの発電所の実績をもとに作成されたものであるため，特に以下の場合は積算基準による算定では誤差が生じる可能性がある。

① 特に小規模な発電設備

② 新しい水車を採用

③ 新しい工法や現場条件に即した施工方法を採用

したがって，上記①～③に該当する場合を含め，概算工事費の精度を高めるためには，経験豊富な技術者による工事費の積算が必要となる。

なお，概算工事費に関しては既存資料に詳しく解説されているので，本設計マニュアルでは概算工事費の詳細な解説を省略した。したがって，概算工事費の算定等にあたっては，巻末資料－15 に示す参考資料等を参照されたい。

６．２　経済性の評価

小水力発電の経済性は，発電事業の目的や計画の段階に適した方法および基準を用いて，開発効果等も総合的に判断して評価する。

【解説】

小水力発電における経済性は，発電事業の目的（一般供給および卸供給，自家消費）や計画の段階（地点選定，概略計画，実施設計）に適した以下の方法および基準を用いて，開発効果等も総合的に判断して評価する必要がある。

＜経済性の評価方法＞
① 建設単価法
（発電所出力(kW)当りの建設費
発電電力量(kWh)当りの建設費）
② 費用便益法
（C／V法）
③キャッシュフロー
（発電計画収支予想）

＜評価基準＞
① 経済性
② エネルギーの安定供給
③ 環境問題への貢献
④ 地域振興 等

なお，経済性評価に関しては既存資料に詳しく解説されているので，本設計マニュアルでは経済性評価の詳細な解説を省略した。したがって，経済性評価に関しては，巻末資料－15 に示す参考資料等を参照されたい。

第７章　運転・保守

簡易発電システムは，電力会社が保有する通常の水力発電所に比べて出力が小さく，また，安定した電力の供給責務を負うところが少ないため，運用面および保守面において仕様を合理化し，コストダウンを図る。
ただし，適用した設備仕様や連系する系統運用に応じ，安全および信頼性を最小限確保したものとする。

【解説】

電気工作物の維持および運用は，電気事業法に定められた保安規程の届出や主任技術者の選任などで義務付けられている。これらは，電気事業者および自家用発電所を有する事業者が行う中規模以上の発電所を対象に定められたものであり，簡易発電システムのような出力 500kW 未満を対象とする小規模発電所については，実績等により安全と判断されるものについては，管理義務の緩和が必要であるとの意見がある。

現在，水力発電所においては，ダムを伴うものを除く出力 10kW 未満の場合は，一般用電気工作物に分類され，小出力発電設備として保安規程の届出や主任技術者の選任などが該当しないため，これまで水力発電に携わった経験のない地方自治体や民間企業等で，出力 10kW 未満の小規模水力発電所が建設され，運用を開始している。

ここでは，運転（監視・運用）および保守（点検・管理）について，合理化するための方法を巻末資料に示す開発事例調査（モニタリング調査）の事例も参考にメーカー等を調査・検討した結果を説明する。また，通常の水力発電所との比較から，簡易発電システムにおける点検頻度の低減について説明する。

７．１　運転（監視・運用）

簡易発電システムにおける監視方式は随時巡回とし，簡易通報装置等による遠隔監視を採用する。

【解説】

監視に関しては，電技第 46 条において，「発電所の運転に必要な知識および技能を有するものが当該発電所またはこれと同一の構内において常時監視しないものは施設してはならない」と規定しており，常時監視が原則とされている。ただし，異常が生じた場合に安全，かつ，確実に停止することができるよう措置を講じた場合は，①随時巡回，②随時監視，③遠隔常時監視の 3 区分にもとづき，保護装置および警報装置の設置を義務付けることにより，常時監視をしない発電所の施設が認められている。

ここで，電技省令の第 46 条は，監視方式区分毎に保護装置，警報装置の設置を義務付

ける規定であって，監視内容について規定したものではないことから，自主保安の観点から，運用にあたり必要最小限の監視項目を抽出すれば，監視の合理化を図ることができる。

簡易発電システムにおける監視方式は，その規模から随時巡回を適用し，簡易通報装置等による遠方監視を採用することで，保守員による随時巡回頻度を大幅に低減することが可能である。さらに簡易通報装置等に汎用性の高いインターネットやモバイルによる web 技術を適用すれば，コストダウンが図れる。

７．１．１　監視方式の合理化

簡易発電システムに採用する簡易通報装置等は，最近の技術進歩が目覚しい web 技術を適用する。

【解説】

web 技術で汎用的な製品としてはモバイル，インターネット等があり，最近の技術進歩には目覚しいものがある。ここでは，これら技術を簡易発電システムへ適用することを目的に，その開発動向を説明する。

(1) モバイル技術の現況

最近のインターネットを含めたモバイル技術の発展には目覚しいものがあり，一般産業のみならず，企業，一般家庭や個人に至るまで，その技術が幅広く浸透し，携帯電話や端末等の汎用的で使用が容易な各種機器が製品化されている。

簡易発電システムは出力 500kW 未満を対象とし，発電停止による系統への影響も小さいと考えられることから，監視区分は随時巡回方式とするが，その監視方法にこのモバイル技術を適用し，遠方監視可能なシステムを構成すれば，随時巡回頻度も大幅に低減し，場合によっては，保守員や保守員を外部委託した経費のコストダウンが図れる。

ここでは，最近のモバイル技術の現況について説明する。

a モバイルの発展

最近，実用化されている一般用モバイル技術を以下に列記する。

①無線技術

・公衆無線（携帯電話，PHS 網）

・無線アクセス（無線 LAN）

・テレビ電話

・音声通話

②携帯端末

・携帯電話

・ノートパソコン（PC），PDA 等

ここで，PDA とは Personal Digital Assistance（Assistant）の略であり，携帯情報端末，電子手帳等を指している。PDA の直訳は「個人用デジタル補助装置」であり，持ち運びが容易な小型コンピュータ等のことである。

・位置情報端末（GPS）

ここで，GPS とは Global Positioning System の略であり，衛星利用測位システム，全地球位置発見システム，全地球測位システム，又は汎世界測位システム等の表現に訳される。

・デジタルカメラ

b モバイル技術の産業応用

モバイル技術の一般産業への応用例としては，以下に列記する通りである。また，「携帯電波網とインターネットを使用した遠隔メンテナンスシステム」，「テレコン付き非常通報装置」等の製品が一般に製品化されており，巻末資料に示す開発事例調査（モニタリング調査）で，大分県中津江村が平成 16 年 4 月から運転を開始した出力 66kW の鯛生小水力発電所や平成 15 年 6 月から運転を開始した出力 5kW の常西実証試験設備で採用されている。

①遠隔監視制御

・リアルタイム監視制御

電圧，電流等の機器状態データをリアルタイムで遠隔監視するシステム

・画像監視

機器状態を ITV カメラ等の画像で遠隔監視するシステム

②維持管理，保守支援

・携帯端末

ノートパソコン（PC）や PDA を使用し，機器状態（点検に際して，過去の点検履歴やトレンド情報等データを含む）や機器取扱説明書等の各種情報が必要に応じて即座に取り出せるシステム

・リモートメンテナンス

遠方から各種情報を取り出せるシステム

ただし，簡易発電システムへの適用にあたっては，無線・有線に関わらず，公共通信網（インフラ）が既に整備されていることが基本的な条件であり，砂防ダムなど山間部に位置する施設によっては適用できない場合がある。

(2) インターネットを利用した監視システム

図 7−1 にインターネットを利用した監視システムの構成図を示す。

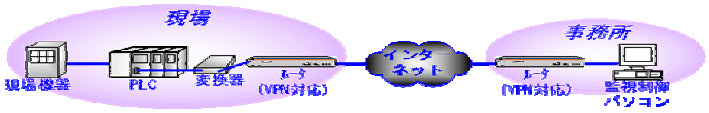


図 7−1　インターネットを利用した監視システム

インターネットの通信回線は,自営又は NTT 専用線，一般電話回線，無線，衛星回線等の公共通信回線網を利用することにより，いずれでも実現可能である。また，一箇所の事務所で複数の現場を監視することも可能であることから，合理的な監視システムを構築することができる。このようなシステムは，既にビル管理や上下水道設備監視で実績があり，簡易発電システムへの適用も可能であると考えられる。

ただし，前述したように簡易発電システムへの適用にあたっては，無線・有線に関わらず，公共通信網が既に整備されていることが基本的な条件であり，砂防ダム等の施設によって整備されていない場合があること，また，工場等構内に簡易発電システムを設置する場合は，簡易通報装置等よりも随時巡回した方が効率的な場合もあるので，通信網を利用した監視システムの構築にあたっては，地点によりケースバイケースでの検討が必要である。

ここで留意しなければならないのは，通信網を整備するためのイニシャルコストアップと点検周期の延長や事故対応の迅速化と言ったランニングコストの低減について得失を検討し，採用の可否を決めなければならないことである。また，インターネットは汎用的な通信手段である反面，不特定多数の一般公衆とも連系していることから，簡易発電システムへの適用にあたっては，不正なアクセスによるデータ外部漏洩や故意な操作によるシステム破壊等，セキュリティに万全を来たす必要もある。

不正アクセスから防御するためのセキュリティ方法を以下に紹介する。

①パケットフィルタリング型ファイアウォール

インターネットとの連系点にファイアウォール（フィルタ）を設定し，入出力通信データの監視を行うもので，送信元や送信先の IP アドレス，ポート番号などによって通信データを通過させるか否かを判断させるタイプのものである。

②アプリケーションゲートウェイ型ファイアウォール

インターネットとの連系点にファイアウォール（フィルタ）を設定し，入出力通信データの監視を行うもので，通信を中継するプロキシサーバを利用し，送信元と送信先を直接通信できないようにするタイプのアプリケーションによるファイアウォールである。

図 7−2 は，インターネットを利用した監視システムとして，長期伝送実証試験の事例を示したものである。これは，複数の分散型電源設備および小規模受電設備の遠隔監視を合理的に行うことを目的に，インターネット技術と小型情報端末を組み合せたシステムとして小規模風力・太陽光ハイブリッド発電装置を被監視設備として長期伝送実証試験を実施しているもので，設備のメンテナンスサービスに低コストで適用可能としている。表 7−1 には被監視設備の機器仕様を示す。

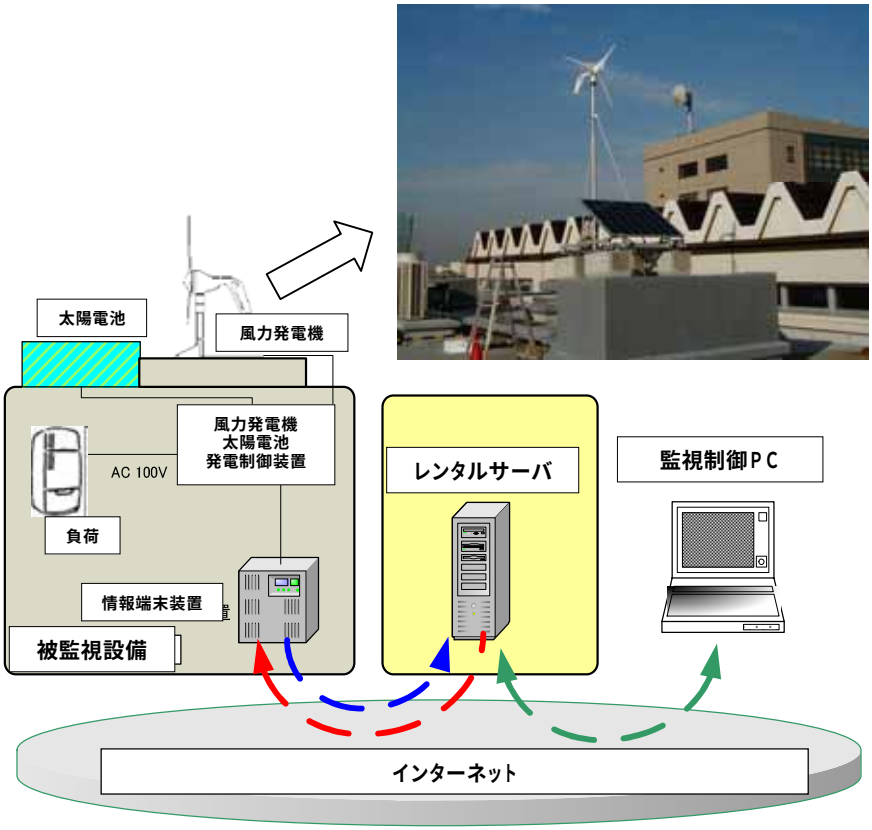


図 7−2　インターネットを利用した遠隔監視システム構成図

表 7−1　小規模風力・太陽光ハイブリッド発電装置仕様

風力発電機		太陽電池	
定格連続出力	450W	定格連続出力	256W
翼径	1.17m	パネル数	2 枚
定格回転速度	1,170min^{-1}		

本システムは，小型の情報端末装置と ADSL 等の汎用インターネット回線およびレンタルサーバ（データベースおよび監視用ホームページ）で構成されている。情報端末から自動的にサーバに報告される機器情報は，汎用 web ブラウザ等を用いて監視することができる。これらのシステムには，従来の監視制御装置のような特殊な機器は用いられていない。

この長期伝送実証試験では，システムの性能・信頼性等を確認し，監視システムの完成度を高め，将来は分散型電源設備や小規模受電設備を始めとする設備のメンテナンスサービスに低コストで適用可能であると考えている。

インターネットを利用した監視システムは，巻末資料－５に示すモニタリング調査（開発事例調査）で，平成 17 年 12 月に運転を開始した出力 5.5kW の嵐山保勝会水力発電所で採用されている。図 7－3 は，システム端末（パソコン）の監視画面を示したものである。監視画面では，運転状態，出力，異常発生時の警報表示，イベント履歴が時系列に表示されている。これは，システム端末以外でも URL，ID，パスワードの情報のみでインターネットから閲覧することができる。



図 7－3　監視システム画面（嵐山保勝会水力発電所）

７．１．２　簡易発電システムの監視項目

簡易発電システムの監視および計測項目は，運転状態が確認できる電力および電圧とし，この他に運用条件等に応じた必要最小限の項目を追加して~~簡素~~合理化を図る。

【解説】

監視については，平成 9 年に実施された電技改正以前には，計測装置に関する規定条文が存在したが，自主保安および自己責任等の観点から削除された。

このため，監視および計測項目に関する関係法令での規定はない。JEAC5001-2000『発変電規程』では，この部分を補完するために計測項目の規程があるが，これはあくまでも民間自主規格として示したものであり，具体的に何を監視，計測するのかの判断は事業者に委ねられている。発変電規程では計測装置を「電圧および周波数の管理，電気機械器具の容量限界の監視，電力潮流の適正配分による安定した系統構成の維持および運

用等，発変電所の運転上必要なもの」と定めているが，これは，中規模以上の発電所を対象にしており，簡易発電システムのような小規模発電所については緩和しても差し支えない。

表 7−2 は発変電規程と比較した，簡易発電システムにおける監視および計測項目を検討したものである。ここでは，基本的に巡視点検時の機器状態，運転状況等は保守員の五感に委ねられる部分があるが，保守員でなくても確認できる必要最小限の計測装置を考えることにした。

表 7−2　簡易発電システムでの監視，計測項目

	監視，計測項目	JEAC 5001-2000 随時巡回方式	簡易発電システムでの項目	JEAC での補足
1	圧力	○	× 基本的に油圧は使用しない。	
2	軸受温度	○	× 500kW 未満であることから，監視は必要としない。	施設する場合は記録計でも良く，小出力の水車，発電機ではサーモラベル，可搬形温度計による間接的な測定方法で良い。
3	無効電力又は力率	○	× 電圧調整の責務は負わない。	
4	電流又は電力	○	○ 電力については，運転状況の監視に必要である。	施設する場合は記録計でも良く，発電機毎ではなく，発電所合計で差し支えない。
5	固定子巻線温度	×	×	記録計でも良く，小出力の水車，発電機の場合は，固定子鉄心に温度計を貼り付けた間接的な測定方法で良い。
6	電圧	○	○ 運転状況の監視に必要である。	記録計でも良い。
7	電力量	×	× 電力量計で積算されている。	

表 7−2 では，基本的に監視および計測項目は，運転状況が確認できる電力，電圧が確認できれば良いと考えた。土木設備に関しては，取水量や水位，水質，ダム堤体等の漏水量など継続的な計測項目はあるが，これら項目は運転状況を確認するうえで緊急性のある情報ではなく，電気設備と同様に監視および計測項目に関しては法的制約はないことから，簡易発電システムにおいて対象項目はないと判断した。

ここで遠方監視する場合は，並列用遮断器開閉，故障警報一括表示および必要により水車，発電機の運転停止（電力で確認することも可能）の項目を加える。土木設備では取水設備の塵詰状況やその他設備監視のための ITV が考えられるが，本来，随時巡回で必要としている設備ではなく，コストアップにも繋がることから考慮しない。

７．１．３　監視業務の外部委託化

保守を含めた監視業務を外部委託することでコストダウンを図る。

【解説】

簡易発電システムの監視方法にモバイル技術を適用し，遠方監視可能な簡易通報装置等を採用すれば，保守員の随時巡回頻度も大幅に低減できる。ただし，発電設備を設置する事業者に，電気主任技術者等の専門的な知識や経験を有する人材がいない場合，機器の状態把握や事故時復旧方法等の判断が難しく，保守も含めて監視を外部委託するケースがある。事業者で人材雇用することも考えられるが，ケースによっては経済性が得られる可能性がある。

電気主任技術者を事業所で選任できない場合（該当する有資格者がいない），電気保安協会へ外部委託するのが一般的であるが，平成 15 年 7 月「保安管理業務外部委託制度（電気事業法施行規則の一部を改正する省令）」を受けて，特定法人枠が廃止されたことから，これ以外に保守や監視業務も含めた外部委託可能な業者（電気保安業者）への委託が可能となった。電気保安業者には複数の協会又は業者があり，業務内容に多少の違いはあるが，簡易発電システムへの適用は期待できる。

巻末資料－５に示すモニタリング調査（開発事例調査）で，監視および保守業務を電気保安業者へ外部委託した事例は見られないが，電気保安業者によると一般的な外部委託よりも 20%程度のコストダウンが図れるとの報告がある。

外部委託ではなく，事業者が人材雇用又は業務を兼務することでコストダウンを図る事例もある。巻末資料－５に示すモニタリング調査（開発事例調査）で，大分県中津江村が平成 16 年 4 月から運転を開始した出力 66kW の鯛生小水力発電所では，隣接する観光施設職員を兼ねた電力会社 OB を電気主任技術者として雇用し，長野県木島平村が昭和 63 年 10 月に運転を開始した出力 95kW の馬曲温泉公園発電所では，自家消費する馬曲温泉施設の管理棟に勤務する職員が遠方監視業務を兼務している。

また，志和掘電化農協（東広島市）が昭和 29 年 9 月に運転を開始した出力 95kW の志和堀発電所では，当直員一名の三交代制による常時監視を実施しており，当直員は地元農家の高齢者で構成され，地元雇用に貢献している事例も見られた。

このように，各所で監視業務のコストダウンに向けた工夫がなされている。

７．２　保守（点検・管理）

簡易発電システムにおける保守（点検・管理）については，点検頻度の延伸や点検項目の省略，点検方法の簡素化により，合理化を図る。

【解説】

保守（点検・管理）には，一般に巡視点検，定期点検，細密点検のように経年計画を立案して定期的に実施する点検と自然災害（地震，台風，洪水，豪雨等異常気象）発生直後に実施する臨時点検，また，事故時復旧や不具合補修等に対応した点検があり，設備を適切に維持管理する。

ただし，出力 500kW 未満を対象とする簡易発電システムは小規模発電所であり，停止による電力供給面での信頼度低下が系統に与える影響は少ないと考えられ，保守管理義務の簡素化を考え，コストダウンに繋げる必要がある。

簡易発電システムで保守を合理化するためには，

①経年的に実施する定期点検等頻度の低減

②定期点検等対象項目の低減

③点検に伴う消耗部品等の削減

を図る必要がある。これらランニングコストの低減は，簡易発電システムが運転を開始した以降の経費節減に大きく寄与する。

近年，機器の余寿命診断技術の開発が進み，この技術の応用によって定期点検等の頻度や項目，各種部品の補修・補強・交換計画等を合理的に決定することが検討されているが，これらは，電気事業者および自家用発電所を有する事業者が行う中規模以上の発電所を対象としており，簡易発電システムには適さない。

また，点検・管理は電気事業法で出力 10kW 以上の水力発電所では，保安規程の届出が義務付けられており，自主保安・自己責任のもと事業者が設定する必要があり，これを遵守する必要がある。ここでは，保安規程の設定を念頭に，簡易発電システムにおける土木設備および電気機械設備に対し，点検の現状，考えられる合理化策，標準的な点検頻度と項目，内容について説明する。

７．２．１　土木設備

簡易発電システムの土木設備に関しては，適正な点検項目と頻度を策定することにより,保守に掛かる費用をできるだけ低減できるよう, 状況を見ながら柔軟に対応するものとする。

【解説】

これまで建設・運転されてきた一般水力発電所では，規模が小さくとも，工作物の異常の有無，周辺状況の把握，機能の確認のため，定期的な点検を行い，必要に応じて修繕等を行っている。また，点検項目と頻度については工作物の構造，重要度，経過年数等を総合的に勘案して定めている。

しかし，簡易発電システムにおいては，点検項目（点検箇所）と頻度を絞り込む等，できるだけ合理化し,維持管理費のコストダウンを図るものとする。そのため土木設備の保守は，状況を見ながら点検項目と頻度を変更する等,柔軟な対応が求められる。

なお，表 7－3 は，以下の事項を考慮して整理した簡易発電システムの土木設備に対する点検項目と頻度を示したものである。

(1) 簡易発電システムの土木設備の点検について

ａ　点検項目の削減について

前述のとおり，点検項目に関する具体的な法的規定は存在しない。

しかし, 水技に適合するよう, 自己責任の下に自主的に維持管理を行うためには，具体的な点検項目を決定しなければならない。

一方，簡易発電システムにおいては，出力が小さいため，安全面で他に影響を及ぼすことが少ないものと考えられる。さらに，停止による電力供給面での信頼度の低下が系統に与える影響も小さいと考えられる。

したがって，土木水設備の点検項目は，水技に適合させ得るために必要な項目について検討した。

そのために，まず既設小水力発電所における発電出力低下および発電停止となった事故に対し，その原因を調査した。その結果，小水力発電所の出力低下・発電停止の原因は，主に以下の示す事項に集約される。

- スクリーンの流木，落葉の目詰まり
- 洪水による取水口，沈砂池の砂礫の堆積
- 水車ランナー，ガイドベーン等のゴミ詰まり

表 7−3　簡易発電システムの土木設備に対する点検項目と頻度

	点検頻度	対象設備	チェックポイント
巡視	1回/月程度	取水口・沈砂池・水槽	・損傷等異常の有無。 ・取水口，沈砂池，水槽に砂礫が流入していないか。
		スクリーン	・流木・枯れ葉が流入していないか。
		ゲート	・電源，ロック装置等の状況。
		除塵機	・塵芥等異常の有無。
		水圧管路	・損傷，変形，沈下等異常の有無。 ・水圧管路から漏水が生じていないか。
		発電所基礎	・変形，ひびわれ，湧水等の確認。
定期点検	1回/年※1	取水口・沈砂池・水槽	・損傷，変形，ひびわれ，凍害，磨耗，洗掘等の確認。
		スクリーン	・損傷，変形，取付ボルトのゆるみ，塗膜の劣化等の確認。
		ゲート	・損傷，変形，磨耗，給油，塗膜の劣化等の確認。 ・操作盤の端子締付，配線，電磁開閉器リレーの動作等の異常有無。 ・各機器の指示計，スイッチ類表示ランプの状況。
		除塵機	・ レーキの損傷，走行装置，コンベアの異常，腐食，塗膜劣化等の確認。
		水圧管路	・損傷，変形，沈下等の確認。 ・管胴および支承部の損傷，変形，振動，漏水，塗膜劣化等の確認。
		発電所基礎	・変形，ひびわれ，湧水等の確認。
		その他	・周辺地山の崩壊，地滑り，湧水等の確認。 ・周辺構造物の変形，ひびわれ，湧水等の確認。
臨時点検	地震，洪水，大雨等異常気象時の直後	導水路，水圧管路（露出管），発電所建屋	・異常な変位，ズレや亀裂が生じていないか。
		導水路周辺	・周辺斜面に斜面崩壊が生じていないか。
		その他	・日常点検の項目。

※1； 地質，地形，巡視および点検実績等により，公衆等第三者に重大な影響を与えないと判断されるものについては，設備ごとの特性を考慮して点検頻度を減少させることができる。この場合，点検頻度減少の限度は規程しない。

したがって，小水力発電所に対する点検においては，以下の事項を重点的に実施する必要があるものと判断される。

- 取水口等のスクリーン設置箇所の塵芥（除塵機の正常動作）
- 沈砂池の堆砂状況

また，簡易発電システムにおいて，電気工作物の損壊が第三者に影響を与える可能性が大きいのは，水圧管路の破損・損傷である。したがって，取水口付近の点検に加え，以下の事項が必要になる。

・ 水圧管路の適切な点検（漏水の防止，継手の整備，空気管および空気弁の整備，振動の軽減等）

簡易発電システムにおいては，上記重点事項へ絞り込むことにより，一般の水力発電所の点検項目を削減することができる。

b 点検頻度の低減について

点検項目の低減に対する検討と同様に，設備の延命化によるコストダウンを図るため，定期的な点検により各種電気工作物の異常の有無を確認し，必要に応じて適切な対応を計ることも重要である。しかし，この定期的な点検については，過度な頻度で実施された場合はランニングコストの増加を招く可能性もある。

そこで，簡易発電システムの採用を前提に，最低限の点検頻度について検討した。

一般水力発電所の点検は，巡視，定期点検（外部点検），定期点検（内部点検），臨時点検に区分している。ここで，

・ 巡視とは，工作物の異常の有無および周辺の状況を把握するために行う見回り，軽微な手入れをいう。

・定期点検（外部点検）とは，工作物の異常の有無，機能の確認，その状況を把握するために定期的に行う点検，手入れをいう。

・定期点検（内部点検）とは，抜水状態等で水路内部の異常の有無，機能の確認等その状況を把握するために定期的に行う点検，手入れをいう。

・ 臨時点検とは，地震，洪水，大雨の前後，その他必要に応じて行う点検，手入れをいう。

巻末資料―10 に一般的な土木構造物の点検内容事例を示す。

簡易発電システムにおいては，規模が小さいことから安全面において他に影響を及ぼすことが少なく，発電停止による系統への影響も少ないと考えられる。

また，簡易発電システムでは，土木設備の一部（あるいは大部分）を既存の設備の兼用で対応するため，発電専用の設備は比較的少ない。

以上のことから，簡易発電システムにおいては，一般の水力発電所の点検頻度に対する低減が可能である。

なお，『水門鉄管技術基準』では，以下のような規程がある。

（管内点検） 第 100 条　　水圧鉄管は必要に応じて管内の水を排水し，水圧鉄管の維持に必要な点検を行わなければならない。

この規程は水圧管路の内部点検に関係する。しかし，簡易発電システムにおいては管路の内径が比較的小さいため，マンホール（ハンドホール）の設定が難しい場合が多い。したがって，上記規程に対しては，上水道や下水道の事例を参考にするものとする。

(2) 簡易発電システムの土木設備に対する点検項目と頻度

簡易発電システムによる水力発電所の土木設備に対する点検（巡視を含む）項目と頻度は，表 7－3 に整理した。

ただし，土木設備の点検の基本は，電気事業法に準じて水技に適合するよう，自己の責任によって必要な点検を実施することである。

したがって，表 7－3 はあくまでも一案であり，実際には当該発電所の特性および重要度を基に，合理的かつ必要十分な点検項目と頻度を決定する必要がある。

なお，参考として，簡易発電システムを採用した水力発電所の土木設備に対して，表 7－3 を基にして点検項目と頻度を検討する際，注意すべき事項を以下に整理した。

① 電気工作物のうちの土木設備は，地形，地質，気象等の自然環境および社会環境等により，事業者および工作物ごとに設備内容が異なる。したがって，土木設備の機能を合理的に維持し，保守運用業務の効率的な運営を図るためには，各土木設備の構造，重要度等を総合的に評価・検討する必要がある。

② 対象施設によって点検項目および頻度に差が出ることを考慮する必要がある。例えば，砂防ダムのように周辺環境が比較的厳しいものに対し，下水道施設利用等の場合は周辺環境が比較的やさしい。具体的には，寒冷地（降雪，凍結）や降雨・台風（洪水）の影響等が考えられる。

③ 自己責任が原則であるため，事業所内の単独運用（系統連系なし）のように他の機関への影響が全くない場合，最低限の点検項目・頻度とすることができる。

④ 自家用電気工作物の場合は巡視・点検等の保安業務の委託が認められているため，点検項目および頻度の設定に対し，保安業務の委託による合理化と合わせた検討が必要となる。

⑤ 電気設備に対する監視体制に付随して，土木設備の監視を同時併行に実施が可能であれば，土木設備に対する巡視項目および頻度の低減が可能となる。

⑥ 自動除塵機の設置等，保守の一部を自動的に実施する場合，その効果を考慮して巡視・点検の項目および頻度を検討する。

⑦ 発電所用ダム（維持流量発電）や下水道施設のように，同じ敷地内に施設があって，敷地内に技術者が駐在する場合は，巡視項目および頻度の低減が可能となる。

⑧ 農業用水利施設や発電所用ダム（維持流量発電）のように，使用水量が期別に変動する場合は，その変動を考慮して点検の頻度を検討する。

⑨ 上工水施設のように，年間を通じて使用水量が一定の場合，各工作物の運用状況もほぼ一定に保たれるため，点検項目および頻度の低減が可能となる。

(3) 適用施設別の点検に影響を与える要因の整理

前項で設定した簡易発電システムにおける土木設備の点検項目と頻度を考える際の参考として,点検に影響を与える要因について整理した。

例えば，砂防ダムや農業用水利施設のように，土砂やゴミ・落葉等の流入が多い施設では，取水設備に対する点検の割合が大きくなるが,上水道・工業用水利施設や下水道施設では土砂やゴミ・落葉等の影響が少なく，取水設備に対する点検の頻度も異なってくるものと考えられる。

取水地点が管理所から遠い場合と近い場合，管理体制に余裕がある場合とそうでない場合を比べると，遠い場合あるいは管理体制に余裕がない場合はできるだけ点検頻度を低減させることがコストダウンに繋がるが,近い場合あるいは管理体制に余裕がある場合は，点検回数が多くなっても全体コストにそれ程大きくは影響しない。

対象施設ごとに，上記のような点検計画に影響を及ぼす要因を，表 7－4 に整理した。

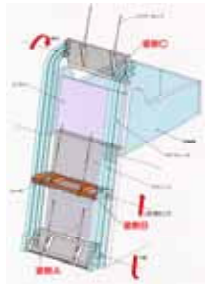
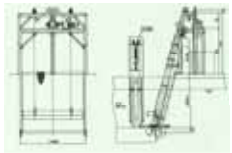
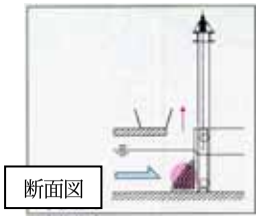
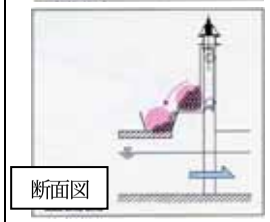
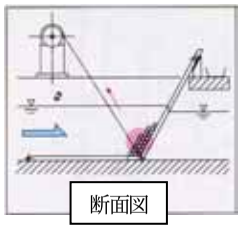
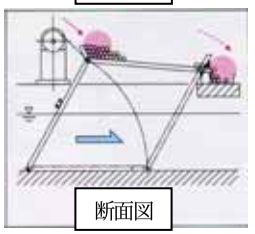
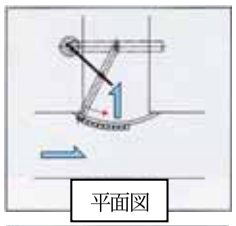
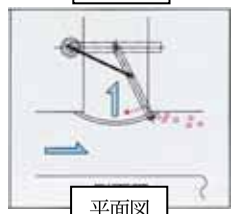
また，簡易発電システムへの採用を念頭においた取水設備の維持管理の効率化に寄与する除塵機の採用事例を表 7－5 に示すとおり整理した。表 7－5 に示す除塵機は，比較的安価で水力発電以外で使用されているものである。これら他分野で使用されている除塵機を水力発電で採用するにあたっては，スクリーンバーを通過するゴミ・落葉などが水車ランナに影響を及ぼさないバーピッチとする必要がある。

なお，前述したとおり,「スクリーンの流木，落葉の目詰まり」が既設小水力発電所における出力低下・発電停止の原因のひとつに上げられているとおり，取水口等の除塵に対する維持管理の効率化は, 取水障害を引き起こさないよう慎重に検討する必要がある。

表 7－4　点検に影響を与える要因の整理

施設状況		地形的要因	流量制御等	砂礫，ゴミ・落葉等の状況	保守管理体制
河川維持流量等放流設備	ダム	同上	期別変動以外は，取水量が安定しており，管理面では負担が小さい。	砂礫，ゴミ・落葉とも比較的少なく，管理面での負担が小さい。	現有の管理体制で対応可能な場合が多い。
	堰	同上	同上	砂礫，ゴミ・落葉とも流入する可能性が高く，管理面での負担が大きい。	同上
砂防ダム		同上	河川流量が変動し，洪水時の対応も必要になるため，管理面での負担が大きい。	砂礫，ゴミ・落葉とも流入する可能性が高く，管理面での負担が大きい。	地元役場等による管理となり，新たに技術者や管理体制を確保しなければならない場合が多い。
農業用水利施設	ダム	管理事務所から遠隔地の場合，管理に時間を要することがある。	期別変動以外は取水量が安定しており，管理面では負担が小さい。	砂礫，ゴミ・落葉とも比較的少なく，管理面での負担が小さい。	管理団体（土地改良区等）の規模が大きいと，内部の管理者で対応できる。
	取水堰	同上	同上	砂礫，ゴミ・落葉とも流入する可能性が高く，管理面での負担が大きい。	同上
	落差工 急流工	同上	同上	ゴミ・落葉が流入する可能性があり，管理面での負担がやや大きい。	同上
上水道･工業用水利施設	ダム	同上	取水量の日間変動が大きい場合，管理面での負担が大きくなる。	砂礫，ゴミ・落葉とも比較的少なく，管理面での負担が小さい。	管理団体（水道管理者）の規模が大きいと，内部の管理者で対応できる。
	堰	同上	同上	砂礫，ゴミ・落葉とも流入する可能性が高く，管理面での負担が大きい。	同上
	落差工 急流工	同上	同上	ゴミ・落葉が流入する可能性があり，管理面での負担がやや大きい。	同上
下水道施設	放水口 急流工	管理事務所から近く，管理に時間が掛からない。	同上	砂礫，ゴミ・落葉ともほとんどなく，管理面での負担が小さい。	管理団体（下水道管理者）の規模が大きいと，内部の管理者で対応できる。

表 7－5　除塵機の事例

名　称	無動力除塵機	小型除塵機 （ネット型ストレートフロー式）	小型除塵機 （ネット型ストレートフロー式）	レーキスキップ式	L 型スクリーン昇降式	パンタグラフ型	横スクリーン ワイパーレーキ型
概　要	水車の力でレーキの動力を得る無電力除塵機（無電力箇所に有効）。	ネットを回転させ，圧力水で付着した落ち葉等を洗い流す。	ネットを回転させ，圧力水で付着した落ち葉等を洗い流す。	モーターを正転，逆転させ，レーキを上限･下限で停止させるだけの制御で，あとはレーキ自身の重心移動で除塵作業を行う。	ウインチにより L 型スクリーンを上昇させ，人力にて除塵する。	ウインチにより主スクリーンを引き上げ，人力にて除塵する。	横取り式の水路取水口用であって横方向のスクリーンとワイパー式のレーキにより，付着した塵芥を水路下流へ流下させる。
概算価格	約 500 万円	約 100 万円	約 300 万円 （水路幅 0.6m×高さ 1.5m 程度 （据付費別）	約 700 万円 （水路幅 2.5m×高さ 3.0m 程度	約 200 万円～250 万円 （手動式 スクリーンバーピッチ 50 ㎜ 水路断面 2m²）	約 200 万円～250 万円 （手動式 スクリーンバーピッチ 50 ㎜ 水路断面 2m²）	約 100 万円～300 万円 （手動式 スクリーンバーピッチ 50 ㎜ 水路断面 1m²）
特記事項	水車ロスによるエネルギー減に配慮要す。	簡素な構造で安価，比較的小規模な鉄工所で製作。養魚場等で利用されている。	上水道の取水設備用に製作されたもので，ステンレス製。	ワイヤードラム直結のギヤードモーターのみでレーキを動作させている単純な構造であり，特別な減速機構や制御も省略でき，シンプルゆえに低価格である。	スクリーン下部に棚を設けているので，スクリーン上昇中でも，塵芥が水路に落下しない。2 基直列に設置して，交互に使用すれば除塵作業中でも塵芥を下流に流すことはない。	主スクリーンを引き上げた時，副スクリーンが同時に起立するので除陣作業中でも塵芥を下流に流さない。	横取り式の水路取水口に設置する。塵芥は本水路下流に流すため塵芥の小運搬が不要。 レーキを往復又は，レーキを往復又は，回転させることで除塵する。
写真･構造図	 	  	 （参考）  	  	  断面図  断面図	  断面図  断面図	  平面図  平面図

７．２．２　電気機械設備

簡易発電システムの点検は，巡視点検記録から機器の状態を把握し，必要に応じて実施する臨時点検を基本とする。ただし，経年的な定期点検等を保安規程で設定する場合は，通常の水力発電所よりも点検頻度および機器点検項目の低減を図る。

【解説】

点検はランニングコストに大きく影響することから，合理化を図るためには，①経年的に実施する定期点検等の点検頻度を延伸する，②点検に伴う消耗部品等の交換数量を削減するなどメンテナンスフリー化を図った機器設計も必要である。

メーカーからは小型で簡素な構造，少ない交換部品とした標準品の水車，発電機が製品化されており，これら機器を選択するのも一つの方法である。

点検を実施する第一目的は，関係法令（『電気事業法』および『電気設備に関する技術基準を定める省令』）にもとづき，「異常が生じた場合に人体に危害を及ぼし，若しくは物件に損傷を与えることがないよう」とした保安にあり，事業者としては機器延命化を図り，ランニングコストを低減させる目的もある。このためには，適切な設備維持管理のための点検・補修・交換・改造等が必要である。

ここでは，簡易発電システムにおける電気機械設備で，現状，考えられる点検の合理化策と点検区分，標準的な点検項目および内容について説明する。

(1) 点検区分

表 7－6 は，一般水力発電設備に対する簡易発電システムにおける点検の考え方を示したものである。巻末資料－５に示すモニタリング調査（開発事例調査）で聞き取り調査した結果と比較すると，概ね巡視点検および定期点検は同等の点検頻度で計画しているが，細密点検は 10 年に 1 回で予定している事例が多い。

簡易発電システムでの考え方は，①一般に機器構成部品が少ないことから，点検頻度の延伸でランニングコストの削減が可能，②電力供給における信頼性は二次的なものとして位置付けていることから，事故時は停止させることを優先させ，極め細かい点検は省略することにした。

巻末資料－５に示すモニタリング調査（開発事例調査）を反映すると，細密点検を 5 年から 10 年へ延伸することが考えられるが，水車，発電機の軸受交換時期（メーカー推奨：機器形式や種類による）が 5 年程度である機器が多いことを考慮すると，これに合せた点検頻度が望ましく，現時点では 5 年から変更しないことにした。

表 7－6　簡易発電システムにおける点検の考え方

区分	一般水力発電設備	簡易発電システム
巡視点検	・2週間に1回程度 ・水車，発電機を停止せず，外観点検を主とした目視点検および計測値記録	・1ヶ月に1回程度 ・水車，発電機を停止せず，外観点検を主とした目視点検および計測値確認
定期点検	・半年に1回程度 ・水車，発電機を停止させ，水車廻りを抜水しない普通点検（1日程度）および水車廻りを抜水する定期点検（2～3日）として実施	・1年に1回程度 ・水車，発電機を停止させ，水車廻りを抜水する定期点検（1日）として実施 ・普通点検は対象外
細密点検	・5年に1回程度 ・水車，発電機を停止させ，水車廻りを抜水して水車，発電機の一部を分解する細密点検（1週間程度）として実施 ・10年に1回程度は，水車廻りを抜水して水車，発電機の全部を分解する特別細密点検（1ヶ月程度）として実施	・5年に1回程度 ・水車，発電機を停止させ，水車廻りを抜水して水車，発電機の一部を分解する細密点検（1週間程度）として実施 ・定期的な特別細密点検は，原則として実施しない

点検頻度については，関連する土木設備の点検や適用施設毎の関連設備点検に同調させることが停止期間の短縮に繋がり効果的であることから，簡易発電システムの運用条件も含め，地点特性を考慮した点検計画の立案が必要である。

(2) 機器別点検頻度

表 7－6 に示した簡易発電システムにおける点検の考え方にもとづき，巻末資料－11 に点検対象機器別点検頻度表を示す。これは，水車（フランシス，固定羽根プロペラ，クロスフロー），発電機および逆変換装置の各機器に対して，構成部品毎の点検項目，交換部品等の点検頻度を検討したもので，簡易発電システムと比較する一般水力発電設備の点検頻度は，メーカー推奨事項を参考に整理した。

点検頻度は，ランニングコストとの関わりが非常に強く，極力実施しなければコストダウンに繋がるが，日頃のメンテナンスは機器寿命の延命化，重大事故に至った場合の損害（機器更新，近隣への補償等）も考慮して立案する必要がある。

水力発電設備に関わる点検頻度，点検項目等に関する関係法令等の規制はなく，事業者の自主保安・自己責任に委ねられている。ただし，電気事業法では出力 10kW 以上の水力発電設備に関し，保安規程の届出が義務付けられており，点検・保守計画はこの保安規程の中で網羅される。

(3) 点検方法

電気事業者および自家用発電所を有する事業者が行う中規模以上の発電所では，従来から点検については，経年計画にもとづく TBM（Time Based Maintenance）が志向されていたが，最近の状態監視技術等の向上により，CBM（Condition Based Maintenance）に切替えて運用するケースが多い。

ただし，簡易発電システムは小規模発電所であり，事故時は停止させることを優先

させ，きめ細かい点検は省略するとの考え方から，状態監視技術等を導入したきめ細かい状態評価は適さない。

巻末資料に示す開発事例調査（モニタリング調査）の地点では，初回点検結果から次回点検時期を延伸したり，定期点検結果から細密点検時期を延伸するケースが確認され，ランニングコストの低減が図られていた。

第８章　関係法令・基準等

本マニュアルで対象としている簡易発電システムも，水力発電設備の一形態であることから，水力発電設備に関わる関係法令および基準類に準拠する必要がある。

【解説】

ここでは，簡易発電システムを設置するにあたって必要となる関係法令及び基準を電気事業法，河川法（関連する技術基準等を含む）を中心に抽出・整理する。

また，これらに基づく諸手続きについて抽出・整理し，適用施設別に分類する。

簡易発電システムに直接関わる法体制整備等で，平成 16 年 10 月の『系統連系技術要件ガイドライン』及び平成 16 年 11 月の『発電用水力設備に関する技術基準を定める省令，解釈』について，それぞれ改正概要及び簡易発電システムとの関わりについて解説する。

８．１　法令・基準及び規程

簡易発電システムが準拠すべき関係法令の根幹となすものは，河川法と電気事業法である。

【解説】

河川法は，河川について洪水，高潮等による災害の発生が防止され，河川が適性に利用され，流水の正常な機能が維持され，及び河川環境の整備と保全がされるようにこれを総合的に管理することにより，国土の保存と開発に寄与し，もって公共の安全を保持し，かつ，公共の福祉を増進することを目的としている。

電気事業法は，電気工作物の工事，維持及び運用を規制することにより，公共の安全を確保し，また，環境の保全を図ることを目的としたものである。

簡易発電システムにおける主要関連法・基準・規程・指針等の体系を図 8－1 に示す。

法体系的には，上位の河川法及び電気事業法から関連技術基準，技術基準の解釈，ガイドラインの順に構成され，これと並行して建築基準法，砂防法等の関連法令や技術基準等を補完する民間規程（電気技術規程等）が関与するフローとなる。

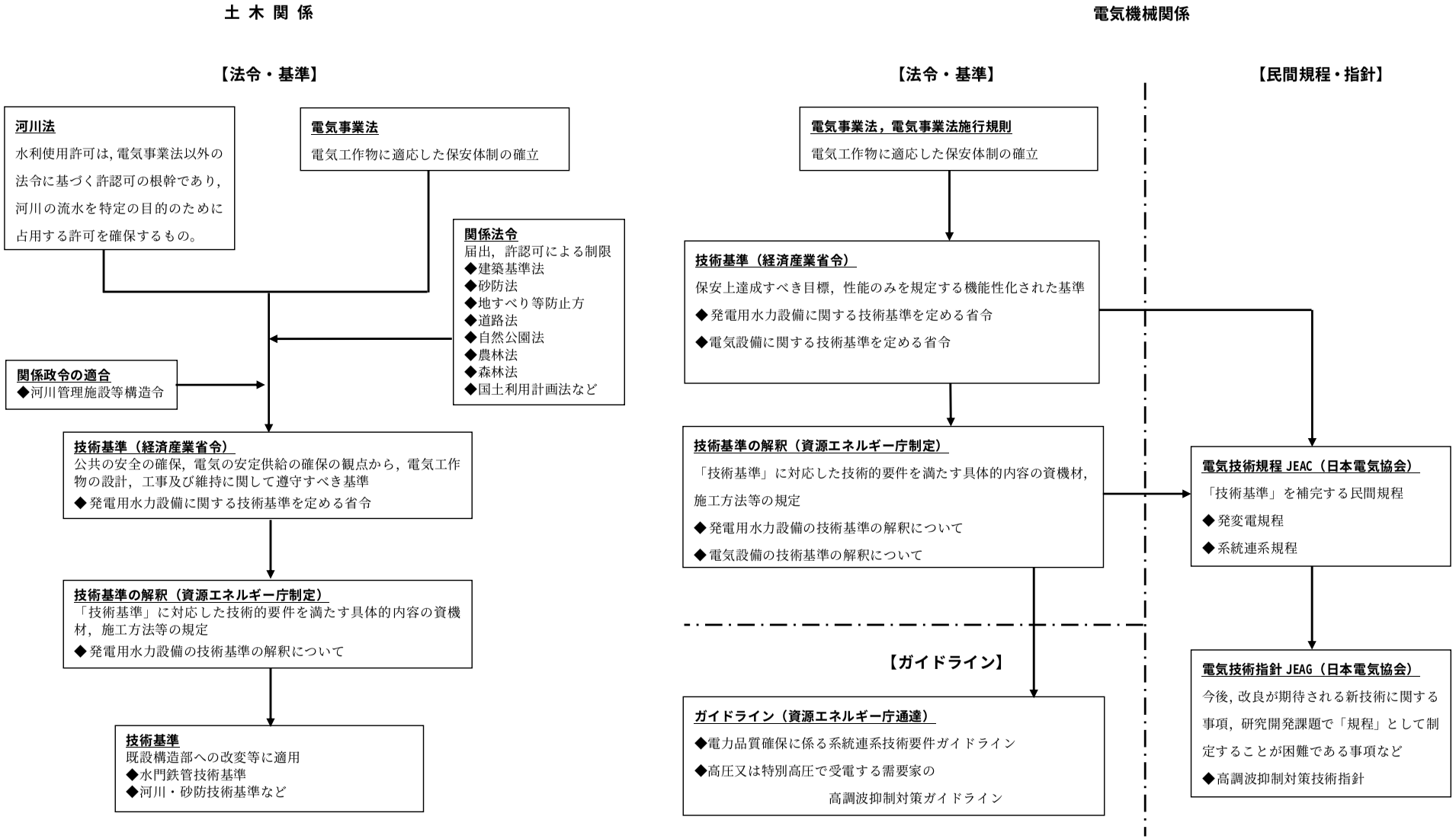


図 8－1　簡易発電システムにおける主要関連法・基準・規程・指針等体系

８．１．１　関係法令

(1) 電気事業法

電気事業法は，電気工作物の工事，維持及び運用を規制することにより公共の安全を確保し，また，環境の保全を図ることを目的としている。

【解説】

電気事業法では，電気工作物を一般用電気工作物と事業用電気工作物とに区分し，さらに，事業用電気工作物は電気事業用電気工作物と自家用電気工作物とに区分してそれぞれの電気工作物に適応した保安体制を確立することを求めている（法第 38 条）。

図 8－2 は，電気工作物の区分を模式的に示したものである。ここで，一般用電気工作物は，「600V 以下で受電（電気事業法施行規則第 48 条第 2，3 項），又は一定の出力未満の小出力発電設備で，受電線路以外の線路で構内以外の場所にある電気工作物と電気的に接続されていない電気工作物」と定められている。

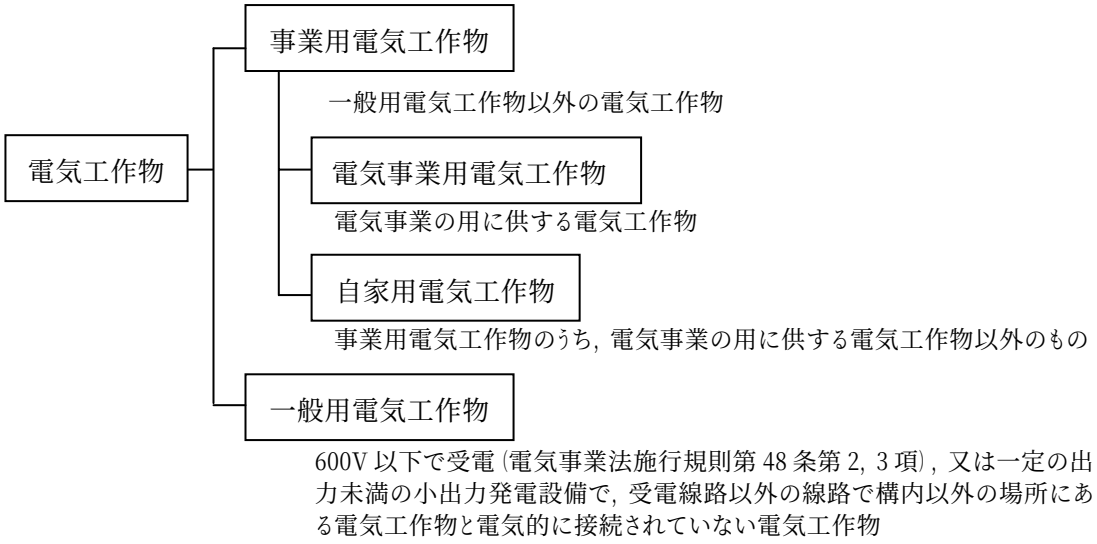


図 8－2　電気事業法第 38 条「電気工作物」

ここで，「一定の出力未満の小出力発電設備」は，電気事業法施行規則第 48 条第 4 項の各号において，その規模が定められており，水力発電設備にあっては，「出力 10kW 未満のもの（ダムを伴うものを除く）」とある。なお，同一の構内に設置された他の設備と電気的に接続され，それらの設備出力の合計が 20kW 以上となる場合は除かれる。

電気事業法及び電気事業法施行規則に基づく電気工作物の分類フローを図 8－3 に示す。なお，電気工作物の区分条件は，主に電気工作物の電圧，出力及び接続箇所による。

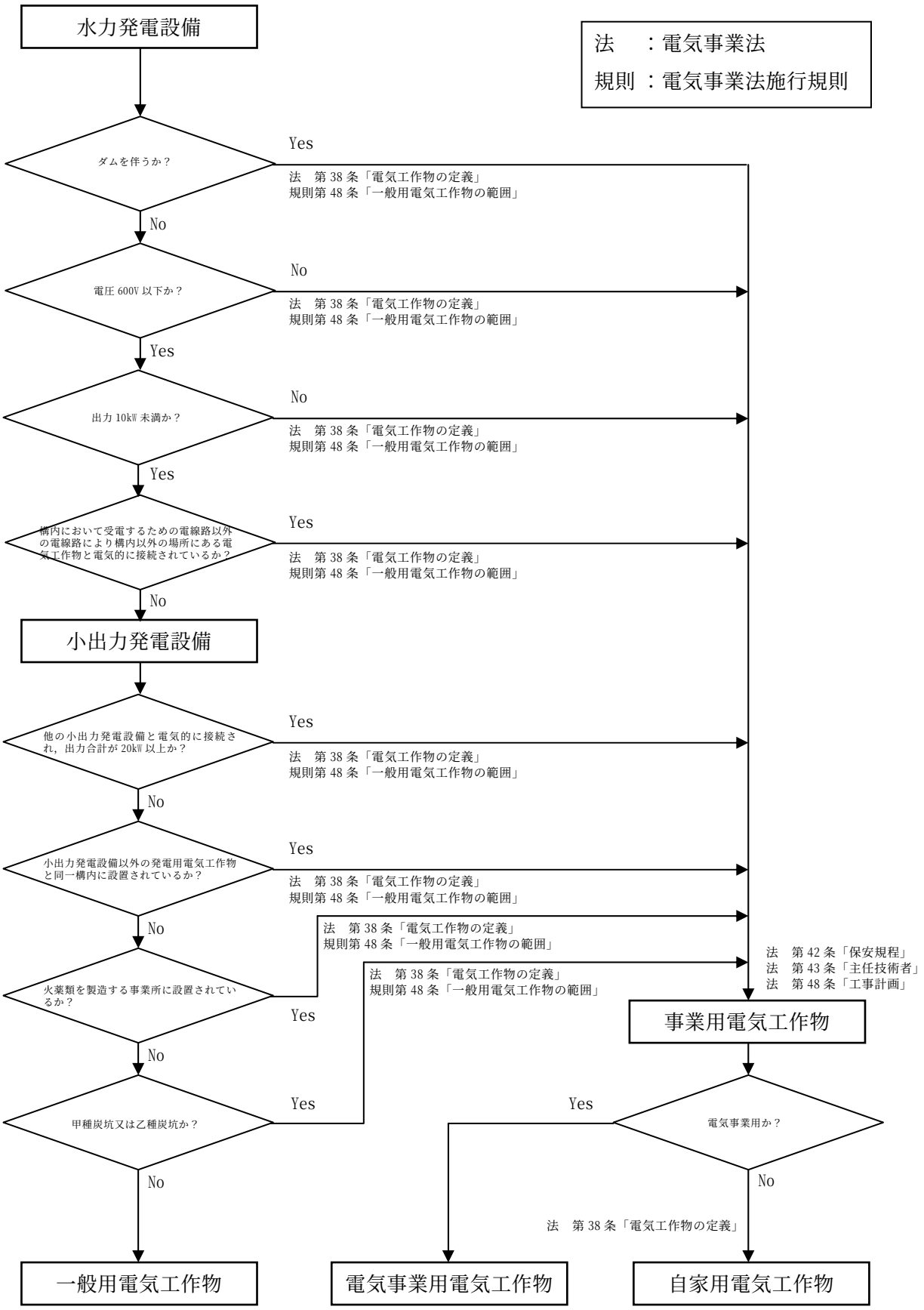


図 8－3　電気工作物分類フロー

電気事業者又は自家用電気工作物設置者に対しては,自主保安体制の整備を図るため,常に技術基準に定めるところに従い,電気工作物を正常な状態に維持しておかなければならない義務（法第 39 条),電気工作物の工事,維持及び運用に関する保安の監督を行わせるため主任技術者を選任しなければならない義務（法第 43 条),電気工作物の工事,維持及び運用に関する保安確保のため,保安規程を作成し届け出なければならない義務（法第 42 条),事業用電気工作物を設置又は変更する際,工事計画を作成し届け出なければならない義務（法第 48 条）等を課している。

一般用電気工作物の保安に関しては,保安の最終責任は,その一般用電気工作物の所有者又は占有者にあるが,合わせて一般用電気工作物に電気を供給する者（電力会社等）に,一般用電気工作物が技術基準に適合しているか否かを調査する義務（法第 57 条）等を課している。

表 8－1 は,一般用電気工作物（小出力発電設備）に関わる法的な適用範囲を示したものである。ここで,後述する水技解釈の改正により,これまで電気事業法第 56 条「技術基準適合命令」と関連する第 39 条第 2 項第一,二号で該当した「人体に危害を及ぼし,又は物件に損傷を与えないようにすること」,「他の電気的設備その他の物件の機能に電気的又は磁気的な障害を与えないようにすること」の具体的一例が示されることになった。

表 8－1　小出力発電設備に関わる規定

項　目	適用法令	事業用電気工作物	一般用電気工作物	
			小水力発電設備	受電設備
保安規程	法第 42 条	○	×	×
主任技術者	法第 43 条	○	×	×
工事計画	法第 48 条	○	×	×
使用前安全管理審査	法第 50 条の 2	△※	×	×
事業用電気工作物の維持	法第 39 条	○	○ 第三，四号を除く	○ 第三，四号を除く
技術基準適合命令	法第 40 条	○	×	×
	法第 56 条	×	○	○
調査の義務	法第 57 条	×	×	○

※：水力発電所にあっては，出力 3 万 kW 未満であってダム高さが 15m 未満のもの以外

(2) 河川法

河川法は，河川について洪水，高潮等による災害の発生が防止され，河川が適正に利用され，流水の正常な機能が維持され，及び河川環境の整備と保全がされるようにこれを総合的に管理することにより，国土の保存と開発に寄与し，もって公共の安全を保持し，かつ，公共の福祉を増進することを目的としている（法第１条）。

【解説】

法の他に，河川法施行令，河川法施行規則，河川管理施設等構造令，河川管理施設等構造令施行規則等で構成されている。

地方公共団体では，河川法施行令及び河川法施行規則に基づき，「河川管理条例」，「河川法施行条例」，「河川法施行細則」，「河川管理規則」，「河川法等の施行に関する規則」等を制定している。

河川法における適用条項を表 8－2 に示す。河川の適正な利用を妨げ，河川及びその付近の自然的および社会的環境を損い，又は河川の管理に支障を及ぼす行為と認められるものについては許可されない。

表 8－2　河川法の適用条項

条　項	内　　容	備　考
法第 23 条	河川の流水の占用	河川区域内での許可事項
法第 24 条	区域内の土地の占用	〃
法第 25 条	土地（土砂を含む）の採取	〃
法第 26 条	工作物の新築，改築又は除去	〃
法第 27 条	土地の掘さく，盛土，又は切土等土地の形状を変更する行為又は竹木の植栽培若しくは伐採	〃
法第 29 条	流水の方向，清潔，流量，幅員，深浅等について河川管理上支障を及ぼすおそれのある行為	〃
法第 55 条	土地の掘さく，盛土，又は切土等土地の形状を変更する行為 工作物の新築又は改築	河川保全区域内での許可事項

また，簡易発電システムを砂防ダムに適用する場合，砂防ダムは河川砂防技術基準（案）に準拠しているにも関わらず，河川管理施設等構造令において河川構造物扱いとなる場合もある。

(3) その他関連法令

簡易発電システムの設置場所によって，土地の取得，改変，環境等に対する許可事項の関連法令がある。

【解説】

関係法令には，以下のものがある。これらは，設置場所により適用される関連法令が異なるため，設置場所に関する法令調査を実施して適用法令を確認する。

土地収用法，自然公園法，自然環境保全法

鳥獣及び狩猟に関する法律，文化財保護法，農地法

農業振興地域の整備に関する法律，森林法，国有林法，水産資源法

国土利用計画法，国有財産法，建築基準法，砂防法

地すべり等防止法，採石法，消防法，道路法　他

８．１．２　関係技術基準・規程

(4) 発電用水力設備に関する技術基準を定める省令

a 技術基準の概要

電気事業法に基づく技術基準は，公共の安全確保および電気の安定供給の観点から電気工作物の設計，工事および維持に関して遵守すべき基準である。

『発電用水力設備に関する技術基準を定める省令』は，水力を原動力として電気を発生するために施設する電気工作物について適用する。

【解説】

近年では，急速な技術進歩に即応した技術基準の改正や民間規格の積極的な活用により，電気工作物の保安確保は勿論，それに関わる業務および設備の一層の効率化が求められるようになった。また，国境を超えた経済の発展により，各国の規格についても国際的な整合(注)が求められるようになってきた。

このような状況を踏まえ，電気事業法の経済産業省令である『発電用水力設備に関する技術基準を定める省令』（以下，「水技」という。）は平成９年３月に改正公布され，同年６月から施行された。

本改正により，それまで遵守すべき技術的要件を詳細に規定していた技術基準が保安上達成すべき目標，性能のみを規定する機能性化された基準となり，それに対応した技術的要件を満たす具体的内容の資機材，施工方法等の規定は，同年５月に資源エネルギー庁が制定した『発電用水力設備に関する技術基準の解釈について』（以下，「水技解釈」という。）に委ねられることとなった。

なお，水技解釈は，電気事業法に基づく保安確保上の行政処分を行なう場合の判断基準の具体的内容を示す「審査基準」として位置付けられている（後述する『電気設

備の技術基準の解釈について』も同様に「審査基準」として位置付けられている)。

水技および水技解釈は，ダム，水路，水車および地下発電所並びに貯水池および調整池について，保安上達成すべき目標が記載されている。

(注) 日本工業標準調査会（JISC）では，国際規格「国際標準化機構規格（ISO）および国際電気標準会議規格（IEC)」に日本工業規格（JIS）を可能な限り整合させて制定するため，JIS の様式を国際様式に改め，国際規格をそのまま翻訳して JIS にする翻訳規格や要点のみ日本語で規定し，具体的事項は ISO, IEC そのものを原文のまま参考として採用する要約規格を制定している。

b 一般用電気工作物の明確化

平成 16 年 11 月，一般用電気工作物はその技術基準が明確に整備されていないことから，『発電用水力設備に関する技術基準を定める省令，解釈』で，当該設備の技術基準が新たに導入された。

【解説】

水技では，電気工作物の定義が「一般用電気工作物及び事業用電気工作物」と明確にされ，一般用電気工作物における防護施設，水車保護装置，余水処理についての規定が追加された。

また，水技解釈では，水技の改正を受けて，水車保護装置と余水処理についての具体的一例が示されたが，その内容は現行の事業用電気工作物の規定を読替運用する形で追加された。

(5) 電気設備に関する技術基準を定める省令

『電気設備に関する技術基準を定める省令』は，『発電用水力設備に関する技術基準を定める省令』と同様に電気事業法の経済産業省令であり，平成 9 年 3 月に改正公布され，同年 6 月から施行された。

【解説】

本改正により，それまで遵守すべき技術的要件を詳細に規定していた技術基準が保安上達成すべき目標，性能のみを規定する機能性化された基準となり，それに対応した技術的要件を満たす具体的内容の資機材，施工方法等の規定は，同年 5 月に資源エネルギー庁が制定した『電気設備の技術基準の解釈について』(以下，「電技解釈」という。）に委ねられることとなった。

『電気設備に関する技術基準を定める省令』(以下，「電技」という。)，電技解釈には，電気設備に関わる保安原則（感電・火災等の防止，異常の予防および保護対策，

電気的・磁気的障害の防止，供給支障の防止，公害等の防止），電気の供給のための電気設備の施設および電気使用場所の施設について記載されている。

平成 16 年 10 月には，後述する『系統連系技術要件ガイドライン』の技術要件が電技解釈へ移行され，これは電力品質確保の環境整備として，『電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン』が制定された。

(6) 水門鉄管技術基準

水門鉄管技術基準の水圧鉄管・鉄鋼構造物編は，水力発電設備の安全性の確保および経済性の向上を図るため，全ての水力発電所の水圧鉄管についての設計，施工，据付，管理について規定している。

【解説】

管材については，ロール又はプレス加工による鉄管の他，中小水力開発のコスト低減の趣旨から JIS 規格管およびダクタイル鋳鉄管についても追加されている。

水門鉄管技術基準では，樹脂材として FRP 管の規定があり，簡易発電システムではこれに準じた格好で「一般市販管」として，塩ビ管，ポリエチレン管並びにポリエチレンリブ管の技術基準化を検討した。

(7) その他関連技術規程類

a 系統連系技術要件ガイドライン

(a)ガイドラインの概要

本ガイドラインは，分散型電源の導入促進に資するために，一般電気事業者および卸電気事業者以外の者が設置する発電設備（これらを総称して分散型電源として扱っている）を系統に連系する場合の電力品質確保を示すもので，経済産業省資源エネルギー庁より通達されている。

【解説】

ここでいう発電設備とは，（イ）ディーゼルエンジン，ガスエンジン，ガスタービン等の交流発電設備（電気事業に参入する事業者等の大規模発電設備，コジェネレーション設備，小水力発電設備，常用化して系統連系する非常用発電設備等を含む）および（ロ）太陽光発電，燃料電池等の直流発電設備等であって逆変換装置を用いた発電設備（風力発電，マイクロガスタービン等で，発電設備の交流出力を直流に変換し，逆変換装置を介して系統に連系する場合も含む）をいう。

なお，不特定多数の需要家に電力を供給する配電系統における電圧の運用・管理は，電力が変電所から需要家に一方向に流れることを前提として，重・軽負荷時の電圧降下を勘案しつつ，変電所端電圧調整，柱上変圧器電圧タップ整定および線路途中への

自動電圧調整器の設置等を行ない,系統各部の低圧需要家の電圧を適正値(101±6V,202±20V）に維持している（電気事業法第 26 条，電気事業法施行規則第 44 条)。

したがって,発電設備を系統に連系する場合にも系統電圧を上記の適正範囲内に維持する必要があるため,系統連系に伴い生じる電圧変動により適正電圧維持が困難な場合には，発電設備設置者側で適切な対策を施すとともに，これにより対策できない場合は系統側の増強等を行なう必要がある。

『系統連系技術要件ガイドライン』は，平成 16 年 10 月の法体制整備まで技術要件を含めて規定されていたが，電力品質確保の環境整備として，新たに『電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン』（以下,「系統連系ガイドライン」という。）として改正された。

技術要件については，技術的指標として電技解釈に移行され，今回の法体制整備では，保安の観点から扱うべき事項の明確化と法令準則への反映，電気事業制度改革に伴う分散型電源導入の環境整備を鑑みている。

表 8－3 に電技解釈で規定する系統連系技術要件の概要を示す。簡易発電システムにあっては，その規模（出力 500kW 未満）から，コストダウンが主要目標である。したがって,従来仕様では高圧連系が一般的であったが,コストダウンを考慮した場合,高圧連系設備を省略した低圧連系が主になると考えられる。このため，表 8－3 では特別高圧連系は省略し，低圧連系および高圧連系の 2 つに限って抜粋した。

系統連系の基本的な考え方は，①供給信頼度（停電等）および電力品質（電圧，周波数，力率等）の面で他の需要家に悪影響を及ぼさないこと，②公衆および作業者の安全確保並びに電力供給設備又は他の需要家設備に悪影響を及ぼさないことであり,簡易発電システムにあっても，系統連系する場合は相応の信頼性が求められる。

これにより，簡易発電システムを系統に連系させる場合は，電技解釈と系統連系ガイドラインの両方で規定された要件を満足する必要がある。

表 8－4 は，平成 16 年 10 月の法体制整備を受けて，その規定内容を項目毎に電技解釈と系統連系ガイドラインで区分けして整理したものである。技術要件は電技解釈,電力品質は系統連系ガイドラインによるが,項目によっては両方で規定されているものもある。

表 8－3　系統連系技術要件の概要

連系区分		低圧連系				高圧連系			
電　圧		AC600V，DC750V 以下				AC600V，DC750V を超え 7kV 以下			
容　量		50kW 未満				2,000kW 未満			
機器区分		交流発電設備		直流発電設備+逆変換装置		交流発電設備		直流発電設備+逆変換装置	
		同期発電機	誘導発電機	自励式	他励式	同期発電機	誘導発電機	自励式	他励式
技術要件	逆潮流有無	無し (発電出力≦構内負荷，および単独運転が生じないことが条件)		有り／無し		有り／無し			
	発電電圧 異常時の保護	OVR+UVR				OVR+UVR			
	系統短絡保護	DSR (検出できる時は OCR 又は UVR でも可)	UVR(発電電圧異常検出用と兼用可)			DSR	UVR(発電電圧異常検出用と兼用可)		
	系統地絡保護	単独運転検出機能(受動)等 (保護パターン) ①高・低圧混触(地絡)→②高圧 CB ﾄﾘｯﾌﾟ(OVGR 等)→③発電機単独運転→④単独運転を高速に検出して発電機を解列 (交流発電機の場合，上記条件を満足できるのは逆潮流がないこと，受動方式の採用が条件)				OVGR (OVGR を省略できる技術要件①～②が追加)			
	単独運転防止	UFR+UPR+RPR (RPR は系統地絡保護用単独運転検出機能(受動)で代用可) (UPR は発電出力制御により，発電出力≦構内負荷を常に確保できる場合は RPR で代用可)		逆潮流有り OFR+UFR+単独運転検出機能(受動+能動) 逆潮流無し UFR+RPR+逆充電検出機能(UVR+UPR) (逆潮流有りの保護装置でも可)		逆潮流有り OFR+UFR+転送遮断装置 (又は，単独運転検出機能を有する装置) 逆潮流無し UFR+RPR (逆潮流有りの保護装置でも可)		逆潮流有り OFR+UFR+単独運転検出機能(受動+能動) 逆潮流無し UFR+RPR (逆潮流有りの保護装置でも可) (構内で低圧連系する発電設備で，出力容量≦受電容量の場合は，RPR を省略可)	
	自動負荷 制限･発電抑制	不要				発電設備の脱落時に電線路が過負荷となる恐れがある時，負荷制限を行う			
	線路無電圧 確認装置	不要				逆潮流有り 　要(※不要) 逆潮流無し 　要(連系保護装置の二重化により省略可) (誘導発電機は要，コンデンサによる自己励磁現象のため)		逆潮流有り 　不要 逆潮流無し 　要(逆潮流有りの連系保護装置を設置する場合不要)	
	常時電圧 変動対策	力率による制限		力率制限+電圧上昇抑制機能		力率による制限			
	瞬時電圧 変動対策	自動同期検定装置，制動巻線	(限流ﾘｱｸﾄﾙ等) フリッカ対策	自動同期検定装置，制動巻線	(限流ﾘｱｸﾄﾙ等) フリッカ対策	自動同期検定装置	(限流ﾘｱｸﾄﾙ等)	自動的に同期が取れる機能	(限流ﾘｱｸﾄﾙ等)
	短絡容量対策	要(限流ﾘｱｸﾄﾙ)		不要		要		不要(大容量のものは要)	
	その他	－				※二方式以上の単独運転検出機能を有する装置設置の場合			

OVR：過電圧継電器，UVR：不足電圧継電器，DSR：短絡方向継電器，OVGR：地絡過電圧継電器，OCR：過電流継電器，OFR：周波数上昇継電器，UFR：周波数低下継電器，UPR：不足電力継電器，RPR：逆電力継電器

表 8－4　系統連系技術要件の比較区分表

「電気設備の技術基準の解釈について（電技解釈）」と「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン（系統連系ガイドライン）」との比較表

	項目	低圧連系		高圧連系		摘要
		電技解釈	系統連系ガイドライン	電技解釈	系統連系ガイドライン	
（旧）系統連系技術要件ガイドライン（解説）項目	電気方式		○		○	連系する系統の電気方式と同一
	力率		○		○	原則85%以上、系統から見て進み力率
	保護協調の目的	○ 第276条、別表第22 （系統連系用保護装置の施設）		○ 第281条、別表第23 （系統連系用保護装置の施設）		
	保護装置の設置					
	保護継電器の設置場所					
	解列箇所					
	保護継電器の設置場所設置相数					
	自動負荷制限			○ 第277条 （自動負荷制限の実施）	○	
	線路無電圧確認装置の設置			○ 第278条 （再閉路時の事故防止）		
	逆潮流の制限(配電用変電所)			○ 第279条 （逆潮流の制限）	○	
	変圧器	○ 第273条 （直流流出防止変圧器の施設）		○ 第273条 （直流流出防止変圧器の施設）		
	電圧変動		○ (1)常時電圧変動対策 (2)瞬時電圧変動対策		○ (1)常時電圧変動対策 (2)瞬時電圧変動対策	常時電圧の10%以内
	短絡容量	○ 第275条 （限流リアクトル等の設置）		○ 第280条 （限流リアクトル等の設置）		
	不要解列の防止		○		○	
	連絡体制			○ 第153条第1項第九号 （電力保安通信用電話設備）	○	
上記以外	過電流遮断器の種別	○ 第274条		○ 第274条		
	高圧配電線との連系における例外			○ 第282条		発電設備等の出力が極めて小さいときは、 低圧配電線との連系に準ずることができる
	連系区分(電力容量)		○ 50kW未満		○ 2,000kW未満	原則
	連系区分(逆潮流)	○ 逆変換装置がなく、逆潮流ありでの 連系不可(別表第22)	○ 同期発電機、誘導発電機の連系 (逆変換装置を介する連系を除く) は、原則として逆潮流なし			

（適用範囲）

電技解釈　：一般電気事業者及び卸電気事業者以外の者が一般電気事業者が運用する系統に発電設備等を連系する場合

系統連系ガイドライン　：一般電気事業者がその供給区域内で設置する発電設備等以外の発電設備等を系統と連系する場合

電技解釈と系統連系ガイドラインの両方で規定されている項目のうち，低圧連系においては，連系区分（逆潮流）がある。電技解釈では別表の中で，「逆変換装置がなく，逆潮流ありでの連系不可」とあり，系統連系ガイドラインでは「同期発電機，誘導発電機の連系（逆変換装置を介する連系を除く）は，原則として逆潮流なし」とある。電技解釈は設備の一例を具体的に示すものであるが，「不可」では代替させる方法がないため，低圧連系で逆潮流ありの場合は逆変換装置が必要となる。

高圧連系では自動負荷制限，逆潮流の制限（配電用変電所），連絡体制が両方で規定されている。また，電技解釈では，高圧配電線との連系における例外として，「発電設備等の出力が極めて小さいときは，低圧配電線との連系に準ずることができる」とし，電技解釈で規定する系統連系用保護装置の施設，限流リアクトル等の設置が低圧連系に準ずるほか，自動負荷制限，線路無電圧確認装置の設置，逆潮流の制限（配電用変電所）が適用対象外となる。

ここで，「出力が極めて小さいとき」の取扱いについては，解説の中で「発電設備等の出力が工場等の受電契約電力に対して，5%程度以下であることが一般的な目安」とされている。

(b)単独運転防止の目的

単独運転防止は，『電気設備の技術基準の解釈について』および『電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン』，また，その内容をより具体的に示したJEAC9701-2006『系統連系規程』の中で，公衆保安の確保や二次的な被害拡大防止を目的にしている。

【解説】

単独運転になった場合は一般公衆の感電，点検作業員の感電，非同期連系により機器破損等の安全に対して大きな影響を与える恐れがあるとともに，事故点の被害拡大や事故復旧の遅れ等により供給支障の拡大を招く可能性があることから，系統事故や作業時における単独運転は確実に防止することが原則とされている。

単独運転とは，発電設備が連系する系統やその上位系統において，事故が発生して系統の引出口遮断器が開放された場合，若しくは作業時又は火災等の緊急時に線路途中に設置されている開閉装置等が開放した場合等に，発電設備が系統から解列されず，商用電源から分離された部分系統内で運転を継続すると，本来，無電圧であるべき範囲が充電されることになり，発電設備の運転によって生ずる電力供給のみだけで当該系統に電気が通じている状態である。

JEAC 規程では，単独運転に至った場合に保護継電装置等を用いてこれを直接又は間接的に検出し，当該発電設備を当該系統から解列できるような単独運転防止対策を取ることとしている。

図 8－4 は事故点に電気が供給され続ける例を示したものである。単独運転検出機能がないと，低圧側では高圧側の事故が検出できない場合がある。このため，高圧系統で地絡事故等が発生した場合，低圧側に連系している発電設備では直接地絡事故を検出できないことから，単独運転が継続され，事故点に電気が供給され続ける。

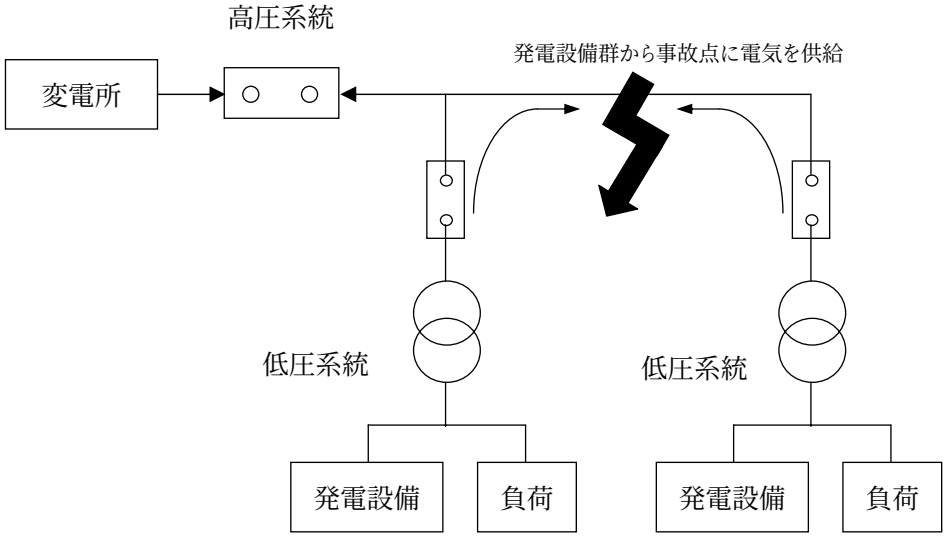


図 8－4　事故点に電気が供給され続ける例

単独運転を認めるケースは，特別高圧電線路で連系している発電設備の出力容量が大規模であり，発電設備を一定の供給力と見込んでいることや，単独運転になっても電圧，周波数が変動せず，適正な電圧，周波数が維持できる場合としている。

JEAC 規程にもとづけば，簡易発電システムにおいて，単独運転検出装置は必須であり，系統連系する一般電気事業者又は卸電気事業者からも設置の義務付けは強く要望されると考えられる。なお，逆潮流のない連系の場合には，逆電力継電器等による逆潮流検出で単独運転検出が可能であるが，逆潮流がある連系の場合は連系遮断器開放の情報による転送遮断装置を設置するか，単独運転検出機能を有する装置の設置となる。

この単独運転検出機能を有する装置は，検出原理から受動方式と能動方式に大別され，それぞれ多種の方式が実用化されている傾向にあり，発電機種類による機器仕様，逆潮流有無，運転状況等を考慮した装置選択が必要である。

b 電気技術規程・指針（民間規程・指針）

技術基準は，電気事業法に基づき，電気工作物の保安確保のために必要な最小限度の規制を目的とする維持基準である。電気技術規程・指針は，この技術基準を運用・補完する民間自主規格である。

【解説】

発電所建設時における細部の材料，設計，施工，検査等の技術的な事項について法令を補完するとともに新技術の開発および社会情勢の変化に遅滞なく追従し得るような民間規程があれば，法定の技術基準と表裏一体をなして保安確保に万全を期すことが可能となる。

『電気技術規程（発変電規程，系統連系規程等)』は，法定の技術基準を補完するものとして維持規程，工事規程，検査規程等に細分され，運用にあたってのサービスレベル等を含めた内容となっている。

一方，『電気技術指針（高調波抑制対策技術指針等)』は，今後，改良が期待される新技術に関することや保安上「規程」として制定することが必要と考えられるが，研究開発課題である事項等一律に定めることが困難，又は不適当な数多くの事項がある場合の技術的内容を取り扱っている。

例えば，以下のような場合が挙げられる。

① 新技術に関する事項で「規程」とするためには，諸外国の事例を含めて実績，実例が少ない場合

② 保安上必要な事項であるが，その方法，対策等について学説，方法論が必ずしも確立していないため，広く一般に適用するものとして「規程」とすることが困難な場合

③ 未解決，未確定な研究開発課題が含まれる事項がある場合

④ 社会情勢が急激に変化し，「規程」とすることが必ずしも適当でない場合

『電気技術指針』は，原則的に『電気技術規程』に準じて遵守されることが望ましいが，以下の事項に留意して運用することが必要である。

① 実運用にあたって，技術の進歩を阻害することのないよう解釈すべきであること

② 内容を充分理解して，設計，施工等に際して誤りのないようにすること

③ この指針に記載されていない事項，方法等であっても，それが保安上適切なものである場合は採用することができること

なお，電気技術規程・指針の中には法令規制を受けない（技術基準に規定されていない）自主規程が含まれている。この自主規程は，委員会から国の基準等（又は技術基準の解釈等）へ引用要請する場合の他は，これを根拠に国の基準等に引用されることはない。

８．１．３　機器簡素化による合理化と関係法令・基準等

簡易発電システムにおいて，電気機械設備の主要機器である水車，発電機および制御・保護装置は全体に占める価格比率が大きいことから，機器仕様を簡素化することによる合理化によって，イニシャルコストダウンを図る。

ただし，機器仕様の簡素化は，関係法令・基準等との関係整理が必要である。

【解説】

機器の合理化にあたっては，機能維持を求めるのと同様に，保安の観点から関係する法令・基準等（「水技」，「水技解釈」，「電技」，「電技解釈」，「系統連系ガイドライン」等）の遵守および事業者としての自主保安，自己責任を認識する必要がある。

ここでは，機器の合理化が期待でき，既に巻末資料に示す開発事例調査（モニタリング調査）結果から実用化されている入口弁，調速装置，保護装置の省略・簡素化を例に，関係する法令・基準との関わりについて整理した。

(1) 入口弁の省略・簡素化

入口弁は水路設備と密接に関係し，関係法令である「発電用水力設備に関する技術基準を定める省令，解釈」により，その設置について規定されていることから，単純にイニシャルコストダウンの目的だけで省略できない。

【解説】

関係法令からは，水路又は水車のいずれかに最低限何かしらの止水設備が必要であり，取水設備にゲート等の止水設備を設ける場合は入口弁が省略できる。

止水設備は水路内点検のための抜水，水車廻り点検のための抜水等，メンテナンス方法にも影響することから，土木設備と水車設備の協調が取れた計画設計の中でコストダウンを図る必要がある。

入口弁を設置する場合，通常の入口弁は始動・停止時に電動サーボモータ又は圧油装置を用いた自動開閉装置を有しているものが一般的であるが，簡易発電システムでは始動・停止頻度が少ないと想定されるため，自動開閉装置を手動開閉，非常時は重錘により閉とする簡素化入口弁の採用がコストダウンに資する。

入口弁等の省略に抵触する関係法令・基準等は，水技第 34 条および水技解釈第 38 条である。これは「水車および揚水用のポンプ」を対象としており，その強度および保護，付帯設備（圧油装置，圧縮空気装置）についての技術的要件を規定したものであり，この中でも水技第 34 条第 1 項第五号，水技解釈第 38 条の全てが該当する。

表 8－5 は，これら条文を水車に限って抜粋したものである。

表 8－5　入口弁等省略に関わる省令，解釈

発電用水力設備に関する技術基準を定める省令
(第 34 条)　水車及び揚水用のポンプ（以下，水車に限定して抜粋） 水車は次の各号により施設しなければならない。 五　水の流入を迅速に遮断する施設を水車に設けること。ただし，当該施設を水路に設ける場合または水車の無拘束回転を停止できるまでの間，回転部が構造上安全であり，かつ，この間の下流への放流により人体に危害を及ぼし，若しくは物件に損傷を与えるおそれのない場合はこの限りでない。
発電用水力設備の技術基準の解釈について
(第 38 条)　水の流入または流出を遮断する施設（以下，水車に限定して抜粋） 省令第 34 条第 1 項第五項に規定する，水の流入を迅速に遮断する施設とは，次の各号に掲げるもののいずれかである。 一　水車に設ける場合にあっては，非常時に閉鎖する機能を有するガイドベーンまたはニードル若しくは流水遮断能力を有する入口弁 二　水路に設ける場合にあっては，非常用閉鎖装置を有する取水設備，ヘッドタンクまたはサージタンクの制水門 2 水車の無拘束回転を停止できるまでの間，回転部が構造上安全である場合の放流及びデフレクタ放流を行う場合は，水路または水車のいずれかに放流を止める施設を有すること。

【水技省令第 34 条】

水車には「水の流入を迅速に遮断する施設」を義務付けているが，①当該施設を水路に設ける場合，②水車の無拘束回転を停止できるまでの間，回転部が構造上安全であり，かつ，この間の下流域への放流により人体に危害を及ぼし，若しくは物件に損傷を与える恐れのない場合のいずれかに該当すれば，「水の流入を迅速に遮断する施設」は必要ないとしている。

【水技解釈第 38 条】

第 1 項では水技省令第 34 条に規定した「水の流入を迅速に遮断する施設」を具体的に掲げている。この中で「非常時に閉鎖する機能を有する…」，「非常用閉鎖装置を有する…」は，操作油、操作電源喪失時に機械的に閉鎖する機能を有する装置等の確保により，確実に水の流入を遮断する施設義務を規定している。

第 2 項では水技省令第 34 条のただし書き以降で除外した「水の流入を迅速に遮断する施設」は必要ないものの，水車の無拘束回転を停止できるまでの間，回転部が構造上安全である場合の放流およびデフレクタ放流を行う場合は，水路又は水車のいずれかに「放流を止める施設」を義務付けている。

以上から，水路又は水車のいずれかに最低限何かしらの止水設備が一つ必要であり，関係法令上から，止水設備を全く省略することはできない。

図 8－5 は，これら省令等をフロー形式に整理したものである。止水設備は水路内点検のための抜水，水車廻り点検のための抜水等，メンテナンスの際に必要となる設備であり，現実的には止水設備を全て省略することは計画しない。このため，水車形式

は何か，適用施設での条件は何か，止水設備を水路側に設けるのか水車側に設けるのか等，条件に応じた計画設計が必要である。

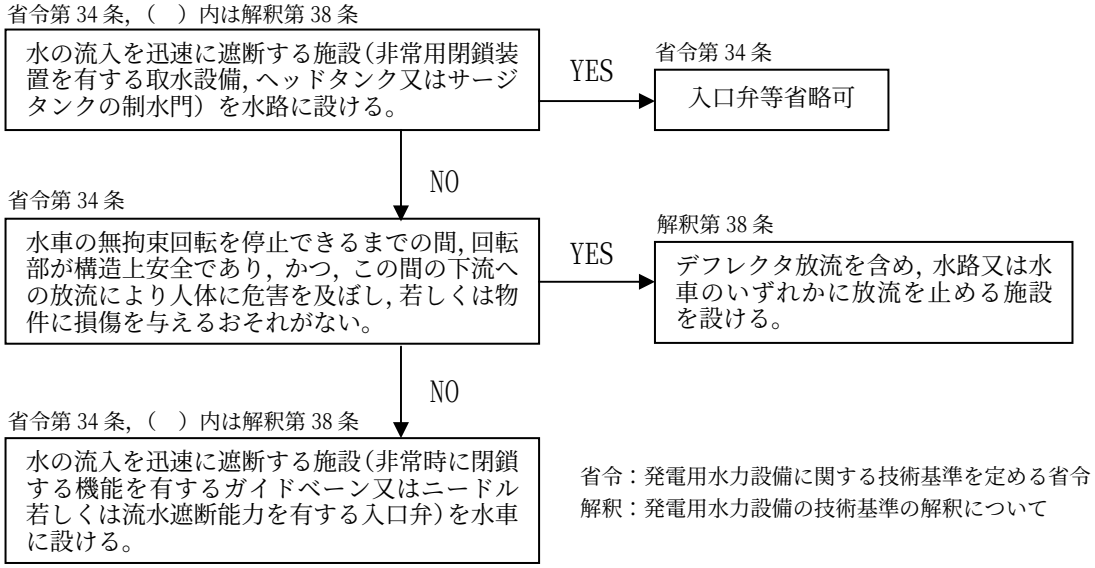


図 8－5　入口弁等省略に関わる省令等フロー

また，止水設備の緩和条件である水技省令第 34 条のただし書き以降「…無拘束回転を停止できるまでの間，回転部が構造上安全であり…」は，水車に限定されず，主軸又はギヤ，ベルトで連結される発電機にも適用されるため，簡易発電システムに適用可能としている永久磁石発電機等は水力での事例が少ないため，その設計条件を明確にする必要がある。このため，無拘束回転に耐えられない標準品を適用する場合には，関係法令通り「水の流入を迅速に遮断する施設」を設けるか，無拘束回転時に水車から発電機を切り離す機構等を検討する必要がある。

水技省令第 34 条第 2 項には，水車の保護に関する内容が規定されているが，簡易発電システムでは，出力 500kW 未満を対象としており，殆ど該当しないと思われる。

表 8－6 に水技省令第 34 条第 2 項の内容を示す。

表 8－6　水車の保護に関する規定

発電用水力設備に関する技術基準を定める省令
(第 34 条)　水車及び揚水用のポンプ（以下，水車に限定して抜粋） 2 水車には，発電機の容量が 500kVA 未満の場合を除き，運転中に生じた過回転その他の異常による危害の発生を防止するため，その異常が発生した場合に水車を自動的かつ確実に停止する装置を設けなければならない。

(2) 調速装置の省略・簡素化

発電機の種類により，回転速度を一定に制御するガイドベーン又はニードル，アクチュエータおよびこれらの制御装置全てを省略し，保守費用の軽減を図る。

【解説】

調速装置の省略可否は，入口弁のように直接抵触する関係法令はないが，第４章「電気機械設備」の「４．５　コストダウンの要素」で具体的に触れたように，同期発電機では系統並列させるための流量・速度調整が必要になるため，基本的には省略できない。ただし，発電機に永久磁石発電機を採用する場合は，逆変換装置による速度制御が可能なため，調速装置の省略可否は運転制御方式による判断が必要である。

(3) システムの違いによる合理化時の課題とその対策

a 入口弁，調速装置の省略

入口弁および調速装置を省略した場合の課題とその対策を，従来形システムと可変速システムに区分して整理し，その特質から省略可否を判断する。

【解説】

ここで，可変速システムとは落差や流量の変化により，水車，発電機の速度変化が生じても商用周波電源を系統や単独負荷に供給可能なシステムを指す。

表 8−7 は，システムの違いによる合理化時の課題とその対策を示したものである。入口弁省略時の課題とその対策については，従来形又は可変速のシステムの違いによって変わる要素はない。原則として，電技解釈に規定された条件を満足していれば省略できる。

表 8－7　システムの違いによる合理化時の検討

比較項目 ＼ 簡易発電システム		従来形システム	可変速システム ※簡易発電システムにおける可変速システムとは，落差や流量の変化により，主機の速度変化が生じても，商用周波電源を系統や単独負荷に供給可能なシステムを指す。
		・誘導発電機システム ・同期発電機システム	• 永久磁石発電機システム • 直流発電機システム
入口弁	入口弁省略可否 入口弁を省略した場合の課題およびその対策	下記条件のいずれかを満足すれば可能である。 ・非常時に閉鎖する機能を有するガイドベーン又はニードルを水車に設ける場合 ・非常用閉鎖装置を有する取水設備，ヘッドタンク又はサージタンクの制水門を水路に設ける場合 ただし，水車の無拘束回転を停止できるまでの間，回転部が構造上安全であり，かつ，この間の下流への放流により人体に危害を及ぼし，若しくは物件に損傷を与える恐れがない場合は，デフレクタ放流を含め，水路又は水車のいずれかに放流を止める施設を有する必要がある。←最低限何かしらの止水設備が一つ必要になる。	下記条件のいずれかを満足すれば可能である。 ・非常時に閉鎖する機能を有するガイドベーン又はニードルを水車に設ける場合 ・非常用閉鎖装置を有する取水設備，ヘッドタンク又はサージタンクの制水門を水路に設ける場合 ただし，水車の無拘束回転を停止できるまでの間，回転部が構造上安全であり，かつ，この間の下流への放流により人体に危害を及ぼし，若しくは物件に損傷を与える恐れがない場合は，デフレクタ放流を含め，水路又は水車のいずれかに放流を止める施設を有する必要がある。←最低限何かしらの止水設備が一つ必要になる。
	簡素化入口弁 （手動：開，重錘：閉） の採用可否	迅速に流水を遮断する性能を有する場合は法的条件を満足するが，この性能を有さない場合は，水車の無拘束回転を停止できるまでの間，回転部が構造上安全である場合に採用可である。なお，主機始動時は保守員が現場で主機を始動させる必要がある。	迅速に流水を遮断する性能を有する場合は法的条件を満足するが，この性能を有さない場合は，水車の無拘束回転を停止できるまでの間，回転部が構造上安全である場合に採用可である。なお，主機始動時は保守員が現場で主機を始動させる必要がある。
調速装置 ※ここで，調速装置はガイドベーン又はニードル，アクチュエータ及びこれらの制御装置を含む。	調速装置省略可否	同期発電機は不可（定速運転させる必要があるため），誘導発電機は可である。	可である。
	調速装置を省略した場合の課題およびその対策	1．速度制御 入口弁等による代替も考えられるが，調速装置のように，きめ細やかな速度制御は期待できないため，現実的でない。入口弁等は始動時に流量調整を行う場合に限る。調速装置を省略する場合，誘導発電機の採用となる。 2．系統並列方法 入口弁等による揃速により，系統並列を行う。ただし，入口弁等では完全な同期速度に調整することは難しいため，同期速度を基準とした速度範囲内（例えば，同期速度の±10%以内等）で系統並列させる。 3．負荷調整 単独負荷への電源供給の場合は，ダミーロード等を用いて，きめ細かな負荷調整を行う。この場合，同期発電機の採用となる。	1．系統並列方法 入口弁等の開度が約 10%のところで，逆変換装置より系統側又は単独負荷側へ定格周波数および電圧が発生する。電圧が定格電圧になったところで，自動又は手動により系統並列する。 2．水車，発電機運転制御 水車，発電機は，運転時の落差および流量により回転速度が決定されるため，水車，発電機から発生した電力の周波数および電圧は，回転速度にほぼ比例して変動する。 水車，発電機から発生した電力は，逆変換装置により商用周波数に変換されるため，逆変換装置から出力される電力の周波数は商用周波数となる。 電圧は系統並列の場合，系統電圧によりほぼ一定となるが，単独負荷への電力供給の場合は水車，発電機の回転速度の変化により，電圧変動が発生する。 3．負荷調整 単独負荷への電源供給の場合は，回転速度制御（軽負荷時は高回転速度，重負荷時は低回転速度）により，きめ細かな負荷調整を行う。ただし，必要によりダミーロードを設置し，過回転を抑制する。 4．並列用遮断器解列時 事故等により並列用遮断器の解列で無負荷になり，回転速度が上昇した際に，発電機回路電圧が上昇する。その対策としては，以下が考えられる。 1）発電機保護 水車から発電機への機械入力伝達を切り離す。例えば，ベルト伝達であれば過速度でベルトが外れるようにする，ギアであればクラッチで切り離す。 2）逆変換装置素子 逆変換装置素子の耐電圧を考慮する必要がある。また，逆変換装置素子をマグネットスイッチ等より，回路から切り離す方法も考えられる。
特質検討	入口弁省略可否	○（法的条件有り）	○（法的条件有り）
	簡素化入口弁の採用可否	○（法的条件有り）	○（法的条件有り）
	調速装置省略可否	△（同期発電機は不可，誘導発電機は可）	◎
	主機や逆変換装置の耐電圧考慮要否	○（通常仕様通り必要）	△（通常仕様よりも考慮要）
	軸受構造への考慮要否	○（通常の考慮要）	△（通常以上の考慮要）

調速装置の省略は，従来形又は可変速のシステムの違いによって，大きな違いがある。従来形システムの同期発電機では速度一定制御のために調速装置の省略が不可能であるのに対し，可変速システムは，逆変換装置による調速度制御が可能であり，省略されることに大きなメリットがある。なお，運転時の落差や流量により回転速度が決定されるため，回転速度が不規則であり，電気的（主機や逆変換装置の耐電圧等）にも機械的（軸受構造等）にも，通常以上の考慮が必要になる。

従来形システムでも，誘導発電機であれば調速装置は省略可能であるが，水車形式により，ガイドベーン等の流量調整機能がある場合は省略できない。

また，調速装置を省略する場合は，水車始動時の入口弁等による流量調整を行う必要があり，入口弁等を省略することができない。なお，調速装置があって，入口弁を省略した例は多い。

このように，水車形式および発電機種類，運転条件等により機器簡素化による合理化が可能な要素が変化することから，簡易発電システムにおける合理化策の検討にあたっては，その特質を睨んで仕様検討する必要がある。

b 入口弁の簡素化

簡易発電システムで入口弁を設置する場合は，機器簡素化による合理化の観点から，関係法令を満足した重錘閉鎖装置付入口弁を採用する。

【解説】

表 8－7 に記載ある簡素化入口弁（重錘閉鎖装置付入口弁）は，電動サーボ等による操作機構，制御装置からの開閉操作指令を省略し，開操作は手動，閉操作は手動又は重錘による自重とした簡素化を図ったものである。巻末資料に示す開発事例調査（モニタリング調査）でも，数箇所の発電所で実用化されていた。

その具体的事例，操作機構を図 8－6 に示す（大分県中津江村鯛生発電所）。

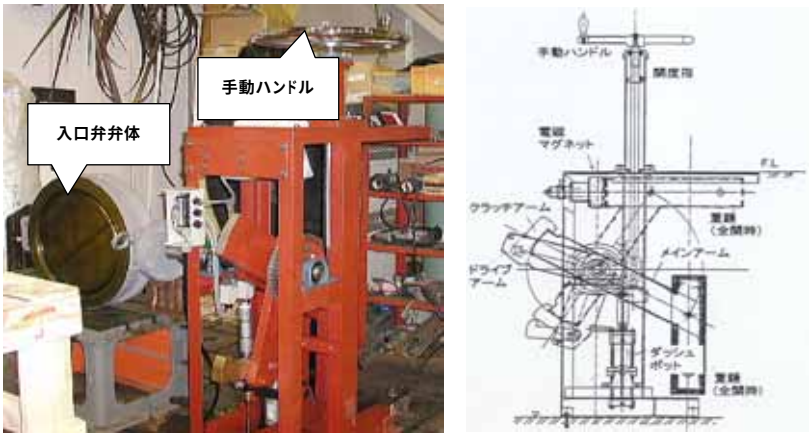


図 8－6　重錘閉鎖装置付入口弁

操作方法，動作は以下のとおり。

①入口弁開は手動ハンドルにより操作し，合せてメインアーム重錘を引き上げる。

②入口弁閉（停止又は事故時）は，メインアーム重錘が自重で下がることにより操作され，その速度はダッシュポットで制限される。

入口弁本体が迅速に流水を遮断する性能がある場合は，前述した水技解釈の法的条件を満足しているが，この性能がない場合は，水車の無拘束回転を停止できるまでの間，回転部が構造上安全である場合に採用可能である。

(4) 保護装置

保護装置に関わる『電気設備に関する技術基準を定める省令，解釈』には，省令第 46 条および解釈第 51 条がある。これは「常時監視をしない発電所等の施設」として，発電所の規模と随時巡回，随時監視，遠隔常時監視の区分毎に施設すべき保護装置等の技術的要件を規定している。

【解説】

表 8－8 は，電技第 46 条および電技解釈第 51 条のうち，水力発電所に限って抜粋したものである。簡易発電システムにおいては，出力 500kW 未満を対象としており，電気の供給に与える影響が小さいと考えられることから，原則として電技解釈第 51 条第 1 項第一号の「随時巡回方式」の適用が一般的となる。

【電技第 46 条】

第 1 項では発電所の常時監視を原則として義務付けているが，第 2 項で異常が生じた場合に安全かつ確実に停止することができるような措置を講じれば，常時監視をしない発電所を認めている。つまり，保護装置の設置義務である。

【電技解釈第 51 条】

省令第 2 項で規定した「異常が生じた場合に安全かつ確実に停止することができるような措置」を具体的に掲げ，監視方式区分毎に表形式で保護装置等の設置を義務付けている。監視方式は随時巡回，随時監視，遠隔常時監視の 3 つに区分されるが，水力発電所においては，監視区分に関係なく施設すべき保護要素は同じである。

表 8－8　保護装置に関わる技術基準

電気設備に関する技術基準を定める省令
(第 46 条) 常時監視をしない発電所等の施設（以下，発電所に限定して抜粋） 異常が生じた場合に人体に危害を及ぼし，若しくは物件に損傷を与えるおそれがないよう，異常の状態に応じた制御が必要となる発電所，または一般電気事業に関わる電気の供給に著しい支障を及ぼすおそれがないよう，異常を早期に発見する必要のある発電所であって，発電所の運転に必要な知識及び技能を有する者が当該発電所またはこれと同一の構内において常時監視をしないものは施設してはならない。 2 前項に掲げる発電所以外の発電所であって，発電所の運転に必要な知識及び技能を有する者が当該発電所若しくはこれと同一の構内において常時監視をしない発電所は，非常用予備電源を除き，異常が生じた場合に安全かつ確実に停止することができるような措置を講じなければならない。
電気設備の技術基準の解釈について
(第 51 条) 常時監視をしない発電所等の施設（以下，水力発電所に限定して抜粋） 発電所の運転に必要な知識及び技能を有する者（以下，この条において「技術員」という）が，当該発電所またはこれと同一の構内において常時監視しない水力発電所は異常が生じた場合に安全かつ確実に停止できるように，次の各号により施設すること。 一　原動機及び発電機に自動負荷調整装置または負荷制限装置を施設する水力発電所（水車への流入量が固定され，自ら出力が制限される場合はこの限りでない）であって，電気の供給に支障を及ぼさず，かつ，技術員が随時巡回する場合は，表に掲げる必要な措置を施設すること。ただし，出力 2,000kW 未満のものに限る。 二　原動機及び発電機に自動負荷調整装置または負荷制限装置を施設する水力発電所（水車への流入量が固定され，自ら出力が制限される場合はこの限りでない）であって，当該発電所またはその構外にある技術員駐在所のいずれかに技術員が常時駐在する場合（前号に掲げるものを除く）は，表に掲げる必要な措置を施設すること。 三　当該発電所を遠隔監視制御する制御所（「発電制御所」という）に技術員が常時駐在する場合は，表に掲げる必要な措置を施設すること。

表 8－9 は，水力発電所において施設が義務付けられている保護装置を抜粋したものである。簡易発電システムにおいては，出力 500kW 未満を対象としており，表中網掛部の保護装置を設置しなければならない。

なお，水技第 34 条第 2 項との関連で，水車を自動的に停止させる装置の施設が必要ないのは，水技では「発電機容量 500kVA 未満」のみの規定であるのに対し，電技解釈では「無拘束回転を停止できるまでの間，回転部が構造上安全であり，かつ，この間の下流への放流により人体に危害を及ぼし又は物件に損傷を与えるおそれがない場合」とする条件が追加されている（二重に規定しない取扱い）。

表 8－9　保護装置の施設義務（水力発電所に限定して抜粋）

一	次に掲げる場合に発電機を電路から自動的に遮断し，かつ，水車を自動的に停止する装置を施設すること。ただし，イ，ロ又はハの場合に無拘束回転を停止できるまでの間，回転部が構造上安全であり，かつ，この間の下流への放流により人体に危害を及ぼし又は物件に損傷を与えるおそれのない場合はイ，ロ又はハの場合に，ハの場合に発電機を自動的に無負荷かつ無励磁にする装置を施設する場合はハの場合に，水車のスラスト軸受が構造上過熱のおそれがない場合はニの場合に，水車を自動的に停止させる装置の施設は要しない。
イ	原動機制御用圧油装置の油圧，圧縮空気装置の空気圧又は電動式制御装置の電源電圧が著しく低下した場合
ロ	原動機の回転速度が著しく上昇した場合
ハ	発電機に過電流が生じた場合
ニ	定格出力が 500kW 以上の原動機又はその発電機の軸受の温度が著しく上昇した場合
ホ	容量が 2,000kVA 以上の発電機の内部に故障を生じた場合

□部分が小水力発電で該当する項目
（水技第 34 条第 2 項との関連）
水車を自動的に停止させる装置の施設有無で，水技では発電機容量 500kVA 未満のみの規定であるが，電技解釈では「無拘束回転を停止できるまでの間，回転部が構造上安全であり，かつ，この間の下流への放流により人体に危害を及ぼし又は物件に損傷を与えるおそれがない場合」としており，結果，両者を満足しなければ水車を自動的に停止させる装置の施設が必要となる。

(5) 単独運転検出装置

一般電気事業者および卸電気事業者以外の者が，発電設備等を電力系統に連系する場合，逆変換装置の有無および逆潮流の有無に応じ，異常時に発電設備等を解列するための装置として，単独運転検出装置を設置する。

【解説】

低圧連系の場合，電技解釈第 276 条により，別表第 22 から逆変換装置有りでは逆潮流有無に関わらず「受動的方式および能動的方式のそれぞれ 1 方式以上」と規定されている。ただし，逆潮流なしの場合は不足電圧および不足電力検出機能を組合せた逆充電検出機能を有する装置で代替できる。

一方，逆変換装置なしでは逆潮流無しの場合に限り，「受動的方式」と規定されている。低圧連系では，逆変換装置がない場合に逆潮流ありの条件で発電設備等を電力系統に連系することは不可とされている（なお,電力協議により系統解析の結果から誘導発電機で低圧連系した事例があり，これについては次項で説明する）。

高圧連系の場合は，電技解釈第 281 条により，別表第 23 から逆変換装置の有無に関わらず，逆潮流ありでは「能動的方式 1 方式以上」と規定されている。ただし，転

送遮断装置（専用通信線又は電気通信事業者の専用回線で遮断信号を伝送し，発電設備等を解列するもの）で代替できるが，簡易発電システムにおいては経済性の観点から現実的ではない。

一方，高圧連系で逆潮流なしの場合は，単独運転検出装置は不要であるが，単独運転を検出する逆電力および周波数低下継電器が必要となる。

単独運転検出機能を有する装置は，検出原理から受動方式と能動方式に大別され，それぞれ多種の方式が実用化されている傾向にあり，発電機種類別による機器仕様，逆潮流有無，運転状況等を考慮した装置選択が必要である。

機器簡素化による合理化でコストダウンする観点から，以下により能動的な単独運転検出装置を省略する考え方もあるが，個別検討が必要である。

① 線路事故の多くは二相短絡や一相地絡によるものであり，この場合は電圧，周波数等の三相バランスが崩れるため，周波数継電器や不足電圧継電器動作のみで線路事故を検出するとするもの。この検出方式は多数の実績がある。

② この検出方式における継電器誤動作の場合は，発電機を電路から遮断し，主機を停止とする。

③ この検出方式における課題は，周波数や電圧のバランスが崩れないで線路事故が発生した場合に単独運転検出ができない点にある（頻度としては極めて低いと考えられる）。

また，巻末資料－５に示すモニタリング調査（開発事例調査）の中では，系統連系ガイドラインが施行された（昭和 61 年）以前の発電所において，再開発する場合や発電設備が末端電源である等の理由により，電力協議の結果で単独運転検出装置を設置していない事例も確認された。

このため，単独運転検出装置は系統状況や運用形態，系統シミュレーションの結果等から，電力協議を通じて省略できる可能性がある。

(6) 逆潮流あり低圧連系の逆変換装置省略

『電気設備の技術基準の解釈について』では，「低圧連系の場合，逆変換装置がなく逆潮流ありでの連系は不可」とされているが，最近，家庭用太陽光発電のインバータ技術を応用した単独運転検出技術が開発され，これを用いた「逆潮流あり」での連系が電力協議により認められたケースがある。

【解説】

低圧配電線への系統連系は，その技術要件として，電技解釈第 276 条（別表 22）では，「逆変換装置がなく逆潮流ありでの連系は不可」と規定されている。

この背景として，交流発電機を低圧連系させる場合，逆潮流ありの条件では単独運転検出の技術が未確立な部分もあり，太陽光発電等で実績のある逆変換装置（単独運

転検出機能を有するもの）を使用したものに限定したというものである。

これにより，以下のような制約が考えられる。

① 逆変換装置の価格が，そのまま電気工事費に加算される。

② 逆変換装置の容量は発電機出力に合わせて設計する必要があり，発電出力の増加に伴い，逆変換装置の価格もアップする。

③ 簡易発電システムに適用可能なサイフォン式水車（誘導発電機，始動時に受電して水車をポンプとして水を汲み上げる方式のもの）は使用できない（受電／送電の双方向アクティブインバータを使用する方法もあるが，価格が非常に高く，実際には適用不可である）。

このような状況のもと，2005 年 12 月に京都市嵐山保勝会水力発電所（最大出力 5.5kW）では，新たに開発された低圧用の単独運転検出装置を採用したことにより，逆変換装置を用いない逆潮流ありの条件で低圧連系が認められ運転を開始した。

図 8－11 に単線結線図を示す。これが認められた条件としては，交流発電機を低圧配電線に連系する場合でも，単独運転検出機能保護が確実に検出できることが，シミュレーション等で実証された点にある。

これにより，交流発電機でも逆潮流ありの条件で系統連系できる可能性が広げられた。ただし，今後の普及への課題としては，この単独運転検出装置のコストダウンがキーポイントとなる。

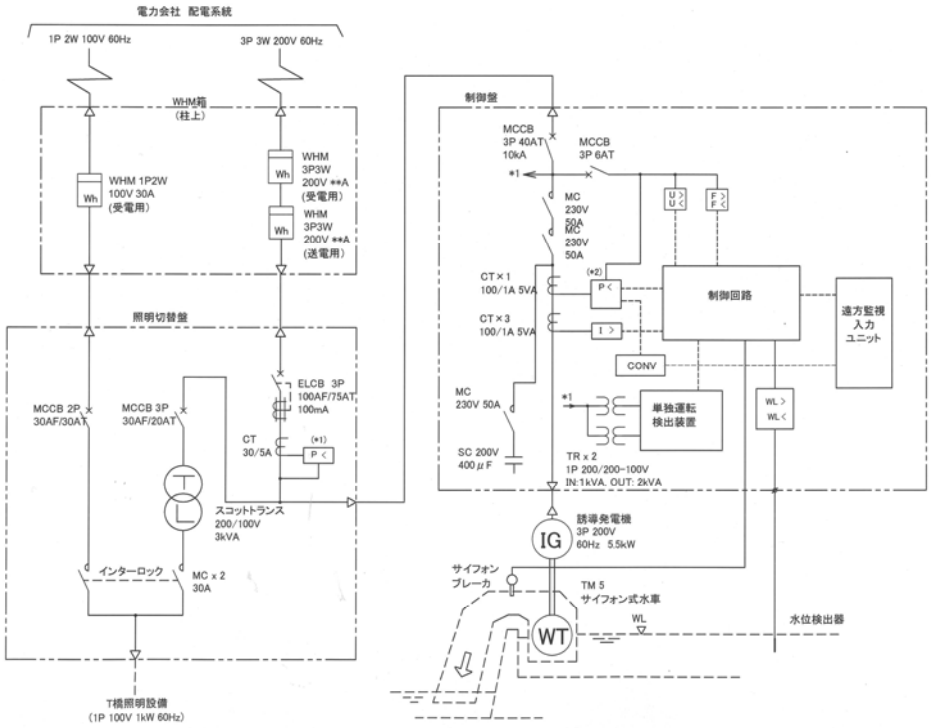


図 8－11　京都市嵐山保勝会水力発電所（最大出力 5.5kW）単線結線図

８．１．４　適用施設別関係法令

(1) 関係法令

適用施設・種類別に適用される関係法令は，自然公園法，砂防法など多岐に渡る。このため，どの法令の制約を受けるのか確認する必要がある。

【解説】

適用施設･種類別に適用される関係法令の主なものについて整理して表 8－10 に示した。適用施設の設置場所によっては，適用のない法令もあるため，個別の検討時はどの法令の制約を受けるかの確認が必要である。

具体的な許可条項の内容は，表 8－11 に示した。

表 8－10　適用施設・種類別に関わる主な法令

適用施設	種類	関係する主な法令													
		自然公園法	自然環境保全法	鳥獣及び狩猟に関する法律	文化財保護法	土地収用法	農地法	農業振興地域の整備に関する法律	森林法	国有林野法	水産資源保護法	砂防法	地すべり等防止法	建築基準法	採石法
河川維持流量等放流設備	高さ15m以上のダム	○		○											
	高さ15m未満のダム	○		○											
砂防ダム	砂防ダム	○	○	○					○	○		○	○		○
農業用水利施設	高さ15m以上のダム	○		○				○							
	取水堰	○					○	○			○			○	
	水路工		○		○	○	○	○						○	
上水道・工業用水利施設及び下水道施設	取水堰	○					○	○			○			○	
	水路工		○		○	○		○						○	

注；上表において，共通である「水技」,「水技解釈」および「河川管理施設等構造令」は記載を省略した。適用施設の設置位置によっては，適用のない法令もあるため，個別の検討時は確認が必要である。

表 8－11　関係法令の許可条項

法　令	条　項	内　容
自然公園法	第 17,18,20 条	特別地域，特別保護地域又は普通地域における工作物設置，立木伐採，河川・湖沼の水位又は水量に増減を及ぼさせることの許可
自然環境保全法	第 17,25,28 条	原生自然環境保全区域内，自然環境保全地区内での行為の許可
鳥獣保護及び狩猟に関する法律	第 8 条	特別鳥獣保護地区での行為の許可
文化財保護法	第 57 条	埋蔵文化財包蔵地内での土木工事の事前届出
土地収用法	第 11,16,47 条	事業準備のための立ち入り許可，認定
農地法	第 4,5 条	農地転用の許可，事前審査申出
農業振興地域の整備に関する法律	第 15 条	農用地区域の除外許可
森林法	第 10,27 条	林地開発の許可，立木伐採の届出，保安林解除
国有林野法	第 7 条	国有林野の伐採許可，売払申請，貸付申請
水産資源保護法	第 18 条	工事の制限等に係る許可
国土利用計画法	第 14,23 条	土地に関する権利の移転等の許可，届出
国有財産法	第 8,20 条	国有財産のこう用の廃止願い，処分等の許可
砂防法	第 4 条	砂防指定地における行為の許可
地すべり等防止法	第 18 条	地すべり防止区域内での行為の許可制
建築基準法		建築物確認申請
農山漁村電気導入促進法	第 3,6,12 条	全国農山漁村電気導入計画に繰り入れのこと 事業計画書の提出，電気事業法との関係

(2) 関連する基準等

簡易発電システムを適用する土木設備に関する各技術基準および条項等を抽出・整理し，個別の検討時に該当有無を確認する必要がある。

【解説】

以下に，抽出した技術基準等について示す。

共　　通：　発電用水力設備に関する技術基準（経済産業省）
　　河川管理施設等構造令（国土交通省）

ダ　　ム：　ダム・堰施設技術基準（案）（ダム・堰施設技術協会）
　　水門・樋門ゲート設計要領（案）（ダム・堰施設技術協会）
　　水門鉄管技術基準（水門鉄管協会）
　　土地改良事業計画設計基準・ダム

砂防ダム：　河川砂防技術基準（案）（国土交通省）
　　砂防設計マニュアル（全国治水砂防協会編）
　　砂防設備等有効利用技術審査基準（案）

取水堰　：　土地改良事業計画指針・農村環境整備（農林水産省構造改善局計画部平成 9 年 7 月）
　　農業用水利施設小水力発電設備・計画設計技術マニュアル

（農林水産省構造改善局　建設部平成 7 年 12 月）

土地改良事業計画設計基準・頭首工

水道施設設計指針・同解説（厚生省監修，日本水道協会）

水道施設耐震工法指針・同解説（日本水道協会）

工業用水道施設基準解説（日本工業用水協会）

水路工　：　土地改良事業計画設計基準・水路工

その他資料：国有林野のエネルギー資源利用検討会　報告書（平成 13 年 2 月）

砂防設備の発電利用に関する水政・開発・砂防三課合意メモについて

各地方自治体制定の設計標準（基準書，要領，他）

砂防設備の利用に関する審査意見書（設備管理者が第三者機関

（砂防地すべり技術センター）に意見を聞く場合）

表 8－12 は適用施設・設備別に係る基準等を整理したもので，表 8－13 は各技術基準と条項について整理したものである。

簡易発電システムに適用が見込まれる取水設備について，法令等に起因する要求事項は表 8－14，水圧管路について法令等に起因する要求事項は表 8―15 に示す。

表 8－12　適用施設・設備に係る基準等

適用施設	種類	関係する基準等	備考
河川維持流量等放流設備	高さ 15m 以上のダム	ダム・堰施設技術基準（案） 水門・樋門ゲート設計要領（案） 水門鉄管技術基準	
	高さ 15m 以下のダム	ダム・堰施設技術基準（案） 水門・樋門ゲート設計要領（案） 水門鉄管技術基準	
砂防ダム	砂防ダム	河川砂防技術基準（案）（国土交通省 砂防設計マニュアル（全国治水砂防協会編） 砂防設備等有効利用技術審査基準（案）	
農業用水利施設	高さ 15m 以上のダム	ダム・堰施設技術基準（案） 水門・樋門ゲート設計要領（案） 水門鉄管技術基準 土地改良事業計画設計基準・ダム 農業用水利施設小水力発電設備・計画設計技術マニュアル	
	取水堰	土地改良事業計画指針・農村環境整備 土地改良事業計画設計基準・頭首工 農業用水利施設小水力発電設備・計画設計技術マニュアル ダム・堰施設技術基準（案） 水門・樋門ゲート設計要領（案）	
	水路工	土地改良事業計画設計基準・水路工 農業用水利施設小水力発電設備・計画設計技術マニュアル	
上水道・工業用水利施設及び下水道施設	取水堰	水道施設設計指針・同解説 水道施設耐震工法指針・同解説 工業用水道施設基準解説	
	水路工	水道施設設計指針・同解説 水道施設耐震工法指針・同解説 工業用水道施設基準解説	

注；上表において，共通である「水技」および「河川管理施設等構造令」は記載を省略した。

表 8－13(1)　関連する各種技術基準と条項

区　分	名　称	適　　用
共　通	発電用水力設備に関する技術基準 （経済産業省） 発電用水力設備に関する技術基準の解釈	第 1 条 適用範囲 第 25 条 放流設備の施設制限 第 26 条 水路一般事項 第 27 条 取水設備 第 28 条 沈砂池 第 29 条 導水路 第 32 条 水圧管路 第 33 条 放水路 第 36 条 貯水池および調整池
ダ ム	発電用水力設備に関する技術基準 （経済産業省） 発電用水力設備に関する技術基準の解釈	第 6 条 ダム 第 8 条 堤体に作用する荷重 第 15,18 条 堤体の強度 第 16,22 条 堤体の安定 第 17,20,23 条 堤体の施設
	河川管理施設等構造令 （国土交通省）	ダム 第 3 条 適用の範囲 第 6 条 堤体等に作用する荷重の種類 第 10 条 ゲート等の構造の原則 第 11 条 ゲートに作用する荷重の種類 第 12 条 荷重等の計算方法 第 15 条 地滑り防止工および漏水防止工
	河川砂防技術基準（案） （国土交通省）	第 2 章 ダムの設計
	ダム・堰施設技術基準（案） （ダム・堰施設技術協会）	第 2 章 水門扉
	水門鉄管技術基準　水門扉編 （水門鉄管協会）	全般
	水門鉄管技術基準 水圧鉄管・鋼構造物編 （水門鉄管協会）	水圧鉄管全般
砂防ダム	発電用水力設備に関する技術基準 （経済産業省） 発電用水力設備に関する技術基準の解釈	第 6 条 ダム 第 8 条 堤体に作用する荷重 第 15,18 条 堤体の強度 第 16,22 条 堤体の安定 第 17,20,23 条 堤体の施設
	河川砂防技術基準（案） （国土交通省）	第 3 章 砂防施設の設計 第 2 節 砂防ダム
	砂防設計マニュアル （全国治水砂防協会編）	全般
	砂防設備等有効利用技術審査基準（案）	全般

表 8－13(2)　関連する各種技術基準と条項

区　分	名　称	適　　用
取水堰 (可動堰)	河川管理施設等構造令 （国土交通省）	堰 第 36 条 可動堰の稼働部のゲートの構造
	河川砂防技術基準（案） （国土交通省）	第 1 章 第 7 節堰
	土地改良事業計画指針・農村環境整備 （農林水産省構造改善局計画部 平成 9 年 7 月）	
	土地改良事業計画設計基準・設計・ 頭首工（農林水産省構造改善局 平成 7 年 7 月）	可動堰全般
	ダム・堰施設技術基準（案） （ダム・堰施設技術協会）	第 2 章水門扉
	水門鉄管技術基準　水門扉編 （水門鉄管協会）	全般
	農業用水利施設小水力発電設備・ 計画設計技術マニュアル （農林水産省構造改善局建設部 平成 7 年 12 月）	全般
取水堰 (固定堰)	河川砂防技術基準（案） （国土交通省）	第 1 章 第 7 節堰
	土地改良事業計画指針・農村環境整備 （農林水産省構造改善局計画部 平成 9 年 7 月）	
	土地改良事業計画設計基準・設計・ 頭首工（農林水産省構造改善局 平成 7 年 7 月）	固定堰全般
	農業用水利施設小水力発電設備・ 計画設計技術マニュアル （農林水産省構造改善局建設部 平成 7 年 12 月）	全般
	水門鉄管技術基準 水圧鉄管・鋼構造物編 （水門鉄管協会）	水圧鉄管全般

表 8－13(3)　関連する各種技術基準と条項

区　分	名　称	適　　用
水路工	土地改良事業計画指針・農村環境整備 （農林水産省構造改善局計画部 平成 9 年 7 月）	
	土地改良事業計画設計基準・設計・ 水路工(その 1) （農林水産省構造改善局）	全般
	農業用水利施設小水力発電設備・ 計画設計技術マニュアル （農林水産省構造改善局建設部 平成 7 年 12 月）	
	水門・樋門ゲート設計要領（案） （ダム・堰施設技術協会）	用水用樋門に適用
	水道施設設計指針・同解説 （厚生省監修，日本水道協会）	
	水道施設耐震工法指針・同解説 （日本水道協会）	
	工業用水道施設基準解説 （日本工業用水協会）	全般

表 8－14　取水設備に対する要求事項

要求事項	該当法令等
取水設備の設置位置	「水力設備に関する技術基準を定める省令」 一般事項　第26条　水路は，次の各号により施設しなければならない
取水設備の安定性と流入状況の保持	一　洪水，山崩れ，なだれ等により損傷を受けるおそれがないこと
	二　設計水量以上の水量が流入するおそれがある場合には，その水量を安全に排除できること
	三　流木，じんかい，土砂等の流入により著しく損傷を受けるおそれがないこと
取水設備の使用材料	四　水路に使用するコンクリートの材料は第10条の各号によること
	五　水路に使用するコンクリート以外の材料は，水路に必要な化学的および機械的性能を有するものであること
取水設備の材料強度	取水設備　第27条　取水設備は，次の各号により施設しなければならない
	一　取水設備は，自重および土圧に対して安定であり，かつ，これらの荷重による応力は，使用する材料ごとにそれぞれの許容応力度を超えないこと
ゲートの適用範囲	「水門鉄管技術基準・水門扉編」 第1節　総則 第2条　この基準は，発電用・農業用・港湾用等の水門扉，放流管，取水塔，スクリーンおよび付属設備に適用する
ゲートの基本条件	第5条　水門扉は，次の各号に適合するよう設計しなければならない ・確実に開閉できること ・考慮すべき荷重に対して安全であること ・適切な水密性および耐久性を有すること ・有害な振動を生じないこと ・操作が確実で，保守管理が容易であること
ゲートの応力度の照査	第9条　水門扉の設計は，確実に機能を発揮するよう，応力度，たわみ度や座屈について照査し，安全性を確認しなければならない
ゲートの材料の許容応力度	第15条　額，戸当り，湖底部，取水塔およびスクリーンに用いられる構造用鋼材，鋳・鍛鋼品および機械構造用炭素鋼の許容応力度は次のとおりとする
ゲートの開閉装置用材料の安全率	第19条　開閉装置に使用する材料の安全率は，使用原動機の定格トルクから算出した応力度が，使用材料の引張強さに対し，表に示す値以上とし，かつ，最大トルクから算出した応力度が使用材料の降伏点の90%以下にしなければならない
ゲートの許容たわみ度	第20条　扉体の曲げによるたわみ度は，径間に対して表に示す値以下としなければならない
可動堰の構造	「土地改良事業計画設計基準・頭首工」 3.2.1　可動堰は，ゲート操作により，取水時における必要な水位および洪水時における流水の安全な流下を確保し，流水その他の外力に対して安全な構造とする
固定堰の構造	3.2.2　固定堰は，取水時には必要な水位を確保し，洪水時には流水の流下に著しい支障を与えず，外力に対して安全で水利的に有利な断面を有する構造とする
ゲートの構造	3.2.7　ゲートは，取水確保のため必要な水密性を有し，流水等の外力に対して安全で，開閉が確実かつ円滑に行える構造とする

表 8－15(1)　水圧管路に対する要求事項

要求事項	該当法令等（水力設備に関する技術基準を定める省令）
設置位置	一般事項 第 26 条　水路は，次の各号により施設しなければならない
設備の安定性 流入状況を保持	一　洪水，山崩れ，なだれ等により損傷を受けるおそれがないこと
	二　設計水量以上の水量が流入するおそれがある場合には，その水量を安全に排除できること
	三　流木，じんかい，土砂等の流入により著しく損傷を受けるおそれがないこと
使用材料	四　水路に使用するコンクリートの材料は第10条の各号によること
	五　水路に使用するコンクリート以外の材料は，水路に必要な化学的および機械的性能を有するものであること
全般	水圧管路 第 32 条　水圧管路は，次の各号により施設しなければならない
許容応力度	一　次の表の上覧に掲げる形式の水圧管路にあっては，それぞれ同表の下欄に掲げる荷重による応力‥‥は，使用する材料ごとにそれぞれの許容応力度を超えないこと
振動，座屈，腐食	二　管胴本体は，振動，座屈および腐食に対し安全であること
最低動水勾配線	三　ヘッドタンク又はサージタンク（これらがない場合は，取水設備）の水位が最低の場合における最低動水勾配線以下に位置すること
漏水	四　危険な漏水がないこと
安定性，許容応力度	五　アンカーブロックは，次によること イ．管胴本体を確実に固定するものであること ロ．アンカーブロックは，自重，‥‥荷重に対し安定であり，‥‥使用する材料ごとにそれぞれの許容応力をこえないこと
安定性，伸縮吸収	六　支台は，次によること イ．支台は，自重‥‥荷重に対し安定であり，‥‥使用する材料ごとにそれぞれの許容応力をこえないこと ロ．支台の支承部は，管胴本体の伸縮の際に管胴本体が安全かつ円滑に移動できる構造であること

表 8－15(2)　水圧管路に対する要求事項

要求事項	該当法令等（水門鉄管技術基準）
適用範囲	第1節　総則 第1条　この基準は，全ての水力発電所の水圧鉄管に適用する
水圧鉄管の計画，設計	第2節　計画一般 第3条　水圧鉄管の計画，設計は，安全性・経済性・施工性を考慮しなければならない
設計に用いる内圧	第4条　水圧鉄管の設計に用いる内圧は，静水時にサージングおよび水撃作用よる上昇水圧を加味して，起こりうる最大水圧とする
設計に用いる外圧	第5条　水圧鉄管の設計に用いる外圧は，排水時・管内空虚時のほか，施工時を通じて起こりうる最大圧力とする
損失水頭	第6条　水圧鉄管は，損失水頭ができるだけ小さくなるように主要耐圧部および附属設備の構造を決定しなければならない
水圧鉄管の材料	第3節　材料および許容応力 第8条　水圧鉄管の主要耐圧部およびこれに直接溶接する主要な附属設備に使用する材料は，表のとおりとする。ただし，化学成分および機械的性質等について確認した場合は，表以外の材料を使用することができる
材料試験	第10条　本章第8条以外の材料を使用する場合の材料試験・検査および標示の方法は，それぞれ使用材料の規格に規定された方法で行い，それ以外は，鋼材の検査通則によらなければならない
許容応力	第11条　設計計算に用いる許容応力は，表の値以下としなければならない。表に規定していない材料を使用するときの許容応力は，その材料の性質等について十分な検討をしたうえ，決定しなければならない
適用範囲	第4節　主要耐圧部の設計 第12条　本説は，鋼板を材料とし，ロールあるいはプレス加工により製作される水圧鉄管に適用する
最小板厚	第13条　主要耐圧部に使用する管の最小板厚は，補剛材を使用しない場合には次式によって求めた値以上としなければならない。ただし，補剛材を使用した場合でも最小板厚は 6㎜ を下回ることはできない
余裕厚	第14条　主要耐圧部に使用する板厚は，腐食および摩耗に対して 1.5㎜ 以上の余裕をつけなければならない
溶接継手効率	第16条　水圧鉄管の突合せ溶接の継手効率は表のとおりとする
主要耐圧部の設計条件	第20条　主要耐圧部は，次の各号の条件に適合するように設計しなければならない
振動に対する考慮	第21条　主要耐圧部の設計は，発電所の運転に支障をきたすおそれのある振動が発生しないように考慮しなければならない

表 8－15(3)　水圧管路に対する要求事項

要求事項	該当法令等（水門鉄管技術基準）
適用範囲	第 9 節　JIS 規格鋼管を用いる水圧鉄管 第 60 条 本節は，JIS 規格鋼管を用いる水圧鉄管に適用する
主要耐圧部の材料	第 62 条 主要耐圧部に使用する JIS 規格鋼管の種類は，表のとおりとする ・水道用亜鉛めっき鋼管 ・水輸送用塗覆装鋼管 ・配管用炭素鋼鋼管 ・圧力配管用炭素鋼鋼管 ・高圧配管用炭素鋼鋼管 ・配管用アーク溶接炭素鋼鋼管 ・ポリエチレン被覆鋼管 ・配管用ステンレス鋼鋼管 ・配管用アーク溶接大径ステンレス鋼鋼管
許容応力	第 63 条 設計計算に用いる許容応力は表の値以下としなければならない
適用範囲	第 10 節 ダクタイル鋳鉄管を用いる水圧鉄管 第 71 条 本説は，JIS 規格ダクタイル鋳鉄管を用いる水圧鉄管に適用する
許容応力	第 74 条 設計計算に用いる許容応力は表の値以下としなければならない
適用範囲	「水門鉄管技術基準，FRPM 水圧管編」 第 1 条　この基準はすべての水力発電所の FRPM 管を用いる水圧管路に適用する
FRPM 水圧管の計画，設計	第 3 条　FRPM 水圧管の計画，設計は，安全性・経済性・施工性を考慮しなければならない
設計に用いる内圧	第 4 条　FRPM 水圧管の設計に用いる内圧は，静水時にサージングおよび水撃作用よる上昇水圧を加味して，起こりうる最大水圧とする
設計に用いる外圧	第 5 条　FRPM 水圧管の設計に用いる外圧は，排水時・管内空虚時のほか，施工時を通じて起こりうる最大圧力とする
損失水頭	第 6 条　FRPM 水圧管の損失水頭は，できるだけ小さくなるようにしなければならない
設計計算の原則	第 10 条 FRPM 水圧管の主要耐圧部の設計計算は，原則として許容応力法によって行うものとする
許容応力	第 18 条 設計計算に用いる許容応力は，第 14 条による FRP 強度層の強度を適切な安全率で除してもとめるものとする

８．２　適用施設別手続き

簡易発電システムを導入する際には，法的手続きが必要となる。
河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設の場合について，各法的手続きフローを整理し，手順を確認する。

【解説】

図 8－7～10 に適用施設別の法的手続きフローを示す。

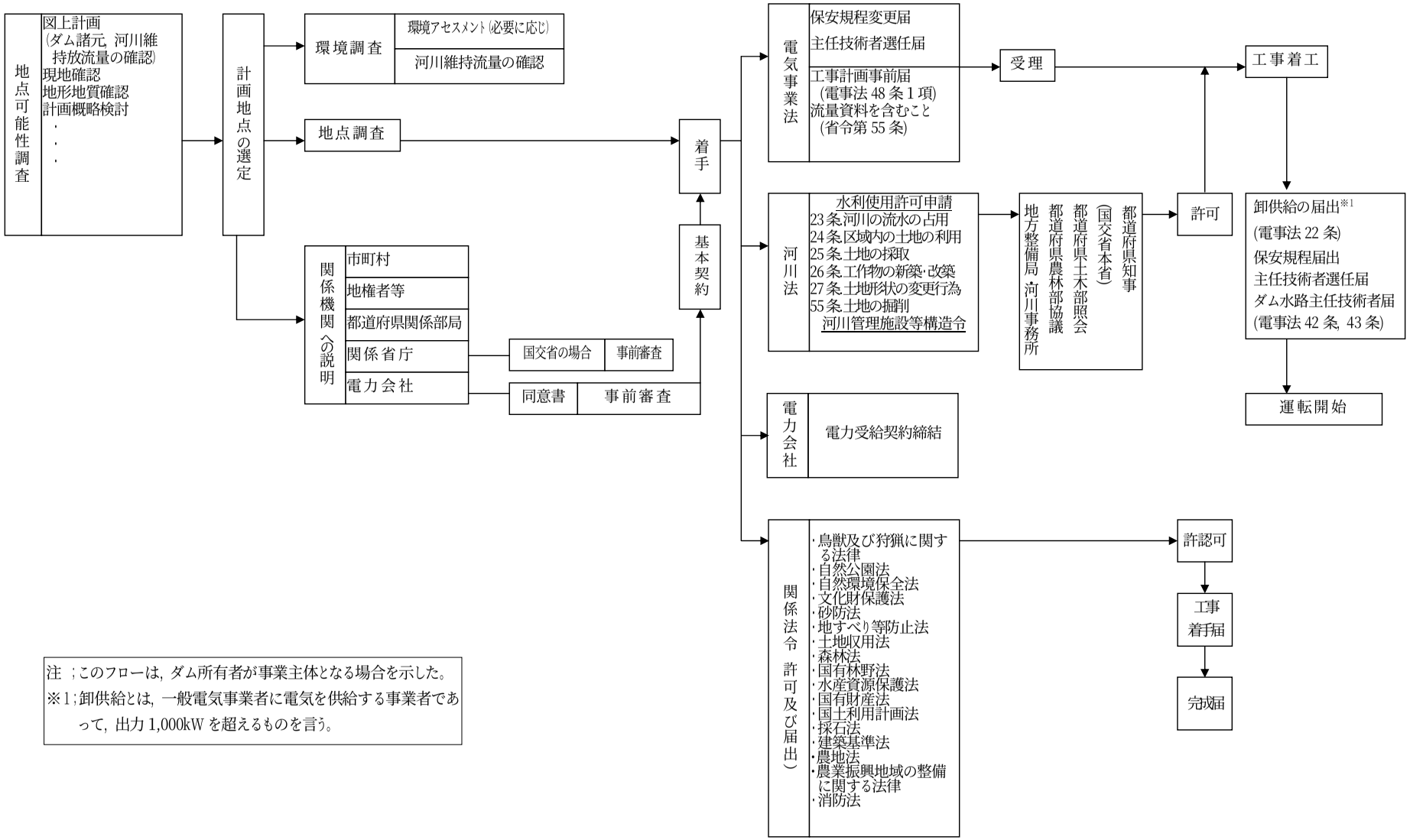
計画地点の選定から着手するまでに必要な手順は，先ず計画地点の選定で，概略調査および概略計画により規模を把握し，経済性の検討を行った上で選定した地点の計画概要を作成する。次に，計画地点の選定に伴い，建設を前提とした諸現地調査および設計を行うとともに，流量の調査を行い，並行して建設予定市町村関係，地権者関係，都道府県知事部局関係，省庁関係等への説明又は協議を行い，同意若しくは協力を得る。電力会社へ売電する場合は，電力会社との間で開発同意や受給契約を締結する。

着手から許認可を得るまでに必要な手順は，電気事業法による工事計画の事前届出を経済産業大臣に対し行い，河川法による各種許可の申請を当該河川の管理者に対して行う。その他計画位置において該当する関連法令について,開発行為に必要な許可の申請を行う。

河川指定のなされていない河川の上流部（渓流部など普通河川）では，河川指定の手続きが必要となるので注意が必要である。いずれの場合も，河川法上の特定水利使用となるため，流水の占用の許可等の申請が必要である。

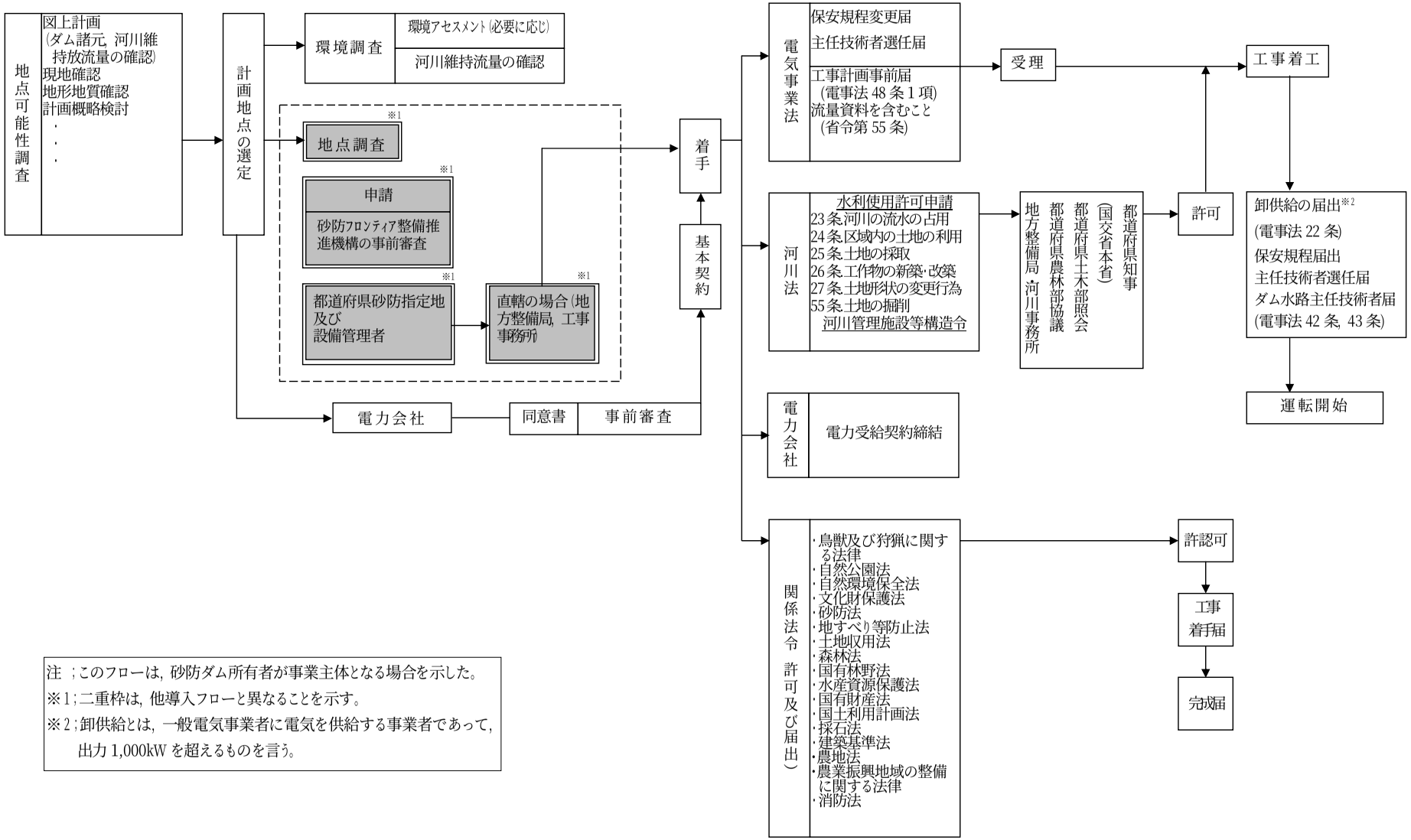
砂防ダム利用の場合は，河川指定がなされているかの確認および砂防ダム本体の河川管理施設構造令の適合を確認する必要がある。農業水利施設利用の場合は，地元土地改良区等への説明，地方農政局への報告が必要となる。上水道水利施設に計画する場合は，安定供給の確認も重要である。

なお，巻末資料－14 に電気事業法の届出および河川法に係る許可申請事例等を添付した。



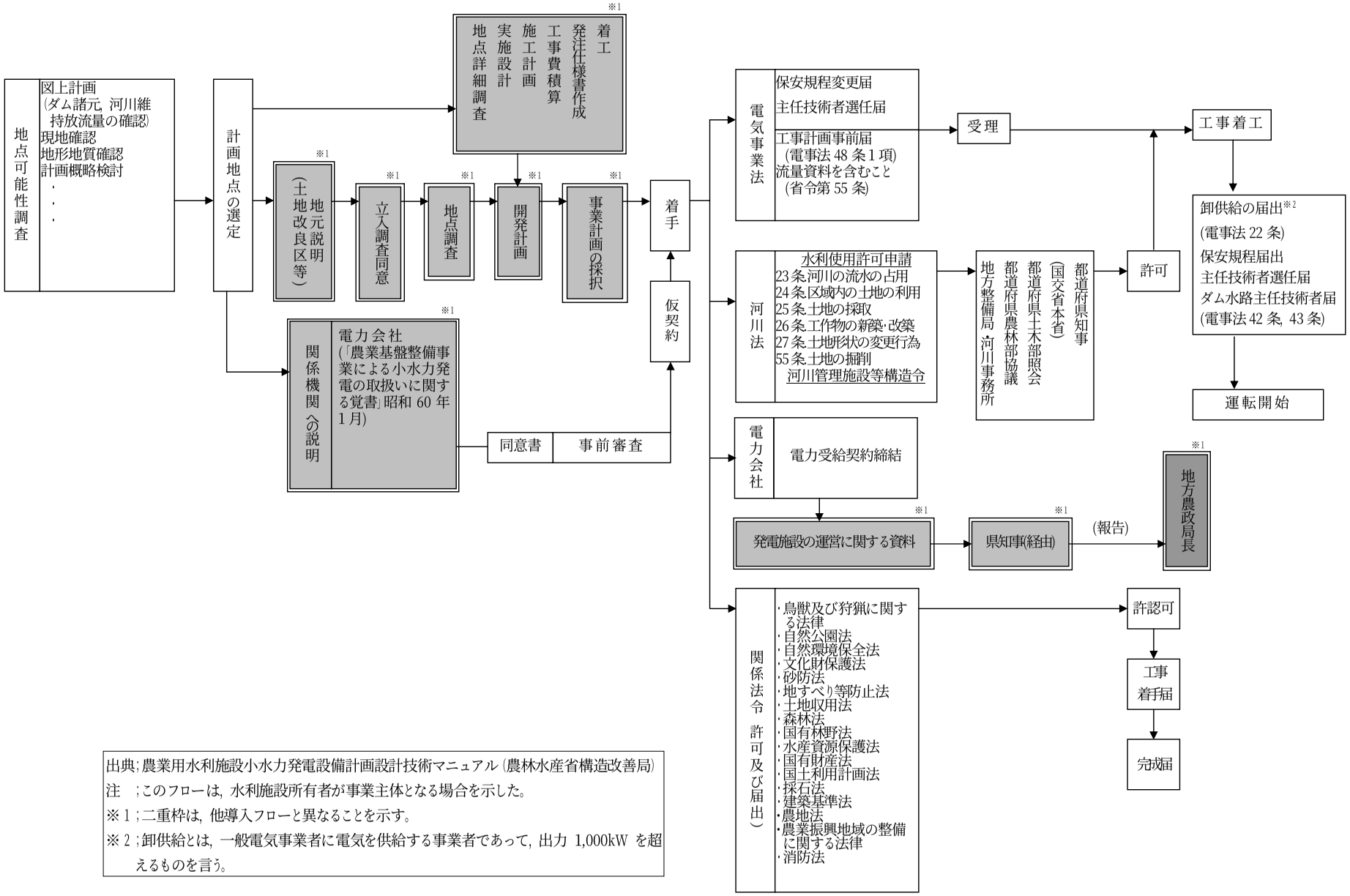
注 ；このフローは，ダム所有者が事業主体となる場合を示した。
※1；卸供給とは，一般電気事業者に電気を供給する事業者であって，出力 1,000kW を超えるものを言う。

図 8－7　簡易発電システム導入フロー（河川維持流量等放流設備の場合）



注 ;このフローは, 砂防ダム所有者が事業主体となる場合を示した。
※1;二重枠は, 他導入フローと異なることを示す。
※2;卸供給とは, 一般電気事業者に電気を供給する事業者であって, 出力 1,000kW を超えるものを言う。

図 8－8　簡易発電システム導入フロー（砂防ダムの場合）



出典；農業用水利施設小水力発電設備計画設計技術マニュアル（農林水産省構造改善局）
注　；このフローは，水利施設所有者が事業主体となる場合を示した。
※1；二重枠は，他導入フローと異なることを示す。
※2；卸供給とは，一般電気事業者に電気を供給する事業者であって，出力 1,000kW を超えるものを言う。

図 8－9　簡易発電システム導入フロー（農業水利施設の場合）

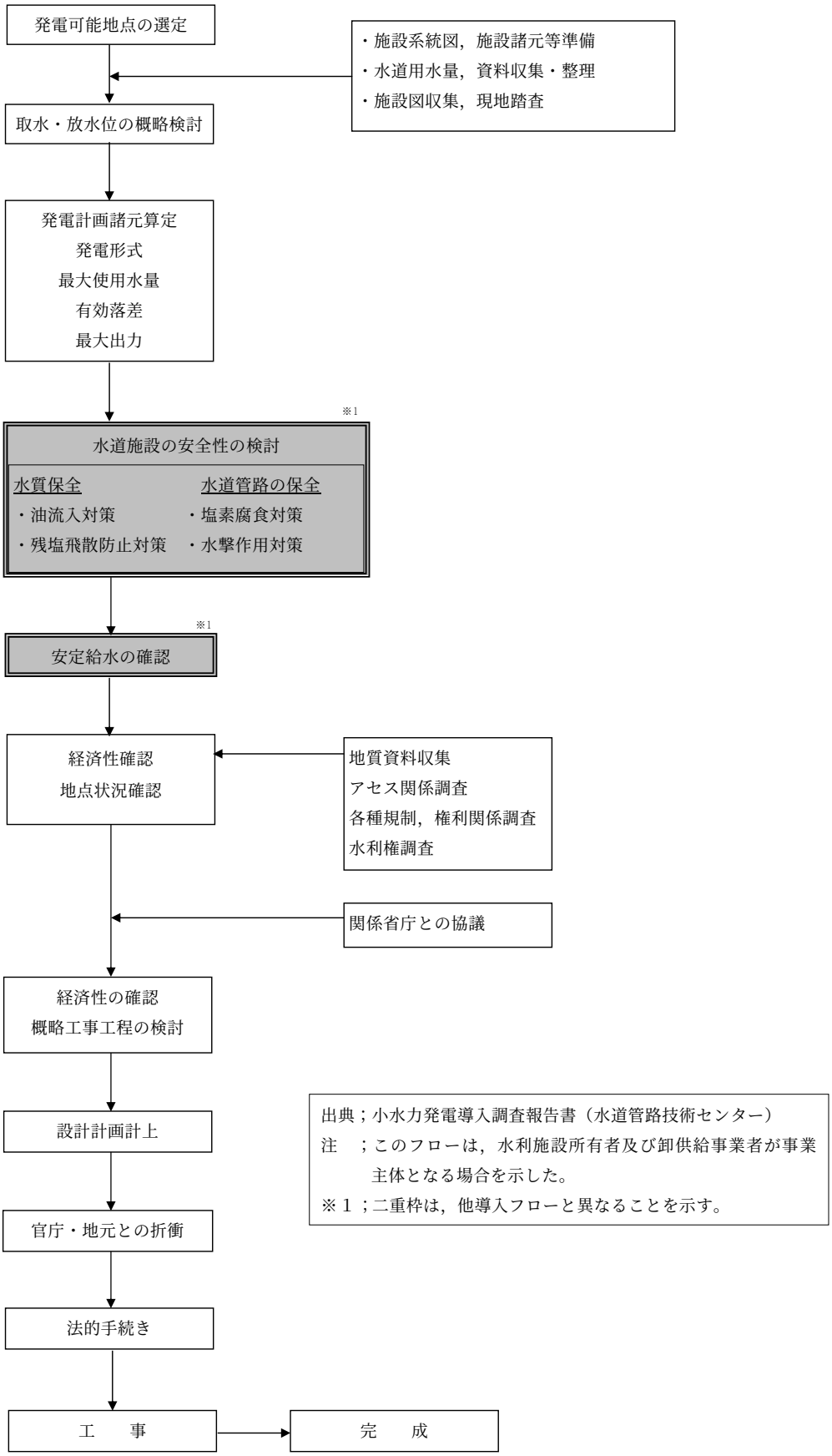


図 8－10　簡易発電システム導入フロー（上水道用水利施設の場合）

第９章　助成制度

９．１　主な助成制度

小水力発電の開発にあたっては，事業の目的・内容，適用施設に応じて，建設費用等を対象とした各種助成制度を積極的に活用し，経済性の向上を図る。

【解説】

開発規模が小さく，経済性に課題がある小水力発電の開発にあたっては，事業の目的・内容に応じて，建設費用等を対象とした各種助成制度（表 9－1 参照）を積極的に活用し，経済性の向上を図る必要がある。

なお，主な助成制度とその内容に関しては，巻末資料－15 に示す参考資料に記載されているので，本設計マニュアルでは詳細な解説を省略するが，活用にあたっては助成制度の新設，助成率の変更および廃止等を所管省庁のホームページ等で確認する必要がある。

表 9－１　建設費用に関わる主な助成制度

所管省庁及び事業名	助成対象	補助率及び限度額		事業目的	事業区分
		国	県		
経済産業省					
中小水力発電 開発費補助金事業	一般電気事業者 卸電気事業者 公営電気等卸供給事業者 特定規模電気事業者 特定電気事業者 自家用水力発電所設置者	・5,000kW以下：20% ・5,000kWを超えて 30,000kW以下：10% ・経済性が劣るまたは RPS法認定設備：10% （上乗せ） ・新技術導入部分：50%	－	中小水力の初期発電原価を引き下げ，開発の促進を図り，電源の開発・利用に資する。	－
総務省					
水道事業等における 小水力発電の推進	地方公共団体	起債充当率	－	水道事業および工業用水道事業の付帯工事（売電）としても小水力発電を積極的に展開するために地方債処置を講じる。	－
ふるさとづくり事業	市町村	事業債の許可（充当率90～75%）のうち，75%の元利償還金については，その30～55%を交付税措置	－	自主的・主体的な地域づくりの取り組みを支援する。	集会・交流施設の整備等，その他個別事業
農林水産省					
農村総合整備事業	都道府県，市町村， 土地改良区等	50%	0～20%	農業生産基盤の整備及びこれと関連をもつ農村生活環境の整備を総合的に実施するとともに，併せて都市と農村の交流促進のための条件整備等を図る農村整備事業を推進し，活力のある農村地域社会の発展に資する。	農業生産基盤整備事業，生活環境基盤整備事業，交流基盤整備事業等
農村振興 総合整備事業	都道府県，市町村等	50%	10～20%	個性ある農村振興が図れるよう，地域住民参加の下，地域のニーズに応じた農業生産基盤と生活環境の整備を総合的に実施する。	農業生産基盤整備事業，生活環境基盤整備事業，交流基盤整備事業等
中山間地域 総合整備事業	都道府県，市町村等	50%	30%	中山間地域の立地条件に沿った基盤整備を行い，定住促進，都市との共通社会の形成及び国土・環境の保全等に資する。	生活環境整備基盤事業，交流基盤整備事業，むらづくり基盤整備事業等
里地棚田保全 整備事業	都道府県，市町村等	50%	20%	里地や棚田において，地域条件に即した生産基盤整備や土地改良施設等の維持管理を実施するための施設整備を行う。	土地改良施設等保全整備事業，生活環境基盤整備事業等
地域用水環境 整備事業	市町村 土地改良区 その他団体	50%	25%	農業水利施設の保全，整備と一体的に地域用水を有する施設の整備を行い，農村地域の生活空間の向上を図る。	地域用水環境整備事業，歴史的施設保全事業
農業近代化資金制度	農業者 農業協同組合	・利子補給1.25% ・金利1.7%以内	－	農業用建物，農村環境整備，未利用資源活用施設を含む。	－
農業漁業金融公庫	農業者 農業協同組合	・返済期間15年 ・金利1.85%以内	－	中山間地域の活性化，用水路，排水路の整備。	－
環境省					
二酸化炭素排出抑制 対策事業費等補助金	地方公共団体	50%	－	地方公共団体等が行う地球温暖化対策事業（代エネ・省エネ）の強化と速やかな普及を図る。	－
その他					
グリーン電力基金	地方公共団体	・20万円/kW ・上限1,000万円	－	CO_2抑制等，環境保全への寄付金を自然エネルギー発電設備へ助成金として配分。	－

出典；「ハイドロバレー計画ガイドブック」（平成 17 年 3 月　経済産業省資源エネルギー庁，財団法人新エネルギー財団）

９．２　地方債等

地方公共団体が事業者となって小水力発電を開発する場合は，建設費用の資金充当を目的に，小水力発電の開発に適用可能な地方債の発行等を検討し，経済性の向上を図る。

【解説】

地方公共団体が事業者となって小水力発電を開発する場合は，建設費用の資金充当を目的に，小水力発電の開発に適用可能な地方債（表 9－2 参照）の発行等を検討し，経済性の向上を図る必要がある。なお，地方債の活用にあたっては，電気の需要施設や余剰電力の取り扱い方法等によって，適用できない場合もあるので，事前に所管省庁と調整する必要がある。

小水力発電の建設にあたり，市民参加型ミニ市場公募債（市民債）発行し，建設費用の財源に活用した事例としては，「家中川小水力市民発電所（山梨県都留市）」がある。

なお，地方債に関しては既存資料に詳しく解説されているので，本設計マニュアルでは詳細な解説を省略した。したがって，地方債とその内容に関しては,巻末資料－15 に示す参考資料等を参照されたい。

表 9－2　地方債

所管省庁及び地方債名	助成対象	補助率及び限度額		事業目的	事業区分
		国	県		
総務省					
過疎対策事業債	市町村 （過疎指定地域）	起債充当率100%，元利償還に要する経費のうち，70%を交付税措置	－	過疎地域が自主性，主体性を発揮し，自ら創意工夫によって，自立につながる施策の推進や公共的施設の整備を図る。	集会・交流施設の整備等，その他個別事業
辺地対策事業債	市町村 （辺地指定地域）	起債充当率100%，元利償還に要する経費のうち，80%を交付税措置	－	辺地地域が自主性，主体性を発揮し，自ら創意工夫によって，自立につながる施策の推進や公共的施設の整備を図る。	〃

出典；「ハイドロバレー計画ガイドブック」（平成 17 年 3 月　経済産業省資源エネルギー庁，財団法人新エネルギー財団）

巻　末　資　料

巻末資料－１　各適用施設における標準的な落差と流量の範囲

巻末資料－１　各適用施設における標準的な落差と流量の範囲

簡易発電システムに利用する各適用施設の落差・流量の賦存状況をもとに，流量・落差の範囲を明確にするため，施設数，諸元，流況，発電利用可能落差等を抽出・整理した。

各適用施設の落差・流量の範囲は，抽出・整理した資料を基に，統計処理によって設定した。統計処理は，適用施設ごとに落差・流量の頻度分布を作成し，標準偏差 1/2 の範囲とする方法をとった。

以下に各適用施設の落差・流量の範囲の検討概要を示す。

(1) 河川維持流量等放流設備

- 資料は発電用ダム（河川維持流量）とし，財団法人新エネルギー財団のものを用いた。
- サンプル数は,ダム高 15m以上 101 箇所,ダム高 15m未満 233 箇所とした。
- 落差はダム高とし,流量は流域面積と比流量(0.3㎥/s/100㎢)から求めた。
- 以上の事項より，ダム高 15m以上の落差の範囲は 15～100m，流量の範囲は 0.1～3㎥/s, ダム高 15m未満の落差の範囲は１～15m, 流量の範囲は 0.1～2㎥/s とした。

(2) 砂防ダム

- 資料は,「砂防便覧　平成９年度版（建設省河川局砂防部監修，社団法人全国治水砂防協会発行)」(以下，砂防便覧という。),「測水所一覧表，昭和 62 年３月（資源エネルギー庁公益事業部発電課)」を用いた。
- 「砂防便覧」によると，砂防ダムの地点数は約 50,000 箇所であった。
- サンプル数は主要河川ごとに１箇所とし，262 箇所とした。
- 落差は,「砂防便覧」に記載されているダム高としたが,「砂防便覧」のダム高は，５～30mの範囲で５m間隔に記載されているため，５mごとの中間値をダム高とした。
- 流量は，サンプル地点における近傍測水所の流量資料により，砂防ダムの平均的流域面積（20㎢）比から推定した渇水量とした。
- 以上の事項より，落差の範囲は平均して５～30m，流量の範囲は 0.1～0.8㎥/s とした。

(3) 農業用水利施設

農業用水利施設における農業用ダム・取水堰および水路落差工の落差・流量の範囲は，以下のとおりである。

① 農業用ダム（ダム高 15m以上）

- 資料は,「1999 年度版 ダム年鑑（財団法人日本ダム協会)」を用いた。
- サンプル数は，河川維持流量，責任放流量を放流している 13 箇所とした。
- 落差はダム高，流量は河川維持流量，責任放流量とした。
- 以上の事項より，落差の範囲は 15～60m，流量の範囲は 0.03～0.5m^3/s とした。

② 取水堰

- 資料は,「農業土木工事図譜第４集頭首工編（平成２年９月，社団法人農業土木学会)」および「流量年表　平成９年（日本河川協会)」を用いた。
- サンプル数は，311 箇所とした。
- 落差は可動堰（ゲート）高さとし，流量は流域面積と比流量 0.3m^3/s/100km^2 から求めた河川維持流量とした。なお，高さ 15m未満のダム取水堰に含めるものとした。
- 以上の事項より，落差の範囲は 0.5～５m，流量の範囲は 0.1～8m^3/s とした。

③ 水路落差工

- 資料は,「農業土木工事図譜第３集水路工編（昭和 59 年９月，社団法人農業土木学会)」(以下，図譜第３集水路工という。),「小水力発電可能性調査報告書（昭和 59 年３月,（財）日本農業土木総合研究所)」を用いた。
- 「図譜第３集水路工」によると，水路落差工の地点数は，総延長約 13,200km に対し，約 10,000 箇所であった。
- 「小水力発電可能性調査報告書」によると，年間発電電力量が約 15 万 kWh 以上，かつ発電出力 30kW 以上で発電可能日数が年間 120 日以上の包蔵水力地点は 212 箇所であった。
- 「図譜第３集水路工」において，落差は１～３mが対象範囲となっている。（分布状況は記載されていない。）
- 「小水力発電可能性調査報告書」によると，一級河川から取水している 30 箇所の取水量は，５～30m^3/s の範囲であった。
- 以上の事項より，落差の範囲は平均して２m，流量の範囲は５～30m^3/s とした。

(4) 上水道・工業用水利施設

- 取水堰の資料は,「堰の設計（山内彪，財団法人ダム技術センター編集，山

海堂)」,「ダム年鑑 1994（財団法人日本ダム協会)」,「水利使用許可の現況（(社）日本河川協会)」を用いた。水路落差工の資料は，財団法人新エネルギー財団の資料を用いた。

- サンプル数は，取水堰 12 箇所，水路落差工 141 箇所とした。
- 取水堰における落差は可動堰（ゲート）高さとし，流量は流域面積と比流量 0.3㎥/s/100㎢から求めた河川維持流量とした。
- 水路落差工における落差は，農業用水利施設の水路落差工と同じく１～３ｍの範囲と仮定し，流量は一級河川の水利使用許可件数約 2,000 件の流量から 0.1～0.8㎥/s とした。
- 以上の事項より,取水堰の落差の範囲は２～７ｍ,流量の範囲は１～５㎥/s,水路落差工の落差の範囲は平均して２ｍ，流量の範囲は 0.1～0.8㎥/s とした。

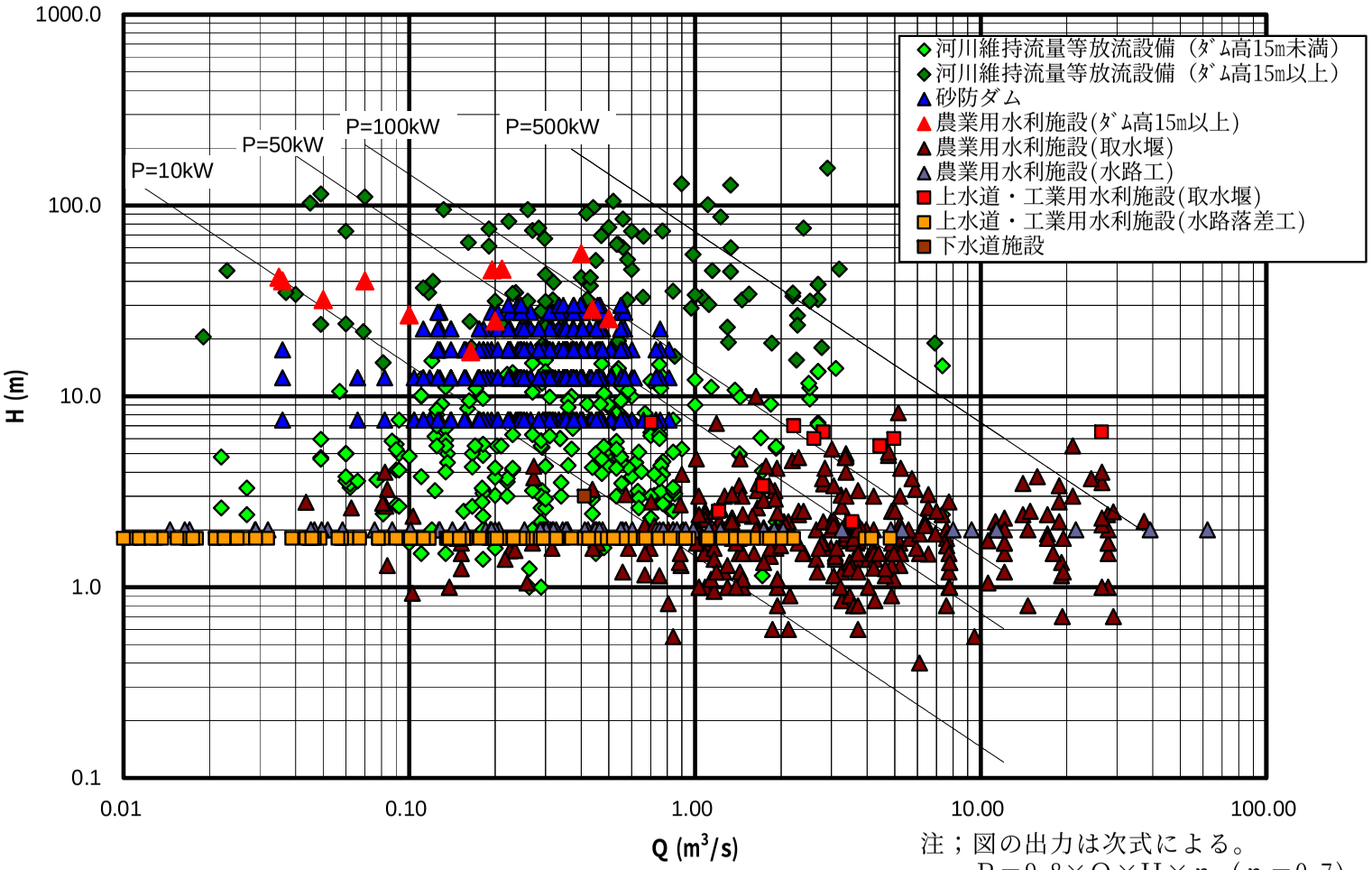
(5) 下水道施設

- 資料は,「下水道処理場データソフト（公共投資ジャーナル)」を用いた。
- 対象は処理後の放流水と放流設備とし，地点数は 332 箇所（東日本）であった。
- 落差に関するサンプル数は任意に抽出した 16 箇所，流量に関するサンプル数は 332 箇所とした。
- 以上の事項より，落差の範囲は１～10ｍ，流量の範囲は 0.1～1.0㎥/s とした。

資料表 1－1　調査対象施設別 落差・流量の賦存範囲

適用施設	種類	地点数	ｻﾝﾌﾟﾙ数	賦存範囲と抽出平均		出力 (kW)	開発可能量 (MWh/年)
				落差(m) 上段：検討対象値 下段：賦存範囲	流量(m^3/s) 上段：検討対象値 下段：賦存範囲		
河川維持流量等放流設備（発電用ダム）	高さ15m以上のダム	101	101	50 (15 ～ 100)	1 (0.1 ～ 3)	343	303,000
	高さ15m未満のダム（取水堰を含む）	233	233	6 (1 ～ 15)	0.5 (0.1 ～ 2)	21	43,000
砂防ダム	砂防ダム	約 50,000	262	10 (5 ～ 30)	0.4 (0.1 ～ 0.8)	27	－
農業用水利施設	高さ15m以上のダム	13	13	40 (15 ～ 60)	0.2 (0.03 ～ 0.5)	55	6,300
	取水堰（高さ 15m 未満のダムを含む）	311	311	2 (0.5 ～ 5)	5 (0.1 ～ 8)	69	188,000
	水路落差工	約 10,000	212	2 (1～3)	10 (5 ～ 30)	137	－
上水道・工業用水利施設	取水堰	21	21	6 (2 ～ 7)	4 (1 ～ 5)	164	30,100
	水路落差工	1,874	141	2 (1 ～ 3)	0.2 (0.1～0.8)	3	49,300
下水道施設	水路落差工	332※1	16(落差) 332(流量)	7 (1 ～ 10)	0.2 (1.0 ～ 1.0)	10	27,600

注；出力は，総合効率を 0.7 として算出した。
　　開発可能量は，出力に地点数を乗じた単純計算である。
　　「－」は，地点数が概算数であるため，算定から外した。
※1；東日本のみ。



資料図 1－1 落差・流量賦存状況

注；図の出力は次式による。
Ｐ＝9.8×Ｑ×Ｈ×η （η＝0.7）
サンプル地点をプロットした。
※２；５ｍ間隔に設定した落差ごとにプロットした。
※３；平均落差に対して流量をプロットした。

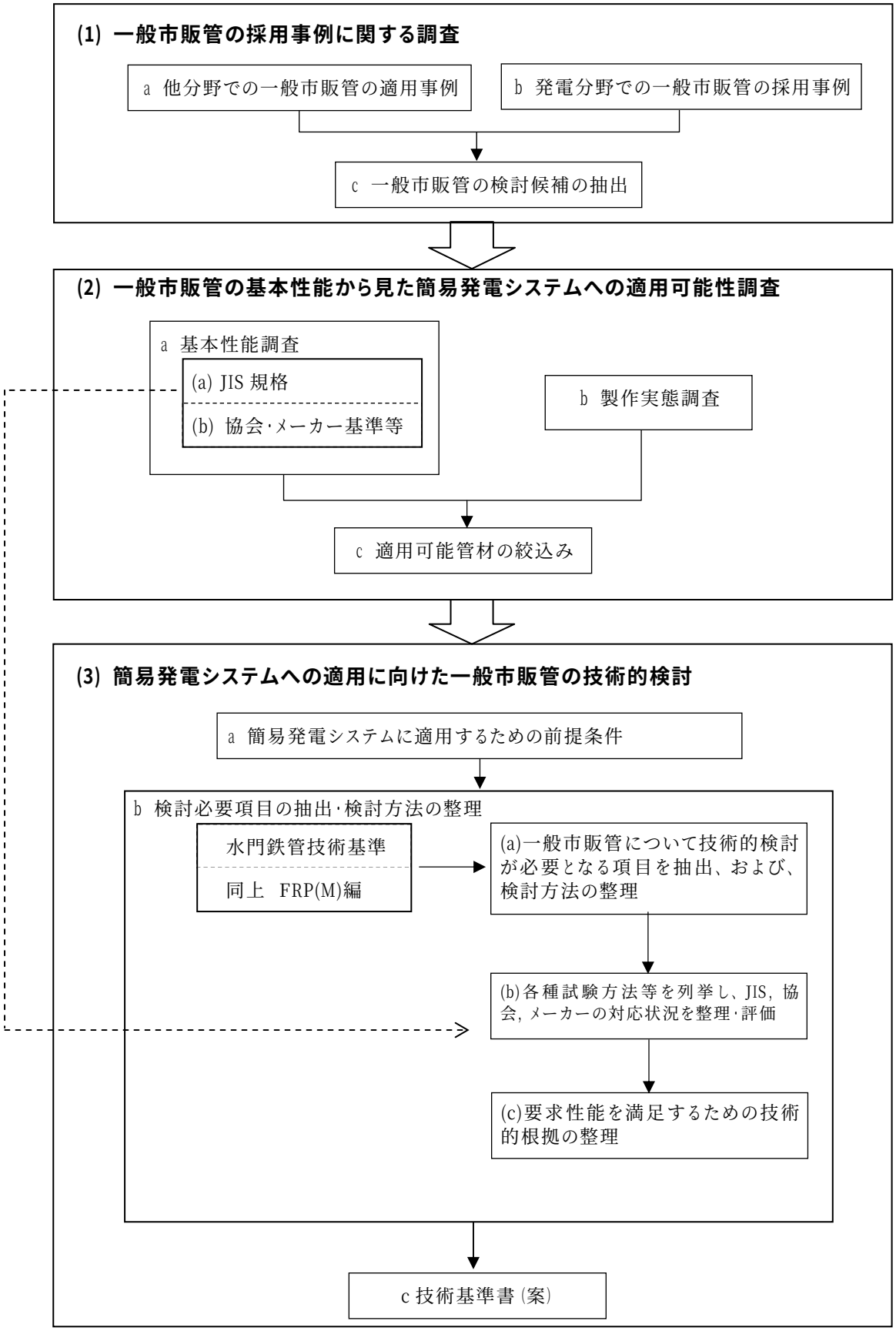
巻末資料－２　一般市販管に関する検討資料

巻末資料－２　一般市販管に関する検討資料

(1) 一般市販管の適用に関する検討内容と結果

本設計マニュアルに添付されている『一般市販管（塩ビ管，ポリ管，リブ管）による水圧管路技術基準(案)』の立案に際しては,資料図 2－1 に示すように,まず JIS 規格における規定事項を確認し,その次の段階として各管材の協会やメーカーの規定事項を確認した。さらに，水力発電所の水圧管路として実績のある鉄管や FRP(M)管に関する規定事項・検討事項を確認し，それを一般市販管に対する検討に反映させた。その検討内容と結果を資料表 2－1 に整理した。

なお，検討にあたっては，一般市販管を水力発電所の水圧管路として適用するために必要な技術要件を漏れなく抽出するため,既往の基準(『水門鉄管技術基準 水圧鉄管編』および『水門鉄管技術基準 FRP(M)編』）と比較する形で検討を行った。また，安全率の設定など設計面の考え方については，一般市販管を対象とした既往の設計基準（『水道施設設計指針』（日本水道協会，2000),『土地改良事業計画設計基準「パイプライン」』（農林水産省構造改善局，1998)）を参考にした。



資料図 2－1　一般市販管を適用可能と評価した検討の流れ

資料表 2－1　一般市販管に関する検討内容と結果

検討項目	検討内容	目的（ねらい）	検討結果	備　考
(1)一般市販管の採用事例に関する調査	a 他分野(農業，水道，工業用水，下水道)での適用事例	適用可能管種の洗い出し	各種技術基準などにより，塩ビ管，ポリ管,リブ管,鉄筋コンクリート管(HP 管),プレストレストコンクリート管(PC 管)が採用されていることを確認	
	b 発電分野での一般市販管採用事例	鋼管や FRP(M)など，既往の水門鉄管基準によらない実例の把握	海外での塩ビ管(φ500)。国内における小規模発電所(10kW 未満)における塩ビ管およびポリ管の採用実績を確認。 国内における 10kW 以上の発電所における一般市販管の使用実績がない。	
	C 一般市販管検討候補の抽出	検討対象管種の設定	塩ビ管，ポリ管,リブ管,HP 管，PC 管の 5 種について検討を進める	
(2)一般市販管の基本性能から見た簡易発電システムへの適用可能性調査	a 基本性能調査 (a)JIS 規格	JIS によって，規定されている性能・仕様の把握	適用範囲(仕様圧力)，引張強度，内圧強度，使用材料など，基本的事項は JIS に規定されていることを確認。 なお，ポリ管は小口径(φ300 以下)のみを規定，リブ管は外圧管として規定	
	(同上) (b)協会・メーカー基準等	協会・メーカー基準によって，規定されている性能・仕様の把握	JIS に準じた形で性能・仕様を規定している。 ポリ管についてはφ1000 程度まで対象としている。また，リブ管については内圧管としての適応性を確認。	
	b 製作実態調査	一般市販管としての入手しやすさを確認	HP 管以外については,複数の会社がメーカー基準に準じた製品を作成している。HP 管については，H16 から実質的に製造されていない。	メーカー聞取りによると,内圧管としては PC 管が標準となり,HP 管の需要が低下した。
	C 適用可能管材の絞込み	適用可能管材の絞込み	JIS，協会。メーカーの規定事項や製作実態を考慮して HP 管を除外し,塩ビ管，ポリ管,リブ管,PC 管について詳細検討を実施する。	
(3)簡易発電システムへの適用に向けた技術的検討	a 簡易発電システムに適用するための前提条件	一般市販管の採用における前提条件を確認	“水路に必用な化学的成分および機械的性能を有すること”（水技省令第 26 条）を確認する必要がある。	
	b 検討必要項目の抽出，検討方法の整理 (a)技術的検討項目抽出、検討方法整理	前提となる“化学的成分および機械的性能”を満足するための項目と手法の把握	簡易発電システムに採用するうえで、確認が必要な技術要件を漏れなく抽出するため、先ず、既存の水門鉄管技術基準および同ＦＲＰ（M）編を参考に、一般市販管の基準（案）の構成原案を作成した。 この構成原案を念頭に、技術的確認の必要な項目の洗い出しを行うとともに、抽出した項目に対する技術的確認方法を整理。	水門鉄管技術協会関係者の助言を得る。 巻末表 2－3 参照 PC 管については,既に水技省令第 26 条の四においてコンクリートの材料が規定されていることから，継手に関する検討のみ実施。
	(同上) (b)各種試験方法，JIS・協会・メーカーの対応状況を整理・評価 (c)要求性能を満足するための技術的根拠の整理	前項で技術的確認が必要とされた項目に対して,一般市販管が必要な性能を満足しているか，具体的に確認する。	技術的な確認が必要とされた項目について、ＦＲＰ（M）の JIS 基準，技術基準(案)立案時の検討事項および技術基準と比較する形で，各一般市販管のＪＩＳ規定事項，関連協会基準やメーカー基準の規定事項および性能確認試験結果,関連技術検討報告書等（文献）を整理。その結果から,全ての技術的性能を確認した。	水門鉄管技術協会関係者に随時助言を得る。 巻末表 2－4 参照
技術基準(案)立案	具体的条項の精査	小水力発電設備のコストダウン	簡易発電システムの要素技術として，コストダウンにつながる『一般市販管による水圧管路技術基準』を立案。	巻末資料-12 参照

(2) 技術基準(案)で採用した安全率について

本設計マニュアルと平行して作成した『一般市販管（塩ビ管，ポリ管，リブ管）による水圧管路技術基準(案)』では，以下に示す考え方により安全率を設定した。

a　水門鉄管技術基準　FRP(M)編

FRP(M)編では,“FRP(M)管の設計計算に用いる安全率は,各地点の状況に応じ,これらの要因を考慮したうえで設計者が判断し，決定する必要がある”としている。さらに,“通常の FRP(M)水圧管に対し,本基準に従って設計する場合は安全率として 6 を用いてよい”，としている。

この安全率の値は,ASME(米国機械学会)の FRP 圧力容器基準(ASME,Boiler and Pressure Vessel Code.Sec X,Fiber-Reinforced Plastic Presure Vessels. RD-111,1995)で採用している安全率に等しい。

b　『水道施設設計指針（水道指針)』(日本水道協会，2000)

内圧による応力と外圧による応力を別々に評価する条件で，長期強度（管が 20℃で 50 年後に予想される強度)に対する安全率を,塩ビ管に対して 2.3 程度,ポリ管に対して 2.0 程度としている。

一方，長期強度は短期強度のほぼ 1/2 と考えられるため，短期強度を長期強度に変換させるためには 2.0 程度の安全率をかければよい。従って，長期強度に対する安全率を 2 とした場合，短期強度に対する安全率は 4 程度となる。

また，外圧による曲げ応力に対しては，水道指針においても，短期引張強度に対して安全率 2.5 としている。

しかし，縦断方向の検討についての安全率は特に規定していない。

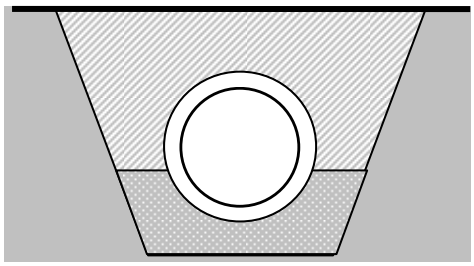
c　『土地改良事業計画設計基準「パイプライン」(農林基準)』(農林水産省構造改善局，1998)

内圧による応力と外圧による応力を同時に評価する条件で，短期強度（製造後の強度＝クリープの影響を受けていない材料の強度）に対する安全率を，3.0 としている。

また，縦断方向の検討については，短期引張強度に対して安全率 2.0 としている。

しかし，外圧による曲げ応力に対しては安全率を規定していない。

d　水道指針および農林基準における発生応力に対する照査方法



内圧によって発生する引張応力　σ_1　，　許容引張応力　σ_{1a}

内圧によって発生する曲げ応力　σ_2　，　許容曲げ応力　σ_{2a}

資料図 2－1　埋設管に作用する応力

(a) 水道指針

内圧による引張応力と外圧による曲げ応力を別々に照査する。

1) 内圧

$$\sigma_1 = \frac{P(D-t)}{2t} \leqq \sigma_{1a}$$

ここに，p ；内圧(N/mm^2)，

D ；内径(mm)

t ；管厚(mm)

2) 外圧

$$\sigma_2 = \frac{k \bullet P_e \bullet r^2}{z} \leqq \sigma_{2a}$$

ここに，p_e ；外圧(N/mm^2)

k ；支承角および管の照査位置からきまる

曲げモーメント係数

r ；管厚中心半径(mm)

z ；断面係数(mm^3/mm)

(b) 農林基準

内圧と外圧による応力を一緒に評価し，必要管厚を照査する。

$$t \geqq \frac{0.5D \bullet H + \sqrt{(0.5D \bullet H)^2 + 24\alpha \bullet \sigma_{1a} \bullet M}}{2 \bullet \sigma_{1a}}$$

ここに，D ；内径(mm)，

H ；設計水圧(静水圧＋水撃圧) (N/mm^2)

α ；管の引張応力/曲げ応力

M ；外圧によって発生する最大曲げモーメント

(N・mm/mm)

(c) 水道指針と農林基準の比較

資料表 2－2　設計の考え方の比較

設計の考え方		水道指針	農林基準
周方向応力の検討	荷重の考え方※	内圧による応力と外圧による応力を別々に評価	内圧による応力と外圧による応力を足し合わせて評価
	設計基準強度	長期引張強度（クリープによる強度低下考慮）	短期引張強度（クリープによる強度低下無視）
	安全率	2.3 (塩ビ管), 2.0 （ポリ管）	3.0 （塩ビ管，ポリ管）
周方向曲げ応力の検討	設計基準強度	短期引張強度（クリープによる強度低下無視）	(規定していない)
	安全率	2.5 （塩ビ管，ポリ管）	
縦断方向の検討	設計基準強度	(規定していない)	短期引張強度（クリープによる強度低下無視）
	安全率		2.0（塩ビ管，ポリ管）
短期荷重と長期荷重の関係		短期強度　長期強度×2.0	短期強度のみに着目している

※水圧鉄管・FRPM及び一般市販管における荷重の考え方は，水道指針と同様に，内圧による応力と外圧による応力を別々に評価

e　一般市販管による水圧管路への適用

一般市販管による水圧管路の設計方針は基本的に水門鉄管技術基準（水圧鉄管編および FRP(M)水圧管編）に準じている。つまり，荷重の考え方としては，内圧と外圧を別々に評価することを基本とした。

また,設計基準強度としても,水門鉄管技術基準に準じて，クリープによる強度低下を考慮していない短期強度を基準とする。

以上のことから,一般市販管による水圧管路の設計においては,水道基準と同程度の安全率を確保することを基本とし,短期強度(製造後の強度＝クリープによる影響を受けていない材料の強度）に対して，以下の安全率を示した。

設計内圧により発生する引張周方向応力に対して　；　安全率　4

外圧による曲げ応力に対して　；　安全率　2.5

なお，一般市販管による水圧管路技術基準(案)の第 17 条（許容応力）の条項では,基本的に水門鉄管技術基準の表現に準拠した表現とした。つまり，解説の中で“一般市販管による水圧管路の設計計算に用いる安全率は，各地点の状況に応じ，これらの要因を考慮したうえで設計者が判断し，決定する必要がある”としたうえで,上記安全率を示すことにした。

資料表 2－3（1）　技術的検討が必要な項目ならびに検討方法

※：一般市販管による水圧管路技術基準(案)の条項として規定する必要性の有無

項　目		鋼管・ダクタイル鋳鉄管 (水門鉄管基準　水圧鉄管編)	FRP(M)管 (水門鉄管基準　FRP(M)水圧管編)	硬質塩化ビニル管・ポリエチレン管			備考	必要性※
				検討の必要性	検討項目	具体的な対応方針（案）		
1	**総則**							
1.1	適用範囲	第1条　全ての水力発電所の水圧鉄管に適用する。	第1条　全ての水力発電所のFRP(M)管を用いた水圧管路に適用する。	当該基準の適用範囲を定めた条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
1.2	定義	第2条　「水圧鉄管」，「主要耐圧部」，「付属設備」，「縦方向継手」，「周方向継手」等の主要な用語を定義	第2条　「FRP(M)水圧管」，「主要耐圧部」，「付属設備」，「FRP管」，「FRP(M)管」，「FW管」，「CC管」等の主要な用語を定義	主要な用語の定義について定めた条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
2	**計画一般**							
2.1	計画，設計	第3条　水圧管路の計画・設計は，安全性，経済性，施工性を考慮しなければならない。	第3条　FRP(M)水圧管の計画・設計は，安全性，経済性，施工性を考慮しなければならない。	計画，設計に関する基本的な考え方について定めた条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
2.2	設計に用いる内圧	第4条　水圧鉄管の設計に用いる内圧は，静水圧にサージング及び水撃作用による上昇圧を加味して，起こりうる最大水圧とする。	第4条　FRP(M)水圧管の設計に用いる内圧は，静水圧にサージング及び水撃作用による上昇圧を加味して，起こりうる最大水圧とする。	設計に用いる内圧の考え方について定めた条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
2.3	設計に用いる外圧	第5条　水圧鉄管の設計に用いる外圧は，排水時・管内空虚時のほか，施工時を通じて起こりうる最大圧力とする。	第5条　FRP(M)水圧管の設計に用いる外圧は，排水時・管内空虚時のほか，施工時を通じて起こりうる最大圧力とする。	設計に用いる外圧の考え方について定めた条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
2.4	損失水頭	第6条　水圧鉄管は，損失水頭ができるだけ小さくなるように主要耐圧部及び付属設備の構造を決定しなければならない。	第6条　FRP(M)水圧管の損失水頭は，できるだけ小さくなるようにしなければならない。	損失水頭の考え方について定めた条文であり，その考え方に対しては技術的検討を要しないが，粗度係数については基準とする値について検討する必要がある。	粗度係数について検討する。	既往文献，研究結果，メーカー試験値などを参考に整理・検討して，適切な値を設定する。		要
3	**材料及び許容応力**							
3.1	主要耐圧部の材料	第8条　水圧鉄管の主要耐圧部及びこれに直接溶接する主要な付属設備に使用する材料は，表-1・8-1のとおりとする。ただし，化学成分及び機械的性質等について確認した場合は，表-1・8-1以外の材料を使用することができる。	第7条　主要耐圧部に使用する材料は，FRP強度層が表-7-1に挙げる種類の原材料を用い，FW成形方法又はCC方法によって製造されたFRP(M)管とする。ただし，十分な検討を加えた場合は，これ以外の材料を使用することができる。	主要耐圧部の材料について定めた条文であり，JIS等の基準で規格化された一般市販管の使用を前提としているため，技術的検討は必要ない。材料強度については「3.3 材料試験」を参照。	----------	----------		要
		【解説の一部抜粋】　表-1・8-1の材料のうちJIS G 3442,3443,3452,3455,3457,3459,3468及び3469の鋼管材料，並びにJIS G 5526,5527のダクタイル鋳鉄管は水力発電所用水圧管路の材料として使用することができる。これらのJIS規格管を使用するにあたっては本基準の各条項に準拠するものとし，特に第9節「JIS規格鋼管を用いる水圧鉄管」，第10節「ダクタイル鋳鉄管を用いる水圧鉄管」によるものとする。	【解説の一部抜粋】　FRP(M)管の製品規格として，JIS A 5350(1991)「強化プラスチック複合管」がある。この規格によるFRP(M)管（FW管及びCC管）は，FRP強度層の原材料及び製造方法が本条の規定に適合しているので，FRP(M)水圧管主要耐圧部の材料として使用してよい。	----------	----------		要
3.2	付属設備の材料	第9条　主要耐圧部に直接溶接しない主要な付属設備に使用する材料は，本章，表-1・8-1及び表-1・9-1，又は，これと同等以上の性質を有する材料とする。付属設備のうち，主要耐圧部に直接溶接しないものでも主要耐圧部に密接な関係があるものについては，鋼材を使用しなければならない。	第8条　付属設備に使用する材料は次のとおりとする。(1)維手：第7条に定める材料（水密ゴムを除く），(2)スチフナ及びストラスカラ：第7条に定める材料，(3)水密ゴム：JIS K 6353(1991)「水道用ゴム」又はこれと同等以上のもの，(4) その他の付属設備：「水門鉄管技術基準」に定める材料	付属設備の材料について定めた条文であり，JIS等の基準で規格化された一般市販管の使用を前提としているため，技術的検討は必要ない。材料強度については「3.3 材料試験」を参照。	----------	----------		要

資料表 2－3（2）　技術的検討が必要な項目ならびに検討方法

※：一般市販管による水圧管路技術基準(案)の条項として規定する必要性の有無

項　目	鋼管・ダクタイル鋳鉄管 （水門鉄管基準　水圧鉄管編）	FRP(M)管 （水門鉄管基準　FRP(M)水圧管編）	硬質塩化ビニル管・ポリエチレン管			備考	必要性※
			検討の必要性	検討項目	具体的な対応方針（案）		
3.3　材料試験	第10条　本章 第8条 表-1・8-1及び第9条表-1・9-1以外の材料を使用する場合の材料試験・検査及び表示の方法は，それぞれ使用材料の規格に規定された方法で行い，それ以外は，鋼材の検査通則(JIS G 0303)によらなければならない。 2．　厚さが特に大であるもの及び特殊な材料を使用する場合は，その材料の溶接性その他について試験を行うものとする。	第9条　主要耐圧部に使用する材料は，次の試験を行うものとする。　(1) 原材料試験：各原材料に適用されるJISに規定する項目，　(2) FRP強度層の強度試験：引張，圧縮，せん断，その他必要な項目。 ただし，あらかじめこれらの強度試験結果が得られている場合は，試験を省略することができる。	使用材料が該当する規格に合格することを確認するための試験について定めた条文であり，使用するー般市販管の材料強度等の性能を確認するための試験項目，方法等について検討を行う必要がある。	1．材料特性(材料強度等)に関する試験項目及び試験方法，2．疲労特性(疲労強度等)に関する試験項目及び試験方法，3．耐衝撃性に関する試験項目及び試験方法，について検討する。	JIS基準に規定される試験内容，協会基準における試験内容，メーカーにおける試験内容・結果，既往の文献・試験内容などを検討・整理し，材料特性，使用方法などを考慮して，要求性能に対する評価指標を明らかにする。		要
3.4　許容応力	第11条　設計計算に用いる許容応力は表-1・11-1の値以下としなければならない。ただし，材料の溶接継手部においては，溶接・接合編第13条に規定する継手効率を乗じた値とする。 2．　表-1・11-1に規定していない材料を使用するときの許容応力は，その材料の性質等について十分な検討をしたうえ，検定しなければならない。	第18条　設計計算に用いる許容応力は，第14条によるFRP強度層の強度を適切な安全率で除して求めるものとする。	設計計算に用いる許容応力について定めた条文である。ー般市販管の場合は各種管材に対して使用圧力が設定されているため，実際に使用する管材の強度と使用圧力の関係を整理し，確保すべき適切な安全率について検討を行う必要がある。	使用圧力の考え方及び管材強度等との間で確保すべき安全率について検討する。	ー般市販管としての特性や材料の製造方法などを考慮し，また，水道分野での適用例や海外での実績などを整理・検討して，使用圧力に対する考え方と許容圧力，安全率の標準的な値などを検討する。		要
4　主要耐圧部の設計							
4.1　適用範囲	第12条　本節は，鋼板を材料とし，ロールあるいはプレス加工により製作される水圧鉄管に適用する。	（該当する条項はない）	「水圧鉄管編」において，“第４節 主要耐圧部の設計”の適用範囲を鋼板を材料とする水圧鉄管に制限するための条文であり，「FRP(M)」編の場合は対象がFRP(M)のみであるため，適用範囲については第1条で対応している。従って，硬質塩化ビニル管などにおいてもFRP(M)の場合と同様に，この条項に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
4.2　最小板厚	第13条　主要耐圧部に使用する管の最小板厚は，補剛材使用しない場合には次式によって求めた値以上としなければならない。ただし，補剛材を使用した場合でも最小板圧は6mmを下回ることはできない。	（該当する条項はない）	製作・運搬・据付等を考慮した条項である。しかし，ここではFRP(M)と同様にー般市販管を用いることが前提であり，適切な運搬・施工のもとではー般市販管で規定されている板厚によって製作・運搬・据付等の条件に対して必要な剛性が確保されているものと考えられる。従って，最小板厚に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
4.3　余裕厚	第14条　主要耐圧部に使用する板厚は，腐食及び摩擦に対して1.5mm以上の余裕をつけなければならない。ただし，特に腐食及び摩擦に対して十分な工法を施した場合は，余裕厚を緩和することができる。	（直接該当する条項はないが，第11条「管の構成と各そうの取扱い」で腐食・摩耗性（耐食性）については保護層で対応すること，第23条「摩耗に対する考慮」では摩耗が著しい場合への対応について規定している）	管の腐食及び摩擦による板厚の減少に対し，水圧管路の安全率確保及び寿命増加のために定められた条文であり，硬質塩化ビニル管などのー般市販管についても検討する必要がある。	耐摩耗性及び耐薬品性について検討する。	耐摩耗性及び耐腐食性に関する既往文献・実験結果などを整理し，ー般市販管を水力発電所へ利用する場合における余裕厚の値又は考え方を検討する。		要
4.4　設計計算に用いる有効断面積	第15条　設計計算に用いる管里の有効断面積の算出式は次のとおりとする(省略)。	（該当する条項はない）	余裕厚を考慮した管断面有効断面積の計算方法を定めた条文であり，余裕厚の検討とともに技術的検討が必要となる。	余裕厚を考慮した場合の有効断面積の考え方について検討する。	余裕厚が必用と判断される場合には，その余裕厚に対応した有効断面積の算出方法を整理するとともに，余裕厚を考慮した場合のー般市販管の使用圧力（許容圧力）の低減等について試算する。		要
4.5　溶接継手効率	第16条　水圧鉄管の突合せ溶接の継き手効率は表-1・16-1及び表-1・16-のとおりとする。	（該当する条項はない）	水圧鉄管の突合せ溶接の継手効率を定めた条文であり，継手部の強度低下に対応した許容応力の低減係数を示している。FRP(M)の場合は“溶接”に準じた継手が無いため該当条項が存在しない。硬質塩化ビニル管の場合は，FRP(M)と同様に“溶接”に準じた継手が無いため，本条項に対応した技術的検討は必要ない。しかし，ポリエチレン管の場合で“融着”接合とする場合，水圧鉄管と同様に本条項に対応した技術的検討が必要である。	ポリエチレン管の融着接合の継手効率について検討する。	ポリエチレン管融着接合の継手部の強度低下について検討し，必要に応じて継手効率を設定する。		要

資料表 2－3（3）　技術的検討が必要な項目ならびに検討方法

※：一般市販管による水圧管路技術基準(案)の条項として規定する必要性の有無

項　目	鋼管・ダクタイル鋳鉄管 （水門鉄管基準　水圧鉄管編）	FRP(M)管 （水門鉄管基準　FRP(M)水圧管編）	硬質塩化ビニル管・ポリエチレン管			備考	必要性※
			検討の必要性	検討項目	具体的な対応方針（案）		
4.6　設計計算の原則	（該当する条項はない）	第10条　FRP(M)水圧管の主要耐圧部の設計計算は，原則として許容応力度法によって行うものとする。	FRP(M)主要耐圧部の設計計算は許容応力度法によることを定めた条文であり，「水圧鉄管編」においては特に規定がないものの，設計計算の考え方は同様である。硬質塩化ビニル管，ポリエチレン管についても設計計算の考え方は同様であり，設計計算の考え方に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
4.7　管の構成と各層の取扱い	（該当する条項はない）	第11条　FRP(M)水圧管主要耐圧部の設計計算における各層の取扱は，次によるものとする。　(1)FRP強度層の余裕厚は考慮しない。(2)保護層及びFRP(M)管の樹脂モルタル層の強度は考慮しない。	FRP(M)管のFRP強度層，保護層，樹脂モルタル層の取扱いに関する条文であり，水圧鉄管主要耐圧部は単一材料であるため，管の構成等に関する条項はない。硬質塩化ビニル管などについても単一構造であるため，水圧鉄管の場合と同様に管の構成等に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
4.8　設計計算に用いる寸法	（該当する条項はないが，ロールあるいはプレス加工により製作される水圧鉄管の周長の許容差については第49条で規定されている。また，JIS規格鋼管を用いる場合の寸法検査に関する条文（第68条）の解説で，”JIS規格の板圧許容差下限値で応力計算し安全を確認することが必要”という記述がある。）	第12条　FRP(M)水圧管の主要耐圧部の設計計算に用いる寸法には，原則として公差を考慮しないものとする。	FRP(M)管の主要耐圧部の設計計算に用いる寸法（公差＝厚さの許容値）の取り扱いに関する条文であり，水圧管路の場合も直接的な条項はないが，第68条解説のように設計計算に用いる寸法に関する記述が存在する。硬質塩化ビニル管などの一般市販管では管径，管厚，使用圧力（許容圧力）が設定されているため，基本的には設計計算を必要としない。しかし，動水圧などへの対応など，特に設計計算を行う場合を想定した場合，設計計算に用いる寸法に関して技術的検討が必要になる。	設計計算に用いる寸法の考え方について検討する。	硬質塩化ビニル管などの公差に関して整理し，設計計算に用いる寸法の考え方を提示する。		要
4.9　FRP強度層の繊維含有率	（該当する条項はない）	第13条　FRP(M)水圧管主要耐圧部の設計計算に用いるFRP強度層の繊維含有率は，製造条件に正しく合致しなければならない。	FRP(M)管の強度に大きく影響する繊維含有率に関する条文であり，水圧鉄管主要耐圧部は単一材料であるため，強度層等に関する条項はない。硬質塩化ビニル管などについても単一構造であるため，水圧鉄管の場合と同様に強度層等に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
4.10　設計計算に用いる物性値	（該当する条項はない）	第14条　FRP強度層の計算に用いる物性値は，次のいずれかによるものとする。　(1)試験値，　(2)複合則による計算値	複合材料であるFRP(M)強度層の計算に用いる物性値の設定方法に関する条文であり，水圧鉄管主要耐圧部は単一材料であるためFRP(M)強度層の物性値設定方法に相当する条項はない。硬質塩化ビニル管などについても単一構造であるため水圧鉄管と同様であるが，基本的な値でもあるため物性値の設定方法について技術的検討を行う。	物理定数について検討する。	JIS基準に規定される試験内容，協会基準における試験内容，メーカーにおける試験内容・結果，既往の文献・試験内容などを検討・整理し，物理定数設定に対する評価指標を明らかにする。		要
4.11　設計計算に用いる管壁の断面性能	（該当する条項はない）	第15条　FRP強度層の計算に用いる管壁の断面性能は，次のいずれかによるものとする。　(1)積層材の理論による計算値，　(2)その他適当な方法により求めた値	複合材料であるFRP(M)強度層の計算に用いる管壁断面性能に関する条文であり，水圧鉄管主要耐圧部は単一材料であるためFRP(M)強度層の断面性能設定方法に相当する条項はない。硬質塩化ビニル管などについても単一構造であるため，水圧鉄管の場合と同様に断面性能設定方法に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
4.12　考慮する荷重	第17条　主要耐圧部の設計は，次の荷重に対して安全でなければならない（以降省略）。	第16条　主要耐圧部は，次の荷重に対して安全であるように設計しなければならない（以降省略）。	主要耐圧部の設計に対して考慮する荷重に関する条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
4.13　荷重の組合せ	第18条　前条の荷重は，次の各号の組合せについて考慮しなければならない（以降省略）。	第17条　前条の荷重は，次の各号の組合せについて考慮しなければならない（以降省略）。	主要耐圧部の設計に対する荷重の組合せに関する条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要

資料表 2－3（4）　技術的検討が必要な項目ならびに検討方法

※：一般市販管による水圧管路技術基準(案)の条項として規定する必要性の有無

項　目	鋼管・ダクタイル鋳鉄管 （水門鉄管基準　水圧鉄管編）	FRP(M)管 （水門鉄管基準　FRP(M)水圧管編）	硬質塩化ビニル管・ポリエチレン管			備考	必要性※
			検討の必要性	検討項目	具体的な対応方針（案）		
4.14　許容応力の割増	第19条　主要耐圧部の設計における許容応力は，考慮する荷重及び応力の性質に応じて，管内満水時には表-1・19-1に示す係数を乗じた値まで割り増すことができる。また，管内充水時には許容応力を1.5倍まで割増ことができる（以降省略）。	第19条　主要耐圧部の設計においては，荷重の性質に応じて，表-19-1に示す係数を乗じた値まで許容応力を割増しすることができる（以降省略）。	主要耐圧部の設計における許容応力の割増に関する条文であるが，一般市販管である硬質塩化ビニル管などにおいては管材ごとに使用圧力が設定されていて，許容応力ではなく，使用圧力に対応して管材を決定する。従って，水圧鉄管及びFRP(M)の許容応力の割増に対応した使用圧力の割増について検討する必要がある。	一時的な荷重や管内充水時の状況等に対し，使用圧力の割増について検討する。	FRP(M)の許容応力割増係数や水道分野での考え方を参考に，それぞれの荷重の性質に応じた使用圧力の割増(係数)について整理する。		要
4.15　主要耐圧部設計条件	第20条　主要耐圧部は，本章第17条の荷重に対して次の各号の条件に適合するように設計しなくてはならない。　(1)管内満水時の円周方向，管軸方向及び管軸に垂直方向の各応力ならびに等価応力が，それぞれ，使用材料の許容応力に荷重状態，応力状態に応じた本章第19条の割増係数を乗じた値以下であること（等価応力計算式は略），　(2)管内充水時の円周方向の応力が使用材料の許容応力に荷重状態，応力状態に応じた本章第19条の割増係数を乗じた値以下であること，　(3)管内空虚時に作用する外圧の1.5倍に対して座屈しないこと。	第20条　主要耐圧部は，第17条の荷重に対して次の各号の条件に適合するように設計しなくてはならない。　(1)各方向の応力がそれぞれの許容応力以下であること，　(2)多軸応力状態がFRPの破壊基準以下であること，　(3)管内空虚時に作用する外圧の1.5倍に対して座屈しないこと。	主要耐圧部の設計条件に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいが，硬質塩化ビニル管などの市販管それぞれの特性に応じ，“作用する内圧が使用圧力以下であること”など，水圧鉄管又はFRP(M)と異なる主要耐圧部の設計条件について検討する必要がある。	主要耐圧部の設計条件について検討する。	使用圧力の安全率，使用圧力の割増などを考慮し，一般市販管である硬質塩化ビニル管などの主要耐圧部の設計条件を整理する。		要
4.16　振動に対する考慮	第21条　主要耐圧部の設計は，発電所の運転に支障をきたすおそれのある振動が発生しないように考慮しなければならない。	第21条　主要耐圧部の設計は，発電所の運転に支障をきたすおそれのある振動が発生しないように考慮しなければならない。	主要耐圧部の設計における振動に対する考慮に関する条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。なお，管自体の振動（疲労）に対する強度については，「3.3 材料試験」の条項で評価・確認する。	----------	----------		要
4.17　使用環境に対する考慮	（該当する条項はない）	第22条　主要耐圧部の設計においては，使用環境によって著しい材料の劣化が発生しないよう配慮しなくてはならない。	FRP(M)管主要耐圧部の使用環境に関する条文であり，酸性水，アルカリ性水，紫外線等に対する配慮が必要であることが規定されている。水圧鉄管においては該当する条項がないが，硬質塩化ビニル管などについては使用環境に関する特性として耐摩耗性，耐候性，温度特性等について配慮する必要があり，これらの特性を確認するための試験項目，方法について検討を行う必要がある。	1．耐摩耗性に関する試験項目及び方法，2．耐候性に関する試験項目及び方法，3．温度特性に関する試験項目及び方法，について検討する。	JIS基準に規定される試験内容，協会基準における試験内容，メーカーにおける試験内容・結果，既往の文献・試験内容などを検討・整理し，材料特性，使用方法などを考慮して，要求性能に対する評価指標を明らかにする。		要
4.18　摩擦に対する考慮	（摩耗に対しては第14条余裕厚で対応）	第23条　主要耐圧部の設計において，管胴の摩耗が著しいと予想される場合には，適切な対策を施させなければならない。	FRP(M)管主要耐圧部の設計において，摩擦が著しい場合における耐摩耗層の設置などの対応策に関する条文であり，水圧鉄管の場合は余裕厚(14条)で対応することとなる。一般市販管である硬質塩化ビニル管などについても，摩耗が著しい場合における対応策について技術的検討が必要である。なお，硬質塩化ビニル管などの耐摩耗性については「4.17 使用環境に対する考慮」で評価・確認する。	摩耗が激しい場合における対応策（余裕厚の確保）について検討する。	耐摩耗性に関する既往文献・実験結果などを整理し，一般市販管を水力発電所へ利用する場合における余裕厚の値又は考え方を検討する。		要
4.19　継手の設計	（第39～41条で対応）	第24条　継手の設計は次によるものとする。　(1)主要耐圧部と同等の強度を持つこと，　(2)主要耐圧部と組合たとき，必用な水密性を持つこと。	FRP(M)管の継手部の強度と水密性に関する条文であり，FRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。なお，硬質塩化ビニル管などの継手部の強度と水密性については「5.1 継手」で評価・確認する。	----------	----------		要
4.20　（露出管）管と支台の摩擦係数	第24条　設計に用いる管と支台との摩擦係数の値は，表-1・24-1の値以上としなければならない（以降省略）。	第27条　設計に用いる管と支台との摩擦係数の値は，表-27-1の値以上としなければならない（以降省略）。	露出管における管と支台との摩擦係数に関する条文であるが，コンクリート支承の場合の摩擦係数を検討する必要がある。	管と支台との摩擦係数について検討する。	メーカーにおける試験内容・結果などを検討・整理し，具体的な対応方法を検討する。		要
4.21　応力の算定	第25条　本章第2条の設計は，次の各号の応力に対して安全でなければならない（以降省略）。	第28条　第20条の主要耐圧部の設計においては，次の各号の応力を計算しなければならない（以降省略）。	応力の算定が必要な項目に関する条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要

資料表 2－3（5）　技術的検討が必要な項目ならびに検討方法

※：一般市販管による水圧管路技術基準(案)の条項として規定する必要性の有無

項　目	鋼管・ダクタイル鋳鉄管 （水門鉄管基準　水圧鉄管編）	FRP(M)管 （水門鉄管基準　FRP(M)水圧管編）	硬質塩化ビニル管・ポリエチレン管			備考	必要性※
			検討の必要性	検討項目	具体的な対応方針（案）		
4.22　座屈強度	第26条　本章第20条の管内空虚時の設計については，外圧による限界座屈に対して安全でなければならない。	第29条　本章第20条の管内空虚時の設計については，外圧による限界座屈圧力に対して安全でなければならない。	座屈強度に関する条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。なお，座屈強度は管内空虚時の外圧に対する検討項目であるが，実際には，外圧によるたわみを許容値内に抑えることで対応する。	----------	----------		不要
4.23　（土中埋設管）考慮する荷重	第31条　主要耐圧部の設計は，次の荷重に対して安全でなければならない。　ない圧，底厚，載荷重，温度変化，異常水時外圧，管内水の質量，雪荷重。	第34条　主要耐圧部の設計は，次の荷重に対して安全でなければならない。　ない圧，底厚，載荷重，温度変化，異常水時外圧，管内水の質量，雪荷重。	土中埋設時の考慮する荷重に関する条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
4.24　（土中埋設管）荷重組合せ	第32条　前条の荷重は，次の各号の組合せについて考慮しなければならない。　（以下略）	第35条　前条の荷重は，次の各号の組合せについて考慮しなければならない。　（以下略）	土中埋設時の荷重組合せに関する条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
4.25　（土中埋設管）埋設条件	第33条　管は原則として掘削溝に敷設し，土質材料及びこれに類する材料で埋め戻し，設計条件に合致した管の支持条件が得られるように十分締固めるものとする。 ２．　管を埋設する地盤は十分な支持力があり，管に支障をきたすような不等沈下のない良好な地盤でなければならない。	第36条　管は原則として掘削溝に敷設し，土質材料及びこれに類する材料で埋め戻し，設計条件に合致した管の支持条件が得られるように十分締固めるものとする。 ２．　管を埋設する地盤は必用な支持力があり，管に支障をきたすような不等沈下のない良好な地盤でなければならない。	土中埋設時の埋設条件に関する条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
4.26　異形管	第36条（曲管），第37条（分岐管），第38条（穴の補強）　；形状や内外圧に対する安全性，水密性の確保を規定（一部要約）。	第39条（曲管），第40条（新縮管），第41条（分岐管），第42条（欠損部の補強）　；形状や内外圧に対する安全性，水密性の確保を規定（一部要約）。	異形管に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。なお，安全性（材料強度）及び水密性に関する必要検討事項は「3.3 材料強度」や「5.1継手」などで対応する。	----------	----------		要
5　付属設備							
5.1　継手	（該当する条項はない。伸縮継手，メカニカル継手，フランジ継手として個別に規定）	第43条　FRP(M)管の継手は，原則としてJIS A 5350のC，T，B，D形に従うものとし，FRP管の継手はこれらに準拠するものとする。ただし，十分な検討を加えた場合は，これら以外のものも使用することができる。	水圧管の継手形式に関する条文であり，継手部の強度，水密性，疲労，劣化等の性能を確認するための試験項目，方法等について検討を行う必要がある。 [塩ビ管・リブ管]　ゴム輪継手を基本とする [ポリ管]　融着継手を基本とする。	１．継手性能に関する試験項目及び試験方法，２．継手部を含む疲労特性に関する試験項目及び試験方法，３．継手部を含む耐候性に関する試験項目及び試験方法，について検討する。	JIS基準に規定される試験内容，協会基準における試験内容，メーカーにおける試験内容・結果，既往の文献・試験内容などを検討・整理し，材料特性，使用方法などを考慮して，要求される性能の評価の指標とする。		要
5.2　伸縮継手	第39条　主要耐圧部に温度変化その他の外力により，安全に支障をきたす管軸方向の応力及び変形を生ずる恐れがある箇所には，伸縮継手を設けなければならない。 ２．　伸縮継手は十分な強さ及び水密性をもち，かつ，伸縮に対して十分にその機能を発揮できるような構造としなければ鳴らない（以降略す）。	第44条　FRP(M)水圧管は，管の伸縮や変位が大きい場合等には，必要に応じて伸縮継手を設けなければならない。	水圧管の伸縮継手に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。なお，安全性（材料強度）及び水密性に関する必要検討事項は別の「5.1継手」に準じる。	----------	----------		要
5.3　メカニカル継手	第40条　メカニカル継手は，十分な強さ及び水密性をもつ構造としなければならない。 ２．　メカニカル継手を使用する場合，メカニカル継手で接続された各単位管ごとに固定しなければならない。 ３．　メカニカル継手は，使用形式について工場で設計水圧の1.3倍の圧力で水圧試験を行い，水密性を確認しなければならない。	（該当する条項はない）	一般市販管である硬質塩化ビニル管などにおいては，一般にメカニカル継手は用いないが，必要がある場合は水圧鉄管に準じて対応する。安全性（材料強度）及び水密性に関する必要検討事項は別の「5.1 継手」に準じる。	----------	----------		不要
5.4　フランジ継手	第41条　フランジ継手は，十分な強さ及び水密性をもつ構造としなければならない。	（該当する条項はない）	一般市販管である硬質塩化ビニル管などにおいては，一般にフランジ継手は用いないが，必要がある場合は水圧鉄管に準じて対応する。安全性（材料強度）及び水密性に関する必要検討事項は別の「5.1 継手」に準じる。	----------	----------		要

資料表 2－3（6）　技術的検討が必要な項目ならびに検討方法

※：一般市販管による水圧管路技術基準(案)の条項として規定する必要性の有無

項　目	鋼管・ダクタイル鋳鉄管 （水門鉄管基準　水圧鉄管編）	FRP(M)管 （水門鉄管基準　FRP(M)水圧管編）	硬質塩化ビニル管・ポリエチレン管			備考	必要性※
			検討の必要性	検討項目	具体的な対応方針（案）		
5.5　水圧管の補剛	（該当する条項はない）	第45条　FRP(M)水圧管は，必要に応じて補剛するものとする。	一般市販管である硬質塩化ビニル管などにおいては，一般に水圧管の補剛は行わないが，必要がある場合はFRP(M)管に準じて対応する。安全性（材料強度）に関する必要検討事項は別の「3.1 材料試験」に準じる。	----------	----------		不要
5.6　スラストカラ	第44条　2.　水圧鉄管がアンカブロック内に固定される部分，又はトンネルに埋設される部分には，管軸方向の外力に対してスラストカラを設けて固定しなければならない。	第46条　FRP(M)水圧管には，必要に応じてスラストカラを設けなければならない。 2.　スラストカラは必用な強さを持ち，かつ，主要耐圧部と一体となるような構造としなければならない。	一般市販管である硬質塩化ビニル管などにおいては，一般にスラストカラは設けないが，必要がある場合は水圧鉄管やFRP(M)管に準じて対応する。安全性（材料強度）に関する必要検討事項は別の「3.1 材料試験」に準じる。	----------	----------	FRP(M)に準じた定義とする。	要
5.7　マンホール	第42条　水圧鉄管は管長・管径・傾斜を考慮して保守に必要なマンホールを設けなければならない（以降略す）。	第47条　FRP(M)水圧管は，必要に応じ，管長・管径・傾斜を考慮して保守に必要なマンホールを設けなければならない（以降略す）。	保守点検上必用となるマンホールの設置に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
5.8　空気管及び空気弁	第43条　主要耐圧部には排水時の管内外の圧力差を0.02MP(0.2kgf/cm²)以下に保つことができる空気管又は空気弁を設けなければならない（以降略す）。	第48条　FRP(M)管水圧管には，必要に応じて空気管又は空気弁を設けるものとする（水圧鉄管第43条に準じる）。	水圧管の充水時の排気と，排水時の給気に必用となる空気管および空気弁の設置に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
5.9　制水弁，バイパス管(弁)	（該当する条項はない）	第49条　FRP(M)水圧管には，必要に応じて制水弁，バイパス管及びバイパス弁を設けるものとする。	FRP(M)水圧管に必要に応じて設置する制水弁，バイパス管及びバイパス弁の設置に関する条文であり，基本的にはFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
5.10　排水管及び排水弁	（該当する条項はない）	第50条　FRP(M)水圧管には，必要に応じて排水管及び排水弁を設けるものとする。	FRP(M)水圧管に必要に応じて設置する配水管及び排水弁の設置に関する条文であり，基本的にはFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
5.11　アンカボルト等	第44条　アンカブロックの位置において，水圧鉄管の上部が露出して設けられるとき，又は水圧鉄管の上部コンクリートの被覆厚が小さく，アンカブロックに引張応力を生ずるときは，外力に対し，アンカボルト・アンカバンドまたはその他の構造物を設けて固定しなければならない。 2.　水圧鉄管がアンカブロック内に固定される部分，又はトンネルに埋設される部分には，コンクリート打設時に水圧鉄管に働く浮力に対し，アンカボルト・アンカバンド又はその他の構造物により固定しなければならない。	第52条　FRP(M)水圧管は，必要に応じてアンカボルト・アンカバンド，又はその他の構造物を設けて固定しなければならない。	水圧管のアンカブロックへの設置に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
5.12　支台の可動部	第45条　支台の可動部は，水圧鉄管が伸縮にさいして安全に，かつ，円滑に移動できるような構造としなければならない。	第51条　支台の支承部は，FRP(M)管が伸縮に際して安全に，かつ円滑に移動できるような構造としなければならない。	水圧管の支台に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
5.13　リングガーダ	第46条　リングガーダは内圧・管の質量・管内水の質量・温度変化・地震・風圧に対して安全であるように設計しなければならない（以降略す）。	（該当する条項はない）	一般市販管である硬質塩化ビニル管などにおいては，一般にリングガーダは用いないが，必要がある場合は水圧鉄管に準じて対応する。安全性（材料強度）に関する必要検討事項は別の「3.1材料試験」に準じる。	----------	----------		不要

資料表 2－3（7）　技術的検討が必要な項目ならびに検討方法

※：一般市販管による水圧管路技術基準(案)の条項として規定する必要性の有無

項　目	鋼管・ダクタイル鋳鉄管 (水門鉄管基準　水圧鉄管編)	FRP(M)管 (水門鉄管基準　FRP(M)水圧管編)	硬質塩化ビニル管・ポリエチレン管			備考	必要性※
			検討の必要性	検討項目	具体的な対応方針（案）		
6　製作							
6.1　原材料	（該当する条項はない）	第53条　FRP(M)水圧管に使用する原材料は，使用環境，製造方法等に応じて適切なものを選定しなければならない。	FRP(M)水圧管の原材料の選定に関する条文であり，一般市販管の使用を前提としているため，原材料の選定に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
6.2　胴版の加工（製管）	第47条　主要耐圧部の胴版は，ローラその他の機械により一様に，かつ，丁寧に曲げなければならない（以降略す）。	第54条　FRP(M)水圧管の主要耐圧部は，原則としてFW成形方法又はCC成形方法によって製造しなければならない。	管体の加工・製造に関する条文であり，一般市販管の使用を前提としているため，管体の加工・製造に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
6.3　組立て	第48条　水圧鉄管は，工場又は現場仮工場において組立て，単位管として完成するものとし，単位管の各部の寸法及び形状は設計に合致しなければならない（以降略す）。	（該当する条項はない）	水圧鉄管の組立てに関する条文であり，一般市販管の使用を前提としているため，管体の組立てに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
6.4　周長の許容値	第49条　主要耐圧部の周長の制作上の許容差は，設計長さの±0.25%以下でなければならない。	（該当する条項はない）	水圧鉄管の制作上の許容差（交差）に関する条文であり，一般市販管の使用を前提としているため，管体の製作に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
6.5　試験及び検査	第50条　主要耐圧部は，必要に応じて工場または現場において水圧試験を行うものとする。	第55条　FRP(M)水圧管の主要耐圧部は，工場製作後，製品について試験及び検査を行い，その品質が必要な使用を満足することを確認しなければならない。 ２．　FRP(M)水圧管の主要耐圧部は，使用条件により必要に応じて材質について試験を行い，強度，耐食性等，必要な使用を満足することを確認しなければならない。	水圧管主要耐圧部の試験等に関する条文であり，その品質が必用な仕様を満足することを確認するための試験方法等について，検討が必要である。	内圧検査，外圧（扁平）検査などの材料検査の他，外観・形状及び寸法検査について検討する。	JIS基準に規定される試験内容，協会基準における試験内容，メーカーにおける試験内容・結果，既往の文献・試験内容などを検討・整理し，材料特性，使用方法などを考慮して，要求される性能の評価の指標とする。		要
6.6　付属設備の製作	（該当する条項はない）	第56条　FRP(M)水圧管路の主要耐圧部と一体となる主要な付属設備は，主要耐圧部と同等の品質が得られるよう，適切な方法によって製造しなければならない。	FRP(M)管の主要付属設備の制作に関する条文であり，一般市販管の使用を前提としているため，主要付属設備の制作に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
7　防錆，防食							
7.1　水質に関する考慮	第51条　水圧鉄管内の流水のpHの値が4以下のときは，水圧鉄管の腐食を軽減できるような処置をとらなければならない。	（該当する条項はない）	水圧鉄管の腐食に関する条文であり，一般市販管についても検討が必要である。	耐薬品性について検討する。	JIS基準に規定される試験内容，協会基準における試験内容，メーカーにおける試験内容・結果，既往の文献・試験内容などを検討・整理し，材料特性，使用方法などを考慮して，要求される性能の評価の指標とする。		不要
7.2　塗装	第52条　塗装仕様は，水圧鉄管が据付けられる環境に最も適応した耐久性のあるものとしなければならない（以降略す）。	（該当する条項はない）	水圧鉄管の防錆・防食のために行われる塗装に関する条文であり，塗装を必要としない一般市販管の使用を前提としているため，塗装に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
7.3　土中埋設管の外面保護	第53条　水圧鉄管を土中に埋設する場合は，十分な防食処理を行わなければならない。	（該当する条項はない）	水圧鉄管の地中埋設に対応した腐食に関する条文であり，耐腐食性の高いプラスチック系一般市販管の使用を前提としているため，腐食に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
8　据付							
8.1　取扱い	第54条　水圧鉄管は，製作及び据付時の運搬過程において，変形及び破損が生じることのないように，その取り扱いについて十分注意しなければならない。	第57条　FRP(M)水圧管は，製作及び据付時の運搬過程において，変形及び破損が生じることのないように，その取り扱いについて十分注意しなければならない。	水圧管の製作及び据付時の運搬過程における取り扱いに関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
8.2　据付一般	第55条　水圧鉄管は，位置及び形状が設計に合致するように据え付けなければならない。	第58条　FRP(M)水圧管は，位置及び形状が設計に合致するように所定の管理基準に基づき据え付けなければならない。	水圧管の据付に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
8.3　据付時の温度に対する考慮	第56条　伸縮継手の据付は据付時の水圧鉄管の温度を考慮して，伸縮に支障のないように据え付けなければならない（以降略す）。	（該当する条項はない）	水圧鉄管の据付時温度に関する条文であり，据付時の温度制約の小さいプラスチック系一般市販管の使用を前提としているため，据付時温度に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要

資料表 2－3（8）　技術的検討が必要な項目ならびに検討方法

※：一般市販管による水圧管路技術基準（案）の条項として規定する必要性の有無

項　目	鋼管・ダクタイル鋳鉄管 （水門鉄管基準　水圧鉄管編）	FRP(M)管 （水門鉄管基準　FRP(M)水圧管編）	硬質塩化ビニル管・ポリエチレン管			備考	必要性※
			検討の必要性	検討項目	具体的な対応方針（案）		
8.4　縦方向継手	第57条　相隣りあう単管の縦方向継手は，一直線上にならないように配慮しなければならない。	（該当する条項はない）	水圧鉄管の縦方向継手に関する条文であり，縦方向継手のない一般市販管の使用を前提としているため，縦方向継手に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
8.5　継手の施工	（該当する条項はない）	第59条　FRP(M)水圧管の継手接合に際しては，所定の継手性能が得られるよう施工しなければならない。	FRP(M)管の継手接合の施工に関する条文であり，基本的にはFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。なお，所定の継手性能の確認については「8.7 充水及び運転試験」に準じる。	----------	----------		要
8.6　調整管の施工	（該当する条項はない）	第60条　FRP(M)水圧管の据付けに関しては，必要に応じて調整管を設けるものとする。	FRP(M)管の据付における調整管の採用に関する条文であり，基本的にはFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
8.7　充水及び運転試験	第58条　据付完了後は静水圧による充水試験により伸縮継手・マンホール及びフランジ継手等の水密検査を行ったうえ，負荷遮断試験を含む運転試験により水圧鉄管全体の異常の有無を検査し，安全性の確認を行わなければならない。	第61条　FRP(M)水圧管は，据付完了後充水し，静水圧による水密検査を行ったうえ，負荷遮断試験を含む運転試験によりFRP(M)水圧管全体の異常の有無を検査し，安全性の確認を行わなければならない。	水圧管据付完了後に実施する試験に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。なお，水圧管路としての性能を最終的に評価する項目であるため，一般市販管の採用を前提にして，充水及び運転試験について検討を行うものとする。	充水及び運転試験の内容（方法）と試験結果の確認方法	一般市販管の使用を前提に充水及び運転試験の目的を示し，試験の内容（方法）と試験結果の確認方法などについて整理する。		要
8.8　銘板	第59条　水圧鉄管には水圧鉄管の製作者名・製作年月日・最大設計水頭・有効落差（最大使用水重時）・延長（分岐部は区別する），内径（上部及び下部），厚さ（上部及び下部）・使用材料の種別及び全質量を記載した銘板を取り付けなければならない。	第62条　FRP(M)水圧管には，FRP(M)水圧管の製作者名・製作年月日・最大設計水頭・有効落差（最大使用水重時）・延長（分岐部は区別する），内径（上部及び下部），管種，樹脂の種類，単位管長及び本数等を記載した銘板を取り付けなければならない。	水圧管に取り付ける銘板に関する条文であり，基本的に水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
9　JIS規格鋼管を用いる水圧管路							
9.1　適用範囲	第60条　本節はJIS規格鋼管を用いる水圧鉄管に適用する。	（該当する条項はない）	当該基準の適用範囲を定めた条文であり，水圧鉄管と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
（一部略）							
9.2　寸法検査	第68条　本節第60条に示すJIS規格鋼管の寸法検査は，当該するJISに従って行わなければならない（以降略す）。	（該当する条項はない）	寸法検査に関する規定を定めた条文であり，水圧鉄管と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。なお，寸法検査については，「6.5　試験及び検査」の条項で評価・確認する。	----------	----------		不要
10　ダクタイル鋳鉄管を用いる水圧管路	（省略）						
11　アンカブロック及び支台	（省略）						
12　保　守	（省略）						

資料表 2－3（9） 技術的検討が必要な項目ならびに検討方法

※：一般市販管による水圧管路技術基準(案)の条項として規定する必要性の有無

項　目	鋼管・ダクタイル鋳鉄管 （水門鉄管基準　水圧鉄管編）	FRP(M)管 （水門鉄管基準　FRP(M)水圧管編）	耐圧ポリエチレンリブ管・PC管			備考	必要性※
			検討の必要性	検討項目	具体的な対応方針（案）		
1　総則							
1.1　適用範囲	第1条　全ての水力発電所の水圧鉄管に適用する。	第1条　全ての水力発電所のFRP(M)管を用いた水圧管路に適用する。	当該基準の適用範囲を定めた条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
1.2　定義	第2条　「水圧鉄管」，「主要耐圧部」，「付属設備」，「縦方向継手」，「周方向継手」等の主要な用語を定義	第2条　「FRP(M)水圧管」，「主要耐圧部」，「付属設備」，「FRP管」，「FRP(M)管」，「FW管」，「CC管」等の主要な用語を定義	主要な用語の定義について定めた条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
2　計画一般							
2.1　計画，設計	第3条　水圧管路の計画・設計は，安全性，経済性，施工性を考慮しなければならない。	第3条　FRP(M)水圧管の計画・設計は，安全性，経済性，施工性を考慮しなければならない。	計画，設計に関する基本的な考え方について定めた条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
2.2　設計に用いる内圧	第4条　水圧鉄管の設計に用いる内圧は，静水圧にサージング及び水撃作用による上昇圧を加味して，起こりうる最大水圧とする。	第4条　FRP(M)水圧管の設計に用いる内圧は，静水圧にサージング及び水撃作用による上昇圧を加味して，起こりうる最大水圧とする。	設計に用いる内圧の考え方について定めた条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	要
2.3　設計に用いる外圧	第5条　水圧鉄管の設計に用いる外圧は，排水時・管内空虚時のほか，施工時を通じて起こりうる最大圧力とする。	第5条　FRP(M)水圧管の設計に用いる外圧は，排水時・管内空虚時のほか，施工時を通じて起こりうる最大圧力とする。	設計に用いる外圧の考え方について定めた条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	要
2.4　損失水頭	第6条　水圧鉄管は，損失水頭ができるだけ小さくなるように主要耐圧部及び付属設備の構造を決定しなければならない。	第6条　FRP(M)水圧管の損失水頭は，できるだけ小さくなるようにしなければならない。	損失水頭の考え方について定めた条文であり，その考え方に対しては技術的検討を要しないが，粗度係数については基準とする値について検討する必要がある。	粗度係数について検討する。	既往文献，研究結果，メーカー試験値などを参考に整理・検討して，適切な値を設定する。	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	要
3　材料及び許容応力							
3.1　主要耐圧部の材料	第8条　水圧鉄管の主要耐圧部及びこれに直接溶接する主要な付属設備に使用する材料は，表-1・8-1のとおりとする。ただし，化学成分及び機械的性質等について確認した場合は，表-1・8-1以外の材料を使用することができる。	第7条　主要耐圧部に使用する材料は，FRP強度層が表-7-1に挙げる種類の原材料を用い，FW成形方法又はCC方法によって製造されたFRP(M)管とする。ただし，十分な検討を加えた場合は，これ以外の材料を使用することができる。	主要耐圧部の材料について定めた条文であり，ポリリブ管の場合はJIS等の基準で規格化された一般市販管の使用を前提としているため，技術的検討は必要ない。材料強度については「3.3 材料試験」を参照。 PC管の場合は，JIS等の規格品の採用が基本であり，かつ，材料としては基本的に問題がないため，技術的検討は必要としない。	----------	----------		要
	【解説の一部抜粋】　表-1・8-1の材料のうちJIS G 3442,3443,3452,3455,3457,3459,3468及び3469の鋼管材料，並びにJIS G 5526,5527のダクタイル鋳鉄管は水力発電所用水圧管路の材料として使用することができる。これらのJIS規格管を使用するにあたっては本基準の各条項に準拠するものとし，特に第9節「JIS規格鋼管を用いる水圧鉄管」，第10節「ダクタイル鋳鉄管を用いる水圧鉄管」によるものとする。	【解説の一部抜粋】　FRP(M)管の製品規格として，JIS A 5350(1991)「強化プラスチック複合管」がある。この規格によるFRP(M)管（FW管及びCC管）は，FRP強度層の原材料及び製造方法が本条の規定に適合しているので，FRP(M)水圧管主要耐圧部の材料として使用してよい。					
3.2　付属設備の材料	第9条　主要耐圧部に直接溶接しない主要な付属設備に使用する材料は，本章，表-1・8-1及び表-1・9-1，又は，これと同等以上の性質を有する材料とする。付属設備のうち，主要耐圧部に直接溶接しないものでも主要耐圧部に密接な関係があるものについては，鋼材を使用しなければならない。	第8条　付属設備に使用する材料は次のとおりとする。(1)継手：第7条に定める材料（水密ゴムを除く），(2)スチフナ及びストラスカラ：第7条に定める材料，(3)水密ゴム：JIS K 6353(1991)「水道用ゴム」又はこれと同等以上のもの，(4) その他の付属設備：「水門鉄管技術基準」に定める材料	付属設備の材料について定めた条文であり，JIS等の基準で規格化された一般市販管の使用を前提としているため，技術的検討は必要ない。ポリリブ管の材料強度については「3.3 材料試験」を参照。	----------	----------		要

資料表 2－3（10） 技術的検討が必要な項目ならびに検討方法

※：一般市販管による水圧管路技術基準(案)の条項として規定する必要性の有無

項　目	鋼管・ダクタイル鋳鉄管 （水門鉄管基準　水圧鉄管編）	FRP(M)管 （水門鉄管基準　FRP(M)水圧管編）	耐圧ポリエチレンリブ管・PC管			備考	必要性※
			検討の必要性	検討項目	具体的な対応方針（案）		
3.3 材料試験	第10条　本章 第8条 表-1・8-1及び第9条表-1・9-1以外の材料を使用する場合の材料試験・検査及び表示の方法は，それぞれ使用材料の規格に規定された方法で行い，それ以外は，鋼材の検査通則(JIS G 0303)によらなければならない。 2．厚さが特に大であるもの及び特殊な材料を使用する場合は，その材料の溶接性その他について試験を行うものとする。	第9条　主要耐圧部に使用する材料は，次の試験を行うものとする。　(1) 原材料試験：各原材料に適用されるJISに規定する項目，　(2) FRP強度層の強度試験：引張，圧縮，せん断，その他必要な項目。 ただし，あらかじめこれらの強度試験結果が得られている場合は，試験を省略することができる。	使用材料が該当する規格に合格することを確認するための試験について定めた条文であり，ポリリブ管については使用する一般市販管の材料強度等の性能を確認するための試験項目，方法等について検討を行う必要がある。PC管については『発電用水力設備の技術基準』に準拠すればいいので,技術的検討は要しない。ただし，管体としての内圧強度及び外圧試験については，基本的な特性として確認する必要がある。	1．材料特性(材料強度等)に関する試験項目及び試験方法，2．疲労特性(疲労強度等)に関する試験項目及び試験方法，3．耐衝撃性に関する試験項目及び試験方法，について検討する。	JIS基準に規定される試験内容，協会基準における試験内容，メーカーにおける試験内容・結果，既往の文献・試験内容などを検討・整理し，材料特性，使用方法などを考慮して，要求性能に対する評価指標を明らかにする。	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	要
3.4 許容応力	第11条　設計計算に用いる許容応力は表-1・11-1の値以下としなければならない。ただし，材料の溶接継手部においては，溶接・接合編第13条に規定する継手効率を乗じた値とする。 2．表-1・11-1に規定していない材料を使用するときの許容応力は，その材料の性質等について十分な検討をしたうえ，検定しなければならない。	第18条　設計計算に用いる許容応力は，第14条によるFRP強度層の強度を適切な安全率で除して求めるものとする。	設計計算に用いる許容応力について定めた条文である。一般市販管の場合は各種管材に対して使用圧力が設定されているため，実際に使用する管材の強度と使用圧力の関係を整理し，確保すべき適切な安全率について検討を行う必要がある。PC管については『発電用水力設備の技術基準』に準拠すればいいので,技術的検討は要しない。	使用圧力の考え方及び管材強度等との間で確保すべき安全率について検討する。	一般市販管としての特性や材料の製造方法などを考慮し，また，水道分野での適用例や海外での実績などを整理・検討して，使用圧力に対する考え方と許容圧力，安全率の標準的な値などを検討する。		要
4 主要耐圧部の設計							
4.1 適用範囲	第12条　本節は，鋼板を材料とし，ロールあるいはプレス加工により製作される水圧鉄管に適用する。	（該当する条項はない）	「水圧鉄管編」において，“第４節 主要耐圧部の設計”の適用範囲を鋼板を材料とする水圧鉄管に制限するための条文であり，「FRP(M)」編の場合は対象がFRP(M)のみであるため，適用範囲については第1条で対応している。従って，ポリリブ管においてもFRP(M)の場合と同様に，この条項に対する技術的検討は必要ない。PC管についても同様。	----------	----------		不要
4.2 最小板厚	第13条　主要耐圧部に使用する管の最小板厚は，補剛材使用しない場合には次式によって求めた値以上としなければならない。ただし，補剛材を使用した場合でも最小板圧は6mmを下回ることはできない。	（該当する条項はない）	製作・運搬・据付等を考慮した条項である。しかし，ここではFRP(M)と同様に一般市販管を用いることが前提であり，適切な運搬・施工のもとでは一般市販管で規定されている板厚によって製作・運搬・据付等の条件に対して必用な剛性が確保されているものと考えられる。従って，最小板厚に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
4.3 余裕厚	第14条　主要耐圧部に使用する板厚は，腐食及び摩擦に対して1.5mm以上の余裕をつけなければならない。ただし，特に腐食及び摩擦に対して十分な工法を施した場合は，余裕厚を緩和することができる。	（直接該当する条項はないが，第11条「管の構成と各そうの取扱い」で腐食・摩耗性（耐食性）については保護層で対応すること，第23条「摩耗に対する考慮」では摩耗が著しい場合への対応について規定している）	管の腐食及び摩擦による板厚の減少に対し，水圧管路の安全率確保及び寿命増加のために定められた条文であり，ポリリブ管についても検討する必要がある。PC管については『発電用水力設備の技術基準』に準拠すればいいので,技術的検討は要しない。	耐摩耗性及び耐薬品性について検討する。	耐摩耗性及び耐腐食性に関する既往文献・実験結果などを整理し，一般市販管を水力発電所へ利用する場合における余裕厚の値又は考え方を検討する。		要
4.4 設計計算に用いる有効断面積	第15条　設計計算に用いる管壁の有効断面積の算出式は次のとおりとする(省略)。	（該当する条項はない）	余裕厚を考慮した管断面有効断面積の計算方法を定めた条文であり，ポリリブ管については余裕厚の検討とともに技術的検討が必要となる。PC管については『発電用水力設備の技術基準』に準拠すればいいので,技術的検討は要しない。	余裕厚を考慮した場合の有効断面積の考え方について検討する。	余裕厚が必用と判断される場合には，その余裕厚に対応した有効断面積の算出方法を整理するとともに，余裕厚を考慮した場合の一般市販管の使用圧力（許容圧力）の低減等について試算する。		要
4.5 溶接継手効率	第16条　水圧鉄管の突合せ溶接の継ぎ手効率は表-1・16-1及び表-1・16-のとおりとする。	（該当する条項はない）	水圧鉄管の突合せ溶接の継手効率を定めた条文であり，継手部の強度低下に対応した許容応力の低減係数を示している。FRP(M)の場合は“溶接”に準じた継手が無いため該当条項が存在しない。PC管の場合は，FRP(M)と同様に“溶接”に準じた継手が無いため，本条項に対応した技術的検討は必要ない。しかし，ポリリブ管の場合で“融着”接合とする場合，水圧鉄管と同様に本条項に対応した技術的検討が必要である。	ポリリブ管の融着接合の継手効率について検討する。	ポリリブ管融着接合の継手部の強度低下について検討し，必要に応じて継手効率を設定する。		要

資料表 2－3（11）　技術的検討が必要な項目ならびに検討方法

※：一般市販管による水圧管路技術基準(案)の条項として規定する必要性の有無

項　目	鋼管・ダクタイル鋳鉄管 (水門鉄管基準　水圧鉄管編)	FRP(M)管 (水門鉄管基準　FRP(M)水圧管編)	耐圧ポリエチレンリブ管・PC管			備考	必要性※
			検討の必要性	検討項目	具体的な対応方針（案）		
4.6　設計計算の原則	（該当する条項はない）	第10条　FRP(M)水圧管の主要耐圧部の設計計算は，原則として許容応力度法によって行うものとする。	FRP(M)主要耐圧部の設計計算は許容応力度法によることを定めた条文であり，「水圧鉄管編」においては特に規定がないものの，設計計算の考え方は同様である。ポリリブ管，PC管についても設計計算の考え方は同様であり，設計計算の考え方に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
4.7　管の構成と各層の取扱い	（該当する条項はない）	第11条　FRP(M)水圧管主要耐圧部の設計計算における各層の取扱は，次によるものとする。　(1)FRP強度層の余裕厚は考慮しない。(2)保護層及びFRP(M)管の樹脂モルタル層の強度は考慮しない。	FRP(M)管のFRP強度層，保護層，樹脂モルタル層の取扱いに関する条文であり，水圧鉄管主要耐圧部は単一材料であるため，管の構成等に関する条項はない。ポリリブ管およびPC管ともに単一構造であるため，水圧鉄管の場合と同様に管の構成等に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
4.8　設計計算に用いる寸法	（該当する条項はないが，ロールあるいはプレス加工により製作される水圧鉄管の周長の許容差については第49条で規定されている。また，JIS規格鋼管を用いる場合の寸法検査に関する条文（第68条）の解説で，”JIS規格の板圧許容差下限値で応力計算し安全を確認することが必要”という記述がある。）	第12条　FRP(M)水圧管の主要耐圧部の設計計算に用いる寸法には，原則として公差を考慮しないものとする。	FRP(M)管の主要耐圧部の設計計算に用いる寸法（公差＝厚さの許容値）の取り扱いに関する条文であり，水圧管路の場合も直接的な条項はないが，第68条解説のように設計計算に用いる寸法に関する記述が存在する。ポリリブ管では管径，管厚，使用圧力（許容圧力）が設定されているため，基本的には設計計算を必要としない。しかし，動水圧などへの対応など，特に設計計算を行う場合を想定した場合，設計計算に用いる寸法に関して技術的検討が必要になる。PC管については『発電用水力設備の技術基準』に準拠すればいいので，技術的検討は要しない。	設計計算に用いる寸法の考え方について検討する。	硬質塩化ビニル管などの公差に関して整理し，設計計算に用いる寸法の考え方を提示する。		要
4.9　FRP強度層の繊維含有率	（該当する条項はない）	第13条　FRP(M)水圧管主要耐圧部の設計計算に用いるFRP強度層の繊維含有率は，製造条件に正しく合致しなければならない。	FRP(M)管の強度に大きく影響する繊維含有率に関する条文であり，水圧鉄管主要耐圧部は単一材料であるため，強度層等に関する条項はない。ポリリブ管およびPC管ともに単一構造であるため，水圧鉄管の場合と同様に強度層等に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
4.10　設計計算に用いる物性値	（該当する条項はない）	第14条　FRP強度層の計算に用いる物性値は，次のいずれかによるものとする。　(1)試験値，　(2)複合則による計算値	複合材料であるFRP(M)強度層の計算に用いる物性値の設定方法に関する条文であり，水圧鉄管主要耐圧部は単一材料であるためFRP(M)強度層の物性値設定方法に相当する条項はない。ポリリブ管についても単一構造であるため水圧鉄管と同様であるが，基本的な値でもあるため物性値の設定方法について技術的検討を行う。PC管については『発電用水力設備の技術基準』に準拠すればいいので，技術的検討は要しない。	物理定数について検討する。	JIS基準に規定される試験内容，協会基準における試験内容，メーカーにおける試験内容・結果，既往の文献・試験内容などを検討・整理し，物理定数設定に対する評価指標を明らかにする。		要
4.11　設計計算に用いる管壁の断面性能	（該当する条項はない）	第15条　FRP強度層の計算に用いる管壁の断面性能は，次のいずれかによるものとする。　(1)積層材の理論による計算値，　(2)その他適当な方法により求めた値	複合材料であるFRP(M)強度層の計算に用いる管壁断面性能に関する条文であり，水圧鉄管主要耐圧部は単一材料であるためFRP(M)強度層の断面性能設定方法に相当する条項はない。ポリリブ管およびPC管ともに単一構造であるため，水圧鉄管の場合と同様に断面性能設定方法に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	不要
4.12　考慮する荷重	第17条　主要耐圧部の設計は，次の荷重に対して安全でなければならない（以降省略）。	第16条　主要耐圧部は，次の荷重に対して安全であるように設計しなければならない（以降省略）。	主要耐圧部の設計に対して考慮する荷重に関する条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	要
4.13　荷重の組合せ	第18条　前条の荷重は，次の各号の組合せについて考慮しなければならない（以降省略）。	第17条　前条の荷重は，次の各号の組合せについて考慮しなければならない（以降省略）。	主要耐圧部の設計に対する荷重の組合せに関する条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	要

資料表 2－3（12） 技術的検討が必要な項目ならびに検討方法

※：一般市販管による水圧管路技術基準(案)の条項として規定する必要性の有無

項　目	鋼管・ダクタイル鋳鉄管 （水門鉄管基準　水圧鉄管編）	FRP(M)管 （水門鉄管基準　FRP(M)水圧管編）	耐圧ポリエチレンリブ管・PC管			備考	必要性※
			検討の必要性	検討項目	具体的な対応方針（案）		
4.14　許容応力の割増	第19条　主要耐圧部の設計における許容応力は，考慮する荷重及び応力の性質に応じて，管内満水時には表-1・19-1に示す係数を乗じた値まで割り増すことができる。また，管内充水時には許容応力を1.5倍まで割増ことができる（以降省略）。	第19条　主要耐圧部の設計においては，荷重の性質に応じて，表-19-1に示す係数を乗じた値まで許容応力を割増しすることができる（以降省略）。	主要耐圧部の設計における許容応力の割増に関する条文であるが，一般市販管であるポリリブ管においては管材ごとに使用圧力が設定されていて，許容応力ではなく，使用圧力に対応して管材を決定する。従って，水圧鉄管及びFRP(M)の許容応力の割増に対応した使用圧力の割増について検討する必要がある。PC管については『発電用水力設備の技術基準』に準拠すればいいので,技術的検討は要しない。	一時的な荷重や管内充水時の状況等に対し，使用圧力の割増について検討する。	FRP(M)の許容応力割増係数や水道分野での考え方を参考に，それぞれの荷重の性質に応じた使用圧力の割増(係数)について整理する。		要
4.15　主要耐圧部設計条件	第20条　主要耐圧部は，本章第17条の荷重に対して次の各号の条件に適合するように設計しなくてはならない。　(1)管内満水時の円周方向，管軸方向及び管軸に垂直方向の各応力ならびに等価応力が，それぞれ，使用材料の許容応力に荷重状態，応力状態に応じた本章第19条の割増係数を乗じた値以下であること（等価応力計算式は略），　(2)管内充水時の円周方向の応力が使用材料の許容応力に荷重状態，応力状態に応じた本章第19条の割増係数を乗じた値以下であること，　(3)管内空虚時に作用する外圧の1.5倍に対して座屈しないこと。	第20条　主要耐圧部は，第17条の荷重に対して次の各号の条件に適合するように設計しなくてはならない。　(1)各方向の応力がそれぞれの許容応力以下であること，　(2)多軸応力状態がFRPの破壊基準以下であること，　(3)管内空虚時に作用する外圧の1.5倍に対して座屈しないこと。	主要耐圧部の設計条件に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいが，ポリリブ管の特性に応じ，“作用する内圧が使用圧力以下であること”など，水圧鉄管又はFRP(M)と異なる主要耐圧部の設計条件について検討する必要がある。PC管については『発電用水力設備の技術基準』に準拠すればいいので,技術的検討は要しない。	主要耐圧部の設計条件について検討する。	使用圧力の安全率，使用圧力の割増などを考慮し，一般市販管であるポリリブ管の主要耐圧部の設計条件を整理する。		要
4.16　振動に対する考慮	第21条　主要耐圧部の設計は，発電所の運転に支障をきたすおそれのある振動が発生しないように考慮しなければならない。	第21条　主要耐圧部の設計は，発電所の運転に支障をきたすおそれのある振動が発生しないように考慮しなければならない。	主要耐圧部の設計における振動に対する考慮に関する条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。なお，管自体の振動（疲労）に対する強度については，「3.3 材料試験」の条項で評価・確認する。	----------	----------		要
4.17　使用環境に対する考慮	（該当する条項はない）	第22条　主要耐圧部の設計においては，使用環境によって著しい材料の劣化が発生しないよう配慮しなくてはならない。	FRP(M)管主要耐圧部の使用環境に関する条文であり，酸性水，アルカリ性水，紫外線等に対する配慮が必要であることが規定されている。水圧鉄管においては該当する条項がないが，ポリリブ管については使用環境に関する特性として耐摩耗性，耐候性，温度特性等について配慮する必要があり，これらの特性を確認するための試験項目，方法について検討を行う必要がある。PC管については『発電用水力設備の技術基準』に準拠すればいいので,技術的検討は要しない。	1．耐摩耗性に関する試験項目及び方法，2．耐候性に関する試験項目及び方法，3．温度特性に関する試験項目及び方法，について検討する。	JIS基準に規定される試験内容，協会基準における試験内容，メーカーにおける試験内容・結果，既往の文献・試験内容などを検討・整理し，材料特性，使用方法などを考慮して，要求性能に対する評価指標を明らかにする。		要
4.18　摩擦に対する考慮	（摩耗に対しては第14条余裕厚で対応）	第23条　主要耐圧部の設計において，管胴の摩耗が著しいと予想される場合には，適切な対策を施させなければならない。	FRP(M)管主要耐圧部の設計において，摩擦が著しい場合における耐摩耗層の設置などの対応策に関する条文であり，水圧鉄管の場合は余裕厚(14条)で対応することとなる。一般市販管であるポリリブ管についても，摩耗が著しい場合における対応策について技術的検討が必要である。なお，耐摩耗性については「4.17 使用環境に対する考慮」で評価・確認する。PC管については『発電用水力設備の技術基準』に準拠すればいいので,技術的検討は要しない。	摩耗が激しい場合における対応策（余裕厚の確保）について検討する。	耐摩耗性に関する既往文献・実験結果などを整理し，一般市販管を水力発電所へ利用する場合における余裕厚の値又は考え方を検討する。		要
4.19　継手の設計	（第39～41条で対応）	第24条　継手の設計は次によるものとする。　(1)主要耐圧部と同等の強度を持つこと，　(2)主要耐圧部と組合たとき，必用な水密性を持つこと。	FRP(M)管の継手部の強度と水密性に関する条文であり，FRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。なお，ポリリブ管およびPC管の継手部の強度と水密性については「5.1 継手」で評価・確認する。	----------	----------		要
4.20　(露出管) 管と支台の摩擦係数	第24条　設計に用いる管と支台との摩擦係数の値は，表-1・24-1の値以上としなければならない（以降省略）。	第27条　設計に用いる管と支台との摩擦係数の値は，表-27-1の値以上としなければならない（以降省略）。	露出管における管と支台との摩擦係数に関する条文であるが，コンクリート支承の場合の摩擦係数を検討する必要がある。	管と支台との摩擦係数について検討する。	メーカーにおける試験内容・結果などを検討・整理し，具体的な対応方法を検討する。		要
4.21　応力の算定	第25条　本章第2条の設計は，次の各号の応力に対して安全でなければならない（以降省略）。	第28条　第20条の主要耐圧部の設計においては，次の各号の応力を計算しなければならない（以降省略）。	応力の算定が必要な項目に関する条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	要

資料表 2－3（13）　技術的検討が必要な項目ならびに検討方法

※：一般市販管による水圧管路技術基準(案)の条項として規定する必要性の有無

項　目	鋼管・ダクタイル鋳鉄管 (水門鉄管基準　水圧鉄管編)	FRP(M)管 (水門鉄管基準　FRP(M)水圧管編)	耐圧ポリエチレンリブ管・PC管			備考	必要性※
			検討の必要性	検討項目	具体的な対応方針（案）		
4.22　座屈強度	第26条　本章第20条の管内空虚時の設計については，外圧による限界座屈に対して安全でなければならない。	第29条　本章第20条の管内空虚時の設計については，外圧による限界座屈圧力に対して安全でなければならない。	座屈強度に関する条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。なお，座屈強度は管内空虚時の外圧に対する検討項目であるが，実際には，外圧によるたわみを許容値内に抑えることで対応する。PC管については『発電用水力設備の技術基準』に準拠すればいいので，技術的検討は要しない。	----------	----------		不要
4.23　(土中埋設管)　考慮する荷重	第31条　主要耐圧部の設計は，次の荷重に対して安全でなければならない。　ない圧，庶厚，載荷重，温度変化，某意水時外圧，管内水の質量，雪荷重。	第34条　主要耐圧部の設計は，次の荷重に対して安全でなければならない。　ない圧，庶厚，載荷重，温度変化，某意水時外圧，管内水の質量，雪荷重。	土中埋設時の考慮する荷重に関する条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	要
4.24　(土中埋設管)　荷重組合せ	第32条　前条の荷重は，次の各号の組合せについて考慮しなければならない。　（以下略）	第35条　前条の荷重は，次の各号の組合せについて考慮しなければならない。　（以下略）	土中埋設時の荷重組合せに関する条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	要
4.25　(土中埋設管)　埋設条件	第33条　管は原則として掘削溝に敷設し，土質材料及びこれに類する材料で埋め戻し，設計条件に合致した管の支持条件が得られるように十分締固めるものとする。 ２．　管を埋設する地盤は十分な支持力があり，管に支障をきたすような不等沈下のない良好な地盤でなければならない。	第36条　管は原則として掘削溝に敷設し，土質材料及びこれに類する材料で埋め戻し，設計条件に合致した管の支持条件が得られるように十分締固めるものとする。 ２．　管を埋設する地盤は必用な支持力があり，管に支障をきたすような不等沈下のない良好な地盤でなければならない。	土中埋設時の埋設条件に関する条文であり，水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	要
4.26　異形管	第36条（曲管），第37条（分岐管），第38条（穴の補強）　；形状や内外圧に対する安全性，水密性の確保を規定（一部要約）。	第39条（曲管），第40条（漸縮管），第41条（分岐管），第42条（欠損部の補強）　；形状や内外圧に対する安全性，水密性の確保を規定（一部要約）。	異形管に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。なお，安全性（材料強度）及び水密性に関する必要検討事項は「3.3 材料強度」や「5.1継手」などで対応する。	----------	----------		要
5　付属設備							
5.1　継手	（該当する条項はない。伸縮継手，メカニカル継手，フランジ継手として個別に規定）	第43条　FRP(M)管の継手は，原則としてJIS A 5350のC，T，B，D形に従うものとし，FRP管の継手はこれらに準拠するものとする。ただし，十分な検討を加えた場合は，これら以外のものも使用することができる。	水圧管の継手形式に関する条文であり，継手部の強度，水密性，疲労，劣化等の性能を確認するための試験項目，方法等について検討を行う必要がある。 ［リブ管］　ゴム輪継手を基本とするが，対応内圧が高い場合は融着継手となる。 ［PC管］　ゴム輪継手を基本とする。	１．継手性能に関する試験項目及び試験方法，２．継手部を含む疲労特性に関する試験項目及び試験方法，３．継手部を含む耐候性に関する試験項目及び試験方法，について検討する。	JIS基準に規定される試験内容，協会基準における試験内容，メーカーにおける試験内容・結果，既往の文献・試験内容などを検討・整理し，材料特性，使用方法などを考慮して，要求される性能の評価の指標とする。		要
5.2　伸縮継手	第39条　主要耐圧部に温度変化その他の外力により，安全に支障をきたす管軸方向の応力及び変形を生ずる恐れがある箇所には，伸縮継手を設けなければならない。 ２．　伸縮継手は十分な強さ及び水密性をもち，かつ，伸縮に対して十分にその機能を発揮できるような構造としなければ鳴らない（以降略す）。	第44条　FRP(M)水圧管は，管の伸縮や変位が大きい場合等には，必要に応じて伸縮継手を設けなければならない。	水圧管の伸縮継手に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。なお，安全性（材料強度）及び水密性に関する必要検討事項は別の「5.1継手」に準じる。	----------	----------		要
5.3　メカニカル継手	第40条　メカニカル継手は，十分な強さ及び水密性をもつ構造としなければならない。 ２．　メカニカル継手を使用する場合，メカニカル継手で接続された各単位管ごとに固定しなければならない。 ３．　メカニカル継手は，使用形式について工場で設計水圧の1.3倍の圧力で水圧試験を行い，水密性を確認しなければならない。	（該当する条項はない）	一般市販管であるポリリブ管およびPC管においては，一般にメカニカル継手は用いないが，必要がある場合は水圧鉄管に準じて対応する。安全性（材料強度）及び水密性に関する必要検討事項は別の「5.1 継手」に準じる。	----------	----------		不要
5.4　フランジ継手	第41条　フランジ継手は，十分な強さ及び水密性をもつ構造としなければならない。	（該当する条項はない）	一般市販管であるポリリブ管およびPC管においては，一般にフランジ継手は用いないが，必要がある場合は水圧鉄管に準じて対応する。安全性（材料強度）及び水密性に関する必要検討事項は別の「5.1 継手」に準じる。	----------	----------		要

資料表 2－3（14）　技術的検討が必要な項目ならびに検討方法

※：一般市販管による水圧管路技術基準(案)の条項として規定する必要性の有無

項　目	鋼管・ダクタイル鋳鉄管 (水門鉄管基準　水圧鉄管編)	FRP(M)管 (水門鉄管基準　FRP(M)水圧管編)	耐圧ポリエチレンリブ管・PC管			備考	必要性※
			検討の必要性	検討項目	具体的な対応方針（案）		
5.5　水圧管の補剛	（該当する条項はない）	第45条　FRP(M)水圧管は，必要に応じて補剛するものとする。	一般市販管であるポリリブ管およびPC管においては，一般に水圧管の補剛は行わないが，必要がある場合はFRP(M)管に準じて対応する。安全性（材料強度）に関する必要検討事項は別の「3.1 材料試験」に準じる。	----------	----------		不要
5.6　スラストカラ	第44条　2.　水圧鉄管がアンカブロック内に固定される部分，又はトンネルに埋設される部分には，管軸方向の外力に対してスラストカラを設けて固定しなければならない。	第46条　FRP(M)水圧管には，必要に応じてスラストカラを設けなければならない。 2.　スラストカラは必用な強さを持ち，かつ，主要耐圧部と一体となるような構造としなければならない。	一般市販管であるポリリブ管およびPC管においては，一般にスラストカラは設けないが，必要がある場合は水圧鉄管やFRP(M)管に準じて対応する。安全性（材料強度）に関する必要検討事項は別の「3.1 材料試験」に準じる。	----------	----------	FRP(M)に準じた定義とする。	要
5.7　マンホール	第42条　水圧鉄管は管長・管径・傾斜を考慮して保守に必要なマンホールを設けなければならない（以降略す）。	第47条　FRP(M)水圧管は，必要に応じ，管長・管径・傾斜を考慮して保守に必要なマンホールを設けなければならない（以降略す）。	保守点検上必要となるマンホールの設置に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	要
5.8　空気管及び空気弁	第43条　主要耐圧部には排水時の管内外の圧力差を0.02MP(0.2kgf/cm²)以下に保つことができる空気管又は空気弁を設けなければならない（以降略す）。	第48条　FRP(M)管水圧管には，必要に応じて空気管又は空気弁を設けるものとする（水圧鉄管第43条に準じる）。	水圧管の充水時の排気と，排水時の給気に必用となる空気管および空気弁の設置に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	要
5.9　制水弁，バイパス管(弁)	（該当する条項はない）	第49条　FRP(M)水圧管には，必要に応じて制水弁，バイパス管及びバイパス弁を設けるものとする。	FRP(M)水圧管に必要に応じて設置する制水弁，バイパス管及びバイパス弁の設置に関する条文であり，基本的にはFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	要
5.10　排水管及び排水弁	（該当する条項はない）	第50条　FRP(M)水圧管には，必要に応じて排水管及び排水弁を設けるものとする。	FRP(M)水圧管に必要に応じて設置する配水管及び排水弁の設置に関する条文であり，基本的にはFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	要
5.11　アンカボルト等	第44条　アンカブロックの位置において，水圧鉄管の上部が露出して設けられるとき，又は水圧鉄管の上部コンクリートの被覆厚が小さく，アンカブロックに引張応力を生ずるときは，外力に対し，アンカボルト・アンカバンドまたはその他の構造物を設けて固定しなければならない。 2.　水圧鉄管がアンカブロック内に固定される部分，又はトンネルに埋設される部分には，コンクリート打設時に水圧鉄管に働く浮力に対し，アンカボルト・アンカバンド又はその他の構造物により固定しなければならない。	第52条　FRP(M)水圧管は，必要に応じてアンカボルト・アンカバンド，又はその他の構造物を設けて固定しなければならない。	水圧管のアンカブロックへの設置に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	要
5.12　支台の可動部	第45条　支台の可動部は，水圧鉄管が伸縮にさいして安全に，かつ，円滑に移動できるような構造としなければならない。	第51条　支台の支承部は，FRP(M)管が伸縮に際して安全に，かつ円滑に移動できるような構造としなければならない。	水圧管の支台に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	要
5.13　リングガーダ	第46条　リングガーダは内圧・管の質量・管内水の質量・温度変化・地震・風圧に対して安全であるように設計しなければならない（以降略す）。	（該当する条項はない）	一般市販管であるポリリブ管およびPC管においては，一般にリングガーダは用いないが，必要がある場合は水圧鉄管に準じて対応する。安全性（材料強度）に関する必要検討事項は別の「3.1材料試験」に準じる。	----------	----------	計画・設計に関した考え方を整理する必要がある。	不要

資料表 2－3（15） 技術的検討が必要な項目ならびに検討方法

※：一般市販管による水圧管路技術基準(案)の条項として規定する必要性の有無

項　目		鋼管・ダクタイル鋳鉄管 (水門鉄管基準　水圧鉄管編)	FRP(M)管 (水門鉄管基準　FRP(M)水圧管編)	耐圧ポリエチレンリブ管・PC管			備考	必要性※
				検討の必要性	検討項目	具体的な対応方針（案）		
6	**製作**							
6.1	原材料	（該当する条項はない）	第53条　FRP(M)水圧管に使用する原材料は，使用環境，製造方法等に応じて適切なものを選定しなければならない。	FRP(M)水圧管の原材料の選定に関する条文であり，一般市販管の使用を前提としているため，原材料の選定に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
6.2	胴版の加工（製管）	第47条　主要耐圧部の胴版は，ローラその他の機械により一様に，かつ，丁寧に曲げなければならない（以降略す）。	第54条　FRP(M)水圧管の主要耐圧部は，原則としてFW成形方法又はCC成形方法によって製造しなければならない。	管体の加工・製造に関する条文であり，一般市販管の使用を前提としているため，管体の加工・製造に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
6.3	組立て	第48条　水圧鉄管は，工場又は現場仮工場において組立て，単位管として完成するものとし，単位管の各部の寸法及び形状は設計に合致しなければならない（以降略す）。	（該当する条項はない）	水圧鉄管の組立てに関する条文であり，一般市販管の使用を前提としているため，管体の組立てに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
6.4	周長の許容値	第49条　主要耐圧部の周長の制作上の許容差は，設計長さの±0.25%以下でなければならない。	（該当する条項はない）	水圧鉄管の制作上の許容差（交差）に関する条文であり，一般市販管の使用を前提としているため，管体の製作に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
6.5	試験及び検査	第50条　主要耐圧部は，必要に応じて工場または現場において水圧試験を行うものとする。	第55条　FRP(M)水圧管の主要耐圧部は，工場製作後，製品について試験及び検査を行い，その品質が必要な使用を満足することを確認しなければならない。 ２．　FRP(M)水圧管の主要耐圧部は，使用条件により必要に応じて材質について試験を行い，強度，耐食性等，必要な使用を満足することを確認しなければならない。	水圧管主要耐圧部の試験等に関する条文であり，その品質が必用な仕様を満足することを確認するための試験方法等について，検討が必要である。PC管については『発電用水力設備の技術基準』に準拠すればいいので，技術的検討は要しない。	内圧検査，外圧（扁平）検査などの材料検査の他，外観・形状及び寸法検査について検討する。	JIS基準に規定される試験内容，協会基準における試験内容，メーカーにおける試験内容・結果，既往の文献・試験内容などを検討・整理し，材料特性，使用方法などを考慮して，要求される性能の評価の指標とする。		要
6.6	付属設備の製作	（該当する条項はない）	第56条　FRP(M)水圧管路の主要耐圧部と一体となる主要な付属設備は，主要耐圧部と同等の品質が得られるよう，適切な方法によって製造しなければならない。	FRP(M)管の主要付属設備の制作に関する条文であり，一般市販管の使用を前提としているため，主要付属設備の制作に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
7	**防錆，防食**							
7.1	水質に関する考慮	第51条　水圧鉄管内の流水のpHの値が4以下のときは，水圧鉄管の腐食を軽減できるような処置をとらなければならない。	（該当する条項はない）	水圧鉄管の腐食に関する条文であり，一般市販管についても検討が必要である。	耐薬品性について検討する。	JIS基準に規定される試験内容，協会基準における試験内容，メーカーにおける試験内容・結果，既往の文献・試験内容などを検討・整理し，材料特性，使用方法などを考慮して，要求される性能の評価の指標とする。		不要
7.2	塗装	第52条　塗装仕様は，水圧鉄管が据付けられる環境に最も適応した耐久性のあるものとしなければならない（以降略す）。	（該当する条項はない）	水圧鉄管の防錆・防食のために行われる塗装に関する条文であり，塗装を必要としない一般市販管の使用を前提としているため，塗装に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
7.3	土中埋設管の外面保護	第53条　水圧鉄管を土中に埋設する場合は，十分な防食処理を行わなければならない。	（該当する条項はない）	水圧鉄管の地中埋設に対応した腐食に関する条文であり，ポリリブ管では耐腐食性の高いプラスチック系一般市販管の使用を前提としているため，腐食に対する技術的検討は必要ない。PC管については『発電用水力設備の技術基準』に準拠すればいいので,技術的検討は要しない。	----------	----------		不要
8	**据付**							
8.1	取扱い	第54条　水圧鉄管は，製作及び据付時の運搬過程において，変形及び破損が生じることのないように，その取り扱いについて十分注意しなければならない。	第57条　FRP(M)水圧管は，製作及び据付時の運搬過程において，変形及び破損が生じることのないように，その取り扱いについて十分注意しなければならない。	水圧管の製作及び据付時の運搬過程における取り扱いに関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	施工に関した考え方を整理する必要がある。	要
8.2	据付一般	第55条　水圧鉄管は，位置及び形状が設計に合致するように据え付けなければならない。	第58条　FRP(M)水圧管は，位置及び形状が設計に合致するように所定の管理基準に基づき据え付けなければならない。	水圧管の据付に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	施工に関した考え方を整理する必要がある。	要

資料表 2－3（16） 技術的検討が必要な項目ならびに検討方法

※：一般市販管による水圧管路技術基準(案)の条項として規定する必要性の有無

項　目	鋼管・ダクタイル鋳鉄管 （水門鉄管基準　水圧鉄管編）	FRP(M)管 （水門鉄管基準　FRP(M)水圧管編）	耐圧ポリエチレンリブ管・PC管			備考	必要性※
			検討の必要性	検討項目	具体的な対応方針（案）		
8.3 据付時の温度に対する考慮	第56条　伸縮継手の据付は据付時の水圧鉄管の温度を考慮して，伸縮に支障のないように据え付けなければならない（以降略す）。	（該当する条項はない）	水圧鉄管の据付時温度に関する条文であり，ポリリブ管では据付時の温度制約の小さいプラスチック系一般市販管の使用を前提としているため，据付時温度に対する技術的検討は必要ない。PC管については『発電用水力設備の技術基準』に準拠すればいいので，技術的検討は要しない。	----------	----------		不要
8.4 縦方向継手	第57条　相隣りあう単管の縦方向継手は，一直線上にならないように配慮しなければならない。	（該当する条項はない）	水圧鉄管の縦方向継手に関する条文であり，縦方向継手のない一般市販管の使用を前提としているため，縦方向継手に対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
8.5 継手の施工	（該当する条項はない）	第59条　FRP(M)水圧管の継手接合に際しては，所定の継手性能が得られるよう施工しなければならない。	FRP(M)管の継手接合の施工に関する条文であり，基本的にはFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。なお，所定の継手性能の確認については「8.7 充水及び運転試験」に準じる。	----------	----------	施工に関した考え方を整理する必要がある。	要
8.6 調整管の施工	（該当する条項はない）	第60条　FRP(M)水圧管の据付けに関しては，必要に応じて調整管を設けるものとする。	FRP(M)管の据付における調整管の採用に関する条文であり，基本的にはFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------	施工に関した考え方を整理する必要がある。	要
8.7 充水及び運転試験	第58条　据付完了後は静水圧による充水試験により伸縮継手・マンホール及びフランジ継手等の水密検査を行ったうえ，負荷遮断試験を含む運転試験により水圧鉄管全体の異常の有無を検査し，安全性の確認を行わなければならない。	第61条　FRP(M)水圧管は，据付完了後充水し，静水圧による水密検査を行ったうえ，負荷遮断試験を含む運転試験によりFRP(M)水圧管全体の異常の有無を検査し，安全性の確認を行わなければならない。	水圧管据付完了後に実施する試験に関する条文であり，基本的には水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。なお，水圧管路としての性能を最終的に評価する項目であるため，一般市販管の採用を前提にして，充水及び運転試験について検討を行うものとする。	充水及び運転試験の内容（方法）と試験結果の確認方法	一般市販管の使用を前提に充水及び運転試験の目的を示し，試験の内容（方法）と試験結果の確認方法などについて整理する。		要
8.8 銘板	第59条　水圧鉄管には水圧鉄管の製作者名・製作年月日・最大設計水頭・有効落差（最大使用水重時）・延長（分岐部は区別する），内径（上部及び下部），厚さ（上部及び下部）・使用材料の種別及び全質量を記載した銘板を取り付けなければならない。	第62条　FRP(M)水圧管には，FRP(M)水圧管の製作者名・製作年月日・最大設計水頭・有効落差（最大使用水重時）・延長（分岐部は区別する），内径（上部及び下部），管種，樹脂の種類，単位管長及び本数等を記載した銘板を取り付けなければならない。	水圧管に取り付ける銘板に関する条文であり，基本的に水圧鉄管及びFRP(M)と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		要
9 JIS規格鋼管を用いる水圧管路							
9.1 適用範囲	第60条　本節はJIS規格鋼管を用いる水圧鉄管に適用する。	（該当する条項はない）	当該基準の適用範囲を定めた条文であり，水圧鉄管と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。	----------	----------		不要
（一部略）							
9.2 寸法検査	第68条　本節第60条に示すJIS規格鋼管の寸法検査は，当該するJISに従って行わなければならない（以降略す）。	（該当する条項はない）	寸法検査に関する規定を定めた条文であり，水圧鉄管と同様に考えればいいので，これに対する技術的検討は必要ない。なお，寸法検査については，「6.5　試験及び検査」の条項で評価・確認する。	----------	----------		不要
10 ダクタイル鋳鉄管を用いる水圧管路	（省略）						
11 アンカブロック及び支台	（省略）						
12 保　守	（省略）						

資料表 2－4（1） 要求性能を満足するための技術的根拠（必要試験）の整理（硬質塩化ビニル管）

(*1)：①水圧鉄管代替製品FRPM管等技術検討結果報告書，新エネルギー財団(Ⅰ類＝FW管編，S60.1)，②同（Ⅱ類＝CC管編，S62.3)
(*2)：水門鉄管技術基準，FRP（M)水圧管編，水門鉄管協会(H9.1)
(*3)：塩化ビニル管・継手協会規格「AS25（農業用水用硬質塩化ビニル管の管継手・異形管通則）」
(*4)：塩化ビニル管・継手協会資料「水道用硬質塩化ビニル管技術資料〈規格・設計編〉」，「下水道用硬質塩化ビニル管技術資料」
(*5)：メーカー基準は一例。メーカーによって異なる場合もある。

（注1）；協会及びメーカーの規格はJIS K 6741をベースにしたものであり，同等の性能を有している。
（注2）；評価の欄の”要”は，設計あるいは施工時に，当該項目の性能を確認するための試験を実施する必要があることを示す。”不要”は試験の実施が不要であることを示す。
（注3）；備考欄の”基準案⇒”は－般市販管水圧管路技術基準（案）の関連条項を示す。

要求性能・確認項目等	管材料	FRPM管			硬質塩化ビニル管（PVC-U）					備　考
		JIS A 5350（1991）	技術検討書 (*1)	技術基準 (*2)	JIS K 6741（1999）	協会規格(*3)資料(*4)	ﾒｰｶｰその他の資料(*5)	水圧管路への適用における評価		
1 **材料特性**	（確認方法等）									
1.1 管（供試片)の圧縮強度はどの程度なのか。	圧縮試験（供試片）	（該当する規定はない）	①フープ層・カット層の圧縮強度が一定値以上であることを確認。 ②円周方向及び管軸方向の供試片の圧縮強度を確認	FRP強度層の圧縮試験を行うものとしている。ただし，あらかじめ試験結果が得られている場合は省略可能。	（該当する規定はない）	塩化ビニル管・継手協会が水道用塩ビ管の技術資料において，15℃での平均値として「圧縮強さ73MPa」（JIS K 7181）を規定(a)。	メーカー各社がカタログなどで製品の標準的な強度を明記している。	外圧による管の圧縮に対しては1.5の扁平性によって要求性能を確認する。従って，圧縮強度の確認（圧縮試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第9，14条 軸方向力が作用する場合や，露出配管とする場合で管軸方向の曲げモーメントが作用する場合においては，圧縮強さを確認する必要がある。
1.2 管（供試片)の引張強度はどの程度なのか。	引張試験	（同上）	①破断強度及び弾性率の特性値を確認 ②引張強度及び弾性係数を確認	同上	「23℃における引張降伏強さが47MPa以上」と規定(b)。	塩化ビニル管・継手協会が水道用塩ビ管の技術資料で「15℃のVP管の引張降伏強さ52MPa」と規定(c)。	同上	JIS，協会，メーカーともに管の引張強度を明確にしている。従って，引張り強度に対し，JISが規定する範囲のなかで，塩ビ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第9，14条 使用温度が高いほど強度が低下する傾向を示す。
1.3 管本体の内圧強度はどの程度なのか。	内圧試験 （耐圧試験）	内圧（0.5～2.6MPa)を加えて3分間圧力を保持し，漏れがないことを確認。	②破壊内圧及び破壊歪，及び漏水・異常のないことを確認。	管種に関する解説において，JISに準じた各種別の試験内圧(0.5～2.6MPa)を例示。また，製作(工場)における試験として，設計内圧の1.3倍の試験内圧で3分間保持し，漏水等の異常がないことを確認する。	「常温で水圧（VP：2.5MPa，VM：2.0MPa，VU：1.5MPa）を加え，1分間保持し，漏れその他欠点があってはならない」と規定(d)。	JIS規格に準拠	JIS規格に準拠	管の設計においては，各方向の応力がそれぞれの許容応力度以下であることを照査する。従って，設計においては内圧強度を照査することがないため，内圧強度の確認（内圧試験・耐圧試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第3条 【解説】(6)
1.4 外圧に対して，管本体はどの程度の強度（たわみ）を持つのか。	基準たわみ 外圧試験	外圧試験において基準たわみ量に達したときの荷重が基準たわみ外圧値以上。	②たわみ率5%時の荷重及びたわみ量とガラス繊維含有量を測定。その結果から管の剛性，弾性係数を計算し，ガラス含有量との関係を把握。	座屈強度として，反力係数等を係数とした計算式を提示。また，製作(工場)における試験として，基準たわみ量に対応する荷重が所定の値以上であることを確認する。	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	外圧による管のたわみ強度に対しては1.5の扁平性によって要求性能を確認する。従って，たわみ強度の確認（たわみ外圧試験）は不要である。	不要	
1.5 外圧に対して，管本体はどの程度たわむのか。	環片圧 （扁平性）試験	（該当する規定はない）	（該当する検討事項はない）	許容たわみ率及び設計たわみ率を規定	「23℃で管の外径が1/2になるまで圧縮し，割れ及びひびがあってはならない」と規定(e)。	JIS規格に準拠	JIS規格に準拠	JISにおいて扁平性に関する性能が規定されており，標準的な設計たわみ率5% (e) (f)に比べて十分なたわみ性能（変形しても壊れない）を有している。従って，外圧によるたわみに対し，塩ビ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第17条 【解説】，及び，26，30条
1.6 クリープに関する特性はどの程度なのか。	クリープ試験	（同上）	①長期クリープによる歪変化率1.5以下を確認 ②クリープに対する安全率1.5の確認	本文中には特に規定されていないが，補足資料としてクリープ特性について解説。	ISO規格への対応性能（付属書）として，”熱間内圧クリープ試験を実施し，規定の時間内で破壊してはならないこと”を規定している(h)。	クリープ試験結果から求めた長期(50年後)の強度を25MPaとし，この強度に安全率2.3を考慮して設計引張応力10.8MPaを規定している(i)。 過去の研究で，JIS K 6741規格品は，最小要求強さ（MRS）（20℃で50年間，管が破壊しない一定応力値）が25.0MPaであることが確認されている(j)。	同上。また，S社は，カタログ（技術資料）の中で，クリープ試験の結果から求めた長期強度を明記している。	JISにおいて管のクリープ性能（クリープ試験）が規定され，水道用塩ビ管の協会資料によってクリープによる長期強度が確認されている。従って，クリープ性能に対し，所定の長期強度の範囲のなかで，塩ビ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第9条，第14条 【解説】 クリープによって長期強度が低下する傾向を示す。
1.7 充水時における管本体の軸方向引張強度及び圧縮強度はどの程度か	管軸方向 水密限界試験	（同上）	①水密状態における供試管の管軸方向の引張水密限界及び圧縮水密限界を確認。	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	塩ビ管に引張力や圧縮力が作用した場合，管路の伸縮はゴム輪受け口部で吸収されるため管自体に大きな応力は作用しない。従って，管軸方向の引張強度や圧縮強度の確認（管軸方向水密限界試験）は不要である。	不要	管軸方向に対して過度な圧縮力や引張力が作用しないように設計する。
1.8 管（供試片)の曲げ強度はどの程度なのか。	曲げ試験（供試片）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	FRP強度層の曲げ試験を行うものとしている。ただし，あらかじめ試験結果が得られている場合は省略可能。	（該当する規定はない）	塩化ビニル管・継手協会が水道用塩ビ管の技術資料において，15℃での平均値として「圧縮強さ73MPa」（JIS K 7171）を規定(a)。	メーカー各社がカタログなどで製品の標準的な強度を明記している。	協会，メーカーにより管の曲げ強度が明確にされている。従って，曲げ強度に対し，JISが規定する範囲のなかで，塩ビ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第9，14条 使用温度が高いほど強度が低下する傾向を示す。

(a),(c)；塩化ビニル管・継手協会 「水道用硬質塩化ビニル管技術資料〈規格・設計編〉」 Ⅲ.設計 2.塩ビ管の諸性能（P49）
(b)；JIS K 6741 5.性能 及び 9.3 引張試験
(d)；JIS K 6741 5.性能 及び 9.4 耐圧試験
(e)；農林水産省構造改善局 土地改良事業計画設計基準設計「パイプライン」（平成10年3月，以下”農林基準”と略す） 9.1.3 荷重に対する安全性の検討 (2) 許容たわみ量と設計たわみ量（P257）
(f)；日本水道協会 水道施設設計指針(平成12年3月，以下”水道指針”と略す） 7.5 配水管 7.5.2 管種 [参考-1]管厚計算式 3.硬質塩化ビニル管管厚計算式 2）外圧と撓み，発生応力（P462）
(g)；JIS K 6741 5.性能 及び 9.5 引張試験
(h)；JIS K 6741 5.性能 ，付属書１（規定） 2.性能 及び 3.2 熱間内圧クリープ試験
(i)；塩化ビニル管・継手協会 「水道用硬質塩化ビニル管技術資料〈規格・設計編〉」 Ⅲ.設計 3.塩ビ管の管厚設計[解説](2)設計応力(P52,53) ，「水道指針」 7.5 配水管 7.5.2 管種 [参考-1]管厚計算式 3.硬質塩化ビニル管管厚計算式 1）内圧と管厚(P459) 及び 2）外圧と撓み，発生応力（P462）
(j)；塩化ビニル管・継手協会 「水道用硬質塩化ビニル管技術資料〈規格・設計編〉」 Ⅲ.設計 3.塩ビ管の管厚設計[解説](2)設計応力(P52,53)

資料表 2－4（1） 要求性能を満足するための技術的根拠（必要試験）の整理（硬質塩化ビニル管）

(*1)：①水圧鉄管代替製品FRPM管等技術検討結果報告書，新エネルギー財団（Ⅰ類＝FW管編，S60.1），②同（Ⅱ類＝CC管編，S62.3）
(*2)：水門鉄管技術基準，FRP（M)水圧管編，水門鉄管協会(H9.1)
(*3)：塩化ビニル管・継手協会規格「AS25（農業用水用硬質塩化ビニル管の管継手・異形管通則）」
(*4)：塩化ビニル管・継手協会資料「水道用硬質塩化ビニル管技術資料〈規格・設計編〉」，「下水道用硬質塩化ビニル管技術資料」
(*5)：メーカー基準は一例。メーカーによって異なる場合もある。

（注1）；協会及びメーカーの規格はJIS K 6741をベースにしたものであり，同等の性能を有している。
（注2）；評価の欄の”要”は，設計あるいは施工時に，当該項目の性能を確認するための試験を実施する必要があることを示す。”不要”は試験の実施が不要であることを示す。
（注3）；備考欄の”基準案⇒”は一般市販管水圧管路技術基準（案）の関連条項を示す。

要求性能・確認項目等	管材料	FRPM管			硬質塩化ビニル管（PVC-U）					備　考
		JIS A 5350（1991）	技術検討書 (*1)	技術基準 (*2)	JIS K 6741（1999）	協会規格(*3)資料(*4)	ﾒｰｶｰその他の資料(*5)	水圧管路への適用における評価		
2　継手性能	（確認方法等）									（ゴム輪継手を対象とする）
2.1　継手部の強度，水密性に問題はないか。	継手部 耐圧試験	（該当する規定はない）	②1.3に示す内圧試験において，継手を含む供試管により試験を実施しており，管本体より継手部のほうが強く，かつ漏水等もないことを確認した。	継手の設計として，管本体と同等の強度，水密性を持つことを規定している。また，C，T，B，D型など，JIS A 5350に準じた継手方式に準拠することを規定。なお，水密性，疲労，劣化等に対して十分な検討を行った場合は他の継手形式も使用可能。	「接合した状態で，常温で水圧（VP：2.5MPa，VM：2.0MPa，VU：1.5MPa）を加え，1分間保持し，漏れその他欠点があってはならない」と規定(k)。	JIS規格に準拠することが基本農業用塩ビ管の性能として，「接合した状態で，常温で水圧（1種：2.5MPa，2種：2.0MPa，3種：1.5MPa）を加え，1分間保持し，漏れその他欠点があってはならない」と規定(l)。	JIS規格に準拠	JISにおいて継手部の強度及び水密性が確認されている。 従って，継手部の強度及び水密性に対し，JISに規定される範囲のなかで，塩ビ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第32条 農業用塩ビ管の規定(AS25)における”常温”は，20℃±15℃とされている。
2.2　継手部に偏圧が作用した場合，どの程度まで耐えられるか。	継手部 偏平水圧試験	（同上）	①挿口部への偏心載荷試験により，水密性に関して異常のないことを確認。 ②同上	（該当する規定はない）	（該当する規定はない） ISO規格への対応性能（付属書）として，「挿口部5%扁平状況で，0～0.05MPaの内水圧で異常があってはならない」と規定されている(m)。	「接合部の挿管を5%偏平させた状態で，常温で水圧（1種：2.5MPa，2種：2.0MPa，3種：1.5MPa）を加え，1分間保持し，漏れその他欠点があってはならない」と規定(n)。	協会規格に準拠	JISでは低圧における強度・水密性を規定しているのみであるが，農業用の塩ビ管に対する協会規格（AS 25）では，設計圧力における強度・水密性を明確にしている。従って，継手部扁平時の水密性に対し，協会規格品の性能の範囲のなかで塩ビ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第32条
2.3　曲げ配管とした場合，水密性問題はないか	継手部 曲げ水圧試験	（同上）	①継手部を曲げた状態で内圧を負荷し，水密性に関して異常のないことを確認。 ②同上	（同上）	（該当する規定はない） ISO規格への対応性能（付属書）として，「接合部を自由角+強制角(2°)に曲げ，0～0.05MPaの内水圧で異常があってはならない」規定されている(o)。	「接合部を3°曲げた状態で，常温で水圧（1種：2.5MPa，2種：2.0MPa，3種：1.5MPa）を加え，1分間保持し，漏れその他欠点があってはならない」と規定(p)。	同上	JISでは低圧における強度・水密性を規定しているのみであるが，農業用の塩ビ管に対する協会規格（AS 25）では，設計圧力における強度・水密性を明確にしている。従って，継手部曲げ配管時の水密性に対し，協会規格品の性能の範囲のなかで，塩ビ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第32条，33条
2.4　継手部に引張力が作用する場合，どの程度まで対応可能か。	継手部引張試験	（同上）	（該当する検討事項はない）	（同上）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	継手部に作用する引張力を吸収する構造（ゴム輪継手）であるため，FRP(M)及び塩ビ管とも該当する規定がなく，継手部の引張の確認（継手部引張試験）は不要である。	不要	[基本的に設計で対応する] 　継手部に発生するスラスト力に対して離脱防止器具等を用いる場合は，その強度等を適時確認する。
2.5　溶接・融着とする場合，接合部の強度低下はあるのか。	継手効率	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	継手部の強度低下がない構造（ゴム輪継手）であるため，FRP(M)及び塩ビ管とも該当する規定がなく，継手効率の確認は不要である。 　なお，継手部の強度及び水密性については2.1で確認される。	不要	基準案⇒ 第13条
2.6　継手部に繰返し荷重が作用した場合，強度的に問題があるか。	継手部 水圧疲労試験	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	継手部の疲労(繰返荷重)を吸収する構造（ゴム輪継手）であるため，FRP(M)及び塩ビ管とも該当する規定がなく，継手部に繰返し荷重が作用した場合の強度の確認（継手部水圧疲労試験）は不要である。 　3.1に示す継手部を含んだ浅層埋設自動車荷重繰返し載荷試験においても問題がない。	不要	基準案⇒ 第32条
2.7　継手部（ゴム輪）の耐候性に問題はないか。	継手部 耐候性試験	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	継手部に使用するゴム輪（JIS K 6353に準じた材料(r)）はオゾンや紫外線によって劣化するが，露出配管とした場合には継手部の隙間をシールすることなどで対応可能である。そのため，FRP(M)及び塩ビ管とも該当する規定がなく，継手部（ゴム輪）耐候性の確認（継手部耐候性試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第8条，21条，32条 [基本的に設計で対応する] 　埋設する場合は問題なし。露出配管とする場合は継手部の隙間をシールするなど，適切に対応する。

(k)；
(l)；塩化ビニル管・継手協会規格　「農業用水用硬質塩化ビニル管の管継手・異形管通則　AS　25：2000」　7.1 直線水圧試験
(m)；JIS K 6741　5.性能　，付属書1（規定）　2.性能　及び　3.6.4 接合部扁平水圧試験
(n)；塩化ビニル管・継手協会規格　「農業用水用硬質塩化ビニル管の管継手・異形管通則　AS　25：2000」　7.2 扁平水圧試験
(o)；JIS K 6741　5.性能　，付属書1（規定）　2.性能　及び　3.6.5 接合部曲げ水圧試験
(p)；塩化ビニル管・継手協会規格　「農業用水用硬質塩化ビニル管の管継手・異形管通則　AS　25：2000」　7.3 曲げ水圧試験
(q)；日本水道協会規格 JWWA K127～K131 :2000 解説
(r)；JIS K 6741　8.2.ゴム輪の材料

資料表 2－4（1） 要求性能を満足するための技術的根拠（必要試験）の整理（硬質塩化ビニル管）

(*1)：①水圧鉄管代替製品FRPM管等技術検討結果報告書，新エネルギー財団(Ⅰ類＝FW管編，S60.1)，②同（Ⅱ類＝CC管編，S62.3)
(*2)：水門鉄管技術基準，FRP（M)水圧管編，水門鉄管協会(H9.1)
(*3)：塩化ビニル管・継手協会規格「AS25（農業用水用硬質塩化ビニル管の管継手・異形管通則）」
(*4)：塩化ビニル管・継手協会資料「水道用硬質塩化ビニル管技術資料（規格・設計編）」，「下水道用硬質塩化ビニル管技術資料」
(*5)：メーカー基準は一例。メーカーによって異なる場合もある。

(注1)； 協会及びメーカーの規格はJIS K 6741をベースにしたものであり，同等の性能を有している。
(注2)； 評価の欄の”要”は，設計あるいは施工時に，当該項目の性能を確認するための試験を実施する必要があることを示す。”不要”は試験の実施が不要であることを示す。
(注3)； 備考欄の”基準案⇒”は一般市販管水圧管路技術基準（案）の関連条項を示す。

要求性能・確認項目等	管材料	FRPM管 JIS A 5350（1991）	FRPM管 技術検討書 (*1)	FRPM管 技術基準 (*2)	硬質塩化ビニル管（PVC-U） JIS K 6741（1999）	硬質塩化ビニル管（PVC-U） 協会規格(*3)資料(*4)	硬質塩化ビニル管（PVC-U） ﾒｰｶｰ その他の資料(*5)	硬質塩化ビニル管（PVC-U） 水圧管路への適用における評価		備考
3 疲労特性	（確認方法等）									
3.1 内圧や外圧の繰返し負荷に対し，強度は低下しないか。	内圧，外圧 疲労試験	（該当する規定はない）	①内圧繰返し載荷試験の結果から，実用上問題のないことを確認。 ②内圧及び外圧の繰返し載荷試験の結果から，実用上問題のないことを確認。	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	外圧疲労については，φ300浅層埋設に対応した自動車荷重繰返試験(s)で問題なし。	協会規格に準拠 脈動水圧疲労試験（0.4⇔2.0MPaの水圧負荷変動10^6回繰返しで問題なし）(t)	（財)道路保全技術センターで実施された浅層埋設に対応した自動車荷重繰返試験や，メーカーによる脈動水圧疲労試験の結果から，協会規格品およびメーカーの製品について，塩ビ管に対する繰返荷重に対する安全性は確認されている。従って，繰返荷重に対する強度低下の確認（内圧・外圧疲労試験）は不要である。	不要	塩ビ管維・協会では，塩ビ管の内圧疲労について，試験方法（AS T52：硬質塩化ビニル管継手の脈動水圧疲労試験）を規定している。
3.2 管（供試片)の疲労による破壊は問題ないか。	シェンク式 疲労試験	（同上）	①供試片に対する繰返し載荷試験により，水圧脈動等による疲労に対して十分に安全であることを確認。	（同上）	（同上）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	3.1において管体としての疲労特性（繰返荷重に対して問題のないこと）を確認した。従って，供試片に対する疲労破壊についての確認（シェンク式疲労試験）は不要である。	不要	
4 耐衝撃性	（確認方法等）									
4.1 落石等により衝撃が作用した場合，どの程度まで耐えられるのか。	落石(落錐)試験	（該当する規定はない）	①管径（管厚）と落下高を変えて落石試験を実施し，管体損傷の程度を確認した。 ②落下高4m(重さ10kg)で，衝撃部の供試片の曲げ強度が初期強度の80%となったことを確認。	（該当する規定はない）	ISO規格への対応性能（付属書）として，「20℃における衝撃率（TIR）が10%未満」と規定されている(u)。	鉄球落下試験を実施。ダクタイル管に比べて同等以上の強度を有することを確認(v)。	協会規格に準拠	水道用の塩ビ管に対し，協会が実施した試験でダクタイル管と同等以上の耐衝撃性を有していることを確認した。従って，耐衝撃性についての確認（落石(落錐)試験）は不要である。	不要	露出配管とする場合は，「発電用水力設備の技術基準」第26条の一（洪水，山崩れ，なだれ等により損傷を受けるおそれがないこと）に準じ，落石等の衝撃が直接加わらないよう，適切に設計する。
4.2 内圧負荷時に衝撃が加わった場合，どの程度まで耐えられるのか	水圧負荷 時衝撃試験	（同上）	①管径（管厚）と落下高を変えて内圧負荷時落石試験を実施し，管体損傷の程度を確認した。 ②落下高を変えて内圧負荷時落石試験を実施し，管体損傷の程度を確認した。	（同上）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	FRP(M)管に対する4.1（空管）と4.2（充水管）に関する試験結果から，空間時に比べて充水時のほうが，同じ衝撃を受けても損傷の程度が少ないことが確認されている。このことから，塩ビ管においても空管時の試験のほうが厳しい条件であると考えられる。従って，充水時の耐衝撃性の確認（水圧負荷時衝撃試験）は不要である。	不要	（同上）
4.3 管（供試片)はどの程度の衝撃に耐えられるのか。	シャルピー 衝撃試験	（同上）	②鋼材(SM 41)と同程度のシャルピー衝撃値であることを確認。	（同上）	（同上）	（同上）	メーカーのＪＩＳ Ｋ 6741適合品の一般的性質として，シャルピー衝撃値を明示(w)。	4.1において管体としての耐衝撃性を確認した。従って，供試片に対する耐衝撃性の確認（シャルピー衝撃試験）は不要である。	不要	（同上）
5 耐摩耗性	（確認方法等）									
5.1 土砂などに対する摩耗は問題ないのか。	促進摩耗試験	（該当する規定はない）	①試験結果より，ﾀｰﾙｴﾎﾟｷｼ塗装鋼管より耐摩耗性が高いことを確認。 ②同上。	摩耗に対する考慮の項で，珪砂を含む流水による摩耗率測定の結果，FRPと普通鋼(SS400)の摩耗率が同程度であることを解説している。	（該当する規定はない）	「下水道用硬質塩化ビニル管技術資料」にて塩ビ管の耐摩耗性に関する記述より，塩ビ管の対摩耗性はヒューム管や陶管に比べて高いことが確認される(x)。	広島大学による各種管材の耐摩耗性に関する試験結果(y)では，塩ビ管の対摩耗性がFRPより優れ，鋳鉄管と同程度であることが報告されている。	下水道用の塩ビ管に対し，協会が実施した試験で陶管と同等以上の耐摩耗性を有していることを確認した。また，メーカーの研究によって，FRP以上で鉄管と同等程度の耐摩耗性を有していることを確認した。従って，耐摩耗性についての確認（促進摩耗試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第11条，22条 農林基準や水道指針においては摩耗に関する記述がなく，余裕厚の確保についても規定はない。
5.2 同上	長期摩耗試験	（同上）	②試験結果より，ﾀｰﾙｴﾎﾟｷｼ塗装鋼管及び無塗装鋼管より耐摩耗性が高いことを確認。	（該当する規定はない）	（同上）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	5.1の促進試験により，塩ビ管の耐摩耗性が確認されている。 FRP(M)管に対する5.1（促進試験）と5.2（長期試験）の結果から，長期試験においても促進試験と同様の結果となることが確認されており，塩ビ管において長期試験を行ったとしても促進試験と同様の結果が得られるものと推測される。従って，長期試験による耐摩耗性の確認（長期摩耗試験）は不要である。	不要	（同上）
5.3 同上	実流管路による耐摩耗試験	（同上）	①試験結果より，ﾀｰﾙｴﾎﾟｷｼ塗装鋼管より耐摩耗性が高いことを確認。	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	5.1の促進試験により，塩ビ管の耐摩耗性が確認されている。 5.2と同様に，FRP(M)管に対する5.1（促進試験）と5.3（実管試験）の結果から，実管試験においても促進試験と同様の結果となることが確認されており，塩ビ管において実管試験を行ったとしても促進試験と同様の結果が得られるものと推測される。従って，実管試験による耐摩耗性の確認（実管摩耗試験）は不要である。	不要	（同上）

(s)； （財）道路保全技術センター 「道路占用埋設物件の浅層化技術検討 報告書」 平成10年11月 Ⅱ浅層化による埋設管路に及ぼす影響 2.疲労限界状態の照査，及び，塩化ビニル管・継手協会 「水道用硬質塩化ビニル管技術資料〈規格・設計編〉」 参考資料 3.4 浅層埋設における実験結果
(t)； S社 JIS K 6742及びJwwa A522規格品 製品説明書 3.15 管と継手の脈動水圧疲労試験 (P22)
(u)； JIS K 6741 5.性能 ，付属書１（規定） 2.性能 及び 3.4 衝撃試験
(v)； 塩化ビニル管・継手協会 「水道用硬質塩化ビニル管技術資料〈規格・設計編〉」 Ⅲ設計 10.3 落錘試験(P97)
(w)； M社，K社(JIS K 6741規格品）基本物性
(x)； 塩化ビニル管・継手協会 下水道用硬質塩化ビニル管技術資料 4.4 耐摩耗性（Ｐ19）
(y)； (財)下水道新技術推進機構 「下水道用高密度ポリエチレン管（M社） 建設技術審査照明（下水道技術） 報告書」 付属資料4,5（広島大学報告書 ポリエチレン管の耐摩耗性⇒塩ビ管についても比較検討）

資料表 2－4（1） 要求性能を満足するための技術的根拠（必要試験）の整理（硬質塩化ビニル管）

(*1)：①水圧鉄管代替製品FRPM管等技術検討結果報告書，新エネルギー財団(Ⅰ類＝FW管編，S60.1)，②同（Ⅱ類＝CC管編，S62.3)
(*2)：水門鉄管技術基準，FRP（M)水圧管編，水門鉄管協会(H9.1)
(*3)：塩化ビニル管・継手協会規格「AS25（農業用水用硬質塩化ビニル管の管継手・異形管通則）」
(*4)：塩化ビニル管・継手協会資料「水道用硬質塩化ビニル管技術資料〈規格・設計編〉」，「下水道用硬質塩化ビニル管技術資料」
(*5)：メーカー基準は一例。メーカーによって異なる場合もある。

(注1)； 協会及びメーカーの規格はJIS K 6741をベースにしたものであり，同等の性能を有している。
(注2)； 評価の欄の”要”は，設計あるいは施工時に，当該項目の性能を確認するための試験を実施する必要があることを示す。”不要”は試験の実施が不要であることを示す。
(注3)； 備考欄の”基準案⇒”は一般市販管水圧管路技術基準（案）の関連条項を示す。

要求性能・確認項目等	管材料	FRPM管 JIS A 5350 (1991)	FRPM管 技術検討書 (*1)	FRPM管 技術基準 (*2)	硬質塩化ビニル管（PVC-U） JIS K 6741 (1999)	硬質塩化ビニル管（PVC-U） 協会規格(*3)資料(*4)	硬質塩化ビニル管（PVC-U） ﾒｰｶｰその他の資料(*5)	水圧管路への適用における評価		備　考
6　耐候性	（確認方法等）									
6.1　紫外線等による劣化は心配ないのか	ｳｪｻﾞｰ・ﾒｰﾀｰ試験	（該当する規定はない）	①6000時間(60年相当)で強度的劣化なし ②2000時間(20年相当)で劣化なし	露出配管の場合の紫外線等に対し，著しい劣化が発生しないように配慮しなくてはならないと規定。	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	ｳｪｻﾞｰ・ﾒｰﾀｰ試験の結果，強度の低下が確認されている(z)。	メーカーの水道用塩ビ管に対する調査結果から，露出配管とする場合は紫外線やオゾンなどによって劣化するが，直射日光にさらされないような防護処置を行えば問題はない。従って，耐候性（紫外線等）についての確認（ｳｪｻﾞｰ・ﾒｰﾀｰ試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第21条 【基本的に設計で対応する】 　埋設とすれば現実的に問題とならないが，露出形式とする場合は，直射日光による劣化を防ぐための防護処置を行う。
6.2　同上	暴露試験	（同上）	①3年の暴露試験で強度変化なし	（該当する規定はない）	（同上）	屋外暴露試験の結果から，表面の白化，引張強度及び硬度の増加，伸び率の低下が確認され，直射日光に対する劣化を防ぐため，屋外露出配管の場合は保護カバーなどの処置が必要とされている(aa)。	協会規格に準拠	6.1において紫外線等に対する耐候性（劣化に対応できること）を確認した。従って，屋外における暴露試験は不要である。	不要	基準案⇒ 第21条
6.3　酸性やアルカリ性の水に対しても問題はないのか	耐薬品性	（同上）	（該当する検討事項はない）	火山地帯で見られる酸性水，コンクリート巻立の場合のアルカリ性水などに対し，著しい劣化が発生しないように配慮しなくてはならないと規定。	「各試験液とも質量変化度は±0.20mg/cm²」と規定 (ab)	塩ビはプラスチックの中でも高い耐薬品性を有することが確認されている(ac)。	既往資料（複数のメーカーの技術資料）により，酸・アルカリ性の薬品が使用可能なことが確認されている(ad)。	JIS,協会，メーカーいずれの資料から耐薬品性（一般的な範囲における酸性やアルカリ性に対して問題のないこと）が確認されている。従って，一般的な範囲における酸性やアルカリ性の水に対する確認（耐薬品性試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第21条 　高濃度の酸性薬品や有機薬品が流下する場合や，埋設地中にそれらが存在する場合は，耐薬品性について確認する。
7　温度特性	（確認方法等）									
7.1　低温での適用について問題はないか	低温特性	（該当する規定はない）	①液化天然ガス(LNG)に対する研究結果より，寒冷地における露出管としての使用が十分に可能と評価。 ②既往研究結果をもとに，寒冷地における露出管としての使用が十分に可能と評価。	本文中には特に規定されていないが，補足資料として温度特性（FRPの強度は高温側で低く，低温側で高くなる傾向を示す）について解説。	（該当する規定はない）	水道用塩ビ管の第2次(ガラス)転移点は-5～5℃とされ，この時点ではセグメントが凍結状態になって伸びが低下する(ae)。	協会規格に準拠	協会の技術資料に記述されるとおり，低温時にはセグメントが凍結状態になって伸びが低下する(ae)が，強度は低温であるほうが大きくなる。従って，低温時の適用についての確認（低温特性試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第21条 【基本的に設計で対応する】 　低温となった場合，薄肉のVU管では耐衝撃性が低下する。従って，寒冷地においては埋設を基本とするなど，衝撃を受けないように設計する。また，管内の流水が凍らないように配慮する。
7.2　高温での適用について問題はないか	高温特性	（同上）	①原材料であるポリエステルの熱変形温度が75～80℃であるため，使用時温度が30℃前後であれば問題なしと評価。 ②同上	（同上）	「ビカット軟化温度76℃以上」と規定（試験方法：ISO 2507-1及びISO 2507-2） (af)	JIS規格に準拠	JIS規格に準拠	JIS規格に規定されるように，塩ビ管の第1次(軟化)転移点（ビカット軟化温度）は76～80℃とされ，この時点ではセグメントが熱振動し軟化が目立つことになる。しかし，通常温度（45℃程度以下）で使用すれば問題はない。従って，高温での適用についての確認（高温特性試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第21条 　塩ビ管は材質の温度が高いほど強度が低下する傾向があるため，使用温度に応じた強度を確認する。
7.3　火災などが発生した場合にどうなるか。	耐燃性試験	（同上）	①炎により表面が着火しても，炎を遠ざけると自消火し，30～40分の比較的短い時間ではダメージの無いことを確認。 ②同上	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	塩ビの特性として，自己消火性があるため，火種が継続して作用しない限り，着火したとしても自然に消える(ag)	協会規格に準拠	協会によって耐燃性が確認されている。また，協会及びメーカーの規格はJIS K 6741をベースにしたものであり，同等の性能を有している。従って，火災が発生した場合についての確認（耐燃性試験）は不要である。	不要	

(z)； S社　JIS K 6742及びJwwa A522規格品　製品説明書　3.13 耐候性試験　(P19)
(aa)； 塩化ビニル管・継手協会　「水道用硬質塩化ビニル管技術資料〈規格・設計編〉」　Ⅲ設計　10.4 耐候性(P99)
(ab)； JIS K 6741　5.性能　及び　9.6 耐薬品性試験
(ac)； 塩化ビニル管・継手協会　「水道用硬質塩化ビニル管技術資料〈規格・設計編〉」　Ⅲ設計　2 塩ビ管の諸性能　注意事項(P51)
(ad)； S社，M社，K社(JIS K 6741規格品）耐薬品性
(ae)； 塩化ビニル管・継手協会　「水道用硬質塩化ビニル管技術資料〈規格・設計編〉」　Ⅲ設計　2 塩ビ管の諸性能　(2)温度による状態変化と加工温度(P50)
(af)； JIS K 6741　5.性能　及び　9.7 ビカット軟化温度試験
(ag)； 塩化ビニル管・継手協会　「水道用硬質塩化ビニル管技術資料〈規格・設計編〉」　Ⅰ序章　1 用語 31.耐燃性(P5)

資料表 2－4（1） 要求性能を満足するための技術的根拠（必要試験）の整理（硬質塩化ビニル管）

(*1)：①水圧鉄管代替製品FRPM管等技術検討結果報告書，新エネルギー財団(Ⅰ類＝FW管編，S60.1)，②同（Ⅱ類＝CC管編，S62.3)
(*2)：水門鉄管技術基準，FRP（M)水圧管編，水門鉄管協会(H9.1)
(*3)：塩化ビニル管・継手協会規格「AS25（農業用水用硬質塩化ビニル管の管継手・異形管通則）」
(*4)：塩化ビニル管・継手協会資料「水道用硬質塩化ビニル管技術資料〈規格・設計編〉」，「下水道用硬質塩化ビニル管技術資料」
(*5)：メーカー基準は一例。メーカーによって異なる場合もある。

（注1）；協会及びメーカーの規格はJIS K 6741をベースにしたものであり，同等の性能を有している。
（注2）；評価の欄の”要”は，設計あるいは施工時に，当該項目の性能を確認するための試験を実施する必要があることを示す。”不要”は試験の実施が不要であることを示す。
（注3）；備考欄の”基準案⇒”は一般市販管水圧管路技術基準（案）の関連条項を示す。

要求性能・確認項目等 ＼ 管材料	FRPM管			硬質塩化ビニル管（PVC-U）					備　考
	JIS A 5350 (1991)	技術検討書 (*1)	技術基準 (*2)	JIS K 6741 (1999)	協会規格(*3)資料(*4)	メーカーその他の資料(*5)	水圧管路への適用における評価		
8　物理定数									
8.1 弾性係数	（該当する規定値はない）	①設計に用いる諸数値として明記。	（数値の明記はない）	（該当する規定値はない）	技術資料において「引張弾性率3350MPa」を示している（試験方法：JIS K 7113，15℃）(ah)	カタログなどにおいて標準的な値を表示している(ai)	協会資料等に規定される値，あるいはメーカーの保証値を用いて設計する。	不要	基準案⇒ 第14条 弾性係数は引張強度と同様に温度による影響をうけ，温度が高くなるほど小さくなる傾向を示す。また，クリープによって長期的に値が小さくなる傾向を示す。従って，設計に際しては温度や時間的な弾性係数の変動を確認する。
8.2 ポアソン比	（同上）	①設計に用いる諸数値として明記。 ②同上	（同上）	（同上）	技術資料において「ポアソン比0.38」を示している（試験方法：JIS K 7161，15℃）(ah)	同上	同上	不要	基準案⇒ 第14条 弾性係数と同様にポアソン比も温度による影響をうけ，温度が高くなるほど小さくなる傾向を示す。従って，設計に際しては温度によるポアソン比の変動を確認する。
8.3 比重（密度）	（同上）	同上	（同上）	（同上）	技術資料において「比重1.43」を示している（試験方法：JIS K 7112，水中置換）(ah)	同上	同上	不要	基準案⇒ 第14条
8.4 線膨張係数	（同上）	同上	（同上）	（同上）	技術資料において「線膨張率6～7不要10-5 /℃」を示している（試験方法：JIS K 7197）（ah）	同上	同上	不要	基準案⇒ 第14条 弾性係数と同様に線膨張係数も温度による影響をうけ，温度が高くなるほど大きくなる傾向を示す。従って，設計に際しては温度による線膨張係数の変動を確認する。

（ah）；塩化ビニル管・継手協会　「水道用硬質塩化ビニル管技術資料〈規格・設計編〉」　Ⅲ設計　2 塩ビ管の諸性能　(P49)
（ai）；S社，M社，K社(JIS K 6741規格品)　基本物性

資料表 2－4（2） 要求性能を満足するための技術的根拠（必要試験）の整理（ポリエチレン管）

(*1)：①水圧鉄管代替製品FRPM管等技術検討結果報告書，新エネルギー財団(Ⅰ類＝FW管編，S60.1)，②同（Ⅱ類＝CC管編，S62.3)
(*2)：水門鉄管技術基準，FRP (M)水圧管編，水門鉄管協会(H9.1)
(*3)：水道配水用ポリエチレン管及び管継手設計マニュアル（水道配水用ポリエチレンパイプシステム研究会），他を参照
(*4)：メーカー基準は一例。メーカーによって異なる場合あり。

(注1)； 協会及びメーカーの規格はJIS K 6761をベースにしたものであり，同等の性能を有している。
(注2)； 評価の欄の”要”は，設計あるいは施工時に，当該項目の性能を確認するための試験を実施する必要があることを示す。”不要”は試験の実施が不要であることを示す。
(注3)； 備考欄の”基準案⇒”は一般市販管水圧管路技術基準（案）の関連条項を示す。

要求性能・確認項目等	管材料	FRPM管			ポリエチレン管					備　考
		JIS A 5350 (1991)	技術検討書 (*1)	技術基準 (*2)	JIS K 6761(2004)	協会規格(*3)	メーカー基準(*4)	水圧管路への適用における評価		
1 材料特性	（確認方法等）									
1.1 管（供試片)の圧縮強度はどの程度なのか。	圧縮試験（供試片）	（該当する規定はない）	①フープ層・カット層の圧縮強度が一定値以上であることを確認。 ②円周方向及び管軸方向の供試片の圧縮強度を確認	FRP強度層の圧縮試験を行うものとしている。ただし，あらかじめ試験結果が得られている場合は省略可能。	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	外圧による管の圧縮に対しては1.5の扁平性によって要求性能を確認する。従って，圧縮強度の確認（圧縮試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第9，14条 軸方向力が作用する場合や，露出配管とする場合で管軸方向の曲げモーメントが作用する場合においては，圧縮強さを確認する必要がある。
1.2 管（供試片)の引張強度(短期)はどの程度なのか。	引張試験	（同上）	①破断強度及び弾性率の特性値を確認 ②引張強度及び弾性係数を確認	（同上）	（該当する規定はない） [参考] 原材料の引張降伏強度を規定している(a)。旧規定では管の引張降伏強度を規定していた()	引張降伏強さ20MPa（PE100）以上と規定(d)。	メーカー各社がカタログなどで製品の標準的な強度を明記している(e)	協会及びメーカーが管の引張強度を明確にしている。従って，引張強度に対し，協会及びメーカーが規定する強度の範囲のなかで，ポリ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第9，14条 原材料のグレード(PE80,PE100など)によって強度が異なる。また，使用温度が高いほど強度が低下する傾向を示す。 JIS K 6761(2004)では原材料の強度(a)と製品(管)の試験方法(b)を規定。改定前の1998版では製品（供試片）の強度を
1.3 管本体の内圧強度はどの程度なのか。	内圧試験 （耐圧試験）	内圧（0.5～2.6Mpa)を加えて3分間圧力を保持し，漏れがないことを確認。	②破壊内圧及び破壊歪，及び漏水・異常のないことを確認。	管種に関する解説において，JISに準じた各種別の試験内圧(0.5～2.6MPa)を例示。また，製作(工場)における試験として，設計内圧の1.3倍の試験内圧で3分間保持し，漏水等の異常がないことを確認する。	（該当する規定はない） 材料規定に移行する前の旧規定では内圧(耐圧)試験に関する規定があった。2004年の改訂に伴い，内圧クリープ試験の実施を規定したが，内圧(耐圧)試験については規定していない(h)。	耐圧試験2.5MPで，漏れ，変形，破損，その他欠点がないことを確認する(d)。	協会規格に準拠	管の設計においては，各方向の応力がそれぞれの許容応力度以下であることを照査する。従って，設計においては内圧強度を照査することがないため，内圧強度の確認（内圧試験・耐圧試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第3条 [解説] (6)
1.4 外圧に対して，管本体はどの程度の強度（たわみ）を持つのか。	基準たわみ 外圧試験	外圧試験において基準たわみ量に達したときの荷重が基準たわみ外圧値以上。	②たわみ率5%時の荷重及びたわみ量とガラス繊維含有量を測定。その結果から管の剛性，弾性係数を計算し，ガラス含有量との関係を把握。	座屈強度として，反力係数等を係数とした計算式を提示。また，製作(工場)における試験として，基準たわみ量に対応する荷重が所定の値以上であることを確認する。	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	外圧による管のたわみ強度に対しては1.5の扁平性によって要求性能を確認する。従って，たわみ強度の確認（たわみ外圧試験）は不要である。	不要	
1.5 外圧に対してどの程度たわむのか。	環片圧 （扁平性）試験	（該当する規定はない）	（該当する検討事項はない）	許容たわみ率及び設計たわみ率を規定	（同上）	EF接合部の近傍の管を外径の50%へん平したあと，水圧2.5MPaを加え，2分間保持し，漏れ・その他件点がない(i)。	協会規格に準拠	協会規格として扁平性に関する性能が規定されており，標準的な設計たわみ率5% (f) (g)に比べて十分なたわみ性能（変形しても壊れない）を有している。また，従って，外圧によるたわみに対して，ポリ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第17条 [解説]，及び，26，30条
1.6 クリープに関する特性はどの程度か。	クリープ試験	（同上）	①長期区クリープによる歪変化率1.5以下を確認 ②クリープに対する安全率1.5の確認	本文中には特に規定されていないが，補足資料としてクリープ特性について解説。	熱間内圧クリープ試験(ISO 1167)で所定時間内に割れ，その他欠点なし(j)。	同左	同左	JISによってクリープ試験に対する試験圧力が設定され，その結果からクリープ特性（長期強度）が確認されている，従って，クリープ性能に対し，所定の長期強度の範囲のなかで，ポリ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第9条，第14条 [解説] クリープによって長期強度が低下する傾向を示す。
1.7 充水時における管本体の軸方向引張強度及び圧縮強度はどの程度か	軸管方向 水密限界試験	（同上）	①水密状態における供試管の管軸方向の引張水密限界及び圧縮水密限界を確認。	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	協会規格として，水密状況ではないものの，管軸方向引張試験を実施し，降伏点のひずみが8～11%程度であることを確認(k)。また，軸方向圧縮試験を実施し，降伏点のひずみが約10%であることを確認(l)。	協会規格に準拠	ポリ管は弾性係数が小さく，軸方向の引張り，あるいは圧縮力を受けたときに管自体が伸縮し，力を吸収する。協会による試験結果から，一定のひずみの範囲以内であれば問題はない。従って，管軸方向の引張強度や圧縮強度の確認（管軸方向水密限界試験）は不要である。	不要	降伏点に達するような引張力が作用しないよう，適切に設計する。
1.8 管（供試片)の曲げ強度はどの程度なのか。	曲げ試験（供試片）	（同上）	（該当する規定はない）	FRP強度層の曲げ試験を行うものとしている。ただし，あらかじめ試験結果が得られている場合は省略可能。	（同上）	（該当する規定はない）	メーカー各社がカタログなどで製品の標準的な強度を明記している(e)。	メーカーにより管の曲げ強度が明確にされている。従って，曲げ強度に対し，メーカーが規定する範囲のなかで，ポリ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第9，14条 使用温度が高いほど強度が低下する傾向を示す。

(a)； JIS K 6761 4.材料 4.3 性能 6.3 引張試験 a) コンパウンド
(b)； JIS K 6761 6.3 引張試験 b) 管
(c)； JIS K 6761；1998 5 性能 9.3 引張試験
(d)； 日本水道協会規格 水道配水用ポリエチレン管及び管継手 設計マニュアル 2.3.1 水道配水用ポリエチレン管 表2.3.1性能 (P15)
(e)； S社，K社 基本物性
(f)； 農林水産省構造改善局 土地改良事業計画設計基準設計「パイプライン」(平成10年3月，以下”農林基準”と略す) 9.4.4 とう性管の管種選定 (3)内圧から求める管厚計算式 b.硬質塩化ビニル管およびポリエチレン管 (P288)
(g)； 日本水道協会 水道施設設計指針(平成12年3月，以下”水道指針”と略す) 7.5 配水管 7.5.2 管種 [参考-1]管厚計算式 4.水道配水用ポリエチレン管管厚計算式 (P462)
(h)； JIS K 6761；2004 解説 その他 b) 耐圧試験を削除した理由 (P 解4)
(i)； 日本水道協会規格 水道配水用ポリエチレン管及び管継手 設計マニュアル 4.1.2 へん平水圧試験(P110)
(j)； JIS K 6761 5.管 5.3 性能
(k)； 日本水道協会規格 水道配水用ポリエチレン管及び管継手 設計マニュアル 4.3.1 管軸方向引張試験(P119)
(l)； 日本水道協会規格 水道配水用ポリエチレン管及び管継手 設計マニュアル 4.3.2 管軸方向圧縮試験(P120)

資料表 2－4（2） 要求性能を満足するための技術的根拠（必要試験）の整理（ポリエチレン管）

(*1)：①水圧鉄管代替製品FRPM管等技術検討結果報告書，新エネルギー財団(Ⅰ類＝FW管編，S60.1)，②同（Ⅱ類＝CC管編，S62.3)
(*2)：水門鉄管技術基準，FRP（M)水圧管編，水門鉄管協会(H9.1)
(*3)：水道配水用ポリエチレン管及び管継手設計マニュアル（水道配水用ポリエチレンパイプシステム研究会），他を参照
(*4)：メーカー基準は一例。メーカーによって異なる場合あり。

(注1)； 協会及びメーカーの規格はJIS K 6761をベースにしたものであり，同等の性能を有している。
(注2)； 評価の欄の”要”は，設計あるいは施工時に，当該項目の性能を確認するための試験を実施する必要があることを示す。”不要”は試験の実施が不要であることを示す。
(注3)； 備考欄の”基準案⇒”は一般市販管水圧管路技術基準（案）の関連条項を示す。

要求性能・確認項目等	管材料	FRPM管			ポリエチレン管					備　考
		JIS A 5350 (1991)	技術検討書 (*1)	技術基準 (*2)	JIS K 6761(2004)	協会規格(*3)	メーカー基準(*4)	水圧管路への適用における評価		
2　継手性能	（確認方法等）									
2.1 継手部の強度，水密性に問題はないか。	継手部 耐圧試験	（該当する規定はない）	②1.3に示す内圧試験において，継手を含む供試管により試験を実施しており，管本体より継手部のほうが強く，かつ漏水等もないことを確認した。	継手の設計として，管本体と同等の強度，水密性を持つことを規定している。また，C，T，B，D型など，JIS A 5350に準じた継手方式に準拠することを規定。なお，水密性，疲労，劣化等に対して十分な検討を行った場合は他の継手形式も使用可能。	（該当する規定はない）	「EF融着した状態で，水圧2.5MPaを加え，2分間保持し，漏れその他欠点があってはならない」と規定(m)。	協会規格に準拠することが基本 バット融着部を含む水圧試験の結果，水道基準の規格値を上回る耐圧性(水密性)を確認(n)。	協会及びメーカーの試験により，継手部の強度及び水密性が確認されている。従って，継手部の強度及び水密性に対し，協会規格の範囲の中で，ポリ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第32条
2.2 継手部に偏圧が作用した場合，どの程度まで耐えられるか。	継手部 偏平水圧試験	（同上）	①挿口部への偏心載荷試験により，水密性に関して異常のないことを確認。 ②同上	（該当する規定はない）	（同上）	EF融着接合部の近傍を50%偏平させた状態で，水圧2.5MPaを加え，2分間保持し，漏れその他欠点がないことを確認(n)。	協会規格に準拠することが基本 バット融着部を含む引張試験，水圧試験，熱間クリープ試験の結果から，接続部（バット融着）が管本体と同等以上の機械的強度をもつことを確認(n)。	協会及びメーカーの試験により，継手部扁平時の強度及び水密性が確認されている。従って，継手部扁平時の水密性に対し，協会規格の範囲の中で，ポリ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第32条
2.3 曲げ配管とした場合，水密性問題はないか	継手部 曲げ水圧試験	（同上）	①継手部を曲げた状態で内圧を負荷し，水密性に関して異常のないことを確認。 ②同上	（同上）	（同上）	EF融着接合部の管同士の迎角が45°になるように供試管を固定した状態で，水圧2.5MPaを加え，2分間保持し，漏れその他欠点がないことを確認(o)。	同上	協会及びメーカーの試験により，曲げ配管時の強度及び水密性が確認されている。従って，曲げ配管時の強度及び水密性に対し，協会規格の範囲の中で，ポリ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第32条，33条
2.4 継手部に引張力が作用する場合，どの程度まで対応可能か。	継手部引張試験	（同上）	（該当する検討事項はない）	（同上）	（同上）	EF融着接合部の強度を確認するため，降伏点に達するまで引張った結果，接合部より先に管本体が降伏することを確認。接合部の強度が管本体以上であることを確認(r)。	同上	協会及びメーカーの試験により，継手部に引張力が作用する場合の強度及び水密性が確認されている。従って，継手部に引張力が作用した場合の強度及び水密性に対し，協会規格の範囲の中で，ポリ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第32条
2.5 溶接・融着とする場合，接合部の強度低下はあるのか。	継手効率	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	（該当する規定はない）	許容応力の算定に際し，ジョイントファクターとして，短期荷重に対して0.9，長期荷重に対して0.8を考慮(s)。	2.1に示すように，協会及びメーカーの試験により，継手部の強度及び水密性が本体部に比べて同等以上であることが確認されている。従って，継手部の強度低下（継手効率）の確認は不要である。	不要	基準案⇒ 第13条，17条 『農林基準』や『水道指針』では継手効率を規定していない。メーカーの対応例では，管路全体の安全性に対して，個別の要因（危険要素）ごとに安全率を設定している。
2.6 継手部に繰返し荷重が作用した場合，強度的に問題があるか。	継手部 水圧疲労試験	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	φ200のポリ管（接合部を含む）を浅層埋設し，0～10tの繰返荷重を150万回載荷した結果から，繰返し荷重によって生じる50年後の残留ひずみは許容ひずみに比べて小さいことを確認(t)。	協会規格に準拠	ポリ管は弾力性のある材料であり，協会による継手部を含む疲労試験結果から，繰返し荷重の載荷に対して問題はない。従って，継手部に繰返荷重が作用した場合の強度及び水密性の確認（継手部水圧疲労試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第32条
2.7 継手部の耐候性に問題はないか。	継手部 耐候性試験	（該当する規定はない）	（該当する検討事項はない）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	EF継手の場合のソケット部の材質は本体と同じであり，露出配管とする場合は本体と同様にカーボンブラックを混入させることで，紫外線等による劣化を防ぐことができる。また，バット融着の場合は管本体の端部を溶融させるため，継手部も本体と同等の耐候性を確保している。従って，継手部の耐候性の確認（継手部耐候性試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第8条，21条，32条 露出配管とする場合は，カーボンブラックの濃度を適切に管理しなければならない。

(m)； 日本水道協会規格　水道配水用ポリエチレン管及び管継手　設計マニュアル　2.3.2 水道配水用ポリエチレン管継手　表2.3.4性能　(P18)
(n)； (財)下水道新技術推進機構　「下水道用高密度ポリエチレン管（M社）　建設技術審査照明（下水道技術）　報告書」　4.6 接続部の信頼性に関する照明　(2) 水圧試験　(P35)
(o)； 日本水道協会規格　水道配水用ポリエチレン管及び管継手　設計マニュアル　4.1.2 へん平試験(P110)
(p)； (財)下水道新技術推進機構　「下水道用高密度ポリエチレン管（M社）　建設技術審査照明（下水道技術）　報告書」　4.6 接続部の信頼性に関する照明　(P33～39)
(q)； 日本水道協会規格　水道配水用ポリエチレン管及び管継手　設計マニュアル　4.1.3 曲げ水圧試験(P111)
(r)； 日本水道協会規格　水道配水用ポリエチレン管及び管継手　設計マニュアル　4.1.1 引張試験(P109)
(s)； M社　技術資料
(t)； (財)道路保全技術センター　「道路占用埋設物件の浅層化技術検討　報告書」　平成10年11月　Ⅱ浅層化による埋設管路に及ぼす影響　2.疲労限界状態の照査

資料表 2－4（2） 要求性能を満足するための技術的根拠（必要試験）の整理（ポリエチレン管）

(*1)：①水圧鉄管代替製品FRPM管等技術検討結果報告書，新エネルギー財団(Ⅰ類＝FW管編，S60.1)，②同（Ⅱ類＝CC管編，S62.3)
(*2)：水門鉄管技術基準，FRP（M)水圧管編，水門鉄管協会(H9.1)
(*3)：水道配水用ポリエチレン管及び管継手設計マニュアル（水道配水用ポリエチレンパイプシステム研究会），他を参照
(*4)：メーカー基準は一例。メーカーによって異なる場合あり。

(注1)；協会及びメーカーの規格はJIS K 6761をベースにしたものであり，同等の性能を有している。
(注2)；評価の欄の”要”は，設計あるいは施工時に，当該項目の性能を確認するための試験を実施する必要があることを示す。”不要”は試験の実施が不要であることを示す。
(注3)；備考欄の”基準案⇒”は一般市販管水圧管路技術基準（案）の関連条項を示す。

要求性能・確認項目等	管材料	FRPM管 JIS A 5350 (1991)	FRPM管 技術検討書 (*1)	FRPM管 技術基準 (*2)	ポリエチレン管 JIS K 6761(2004)	ポリエチレン管 協会規格(*3)	ポリエチレン管 メーカー基準(*4)	ポリエチレン管 水圧管路への適用における評価		備　考
3　疲労特性	（確認方法等）									
3.1　内圧や外圧の繰返し負荷に対し，強度は低下しないか。	内圧，外圧 疲労試験	（該当する規定はない）	①内圧繰返し載荷試験の結果から，実用上問題のないことを確認。 ②内圧及び外圧の繰返し載荷試験の結果から，実用上問題のないことを確認。	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	外圧疲労については，2.6に同じ。 内圧疲労については，管軸方向繰返試験（管軸方向の繰返し引張り応力の発生）によっても管体破壊などの異常がないことを確認(u)。	協会規格に準拠	ポリ管は弾力性のある材料であり，協会による疲労試験結果から，繰返荷重に対する安全性は確認されている。って，繰返荷重に対する強度低下の確認（内圧・外圧疲労試験）は不要である。	不要	農林基準や水道基準において管体の疲労特性に関する規定はない。
3.2　管（供試片)の疲労による破壊は問題ないか。	シェンク式 疲労試験	（同上）	①供試片に対する繰返し載荷試験により，水圧脈動等による疲労に対して十分に安全であることを確認。	（同上）	（同上）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	3.1において管体としての疲労特性（繰返荷重に対して問題のないこと）を確認した。従って，供試片に対する疲労破壊についての確認（シェンク式疲労試験）は不要である。	不要	
4　耐衝撃性	（確認方法等）									
4.1　落石等により衝撃が作用した場合，どの程度まで耐えられるのか。	落石(落錘)試験	（該当する規定はない）	①管径（管厚）と落下高を変えて落石試験を実施し，管体損傷の程度を確認した。 ②落下高4m(重さ10kg)で，衝撃部の供試片の曲げ強度が初期強度の80%となったことを確認。	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	落錘試験が実施され，衝撃の程度についての検討結果が確認されている(v)。	落錘試験が実施され，衝撃の程度についての検討結果が確認されている(w)。	水道用のポリ管に対し，協会及びメーカーが実施した試験によって，一定の耐衝撃性を有していることを確認した。従って，耐衝撃性の確認（落石・落錘試験）は不要である。	不要	露出配管とする場合は，「発電用水力設備の技術基準」第26条の一（洪水，山崩れ，なだれ等により損傷を受けるおそれがないこと）に準じ，落石等の衝撃が直接加わらないよう，適切に設計する。
4.2　内圧負荷時に衝撃が加わった場合，どの程度まで耐えられるのか	水圧負荷 時衝撃試験	（同上）	①管径（管厚）と落下高を変えて内圧負荷時落石試験を実施し，管体損傷の程度を確認した。 ②落下高を変えて内圧負荷時落石試験を実施し，管体損傷の程度を確認した。	（同上）	（同上）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	FRP(M)管に対する4.1（空管）と4.2（充水管）に関する試験結果から，空間時に比べて充水時のほうが，同じ衝撃を受けても損傷の程度が少ないことが確認されている。このことから，ポリ管においても空管時の試験のほうが厳しい条件であると考えられる。従って，充水時の耐衝撃性の確認（水圧負荷時衝撃試験）は不要である。	不要	（同上）
4.3　管（供試片)はどの程度の衝撃に耐えられるのか。	シャルピー 衝撃試験	（同上）	②鋼材(SM 41)と同程度のシャルピー衝撃値であることを確認。	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	4.1において管体としての耐衝撃性を確認した。従って，供試片に対する耐衝撃性の確認（シャルピー衝撃試験）は不要である。	不要	（同上）
5　耐摩耗性	（確認方法等）									
5.1　土砂などに対する摩耗は問題ないのか。	促進摩耗試験	（該当する規定はない）	①試験結果より，ﾀｰﾙｴﾎﾟｷｼ塗装鋼管より耐摩耗性が高いことを確認。 ②同上。	摩耗に対する考慮の項で，珪砂を含む流水による摩耗率測定の結果，FRPと普通鋼(SS400)の摩耗率が同程度であることを解説している。	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	大学との共同研究の結果，ポリ管の耐摩耗性が鋼管やFRPより優れていることを確認(x)。	メーカーが実施した試験で鋼管やFRP管に比べてポリ管の耐摩耗性が優れていることを確認した。従って，耐摩耗性の確認（促進摩耗試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第11条，22条 農林基準や水道指針においては摩耗に関する記述がなく，余裕厚の確保についても規定はない。
5.2　同上	長期摩耗試験	（同上）	②試験結果より，ﾀｰﾙｴﾎﾟｷｼ塗装鋼管及び無塗装鋼管より耐摩耗性が高いことを確認。	（該当する規定はない）	（同上）	（同上）	（該当する規定はない）	5.1の促進試験により，ポリ管の耐摩耗性が確認されている。 　FRP(M)管に対する5.1（促進試験）と5.2（長期試験）の結果から，長期試験においても促進試験と同様の結果となることが確認されており，ポリ管において長期試験を行ったとしても促進試験と同様の結果が得られるものと推測される。従って，長期試験による耐摩耗性の確認（長期摩耗	不要	（同上）
5.3　同上	実流管路による耐摩耗試験	（同上）	①試験結果より，ﾀｰﾙｴﾎﾟｷｼ塗装鋼管より耐摩耗性が高いことを確認。	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	5.1の促進試験により，ポリ管の耐摩耗性が確認されている。 　5.2と同様に，FRP(M)管に対する5.1（促進試験）と5.3（実管試験）の結果から，実管試験においても促進試験と同様の結果となることが確認されており，ポリ管において実管試験を行ったとしても促進試験と同様の結果が得られるものと推測される。従って，実管試験による耐摩耗性の確認（実管摩耗試験）は不要である。	不要	（同上）

(u)；日本水道協会規格　水道配水用ポリエチレン管及び管継手　設計マニュアル　4.3.3 管軸方向繰り返し伸縮試験(P121)
(v)；日本水道協会　水道配水用ポリエチレン管・継手に関する調査報告書（平成10年9月）　2.5 c）重錘で窪みをつけた管の耐圧性(P61)
(w)；M社　A町上水施設向け衝撃試験　試験報告書
(x)；(財)下水道新技術推進機構　「下水道用高密度ポリエチレン管（M社）　建設技術審査証明（下水道技術）　報告書」　付属資料4,5（広島大学報告書　ポリエチレン管の耐摩耗性）

資料表 2－4（2） 要求性能を満足するための技術的根拠（必要試験）の整理（ポリエチレン管）

(*1)：①水圧鉄管代替製品FRPM管等技術検討結果報告書，新エネルギー財団(Ⅰ類＝FW管編，S60.1)，②同（Ⅱ類＝CC管編，S62.3)
(*2)：水門鉄管技術基準，FRP（M)水圧管編，水門鉄管協会(H9.1)
(*3)：水道配水用ポリエチレン管及び管継手設計マニュアル（水道配水用ポリエチレンパイプシステム研究会），他を参照
(*4)：メーカー基準は一例。メーカーによって異なる場合あり。

(注1)；協会及びメーカーの規格はJIS K 6761をベースにしたものであり，同等の性能を有している。
(注2)；評価の欄の”要”は，設計あるいは施工時に，当該項目の性能を確認するための試験を実施する必要があることを示す。”不要”は試験の実施が不要であることを示す。
(注3)；備考欄の”基準案⇒”は一般市販管水圧管路技術基準（案）の関連条項を示す。

要求性能・確認項目等	管材料	FRPM管			ポリエチレン管					備　考
		JIS A 5350 (1991)	技術検討書 (*1)	技術基準 (*2)	JIS K 6761(2004)	協会規格(*3)	メーカー基準(*4)	水圧管路への適用における評価		
6　耐候性	（確認方法等）									
6.1　紫外線等による劣化は心配ないのか	ｳｪｻﾞｰ・ﾒｰﾀｰ試験	（該当する規定はない）	①6000時間(60年相当)で強度的劣化なし ②2000時間(20年相当)で劣化なし	露出配管の場合の紫外線等に対し，著しい劣化が発生しないように配慮しなくてはならないと規定。	紫外線による劣化防止のため，カーボンブラックの濃度を2.0～2.5%に規定(y)。 直接的な試験に関する規定はない。	JIS規格に準拠	露出管については，カーボン濃度試験により評価。カーボン濃度を基準値内に制御。	露出配管とする場合は紫外線やオゾンなどによって劣化するが，カーボンブラックの濃度を適切に管理することで，劣化を防止することができる。従って，耐候性の確認（ｳｪｻﾞｰ・ﾒｰﾀｰ試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第21条
6.2　同上	暴露試験	（同上）	③3年の暴露試験で強度変化なし	（該当する規定はない）	（同上）	（同上）	（同上）	6.1において紫外線等に対する耐候性（劣化に対応できること）を確認した。従って，屋外における暴露試験は不要である。	不要	基準案⇒ 第21条
6.3　酸性やアルカリ性の水に対しても問題はないのか	耐薬品性	（同上）	（該当する検討事項はない）	火山地帯で見られる酸性水，コンクリート巻立の場合のアルカリ性水などに対し，著しい劣化が発生しないように配慮しなくてはならないと規定。	（該当する規定はない）	酸やアルカリに強い材質であることが確認されている(z)。	同左(aa)	協会及びメーカーの資料から耐薬品性（一般的な範囲における酸性やアルカリ性に対して問題のないこと）が確認されている。従って，一般的な範囲における酸性やアルカリ性の水に対する確認（耐薬品性試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第21条 高濃度の酸性薬品や有機薬品が流下する場合や，埋設地中にそれらが存在する場合は，耐薬品性について確認する。
7　温度特性	（確認方法等）									
7.1　低温での適用について問題はないか	低温特性	（該当する規定はない）	①液化天然ガス(LNG)に対する研究結果より，寒冷地における露出管としての使用が十分に可能と評価。 ②既往研究結果をもとに，寒冷地における露出管としての使用が十分に可能と評価。	本文中には特に規定されていないが，補足資料として温度特性（FRPの強度は高温側で低く，低温側で高くなる傾向を示す）について解説。	（該当する規定はない）	低温であっても異常がないことを確認(ab)。	凍結時の管破裂についても危険性が低いことを確認(ac)。	協会技術資料により低温時の適用に問題が無いことを確認した。また、メーカーの試験結果から管内水が凍結しても大きな問題にはならないことが確認された。従って，低温時の適用についての確認（低温特性試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第21条 寒冷地においては埋設を基本とするなど，管内の流水が凍らないように配慮する。
7.2　高温での適用について問題はないか	高温特性	（同上）	①原材料であるポリエステルの熱変形温度が75～80℃であるため，使用時温度が30℃前後であれば問題なしと評価。 ②同上	（同上）	（同上）	0～40℃での使用を前提としている(ad)。	協会規格に準拠	水道協会では通常の温度(40℃)以下での利用が前提となっており，この範囲での利用においては問題がない。 従って，高温での適用についての確認（高温特性試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第21条 ポリ管は，は材質の温度が高いほど強度が低下する傾向があるため，使用温度に応じた強度を確認する。
7.3　火災などが発生した場合にどうなるか。	耐火性試験	（同上）	①炎により表面が着火しても，炎を遠ざけると自消火し，30～40分の比較的短い時間ではダメージの無いことを確認。 ②同上	（該当する規定はない）	（同上）	（該当する規定はない）	管内空虚時の燃焼試験では，燃焼時間が短い場合は問題がないが，燃焼時間が長くなった場合には管に変形が生じた。	メーカーによって燃焼試験が実施され，長時間の燃焼に対しては管に変形が生じることを確認した。従って，火災が発生した場合についての確認（耐火性試験）は不要である。	不要	

(y)；JIS K 6761　4.材料　4.3 性能　及び　5.管　5.3 性能
(z)；日本水道協会規格　水道配水用ポリエチレン管及び管継手　設計マニュアル　1.5 耐食性（耐薬品性）　(P9)
(aa)；(財)下水道新技術推進機構　「下水道用高密度ポリエチレン管（M社）　建設技術審査照明（下水道技術）　報告書 4.2 耐薬品性に関する審査証明　(P15)
(ab)；日本水道協会　水道配水用ポリエチレン管・継手に関する調査報告書（平成10年9月）　2.3 3) 低温時の施工性　表2.3.1　低温時における熱間内圧クリープ試験結果(P24)
(ac)；M社　凍結試験報告書
(ad)；日本水道協会規格　水道配水用ポリエチレン管及び管継手　設計マニュアル　3.2 使用範囲　(P63)

資料表 2－4（2） 要求性能を満足するための技術的根拠（必要試験）の整理（ポリエチレン管）

(*1)：①水圧鉄管代替製品FRPM管等技術検討結果報告書，新エネルギー財団(Ⅰ類＝FW管編，S60.1)，②同（Ⅱ類＝CC管編，S62.3)
(*2)：水門鉄管技術基準，FRP（M)水圧管編，水門鉄管協会(H9.1)
(*3)：水道配水用ポリエチレン管及び管継手設計マニュアル（水道配水用ポリエチレンパイプシステム研究会），他を参照
(*4)：メーカー基準は一例。メーカーによって異なる場合あり。

(注1)； 協会及びメーカーの規格はJIS K 6761をベースにしたものであり，同等の性能を有している。
(注2)； 評価の欄の”要”は，設計あるいは施工時に，当該項目の性能を確認するための試験を実施する必要があることを示す。”不要”は試験の実施が不要であることを示す。
(注3)； 備考欄の”基準案⇒”は－般市販管水圧管路技術基準（案）の関連条項を示す。

要求性能・確認項目等 ＼ 管材料	FRPM管			ポリエチレン管					備　考
	JIS A 5350 (1991)	技術検討書 (*1)	技術基準 (*2)	JIS K 6761(2004)	協会規格(*3)	メーカー基準(*4)	水圧管路への適用における評価		
8　物理定数									
8.1 弾性係数	（該当する規定値はない）	①設計に用いる諸数値として明記。	（数値の明記はない）	（該当する規定はない）	技術資料において「引張弾性率834MPa」を示している（試験方法：JIS K 7113，20℃）(ae)	協会規格に準拠	協会資料等に規定される値，あるいはメーカーの保証値を用いて設計する。	不要	基準案⇒ 第14条 弾性係数は引張強度と同様に温度による影響をうけ，温度が高くなるほど小さくなる傾向を示す。また，クリープによって長期的に値が小さくなる傾向を示す。従って，設計に際しては温度や時間的な弾性係数の変動を確認する。
8.2 ポアソン比	（同上）	①設計に用いる諸数値として明記。 ②同上	（同上）	（同上）	技術資料において「ポアソン比0.37」を示している（試験方法：JIS K 7161，15℃）)(ae)	同上	同上	不要	基準案⇒ 第14条 弾性係数と同様にポアソン比も温度による影響をうけ，温度が高くなるほど小さくなる傾向を示す。従って，設計に際しては温度によるポアソン比の変動を確認する。
8.3 比重（密度）	（同上）	同上	（同上）	（同上）	技術資料において「比重0.95」を示している（試験方法：JIS K 7112，水中置換），(ae)	同上	同上	不要	基準案⇒ 第14条
8.4 線膨張係数	（同上）	同上	（同上）	（同上）	技術資料において「線膨張率11×10^{-5}/℃」を示している（試験方法：JIS K 7197）)(ae)	同上	同上	不要	基準案⇒ 第14条 弾性係数と同様に線膨張係数も温度による影響をうけ，温度が高くなるほど大きくなる傾向を示す。従って，設計に際しては温度による線膨張係数の変動を確認する。

(ae)； 配水用ポリエチレン管協会　配水用ポリエチレン管技術資料　8-8 配水用ポリエチレン管の諸性能(P96)

資料表 2－4（3） 要求性能を満足するための技術的根拠（必要試験）の整理（耐圧ポリエチレンリブ管）

(*1)：①水圧鉄管代替製品FRPM管等技術検討結果報告書，新エネルギー財団(Ⅰ類＝FW管編，S60.1)，②同（Ⅱ類＝CC管編，S62.3)
(*2)：水門鉄管技術基準，FRP（M)水圧管編，水門鉄管協会(H9.1)
(*3)：高耐圧ポリエチレン管協会資料，他を参照
(*4)：メーカー基準は一例です。メーカーによって異なる場合もある。基本的に協会規格に準じた機能・性能を確保している。

(注1)；協会・メーカー規格(内圧管)は，原材料の配合がJIS規格(外圧管)と若干異なる。なお，メーカー規格は協会規格をベースにしたものであり，同等の性能を有している。
(注2)；評価の欄の”要”は，設計あるいは施工時に，当該項目の性能を確認するための試験を実施する必要があることを示す。”不要”は試験の実施が不要であることを示す。
(注3)；備考欄の”基準案⇒”は－般市販管水圧管路技術基準（案）の関連条項を示す。

要求性能・確認事項等	管材料	FRPM管			耐圧ポリエチレンリブ管					備　考
		JIS A 5350 (1991)	技術検討書 (*1)	技術基準 (*2)	JIS K 6780 (2003)	協会規格(*3)	メーカー基準(*4)	水圧管路への適用における評価		
1　材料特性	（確認方法等）									
1.1 管（供試片)の圧縮強度はどの程度なのか。	圧縮試験（供試片）	（該当する規定はない）	①フープ層・カット層の圧縮強度が一定値以上であることを確認。 ②円周方向及び管軸方向の供試片の圧縮強度を確認	FRP強度層の圧縮試験を行うものとしている。ただし，あらかじめ試験結果が得られている場合は省略可能。	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	外圧による管の圧縮に対しては1.5の扁平性によって要求性能を確認する。従って，圧縮強度も確認（圧縮試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第9，14条 軸方向力が作用する場合や，露出配管とする場合で管軸方向の曲げモーメントが作用する場合においては，圧縮強さを確認する必要がある。
1.2 管（供試片)の引張強度はどの程度なのか。	引張試験	（同上）	①破断強度及び弾性率の特性値を確認 ②引張強度及び弾性係数を確認	同上	JIS K 7161の引張降伏応力が27Mpa以上と規定(a)。	引張降伏応力が23Mpa以上と規定(b)。	協会規格に準拠	JIS規格が外圧管であるのに対し，協会及びメーカーの規格は内圧管として柔軟性を持たせるために原材料の配合が若干異なり，引張強度が若干低くなっている。従って，協会規格の範囲のなかで，リブ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第14条 使用温度が高いほど強度が低下する傾向を示す。
1.3 管本体の内圧強度はどの程度なのか。	内圧試験 （耐圧試験）	内圧（0.5～2.6Mpa)を加えて3分間圧力を保持し，漏れがないことを確認。	②破壊内圧及び破壊歪，及び漏水・異常のないことを確認。	管種に関する解説において，JISに準じた各種別の試験内圧(0.5～2.6MPa)を例示。また，製作(工場)における試験として，設計内圧の1.3倍の試験内圧で3分間保持し，漏水等の異常がないことを確認する。	（該当する規定はない）	4K管（設計水圧0.4MPa）に対し，0.8MPaの内圧負荷で漏水がないこと，5K管（設計水圧0.5MPa）に対し，1.0MPaの内圧負荷で漏水がないこと，を確認(b)。	ゴム輪継手部を含む試験結果として，0.2MPa（2kgf/cm2)の内圧負荷で3分間放置し，欠陥，破損，その他欠点が無いことを確認(c)。 また，ＥＦ継手部に対する管内空気圧試験（0.15MPaの空気圧負荷）で5分間放置し漏水のないことを確認(d)。	管の設計においては，各方向の応力がそれぞれの許容応力度以下であることを照査する。従って，設計においては内圧強度を照査することがないため，内圧強度の確認（内圧試験・耐圧試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第3条 [解説]（6）
1.4 外圧に対して，管本体はどの程度の強度（たわみ）を持つのか。	基準たわみ 外圧試験	外圧試験において基準たわみ量に達したときの荷重が基準たわみ外圧値以上。	②たわみ率5%時の荷重及びたわみ量とガラス繊維含有量を測定。その結果から管の剛性，弾性係数を計算し，ガラス含有量との関係を把握。	座屈強度として，反力係数等を係数とした計算式を提示。また，製作(工場)における試験として，基準たわみ量に対応する荷重が所定の値以上であることを確認する。	たわみ試験（管軸垂直方向載荷試験）において，5% 相当のたわみに対応するたわみ荷重が基準値以上であることを確認する(e)。	JIS規格に準拠	JIS規格に準拠	外圧による管のたわみ強度に対しては1.5の扁平性によって要求性能を確認する。従って，たわみ強度の確認（たわみ外圧試験）は不要である。	不要	
1.5 外圧に対して，管本体はどの程度たわむのか。	環片圧 （扁平性）試験	（該当する規定はない）	（該当する検討事項はない）	許容たわみ率及び設計たわみ率を規定	管軸方向扁平試験において，呼び径の50%まで圧縮（扁平）させ，圧縮降伏応力に達しないことを確認する(f)。	同上	同上	JISにおいて扁平性に関する性能が規定されており，標準的な設計たわみ率5% (1) (2)に比べて十分なたわみ性能（変形しても壊れない）を有している。従って，外圧によるたわみに対し，塩ビ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第17条 [解説]，及び，26，30条
1.6 クリープに関する特性はどの程度なのか。	クリープ試験	（同上）	①長期区クリープによる歪変化率1.5以下を確認 ②クリープに対する安全率1.5の確認	本文中には特に規定されていないが，補足資料としてクリープ特性について解説。	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	JIS K 6780に準拠した管に対し，ISO9080にて規定される外挿法（熱間内圧クリープ試験）により50年後の強度9.69MPaを計算(g)。	メーカーの試験結果からクリープ特性（長期強度）が確認されている，従って，クリープ性能に対し，所定の長期強度の範囲のなかで，リブ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第9条，第14条 [解説] クリープによって長期強度が低下する傾向を示す。
1.7 充水時における管本体の軸方向引張強度及び圧縮強度はどの程度か	軸管方向 水密限界試験	（同上）	①水密状態における供試管の管軸方向の引張水密限界及び圧縮水密限界を確認。	（該当する規定はない）	（同上）	融着(溶接)継手の場合は，継手部引張試験（継手部軸方向任意切出し供試片による試験）結果(h)から，管本体に比べて継手部の強度が高いことが確認されている。したがって，1.2に示す引張試験の結果から引張降伏強度23MPa以上が期待される。	協会規格に準拠	ゴム輪継手のリブ管に引張力や圧縮力が作用した場合，管路の伸縮はゴム輪受け口部で吸収されるため管自体に大きな応力は作用しない。 融着継手の場合はポリ管の場合と同様に，軸方向の引張り，あるいは圧縮力を受けたときに管自体が伸縮し，力を吸収する。この場合，協会による試験結果から，－定の応力の範囲以内であれば問題はない。 従って，管軸方向の引張強度や圧縮強度の確認（管軸方向水密限界試験）は不要である。	不要	管軸方向に対して過度な圧縮力や引張力が作用しないように設計する。
1.8 管（供試片)の曲げ強度はどの程度なのか。	曲げ試験（供試片）	（同上）	（該当する規定はない）	FRP強度層の曲げ試験を行うものとしている。ただし，あらかじめ試験結果が得られている場合は省略可能。	（同上）	（該当する規定はない）	メーカー各社がカタログなどで自社製品の標準的な強度を明記している(i)。	メーカーにより管の曲げ強度が明確にされている。従って，曲げ強度に対し，協会規格が規定する範囲のなかで，リブ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第9，14条 使用温度が高いほど強度が低下する傾向を示す。

(a)；JIS K 6780　5 性能　10.1 引張試験
(b)；高耐圧ポリエチレン管協会　内圧用高耐圧ポリエチレン管　製品概要書　3-7.性能　(P8)
(c)；D社　内圧用高耐圧ポリエチレン管（ゴム輪継手）　継手部水密試験
(d)；D社　内圧用高耐圧ポリエチレン管　融着(溶接)継手　物性試験報告書　管内空気圧試験
(e)；JIS K 6780　5 性能　10.2 たわみ試験
(f)；JIS K 6780　5 性能　10.3 偏平試験
(g)；D社　内圧用高耐圧ポリエチレン管　熱間内圧クリープ試験
(h)；D社　内圧用高耐圧ポリエチレン管　融着(溶接)継手　物性試験報告書　継手部断面引張試験

(1)；農林水産省構造改善局　土地改良事業計画設計基準設計「パイプライン」(平成10年3月，以下”農林基準”と略す)　9.1.3 荷重に対する安全性の検討　(2) 許容たわみ量と設計たわみ量（P257)
(2)；日本水道協会　水道施設設計指針(平成12年3月，以下”水道指針”と略す)　7.5 配水管　7.5.2 管種 [参考-1]管厚計算式 3.硬質塩化ビニル管管厚計算式　2) 外圧と挽み，発生応力（P462)

資料表 2－4（3） 要求性能を満足するための技術的根拠（必要試験）の整理（耐圧ポリエチレンリブ管）

(*1)：①水圧鉄管代替製品FRPM管等技術検討結果報告書，新エネルギー財団(Ⅰ類＝FW管編，S60.1)，②同（Ⅱ類＝CC管編，S62.3)
(*2)：水門鉄管技術基準，FRP（M)水圧管編，水門鉄管協会(H9.1)
(*3)：高耐圧ポリエチレン管協会資料，他を参照
(*4)：メーカー基準は一例です。メーカーによって異なる場合もある。基本的に協会規格に準じた機能・性能を確保している。

(注1)； 協会・メーカー規格(内圧管)は，原材料の配合がJIS規格(外圧管)と若干異なる。なお，メーカー規格は協会規格をベースにしたものであり，同等の性能を有している。
(注2)； 評価の欄の”要”は，設計あるいは施工時に，当該項目の性能を確認するための試験を実施する必要があることを示す。”不要”は試験の実施が不要であることを示す。
(注3)； 備考欄の”基準案⇒”は一般市販管水圧管路技術基準（案）の関連条項を示す。

要求性能・確認事項等	管材料	FRPM管			耐圧ポリエチレンリブ管					備　考
		JIS A 5350 (1991)	技術検討書 (*1)	技術基準 (*2)	JIS K 6780 (2003)	協会規格(*3)	メーカー基準(*4)	水圧管路への適用における評価		
2　継手性能	（確認方法等）									
2.1 継手部の強度，水密性に問題はないか。	継手部 耐圧試験	（該当する規定はない）	②1.3に示す内圧試験において，継手を含む供試管により試験を実施しており，管本体より継手部のほうが強く，かつ漏水等もないことを確認した。	継手の設計として，管本体と同等の強度，水密性を持つことを規定している。また，C，T，B，D型など，JIS A 5350に準じた継手方式に準拠することを規定。なお，水密性，疲労，劣化等に対して十分な検討を行った場合は他の継手形式も使用可能。	（該当する規定はない）	融着(溶接)継手の4K管（設計水圧0.4MPa）に対し，0.8MPaの内圧負荷で漏水がないこと，5K管（設計水圧0.5MPa）に対し，1.0MPaの内圧負荷で漏水がないこと，を確認(i)。	ゴム輪継手部を含む試験結果として，0.2MPa（2kgf/cm2）の内圧負荷で3分間放置し，欠陥，破損，その他欠点が無いことを確認(j)。 また，ＥＦ継手部に対する管内空気圧試験（0.15MPaの空気圧負荷）で5分間放置し漏水のないことを確認(k)。 さらに，継手部断面引張試験の結果から，継手部の強度が本管以上であることを確認(l)。	協会及びメーカーの試験により，継手部の強度及び水密性が確認されている。従って，継手部の強度及び水密性に対し，協会規格の範囲の中で，リブ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第32条
2.2 継手部に偏圧が作用した場合，どの程度まで耐えられるか。	継手部 偏平水圧試験	（同上）	①挿口部への偏心載荷試験により，水密性に関して異常のないことを確認。 ②同上	（該当する規定はない）	（同上）	（該当する規定はない）	ゴム輪継手部の挿口部近傍を5%偏平させた状態で，水圧0.2MPaを加え，3分間保持し，漏れその他欠点がないことを確認(m)。 また，ＥＦ継手部に対する扁平後管内空気圧試験（0.15MPaの空気圧負荷）で5分間放置し漏水のないことを確認(n)。	メーカーの試験により，継手部扁平時の強度及び水密性が確認されている。従って，継手部扁平時の水密性に対し，協会規格の範囲の中で，リブ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第32条
2.3 曲げ配管とした場合，水密性問題はないか	継手部 曲げ水圧試験	（同上）	①継手部を曲げた状態で内圧を負荷し，水密性に関して異常のないことを確認。 ②同上	（同上）	（同上）	（同上）	ゴム輪継手部の角度が3度となるように継手した状態で，水圧0.2MPaを加え，3分間保持し，漏れその他欠点がないことを確認(j)。 ＥＦ継手の場合，継手部の強度等は本管部以上となり，曲線配管とする場合は許容曲げ半径以上の曲率を確保する。	メーカーの試験により，曲げ配管時の強度及び水密性が確認されている。従って，曲げ配管時の強度及び水密性に対し，協会規格の範囲の中で，リブ管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第32条，33条
2.4 継手部に引張力が作用する場合，どの程度まで対応可能か。	継手部引張試験	（同上）	（該当する検討事項はない）	（同上）	（同上）	1.7の場合と同様に，融着(溶接)継手の場合は継手部引張試験（継手部軸方向任意切出し供試片による試験）結果から，管本体に比べて継手部の強度が高いことが確認されている。従って，1.2に示す引張試験の結果から引張降伏強度23MPa以上が期待される。	協会規格に準拠	ゴム輪継手のリブ管に引張力や圧縮力が作用した場合，管路の伸縮はゴム輪受け口部で吸収されるため管自体に大きな応力は作用しない。 また，融着継手の場合はポリ管の場合と同様に，軸方向の引張り，あるいは圧縮力を受けたときに管自体が伸縮し，力を吸収する。 ここで，協会による試験結果から，一定の応力の範囲以内であれば問題はない。従って，継手部の引張力の確認（継手部引張試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第32条 [ゴム輪継手に関しては継手部に引張力が作用しないように設計で対応する]
2.5 溶接・融着とする場合，継手部の強度低下はあるのか。	継手効率	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	ゴム輪継手の場合は，継手部の強度低下がない構造である。また，融着接合の場合も2.1により継手部の強度及び水密性が本体部に比べて同等以上であることが確認されている。 一方，FRP(M)及び塩ビ管とも該当する規定がない。従って，継手効率の確認は不要である。	不要	基準案⇒ 第13条，17条 [融着(溶接)継手に関しては設計で対応]
2.6 継手部に繰返し荷重が作用した場合，強度的に問題があるか。	継手部 水圧疲労試験	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	ゴム輪継手の場合は継手部の疲労(繰返荷重)を吸収する構造である。また，融着接合の場合も2.1により継手部の強度及び水密性が本体部に比べて同等以上であることが確認されている。 一方，FRP(M)及びリブ管とも該当する規定がなく，継手部に繰返し荷重が作用した場合の強度の確認（継手部水圧疲労試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第32条
2.7 継手部の耐候性に問題はないか。	継手部 耐候性試験	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	ゴム輪継手の場合，止水用のゴム輪（JIS K 6353に準じた材料）がオゾンや紫外線によって劣化するが，露出配管とした場合には継手部の隙間をシールすることなどで対応可能である。また，ゴム輪継手。融着継手ともに継手部の材質は本体に同じであり，6.1より耐候性が確認されている。 一方，FRP(M)及びリブ管とも該当する規定がな。従って，継手部（ゴム輪）耐候性の確認（継手部耐候性試験）	不要	基準案⇒ 第8，21条，32条 露出配管とする場合は，カーボンブラックの濃度を適切に管理しなければならない。

(i)； 高耐圧ポリエチレン管協会　内圧用高耐圧ポリエチレン管　製品概要書　3-7.性能　(P8)
(j)； D社　内圧用高耐圧ポリエチレン管（ゴム輪継手）　継手部水密試験
(k)； D社　内圧用高耐圧ポリエチレン管　融着(溶接)継手　物性試験報告書　管内空気圧試験
(l)； D社　内圧用高耐圧ポリエチレン管　融着(溶接)継手　物性試験報告書　継手部断面引張試験
(m)； D社　内圧用高耐圧ポリエチレン管（ゴム輪継手）　継手部扁平水密試験
(n)； D社　内圧用高耐圧ポリエチレン管　融着(溶接)継手　物性試験報告書　扁平後管内空気圧試験

資料表 2－4（3） 要求性能を満足するための技術的根拠（必要試験）の整理（耐圧ポリエチレンリブ管）

(*1)：①水圧鉄管代替製品FRPM管等技術検討結果報告書，新エネルギー財団(Ⅰ類＝FW管編，S60.1)，②同（Ⅱ類＝CC管編，S62.3)
(*2)：水門鉄管技術基準，FRP（M)水圧管編，水門鉄管協会(H9.1)
(*3)：高耐圧ポリエチレン管協会資料，他を参照
(*4)：メーカー基準は一例です。メーカーによって異なる場合もある。基本的に協会規格に準じた機能・性能を確保している。

(注1)；協会・メーカー規格(内圧管)は，原材料の配合がJIS規格(外圧管)と若干異なる。なお，メーカー規格は協会規格をベースにしたものであり，同等の性能を有している。
(注2)；評価の欄の”要”は，設計あるいは施工時に，当該項目の性能を確認するための試験を実施する必要があることを示す。”不要”は試験の実施が不要であることを示す。
(注3)；備考欄の”基準案⇒”は一般市販管水圧管路技術基準（案）の関連条項を示す。

要求性能・確認事項等	管材料	FRPM管			耐圧ポリエチレンリブ管					備　考
		JIS A 5350 (1991)	技術検討書 (*1)	技術基準 (*2)	JIS K 6780 (2003)	協会規格(*3)	メーカー基準(*4)	水圧管路への適用における評価		
3　疲労特性	(確認方法等)									
3.1 内圧や外圧の繰返し負荷に対し，強度は低下しないか。	内圧，外圧 疲労試験	(該当する規定はない)	①内圧繰返し載荷試験の結果から，実用上問題のないことを確認。 ②内圧及び外圧の繰返し載荷試験の結果から，実用上問題のないことを確認。	(該当する規定はない)	(該当する規定はない)	(該当する規定はない)	(該当する規定はない)	3.2において供試片の疲労特性（繰返荷重に対して問題のないこと）を確認した。従って，繰返荷重に対する強度低下の確認（内圧・外圧疲労試験）は不要である。	不要	農林基準や水道基準において管体の疲労特性に関する規定はない。
3.2 管（供試片)の疲労による破壊は問題ないか。	シェンク式 疲労試験	(同上)	①供試片に対する繰返し載荷試験により，水圧脈動等による疲労に対して十分に安全であることを確認。	(同上)	(同上)	(同上)	供試片に対する疲労試験（シャンク式疲労試験）結果では，10^{7}回の繰返荷重に耐えうる応力（14MPa）を確認(o)。	メーカーによる疲労試験結果から，繰返荷重に対する性能は確認された。従って，繰返荷重に対する強度低下の確認（内圧・外圧疲労試験）は不要である。	不要	
4　耐衝撃性	(確認方法等)									
4.1 落石等により衝撃が作用した場合，どの程度まで耐えられるのか。	落石(落錘)試験	(該当する規定はない)	①管径（管厚）と落下高を変えて落石試験を実施し，管体損傷の程度を確認した。 ②落下高4m(重さ10kg)で，衝撃部の供試片の曲げ強度が初期強度の80%となったことを確認。	(該当する規定はない)	(該当する規定はない)	(該当する規定はない)	落石（落錘）試験が実施され，衝撃の程度についての検討結果が確認されている(p)。	メーカーが実施した試験によって，一定の耐衝撃性を有していることが確認される。従って，耐衝撃性についての確認（落石(落錘)試験）は不要である。	不要	露出配管とする場合は，「発電用水力設備の技術基準」第26条の一（洪水，山崩れ，なだれ等により損傷を受けるおそれがないこと）に準じ，落石等の衝撃が直接加わらないよう，適切に設計する。
4.2 内圧負荷時に衝撃が加わった場合，どの程度まで耐えられるのか	水圧負荷 時衝撃試験	(同上)	①管径（管厚）と落下高を変えて内圧負荷時落石試験を実施し，管体損傷の程度を確認した。 ②落下高を変えて内圧負荷時落石試験を実施し，管体損傷の程度を確認した。	(同上)	(同上)	(同上)	(該当する規定はない)	FRP(M)管に対する4.1（空管）と4.2（充水管）に関する試験結果から，空間時に比べて充水時のほうが，同じ衝撃を受けても損傷の程度が少ないことが確認されている。このことから，リブ管においても空管時の試験のほうが厳しい条件であると考えられる。従って，充水時の耐衝撃性の確認（水圧負荷時衝撃試験）は不要である。	不要	(同上)
4.3 管（供試片)はどの程度の衝撃に耐えられるのか。	シャルピー 衝撃試験	(同上)	②鋼材(SM 41)と同程度のシャルピー衝撃値であることを確認。	(同上)	(同上)	(同上)	(同上)	4.1において管体としての耐衝撃性を確認した。従って，供試片に対する耐衝撃性の確認（シャルピー衝撃試験）は不要である。	不要	(同上)
5　耐摩耗性	(確認方法等)									
5.1 土砂などに対する摩耗は問題ないのか。	促進摩耗試験	(該当する規定はない)	①試験結果より，ﾀｰﾙｴﾎﾟｷｼ塗装鋼管より耐摩耗性が高いことを確認。 ②同上。	摩耗に対する考慮の項で，珪砂を含む流水による摩耗率測定の結果，FRPと普通鋼(SS400)の摩耗率が同程度であることを解説している。	(該当する規定はない)	(該当する規定はない)	(該当する規定はない)	5.2の長期試験により，リブ管の耐摩耗性が確認されている。 FRP(M)管に対する5.1（促進試験）と5.2（長期試験）の結果から，長期試験においても促進試験と同様の結果となることが確認されており，リブ管において促進試験を行ったとしても長期試験と同様の結果が得られるものと推測される。従って，促進試験による耐摩耗性の確認（長期摩耗	不要	基準案⇒ 第11条，22条 農林基準や水道指針においては摩耗に関する記述がなく，余裕厚の確保についても規定はない。
5.2　同上	長期摩耗試験	(同上)	②試験結果より，ﾀｰﾙｴﾎﾟｷｼ塗装鋼管及び無塗装鋼管より耐摩耗性が高いことを確認。	(該当する規定はない)	(同上)	(同上)	実管路による砂混入水長時間循環試験により管の摩耗量を測定。耐摩耗性が塩ビ管より優れていることを確認(q)。	メーカーが実施した試験で塩ビ管に比べてリブ管の耐摩耗性が優れていることを確認した。従って，耐摩耗性の確認（促進摩耗試験）は不要である。	不要	(同上)
5.3　同上	実流管路による耐摩耗試験	(同上)	①試験結果より，ﾀｰﾙｴﾎﾟｷｼ塗装鋼管より耐摩耗性が高いことを確認。	(同上)	(同上)	(同上)	(該当する規定はない)	メーカーが実施した試験で塩ビ管に比べてリブ管の耐摩耗性が優れていることを確認した。従って，耐摩耗性の確認（実管摩耗試験）は不要である。	不要	(同上)

(o)；D社　内圧用高耐圧ポリエチレン管　疲労試験
(p)；D社　内圧用高耐圧ポリエチレン管　耐衝撃試験
(q)；(財）土木研究センター　「D社　高耐圧ポリエチレン管」技術審査証明報告書　3.2 耐摩耗性

資料表 2－4（3） 要求性能を満足するための技術的根拠（必要試験）の整理（耐圧ポリエチレンリブ管）

(*1)：①水圧鉄管代替製品FRPM管等技術検討結果報告書，新エネルギー財団(Ⅰ類＝FW管編，S60.1)，②同（Ⅱ類＝CC管編，S62.3)
(*2)：水門鉄管技術基準，FRP（M)水圧管編，水門鉄管協会(H9.1)
(*3)：高耐圧ポリエチレン管協会資料，他を参照
(*4)：メーカー基準は一例です。メーカーによって異なる場合もある。基本的に協会規格に準じた機能・性能を確保している。

(注1)；協会・メーカー規格(内圧管)は，原材料の配合がJIS規格(外圧管)と若干異なる。なお，メーカー規格は協会規格をベースにしたものであり，同等の性能を有している。
(注2)；評価の欄の”要”は，設計あるいは施工時に，当該項目の性能を確認するための試験を実施する必要があることを示す。”不要”は試験の実施が不要であることを示す。
(注3)；備考欄の”基準案⇒”は一般市販管水圧管路技術基準（案）の関連条項を示す。

要求性能・確認事項等	管材料	FRPM管			耐圧ポリエチレンリブ管					備　考
		JIS A 5350 (1991)	技術検討書 (*1)	技術基準 (*2)	JIS K 6780 (2003)	協会規格(*3)	メーカー基準(*4)	水圧管路への適用における評価		
6　耐候性	（確認方法等）									
6.1　紫外線等による劣化は心配ないのか	ｳｪｻﾞｰ・ﾒｰﾀｰ試験	（該当する規定はない）	①6000時間(60年相当)で強度的劣化なし ②2000時間(20年相当)で劣化なし	露出配管の場合の紫外線等に対し，著しい劣化が発生しないように配慮しなくてはならないと規定。	耐候性試験（屋外暴露試験またはウェザー・メーター試験）により，引張破断伸びが350%以上(r)。	JIS規格に準拠	JIS規格に準拠 使用材料にカーボンブラックが添加されていて,紫外線による劣化を防ぐ(s)。	JIS，協会，メーカーとも，一定の耐候性を確認している。従って，耐候性の確認（ｳｪｻﾞｰ・ﾒｰﾀｰ試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第21条
6.2　同上	暴露試験	（同上）	①3年の暴露試験で強度変化なし	（該当する規定はない）	（同上）	（同上）	（同上）	6.1において紫外線等に対する耐候性（劣化に対応できること）を確認した。従って，屋外における暴露試験は不要である。	不要	基準案⇒ 第21条
6.3　酸性水やアルカリ性水等の使用に対しても問題はないのか	耐薬品性	（同上）	（該当する検討事項はない）	火山地帯で見られる酸性水，コンクリート巻立の場合のアルカリ性水などに対し，著しい劣化が発生しないように配慮しなくてはならないと規定。	耐薬品性試験により，各試験液とも質量変化度は±0.2mg/cm² (t)	JIS規格に準拠	JIS規格に準拠 酸やアルカリに強い材質であることが確認されている(u)。	JIS及びメーカーの資料から高い耐薬品性が確認されている。従って，酸性水やアルカリ性水等の使用についての確認（耐薬品性試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第21条 高濃度の酸性薬品や有機薬品が流下する場合や，埋設地中にそれらが存在する場合は，耐薬品性について確認する。
7　温度特性	（確認方法等）									
7.1　低温での適用について問題はないか	低温特性	（該当する規定はない）	①液化天然ガス(LNG)に対する研究結果より，寒冷地における露出管としての使用が十分に可能と評価。 ②既往研究結果をもとに，寒冷地における露出管としての使用が十分に可能と評価。	本文中には特に規定されていないが，補足資料として温度特性（FRPの強度は高温側で低く，低温側で高くなる傾向を示す）について解説。	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	高密度ポリエチレンのガラス転移点は-20℃，脆化温度は-50℃であり，一般的に寒冷地においても問題を生じることはない。	メーカーの技術資料より，低温時の適用に問題が無いことを確認した。従って，低温時の適用についての確認（低温特性試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第21条 寒冷地においては埋設を基本とするなど，管内の流水が凍らないような配慮が望まれる。
7.2　高温での適用について問題はないか	高温特性	（同上）	①原材料であるポリエステルの熱変形温度が75～80℃であるため，使用時温度が30℃前後であれば問題なしと評価。 ②同上	（同上）	（同上）	（同上）	常温での使用を前提としている。 高密度ポリエチレンの融点は110～140℃とされ，この温度以上で結晶はなくなり，溶融状態となる。使用環境温度は一般的には40～60℃以下の温度であれば問題ない。	メーカーの技術資料に記述されるとおり，常温での利用が前提となっており，この範囲での利用においては問題がないことを確認した。従って，高温での適用についての確認（高温特性試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第21条 リブ管は，材質の温度が高いほど強度が低下する傾向がるため，使用温度に応じて強度を確認する必要がある。
7.3　火災などが発生した場合にどうなるか。	耐火性試験	（同上）	①炎により表面が着火しても，炎を遠ざけると自消火し，30～40分の比較的短い時間ではダメージの無いことを確認。 ②同上	（該当する規定はない）	（同上）	（同上）	（同上）	リブ管はポリ管と同等の材料から製作されるため，ポリ管のメーカーによる燃焼試験結果から，長時間の燃焼に対しては管に変形が生じる可能性があるものと推測される。従って，火災時の状況の確認（耐火性試験）は不要である。	不要	

(r)；JIS K 6780　5 性能　10.7 耐候性試験
(s)；D社 高耐圧ポリエチレン管　技術資料　1.特性
(t)；JIS K 6780　5 性能　10.6 耐薬品性試験
(u)；D社 高耐圧ポリエチレン管　技術資料　4.耐薬品性

資料表 2－4（3） 要求性能を満足するための技術的根拠（必要試験）の整理（耐圧ポリエチレンリブ管）

(*1)：①水圧鉄管代替製品FRPM管等技術検討結果報告書，新エネルギー財団(Ⅰ類＝FW管編，S60.1)，②同（Ⅱ類＝CC管編，S62.3)
(*2)：水門鉄管技術基準，FRP (M)水圧管編，水門鉄管協会(H9.1)
(*3)：高耐圧ポリエチレン管協会資料，他を参照
(*4)：メーカー基準は一例です。メーカーによって異なる場合もある。基本的に協会規格に準じた機能・性能を確保している。

(注1)；協会・メーカー規格(内圧管)は，原材料の配合がJIS規格(外圧管)と若干異なる。なお，メーカー規格は協会規格をベースにしたものであり，同等の性能を有している。
(注2)；評価の欄の”要”は，設計あるいは施工時に，当該項目の性能を確認するための試験を実施する必要があることを示す。”不要”は試験の実施が不要であることを示す。
(注3)；備考欄の”基準案⇒”は－般市販管水圧管路技術基準（案）の関連条項を示す。

要求性能・確認事項等 ＼ 管材料	FRPM管			耐圧ポリエチレンリブ管					備　考
	JIS A 5350 (1991)	技術検討書 (*1)	技術基準 (*2)	JIS K 6780 (2003)	協会規格(*3)	メーカー基準(*4)	水圧管路への適用における評価		
8　物理定数									
8.1 弾性係数	（該当する規定値はない）	①設計に用いる諸数値として明記。	（数値の明記はない）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	技術資料において「引張弾性率1，274～1,666MPa」を示している（試験方法：JIS K 7113，15℃）(v)	メーカー資料等に規定される値，あるいはメーカーの保証値を用いて設計する。	不要	基準案⇒ 第14条 弾性係数は引張強度と同様に温度による影響をうけ，温度が高くなるほど小さくなる傾向を示す。また，クリープによって長期的に値が小さくなる傾向を示す。従って，設計に際しては温度や時間的な弾性係数の変動を確認する。
8.2 ポアソン比	（同上）	①設計に用いる諸数値として明記。 ②同上	（同上）	（同上）	（同上）	技術資料において「ポアソン比0.3～0.48」を示している（試験方法：JIS K 7161，15℃）(v)	同上	不要	基準案⇒ 第14条 弾性係数と同様にポアソン比も温度による影響をうけ，温度が高くなるほど小さくなる傾向を示す。従って，設計に際しては温度によるポアソン比の変動を確認する。
8.3 比重（密度）	（同上）	同上	（同上）	（同上）	（同上）	技術資料において「密度0.95～0.97」を示している（試験方法：JIS K 6760）(v)	同上	不要	基準案⇒ 第14条
8.4 線膨張係数	（同上）	同上	（同上）	（同上）	（同上）	技術資料において「線膨張率11～13×10^{-6} /℃」を示している（試験方法：ASTM D696）(v)	同上	不要	基準案⇒ 第14条 弾性係数と同様に線膨張係数も温度による影響をうけ，温度が高くなるほど大きくなる傾向を示す。従って，設計に際しては温度による線膨張係数の変動を確認する。

(r)；JIS K 6780　5 性能　10.7 耐候性試験
(s)；D社 高耐圧ポリエチレン管　技術資料　1.特性
(t)；JIS K 6780　5 性能　10.6 耐薬品性試験
(u)；D社 高耐圧ポリエチレン管　技術資料　4.耐薬品性
(v)；D社 高耐圧ポリエチレン管　技術資料　3.材料特性

資料表 2－4（4）　要求性能を満足するための技術的根拠（必要試験）の整理（プレストレストコンクリート管）

(*1)：①水圧鉄管代替製品FRPM管等技術検討結果報告書，新エネルギー財団(Ⅰ類＝FW管編，S60.1)，②同（Ⅱ類＝CC管編，S62.3)
(*2)：水門鉄管技術基準，FRP（M)水圧管編，水門鉄管協会(H9.1)
(*3)：PC管協会資料，他を参照
(*4)：メーカー基準は一例。メーカーによって異なる場合もある。

(注1)；協会及びメーカーはJIS A 5373に準じて管を製作し，同等の性能を有している。
(注2)；評価の欄の”要”は，設計あるいは施工時に，当該項目の性能を確認するための試験を実施する必要があることを示す。”不要”は試験の実施が不要であることを示す。
(注3)；備考欄の”基準案⇒”は－般市販管水圧管路技術基準（案）の関連条項を示す。

要求性能・確認項目等	管材料	FRPM管			プレストレストコンクリート管（PC管）					備　考
		JIS A 5350 （1991）	技術検討書 (*1)	技術基準 (*2)	JIS A 5373 （2004）	協会規格 (*3)	メーカー基準(*4)	水圧管路への適用における評価		
2　継手性能	（確認方法等）									
2.1 継手部の強度，水密性に問題はないか。	継手部 耐圧試験	（該当する規定はない）	②1.3に示す内圧試験において，継手を含む供試管により試験を実施しており，管本体より継手部のほうが強く，かつ漏水等もないことを確認した。	継手の設計として，管本体と同等の強度，水密性を持つことを規定している。また，C，T，B，D型など，JIS A 5350に準じた継手方式に準拠することを規定。なお，水密性，疲労，劣化等に対して十分な検討を行った場合は他の継手形式も使用可能。	内圧強度試験（1種管で1.8MPaの試験内圧を付加）において漏水がない(a)。	JIS規格に準拠	JIS規格に準拠	JISにおいて継手部の強度及び水密性が確認されている。従って，継手部の強度及び水密性に対し，JISに規定される範囲のなかで，PC管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第32条
2.2 継手部に偏圧が作用した場合，どの程度まで耐えられるか。	継手部 偏平水圧試験	（同上）	①挿口部への偏心載荷試験により，水密性に関して異常のないことを確認。 ②同上	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	（該当する規定はない）	ＰＣ管は剛性管（不撓性管）であるため，実用上たわむことはない。従って，継手部偏圧時の水密性の確認（継手部偏平水圧試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第32条
2.3 曲げ配管とした場合，水密性問題はないか	継手部 曲げ水圧試験	（同上）	①継手部を曲げた状態で内圧を負荷し，水密性に関して異常のないことを確認。 ②同上	（同上）	（同上）	（同上）	管種・管径毎の最大曲げ角度を提示(c)	JIS規格品に対してメーカーが試験を実施し，曲げ配管時の水密性を明確にしている。従って，継手部曲げ配管時の水密性に対し，メーカー規格の性能の範囲のなかで，PC管を使用することができる。	要	基準案⇒ 第32条，33条
2.4 継手部に引張力が作用する場合，どの程度まで対応可能か。	継手部引張試験	（同上）	（該当する検討事項はない）	（同上）	（同上）	（同上）	（該当する規定はない）	継手部に作用する引張力を吸収する構造（ゴム輪継手）であるため，FRP(M)及びPC管とも該当する規定がなく，継手部の引張の確認（継手部引張試験）は不要である。	不要	[基本的に設計で対応する]
2.5 溶接・融着とする場合，接合部の強度低下はあるのか。	継手効率	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	継手部の強度低下がない構造（ゴム輪継手）であるため，FRP(M)及びPC管とも該当する規定がなく，継手効率の確認は不要である。 なお，継手部の強度及び水密性については2.1で確認される。	不要	基準案⇒ 第13条
2.6 継手部に繰返し荷重が作用した場合，強度的に問題があるか。	継手部 水圧疲労試験	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	継手部を含んだ浅層埋設自動車荷重繰返し載荷試験においても問題がない(e)。	（同上）	継手部の疲労(繰返荷重)を吸収する構造（ゴム輪継手）であるため，FRP(M)及びPC管とも該当する規定がなく，継手部に繰返し荷重が作用した場合の強度の確認（継手部水圧疲労試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第32条
2.7 継手部の耐候性に問題はないか。	継手部 耐候性試験	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	（同上）	継手部に使用するゴム輪（JIS K 6353に準じた材料）はオゾンや紫外線によって劣化するが，露出配管とした場合には継手部の隙間をシールすることなどで対応可能である。そのため，FRP(M)及びPC管とも該当する規定がなく，継手部（ゴム輪）耐候性の確認（継手部耐候性試験）は不要である。	不要	基準案⇒ 第8条，21条，32条 [基本的に設計で対応する] 埋設する場合は問題なし。露出配管とする場合は継手部の隙間をシールするなど，適切に対応する。

(a)；JIS A 5373　5.性能　5.2 性能　及び　付属書4 3.1内圧強度 6.1 内圧強度試験
(b)；JIS A 5373　5.性能　5.2 性能　及び　付属書4 3.2外圧強度 6.2 外圧強度試験
(c)；M社　製品説明書　6継手の抜出し量と曲げ角度（Ｐ19）
(d)；M社　継手曲げ試験結果
(e)；（財）道路保全技術センター　「道路占用埋設物件の浅層化技術検討　報告書」　平成10年11月　Ⅱ浅層化による埋設管路に及ぼす影響　2.疲労限界状態の照査

巻末資料－３　取水設備の課題と対応

巻末資料－３　取水設備の課題と対応

簡易発電システムにおける取水方式の選定にあたっては，現地状況に応じた課題を整理し,その課題に適切に対応する必要がある。

参考として，簡易発電システムにおける取水設備を適切に選定するため，事例が多く，課題の多い渓流取水に注目して検討を行った。この検討では，渓流取水を題材に課題（問題点）を整理・分類し，取水設備が具備すべき機能を整理して，渓流取水における対応方法をまとめた。なお，これらの課題（問題点）と対応方法は，渓流取水以外に対しても参考になる。

取水設備に関するモニタリング調査を通じて得られた事項（現地調査および関係者からの聞取事項）と各種文献をもとに，渓流等から取水する場合に検討すべき一般的な事項を以下に整理した。

(1) 基本事項（渓流取水の特殊性）

日本および世界各地に創意工夫を凝らした種々の渓流取水方式が存在するが，新規に計画する地点においてそれらを単純に適用させることはできない。

渓流取水として各種文献等に紹介される方式は,それぞれの特殊な条件のもとに発展したものであるため，取水設備の方式を決定するにあたっては，当該地点の諸条件を的確に把握し,各設備の特性を十分に検討する必要がある。

(2) 渓流取水の一般的な課題（問題点）

渓流取水には次項に述べる取水条件に対応した種々の問題を持っているが，一般的と考えられる問題点を以下に整理した。

ア．取水口前庭部の埋没

一般的な取水設備では，安定取水と土砂流入防止等のために取水口前庭部は深みになっている。この深みを確保・維持するために，取水口の直下には固定堰や可動堰が設けられている。

渓流では，大量の砂礫や転石の流下があるため，この深みが埋没するおそれがある。

渓流取水では，この深みを維持すること，あるいは，深みがなくとも安定的に取水することが大きな問題となる。

イ．取水口の閉塞

一般的な取水設備の取水口には，流木等の流入防止のためにスクリーンが設置

される。ごく小規模のものを除き，渓流取水設備でもスクリーンは欠かせないが，渓流では平地部に比べて流木・蔓草・落葉・砂礫の流下が多く，これらがスクリーンに引っ掛かり，取水口が閉塞することが多い。

渓流取水では，これら取水口（スクリーン）の閉塞が問題となる。

ウ．流入砂礫による障害

一般的な取水設備での流入砂礫対策は，まず，深みのある前庭部を設けることによって接近流速を抑えて，土砂の流入量自体を抑制することが必要になる。

次に，取水路は流入してしまった砂礫が堆積することなく沈砂池（排砂口）まで移動できるように，水路の掃流力・断面・線形等を考慮して設計する。そして，沈砂池では流入砂礫を沈降させ，それを排砂する。

しかし，多くの渓流取水設備では，(a)に述べた前庭部の埋没対策を優先せざるを得ないことから，接近流速を落とすことが困難であり，このため多量の流入砂礫をある程度許容せざるを得ない。したがって，「取水路への砂礫堆積」と「沈砂池での排砂」が大きな問題となる。

エ．砂礫・転石による設備の摩耗・破壊

流下砂礫・転石による設備の摩耗・破壊についても注意が必要である。

(3) **取水条件の検討**

ア．**検討項目**

渓流取水には，前述した問題のほか，それぞれの計画地点の条件に応じた種々の問題がある。渓流取水設備の設計に当たっては，当該地点での取水条件の特殊性を整理・検討し，その取水条件に適応した設計をしなければならない。

検討の対象となる主な取水条件は以下に示す。

① 取水量に関する条件
② 自然的条件
③ 水利使用に関する条件
④ 管理に関する条件

イ．取水量に関する条件

取水量に関し，特に検討すべき事柄は以下の３点である。

(ｱ) 対象取水量の程度

渓流取水設備の構造は，取水量の対象を豊水時（増水時）にするか，低水時（基底流量）にするかによって異なったものになる。

豊水時の取水が必要なければ，「取水口の閉塞問題」および「流入砂礫によ

る障害問題」は小さくなる。しかし，その場合でも「取水口前庭部の埋没問題」は残り,「危険な増水時にどのようにして取水を停止するのか」という問題に対応する必要がある。

また,低水時のみの取水に限定した場合,取水に関する問題は少なくなるが,取水量自体が少なくなるため，発電電力量に影響する。

取水設備の建設およびメンテナンスにかかる費用と発電電力量の問題にもなるが,対象取水量は両者を総合的に評価したうえで決定する必要がある。

(ｲ) 取水効率の問題

渓流取水設備においては,“少ない水を如何に効率よく取水するか”ということが最大の課題となる。

取水効率を考える場合の主な問題は，浸透水取水方式の場合は目詰まりであり，それ以外の取水方式の場合は取水口の閉塞と考えられる。こられの問題への対応は，取水設備の維持管理（メンテナンス）と関係することになる。つまり，取水効率の増減は，容易に巡視できるものとできないもの，自動的(遠隔操作を含む)に対応可能なものとそうでないもの,費用のかけ方等が影響することになる。

‘(ｳ) 河川維持流量

取水堰の水位変動に応じて河川維持流量を的確に放流するためには，流調ゲート等の設備が必要となるが，簡易発電システムで対象とする小水力発電設備においては，流調ゲート等の設備に掛かる費用が，経済的な負担になる可能性がある。

また，河川維持流量放流のために，流調機能のない放流孔を設ける場合があるが，この場合は取水堰の水位上昇に伴って，河川維持流量を超える流量が放流されることになる。この場合，河川維持流量を超える放流（無効放流）は,取水効率低下の一因となる。

ウ．自然的条件

渓流取水設備特有の自然的条件による要因には,「流下砂礫の量・形状・硬さ」,「流木・落葉等の量」,「進入道路の有無」,「取水地点の河川勾配および落差」等がある。

これらの要因は「取水口の閉塞」や「浸透水取水方式における目詰まり」,「目詰まり状況への対応（巡視・点検作業)」に影響し,取水効率の増減に作用することになる。

エ．水利使用に関する条件

「(b)取水量に関する条件」の「ウ 河川維持流量」でも記述したが，取水設備は河川維持流量を確実に放流することが，水利使用における条件となる。

また,取水設備は魚道の有無にも影響をうけ，魚道が存在する場合，対象魚種の遡上・降下に必要な流量を流下できるような構造としなければならない。

したがって，渓流取水設備の設計では，水利使用条件として河川維持流量が影響することになる。

オ．管理に関する条件

渓流取水設備の設計には，取水量又は取水効率の問題を考える場合,管理に関する条件も影響する。主な管理に関する問題には,商用電源（配電線）に接続できるのか，容易に発電所にアプローチできるのか（特に冬期等），人手がどの程度かけられるのか，等がある。

無電源対応やメンテナンスフリーを検討する場合は,初期費用の大きさとの比較検討が重要となる。

(4) 渓流取水設備が具備すべき機能の整理

渓流取水設備の設計に際しては,

① 設備の維持管理に手間・費用がかからない
② 安定的に取水が可能
③ 流下転石等により破壊しない

ということが目的となる。しかし，上記３つの目的を完全に満足することは容易ではない。そこで,本設計マニュアルでは簡易発電システムの取水設備として，当該地点の状況に応じた選択ができるように，上記目的をいくつかに分解・整理した。取水設備の選定に当たっては,現地状況を背景に以下の機能・構造を取捨選択し，効率的な取水方式を選定するものとする。

① 取水口前庭部の深みが流下砂礫により埋没しないこと。又は，取水口前庭部の深みが無くとも，安定取水できる構造であること。
② 取水口が流木・蔓草・落葉等により閉塞しないこと。
③ 取水口に引っかかった流木・礫が安全かつ容易に除去できること。
④ 砂礫の流入が少ないこと。又は，流入砂礫が容易に排砂されること。
⑤ 流入砂礫が集水路や取水路に堆砂しないこと。
⑥ 増水時の機側操作は不要のこと(増水時に渓流に入ることは危険)。
⑦ 流下転石により破壊されない設備であること。

⑧ 流下転石や砂礫により設備が損傷した場合に備えて，設備の改修が容易な構造であること。

⑨ 河川維持流量が設定されている場合，それを適切に放流可能なこと。

(5) **対策例（参考）**

ア．バースクリーン取水方式

流木や砂礫による影響への対応として，バースクリーン取水方式の採用が考えられる。この方法は,小流量を効率よく取水するため, 渓流取水方式の代表例ともいえる。

バースクリーンの材料と断面形状には様々な形状の実施例があるが，鋼管が最も詰まりにくく，かつ，目詰まりに対しても除去し易いと考えられる。しかし，鋼管でもどうしても流木や礫が詰まるため，増水時に取水効率が低下してしまうことが多い。

流下砂礫が比較的柔らかい場合は，石の形状が丸く挟まりにくく，挟まっても砕け易いことから, それほど問題とならない場合がある。一方,硬い扁平な石が多い場合は,砂礫がバーの間隙に食い込み,その取り外しに苦労している例も報告されている。

イ．流入砂礫対策

増水時における砂礫の流入には，浮遊状態にあるものと水路底を転がってくるものとがある。浮遊状態にあるものは沈砂池まで運び，そこで沈降させるものとして対応するが，水路底を転がってくる砂礫は取水路の途中にサンドトラップと呼ばれるピットを設け,そこから常時一定水量を河川に還元させることによって砂礫を河川に戻すことができる。

この還元水は発電にとって無効放流となるが，取水制限流量（維持流量）の還元を兼用させることが可能であれば，維持流量の放流と流入土砂の排除が兼用できることになり,有効な対応方法となる。

巻末資料－４　ケーススタディ

巻末資料－４　ケーススタディ

目　　次

１．１　調査概要 ..... 資料 4－1
　１．１．１　目的 ..... 資料 4－1
　１．１．２　基本方針 ..... 資料 4－1
　１．１．３　ケーススタディ候補地点 ..... 資料 4－2
１．２　検討結果の概要 ..... 資料 4－3

２．１　Ａ地点 ..... 資料 4－6
　２．１．１　地点概要 ..... 資料 4－6
　２．１．２　在来設計 ..... 資料 4－9
　２．１．３　簡易発電システム発電計画 ..... 資料 4－12
　２．１．４　比較検討評価 ..... 資料 4－19
２．２　Ｂ地点 ..... 資料 4－26
　２．２．１　地点概要 ..... 資料 4－26
　２．２．２　在来設計 ..... 資料 4－28
　２．２．３　簡易発電システム発電計画 ..... 資料 4－31
　２．２．４　比較検討評価 ..... 資料 4－44
２．３　Ｃ地点 ..... 資料 4－52
　２．３．１　地点概要 ..... 資料 4－52
　２．３．２　在来設計 ..... 資料 4－54
　２．３．３　簡易発電システム発電計画 ..... 資料 4－57
　２．３．４　比較検討評価 ..... 資料 4－70
２．４　Ｄ地点 ..... 資料 4－78
　２．４．１　地点概要 ..... 資料 4－78
　２．４．２　在来設計 ..... 資料 4－80
　２．４．３　簡易発電システム発電計画 ..... 資料 4－83
　２．４．４　比較検討評価 ..... 資料 4－95
２．５　Ｅ地点 ..... 資料 4－103
　２．５．１　地点概要 ..... 資料 4－103
　２．５．２　在来設計 ..... 資料 4－105
　２．５．３　簡易発電システム発電計画 ..... 資料 4－110
　２．５．４　比較検討評価 ..... 資料 4－124
２．６　Ｆ地点 ..... 資料 4－132
　２．６．１　地点概要 ..... 資料 4－132
　２．６．２　在来設計 ..... 資料 4－136
　２．６．３　簡易発電システム発電計画 ..... 資料 4－142
　２．６．４　比較検討評価 ..... 資料 4－165

巻末資料－４　ケーススタディ

１．１　調査概要

ケーススタディ各地点の具体的な設計に先立ち,ケーススタディの目的と設計の基本方針，各候補地点の概略を整理する。

なお，各候補地点の概略については，候補地点として小水力発電部会の委員の採択を受けた段階の値を示している。

１．１．１　目　的

ケーススタディにおける目的は，これまでに実施した簡易発電システムの構築に向けた技術的検討を個別地点へ適用し，在来設計と簡易発電システムとを比較し，イニシャルコストの低減効果を確認・課題の抽出・検討および評価を行い，簡易発電システムの構築に資することを目的とする。

１．１．２　基本方針

調査内容は，プレ・フィージビリティ調査程度とする。

このうち，発電計画にあたっては,「中小水力発電ガイドブック　新訂５版　（財団法人新エネルギー財団水力本部)」を参考とし，工事費の算出にあたっては,「未開発地点開発促進対策調査　個別地点開発計画策定調査のうち発電計画工事費積算基準　平成 12 年３月　（通商産業省資源エネルギー庁・新エネルギー財団水力本部)」(以下,『発電計画工事費積算基準』という。）を参考とした。

１．１．３　ケーススタディ候補地点

ケーススタディの候補地点の選定について，平成 15 年度は，これまで財団法人新エネルギー財団で調査した結果から抽出した地点と小水力発電部会の委員からの推薦による地点の中から，簡易発電システムの適用が見込まれる５地点を選定した。平成 16 年度は，平成 15 年度に選定した５地点の内，対応していない適用施設について，小水力発電部会の委員から募集を行い，１地点を選定した。

資料表 4－1 にケーススタディ候補地点を示す。表に示した諸元は，地点選定を行った際の当初計画であり，実際に現地調査や具体的な検討を実施する過程において見直しを行っている。

資料表 4－1　ケーススタディ候補地点

項 目	A地点	B地点	C地点	D地点	E地点	F 地点
施 設 区 分	河川維持流量等放流設	河川維持流量等放流設	砂防ダム	砂防ダム	下水道	工業用水利施設(湧水)
所 在 地	北海道	静岡県	新潟県	群馬県	岩手県	群馬県
使用可能流量 (m^3/s)	4.0	0.175	0.22	0.0456	0.27	0.28
総 落 差(m)	10	8	30	70	10	82
出 力(kW)	300	10	40	22	22	150
発 電 方 式	ダム式	ダム式	水路式	水路式	水路式	水路式
消 費 形 態	売電（所内電源）	売 電	町営施設電源	ｷｬﾝﾌﾟ場照明売 電	場内電源	売電

１．２　検討結果の概要

ケーススタディの各地点の検討結果を資料表 4－2 に整理した。

資料表 4－2 では，各種諸元の整理とともに経済性の比較として建設単価（補助なし）を整理した。

また，資料表 4－3 では，建設単価同様に経済性の指標となる発電原価について整理した。ここで，発電原価の計算に必要な経費については,『ハイドロバレー開発計画ブック』（平成 16 年 3 月　経済産業省 資源エネルギー庁, 財団法人 新エネルギー財団）を参考にした。

なお，発電原価の計算に際しては,事業者別に固定資産税や市町村交付金，地方債発行に対応した地方交付税算入額などの対応が異なるため，それぞれのケースにおける検討条件を資料表 4－3 に整理した。

資料表 4－2 および 4－3 を見ると,経済性の面で在来設計より簡易発電システムの方が優れており,簡易発電システムの採用によるコストダウンの効果が確認された。

資料表 4−2　ケーススタディ　検討結果整理表(その１)

項 目	A地点		B地点		C地点		D地点		E地点		F 地点	
	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電
施 設 区 分	河川維持流量等放流設備		河川維持流量等放流設備		砂防ダム		砂防ダム		下水道		工業用水利施設(湧水)	
最大使用水量(m^3/s)	4.0		0.175		0.036		0.0456		0.20		0.21	
有効落差(m)	12.89	10.65	9.26	9.58	35.66	32.71	67.0	64.45	11.15	11.68	85.77	87.74
総合効率	0.796	0.713	0.705	0.685	0.714	0.685	0.720	0.700	0.629	0.611	0.750	0.742
最大出力(kW)	400	290	11.0	11.0	9.0	8.0	21.5	20.0	13.5	14.0	130	130
取水方式	既設管分岐	既設管分岐	横取取水	サイフォン取水	横取取水	浸透水取水	浸透水取水	浸透水取水	横取取水(コンクリート)	横取取水(角落しゲート)	横取取水	横取取水
水圧管路	鋼管	鋼管	鋼管	耐圧ポリエチレンリブ管	FRPM 管	塩ビ管	鋼管	高密度ポリエチレン管	FRP 管	塩ビ管	FRPM 管・ダグタイル管	塩ビ管・ダグタイル管
管路延長(m)	10	10	28.1	22.5	69.0	552	482.6	486.9	92.3	89.5	FRPM；536 ダク管；292	塩ビ管；489 ダク管；348
発電所基礎・建屋	地上式	既存建屋利用	半地下式	省略	地上式	地上式	半地下式	省略	半地下式	省略	地上式	地上式
水車形式	S 型チューブラ	横軸固定羽根プロペラ	横軸固定羽根プロペラ	同左	ペルトン	ポンプ逆転	ペルトン	同左	クロスフロー	同左	ペルトン	ポンプ逆転
発電機	誘導発電機	同左	誘導発電機	永久磁石発電機	誘導発電機	永久磁石発電機	誘導発電機	永久磁石発電機	誘導発電機	永久磁石発電機	誘導発電機	永久磁石発電機
連系方式	高圧連系	同左	高圧連系	構内低圧連系	低圧連系	低圧連系	高圧連系	構内低圧連系	構内低圧連系	同左	高圧連系	同左
保護・制御	一体形制御盤	同左	一体形制御盤	汎用 PLC	一体形制御盤	汎用 PLC	一体形制御盤	汎用 PLC	一体形制御盤	汎用 PLC	一体形制御盤	汎用 PLC
発電電力の需要方法	売電		売電		近傍施設で全量消費		近傍施設で全量消費		下水処理場内で消費		売電	
年間発電電力量(MWh)	1,861	1,417	87.6	88.1	74.3	66.3	109.0	102.2	108.4	110.3	1,099	1,115
工事費(百万円)	396.8	195.9	48.2	28.6	78.9	61.9	81.3	45.5	54.0	38.3	170.5	155.1
建設単価(円／kWh)	213	138	550	325	1,062	934	746	445	498	347	155	139

※　；F 地点については，取水方式および発電所の位置をそれぞれ２ケース設定し，在来設計，簡易発電システムそれぞれ 4 ケースの検討を実施した。表では，それらのうち建設単価が最も安くなるケース（取水形式＝横取取水方式，発電所位置＝旧発電所跡地）の値を記載した。

資料表 4－3　ケーススタディ　検討結果整理表(その２)

項 目	A地点		B地点		C地点		D地点		E地点		F 地点	
	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電
施 設 区 分	河川維持流量等放流設備		河川維持流量等放流設備		砂防ダム		砂防ダム		下水道		工業用水利施設(湧水)	
事 業 者	卸供給事業者		卸供給事業者		市町村		市町村		県公社		県企業局	
発電電力の需要方法	売電		売電		近傍施設で全量消費		近傍施設で全量消費		下水処理場内で消費		売電	
補助金	中小水力（RPS 対象外） 20%		中小水力（RPS 対象） 30%		中小水力（RPS 対象） 30%		中小水力（RPS 対象） 30%		中小水力（RPS 対象） 30%		中小水力（RPS 対象） 30%	
借入金	金融公庫等（金利 1.5%）		金融公庫等（金利 1.5%）		過疎債（金利 1.5%）		過疎債（金利 1.5%）		金融公庫等（金利 1.5%）		金融公庫等（金利 1.5%）	
固定資産税	計上する （計算対象は建設費とし，残存価値 5%まで償却し，それ以降は 5%に固定。税率は 1.4%）		計上する （計算対象は建設費とし，残存価値 5%まで償却し，それ以降は 5%に固定。税率は 1.4%		計上しない		計上しない		計上しない		計上しない	
地元市町村交付金	計上しない		計上しない		計上しない		計上しない		計上する （固定資産税相当分を計上，残存価値 5%まで償却し，それ以降は 5%に固定。税率は 1.4%）		計上する （固定資産税相当分を計上，残存価値 5%まで償却し，それ以降は 5%に固定。税率は 1.4%）	
地方交付税算入額	計上しない		計上しない		計上する （元利償還費の 70%が交付税として算入される）		計上する （元利償還費の 70%が交付税として算入される		計上しない		計上しない	
人件費	建設費の 0.68%		建設費の 0.68%		建設費の 0.68%		建設費の 0.68%		建設費の 0.68%		建設費の 0.68%	
修繕費	建設費の 0.31%, 年増加分 0.019%		建設費の 0.31%, 年増加分 0.019%		建設費の 0.31%, 年増加分 0.019%		建設費の 0.31%, 年増加分 0.019%		建設費の 0.31%, 年増加分 0.019%		建設費の 0.31%, 年増加分 0.019%	
一般管理費	直接費の 12%		直接費の 12%		直接費の 12%		直接費の 12%		直接費の 12%		直接費の 12%	
工事費(百万円)	396.8	195.9	48.2	28.6	78.9	61.9	81.3	45.5	54.0	38.3	170.5	155.1
年経費(百万円) （20 年均等化経費）	27.0	13.3	3.0	1.8	2.0	1.6	2.1	1.2	3.4	2.4	10.7	9.7
発電原価(円／kWh)	14.5	9.4	34.5	20.4	26.8	23.6	18.9	11.3	31.2	21.8	9.7	8.7

※　；F 地点については，取水方式および発電所の位置をそれぞれ２ケース設定し，在来設計，簡易発電システムそれぞれ 4 ケースの検討を実施した。表では，それらのうち発電原価が最も安くなるケース（取水形式＝横取取水方式，発電所位置＝旧発電所跡地）の値を記載した。

※　補足説明

補助金	経済産業省所管の「中小水力発電開発費補助金補助事業」を基本とした。補助率は 5,000kW 以下の 20%を基本に、RPS 法認定設備の場合は 10%上乗せ。
借入金	事業者が市町村の場合は総務省所管の「過疎対策事業債（過疎債）」を基本とした。過疎債の元利償還に要する経費のうち、70%を交付税として補助。3 年据置き、12 年償還。利率は 1.5%とする。事業者が市町村以外の場合は、「公営企業金融公庫」や「中小企業金融公庫」等を基本とした。3 年据置き、12 年償還。金利は 1.5%とする。
固定資産税	事業者が市町村、都道府県の場合は計上しない。事業者が卸供給事業者の場合は、計算対象を建設費とし、償却年数を 20 年として定額償還とする。残存価値 5%まで償却し、5%以下は 5%に固定して税額を算定する。税率は標準税率の 1.4%を採用する。
地元市町村交付金	事業者が都道府県の場合、固定資産税相当額を地元市町村交付金として計上することとする。計算対象を建設費とし、償却年数を 20 年として定額償還とする。残存価値 5%まで償却し、5%以下は 5%に固定して交付金額を算定する。交付率は固定資産税と同率の 1.4%を採用する。
地方交付税算入額	事業者が市町村の場合、過疎債の適用を受けるものとして、過疎債の元利償還に要する経費のうち 70%を交付税として受け入れるものとする。
人件費	『ハイドロバレー開発計画ブック』（平成 16 年 3 月,経済産業省資源エネルギー庁・財団法人新エネルギー財団）の考え方に準じ、発電所の運営・管理に必要となる経費として、建設費の 0.68%を計上する。
修繕費	発電所の通常の機能を維持するための補修。点検に要する費用であり、固定資産に関わらない損金として処理される受益者支出。『ハイドロバレー開発計画ブック』の考え方に準じ、初年度分は建設費の 0.31%とし、2 年目以降の年増分を 0.019%とする。
一般管理費	『ハイドロバレー開発計画ブック』の考え方に準じ、発電所の運営・管理に直接関わらない間接的な経費（事務所経費等）として、直接費（人件費、修繕費、固定資産税、その他経費等）の 12.0%を計上する。

２．１　Ａ地点

Ａ地点に関する在来設計と簡易発電システムによる設計を実施し，両者を比較することで簡易発電システムによるコストダウンを確認する。

２．１．１　地点概要

Ａ地点は，発電用ダムの維持流量放流に注目した地点である。

Ａ地点の発電用ダムは，下流の発電所まで約 6kmの導水路で結ばれ，ダム水路式による発電を行っている。また，発電用ダムからは利水放流が行われており，夏期 4.0m^3/s，冬期 2.0m^3/s が河川維持流量として設定されている。ケーススタディでは，この河川維持流量を利用して，ダム直下での発電を行うものである。

なお，Ａ地点は本水系の最下流であるため，ダム左岸に設けられた管理所は常駐の監視体制をとり監視制御を行っている。

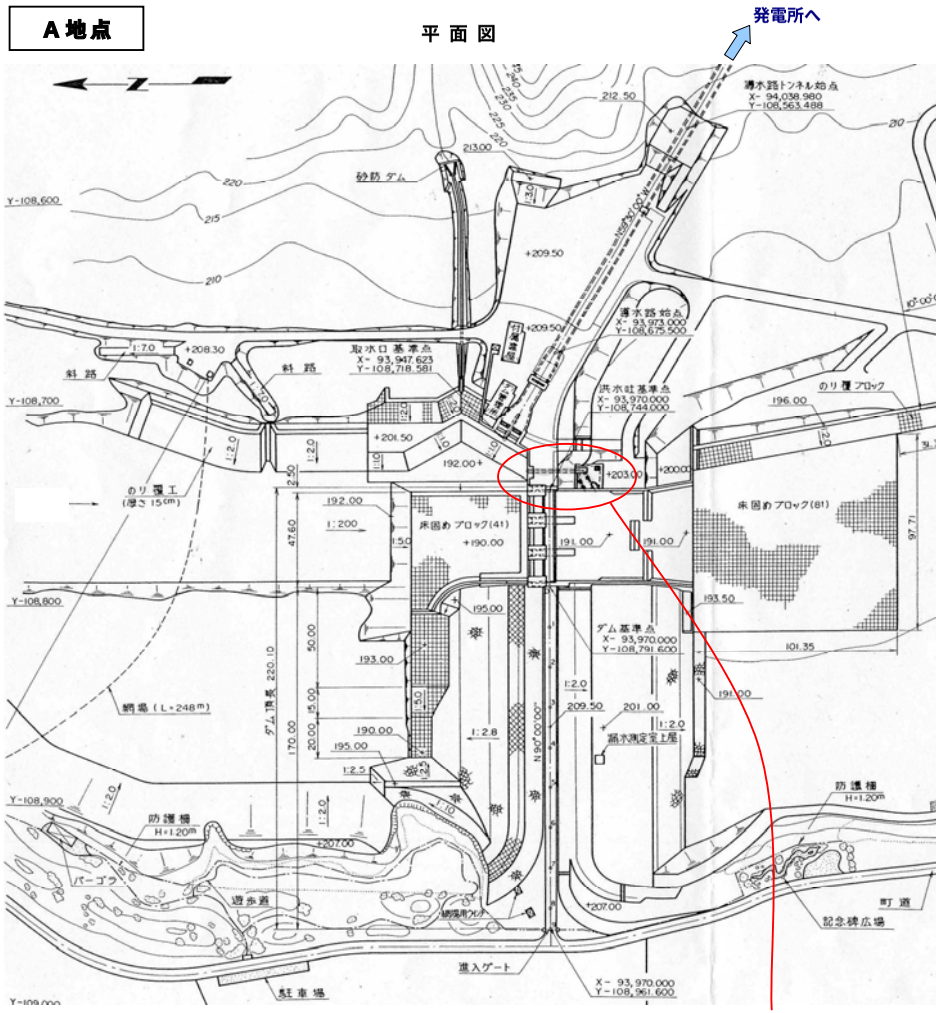
発電用ダムの諸元を資料表 4－4 に示す。また，Ａ地点付近の概要を資料図 4－1 および資料写真 4－1～4－3 に示す。

資料表 4－4　発電用ダム諸元

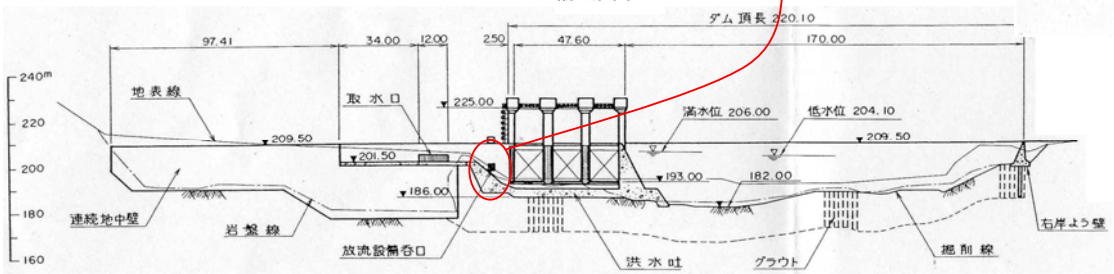
項　　目	発電用ダム
位　　置	北海道
型　　式	ロックフィル
提　　高	27.50 m
提　頂　長	220.10 m （フィル部 170m　洪水吐部 50.1m）
流域面積	940 km^2 （直接 773.2　間接 166.8）
設計洪水量	3,100 m^3/s
天端標高	EL 209.50 m
常時満水位	EL 206.00 m
最低水位	EL 204.10 m
洪　水　吐	鋼製ローラーゲート （幅 12.7m×高さ 13.5m×3 門）
利水放流設備	ｼﾞｪｯﾄﾌﾛｰｹﾞｰﾄ φ1,200mm (Qmax=10.0m^3/s) ｽﾙｰｽﾊﾞﾙﾌﾞ　φ500mm (Qmax=2.0m^3/s) φ450mm (Qmax=2.0m^3/s)

Ａ地点

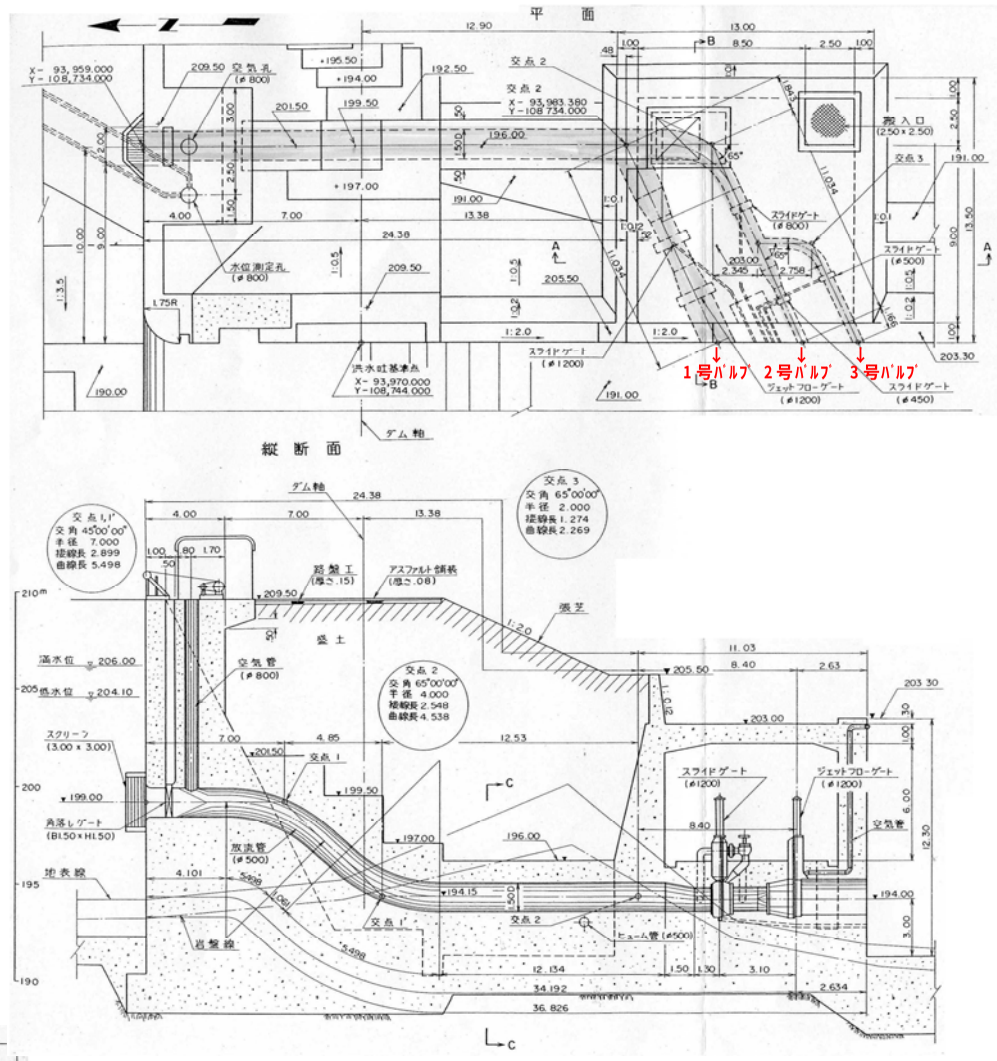
平面図



縦断図



放流設備詳細図



資料図４－１　Ａ地点現況図



洪水吐ピア
右岸側はフィルダム

資料写真 4－1　発電用ダム全景



左岸導流提
建屋はバルブ室入口

資料写真 4－2　左岸下流の状況



スルースバルブ（φ500, φ450）
から 4.0m^3/s の放流。
［写真撮影 H15.9.25］

資料写真 4－3　利水放流状況

２．１．２　在来設計

(1) 発電計画の概要

本発電計画は，ダム左岸側に付設された利水放流管を分岐し，バルブ室南側に新設する発電所まで導水してダム減勢工へ放流する計画である。ダムから放流される河川維持流量は期別に定められており，最大 4.0m³/s（最小 2.0m³/s）を発電取水し，ダム貯水位から放水位までの落差を利用する。

(2) 流　況

河川維持流量は，資料表 4－5 のとおり設定されており，最大 4.0㎥/s の放流が年間 224 日行われている。

資料表 4－5　河川維持流量

期 別	放流量
夏 期（4/21～11/30；224 日）	4.0m³/s
冬 期（12/1～4/20；141 日）	2.0m³/s

また，本ダムの放流量について整理した結果,10 ㎥/s 以上の放流を実施している日数が過去 10 年の平均で 93 日あり，10 ㎥/s 以上の放流が実施されている期間は，ほぼ夏期維持流量放流期間に相当している。

(3) ダム水位

本ダムの水位について整理した結果,過去 10 年の平均水位は 205.43mであった。

(4) レイアウト

在来設計の考え方におけるレイアウトとしては,既存スライドゲートへの曲管部に新たに分岐管を設け,そこから下流側に水圧管路を布設し,既存建屋の下流側でダム減勢工に向けて 60°程度曲げて配管する。水車については，流量変動に対して高効率で対応可能なＳ型チューブラ水車を設置するものとする。発電所建屋については，既存建屋の一部を取り壊し，下流側に増築することとする。

レイアウトについては資料図 4－3(1)を参照とする。

(5) 最大使用水量

維持流量を用いた発電計画であるため,最大使用水量は夏期の規定量である 4.0㎥/s とする。

(6) 主要工作物の選定

A地点在来設計による計画図面を資料図 4－3(1)に示す。

a　取水設備

取水設備については，既設維持流量放流設備をそのまま利用するものとする。したがって，取水方式は既設管分岐取水方式となる。

なお，スクリーン，除塵装置などは既設利水設備に付随する施設で問題ないものとし，新たに設けないものとする。

また，ダムからの取水となるため,沈砂池，ヘッドタンクも不要とする。

b　水圧管路

水圧管路については,既設利水放流管と同じ管種となるよう,鋼管によるものとする。管径については延長が短く損失水頭への影響が少ないと考えられるため,最大使用水量を流速 3.0m/s で流下させる径としてΦ1,300mm とした。

c　発電所

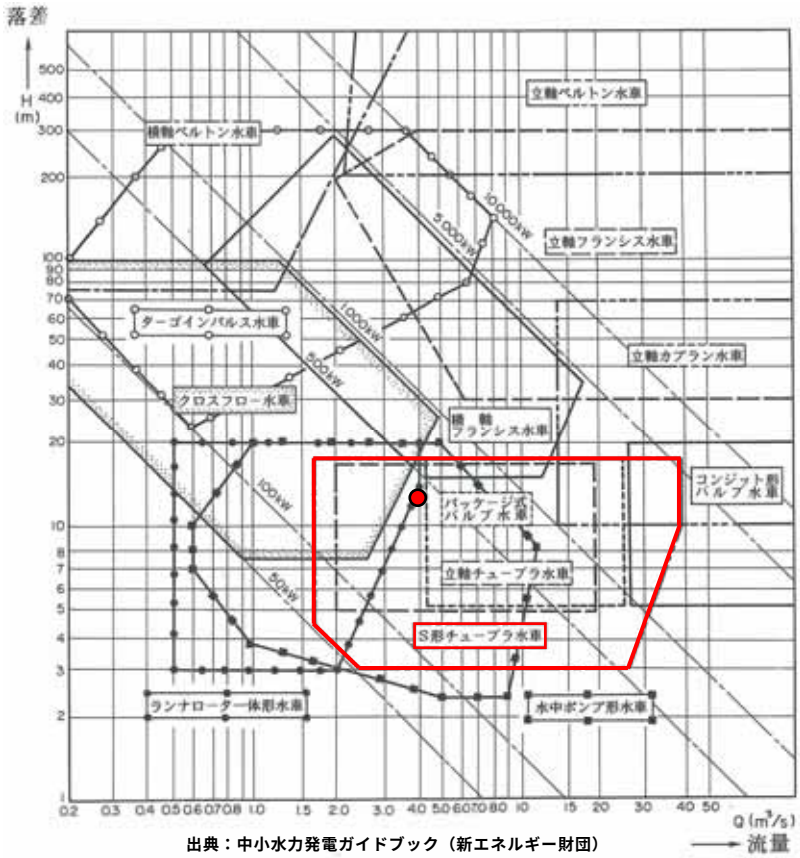
発電所については，分岐管から新たに設けた水圧管路とＳ型チューブラ水車が無理なく納まるよう，半地下式既設建屋を下流側に増築するものとする。

放水位については，減勢工の水位を考慮して，EL192.50mとする。

d　電気機械設備

電気機械設備の基本的設計手法にもとづき，以下の通り概略設計する。

有効落差 12.89m，最大使用水量 4.0m³/s の水理諸元であることから，簡易発電システムとしては，比較的大流量機器となる。水車は「水車形式選定図」より，水中タービン又はクロスフロー水車が適用可能であり，横軸フランシス水車も適用下限に近いが，当該地点は変流量特性を有しており（夏期 4.0m³/s，冬期 2.0m³/s），水車性能等も考慮して,資料図 4－2 に示す中小水力における水車形式選定図からＳ型チューブラ水車を選定した。



出典：中小水力発電ガイドブック（新エネルギー財団）

資料図 4－2　水車形式選定図（A 地点在来設計）

一般にＳ型チューブラ水車は，低落差で比較的流量の多い場合に適した水車で，ガイドベーンとランナベーンを可動させることにより，部分負荷領域における水車効率が高い性能を有している。

回転速度は，JEC-4001「水車およびポンプ水車」の比速度限界以下となるように，750min^{-1}に設定した。

発電機は一般的に採用実績が多く，構造も簡単で保守性の優れた誘導発電機を選定した。ここで，水車，発電機の総合効率を 0.796 と想定し，発電所出力は 400kW に設定した。なお，比較的容量の大きい誘導発電機を選定したことにより，力率改善コンデンサ，限流リアクトルの設置について検討を要する。

制御・保護装置は一体型制御盤とし，電気設備技術基準および系統連系技術要件ガイドラインに準じた保護装置を考慮した。なお，電力会社との協議にもよるが，事業主体が卸電気業であり，単独運転検出機能など「系統連系技術要件ガイドライン」は対象外となる可能性がある。

系統連系については，ダム管理用の 6.6kV 既設配電線があることから，逆潮流有りの高圧連系とし，付属設備として変圧器，開閉装置等の高圧連系盤を設置した。

その他付属設備としては，流水遮断機能を有した入口弁を設置し，水位計は既設発電所より情報入力することで省略した。

電気機械設備に関する詳細は，水車形式選定図を資料図 4－4，仕様諸元表を資料表 4－8 に示す。

(7) 発電電力量

以下の条件で，年間発電電力量の概算値を算出した（資料表 4－6)。

取水位　　；年間平均水位 205.43m とする。
放水位　　；192.5m とする。
発電不可能日数　；10m³/s 以上放流している状況では発電できないものと仮定する。10m³/s 以上放流している日数は，年間 93 日程度（10 年平均，ほとんどが維持流量 4.0m³/s 放流期間）

資料表 4－6　年間発電電力量　　；[概算値]

流量	取水位	放水位	損失水頭	有効落差	水車発電機効率	対象日数	発電不可能日数	発電可能日数	稼働率	電力量	年間電力量
m3/s	m	m	m	m	%	日	日	日	%	MWh	MWh
4.00	205.4	192.5	0.61	12.32	0.80	244	93	151	95	1,329	
2.00	205.4	192.5	0.16	12.77	0.77	121	0	121	95	532	1,861

(8) 概算工事費

概算工事費の算定は，基本的に『発電計画工事費積算基準』に準拠した。

計算の詳細は後述の資料表 4－10 に示した。

計算の結果，在来設計による概算工事費は 397 百万円となった。また，建設単価は 213 円/kWh となる。

２．１．３　簡易発電システム発電計画

(1) 発電計画の概要

本発電計画については，基本的に在来設計に準じるものとする。

(2) 流　況

在来設計と同条件で計画を立案する。

(3) ダム水位

在来設計と同様に，過去 10 年の平均水位は 205.43mとする。

(4) レイアウト

簡易発電システムにおけるレイアウトとしては，発電所を増築しないこととし，既存発電所建屋内に水車，発電機，制御盤を納めることを前提とした。

そのため,既存スライドゲートへの曲管部において上部方向に向けて分岐管を設け,そこから既設放水管の上部に水圧管路を布設するものとする。また，新設した配管の途中から新たに分岐管を設け,２台の固定羽根プロペラ水車を管内に設置するものとする。新たに設けた水圧管路は，現発電所の床上に露出することとなる。

発電所建屋については，放水口建設のため,床の一部を取り壊すことになる。

レイアウトについては資料図 4－3(2)を参照とする。

(5) 最大使用水量

在来設計と同様に 4.0㎥/s とする。

(6) 主要工作物の選定

A地点簡易発電システムによる計画図面を資料図 4－3(2)に示す。

a　取水設備

取水設備についても，基本的に在来設計と同様とする。既設維持流量放流設備をそのまま利用するものとし，取水方式は既設管分岐取水方式とする。

なお，スクリーン，除塵装置などは既設利水設備に付随する施設で問題ないものとし，新たに設けないものとする。

また，ダムからの取水となるため,沈砂池，ヘッドタンクも不要とする。

b　水圧管路

水圧管路については,既設利水放流管と同じ管種となるよう,鋼管によるものとする。また，水車２台で対応させるため，新規管路の途中で分岐させ 2.0㎥/s 対応の２本の水圧管路とする。管径については延長が短く損失水頭への影響が少ないと考えられるため,最大使用水量を流速 3.0m/s 程度で流下させる径とし，φ1,200㎜～800㎜ とした。

c　発電所

発電所については，基本的に現状建屋をそのまま利用する。

放水位については，在来設計と同様に減勢工の水位を考慮して EL192.50mとする。

d　電気機械設備

電気機械設備の基本的設計手法にもとづき，以下の通り概略設計する。

有効落差 10.65m，最大使用水量 4.0m³/s（夏期），2.0m³/s（冬期）の水理諸元であり，変流量特性を有することから，最大使用水量を 2.0m³/s に設定し，「水車形式選定図」より，横軸固定羽根プロペラ水車を選定した。

横軸固定羽根プロペラ水車は，ランナベーンを可動とすることにより，変流量特性の改善効果があるが，最大使用水量 4.0m³/s は大きく適用範囲外になること，変流量特性は 2 台設置による台数制御で改善可能であり，固定羽根とすることにした。また，既設ゲート室への省ペース設置も考慮して選定した。

発電機，制御・保護装置および系統連系については，在来設計と同一仕様とした。なお，その他付属装置として，随時巡回頻度の低減を図る目的で簡易通報装置を適用したが，既設発電所と同様に「遠隔常時監視」とする場合は，不要となり，逆に制御所への警報装置および制御所からの制御装置が必要となる。

水車，発電機の総合効率は，0.713 と想定し，発電所出力を 290kW に設定した。比較的容量の大きい誘導発電機を選定したことにより，力率改善コンデンサ，限流リアクトルの設置についての検討が必要である。

電気機械設備に関する詳細は，水車形式選定図を資料図 4－4，仕様諸元表を資料表 4－8 に示す。

(7) 発電電力量

在来設計と同様の条件で，年間発電電力量の概算値を算出した（資料表 4－7）。

資料表 4－7　年間発電電力量　　；[概算値]

流量	取水位	放水位	損失水頭	有効落差	水車発電機効率	対象日数	発電不可能日数	発電可能日数	稼働率	電力量	年間電力量
m3/s	m	m	m	m	%	日	日	日	%	MWh	MWh
4.00	205.4	192.5	2.85	10.08	0.71	244	93	151	95	967	
2.00	205.4	192.5	1.21	11.72	0.71	121	0	121	95	450	1,417

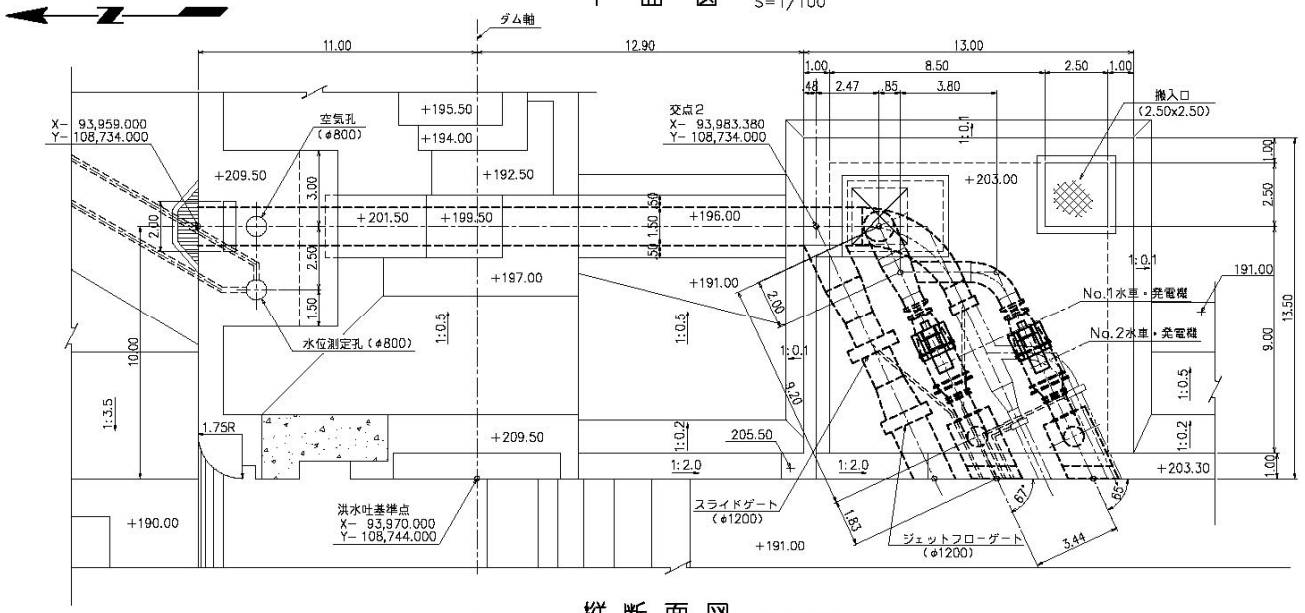
(8) 概算工事費

概算工事費の算定は，基本的に『発電計画工事費積算基準』に準拠した。

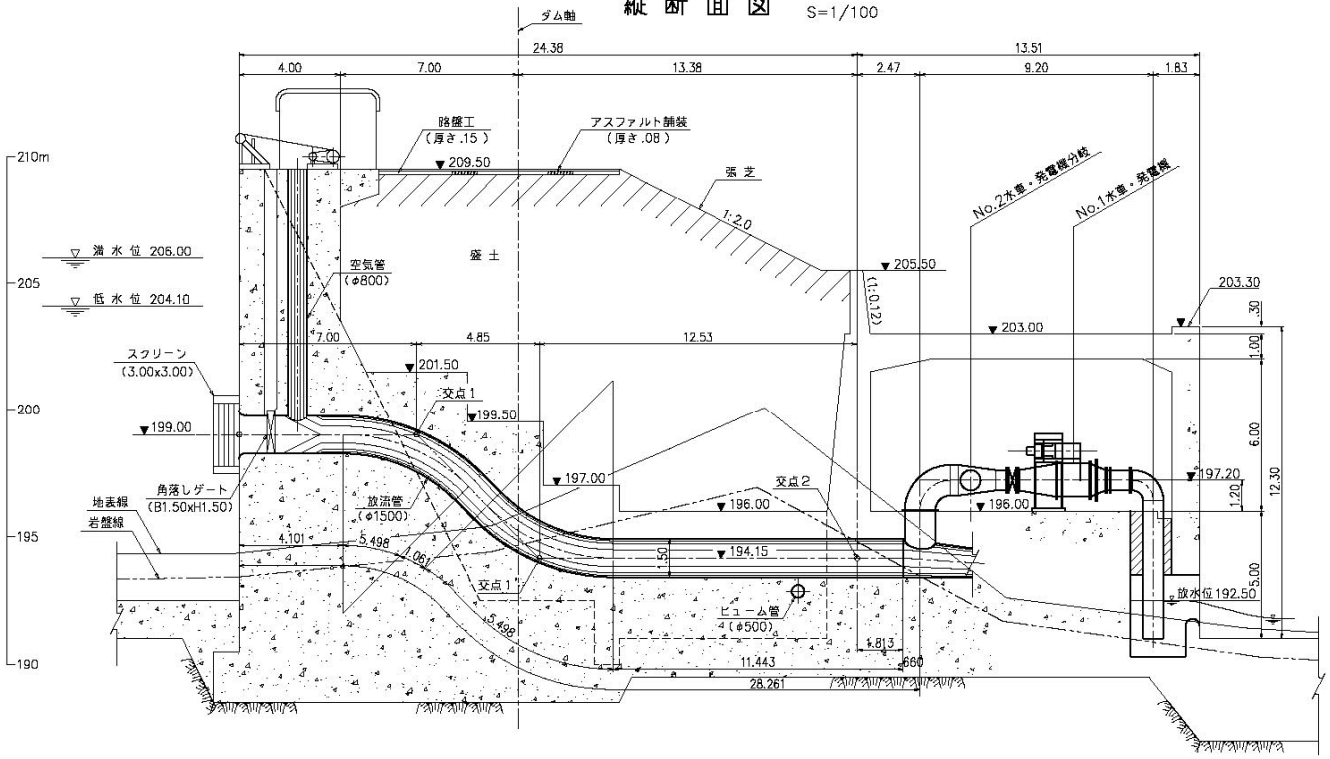
計算の詳細は後述の資料表 4－10 示した。

計算の結果，在来設計による概算工事費は 196 百万円となった。また，建設単価は 138 円/kWh となる。

平 面 図 S=1/100



縦 断 面 図 S=1/100



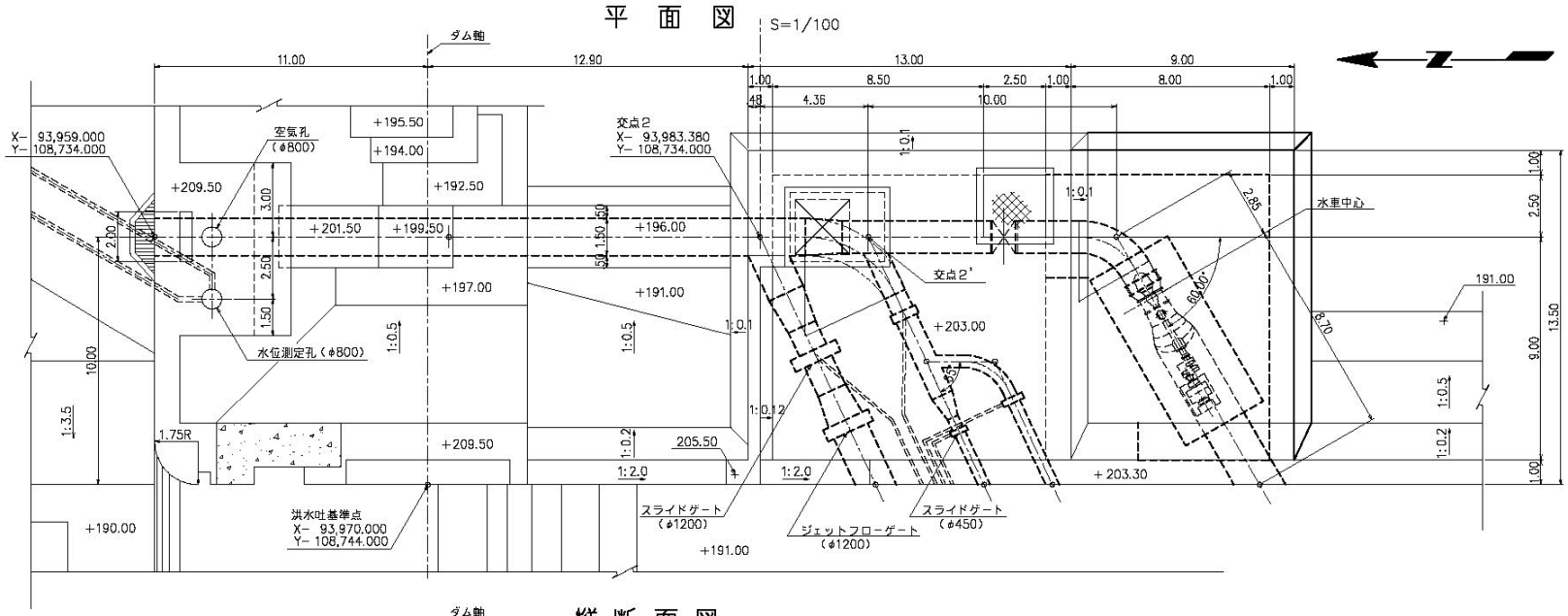
資料図 4－3(1)

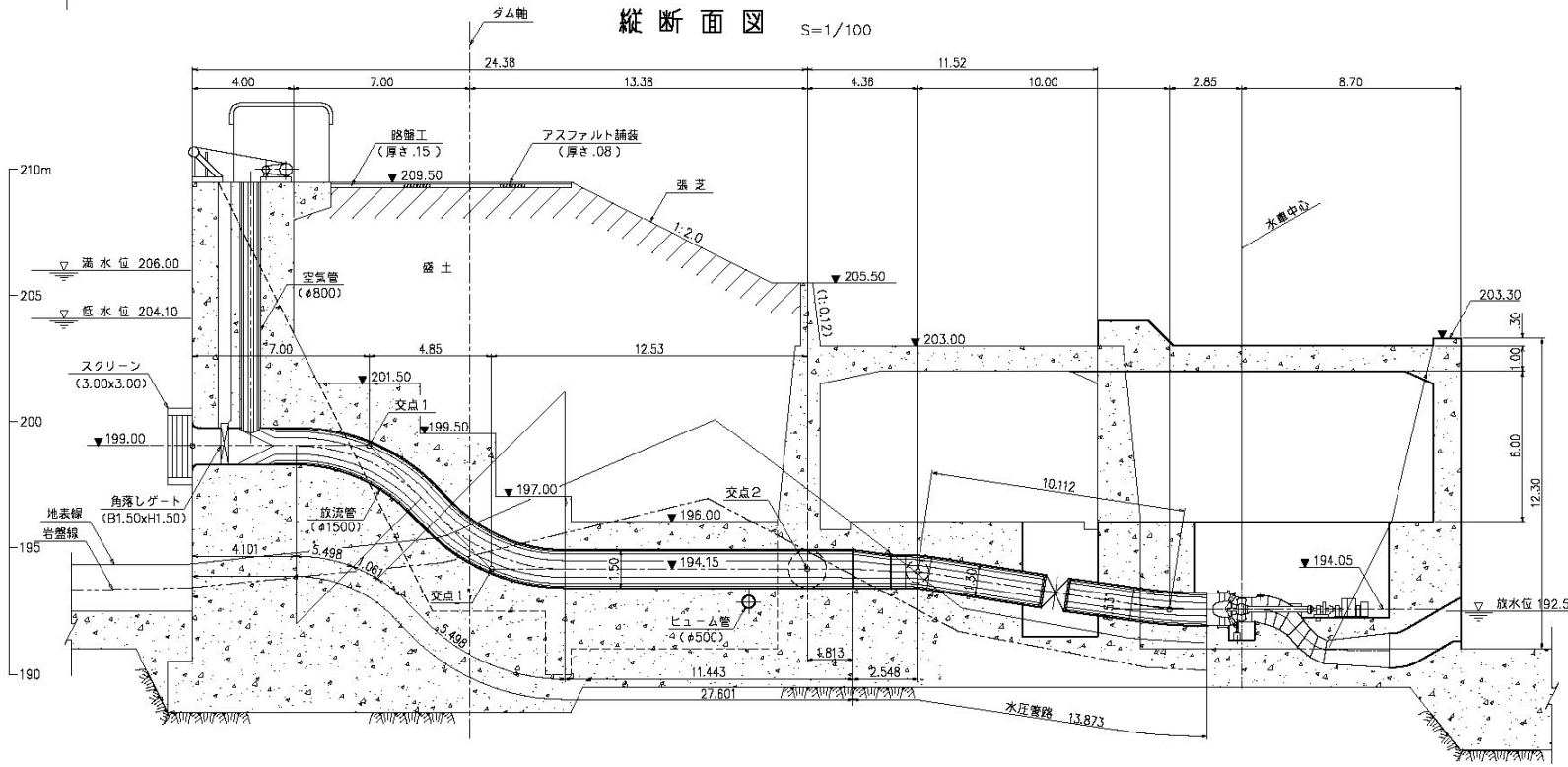
A 地点 水路管路・発電所（ケース 1）

0 10m

（平面図・縦断面図）

業務名	平成16年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	北海道		
水系			
図面名称	A地点 水路管路・発電所（ケース1）		
縮尺	図示	図番	1
作成日	平成16年 月		
財団法人 新エネルギー財団			



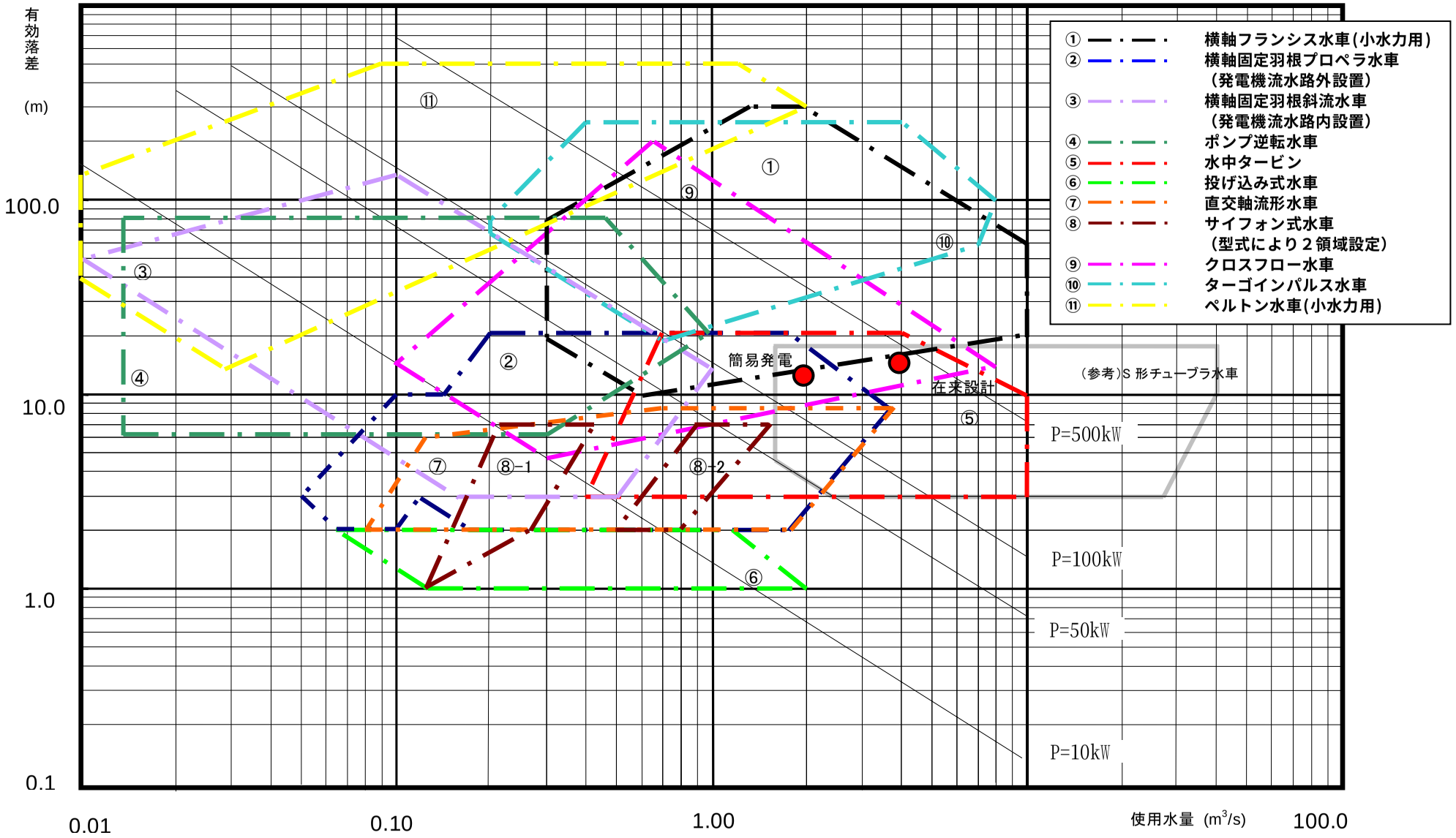


資料図 4－3(2)

A 地点 水路管路・発電所（ケース 2）

0 10m
（平面図・縦断面図）

業務名	平成16年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	北海道		
水系			
図面名称	A地点 水路管路・発電所（ケース2）		
縮尺	図示	図番	2
作成日	平成16年 月		
財団法人 新エネルギー財団			



資料図 4－4　水車形式選定図

資料表 4－8　電気仕様諸元表

項目			在来設計	簡易発電システム	選定理由等
水理諸元	取水位	EL-m	206.0		
	放水位	EL-m	192.5		
	静落差	m	13.5		
	有効落差	m	12.89	10.65	
	最大使用水量	m^3/s	4.0	2.0×2	河川維持流量4.0m^3/s(夏期), 2.0m^3/s(冬期)
機器仕様	水車		S型チューブラ水車(可動GV,RV)	横軸固定羽根プロペラ水車(手動GV)	適用可能水車選定図による
	発電機		誘導発電機		在来設計ベース
	逆潮有無		有り		発電ダム管理用電源，余剰電力を既設発電所経由で売電
	所内単独有無		無し		既設予備DG(210V，175kVA)
	連系方式		構内高圧連系(6.6kV)		既設ダム配電線6.6kV，ダムTr容量300kVA
	保護，制御		一体型制御盤 OVR+UVR OVGR OFR+UFR+単独運転検出(能動)		「電技解釈」、「系統連系技術要件ガイドライン」による
	付属装置		重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) 高圧連系盤(6.6kV変圧器，開閉装置) － －　　簡易通報装置		水位は既設発電所より入力(水位計省略) 簡易通報装置により，随時巡回頻度の低減を図る
	回転速度	min^{-1}	750		
	水車出力	kW	439.6	162.6×2	
	比速度	m-kW	643.8	497.1	JEC4001比速度限界738m-kW以下
	発電機容量		400.0kW(力率0.8程度)	145.0kW(力率0.8程度)×2	
発電所出力		kW	400.0	290.0	
概算工事費		M¥			

※出力2,000kW未満であり、随時巡回方式として設定
※随時監視とする場合は、技術員駐在所への警報装置追加
※遠隔常時監視とする場合は、制御所への警報装置、制御所からの制御装置追加
※力率改善コンデンサ、限流リアクトルの設置について要検討

２．１．４　比較検討評価

(1) 建設単価の比較

在来設計および簡易発電システムの発電計画諸元を資料表 4－9 に示す。

また，概算工事費の比較表と総括資料表を資料表 4－10 および 4－11 に示す，

資料表 4－10 に示すように,年間可能発電電力量では 450MWh ほど在来設計の方が多くなるが,建設単価を見ると簡易発電システムの方が 30%以上安くなっている。

資料表 4－9　A地点発電計画

項　目		在来設計	簡易発電システム
発電計画	取　水　位	EL 206.0 m	
	放　水　位	EL 192.5 m	
	総　落　差	13.5 m	
	有効落差	12.89 m	10.65 m
	最大使用水量	4.00 m^3/s	
	水車・発電機効率	0.80	0.71
	最大出力	400 kW	290.0 kW
設備概要	取水方式	既設管分岐取水方式	既設管分岐取水方式
	導　水　路	――	――
	水圧管路	鋼管（φ1300）	鋼管（φ1200～800）
	管路延長	10m	10m
	管路敷設	露　出	露　出
	発電所建屋	地上式	既存建屋利用
	水車形式	S形チューブラ水車	横軸固定羽根プロペラ水車
	発電機種類	誘導発電機	誘導発電機
	そ　の　他		

資料表 4－10　A地点概算工事費

単位：(百万円)

項　　目			工 事 費		摘　要
			在来設計	簡易発電システム	
1)	土地補償費		――	――	
2)	建物関係		34.2	――	
3)	土木関係		25.2	36.2	
	①水　路		24.4	35.2	
		a.取　水　口	――	――	
		b.沈　砂　池	――	――	
		c.導　入　路	――	――	
		d.水　　槽	――	――	
		e.余　水　路	――	――	
		f.水 圧 管 路	24.4	35.2	
		g.放　水　路	――	――	
		h.放　水　口	――	――	
		i.代替放流設備	――	――	
	②機械装置		0.7	1.0	
		j.基　　礎	0.0	0.0	
		k.諸　装　置	0.7	1.0	
4)	電気関係		253.0	118.0	
5)	仮設備費		31.2	15.4	{2}+3}+4}}×0.10
6)	総係費		44.7	22.1	{2}+3}+4}+5}}×0.13
7)	(小計)		388.3	191.7	
8)	ダム分担金		――	――	
9)	建設中利子		4.7	2.3	7)×0.4×0.03×T/12 T:月数　T=8ヶ月
10)	分担関連費		3.9	1.9	7)×0.01
11)	(計)		396.8	195.9	
12)	年間可能発電電力量(MWh)		1,861	1,417	
13)	建設単価（円/kWh）		213	138	

※工事費は「発電計画工事費積算基準」に準拠し，同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。

資料表 4－11(1)　A地点　概算工事費総括表(在来)

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費			m2			0	
(2)	建物関係		建　物	空m3	900	38,000	34,200	
(3)	土木関係						25,165	
	①水　路						24,432	
		a.取水口					0	
			掘　削	m3		5,900	0	
			コンクリート	〃		42,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の25%
		b.沈砂池					0	
			掘　削	m3		3,800	0	
			コンクリート	〃		38,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		c.導水路					0	
			掘　削	m3		0	0	
			コンクリート	〃		0	0	
			鉄　筋	t	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式				上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3		13,100	0	
			コンクリート	〃		50,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		f 水圧管路					24,432	
			掘　削	m3		8,600	0	
			コンクリート	〃		46,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	1.6	1,695,100	2,739	
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			分 岐 管	式	1		17,621	
			そ の 他	式	1		4,072	上記工種計の20%
		g.放水路					0	
		(暗渠)	掘　削	m3		4,900	0	
			コンクリート	〃		53,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			その他	式				上記工種計の15%
		h 放水口					0	
			掘　削	m3		5,900	0	
			コンクリート	〃		42,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			そ の 他	式				上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						733	
		j 基礎					0	
			掘　削	m3		3,800	0	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃		37,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			そ の 他	式				上記工種計の20%
		k 諸装置					733	
			諸装置	式	1		733	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						253,000	
			電気工事費	式	1		253,000	
(5)	仮設備費						31,237	
			仮設備費	式	1		31,237	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			――	
			そ の 他	式			――	
(6)	総経費			式	1		44,668	((2)+(3)+(4)+(5))×13%
(7)	小計						388,270	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		4,659	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		3,883	(7)×1%
(11)	計						**396,812**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。

資料表 4－11(2)　A地点　概算工事費総括表(在来)

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費			m2			0	
(2)	建物関係		建　物	空m3	0	0	0	
(3)	土木関係						36,208	
	①水　路						35,153	
		a.取水口					0	
			掘　削	m3		5,900	0	
			コンクリート	〃		42,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の25%
		b.沈砂池					0	
			掘　削	m3		3,800	0	
			コンクリート	〃		38,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		c.導水路					0	
			掘　削	m3		0	0	
			コンクリート	〃		0	0	
			鉄　筋	t	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式				上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3		13,100	0	
			コンクリート	〃		50,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		f 水圧管路					35,153	
			掘　削	m3		8,600	0	
			コンクリート	〃		46,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	1.4	1,740,500	2,350	
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			分 岐 管	式	1		26,944	
			そ の 他	式	1		5,859	上記工種計の20%
		g.放水路					0	
		(暗渠)	掘　削	m3		4,900	0	
			コンクリート	〃		53,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			その他	式				上記工種計の15%
		h 放水口					0	
			掘　削	m3		5,900	0	
			コンクリート	〃		42,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			そ の 他	式				上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						1,055	
		j 基礎					0	
			掘　削	m3		3,800	0	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃		37,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			そ の 他	式				上記工種計の20%
		k 諸装置					1,055	
			諸装置	式	1		1,055	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						118,000	
			電気工事費	式	1		118,000	
(5)	仮設備費						15,421	
			仮設備費	式	1		15,421	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			――	
			そ の 他	式			――	
(6)	総経費			式	1		22,052	((2)+(3)+(4)+(5))×13%
(7)	小計						191,681	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		2,300	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		1,917	(7)×1%
(11)	計						**195,898**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。

(2) 発電原価の比較

本項では,対象年数 20 年の均等化経費を算出し，年間可能発電電力量との比によって発電原価を算出して,在来設計と簡易発電システムとの比較・検討を実施した。

20 年間の均等化経費は年次別経費率表（資料表 4－13）によって算出した。計算にあたって必要となる経費率等については,『ハイドロバレー開発計画ガイドブック』（H16.3　経済産業省資源エネルギー庁・財団法人新エネルギー財団）に記述される値を基本とし，設定した経費率や金利，計算結果を資料表 4－12 に整理した。

なお，補助金を除く事業者が負担する工事費は,全額借入れによるものとした。

計算結果を見ると，簡易発電システムの発電原価は 9.4 円/kWh であり，在来設計の 65%程度となっている。

資料表 4－12 発電原価の計算

	在来発電 計画	簡易発電 システム	備　　考
建設費(百万円)	397	196	
年間発電電力量(MWh)	1,861	1,417	
資本費	建設費の 80%(回収 20 年) 金利 1.5%		
人件費	建設費の 0.68%		
修繕費	建設費の 0.31% 年増加分 0.019%		
固定資産税	税率 1.4%		
その他経費	建設費の 0.31%		
一般管理費	直接費(人件費，修繕費,固定資産税, その他経費)の 12.0%		
年経費(百万円)	27.0	13.3	20 年均等化経費
発電原価(円/kWh)	14.5	9.4	

資料表 4－13(1) 発電原価計算用 年次別経費率表

地点名 ：	A 地点	従来発電計画						
ケース ： 中小水力		条件 ：	使用水量	Q=	4.000	m^3/s	最大出力	P= 400 kW
a. 建設費	396.80	百万円	j. 人件費		0.680	%	s.均等化経費	26.98 百万円
b. 補助率	20.0	%	k.固定資産税率		1.400	%		
c. 初年度簿価	317.44	百万円	修繕費	l. 初年度	0.310	%	注)1. 利用助成制度	中小水力
d. 金利	1.50	%		m. 年増分	0.019	%	2. 金利	公益企業金融公庫
e. 借入金返済期間	15	年	n. その他経費		0.310	%	3. 起債	なし
f. 据え置き年数	3	年	o. 一般管理費		12.000	%	4. 資本回収係数	$= \frac{o(1+o)^r}{(1+o)^r - 1}$
g. 元利均等支払額	29.10	百万円	p. 割引率		1.50	%		
h. 残存率	10.0	%	q.耐用年数		20	年	5. 現価係数	$= \frac{1}{(1+o)^r}$
i. 減価償却費	14.28	百万円(＝a(1－b)(1-h)/q)	r. 交付税算入率		0.000	%		

建設費＝	396.80	百万円
年間発電電力量＝	1,861.0	Mwh
建設単価＝ （補助なし）	213	円／kwh
建設単価＝ （補助あり）	171	円／kwh

発電原価の計算

［補助考慮］

耐用年数＝	20	年
年経費＝	26.98	百万円
年経費率＝	6.800	%
発電原価＝	14.5	円／kwh

（単位: 百万円）

年次	簿価	借入額	元利均等支払額	元金支払分	金利（利子分）	減価償却費	資本経費	修繕費	人件費	固定資産税対象額	固定資産税	その他経費	直接経費	一般管理費（間接費）	経費合計	交付税算入額	実質経費合計	現価係数	現在価値	現価累計	資本回収係数	均等化経費
t	u	v	w	x	① (v×d)	② (i)	(①+②)	③ (al+a(t-1)m)	④ (a×j)	y	⑤ (y×k)	⑥ (a × n)	(Σ③～⑥)	⑦ (Σ①～⑥)×o	⑧ (Σ①～⑦)	z	⑧'	⑨	⑩ (⑧'×⑨)	⑪ (Σ⑩)	⑫	⑬ (⑪×⑫)
1	317.44	317.44	4.76	0.00	4.76	14.28	19.05	1.23	2.70	396.80	5.56	1.23	10.71	1.29	31.05	0.00	31.05	0.985221675	30.59	30.59	1.015000000	31.05
2	303.16	317.44	4.76	0.00	4.76	14.28	19.05	1.31	2.70	378.94	5.31	1.23	10.54	1.26	30.85	0.00	30.85	0.970661749	29.95	60.53	0.511277916	30.95
3	288.87	317.44	4.76	0.00	4.76	14.28	19.05	1.38	2.70	361.09	5.06	1.23	10.36	1.24	30.65	0.00	30.65	0.956316994	29.32	89.85	0.343382960	30.85
4	274.59	317.44	29.10	24.34	4.76	14.28	19.05	1.46	2.70	343.23	4.81	1.23	10.19	1.22	30.46	0.00	30.46	0.942184230	28.70	118.55	0.259444786	30.76
5	260.30	293.10	29.10	24.71	4.40	14.28	18.68	1.53	2.70	325.38	4.56	1.23	10.02	1.20	29.90	0.00	29.90	0.928260325	27.75	146.30	0.209089323	30.59
6	246.02	268.39	29.10	25.08	4.03	14.28	18.31	1.61	2.70	307.52	4.31	1.23	9.84	1.18	29.33	0.00	29.33	0.914542193	26.83	173.12	0.175525215	30.39
7	231.73	243.32	29.10	25.45	3.65	14.28	17.93	1.68	2.70	289.66	4.06	1.23	9.67	1.16	28.76	0.00	28.76	0.901026791	25.91	199.04	0.151556165	30.17
8	217.45	217.86	29.10	25.83	3.27	14.28	17.55	1.76	2.70	271.81	3.81	1.23	9.49	1.14	28.18	0.00	28.18	0.887711124	25.02	224.06	0.133584025	29.93
9	203.16	192.03	29.10	26.22	2.88	14.28	17.17	1.83	2.70	253.95	3.56	1.23	9.32	1.12	27.60	0.00	27.60	0.874592240	24.14	248.20	0.119609823	29.69
10	188.88	165.80	29.10	26.62	2.49	14.28	16.77	1.91	2.70	236.10	3.31	1.23	9.14	1.10	27.01	0.00	27.01	0.861667232	23.27	271.47	0.108434178	29.44
11	174.59	139.19	29.10	27.02	2.09	14.28	16.37	1.98	2.70	218.24	3.06	1.23	8.97	1.08	26.42	0.00	26.42	0.848933233	22.43	293.90	0.099293844	29.18
12	160.31	112.17	29.10	27.42	1.68	14.28	15.97	2.06	2.70	200.38	2.81	1.23	8.79	1.06	25.82	0.00	25.82	0.836387422	21.59	315.49	0.091679993	28.92
13	146.02	84.75	29.10	27.83	1.27	14.28	15.56	2.13	2.70	182.53	2.56	1.23	8.62	1.03	25.21	0.00	25.21	0.824027017	20.77	336.26	0.085240357	28.66
14	131.74	56.92	29.10	28.25	0.85	14.28	15.14	2.21	2.70	164.67	2.31	1.23	8.44	1.01	24.60	0.00	24.60	0.811849277	19.97	356.23	0.079723319	28.40
15	117.45	28.67	29.10	28.67	0.43	14.28	14.71	2.29	2.70	146.82	2.06	1.23	8.27	0.99	23.98	0.00	23.98	0.799851505	19.18	375.41	0.074944356	28.13
16	103.17	0.00	0.00	0.00	0.00	14.28	14.28	2.36	2.70	128.96	1.81	1.23	8.09	0.97	23.35	0.00	23.35	0.788031039	18.40	393.81	0.070765078	27.87
17	88.88	0.00	0.00	0.00	0.00	14.28	14.28	2.44	2.70	111.10	1.56	1.23	7.92	0.95	23.16	0.00	23.16	0.776385260	17.98	411.79	0.067079657	27.62
18	74.60	0.00	0.00	0.00	0.00	14.28	14.28	2.51	2.70	93.25	1.31	1.23	7.75	0.93	22.96	0.00	22.96	0.764911587	17.56	429.35	0.063805782	27.39
19	60.31	0.00	0.00	0.00	0.00	14.28	14.28	2.59	2.70	75.39	1.06	1.23	7.57	0.91	22.76	0.00	22.76	0.753607474	17.16	446.50	0.060878470	27.18
20	46.03	0.00	0.00	0.00	0.00	14.28	14.28	2.66	2.70	57.54	0.81	1.23	7.40	0.89	22.57	0.00	22.57	0.742470418	16.76	463.26	0.058245736	26.98
21	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.74	2.70	39.68	0.56	1.23	7.22	0.87	8.09	0.00	8.09	0.731497949	5.92	469.18	0.055865495	26.21
22	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.81	2.70	21.82	0.31	1.23	7.05	0.85	7.89	0.00	7.89	0.720687634	5.69	474.86	0.053703315	25.50
23	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.89	2.70	19.84	0.28	1.23	7.09	0.85	7.95	0.00	7.95	0.710037078	5.64	480.51	0.051730752	24.86
24	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.96	2.70	19.84	0.28	1.23	7.17	0.86	8.03	0.00	8.03	0.699543920	5.62	486.12	0.049924102	24.27
25	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.04	2.70	19.84	0.28	1.23	7.25	0.87	8.12	0.00	8.12	0.689205832	5.59	491.72	0.048263454	23.73
26	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.11	2.70	19.84	0.28	1.23	7.32	0.88	8.20	0.00	8.20	0.679020524	5.57	497.28	0.046731960	23.24
27	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.19	2.70	19.84	0.28	1.23	7.40	0.89	8.28	0.00	8.28	0.668985738	5.54	502.83	0.045315268	22.79
28	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.27	2.70	19.84	0.28	1.23	7.47	0.90	8.37	0.00	8.37	0.659099249	5.52	508.34	0.044001076	22.37
29	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.34	2.70	19.84	0.28	1.23	7.55	0.91	8.45	0.00	8.45	0.649358866	5.49	513.83	0.042778780	21.98
30	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.42	2.70	19.84	0.28	1.23	7.62	0.91	8.54	0.00	8.54	0.639762430	5.46	519.29	0.041639188	21.62
31	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.49	2.70	19.84	0.28	1.23	7.70	0.92	8.62	0.00	8.62	0.630307813	5.43	524.73	0.040574295	21.29
32	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.57	2.70	19.84	0.28	1.23	7.77	0.93	8.71	0.00	8.71	0.620992919	5.41	530.13	0.039577097	20.98
33	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.64	2.70	19.84	0.28	1.23	7.85	0.94	8.79	0.00	8.79	0.611815684	5.38	535.51	0.038641438	20.69
34	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.72	2.70	19.84	0.28	1.23	7.92	0.95	8.87	0.00	8.87	0.602774073	5.35	540.86	0.037761886	20.42
35	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.79	2.70	19.84	0.28	1.23	8.00	0.96	8.96	0.00	8.96	0.593866081	5.32	546.18	0.036933630	20.17
36	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.87	2.70	19.84	0.28	1.23	8.07	0.97	9.04	0.00	9.04	0.585089735	5.29	551.47	0.036152396	19.94
37	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.94	2.70	19.84	0.28	1.23	8.15	0.98	9.13	0.00	9.13	0.576443089	5.26	556.74	0.035414367	19.72
38	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.02	2.70	19.84	0.28	1.23	8.23	0.99	9.21	0.00	9.21	0.567924226	5.23	561.97	0.034716133	19.51
39	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.09	2.70	19.84	0.28	1.23	8.30	1.00	9.30	0.00	9.30	0.559531257	5.20	567.17	0.034054630	19.31
40	31.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.17	2.70	19.84	0.28	1.23	8.38	1.01	9.38	0.00	9.38	0.551262322	5.17	572.34	0.033427102	19.13

資料表 4－13(2) 発電原価計算用 年次別経費率表

地点名 ： A 地点　簡易発電システム

ケース ： 中小水力　条件 ： 使用水量 Q= 4.000 m³/s　最大出力 P= 290 kW

項目	値	単位	項目	値	単位
a. 建設費	195.90	百万円	j. 人件費	0.680	%
b. 補助率	20.0	%	k.固定資産税率	1.400	%
c. 初年度簿価	156.72	百万円	修繕費 l. 初年度	0.310	%
d. 金利	1.50	%	m. 年増分	0.019	%
e. 借入金返済期間	15	年	n. その他経費	0.310	%
f. 据え置き年数	3	年	o. 一般管理費	12.000	%
g. 元利均等支払額	14.37	百万円	p. 割引率	1.50	%
h. 残存率	10.0	%	q.耐用年数	20	年
i. 減価償却費	7.05	百万円(= a(1 - b)(1-h)/q)	r. 交付税算入率	0.000	%

s.均等化経費 13.32 百万円

注)1. 利用助成制度　中小水力
2. 金利　公益企業金融公庫
3. 起債　なし
4. 資本回収係数 $= \frac{o(1+o)^r}{(1+o)^r - 1}$
5. 現価係数 $= \frac{1}{(1+o)^r}$

建設費＝ 195.90 百万円
年間発電電力量＝ 1,417.0 Mwh
建設単価＝ 138 円／kwh （補助なし）
建設単価＝ 111 円／kwh （補助あり）

発電原価の計算

[補助考慮]

耐用年数＝ 20 年
年経費＝ 13.32 百万円
年経費率＝ 6.800 %
発電原価＝ 9.4 円／kwh

（単位: 百万円）

年次 t	簿価 u	借入額 v	元利均等支払額 w	元金支払分 x	金利（利子分）① (v×d)	減価償却費 ② (i)	資本経費 (①+②)	修繕費 ③ (al+a(t-1)m)	人件費 ④ (a×j)	固定資産税対象額 y	固定資産税 ⑤ (y×k)	その他経費 ⑥ (a×n)	直接経費 (Σ③～⑥)	一般管理費（間接費）⑦ (Σ①～⑥)×o	経費合計 ⑧ (Σ①～⑦)	交付税算入額 z	実質経費合計 ⑧'	現価係数 ⑨	現在価値 ⑩ (⑧'×⑨)	現価累計 ⑪ (Σ⑩)	資本回収係数 ⑫	均等化経費 ⑬ (⑪×⑫)
1	156.72	156.72	2.35	0.00	2.35	7.05	9.40	0.61	1.33	195.90	2.74	0.61	5.29	0.63	15.33	0.00	15.33	0.985221675	15.10	15.10	1.015000000	15.33
2	149.67	156.72	2.35	0.00	2.35	7.05	9.40	0.64	1.33	187.08	2.62	0.61	5.20	0.62	15.23	0.00	15.23	0.970661749	14.78	29.88	0.511277916	15.28
3	142.62	156.72	2.35	0.00	2.35	7.05	9.40	0.68	1.33	178.27	2.50	0.61	5.12	0.61	15.13	0.00	15.13	0.956316994	14.47	44.36	0.343382960	15.23
4	135.56	156.72	14.37	12.02	2.35	7.05	9.40	0.72	1.33	169.45	2.37	0.61	5.03	0.60	15.04	0.00	15.04	0.942184230	14.17	58.53	0.259444786	15.18
5	128.51	144.70	14.37	12.20	2.17	7.05	9.22	0.76	1.33	160.64	2.25	0.61	4.94	0.59	14.76	0.00	14.76	0.928260325	13.70	72.23	0.209089323	15.10
6	121.46	132.51	14.37	12.38	1.99	7.05	9.04	0.79	1.33	151.82	2.13	0.61	4.86	0.58	14.48	0.00	14.48	0.914542193	13.24	85.47	0.175525215	15.00
7	114.41	120.12	14.37	12.57	1.80	7.05	8.85	0.83	1.33	143.01	2.00	0.61	4.77	0.57	14.20	0.00	14.20	0.901026791	12.79	98.27	0.151556165	14.89
8	107.35	107.56	14.37	12.75	1.61	7.05	8.67	0.87	1.33	134.19	1.88	0.61	4.69	0.56	13.91	0.00	13.91	0.887711124	12.35	110.62	0.133584025	14.78
9	100.30	94.80	14.37	12.95	1.42	7.05	8.47	0.91	1.33	125.38	1.76	0.61	4.60	0.55	13.63	0.00	13.63	0.874592240	11.92	122.53	0.119609823	14.66
10	93.25	81.86	14.37	13.14	1.23	7.05	8.28	0.94	1.33	116.56	1.63	0.61	4.51	0.54	13.34	0.00	13.34	0.861667232	11.49	134.02	0.108434178	14.53
11	86.20	68.72	14.37	13.34	1.03	7.05	8.08	0.98	1.33	107.75	1.51	0.61	4.43	0.53	13.04	0.00	13.04	0.848933233	11.07	145.10	0.099293844	14.41
12	79.14	55.38	14.37	13.54	0.83	7.05	7.88	1.02	1.33	98.93	1.39	0.61	4.34	0.52	12.75	0.00	12.75	0.836387422	10.66	155.76	0.091679993	14.28
13	72.09	41.84	14.37	13.74	0.63	7.05	7.68	1.05	1.33	90.11	1.26	0.61	4.25	0.51	12.45	0.00	12.45	0.824027017	10.26	166.01	0.085240357	14.15
14	65.04	28.10	14.37	13.95	0.42	7.05	7.47	1.09	1.33	81.30	1.14	0.61	4.17	0.50	12.14	0.00	12.14	0.811849277	9.86	175.87	0.079723319	14.02
15	57.99	14.16	14.37	14.16	0.21	7.05	7.26	1.13	1.33	72.48	1.01	0.61	4.08	0.49	11.84	0.00	11.84	0.799851505	9.47	185.34	0.074944356	13.89
16	50.93	0.00	0.00	0.00	0.00	7.05	7.05	1.17	1.33	63.67	0.89	0.61	4.00	0.48	11.53	0.00	11.53	0.788031039	9.08	194.42	0.070765078	13.76
17	43.88	0.00	0.00	0.00	0.00	7.05	7.05	1.20	1.33	54.85	0.77	0.61	3.91	0.47	11.43	0.00	11.43	0.776385260	8.88	203.30	0.067079657	13.64
18	36.83	0.00	0.00	0.00	0.00	7.05	7.05	1.24	1.33	46.04	0.64	0.61	3.82	0.46	11.34	0.00	11.34	0.764911587	8.67	211.97	0.063805782	13.52
19	29.78	0.00	0.00	0.00	0.00	7.05	7.05	1.28	1.33	37.22	0.52	0.61	3.74	0.45	11.24	0.00	11.24	0.753607474	8.47	220.44	0.060878470	13.42
20	22.72	0.00	0.00	0.00	0.00	7.05	7.05	1.31	1.33	28.41	0.40	0.61	3.65	0.44	11.14	0.00	11.14	0.742470418	8.27	228.71	0.058245736	13.32
21	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.33	19.59	0.27	0.61	3.57	0.43	3.99	0.00	3.99	0.731497949	2.92	231.63	0.055865495	12.94
22	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.39	1.33	10.77	0.15	0.61	3.48	0.42	3.90	0.00	3.90	0.720687634	2.81	234.44	0.053703315	12.59
23	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	1.33	9.80	0.14	0.61	3.50	0.42	3.92	0.00	3.92	0.710037078	2.79	237.23	0.051730752	12.27
24	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.46	1.33	9.80	0.14	0.61	3.54	0.42	3.96	0.00	3.96	0.699543920	2.77	240.00	0.049924102	11.98
25	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.33	9.80	0.14	0.61	3.58	0.43	4.01	0.00	4.01	0.689205832	2.76	242.76	0.048263454	11.72
26	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.54	1.33	9.80	0.14	0.61	3.61	0.43	4.05	0.00	4.05	0.679020524	2.75	245.51	0.046731960	11.47
27	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.58	1.33	9.80	0.14	0.61	3.65	0.44	4.09	0.00	4.09	0.668985738	2.74	248.25	0.045315268	11.25
28	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	1.33	9.80	0.14	0.61	3.69	0.44	4.13	0.00	4.13	0.659099249	2.72	250.97	0.044001076	11.04
29	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.65	1.33	9.80	0.14	0.61	3.73	0.45	4.17	0.00	4.17	0.649358866	2.71	253.68	0.042778780	10.85
30	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.69	1.33	9.80	0.14	0.61	3.76	0.45	4.21	0.00	4.21	0.639762430	2.70	256.37	0.041639188	10.68
31	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.72	1.33	9.80	0.14	0.61	3.80	0.46	4.26	0.00	4.26	0.630307813	2.68	259.06	0.040574295	10.51
32	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76	1.33	9.80	0.14	0.61	3.84	0.46	4.30	0.00	4.30	0.620992919	2.67	261.73	0.039577097	10.36
33	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	1.33	9.80	0.14	0.61	3.87	0.46	4.34	0.00	4.34	0.611815684	2.66	264.38	0.038641438	10.22
34	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.84	1.33	9.80	0.14	0.61	3.91	0.47	4.38	0.00	4.38	0.602774073	2.64	267.02	0.037761886	10.08
35	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.87	1.33	9.80	0.14	0.61	3.95	0.47	4.42	0.00	4.42	0.593866081	2.63	269.65	0.036933630	9.96
36	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	1.33	9.80	0.14	0.61	3.99	0.48	4.46	0.00	4.46	0.585089735	2.61	272.26	0.036152396	9.84
37	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	1.33	9.80	0.14	0.61	4.02	0.48	4.51	0.00	4.51	0.576443089	2.60	274.86	0.035414367	9.73
38	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.98	1.33	9.80	0.14	0.61	4.06	0.49	4.55	0.00	4.55	0.567924226	2.58	277.44	0.034716133	9.63
39	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.02	1.33	9.80	0.14	0.61	4.10	0.49	4.59	0.00	4.59	0.559531257	2.57	280.01	0.034054630	9.54
40	15.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.06	1.33	9.80	0.14	0.61	4.14	0.50	4.63	0.00	4.63	0.551262322	2.55	282.56	0.033427102	9.45

２．２　Ｂ地点

Ｂ地点に関する在来設計と簡易発電システムによる設計を実施し，両者を比較することで簡易発電システムによるコストダウンを確認する。

２．２．１　地点概要

Ｂ地点は当該地点の下流にあるＢ発電所の調整池の堰堤を利用するものである。この調整池の堰堤は大正時代に築造され，長年，Ｂ発電所の調整池として利用されてきたが，近年は利用されていない。

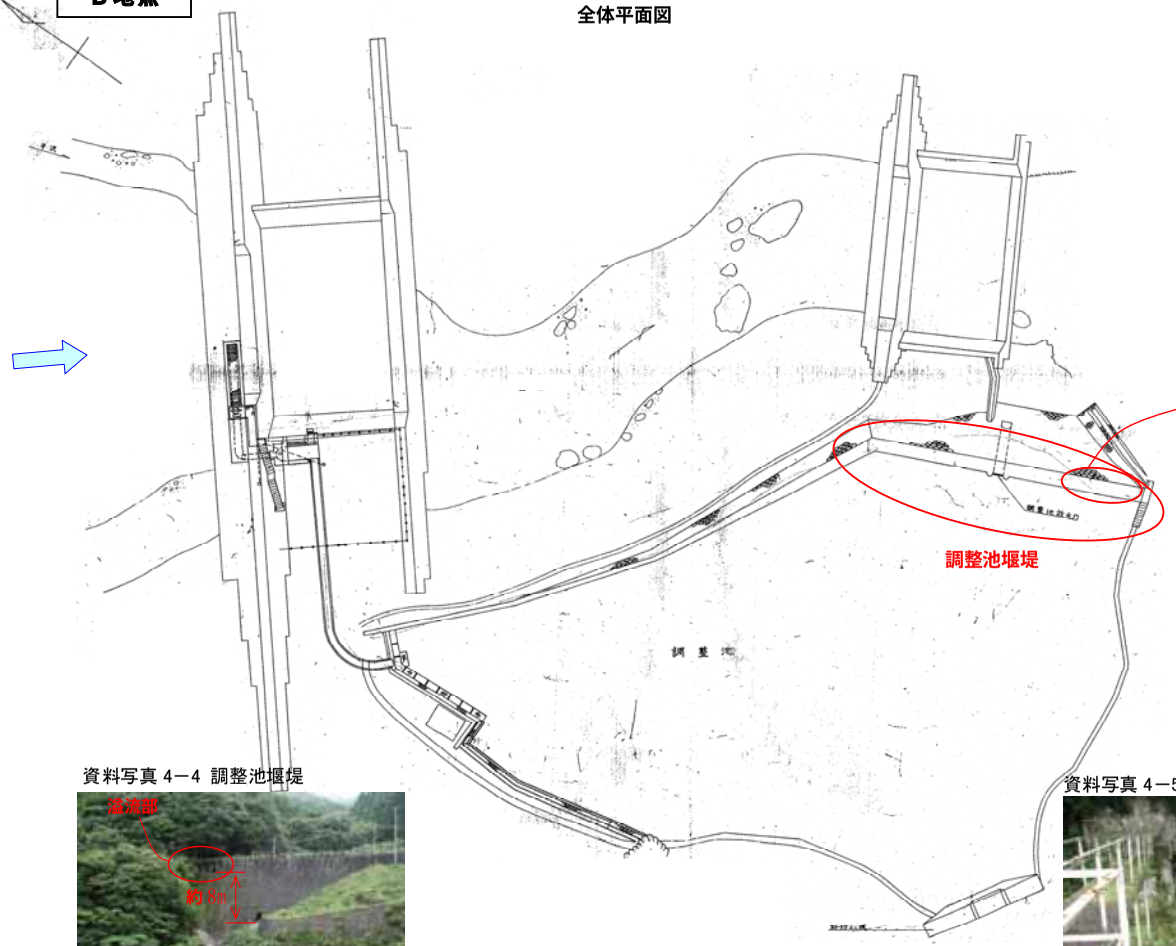
調整池の水源は，調整池自体の自流分とＢ川上流の砂防ダムに付設された取水口（チロリアン式）からの流入水である。この調整池における取水については，0.175㎥/s の水利権（H24 年まで有効）が設定されている。砂防ダムおよび調整池堰堤の諸元を資料表 4－14 に示す。また、B 地点の概要を資料図 4－5 に示す。

資料表 4－14　現設備諸元

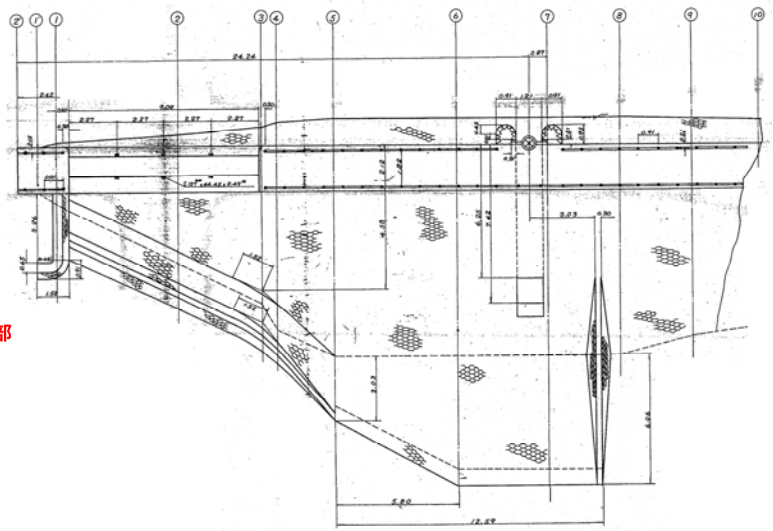
項　　目	砂防ダム	調整池堰堤
位　　置	静岡県	同 左
種　　類	コンクリート	不 明（大正時代に築堤）
提　　高	13.00m	約 11.50m
提 頂 長	123.00m	126.75m
天 端 標 高	EL 329.574m	EL 321.403m
水通し部標高	EL 326.074m	EL 318.983m（溢流部） EL 310.953m（放水門敷高）
流 域 面 積	約　11.6km^2	―― km^2
設 計 洪 水 量	約　230m^3/s	―― m^3/s
設 計 洪 水 位	HWL 329.074m	HWL 319.433m

B 地点

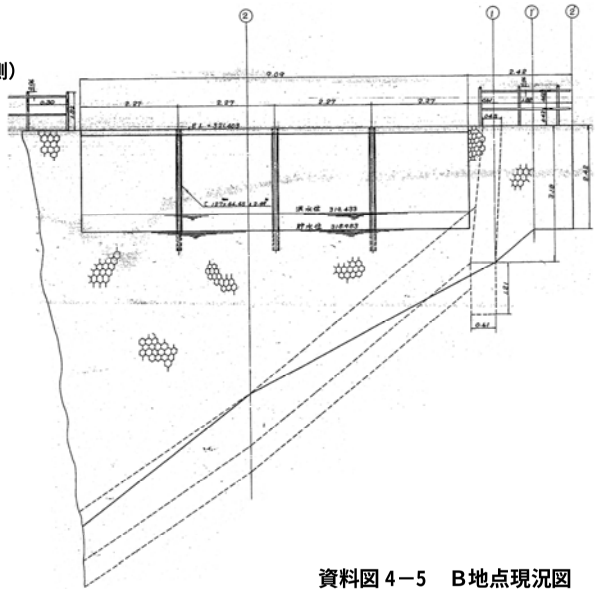
全体平面図



溢流部平面図



溢流部正面図（上流面）

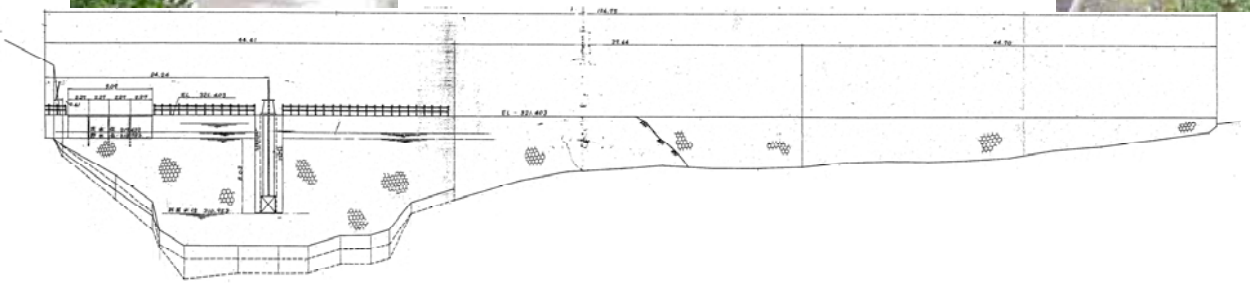


資料写真 4－4 調整池堰堤

資料写真 4－5　溢水部の状況（調整池側）



調整池堰堤断面図



資料図 4－5　B地点現況図

２．２．２　在来設計

(1) 発電計画の概要

本発電計画は，現在使用されていない調整池を利用し，堰堤の落差を利用して流れ込み式の発電を行うものである。

Ｂ川上流の砂防ダムからの取水施設としては，既設砂防ダムの上流側にチロリアン形式の取水口が設置済みである。砂防ダムは既に満砂状態で，取水口も砂礫が詰まっている状況にあり，供用再開にあたっては砂礫の排除が必要となる。

取水口から調整池までの区間は，砂防ダム堤体に空けられた孔を経て，開水路により導水される。砂防ダム堤体の孔と開水路の接合点には土砂吐が付設されている。

現在，調整池からの取水（実態としては一度Ｂ川に戻すことになる）に対しては，0.175㎥/s の水利権が設定されている。本発電計画では，この既得水利権を利用するものであり，既存の取水口を復活させて調整地を満水状態とすることによって得られる調整池満水位とＢ川水面との落差を利用して,流れ込み式の小水力発電を計画する。

なお，調整池の堤体が大正年間の築造であり，構造的に不明確な部分が存在する。したがって，発電計画の立案にあたってはできるだけ堤体に負荷を与えない構造を検討するものとする。

(2) 流　況

Ｂ川には測水所がないが調整池下流にあるＢ発電所の取水量データにより，河川流況を検討することとした。Ｂ発電所の取水量を資料表 4－15 に示す。

表より，Ｂ発電所取水口地点における取水量が渇水流量相当で 0.226㎥/s であることが分る。このＢ発電所取水口と対象とする調整池の水源となる砂防ダムは近傍に位置しており，河川の流況もほぼ同程度と考えることができる。したがって，砂防ダム地点の渇水流量として 0.175㎥/s 程度は十分に確保できるものと考えられる。

資料表 4－15　Ｂ発電所取水状況

（単位：㎥/s）

年	最大流量	35日流量	豊水量（95日）	平水量（185日）	低水量（275日）	渇水量（355日）	最小流量	年平均流量
H5	1.180	1.090	1.000	0.860	0.690	0.510	0.000	0.840
H6	1.180	1.000	0.860	0.660	0.510	0.320	0.000	0.678
H7	1.180	1.050	1.000	0.460	0.370	0.120	0.000	0.625
H8	1.180	1.000	0.860	0.670	0.510	0.270	0.270	0.671
H9	1.180	0.950	0.820	0.600	0.420	0.120	0.000	0.626
H10	1.180	1.180	1.130	0.870	0.580	0.180	0.000	0.840
H11	1.180	1.180	1.090	0.870	0.460	0.000	0.000	0.756
H12	1.180	1.130	1.000	0.820	0.510	0.320	0.290	0.776
H13	1.180	1.090	0.950	0.740	0.550	0.000	0.000	0.725
H14	1.180	1.130	0.910	0.740	0.550	0.420	0.100	0.758
平均	1.180	1.080	0.962	0.729	0.515	0.226	0.066	0.730

※Ｂ発電所最大取水量は 1.18㎥/s

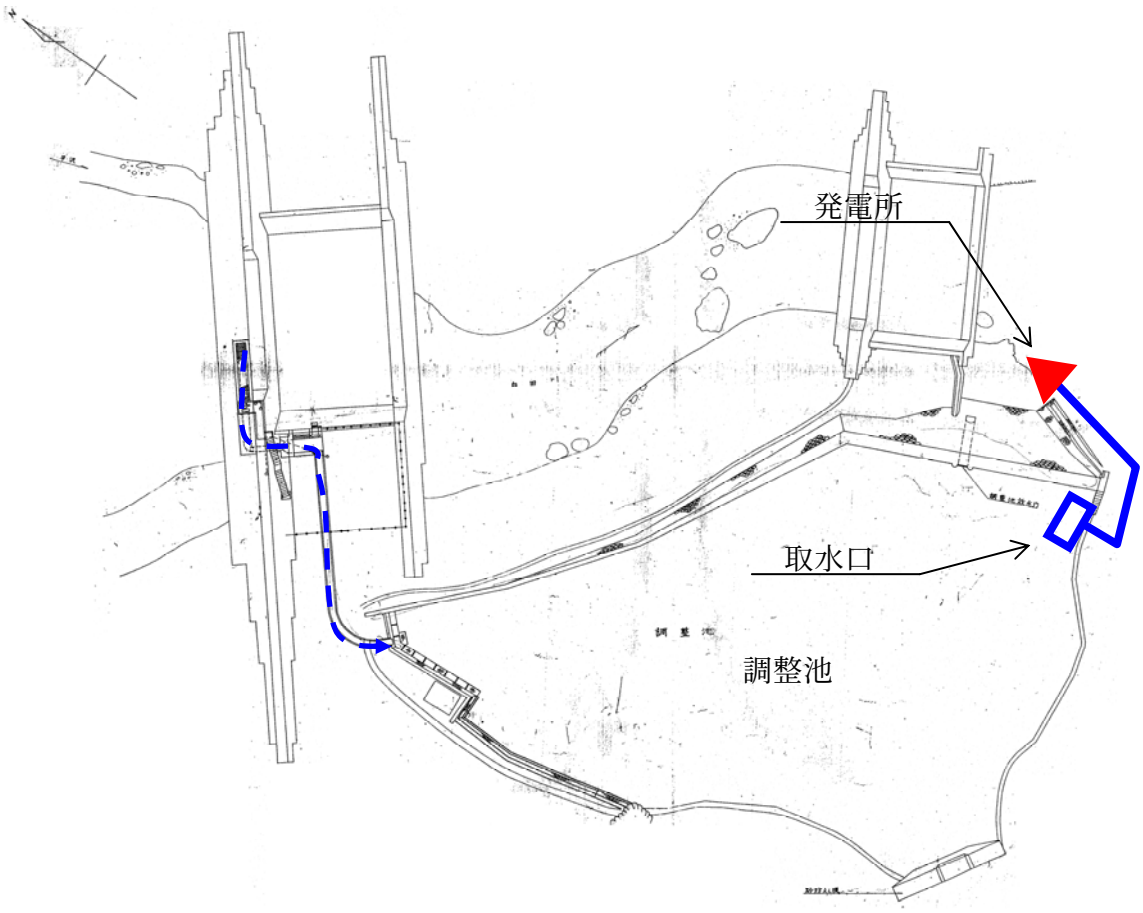
(3) レイアウト

既設調整池の堰堤に極力負荷を与えないレイアウトとする。

現地調査の結果から，取水口を堤体右岸に横取り方式で設置し，堤体右岸の地山を開削して水圧管路を付設する。

発電所は調節池堰堤洪水吐の右岸に設置するものとする。

レイアウト案を資料図 4－6 に示す。



資料図 4－6　在来設計レイアウト

(4) 最大取水量

一般的な設備利用率を考慮した場合，最大使用水量は通常豊水量程度となるが，砂防ダム上流の取水効率などを考えると，実際に最も経済的となる最大取水量はある程度少ない流量になるものと考えられる。

また，本地点には 0.175㎥/s の水利権が設定されており，この流量以下での対応が求められている。

一方，Ｂ発電所取水口における取水状況から判断して，本地点の取水地点となる砂防ダムの渇水量は 0.175 ㎥/s を若干上回る程度と推測される。したがって，最大取水

量を 0.175㎥/s とすれば，ほぼ年間を通して同量（最大取水量）での運転が可能となる。

以上のことから，既得水利権量を考慮して，本地点での最大取水量を 0.175㎥/s とする。

(5) 主要工作物概略設計

B 地点在来設計による、計画図面を資料図 4－8(1)および(2)に示す。

a　取水施設

取水施設については，一般的な横取り方式とした。取水口敷高は水圧管口径の 2 倍程度の水深を確保するため，

取水位（＝貯水位）318.983－0.30×2－0.05(余裕)＝EL318.333m

とした。また，取水口の開口部の大きさは接近流速を考慮して決定した。

なお，調整池からの取水となるため，沈砂池，ヘッドタンクは省略し，スクリーンのみ設置することとした。

b　水圧管路

水圧管路については一般的な鋼管を用いるものとし，周辺環境への配慮から埋設するものとした。

管径については，管内流速を 2～3m 程度にするものとしてφ300㎜ とした。

管内流速ｖ＝0.175÷（0.30^2×π÷4）＝2.5m/s　；OK

設置方法は埋設とし，堤体横断部はコンクリートで巻きたてるものとする。

c　発電所

放水位はＢ川の洪水位を考慮するものとし，余裕を持って EL 308.400mとした。したがって，総落差は

総落差＝318.983-308.4=10.583m

となる。

発電所については半地下形式とし，水車，発電機を設置するピットを設けるものとした。また，建屋については，水車，発電機および制御盤等を収容可能なスペースを確保するものとした。

d　電気機械設備

電気機械設備の基本的設計手法にもとづき，以下の通り概略設計する。

有効落差 9.26m，最大使用水量 0.175㎥/s の水理諸元から，水車の選定は「水車形式選定図」より，横軸固定羽根プロペラ水車，ポンプ逆転水車，クロスフロー水車のいずれも適用可能であるが，適用範囲が広く水車性能等も考慮して横軸固定羽根

プロペラ水車を選定した。

水車性能を満足させるために，回転速度は JEC-4001「水車およびポンプ水車」の比速度限界以下となるように，750min^{-1}に設定した。

発電機はＡ地点と同様に，一般的に採用実績が多く，構造も簡単で保守性の優れた誘導発電機を選定した。ここで，水車，発電機の総合効率を 0.705 と想定し，発電所出力は 11kW に設定した。

制御・保護装置もＡ地点と同様に，一体型制御盤とし，電気設備技術基準および系統連系技術要件ガイドラインに準じた保護装置を考慮した。

系統連系については，当該地点に 6.6kV の既設配電線があることから，余剰電力を売電する逆潮流有りの高圧連系とし，付属設備として変圧器，開閉装置等の高圧連系盤を設置した。その他付属設備としては，流水遮断機能を有した入口弁，水位計を設置した。

電気機械設備に関する詳細は，水車形式選定図を資料図 4－9，仕様諸元表を資料表 4－18，単線結線図を資料図 4－10，電気機械設備工事費を資料表 4－22 に示す。

電気機械設備工事費は，昨年度試算からコストダウンを図った。

(6) 発電電力量

定落差定流量での運転が可能なものとし，総合効率を 0.70，設備利用率を 0.9 と仮定して年間可能発電電力量を計算する。

年間可能発電電力量＝9.8×9.26×0.175×0.70×0.9×24×365　87.6MWh

(7) 概算工事費

概算工事費の算定は，基本的に『発電計画工事費積算基準』に準拠した。

計算の詳細は後述の資料表 4－20 に示す。

計算の結果，在来設計による概算工事費は 48.2 百万円となった。また，建設単価は 550 円/kWh となる。

２．２．３　簡易発電システム発電計画

(1) 発電計画の概要

本発電計画については，基本的に在来設計に準じるものとする。

(2) 流　況

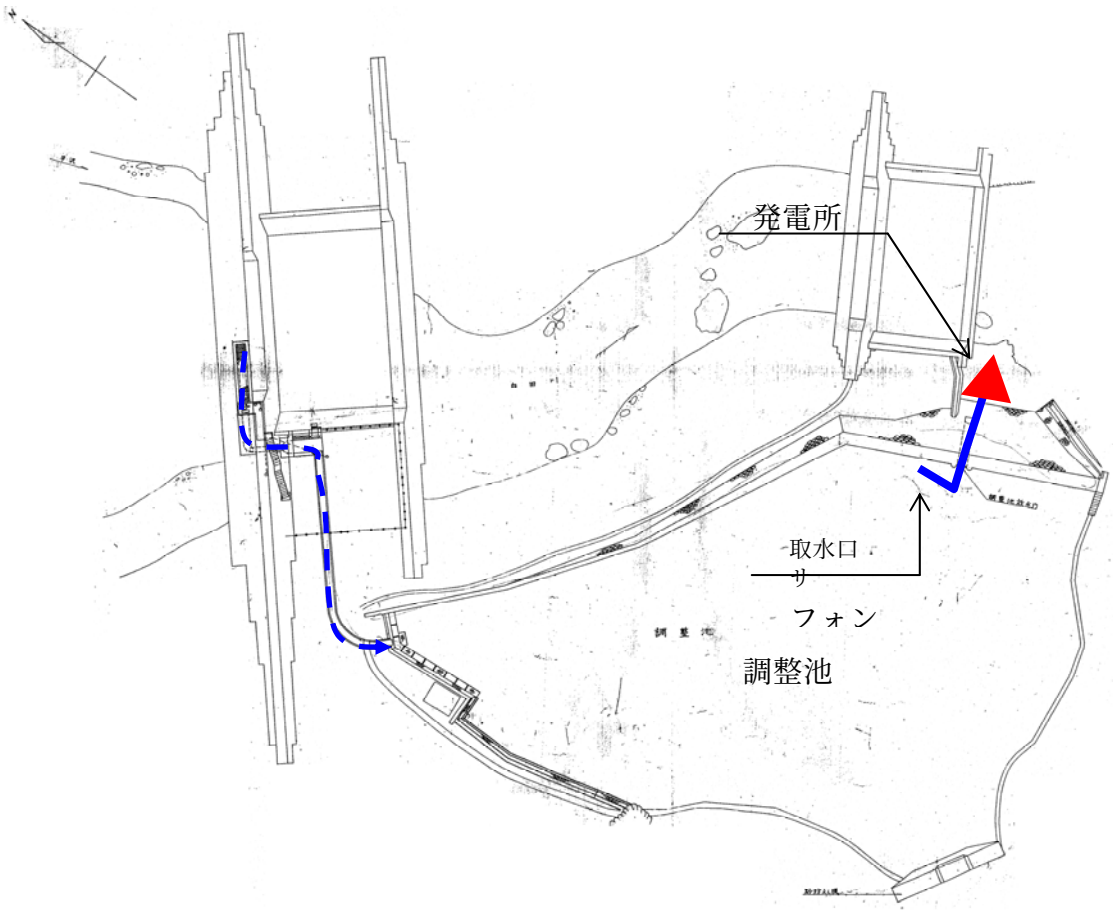
在来設計と同条件で計画を立案する。

(3) レイアウト

在来設計と同様に既設調整池の堰堤に極力負荷を与えないレイアウトとする。

現地調査の結果から，堤体中央部にサイフォン式取水口を設置するものとする。堤体への負荷を極力低減させるため，使用管材は軽量の耐圧ポリエチレンリブ管を採用する。できるだけ落差を得るため発電所は堤体のエプロン部に設けるが，右岸洪水吐および左岸側の土砂吐からの影響を考慮して位置を決定した。

レイアウト案を資料図 4－7 に示す。



資料図 4－7　簡易発電システム計画レイアウト

(4) 最大取水量

在来計画と同様に最大取水量を 0.175㎥/s とする。

(5) 主要工作物概略設計

B 地点簡易発電システムによる、計画図面を資料図 4－8(3)および(4)に示す。

a　取水施設

取水施設については，調整池堰堤を発電用ダムとみなせば，資料表 4－16 に示す

方式が候補となる。それぞれの方式の特性を考慮して，本ケースではサイフォン方式を採用することとした。

資料表 4－16　取水設備の選定

取水設備	対応の概要	問題点等	評価
横取り(左岸案)	堤体左岸端に堤体の一部を開削して取水口を設ける。	水圧管路の延長が長くなる。また，有効落差が小さくなる。	他案に比べて経済性に劣る。
〃　(右岸案)	堤体右岸端に地山を一部開削して取水口を設ける。	土工量が多くなる。新たな用地を確保する必要がある（現有敷地内に収まらない)。	同上
バースクリーン	堤体越流部を改造し，チロリアン形式のバースクリーンと導水路を設ける。	堤体の改造が必要となる。洪水時のゴミ(落ち葉，流木，他)対策が必要。	堤体の強度，安定性が問題であり，除塵対策の面で，他案に劣る。
堤体孔あけ	堤体の中央部を削孔する。	堤体自体の強度，安定性を確認する必要がある。	比較的問題は少ないが，堤体の強度，安定性の面でサイフォン案に劣る。
ゲートバルブ	土砂吐ゲートにバルブを設ける。	土砂吐ゲート作用時に対応が難しい（他にゲートは存在しない)。	現実的に難しい。
既設管分離	[対応できない]	既設放流管は存在しない。	[対象外]
サイフォン	堤体に沿ってサイフォン管を布設する。	堤体自体の強度，安定性を確認する必要がある。	比較的問題は少ない。 ⇒ [採用]

なお，サイフォン管の呑口標高は，取水位からサイフォン管直径の 1.5 倍の深さとすることとし，

取水位（＝貯水位）318.983－0.30×1.5　EL318.483

とした。

また，サイフォン管であるためスクリーンのみ設置することとした。また，サイフォン管の材質は，軽量の耐圧ポリエチレンリブ管とする。

b　水圧管路

水圧管路の管径については，在来設計と同様に管内流速を 2～3m 程度にするものとしてφ300㎜ とした。

次に，管路の材質については，調整池堰堤が 10m程度であることから対象施設を砂防ダムとみなせば，資料表 4－17 の管材が候補となる。それぞれの管材の特性を考慮して，本ケースでは耐圧ポリエチレンリブ管を採用することとした。

資料表 4－17　水圧管路（φ300㎜）管材の選定

管　材	管材の特性	問題点等	評価
ポリエチレン管	比較的軽量，施工性に優れる。耐衝撃性，耐食性,耐候性に優れる。	資材費が比較的高い。	経済性の面で他案に劣る。
耐圧ポリエチレンリブ管	比較的軽量，施工性に優れる。耐衝撃性，耐食性,耐候性に優れる。	特に問題はない。	特に問題はない。 ⇒ [採用]
遠心力鉄筋コンクリート管	耐久性，耐食性，耐候性に優れる。	重量が重い。	施工性の面で他案に劣る。

※：硬質塩化ビニル管については紫外線により劣化することから，砂防ダムにおける適合性が低いとされている。本ケースについても，同様の理由から対象外とした。

c　発電所

放水位は在来設計と同様に EL 308.400 とした。総落差も同様に

総落差＝318.983-308.4=10.583m

となる。

なお，発電所については地上形式とし，洪水時の流水および土砂吐ゲート開放時の流水から防御するため，水車，発電機の両側にコンクリートによる側壁を設けるものとした。建屋については省略し側壁の上に蓋（縞鋼板程度）を設置する。また，配電盤は水車，発電機の背面（堤体側）の造成ヤードに屋外式で設置するものとした。

d　電気機械設備

電気機械設備の基本的設計手法にもとづき，以下の通り概略設計する。

サイフォン取水方式により，有効落差が 0.32m 変化し，9.58m となるが，最大使用水量 0.175m^3/s は変化しないため，在来設計に比べて大きな水理諸元の変更ではない。このため，水車は在来設計と同じ横軸固定羽根プロペラ水車，回転速度 750min^{-1}に設定した。なお，取水方式の違いにより，水車起動停止のために出口弁，真空ポンプおよび取水停止給気弁が必要になるが，入口弁を必要としない。

発電機には風力発電で実績の多い永久磁石発電機＋逆変換装置システムを選定した。なお，永久磁石発電機は標準品として出力別に製品化されたものがラインナップされており，出力 11kW 定格をそのまま適用する。

制御・保護装置は汎用 PLC を採用し，コストダウン化を図った。なお，電気設備技術基準および系統連系技術要件ガイドラインに準じた保護装置の設置は，在来設計での考え方と同じである。

系統連系は当該地点に 210Ｖの既設配電線があることから，逆潮流有りの低圧連系とし，在来設計で必要としていた変圧器，開閉装置等の高圧連系盤を省略した。

その他付属装置として,随時巡回頻度の低減を図る目的で簡易通報装置を適用した。

電気機械設備に関する詳細は，後述の資料表 4－18 を参照のこと。

(5) 発電電力量

定落差定流量での運転が可能なものとし，総合効率を 0.68，設備利用率を 0.9 と仮定して年間可能発電電力量を計算する。

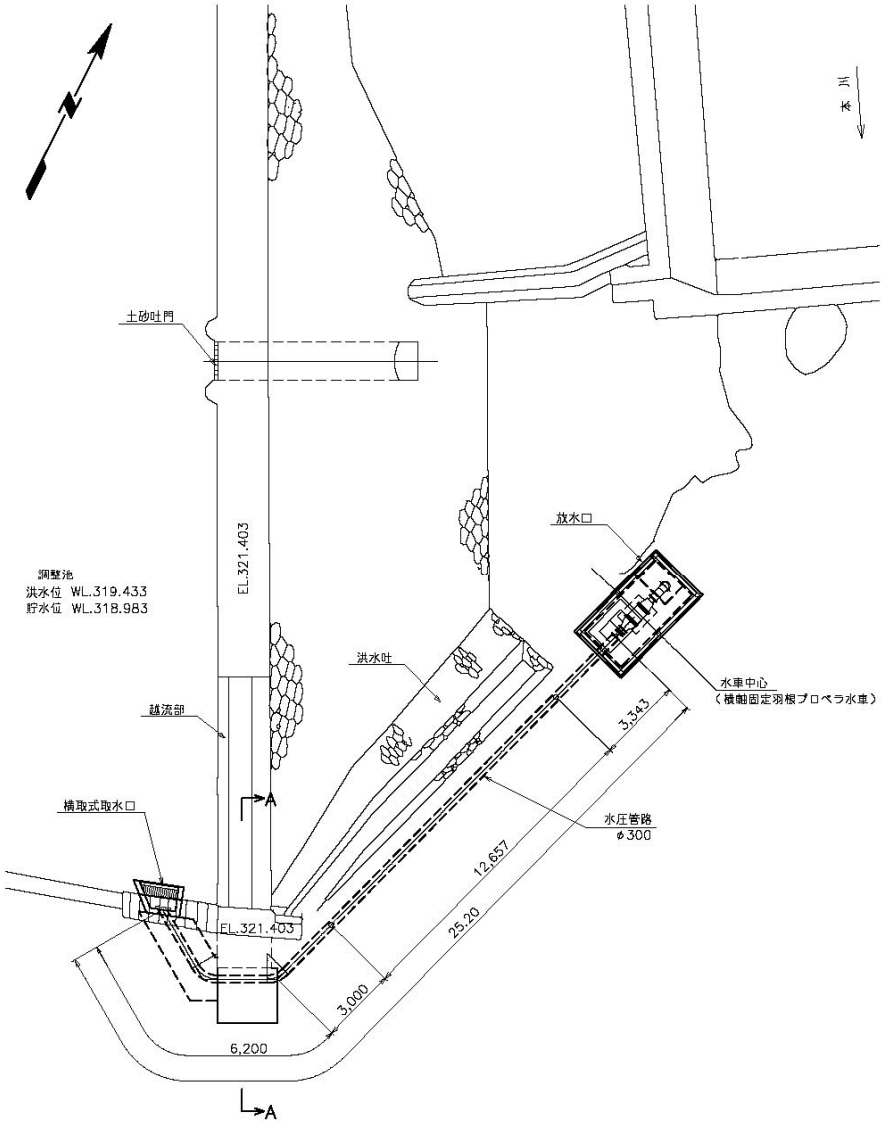
$$年間可能発電電力量＝9.8\times9.58\times0.175\times0.68\times0.9\times24\times365 \quad 88.1\text{MWh}$$

(6) 概算工事費

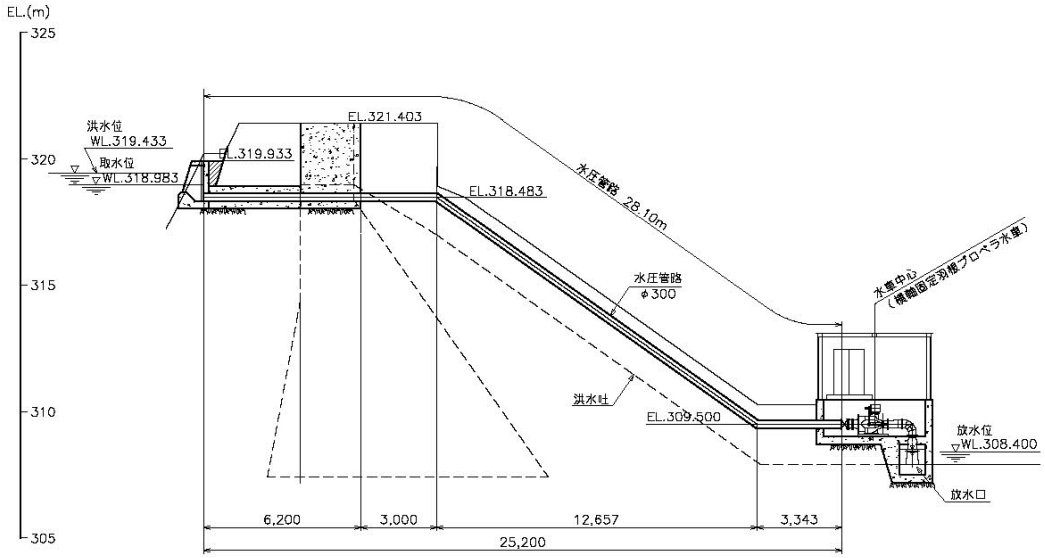
概算工事費の算定は，基本的に『発電計画工事費積算基準』に準拠した。また，計算の詳細は後述の資料表 4－20 に示す。

計算の結果，在来設計による概算工事費は 28.2 百万円となった。また，建設単価は 320 円/kWh となる。

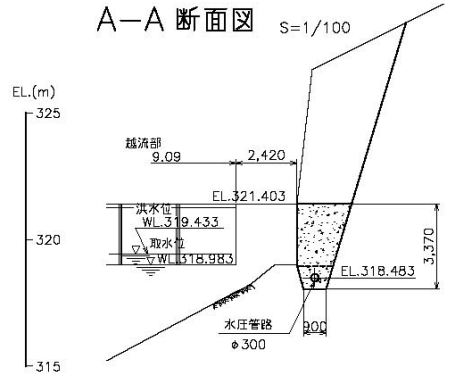
平　面　図　S=1/100



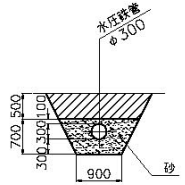
縦　断　面　図　S=1/100



A－A 断面図　S=1/100



水圧管路標準断面図　S=1/50



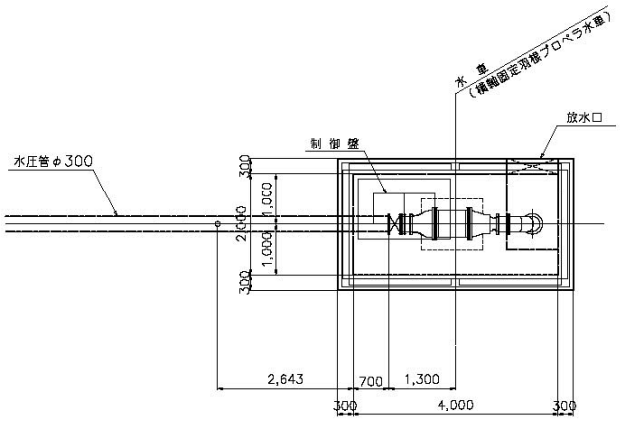
資料図 4－8(1)

B 地点　一般平面図・縦断面図(在来設計)

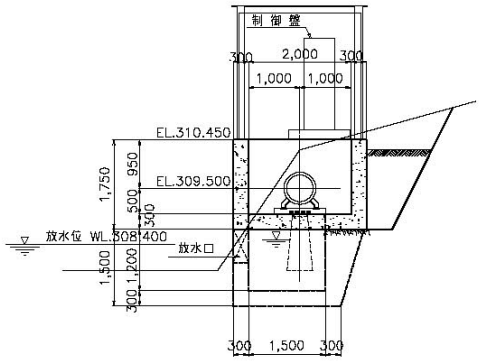


業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうちケーススタディ基本検討他業務		
位置	静岡県		
水系			
図面名称	B地点　一般平面図・縦断面図（従来設計）		
縮尺	図示	図番	1
作成日	平成15年　月		
財団法人　新エネルギー財団			

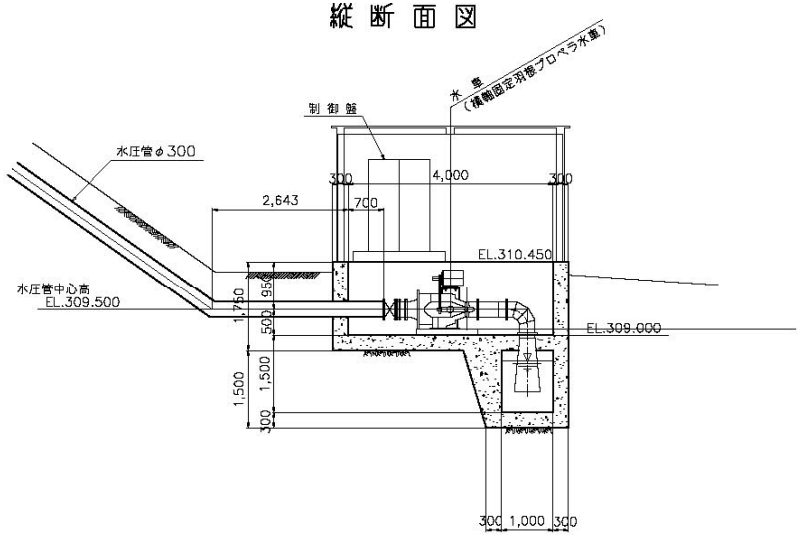
平 面 図



横断面図



縦 断 面 図



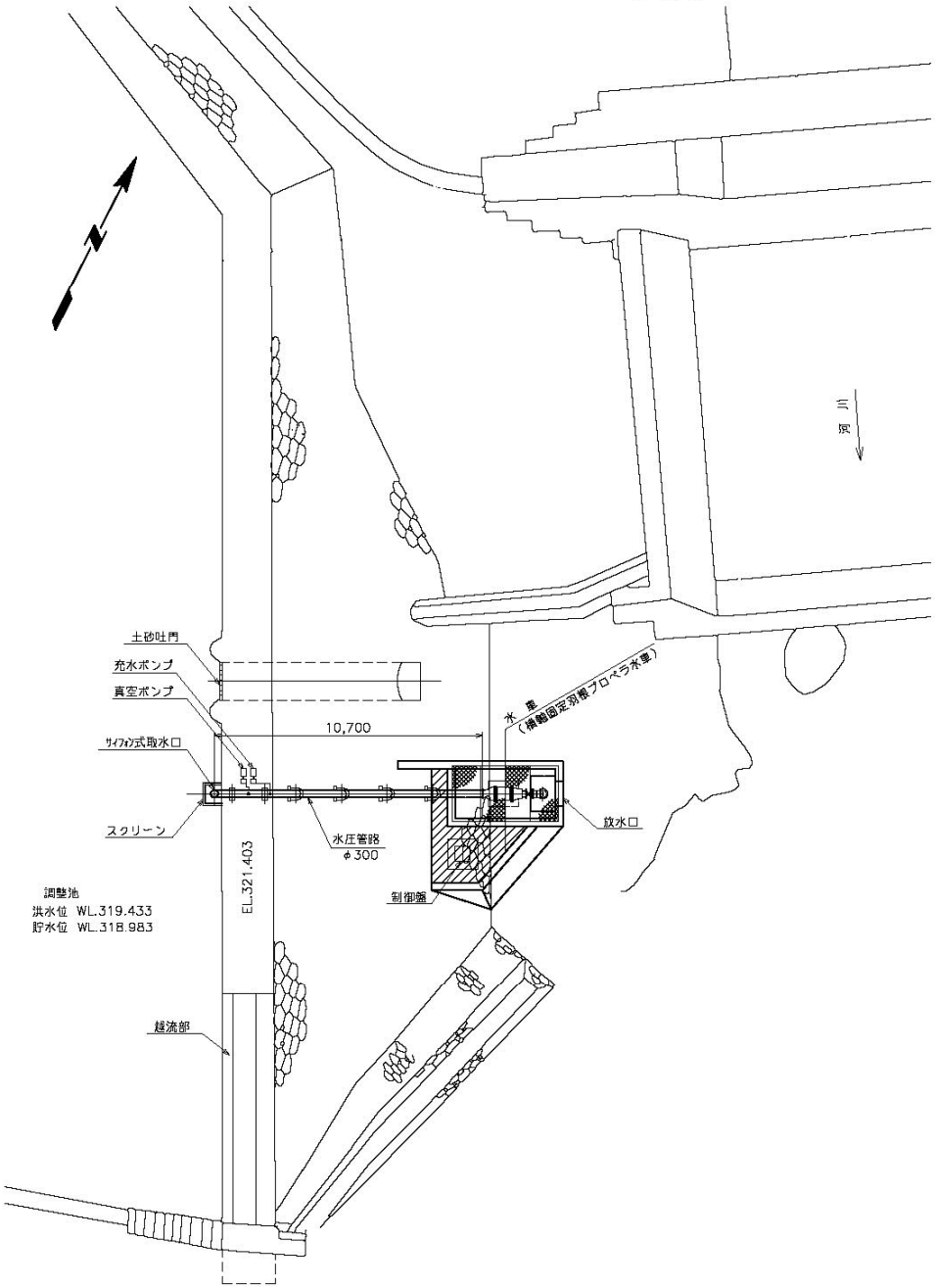
資料図 4－8(2)

B 地点 発電所構造図（在来設計）

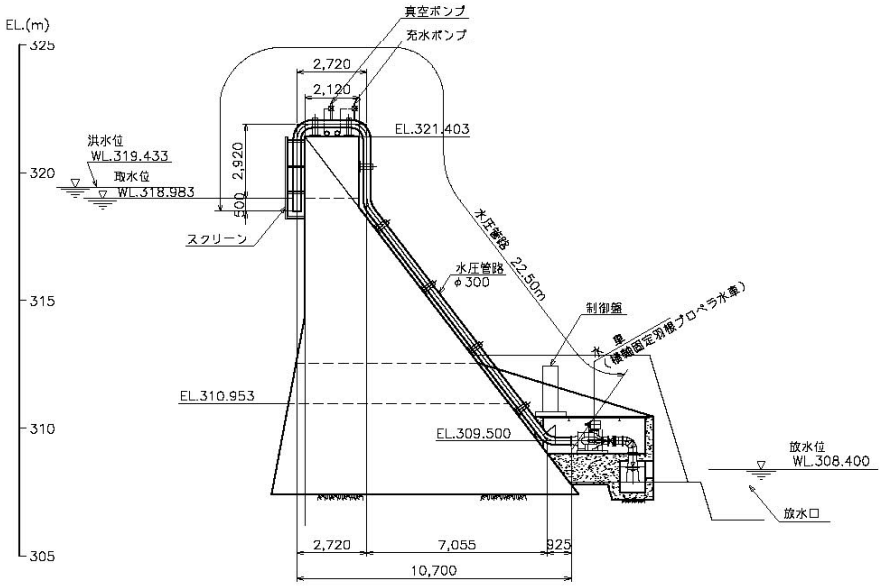
業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	静岡県		
水系			
図面名称	B地点 発電所構造図（従来設計）		
縮尺	1/50	図番	2
作成日	平成15年 月		
財団法人 新エネルギー財団			

0 5m

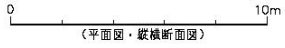
平　面　図　S=1/100



縦断面図　S=1/100

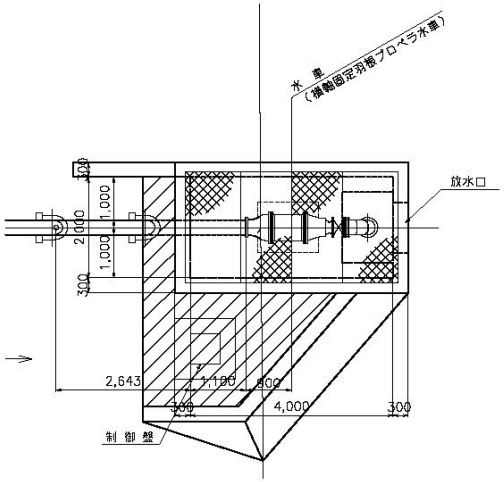


資料図4－8(3)
B地点 一般平面図・縦断面図
(簡易発電所システム)

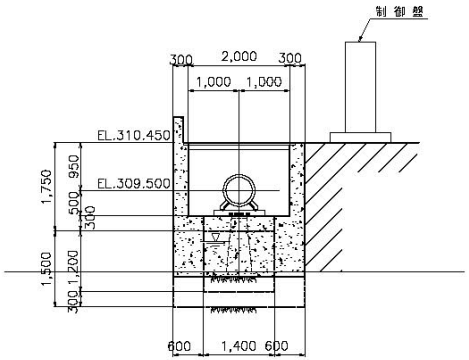


業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	静岡県		
水系			
図面名称	B地点 一般平面図・縦断面図（簡易発電システム）		
縮尺	図示	図番	3
作成日	平成15年 月		
財団法人 新エネルギー財団			

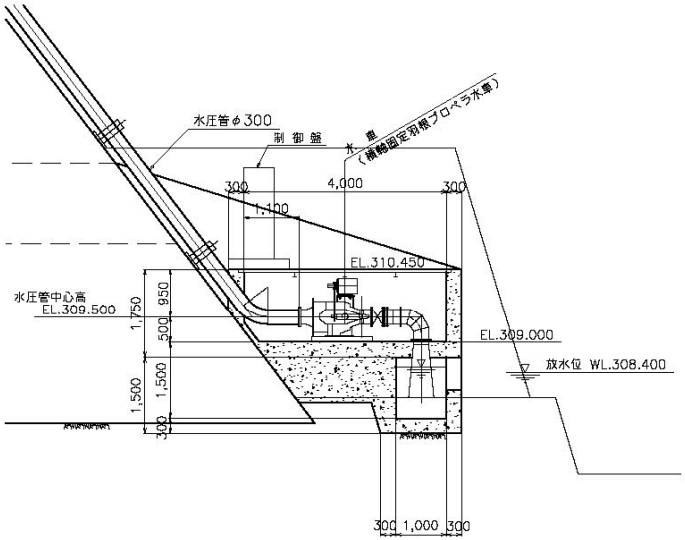
平　面　図



横断面図



縦　断　面　図

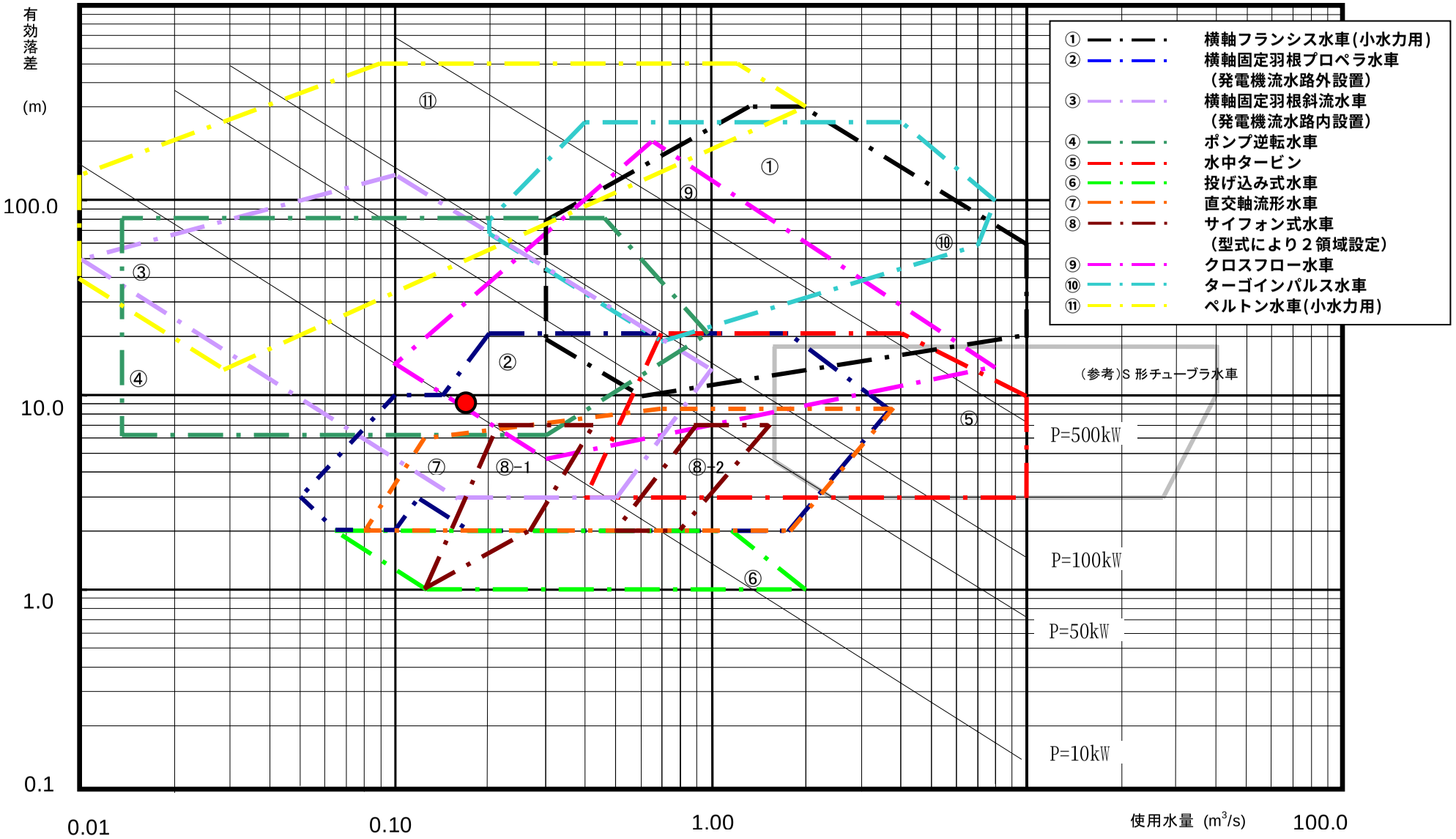


資料図 4－8(4)

B 地点 発電所構造図(簡易発電システム)

0　5m

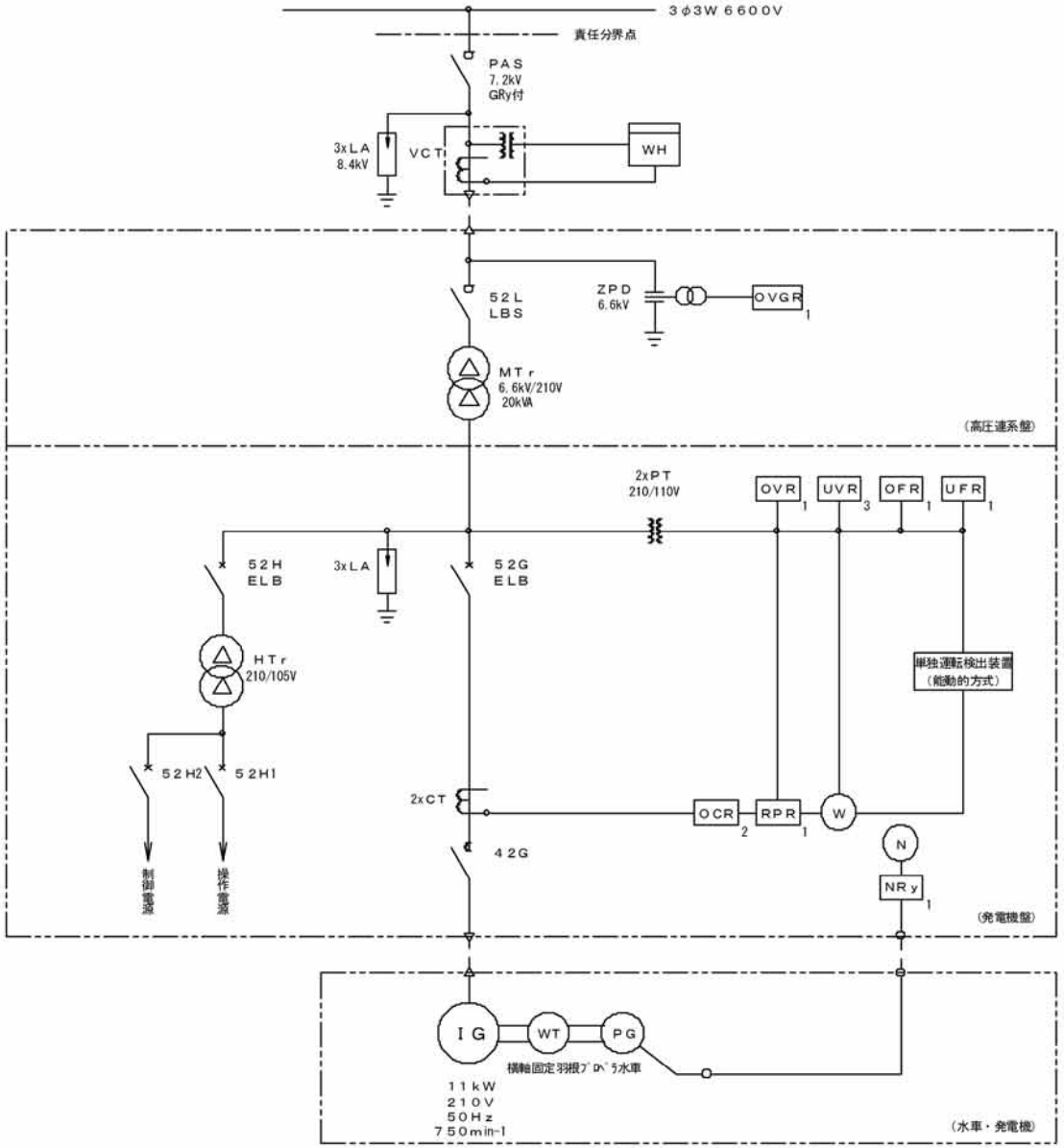
業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	静岡県		
水系			
図面名称	B地点 発電所構造図（簡易発電システム）		
縮尺	1/50	図番	4
作成日	平成15年 月		
財団法人 新エネルギー財団			



資料図 4－9　水車形式選定図

資料表 4－18　電気仕様諸元表

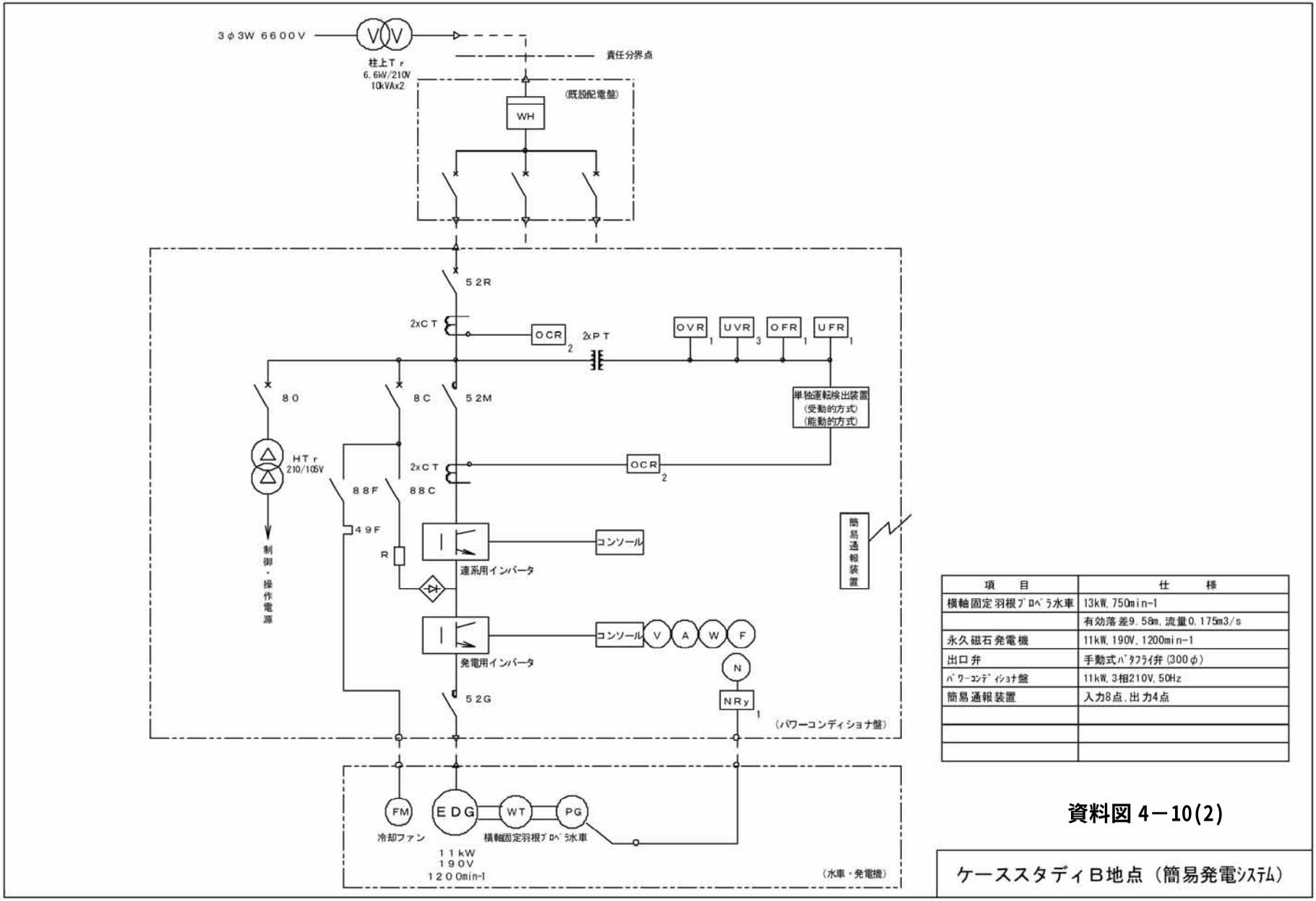
項目			在来設計	簡易発電システム	選定理由等
水理諸元	取水位	EL-m	318.983		
	放水位	EL-m	308.400		
	静落差	m	10.583		
	有効落差	m	9.26	9.58	横取り取水/サイフォン取水/チロリアン（既設取水）
	最大使用水量	m^3/s	0.175		水利権制約有り(H24まで有効)
機器仕様	水車		横軸固定羽根プロペラ水車(手動GV)		適用可能水車選定図による
	発電機		誘導発電機	永久磁石発電機+INV	新技術として水力へ「永久磁石発電機」を適用
	逆潮有無		有り		砂防ダム保安用電源，余剰電力を売電
	所内単独有無		無し		
	連系方式		高圧連系(6.6kV)	構内低圧連系(210V)	既設配電線6.6kV/210V，20kVA
	保護，制御		一体型制御盤 OVR+UVR OVGR OFR+UFR+単独運転検出(能動)	汎用PLC(パワーコンディショナ盤) OVR+UVR － OFR+UFR+単独運転検出(受動+能動)	「電技解釈」、「系統連系技術要件ガイドライン」による
	付属装置		重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) 高圧連系盤(6.6kV変圧器，開閉装置) 水位計 －	出口弁 － 水位計 簡易通報装置	簡易通報装置により，随時巡回頻度の低減を図る
	回転速度	min^{-1}	750	750(1200)	(　)内は永久磁石発電機回転速度
	水車出力	kW	12.5	13.0	
	比速度	m-kW	164.2	160.4	JEC4001比速度限界712m-kW以下
	発電機容量		11.0kW(力率0.8程度)	11.0kVA(力率1.0程度)	永久磁石発電機製品定格：18.5kW
発電所出力		kW	11.0		
概算工事費		M¥	24.9	17.6	



項　目	仕　様
横軸固定羽根ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ水車	12.5kW, 750min-1
	有効落差9.26m, 流量0.175m3/s
交流誘導発電機	11kW, 210V, 750min-1, 50Hz
入口弁	手動開, 重錘閉式ﾊﾞﾀﾌﾗｲ弁(300φ)
発電機盤	単独運転検出装置含む
高圧連系盤	MTr(6.6kV/210V, 20kVA), LBS, ZPD, OVGR
連系機器	PAS(GRy付), LA, VCT, WHM

資料図 4－10(1)

ケーススタディB地点（在来設計）



項　目	仕　様
横軸固定羽根ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ水車	13kW, 750min-1
	有効落差9.58m, 流量0.175m3/s
永久磁石発電機	11kW, 190V, 1200min-1
出口弁	手動式ﾊﾞﾀﾌﾗｲ弁 (300φ)
ﾊﾟﾜｰｺﾝﾃﾞｨｼｮﾅ盤	11kW, 3相210V, 50Hz
簡易通報装置	入力8点, 出力4点

資料図 4－10(2)

ケーススタディＢ地点（簡易発電ｼｽﾃﾑ）

２．２．４　比較検討評価

(1) 建設単価の比較

在来設計および簡易発電システムの発電計画諸元を資料表 4－19 に示す。

また，概算工事費の比較表と総括表を資料表 4－20 および 4－21 に示す，

資料表 4－20 に示すように,年間可能発電電力量はほぼ同じであるが,建設単価を見ると簡易発電システムの方が 40%程度安くなっている。

なお，簡易発電システムにおいて水圧管路に耐圧ポリエチレン管を採用したが，軽量であるため施工面におけるコストダウンについても期待される。

資料表 4－19　B 地点発電計画

項　目		在来設計	簡易発電システム
発電計画	取　水　位	EL 318.983 m	
	放　水　位	EL 308.400 m	
	総　落　差	10.583 m	
	有効落差	9.26 m	9.58 m
	最大使用水量	0.175 m^3/s	
	水車・発電機効率	0.70 （想定）	0.68 （想定）
	最大出力	11.0 kW	11.0 kW
設備概要	取水方式	横取り取水方式	サイフォン取水方式
	水圧管路	鉄管（φ300）	耐圧ポリエチレンリブ管（φ300）
	管路延長	28.1 m	22.5 m
	管路敷設	埋　設	露　出
	発電所建屋	半地下式	省　略
	水車形式	横軸固定羽根プロペラ水車	同　左
	発電機種類	交流誘導発電機	永久磁石発電機
	そ　の　他		

資料表 4－20　B地点概算工事費

単位：(百万円)

項　　目			工 事 費		摘　要
			在来設計	簡易発電システム	
1)	土地補償費		0.1	――	
2)	建物関係		3.0	――	
3)	土木関係		10.2	5.0	
	①水　路		8.6	3.0	
		a.取　水　口	1.6	1.5	横取り／サイフォン
		b.沈　砂　池	――	――	
		c.導　入　路	――	――	
		d.水　　槽	――	――	
		e.余　水　路	――	――	
		f.水圧管路	7.0	1.6	鋼管／耐圧ポリエチレンリブ管
		g.放　水　路	――	――	
		h.放　水　口	――	――	
		i.代替放流設備	――	――	
	②機械装置		1.6	2.0	
		j.基　　礎	1.3	1.8	
		k.諸　装　置	0.3	0.2	
4)	電気関係		24.9	17.6	横軸固定羽根プロペラ水車
5)	仮設備費		3.8	2.3	{2}+3}+4}}×0.10
6)	総係費		5.4	3.2	{2}+3}+4}+5}}×0.13
7)	(小 計)		47.5	28.1	
8)	ダム分担金		――	――	
9)	建設中利子		0.3	0.2	7)×0.4×0.03×T/12 T:月数　T=6ヶ月
10)	分担関連費		0.5	0.3	7)×0.01
11)	工事費(合 計)		48.2	28.6	
12)	年間可能発電電力量(MWh)		87.6	88.1	
13)	建設単価（円/kWh）		550	325	

※工事費は「発電計画工事費積算基準」に準拠し，同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。

資料表 4－21(1)　B地点　概算工事費総括表(在来)

項　目	工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1) 土地補償費	山　林	㎡	75	1,350	101	
(2) 建物関係	建　物	空m3	20	151,000	3,020	
(3) 土木関係					10,187	
①水　路					8,634	
a.取水口					1,598	横取り取水方式
	掘　削	m3	4	5,900	24	
	コンクリート	〃	3	42,000	126	
	鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
	ゲート	〃	0.2	4,706,000	941	
	スクリーン	〃	0.1	1,683,000	168	
	その他	式	1		320	上記工種計の25%
b.沈砂池					0	
	掘　削	m3		3,800	0	
	コンクリート	〃		38,000	0	
	鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
	ゲート	〃	0.0	0	0	
	スクリーン	〃	0.0	0	0	
	その他	式				上記工種計の20%
c.導水路					0	
	掘　削	m3		0	0	
	コンクリート	〃		0	0	
	鉄　筋	t	0.0	0	0	
	その他	式				上記工種計の15%
d.水槽					0	
	掘　削	m3		6,500	0	
	コンクリート	〃		45,000	0	
	鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
	その他	式				上記工種計の40%
e.余水路					0	
	掘　削	m3		13,100	0	
	コンクリート	〃		50,000	0	
	鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
	鉄　管	〃	0.0	0	0	
	その他	式				上記工種計の20%
f 水圧管路					7,036	
	掘　削	m3	231	8,600	1,987	
	コンクリート	〃	29	46,000	1,334	
	鉄　筋	t	0.6	196,000	118	
	鉄　管	〃	1.4	1,731,300	2,424	
	流量計室	空m3		35,500	0	
	流 量 計	式		0	0	
	そ の 他	式	1		1,173	上記工種計の20%
g.放水路					0	
(暗渠)	掘　削	m3		4,900	0	
	コンクリート	〃		53,000	0	
	鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
	その他	式				上記工種計の15%
h 放水口					0	
	掘　削	m3		5,900	0	
	コンクリート	〃		42,000	0	
	鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
	ゲート	〃	0.0	0	0	
	そ の 他	式				上記工種計の20%
i 代替放流設備		式				
② 貯水池又は調整池						
③ 機械装置					1,553	
j 基礎					1,256	
	掘　削	m3	41	8,900	365	
	ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	14	38,000	532	
	鉄　筋	t	0.8	187,000	150	
	そ の 他	式	1		209	上記工種計の20%
k 諸装置					297	
	諸装置	式	1		297	(①+②+j)×3%
(4) 電気関係					24,900	チューブラ水車
	電気工事費	式	1		24,900	
(5) 仮設備費					3,811	
	仮設備費	式	1		3,811	((2)+(3)+(4))×10%
	搬 入 路	m			－－	
	そ の 他	式			－－	
(6) 総経費		式	1		5,449	((2)+(3)+(4)+(5))×13%
(7) 小計					47,468	
(8) ダム分担金		式			－－	
(9) 建設中利子		式	1		285	(7)×0.4×0.03×T/12
(10) 分担関連費		式	1		475	(7)×1%
(11) 計					**48,228**	

資料表 4－21(2)　B地点　概算工事費総括表(簡易)

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費						－－	
(2)	建物関係		建　物				－－	
(3)	土木関係						5,015	
	①水　路						3,020	
		a.取水口					1,460	サイフォン取水方式
			ポンプ	式	1	1,000,000	1,000	真空ポンプ及び充水ポンプ
			スクリーン	〃	0.1	1,683,000	168	
			その他	式	1		292	上記工種計の25%
		b.沈砂池					0	
			掘　削	m3		3,800	0	
			コンクリート	〃		38,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		c.導水路					0	
			掘　削	m3		0	0	
			コンクリート	〃		0	0	
			鉄　筋	t	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式				上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3		13,100	0	
			コンクリート	〃		50,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		f 水圧管路					1,560	
			掘　削	m3	0	8,600	0	
			コンクリート	〃	0	46,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			耐圧ポリエチレンリブ管	式	1	1,300,000	1,300	サイフォン管を含む
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式	0	6,000,000	0	
			そ の 他	式	1		260	上記工種計の20%
		g.放水路 (暗渠)					0	
			掘　削	m3		4,900	0	
			コンクリート	〃		53,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			その他	式				上記工種計の15%
		h 放水口					0	
			掘　削	m3		5,900	0	
			コンクリート	〃		42,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			そ の 他	式				上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						1,995	
		j 基礎					1,849	
			掘　削	m3	5	8,900	45	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	31	38,000	1,178	
			鉄　筋	t	1.7	187,000	318	
			そ の 他	式	1		308	上記工種計の20%
		k 諸装置					146	
			諸装置	式	1		146	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						17,600	横軸固定羽根プロペラ水車
			電気工事費	式	1		17,600	
(5)	仮設備費						2,262	
			仮設備費	式	1		2,262	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			－－	
			そ の 他	式			－－	
(6)	総経費			式	1		3,234	((2)+(3)+(4)+(5))×13%
(7)	小計						28,111	
(8)	ダム分担金			式			－－	
(9)	建設中利子			式	1		169	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		281	(7)×1%
(11)	計						**28,561**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に準拠し、同基準に算定根拠のない項目については積上げにより算出した。

資料表 4－22　概算電気工事費総括表

在来設計

11 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	横軸固定羽根プロペラ水車(12.5kW,750min-1,有効落差9.26m,流量0.175m3/s)	7,300
	発電機	交流誘導発電機(11kW,210V,750min-1,50Hz)	500
	入口弁	手動開,重錘閉式バタフライ弁(300φ)	1,500
	発電機盤	単独運転検出装置含む	5,500
	簡易通報装置	(該当なし)	0
	高圧連系盤	MTr(6.6kV/210V,20kVA),LBS,ZPD,OVGR	1,500
	連系機器	PAS(Gry付き),LA,VCT,WHM(受電用,発電用)	550
	高圧ケーブル	一式	100
	動力･制御ケーブル	一式	200
	配管材	一式	200
	諸材料	一式	520
	小計		17,870
工事費		一式	7,000
合計			24,870
			24,900

簡易発電

11 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	横軸固定羽根プロペラ水車(13kW,750min-1,有効落差9.58m,流量0.175m3/s)	7,300
	発電機	永久磁石発電機(18.5kW,190V,1200min-1)	630
	入口弁	出口弁,手動式バタフライ弁(300φ)	1,100
	発電機盤	パワーコンディショナ盤(15kW,3相210V,50Hz)	2,700
	簡易通報装置	入力8点,出力4点	100
	高圧連系盤	(該当なし)	0
	連系機器	WHM(発電用)	50
	高圧ケーブル	(該当なし)	0
	動力･制御ケーブル	一式	200
	配管材	一式	200
	諸材料	一式	360
	小計		12,640
工事費		一式	4,900
合計			17,540
			17,600

(2) 発電原価の比較

本項では,20 年間の均等化経費を算出し，年間可能発電電力量との比によって発電原価を算出して,在来設計と簡易発電システムとの比較・検討を実施した。

20 年間の均等化経費は，年次別経費率表（資料表 4－24）によって算出した。計算にあたって必要となる経費率等については,『ハイドロバレー開発計画ガイドブック』（H16.3　経済産業省資源エネルギー庁・財団法人新エネルギー財団）に記述される値を基本とし，実状を考慮して若干修正した。設定した経費率や金利，計算結果を資料表 4－23 に整理した。建設費（補助額分を除く）については全て借入金によるものとし，金利 1.5%，20 年で返済することとした。

なお，補助金を除く事業者が負担する工事費は,全額借入れによるものとした。

計算結果から,簡易発電システムの発電原価は 20.4 円/kWh であり，在来設計に比べて 60%程度となっている。

資料表 4－23 発電原価の計算

	在来発電 計画	簡易発電 システム	備　　考
建設費(百万円)	48.2	28.6	
年間発電電力量(MWh)	87.6	88.1	
資本費	建設費の 70%(回収 20 年) 金利 1.5%		
人件費	建設費の 0.68%		
修繕費	建設費の 0.31% 年増加分 0.019%		
固定資産税	税率 1.4%		
その他経費	建設費の 0.31%		
一般管理費	直接費(人件費，修繕費,固定資産税, その他経費)の 12.0%		
年経費(百万円)	3.0	1.8	20 年均等化経費
発電原価(円/kWh)	34.5	20.4	

資料表 4－24(1) 発電原価計算用 年次別経費率表

地点名 ：	B 地点	従来発電計画								
ケース ： 中小水力		条件 ： 使用水量	Q=	0.175 m³/s	最大出力	P=	11 kW			
a. 建設費	48.20 百万円	j. 人件費		0.680 %	s.均等化経費	3.02 百万円		建設費=	48.20 百万円	
b. 補助率	30.0 %	k.固定資産税率		1.400 %						
c. 初年度簿価	33.74 百万円	修繕費	l. 初年度	0.310 %	注)1. 利用助成制度	中小水力		年間発電電力量=	87.6 Mwh	
d. 金利	1.50 %		m. 年増分	0.019 %	2. 金利	公益企業金融公庫				
e. 借入金返済期間	15 年	n. その他経費		0.310 %	3. 起債	なし		建設単価=（補助なし）	550 円／kwh	
f. 据え置き年数	3 年	o. 一般管理費		12.000 %						
g. 元利均等支払額	3.09 百万円	p. 割引率		1.50 %	4. 資本回収係数	$= \frac{o(1+o)^r}{(1+o)^r - 1}$				
h. 残存率	10.0 %	q.耐用年数		20 年				建設単価=（補助あり）	385 円／kwh	
i. 減価償却費	1.52 百万円(= a(1 - b)(1-h)/q)	r. 交付税算入率		0.000 %	5. 現価係数	$= \frac{1}{(1+o)^r}$				

発電原価の計算

［補助考慮］

耐用年数=	20	年
年経費=	3.02	百万円
年経費率=	6.273	%
発電原価=	34.5	円／kwh

（単位： 百万円）

年次	簿価	借入額	元利均等支払額	元金支払分	金利（利子分）	減価償却費	資本経費	修繕費	人件費	固定資産税対象額	固定資産税	その他経費	直接経費	一般管理費（間接費）	経費合計	交付税算入額	実質経費合計	現価係数	現在価値	現価累計	資本回収係数	均等化経費
					①	②		③	④		⑤	⑥		⑦	⑧		⑧'	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
t	u	v	w	x	(v×d)	(i)	(①+②)	(al+a(t-1)m)	(a×j)	y	(y×k)	(a × n)	(Σ③～⑥)	(Σ①～⑥)×o	(Σ①～⑦)	z			(⑧'×⑨)	(Σ⑩)		(⑪×⑫)
1	33.74	33.74	0.51	0.00	0.51	1.52	2.02	0.15	0.33	48.20	0.67	0.15	1.30	0.16	3.48	0.00	3.48	0.985221675	3.43	3.43	1.015000000	3.48
2	32.22	33.74	0.51	0.00	0.51	1.52	2.02	0.16	0.33	46.03	0.64	0.15	1.28	0.15	3.46	0.00	3.46	0.970661749	3.36	6.79	0.511277916	3.47
3	30.70	33.74	0.51	0.00	0.51	1.52	2.02	0.17	0.33	43.86	0.61	0.15	1.26	0.15	3.43	0.00	3.43	0.956316994	3.28	10.07	0.343382960	3.46
4	29.19	33.74	3.09	2.59	0.51	1.52	2.02	0.18	0.33	41.69	0.58	0.15	1.24	0.15	3.41	0.00	3.41	0.942184230	3.21	13.29	0.259444786	3.45
5	27.67	31.15	3.09	2.63	0.47	1.52	1.99	0.19	0.33	39.52	0.55	0.15	1.22	0.15	3.35	0.00	3.35	0.928260325	3.11	16.39	0.209089323	3.43
6	26.15	28.53	3.09	2.67	0.43	1.52	1.95	0.20	0.33	37.36	0.52	0.15	1.20	0.14	3.29	0.00	3.29	0.914542193	3.00	19.40	0.175525215	3.40
7	24.63	25.86	3.09	2.71	0.39	1.52	1.91	0.20	0.33	35.19	0.49	0.15	1.17	0.14	3.22	0.00	3.22	0.901026791	2.90	22.30	0.151556165	3.38
8	23.11	23.16	3.09	2.75	0.35	1.52	1.87	0.21	0.33	33.02	0.46	0.15	1.15	0.14	3.16	0.00	3.16	0.887711124	2.80	25.10	0.133584025	3.35
9	21.59	20.41	3.09	2.79	0.31	1.52	1.82	0.22	0.33	30.85	0.43	0.15	1.13	0.14	3.09	0.00	3.09	0.874592240	2.70	27.81	0.119609823	3.33
10	20.08	17.62	3.09	2.83	0.26	1.52	1.78	0.23	0.33	28.68	0.40	0.15	1.11	0.13	3.03	0.00	3.03	0.861667232	2.61	30.41	0.108434178	3.30
11	18.56	14.79	3.09	2.87	0.22	1.52	1.74	0.24	0.33	26.51	0.37	0.15	1.09	0.13	2.96	0.00	2.96	0.848933233	2.51	32.93	0.099293844	3.27
12	17.04	11.92	3.09	2.91	0.18	1.52	1.70	0.25	0.33	24.34	0.34	0.15	1.07	0.13	2.89	0.00	2.89	0.836387422	2.42	35.35	0.091679993	3.24
13	15.52	9.01	3.09	2.96	0.14	1.52	1.65	0.26	0.33	22.17	0.31	0.15	1.05	0.13	2.83	0.00	2.83	0.824027017	2.33	37.68	0.085240357	3.21
14	14.00	6.05	3.09	3.00	0.09	1.52	1.61	0.27	0.33	20.00	0.28	0.15	1.03	0.12	2.76	0.00	2.76	0.811849277	2.24	39.92	0.079723319	3.18
15	12.48	3.05	3.09	3.05	0.05	1.52	1.56	0.28	0.33	17.83	0.25	0.15	1.00	0.12	2.69	0.00	2.69	0.799851505	2.15	42.07	0.074944356	3.15
16	10.97	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	1.52	0.29	0.33	15.67	0.22	0.15	0.98	0.12	2.62	0.00	2.62	0.788031039	2.06	44.13	0.070765078	3.12
17	9.45	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	1.52	0.30	0.33	13.50	0.19	0.15	0.96	0.12	2.60	0.00	2.60	0.776385260	2.02	46.15	0.067079657	3.10
18	7.93	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	1.52	0.31	0.33	11.33	0.16	0.15	0.94	0.11	2.57	0.00	2.57	0.764911587	1.97	48.11	0.063805782	3.07
19	6.41	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	1.52	0.31	0.33	9.16	0.13	0.15	0.92	0.11	2.55	0.00	2.55	0.753607474	1.92	50.03	0.060878470	3.05
20	4.89	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52	1.52	0.32	0.33	6.99	0.10	0.15	0.90	0.11	2.52	0.00	2.52	0.742470418	1.87	51.91	0.058245736	3.02
21	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	4.82	0.07	0.15	0.88	0.11	0.98	0.00	0.98	0.731497949	0.72	52.63	0.055865495	2.94
22	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.33	2.65	0.04	0.15	0.86	0.10	0.96	0.00	0.96	0.720687634	0.69	53.32	0.053703315	2.86
23	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.33	2.41	0.03	0.15	0.86	0.10	0.97	0.00	0.97	0.710037078	0.69	54.00	0.051730752	2.79
24	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.33	2.41	0.03	0.15	0.87	0.10	0.98	0.00	0.98	0.699543920	0.68	54.69	0.049924102	2.73
25	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.33	2.41	0.03	0.15	0.88	0.11	0.99	0.00	0.99	0.689205832	0.68	55.36	0.048263454	2.67
26	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.33	2.41	0.03	0.15	0.89	0.11	1.00	0.00	1.00	0.679020524	0.68	56.04	0.046731960	2.62
27	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.33	2.41	0.03	0.15	0.90	0.11	1.01	0.00	1.01	0.668985738	0.67	56.71	0.045315268	2.57
28	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.33	2.41	0.03	0.15	0.91	0.11	1.02	0.00	1.02	0.659099249	0.67	57.38	0.044001076	2.52
29	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.33	2.41	0.03	0.15	0.92	0.11	1.03	0.00	1.03	0.649358866	0.67	58.05	0.042778780	2.48
30	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.33	2.41	0.03	0.15	0.93	0.11	1.04	0.00	1.04	0.639762430	0.66	58.71	0.041639188	2.44
31	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.33	2.41	0.03	0.15	0.94	0.11	1.05	0.00	1.05	0.630307813	0.66	59.37	0.040574295	2.41
32	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.33	2.41	0.03	0.15	0.94	0.11	1.06	0.00	1.06	0.620992919	0.66	60.03	0.039577097	2.38
33	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.33	2.41	0.03	0.15	0.95	0.11	1.07	0.00	1.07	0.611815684	0.65	60.68	0.038641438	2.34
34	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.33	2.41	0.03	0.15	0.96	0.12	1.08	0.00	1.08	0.602774073	0.65	61.33	0.037761886	2.32
35	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.33	2.41	0.03	0.15	0.97	0.12	1.09	0.00	1.09	0.593866081	0.65	61.98	0.036933630	2.29
36	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.33	2.41	0.03	0.15	0.98	0.12	1.10	0.00	1.10	0.585089735	0.64	62.62	0.036152396	2.26
37	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.33	2.41	0.03	0.15	0.99	0.12	1.11	0.00	1.11	0.576443089	0.64	63.26	0.035414367	2.24
38	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.33	2.41	0.03	0.15	1.00	0.12	1.12	0.00	1.12	0.567924226	0.64	63.90	0.034716133	2.22
39	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.33	2.41	0.03	0.15	1.01	0.12	1.13	0.00	1.13	0.559531257	0.63	64.53	0.034054630	2.20
40	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.33	2.41	0.03	0.15	1.02	0.12	1.14	0.00	1.14	0.551262322	0.63	65.16	0.033427102	2.18

資料表 4－24(2)　発電原価計算用　年次別経費率表

地点名　：	B 地点	簡易発電システム							
ケース　：	中小水力	条件　：	使用水量	Q=	0.175	m³/s	最大出力	P=	11 kW
a. 建設費	28.60	百万円	j. 人件費	0.680	%	s.均等化経費	1.79	百万円	
b. 補助率	30.0	%	k.固定資産税率	1.400	%				
c. 初年度簿価	20.02	百万円	修繕費　l. 初年度	0.310	%	注)1. 利用助成制度	中小水力		
d. 金利	1.50	%	m. 年増分	0.019	%	2. 金利	公益企業金融公庫		
e. 借入金返済期間	15	年	n. その他経費	0.310	%	3. 起債	なし		
f. 据え置き年数	3	年	o. 一般管理費	12.000	%				
g. 元利均等支払額	1.84	百万円	p. 割引率	1.50	%	4. 資本回収係数	$=\dfrac{o(1+o)^r}{(1+o)^r-1}$		
h. 残存率	10.0	%	q.耐用年数	20	年				
i. 減価償却費	0.90	百万円(= a(1 - b)(1-h)/q)	r. 交付税算入率	0.000	%	5. 現価係数	$=\dfrac{1}{(1+o)^r}$		

建設費=	28.60	百万円
年間発電電力量=	88.1	Mwh
建設単価=（補助なし）	325	円／kwh
建設単価=（補助あり）	227	円／kwh

発電原価の計算

[補助考慮]

耐用年数=	20	年
年経費=	1.79	百万円
年経費率=	6.273	%
発電原価=	20.4	円／kwh

（単位:　百万円）

年次	簿価	借入額	元利均等支払額	元金支払分	金利（利子分）	減価償却費	資本経費	修繕費	人件費	固定資産税対象額	固定資産税	その他経費	直接経費	一般管理費（間接費）	経費合計	交付税算入額	実質経費合計	現価係数	現在価値	現価累計	資本回収係数	均等化経費
t	u	v	w	x	① (v×d)	② (i)	(①+②)	③ (al+a(t-1)m)	④ (a×j)	y	⑤ (y×k)	⑥ (a × n)	(Σ③～⑥)	⑦ (Σ①～⑥)%o	⑧ (Σ①～⑦)	z	⑧'	⑨	⑩ (⑧'×⑨)	⑪ (Σ⑩)	⑫	⑬ (⑪×⑫)
1	20.02	20.02	0.30	0.00	0.30	0.90	1.20	0.09	0.19	28.60	0.40	0.09	0.77	0.09	2.07	0.00	2.07	0.985221675	2.04	2.04	1.015000000	2.07
2	19.12	20.02	0.30	0.00	0.30	0.90	1.20	0.09	0.19	27.31	0.38	0.09	0.76	0.09	2.05	0.00	2.05	0.970661749	1.99	4.03	0.511277916	2.06
3	18.22	20.02	0.30	0.00	0.30	0.90	1.20	0.10	0.19	26.03	0.36	0.09	0.75	0.09	2.04	0.00	2.04	0.956316994	1.95	5.98	0.343382960	2.05
4	17.32	20.02	1.84	1.54	0.30	0.90	1.20	0.10	0.19	24.74	0.35	0.09	0.73	0.09	2.02	0.00	2.02	0.942184230	1.91	7.88	0.259444786	2.05
5	16.42	18.48	1.84	1.56	0.28	0.90	1.18	0.11	0.19	23.45	0.33	0.09	0.72	0.09	1.99	0.00	1.99	0.928260325	1.84	9.73	0.209089323	2.03
6	15.52	16.93	1.84	1.58	0.25	0.90	1.15	0.12	0.19	22.17	0.31	0.09	0.71	0.09	1.95	0.00	1.95	0.914542193	1.78	11.51	0.175525215	2.02
7	14.61	15.35	1.84	1.61	0.23	0.90	1.13	0.12	0.19	20.88	0.29	0.09	0.70	0.08	1.91	0.00	1.91	0.901026791	1.72	13.23	0.151556165	2.01
8	13.71	13.74	1.84	1.63	0.21	0.90	1.11	0.13	0.19	19.59	0.27	0.09	0.68	0.08	1.87	0.00	1.87	0.887711124	1.66	14.89	0.133584025	1.99
9	12.81	12.11	1.84	1.65	0.18	0.90	1.08	0.13	0.19	18.30	0.26	0.09	0.67	0.08	1.83	0.00	1.83	0.874592240	1.60	16.50	0.119609823	1.97
10	11.91	10.46	1.84	1.68	0.16	0.90	1.06	0.14	0.19	17.02	0.24	0.09	0.66	0.08	1.80	0.00	1.80	0.861667232	1.55	18.05	0.108434178	1.96
11	11.01	8.78	1.84	1.70	0.13	0.90	1.03	0.14	0.19	15.73	0.22	0.09	0.65	0.08	1.76	0.00	1.76	0.848933233	1.49	19.54	0.099293844	1.94
12	10.11	7.07	1.84	1.73	0.11	0.90	1.01	0.15	0.19	14.44	0.20	0.09	0.63	0.08	1.72	0.00	1.72	0.836387422	1.44	20.97	0.091679993	1.92
13	9.21	5.35	1.84	1.76	0.08	0.90	0.98	0.15	0.19	13.16	0.18	0.09	0.62	0.07	1.68	0.00	1.68	0.824027017	1.38	22.36	0.085240357	1.91
14	8.31	3.59	1.84	1.78	0.05	0.90	0.95	0.16	0.19	11.87	0.17	0.09	0.61	0.07	1.64	0.00	1.64	0.811849277	1.33	23.68	0.079723319	1.89
15	7.41	1.81	1.84	1.81	0.03	0.90	0.93	0.16	0.19	10.58	0.15	0.09	0.60	0.07	1.60	0.00	1.60	0.799851505	1.28	24.96	0.074944356	1.87
16	6.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.17	0.19	9.30	0.13	0.09	0.58	0.07	1.55	0.00	1.55	0.788031039	1.22	26.19	0.070765078	1.85
17	5.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.18	0.19	8.01	0.11	0.09	0.57	0.07	1.54	0.00	1.54	0.776385260	1.20	27.38	0.067079657	1.84
18	4.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.18	0.19	6.72	0.09	0.09	0.56	0.07	1.53	0.00	1.53	0.764911587	1.17	28.55	0.063805782	1.82
19	3.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.19	0.19	5.43	0.08	0.09	0.55	0.07	1.51	0.00	1.51	0.753607474	1.14	29.69	0.060878470	1.81
20	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.19	0.19	4.15	0.06	0.09	0.53	0.06	1.50	0.00	1.50	0.742470418	1.11	30.80	0.058245736	1.79
21	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.19	2.86	0.04	0.09	0.52	0.06	0.58	0.00	0.58	0.731497949	0.43	31.23	0.055865495	1.74
22	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.19	1.57	0.02	0.09	0.51	0.06	0.57	0.00	0.57	0.720687634	0.41	31.64	0.053703315	1.70
23	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.19	1.43	0.02	0.09	0.51	0.06	0.57	0.00	0.57	0.710037078	0.41	32.04	0.051730752	1.66
24	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.19	1.43	0.02	0.09	0.52	0.06	0.58	0.00	0.58	0.699543920	0.40	32.45	0.049924102	1.62
25	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.19	1.43	0.02	0.09	0.52	0.06	0.58	0.00	0.58	0.689205832	0.40	32.85	0.048263454	1.59
26	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.19	1.43	0.02	0.09	0.53	0.06	0.59	0.00	0.59	0.679020524	0.40	33.25	0.046731960	1.55
27	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.19	1.43	0.02	0.09	0.53	0.06	0.60	0.00	0.60	0.668985738	0.40	33.65	0.045315268	1.52
28	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.19	1.43	0.02	0.09	0.54	0.06	0.60	0.00	0.60	0.659099249	0.40	34.05	0.044001076	1.50
29	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.19	1.43	0.02	0.09	0.54	0.07	0.61	0.00	0.61	0.649358866	0.40	34.45	0.042778780	1.47
30	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.19	1.43	0.02	0.09	0.55	0.07	0.62	0.00	0.62	0.639762430	0.39	34.84	0.041639188	1.45
31	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.19	1.43	0.02	0.09	0.55	0.07	0.62	0.00	0.62	0.630307813	0.39	35.23	0.040574295	1.43
32	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.19	1.43	0.02	0.09	0.56	0.07	0.63	0.00	0.63	0.620992919	0.39	35.62	0.039577097	1.41
33	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.19	1.43	0.02	0.09	0.57	0.07	0.63	0.00	0.63	0.611815684	0.39	36.01	0.038641438	1.39
34	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.19	1.43	0.02	0.09	0.57	0.07	0.64	0.00	0.64	0.602774073	0.39	36.39	0.037761886	1.37
35	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.19	1.43	0.02	0.09	0.58	0.07	0.65	0.00	0.65	0.593866081	0.38	36.78	0.036933630	1.36
36	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.19	1.43	0.02	0.09	0.58	0.07	0.65	0.00	0.65	0.585089735	0.38	37.16	0.036152396	1.34
37	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.19	1.43	0.02	0.09	0.59	0.07	0.66	0.00	0.66	0.576443089	0.38	37.54	0.035414367	1.33
38	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.19	1.43	0.02	0.09	0.59	0.07	0.66	0.00	0.66	0.567924226	0.38	37.91	0.034716133	1.32
39	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.19	1.43	0.02	0.09	0.60	0.07	0.67	0.00	0.67	0.559531257	0.37	38.29	0.034054630	1.30
40	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.19	1.43	0.02	0.09	0.60	0.07	0.68	0.00	0.68	0.551262322	0.37	38.66	0.033427102	1.29

２．３　Ｃ地点

Ｃ地点に関する在来設計と簡易発電システムによる設計を実施し，両者を比較することで簡易発電システムによるコストダウンを確認する。

２．３．１　地点概要

Ｃ地点は急峻な地形特性を活かし，既設の砂防ダムを利用するダム水路式の発電計画である。河川の河床勾配は 1/13 程度，取水地点となる上流の砂防ダムの流域面積は約 1.8km^2である。発電した電力は，計画地点から約 600m下流にある町営施設（○○会館）への供給が可能である。町営施設から○○寺までの林道は，県の天然記念物に指定されている杉並木が広がり，“ ○○の里 ”として紅葉シーズンには多くの観光客が訪れる。

資料図 4－11 に現況図と写真を示す。

C地点

資料写真 4－6　○○会館（町営）

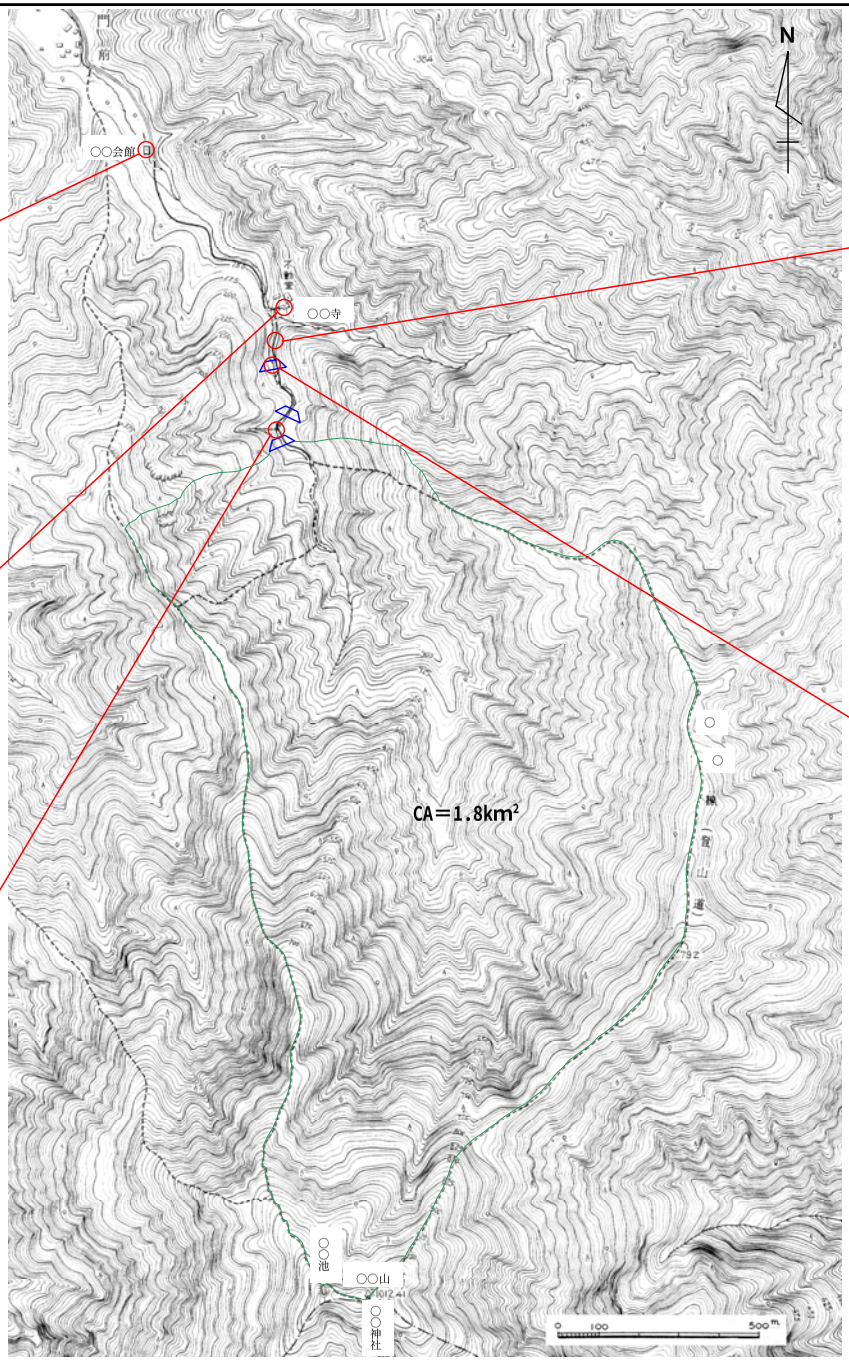


資料写真 4－7　○○寺



資料写真 4－8　上流域の状況（下流方向）





資料写真 4－9　**下流の状況**



資料写真 4－10　**砂防ダム**



資料図 4－11　C地点現況図

２．３．２　在来設計

(1) 発電計画の概要

本発電計画は，山間渓流の急勾配と 4 基の砂防ダム群によって得られる落差を利用して，流れ込み式の発電を行うものである。また，発電した電力は計画地点から約 600ｍ下流にある町営施設（○○会館）で全量使用するものとする。

本発電計画は，上流の砂防ダムを利用して取水を行い，右岸沿いに水圧管路を付設して560m下流の発電所まで導水する。取水地点から発電所までの総落差は約 38mである。

取水施設の形式は通常の横取り方式とし，砂防ダム堤体に孔を空けて沈砂池に導水し，さらに開水路によりヘッドタンクまで導水する。ヘッドタンクからは FRP 製の水圧管路によって発電所へ導水して発電するものとする。

(2) 流　況

Ｃ地点の渓流には測水所がないが近傍河川の観測データにより，河川流況を検討することとした。近傍河川の流況表を資料表 4－25 に示す。

資料表 4－25　Ｃ地点近傍河川　流況(比流量)　　[㎥/s/100㎢]

年	100㎢2当たり							
	最 大	35日流量	豊 水	平 水	低 水	渇 水	最 小	年平均
平　4	69.59	17.45	9.83	6.03	3.16	1.05	0.73	8.06
5	73.72	23.16	14.11	8.52	5.26	2.75	2.29	11.20
6	46.23	19.05	9.78	5.26	3.19	1.19	1.02	8.08
7	127.74	26.52	15.55	8.05	4.48	3.07	2.51	12.78
8	62.29	25.06	13.94	7.10	3.87	1.87	1.46	10.93
9	65.94	22.90	14.45	9.22	4.82	2.75	1.97	11.45
10	57.66	23.43	14.04	8.37	4.67	2.87	2.38	11.18
11	64.96	23.16	13.55	7.69	4.91	2.29	1.90	10.95
12	59.85	24.57	11.90	7.32	4.28	2.34	1.95	10.49
13	39.90	21.12	12.75	6.96	4.28	2.29	1.70	9.88
平　均	66.79	22.64	12.99	7.45	4.29	2.25	1.79	10.51
既往合計	3,304.91	1,031.47	569.10	300.42	170.30	90.90	52.04	454.40
調査年数	40	40	40	40	40	40	40	40
既往平均	82.62	25.79	14.23	7.51	4.26	2.27	1.30	11.36

(3) レイアウト

地形図および現地調査結果を考慮して，発電所計画予定地点の右岸から取水し，渓流の右岸沿いに導水路（開水路）を布設して，発電所予定地の斜面上部にヘッドタンクを設け,余水路と併設して水圧管路を布設するものとした。

発電所は砂防ダム下流の右岸の空き地に建設するものとする。

発電施設のレイアウトは資料図 4－12 を参照するものとする。

(4) 最大取水量

設備利用率を高め,年間一定の流量を確保するため,当該地点の平均渇水量相当を最大使用水量とする。

本地点の場合,近傍地点の至近 10 年平均渇水流量 2.25㎥/s/100㎢と，流域面積 1.6㎢から,

$$2.25\text{㎥/s/100㎢}\times 1.6\text{㎢}\div 100=0.036\ \text{㎥/s}$$

となる。

なお, 渓流からの取水であり,砂防ダムが階段状に連続していることから, 発電維持流量については考慮しないものとした。

(5) 主要工作物概略設計

C 地点在来設計による、計画図面を資料図 4－12(1)～(3)に示す。

a 取水施設

取水施設については，一般的な横取り方式とした。

取水位は砂防ダムの水通し天端高(EL 200.00)相当とし，砂防ダムには孔を空け,砂防ダム下流に設ける沈砂池に連絡する。

沈砂池には土砂吐と余水吐を設けるものとし，そこからU字溝（蓋付き）によって開水路としてヘッドタンクまで導水する。

ヘッドタンクは必要な容量を確保するとともに余水吐を設け，負荷遮断時等にも安全に対応できる構造とする。

b 水圧管路

水圧管路については一般的な FRPM 管を用いるものとし,露出管として余水路と併設するものとした。

管径については，管内流速を 2m 程度にするものとしてφ200㎜とした。

c　発電所

放水位は砂防ダム下流の渓流の洪水位を考慮するものとし，余裕を持ってEL 162.00mとした。したがって，総落差は200.00-162.00=38.00m，となる。

発電所については地上形式とし，水車，発電機を設置するピットを設けるものとした。また，建屋については，水車，発電機および制御盤等を収容可能なスペースを確保するものとした。

d　電気機械設備

電気機械設備の基本的設計手法にもとづき，以下の通り概略設計する。

有効落差35.66m，最大使用水量0.036m^3/sの水理諸元から，水車の選定は「水車形式選定図」より，横軸固定羽根プロペラ水車，ポンプ逆転水車，ペルトン水車のいずれも適用可能である。後述するD地点と同様にペルトン水車を選定した。

水車性能を満足させるために，回転速度はJEC-4001「水車およびポンプ水車」の比速度限界以下となるように，500min^{-1}に設定した。

発電機はA，B地点と同様に，一般的に採用実績が多く，構造も簡単で保守性の優れた誘導発電機を選定した。ここで，水車，発電機の総合効率を0.714と想定し，発電所出力は9kWに設定した。

制御・保護装置もA，B地点と同様に，一体型制御盤とし，電気設備技術基準および系統連系技術要件ガイドラインに準じた保護装置を考慮した。

系統連系については，当該地点の詳細が不明であるが，210Vの既設配電線があることから，発生電力は全量自家消費，逆潮流無しの低圧連系とした。このため，付帯設備である変圧器，開閉装置等の高圧連系盤を省略した。その他付属設備として，流水遮断機能を有した入口弁，水位計を設置した。

電気機械設備に関する詳細は，水車形式選定図を資料図4－14，仕様諸元表を資料表4－26，単線結線図を資料図4－15(1)，電気機械設備工事費を資料表4－30に示す。

(6) 発電電力量

定落差定流量での運転が可能なものとし，総落差38.00m，損失水頭2.34m，総合効率を0.71，設備利用率を0.95と仮定して年間可能発電電力量を計算する。

$$\text{年間可能発電電力量} = 9.8 \times (38.00 - 2.34) \times 0.036 \times 0.71 \times 0.95 \times 24 \times 365 \quad 74.3\text{MWh}$$

(7) 概算工事費

概算工事費の算定は，基本的に『発電計画工事費積算基準』に準拠した。

計算の詳細は後述の資料表 4－28 に示す。

計算の結果，在来設計による概算工事費は 78.9 百万円となった。また，建設単価は 1,062 円/kWh となる。

２．３．３　簡易発電システム発電計画

(1) 発電計画の概要

本発電計画については，基本的に在来設計に準じるものとする。

なお，簡易発電システムとして導水路，ヘッドタンク,余水吐の小略を念頭に,取水口から直接水圧管路で発電所まで導水するものとする。

(2) 流　況

在来設計と同条件で計画を立案する。

(3) レイアウト

基本的には在来設計と同様であるが,取水形式としては浸透水を取水するものとし,集水した水を砂防ダム右岸に穴あけして下流側に導水したあと，沈砂池を兼ねたヘッドタンクから水圧管路で渓流沿いに発電所地点まで導水するレイアウトとする。

発電所は在来設計と同様に砂防ダム下流の右岸の空き地に建設するものとする。

発電施設のレイアウトは資料図 4－13 を参照するものとする。

(4) 最大取水量

在来計画と同様に最大取水量を 0.036m^3/s とする。

(5) 主要工作物概略設計

C 地点簡易発電による、計画図面を資料図 4－13(1)～(3)に示す。

a　取水施設

取水設備に関しては,土砂および落ち葉等による閉塞を防ぐため,浸透取水方式を基本とする。

平成 15 年度(昨年度)の調査・検討結果から，浸透水取水方式の単位面積あたりの取水量は 0.002m^3/s/m^2である。ここで，取水量が本地点の渇水量(355 日流量)相当である 0.036 m^3/s であるため，必要となる取水面積は 18m^2程度となる。

取水形式としては，山間渓流であるため既製品であるU字郊とグレーチングの組み合わせの上に透水マットをかぶせる構想を基本とする。土砂による目詰まりが発生した場合は,人力あるいは重機を利用して，透水マットを洗浄するものとする。

また，U 字溝をおさえるため,周囲をフトンカゴによっておさえることとした。

b　水圧管路

水圧管路の管径については,できるだけ損失水頭を抑えるため,在来設計と同様に管内流速を 2m 程度にするものとしてφ200mm とした。

管路の材質については，管径が小さく，水圧管路延長が比較的長いことから,最も経済的と考えられる硬質塩化ビニル管（VU 管）を用いることとした。

c　発電所

放水位は在来設計と同様に EL 162.00 とした。総落差も同様に

総落差＝200.00-162.00=38.00m

となる。

なお，発電所については，降雪があることから省略せず，簡易型建屋とする。

d　電気機械設備

電気機械設備の基本的設計手法にもとづき，以下の通り概略設計する。

在来設計と水圧管路材質が異なることにより，有効落差が 2.95m 変化し，32.71m となるが，最大使用水量 0.036m^3/s は変化しない。この結果，落差が約１割減少するが,「水車形式選定図」では在来設計と大きな違いはなく，同様に横軸固定羽根プロペラ水車，ポンプ逆転水車，ペルトン水車のいずれも適用可能となる。在来設計ではペルトン水車を選定したが，ここでは，コストダウンを考慮してポンプ逆転水車を選定した。

回転速度は，類似機の仕様から 950min^{-1} に設定した。

発電機には風力発電で実績の多い永久磁石発電機＋逆変換装置システムを選定した。ここで，水車，発電機の総合効率を 0.685 と想定し，発電所出力は 8kW に設定した。なお，永久磁石発電機は標準品として出力別に製品化されたものがラインナップされており，出力 11kW 定格をそのまま適用する。

制御・保護装置は汎用 PLC（パワーコンディショナ盤）を採用し，コストダウン化を図った。なお，電気設備技術基準および系統連系技術要件ガイドラインに準じた保護装置の設置は，在来設計での考え方と同じである。

系統連系については，在来設計と同様に，発生電力は全量自家消費，逆潮流無しの低圧連系とした。このため，付帯設備である変圧器，開閉装置等の高圧連系盤を省略した。その他付属設備として,流水遮断機能を有した入口弁,水位計を設置し,随時巡回頻度の低減を図る目的で簡易通報装置を適用した。

電気機械設備に関する詳細は，水車形式選定図を資料図 4－14，仕様諸元表を資料表 4－26，単線結線図を資料図 4－15(2)，電気機械設備工事費を資料表 4－30 に示す。

(6) 発電電力量

定落差定流量での運転が可能なものとし，総落差 38.00m，損失水頭 5.29m，総合効率を 0.69，設備利用率を 0.95 と仮定して年間可能発電電力量を計算する。

年間可能発電電力量＝9.8×(38.00−5.29)×0.036×0.69×0.95
×24×365　66.3MWh

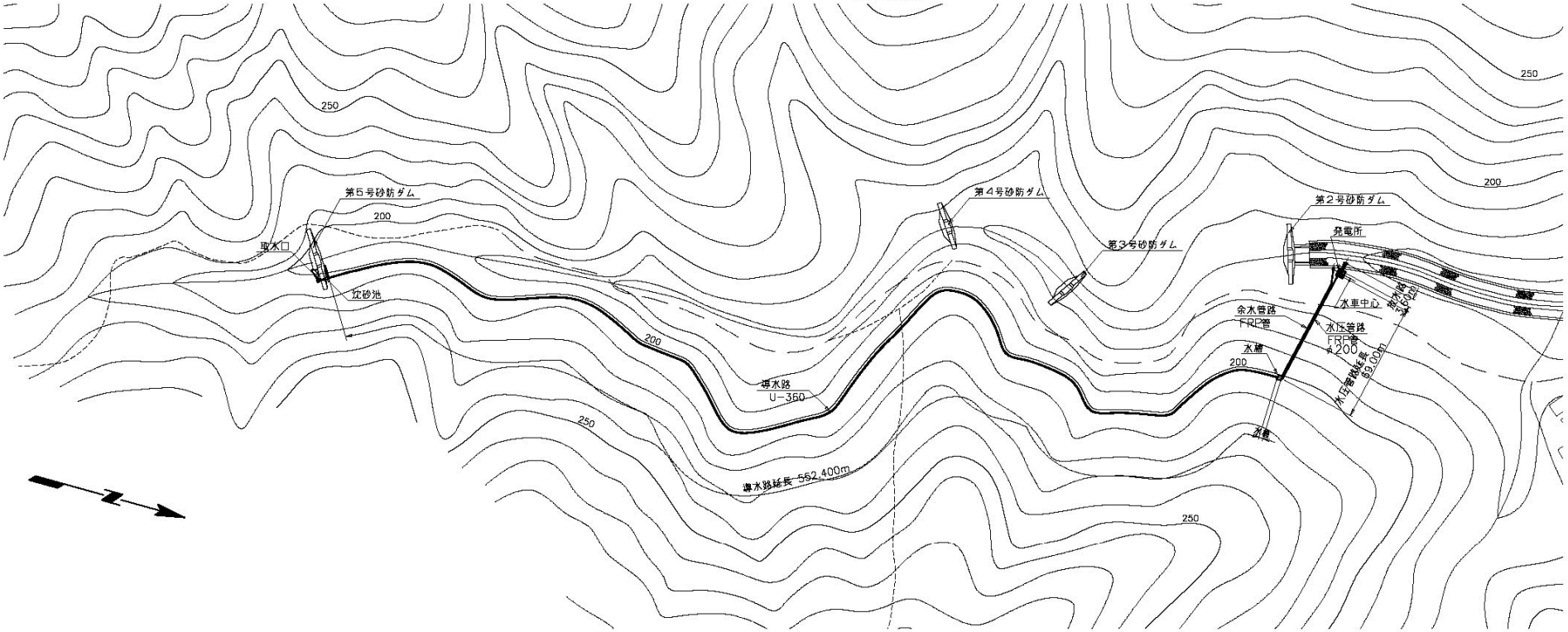
(7) 概算工事費

概算工事費の算定は，基本的に『発電計画工事費積算基準』（経済産業省資源エネルギー庁）に準拠した。

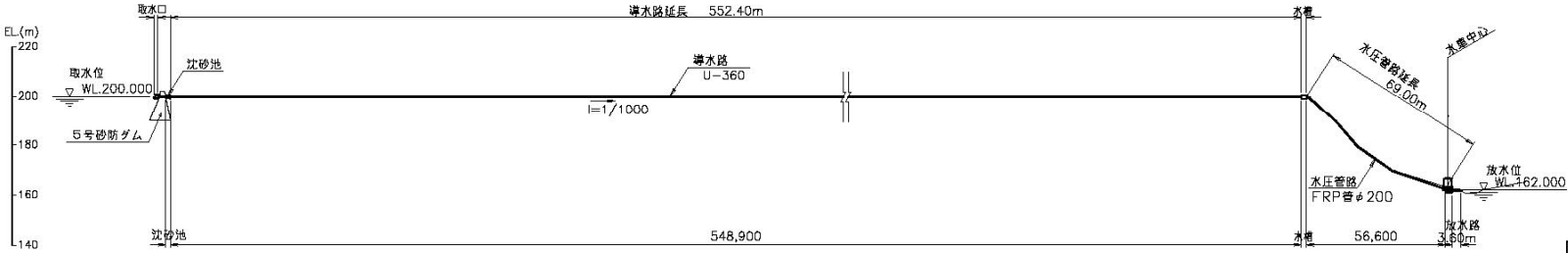
計算の詳細は後述の資料表 4－28 を参照とする。

計算の結果，簡易発電システムによる概算工事費は 61.9 百万円となった。また，建設単価は 934 円/kWh となる。

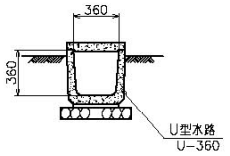
平 面 図 S=1/1000



縦 断 面 図 S=1/1000



導水路標準断面図 S=1/20



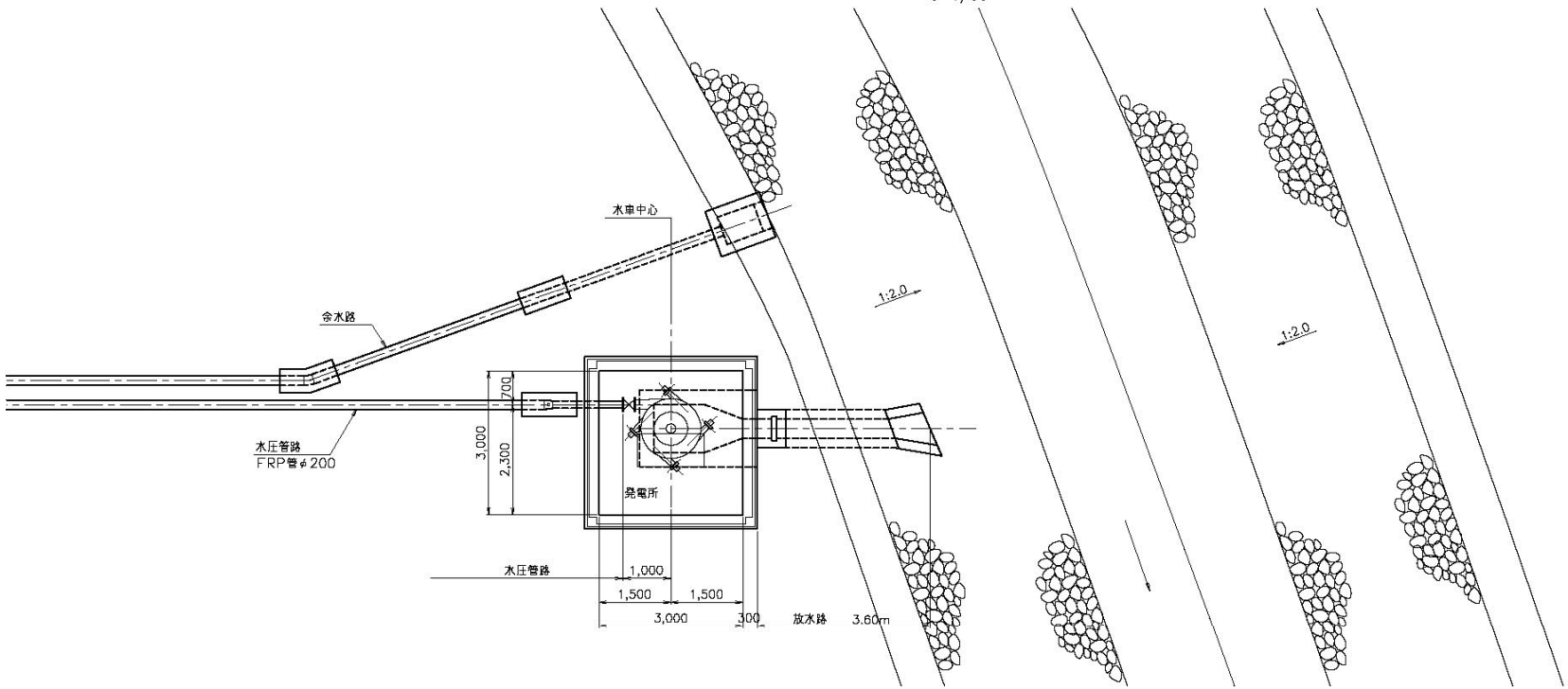
資料図 4−12(1)

水路管路・発電所（在来設計）

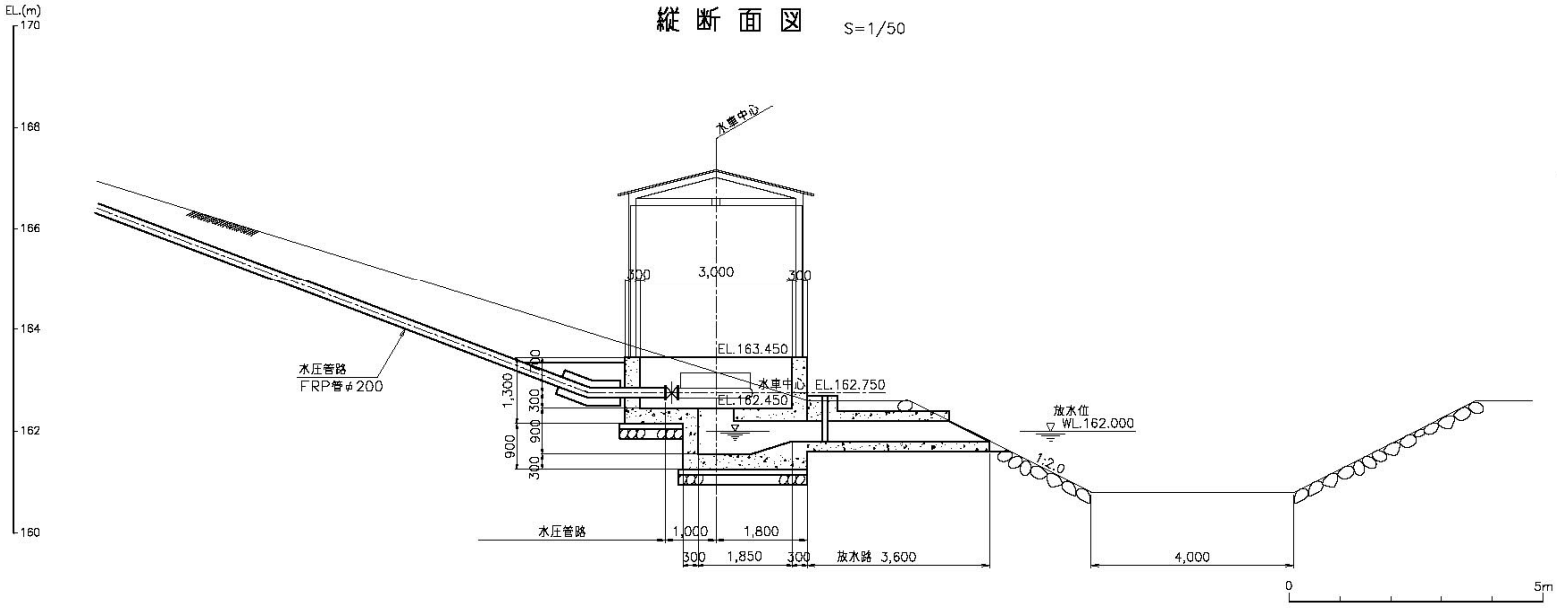


業務名	平成16年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	新潟県		
水系	C地点		
図面名称	水路管路・発電所（従来設計）		
縮尺	図示	図番	1
作成日	平成16年 月		
財団法人 新エネルギー財団			

平　面　図　S=1/50

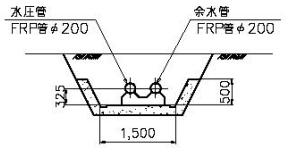


縦　断　面　図　S=1/50



水圧管路標準断面図

S=1/50

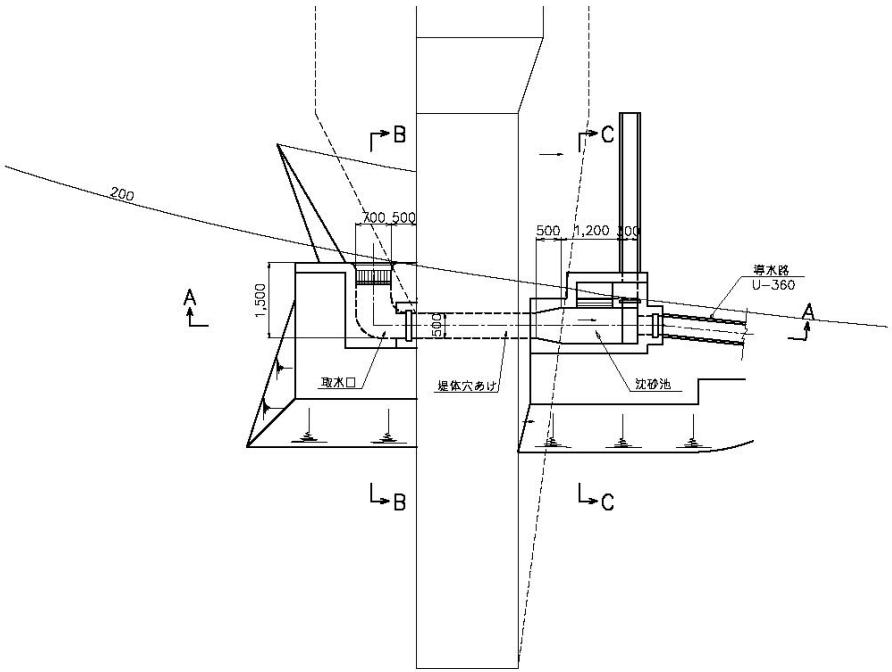


資料図 4－12(2)

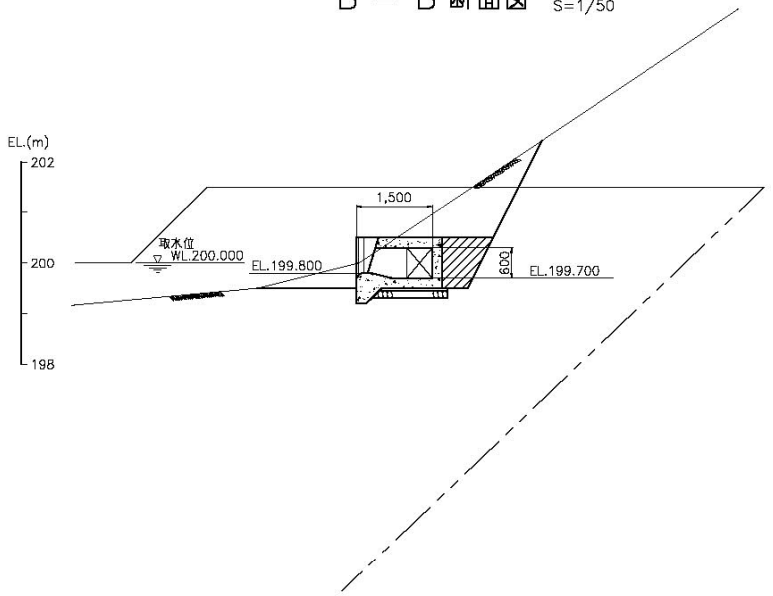
発電所（在来設計）

業務名	平成16年度 小水力普及有効活用技術開発調査のうちケーススタディ基本検討他業務		
位置	新潟県		
水系	C地点		
図面名称	発電所（従来設計）		
縮尺	図示	図番	5
作成日	平成16年　月		
財団法人　新エネルギー財団			

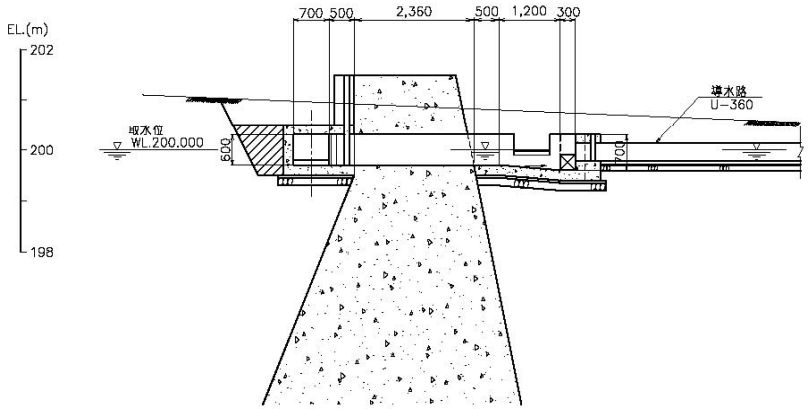
平　面　図　S=1/50



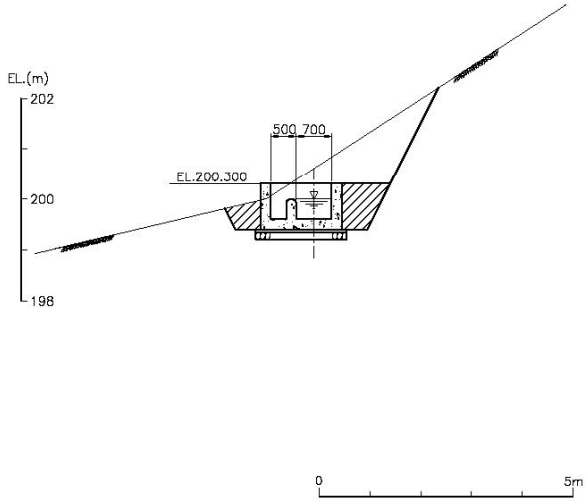
B － B 断面図　S=1/50



A － A 断面図　S=1/50



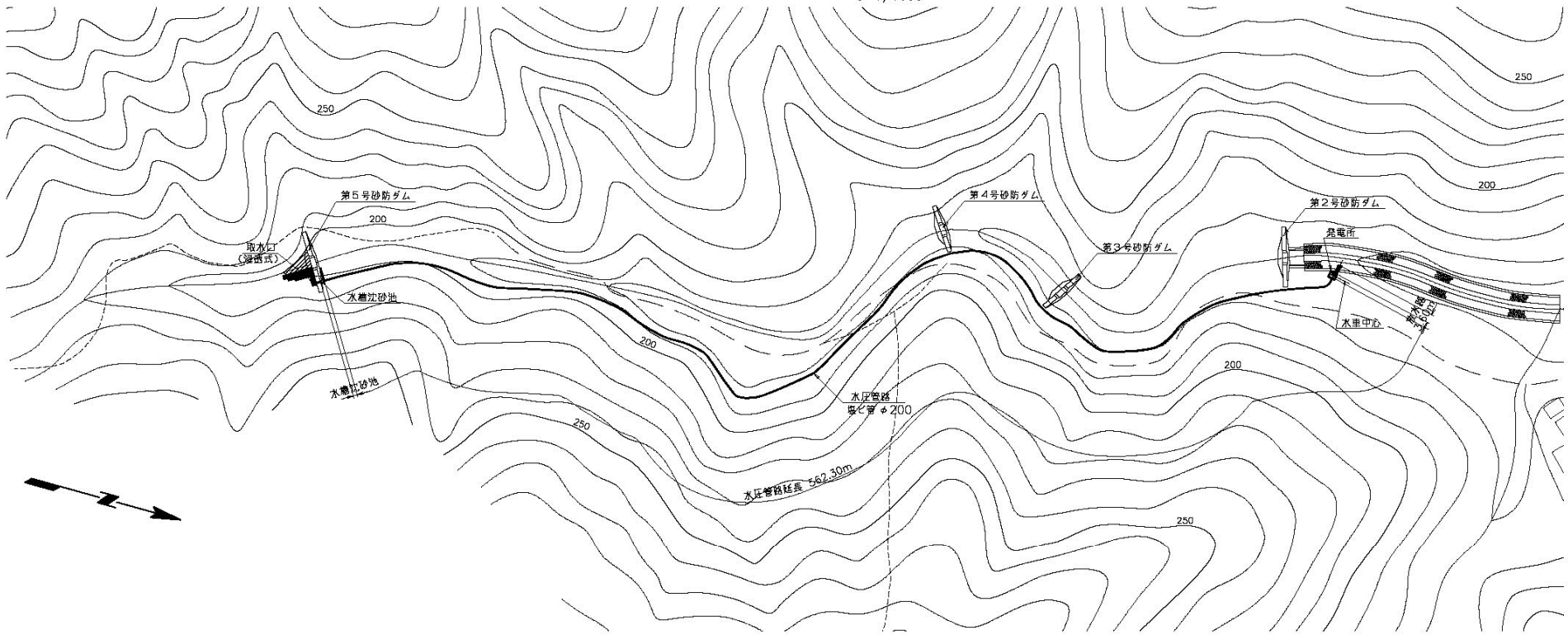
C － C 断面図　S=1/50



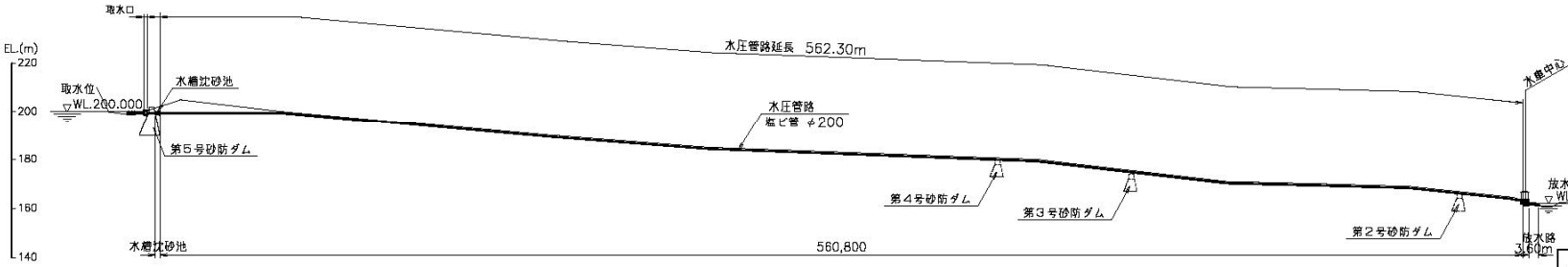
資料図 4－12(3)
取水口・沈砂池（在来設計）

業務名	平成16年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	新潟県		
水系	C地点		
図面名称	取水口・沈砂池（従来設計）		
縮尺	図示	図番	3
作成日	平成16年　月		
財団法人　新エネルギー財団			

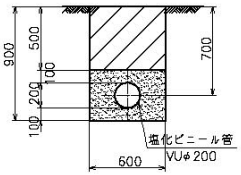
平 面 図 S=1/1000



縦 断 面 図 S=1/1000



水圧管路標準断面図 S=1/20



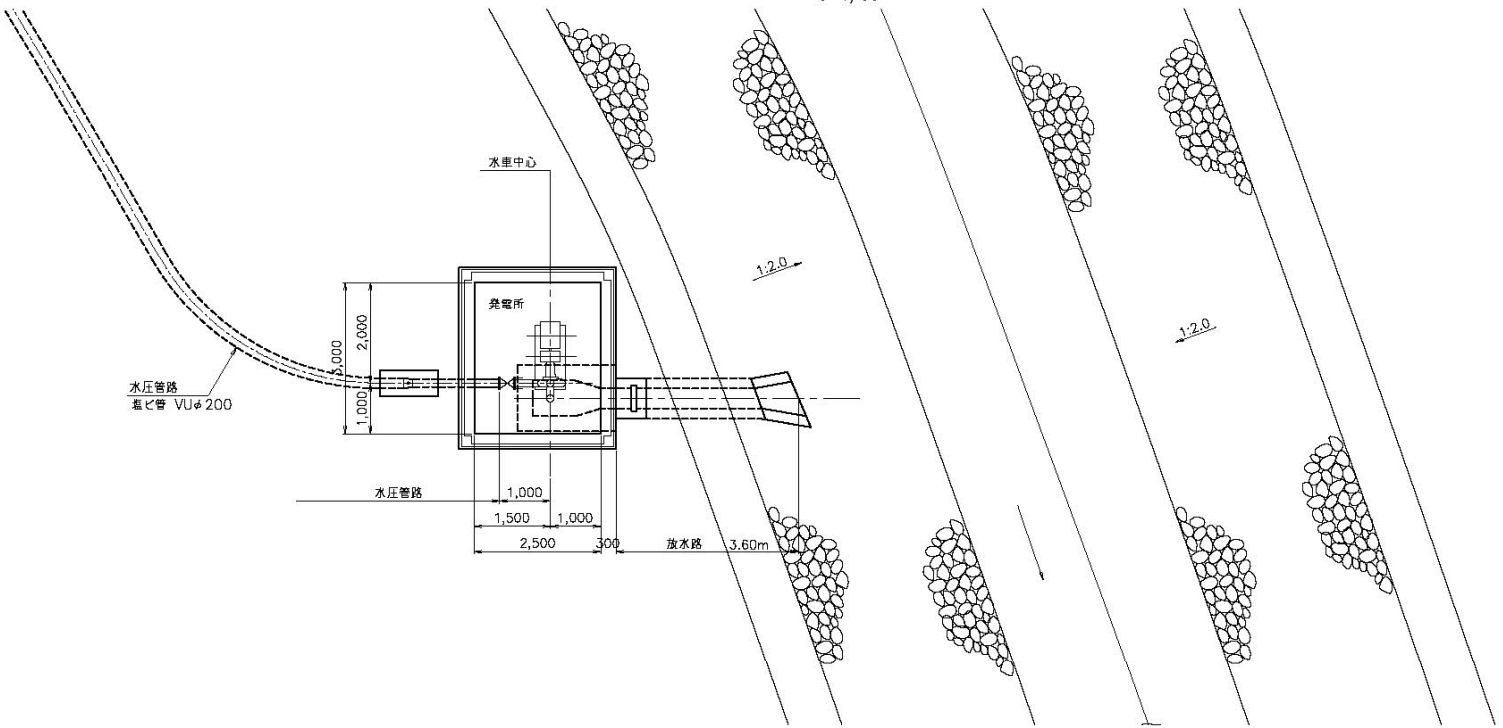
資料図 4－13(1)
水路管路・発電所
（簡易発電システム）

0 100m
（平面図・縦断面図）

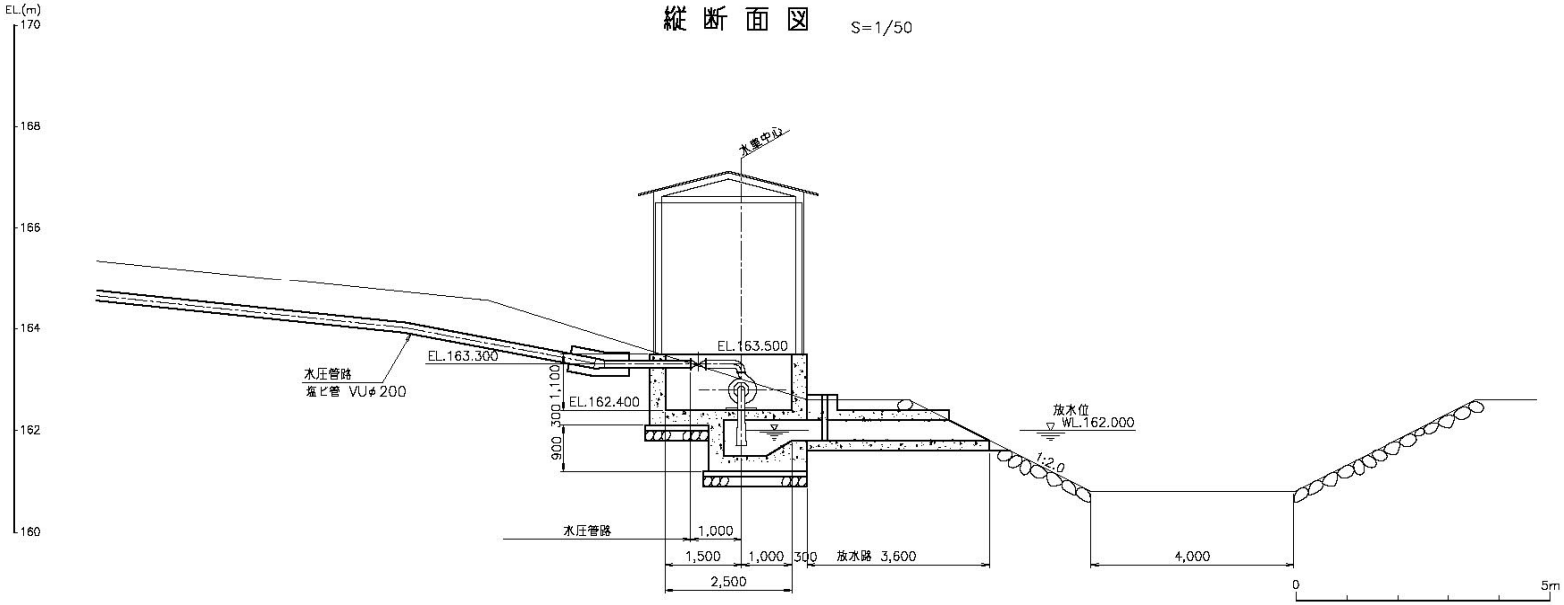
0 2m
（標準断面図）

業務名	平成16年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	新潟県		
水系	C地点		
図面名称	水路管路・発電所（簡易発電システム）		
縮尺	図示	図番	2
作成日	平成16年 月		
財団法人 新エネルギー財団			

平 面 図 S=1/50

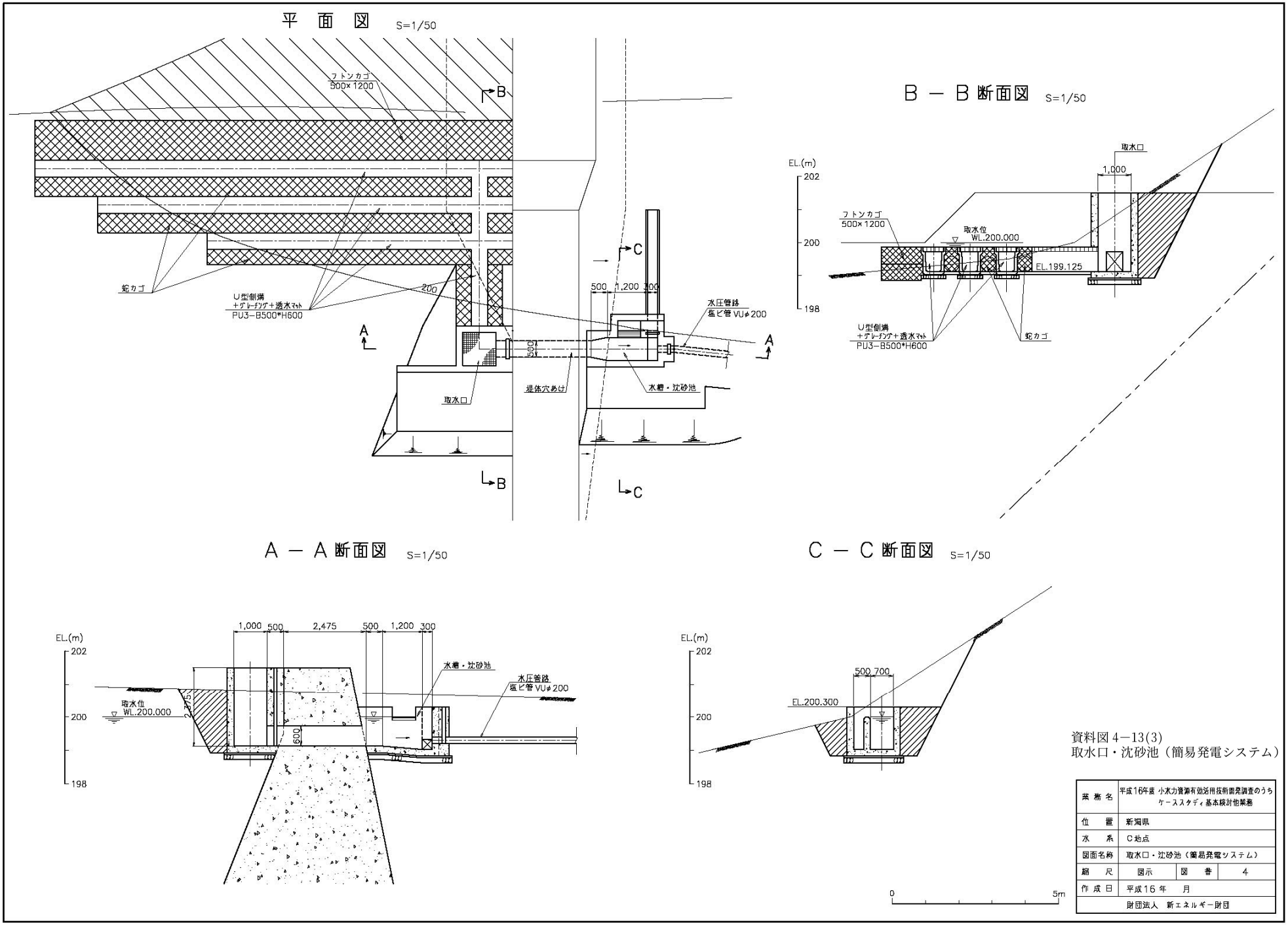


縦 断 面 図 S=1/50



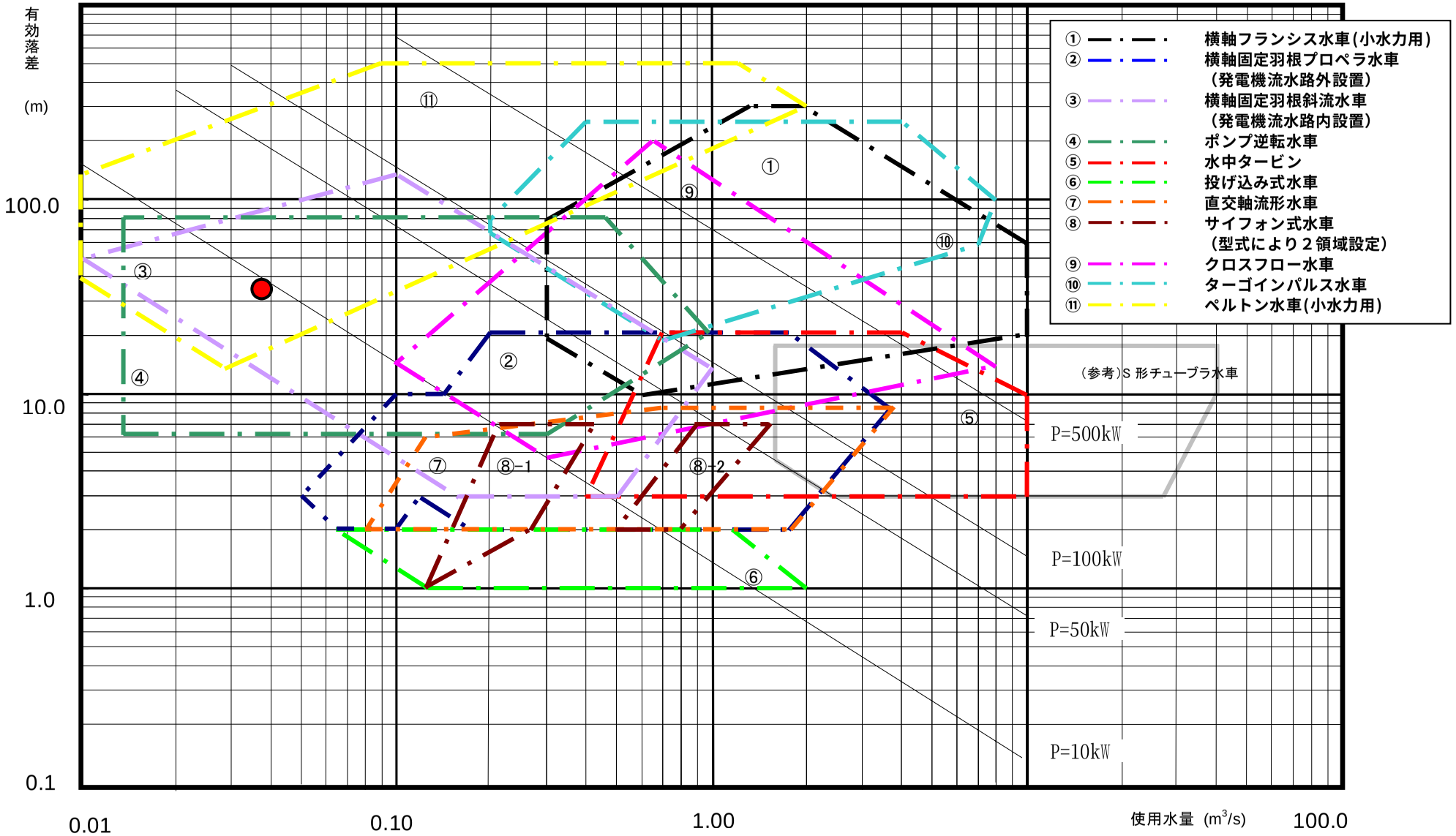
資料図 4－13(2)
発電所（簡易発電システム）

業務名	平成16年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	新潟県		
水系	C地点		
図面名称	発電所（簡易発電システム）		
縮尺	図示	図番	6
作成日	平成16年 月		
財団法人 新エネルギー財団			



資料図 4−13(3)
取水口・沈砂池（簡易発電システム）

業務名	平成16年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	新潟県		
水系	C地点		
図面名称	取水口・沈砂池（簡易発電システム）		
縮尺	図示	図番	4
作成日	平成16年　月		
財団法人　新エネルギー財団			

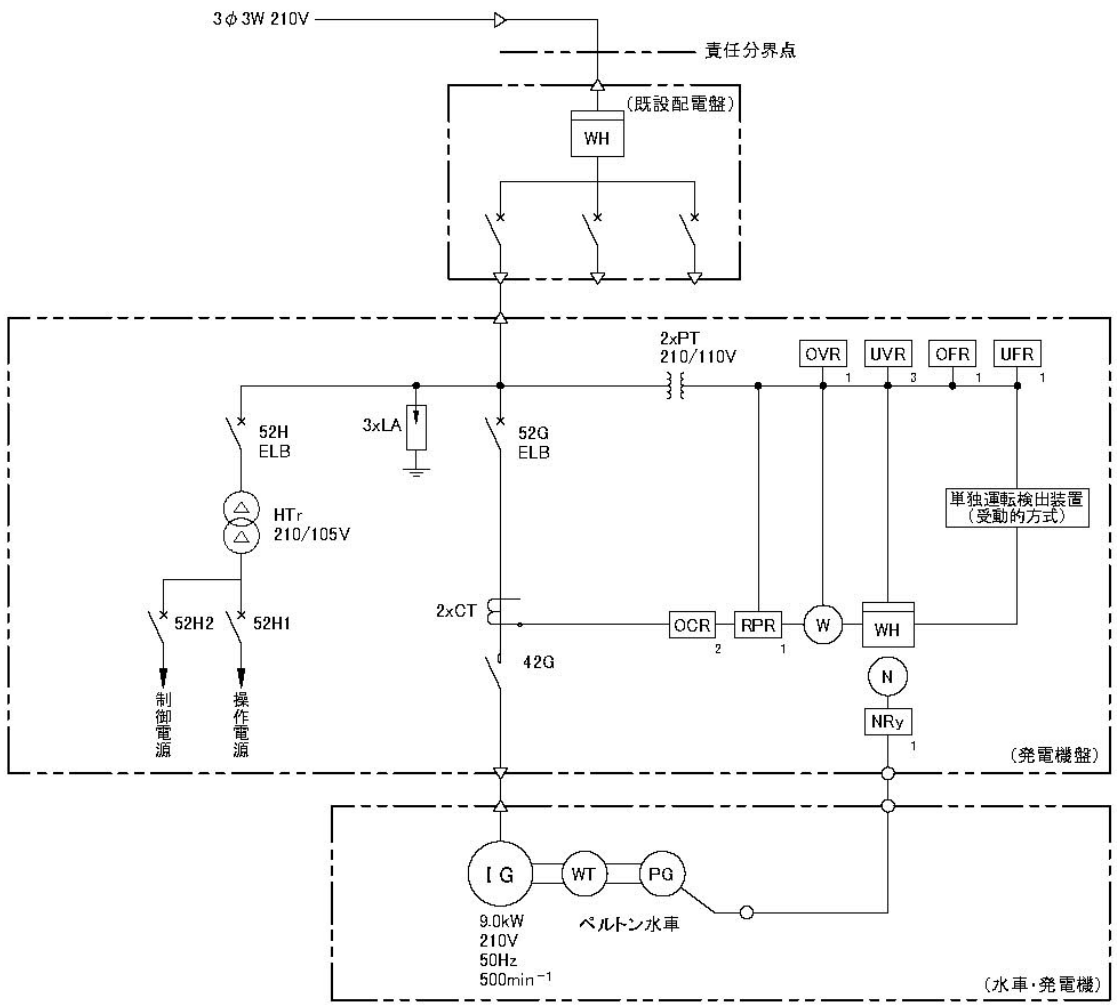


資料図 4－14　水車選定図

資料表 4－26　電気仕様諸元表

項目			在来設計	簡易発電システム	選定理由等
水理諸元	取水位	EL-m	200.0		
	放水位	EL-m	162.0		
	静落差	m	38.0		
	有効落差	m	35.66	32.71	
	最大使用水量	m^3/s	0.036		渇水流量
機器仕様	水車		ペルトン水車(手動ニードル)	ポンプ逆転水車	適用可能水車選定図による
	発電機		誘導発電機	永久磁石発電機+INV	新技術として水力へ「永久磁石発電機」を適用
	逆潮有無		無し		砂防ダム保安用電源，観光施設負荷
	所内単独有無		無し		
	連系方式		低圧連系(210V)		
	保護，制御		一体型制御盤 OVR+UVR － UFR+UPR+RPR or 単独運転検出(受動)	汎用PLC(パワーコンディショナ盤) OVR+UVR － OFR+UFR+単独運転検出(受動+能動)	「電技解釈」、「系統連系技術要件ガイドライン」による
	付属装置		重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) － 水位計 －	重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) － 水位計 簡易通報装置	簡易通報装置により，随時巡回頻度の低減を図る
	回転速度	min^{-1}	500	950(1200)	( )内は永久磁石発電機回転速度
	水車出力	kW	10.1	9.1	
	比速度	m-kW	29.7	55.9	JEC4001比速度限界31.6、457.5m-kW以下
	発電機容量		9.0kW(力率0.8程度)	8.0kVA(力率1.0程度)	永久磁石発電機製品定格：11kW
発電所出力		kW	9.0	8.0	
概算工事費		M¥	16.2	14.3	

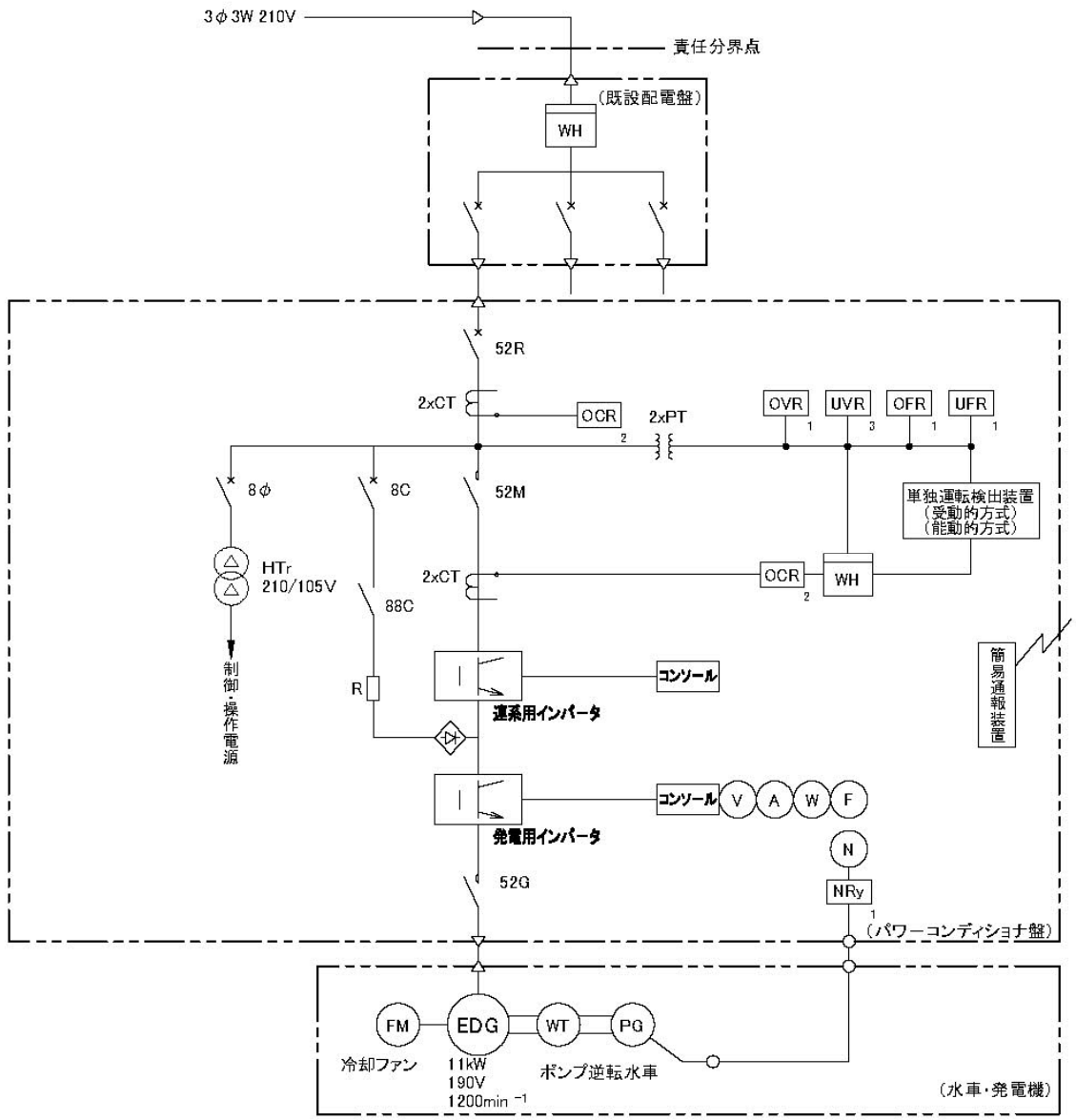
※発生電力は全量自家消費、逆潮流無しで設定
※運転形態により、ダミーロードの設置について要検討



項　目	仕　様
ペルトン水車	10.1kW,500min⁻¹
	有効落差35.66m, 流量0.036m³/s
交流誘導発電機	9.0kW,210V,500min⁻¹,50Hz
入口弁	手動開, 重錘閉式バタフライ弁
発電機盤	単独運転検出装置, WHM含む

資料図 4－15(1)

ケーススタディ C地点（在来設計）



項　目	仕　様
ポンプ逆転水車	9.1kW,950min^{-1}
	有効落差32.71m, 流量0.036m^3/s
永久磁石発電機	11kW,190V,1200min^{-1}
入口弁	手動開, 重錘閉式バタフライ弁
パワーコンディショナ盤	10kW,3相210V,50Hz,WHM含む
簡易通報装置	入力8点, 出力4点

資料図 4－15(2)

ケーススタディ C地点（簡易発電システム）

２．３．４　比較検討評価

(1) 建設単価の比較

在来設計および簡易発電システムの発電計画諸元を資料表 4－27 に示す。

また，概算工事費の比較表と総括表を資料表 4－28 および 4－29 に示す，

資料表 4－28 に示すように,年間可能発電電力量はほぼ同じであるが,建設単価を見ると簡易発電システムの方が 10%程度安くなっている。

なお，簡易発電システムにおいて水圧管路に塩ビ管を採用したが，軽量であるため施工面におけるコストダウンについても期待される。

資料表 4－27　Ｃ地点発電計画

項　目		在来設計	簡易発電システム
発電計画	取　水　位	EL 200.0 m	
	放　水　位	EL 162.0 m	
	総　落　差	38.0 m	
	有 効 落 差	35.66 m	32.71 m
	最大使用水量	0.036 m^3/s	
	水車・発電機効率	0.71	0.69
	最 大 出 力	9 kW	8 kW
設備概要	取 水 方 式	横取り取水方式	浸透水取水方式
	導　水　路	－－	－－
	水 圧 管 路	FRPM（φ200）	塩ビ管（φ200）
	管 路 延 長	69m	552m
	管 路 敷 設	露　出	埋　設
	発電所建屋	地上式	地上式
	水 車 形 式	ペルトン水車	ポンプ逆転水車
	発電機種類	交流誘導発電機	永久磁石発電機
	そ　の　他		

資料表 4－28　C地点概算工事費

単位：(百万円)

項　　目			工事費		摘　要
			在来設計	簡易発電システム	
1)	土地補償費		1.9	1.7	
2)	建物関係		3.0	2.6	
3)	土木関係		41.4	30.4	
	①水　路		39.6	29.0	
		a.取　水　口	0.9	1.1	
		b.沈　砂　池	3.1	3.3	
		c.導　水　路	26.0	－－	
		d.水　　槽	0.4	－－	
		e.余　水　路	4.4	－－	
		f.水圧管路	4.7	24.4	
		g.放　水　路	0.2	0.2	
		h.放　水　口	－－	－－	
		i.代替放流設備	－－	－－	
	②機械装置		1.8	1.5	
		j.基　　礎	0.6	0.6	
		k.諸　装　置	1.2	0.9	
4)	電気関係		16.2	14.3	
5)	仮設備費		6.1	4.7	{2}+3}+4}}×0.10
6)	総係費		8.7	6.8	{2}+3}+4}+5}}×0.13
7)	(小計)		77.2	60.5	
8)	ダム分担金		－－	－－	
9)	建設中利子		0.9	0.7	7)×0.4×0.03×T/12 T:月数　T=8ヶ月
10)	分担関連費		0.8	0.6	7)×0.01
11)	(計)		78.9	61.9	
12)	年間可能発電電力量(MWh)		74.3	66.3	
13)	建設単価（円/kWh）		1,062	934	

※工事費は「発電計画工事費積算基準」に準拠し，同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。

資料表 4－29(1)　C地点　概算工事費総括表(在来)

項　目			工　種	単位	数　量	単　価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費		山　林	m2	1,400	1,350	1,890	
(2)	建物関係		建　物	空m3	27	110,000	2,970	
(3)	土木関係						41,440	
	①水　路						39,596	
		a.取水口					908	
			掘　削	m3	13	5,900	75	
			コンクリート	〃	2	42,000	86	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			ゲート	〃	0.1	5,455,000	546	
			スクリーン	〃	2.0	0	0	
			その他	式	1		182	上記工種計の25%
		b.沈砂池					3,130	
			掘　削	m3	15	3,800	57	
			コンクリート	〃	2	38,000	68	
			鉄　筋	t	0.2	187,000	37	
			ゲート	〃	0.2	10,278,000	2,056	
			スクリーン	〃	0.1	3,895,000	390	
			その他	式	1		522	上記工種計の20%
		c.導水路					25,980	
		(暗渠)	掘　削	m3	3,273	4,900	16,038	
			U字溝	m	553	11,850	6,553	
			鉄　筋	t			0	
			その他	式	1		3,389	上記工種計の15%
		d.水槽					363	
			掘　削	m3	20	6,500	127	
			コンクリート	〃	2	45,000	93	
			鉄　筋	t	0.2	196,000	39	
			その他	式	1		104	上記工種計の40%
		e.余水路					4,356	
			掘　削	m3	99	7,000	693	
			コンクリート	〃	28	37,000	1,036	
			鉄　筋	t	0.9	196,000	176	
			FRP(露出)	m	75.0	23,000	1,725	
			その他	式	1		726	上記工種計の20%
		f 水圧管路					4,692	
			掘　削	m3	106	8,600	912	
			コンクリート	〃	29	46,000	1,334	
			鉄　筋	t	0.6	196,000	118	
			FRP(露出)	m	69.0	22,400	1,546	
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			分 岐 管	式				
			そ の 他	式	1		782	上記工種計の20%
		g.放水路					167	
		(暗渠)	掘　削	m3	8	4,900	41	
			コンクリート	〃	2	53,000	85	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			その他	式	1		22	上記工種計の15%
		h 放水口					0	
			掘　削	m3		5,900	0	
			コンクリート	〃		42,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			そ の 他	式				上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						1,844	
		j 基礎					637	
			掘　削	m3	37	3,800	142	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	10	37,000	370	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			そ の 他	式	1		106	上記工種計の20%
		k 諸装置					1,207	
			諸装置	式	1		1,207	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						16,200	
			電気工事費	式	1		16,200	
(5)	仮設備費						6,061	
			仮設備費	式	1		6,061	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			――	
			そ の 他	式			――	
(6)	総経費			式	1		8,667	((2)+(3)+(4)+(5))×13%
(7)	小計						77,228	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		927	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		772	(7)×1%
(11)	計						**78,927**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。
※電気関係工事費は，積上げにより算出。

資料表 4－29(2)　C地点　概算工事費総括表(簡易)

項　目			工　種	単位	数　量	単　価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費		山　林	m2	1,280	1,350	1,728	
(2)	建物関係		建　物	空m3	23	116,000	2,610	
(3)	土木関係						30,405	
	①水　路						28,951	
		a.取水口					1,123	
			掘　削	m3	28	5,900	165	
			コンクリート	〃	4	42,000	168	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			ゲート	〃	0.1	5,455,000	546	
			スクリーン	〃	2.0	0	0	
			その他	式	1		225	上記工種計の25%
		b.沈砂池					3,276	
			掘　削	m3	25	3,800	95	
			コンクリート	〃	3	38,000	114	
			鉄　筋	t	0.4	187,000	75	
			ゲート	〃	0.2	10,278,000	2,056	
			スクリーン	〃	0.1	3,895,000	390	
			その他	式	1		546	上記工種計の20%
		c.導水路					0	
			掘　削	m3	3,273	0	0	
			U字溝	m	0	0	0	
			鉄　筋	t			0	
			その他	式	1		0	上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3	0	6,500	0	
			コンクリート	〃	0	45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式				上記工種計の40%
		e.余水路						
			掘　削	m3				
			コンクリート	〃				
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		f 水圧管路					24,385	
			掘　削	m3	1,920	8,600	16,512	
			コンクリート	〃	0	46,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			塩ビ管	m	552.0	6,900	3,809	
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			分 岐 管	式				
			そ の 他	式	1		4,064	上記工種計の20%
		g.放水路					167	
		(暗渠)	掘　削	m3	8	4,900	41	
			コンクリート	〃	2	53,000	85	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			その他	式	1		22	上記工種計の15%
		h 放水口					0	
			掘　削	m3		5,900	0	
			コンクリート	〃		42,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			そ の 他	式				上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						1,454	
		j 基礎					568	
			掘　削	m3	33	3,800	125	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	9	37,000	329	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			そ の 他	式	1		95	上記工種計の20%
		k 諸装置					886	
			諸装置	式	1		886	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						14,300	
			電気工事費	式	1		14,300	
(5)	仮設備費						4,732	
			仮設備費	式	1		4,732	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			――	
			そ の 他	式			――	
(6)	総経費			式	1		6,766	((2)+(3)+(4)+(5))×13%
(7)	小計						60,541	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		726	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		605	(7)×1%
(11)	計						**61,872**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。
※電気関係工事費は，積上げにより算出。

資料表 4－30　概算電気工事費総括表

在来設計

9 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	ペルトン水車(10.1kW,500min-1,有効落差35.66m,流量0.036m3/s)	3,700
	発電機	交流誘導発電機(9kW,210V,500min-1,50Hz)	180
	入口弁	手動開,重錘閉式バタフライ弁	1,500
	発電機盤	単独運転検出装置,WHM含む	5,500
	簡易通報装置	(該当なし)	0
	高圧連系盤	(該当なし)	0
	連系機器	(該当なし)	0
	高圧ケーブル	(該当なし)	0
	動力･制御ケーブル	一式	200
	配管材	一式	200
	諸材料	一式	330
	小計		11,610
工事費		一式	4,500
合計			16,110
			16,200

簡易発電

8 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	ポンプ逆転水車(9.1kW,950min-1,有効落差32.71m,流量0.036m3/s)	4,900
	発電機	永久磁石発電機(11kW,190V,1200min-1)	600
	入口弁	手動開,手動式バタフライ弁	1,500
	発電機盤	パワーコンディショナ盤(10kW,3相210V,50Hz,WHM含む)	2,500
	簡易通報装置	入力8点,出力4点	100
	高圧連系盤	(該当なし)	0
	連系機器	(該当なし)	0
	高圧ケーブル	(該当なし)	0
	動力･制御ケーブル	一式	200
	配管材	一式	200
	諸材料	一式	300
	小計		10,300
工事費		一式	4,000
合計			14,300
			14,300

(2) 発電原価の比較

本項では，20 年間の均等化経費を算出し，年間可能発電電力量との比によって発電原価を算出して,在来設計と簡易発電システムとの比較・検討を実施した。

20 年間の均等化経費は，年次別経費率表（資料表 4－32）によって算出した。計算にあたって必要となる経費率等については,『ハイドロバレー開発計画ガイドブック』（H16.3　経済産業省資源エネルギー庁・財団法人新エネルギー財団）に記述される値を基本とし，実状を考慮して若干修正した。設定した経費率や金利，計算結果を資料表 4－31 に整理した。

なお，補助金を除く事業者が負担する工事費は,全額借入れ（過疎債の適用）によるものとし，金利 1.5%，20 年で返済することとした。また，事業者が市町村であるため固定資産税は計上していない。さらに，過疎債の適用によって,償還に比例した交付税が算入される。

計算結果から,簡易発電システムの発電原価は 23.6 円/kWh であり,在来設計の 90%程度の値となっている。

資料表 4－31 発電原価の計算

	在来発電 計画	簡易発電 システム	備　　考
建設費(百万円)	78.4	61.9	
年間発電電力量(MWh)	74.3	66.3	
資本費	建設費の 70%(回収 20 年) 金利 1.5%		過疎債を適用
人件費	建設費の 0.68%		
修繕費	建設費の 0.31% 年増加分 0.019%		
固定資産税	税率 1.4%		
その他経費	建設費の 0.31%		
一般管理費	直接費(人件費，修繕費,固定資産税, その他経費)の 12.0%		
年経費(百万円)	2.0	1.6	20 年均等化経費
発電原価(円/kWh)	26.8	23.6	

資料表 4－32(1) 発電原価計算用 年次別経費率表

地点名：	C	地点	従来発電計画																				
ケース：	中小水力		条件：	使用水量	Q=	0.036	m³/s	最大出力	P=	9	kW												
a. 建設費	78.90	百万円			j. 人件費		0.680	%	s. 均等化経費		1.99	百万円											
b. 補助率	30.0	%			k. 市町村交付金率		0.000	%															
c. 初年度簿価	55.23	百万円			修繕費	l. 初年度	0.310	%	注)1.	利用助成制度	中小水力												
d. 金利	1.50	%				m. 年増分	0.019	%	2.	金利	公益企業金融公庫												
e. 借入金返済期間	15	年			n. その他経費		0.310	%	3.	起債	なし												
f. 据え置き年数	3	年			o. 一般管理費		12.000	%															
g. 元利均等支払額	5.06	百万円			p. 割引率		1.50	%	4.	資本回収係数	$=\frac{o(1+o)^r}{(1+o)^r-1}$												
h. 残存率	10.0	%			q. 耐用年数		20	年															
i. 減価償却費	2.49	百万円(= a(1 - b)(1-h)/q)			r. 交付税算入率		70.000	%	5.	現価係数	$=\frac{1}{(1+o)^r}$												

発電原価の計算		
[補助・交付税算入額考慮]		
建設費＝	78.90	百万円
耐用年数＝	20	年
年間発電電力量＝	74.3	Mwh
年経費＝	1.99	百万円
建設単価＝	1,062	円／kwh
年経費率＝	2.528	%
（補助なし）		
建設単価＝	743	円／kwh
発電原価＝	26.8	円／kwh
（補助あり）		

（単位： 百万円）

年次	簿価	借入額	元利均等支払額	元金支払分	金利（利子分）	減価償却費	資本経費	修繕費	人件費	市町村交付金対象額	市町村交付金	その他経費	直接経費	一般管理費（間接費）	経費合計	交付税算入額	実質経費合計	現価係数	現在価値	現価累計	資本回収係数	均等化経費
t	u	v	w	x	① (v×d)	② (i)	(①+②)	③ (al+a(t-1)m)	④ (a×j)	y	⑤ (y×k)	⑥ (a × n)	(Σ③～⑥)	⑦ (Σ①～⑥)×o	⑧ (Σ①～⑦)	z	⑧' (Σ①～⑦)	⑨	⑩ (⑧'×⑨)	⑪ (Σ⑩)	⑫	⑬ (⑪×⑫)
1	55.23	55.23	0.83	0.00	0.83	2.49	3.31	0.24	0.54	78.90	0.00	0.24	1.03	0.12	4.46	0.00	4.46	0.985221675	4.40	4.40	1.015000000	4.46
2	52.74	55.23	0.83	0.00	0.83	2.49	3.31	0.26	0.54	75.35	0.00	0.24	1.04	0.12	4.48	0.58	3.90	0.970661749	3.79	8.18	0.511277916	4.18
3	50.26	55.23	0.83	0.00	0.83	2.49	3.31	0.27	0.54	71.80	0.00	0.24	1.06	0.13	4.50	0.58	3.92	0.956316994	3.75	11.93	0.343382960	4.10
4	47.77	55.23	5.06	4.24	0.83	2.49	3.31	0.29	0.54	68.25	0.00	0.24	1.07	0.13	4.51	0.58	3.93	0.942184230	3.71	15.63	0.259444786	4.06
5	45.29	50.99	5.06	4.30	0.76	2.49	3.25	0.30	0.54	64.70	0.00	0.24	1.09	0.13	4.47	3.54	0.92	0.928260325	0.86	16.49	0.209089323	3.45
6	42.80	46.70	5.06	4.36	0.70	2.49	3.19	0.32	0.54	61.15	0.00	0.24	1.10	0.13	4.42	3.54	0.87	0.914542193	0.80	17.29	0.175525215	3.03
7	40.32	42.33	5.06	4.43	0.64	2.49	3.12	0.33	0.54	57.60	0.00	0.24	1.12	0.13	4.37	3.54	0.83	0.901026791	0.74	18.03	0.151556165	2.73
8	37.83	37.90	5.06	4.49	0.57	2.49	3.05	0.35	0.54	54.05	0.00	0.24	1.13	0.14	4.32	3.54	0.78	0.887711124	0.69	18.72	0.133584025	2.50
9	35.35	33.41	5.06	4.56	0.50	2.49	2.99	0.36	0.54	50.50	0.00	0.24	1.15	0.14	4.27	3.54	0.73	0.874592240	0.63	19.35	0.119609823	2.31
10	32.86	28.85	5.06	4.63	0.43	2.49	2.92	0.38	0.54	46.95	0.00	0.24	1.16	0.14	4.22	3.54	0.67	0.861667232	0.58	19.93	0.108434178	2.16
11	30.38	24.22	5.06	4.70	0.36	2.49	2.85	0.39	0.54	43.40	0.00	0.24	1.18	0.14	4.17	3.54	0.62	0.848033233	0.53	20.46	0.099203844	2.03
12	27.89	19.52	5.06	4.77	0.29	2.49	2.78	0.41	0.54	39.84	0.00	0.24	1.19	0.14	4.11	3.54	0.57	0.836387422	0.47	20.94	0.091679993	1.92
13	25.41	14.75	5.06	4.84	0.22	2.49	2.71	0.42	0.54	36.29	0.00	0.24	1.21	0.14	4.06	3.54	0.51	0.824027017	0.42	21.36	0.085240357	1.82
14	22.92	9.90	5.06	4.91	0.15	2.49	2.63	0.44	0.54	32.74	0.00	0.24	1.22	0.15	4.00	3.54	0.46	0.811849277	0.37	21.73	0.079723319	1.73
15	20.44	4.99	5.06	4.99	0.07	2.49	2.56	0.45	0.54	29.19	0.00	0.24	1.24	0.15	3.94	3.54	0.40	0.799851505	0.32	22.05	0.074944366	1.65
16	17.95	0.00	0.00	0.00	0.00	2.49	2.49	0.47	0.54	25.64	0.00	0.24	1.25	0.15	3.89	3.54	0.34	0.788031039	0.27	22.32	0.070765078	1.58
17	15.46	0.00	0.00	0.00	0.00	2.49	2.49	0.48	0.54	22.09	0.00	0.24	1.27	0.15	3.90	0.00	3.90	0.776386260	3.03	25.35	0.067079657	1.70
18	12.98	0.00	0.00	0.00	0.00	2.49	2.49	0.50	0.54	18.54	0.00	0.24	1.28	0.15	3.92	0.00	3.92	0.764911587	3.00	28.35	0.063805782	1.81
19	10.49	0.00	0.00	0.00	0.00	2.49	2.49	0.51	0.54	14.99	0.00	0.24	1.30	0.16	3.94	0.00	3.94	0.753607474	2.97	31.31	0.060878470	1.91
20	8.01	0.00	0.00	0.00	0.00	2.49	2.49	0.53	0.54	11.44	0.00	0.24	1.31	0.16	3.95	0.00	3.95	0.742470418	2.94	34.25	0.058245736	1.99
21	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.54	7.89	0.00	0.24	1.33	0.16	1.48	0.00	1.48	0.731497949	1.09	35.33	0.055865495	1.97
22	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.54	4.34	0.00	0.24	1.34	0.16	1.50	0.00	1.50	0.720687634	1.08	36.42	0.053703315	1.96
23	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.54	3.95	0.00	0.24	1.36	0.16	1.52	0.00	1.52	0.710037078	1.08	37.49	0.051730752	1.94
24	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.54	3.95	0.00	0.24	1.37	0.16	1.53	0.00	1.53	0.699543920	1.07	38.57	0.049924102	1.93
25	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.54	3.95	0.00	0.24	1.39	0.17	1.55	0.00	1.55	0.689205832	1.07	39.64	0.048263454	1.91
26	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.54	3.95	0.00	0.24	1.40	0.17	1.57	0.00	1.57	0.679020524	1.07	40.70	0.046731960	1.90
27	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.54	3.95	0.00	0.24	1.42	0.17	1.59	0.00	1.59	0.668985738	1.06	41.76	0.045315268	1.89
28	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.54	3.95	0.00	0.24	1.43	0.17	1.60	0.00	1.60	0.659099249	1.06	42.82	0.044001076	1.88
29	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.54	3.95	0.00	0.24	1.45	0.17	1.62	0.00	1.62	0.649358866	1.05	43.87	0.042778780	1.88
30	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.54	3.95	0.00	0.24	1.46	0.18	1.64	0.00	1.64	0.639762430	1.05	44.92	0.041639188	1.87
31	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.54	3.95	0.00	0.24	1.48	0.18	1.65	0.00	1.65	0.630307813	1.04	45.96	0.040574295	1.86
32	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	0.54	3.95	0.00	0.24	1.49	0.18	1.67	0.00	1.67	0.620992919	1.04	46.99	0.039577097	1.86
33	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.54	3.95	0.00	0.24	1.51	0.18	1.69	0.00	1.69	0.611815684	1.03	48.03	0.038641438	1.86
34	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.54	3.95	0.00	0.24	1.52	0.18	1.70	0.00	1.70	0.602774073	1.03	49.05	0.037761886	1.85
35	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.54	3.95	0.00	0.24	1.54	0.18	1.72	0.00	1.72	0.593866081	1.02	50.07	0.036933630	1.85
36	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.54	3.95	0.00	0.24	1.55	0.19	1.74	0.00	1.74	0.585089735	1.02	51.09	0.036152396	1.85
37	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.54	3.95	0.00	0.24	1.57	0.19	1.75	0.00	1.75	0.576443089	1.01	52.10	0.035414367	1.85
38	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.54	3.95	0.00	0.24	1.58	0.19	1.77	0.00	1.77	0.567924226	1.01	53.10	0.034716133	1.84
39	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	0.54	3.95	0.00	0.24	1.60	0.19	1.79	0.00	1.79	0.559531257	1.00	54.10	0.034054630	1.84
40	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.54	3.95	0.00	0.24	1.61	0.19	1.80	0.00	1.80	0.551262322	0.99	55.10	0.033427102	1.84

資料表 4－32(2)　発電原価計算用　年次別経費率表

地点名 ：	C 地点		簡易発電システム																
ケース ：	中小水力		条件 ：	使用水量	Q=	0.036	m³/s	最大出力	P=	8	kW								
a. 建設費		61.90	百万円		j. 人件費		0.680	%	s.均等化経費		1.56	百万円			建設費＝	61.90	百万円		
b. 補助率		30.0	%		k. 市町村交付金率		0.000	%											
c. 初年度簿価		43.33	百万円		修繕費	l. 初年度	0.310	%	注)1. 利用助成制度		中小水力				年間発電電力量＝	66.3	Mwh		
d. 金利		1.50	%			m. 年増分	0.019	%	2. 金利		公益企業金融公庫								
e. 借入金返済期間		15	年		n. その他経費		0.310	%	3. 起債		なし				建設単価＝	934	円／kwh		
f. 据え置き年数		3	年		o. 一般管理費		12.000	%							（補助なし）				
g. 元利均等支払額		3.97	百万円		p. 割引率		1.50	%	4. 資本回収係数	$= \frac{o(1+o)^r}{(1+o)^r-1}$									
h. 残存率		10.0	%		q.耐用年数		20	年							建設単価＝	654	円／kwh		
i. 減価償却費		1.95	百万円(= a(1 - b)(1-h)/q)		r. 交付税算入率		70.000	%	5. 現価係数	$= \frac{1}{(1+o)^r}$					（補助あり）				

発電原価の計算

［補助・交付税算入額考慮］

耐用年数＝ 20 年

年経費＝ 1.56 百万円

年経費率＝ 2.528 %

発電原価＝ 23.6 円／kwh

（単位：百万円）

年次	簿価	借入額	元利均等支払額	元金支払分	金利（利子分）	減価償却費	資本経費	修繕費	人件費	市町村交付金対象額	市町村交付金	その他経費	直接経費	一般管理費（間接費）	経費合計	交付税算入額	実質経費合計	現価係数	現在価値	現価累計	資本回収係数	均等化経費
t	u	v	w	x	① (v×d)	② (i)	(①+②)	③ (al+a(t-1)m)	④ (a×j)	y	⑤ (y×k)	⑥ (a × n)	(Σ③～⑥)	⑦ (Σ③～⑥)×o	⑧ (Σ①～⑦)	z	⑧' (Σ①～⑦)	⑨	⑩ (⑧'×⑨)	⑪ (Σ⑩)	⑫	⑬ (⑪×⑫)
1	43.33	43.33	0.65	0.00	0.65	1.95	2.60	0.19	0.42	61.90	0.00	0.19	0.80	0.10	3.50	0.00	3.50	0.985221675	3.45	3.45	1.015000000	3.50
2	41.38	43.33	0.65	0.00	0.65	1.95	2.60	0.20	0.42	59.11	0.00	0.19	0.82	0.10	3.51	0.45	3.06	0.970661749	2.97	6.42	0.511277916	3.28
3	39.43	43.33	0.65	0.00	0.65	1.95	2.60	0.22	0.42	56.33	0.00	0.19	0.83	0.10	3.53	0.45	3.07	0.956316994	2.94	9.36	0.343382960	3.21
4	37.48	43.33	3.97	3.32	0.65	1.95	2.60	0.23	0.42	53.54	0.00	0.19	0.84	0.10	3.54	0.45	3.09	0.942184230	2.91	12.26	0.259444786	3.18
5	35.53	40.01	3.97	3.37	0.60	1.95	2.55	0.24	0.42	50.76	0.00	0.19	0.85	0.10	3.50	2.78	0.72	0.928260325	0.67	12.94	0.209089323	2.70
6	33.58	36.64	3.97	3.42	0.55	1.95	2.50	0.25	0.42	47.97	0.00	0.19	0.86	0.10	3.47	2.78	0.69	0.914542193	0.63	13.56	0.175525215	2.38
7	31.63	33.21	3.97	3.47	0.50	1.95	2.45	0.26	0.42	45.19	0.00	0.19	0.88	0.11	3.43	2.78	0.65	0.901026791	0.58	14.15	0.151556165	2.14
8	29.68	29.74	3.97	3.53	0.45	1.95	2.40	0.27	0.42	42.40	0.00	0.19	0.89	0.11	3.39	2.78	0.61	0.887711124	0.54	14.69	0.133584025	1.96
9	27.73	26.21	3.97	3.58	0.39	1.95	2.34	0.29	0.42	39.62	0.00	0.19	0.90	0.11	3.35	2.78	0.57	0.874692240	0.50	15.18	0.119609823	1.82
10	25.78	22.63	3.97	3.63	0.34	1.95	2.29	0.30	0.42	36.83	0.00	0.19	0.91	0.11	3.31	2.78	0.53	0.861667232	0.46	15.64	0.108434178	1.70
11	23.83	19.00	3.97	3.69	0.28	1.95	2.23	0.31	0.42	34.05	0.00	0.19	0.92	0.11	3.27	2.78	0.49	0.848933233	0.41	16.05	0.099293844	1.59
12	21.88	15.31	3.97	3.74	0.23	1.95	2.18	0.32	0.42	31.26	0.00	0.19	0.93	0.11	3.23	2.78	0.44	0.836387422	0.37	16.43	0.091679993	1.51
13	19.93	11.57	3.97	3.80	0.17	1.95	2.12	0.33	0.42	28.47	0.00	0.19	0.95	0.11	3.18	2.78	0.40	0.824027017	0.33	16.76	0.085240357	1.43
14	17.98	7.77	3.97	3.86	0.12	1.95	2.07	0.34	0.42	25.69	0.00	0.19	0.96	0.11	3.14	2.78	0.36	0.811849277	0.29	17.05	0.079723319	1.36
15	16.03	3.91	3.97	3.91	0.06	1.95	2.01	0.36	0.42	22.90	0.00	0.19	0.97	0.12	3.09	2.78	0.31	0.799851505	0.25	17.30	0.074944356	1.30
16	14.08	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	1.95	0.37	0.42	20.12	0.00	0.19	0.98	0.12	3.05	2.78	0.27	0.788031039	0.21	17.51	0.070765078	1.24
17	12.13	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	1.95	0.38	0.42	17.33	0.00	0.19	0.99	0.12	3.06	0.00	3.06	0.776385260	2.38	19.89	0.067079657	1.33
18	10.18	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	1.95	0.39	0.42	14.55	0.00	0.19	1.00	0.12	3.08	0.00	3.08	0.764911587	2.35	22.24	0.063805782	1.42
19	8.23	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	1.95	0.40	0.42	11.76	0.00	0.19	1.02	0.12	3.09	0.00	3.09	0.753607474	2.33	24.57	0.060878470	1.50
20	6.28	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	1.95	0.42	0.42	8.98	0.00	0.19	1.03	0.12	3.10	0.00	3.10	0.742470418	2.30	26.87	0.058245736	1.56
21	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.42	6.19	0.00	0.19	1.04	0.12	1.16	0.00	1.16	0.731497949	0.85	27.72	0.055865495	1.55
22	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.42	3.40	0.00	0.19	1.05	0.13	1.18	0.00	1.18	0.720687634	0.85	28.57	0.053703315	1.53
23	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.42	3.10	0.00	0.19	1.06	0.13	1.19	0.00	1.19	0.710037078	0.85	29.41	0.051730752	1.52
24	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.42	3.10	0.00	0.19	1.08	0.13	1.20	0.00	1.20	0.699543920	0.84	30.26	0.049924102	1.51
25	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.42	3.10	0.00	0.19	1.09	0.13	1.22	0.00	1.22	0.689205832	0.84	31.10	0.048263454	1.50
26	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.42	3.10	0.00	0.19	1.10	0.13	1.23	0.00	1.23	0.679020524	0.84	31.93	0.046731960	1.49
27	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.42	3.10	0.00	0.19	1.11	0.13	1.24	0.00	1.24	0.668985738	0.83	32.76	0.045315268	1.48
28	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.42	3.10	0.00	0.19	1.12	0.13	1.26	0.00	1.26	0.659099249	0.83	33.59	0.044001076	1.48
29	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.42	3.10	0.00	0.19	1.13	0.14	1.27	0.00	1.27	0.649358866	0.82	34.42	0.042778780	1.47
30	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.42	3.10	0.00	0.19	1.15	0.14	1.28	0.00	1.28	0.639762430	0.82	35.24	0.041639188	1.47
31	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.42	3.10	0.00	0.19	1.16	0.14	1.30	0.00	1.30	0.630307813	0.82	36.06	0.040574295	1.46
32	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.42	3.10	0.00	0.19	1.17	0.14	1.31	0.00	1.31	0.620992919	0.81	36.87	0.039577097	1.46
33	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.42	3.10	0.00	0.19	1.18	0.14	1.32	0.00	1.32	0.611816684	0.81	37.68	0.038641438	1.46
34	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.42	3.10	0.00	0.19	1.19	0.14	1.34	0.00	1.34	0.602774073	0.81	38.48	0.037761886	1.45
35	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.42	3.10	0.00	0.19	1.20	0.14	1.35	0.00	1.35	0.593866081	0.80	39.28	0.036933630	1.45
36	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.42	3.10	0.00	0.19	1.22	0.15	1.36	0.00	1.36	0.585089735	0.80	40.08	0.036152396	1.45
37	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.42	3.10	0.00	0.19	1.23	0.15	1.38	0.00	1.38	0.576443089	0.79	40.87	0.035414367	1.45
38	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.42	3.10	0.00	0.19	1.24	0.15	1.39	0.00	1.39	0.567924226	0.79	41.66	0.034716133	1.45
39	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	0.42	3.10	0.00	0.19	1.25	0.15	1.40	0.00	1.40	0.559531257	0.78	42.45	0.034054630	1.45
40	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.42	3.10	0.00	0.19	1.26	0.15	1.41	0.00	1.41	0.551262322	0.78	43.23	0.033427102	1.44

２．４　Ｄ地点

本章では，Ｄ地点に関する在来設計と簡易発電システムによる設計を実施し，両者を比較することで簡易発電システムによるコストダウンを確認する。

２．４．１　地点概要

Ｄ地点は新設砂防ダムから取水を行い，下流の○○公園隣接地までの約 70mの落差を利用する発電計画である。

砂防ダムは H15 年に砂防対策治山事業として構築されていて，雑用水の取水のため，築造時に透水マット（フトンカゴ），集水井，集水管，導水用の孔が設けられている。

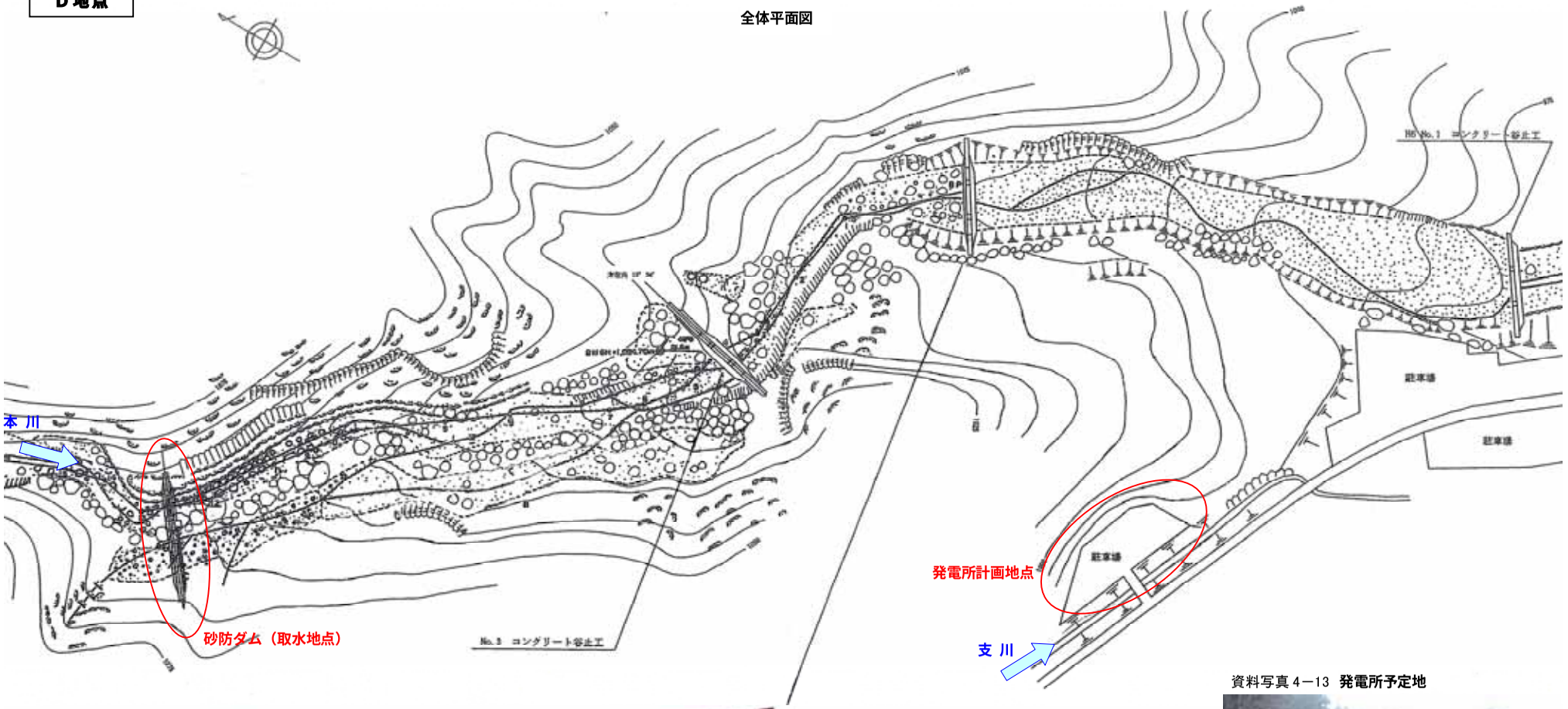
新設砂防ダムの諸元を資料表 4－33 に示す。また，資料図 4－16 に現況図と写真を示す。

資料表 4－33　新設砂防ダム諸元

項　　目	砂防ダム
位　　置	群馬県
種　　類	コンクリート
提　　高	8.00m
提　頂　長	54.50m
天　端　標　高	EL 1,054.70m
水通し部標高	EL 1,056.70m
流　域　面　積	約 0.72km^2
設計洪水量	－－ m^3/s
設計洪水位	－－ m

D 地点

全体平面図





資料写真 4－11　砂防ダム上流面図

資料写真 4－12　導水管設置状況（砂防ダム下流面）



資料写真 4－13　発電所予定地



資料図 4－16　D地点現況図

２．４．２　在来設計

(1) 発電計画の概要

本発電計画は，砂防対策治山事業の砂防ダム工事にあわせ，砂防ダムの下流に位置する○○公園付近の遊休地に発電所を建設するものである。

砂防ダムの新設に合わせて取水施設を建設し，森林公園付近のまでの約 70mの落差を利用して発電する。

本計画の立案に対しては，取水地点から発電所予定地までの間の林地が保全対象林であるため，対象区域内での開発行為は不可能な状態にある。したがって，導水路のルートはこの保全対象林とD川沿いに走る林道に平行したルートに制限される。

(2) 流　況

本川における流況は，資料表 4－34 に示した近傍の測水所データを使用し，流域面積比換算によって整理した。その結果を資料表 4－35 に示す。

資料表 4－34　近傍流域の流況

（単位：$m^3/s/100km^2$）

最大流量	35日流量	豊水量（95日）	平水量（185日）	低水量（275日）	渇水量（355日）	最小流量	年平均流量
54.00	11.00	6.05	3.10	1.63	0.93	0.70	4.96

※流況資料はS61年～H7年の10ヶ年平均.

資料表 4－35　D地点の流況

CA＝0.72 km^2　　（単位：m^3/s）

最大流量	35日流量	豊水量（95日）	平水量（185日）	低水量（275日）	渇水量（355日）	最小流量	年平均流量
0.389	0.079	0.044	0.022	0.012	0.007	0.005	0.036

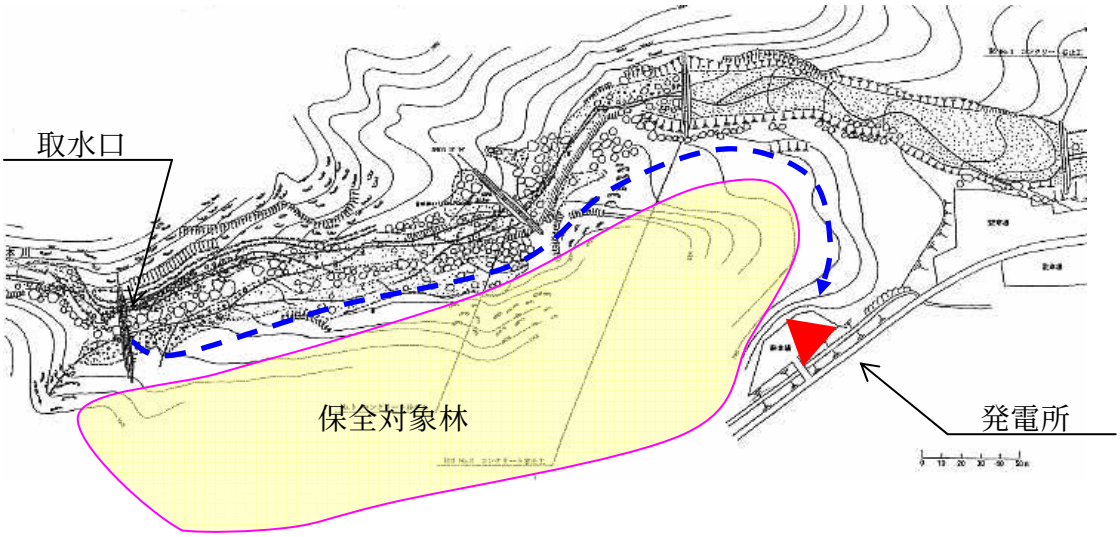
※流域換算による推定値.

(3) レイアウト

導水路については保全対象林を迂回するルートを設定する。

砂防ダムに付属する取水口は堤体の右岸側に設けられており，そこから直接水圧管路により，発電所まで導水することとした。

レイアウト案を資料図 4－17 に示す。



資料図 4－17　在来設計レイアウト

(4) 最大取水量

本地点の発電計画では，

① 一般的な設備利用率を考慮した場合，最大使用水量は通常，豊水量程度となること

② 既往水車（４射のペルトン水車＝最大使用水量 0.0456㎥/s，１射運転による使用水量 0.0114㎥/s）の利用

を考慮して，最大取水量は水車の最大使用水量に合わせた 0.0456 ㎥/s とする。

(5) 主要工作物概略設計

D 地点在来設計による、計画図面を資料図 4－19 に示す。

a　取水施設

取水施設については，対象砂防ダムに設けられる雑用水の取水設備（透水マット（フトンカゴ），集水井，集水管，導水用の孔）を利用することができる。したがって，砂防ダムに設けられる取水施設をそのまま流用することとする。

なお，取水位は EL 1,055.000mである。

b　水圧管路

水圧管路については一般的な鋼管を用い，取水地点から発電所まで，直接水圧管

路で導水するものとした。

管径については，管内流速を 1～3m 程度にするものとしてφ250mm とした。

管内流速ｖ＝0.0456÷（0.25^2×π÷4）＝0.9m/s　；OK

なお，管路長が長いため，水圧管路をφ200 とした場合，摩擦による損失が大きくなるため，若干流速が小さいがφ250 で対応することとした。

c　発電所

放水位は発電所予定地点の標高から EL 984.300 とした。したがって，総落差は

総落差＝1,055.000-984.300=70.700m

となる。

発電所については半地下形式とし，水車，発電機を設置するピットを設けるものとした。また，建屋については，水車，発電機および制御盤等の収容スペースを確保するものとした。

d　電気機械設備

電気機械設備の基本的設計手法にもとづき，以下の通り概略設計する。

有効落差 67m，最大使用水量 0.0456m^3/s の水理諸元から，水車の選定は「水車形式選定図」より，ペルトン水車，ポンプ逆転水車が適用可能であるが，高落差かつ低流量の諸元であり，適用範囲が広く水車性能等も考慮してペルトン水車を選定した。合せて，設置スペースの低減を考慮し，立軸機の構成とした。

回転速度は JEC-4001「水車およびポンプ水車」の比速度限界以下となるように，1,000min^{-1}に設定した。なお，当該地点は低水量時に最大使用水量の 1/4 となることから，最大使用水量時はノズル４射，低水量時はノズル１～３射による切替え運用を行うことにより，水車効率の低下を抑制する。

発電機はＡ～Ｃ地点と同様に，一般的に採用実績が多く，構造も簡単で保守性の優れた誘導発電機を選定した。ここで，水車，発電機の総合効率を 0.72 と想定し，発電所出力を 21.5kW に設定した。

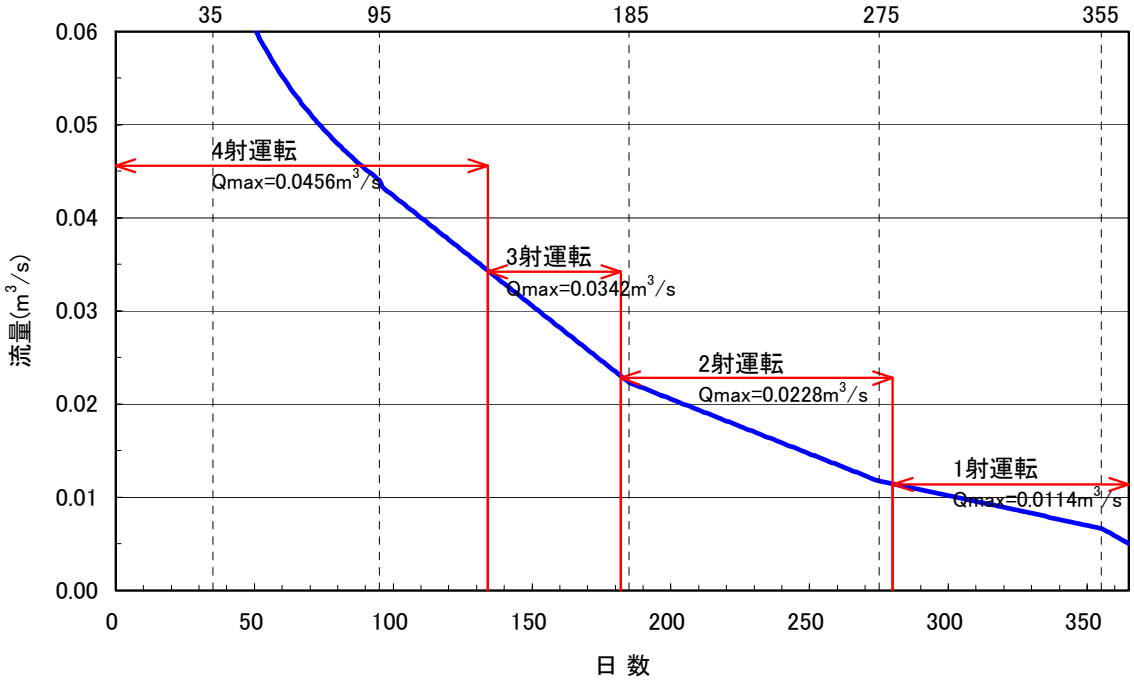
制御・保護装置もＡ～Ｃ地点と同様に，一体型制御盤とし，電気設備技術基準および系統連系技術要件ガイドラインに準じた保護装置を考慮した。

系統連系についてはＡ，Ｂ地点と同様である。Ｄ地点でも当該地点に 6.6kV の既設配電線があることから，逆潮流有りの高圧連系とし，付属設備として変圧器，開閉装置等の高圧連系盤を設置した。その他付属設備としては，流水遮断機能を有した入口弁，水位計を設置する。

電気機械設備に関する詳細は，水車形式選定図を資料図 4－21，仕様諸元表を資料表 4－37，単線結線図を資料図 4－22(1)，電気機械設備工事費を資料表 4－41 に示す。電気機械設備工事費は，昨年度試算からコストダウンを図った。

(6) 発電電力量

電力量計算は資料表 4－35 の流況表を用いて，流量に応じた理想的なノズル数の調整運転ができるものと仮定した。その結果、年間可能発電電力量は，109.0MWh，設備利用率は 58%となる。



資料図 4－18　ペルトン水車のノズル調整運転

(7) 概算工事費

概算工事費の算定は，基本的に『発電計画工事費積算基準』に準拠した。

計算の詳細は後述の資料表 4－39 に示す。

計算の結果，在来設計による概算工事費は 81.3 百万円となった。また，建設単価は 746 円/kWh となる。

２．４．３　簡易発電システム発電計画

(1) 発電計画の概要

本発電計画については，基本的に在来設計に準じるものとする。

(2) 流　況

在来設計と同条件で計画を立案する。

(3) レイアウト

在来設計と同様に，導水路については保全対象林を迂回するルートを設定する。したがって，基本的なレイアウトは在来設計に準じるものとする。

(4) 最大取水量

在来計画と同様に最大取水量を 0.0456㎥/s とする。

(5) 主要工作物概略設計

D 地点簡易発電システムによる、計画図面を資料図 4－20 に示す。

a　取水施設

取水施設については，在来設計と同様に，砂防ダムに設けられる取水施設をそのまま流用することとする。取水位は EL 1,055.000mである。

b　水圧管路

水圧管路の管径については，ポリエチレン管の外径が在来案と同様のφ250㎜とした（内径 213㎜）。

管内流速ｖ＝0.0456÷（0.213^2×π÷4）＝1.28m/s ；(1～3m 程度=OK)

次に，管路の材質については，有効落差が 70m弱の砂防ダム利用の発電計画であり，現地状況から埋設管とすることも可能であるので，硬質塩化ビニル管をふくめて、資料表 4－36 に示す管材を候補とする。それぞれの管材の特性を考慮して，本ケースではポリエチレン管を採用することとした。

なお，ポリエチレン管の採用にあたっては，

① 可とう性（曲がり易い）に優れること。
② 曲り管などの特殊管を要しないこと
③ 容易に継目処理ができること

の理由から施工性に優れると判断した。また，継目が一体化されることから水密性の面でも問題が少ない。

資料表 4－36　水圧管路（φ300㎜）管材の選定

管　材	管材の特性	問題点等	評価
硬質塩化ビニル管	比較的軽量，施工性に優れる。耐食性に優れる。	屈曲点が多いため曲げ管などの特殊管が多くなる。VU 管の場合は作用圧が適用範囲を越える。	割高になるとともに施工性も低下する。
ポリエチレン管	比較的軽量，施工性に優れる。耐衝撃性，耐食性，耐候性に優れる。	資材費が比較的高い。	施工性の面で有利となる。 ⇒ [採用]
耐圧ポリエチレンリブ管	比較的軽量，施工性に優れる。耐衝撃性，耐食性，耐候性に優れる。	作用圧が対応範囲を越える。	作用圧に対して適応外となる。
遠心力鉄筋コンクリート管	耐久性，耐食性，耐候性に優れる。	重量が重い。作用圧が対応範囲を越える。	作用圧に対して適応外となる。

c　発電所

放水位は在来設計と同様に EL 984.300 とした。総落差も同様に

総落差＝1,055.000-984.300=70.700m

となる。

発電所については地上形式とし，水車，発電機を設置するピットを設けるものとした。また，建屋については省略するものとした。

d　電気機械設備

電気機械設備の基本的設計手法にもとづき，以下の通り概略設計する。

在来設計と水路の管内径が異なることにより，有効落差が 2.55m 変化し，64.45m となるが，最大使用水量 0.0456m^3/s は変化しないため，在来設計に比べて大きな水理諸元の変更ではない。このため，水車は在来設計と同じ立軸ペルトン水車，回転速度 1,000min^{-1} に設定した。なお，低水量時に最大使用水量の 1/4 となることから，最大使用水量時はノズル４射，低水量時はノズル１～３射による切替え運用を行うことにより，水車効率の低下を抑制すること，付属装置として流水遮断機能を有した入口弁，水位計を設置する部分は在来設計と同様な仕様である。

発電機はＢ，Ｃ地点と同様に，風力発電で実績の多い永久磁石発電機＋逆変換装置システムを選定した。ここで，水車，発電機の総合効率を 0.7 と想定し，発電所出力は 20kW に設定した。なお，永久磁石発電機は標準品として出力別に製品化されたものがラインナップされており，出力 22kW 定格をそのまま適用する。

制御・保護装置もＢ，Ｃ地点と同様に汎用 PLC（パワーコンディショナ盤）を採用し，コストダウン化を図った。また，電気設備技術基準および系統連系技術要件

ガイドラインに準じた保護装置を考慮している。

系統連系はＢ，Ｃ地点と同様に，当該地点に 210V の既設配電線があることから，逆潮流有りの低圧連系とし，高圧連系で必要としていた変圧器，開閉装置等の高圧連系盤を省略した。その他付属装置として，随時巡回頻度の低減を図る目的で簡易通報装置を適用した。

電気機械設備に関する詳細は，水車形式選定図を資料図 4－21，仕様諸元表を資料表 4－37，単線結線図を資料図 4－22(2)，電気機械設備工事費を資料表 4－41 に示す。電気機械設備工事費は，昨年度試算からコストダウンを図った。

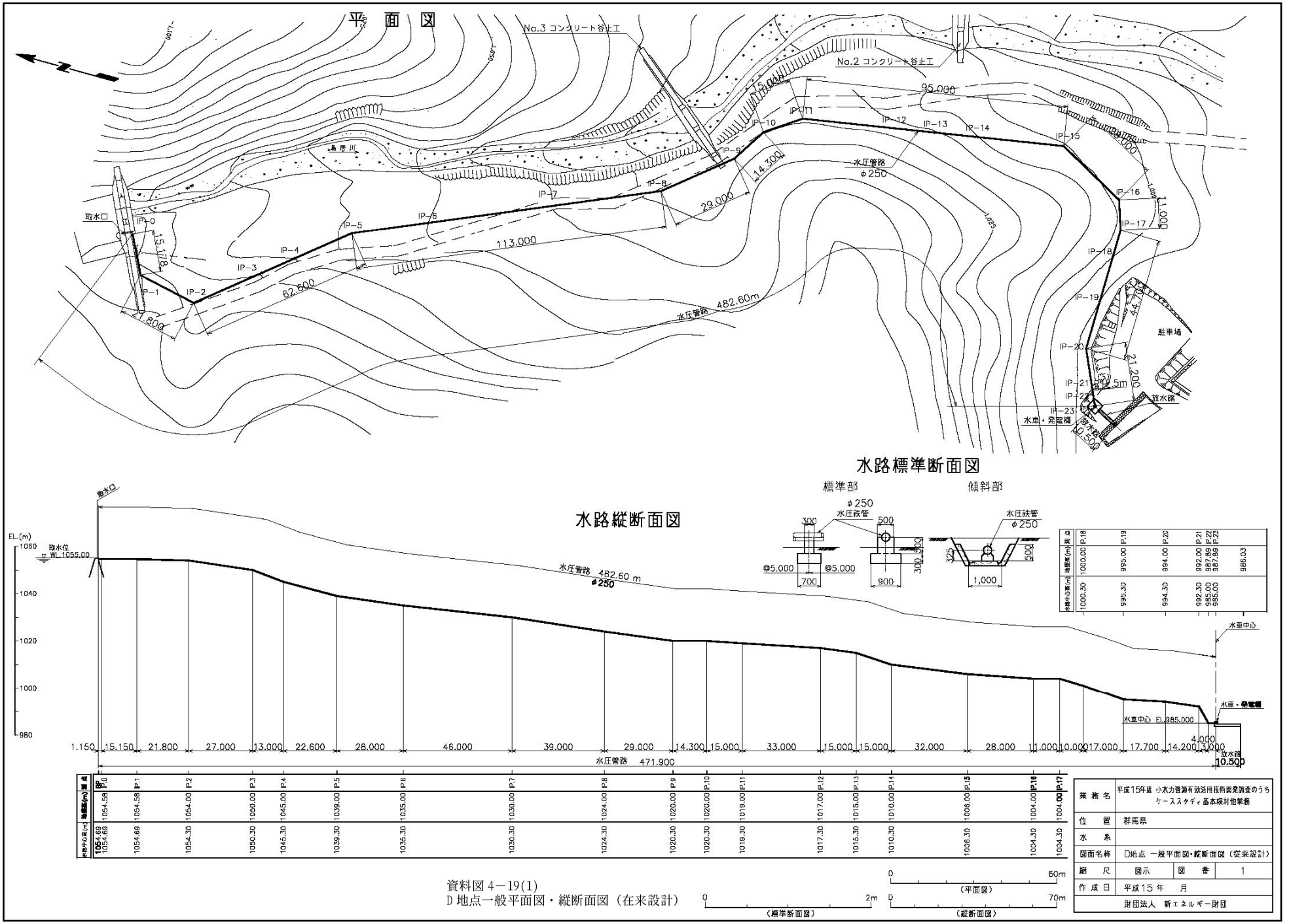
(6) 発電電力量

在来案と同様の仮定のもと，年間可能発電電力量は 102.2MWh，設備利用率は 58％となる。

(7) 概算工事費

概算工事費の算定は，基本的に『発電計画工事費積算基準』に準拠した。計算の詳細は後述の資料表 4－39 に示す。

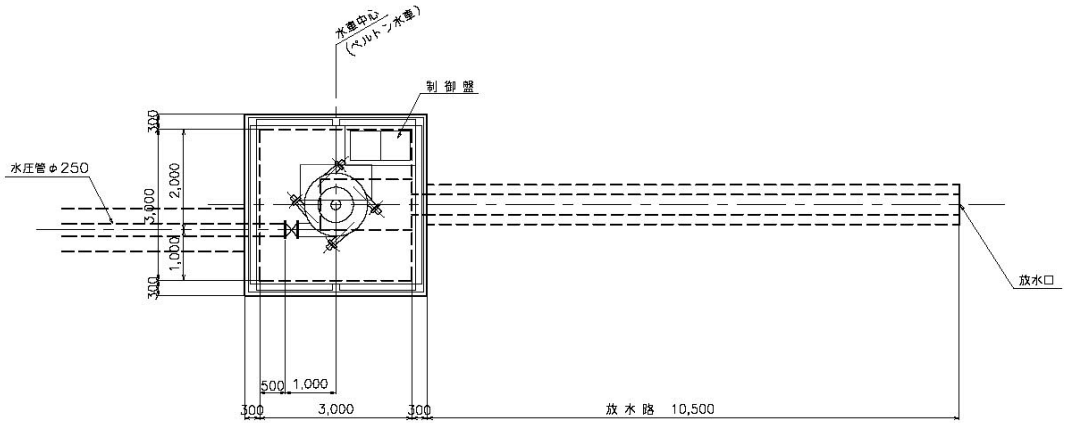
計算の結果，簡易発電システムによる概算工事費は 45.5 百万円となった。また，建設単価は 445 円/kWh となる。



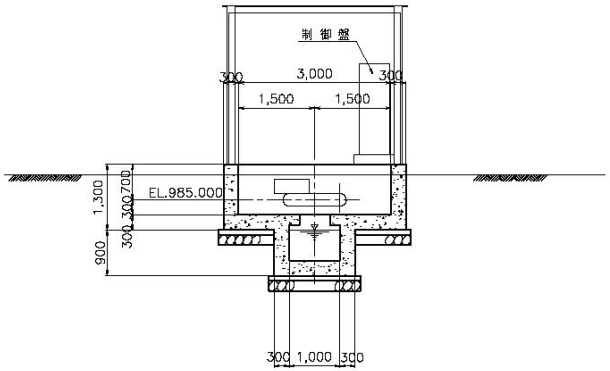
業務名	平成15年度 小水力賦存有効活用技術開発調査のうちケーススタディ基本検討他業務		
位置	群馬県		
水系			
図面名称	D地点 一般平面図・縦断面図（従来設計）		
縮尺	図示	図番	1
作成日	平成15年 月		
財団法人 新エネルギー財団			

資料図4－19(1)
D地点一般平面図・縦断面図（在来設計）

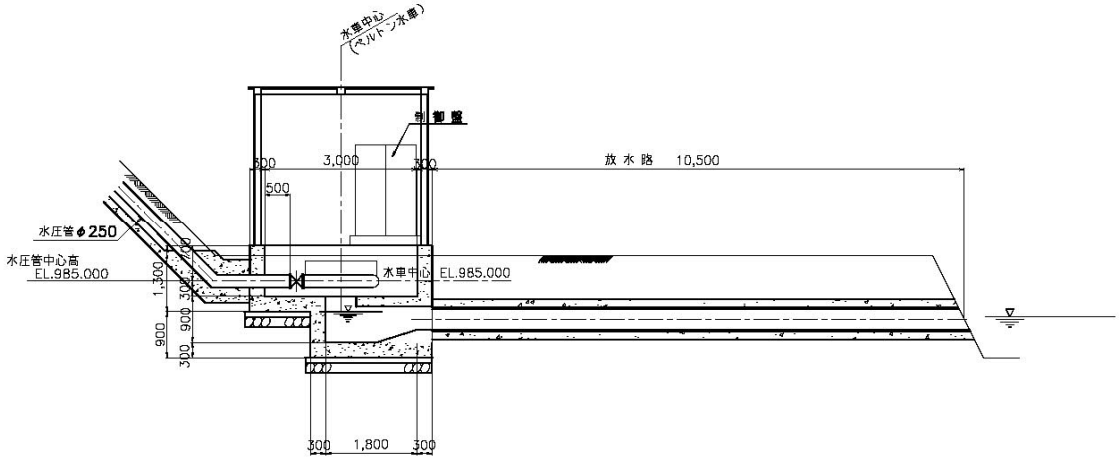
平　面　図



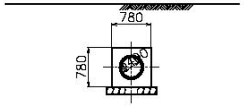
横断面図



水路縦断面図



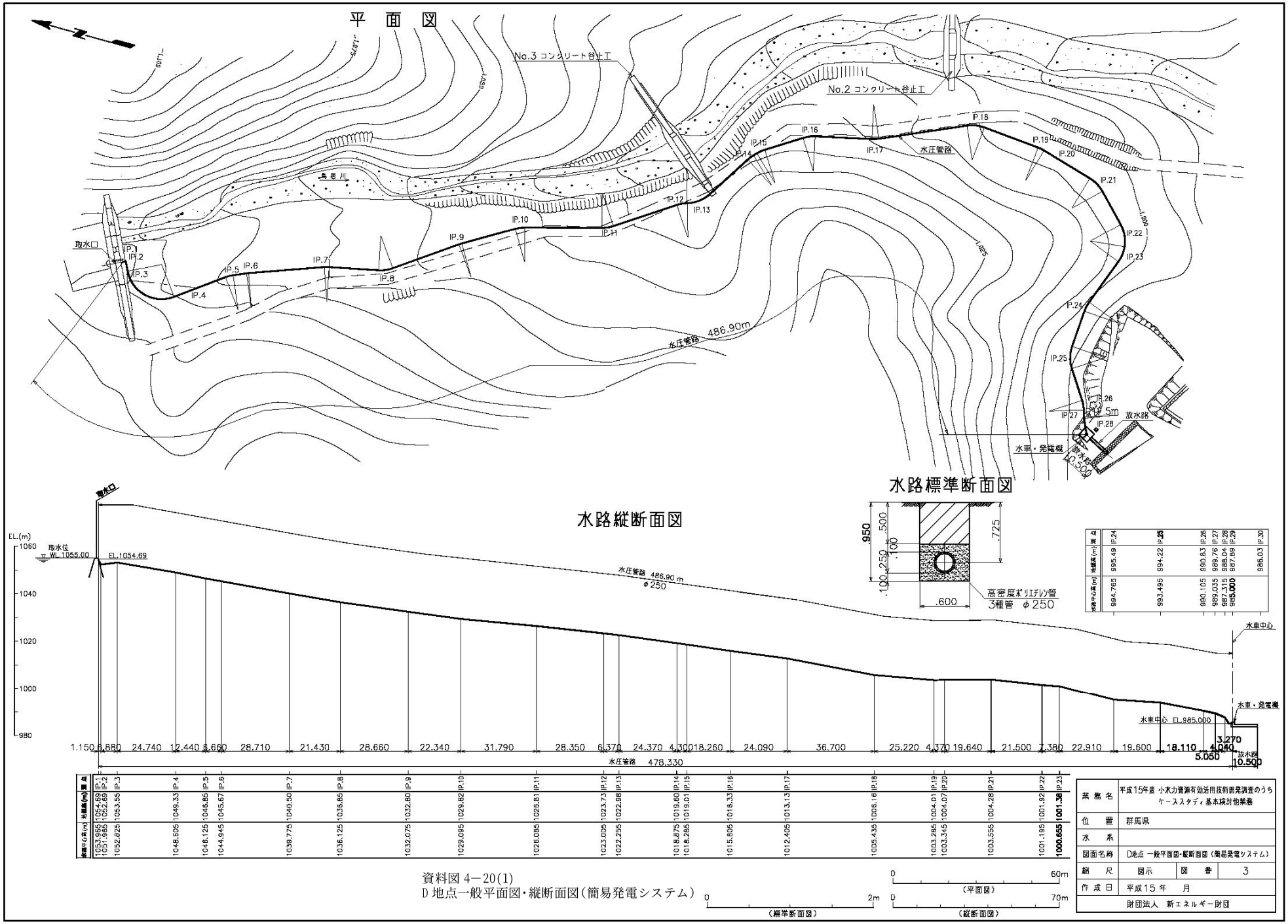
放水路標準断面図





資料図 4－19(2)
D地点　発電所構造図（在来設計）

業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	群馬県		
水系			
図面名称	D地点 発電所構造図（従来設計）		
縮尺	1/50	図番	2
作成日	平成15年　月		
財団法人　新エネルギー財団			



測点	地盤高(m)	水路中心高(m)
IP.1	1054.69	1053.965
IP.2	1052.69	1051.965
IP.3	1053.55	1052.825
IP.4	1049.33	1048.605
IP.5	1046.85	1046.125
IP.6	1045.67	1044.945
IP.7	1040.50	1039.775
IP.8	1036.85	1036.125
IP.9	1032.80	1032.075
IP.10	1029.82	1029.095
IP.11	1026.81	1026.085
IP.12	1023.73	1023.005
IP.13	1022.98	1022.255
IP.14	1019.60	1018.875
IP.15	1019.01	1018.285
IP.16	1016.33	1015.605
IP.17	1013.13	1012.405
IP.18	1006.16	1005.435
IP.19	1004.01	1003.285
IP.20	1004.07	1003.345
IP.21	1004.28	1003.555
IP.22	1001.92	1001.195
IP.23	1001.38	1000.655

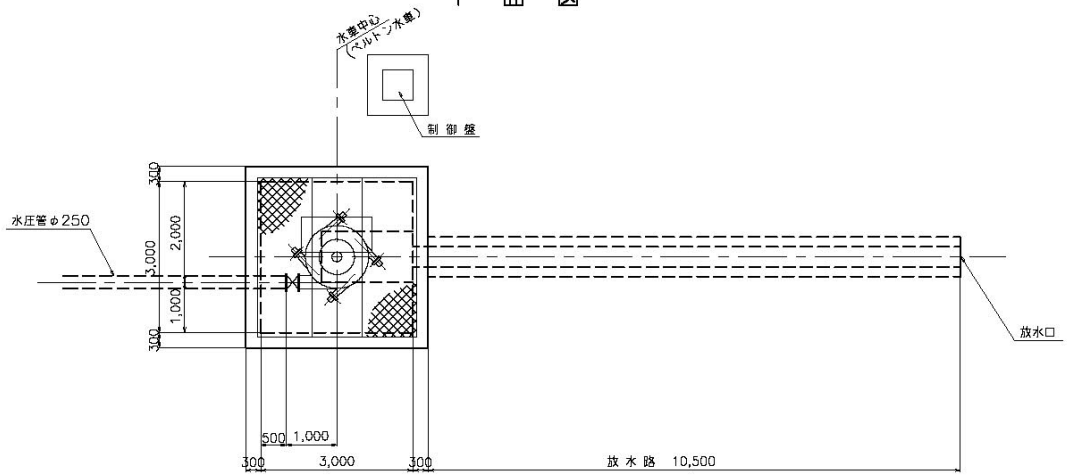
測点	地盤高(m)	水路中心高(m)
IP.24	995.49	994.765
IP.25	994.22	993.495
IP.26	990.83	990.105
IP.27	989.76	989.035
IP.28	988.04	987.315
IP.29	987.89	985.000
IP.30	986.03	

業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうちケーススタディ基本検討他業務
位置	群馬県
水系	
図面名称	D地点 一般平面図・縦断面図（簡易発電システム）
縮尺	図示
図番	3
作成日	平成15年 月
財団法人 新エネルギー財団	

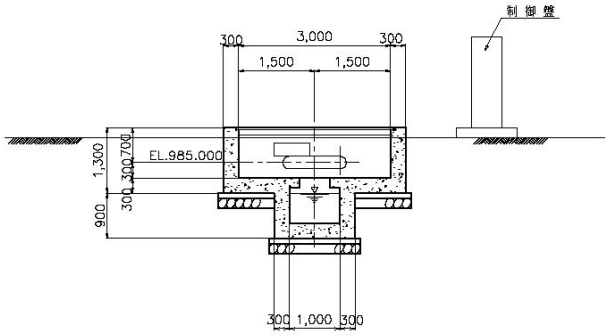
0 2m （標準断面図）
0 70m （縦断面図）
0 60m （平面図）

資料図 4－20(1)
D地点一般平面図・縦断面図（簡易発電システム）

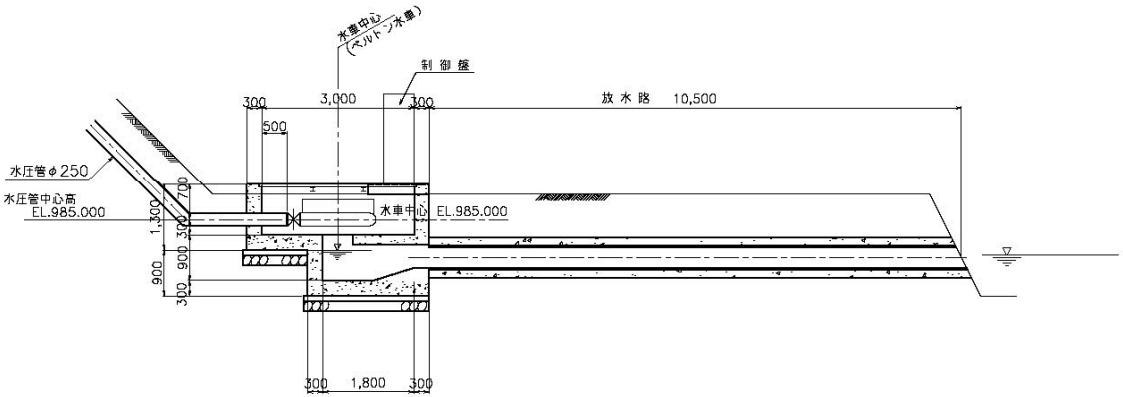
平　面　図



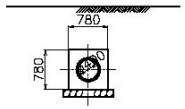
横断面図



水路縦断面図



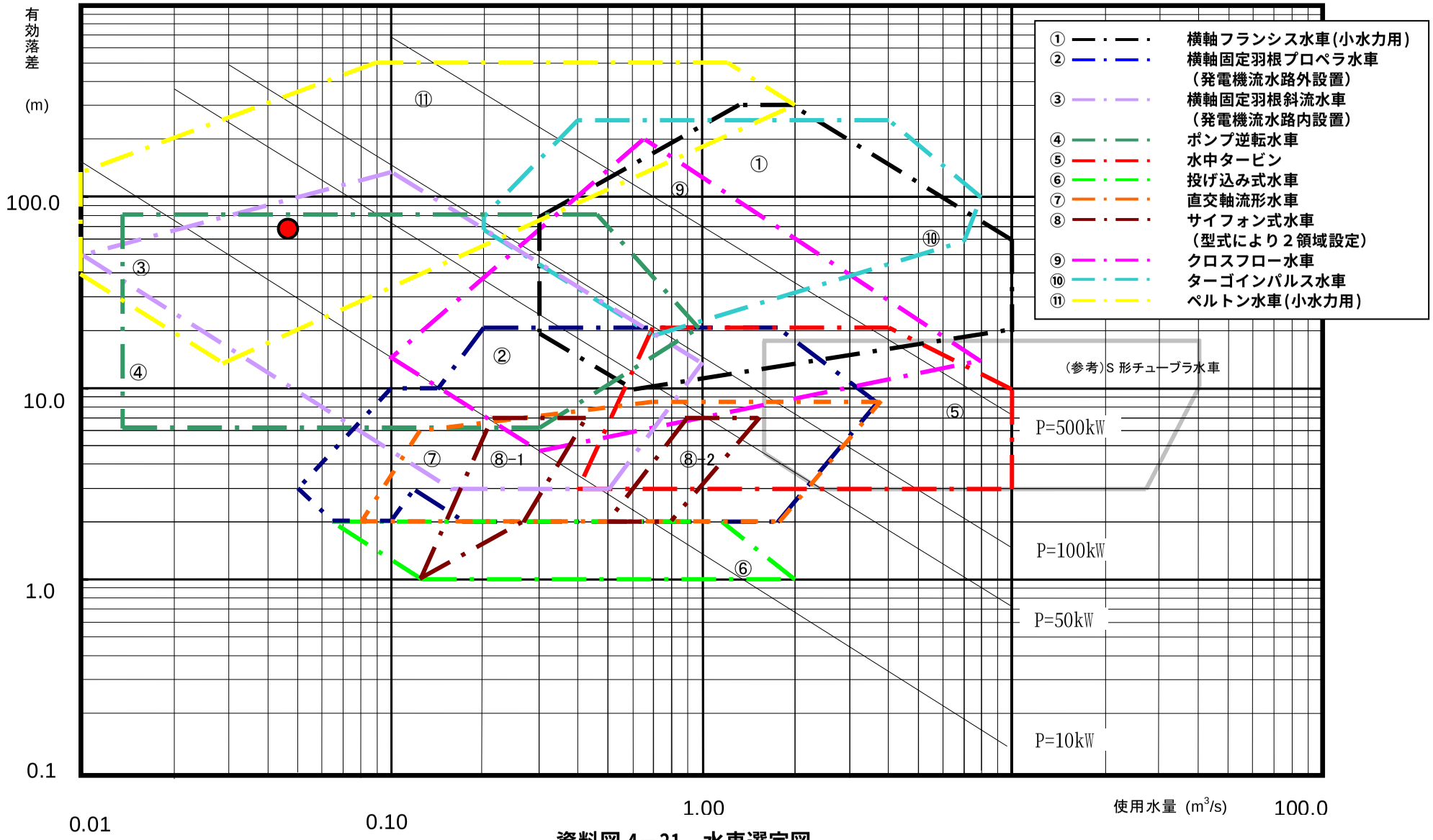
放水路標準断面図





資料図 4－20(2)
D地点　発電所構造図
（簡易発電システム）

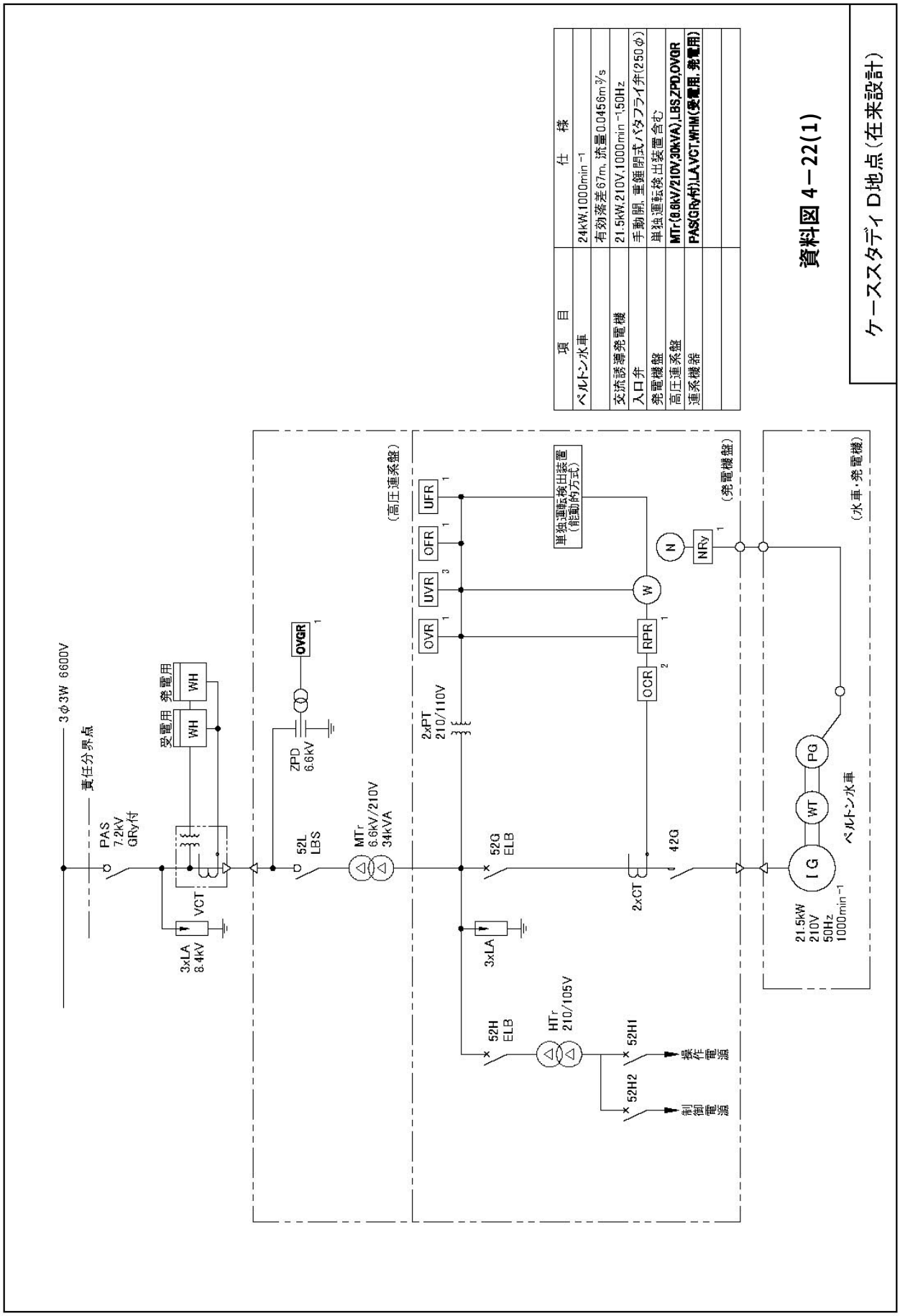
業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	群馬県		
水系			
図面名称	D地点 発電所構造図（簡易発電システム）		
縮尺	1/50	図番	4
作成日	平成15年　月		
財団法人　新エネルギー財団			

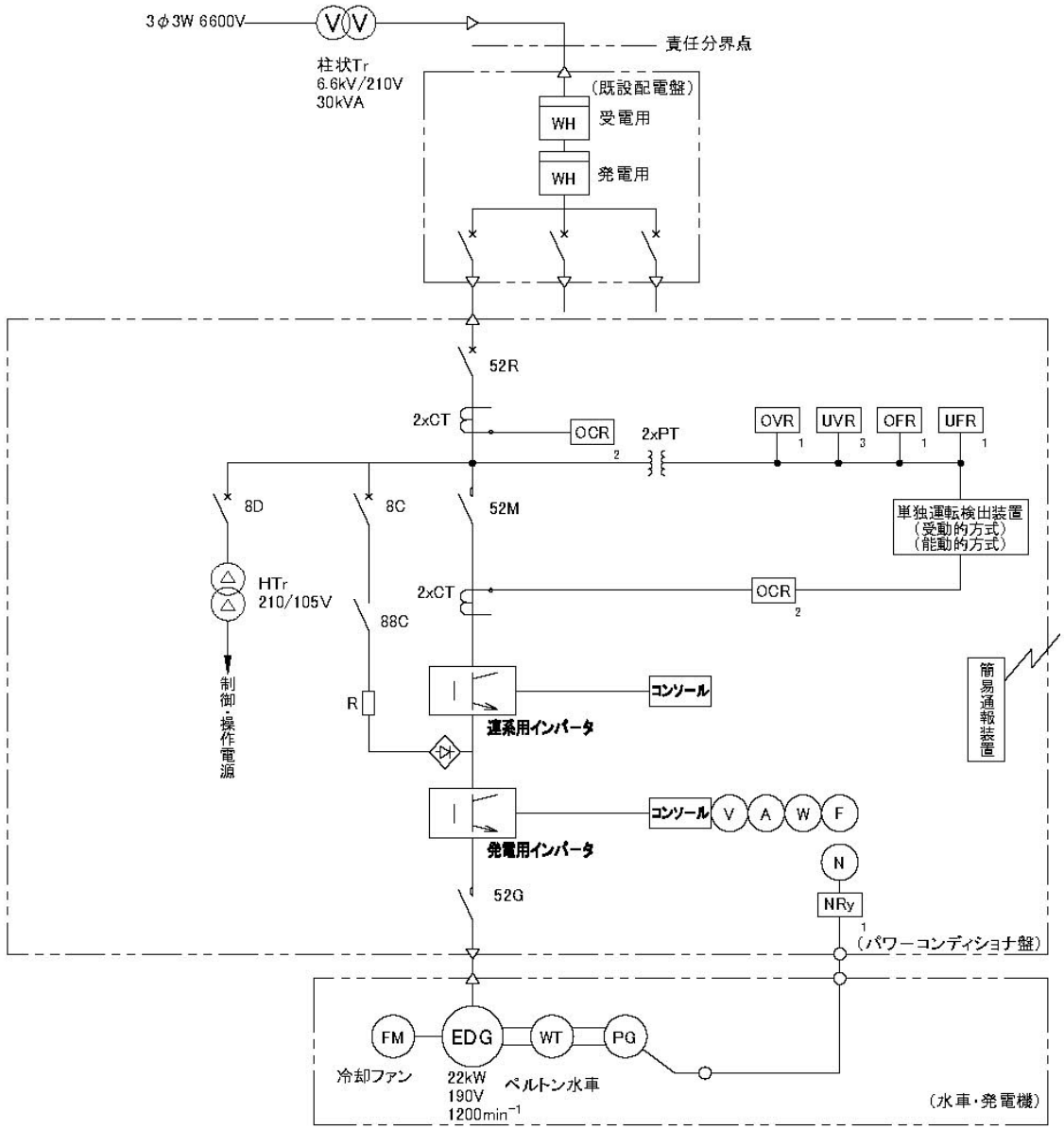


資料図 4－21　水車選定図

資料表 4－37　電気仕様諸元表

項目			在来設計	簡易発電システム	選定理由等
水理諸元	取水位	EL-m	1055.0		
	放水位	EL-m	984.3		
	静落差	m	70.7		
	有効落差	m	67.00	64.45	堤体穴開け取水/浸透取水
	最大使用水量	m^3/s	0.0456		低水時0.0114m^3/s(最大使用水量の1/4)，季節運用切替え
機器仕様	水車		ペルトン水車(手動ニードル：4射)		適用可能水車選定図による
	発電機		誘導発電機	永久磁石発電機+INV	新技術として水力へ「永久磁石発電機」を適用
	逆潮有無		有り		森林公園(キャンプ場ほか)用電源，余剰電力を売電
	所内単独有無		無し		
	連系方式		高圧連系(6.6kV)	構内低圧連系(210V)	既設配電線6.6kV/210V
	保護，制御		一体型制御盤 OVR+UVR OVGR OFR+UFR+単独運転検出(能動)	汎用PLC(パワーコンディショナ盤) OVR+UVR － OFR+UFR+単独運転検出(受動+能動)	「電技解釈」、「系統連系技術要件ガイドライン」による
	付属装置		重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) 高圧連系盤(6.6kV変圧器，開閉装置) 水位計 －	重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) － 水位計 簡易通報装置	簡易通報装置により，随時巡回頻度の低減を図る
	回転速度	min^{-1}	1000	1000(1200)	(　)内は永久磁石発電機回転速度
	水車出力	kW	24.0	23.0	
	比速度	m-kW	25.6	26.3	JEC4001比速度限界29.4m-kW以下
	発電機容量		21.5kW(力率0.8程度)	20.0kVA(力率1.0程度)	永久磁石発電機製品定格：22kW
発電所出力		kW	21.5	20.0	
概算工事費		M¥	23.4	17.0	


ケースタディ D地点（在来設計）
資料図 4－22(1)
項　目
仕　様
ベルトン水車
24kW,1000min⁻¹
有効落差67m，流量0.0456m³/s
交流誘導発電機
21.5kW,210V,1000min⁻¹,50Hz
入口弁
手動開，重錘閉式バタフライ弁(250φ)
発電機盤
単独運転検出装置含む
高圧連系盤
MTr(6.6kV/210V,30kVA),LBS,ZPD,OVGR
連系機器
PAS(GRy付),LA,VCT,WHM(受電用,発電用)
3φ3W 6600V
責任分界点
PAS
7.2kV
GRy付
受電用
発電用
WH
VCT
3xLA
8.4kV
ZPD
6.6kV
OVGR
52L
LBS
MTr
6.6kV/210V
34kVA
2xPT
210/110V
OVR
UVR
OFR
UFR
単独運転検出装置
（能動的方式）
W
N
NRv
RPR
OCR
52G
ELB
42G
2xCT
3xLA
52H
ELB
HTr
210/105V
52H1
52H2
操作電源
制御電源
（高圧連系盤）
（発電機盤）
（水車・発電機）
IG
WT
PG
ベルトン水車
21.5kW
210V
50Hz
1000min⁻¹



項　目	仕　様
ペルトン水車	23kW,1000min⁻¹
	有効落差64.45m, 流量0.0456m³/s
永久磁石発電機	22kW,190V,1200min⁻¹
入口弁	手動開, 重錘閉式バタフライ弁(250φ)
パワーコンディショナ盤	20kW,3相210V,50Hz
簡易通報装置	入力8点, 出力4点
連系機器	WHM (発電用)

資料図 4－22(2)

ケーススタディ D地点（簡易発電システム）

２．４．４　比較検討評価

(1)　建設単価の比較

在来設計および簡易発電システムの発電計画諸元を資料表 4－38 に示す。

また，概算工事費の比較表と総括表を資料表 4－39 および 4－40 に示す，

資料表 4－39 に示すように,年間可能発電電力量はほぼ同じであるが,建設単価を見ると簡易発電システムの方が 40%程度安くなっている。

在来設計と簡易発電システムでは，水圧管路の材質が大きく異なる。簡易発電システムにおいては，水圧管路にポリエチレン管を採用したが，施工性に優れるため工期短縮等の施工面におけるコストダウンについても期待される。

資料表 4－38　Ｄ地点発電計画

項　目		在来設計	簡易発電システム
発電計画	取　水　位	EL 1,055.0 m	
	放　水　位	EL　984.3 m	
	総　落　差	70.7 m	
	有 効 落 差	67.0 m	64.45 m
	最大使用水量	0.0456 m^3/s	
	水車・発電機効率	0.72	0.70
	最 大 出 力	21.5 kW	20.0 kW
設備概要	取 水 方 式	浸透取水方式	浸透取水方式
	導　水　路	――	――
	水 圧 管 路	鋼管（φ250）	高密度ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝ管（φ250）
	管 路 延 長	482.60m	486.90m
	管 路 敷 設	露　出	埋　設
	発電所建屋	半地下式	省　略
	水 車 形 式	ペルトン水車（4 射）	同　左
	発電機種類	交流誘導発電機	永久磁石発電機
	そ　の　他		

資料表 4－39　D地点概算工事費

単位：(百万円)

項　　目			工 事 費		摘　要
			在来設計	簡易発電システム	
1)	土地補償費		――	――	
2)	建物関係		3.7	――	
3)	土木関係		37.1	19.0	
	①水　路		35.0	17.4	
		a.取　水　口	――	――	
		b.沈　砂　池	――	――	
		c.導　入　路	――	――	
		d.水　　槽	――	――	
		e.余　水　路	――	――	
		f.水 圧 管 路	34.4	16.8	FRPM 管／ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝ管 φ300
		g.放　水　路	0.6	0.6	
		h.放　水　口	――	――	
		i.代替放流設備	――	――	
	②機械装置		2.1	1.6	
		j.基　　礎	1.1	1.1	
		k.諸　装　置	1.1	0.5	
4)	電気関係		23.4	17.0	ペルトン水車
5)	仮設備費		6.4	3.6	{2}+3}+4}}×0.10
6)	総係費		9.2	5.1	{2}+3}+4}+5}}×0.13
7)	(小計)		79.8	44.7	
8)	ダム分担金		――	――	
9)	建設中利子		0.6	0.4	7)×0.4×0.03×T/12 T:月数　T=8ヶ月
10)	分担関連費		0.8	0.4	7)×0.01
11)	(計)		81.3	45.5	
12)	年間可能発電電力量(MWh)		109.0	102.2	
13)	建設単価（円/kWh）		746	445	

※工事費は「発電計画工事費積算基準」に準拠し，同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。

資料表 4－40(1)　D地点　概算工事費総括表(在来)

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費			m2			0	
(2)	建物関係		建　物	容m3	27	138,000	3,726	
(3)	土木関係						37,109	
	①水　路						34,962	
		a.取水口					0	
			掘　削	m3		5,900	0	
			コンクリート	〃		42,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の25%
		b.沈砂池					0	
			掘　削	m3		3,800	0	
			コンクリート	〃		38,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		c.導水路					0	
		(開渠)	掘　削	m3		4,600	0	
			U字側溝	m		8,700	0	
			その他	式				上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式				上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3		7,000	0	
			コンクリート	〃		37,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		f 水圧管路					34,381	
			掘　削	m3	374	8,600	3,216	
			コンクリート	〃	36	46,000	1,656	
			鉄　筋	t	0.8	196,000	157	
			鉄　管	〃	20.2	1,169,400	23,622	
			流量計室	容m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			そ の 他	式	1		5,730	上記工種計の20%
		g.放水路					581	
		(暗渠)	掘　削	m3	45	4,900	221	
			コンクリート	〃	5	53,000	265	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			その他	式	1		76	上記工種計の15%
		h 放水口					0	
			掘　削	m3		5,900	0	
			コンクリート	〃		42,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			そ の 他	式				上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						2,147	
		j 基礎					1,066	
			掘　削	m3	36	8,900	320	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	10	38,000	380	
			均しｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	2	38,000	76	
			鉄　筋	t	0.6	187,000	112	
			そ の 他	式	1		178	上記工種計の20%
		k 諸装置					1,081	
			諸装置	式	1		1,081	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						23,400	ペルトン水車
			電気工事費	式	1		23,400	
(5)	仮設備費						6,424	
			仮設備費	式	1		6,424	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			――	
			そ の 他	式			――	
(6)	総経費			式	1		9,186	((2)+(3)+(4)+(5))×13%
(7)	小計						79,845	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		639	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		798	(7)×1%
(11)	計						**81,282**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定根拠のない項目については積上げにより算出した。

資料表 4－40(2)　D地点　概算工事費総括表(簡易)

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費			m2			0	
(2)	建物関係		建　物	空m3		0	0	
(3)	土木関係						18,976	
	①水　路						17,857	
		a.取水口					0	
			掘　削	m3		5,900	0	
			コンクリート	〃		42,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の25%
		b.沈砂池					0	
			掘　削	m3		3,800	0	
			コンクリート	〃		38,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		c.導水路					0	
		(開渠)	掘　削	m3		4,600	0	
			U字側溝	m		8,700	0	
			その他	式				上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式				上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3		7,000	0	
			コンクリート	〃		37,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		f 水圧管路					16,776	
			掘　削	m3	510	8,600	4,386	
			ポリエチレン管	m	487	19,700	9,594	別途積上
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流　量　計	式				
			そ　の　他	式	1		2,796	上記工種計の20%
		g.放水路					581	
		(暗渠)	掘　削	m3	45	4,900	221	
			コンクリート	〃	5	53,000	265	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			その他	式	1		76	上記工種計の15%
		h 放水口					0	
			掘　削	m3		5,900	0	
			コンクリート	〃		42,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			そ　の　他	式				上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						1,619	
		j 基礎					1,066	
			掘　削	m3	36	8,900	320	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	10	38,000	380	
			均しｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	2	38,000	76	
			鉄　筋	t	0.6	187,000	112	
			そ　の　他	式	1		178	上記工種計の20%
		k 諸装置					553	
			諸装置	式	1		553	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						17,000	ペルトン水車
			電気工事費	式	1		17,000	
(5)	仮設備費						3,598	
			仮設備費	式	1		3,598	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			――	
			そ　の　他	式			――	
(6)	総経費			式	1		5,145	((2)+(3)+(4)+(5))×13%
(7)	小計						44,719	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		358	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		447	(7)×1%
(11)	計						**45,524**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定根拠のない項目については積上げにより算出した。

資料表 4－41　概算電気工事費総括表

在来設計

21.5 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	ペルトン水車(24kW,1000min-1,有効落差67m,流量0.0456m3/s)	5,200
	発電機	交流誘導発電機(21.5kW,210V,1000min-1,50Hz)	500
	入口弁	手動開,重錘閉式バタフライ弁(250φ)	2,500
	発電機盤	単独運転検出装置含む	5,500
	簡易通報装置	(該当なし)	0
	高圧連系盤	MTr(6.6kV/210V,30kVA),LBS,ZPD,OVGR	1,600
	連系機器	PAS(Gry付き),LA,VCT,WHM(受電用,発電用)	550
	高圧ケーブル	一式	100
	動力･制御ケーブル	一式	200
	配管材	一式	200
	諸材料	一式	490
	小計		16,840
工事費		一式	6,500
合計			23,340
			23,400

簡易発電

20 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	ペルトン水車(23kW,1000min-1,有効落差64.45m,流量0.0456m3/s)	5,200
	発電機	永久磁石発電機(22kW,190V,1200min-1)	700
	入口弁	手動開,重錘閉式バタフライ弁(250φ)	2,500
	発電機盤	パワーコンディショナ盤(20kW,3相210V,50Hz)	3,000
	簡易通報装置	入力8点,出力4点	100
	高圧連系盤	(該当なし)	0
	連系機器	WHM(発電用)	50
	高圧ケーブル	(該当なし)	0
	動力･制御ケーブル	一式	200
	配管材	一式	200
	諸材料	一式	350
	小計		12,300
工事費		一式	4,700
合計			17,000
			17,000

(2) 発電原価の比較

本項では,20 年間の均等化経費を算出し，年間可能発電電力量との比によって発電原価を算出して,在来設計と簡易発電システムとの比較・検討を実施した。

20 年間の均等化経費は，年次別経費率表（資料表 4－43）によって算出した。計算にあたって必要となる経費率等については,『ハイドロバレー開発計画ガイドブック』（H16.3　経済産業省資源エネルギー庁・財団法人新エネルギー財団）に記述される値を基本とし，実状を考慮して若干修正した。設定した経費率や金利，計算結果を資料表 4－42 に整理した。

なお，補助金を除く事業者が負担する工事費は,全額借入れ（過疎債の適用）によるものとし，金利 1.5%，20 年で返済することとした。また，事業者が市町村であるため固定資産税は計上していない。さらに，過疎債の適用によって,償還に比例した交付税が算入される。

計算結果から,簡易発電システムの発電原価は 11.3 円/kWh であり，在来設計に比べて 60%程度となっている。

資料表 4－42 発電原価の計算

	在来発電 計画	簡易発電 システム	備　　考
建設費(百万円)	81.3	45.5	
年間発電電力量(MWh)	109.0	102.2	
資本費	建設費の 70%(回収 20 年) 金利 1.5%		過疎債を適用
人件費	建設費の 0.68%		
修繕費	建設費の 0.31% 年増加分 0.019%		
固定資産税	税率 1.4%		
その他経費	建設費の 0.31%		
一般管理費	直接費(人件費，修繕費,固定資産税, その他経費)の 12.0%		
年経費(百万円)	2.1	1.2	20 年均等化経費
発電原価(円/kWh)	18.9	11.3	

資料表 4－43(1)　発電原価計算用　年次別経費率表

地点名 ：	D 地点	従来発電計画																	
ケース ：	中小水力	条件 ：	使用水量	Q=	0.046	m³/s	最大出力	P=	22	kW									
a. 建設費	81.30	百万円		j. 人件費		0.680	%	s. 均等化経費		2.06	百万円			建設費＝	81.30	百万円			
b. 補助率	30.0	%		k. 市町村交付金率		0.000	%												
c. 初年度簿価	56.91	百万円		修繕費	l. 初年度	0.310	%	注)1. 利用助成制度	中小水力					年間発電電力量＝	109.0	Mwh			
d. 金利	1.50	%			m. 年増分	0.019	%	2. 金利	公益企業金融公庫										
e. 借入金返済期間	15	年		n. その他経費		0.310	%	3. 起債	なし					建設単価＝	746	円／kwh			
f. 据え置き年数	3	年		o. 一般管理費		12.000	%							（補助なし）					
g. 元利均等支払額	5.22	百万円		p. 割引率		1.50	%	4. 資本回収係数	$=\frac{o(1+o)^r}{(1+o)^r-1}$										
h. 残存率	10.0	%		q. 耐用年数		20	年							建設単価＝	522	円／kwh			
i. 減価償却費	2.56	百万円(＝a(1 - b)(1-h)/q)		r. 交付税算入率		70.000	%	5. 現価係数	$=\frac{1}{(1+o)^r}$					（補助あり）					

発電原価の計算

［補助・交付税算入額考慮］

耐用年数＝	20	年
年経費＝	2.06	百万円
年経費率＝	2.528	%
発電原価＝	18.9	円／kwh

（単位：百万円）

年次	簿価	借入額	元利均等支払額	元金支払分	金利（利子分）	減価償却費	資本経費	修繕費	人件費	市町村交付金対象額	市町村交付金	その他経費	直接経費	一般管理費（間接費）	経費合計	交付税算入額	実質経費合計	現価係数	現在価値	現価累計	資本回収係数	均等化経費
t	u	v	w	x	① (v×d)	② (i)	(①+②)	③ (al+a(t-1)m)	④ (a×j)	y	⑤ (y×k)	⑥ (a×n)	(Σ③～⑥)	⑦ (Σ③～⑥)×o	⑧ (Σ①～⑦)	z	⑧' (Σ①～⑦)	⑨	⑩ (⑧'×⑨)	⑪ (Σ⑩)	⑫	⑬ (⑪×⑫)
1	56.91	56.91	0.85	0.00	0.85	2.56	3.41	0.25	0.55	81.30	0.00	0.25	1.06	0.13	4.60	0.00	4.60	0.985221675	4.53	4.53	1.015000000	4.60
2	54.35	56.91	0.85	0.00	0.85	2.56	3.41	0.27	0.55	77.64	0.00	0.25	1.07	0.13	4.62	0.60	4.02	0.970661749	3.90	8.43	0.511277916	4.31
3	51.79	56.91	0.85	0.00	0.85	2.56	3.41	0.28	0.55	73.98	0.00	0.25	1.09	0.13	4.63	0.60	4.04	0.956316994	3.86	12.29	0.343382960	4.22
4	49.23	56.91	5.22	4.36	0.85	2.56	3.41	0.30	0.55	70.32	0.00	0.25	1.10	0.13	4.65	0.60	4.05	0.942184230	3.82	16.11	0.259444786	4.18
5	46.67	52.55	5.22	4.43	0.79	2.56	3.35	0.31	0.55	66.67	0.00	0.25	1.12	0.13	4.60	3.65	0.95	0.928260325	0.88	16.99	0.209089323	3.55
6	44.11	48.12	5.22	4.50	0.72	2.56	3.28	0.33	0.55	63.01	0.00	0.25	1.13	0.14	4.55	3.65	0.90	0.914542193	0.82	17.81	0.175525215	3.13
7	41.54	43.62	5.22	4.56	0.65	2.56	3.22	0.34	0.55	59.35	0.00	0.25	1.15	0.14	4.50	3.65	0.85	0.901026791	0.77	18.58	0.151556165	2.82
8	38.98	39.06	5.22	4.63	0.59	2.56	3.15	0.36	0.55	55.69	0.00	0.25	1.17	0.14	4.45	3.65	0.80	0.887711124	0.71	19.29	0.133584025	2.58
9	36.42	34.43	5.22	4.70	0.52	2.56	3.08	0.38	0.55	52.03	0.00	0.25	1.18	0.14	4.40	3.65	0.75	0.874592240	0.65	19.94	0.119609823	2.39
10	33.86	29.73	5.22	4.77	0.45	2.56	3.01	0.39	0.55	48.37	0.00	0.25	1.20	0.14	4.35	3.65	0.69	0.861667232	0.60	20.54	0.108434178	2.23
11	31.30	24.95	5.22	4.84	0.37	2.56	2.94	0.41	0.55	44.72	0.00	0.25	1.21	0.15	4.29	3.65	0.64	0.848033233	0.54	21.08	0.099203844	2.09
12	28.74	20.11	5.22	4.92	0.30	2.56	2.86	0.42	0.55	41.06	0.00	0.25	1.23	0.15	4.24	3.65	0.58	0.836387422	0.49	21.57	0.091679993	1.98
13	26.18	15.19	5.22	4.99	0.23	2.56	2.79	0.44	0.55	37.40	0.00	0.25	1.24	0.15	4.18	3.65	0.53	0.824027017	0.44	22.01	0.085240357	1.88
14	23.62	10.20	5.22	5.06	0.15	2.56	2.71	0.45	0.55	33.74	0.00	0.25	1.26	0.15	4.12	3.65	0.47	0.811849277	0.38	22.39	0.079723319	1.78
15	21.06	5.14	5.22	5.14	0.08	2.56	2.64	0.47	0.55	30.08	0.00	0.25	1.27	0.15	4.06	3.65	0.41	0.799851505	0.33	22.72	0.074044366	1.70
16	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2.56	2.56	0.48	0.55	26.42	0.00	0.25	1.29	0.15	4.00	3.65	0.35	0.788031039	0.28	23.00	0.070765078	1.63
17	15.93	0.00	0.00	0.00	0.00	2.56	2.56	0.50	0.55	22.76	0.00	0.25	1.30	0.16	4.02	0.00	4.02	0.776386260	3.12	26.12	0.067079657	1.75
18	13.37	0.00	0.00	0.00	0.00	2.56	2.56	0.51	0.55	19.11	0.00	0.25	1.32	0.16	4.04	0.00	4.04	0.764911587	3.09	29.21	0.063805782	1.86
19	10.81	0.00	0.00	0.00	0.00	2.56	2.56	0.53	0.55	15.45	0.00	0.25	1.33	0.16	4.06	0.00	4.06	0.753607474	3.06	32.26	0.060878470	1.96
20	8.25	0.00	0.00	0.00	0.00	2.56	2.56	0.55	0.55	11.79	0.00	0.25	1.35	0.16	4.07	0.00	4.07	0.742470418	3.02	35.29	0.058245736	2.06
21	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.55	8.13	0.00	0.25	1.37	0.16	1.53	0.00	1.53	0.731497949	1.12	36.41	0.055865495	2.03
22	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.55	4.47	0.00	0.25	1.38	0.17	1.55	0.00	1.55	0.720687634	1.11	37.52	0.053703315	2.02
23	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.55	4.07	0.00	0.25	1.40	0.17	1.56	0.00	1.56	0.710037078	1.11	38.63	0.051730752	2.00
24	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.55	4.07	0.00	0.25	1.41	0.17	1.58	0.00	1.58	0.699543920	1.11	39.74	0.049924102	1.98
25	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.55	4.07	0.00	0.25	1.43	0.17	1.60	0.00	1.60	0.689205832	1.10	40.84	0.048263454	1.97
26	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	0.55	4.07	0.00	0.25	1.44	0.17	1.62	0.00	1.62	0.679020524	1.10	41.94	0.046731960	1.96
27	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.55	4.07	0.00	0.25	1.46	0.18	1.63	0.00	1.63	0.668985738	1.09	43.03	0.045315268	1.95
28	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.55	4.07	0.00	0.25	1.47	0.18	1.65	0.00	1.65	0.659099249	1.09	44.12	0.044001076	1.94
29	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.55	4.07	0.00	0.25	1.49	0.18	1.67	0.00	1.67	0.649358866	1.08	45.20	0.042778780	1.93
30	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.55	4.07	0.00	0.25	1.50	0.18	1.69	0.00	1.69	0.639762430	1.08	46.28	0.041639188	1.93
31	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.55	4.07	0.00	0.25	1.52	0.18	1.70	0.00	1.70	0.630307813	1.07	47.36	0.040574295	1.92
32	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.55	4.07	0.00	0.25	1.54	0.18	1.72	0.00	1.72	0.620992919	1.07	48.42	0.039577097	1.92
33	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.55	4.07	0.00	0.25	1.55	0.19	1.74	0.00	1.74	0.611815684	1.06	49.49	0.038641438	1.91
34	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.55	4.07	0.00	0.25	1.57	0.19	1.75	0.00	1.75	0.602774073	1.06	50.54	0.037761886	1.91
35	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.55	4.07	0.00	0.25	1.58	0.19	1.77	0.00	1.77	0.593866081	1.05	51.60	0.036933630	1.91
36	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	0.55	4.07	0.00	0.25	1.60	0.19	1.79	0.00	1.79	0.585089735	1.05	52.64	0.036152396	1.90
37	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	0.55	4.07	0.00	0.25	1.61	0.19	1.81	0.00	1.81	0.576443089	1.04	53.68	0.035414367	1.90
38	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.55	4.07	0.00	0.25	1.63	0.20	1.82	0.00	1.82	0.567924226	1.04	54.72	0.034716133	1.90
39	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.55	4.07	0.00	0.25	1.64	0.20	1.84	0.00	1.84	0.559531257	1.03	55.75	0.034054630	1.90
40	5.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85	0.55	4.07	0.00	0.25	1.66	0.20	1.86	0.00	1.86	0.551262322	1.02	56.77	0.033427102	1.90

資料表 4－43(2) 発電原価計算用 年次別経費率表

地点名 ：	D 地点	簡易発電システム																	
ケース ：	中小水力	条件 ：	使用水量	Q=	0.046	m³/s	最大出力	P=	20	kW									
a. 建設費	45.50	百万円		j. 人件費		0.680	%	s.均等化経費		1.15	百万円			建設費＝	45.50	百万円			
b. 補助率	30.0	%		k. 市町村交付金率		0.000	%												
c. 初年度簿価	31.85	百万円		修繕費	l. 初年度	0.310	%	注)1. 利用助成制度	中小水力					年間発電電力量＝	102.2	Mwh			
d. 金利	1.50	%			m. 年増分	0.019	%	2. 金利	公益企業金融公庫										
e. 借入金返済期間	15	年		n. その他経費		0.310	%	3. 起債	なし					建設単価＝	445	円／kwh			
f. 据え置き年数	3	年		o. 一般管理費		12.000	%							（補助なし）					
g. 元利均等支払額	2.92	百万円		p. 割引率		1.50	%	4. 資本回収係数	$=\frac{o(1+o)^r}{(1+o)^r-1}$										
h. 残存率	10.0	%		q.耐用年数		20	年							建設単価＝	312	円／kwh			
i. 減価償却費	1.43	百万円(= a(1 - b)(1-h)/q)		r. 交付税算入率		70.000	%	5. 現価係数	$=\frac{1}{(1+o)^r}$					（補助あり）					

発電原価の計算

［補助・交付税算入額考慮］

耐用年数＝ 20 年

年経費＝ 1.15 百万円

年経費率＝ 2.528 %

発電原価＝ 11.3 円／kwh

（単位： 百万円）

年次	簿価	借入額	元利均等支払額	元金支払分	金利（利子分）	減価償却費	資本経費	修繕費	人件費	市町村交付金対象額	市町村交付金	その他経費	直接経費	一般管理費（間接費）	経費合計	交付税算入額	実質経費合計	現価係数	現在価値	現価累計	資本回収係数	均等化経費
t	u	v	w	x	① (v×d)	② (i)	(①+②)	③ (al+a(t-1)m)	④ (a×j)	y	⑤ (y×k)	⑥ (a×n)	(Σ③～⑥)	⑦ (Σ③～⑥)×o	⑧ (Σ①～⑦)	z	⑧'	⑨	⑩ (⑧'×⑨)	⑪ (Σ⑩)	⑫	⑬ (⑪×⑫)
1	31.85	31.85	0.48	0.00	0.48	1.43	1.91	0.14	0.31	45.50	0.00	0.14	0.59	0.07	2.57	0.00	2.57	0.985221675	2.54	2.54	1.015000000	2.57
2	30.42	31.85	0.48	0.00	0.48	1.43	1.91	0.15	0.31	43.45	0.00	0.14	0.60	0.07	2.58	0.33	2.25	0.970661749	2.18	4.72	0.511277916	2.41
3	28.98	31.85	0.48	0.00	0.48	1.43	1.91	0.16	0.31	41.41	0.00	0.14	0.61	0.07	2.59	0.33	2.26	0.956316994	2.16	6.88	0.343382960	2.36
4	27.55	31.85	2.92	2.44	0.48	1.43	1.91	0.17	0.31	39.36	0.00	0.14	0.62	0.07	2.60	0.33	2.27	0.942184230	2.14	9.01	0.259444786	2.34
5	26.12	29.41	2.92	2.48	0.44	1.43	1.87	0.18	0.31	37.31	0.00	0.14	0.63	0.08	2.58	2.04	0.53	0.928260325	0.49	9.51	0.209089323	1.99
6	24.68	26.93	2.92	2.52	0.40	1.43	1.84	0.18	0.31	35.26	0.00	0.14	0.63	0.08	2.55	2.04	0.50	0.914542193	0.46	9.97	0.175525215	1.75
7	23.25	24.41	2.92	2.55	0.37	1.43	1.80	0.19	0.31	33.22	0.00	0.14	0.64	0.08	2.52	2.04	0.48	0.901026791	0.43	10.40	0.151556165	1.58
8	21.82	21.86	2.92	2.59	0.33	1.43	1.76	0.20	0.31	31.17	0.00	0.14	0.65	0.08	2.49	2.04	0.45	0.887711124	0.40	10.80	0.133584025	1.44
9	20.38	19.27	2.92	2.63	0.29	1.43	1.72	0.21	0.31	29.12	0.00	0.14	0.66	0.08	2.46	2.04	0.42	0.874592240	0.37	11.16	0.119609823	1.33
10	18.95	16.64	2.92	2.67	0.25	1.43	1.68	0.22	0.31	27.07	0.00	0.14	0.67	0.08	2.43	2.04	0.39	0.861667232	0.33	11.50	0.108434178	1.25
11	17.52	13.97	2.92	2.71	0.21	1.43	1.64	0.23	0.31	25.03	0.00	0.14	0.68	0.08	2.40	2.04	0.36	0.849033233	0.30	11.80	0.099203944	1.17
12	16.08	11.25	2.92	2.75	0.17	1.43	1.60	0.24	0.31	22.98	0.00	0.14	0.69	0.08	2.37	2.04	0.33	0.836387422	0.27	12.07	0.091679993	1.11
13	14.65	8.50	2.92	2.79	0.13	1.43	1.56	0.24	0.31	20.93	0.00	0.14	0.70	0.08	2.34	2.04	0.30	0.824027017	0.24	12.32	0.085240357	1.05
14	13.22	5.71	2.92	2.83	0.09	1.43	1.52	0.25	0.31	18.88	0.00	0.14	0.70	0.08	2.31	2.04	0.26	0.811840277	0.21	12.53	0.079723319	1.00
15	11.78	2.88	2.92	2.88	0.04	1.43	1.48	0.26	0.31	16.84	0.00	0.14	0.71	0.09	2.27	2.04	0.23	0.799851505	0.18	12.71	0.074944056	0.95
16	10.35	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	1.43	0.27	0.31	14.79	0.00	0.14	0.72	0.09	2.24	2.04	0.20	0.788031039	0.16	12.87	0.070765078	0.91
17	8.92	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	1.43	0.28	0.31	12.74	0.00	0.14	0.73	0.09	2.25	0.00	2.25	0.776385260	1.75	14.62	0.067079657	0.98
18	7.48	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	1.43	0.29	0.31	10.69	0.00	0.14	0.74	0.09	2.26	0.00	2.26	0.764911587	1.73	16.35	0.063805782	1.04
19	6.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	1.43	0.30	0.31	8.65	0.00	0.14	0.75	0.09	2.27	0.00	2.27	0.753607474	1.71	18.06	0.060878470	1.10
20	4.62	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	1.43	0.31	0.31	6.60	0.00	0.14	0.76	0.09	2.28	0.00	2.28	0.742470418	1.69	19.75	0.058245736	1.15
21	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.31	4.55	0.00	0.14	0.76	0.09	0.86	0.00	0.86	0.731497949	0.63	20.38	0.055865495	1.14
22	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.31	2.50	0.00	0.14	0.77	0.09	0.87	0.00	0.87	0.720687634	0.62	21.00	0.053703315	1.13
23	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.31	2.28	0.00	0.14	0.78	0.09	0.88	0.00	0.88	0.710037078	0.62	21.62	0.051730752	1.12
24	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.31	2.28	0.00	0.14	0.79	0.09	0.89	0.00	0.89	0.699543920	0.62	22.24	0.049924102	1.11
25	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.31	2.28	0.00	0.14	0.80	0.10	0.89	0.00	0.89	0.689205832	0.62	22.86	0.048263454	1.10
26	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.31	2.28	0.00	0.14	0.81	0.10	0.90	0.00	0.90	0.679020524	0.61	23.47	0.048731960	1.10
27	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.31	2.28	0.00	0.14	0.82	0.10	0.91	0.00	0.91	0.668985738	0.61	24.08	0.046315268	1.09
28	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.31	2.28	0.00	0.14	0.82	0.10	0.92	0.00	0.92	0.659099249	0.61	24.69	0.044001076	1.09
29	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.31	2.28	0.00	0.14	0.83	0.10	0.93	0.00	0.93	0.649358866	0.61	25.30	0.042778780	1.08
30	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.31	2.28	0.00	0.14	0.84	0.10	0.94	0.00	0.94	0.639762430	0.60	25.90	0.041639188	1.08
31	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.31	2.28	0.00	0.14	0.85	0.10	0.95	0.00	0.95	0.630307813	0.60	26.50	0.040574295	1.08
32	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.31	2.28	0.00	0.14	0.86	0.10	0.96	0.00	0.96	0.620992919	0.60	27.10	0.039577097	1.07
33	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.31	2.28	0.00	0.14	0.87	0.10	0.97	0.00	0.97	0.611815684	0.59	27.70	0.038641438	1.07
34	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.31	2.28	0.00	0.14	0.88	0.11	0.98	0.00	0.98	0.602774073	0.59	28.29	0.037761886	1.07
35	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.31	2.28	0.00	0.14	0.89	0.11	0.99	0.00	0.99	0.593866081	0.59	28.88	0.036933630	1.07
36	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.31	2.28	0.00	0.14	0.89	0.11	1.00	0.00	1.00	0.585089735	0.59	29.46	0.036152396	1.07
37	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.31	2.28	0.00	0.14	0.90	0.11	1.01	0.00	1.01	0.576443089	0.58	30.04	0.035414367	1.06
38	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.31	2.28	0.00	0.14	0.91	0.11	1.02	0.00	1.02	0.567924226	0.58	30.62	0.034716133	1.06
39	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.31	2.28	0.00	0.14	0.92	0.11	1.03	0.00	1.03	0.559531257	0.58	31.20	0.034054630	1.06
40	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.31	2.28	0.00	0.14	0.93	0.11	1.04	0.00	1.04	0.551262322	0.57	31.77	0.033427102	1.06

２．５　Ｅ地点

Ｅ地点に関する在来設計と簡易発電システムによる設計を実施し，両者を比較することで簡易発電システムによるコストダウンを確認する。

２．５．１　地点概要

Ｅ地点は下水処理場から河川へ放流される処理水を発電に有効利用するものであり，放流暗渠において約 10mの落差を見込んでいる。発電電力は施設のベース電源として利用できる。

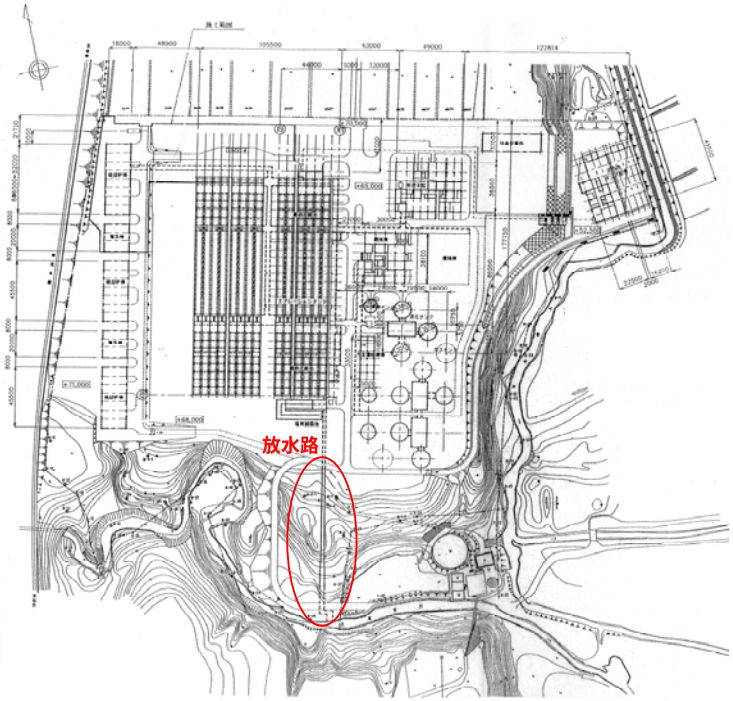
下水処理場の諸元を資料表 4－44 に示す。また，資料図 4－23 に現況図を示す。

資料表 4－44　既設備諸元

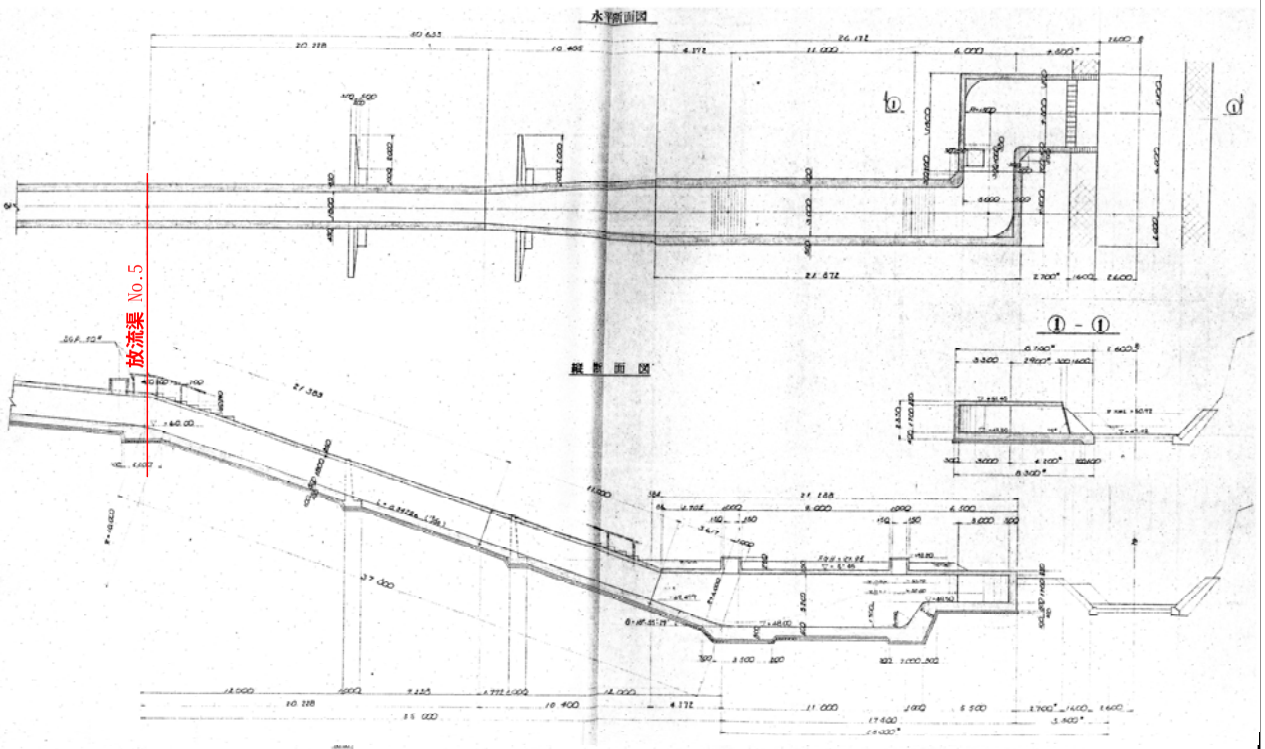
項　　目	下水処理場
位　　置	岩手県
処　理　能　力	88,900m^3／日最大（全体計画） 48,300m^3／日最大（認可計画） 23,000m^3／日最大（H14 年度） 34,100m^3／日最大（土木施設）
処　理　方　式	標準活性汚泥法
供　用　開　始	昭和 62 年 4 月
放　　水　　路	約 130.00 m （蓋渠 1.8m×1.8m）
放 水 路 敷 高	EL 63.90 m（始点） EL 49.50 m（終点）
河 川 洪 水 位	EL 50.72 m
備　　考	S62 年の供用開始以降, 流入水量の増加にあわせて増設を実施。

E 地点

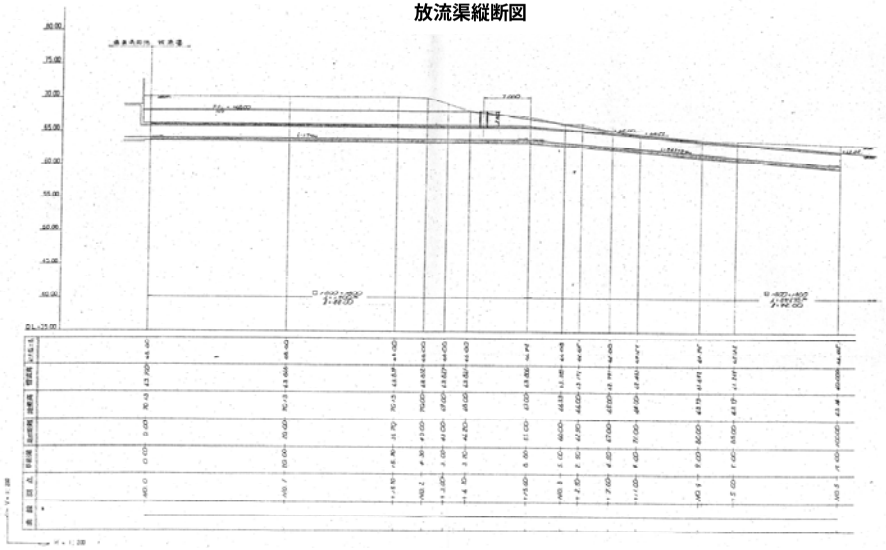
全体平面図

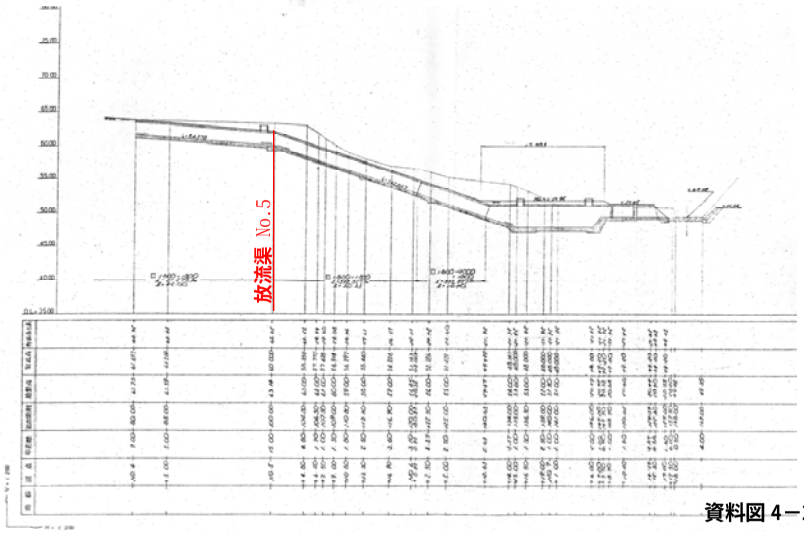


放流渠構造図



放流渠縦断図





資料図 4－23　E 地点現況図

２．５．２　在来設計

(1) 発電計画の概要

本発電計画は，下水処理場の放水路に着目し，そこに存在する約 10mの未利用落差を利用して発電するものである。

本計画の立案に対しては，下水処理場構内であり，地形的にも制約条件がほとんど無い。

(2) 流　況

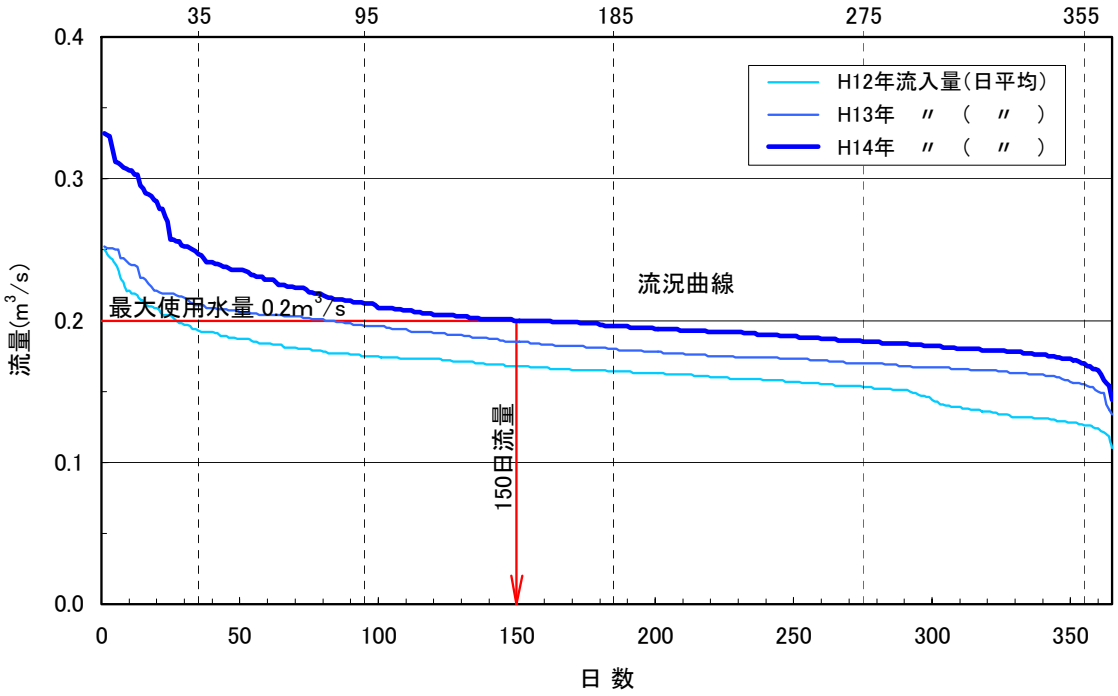
Ｅ地点の下水処理場への流入量は，資料表 4－45 に示す H12～14 年の日流入量の資料より，年々増加傾向にある。また、H12～14 年の流況は資料図 4－24 のとおりであり、H14 年における平均流入量は 0.205（m^3/s）であるが，下水処理場への流入量は資料図 4－25 に示すように時間帯による変化が大きく，放流量も同様の変化があると考えられる。

なお，下水道処理場は現行の処理能力（23,000m^3/日）を段階的に拡張する計画もあるが，ケーススタディにおいては現状の放流実績を勘案して発電計画を行うものとする。なお，放流暗渠の流下能力は 341,000m^3/日であり，土木施設の規模としては十分に余裕がある。

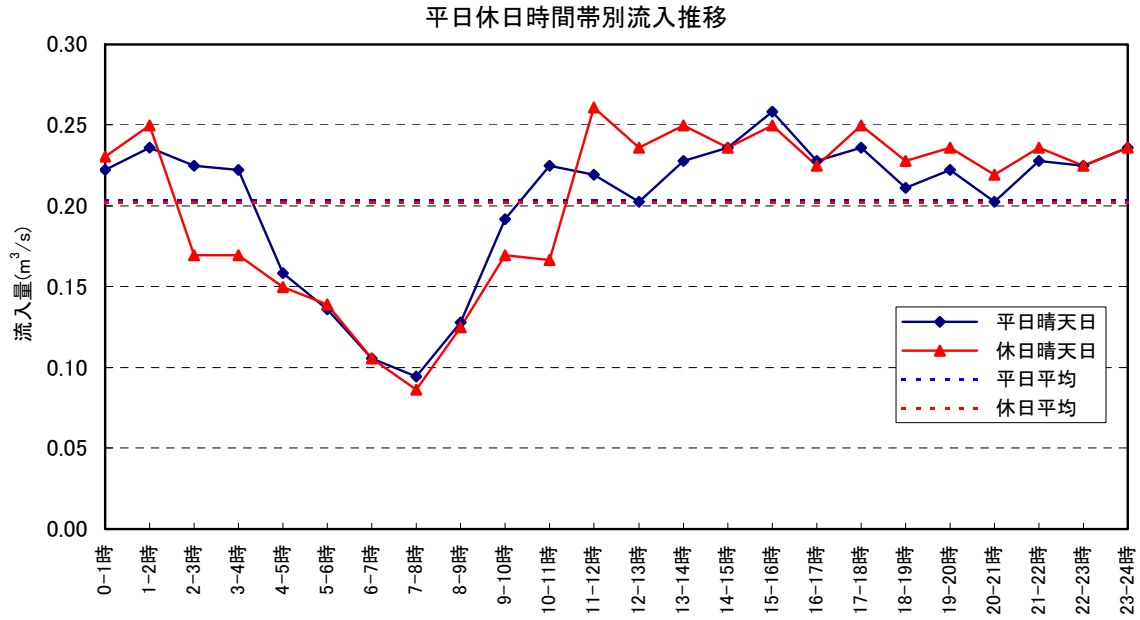
資料表 4－45　下水処理場からの放流状況

（単位：m^3/s）

年	最大流量	35日流量	豊水量（95日）	平水量（185日）	低水量（275日）	渇水量（355日）	最小流量	年平均流量
H12	0.250	0.193	0.175	0.164	0.153	0.126	0.110	0.165
H13	0.252	0.211	0.196	0.180	0.170	0.155	0.134	0.184
H14	0.332	0.247	0.212	0.196	0.185	0.170	0.144	0.205
平均	0.278	0.217	0.194	0.180	0.169	0.150	0.129	0.185



資料図 4－24　流況図

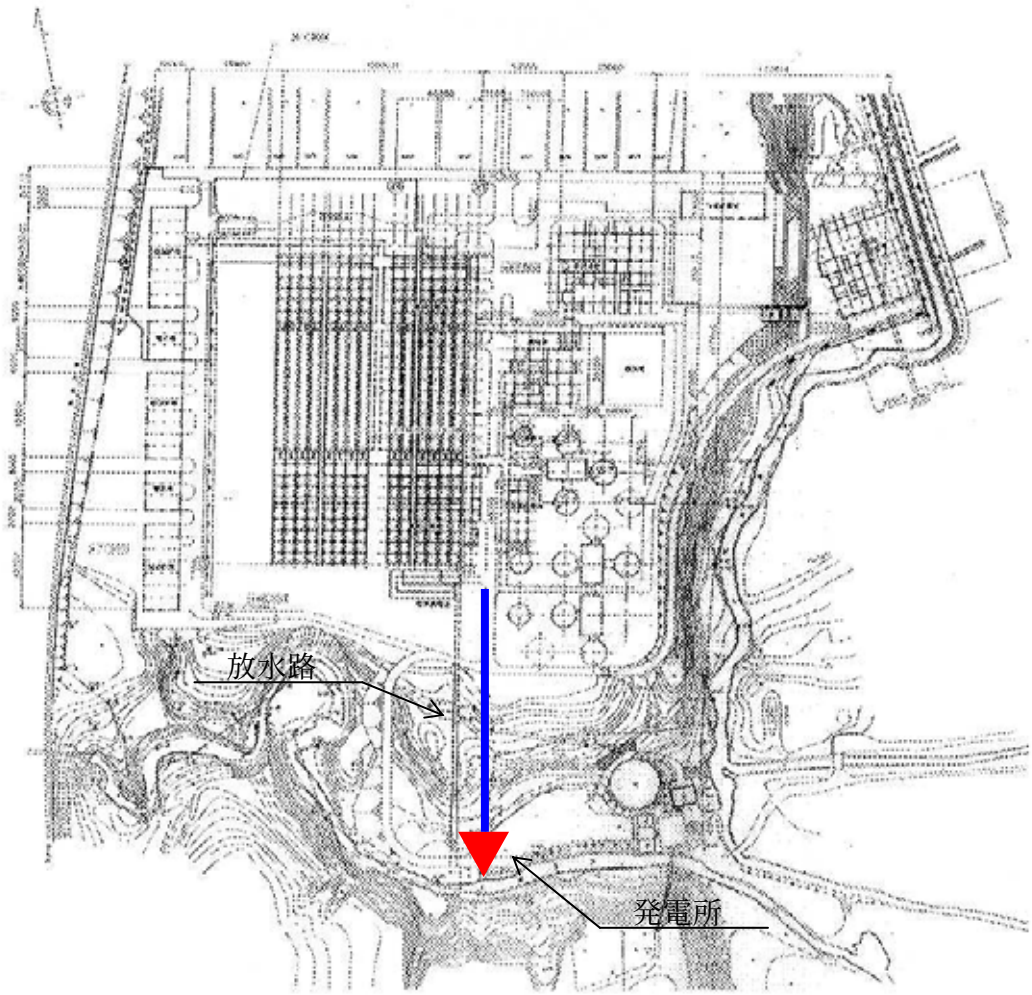


※発電計画で対象とするのは処理後の流量であるが，放流量は流入量と同様のパターンを示すものと想定した。

資料図 4－25　下水処理場への時間帯別流入推移（標準パターン）

(3) レイアウト

特に制約条件がないので，放水路に沿って水圧管路を布設するものとする。レイアウト案を資料図 4－26 に示す。



資料図 4－26　在来設計レイアウト

(4) 最大取水量

本地点の最大使用水量は，下水処理場の H14 年の平均放流量を採用し 0.20m^3/s とする。

なお，資料図 4－25 に示す時間帯別流入の推移を見ると，平均的に考えて，1 日のうち約 16 時間（2/3）は最大取水量が取水可能になるものと考えられる。

(5) 主要工作物概略設計

E 地点在来設計による、計画図面を資料図 4－27 に示す。

a　取水施設

取水施設については，まず，下水放水路本体に越流堰を設け，放水路の水位を維持するものとする。そして，下水放水路に直接水圧管路を接続する。

このとき，下水放水路に設ける越流堰の天端標高は，下水放水路の最大放流量を 0.5m³/s と仮定し，この最大放流量が流下できる高さとして設定した。その結果，越流堰の天端標高は EL65.20mとなり，この標高が取水位にも相当する。

なお，塩素混和池から下水放水路への越流標高は EL65.50mであり，取水位を EL65.20mとすることによる背水の影響はないと考えられる。また，越流堰より上流側の水路容量を考えると，通常ヘッドタンクに必要とする容量を満足している。したがって，ヘッドタンクは省略するものとした。

さらに，対象が下水処理水であり，処理施設から放水路までの間において土砂等が流入することはほとんどないと考えられるので，沈砂池についても省略することとした。

b　水圧管路

水圧管路については一般的な FRP(M)管を用い，取水地点から発電所までは直接水圧管路で導水するものとした。

管径については，管内流速を 2～5m 程度にするものとしてφ300mm とした。

管内流速ｖ＝0.2÷（0.3^2×π÷4）＝2.8m/s　；OK

c　発電所

放水位は発電所予定地点の標高から EL 50.000 とした。したがって，総落差は

総落差＝65.200-50.000=15.200m

となる。

発電所については半地下形式とし，水車，発電機を設置するピットを設けるものとした。また，建屋については，水車，発電機および制御版等の収容スペースを確保するものとした。

d　電気機械設備

電気機械設備の基本的設計手法にもとづき，以下の通り概略設計する。

有効落差 11.15m，最大使用水量 0.2m³/s の水理諸元から，水車の選定は「水車形式選定図」より，横軸固定羽根プロペラ水車，ポンプ逆転水車，クロスフロー水車が適用可能であるが，当該地点は日間変流量特性を有しており，低水量時は最大使用水量の 40%にまで低下する。このため，部分負荷域における水車効率低下が懸念

される。

横軸可動羽根プロペラ水車の選定を検討したところ，最大使用水量 0.2㎥/s では，その特性からランナベーン最小開度時の流量が 80%程度であり，可動羽根化の効果が期待できないことが判明し，在来設計と同様にクロスフロー水車を選定することにした。回転速度は JEC-4001「水車およびポンプ水車」の比速度限界以内となるように，500min^{-1}に設定した。

発電機はＡ～Ｄ地点と同様に，一般的に採用実績が多く，構造も簡単で保守性の優れた誘導発電機を選定した。なお，水車，発電機の総合効率を 0.629 と想定し，発電所出力を 13.5kW に設定した。

制御・保護装置もＡ～Ｄ地点と同様に，一体型制御盤とし，電気設備技術基準および系統連系技術要件ガイドラインに準じた保護装置を考慮した。

系統連系については，当該地点が下水処理場構内であり，既設 420V 受電盤への連系とすることから，逆潮流無しの低圧連系とした。その他付属設備としては，流水遮断機能を有した入口弁，水位計を設置する。

電気機械設備に関する詳細は，水車形式選定図を資料図 4－29，仕様諸元表を資料表 4－50，単線結線図を資料図 4－30(1)，電気機械設備工事費を資料表 4－54 に示す。電気機械設備工事費は，昨年度試算からコストダウンを図った。

(6) 発電電力量

発電電力量の算定は，H14 年の下水処理場へ流入データを用い，日流入量（m^3/d）を毎秒平均（m^3/s）に換算した。実際には発電使用水量は浄化処理後の放流量であるが，下水処理場への流入量が概ね放流量であることを前提条件としている。また，流量の日間変動については，資料図 4－25 に示した標準的な流量変動を考慮して電力量計算を行った。

最大出力は総合効率を 0.62 と仮定して，以下のとおりとなる。

$$P_{max}=9.8\times11.15m\times0.20m^3/s\times0.62 \quad 13.5\ kW$$

年間可能発電電力量は，毎日の電力量計算を行い資料表 4－46 に示すとおり 108.4 MWh となる。

資料表 4－46　電力量計算

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
発電電力量 (MWh)	8.91	8.14	9.09	8.69	9.16	8.92	9.52	9.57	8.92	9.34	9.03	9.11	108.40
設備利用率 (%)	89	90	91	89	91	92	95	95	92	93	93	91	92

(7) 概算工事費

概算工事費の算定は，基本的に『発電計画工事費積算基準』に準拠した。計算の詳細は後述の資料表 4－9 に示す。

計算の結果，在来設計による概算工事費は 54.0 百万円となった。また，建設単価は 498 円/kWh となる。

２．５．３　簡易発電システム発電計画

(1)　発電計画の概要

本発電計画については，基本的に在来設計に準じるものとする。

(2) 流　況

在来設計と同条件で計画を立案する。

(3) レイアウト

在来設計と同様に，下水放水路に沿ったルートを設定する。

したがって，基本的なレイアウトは在来設計に準じるものとする。

(4) 最大取水量

在来計画と同様に最大取水量を 0.20m^3/s とする。

(5) 主要工作物概略設計

E 地点簡易発電システムによる、計画図面を資料図 4－28 に示す。

a　取水施設

取水施設については，下水道水利施設であることから資料表 4－47 に示す形式が候補となる。それぞれの形式の特性を考慮して，本ケースでは在来設計と同様に，下水放水路に越流堰を設けて直接水圧管路を接続するものとした（横取り形式）。

なお，取水位は在来設計と同様に EL 65.20mである。また，越流堰については簡易な角落し方式とする。

資料表 4－47　取水設備の選定

取水設備	対応の概要	問題点等	評価
水クッション	放水路（斜路）の末端で取水する。	有効な落差を使用できない。	他案に比べて経済性に劣る。
横取り	水路の側壁を一部開削して取水口を設ける。	特に問題はない。	経済瀬，施工性に優れる。　⇒ [採用]
バースクリーン	水路の一部を改造し，チロリアン形式のバースクリーンと導水路を設ける。	水路内に堤体の改造が必要となる。導水路を開水路とする場合，有効落差が小さくなる。	他案に比べて経済性に劣る。
水路落差	斜路式の法水路なので，適用は難しい。	適用は難しい。	[対象外]
ゲートバルブ	ゲートが存在しないので，適用できない。	適用できない。	[対象外]
サイフォン	放水路の上端部にサイフォン管を設置する。	管路が長くなる分，有効落差が小さくなる。運用が複雑となる。	横取方式に比べて運用面に劣る。

b　**水圧管路**

水圧管路の管径については在来設計と同様にφ300㎜とした。

次に，管路の材質については，有効落差が約 10mの下水放水路であり，現地状況から埋設管とすることも可能であるので，硬質塩化ビニル管をふくめて資料表 4－48 に示す管材を候補とする。それぞれの管材の特性を考慮して，本ケースでは硬質塩化ビニル管を採用することとした。

なお，凍結防止を考慮して，60㎝（凍結深）以下の深さに埋設することとした。

資料表 4－48　水圧管路（Φ300㎜）管材の選定

管　材	管材の特性	問題点等	評価
硬質塩化ビニル管	比較的軽量，施工性に優れる。耐食性に優れる。	露出管とする場合，紫外線によって劣化する。	埋設とすることで，経済性，施工性から有利となる。　⇒ [採用]
ポリエチレン管	比較的軽量，施工性に優れる。耐衝撃性，耐食性,耐候性に優れる。	資材費が比較的高い。	経済性の面で他案に劣る。
耐圧ポリエチレンリブ管	比較的軽量，施工性に優れる。耐衝撃性，耐食性,耐候性に優れる。	硬質塩化ビニル管に比べて資材費が高い。	経済性の面で硬質塩化ビニル管に劣る。
遠心力鉄筋コンクリート管	耐久性，耐食性，耐候性に優れる。	重量が重い。	経済性・施工性の面で他案に劣る。

c　**発電所**

放水位は在来設計と同様に EL 50.000 とした。総落差も同様に

総落差＝65.200-50.000=15.200m

となる。

発電所については地上形式とし，水車，発電機を設置するピットを設けるものとした。また，建屋については省略するものとした。

d　電気機械設備

電気機械設備の基本的設計手法にもとづき，以下の通り概略設計する。

在来設計と水圧管路材質が異なることにより，有効落差が 0.53m 変化し，11.68m となるが，最大使用水量 0.2m^3/s は変化しないため，在来設計に比べて大きな水理諸元の変更ではない。このため，水車は在来設計と同じクロスフロー水車，回転速度 500min^{-1}に設定した。また，付属装置として流水遮断機能を有した入口弁，水位計を設置する部分は在来設計と同様である。

発電機はＢ～Ｄ地点と同様に，風力発電で実績の多い永久磁石発電機＋逆変換装置システムを選定した。ここで，水車，発電機の総合効率を 0.611 と想定し，発電所出力は 14kW に設定した。なお，永久磁石発電機は標準品として出力別に製品化されたものがラインナップされており， 18.5kW 定格をそのまま適用する。

制御・保護装置もＢ～Ｄ地点，在来設計と同様に汎用 PLC（パワーコンディショナ盤）を採用し，コストダウン化を図った。また，電気設備技術基準および系統連系技術要件ガイドラインに準じた保護装置を考慮している。

系統連系は在来設計と同様に，既設 420V 受電盤への連系とすることから，逆潮流無しの低圧連系とした。

電気機械設備に関する詳細は，水車形式選定図を資料図 4－29，仕様諸元表を資料表 4－50，単線結線図を資料図 4－30(2)，電気機械設備工事費を資料表 4－54 に示す。電気機械設備工事費は，昨年度試算からコストダウンを図った。

(6) 発電電力量

在来案と同様の仮定のもと，年間可能発電電力量を計算した。

最大出力は総合効率を 0.61 と仮定して，以下のとおりとなる。

$$Pmax = 9.8 \times 11.68m \times 0.20m^3/s \times 0.61 \quad 14.0\ kW$$

年間可能発電電力量は，毎日の電力量計算を行い資料表 4－49 に示すとおり 110.3 MWh となる。

資料表 4－49　電力量計算

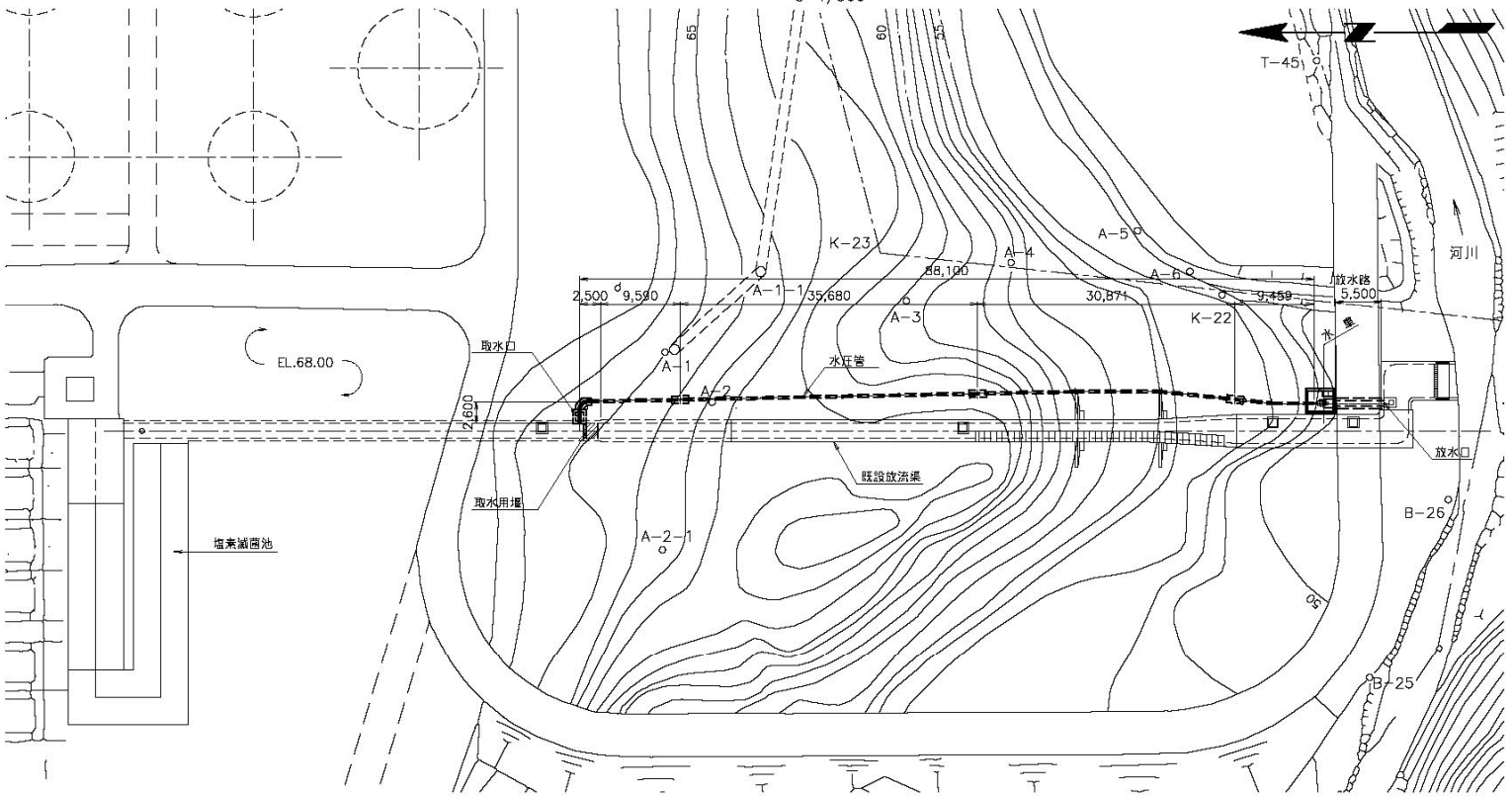
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
発電電力量 (MWh)	9.00	8.25	9.22	8.79	9.32	9.08	9.75	9.81	9.09	9.53	9.22	9.25	110.31
設備利用率 (%)	86	88	89	87	90	90	94	94	90	92	92	89	90

(7) 概算工事費

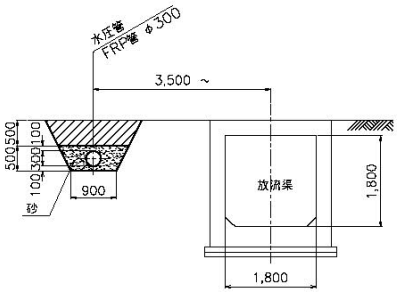
概算工事費の算定は，基本的に『発電計画工事費積算基準』に準拠した。計算の詳細は後述の資料表 4－52 に示す。

計算の結果，簡易発電システムによる概算工事費は 38.3 百万円となった。また，建設単価は 347 円/kWh となる。

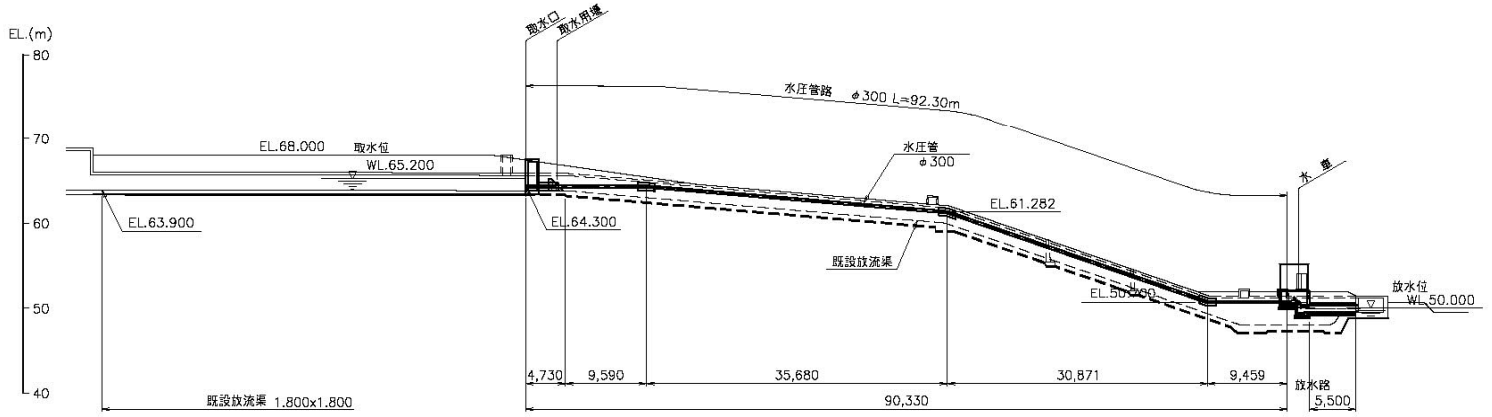
平 面 図 S=1/300



標 準 断 面 図 S=1/50



縦 断 面 図 S=1/300



資料図 4－27(1)

E 地点 一般平面図・縦断面図

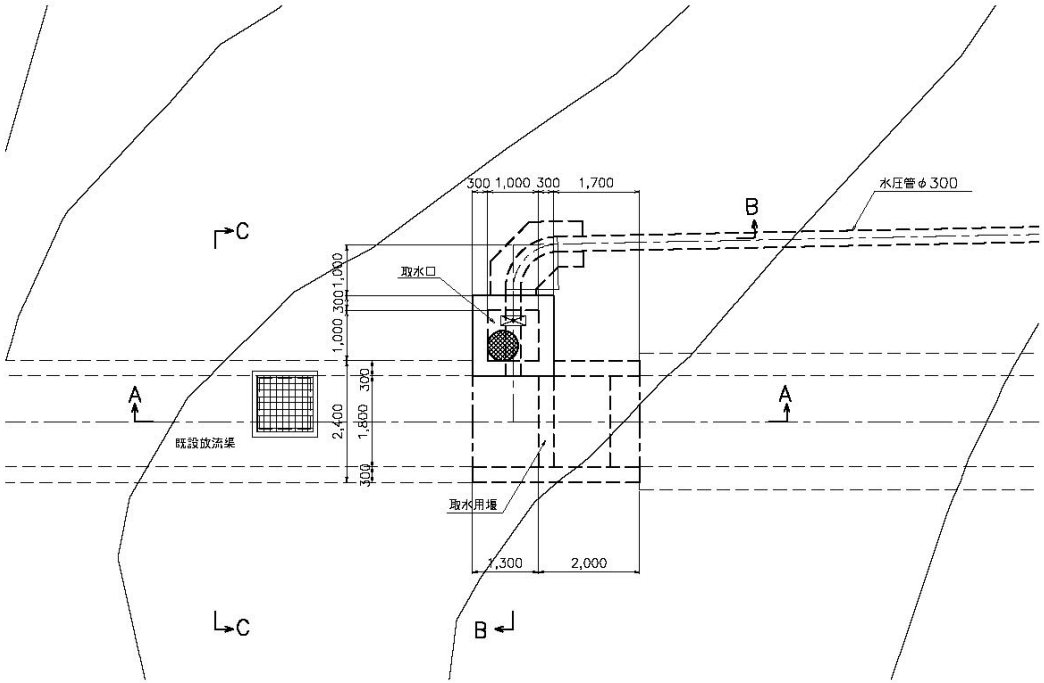
（在来設計）

0 30m （平面図・縦断面図）

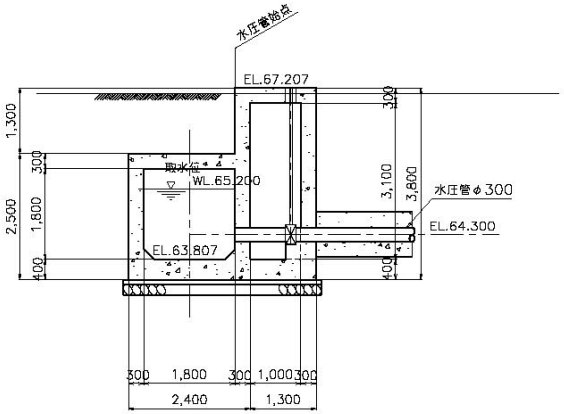
0 5m （標準断面図）

業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうちケーススタディ基本検討他業務		
位置	岩手県		
水系			
図面名称	E地点 一般平面図・縦断面図（従来設計）		
縮尺	図示	図番	1
作成日	平成16年 月		
財団法人 新エネルギー財団			

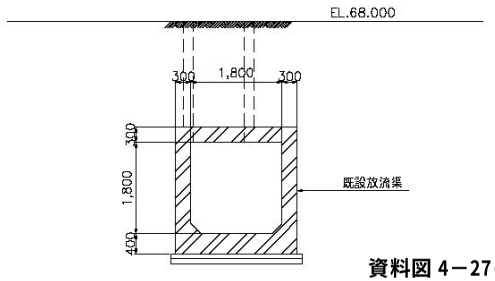
平　面　図



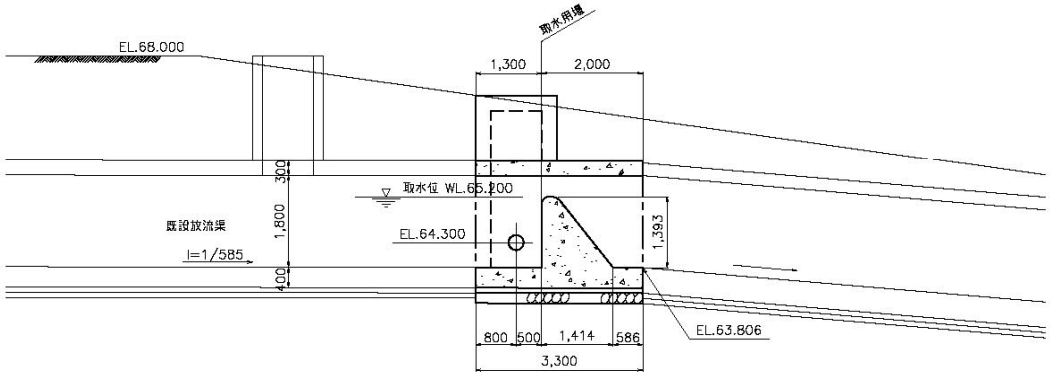
B － B 断面図



C － C 断面図



A － A 断面図

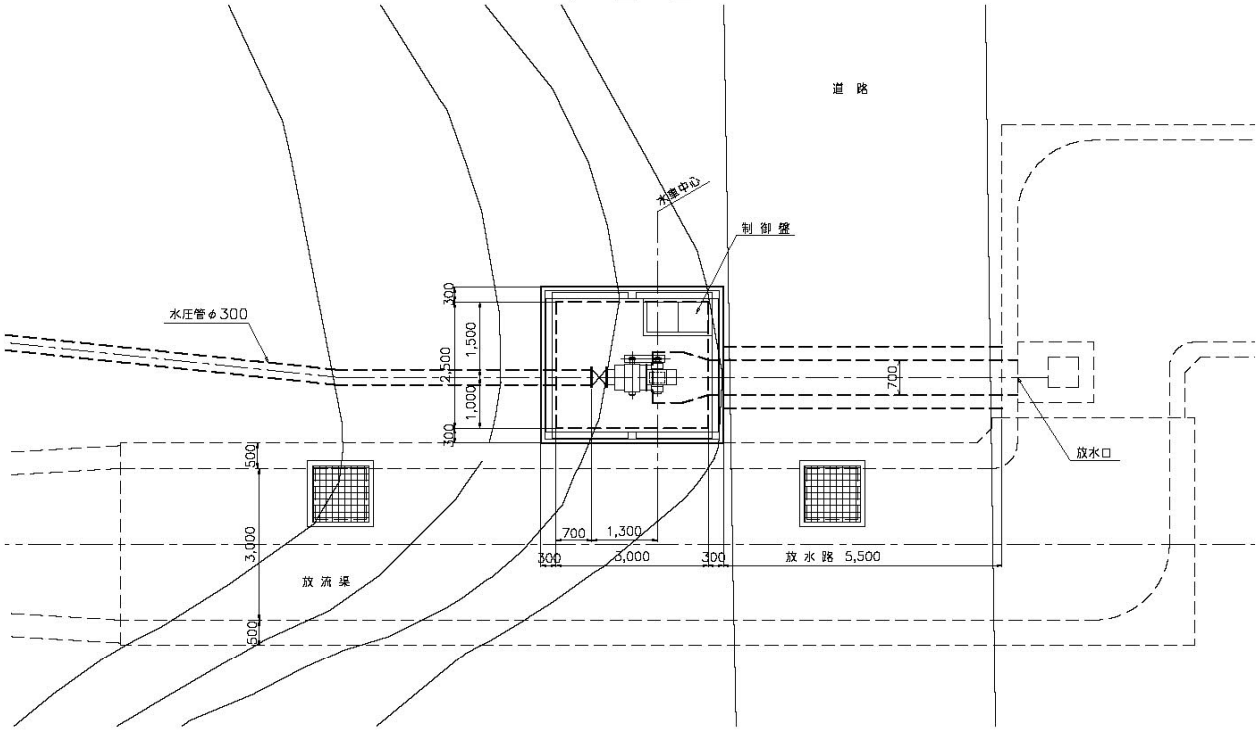


資料図 4－27(2)
E 地点 取水口構造図
（在来設計）

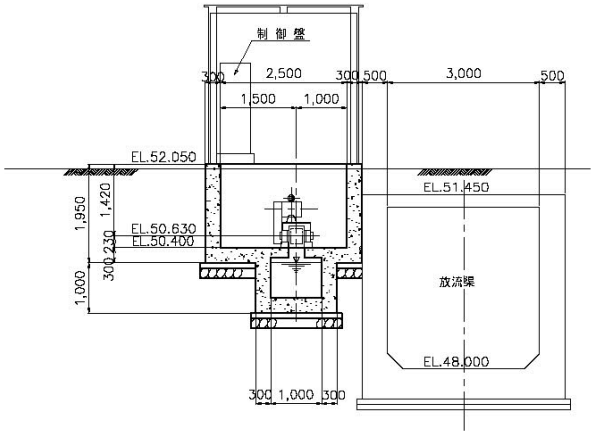
0　5m

業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうちケーススタディ基本検討他業務		
位置	岩手県		
水系			
図面名称	E地点　取水口構造図（従来設計）		
縮尺	1/50	図番	2
作成日	平成16年　月		
財団法人　新エネルギー財団			

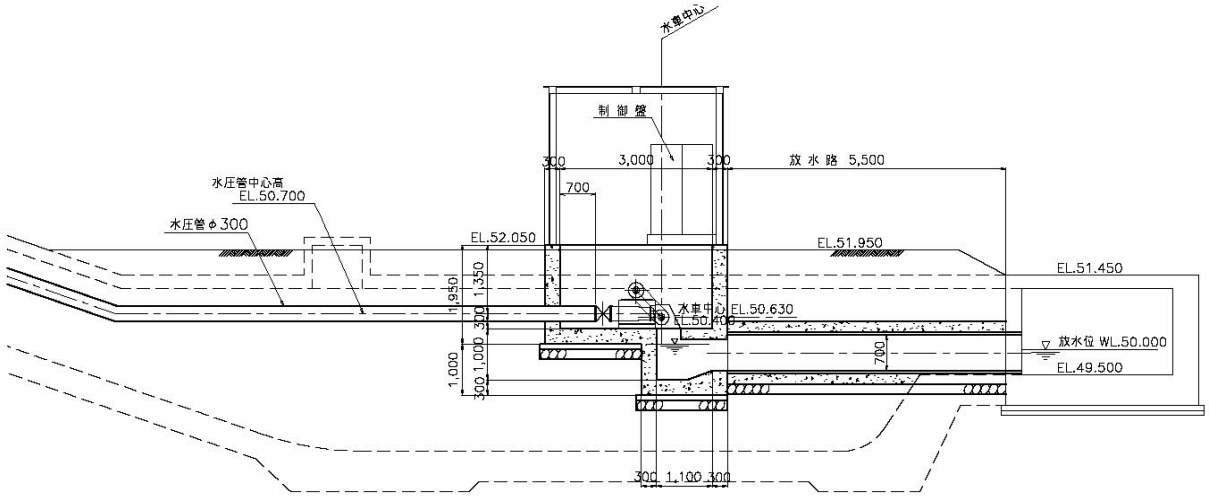
平面図



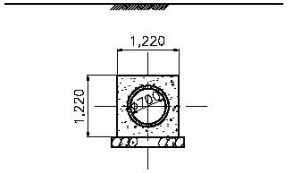
横断面図



縦断面図



放水路標準断面図

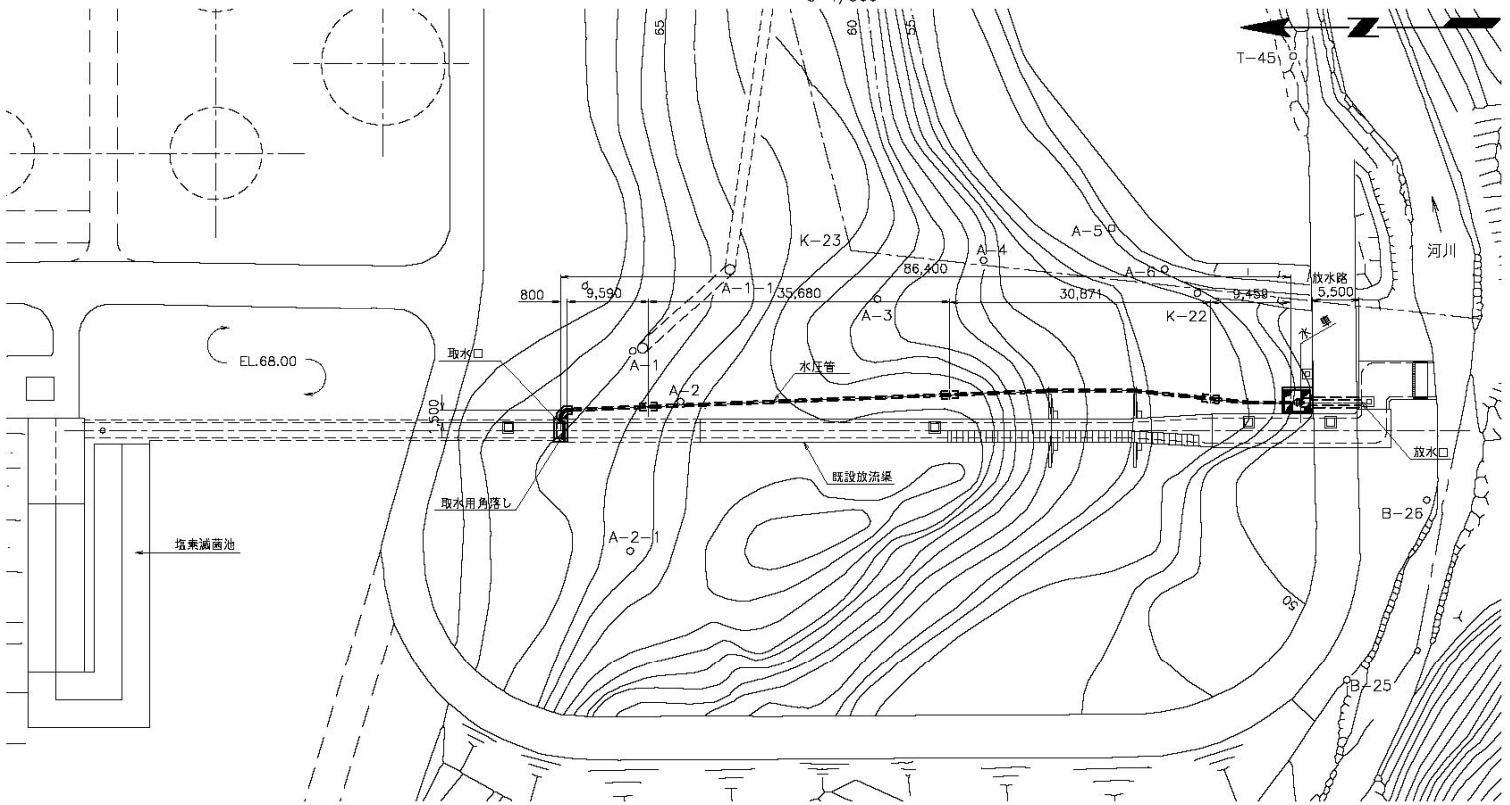


資料図4－27(3)
E地点 発電所構造図
（在来設計）

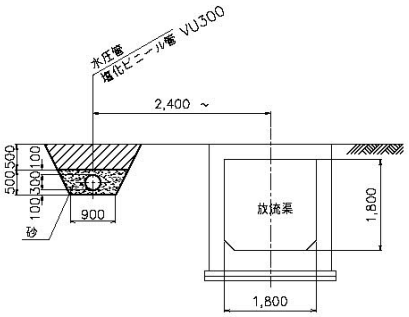
0　5m

業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうちケーススタディ基本検討他業務		
位置	岩手県		
水系			
図面名称	E地点 発電所構造図 （従来設計）		
縮尺	1/50	図番	3
作成日	平成16年　月		
財団法人 新エネルギー財団			

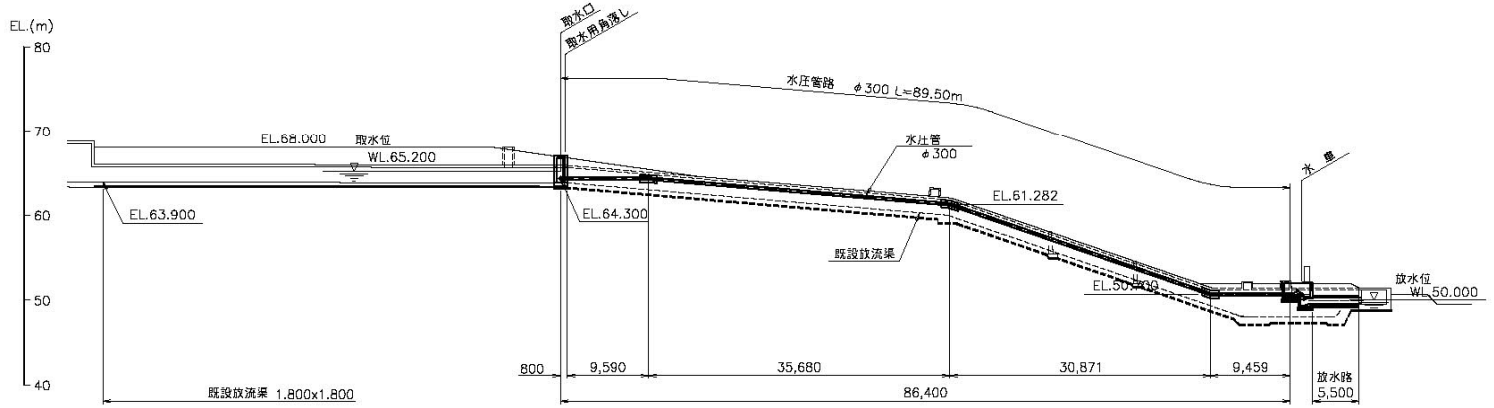
平 面 図 S=1/300



標 準 断 面 図 S=1/50



縦 断 面 図 S=1/300



資料図 4－28(1)

E 地点 一般平面図・縦断面図

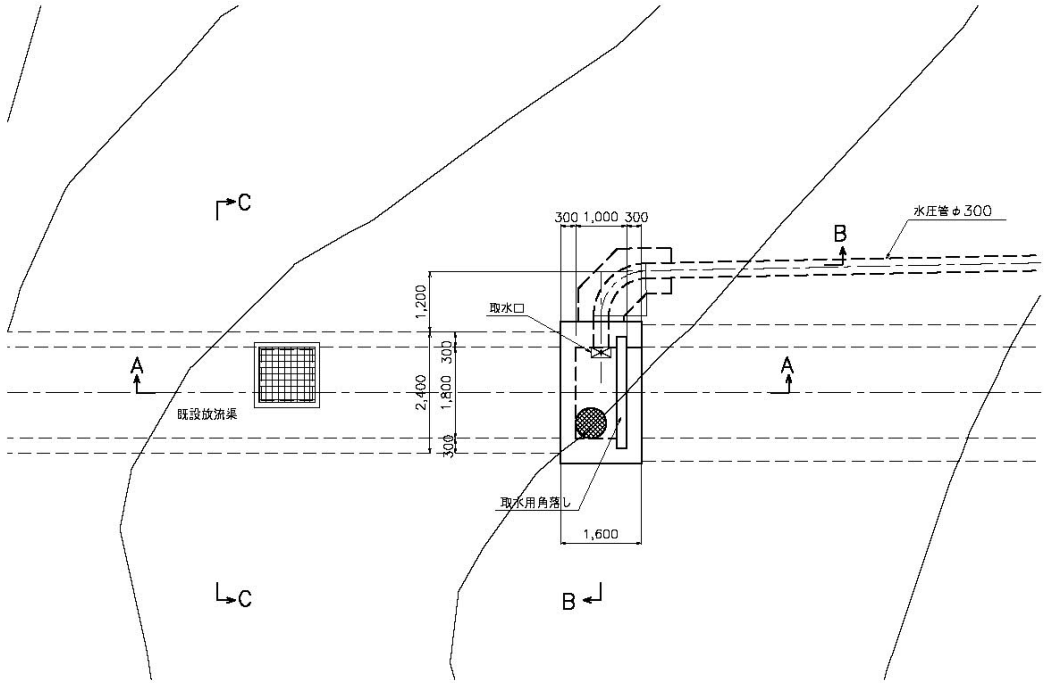
（簡易発電システム）

0 30m （平面図・縦断面図）

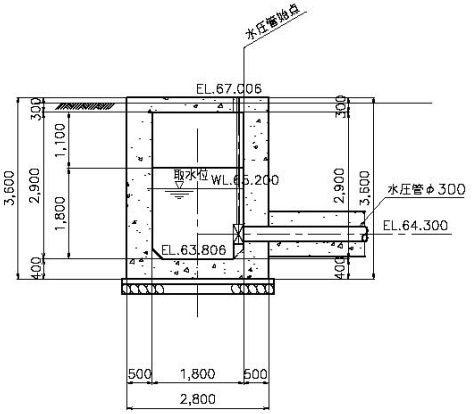
0 5m （標準断面図）

業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうちケーススタディ基本検討他業務		
位置	岩手県		
水系			
図面名称	E地点 一般平面図・縦断面図（簡易発電システム）		
縮尺	図示	図番	4
作成日	平成16年 月		
財団法人 新エネルギー財団			

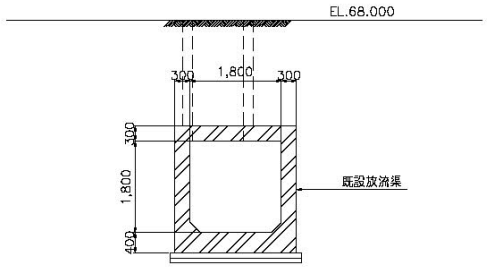
平　面　図



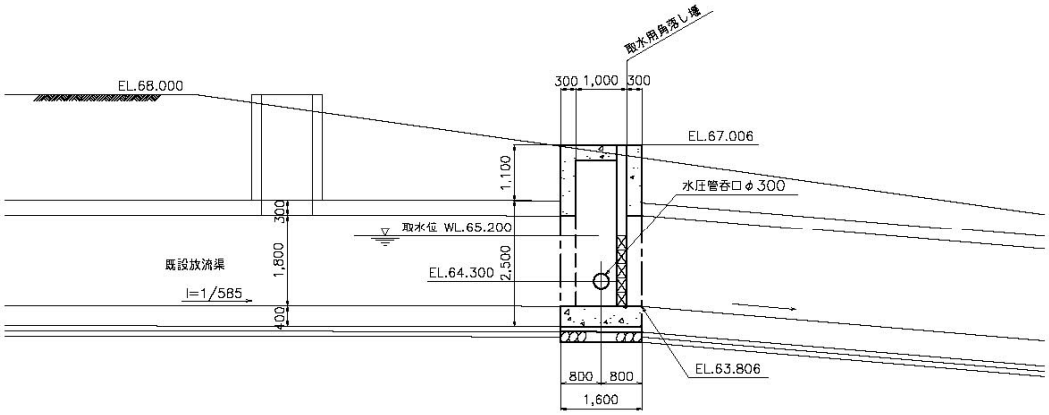
B － B 断面図



C － C 断面図



A － A 断面図

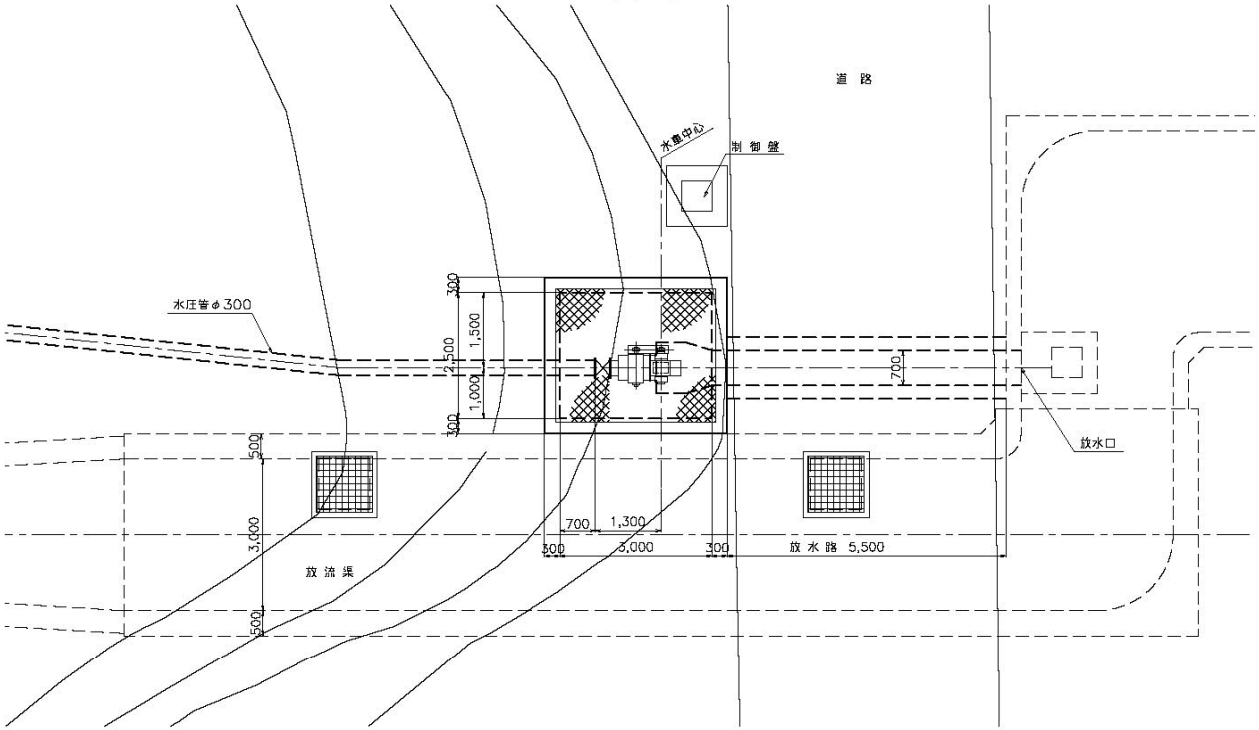


資料図 4－28(2)
E 地点 取水口構造図
（簡易発電システム）

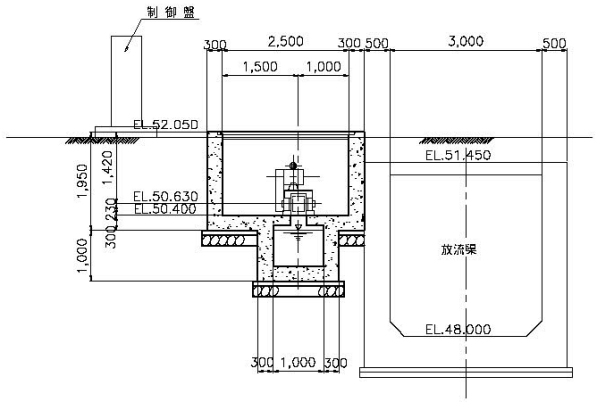
0　5m

業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうちケーススタディ基本検討他業務		
位置	岩手県		
水系			
図面名称	E地点　取水口構造図（簡易発電システム）		
縮尺	1/50	図番	5
作成日	平成16年　月		
財団法人　新エネルギー財団			

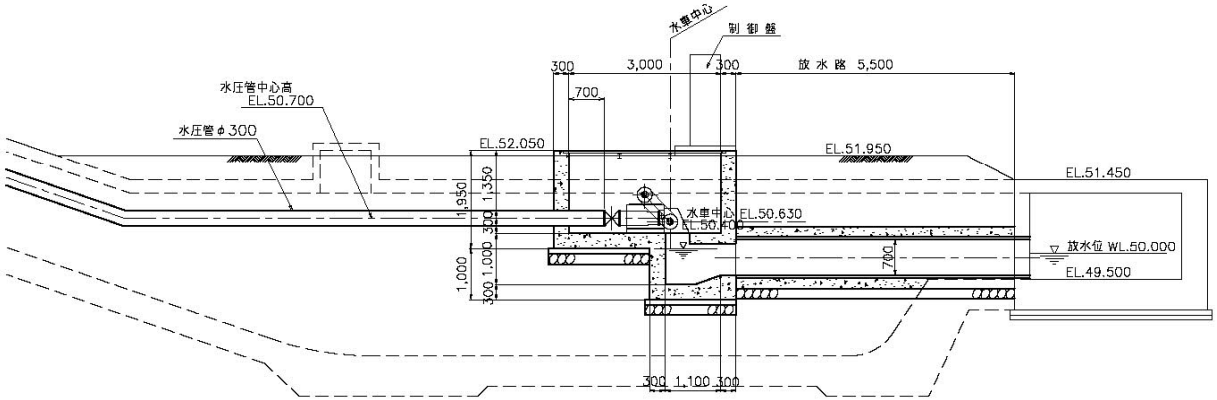
平面図



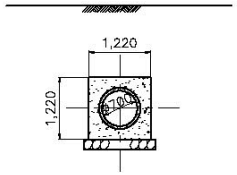
横断面図



縦断面図



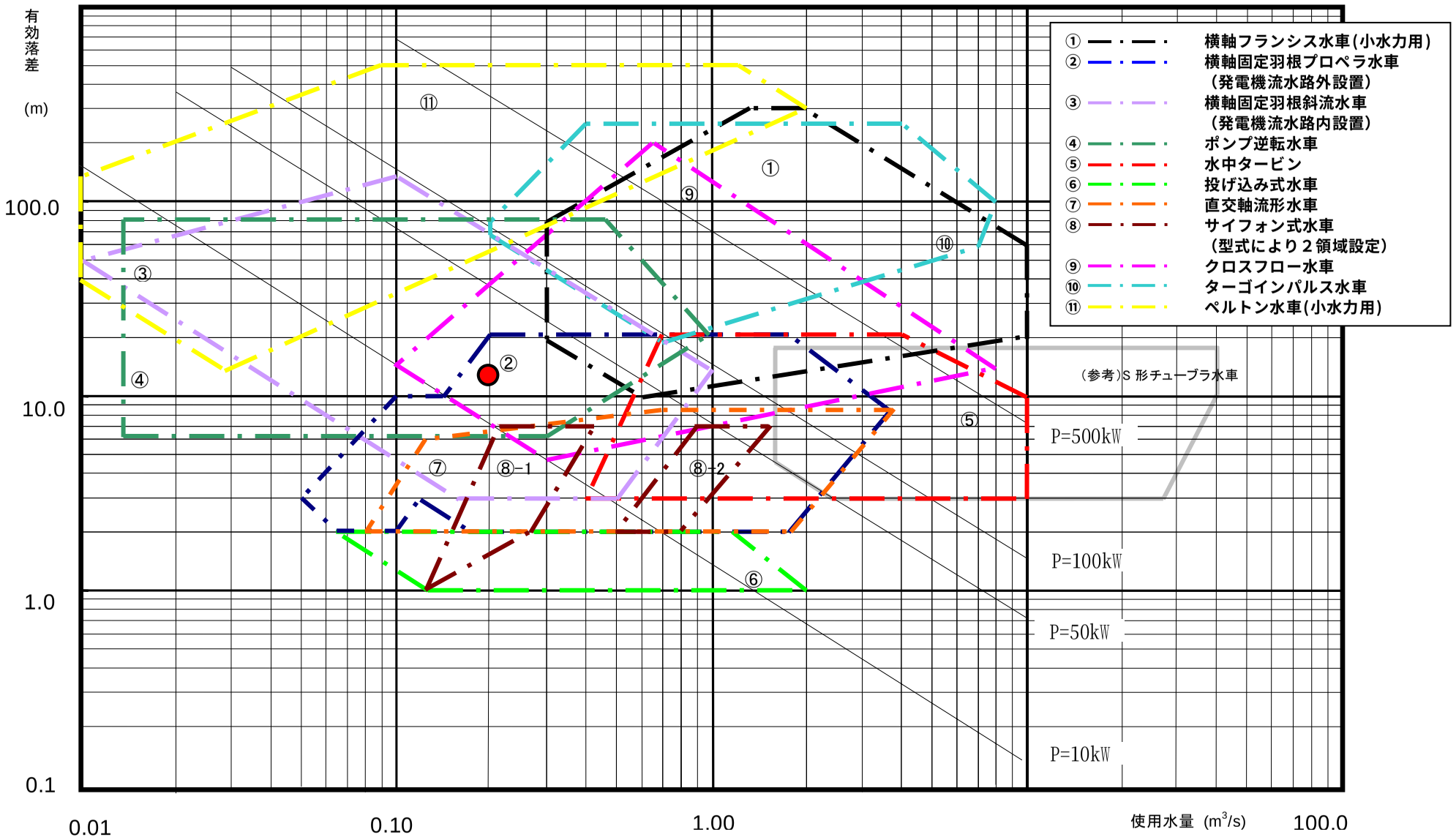
放水路標準断面図



資料図4－28(3)
E地点 発電所構造図
（簡易発電システム）

0　5m

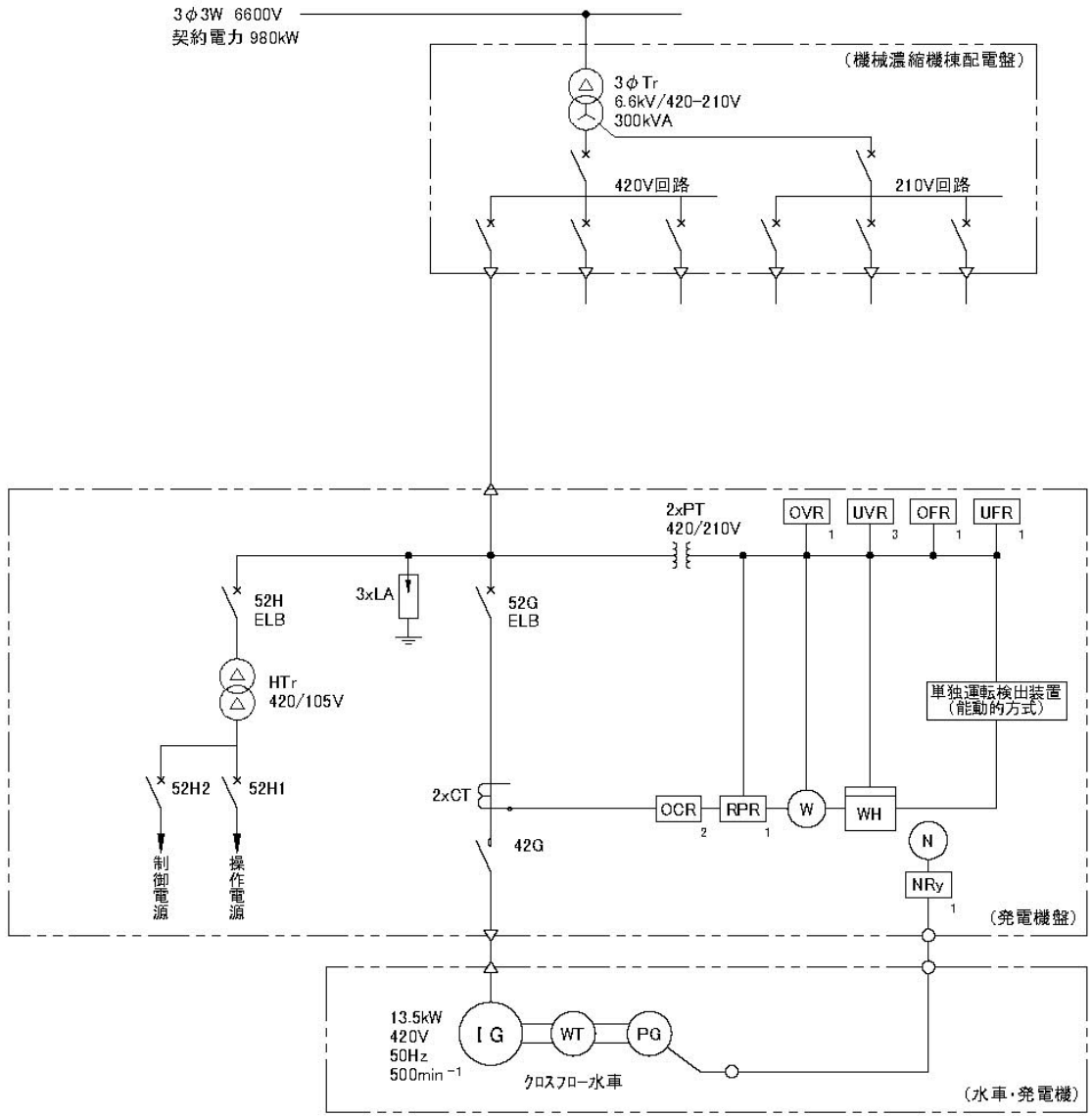
業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務
位置	岩手県
水系	
図面名称	E地点 発電所構造図 （簡易発電システム）
縮尺	1/50　図番 6
作成日	平成16年　月
財団法人　新エネルギー財団	



資料図 4－29　水車選定図

資料表 4－50　電気仕様諸元表

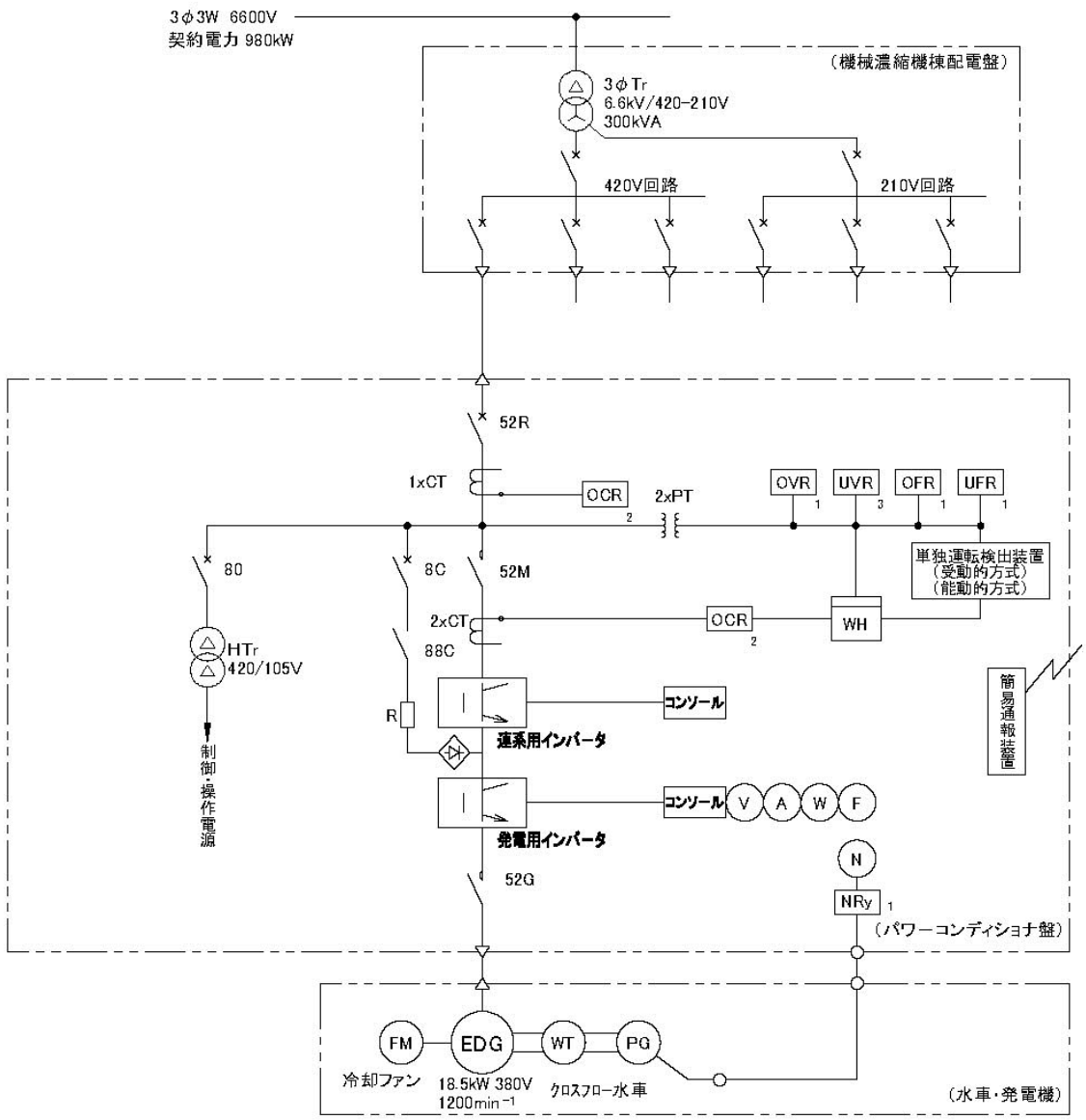
項目			在来設計	簡易発電システム	選定理由等
水理諸元	取水位	EL-m	65.2		
	放水位	EL-m	50.0		
	静落差	m	15.2		
	有効落差	m	11.15	11.68	横越流取水
	最大使用水量	m^3/s	0.2		日間変流量有り(低水時0.08m^3/s程度)
機器仕様	水車		クロスフロー水車(GV)		適用可能水車選定図，変流量による
	発電機		誘導発電機	永久磁石発電機+INV	新技術として水力へ「永久磁石発電機」を適用
	逆潮有無		無し		下水処理場内用電源(契約電力980kW，6.6kV)
	所内単独有無		無し		
	連系方式		構内低圧連系(420V)		既設受電盤(凝縮機棟)6.6/420V/210V，300kVA
	保護，制御		一体型制御盤 OVR+UVR － UFR+UPR+RPR or 単独運転検出(受動)	汎用PLC(パワーコンディショナ盤) OVR+UVR － OFR+UFR+単独運転検出(受動+能動)	「電技解釈」、「系統連系技術要件ガイドライン」による
	付属装置		重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) － 水位計 －	重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) － 水位計 簡易通報装置	簡易通報装置により，随時巡回頻度の低減を図る
	回転速度	min^{-1}	500	500(1200)	( )内は永久磁石発電機回転速度
	水車出力	kW	15.4	16.1	
	比速度	m-kW	96.3	92.9	JEC4001比速度限界90～110m-kW
	発電機容量		13.5kW(力率0.8程度)	14.0kVA(力率1.0程度)	永久磁石発電機製品定格：18.5kW
発電所出力		kW	13.5	14.0	
概算工事費		M¥	28.6	22.4	



項　目	仕　様
クロスフロー水車	15.4kW,500min⁻¹
	有効落差11.15m, 流量0.2m³/s
交流誘導発電機	13.5kW,420V,500min⁻¹,50Hz
入口弁	手動開, 重錘閉式バタフライ弁(300φ)
発電機盤	単独運転検出装置,WHM含む

資料図 4－30(1)

ケーススタディ E地点（在来設計）



項　目	仕　様
クロスフロー水車	16.1kW,500min⁻¹
	有効落差11.68m, 流量0.2m³/s
永久磁石発電機	18.5kW,380V,1200min⁻¹
入口弁	手動開, 重錘閉式バタフライ弁(300φ)
パワーコンディショナ盤	15kW,3相420V,50Hz,WHM含む
簡易通報装置	入力8点, 出力4点

資料図 4－30(2)

ケーススタディ E地点（簡易発電システム）

２．５．４　比較検討評価

(1) 建設単価の比較

在来設計および簡易発電システムの発電計画諸元を資料表 4－51 に示す。

また，概算工事費の比較表と総括表を資料表 4－52 および 4－53 に示す，

資料表 4－52 に示すように,年間可能発電電力量はほぼ同じであるが,建設単価を見ると簡易発電システムの方が 30%程度安くなっている。

在来設計と簡易発電システムでは，水圧管路の材質が大きく異なる。簡易発電システムにおいては，水圧管路に塩ビ管を採用したが，施工性に優れるため工期短縮等の施工面におけるコストダウンについても期待される。

資料表 4－51　E 地点発電計画

項　目		在来設計	簡易発電システム
発電計画	取　水　位	EL 65.20 m	
	放　水　位	EL 50.00 m	
	総　落　差	15.20 m	
	有効落差	11.15 m	11.68 m
	最大使用水量	0.20 m^3/s	
	水車・発電機効率	0.62	0.61
	最大出力	13.5 kW	14.0 kW
	年間可能発電電力量※1	108.4 MWh	110.3 MWh
設備概要	取水方式	横取取水方式(コンクリート)	横取取水方式(角落しゲート)
	水圧管路	FRP 管（φ300）	塩ビ管（φ300）
	管路延長	92.3 m	89.5 m
	管路敷設	埋　設	同　左
	発電所建屋	半地下式	省　略
	水車形式	クロスフロー水車	同　左
	発電機種類	交流誘導発電機	永久磁石発電機
	そ　の　他		

※1) 年間可能発電電力量は H14 年の流入実績を用いて算定した。日間変動については，資料図 4－25 の標準的な流入パターンを参考にして時間的な流量変化を考慮した。

資料表 4－52　E 地点概算工事費

単位：(百万円)

項　　目			工 事 費		摘　要
			在来設計	簡易発電システム	
1)	土地補償費		――	――	
2)	建物関係		3.3	――	
3)	土木関係		10.8	7.7	
	①水　路		9.2	6.2	
		a.取　水　口	3.4	2.3	
		b.沈　砂　池	――	――	
		c.導　入　路	――	――	
		d.水　　槽	――	――	
		e.余　水　路	――	――	
		f.水 圧 管 路	5.0	3.1	FRPM 管／塩ビ管φ300
		g.放　水　路	0.7	0.7	
		h.放　水　口	0.2	0.2	
		i.代替放流設備	――	――	
	②機械装置		1.6	1.5	
		j.基　　礎	1.3	1.2	
		k.諸　装　置	0.3	0.3	
4)	電気関係		28.6	22.6	クロスフロー水車
5)	仮設備費		4.3	3.0	{2}+3}+4}}×0.10
6)	総係費		6.1	4.3	{2}+3}+4}+5}}×0.13
7)	(小 計)		53.1	37.7	
8)	ダム分担金		――	――	
9)	建設中利子		0.3	0.2	7)×0.4×0.03×T/12 T:月数　T=6 ヶ月
10)	分担関連費		0.5	0.4	7)×0.01
11)	工事費(合 計)		54.0	38.3	
12)	年間可能発電電力量(MWh)		108.4	110.3	
13)	建設単価（円/kWh）		498	347	

※工事費は「発電計画工事費積算基準」に準拠し，同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。

資料表 4－53(1)　E 地点　概算工事費総括表(在来)

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費			m2			0	
(2)	建物関係		建　物	空m3	23	145,000	3,335	
(3)	土木関係						10,804	
	①水　路						9,223	
		a.取水口					3,410	
			掘　削	m3	104	5,900	614	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ取壊し	〃	10	30,000	300	
			コンクリート	〃	17	42,000	714	
			均しｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	2	42,000	84	
			鉄　筋	t	0.4	187,000	75	
			ゲート	〃	0.2	4,706,000	941	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式	1		682	上記工種計の25%
		b.沈砂池					0	
			掘　削	m3		3,800	0	
			コンクリート	〃		38,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		c.導水路					0	
		(暗渠)	掘　削	m3		4,900	0	
			コンクリート	〃		53,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			その他	式				上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式				上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3		13,100	0	
			コンクリート	〃		50,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		f 水圧管路					4,978	
			掘　削	m3	158	8,600	1,359	
			コンクリート	〃	6	46,000	276	
			鉄　筋	t	0.2	196,000	39	
			FRP(埋設)	m	92.3	26,800	2,474	φ300
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			そ の 他	式	1		830	上記工種計の20%
		g.放水路					681	
		(暗渠)	掘　削	m3	52	4,900	255	
			コンクリート	〃	6	53,000	318	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			その他	式	1		89	上記工種計の15%
		h 放水口					154	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ取壊し	m3	1	30,000	30	
			コンクリート	〃	1	42,000	42	
			鉄　筋	t	0.3	187,000	56	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			そ の 他	式	1		26	上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						1,581	
		j 基礎					1,266	
			掘　削	m3	44	8,900	392	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	12	38,000	456	
			均しｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	2	38,000	76	
			鉄　筋	t	0.7	187,000	131	
			そ の 他	式	1		211	上記工種計の20%
		k 諸装置					315	
			諸装置	式	1		315	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						28,600	クロスフロー水車
			電気工事費	式	1		28,600	
(5)	仮設備費						4,274	
			仮設備費	式	1		4,274	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			――	
			そ の 他	式			――	
(6)	総経費			式	1		6,112	((2)+(3)+(4)+(5))×13%
(7)	小計						53,125	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		319	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		531	(7)×1%
(11)	計						**53,975**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定根拠のない項目については積上げにより算出した。

資料表 4－53(2)　E 地点　概算工事費総括表(簡易)

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費			m2			0	
(2)	建物関係		建　物	空m3		0	0	
(3)	土木関係						7,702	
	①水　路						6,235	
		a.取水口					2,344	
			掘　削	m3	59	5,900	348	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ取壊し	〃	5	30,000	150	
			コンクリート	〃	9	42,000	378	
			均しｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	1	42,000	21	
			鉄　筋	t	0.2	187,000	37	
			ゲート	〃	0.2	4,706,000	941	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式	1		469	上記工種計の25%
		b.沈砂池					0	
			掘　削	m3		3,800	0	
			コンクリート	〃		38,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		c.導水路					0	
		(暗渠)	掘　削	m3		4,900	0	
			コンクリート	〃		53,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			その他	式				上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式				上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3		13,100	0	
			コンクリート	〃		50,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		f 水圧管路					3,056	
			掘　削	m3	143	8,600	1,230	
			コンクリート	〃	6	46,000	276	
			鉄　筋	t	0.2	196,000	39	
			塩ビ管	m	90	11,200	1,002	VU300 別途積上
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			そ の 他	式	1		509	上記工種計の20%
		g.放水路					681	
		(暗渠)	掘　削	m3	52	4,900	255	
			コンクリート	〃	6	53,000	318	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			その他	式	1		89	上記工種計の15%
		h 放水口					154	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ取壊し	m3	1	30,000	30	
			コンクリート	〃	1	42,000	42	
			鉄　筋	t	0.3	187,000	56	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			そ の 他	式	1		26	上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						1,467	
		j 基礎					1,243	
			掘　削	m3	27	8,900	240	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	15	38,000	570	
			均しｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	2	38,000	76	
			鉄　筋	t	0.8	187,000	150	
			そ の 他	式	1		207	上記工種計の20%
		k 諸装置					224	
			諸装置	式	1		224	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						22,600	チューブラ水車
			電気工事費	式	1		22,600	
(5)	仮設備費						3,030	
			仮設備費	式	1		3,030	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			――	
			そ の 他	式			――	
(6)	総経費			式	1		4,333	((2)+(3)+(4)+(5))×13%
(7)	小計						37,665	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		226	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		377	(7)×1%
(11)	計						**38,268**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定根拠のない項目については積上げにより算出した。

資料表 4－54　概算電気工事費総括表

在来設計

13.5 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	クロスフロー水車(15.4kW,500min-1,有効落差11.15m,流量0.2m3/s)	9,000
	発電機	交流誘導発電機(13.5kW,420V,500min-1,50Hz)	500
	入口弁	手動開,重錘閉式バタフライ弁(300φ)	1,500
	発電機盤	単独運転検出装置,WHM含む	7,050
	簡易通報装置	(該当なし)	0
	高圧連系盤	(該当なし)	0
	連系機器	(該当なし)	0
	高圧ケーブル	(該当なし)	0
	動力･制御ケーブル	一式	400
	配管材	一式	400
	諸材料	一式	560
	小計		19,410
工事費		一式	9,100
合計			28,510
			28,600

簡易発電

14 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	クロスフロー水車(16.1kW,500min-1,有効落差11.68m,流量0.2m3/s)	9,000
	発電機	永久磁石発電機(18.5kW,380V,1200min-1)	650
	入口弁	手動開,重錘閉式バタフライ弁(300φ)	1,500
	発電機盤	パワーコンディショナ盤(15kW,3相210V,50Hz),WHM含む	2,850
	簡易通報装置	入力8点,出力4点	100
	高圧連系盤	(該当なし)	0
	連系機器	(該当なし)	0
	高圧ケーブル	(該当なし)	0
	動力･制御ケーブル	一式	400
	配管材	一式	400
	諸材料	一式	440
	小計		15,340
工事費		一式	7,200
合計			22,540
			22,600

(2) 発電原価の比較

本項では，20 年間の均等化経費を算出し，年間可能発電電力量との比によって発電原価を算出して,在来設計と簡易発電システムとの比較・検討を実施した。

20 年間の均等化経費は，年次別経費率表（資料表 4－56）によって算出した。計算にあたって必要となる経費率等については,『ハイドロバレー開発計画ガイドブック』（H16.3　経済産業省資源エネルギー庁・財団法人新エネルギー財団）に記述される値を基本とし，実状を考慮して若干修正した。設定した経費率や金利，計算結果を資料表 4－55 に整理した。

建設費（補助額分を除く）については全て借入金によるものとし，金利 1.5%，20 年で返済することとした。また，事業者が県の機関であるため固定資産税は計上していないが，固定資産税相当を市町村交付金として計上することとした。

計算結果から,簡易発電システムの発電原価は 21.8 円/kWh であり，在来設計の 70%程度となっている。

資料表 4－55 発電原価の計算

	在来発電 計画	簡易発電 システム	備　　考
建設費(百万円)	54.0	45.5	
年間発電電力量(MWh)	109.0	102.2	
資本費	建設費の 70%(回収 20 年) 金利 1.5%		
人件費	建設費の 0.68%		
修繕費	建設費の 0.31% 年増加分 0.019%		
市町村交付税	税率 1.4%		固定資産税相当
その他経費	建設費の 0.31%		
一般管理費	直接費(人件費，修繕費,固定資産税, その他経費)の 12.0%		
年経費(百万円)	3.4	2.4	20 年均等化経費
発電原価(円/kWh)	31.2	21.8	

資料表 4－56(1)　発電原価計算用　年次別経費率表

地点名 ：	E 地点	従来発電計画																	
ケース ：	中小水力	条件 ：	使用水量	Q=	0.200	m^3/s	最大出力	P=	14	kW									
a. 建設費	54.00	百万円		j. 人件費		0.680	%	s.均等化経費		3.39	百万円			建設費＝	54.00	百万円			
b. 補助率	30.0	%		k. 市町村交付金率		1.400	%												
c. 初年度簿価	37.80	百万円		修繕費	l. 初年度	0.310	%	注)1.	利用助成制度	中小水力				年間発電電力量＝	108.4	Mwh			
d. 金利	1.50	%			m. 年増分	0.019	%	2.	金利	公益企業金融公庫									
e. 借入金返済期間	15	年		n. その他経費		0.310	%	3.	起債	なし				建設単価＝	498	円／kwh			
f. 据え置き年数	3	年		o. 一般管理費		12.000	%							（補助なし）					
g. 元利均等支払額	3.47	百万円		p. 割引率		1.50	%	4.	資本回収係数	$=\frac{o(1+o)^r}{(1+o)^r-1}$									
h. 残存率	10.0	%		q.耐用年数		20	年							建設単価＝	349	円／kwh			
i. 減価償却費	1.70	百万円(= a(1 - b)(1-h)/q)		r. 交付税算入率		0.000	%	5.	現価係数	$=\frac{1}{(1+o)^r}$				（補助あり）					

発電原価の計算

［補助考慮］

耐用年数＝	20	年
年経費＝	3.39	百万円
年経費率＝	6.273	%
発電原価＝	31.2	円／kwh

（単位：　百万円）

年次	簿価	借入額	元利均等支払額	元金支払分	金利（利子分）	減　価償却費	資　本経　費	修繕費	人件費	市町村交付金対象額	市町村交付金	その他経　費	直接経費	一般管理費（間接費）	経費合計	交付税算入額	実質経費合計	現価係数	現在価値	現価累計	資　本回収係数	均等化経　費
t	u	v	w	x	① (v×d)	② (i)	(①+②)	③ (al+a(t-1)m)	④ (a×j)	y	⑤ (y×k)	⑥ (a × n)	(Σ③～⑥)	⑦ (Σ④～⑥)×o	⑧ (Σ①～⑦)	z	⑧' (⑧+z)	⑨	⑩ (⑧'×⑨)	⑪ (Σ⑩)	⑫	⑬ (⑪×⑫)
1	37.80	37.80	0.57	0.00	0.57	1.70	2.27	0.17	0.37	54.00	0.76	0.17	1.46	0.17	3.90	0.00	3.90	0.985221675	3.84	3.84	1.015000000	3.90
2	36.10	37.80	0.57	0.00	0.57	1.70	2.27	0.18	0.37	51.57	0.72	0.17	1.43	0.17	3.87	0.00	3.87	0.970661749	3.76	7.60	0.511277916	3.89
3	34.40	37.80	0.57	0.00	0.57	1.70	2.27	0.19	0.37	49.14	0.69	0.17	1.41	0.17	3.85	0.00	3.85	0.956316994	3.68	11.28	0.343382960	3.87
4	32.70	37.80	3.47	2.90	0.57	1.70	2.27	0.20	0.37	46.71	0.65	0.17	1.39	0.17	3.82	0.00	3.82	0.942184230	3.60	14.88	0.259444786	3.86
5	31.00	34.90	3.47	2.94	0.52	1.70	2.22	0.21	0.37	44.28	0.62	0.17	1.36	0.16	3.75	0.00	3.75	0.928260325	3.48	18.37	0.209089323	3.84
6	29.30	31.96	3.47	2.99	0.48	1.70	2.18	0.22	0.37	41.85	0.59	0.17	1.34	0.16	3.68	0.00	3.68	0.914542193	3.37	21.73	0.175525215	3.81
7	27.59	28.97	3.47	3.03	0.43	1.70	2.14	0.23	0.37	39.42	0.55	0.17	1.32	0.16	3.61	0.00	3.61	0.901026791	3.25	24.98	0.151556165	3.79
8	25.89	25.94	3.47	3.08	0.39	1.70	2.09	0.24	0.37	36.99	0.52	0.17	1.29	0.16	3.54	0.00	3.54	0.887711124	3.14	28.12	0.133584025	3.76
9	24.19	22.87	3.47	3.12	0.34	1.70	2.04	0.25	0.37	34.56	0.48	0.17	1.27	0.15	3.46	0.00	3.46	0.874592240	3.03	31.15	0.119609823	3.73
10	22.49	19.74	3.47	3.17	0.30	1.70	2.00	0.26	0.37	32.13	0.45	0.17	1.24	0.15	3.39	0.00	3.39	0.861667232	2.92	34.07	0.108434178	3.69
11	20.79	16.57	3.47	3.22	0.25	1.70	1.95	0.27	0.37	29.70	0.42	0.17	1.22	0.15	3.32	0.00	3.32	0.848033233	2.82	36.89	0.099203844	3.66
12	19.09	13.36	3.47	3.27	0.20	1.70	1.90	0.28	0.37	27.27	0.38	0.17	1.20	0.14	3.24	0.00	3.24	0.836387422	2.71	39.60	0.091679993	3.63
13	17.39	10.09	3.47	3.31	0.15	1.70	1.85	0.29	0.37	24.84	0.35	0.17	1.17	0.14	3.17	0.00	3.17	0.824027017	2.61	42.21	0.085240357	3.60
14	15.69	6.78	3.47	3.36	0.10	1.70	1.80	0.30	0.37	22.41	0.31	0.17	1.15	0.14	3.09	0.00	3.09	0.811849277	2.51	44.72	0.079723319	3.57
15	13.99	3.41	3.47	3.41	0.05	1.70	1.75	0.31	0.37	19.98	0.28	0.17	1.13	0.14	3.01	0.00	3.01	0.799851505	2.41	47.13	0.074944366	3.53
16	12.29	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	1.70	0.32	0.37	17.55	0.25	0.17	1.10	0.13	2.93	0.00	2.93	0.788031039	2.31	49.44	0.070765078	3.50
17	10.58	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	1.70	0.33	0.37	15.12	0.21	0.17	1.08	0.13	2.91	0.00	2.91	0.776386260	2.26	51.70	0.067079657	3.47
18	8.88	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	1.70	0.34	0.37	12.69	0.18	0.17	1.05	0.13	2.88	0.00	2.88	0.764911587	2.20	53.90	0.063805782	3.44
19	7.18	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	1.70	0.35	0.37	10.26	0.14	0.17	1.03	0.12	2.85	0.00	2.85	0.753607474	2.15	56.05	0.060878470	3.41
20	5.48	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	1.70	0.36	0.37	7.83	0.11	0.17	1.01	0.12	2.83	0.00	2.83	0.742470418	2.10	58.15	0.058246736	3.39
21	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.37	5.40	0.08	0.17	0.98	0.12	1.10	0.00	1.10	0.731497949	0.81	58.96	0.055865495	3.29
22	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.37	2.97	0.04	0.17	0.96	0.12	1.07	0.00	1.07	0.720687634	0.77	59.73	0.053703315	3.21
23	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.37	2.70	0.04	0.17	0.97	0.12	1.08	0.00	1.08	0.710037078	0.77	60.50	0.051730752	3.13
24	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.37	2.70	0.04	0.17	0.98	0.12	1.09	0.00	1.09	0.699543920	0.76	61.27	0.049924102	3.06
25	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.37	2.70	0.04	0.17	0.99	0.12	1.10	0.00	1.10	0.689205832	0.76	62.03	0.048263454	2.99
26	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.37	2.70	0.04	0.17	1.00	0.12	1.12	0.00	1.12	0.679020524	0.76	62.78	0.046731960	2.93
27	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.37	2.70	0.04	0.17	1.01	0.12	1.13	0.00	1.13	0.668985738	0.75	63.54	0.045315268	2.88
28	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.37	2.70	0.04	0.17	1.02	0.12	1.14	0.00	1.14	0.659099249	0.75	64.29	0.044001076	2.83
29	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.37	2.70	0.04	0.17	1.03	0.12	1.15	0.00	1.15	0.649358866	0.75	65.04	0.042778780	2.78
30	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.37	2.70	0.04	0.17	1.04	0.12	1.16	0.00	1.16	0.639762430	0.74	65.78	0.041639188	2.74
31	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.37	2.70	0.04	0.17	1.05	0.13	1.17	0.00	1.17	0.630307813	0.74	66.52	0.040574295	2.70
32	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.37	2.70	0.04	0.17	1.06	0.13	1.18	0.00	1.18	0.620992919	0.74	67.25	0.039577097	2.66
33	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.37	2.70	0.04	0.17	1.07	0.13	1.20	0.00	1.20	0.611815684	0.73	67.99	0.038641438	2.63
34	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.37	2.70	0.04	0.17	1.08	0.13	1.21	0.00	1.21	0.602774073	0.73	68.71	0.037761886	2.59
35	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.37	2.70	0.04	0.17	1.09	0.13	1.22	0.00	1.22	0.593866081	0.72	69.44	0.036933630	2.56
36	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.37	2.70	0.04	0.17	1.10	0.13	1.23	0.00	1.23	0.585089735	0.72	70.16	0.036152396	2.54
37	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.37	2.70	0.04	0.17	1.11	0.13	1.24	0.00	1.24	0.576443089	0.72	70.87	0.035414367	2.51
38	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.37	2.70	0.04	0.17	1.12	0.13	1.25	0.00	1.25	0.567924226	0.71	71.59	0.034716133	2.49
39	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.37	2.70	0.04	0.17	1.13	0.14	1.27	0.00	1.27	0.559531257	0.71	72.29	0.034054630	2.46
40	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.37	2.70	0.04	0.17	1.14	0.14	1.28	0.00	1.28	0.551262322	0.70	73.00	0.033427102	2.44

資料表 4－5613(2)　発電原価計算用　年次別経費率表

地点名 ：	E 地点		簡易発電システム															発電原価の計算	
ケース ：	中小水力		条件 ：	使用水量	Q=	0.200	m³/s	最大出力	P=	14	kW							［補助考慮］	
a. 建設費	38.30	百万円			j. 人件費		0.680	%	s. 均等化経費	2.40	百万円			建設費＝	38.30	百万円			
b. 補助率	30.0	%			k. 市町村交付金率		1.400	%										耐用年数＝	20 年
c. 初年度簿価	26.81	百万円			修繕費	l. 初年度	0.310	%	注）1. 利用助成制度	中小水力				年間発電電力量＝	110.3	Mwh			
d. 金利	1.50	%				m. 年増分	0.019	%	2. 金利	公益企業金融公庫								年経費＝	2.40 百万円
e. 借入金返済期間	15	年			n. その他経費		0.310	%	3. 起債	なし				建設単価＝	347	円／kwh			
f. 据え置き年数	3	年			o. 一般管理費		12.000	%						（補助なし）				年経費率＝	6.273 %
g. 元利均等支払額	2.46	百万円			p. 割引率		1.50	%	4. 資本回収係数	$= \frac{o(1+o)^r}{(1+o)^r-1}$									
h. 残存率	10.0	%			q. 耐用年数		20	年						建設単価＝	243	円／kwh		発電原価＝	21.8 円／kwh
i. 減価償却費	1.21	百万円(= a(1 - b)(1-h)/q)			r. 交付税算入率		0.000	%	5. 現価係数	$= \frac{1}{(1+o)^r}$				（補助あり）					

（単位：百万円）

年次	簿価	借入額	元利均等支払額	元金支払分	金利（利子分）	減価償却費	資本経費	修繕費	人件費	市町村交付金対象額	市町村交付金	その他経費	直接経費	一般管理費（間接費）	経費合計	交付税算入額	実質経費合計	現価係数	現在価値	現価累計	資本回収係数	均等化経費
t	u	v	w	x	① (v×d)	② (i)	(①+②)	③ (al+a(t-1)m)	④ (a×j)	y	⑤ (y×k)	⑥ (a × n)	(Σ③～⑥)	⑦ (Σ③～⑥)×o	⑧ (Σ①～⑦)	z	⑧' 経費合計	⑨	⑩ (⑧'×⑨)	⑪ (Σ⑩)	⑫	⑬ (⑪×⑫)
1	26.81	26.81	0.40	0.00	0.40	1.21	1.61	0.12	0.26	38.30	0.54	0.12	1.03	0.12	2.77	0.00	2.77	0.985221675	2.73	2.73	1.015000000	2.77
2	25.60	26.81	0.40	0.00	0.40	1.21	1.61	0.13	0.26	36.58	0.51	0.12	1.02	0.12	2.75	0.00	2.75	0.970661749	2.67	5.39	0.511277916	2.76
3	24.40	26.81	0.40	0.00	0.40	1.21	1.61	0.13	0.26	34.85	0.49	0.12	1.00	0.12	2.73	0.00	2.73	0.956316994	2.61	8.00	0.343382960	2.75
4	23.19	26.81	2.46	2.06	0.40	1.21	1.61	0.14	0.26	33.13	0.46	0.12	0.98	0.12	2.71	0.00	2.71	0.942184230	2.55	10.56	0.259444786	2.74
5	21.98	24.75	2.46	2.09	0.37	1.21	1.58	0.15	0.26	31.41	0.44	0.12	0.97	0.12	2.66	0.00	2.66	0.928260325	2.47	13.03	0.209089323	2.72
6	20.78	22.67	2.46	2.12	0.34	1.21	1.55	0.16	0.26	29.68	0.42	0.12	0.95	0.11	2.61	0.00	2.61	0.914542193	2.39	15.41	0.175525215	2.71
7	19.57	20.55	2.46	2.15	0.31	1.21	1.51	0.16	0.26	27.96	0.39	0.12	0.93	0.11	2.56	0.00	2.56	0.901026791	2.31	17.72	0.151556165	2.69
8	18.36	18.40	2.46	2.18	0.28	1.21	1.48	0.17	0.26	26.24	0.37	0.12	0.92	0.11	2.51	0.00	2.51	0.887711124	2.23	19.95	0.133584025	2.66
9	17.16	16.22	2.46	2.21	0.24	1.21	1.45	0.18	0.26	24.51	0.34	0.12	0.90	0.11	2.46	0.00	2.46	0.874692240	2.15	22.10	0.119609823	2.64
10	15.95	14.00	2.46	2.25	0.21	1.21	1.42	0.18	0.26	22.79	0.32	0.12	0.88	0.11	2.40	0.00	2.40	0.861667232	2.07	24.17	0.108434178	2.62
11	14.75	11.76	2.46	2.28	0.18	1.21	1.38	0.19	0.26	21.07	0.29	0.12	0.87	0.10	2.35	0.00	2.35	0.848933233	2.00	26.16	0.099293844	2.60
12	13.54	9.47	2.46	2.32	0.14	1.21	1.35	0.20	0.26	19.34	0.27	0.12	0.85	0.10	2.30	0.00	2.30	0.836387422	1.92	28.09	0.091679993	2.58
13	12.33	7.16	2.46	2.35	0.11	1.21	1.31	0.21	0.26	17.62	0.25	0.12	0.83	0.10	2.25	0.00	2.25	0.824027017	1.85	29.94	0.085240357	2.55
14	11.13	4.81	2.46	2.39	0.07	1.21	1.28	0.21	0.26	15.89	0.22	0.12	0.82	0.10	2.19	0.00	2.19	0.811849277	1.78	31.72	0.079723319	2.53
15	9.92	2.42	2.46	2.42	0.04	1.21	1.24	0.22	0.26	14.17	0.20	0.12	0.80	0.10	2.14	0.00	2.14	0.799851505	1.71	33.43	0.074944356	2.51
16	8.71	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	1.21	0.23	0.26	12.45	0.17	0.12	0.78	0.09	2.08	0.00	2.08	0.788031039	1.64	35.07	0.070765078	2.48
17	7.51	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	1.21	0.24	0.26	10.72	0.15	0.12	0.76	0.09	2.06	0.00	2.06	0.776385260	1.60	36.67	0.067079657	2.46
18	6.30	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	1.21	0.24	0.26	9.00	0.13	0.12	0.75	0.09	2.04	0.00	2.04	0.764911587	1.56	38.23	0.063805782	2.44
19	5.09	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	1.21	0.25	0.26	7.28	0.10	0.12	0.73	0.09	2.02	0.00	2.02	0.753607474	1.53	39.76	0.060878470	2.42
20	3.89	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	1.21	0.26	0.26	5.55	0.08	0.12	0.71	0.09	2.01	0.00	2.01	0.742470418	1.49	41.25	0.058245736	2.40
21	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.26	3.83	0.05	0.12	0.70	0.08	0.78	0.00	0.78	0.731497949	0.57	41.82	0.055865495	2.34
22	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.26	2.11	0.03	0.12	0.68	0.08	0.76	0.00	0.76	0.720687634	0.55	42.37	0.053703315	2.28
23	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.26	1.92	0.03	0.12	0.68	0.08	0.77	0.00	0.77	0.710037078	0.54	42.91	0.051730752	2.22
24	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.26	1.92	0.03	0.12	0.69	0.08	0.78	0.00	0.78	0.699543920	0.54	43.45	0.049924102	2.17
25	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.26	1.92	0.03	0.12	0.70	0.08	0.78	0.00	0.78	0.689205832	0.54	43.99	0.048263454	2.12
26	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.26	1.92	0.03	0.12	0.71	0.08	0.79	0.00	0.79	0.679020524	0.54	44.53	0.046731960	2.08
27	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.26	1.92	0.03	0.12	0.71	0.09	0.80	0.00	0.80	0.668985738	0.53	45.07	0.045315268	2.04
28	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.26	1.92	0.03	0.12	0.72	0.09	0.81	0.00	0.81	0.659099249	0.53	45.60	0.044001076	2.01
29	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.26	1.92	0.03	0.12	0.73	0.09	0.82	0.00	0.82	0.649358866	0.53	46.13	0.042778780	1.97
30	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.26	1.92	0.03	0.12	0.74	0.09	0.82	0.00	0.82	0.639762430	0.53	46.65	0.041639188	1.94
31	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.26	1.92	0.03	0.12	0.74	0.09	0.83	0.00	0.83	0.630307813	0.52	47.18	0.040574295	1.91
32	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.26	1.92	0.03	0.12	0.75	0.09	0.84	0.00	0.84	0.620992919	0.52	47.70	0.039577097	1.89
33	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.26	1.92	0.03	0.12	0.76	0.09	0.85	0.00	0.85	0.611816684	0.52	48.22	0.038641438	1.86
34	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.26	1.92	0.03	0.12	0.76	0.09	0.86	0.00	0.86	0.602774073	0.52	48.74	0.037761886	1.84
35	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.26	1.92	0.03	0.12	0.77	0.09	0.86	0.00	0.86	0.593866081	0.51	49.25	0.036933630	1.82
36	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.26	1.92	0.03	0.12	0.78	0.09	0.87	0.00	0.87	0.585089735	0.51	49.76	0.036152396	1.80
37	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.26	1.92	0.03	0.12	0.79	0.09	0.88	0.00	0.88	0.576443089	0.51	50.27	0.035414367	1.78
38	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.26	1.92	0.03	0.12	0.79	0.10	0.89	0.00	0.89	0.567924226	0.51	50.77	0.034716133	1.76
39	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.26	1.92	0.03	0.12	0.80	0.10	0.90	0.00	0.90	0.559531257	0.50	51.28	0.034054630	1.75
40	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.26	1.92	0.03	0.12	0.81	0.10	0.91	0.00	0.91	0.551262322	0.50	51.78	0.033427102	1.73

２．６　Ｆ地点

Ｆ地点に関する在来設計と簡易発電システムによる設計を実施し，両者を比較することで簡易発電システムによるコストダウンを確認する。

２．６．１　地点概要

本計画は、発電所計画地点から 80m 程度高い位置に存在する湧水を水源とするものである。もともとは、その湧水を利用していた水力発電施設が存在したが、昭和 30 年に廃止された後は県○○試験場に施設および水利権が移譲された。現在は既設の水圧管路（ダクタイル管、後年コンクリートで被覆）が○○試験場への導水路として利用されている。

湧水の量は年間を通して一定と言われているが特にデータは存在しない。現地調査時に実測した結果では、対象とする湧水の直下地点の流量が 0.21m^3/s 程度であった。この湧水では、湧き出し地点際で地元の簡易水道等の用水が取水されているため，実測した流量全てが○○試験場へ導水可能な流量となる。

一方、対象とする湧水の周辺にも小規模な湧水があり、左右二つの沢から流れ込む水と合流して既存のダム（現在は湛水していない）の上流側に流れ込んでいる。現在の○○試験場への導水は、このダムの底部に設置された取水口から既存の導水路を利用している。

Ｆ地点現地の概要を資料図 4－31 に示す。また，Ｆ地点の概要を以下に整理した。

1) Ｆ地点は，日量約 35,000m^3 の湧水を利用した発電計画であり,現時点で県の○○試験場（△△分場）が利用している導水路（φ600～800）の途中に発電所を建設しようとするものである。
2) 本地点の湧水は非常に有名であり,近隣他県を含んで,多くの人々が湧水を汲みに訪れている。また，この湧水を主な水源とする○○川沿いには,ホタルの発生地として保護されている地点が多く存在する。
3) この湧水を水源として,明治 43 年から水力発電が行われており, 昭和 30 年に発電所が停止されるまでの間，貴重な電力を供給してきた。
4) 発電所が停止してからは，施設および水利権が県に委譲され，現在は，旧発電所の導水管をそのまま利用して, 湧水を○○試験場（△△分場）まで導水している。
5) 湧水の水量は，日量 35,000m^3程度，毎秒 0.36184m^3/s とされ，このうち○○試験場への配水量は 0.2783 m^3/s 程度とされている。水量の実測データはないが，○○試験場の管理者の話では,降雨時に水量が増加することはあっても,年間を通じて大きく減水することは無い。また，○○試験場においては，導水路より落ち葉などのゴミが流入する事があり，除塵機などで対応している。
6) 湧水のうち，○○試験場へ配水される水量の他，一部は地元の簡易水道およびか

んがい用水として利用され,残りが○○川を流下している。

7) 湧水地点の標高は 375m 程度であり,○○試験場の標高は 285m 程度であって，約 90m の標高差が存在する。現在の導水管の流れは自由水面を持った流れと考えられる。
8) 湧水地点直下にはダム（堰堤＝高さは約 8m）が存在するが，安全上の問題から，昭和 60 年以降湛水は中止されている。
9) ダムおよび○○試験場への導水路沿いの土地は，一部を除いて県の用地であり，環境関連や保安林等の地域指定はされていない。

次に，本地点の課題を整理した。

1) 湧水からの取水は，○○試験場（△△分場）用水の他，村の簡易水道およびかんがい用水にも利用されている。取水施設の設計にあたっては，簡易水道およびかんがい用水に支障を与えないように配慮する必要がある。
2) 湧水地点直下のダムは，老朽化のため現状のまま湛水させることは難しい。しかし，ダムを利用できれば，取水位が稼げる他，沈砂池やヘッドタンクの省略・合理化が可能になる。ダム利用の可能性について検討する必要がある。
3) ダムの利用に際しては，村の文化遺産的な構造物となっていることに配慮する必要がある。
4) 現在の導水路をそのまま水圧管路として利用することは難しいと考えられるため，施工性,経済性を考慮して，最適な水圧管路の計画が望まれる。
5) 既設管路の内径，埋設区間のルート，縦断勾配などの詳細が不明であるため，可能な限りの情報を収集・整理する必要がある。
6) 県道から○○試験場までの区間において，民間○○場への配水が行われている。水利権については不明であるが，配慮する必要がある。
7) ○○試験場では用水を利用して○○等の飼育を行っている。したがって，基本的に工事による断水は回避しなければならない。また,工事中の濁水発生防止等についても，充分な対応が必要になる。
8) 事業者は，新発電所の位置として県道沿いの遊休地（駐車場）を希望している。落差は若干少なくなるが，以下の点で有利と考えられるため，発電所地点の選定において配慮する必要がある。
    ① 発電所の放水によって，湧水広場（水辺公園）ができれば多くの人々が利用できる。
    ② 発電所自体のアピール性も高まる（発電所が見やすくなるような工夫が必要)。
    ③ 湧水の取水が可能となれば，湧水地点の混雑が解消される。
    ④ 県の○○試験場までの区間における民間○○場への配水（水利権）にも問題とならない。

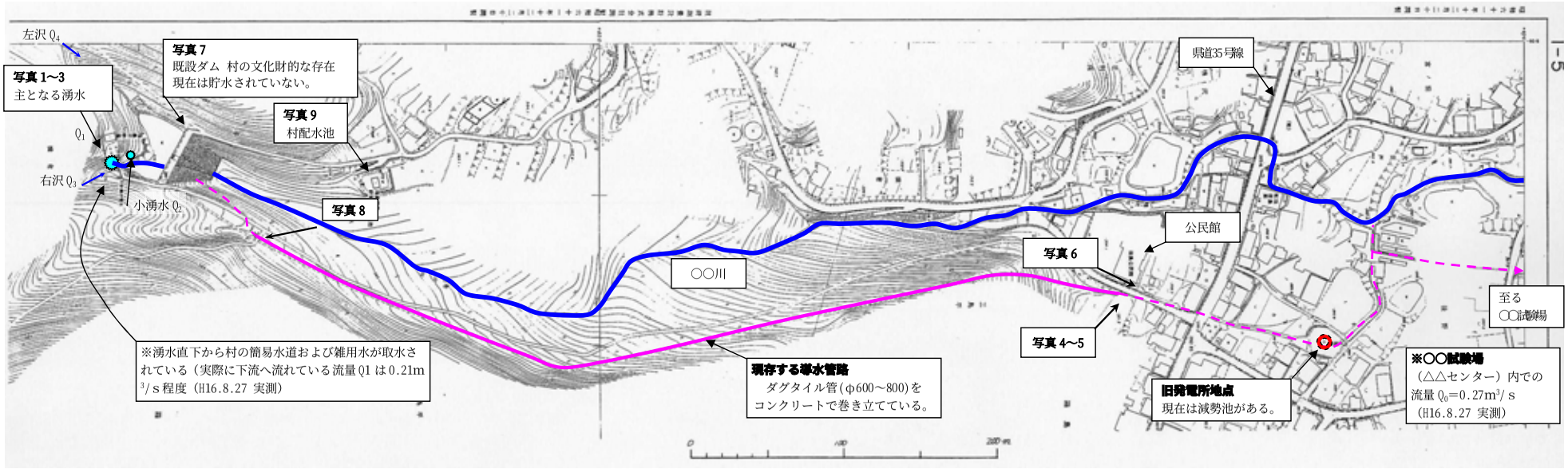
⑤ 水圧管路の距離が短縮される。

9) 発電によって得られた電力は基本的に売電となるが，周辺の消費形態を把握し，合理的な対応を検討する必要がある。













湧水の状況：県外を含めて、多くの人々が水を汲みに来ている。水汲み場のある湧水が主となる(Q_1)が、付近に小さな湧水が多数存在(Q_2)する。湧水の量は年間を通して一定。主となる湧水の直下では、村の簡易水道他への取水が行われている。その下流における実測では Q=0.21m³/ｓであった。

現存施設の概要：元々は水力発電所の施設、発電所の閉鎖（S30）後は水利権を含んで県に移管され、現在は○○試験場（△△センター）が管理している。

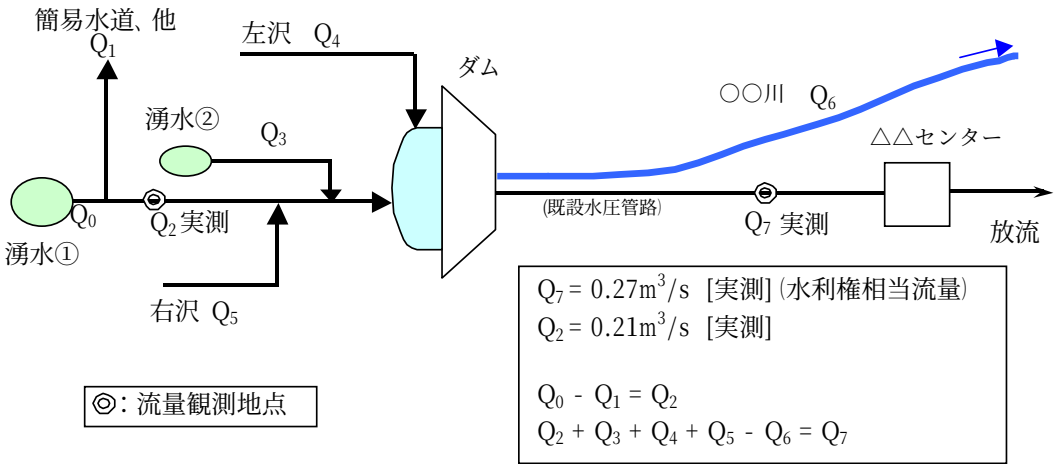
計画立案の前提条件：① 発電に用した水は△△センターで使われるため、雑菌が混入しないように配慮しなければならない。
② 施工中も含めて、○○試験場（△△センター）の営業に不具合を生じないこと。
③ 発生電力は基本的に売電とする。

資料図 4－31　F 地点現況図

２．６．２　在来設計

(1) 発電計画の概要

本地点の模式図を資料図 4－32 に示す。また，発電計画の基本方針を以下に列記する。



資料図 4－32　F 地点模式図

1) 現在, 湧水を利用している△△センターでは,流水へ雑菌が混入することを最大の問題としている。そのため,ダムへの湛水を行うと,雑菌の混入する可能性が高くなるため,発電計画においてダムへ湛水することは対象外とする。
2) そのため,発電用の取水は湧水①からの流量を対象とする。そのことにより,以下の利点が考えられる。
   a ダムを介すことが無くなり，雑菌が混入する機会が低減される，
   b 対象流量は低減するが，落差が稼げる。
   C 流量が低下する分，導水路（管路）の工事費が低下する。
3) 取水地点は水汲み場直下とする。なお，水を汲みに来る方々へ違和感や危険性を与えないよう配慮する。また，必要があれば，右支川の合流点を下流側にずらすことにより，洪水時の泥水の混入を防ぐ。
4) 既存の水圧管路は老朽化が懸念されるため,発電用の導水は新たな水圧管路を設けるものとする。
5) 既存の取水施設および管路は現状維持とし，新たに設ける水圧管路の余水路として利用する。常時は湧水②（Q2）や左右支川(Q3,Q4)が流下するため，既往管内に錆が生じることも低減される。
6) 既設水路の状況は,もともとダクタイル管の露出であったものが, コンクリートで矩形に補強（漏水防止）されている。コンクリートの天端部はほとんどの区間で露出しており，一部で土砂に埋没している。また，併走する村道の側壁（比高 5

m程度）の上に置かれている部分もあり,施工性や安定性を考えると,現状のルート沿いに新たな管路を置くのは難しいと考えられる。

7) 隣接する村道への埋設を考えた場合,施工を考えても問題はないため, 水圧管路のルートは基本的には村道埋設とする。

8) 発電所の位置は県道沿いの遊休地を基本とし，旧発電所跡地を比較案として検討する。

9) 発電所からの放流水は，既設管から流下する水と合流させてから，△△センターへの水路へ導水する。

(2) 流　況

Ｆ地点の対象流量は主に２つの湧水（湧水①，湧水②）を水源としているが，実際の流量については把握されていない。

今年度中に実施した流量観測の結果を資料表 4－57 に示す。

資料表 4－57 実測結果

	Q2；△△センター地点	Q１；湧水地点	備考
H16.8.27	0.268 m^3/s	0.218 m^3/s	
H16.10.12	0.271 m^3/s	----------	
H16.11.26	0.291 m^3/s	0.240 m^3/s	
H16.12.22	0.287 m^3/s	0.227 m^3/s	
H17.2.24	0.279 m^3/s	0.242 m^3/s	

(3) レイアウト

基本的なレイアウトとしては,湧水①が既設ダムに流込む前の箇所で取水し,そこから既往村道に水圧管路を埋設して，県道を越えた地点に建設する発電所まで導水するものとする。

(4) 最大取水量

計画地点の水の流れ（概念図）は資料図 4－32 に示すとおりであり，現時点で○○試験場（△△センター）が利用している流量は 0.27㎥/s 程度(8/27 実測値)とされている。一方､主となる湧水①では､湧水地点直下で村の簡易水道他への取水がされていて，その取水後の流量は 0.21㎥/s 程度(8/27 実測値)となっている。

本地点における発電計画を検討するにあたっては、

1) 下流で△△センターが水を使うこと
2) 湧水を汲みに訪れる方々に違和感を与えないこと
3) 既設管路をできるだけ有効活用すること

が課題となり，この課題への対応として，本計画における最大使用水量については主となる湧水（簡易水道取水後の流量）のみを対象にするのが適切と判断した。その場合の最大使用水量は、年間を通して定量確保とすることと，ある程度の流量を残すことによって，落葉等の混入を極力防止することも考慮して 0.21㎥/s とした。

なお、主となる湧水（簡易水道取水後の流量）のみを対象とする理由は以下のとおりである。

1) 既設のダムを経由しないため、雑菌混入の可能性が低くなる。
2) 対象流量が少なくなるが､落差は大きくなる。
3) 流量が低下する分、導水路（管路）工事費が低減する。
4) 周辺の比較的小さな湧水や沢からの水を残すことにより､現状の景観の変化を最小限に抑えることができる。
5) 現状の導水路を余水路（バイパス管）として利用できる。
6) 発電に使用しない水を現状の導水路で流下させることにより､管路の保全（錆等の発生防止）に有効。

(5) 主要工作物概略設計

F 案在来設計による計画図を資料図 4－34～4－37 に示す。

a 取水施設

取水施設としては､以下の理由から水クッション方式(後方取水型)を基本とした。

1) 常時ある程度の水を越流させることにより、落ち葉等の混入が少なくなる。
2) 取水堰の上流と下流に水面（プール）ができること、堰の背面に急流ができることから、水を汲みに来た方々に与える違和感が小さくなる。

取水施設の位置は水汲み場の下流とし、沢の合流部を若干流路変更してスペースを確保し，取水位については、地形および取水施設の状況から EL 379.50mとした。

なお，比較のため,一般的な横取り方式による取水堰についても検討を行った。その場合の取水位は，地形および取水施設の状況から EL 381.30mとした。

b　水圧管路

水圧管路については一般的な FRP(M)管を用い，取水地点から発電所までは直接水圧管路で導水するものとした。また，水圧が高くなる下流部（県道横断部を含む）については，ダクタイル管にて対応することとした。

管径については，管内流速を 2m 程度にするものとしてφ400mm とした。

管内流速ｖ＝0.21÷（$0.4^2 \times \pi \div 4$）＝1.67m/s

c　発電所

発電所の位置は県道沿いの遊休地を利用することとし、地形的要因により、放水位は EL 291.00mとした。

また，比較のため，旧発電所跡地に発電所を設ける案についても検討することとした。この場合の放水位は地形的要因より EL 287.00mとした。

d　電気機械設備

電気機械設備の基本的設計手法にもとづき，以下の通り概略設計する。

最大使用水量は 0.21m^3/s の固定であるが,検討ケースによって有効落差が 80.46m～86.32m まで変化する。これは特段大きな落差変動ではなく,「水車形式選定図」よりポンプ逆転水車，ターゴインパルス水車，ペルトン水車のいずれも適用可能である。

当該地点は，昭和 30 年まで既設発電所が存在し，ペルトン水車が適用されていた経緯も踏まえ，在来設計ではペルトン水車（２射）を選定した。

回転速度は JEC-4001「水車およびポンプ水車」の比速度限界以下となるように，500min^{-1}に設定した。

発電機は，これまでの地点と同様に，一般的に採用実績が多く，構造も簡単で保守性の優れた誘導発電機を選定した。ここで，水車，発電機の総合効率を 0.75 と想定し，資料表 4－58 に示すように発電所出力を設定した。

資料表 4－58　F 地点発電所出力（在来設計）

取水方式	発電所位置	有効落差 [m]	最大使用水量 [m3/s]	水車･発電機 総合効率	発電所出力 [kW]
横取式	県道寄り	82.28	0.21	0.75	125
横取式	旧発電所	85.77	0.21	0.75	130
後方取水式	県道寄り	79.90	0.21	0.75	120
後方取水式	旧発電所	83.39	0.21	0.75	125

制御・保護装置もこれまでの地点と同様に，一体型制御盤とし，電気設備技術基準および系統連系技術要件ガイドラインに準じた保護装置を考慮した。

系統連系については，当該地点に 6.6kV の既設配電線があることから，余剰電力を売電する逆潮流有りの高圧連系とし，付属設備として変圧器，開閉装置等の高圧連系盤を設置した。その他付属設備としては，流水遮断機能を有した入口弁，水位計を設置する。

電気機械設備に関する詳細は，水車形式選定図を資料図 4－40，仕様諸元表を資料表 4－64，単線結線図を資料図 4－41(1)～(4)，電気機械設備工事費を資料表 4－68 に示す。

(6) 発電電力量

概算の発電電力量を資料表 4－59 に示す。

資料表 4－59　概算発電電力量の計算

		流量	取水位	放水位	損失水頭	有効落差	水車発電機効率	稼働率	年間電力量
		m3/s	m	m	m	m	%	%	MWh
横取り取水形式	県道沿い地点	0.210	381.30	291.00	8.03	82.27	0.75	95	1,057
	旧発電所地点	0.210	381.30	287.00	8.53	85.77	0.75	95	1,099
後方取水形式	県道沿い地点	0.210	379.50	291.00	8.60	79.9	0.75	95	1,024
	旧発電所地点	0.210	379.50	287.00	9.11	83.39	0.75	95	1,074

(7) 概算工事費

概算工事費の算定は，基本的に『発電計画工事費積算基準』に準拠した。計算の詳細は後述の資料表 4－66 に示す。

計算の結果，在来設計による概算工事費および建設単価は以下のとおりとなった。

資料表 4－60　在来設計　概算工事費

ケース	取水形式	発電所位置	概算工事費	建設単価
1	横取り	県道沿い	165.9 百万円	157 円/kWh
2	〃	旧発電所跡	170.5 百万円	155 円/kWh
3	後方取水	県道沿い	168.1 百万円	164 円/kWh
4	〃	旧発電所跡	172.6 百万円	161 円/kWh

２．６．３　簡易発電システム発電計画

(1)　発電計画の概要

本発電計画については，基本的に在来設計に準じるものとする。

(2) 流　況

在来設計と同条件で計画を立案する。

(3) レイアウト

基本的なレイアウトは在来設計に準じるものとする。

(4) 最大取水量

在来計画と同様に最大取水量を 0.21㎥/s とする。

(5) 主要工作物概略設計

F 地点簡易発電システムによる計画図を資料図 4－33～4－35，4－38 および 4－39 に示す。

a　取水施設

基本的に在来設計と同じとする。

b　水圧管路

水圧管路については施工性，経済性を考慮して，塩ビ管(VU 管)を用いることとする。水圧が高くなる下流部（県道横断部を含む）については，在来設計と同様にダクタイル管にて対応する。

管径については，在来設計と同様にφ400㎜ を用いる。

塩ビ管の採用により，有効落差は在来設計に比べて若干高くなる。

c　発電所

発電所についても在来設計と同様とする。

d　電気機械設備

電気機械設備の基本的設計手法にもとづき，以下の通り概略設計する。

在来設計ではペルトン水車を選定したが，簡易発電ではコストダウンを考慮してポンプ逆転水車を選定する。また，ポンプ逆転水車は一般的に余水路を設備するが，旧発電所用の水圧管路（現，○○試験所向け無圧管路）が既にあることから，ポンプ逆転水車であってもコストアップとはならない。

発電機は，これまでの地点と同様に，風力発電で実績の多い永久磁石発電機＋逆

変換装置システムを選定した。ここで，水車，発電機の総合効率を 0.74 と想定し，資料表 4－61 に示すように発電所出力を設定した。なお，永久磁石発電機は標準品として出力別に製品化されたものがラインナップされており，出力 160kW 定格をそのまま適用する。

資料表 4－61　F 地点発電所出力（簡易発電）

取水方式	発電所位置	有効落差 [m]	最大使用水量 [m3/s]	水車･発電機 総合効率	発電所出力 [kW]
横取式	県道寄り	84.25	0.21	0.742	125
横取式	旧発電所	87.74	0.21	0.742	130
後方取水式	県道寄り	81.88	0.21	0.742	125
後方取水式	旧発電所	85.37	0.21	0.742	130

制御・保護装置もこれまでの地点と同様に汎用 PLC（パワーコンディショナ盤）を採用し，コストダウン化を図った。また，電気設備技術基準および系統連系技術要件ガイドラインに準じた保護装置を考慮している。

系統連系は，発電所出力が 130kW であり，B～D 地点と比較して大きいことから，在来設計と同様に 6.6kV の既設配電線に余剰電力を売電する逆潮流有りの高圧連系とし（原則として，低圧連系可能な発電設備は逆変換装置を有した出力 50kW 未満），付属設備として変圧器，開閉装置等の高圧連系盤を設置した。その他付属設備としては，流水遮断機能を有した入口弁，水位計，随時巡回頻度の低減を図る目的で簡易通報装置を適用した。

電気機械設備に関する詳細は，水車形式図を資料図 4－40，仕様諸元表を資料表 4－64，単線結線図を資料図 4－41(5)～(8)，電気機械設備工事費を資料表 4－68 に示す。

(6) 発電電力量

概算の発電電力量を資料表 4－62 に示す。

資料表 4－62　概算発電電力量の計算

		流量	取水位	放水位	損失水頭	有効落差	水車発電機効率	稼働率	年間電力量
		m3/s	m	m	m	m	%	%	MWh
横取り取水形式	県道沿い地点	0.210	381.30	291.00	6.05	84.25	0.74	95	1,065
	旧発電所地点	0.210	381.30	287.00	6.56	87.74	0.74	95	1,115
後方取水形式	県道沿い地点	0.210	379.50	291.00	6.62	81.88	0.74	95	1,040
	旧発電所地点	0.210	379.50	287.00	7.13	85.37	0.74	95	1,082

(7) 概算工事費

概算工事費の算定は，基本的に『発電計画工事費積算基準』に準拠した。計算の詳細は後述の資料表 4－66 に示す。

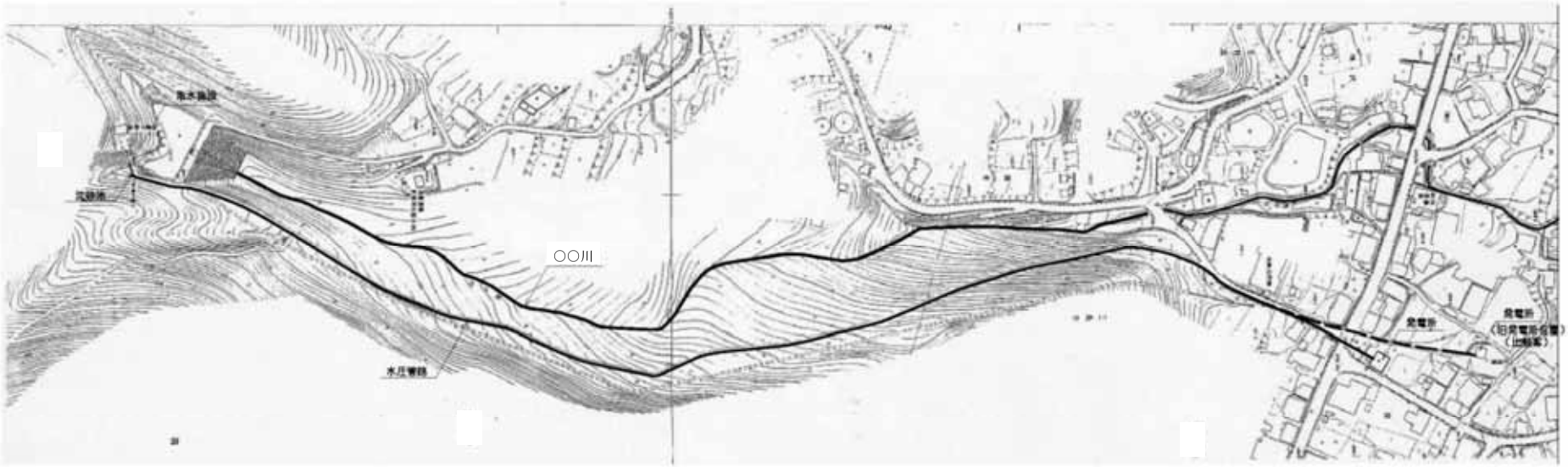
計算の結果，在来設計による概算工事費および建設単価は資料表 4－63 に示すとおりとなった。

資料表 4－63 簡易発電システム　概算工事費

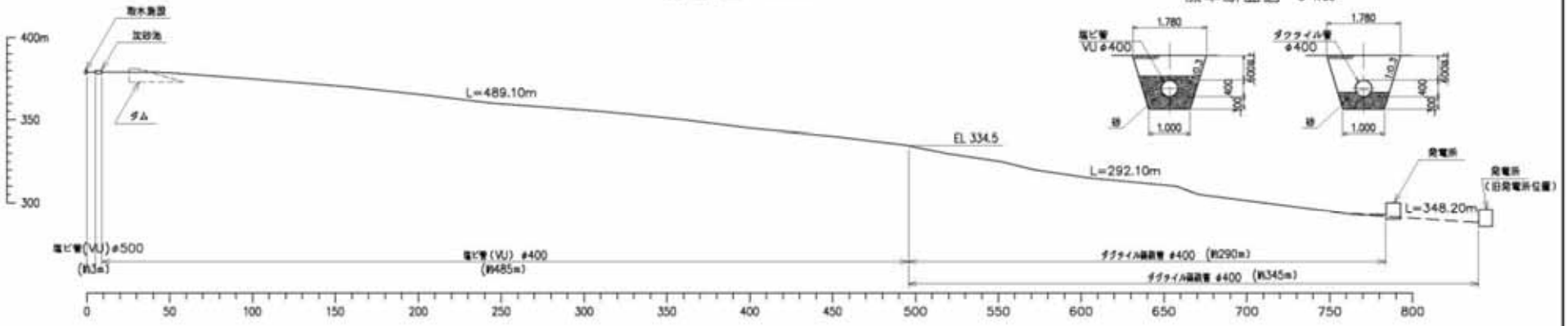
ケース	取水形式	発電所位置	概算工事費	建設単価
1	横取り	県道沿い	151.3 百万円	142 円/kWh
2	〃	旧発電所跡	155.1 百万円	139 円/kWh
3	後方取水	県道沿い	153.5 百万円	148 円/kWh
4	〃	旧発電所跡	157.3 百万円	145 円/kWh

F地点計画図（1）

平面図 S=1:25000



縦断図 S=1:25000



標準断面図 S=1:50

◎ 取水量：主となる清水の下流で、取水（Q=0.21㎥/s）することとし、その他の清水及び沢からの流入水は、現状の管路で導水する。

◎ダムへの貯水：ダムへ貯水することによって、取水位の確保、ヘッドタンク（沈砂池）の機能が期待されるが△△センターへの導水に対し、土砂が流入する可能性が高くなることが懸念されるため、発電計画においては、ダムへの貯水を行わないこととする。

◎水路ルート：村道沿いに埋設することを基本とする。

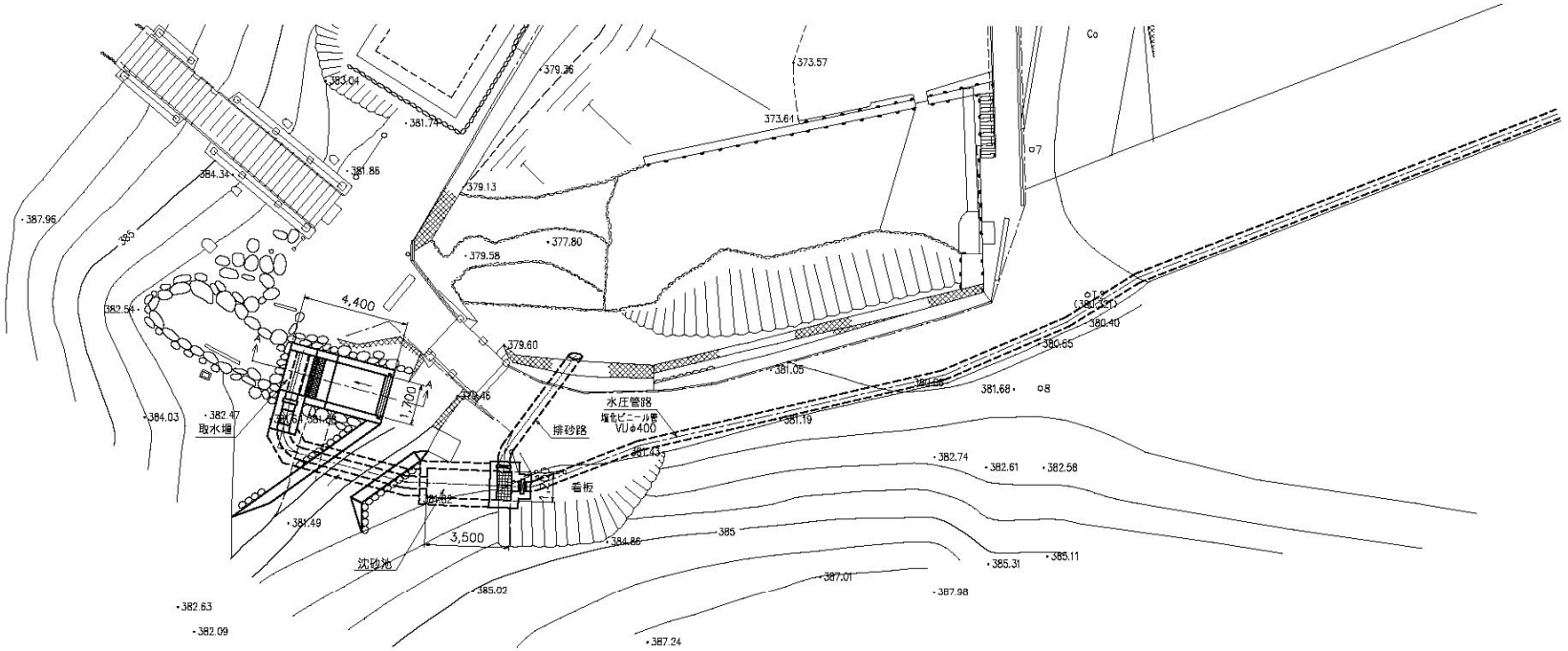
◎水圧管路：一般市道管である塩ビ管を用い、設計内圧で対応出来ない部分は、ダクタイル管を用いるものとする。

◎発電所の位置：県道沿いの遊休地を基本とする。発電所からの放流水は、既設管路の水と合流させてから△△センターへ導水する。

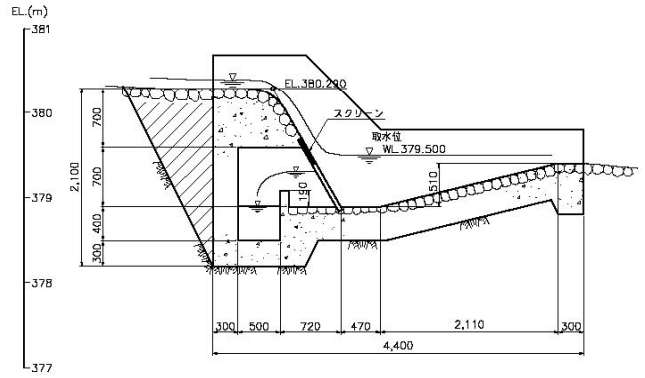
業務名	平成16年度 小水力資源有効活用実施調査のうちケーススタディ基本検討他業務
位置	群馬県
水系	F地点
図面名称	全体平面図・縦断面図
縮尺	図示 / 図番 1
作成日	平成16年 月
調査施工	新エネルギー財団

資料図 4－33　全体平面図

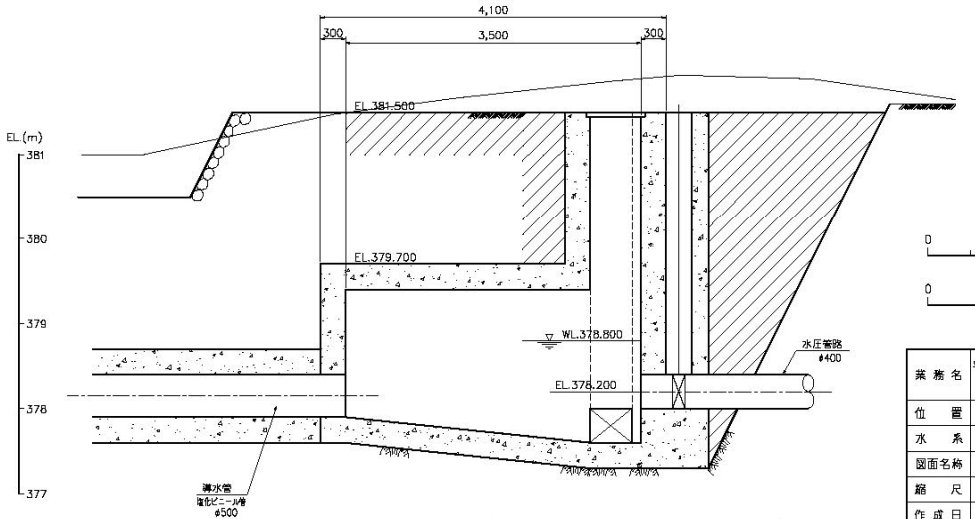
平 面 図　S=1/100

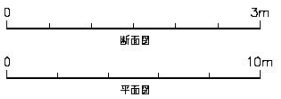


A－A 断面図　S=1/30



沈砂池 断面図　S=1/30

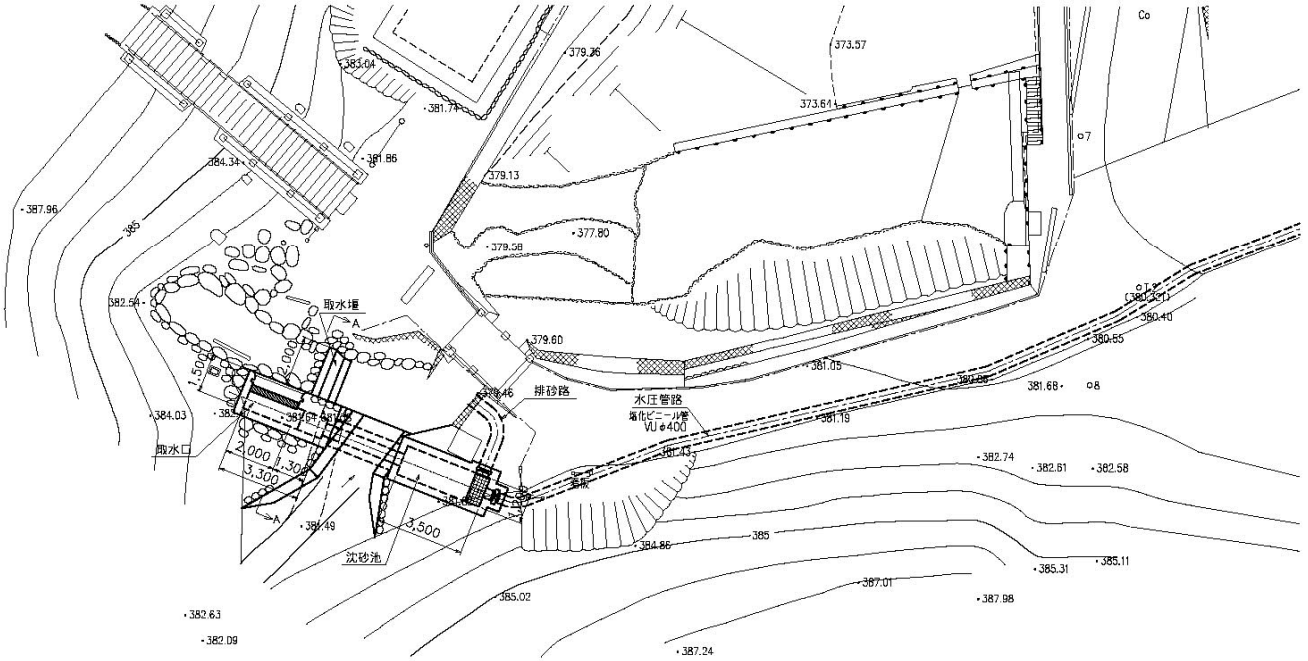




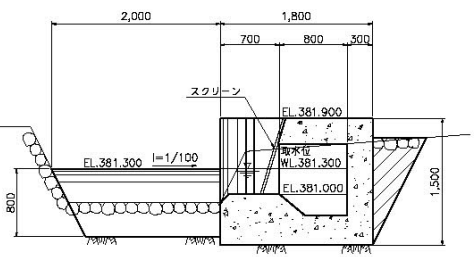
業務名	平成16年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうちケーススタディ基本検討他業務		
位置	群馬県		
水系	F地点		
図面名称	取水堰・沈砂池計画図		
縮尺	図示	図番	1
作成日	平成16年　月		
財団法人　新エネルギー財団			

資料図 4－34　取水堰一般図（後方取水型）

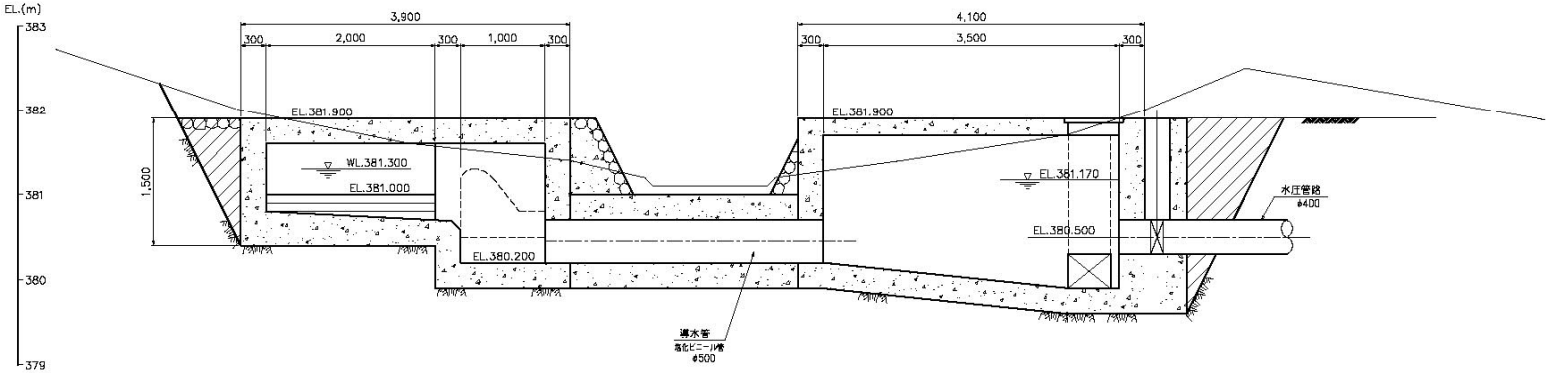
平 面 図　S=1/100



A－A 断面図　S=1/30



取水口～沈砂池 縦断面図　S=1/30



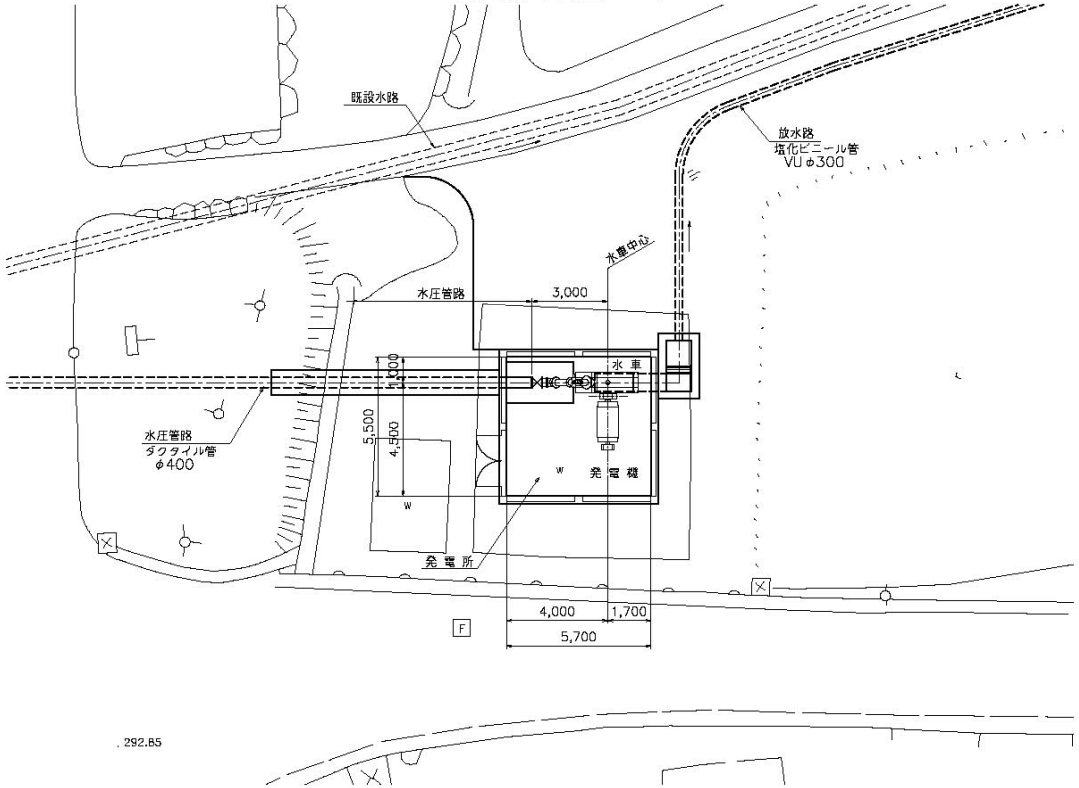
0　3m
断面図

0　10m
平面図

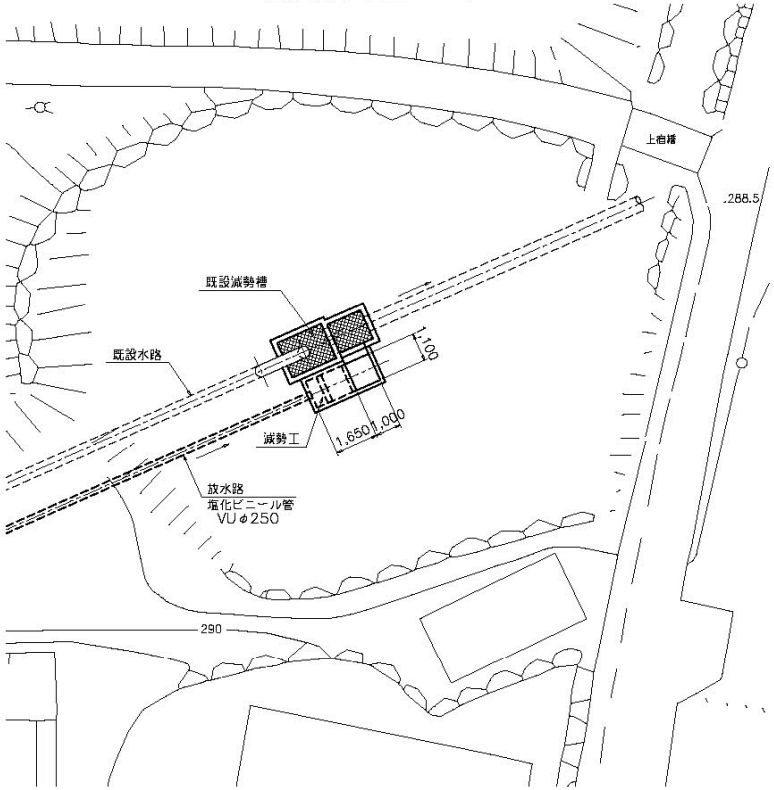
資料図 4－35　取水堰一般図（横取取水型）

業務名	平成16年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	群馬県		
水系	F地点		
図面名称	取水堰・沈砂池計画図		
縮尺	図示	図番	2
作成日	平成16年　月		
	財団法人　新エネルギー財団		

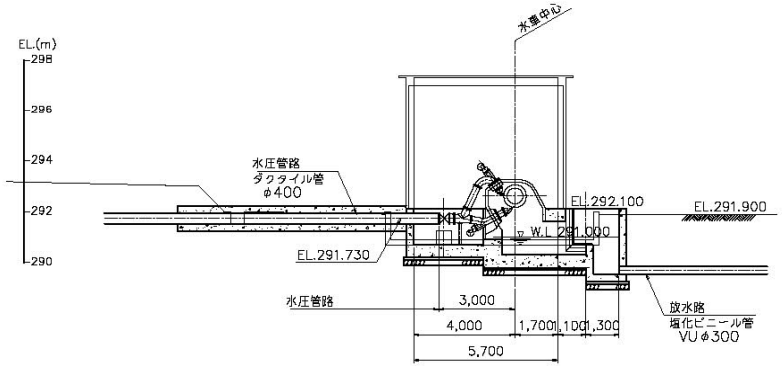
発電所平面図 S=1/100



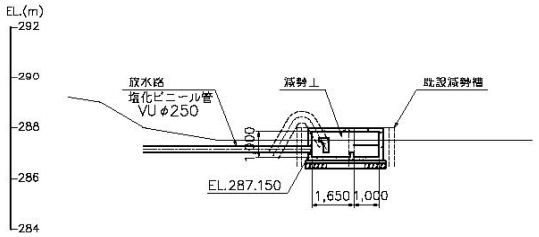
合流部平面図 S=1/100



発電所 断面図 S=1/100



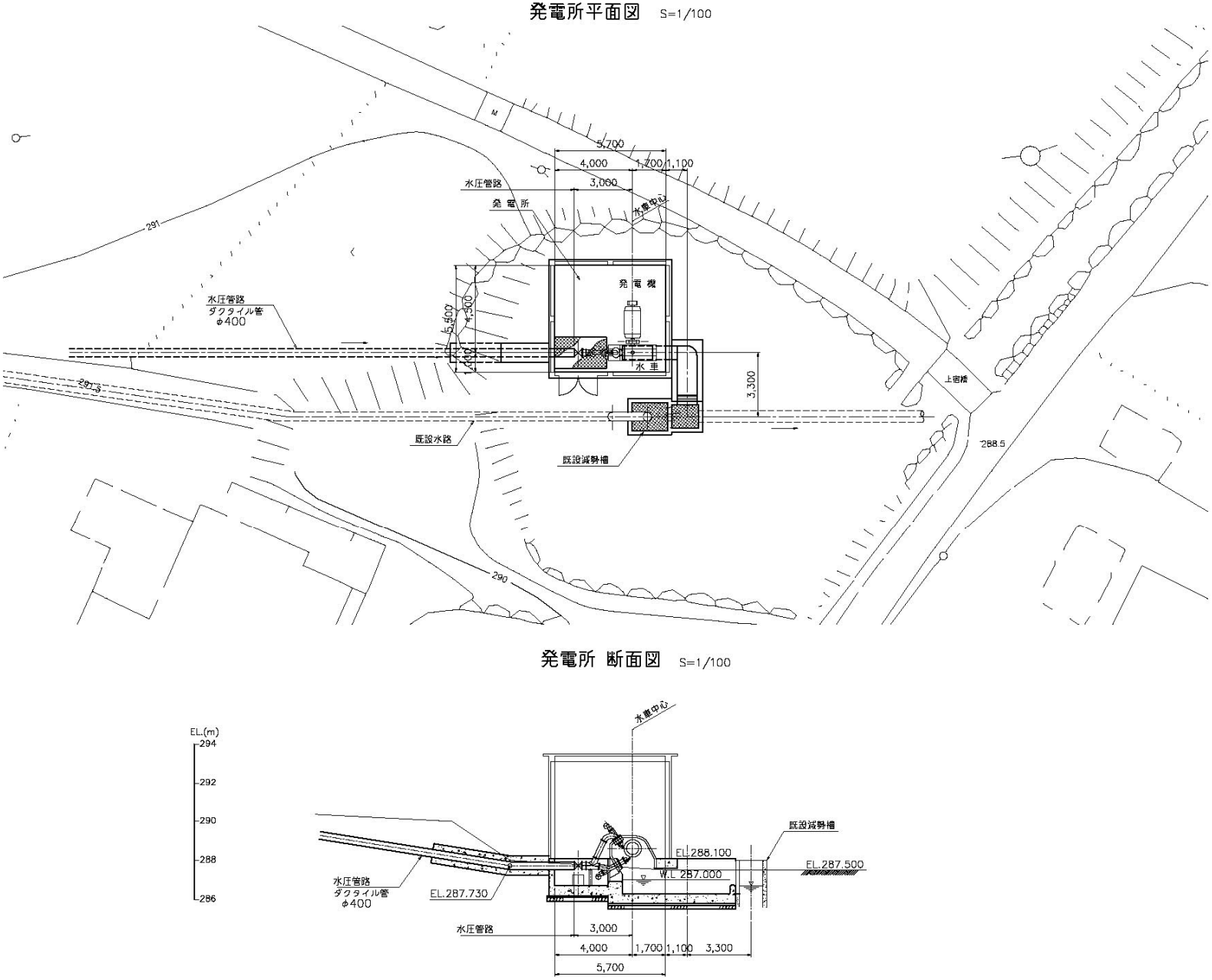
合流部 断面図 S=1/100



0 10m
平面図・断面図

業務名	平成16年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	群馬県		
水系	F地点		
図面名称	発電所・合流部計画図（従来設計）		
縮尺	図示	図番	1
作成日	平成16年 月		
財団法人 新エネルギー財団			

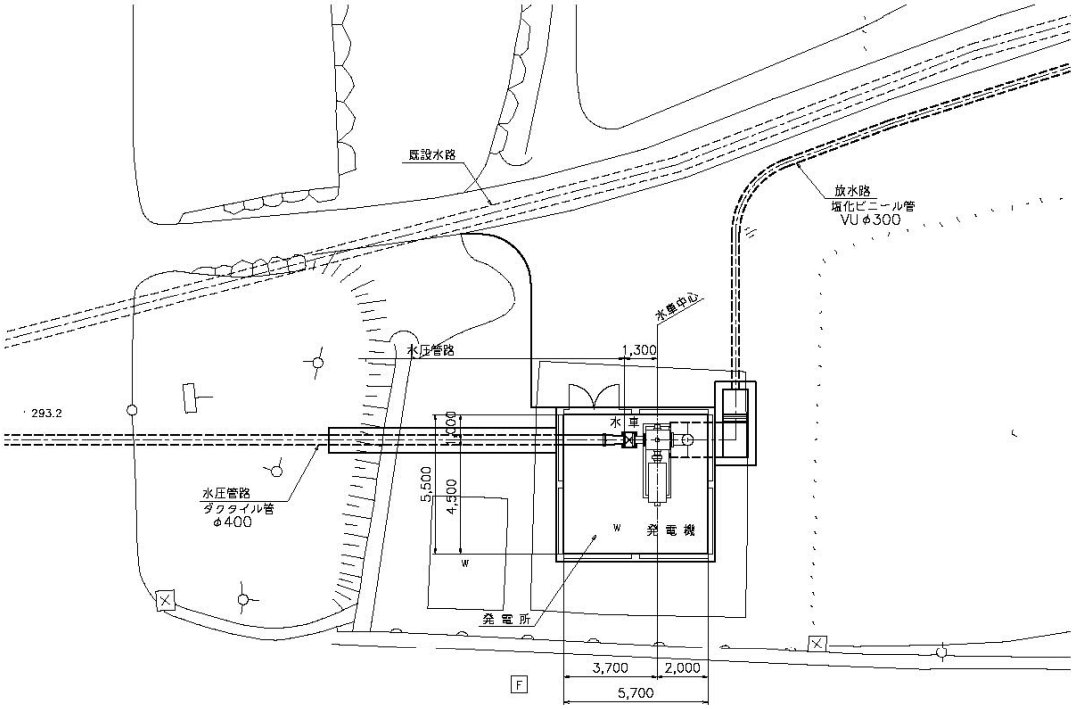
資料図 4－36 発電所一般図（県道沿地点，在来設計）



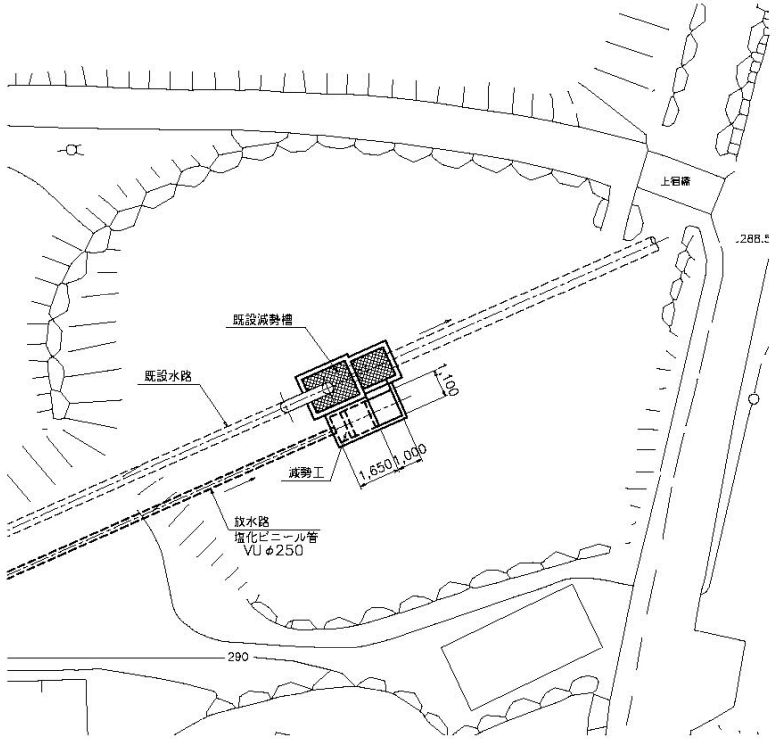
業務名	平成16年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	群馬県		
水系	F地点		
図面名称	発電所計画図(従来設計)(旧発電所位置)		
縮尺	図示	図番	3
作成日	平成16年 月		
財団法人 新エネルギー財団			

資料図 4－37 発電所一般図（旧発電所地点，在来設計）

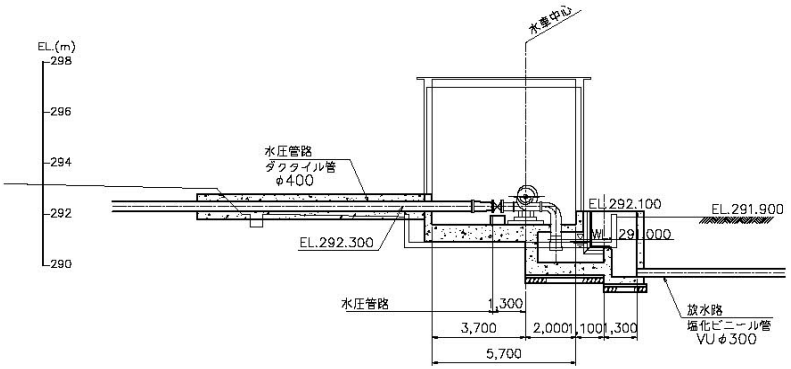
発電所平面図 S=1/100



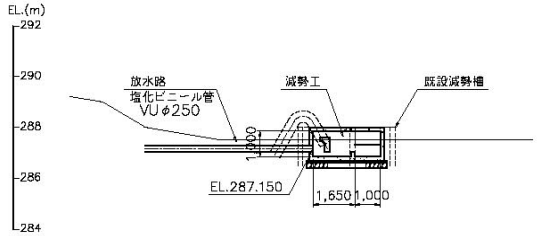
合流部平面図 S=1/100



発電所 断面図 S=1/100



合流部 断面図 S=1/100

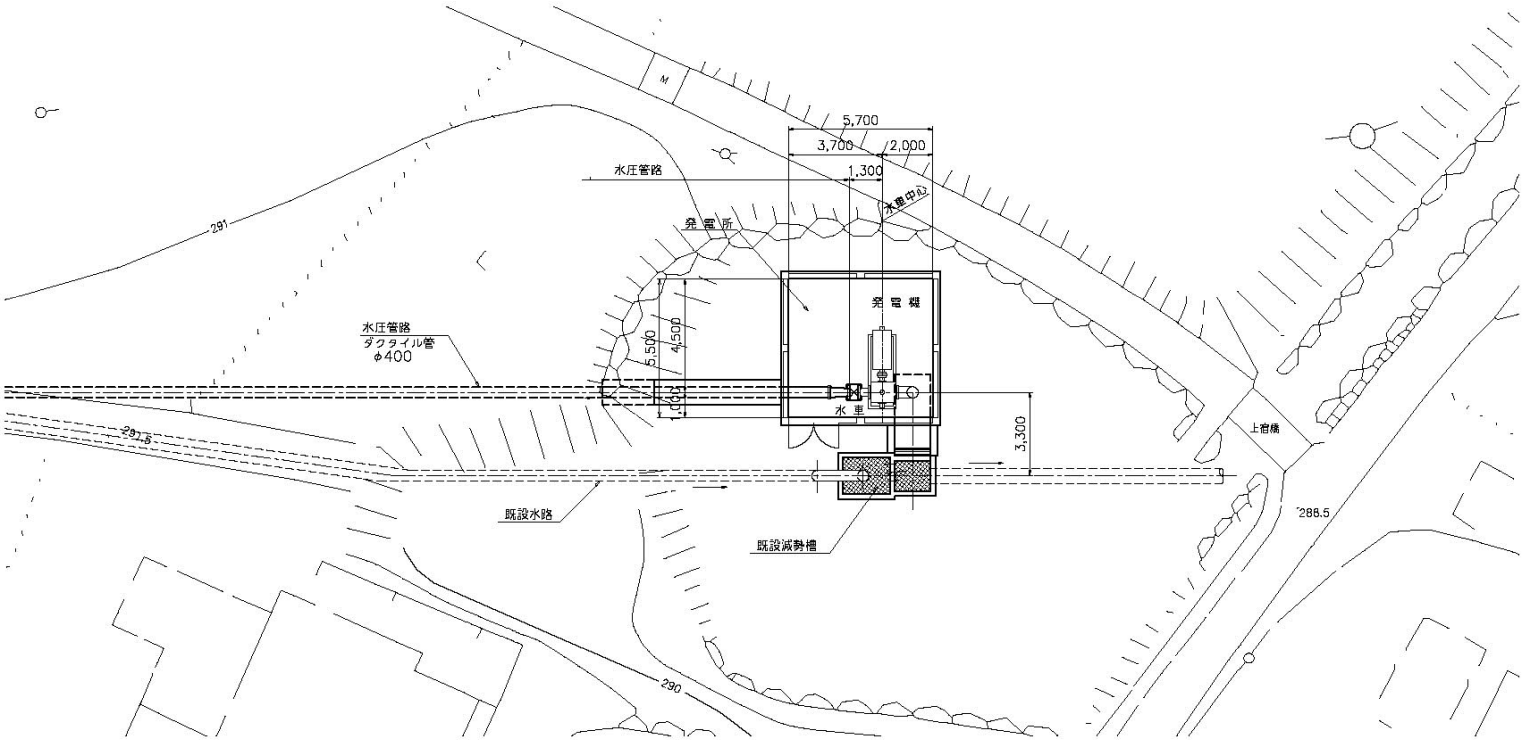


0 10m
平面図・断面図

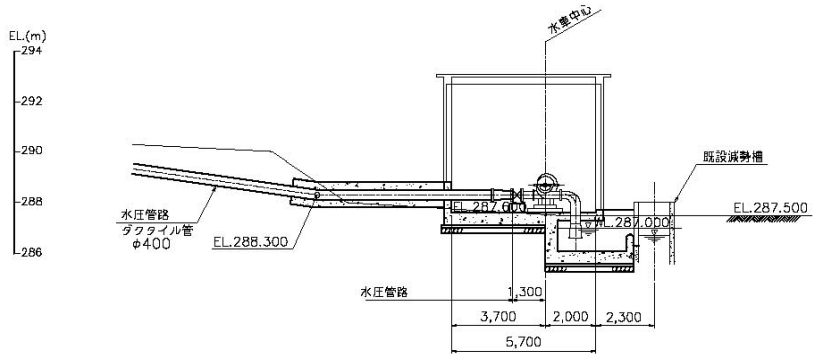
業務名	平成16年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	群馬県		
水系	F地点		
図面名称	発電所・合流部計画図〈簡易発電ｼｽﾃﾑ〉		
縮尺	図示	図番	2
作成日	平成16年 月		
財団法人 新エネルギー財団			

資料図 4－38 発電所一般図（県道沿地点，簡易発電）

発電所平面図　S=1/100



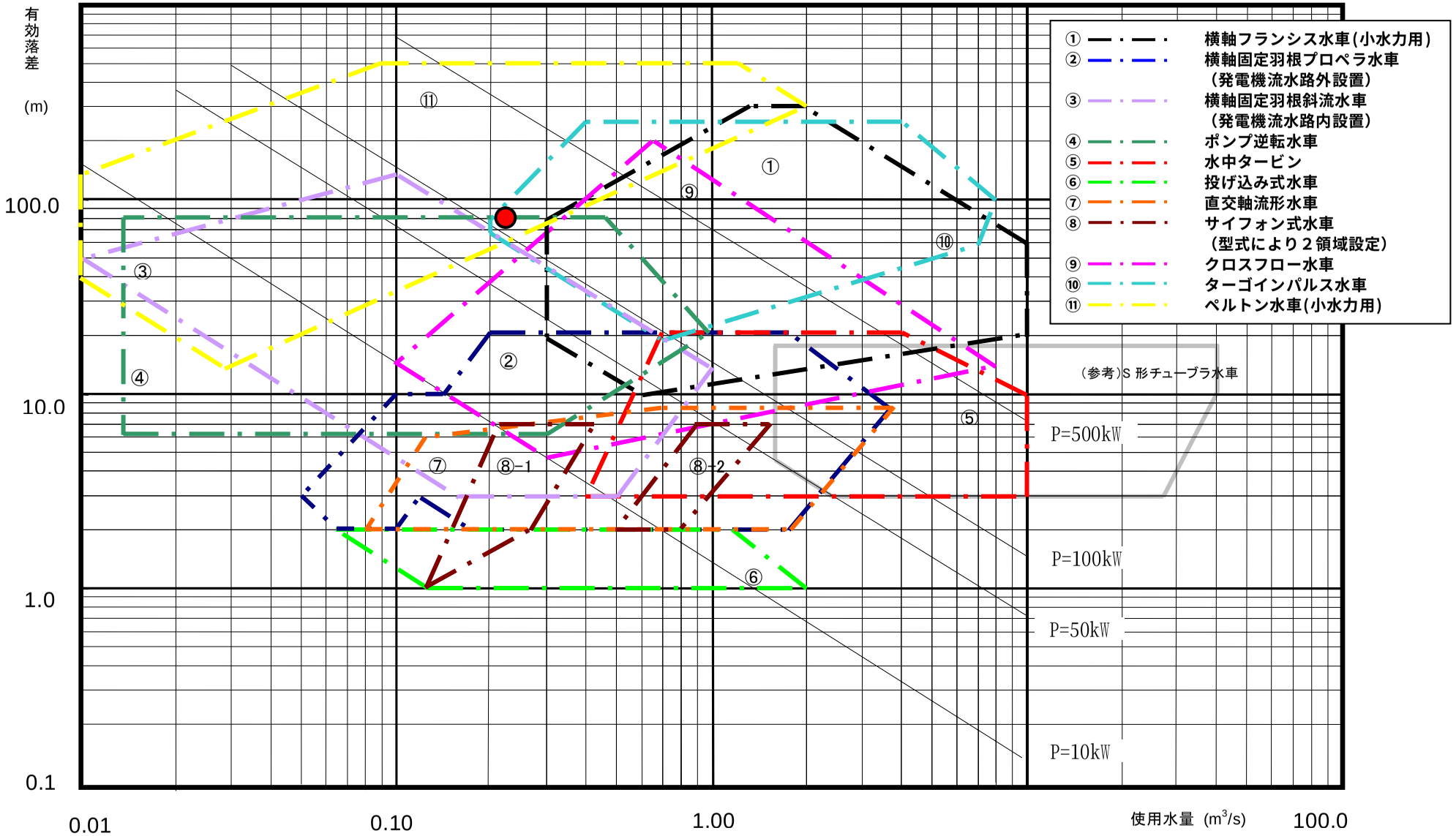
発電所 断面図　S=1/100



0　10m
平面図・断面図

業務名	平成16年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	群馬県		
水系	F地点		
図面名称	発電所計画図（簡易発電）（旧発電所位置）		
縮尺	図示	図番	4
作成日	平成16年　月		
財団法人　新エネルギー財団			

資料図 4－39 発電所一般図（旧発電所地点，簡易発電）



資料図 4－40　水車選定図

資料表 4－64(1)　電気仕様諸元表 1

（横取式取水口、県道寄り位置）

項目			在来設計	簡易発電システム	選定理由等
水理諸元	取水位	EL-m	381.3		
	放水位	EL-m	291.0		
	静落差	m	90.3		
	有効落差	m	82.28	84.25	
	最大使用水量	m^3/s	0.21		湧水(年間を通じて変動なし)
機器仕様	水車		ペルトン水車(手動ニードル:2射)	ポンプ逆転水車	適用可能水車選定図による
	発電機		誘導発電機	永久磁石発電機+INV	新技術として水力へ「永久磁石発電機」を適用
	逆潮有無		有り		水辺公園用電源，余剰電力を売電
	所内単独有無		無し		
	連系方式		高圧連系(6.6kV)		既設配電線6.6kV
	保護，制御		一体型制御盤 OVR+UVR OVGR OFR+UFR+単独運転検出(能動)	汎用PLC(パワーコンディショナ盤) OVR+UVR OVGR OFR+UFR+単独運転検出(能動)	「電技解釈」、「系統連系技術要件ガイドライン」による
	付属装置		重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) 高圧連系盤(6.6kV変圧器，開閉装置) 水位計 －	重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) 高圧連系盤(6.6kV変圧器，開閉装置) 手動流量調整弁、水位計 簡易通報装置	簡易通報装置により，随時巡回頻度の低減を図る
	回転速度	min^{-1}	500	750(1200)	(　)内は永久磁石発電機回転速度
	水車出力	kW	139.8	142.2	
	比速度	m-kW	23.7	35.0	JEC4001比速度限界28.5、242.4m-kW以下
	発電機容量		125.0kW(力率0.8程度)	125.0kVA(力率1.0程度)	永久磁石発電機製品定格:160kW
発電所出力		kW	125.0	125.0	
概算工事費		M¥	45.2	36.2	

資料表 4－64(2)　電気仕様諸元表 2

（横取式取水口、旧発電所位置）

項目			在来設計	簡易発電システム	選定理由等
水理諸元	取水位	EL-m	381.3		
	放水位	EL-m	287.0		
	静落差	m	94.3		
	有効落差	m	85.77	87.74	
	最大使用水量	m^3/s	0.21		湧水(年間を通じて変動なし)
機器仕様	水車		ペルトン水車(手動ニードル:2射)	ポンプ逆転水車	適用可能水車選定図による
	発電機		誘導発電機	永久磁石発電機+INV	新技術として水力へ「永久磁石発電機」を適用
	逆潮有無		有り		水辺公園用電源，余剰電力を売電
	所内単独有無		無し		
	連系方式		高圧連系(6.6kV)		既設配電線6.6kV
	保護，制御		一体型制御盤 OVR+UVR OVGR OFR+UFR+単独運転検出(能動)	汎用PLC(パワーコンディショナ盤) OVR+UVR OVGR OFR+UFR+単独運転検出(能動)	「電技解釈」、「系統連系技術要件ガイドライン」による
	付属装置		重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) 高圧連系盤(6.6kV変圧器，開閉装置) 水位計 －	重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) 高圧連系盤(6.6kV変圧器，開閉装置) 手動流量調整弁、水位計 簡易通報装置	簡易通報装置により，随時巡回頻度の低減を図る
	回転速度	min^{-1}	500	750(1200)	(　)内は永久磁石発電機回転速度
	水車出力	kW	145.7	148.1	
	比速度	m-kW	22.9	34.0	JEC4001比速度限界28.3、235.5m-kW以下
	発電機容量		130.0kW(力率0.8程度)	130.0kVA(力率1.0程度)	永久磁石発電機製品定格:160kW
発電所出力		kW	130.0	130.0	
概算工事費		M¥	45.1	36.1	

資料表 4－64(3)　電気仕様諸元表３

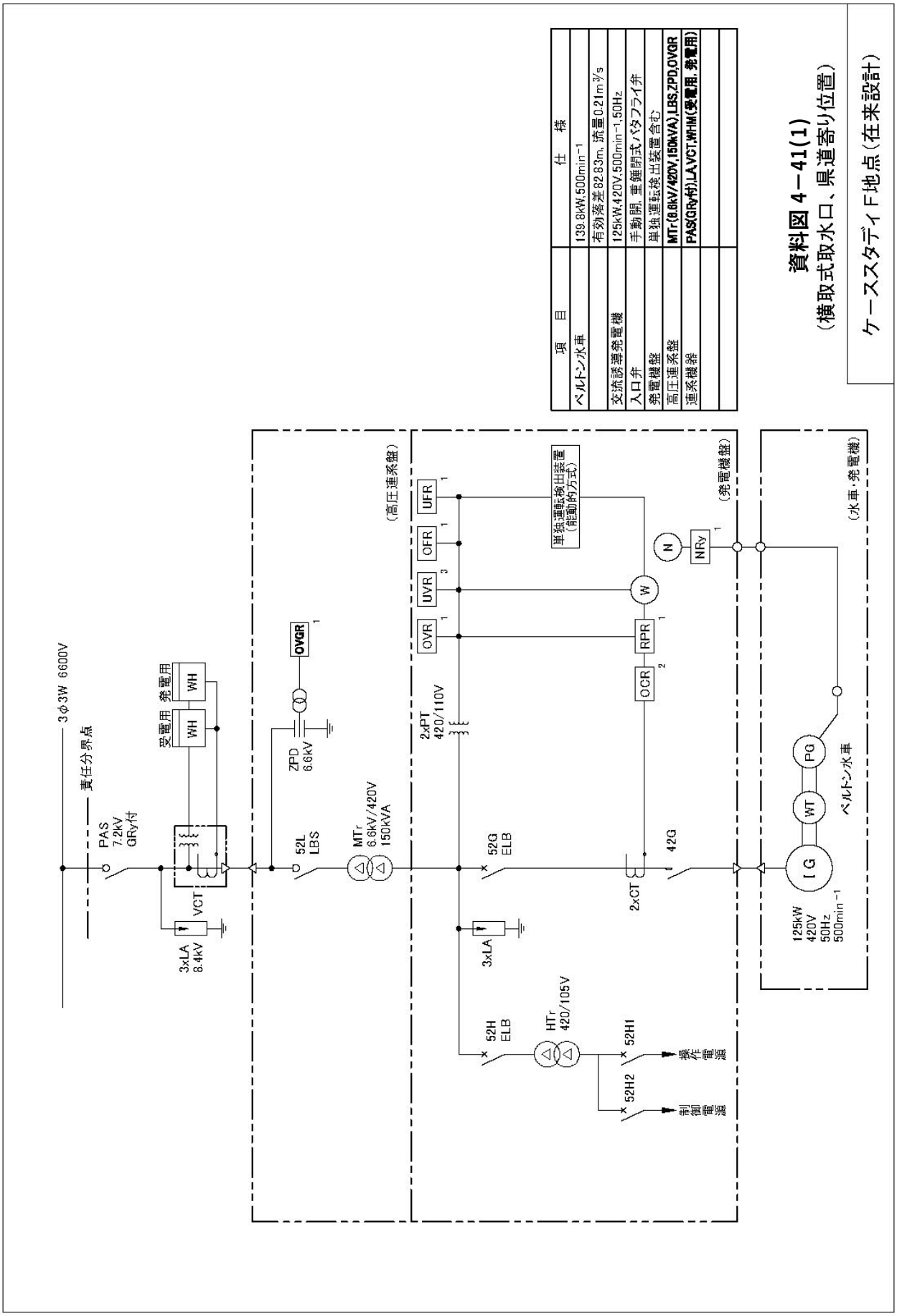
（後方取水式取水口、県道寄り位置）

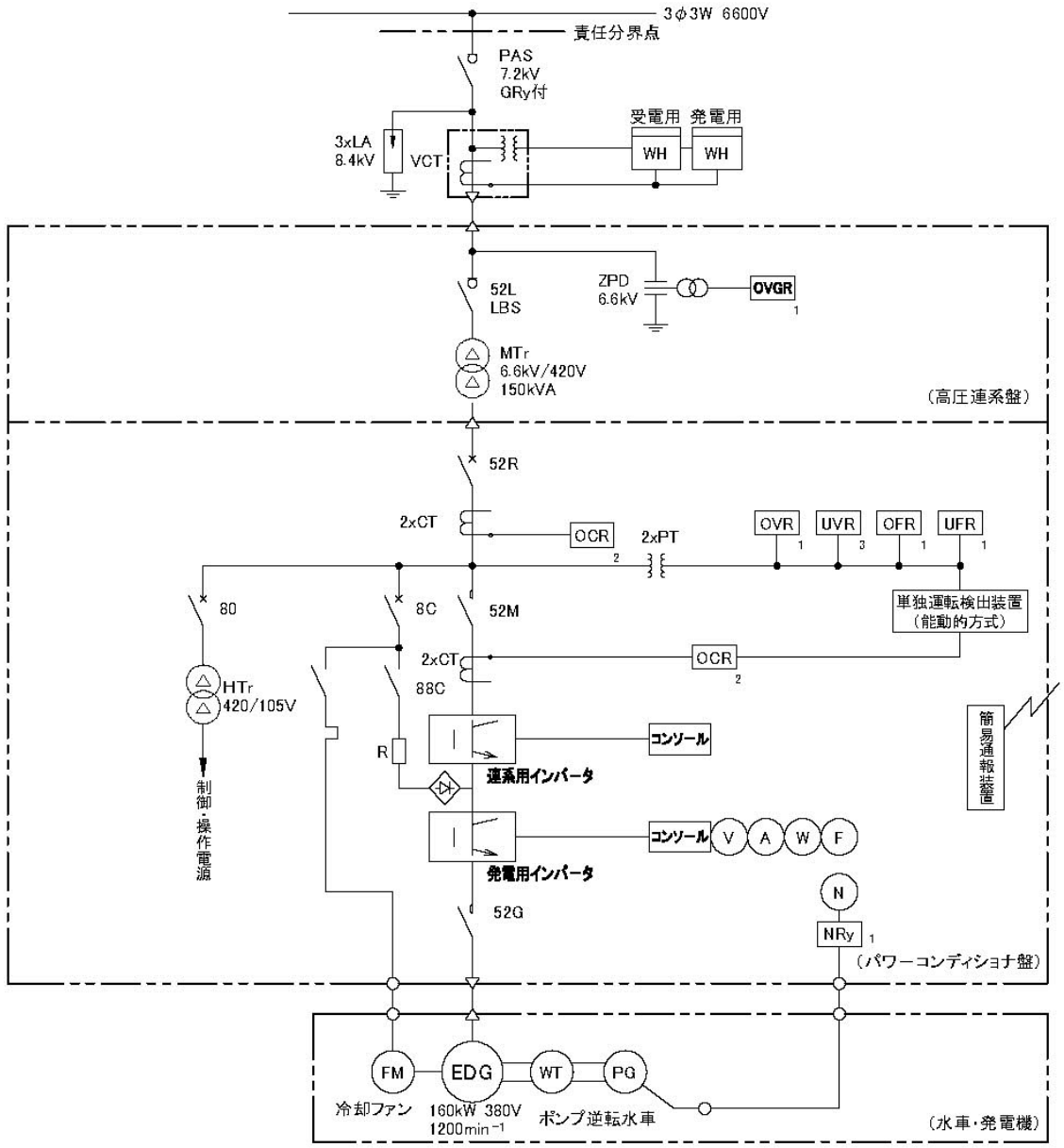
項目			在来設計	簡易発電システム	選定理由等
水理諸元	取水位	EL-m	379.5		
	放水位	EL-m	291.0		
	静落差	m	88.5		
	有効落差	m	79.90	81.88	
	最大使用水量	m^3/s	0.21		湧水(年間を通じて変動なし)
機器仕様	水車		ペルトン水車(手動ニードル:2射)	ポンプ逆転水車	適用可能水車選定図による
	発電機		誘導発電機	永久磁石発電機+INV	新技術として水力へ「永久磁石発電機」を適用
	逆潮有無		有り		水辺公園用電源，余剰電力を売電
	所内単独有無		無し		
	連系方式		高圧連系(6.6kV)		既設配電線6.6kV
	保護，制御		一体型制御盤 OVR+UVR OVGR OFR+UFR+単独運転検出(能動)	汎用PLC(パワーコンディショナ盤) OVR+UVR OVGR OFR+UFR+単独運転検出(能動)	「電技解釈」、「系統連系技術要件ガイドライン」による
	付属装置		重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) 高圧連系盤(6.6kV変圧器，開閉装置) 水位計 －	重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) 高圧連系盤(6.6kV変圧器，開閉装置) 手動流量調整弁、水位計 簡易通報装置	簡易通報装置により，随時巡回頻度の低減を図る
	回転速度	min^{-1}	500	750(1200)	(　)内は永久磁石発電機回転速度
	水車出力	kW	135.8	138.2	
	比速度	m-kW	24.2	35.8	JEC4001比速度限界28.6、247.4m-kW以下
	発電機容量		120.0kW(力率0.8程度)	125.0kVA(力率1.0程度)	永久磁石発電機製品定格:160kW
発電所出力		kW	120.0	125.0	
概算工事費		M¥	45.3	36.2	

資料表 4－64(4)　電気仕様諸元表 4

（後方取水式取水口、旧発電所位置）

項目			在来設計	簡易発電システム	選定理由等
水理諸元	取水位	EL-m	379.5		
	放水位	EL-m	287.0		
	静落差	m	92.5		
	有効落差	m	83.39	85.37	
	最大使用水量	m^3/s	0.21		湧水(年間を通じて変動なし)
機器仕様	水車		ペルトン水車(手動ニードル：2射)	ポンプ逆転水車	適用可能水車選定図による
	発電機		誘導発電機	永久磁石発電機+INV	新技術として水力へ「永久磁石発電機」を適用
	逆潮有無		有り		水辺公園用電源，余剰電力を売電
	所内単独有無		無し		
	連系方式		高圧連系(6.6kV)		既設配電線6.6kV
	保護，制御		一体型制御盤 OVR+UVR OVGR OFR+UFR+単独運転検出(能動)	汎用PLC(パワーコンディショナ盤) OVR+UVR OVGR OFR+UFR+単独運転検出(能動)	「電技解釈」、「系統連系技術要件ガイドライン」による
	付属装置		重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) 高圧連系盤(6.6kV変圧器，開閉装置) 水位計 －	重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) 高圧連系盤(6.6kV変圧器，開閉装置) 手動流量調整弁、水位計 簡易通報装置	簡易通報装置により，随時巡回頻度の低減を図る
	回転速度	min^{-1}	500	750(1200)	(　)内は永久磁石発電機回転速度
	水車出力	kW	141.7	144.1	
	比速度	m-kW	23.4	34.7	JEC4001比速度限界28.4、240.1m-kW以下
	発電機容量		125.0kW(力率0.8程度)	130.0kVA(力率1.0程度)	永久磁石発電機製品定格：160kW
発電所出力		kW	125.0	130.0	
概算工事費		M¥	45.2	36.1	


ケーススタディF地点(在来設計)
資料図 4－41(1)
(横取式取水口、県道寄り位置)
項目
仕様
ベルトン水車
139.8kW,500min⁻¹
有効落差82.83m,流量0.21m³/s
交流誘導発電機
125kW,420V,500min⁻¹,50Hz
入口弁
手動開,重錘閉式バタフライ弁
発電機盤
単独運転検出装置含む
高圧連系盤
MTr(8.8kV/420V,150kVA),LBS,ZPD,OVGR
連系機器
PAS(GRy付),LA,VCT,WHM(受電用,発電用)
3φ3W 6600V
責任分界点
PAS
7.2kV
GRy付
受電用
発電用
WH
VCT
3xLA
8.4kV
52L
LBS
ZPD
6.6kV
OVGR
MTr
6.6kV/420V
150kVA
2xPT
420/110V
OVR
UVR
OFR
UFR
単独運転検出装置
(能動的方式)
W
N
NRy
RPR
OCR
2xCT
52G
ELB
42G
3xLA
52H
ELB
HTr
420/105V
52H1
52H2
操作電源
制御電源
(高圧連系盤)
(発電機盤)
(水車・発電機)
IG
WT
PG
ベルトン水車
125kW
420V
50Hz
500min⁻¹

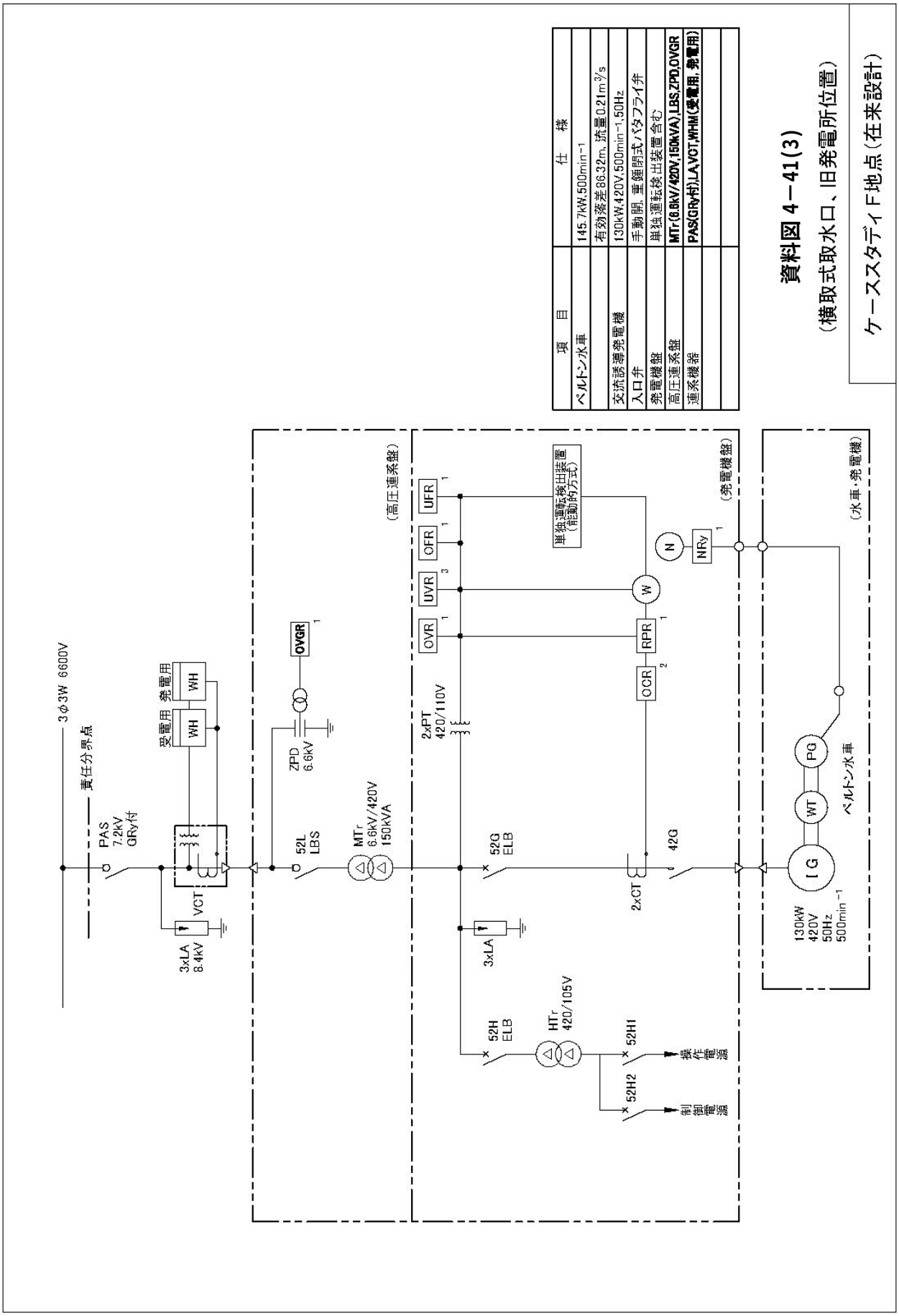


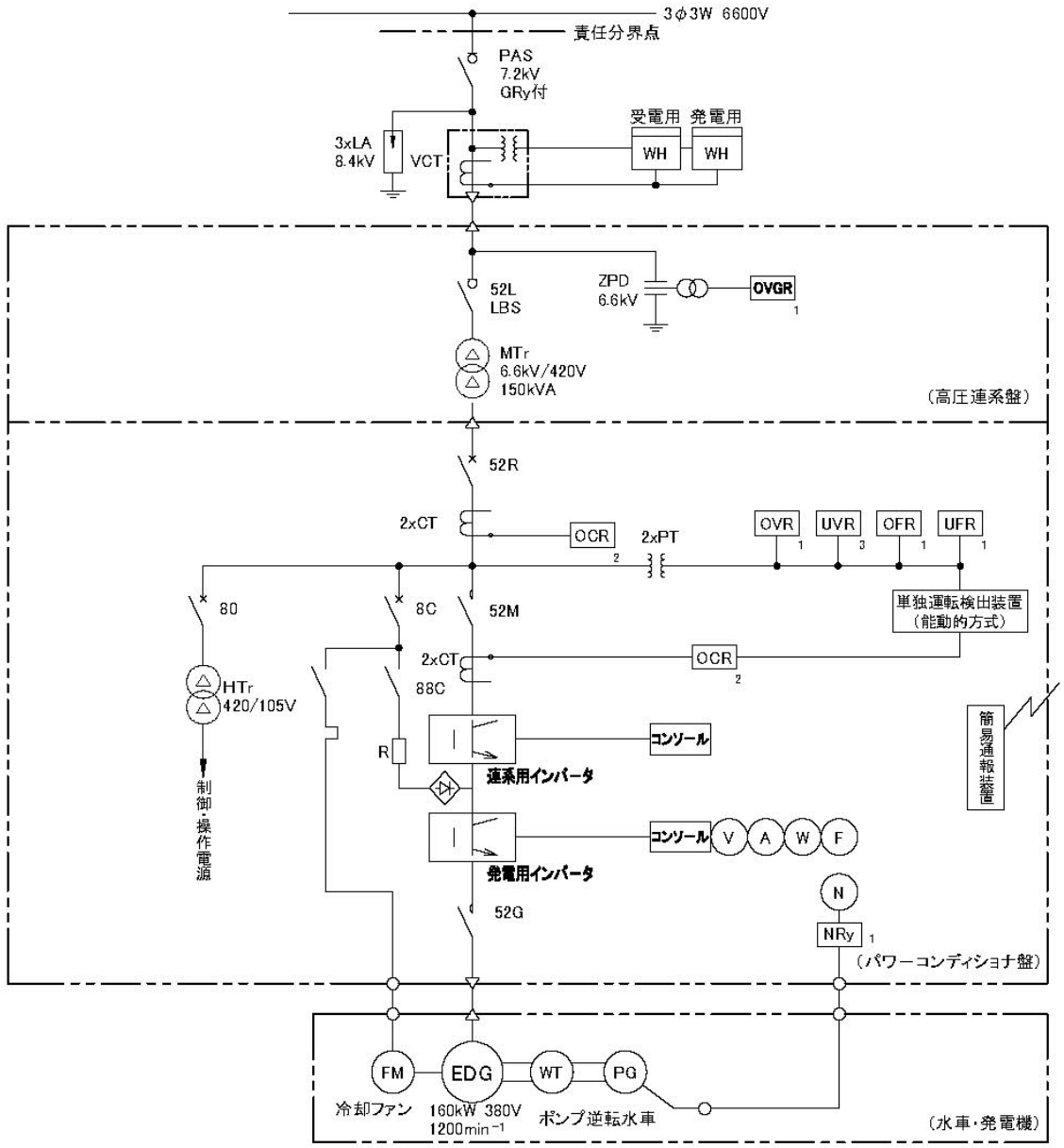
項　目	仕　様
ポンプ逆転水車	142.2kW,750min⁻¹
	有効落差84.25m, 流量0.21m³/s
永久磁石発電機	160kW,380V,1200min⁻¹
入口弁	手動開, 重錘閉式バタフライ弁
パワーコンディショナ盤	150kW,3相420V,50Hz
高圧連系盤	MTr(6.6kV/420V,150kVA),LBS,ZPD,OVGR
連系機器	PAS(GRy付),LA,VCT,WHM(受電用, 発電用)
簡易通報装置	入力8点, 出力4点

資料図 4－41(2)

（横取式取水口、県道寄り位置）

ケーススタディＦ地点（簡易発電システム）


ケーススタディF地点（在来設計）
資料図 4－41(3)
（横取式取水口、旧発電所位置）
項目
仕様
ベルトン水車
145.7kW,500min⁻¹
有効落差86.32m, 流量0.21m³/s
交流誘導発電機
130kW,420V,500min⁻¹,50Hz
入口弁
手動開, 重錘閉式バタフライ弁
発電機盤
単独運転検出装置 含む
高圧連系盤
MTr(6.6kV/420V,150kVA),LBS,ZPD,OVGR
連系機器
PAS(GR付),LA,VCT,WHM(受電用, 発電用)
3φ3W 6600V
責任分界点
PAS
7.2kV
GR付
受電用
発電用
WH
VCT
3xLA
8.4kV
ZPD
6.6kV
OVGR
52L
LBS
MTr
6.6kV/420V
150kVA
2xPT
420/110V
OVR
UVR
OFR
UFR
RPR
W
N
NRy
OCR
単独運転検出装置
（制御内蔵方式）
（高圧連系盤）
（発電機盤）
52G
ELB
2xCT
42G
3xLA
52H
ELB
HTr
420/105V
52H1
52H2
操作電源
制御電源
130kW
420V
50Hz
500min⁻¹
I G
WT
PG
ベルトン水車
（水車・発電機）

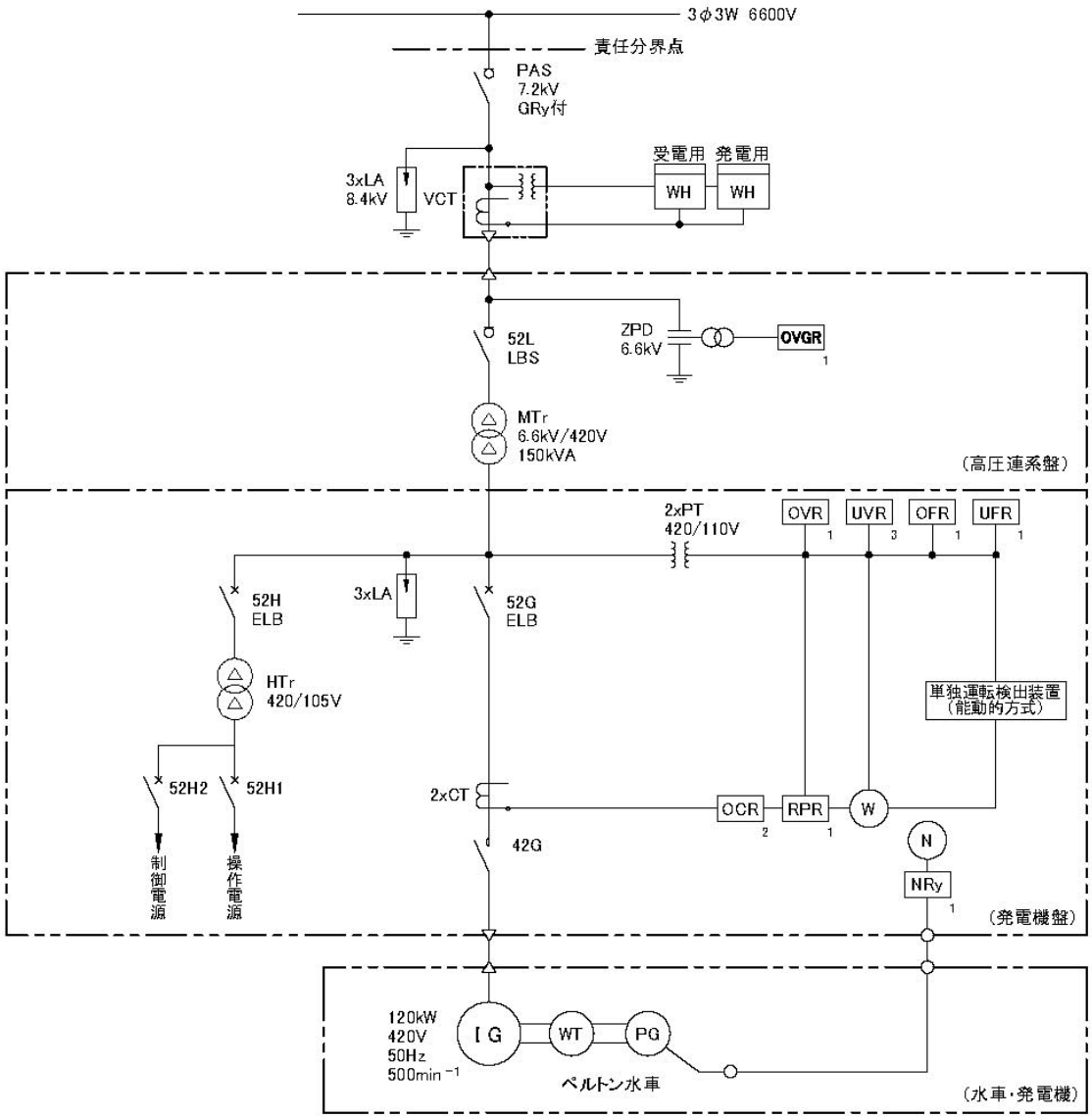


項　目	仕　様
ポンプ逆転水車	148.1kW,750min⁻¹
	有効落差87.74m, 流量0.21m³/s
永久磁石発電機	160kW,380V,1200min⁻¹
入口弁	手動開, 重錘閉式バタフライ弁
パワーコンディショナ盤	150kW,3相420V,50Hz
高圧連系盤	MTr(6.6kV/420V,150kVA),LBS,ZPD,OVGR
連系機器	PAS(GRy付),LA,VCT,WHM(受電用, 発電用)
簡易通報装置	入力8点, 出力4点

資料図 4－41(4)

（横取式取水口、旧発電所位置）

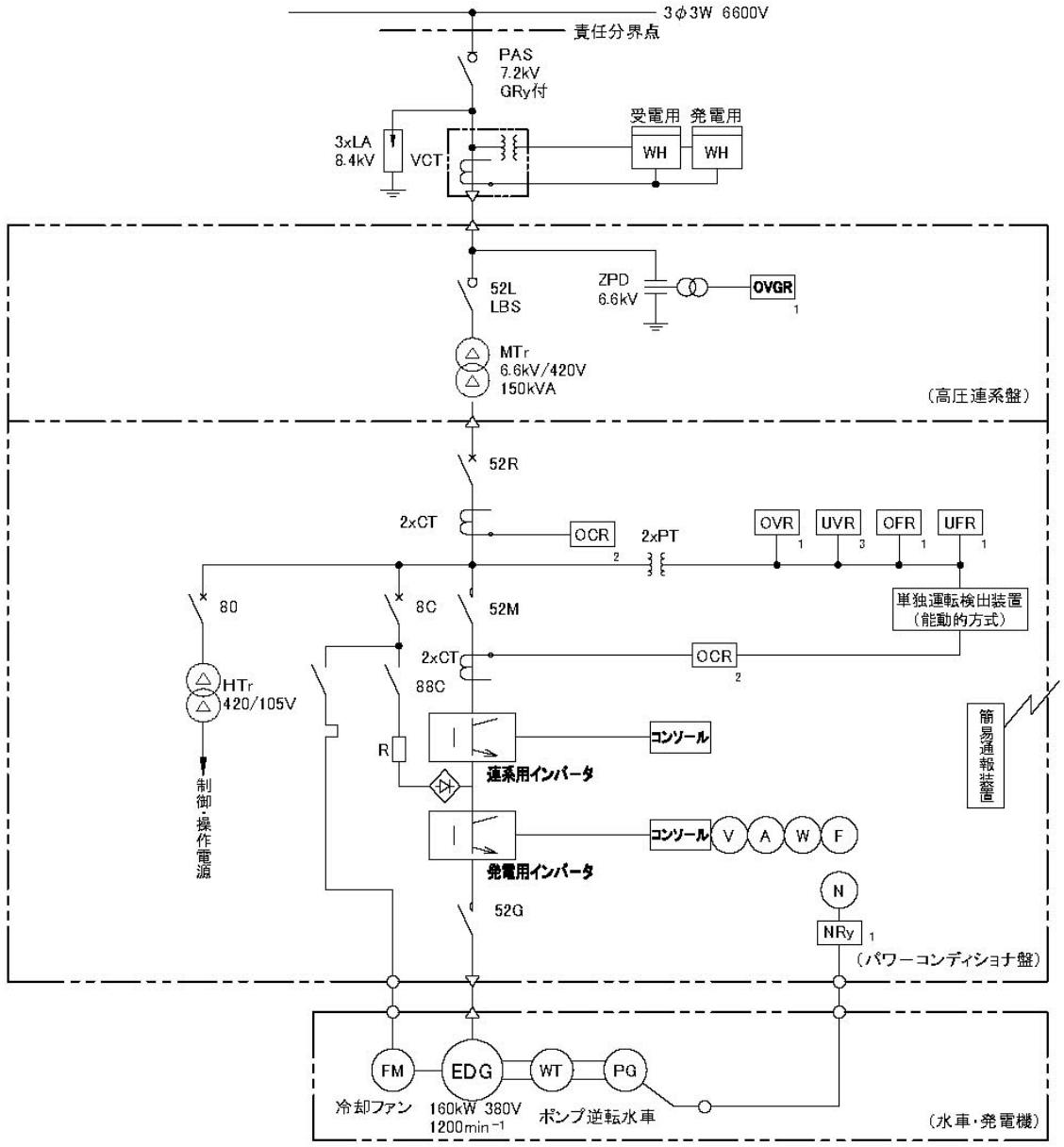
ケーススタディＦ地点（簡易発電システム）



項　目	仕　様
ペルトン水車	135.8kW,500min⁻¹
	有効落差80.46m, 流量0.21m³/s
交流誘導発電機	120kW,420V,500min⁻¹,50Hz
入口弁	手動開, 重錘閉式バタフライ弁
発電機盤	単独運転検出装置含む
高圧連系盤	MTr(8.6kV/420V,150kVA),LBS,ZPD,OVGR
連系機器	PAS(GRy付),LA,VCT,WHM(受電用, 発電用)

資料図 4－41(5)
（後方取水式取水口、県道寄り位置）

ケーススタディＦ地点（在来設計）

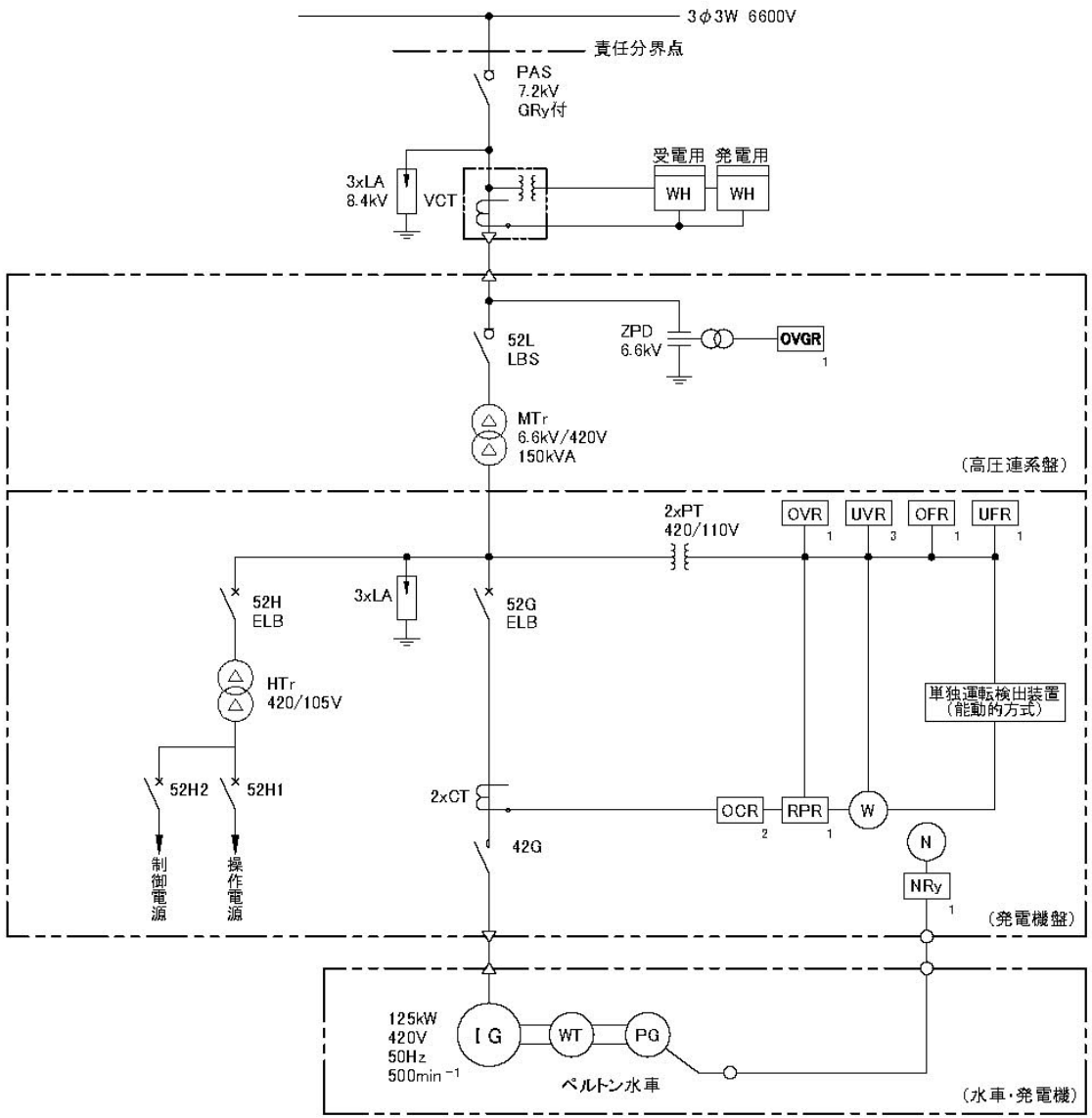


項　目	仕　様
ポンプ逆転水車	138.2kW,750min⁻¹
	有効落差81.88m, 流量0.21m³/s
永久磁石発電機	160kW,380V,1200min⁻¹
入口弁	手動開, 重錘閉式バタフライ弁
パワーコンディショナ盤	150kW,3相420V,50Hz
高圧連系盤	MTr(6.6kV/420V,150kVA),LBS,ZPD,OVGR
連系機器	PAS(GRy付),LA,VCT,WHM(受電用, 発電用)
簡易通報装置	入力8点, 出力4点

資料図 4－41(6)

（後方取水式取水口、県道寄り位置）

ケーススタディ F地点（簡易発電システム）

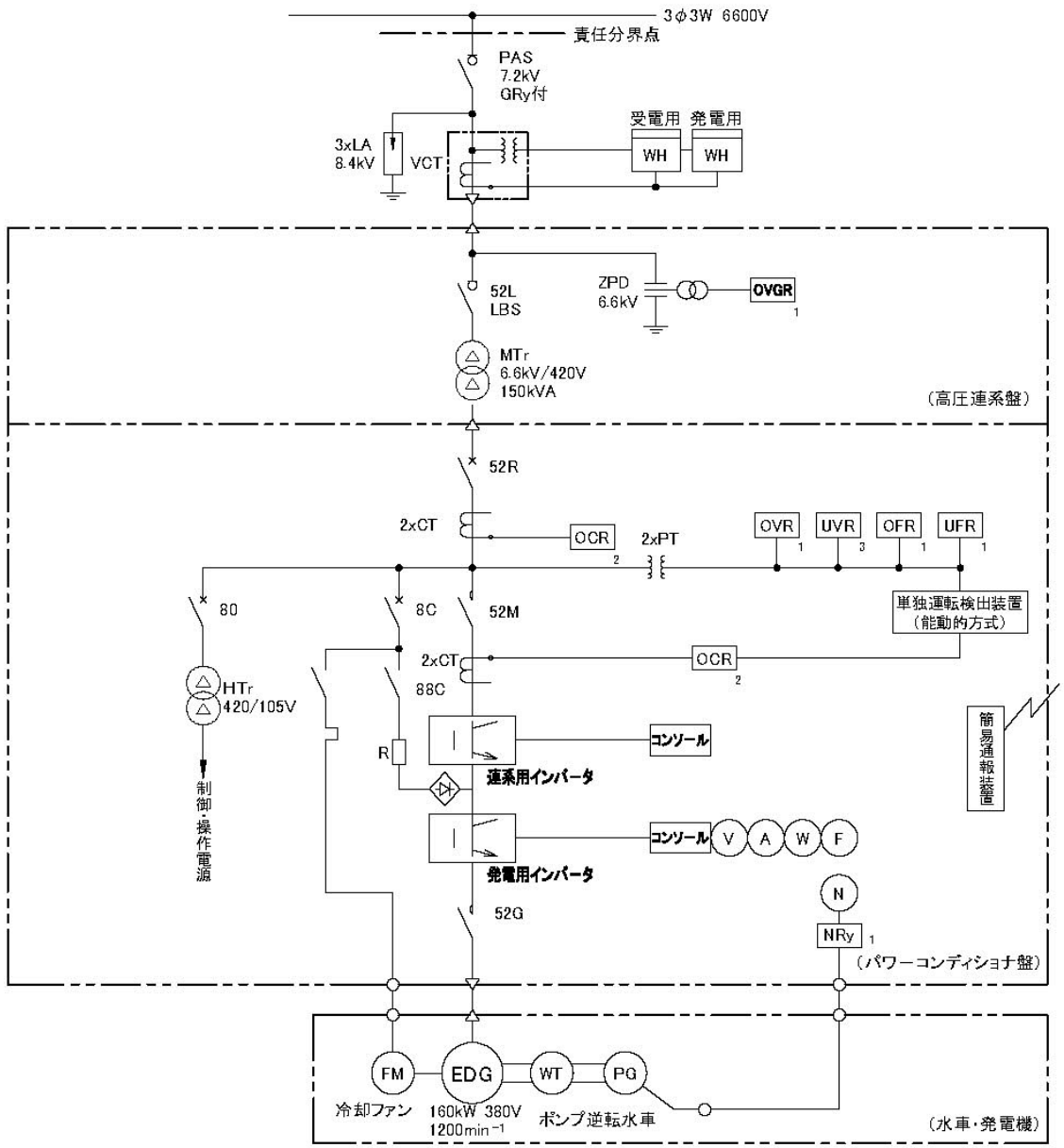


項　目	仕　様
ペルトン水車	141.7kW,500min⁻¹
	有効落差83.95m, 流量0.21m³/s
交流誘導発電機	125kW,420V,500min⁻¹,50Hz
入口弁	手動開, 重錘閉式バタフライ弁
発電機盤	単独運転検出装置含む
高圧連系盤	MTr(6.6kV/420V,150kVA),LBS,ZPD,OVGR
連系機器	PAS(GRy付),LA,VCT,WHM(受電用, 発電用)

資料図 4－41(7)

（後方取水式取水口、旧発電所位置）

ケーススタディＦ地点（在来設計）



項　目	仕　様
ポンプ逆転水車	144.1kW,750min⁻¹
	有効落差85.37m, 流量0.21m³/s
永久磁石発電機	160kW,380V,1200min⁻¹
入口弁	手動開, 重錘閉式バタフライ弁
パワーコンディショナ盤	150kW,3相420V,50Hz
高圧連系盤	MTr(6.6kV/420V,150kVA),LBS,ZPD,OVGR
連系機器	PAS(GRy付),LA,VCT,WHM(受電用, 発電用)
簡易通報装置	入力8点, 出力4点

資料図 4－41(8)

（後方取水式取水口、旧発電所位置）

ケーススタディF地点（簡易発電システム）

２．６．４　比較検討評価

(1) 建設単価の比較

在来設計および簡易発電システムの発電計画諸元を資料表 4－65 に示す。

また，概算工事費の比較表と総括表を資料表 4－66～4－68 に示す，

資料表 4－66 に示すように,いずれのケースも年間可能発電電力量はほぼ同じであるが，建設単価を見ると簡易発電システムの方が 10%程度安くなっている。

在来設計と簡易発電システムでは，水圧管路の材質が大きく異なる。簡易発電システムにおいては，水圧管路に塩ビ管を採用したが，施工性に優れるため工期短縮等，施工面におけるコストダウンも期待される。

資料表 4－65　F 地点発電計画

項　目		在来設計	簡易発電システム
発電計画	取　水　位	横取取水　EL 381.30 m 後方取水　EL 379.50 m	
	放　水　位	県道沿い地点　EL 291.00 m 旧発電所地点　EL 287.00 m	
	総　落　差	横取取水・県道沿い地点　90.30 m 横横取取水・旧発電所地点　94.30 m 後方取水・県道沿い地点　88.50 m 後方取水・旧発電所地点　92.50 m	
	有効落差	横・県　82.28 m 横・旧　85.77 m 後・県　79.90 m 後・旧　83.39 m	横・県　84.25 m 横・旧　87.74 m 後・県　81.88 m 後・旧　85.37 m
	最大使用水量	0.21 m^3/s	
	水車・発電機効率	0.75	0.74
	最大出力	120～130 kW	125～130　kW
設備概要	取水方式	横取，後方取水形式	横取，後方取水形式
	導　水　路	――	――
	水圧管路	FRPM 管+ダクタイル管 （φ400）	塩ビ管+ダクタイル管 （φ400）
	管路延長	県道沿い地点；536+245m 旧発電所地点；536+301m	県道沿い地点；489+292m 旧発電所地点；489+348m
	管路敷設	埋　設	埋　設
	発電所建屋	地上式	地上式
	水車形式	ペルトン水車	ポンプ逆転水車
	発電機種類	交流誘導発電機	永久磁石発電機
	そ　の　他		

資料表 4－66(1)　F 地点概算工事費[横取取水×県道沿い発電所]

単位：(百万円)

項　　目			工 事 費		摘　要
			在来設計	簡易発電システム	
1)	土地補償費		2.0	2.0	
2)	建物関係		12.3	12.1	
3)	土木関係		65.7	58.5	
	①水　路		62.2	55.1	
		a.取　水　口	2.3	2.3	
		b.沈　砂　池	5.6	5.6	
		c.導　入　路	－－	－－	
		d.水　　槽	－－	－－	
		F.余　水　路	－－	－－	
		f.水 圧 管 路	50.7	43.4	
		g.放　水　路	1.9	2.0	
		h.放　水　口	1.8	1.8	
		i.代替放流設備	－－	－－	
	②機械装置		3.5	3.4	
		j.基　　礎	1.6	1.7	
		k.諸　装　置	1.9	1.7	
4)	電気関係		45.2	36.2	
5)	仮設備費		16.3	14.7	{2}+3}+4}}×0.10+α
6)	総係費		20.9	24.7	{2}+3}+4}+5}}×0.15
7)	(小 計)		162.4	148.0	
8)	ダム分担金		－－	－－	
9)	建設中利子		1.9	1.8	7)×0.4×0.03×T/12 T:月数　T=12ヶ月
10)	分担関連費		1.6	1.5	7)×0.01
11)	工事費(合 計)		165.9	151.3	
12)	年間可能発電電力量(MWh)		1,057	1,065	
13)	建設単価（円/kWh）		157	142	

※工事費は「発電計画工事費積算基準」に準拠し，同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。

資料表 4－66(2)　F 地点概算工事費[横取取水×旧発電所跡地発電所]

単位：(百万円)

項　　目			工 事 費		摘　要
			在来設計	簡易発電システム	
1)	土地補償費		2.0	2.0	
2)	建物関係		12.3	12.1	
3)	土木関係		68.4	60.4	
	①水　路		64.6	57.1	
		a.取　水　口	2.3	2.3	
		b.沈　砂　池	5.6	5.6	
		c.導　入　路	－－	－－	
		d.水　　槽	－－	－－	
		F.余　水　路	－－	－－	
		f.水圧管路	54.8	47.5	
		g.放　水　路	－－	－－	
		h.放　水　口	2.0	1.8	
		i.代替放流設備	－－	－－	
	②機械装置		3.7	3.2	
		j.基　　礎	1.7	1.5	
		k.諸　装　置	2.0	1.8	
4)	電気関係		45.1	36.1	
5)	仮設備費		17.6	15.9	{2}+3}+4}}×0.10+α
6)	総係費		21.5	24.4	{2}+3}+4}+5}}×0.15
7)	(小 計)		166.8	151.7	
8)	ダム分担金		－－	－－	
9)	建設中利子		2.0	1.8	7)×0.4×0.03×T/12 T:月数　T=12ヶ月
10)	分担関連費		1.7	1.5	7)×0.01
11)	工事費(合 計)		170.5	155.1	
12)	年間可能発電電力量(MWh)		1,099	1,115	
13)	建設単価（円/kWh）		155	139	

※工事費は「発電計画工事費積算基準」に準拠し，同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。

資料表 4－66(3)　F 地点概算工事費[後方取水×県道沿い発電所]

単位：(百万円)

項　　目			工 事 費		摘　要
			在来設計	簡易発電システム	
1)	土地補償費		2.0	2.0	
2)	建物関係		12.3	12.1	
3)	土木関係		67.2	60.0	
	①水　路		63.7	56.6	
		a.取　水　口	2.3	2.3	
		b.沈　砂　池	7.0	7.0	
		c.導　入　路	－－	－－	
		d.水　　槽	－－	－－	
		F.余　水　路	－－	－－	
		f.水 圧 管 路	50.7	43.4	
		g.放　水　路	1.9	2.0	
		h.放　水　口	1.8	1.8	
		i.代替放流設備	－－	－－	
	②機械装置		3.5	3.4	
		j.基　　礎	1.6	1.7	
		k.諸　装　置	2.0	1.7	
4)	電気関係		45.3	36.2	
5)	仮設備費		16.5	14.8	{2}+3}+4}}×0.10+α
6)	総係費		21.2	25.1	{2}+3}+4}+5}}×0.15
7)	(小 計)		164.5	150.2	
8)	ダム分担金		－－	－－	
9)	建設中利子		2.0	1.8	7)×0.4×0.03×T/12 T:月数　T=12ヶ月
10)	分担関連費		1.6	1.5	7)×0.01
11)	工事費(合 計)		168.1	153.5	
12)	年間可能発電電力量(MWh)		1,024	1,040	
13)	建設単価（円/kWh）		164	148	

※工事費は「発電計画工事費積算基準」に準拠し，同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。

資料表 4－66(4)　F 地点概算工事費[後方取水×旧発電所跡地発電所]

単位：(百万円)

項　　目			工 事 費		摘　要
			在来設計	簡易発電システム	
1)	土地補償費		2.0	2.0	
2)	建物関係		12.3	12.0	
3)	土木関係		69.9	61.9	
	①水　路		66.1	58.6	
		a.取　水　口	2.3	2.3	
		b.沈　砂　池	7.0	7.0	
		c.導　入　路	－－	－－	
		d.水　　槽	－－	－－	
		F.余　水　路	－－	－－	
		f.水 圧 管 路	54.8	47.5	
		g.放　水　路	－－	－－	
		h.放　水　口	2.0	1.8	
		i.代替放流設備	－－	－－	
	②機械装置		3.8	3.3	
		j.基　　礎	1.7	1.5	
		k.諸　装　置	2.0	1.8	
4)	電気関係		45.2	36.1	
5)	仮設備費		17.7	16.0	{2}+3}+4}}×0.10+α
6)	総係費		21.8	25.9	{2}+3}+4}+5}}×0.15
7)	(小 計)		168.9	153.9	
8)	ダム分担金		－－	－－	
9)	建設中利子		2.0	1.8	7)×0.4×0.03×T/12 T:月数　T=12ヶ月
10)	分担関連費		1.7	1.5	7)×0.01
11)	工事費(合 計)		172.6	157.3	
12)	年間可能発電電力量(MWh)		1,074	1,082	
13)	建設単価（円/kWh）		161	145	

※工事費は「発電計画工事費積算基準」に準拠し，同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。

資料表 4－67(1)　F 地点　概算工事費総括表(在来) [横取取水×県道沿い発電所]

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費		宅　地	m2	150	13,000	1,950	
(2)	建物関係		建　物	空m3	160	76,800	12,288	
(3)	土木関係						65,695	
	①水　路						62,211	
		a.取水口					2,263	
			掘　削	m3	17	5,900	100	
			コンクリート	〃	9	42,000	378	
			鉄　筋	t	0.2	187,000	37	
			ゲート	〃	0.3	4,317,000	1,295	
			スクリーン	〃	2.3	0	0	
			その他	式	1		453	上記工種計の25%
		b.沈砂池					5,597	
			掘　削	m3	45	3,800	171	
			コンクリート	〃	13	38,000	494	
			鉄　筋	t	1.1	187,000	206	
			ゲート	〃	0.4	7,645,000	3,058	
			スクリーン	〃	0.3	2,450,000	735	
			その他	式	1		933	上記工種計の20%
		c.導水路					0	
			掘　削	m3		0	0	
			U字溝	m		11,850	0	
			鉄　筋	t			0	
			その他	式	1		0	上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3				
			コンクリート	〃				
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の20%
		f 水圧管路					50,673	
			掘　削	m3	1,426	8,600	12,264	
			コンクリート	〃	0	46,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			FRPM管	m	536.2	32,900	17,641	
			ダクタイル管	〃	245.0	43,400	10,633	
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			分 岐 管	式				
			そ の 他	式	1		10,135	上記工種計の25%
		g.放水路					1,902	
		(暗渠)	掘　削	m3	117	4,900	573	
			コンクリート	〃	6	53,000	339	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			塩ビ管	m	62.0	11,660	723	
			その他	式	1		248	上記工種計の15%
		h 放水口					1,776	
			掘　削	m3	9	5,900	53	
			コンクリート	〃	3	42,000	113	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			ゲート	〃	0.3	4,317,000	1,295	
			そ の 他	式	1		296	上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						3,484	
		j 基礎					1,571	
			掘　削	m3	27	3,800	102	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	31	37,000	1,151	
			鉄　筋	t	0.3	187,000	56	
			そ の 他	式	1		262	上記工種計の20%
		k 諸装置					1,913	
			諸装置	式	1		1,913	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						45,200	
			電気工事費	式	1		45,200	
(5)	仮設備費						16,318	
			仮設備費	式	1		12,318	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			2,000	
			そ の 他	式	1		2,000	
(6)	総経費			式	1		20,925	((2)+(3)+(4)+(5))×15%
(7)	小計						162,376	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		1,949	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		1,624	(7)×1%
(11)	計						**165,949**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。
※電気関係工事費は，積上げにより算出。

資料表 4－67(2)　F 地点　概算工事費総括表(簡易) [横取取水×県道沿い発電所]

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費		宅　地	m2	150	13,000	1,950	
(2)	建物関係		建　物	空m3	157	76,800	12,058	
(3)	土木関係						58,477	
	①水　路						55,059	
		a.取水口					2,263	
			掘　削	m3	17	5,900	100	
			コンクリート	〃	9	42,000	378	
			鉄　筋	t	0.2	187,000	37	
			ゲート	〃	0.3	4,317,000	1,295	
			スクリーン	〃	2.3	0	0	
			その他	式	1		453	上記工種計の25%
		b.沈砂池					5,597	
			掘　削	m3	45	3,800	171	
			コンクリート	〃	13	38,000	494	
			鉄　筋	t	1.1	187,000	206	
			ゲート	〃	0.4	7,645,000	3,058	
			スクリーン	〃	0.3	2,450,000	735	
			その他	式	1		933	上記工種計の20%
		c.導水路					0	
			掘　削	m3		0	0	
			U字溝	m		11,850	0	
			鉄　筋	t			0	
			その他	式	1		0	上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3				
			コンクリート	〃				
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の20%
		f 水圧管路					43,404	
			掘　削	m3	1,426	8,600	12,264	
			コンクリート	〃	0	46,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			塩ビ管	m	489.1	20,000	9,782	
			ダクタイル管	m	292.1	43,400	12,677	
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			分 岐 管	式				
			そ の 他	式	1		8,681	上記工種計の25%
		g.放水路					2,019	
		(暗渠)	掘　削	m3	122	4,900	598	
			コンクリート	〃	8	53,000	398	
			鉄　筋	t	0.2	187,000	37	
			塩ビ管	m	62.0	11,660	723	
			その他	式	1		263	上記工種計の15%
		h 放水口					1,776	
			掘　削	m3	9	5,900	53	
			コンクリート	〃	3	42,000	113	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			ゲート	〃	0.3	4,317,000	1,295	
			そ の 他	式	1		296	上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						3,418	
		j 基礎					1,715	
			掘　削	m3	18	3,800	70	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	35	37,000	1,284	
			鉄　筋	t	0.4	187,000	75	
			そ の 他	式	1		286	上記工種計の20%
		k 諸装置					1,703	
			諸装置	式	1		1,703	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						36,200	
			電気工事費	式	1		36,200	
(5)	仮設備費						14,674	
			仮設備費	式	1		10,674	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			2,000	
			そ の 他	式			2,000	
(6)	総経費			式	1		24,662	((2)+(3)+(4)+(5))×15%
(7)	小計						148,021	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		1,776	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		1,480	(7)×1%
(11)	計						**151,277**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。
※電気関係工事費は，積上げにより算出。

資料表 4－67(3)　F 地点　概算工事費総括表(在来) [横取取水×旧発電所跡地発電所]

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費		宅　地	m2	150	13,000	1,950	
(2)	建物関係		建　物	空m3	160	76,800	12,288	
(3)	土木関係						68,388	
	①水　路						64,649	
		a.取水口					2,263	
			掘　削	m3	17	5,900	100	
			コンクリート	〃	9	42,000	378	
			鉄　筋	t	0.2	187,000	37	
			ゲート	〃	0.3	4,317,000	1,295	
			スクリーン	〃	2.3	0	0	
			その他	式	1		453	上記工種計の25%
		b.沈砂池					5,597	
			掘　削	m3	45	3,800	171	
			コンクリート	〃	13	38,000	494	
			鉄　筋	t	1.1	187,000	206	
			ゲート	〃	0.4	7,645,000	3,058	
			スクリーン	〃	0.3	2,450,000	735	
			その他	式	1		933	上記工種計の20%
		c.導水路					0	
			掘　削	m3		0	0	
			U字溝	m		11,850	0	
			鉄　筋	t			0	
			その他	式	1		0	上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3				
			コンクリート	〃				
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の20%
		f 水圧管路					54,759	
			掘　削	m3	1,523	8,600	13,098	
			コンクリート	〃	0	46,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			FRPM管	m	536.2	32,900	17,641	
			ダクタイル管	〃	301.1	43,400	13,068	
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			分 岐 管	式				
			そ の 他	式	1		10,952	上記工種計の25%
		g.放水路					0	
		(暗渠)	掘　削	m3	0	4,900	0	
			コンクリート	〃	0	53,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			塩ビ管	m	0.0	11,660	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の15%
		h 放水口					2,030	
			掘　削	m3	20	5,900	118	
			コンクリート	〃	6	42,000	260	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			ゲート	〃	0.3	4,317,000	1,295	
			そ の 他	式	1		338	上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						3,739	
		j 基礎					1,747	
			掘　削	m3	64	3,800	242	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	31	37,000	1,158	
			鉄　筋	t	0.3	187,000	56	
			そ の 他	式	1		291	上記工種計の20%
		k 諸装置					1,992	
			諸装置	式	1		1,992	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						45,100	
			電気工事費	式	1		45,100	
(5)	仮設備費						17,578	
			仮設備費	式	1		12,578	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			3,000	
			そ の 他	式			2,000	
(6)	総経費			式	1		21,503	((2)+(3)+(4)+(5))×15%
(7)	小計						166,807	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		2,002	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		1,668	(7)×1%
(11)	計						**170,477**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。
※電気関係工事費は，積上げにより算出。

資料表 4－67(4)　F 地点　概算工事費総括表(簡易) [横取取水×旧発電所跡地発電所]

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費		宅　地	m2	150	13,000	1,950	
(2)	建物関係		建　物	空m3	157	76,800	12,058	
(3)	土木関係						60,362	
	①水　路						57,127	
		a.取水口					2,263	
			掘　削	m3	17	5,900	100	
			コンクリート	〃	9	42,000	378	
			鉄　筋	t	0.2	187,000	37	
			ゲート	〃	0.3	4,317,000	1,295	
			スクリーン	〃	2.3	0	0	
			その他	式	1		453	上記工種計の25%
		b.沈砂池					5,597	
			掘　削	m3	45	3,800	171	
			コンクリート	〃	13	38,000	494	
			鉄　筋	t	1.1	187,000	206	
			ゲート	〃	0.4	7,645,000	3,058	
			スクリーン	〃	0.3	2,450,000	735	
			その他	式	1		933	上記工種計の20%
		c.導水路					0	
			掘　削	m3		0	0	
			U字溝	m		11,850	0	
			鉄　筋	t			0	
			その他	式	1		0	上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3				
			コンクリート	〃				
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の20%
		f 水圧管路					47,490	
			掘　削	m3	1,523	8,600	13,098	
			コンクリート	〃	0	46,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			塩ビ管	m	489.1	20,000	9,782	
			ダクタイル管	m	348.2	43,400	15,112	
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			分 岐 管	式				
			そ の 他	式	1		9,498	上記工種計の25%
		g.放水路					0	
		(暗渠)	掘　削	m3	0	4,900	0	
			コンクリート	〃	0	53,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			塩ビ管	m	0.0	11,660	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の15%
		h 放水口					1,777	
			掘　削	m3	10	5,900	58	
			コンクリート	〃	3	42,000	109	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			ゲート	〃	0.3	4,317,000	1,295	
			そ の 他	式	1		296	上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						3,235	
		j 基礎					1,477	
			掘　削	m3	61	3,800	231	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	26	37,000	944	
			鉄　筋	t	0.3	187,000	56	
			そ の 他	式	1		246	上記工種計の20%
		k 諸装置					1,758	
			諸装置	式	1		1,758	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						36,100	
			電気工事費	式	1		36,100	
(5)	仮設備費						15,852	
			仮設備費	式	1		10,852	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			3,000	
			そ の 他	式			2,000	
(6)	総経費			式	1		25,416	((2)+(3)+(4)+(5))×15%
(7)	小計						151,738	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		1,821	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		1,517	(7)×1%
(11)	計						**155,076**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。
※電気関係工事費は，積上げにより算出。

資料表 4－67(5)　F 地点　概算工事費総括表(在来) [後方取水×県道沿い発電所]

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費		宅　地	m2	150	13,000	1,950	
(2)	建物関係		建　物	空m3	160	76,800	12,288	
(3)	土木関係						67,237	
	①水　路						63,708	
		a.取水口					2,308	
			掘　削	m3	20	5,900	115	
			コンクリート	〃	10	42,000	399	
			鉄　筋	t	0.2	187,000	37	
			ゲート	〃	0.3	4,317,000	1,295	
			スクリーン	〃	2.3	0	0	
			その他	式	1		462	上記工種計の25%
		b.沈砂池					7,049	
			掘　削	m3	239	3,800	908	
			コンクリート	〃	23	38,000	855	
			鉄　筋	t	1.7	187,000	318	
			ゲート	〃	0.4	7,645,000	3,058	
			スクリーン	〃	0.3	2,450,000	735	
			その他	式	1		1,175	上記工種計の20%
		c.導水路					0	
			掘　削	m3		0	0	
			U字溝	m		11,850	0	
			鉄　筋	t			0	
			その他	式	1		0	上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3				
			コンクリート	〃				
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の20%
		f 水圧管路					50,673	
			掘　削	m3	1,426	8,600	12,264	
			コンクリート	〃	0	46,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			FRPM管	m	536.2	32,900	17,641	
			ダクタイル管	〃	245.0	43,400	10,633	
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			分 岐 管	式				
			そ の 他	式	1		10,135	上記工種計の25%
		g.放水路					1,902	
		(暗渠)	掘　削	m3	117	4,900	573	
			コンクリート	〃	6	53,000	339	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			塩ビ管	m	62.0	11,660	723	
			その他	式	1		248	上記工種計の15%
		h 放水口					1,776	
			掘　削	m3	9	5,900	53	
			コンクリート	〃	3	42,000	113	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			ゲート	〃	0.3	4,317,000	1,295	
			そ の 他	式	1		296	上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						3,529	
		j 基礎					1,571	
			掘　削	m3	27	3,800	102	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	31	37,000	1,151	
			鉄　筋	t	0.3	187,000	56	
			そ の 他	式	1		262	上記工種計の20%
		k 諸装置					1,958	
			諸装置	式	1		1,958	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						45,300	
			電気工事費	式	1		45,300	
(5)	仮設備費						16,483	
			仮設備費	式	1		12,483	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			2,000	
			そ の 他	式			2,000	
(6)	総経費			式	1		21,196	((2)+(3)+(4)+(5))×15%
(7)	小計						164,454	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		1,973	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		1,645	(7)×1%
(11)	計						**168,072**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。
※電気関係工事費は，積上げにより算出。

資料表 4－67(6)　F 地点　概算工事費総括表(簡易) [後方取水×県道沿い発電所]

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費		宅　地	m2	150	13,000	1,950	
(2)	建物関係		建　物	空m3	157	76,800	12,058	
(3)	土木関係						60,020	
	①水　路						56,557	
		a.取水口					2,309	
			掘　削	m3	20	5,900	115	
			コンクリート	〃	10	42,000	400	
			鉄　筋	t	0.2	187,000	37	
			ゲート	〃	0.3	4,317,000	1,295	
			スクリーン	〃	2.3	0	0	
			その他	式	1		462	上記工種計の25%
		b.沈砂池					7,049	
			掘　削	m3	239	3,800	908	
			コンクリート	〃	23	38,000	855	
			鉄　筋	t	1.7	187,000	318	
			ゲート	〃	0.4	7,645,000	3,058	
			スクリーン	〃	0.3	2,450,000	735	
			その他	式	1		1,175	上記工種計の20%
		c.導水路					0	
			掘　削	m3		0	0	
			U字溝	m		11,850	0	
			鉄　筋	t			0	
			その他	式	1		0	上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3				
			コンクリート	〃				
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の20%
		f 水圧管路					43,404	
			掘　削	m3	1,426	8,600	12,264	
			コンクリート	〃	0	46,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			塩ビ管	m	489.1	20,000	9,782	
			ダクタイル管	m	292.1	43,400	12,677	
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			分 岐 管	式				
			そ の 他	式	1		8,681	上記工種計の25%
		g.放水路					2,019	
		(暗渠)	掘　削	m3	122	4,900	598	
			コンクリート	〃	8	53,000	398	
			鉄　筋	t	0.2	187,000	37	
			塩ビ管	m	62.0	11,660	723	
			その他	式	1		263	上記工種計の15%
		h 放水口					1,776	
			掘　削	m3	9	5,900	53	
			コンクリート	〃	3	42,000	113	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			ゲート	〃	0.3	4,317,000	1,295	
			そ の 他	式	1		296	上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						3,463	
		j 基礎					1,715	
			掘　削	m3	18	3,800	70	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	35	37,000	1,284	
			鉄　筋	t	0.4	187,000	75	
			そ の 他	式	1		286	上記工種計の20%
		k 諸装置					1,748	
			諸装置	式	1		1,748	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						36,200	
			電気工事費	式	1		36,200	
(5)	仮設備費						14,828	
			仮設備費	式	1		10,828	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			2,000	
			そ の 他	式			2,000	
(6)	総経費			式	1		25,141	((2)+(3)+(4)+(5))×15%
(7)	小計						150,197	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		1,802	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		1,502	(7)×1%
(11)	計						**153,501**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。
※電気関係工事費は，積上げにより算出。

資料表 4－67(7)　F 地点　概算工事費総括表(在来) [後方取水×旧発電所跡地発電所]

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費		宅　地	m2	150	13,000	1,950	
(2)	建物関係		建　物	空m3	160	76,800	12,288	
(3)	土木関係						69,931	
	①水　路						66,147	
		a.取水口					2,309	
			掘　削	m3	20	5,900	115	
			コンクリート	〃	10	42,000	400	
			鉄　筋	t	0.2	187,000	37	
			ゲート	〃	0.3	4,317,000	1,295	
			スクリーン	〃	2.3	0	0	
			その他	式	1		462	上記工種計の25%
		b.沈砂池					7,049	
			掘　削	m3	239	3,800	908	
			コンクリート	〃	23	38,000	855	
			鉄　筋	t	1.7	187,000	318	
			ゲート	〃	0.4	7,645,000	3,058	
			スクリーン	〃	0.3	2,450,000	735	
			その他	式	1		1,175	上記工種計の20%
		c.導水路					0	
			掘　削	m3		0	0	
			U字溝	m		11,850	0	
			鉄　筋	t			0	
			その他	式	1		0	上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3				
			コンクリート	〃				
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の20%
		f 水圧管路					54,759	
			掘　削	m3	1,523	8,600	13,098	
			コンクリート	〃	0	46,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			FRPM管	m	536.2	32,900	17,641	
			ダクタイル管	m	301.1	43,400	13,068	
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			分 岐 管	式				
			そ の 他	式	1		10,952	上記工種計の25%
		g.放水路					0	
		(暗渠)	掘　削	m3	0	4,900	0	
			コンクリート	〃	0	53,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			塩ビ管	m	0.0	11,660	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の15%
		h 放水口					2,030	
			掘　削	m3	20	5,900	118	
			コンクリート	〃	6	42,000	260	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			ゲート	〃	0.3	4,317,000	1,295	
			そ の 他	式	1		338	上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						3,784	
		j 基礎					1,747	
			掘　削	m3	64	3,800	242	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	31	37,000	1,158	
			鉄　筋	t	0.3	187,000	56	
			そ の 他	式	1		291	上記工種計の20%
		k 諸装置					2,037	
			諸装置	式	1		2,037	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						45,200	
			電気工事費	式	1		45,200	
(5)	仮設備費						17,742	
			仮設備費	式	1		12,742	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			3,000	
			そ の 他	式			2,000	
(6)	総経費			式	1		21,774	((2)+(3)+(4)+(5))×15%
(7)	小計						168,885	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		2,027	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		1,689	(7)×1%
(11)	計						**172,601**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。
※電気関係工事費は，積上げにより算出。

資料表 4－67(8)　F 地点　概算工事費総括表(簡易) [後方取水×旧発電所跡地発電所]

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費		宅　地	m2	150	13,000	1,950	
(2)	建物関係		建　物	空m3	157	76,800	12,058	
(3)	土木関係						61,904	
	①水　路						58,624	
		a.取水口					2,308	
			掘　削	m3	20	5,900	115	
			コンクリート	〃	10	42,000	399	
			鉄　筋	t	0.2	187,000	37	
			ゲート	〃	0.3	4,317,000	1,295	
			スクリーン	〃	2.3	0	0	
			その他	式	1		462	上記工種計の25%
		b.沈砂池					7,049	
			掘　削	m3	239	3,800	908	
			コンクリート	〃	23	38,000	855	
			鉄　筋	t	1.7	187,000	318	
			ゲート	〃	0.4	7,645,000	3,058	
			スクリーン	〃	0.3	2,450,000	735	
			その他	式	1		1,175	上記工種計の20%
		c.導水路					0	
			掘　削	m3		0	0	
			U字溝	m		11,850	0	
			鉄　筋	t			0	
			その他	式	1		0	上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3				
			コンクリート	〃				
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の20%
		f 水圧管路					47,490	
			掘　削	m3	1,523	8,600	13,098	
			コンクリート	〃	0	46,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			塩ビ管	m	489.1	20,000	9,782	
			ダクタイル管	m	348.2	43,400	15,112	
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			分 岐 管	式				
			そ の 他	式	1		9,498	上記工種計の25%
		g.放水路					0	
		(暗渠)	掘　削	m3	0	4,900	0	
			コンクリート	〃	0	53,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			塩ビ管	m	0.0	11,660	0	
			その他	式	1		0	上記工種計の15%
		h 放水口					1,777	
			掘　削	m3	10	5,900	58	
			コンクリート	〃	3	42,000	109	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			ゲート	〃	0.3	4,317,000	1,295	
			そ の 他	式	1		296	上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						3,280	
		j 基礎					1,477	
			掘　削	m3	61	3,800	231	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	26	37,000	944	
			鉄　筋	t	0.3	187,000	56	
			そ の 他	式	1		246	上記工種計の20%
		k 諸装置					1,803	
			諸装置	式	1		1,803	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						36,100	
			電気工事費	式	1		36,100	
(5)	仮設備費						16,006	
			仮設備費	式	1		11,006	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			3,000	
			そ の 他	式			2,000	
(6)	総経費			式	1		25,895	((2)+(3)+(4)+(5))×15%
(7)	小計						153,913	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		1,847	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		1,539	(7)×1%
(11)	計						**157,299**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。
※電気関係工事費は，積上げにより算出。

資料表 4－68(1)　概算電気工事費総括表［横取取水×県道沿い発電所］

在来設計

（横取取水、県道寄り）

125 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	ペルトン水車(139.8kW,500min-1,有効落差82.83m,流量0.21m3/s)	16,000
	発電機	交流誘導発電機(125kW,420V,500min-1,50Hz)	4,200
	入口弁	手動開,重錘閉式バタフライ弁(350φ)	2,900
	発電機盤	単独運転検出装置含む	5,500
	簡易通報装置	(該当なし)	0
	高圧連系盤	MTr(6.6kV/420V,150kVA),LBS,ZPD,OVGR	3,000
	連系機器	PAS(Gry付き),LA,VCT,WHM(受電用,発電用)	550
	高圧ケーブル	一式	100
	動力･制御ケーブル	一式	400
	配管材	一式	400
	諸材料	一式	990
	小計		34,040
工事費		一式	11,100
合計			45,140
			45,200

簡易発電

（横取取水、県道寄り）

125 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	ポンプ逆転水車(142.2kW,750min-1,有効落差84.25m,流量0.21m3/s)	9,000
	発電機	永久磁石発電機(160kW,380V,1200min-1)	2,500
	入口弁	手動開,重錘閉式バタフライ弁(350φ)	3,900
	発電機盤	パワーコンディショナ盤(150kW,3相420V,50Hz)	6,500
	簡易通報装置	入力8点,出力4点	100
	高圧連系盤	MTr(6.6kV/420V,150kVA),LBS,ZPD,OVGR	3,000
	連系機器	PAS(Gry付き),LA,VCT,WHM(受電用,発電用)	550
	高圧ケーブル	一式	100
	動力･制御ケーブル	一式	400
	配管材	一式	400
	諸材料	一式	790
	小計		27,240
工事費		一式	8,900
合計			36,140
			36,200

資料表 4－68(2)　概算電気工事費総括表 [横取取水×旧発電所跡地発電所]

在来設計

（横取取水、旧発電所）

130 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	ペルトン水車(145.7kW,500min-1,有効落差86.32m,流量0.21m3/s)	16,000
	発電機	交流誘導発電機(130kW,420V,500min-1,50Hz)	4,200
	入口弁	手動開,重錘閉式バタフライ弁(350φ)	2,900
	発電機盤	単独運転検出装置含む	5,500
	簡易通報装置	(該当なし)	0
	高圧連系盤	MTr(6.6kV/420V,150kVA),LBS,ZPD,OVGR	3,000
	連系機器	PAS(Gry付き),LA,VCT,WHM(受電用,発電用)	550
	高圧ケーブル	一式	100
	動力･制御ケーブル	一式	400
	配管材	一式	400
	諸材料	一式	990
	小計		34,040
工事費		一式	11,000
合計			45,040
			45,100

簡易発電

（横取取水、旧発電所）

130 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	ポンプ逆転水車(148.1kW,750min-1,有効落差87.74m,流量0.21m3/s)	9,000
	発電機	永久磁石発電機(160kW,380V,1200min-1)	2,500
	入口弁	手動開,重錘閉式バタフライ弁(350φ)	3,900
	発電機盤	パワーコンディショナ盤(150kW,3相420V,50Hz)	6,500
	簡易通報装置	入力8点,出力4点	100
	高圧連系盤	MTr(6.6kV/420V,150kVA),LBS,ZPD,OVGR	3,000
	連系機器	PAS(Gry付き),LA,VCT,WHM(受電用,発電用)	550
	高圧ケーブル	一式	100
	動力･制御ケーブル	一式	400
	配管材	一式	400
	諸材料	一式	790
	小計		27,240
工事費		一式	8,800
合計			36,040
			36,100

資料表 4－68(3)　概算電気工事費総括表［後方取水×県道沿い発電所］

在来設計

（後方取水、県道寄り）

120 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	ペルトン水車(135.8kW,500min-1,有効落差80.46m,流量0.21m3/s)	16,000
	発電機	交流誘導発電機(120kW,420V,500min-1,50Hz)	4,200
	入口弁	手動開,重錘閉式バタフライ弁(350φ)	2,900
	発電機盤	単独運転検出装置含む	5,500
	簡易通報装置	(該当なし)	0
	高圧連系盤	MTr(6.6kV/420V,150kVA),LBS,ZPD,OVGR	3,000
	連系機器	PAS(Gry付き),LA,VCT,WHM(受電用,発電用)	550
	高圧ケーブル	一式	100
	動力･制御ケーブル	一式	400
	配管材	一式	400
	諸材料	一式	990
	小計		34,040
工事費		一式	11,200
合計			45,240
			45,300

簡易発電

（後方取水、県道寄り）

125 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	ポンプ逆転水車(138.2kW,750min-1,有効落差81.88m,流量0.21m3/s)	9,000
	発電機	永久磁石発電機(160kW,380V,1200min-1)	2,500
	入口弁	手動開,重錘閉式バタフライ弁(350φ)	3,900
	発電機盤	パワーコンディショナ盤(150kW,3相420V,50Hz)	6,500
	簡易通報装置	入力8点,出力4点	100
	高圧連系盤	MTr(6.6kV/420V,150kVA),LBS,ZPD,OVGR	3,000
	連系機器	PAS(Gry付き),LA,VCT,WHM(受電用,発電用)	550
	高圧ケーブル	一式	100
	動力･制御ケーブル	一式	400
	配管材	一式	400
	諸材料	一式	790
	小計		27,240
工事費		一式	8,900
合計			36,140
			36,200

資料表 4－68(4)　概算電気工事費総括表 [後方取水×旧発電所跡地発電所]

在来設計

（後方取水、旧発電所）

125 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	ペルトン水車(141.7kW,500min-1,有効落差83.95m,流量0.21m3/s)	16,000
	発電機	交流誘導発電機(125kW,420V,500min-1,50Hz)	4,200
	入口弁	手動開,重錘閉式バタフライ弁(350φ)	2,900
	発電機盤	単独運転検出装置含む	5,500
	簡易通報装置	(該当なし)	0
	高圧連系盤	MTr(6.6kV/420V,150kVA),LBS,ZPD,OVGR	3,000
	連系機器	PAS(Gry付き),LA,VCT,WHM(受電用,発電用)	550
	高圧ケーブル	一式	100
	動力･制御ケーブル	一式	400
	配管材	一式	400
	諸材料	一式	990
	小計		34,040
工事費		一式	11,100
合計			45,140
			45,200

簡易発電

（後方取水、旧発電所）

130 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	ポンプ逆転水車(144.1kW,750min-1,有効落差85.37m,流量0.21m3/s)	9,000
	発電機	永久磁石発電機(160kW,380V,1200min-1)	2,500
	入口弁	手動開,重錘閉式バタフライ弁(350φ)	3,900
	発電機盤	パワーコンディショナ盤(150kW,3相420V,50Hz)	6,500
	簡易通報装置	入力8点,出力4点	100
	高圧連系盤	MTr(6.6kV/420V,150kVA),LBS,ZPD,OVGR	3,000
	連系機器	PAS(Gry付き),LA,VCT,WHM(受電用,発電用)	550
	高圧ケーブル	一式	100
	動力･制御ケーブル	一式	400
	配管材	一式	400
	諸材料	一式	790
	小計		27,240
工事費		一式	8,800
合計			36,040
			36,100

(2) 発電原価の比較

本項では，20 年間の均等化経費を算出し，年間可能発電電力量との比によって発電原価を算出して,在来設計と簡易発電システムとの比較・検討を実施した。

20 年間の均等化経費は，年次別経費率表（資料表 4－70）によって算出した。計算にあたって必要となる経費率等については,『ハイドロバレー開発計画ガイドブック』（H16.3　経済産業省資源エネルギー庁・財団法人新エネルギー財団）に記述される値を基本とし，実状を考慮して若干修正した。設定した経費率や金利，計算結果を資料表 4－69 に整理した。

建設費（補助額分を除く）については全て借入金によるものとし，金利 1.5%，20 年で返済することとした。また，事業者が県であるため固定資産税は計上していないが，固定資産税相当を市町村交付金として計上することとした。

計算結果から,簡易発電システムの発電原価は 9.5～9.9 円/kWh 程度であり，在来設計の 90%程度となっている。

資料表 4－69 発電原価の計算

	在来発電 計画	簡易発電 システム	備　　考
建設費(百万円)	165.9～172.6	151.3～157.3	
年間発電電力量(MWh)	1,024～1,099	1,040～1,115	
資本費	建設費の 70%(回収 20 年) 金利 1.5%		
人件費	建設費の 0.68%		
修繕費	建設費の 0.31% 年増加分 0.019%		
市町村交付金	率 1.4%		固定資産税相当
その他経費	建設費の 0.31%		
一般管理費	直接費(人件費，修繕費,固定資産税, その他経費)の 12.0%		
年経費(百万円)	10.4～10.8	9.5～9.9	20 年均等化経費
発電原価(円/kWh)	9.7～10.3	8.7～9.3	

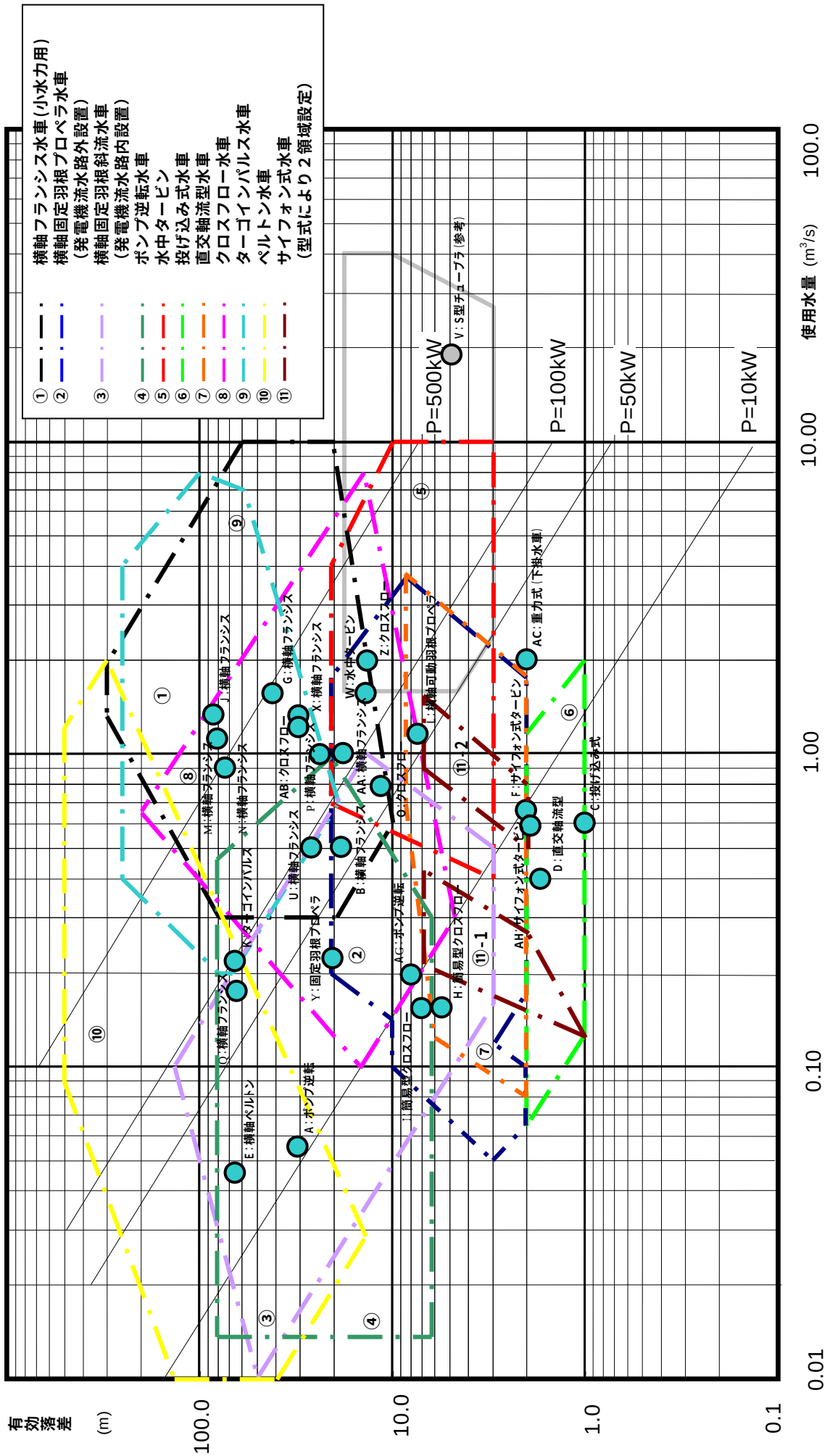
巻末資料－５　モニタリング調査

巻末資料－５モニタリング調査

既設・新設の小水力発電設備の適用技術、保守運転状況の調査結果及び他分野の取水施設や圧力管路の調査結果を整理し,簡易発電システムの参考資料とした。

モニタリング調査実施地点は以下のとおりである。調査結果を整理して資料表 5－1にまとめるとともに，各地点の概要及び写真を整理した。

A) サッポロビール新九州工場小水力発電設備 ..... 資料 5－5
B) 大分県中津江村（現日田市）鯛生小水力発電所 ..... 資料 5－8
C) 富山県月の又用水路小水力発電実証試験設備 ..... 資料 5－11
D) 富山県常西用水路小水力発電実証試験設備 ..... 資料 5－14
E) 群馬県黒保根村（現桐生市）利平茶屋水力発電所 ..... 資料 5－17
F) 長野県大町市農業用水路小水力発電実証試験設備 ..... 資料 5－20
G) 東京電力㈱稲核発電所 ..... 資料 5－23
H) 山梨県大泉村（現北杜市）ひまわり発電所 ..... 資料 5－26
I) 山梨県長坂町（現北杜市）三分一湧水公園発電所 ..... 資料 5－29
J) 群馬県県央第一発電所 ..... 資料 5－32
K) 長野県木島平村馬曲温泉公園発電所 ..... 資料 5－35
L) 群馬県狩宿第二発電所 ..... 資料 5－38
M) 北九州市油木発電所 ..... 資料 5－41
N) 北九州市ます渕発電所 ..... 資料 5－44
O) 北九州市頓田発電所 ..... 資料 5－47
P) 千苅浄水場小水力発電所 ..... 資料 5－50
Q) 神戸市湊川ポンプ場小水力発電所 ..... 資料 5－53
R) 中国電力㈱安蔵川発電所中津美川取水設備他 ..... 資料 5－56
S) 中国電力㈱新大呂発電所大倉谷取水設備他 ..... 資料 5－59
T) 水資源機構三重用水員弁川他取水設備 ..... 資料 5－62
U) 広島県志和掘発電所 ..... 資料 5－65
V) 広島県川小田発電所 ..... 資料 5－68
W) 広島県河戸発電所 ..... 資料 5－71
X) 沖縄県西原浄水場内小水力発電設備 ..... 資料 5－74
Y) 埼玉県庄和浄水場内小水力発電設備 ..... 資料 5－77
Z) 熊本県清和発電所 ..... 資料 5－80
AA) 山梨県山一水力発電所 ..... 資料 5－83
AB) 中部電力㈱易老沢発電所 ..... 資料 5－86
AC) 山梨県都留市市民発電所 ..... 資料 5－89
AD) 静岡県静岡市藁科第一配水場場内送配水管敷設工事（ポリエチレン管施工現場） ..... 資料 5－92
AE) 空知川右岸地区幹線用水路布設工事（耐圧ポリエチレンリブ管施工現場） .... 資料 5－95
AF) 中国電力㈱周布川第一発電所木戸谷川取水ダム ..... 資料 5－98
AG) 富山県南砺市（旧利賀村）利賀ミニ水力発電所 ..... 資料 5－101
AH) 京都府京都市嵐山保勝会水力発電所 ..... 資料 5－104



資料図 5-1　簡易発電システム　水車形式選定図

資料表 5－1(1) モニタリング調査　調査要素，調査地点対比表

※１；調査実施地点のうち，簡易発電システムの対象となる項目を“○”，直接ではないが，部分的（間接的）に対象となる項目を“△”で記述した。

調査要素		調査内容	調査実施地点 ※1																
			サッポロビール新九州工場発電施設	碓生発電所	月の又用水路発電実証試験設備	常西用水路小水力発電実証試験設備	利平茶屋発電所	大町市農業用水路小水力発電実証試験設備	緒核発電所	ひまわり発電所	三ツ一湧水公園発電所	県央第一発電所	鳥曲温泉公園発電所	将富第二発電所	油木発電所	ます湖発電所	蜻田発電所	千苅小水力発電所	湧川ポンプ場小水力発電所
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
基本諸元		運転開始［年月］	H12.3	H16.4	H11.3(1年間の実験運転)	H15.6(1年間の実証実験)	H16.4	H15.11(H16.7時点で調査)	H11.4	H14.7	H16.4	H4.3	S63.10	H16.6	H8.4	H6.4	H10.4	H16.1	H14.4
		発電出力［kW］	9.9	66.0	3.0	5.0	22.0	8.9	510.0	4.8	1.0	840.0	95.0	61.0	780.0	520.0	68.0	180.0	85.0
		有効落差［m］	31.0	18.0	1.0	1.5～2.0	63.4	2.0	41.3	5.5	7.0	81.8	65.0	7.6	81.6	73.6	12.2	23.8	65.0
		使用水量［m^3/s］	0.050	0.500	0.600	0.3～0.5	0.046	0.660	1.640	0.150	0.150	1.340	0.220	1.030	1.230	0.900	0.810	1.000	0.185
		事業主体	一般企業	村	県・大学	一般企業	村	ＮＰＯ	電力会社	一般企業	市	県	村	県	市	市	市	市	市
施設区分		河川維持流量等放流設備	---	---	---	---	---	---	○	---	---	---	---	○(既設発電所水路)	---	---	---	---	---	---
		砂防ダム	---	○	---	---	○	---	---	---	---	---	○	---	---	---	---	---	---
		農業用水利施設	---	---	○	○	---	○	---	○	---	---	○	---	---	---	---	---	---
		上水道・工業用水利施設	○(工業用水)	---	---	---	---	---	---	---	---	○(水道用水(浄水))	---	---	○(水道用水(原水))	○(水道用水(原水))	○(工業用水)	○(水道用水(原水))	---
		下水道施設	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	○(処理水)
		その他	---	---	---	---	---	---	---	---	○（湧水）	---	---	---	---	---	---	---	---
土木設備	取水設備	浸透水取水方式	---	---	---	---	○	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		越流水付着取水方式	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		集水井方式	---	---	---	---	○	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		水クッション方式	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		横取取水方式	---	---	---	---	---	△	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		バースクリーン方式	---	---	---	---	---	---	---	---	○	---	---	---	---	---	---	---	---
		堤体孔開け取水方式	---	---	---	---	△	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		ゲートバルブ取水方式	---	---	---	△	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		嵩上げ取水方式	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		水路落差工取水方式	---	---	○	○	---	○	---	---	---	---	---	○	---	---	---	---	---
		既設管分岐取水方式	---	---	---	---	---	---	○	---	---	○	---	---	○	○	○	○	○
		サイフォン取水方式	---	---	---	---	---	○	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		その他	○（配水タンクからの直接取水）	○（砂防ダム建設時に取水口設置）	---	○（コンクリート製の堰の新設）	---	---	---	○（木製の堰の新設）	---	---	○（砂防ダム建設時に取水口設置）	---	---	---	---	---	---
	水圧管路	鋼管	○（SUS）	---	---	○	---	---	○	---	---	○	○	---	○	○	○	○	○（SUS）
		FRP(M)管	---	○	---	---	---	---	---	---	---	---	---	○	---	---	---	---	---
		その他	---	---	---	---	○（ポリ管）	---	---	○（塩ビ管）	○（塩ビ管）	---	---	---	---	---	---	---	---
	発電所	基礎の合理化	---	---	○（既存の水路にそのまま設置）	○（既存の水路に調材を組んで簡易的な支持形式とした）	---	○（既存の水路に調材を組んで簡易的な支持形式とした）	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		建屋省略	---	---	○	○	---	○	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		建屋合理化	---	---	---	---	○（簡易型，天上クレーン省略）	---	○（天上クレーン省略）	○（簡易型，天上クレーン省略）	○（簡易型，天上クレーン省略）	---	---	○（簡易型，天上クレーン省略）	○（簡易型，天上クレーン省略）	---	---	---	○（開閉式ポンプ場内に設置）
電気・機械設備	水車	横軸フランシス水車	---	○	---	---	---	---	○	---	---	○	---	---	○	○	---	○	○
		可動羽根プロペラ水車	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	○	---	---	---	---	---
		固定羽根プロペラ水車	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		ポンプ逆転水車	○	---	---	○（軸流）	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		水中タービン	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		投げ込み式水車	---	---	○	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		クロスフロー水車	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	○	---	---
		簡易クロスフロー水車	---	---	---	---	---	---	---	○	○	---	---	---	---	---	---	---	---
		ターゴインパルス水車	---	---	---	---	---	---	---	○	○	---	○	---	---	---	---	---	---
		立軸ペルトン水車	---	---	---	---	○	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		サイフォン式	---	---	---	---	---	○	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		S型チューブラ水車	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		開放型下掛け水車	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	発電機	永久磁石発電機	---	---	---	○	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		誘導発電機	---	---	---	---	---	○	○	○	---	---	---	○	---	---	○	○	○
	制御・保護装置	パワーコンディショナ盤	---	---	---	○	△(太陽光発電用)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	△(単独運転検出装置)
		簡易通報装置	---	○	---	○	---	---	---	---	---	○（遠隔常時監視）	○（随時監視）	○	---	---	---	---	---
	系統関係	系統連系	○（低圧構内）	○（高圧）	---	---	○（低圧）	---	○（高圧）	○（低圧）	---	○（高圧）	○（高圧）	○（高圧）	○（高圧）	○（高圧）	○（高圧）	○（高圧構内）	○（高圧）
		逆潮流	---	○	---	---	○	---	○	○	---	○	---	○	○	○	---	---	○
	機器簡素化	ダミーロード・ガバナ	○	---	○	---	○	---	---	---	○	---	---	○	---	---	---	---	---
		入口弁	---	○（重錘閉鎖）	---	---	○（手動）	---	---	○（手動）	○（手動）	---	---	---	---	---	---	---	---
		ガイドベーン・ニードル	---	○（電動）	○（手動）	---	○（手動）	---	○（電動，重錘閉鎖）	○（電動）	---	○（スピーダーレスガバナ）	○	---	---	---	---	---	---
		屋外設置			○	○		○						○（盤関係）					
		その他設備	○（水位計）	---	○（水位計）	○（水位計）	○（水位計）	○（水位計）	○（上屋，クレーン）	---	○（水位計）	○（側路弁）	---	---	---	---	---	---	---
	保守・運用	実際の対応状況等	○	○	○(廃止)	○	○	○(廃止)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	その他	一般用電気工作物	○	---	○	○	---	○	---	○	○	---	---	---	---	---	---	---	---
		余剰電力売電	---	○	---	---	○	---	○	○	---	○	---	---	○	○	---	---	○
		海外製品適用	---	---	---	---	○	○	---	○	○	---	---	---	---	---	---	---	---
問題点等	河川法	水利権取得	---	○	○	○	---	○	○	---	---	○	---	○	○	○	○	○	---
		工作物申請	---	○	---	---	---	---	○	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	電気事業法		---	○	---	---	○	---	○	---	---	○	○	○	○	○	○	○	○
	電力交渉		---	○	---	---	○	---	---	---	---	○	○（売電協議中）	○	○	○	○	---	○
	その他交渉事項		○（騒音対策）	---	○（水路管理者との協議）	○（水路管理者との協議）	○（漁協との協議）	○（水路管理者との協議）	---	○（水路管理者との協議）	○（漁水管理者との協議）	---	---	---	---	---	---	---	---
各種補助		調査・計画段階	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		建設段階(NEDO以外)	---	○（農林水産省）	---	---	○(林野庁及び県)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	○(国交省)
		起債・借入関係	---	○(過疎債)	---	---	---	---	---	---	---	○	○	○	○	○	○	○	---
要望事項			○	○	○	○	○	○	---	○	○	○	○（売電協議中）	○	○	○	○	---	---

資料表 5－1(2) モニタリング調査　調査要素，調査地点対比表

※１：調査実施地点のうち，簡易発電システムの対象となる項目を“○”，直接ではないが，部分的（間接的）に対象となる項目を“△”で記述した。

調査要素		調査内容	調査実施地点 ※1																	該当
			安曇川発電所 中津川取水設備	新大呂発電所 大倉谷他取水設備	三重用水 員弁川他取水設備	志和堀発電所	川小田発電所	河戸発電所	西原浄水場内 小水力発電設備	庄和浄水場内 小水力発電設備	清和発電所	山－発電所	昌老沢発電所	都留市市民発電所	静岡市水道局 ポリエチレン管施工現場	北海道開発局 網走ポリエチレンライナ管施工現場	尾布川第－発電所 木戸谷川取水ダム	利賀ミニ水力発電所	黒山保護会発電所	
			R	S60.7	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	
基本諸元		運転開始［年月］	S61.7	S60.7	S54.9(通水開始)	S29.9	H15.4	S39.8(H14更新)	H16	H15.2	H17.5	H16.7	H15.6	H17.10	H13.2	H18	S36.11	H17.11	H17.12	
		発電出力［kW］	3,200.0	12,700.0	---	95.0	770.0	150.0	341.0	38.0	190.0	132.0	250.0	20.0	---	---	9,800.0	9.9	5.5	
		有効落差[m]	143.0	292.2	---	25.7	19.0	13.3	30.4	21.0	14.4	16.4	28.7	2.0	---	---	148.2	8	1.73	
		使用水量［m^3/s］	2.800	5.200	7.300	0.500	5.000	1.500	1.300	0.222	2.000	1.060	1.200	2.000	---	---	8.000	0.177	0.55	
		事業主体	電力会社	電力会社	法人	農協	町	農協	県	県	町	民間	電力会社	市	市	国	電力会社	市	民間団体	
施設区分		河川維持流量等放流設備	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2
		砂防ダム	---	---	---	---	---	---	---	---	○	---	---	---	---	---	---	---	---	4
		農業用水利施設	---	---	---	○	---	○	---	---	---	○	---	---	---	○	---	---	○(取水堰)	10
		上・工業用水利施設	---	---	---	---	---	---	○(水道用水(中間処理水))	○(水道用水(処理水))	---	---	---	---	○	---	---	---	---	9
		下水道施設	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1
		その他	○	○	○	---	○	---	---	---	---	---	○(既設注水工)	○(既設水路)	---	---	○	○(小河川)	---	9
土木設備	取水設備	浸透水取水方式	○	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	○	---	---	3
		越流水付着取水方式	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0
		集水井方式	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1
		水クッション方式	---	○	○	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2
		横取取水方式	---	---	---	○	○	○	---	---	---	○	---	---	---	---	---	○	---	6
		バースクリーン方式	○	---	○	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3
		堰体孔開け取水方式	---	---	---	---	---	---	---	---	○	---	---	---	---	---	---	---	---	2
		ゲートバルブ取水方式	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1
		嵩上げ取水方式	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0
		水路落差工取水方式	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	○	---	---	---	---	○	6
		既設管分岐取水方式	---	---	---	---	---	---	○	○	---	---	---	---	---	---	---	---	---	9
		サイフォン取水方式	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	○	2
		その他	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	○ (既設取水口利用)	---	---	---	---	---	---	6
	水圧管路	鋼管	---	---		○	---	---	○	○	○	○	○ (STPY)	---	---	---		---	---	15
		FRP(M)管	---	---		---	○	---	---	---	---	---	---	---	---	---		---	---	3
		その他	---	---		---	---	○ (RC)	---	---	---	---	---	---	ポリ管	リブ管		---	---	6
	発電所	基礎の合理化	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---				---	---	3
		建屋省略	---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---				---	○	4
		建屋合理化	---	---		○（簡易型，天上クレーン省略）	---	○（簡易型，天上クレーン省略）	○ (既設ポンプ室内)	○ (既設ポンプ室内)	○ (天上クレーン省略)	---	○ (簡易型)	○ (省略)				○（簡易型，天上クレーン省略）	---	15
電気・機械設備	水車	横軸フランシス				○	---	---	○	---	---	○	---	---				---	---	9
		可動羽根プロペラ水車				---	---	---	---	---	---	---	---	---				---	---	1
		固定羽根プロペラ水車				---	---	---	---	○	---	---	---	---				---	---	1
		ポンプ逆転水車				---	---	---	---	---	---	---	---	---				○	---	3
		水中タービン				---	---	○	---	---	---	---	---	---				---	---	1
		投げ込み式水車				---	---	---	---	---	---	---	---	---				---	---	1
		クロスフロー水車				---	---	---	---	---	○	---	○	---				---	---	3
		簡易クロスフロー水車				---	---	---	---	---	---	---	---	---				---	---	2
		簡易クロスフロー水車				---	---	---	---	---	---	---	---	---				---	---	1
		立軸ペルトン水車				---	---	---	---	---	---	---	---	---				---	---	1
		サイフォン式タービン				---	---	---	---	---	---	---	---	---				---	○	2
		S型チューブラ水車				---	○	---	---	---	---	---	---	---				---	---	1
		開放型下掛け水車				---	---	---	---	---	---	---	---	○				---	---	1
	発電機	永久磁石発電機				---	---	---	---	---	---	---	---	○				○	---	3
		誘導発電機				○	---	○ (水車一体型)	○	○ (水車一体型)	○	○	---	---				---	○	15
	制御・保護装置	パワーコンディショナ盤				---	---	---	---	---	---	---	---	---				○	---	4
		簡易通報装置				○（常時監視）	○（随時監視）	○	---	---	---	遠隔監視 （一般公衆回線）	---	---				---	○(インターネット，携帯電話併用)	10
	系統関係	系統連系				○（高圧）	○（高圧）	○（高圧）	○（高圧）	○（特高）	○（高圧）	○（高圧）	○（高圧）	○（低圧）				---	○（低圧）	23
		逆潮流				○	○	○	---	---(みなし連系)	○	○	○	○				---	○	17
	機器簡素化	ダミーロード・ガバナ				---	---	---	---	---	---	---	---	---				---	---	5
		入口弁				---	---	---	---	---	---	---	---	---				---	---	4
		ＧＶ・ニードル				---	---	---	---	---	---	---	---	---				---	---	7
		屋外設置						○（盤関係）											○	5
		その他設備				---	---	---	---	---	---	---	---	---				---	---	7
	保守・運用	実際の対応状況等				○(3交代常駐)	○	○	○	○	○	○	○	○				---	---	26
	その他	一般用電気工作物				---	---	---	---	---	---	---	---	---				○	○	8
		余剰電力売電				○(全量売電)	○(全量売電)	○(全量売電)	---	---	○	○	○	○				---	○	15
		海外製品適用				---	○	---	---	---	---	○	○	○				---	---	8
問題点等	河川法	水利権取得	○	○	○	○	○	○	---	---	○	○	○	---			○	---	○	21
		工作物申請	○	○	○	○	○	○	---	---	○	---	---	---			○	---	○	11
	電気事業法		○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	---	---	22
	電力交渉		---	---		○	○	○	---	○	○	○	---	○			---	---	○	17
	その他交渉事項		---	---		---	---	---	---	---	---	---	---	---			---	---	○ (環境省・文化庁)	8
各種補助		調査・計画段階	---	---		---	○(NEF指導)	---	---	---	○(NEFハイドロ・指導)	---	---	---			---	---	---	2
		建設段階(NEDO以外)	---	---		○	○(農水省)	○	○(厚生省)	(研究設備)	---	---	---	---			---	○(農水省)	○	10
		起債・借入関係	---	---		○	○	○	---	---	○	---	---	○(市民ミニ公募債)			---	---	○(寄付)	14
要望事項			---	---		---	---	---	---	---	○	○	---	---			---	---	○	17

サッポロビール新九州工場 小水力発電設備 ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項 目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		ｻｯﾎﾟﾛﾋﾞｰﾙ新九州工場小水力発電設備
所在地		大分県日田市
設備区分		工場内処理排水
河川水系		工場内処理排水を利用
事業者		ｻｯﾎﾟﾛﾋﾞｰﾙ新九州工場
運転開始	年月日	平成12年3月(系統連系の調整により、本格的には10月)
有効落差	m	31.0
最大使用水量	m^3/s	0.05
最大出力	kW	9.9
年間発電電力量	kWh	約27,000(平成15年1月～12月実績)
発電所運転方法		工場の操業（廃水処理水の発生）に合わせた従属運転。流量の日間変動あり。発電所の運転は上部水槽の水位によって制御。
発電所管理体制		工場エンジニアリング部内の電気関係技術者3名程度で対応。主任技術者（電気，ダム水路）は特に設定せず。
[土木設備]		
取水設備		取水設備としては廃水処理設備の末端に設置された上部水槽から直接取水する。工場新設時に取水口から水圧管路まで建設済み。工場建設時から発電所設置についての構想があった。
水圧管路		φ250，SUS(水質と経済性から決定)，延長約330m。全線埋設。水圧管路と平行してφ300の放流管が布設されている。水圧管路,放流管ともに工場新設時に建設。
発電所基礎･建屋		近隣への騒音防止から，防音構造とした（経費増）。発電所基礎･建屋の合理化は特に無い。
水路系の点検		廃水処理水を利用しているため，漏水に注意している。埋設部を含め，目視確認によりにじみがあるかないかを確認する。
[電気設備]		
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		構内接続による系統連系、逆潮流なし
用途		管理棟照明、建築付帯動力(工場としての受電容量は4,000kW)
水車形式		ﾎﾟﾝﾌﾟ逆転水車(ｸﾎﾞﾀ)
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	1,200
発電機種類		横軸同期発電機(東京電機)
発電機出力	kW	9.9(力率1.0)、6ﾎﾟｰﾙ
発電機電圧	V	440
回転速度	min^{-1}	1,200
制御･保護装置		発電機･保護盤、ｶﾞﾊﾞﾅ盤、ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞ12kW(ｸﾎﾞﾀ)
監視装置･方法		遠方監視なし、巡視2回/月
運用･保守		巡視による外観目視点検、漏水状況確認および増締め
		計画的な定期点検、細密点検の予定なし
		発電電力量積算(発電機盤内積算計)
		水車入口水圧運転･停止制御の不具合あり(ﾀｲﾏRy追加)
[特記事項]		工場内処理排水を利用しているため，水利権は不要。国交省との調整もなし。
		完全従属運転でもあり,市公共下水道本管への放水については運用面での変更もない。
		流速計は設置していない。使用水量は廃水処理槽（調整槽）の出口流量で対応。
		処理水槽（上部水槽）水位計を省略し、水車入口水圧による自動運転･停止制御。
		ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞによる周波数調整。
		保安規程なし。
		環境保全、自然保護へ対するPRが主目的。
		九電とのｱﾝｼｭﾗﾘｰ契約0kW(周波数調整)締結。
	(要望事項)	発電設備のコストダウン。もっと安くならないか。
		もう少し大きな容量（出力）でも制約がかからないようにならないか。



発電所概観（壁は防音仕様）



発電所と水圧管路の終端部の状況



上位水槽外観（処理水槽）



発電取水用　元弁



水圧鉄管（SUS）取込み部



建屋内水圧管路入口部



主機（同期発電機・ポンプ逆転水車）外観



水圧鉄管湾曲部（入口弁～水車間）



入口弁（バタフライ）

大分県　中津江村　鯛生小水力発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		鯛生小水力発電所
所在地		大分県日田郡中津江村
設備区分		砂防ﾀﾞﾑ
河川水系		筑後川水系津江川(通称:鯛生川)
事業者		中津江村
運転開始	年月日	平成16年4月
有効落差	m	18.0
最大使用水量	m^3/s	0.5(維持流量0.07m^3/s)
最大出力	kW	66
年間発電電力量	kWh	約43,000kWh(運転開始～平成16年5月時点)
発電所運転方法		流れ込み式発電方式
発電所管理体制		受電施設である鯛生金山の担当者および村役場の人員で対応。主任技術者（電気，ダム水路）は近隣に住在の電力会社OBに委託。
[土木設備]		
取水設備		旧発電所の存在を背景に，砂防ダム建設時において，従前の取水に対応した設備が設けられていた。その施設をそのまま利用した。砂防ダムの堤体に取水口が開いている。
		砂防ダムの水抜工閉塞にあたって,砂防ダム自体の安定性,強度を確認。パイピングなどによるダム破壊を想定し，その時点での下流への影響を確認。
		水抜き口の止水版については,後からでも外せるように施工することを指示された（⇒下流側から施工した）。
水圧管路		φ500，FRPM。全線埋設。余水路（φ400）はポリエチレンリブ管使用。
発電所基礎･建屋		発電所建屋天上には，作業用チェーンブロック等の指示用に形鋼を配置。天上クレーンは省略。
取水口の点検		日常巡視点検は，保安規程では1月に1回だが，現時点では1週間に1回以上。適時パトロールして,必要に応じてゴミを取っている。定期巡視点検は1年に1回。
水路の点検		日常巡視点検は1月に1回，定期巡視点検は1年に1回。
[電気設備]		
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		高圧連系(6.6kV)、逆潮流あり
用途		鯛生金山観光施設負荷(受電容量90kW)、余剰電力を九電に売電
水車形式		横軸ﾌﾗﾝｼｽ水車(田中水力)
水車出力	kW	74
回転速度	min^{-1}	900
発電機種類		横軸同期発電機(精工舎)
発電機出力	kW	66(力率1.0)
発電機電圧	V	440
回転速度	min^{-1}	900
制御･保護装置		ﾀｯﾁﾊﾟﾈﾙ式一体形制御･保護盤(田中水力)、単独運転検出装置(三英社)
監視装置･方法		簡易通報装置、警報は携帯電話へ自動発信
運用･保守		保安規程により巡視1回/月、定期点検1回/年で計画、細密点検は未定
		電気主任技術者は2種有資格者を鯛生金山観光社員として採用
		ﾀｯﾁﾊﾟﾈﾙ表示確認、運転･故障履歴、発電電力量積算(ﾂｰﾙによるﾃﾞｰﾀ収集)
		ﾄﾗﾌﾟﾙ事例は落葉噛込みによる出力低下あり
[特記事項]		水位調整運転、ﾌﾞﾗｯｸｽﾀｰﾄ可
		環境保全機能向上整備事業として、自然ｴﾈﾙｷﾞｰの有効活用
		受電電力補完
		水利権の申請に関しては，河川法22，23，26条。発電維持流量の検討も実施。環境調査も実施。
		電力会社との調整事項としては，電柱の問題の中では，専用の電柱とした方が安くなった。また，発電所と送電線と受電場所で，3事業所と評価された。また，発電所には受電用の配電線を引込むことになった。その他,系統連系，運用覚書等の対応に苦労した。
	(要望事項)	もう少し大きな容量（出力）でも制約がかからないようにならないか。



導水路布設状況（運開直後まで非埋設）



砂防ダム取水口



ヘッドタンク



水槽部スクリーン状況



水圧管路（FRPM）、余水路（ポリエチレンリブ管）



発電所建屋（搬入部より）



主機（同期発電機・フランシス水車）外観、６１ｋＷ運転中



同左



水車軸受部



ガイドベーン部（１００％開）



重錘閉鎖装置付き入口弁（φ５００）



制御・保護盤外観

富山県 月の又用水路 小水力発電実証試験設備 ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項 目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		低落差水力発電装置(月の又用水路小水力発電実証試験設備)
所在地		富山県下新川郡入善町青木
設備区分		農業用水
河川水系		月の又用水路(№84落差工)
事業者		富山県農林水産部、富山県立大学
運転開始	年月日	平成11年3月～1年間試験運転(実質は平成11年12月に性能試験実施)
有効落差	m	1.0
最大使用水量	m^3/s	0.6
最大出力	kW	3
年間発電電力量	kWh	試験運転として数回運転、記録なし
発電所運転方法		農業用水路利用の流込み式発電方式
発電所管理体制		県農林水産部が委託元となる実証試験設備であり，稼動時には大学職員および学生で対応。主任技術者（電気,ダム水路）は選任していない。
[土木設備]		
取水設備		約70cmの落差工2基分の落差を利用。下流側の落差工地点で2基分の落差を角落しによって嵩上げ、投げ込み式の水車を設置（半川締め切り）。ガイドベーンは手動操作。水路の流量は0.64m^3/s程度。流量測定は実施しなかった。
発電所基礎･建屋		発電所建屋は省略。水車，発電機は既設水路に組んだ形鋼で支持。
[電気設備]		
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		自立運転
用途		農業用水低温ｴﾈﾙｷﾞｰ利用貯蔵ｼｽﾃﾑ開発(保冷施設＝野菜貯蔵庫)用負荷
水車形式		投げ込み式水車(林ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ)
水車出力	kW	5.2
回転速度	min^{-1}	270
発電機種類		立軸同期発電機、ﾍﾞﾙﾄ増速
発電機出力	kW	3(力率1.0)、8ﾎﾟｰﾙ
発電機電圧	V	220
回転速度	min^{-1}	900
制御･保護装置		発電機･保護盤、ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞ5kW
監視装置･方法		なし、試運転時のみ直接監視
運用･保守		試験設備として試験時のみ運転(性能試験実施済み)、保守計画なし
		発電電力量積算(発電機盤内積算計)
		ｽｸﾘｰﾝ塵詰りによるﾄﾗﾌﾞﾙあり
		平成11年12月撤去(平成16年5月廃棄)
[特記事項]		発電機に関するﾄﾗﾌﾞﾙが多く、試験は途中で断念(最大出力2.3kW)
		ﾄﾗﾌﾞﾙ要因は電圧･周波数変動、波形乱れ等(回転速度変更、AVR等交換)
		保冷施設への電力供給は未実施、ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞで試運転実施
		水利権の申請は，県の農林事務所が対応。
		ゴミへの対応が課題。豪雨によって上流水路沿いの草刈後の草が流下し、スクリーンに詰まって、上流水路があふれそうになった。
		スクリーンへのゴミ詰りが激しく，発電中は常時，水路の状況を監視する必要があった為、連続発電はできなかった。
		水路の管理者である土地改良区は協力的であった。

月の又用水路小水力発電実証試験設備



取水設備（上流側から）



設備内部（同期発電機）



水車・発電機等の状況（下流側から）



発電機盤外観



稼動時の状況



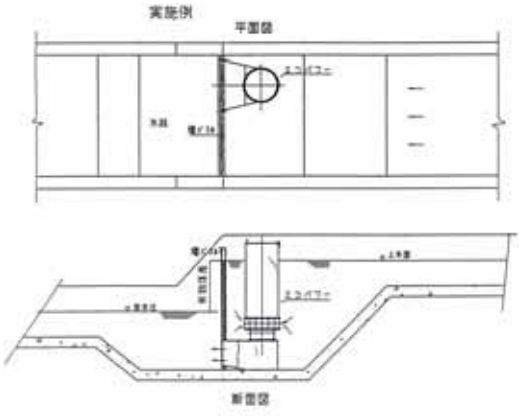
稼動時の状況



ゴミ･落葉による閉塞



草･土砂による閉塞



富山県 常西用水路　小水力発電実証試験設備　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		常西用水路小水力発電実証試験設備
所在地		富山市西番
設備区分		農業用水
河川水系		常願寺川(一級河川)から取水した農業用水路
事業者		水機工業、酉島製作所、東洋電機製造の3社共同
運転開始	年月日	平成15年6月(実証試験期間3年を予定)
有効落差	m	1.5～2.0
最大使用水量	m^3/s	0.3～0.5
最大出力	kW	5.0
年間発電電力量	kWh	約16,000kWh(平成15年7月～平成16年4月実績)
発電所運転方法		農業用水路利用の流込み式発電方式。基本的に電力負荷追従運転。負荷が必要な状態になれば発電開始状況になる。負荷の大きさに準じて、水車、発電機を逆変換装置システムで制御し、負荷に応じた運転を行う。
発電所管理体制		酉島製作所が既存ポンプ(Φ300～800)の発電用水車利用について、工場内試験の次段階としてフィールド試験を計画。常西用水土地改良区の協力により実現。永久磁石発電機は東洋電機製作所、ゲート設備は地元業者の水機工業による。実証試験設備であり，稼動時には地元業者の水機工業の技術者が対応。
[土木設備]		
取水設備		約2mの既設落差工の落差を利用。落差工部をゲートによって嵩上げ、コンクリート製の隔壁部に取水管を設け，軸流水車によって発電。スクリーンは水路構造に適用させて斜めに配置。バーの間隔は水車の構造にあわせた。スクリーンバーの間隔程度であれば、水車には問題とならない。ただし、ビニール袋のようなものは別。水車の回転に影響を与える。ただし、運転を中止すれば自然に流下し、その後自然に運転可能となるので問題はない。(スクリーンの目開きは約8cm)
水量制御		かんがい水路の期別水量にあわせてゲート開度を決定。現時点では手動。
放水管		下流側の設定水位（等流水位）に対して50cm程度の深さを基準に設置。放水管補強用に側面サポートあり。
発電所基礎･建屋		発電所建屋は省略。水車，発電機は集水管および放水管に連結して支持。
[電気設備]		
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		自立運転
用途		水中ﾎﾟﾝﾌﾟ等仮設置設備負荷供給(最大7.75kW)
水車形式		直交軸流水車(酉島製作所)、3枚羽根
水車出力	kW	15.0(H4.5m、Q0.6m^3/s仕様)
回転速度	min^{-1}	731
発電機種類		立軸永久磁石同期発電機(東洋電機製造)
発電機出力	kW	7.5(力率1.0)、6ﾎﾟｰﾙ
発電機電圧	V	190
回転速度	min^{-1}	1,200(基底回転速度)
制御･保護装置		ﾊﾟﾜｰｺﾝﾃﾞｨｼｮﾅ盤5kW、単独運転検出装置内蔵(東洋電機製造)
監視装置･方法		NTT Docomo DoPa、FOMA
運用･保守		基本的にﾒﾝﾃﾅﾝｽﾌﾘｰ(外観目視点検等1回/半年で実施)
		運転開始1年後に水車を工場にて分解点検
		監視装置による定期情報通知、画像監視
		ﾄﾗﾌﾞﾙ事例は草等の噛込みによる出力低下あり
[特記事項]		流量と負荷量に応じた回転速度による自動制御運転、ﾌﾞﾗｯｸｽﾀｰﾄ可
		ガイドベーン、ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞ等の調速装置省略
		無拘束速度設計、放水路側吸気ﾊﾞﾙﾌﾞあり(未使用)
		機器ｺｽﾄ削減が課題
		水利権の申請は，国交省に対して申請。
		運転･停止操作は携帯電話により遠方からも可能。監視は、カメラの画像、水位測定結果（2箇所）、発電電力量が自動で携帯電話およびパソコンに電話回線で連絡される。また、負荷（ポンプ、照明）の制御は携帯電話からも遠隔操作が可能。発電電力量は，3ケ月分，データロガーに記憶される。
		現場での施工は1週間。施工中は取水を停止してもらった。
		1年間の連続試験のなかで、ほとんど問題は無い。耐久性ついても問題ないと考えている。この期間、ほとんどメンテナンスフリー。



実証試験設備全景



実証試験設備外観（上流側、設備側面より）



同左



設備外観（下流側より）



放水管布設状況



永久磁石同期発電機外観



コンディショナ盤内部状況（右上は簡易通報装置NTTドコモ）



コンディショナ盤内部状況（右上は簡易通報装置NTTドコモ）



設備監視カメラ（NTTドコモフォーマ）

群馬県　黒保根村　利平茶屋水力発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		利平茶屋水力発電所
所在地		群馬県勢多郡黒保根村
設備区分		砂防ﾀﾞﾑ
河川水系		利根川水系鳥居川(普通河川)
事業者		黒保根村
運転開始	年月日	平成16年4月
有効落差	m	63.44
最大使用水量	m^3/s	0.046
最大出力	kW	22
年間発電電力量	kWh	約1,056(運転開始～平成16年6月時点)
発電所運転方法		流れ込み式発電方式
発電所管理体制		受電施設である公園の管理者および村役場の人員で対応。電気主任技術者は関東電気保安協会に委託。ダム水路主任技術者は村役場の技術職員が資格取得。
[土木設備]		
取水設備		谷止工に設置された浸透取水施設（ﾌﾄﾝｶｺﾞ,集水管）および集水井による。堤体には通水用の穴が設けられている。
		堤体は4型の谷止工(治山施設）として設計。堤体の安定としては、水抜工は関係ない。したがって、今回の対応の中で、特別な検討、計算は実施していない。
		集水井については，井戸内での作業（排砂ゲート関連）を勘案して，人が入れるように径を決定した。深さに関しては、谷止工の寝入れ深さを確保。孔の数は加工済みの2次製品を利用。目詰まり防止のため繊維ﾏｯﾄで被覆。
水圧管路		φ250，ポリエチレン管，全線埋設。鋼管と比較し、施工性も良く、たわみ率も高く接続点が少なくてすむ点，また国有林ということで、立木の伐採がないよう配慮した点を考慮して，ポリエチレン管を採用。
発電所基礎･建屋		最小限の建屋を設置。天上クレーンは省略。水車，発電機からの振動等は特に考慮せず。
取水口の点検		取水堰堤，埋設敷，発電機基礎等建屋等の点検は随時実施。
[電気設備]		
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		低圧連系(220V)、逆潮流あり
用途		ｷｬﾝﾌﾟ場･管理棟負荷、余剰電力を東電に売電
水車形式		立軸ﾍﾞﾙﾄﾝ水車(ｸﾞﾗﾝﾌﾟﾗｰ)
水車出力	kW	30
回転速度	min^{-1}	1060
発電機種類		立軸同期発電機(ｸﾞﾗﾝﾌﾟﾗｰ)、ﾍﾞﾙﾄ増速
発電機出力	kW	25.5(力率0.85、容量30kVA)
発電機電圧	V	440
回転速度	min^{-1}	1500
制御･保護装置		発電機･保護盤(ｸﾞﾗﾝﾌﾟﾗｰ、ｵｰｽﾄﾘｱ)、ﾊﾟﾜｰｺﾝﾃﾞｨｼｮﾅ4kW×6台(ｵﾑﾛﾝ)
監視装置･方法		遠方監視なし、巡視2回/月
運用･保守		巡視は必要の都度実施(ｸﾞﾘｰｽ補給1回/2週)、点検計画未定
		電気主任技術者は外部委託(受電設備とは別)、2回/月
		季節による流量変化があり、運用方法を模索中(22kW定格に対し、調査時3kW運用)
		RPS認証済み
[特記事項]		水位、流量の計測なし
		低圧連系のための逆変換装置ｼｽﾃﾑ導入(系統連系ｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝは厳しい)
		逆変換装置ｼｽﾃﾑに汎用ｿｰﾗｰﾊﾟﾜｰｺﾝﾃﾞｨｼｮﾅを転用
		余剰電力の売電
		水利権の申請に関しては，事業主体でもある村が管理者であり，特に問題ないことを確認。水利権としての設定は絢い。
		森林管理者との調整事項としては，樹木伐採の有無、貸付の形式等。管理経営法(国有林野貸付に係る法）に関しても調整を要した。
		電力会社との調整事項としては，売電単価交渉程度。
		集水井への土砂混入については，地質が火山性の火山灰土で粒子が細かく、多少混入するが全く問題ない範囲である。沈下する混入土については、定期的な排泥作業で、問題は解決される。
		AVR故障により装置更新（原因不明）。通常の維持管理として、取水部コルゲートの排泥を定期的に行い、目詰まりに留意している。
	（森林管理所の意見）	小水力発電施設として治山施設を多面的に利用されるのは好ましい。しかし、基本は既設施設の利用であって、治山という目的を侵さないことが条件。林野省としての補助事業（黒保根村も適用）もあり、林野行政としても適地を探している。
	（森林管理所の対応）	既設施設に発電用施設を付随（利用）させる場合、基本となる治山の目的に影響しないことを確認するため、森林管理者としては安定計算、構造計算等を確認する。なお、施設は原則的に河川法管理区間より上流域のため、維持流量等は特に確認しないが、漁協との調整は必要。
	（要望事項）	系統連系ガイドラインでは回転機による低圧連係は不可となっているため、今回のような複雑な仕組みになった。この制約が撤廃されれば今回のパワーコンデショナ関係の設備は不要となるのでコストダウンが可能となって、普及が進むのではないのか。また、可撓管の採用にあたっては関係機関のご尽力により実現できたが、基準をクリアするためには埋設せざるを得なかった。可撓管で露出可能な規格づくりがなされれば、コストダウンにより導入が促進されるのではないか。



取水施設（谷止工）上流側の状況



浸透取水（フトンカゴ工）



取水施設（集水井）



取水施設（谷止工）下流面、水圧管路始点部



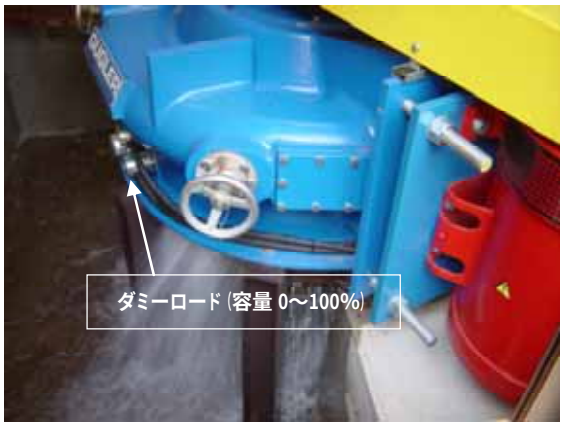
水圧管路（ポリエチレン管）埋設状況



発電所建屋外観



水圧管路と水車の接合部



1射3ｋWで運転中の水車発電機（定格30ｋW、ゲグラー製）



1射3ｋWで運転中の水車発電機（定格30ｋW、ゲグラー製）



入口弁（手動、バタフライ弁）



パワーコンディショナユニット（太陽光試験設備からの転用品）



電力供給施設

長野県　大町市農業用水路　小水力発電実証試験設備　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		長野大町市農業用水路小水力発電実証試験設備
所在地		長野県大町市
設備区分		農業用水
河川水系		和田川用水路
事業者		NPO、個人
運転開始	年月日	平成15年11月
有効落差	m	2.0
最大使用水量	m^3/s	0.66
最大出力	kW	8.9
年間発電電力量	kWh	試験運転として10h程度
発電所運転方法		農業用水路利用の流込み式発電方式。受電電力により誘導電動機として水車により管内を充水させ、管内のサイフォン効果が成立すると、誘導発電機として発電に移行する（サイフォン効果により、すべりが変化する）。
発電所管理体制		様々な制約（事業主体であるNPOの事情）から，連続運転には至らなかった。稼動時には電気設備提供会社の技術者が対応。
[土木設備]		
取水設備		本水路からの取水は既設のかんがい用取水口で兼用。水車，発電機への取り入れは,新設水路（開水路）の角落しゲートを設け,横取り方式で取水。
水車，発電機の支持		水車，発電機は、型鋼で支持。一般市販品の組合せで対応。水車，発電機によって指定される応力（停止時、稼動時）に対して、基本的な構造計算等は行っているが、状況を見て、後から補強すればよいと考えている。
発電所基礎･建屋		発電所建屋は省略。水車，発電機は露天設置であるが問題はない。
[電気設備]		
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		誘導発電機であり系統連系が必要(試験運転では可搬DGを使用)
用途		園芸用他電源(試験運転では水抵抗を使用)
水車形式		ｻｲﾌｫﾝ式水車(立軸ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ水車、ﾏｰﾍﾞﾙ)
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		誘導発電機(ｼｰﾒﾝｽ)
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	220
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		発電機･保護盤(試験用、日立国分)
監視装置･方法		なし、試験運転時のみ直接監視
運用･保守		試験設備として試験時のみ運転、保守計画なし
		ｸﾞﾘｰｽ補給1回/月、ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ交換5年又は20,000h
		消耗品は国内の類似品で対応可能
		設備は平成18年6月に山梨県都留市三の丸に仮移設（試験運転）
[特記事項]		誘導電動機として起動、ｻｲﾌｫﾝ効果により発電運転に移行(系統連系必要)
		管路内充水のためのﾎﾟﾝﾌﾟ不要、ｻｲﾌｫﾝﾌﾞﾚｰｶｰにより入口弁不要
		負荷調整機能を有さないため、出力よりも大きな負荷が必要
		海外製品で安価
		水利権の申請は，NPOが国交省に対して申請。
		ゴミなどの流入に対しては，水車の構造から，基本的には問題ないと考えている。特に対応はしていない。実際に動かして見たときも、特には問題にならなかった。なお，上流に企業（昭和電工）の発電所があって、そこからの放流水が灌漑用水となっているため、基本的にゴミ等の流入は少ない。
	（要望事項）	コストダウンのためには，一般市販品（標準品）の採用，承認申請図書、技術資料等、試験の極力除外，が必要。単独運転検出装置は価格的にネック。系統連系する際に電力会社から設置要求があるが、制約緩和を含めた対応が必要。
		施工の合理化という面では，土木関係施設としては極力一般市販品を使い、かつ、地元の業者に御願いする。
		マイクロ発電の普及のためには、河川法および（系統連系）ガイドラインへの対応を、少しずつ変えていく必要がある。
		ヨーロッパでは、様々な形のマイクロ発電が当然のように実施されているが、そのような形にするためにはコストを下げることが重要。そのためには、車と同様に標準品を使用し、コスト増に繋がるような試験の義務付けや、図面･詳細計算書等の提示を、不用にする必要がある。また、現在はヨーロッパのＩＥＣ基準と、日本のＪＥＣやＪＥＡＣとのダブルスタンダード状態であるので、この辺の取り扱いについても変革が必要である。
		マイクロ水力開発には、水利権の絡みもあり、農業団体等を仲間に引き込む必要がある（利益独占は良くない）。また、一般事業者が開発に対する意欲を持てるようなマニュアル整備が必要と考えている。



農業用水路、設備全景



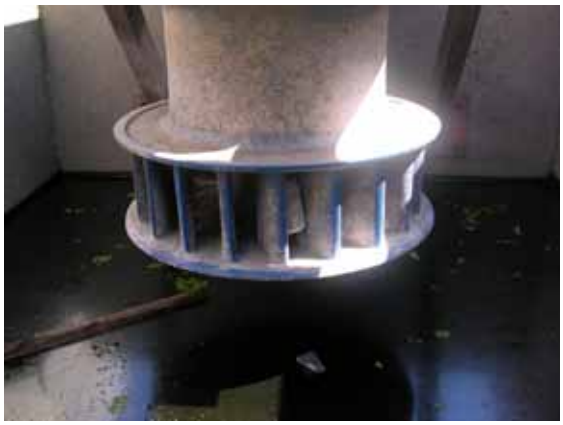
取水口部（既設設備転用）



導水路からの取水部（既に閉塞）



設備設置状況（上流側）



サイフォン取水部



サイフォンブレーカ（吸気管）



誘導発電機（シーメンス製）



ドラフト外観



試験用発電機盤外観、内部配線状況（日立国分製）

東京電力　稲核（いねこき）発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		稲核(いねこき)発電所
所在地		長野県南安曇郡安曇村
設備区分		発電用ﾀﾞﾑ(竜島発電所)
河川水系		信濃川水系梓川(一級河川)
事業者		東京電力
運転開始	年月日	平成11年4月
有効落差	m	41.3
最大使用水量	m^3/s	1.64
最大出力	kW	510
年間発電電力量	kWh	3,200,000(平成15年度実績)
発電所運転方法		維持流量発電
発電所管理体制		―
[土木設備]		
取水設備		既設維持流量放流管の屈曲部に，新たに分岐管を設けた。
水圧管路		φ1000～600，鋼管(SM400B)。全線露出。
発電所基礎･建屋		発電所は左岸斜面の切土部に建設し、半地下構造で地上建屋は省略。また、天上部の一部を取外し可能とし、天上クレーンを省略。
[電気設備]		
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		高圧連系(6.6kV、竜島発電所で154kVへ昇圧)、逆潮流
用途		電力供給
水車形式		横軸ﾌﾗﾝｼｽ水車(日本工営)
水車出力	kW	550
回転速度	min^{-1}	1,020
発電機種類		横軸誘導発電機(日本工営)
発電機出力	kW	607kVA
発電機電圧	V	6,600
回転速度	min^{-1}	1,020
制御･保護装置		一体形制御･保護盤(日本工営)
監視装置･方法		随時監視制御方式、遠方監視制御装置は稲核ﾀﾞﾑ管理所用を共用
運用･保守		巡視2回/月、定期点検1回/年(2日間停止、土木同調)
		細密点検5年(運転開始3年目点検で判断)、自動始動回路点検3年
		梓川総合制御所より遠制可
		ﾄﾗﾌﾞﾙ事例なし
[特記事項]		河川維持流量(1.336m^3/s)を利用、水位調整運転
		ｺｽﾄﾀﾞｳﾝ策(半地下、誘導発電機、入口弁ﾚｽ、重錘閉鎖式ガイドベーン、組立ｸﾚｰﾝ省略)
		東京電力としては河川維持流量を活用した2番目の発電所
		高設備利用率98％
		水利権は通常の水力発電所と同様に申請。
		特にトラブルは発生していない。なお，海外製の電磁流速計を導入しているが、国内のメンテナンス対応会社が倒産してしまったため、対応が必要なときは海外から技術者を呼ばなくてはならない状況にある。
		管内で、最も問題の少ない施設。抜水を伴う点検の周期は、3年目の初回点検結果から、以後5年に1回で計画した。自動始動回路点検を3年に1回、巡視は月2回実施している。年1回2日程度の停止による普通点検を実施（土木も同調）。



稲核ダム全景



既設･維持放流管路、電磁流量計（海外調達品）



既設維持流量放流管及び新設の分岐管



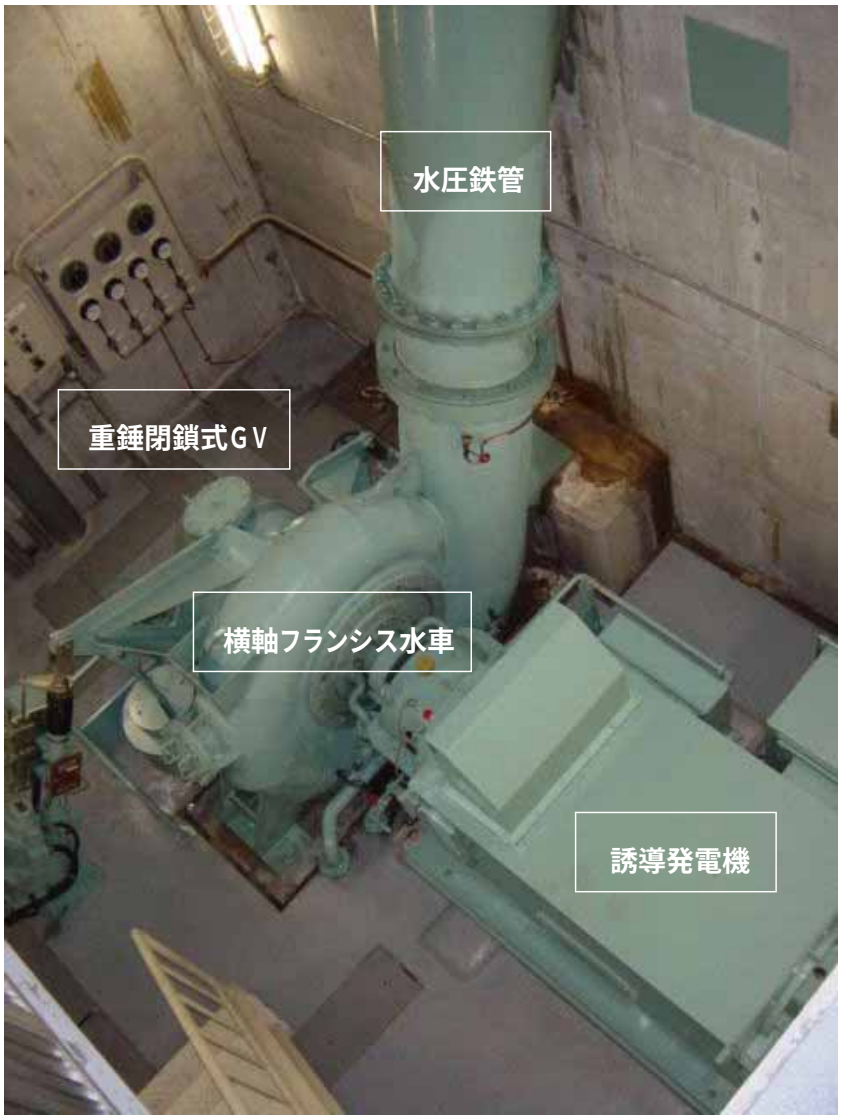
発電所（地上部建屋の省略）



発電所天上部（開閉式として天上クレーン省略）



発電所建屋内状況（下部より見る）



水車発電機外観（上部より見る）



誘導発電機外観



重錘閉鎖式ＧＶ外観

山梨県大泉村　ひまわり発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		ひまわり発電所
所在地		山梨県大泉村
設備区分		農業用水
河川水系		-
事業者		ひまわりﾆｭｰｴﾈﾙｷﾞｰ
運転開始	年月日	平成14年
有効落差	m	5.5
最大使用水量	m^3/s	0.15
最大出力	kW	4.8
年間発電電力量	kWh	-
発電所運転方法		農業用水路利用の流込み式発電方式。かんがい用水の運用に合わせて運転。
発電所管理体制		稼動時には事業主体（ひまわりNE）の技術者が対応。
[土木設備]		
取水設備		かんがい用水路に木製の仕切版を設置し，用水を堰上げ，そこから塩ビ管でﾍｯﾄﾞﾀﾝｸに導水。
水圧管路		φ300，塩ビ管（VP，一部はHIVP），露出配管（一部埋設）。施工性（軽量）と経済性，調達易さを考慮して選定。管の配置はかんがい水路の内側を利用し,簡易的な支持形式で対応。施工は自前。
発電所基礎･建屋		発電所建屋は一般的なプレハブ構造。
[電気設備]		
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		低圧連系(220V)、逆潮流あり
用途		事務所電源、余剰分は売電
水車形式		ｸﾛｽﾌﾛｰ水車(ｼﾝｸ)
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		誘導発電機(ｼﾝｸ)
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	220
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		発電機･保護盤(ｼﾝｸ)、単独運転検出装置省略(電力会社と協議中)
監視装置･方法		なし
運用･保守		巡視を必要の都度実施
[特記事項]		簡易ｸﾛｽﾌﾛｰ水車、流量調整は半円筒制御板
		水圧管路に塩ﾋﾞ管を適用
		海外製品で安価
		塩ビ管の紫外線による劣化が心配。現時点では特に問題ないが，何らかの対応を検討中。基本的に,何か問題があれば対応する。管自体の交換は容易。
	(要望事項)	コストダウンのためには，一般市販品（標準品）の採用，承認申請図書、技術資料等、試験の極力除外，が必要。単独運転検出装置は価格的にネック。系統連系する際に電力会社から設置要求があるが、制約緩和を含めた対応が必要。
		施工の合理化という面では，土木関係施設としては極力一般市販品を使い、かつ、地元の業者に御願いする。
		マイクロ発電の普及のためには、河川法および（系統連系）ガイドラインへの対応を、少しずつ変えていく必要がある。
		ヨーロッパでは、様々な形のマイクロ発電が当然のように実施されているが、そのような形にするためにはコストを下げることが重要。そのためには、車と同様に標準品を使用し、コスト増に繋がるような試験の義務付けや、図面･詳細計算書等の提示を、不用にする必要がある。また、現在はヨーロッパのＩＥＣ基準と、日本のＪＥＣやＪＥＡＣとのダブルスタンダード状態であるので、この辺の取り扱いについても変革が必要である。
		マイクロ水力開発には、水利権の絡みもあり、農業団体等を仲間に引き込む必要がある（利益独占は良くない）。また、一般事業者が開発に対する意欲を持てるようなマニュアル整備が必要と考えている。

※　（要望事項）は大町農業用水路地点と同じ（回答者が同じ）



取水設備外観



同取水部（塵詰り状況）



ヘッドタンク



水圧管路（塩ビ管 VP300）



水圧管路



水圧管路（下流側より）



ひまわり発電所建屋



発電機制御盤外観



同クロスフロー水車、誘導発電機

山科県長坂市　三分一湧水公園発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		三分一湧水公園発電所
所在地		山梨県長坂市
設備区分		湧水
河川水系		三分一湧水公園を流れる分流水(湧水)
事業者		長坂市
運転開始	年月日	平成15年
有効落差	m	7
最大使用水量	m^3/s	0.03
最大出力	kW	1
年間発電電力量	kWh	-
発電所運転方法		農業用水路利用の流込み式発電方式。かんがい用水の運用に合わせて運転。
発電所管理体制		稼動時には事業主体（ひまわりNE）の技術者が対応。
[土木設備]		
取水設備		湧水地点からの分水路にコンクリートの仕切版を設置し，用水を堰上げ，ｽｸﾘｰﾝ方式そこから塩ビ管でヘッドタンクに導水。
水圧管路		φ200，塩ビ管（HIVP），路面配管（一部埋設）。施工性（軽量）と経済性，調達易さを考慮して選定。管の配置はかんがい水路の内側を利用し,簡易的な支持形式で対応。施工は自前。
発電所基礎･建屋		発電所建屋は一般的なプレハブ構造。
[電気設備]		
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		自立運転
用途		公園内照明、環境PR、教育用
水車形式		ﾏｲｸﾛﾀｰﾎﾞ水車(ｸﾛｽﾌﾛｰ水車、ｼﾝｸ)
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		同期発電機(ｼﾝｸ)
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	110
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		発電機･保護盤
監視装置･方法		なし
運用･保守		巡視を必要の都度実施
[特記事項]		簡易ｸﾛｽﾌﾛｰ水車、流量調整機能なし(ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞ内蔵)
		水圧管路に塩ﾋﾞ管を適用
		海外製品で安価
		市の施設であり，水利権も市が管理。
		塩ビ管の紫外線による劣化が心配。現時点では特に問題ないが，何らかの対応を検討中。基本的に,何か問題があれば対応する。管自体の交換は容易。
	(要望事項)	コストダウンのためには，一般市販品（標準品）の採用，承認申請図書、技術資料等、試験の極力除外，が必要。単独運転検出装置は価格的にネック。系統連系する際に電力会社から設置要求があるが、制約緩和を含めた対応が必要。
		施工の合理化という面では，土木関係施設としては極力一般市販品を使い、かつ、地元の業者に御願いする。
		マイクロ発電の普及のためには、河川法および（系統連系）ガイドラインへの対応を、少しずつ変えていく必要がある。
		ヨーロッパでは、様々な形のマイクロ発電が当然のように実施されているが、そのような形にするためにはコストを下げることが重要。そのためには、車と同様に標準品を使用し、コスト増に繋がるような試験の義務付けや、図面･詳細計算書等の提示を、不用にする必要がある。また、現在はヨーロッパのＩＥＣ基準と、日本のＪＥＣやＪＥＡＣとのダブルスタンダード状態であるので、この辺の取り扱いについても変革が必要である。
		マイクロ水力開発には、水利権の絡みもあり、農業団体等を仲間に引き込む必要がある（利益独占は良くない）。また、一般事業者が開発に対する意欲を持てるようなマニュアル整備が必要と考えている。

※　（要望事項）は大町農業用水路地点と同じ（回答者が同じ）



取水設備外観



取水設備スクリーン



スクリーン



水圧管路始点



水圧管路（HIVP200）



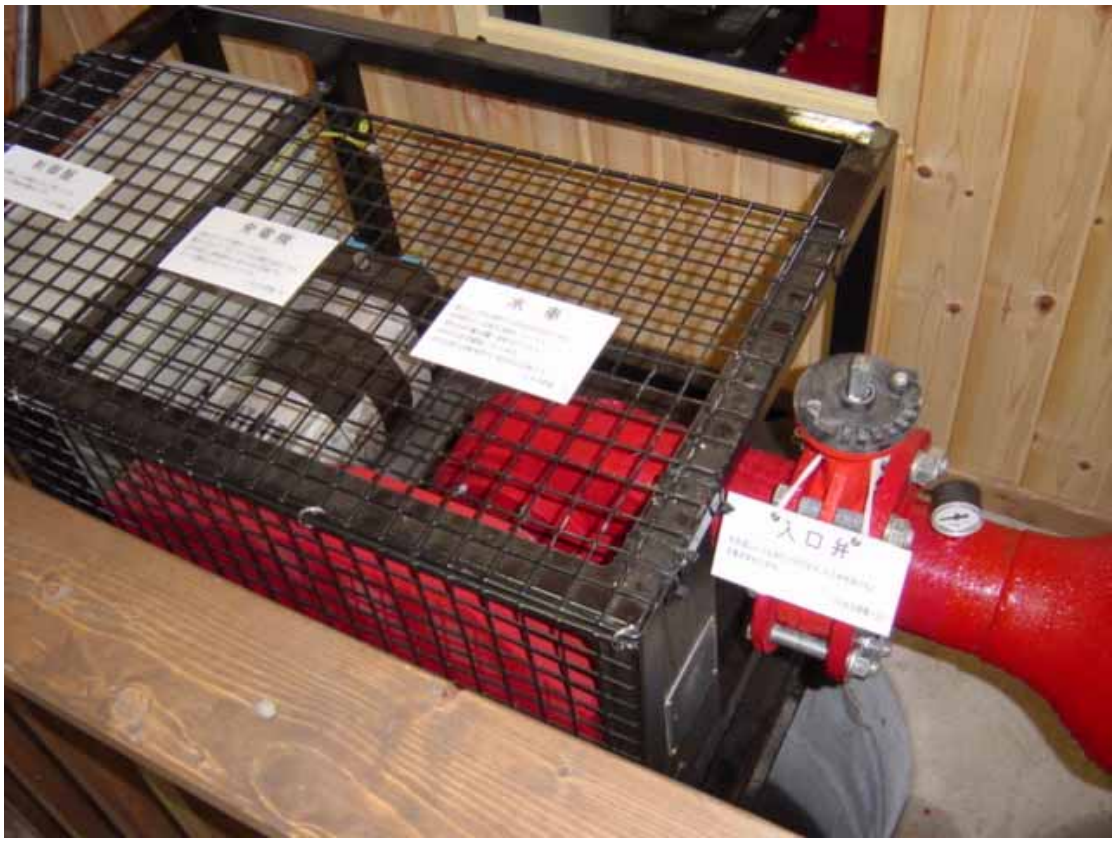
水圧管路（HIVP200）



三分一湧水公園発電所建屋（長坂市）



放水口



同マイクロターボ、同期発電機

群馬県　県央第一発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

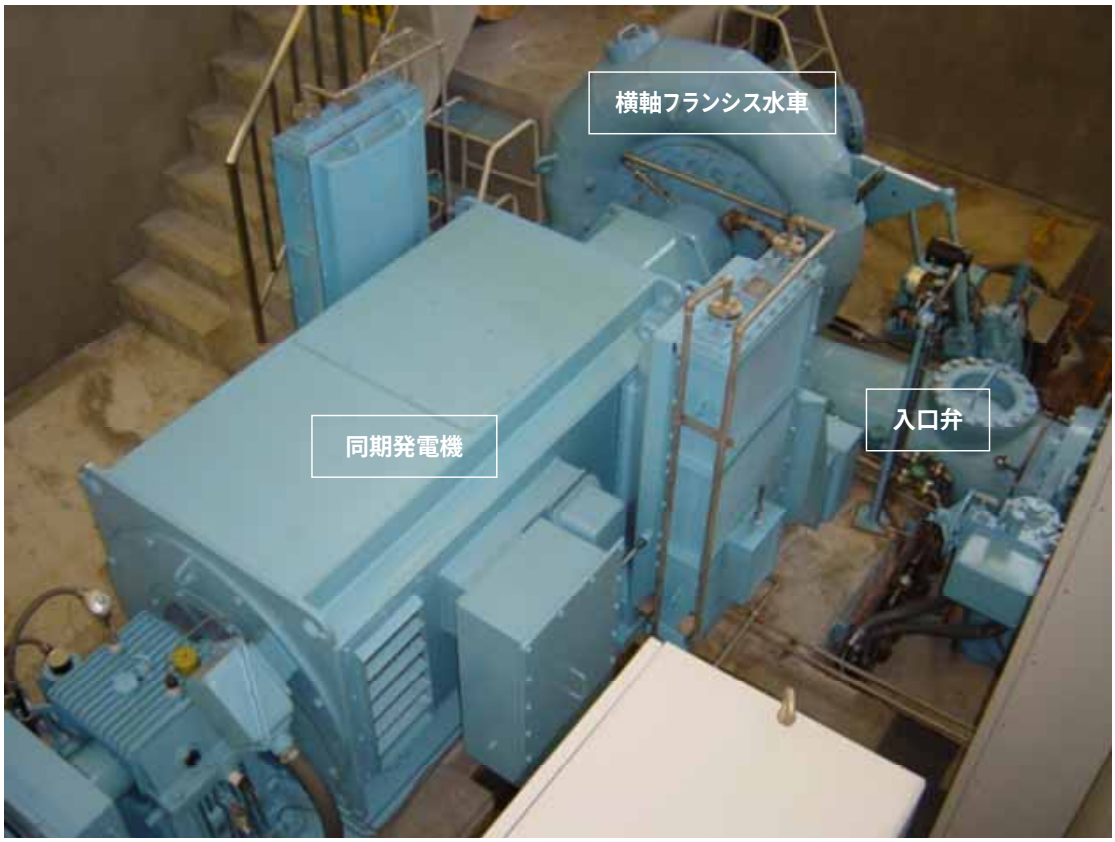
項　目	単位	内容、記事
設備名称		県央第一発電所
所在地		群馬県前橋市青梨子町
設備区分		上水道
河川水系		水源:利根川表流水(八木沢、奈良俣ﾀﾞﾑ) 水利権:群馬県企業局、取水量2m^3/s(160,000m^3)、6市町村に給水
事業者		群馬県企業局
運転開始	年月日	平成4年3月
有効落差	m	81.82
最大使用水量	m^3/s	1.34
最大出力	kW	840
年間発電電力量	kWh	約6,000,000(過去10年間の平均実績)
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		6.6kV高圧連系、逆潮流あり
用途		自家消費+余剰電力売電
水車形式		横軸ﾌﾗﾝｼｽ水車(富士電機)
水車出力	kW	900、η=84.2%(出力804kW時)
回転速度	min^{-1}	1,000
発電機種類		横軸同期発電機(富士電機)
発電機出力	kW	880kVA(力率0.95)、η=94.3%
発電機電圧	V	6,600
回転速度	min^{-1}	1,000
制御･保護装置		発電機･保護盤、遠制盤、系統連系盤、転送信号受信盤
監視装置･方法		遠隔常時監視制御
運用･保守		運開3年目に主軸封水部ﾊﾟｯｷﾝ取替
		運開5年目に水車抜水内部点検実施、以降5年後に定期点検実施
		期中、電力会社作業に伴う停止期間あり(点検等が同調可能)
		ﾄﾗﾌﾞﾙ事例なし、安定した発電電力量を確保
特記事項		RPS認定(平成15年3月)。
		遊休落差の有効利用。
		従来方式=減圧弁等によるｴﾈﾙｷﾞｰ調整→有効な代替案=水力発電。
		水車設置管路と既往管路の流量配分および流量制御方法について,通常は全水量水車を通過する為ないが、発電停止時はバイパス減圧弁を流量計指示を見て手動調整。
		水車，発電機の振動など、既往水道管路に与える影響に関して中小水力用とし軽負荷時の特性が優れ、ｷｬﾋﾞﾃｰｼｮﾝ性能が優れた水車を採用。
		既往管路の強度に対し、発電負荷遮断時の衝撃圧は数値計算によって検討実施。
		コストダウンを念頭に設置機器の特性からスピーダレス調速機の採用と側路弁の省略を行った。
		運転制御方法（起動,停止,故障時）については遠方直接切替順序起動方式。
		保護方式は保護区分による自動解列停止　。
		運転制約については変落差による認可最大出力制限があるため、使用水量が制限される。
		水道利用であることから、機器の選定にあたり水質に影響のない機器、水車を選定。
		負荷遮断時における水圧上昇、事故時の水道供給事業への影響、経済性を考慮した。



発電所建屋外観（入口付近）



組立クレーン



水車発電機外観（発電機側より）



水車発電機外観（水車側より）



水車発電機外観（水車側より）



水車外観（GVリンク機構）

長野県　木島平村馬曲温泉公園発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
設備名称		馬曲温泉公園発電所
所在地		長野県下高井郡木島平村
設備区分		砂防ダム
河川水系		水源:信濃川水系馬曲川 水利権:木島平村0.28m^3/s(農業用水0.05m^3/s含む、平成29年3月まで有効)
事業者		木島平村(運転保守業務は木島平観光へ委託)
運転開始	年月日	昭和63年10月
有効落差	m	65
最大使用水量	m^3/s	0.22
最大出力	kW	95
年間発電電力量	kWh	783,000(平成10年度実績)
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		6.6kV高圧連系、逆潮流なし
用途		自家消費+ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞによる余剰電力消化
水車形式		ﾀｰｺﾞｲﾝﾊﾞﾙｽ水車(1ﾉｽﾞﾙ、ｷﾞﾙｹｽ)
水車出力	kW	126
回転速度	min^{-1}	900
発電機種類		横軸同期発電機(精工社)
発電機出力	kW	95
発電機電圧	V	220
回転速度	min^{-1}	900
制御･保護装置		発電機･保護盤、遠制盤、系統連系盤
監視装置･方法		随時監視
運用･保守		巡視1～2回/月、定期点検1回/年。
		細密点検1回実施済み(3年ほど前)、大きなﾄﾗﾌﾞﾙ等なし。
		発電機、軸受補修に出費あり。
		馬曲温泉管理棟から遠隔監視(汎用PC)、遠方制御箱(起動停止、CB操作)。
特記事項		最大出力95kWに対し、負荷35kW程度(余剰電力をﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞで消化)。
		主機ﾄﾘｯﾌﾟ時は自動系統受電切替(復旧は手動)。
		ｻｰｼﾞﾀﾝｸ水位調整運転(農業用水分配を考慮)。
		自家用発電施設に関わる補助なし(昭和62～63年当時設定なし)。



砂防ダム外観



取水設備（手前はアクセス用階段）



除塵装置用独立電源（2ｋW）



除塵装置外観（上流から）



ヘッドタンク外観



水圧管路（φ５００、鋼管露出布設）



発電所建屋外観



水車発電機外観



1射ノズル（開度40%）



発電機外観（95kW、精工社）



入口弁外観（手動操作）



系統連系・保護盤外観

群馬県　狩宿第二発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
設備名称		群馬県狩宿第二発電所
所在地		群馬県吾妻郡長野原町
設備区分		発電用ﾀﾞﾑ(ｺﾞﾑ堰)
河川水系		熊川(一級河川) 水利権:群馬県(許可期限:平成45年3月)
事業者		群馬県
運転開始	年月日	平成16年6月
有効落差	m	7.63
最大使用水量	m^3/s	1.03
最大出力	kW	61
年間発電電力量	kWh	69,245(平成16年7月～8月実績)、運転時間1,428h、計画値85%程度
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		高圧連系(6.6kV)、逆潮流あり
用途		売電(東電)
水車形式		横軸可動羽根ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ水車(ﾏｲｸﾛﾁｭｰﾌﾞﾗ水車)(富士電機)
水車出力	kW	61
回転速度	min^{-1}	829
発電機種類		横軸誘導発電機、ﾍﾞﾙﾄ増速(富士電機)
発電機出力	kW	75(力率改善ｺﾝﾃﾞﾝｻ併設1.2kvar、主要変圧器容量100kVA)
発電機電圧	V	440
回転速度	min^{-1}	1,525
制御･保護装置		汎用一体形(富士電機)、系統連系ｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ準拠
監視装置･方法		随時巡回方式、簡易通報装置
運用･保守		巡視2回/月 群馬県吾妻発電事務所(14名+委託1名)が狩宿第二を含む9発電所を管理 運開2ヶ月後に駆動ﾍﾞﾙﾄが破断、雷撃による停止が2回あり RPS認証済み
特記事項		ｺｽﾄﾀﾞｳﾝ(入口弁省略、遮断器にLBSおよびELBの採用等)。
		簡易発電建屋、ｷｭｰﾋﾟｸﾙ屋外設置、水車に塵詰り対策として点検口追加。
		水位による自動運転停止、ﾗﾝﾅﾍﾞｰﾝ開度調整(3段階)。
		転送遮断信号による単独運転防止(狩宿第一経由)。
		ゴム堰の倒伏頻度は取水口水位上昇（台風等による出水時）を条件に倒伏。
		水圧管路を埋設とした理由は、コスト削減策としてFRPM管を採用しており、当該管の性質（紫外線による表面の劣化進行）上埋設した。
		水車，発電機停止時の水回しの制御については、電気的･機械的制御は行わず、狩宿第二発電所停止時には既設導水路との間に設置した越流壁を越流し、既設狩宿発電所に流入する。
		入口弁の代替といて、狩宿第二発電所取水口スクリーン直下流部に制水ゲートを設置水車，発電機の搬入ピット面積は最低限に設計すると共に、搬入出時は、ユニック、トラッククレーン等を利用。
		当該建設事業の場合、河川区域内の新たな土地の占有および工作物の新築等は発生してないため河川法第23条（流水占有許可）のみ許可申請実施。
		既設狩宿発電所に係る水利利用規則の変更許可申請を実施。
		既設狩宿発電所取水堰（ゴム堰）の操作規則を新たに設けることとなった。
		ｺｽﾄﾀﾞｳﾝを念頭に発電所建屋の簡素化、入口弁の省略、安価なプロペラ水車の採用、汎用品の採用、送電用遮断器代替としてLBSの採用、並列用遮断器代替として電磁接触器およびELBの採用。



取水設備状況



屋外キュービクル設置状況



発電所建屋外観



水車発電機外観



水車発電機外観（後方より）



ランナベーン開度調整部（ベルト）



放水部短管フランジ



主要変圧器（100kVA）



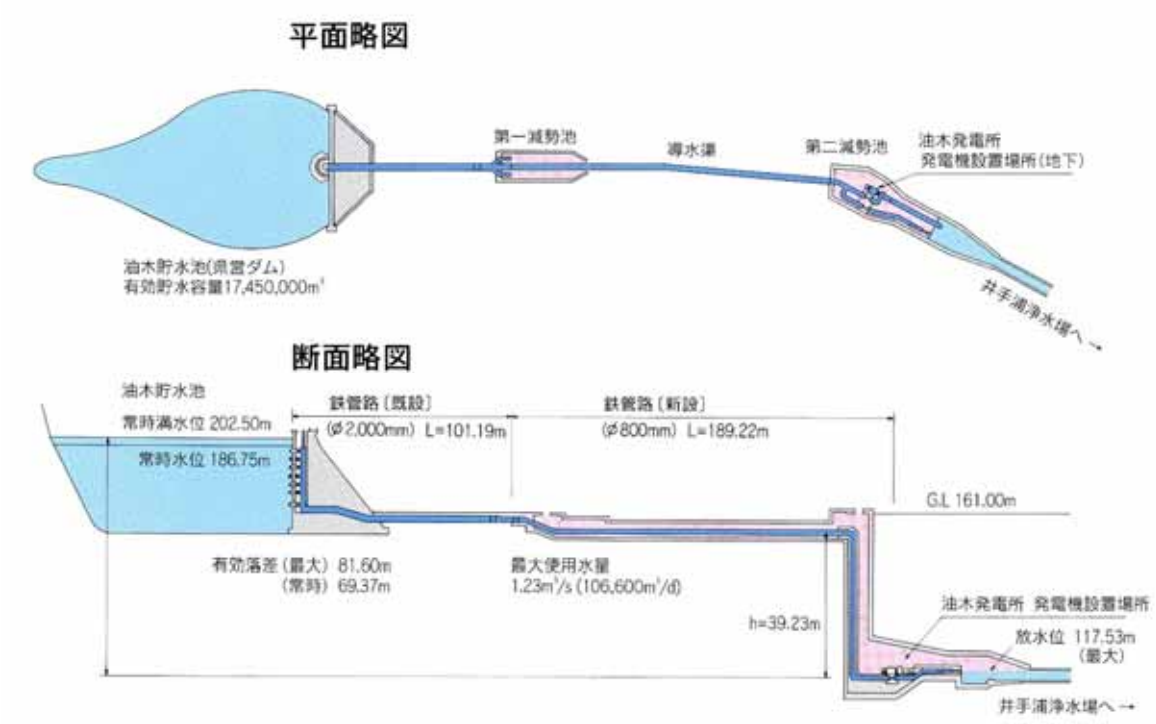
屋外キュービクル前面



発電所紹介看板

北九州市　油木発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
設備名称		油木発電所
所在地		福岡県田川郡添田町大字津野
設備区分		水道施設
河川水系		今川水系今川
事業者		北九州市水道局
運転開始	年月日	平成8年4月
有効落差	m	81.60
最大使用水量	m^3/s	1.23
最大出力	kW	780
年間発電電力量	MWh	3,345
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		-
用途		所内電源
水車形式		横軸フランシス水車
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		横軸三相同期発電機
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	-
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		-
監視装置･方法		-
運用･保守		-
特記事項		油木ダムから取水した水道水の導水路（油木導水路）に存在した2ヶ所の減勢池を廃止し、ダムから旧第二減勢池までの約82mの遊休落差を利用。 地下39mの減勢池跡に発電設備を設置し、発電を行う。 水道水に与える水質面の影響（接水部の塗装､水車の材質、漏油対策、雑排水対策）を確認。 発電所の監視･制御は、井手浦浄水場中央管理室内に設置された遠方監視卓から行われる。 省エネルギーの一環として、消費電力の低減およびピークカットをねらい、水道施設における減圧弁などのエネルギー調節に着目した水力発電を導入。 市水道局のHPで発電所を紹介。地球にやさしいこと､クリーン･省エネルギーをアピール。発電電力量、石油換算量、CO2削減量を公表。 中小水力発電開発費（20%）補助。



油木発電所　概要図

（写真なし）

（写真なし）

北九州市　ます渕発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
設備名称		ます渕発電所
所在地		福岡県北九州市小倉南区大字頂吉
設備区分		水道施設
河川水系		紫川水系紫川
事業者		北九州市水道局
運転開始	年月日	平成6年4月
有効落差	m	73.60
最大使用水量	m^3/s	0.90
最大出力	kW	520
年間発電電力量	MWh	2,135
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		-
用途		所内電源（余剰電力売電）
水車形式		横軸フランシス水車
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		横軸三相同期発電機
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	-
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		-
監視装置･方法		遠方監視
運用･保守		-
特記事項		ます渕ダムから取水した水道水を油木導水路に接合する地点に存在したジェットフローゲート（減勢用のゲート）を水力発電所に置き換えた。この間の約75mの遊休落差を利用。
		地下39mの減勢池跡に発電設備を設置し、発電を行う。
		発電所の監視･制御は、井手浦浄水場中央管理室内に設置された遠方監視卓から行われる。
		省エネルギーの一環として、消費電力の低減およびピークカットをねらい、水道施設における減圧弁などのエネルギー調節に着目した水力発電を導入。
		市水道局のHPで発電所を紹介。地球にやさしいこと､クリーン･省エネルギーをアピール。発電電力量、石油換算量、CO2削減量を公表。
		中小水力発電開発費（15%）補助。



発電所建屋外観



水車発電機　外観



水車外観



天井クレーン
（H鋼＋チェーンブロック）



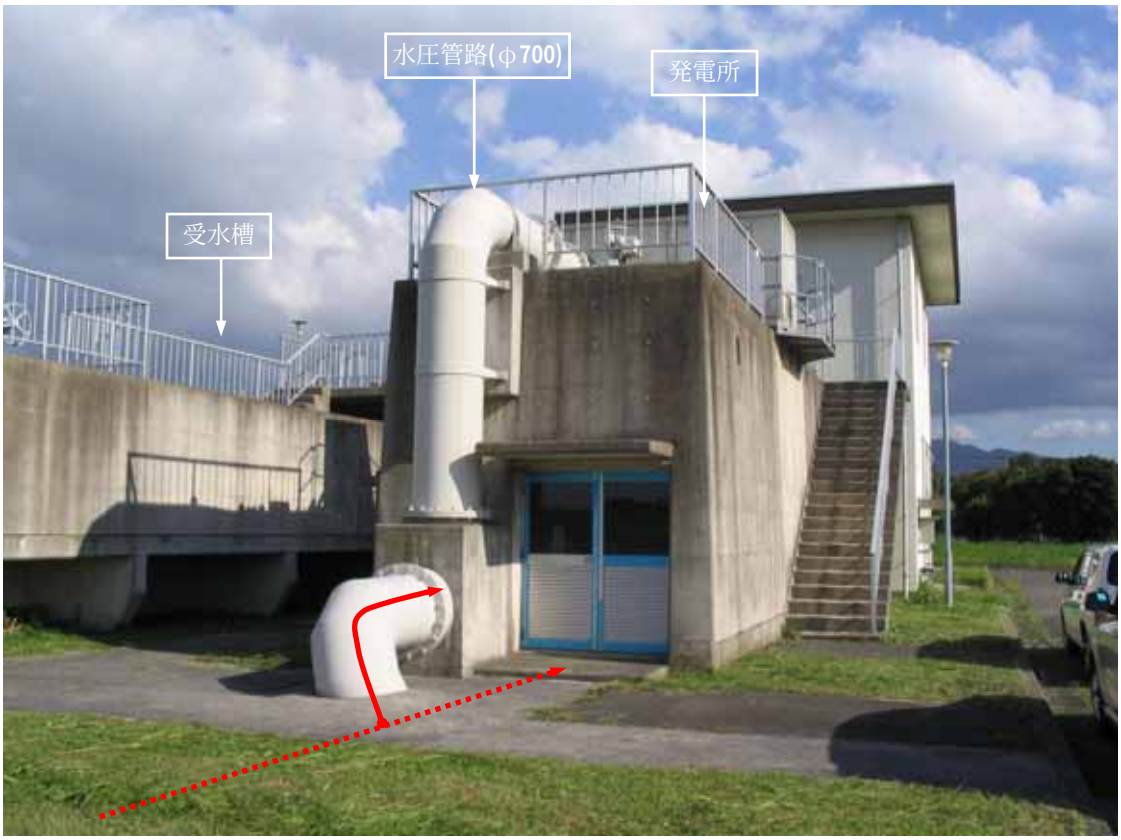
受電および売電用メータ



流量調整バルブ

北九州市　頓田発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
設備名称		頓田発電所
所在地		-
設備区分		水道施設
河川水系		-
事業者		北九州市水道局
運転開始	年月日	平成10年4月
有効落差	m	14.50
最大使用水量	m^3/s	0.80
最大出力	kW	68
年間発電電力量	MWh	357
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		-
用途		所内電源
水車形式		クロスフロー水車
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		横軸三相同期発電機
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	-
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		-
監視装置･方法		-
運用･保守		-
特記事項		省エネルギーの一環として、消費電力の低減およびピークカットをねらい、水道施設における減圧弁などのエネルギー調節に着目した水力発電を導入。
		市水道局のHPで発電所を紹介。地球にやさしいこと､クリーン･省エネルギーをアピール。発電電力量、石油換算量、CO2削減量を公表。
		中小水力発電開発費（30%）補助。



発電所全体外観（既設の弁室天井に設置）



発電所の状況



水車外観
(発電所建屋内)



受逆潮防止装置



操作盤 (屋外仕様)

神戸市　千苅浄水場　小水力発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
設備名称		千苅浄水場　小水力発電所
所在地		神戸市北区道場町生野
設備区分		水道施設
河川水系		-
事業者		神戸市水道局
運転開始	年月日	平成16年1月
有効落差	m	23.80
最大使用水量	m^3/s	1.00
最大出力	kW	180
年間発電電力量	MWh	1,000
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		-
用途		所内電源
水車形式		横軸フランシス水車
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		三相誘導発電機
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	-
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		-
監視装置･方法		-
運用･保守		-
特記事項		千苅浄水場の既設導水管から不断水工事を行い、最大1.0m3/sの取水を行うダム水路式発電所。
		完全自家消費。全需要の約９％。所内電力の一部を賄う。
		神戸市の「CO2ダイエット作戦」に基づき、新エネルギーを導入する気運が高まっていた。水道局としては、着水井への水圧調整等のため従来減圧バルブを利用していたが、未利用の落差を活用することにより、環境に優しい取り組みが可能と判断。
		温室効果ガス排出量削減へ寄与。省エネルギー対策の一環。
		耐用年数30年と考えており、ほぼ耐用年数で資金を回収できるものと考えている。
		水力、太陽光発電とも小学生等の見学用にパネルを設置。
		中小水力発電開発費（30%）補助。



水源である千苅ダム。



発電所西側の既設管路上の地表面。水車発電機はバイパス状に設けた新設管に配置されている。水車発電機停止時は、既設管路を流下させる。



横軸フランシス水車および誘導発電機。回転数は 600。水車･発電機の製作に 1 年を要した。



水車･発電機の設置状況。



制御盤の設置状況および、発電所天井クレーンの状況。



整除盤



発電状況を示す表示盤。浄水場の中に設置されている。後方の白い建物が発電所。



千苅浄水場水力発電所の全景。半地下方式の発電所。

神戸市　湊川ポンプ場　小水力発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
設備名称		湊川ポンプ場小水力発電所
所在地		兵庫県神戸市兵庫区湊川町
設備区分		下水道施設
河川水系		-
事業者		神戸市建設局
運転開始	年月日	平成14年4月
有効落差	m	65.00
最大使用水量	m^3/s	0.19
最大出力	kW	85
年間発電電力量	MWh	700
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		-
用途		所内電源（余剰電力売電）
水車形式		横軸フランシス水車
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		誘導発電機
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	-
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		-
監視装置･方法		-
運用･保守		-
特記事項		神戸市北区の鈴蘭台地区（約1000ha）の汚水を処理している鈴蘭台処理場から排出される下水高度処理水(0.185m^3/s,日量16,000m^3)の放流落差(約65m)を利用した小水力発電された電気は，13kWを同湊川ポンプ場（雨水排水ポンプ場）で自己消費し,その後,残りの電力を関西電力に売電する。 設備の建設費を20年で償却予定。 再生可能エネルギーによる電力を作ることで、従来の化石エネルギー等で発電した場合に比べ、二酸化炭素等温室効果ガスの排出削減に繋がっている（二酸化炭素約250t/ 水力発電設備の説明用パネルを設置して,発電電力を表示し、環境にやさしい下水道をPR。 循環型社会の形成に貢献する下水道の役割として、下水道が持つ資源の活用がさらに必要になっている。 国交省　下水道補助事業。



湊川ポンプ場水力発電所の水車と発電機。



湊川ポンプ場水力発電所の水車と発電機。



松本地区への送水管からの分岐･合流の状況。奥を右から左に送水管が配管されていて、写真中央が取水管で、左側が放水管。



放水管に設置された出口弁。最低限のスペースに設置するため、放水管に対して斜めに取り付けている。



同左。右が取水管に取り付けられた入口弁。出口弁と同様に斜めに取り付けられている。



水力発電に関する制御盤。ポンプ場内の有効スペースを上手に利用している。



雨水排除のための制御盤。一部が水力発電に対しても対応している。



単独運転検出装置。電力会社が開発したものを採用した。



発電電力量および神戸市下水道河川部からのメッセージを示す PR 版。

中国電力㈱ 安蔵川発電所 中津美川取水設備他 ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

[土木設備（取水設備）のみを対象に調査を実施]

項 目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		安蔵川発電所 中津美川取水設備他
所在地		鳥取県 鳥取市 用瀬町
設備区分		水路式発電所
河川水系		千代川水系 安蔵川・中津美川ほか
事業者		中国電力株式会社
運転開始	年月日	昭和60年7月(1985)
有効落差	m	143.0
最大使用水量	m^3/s	2.80
最大出力	kW	3,200
年間発電電力量	kWh	-
発電所運転方法		-
発電所管理体制		-
[土木設備]		
取水量	m^3/s	0.04
取水設備		浸透取水方式から横取り方式に変更
取水方式選定理由		-
取水状況		当初よりうまく取水ができなかったようで、建設後、数年で、横取り方式の直接取水方式に変更した。
現状問題点		改造後も取水口付近への土砂・玉石の堆積に苦慮している。ただし、取水口上流部に斜めに隔壁を張り出したことによって、今回の出水（台風21号）でも取水口直前には土砂の堆積がない（河水は横越流形式で取水口直前のプールへ流入する）が、落葉等によるスクリーンの閉塞が発生している。
管理内容 点検項目・頻度		土砂・玉石の排除。出水後はたいてい必要となる。普通は巡視員が対応できるが、大きな出水の後は排除のために請負に出す。 月に1回。取水の妨げになる事象を排除。
その他，意見等		浸透方式から横取り方式への変更。砂等による目詰まりによって、浸透水による取水はうまくいかなかった。横取りの場合もプールへの土砂の流入とその排除が課題。
		土砂の排除が課題。保守の立場から見ると、できるだけシンプルな構造がよい。ゲートなども電動のものより、スピンドル形式でもいいから、人力で容易に作動できるもの（壊れにくいもの）がいい。土砂が流入しても、それが排除しやすければいい。



安蔵川発電所安蔵川取水口。チロリアンタイプの取水口。計画取水量は 1.8㎥/s。上流側（写真中央やや右より）の水位計の水位により排砂ゲートが自動的に開く。年に 3 回程度作動する。そのほか、年に2回程度は人力による排砂を行っている。



同左。下流側より撮影。左側（右岸より）が排砂ゲート下流の澪筋。



まれに見る出水（台風 21 号、降雨量 200㎜）のあとでもこの程度ですんでいる。スクリーンは H 鋼。斜めに引っかかった木に木屑や石が引っかかって、上流側が間詰まり状態になっている。最初に引っかかったと思われる木材は上部を押されて回転し、下流側が高くなっている。



スクリーンは H 鋼製。下流端には斜めに数 ㎝ 程度の棒状のものが溶接されていて、H 鋼のフランジ上面を流れてきた水を落とす役割をしている。



安蔵川発電所中津美川取水口。もともとは右岸川の３つの取水口から横断方向に取水管が伸び、取水管の周りは粗めの砂利で埋め戻して浸透水を取水していた。上面縦断方向にレールを渡して、転石は下流に流した。しかし、うまくいかなくて、写真のような横取り方式に変更。



取水口の上流の様子。右岸側の上流方向の溝は維持流量放流用。



取水口の下流の状況。通常時は下流の２箇所の角落としに角材を落として、取水口の横をプールにしている。調査時は今夏の出水でプールに土砂がたまってしまっている状況で、9/30 の台風 21 号の前から角落とし部を開放している。



原設計（浸透取水）の 3 箇所の取水口。スクリーンが設置されている。現在は木の葉や小枝のより流入がしにくくなっている。上流側に斜めに設置された隔壁によって、大き目の玉石はあまり取水口前面のプールに入らない。河水は河道中央側の隔壁から横越流方式で流れこむ。



同上。河道中央縦断方向の隔壁は､途中から少し低くなっている。上流側に斜めに設置された隔壁は一段高くなっていて、玉石等の流下を河道中央に変え、取水口の前の堆積は比較的細かい砂程度。



同左。



取水口から本導水路への立工までの水路（中央）。右側の深い水路は余水路。中央に斜めに設けられた隔壁によって、余水分は余水路に落とされる。



同左。下流側より撮影。

中国電力㈱ 新大呂発電所 大倉谷取水設備他 ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

[土木設備（取水設備）のみを対象に調査を実施]

項 目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		新大呂発電所 大倉谷他取水設備他
所在地		鳥取県 八頭郡 智頭町
設備区分		ダム水路式発電所
河川水系		千代川水系 北股川･綾木谷川ほか
事業者		中国電力株式会社
運転開始	年月日	昭和60年7月(1985)
有効落差	m	292.2
最大使用水量	m^3/s	5.20
最大出力	kW	12700.0
年間発電電力量	kWh	-
発電所運転方法		-
発電所管理体制		-
[土木設備]		
取水量	m^3/s	0.09
取水設備		水クッション側方取水方式
取水方式選定理由		高効率の取水形式の採用を目指して検討している中，九州の事例を参考に採用した。
取水状況		ほぼ問題なく取水できている。排砂も容易にできる。若干、排砂ゲートで対応できないものもあるが、巡視員がスコップ等で対応できる。めったに無いような台風（9/30；21号＝雨量200mm）でも、大きな問題にはならなかった。
管理形態 点検項目･頻度		月に1回の定期巡視。出水シーズンは3ヶ月に1回くらいは土砂の排除を要するが、排砂ゲートを開放する。必要があれば巡視員がスコップ程度で対応。冬は雪のため巡視もなし。 月に1回。取水の妨げになる事象を排除。
その他，意見等		取水量が小さいこともあり､特に問題は無い。土砂が流入しても容易に排除可能なので、保守側から見ても対応しやすい。



水クッション方式側方取水型取水工。中央やや右に取水口（横 100cm 縦 40cm、スクリーンの目の間隔は 10cm）。現状ではオーバーフローせずに、全量が取水口に流入。出水時は射流状のオーバーフローにより、土砂は下流に流下する。



上流からの写真。取水堰上流の堆積はほとんどが砂。転石は見られない。



下流側より撮影。



同上。上流側の堰部。取水口の反対側の角付けが上流側ほど大きくなっている（取水口方向へ流れの向きを変える工夫と思われる）。



同上。下流側の堰。上流面が円弧状になっている。



取水口の状況。出水（9/10、台風21号）による落木がスクリーンに詰まっている（比較的珍しい状況と思われる）。



取水口の反対側。写真中央やや下側のスリットから導水路へ水が流出している。



取水堰下流の状況。中央上は余水吐。



同左。下流側より撮影。

水資源機構　三重用水　員弁川他取水設備　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

[土木設備（取水設備）のみを対象に調査を実施]

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		水資源機構　三重用水　員弁（いなべ）川他取水設備
所在地		三重県　四日市市他
設備区分		三重用水取水口
河川水系		員弁川水系　員弁川・河内谷川ほか
事業者		独立行政法人　水資源機構
通水開始	年月日	昭和61年3月(1986)　（員弁幹線水路）
[土木設備]		
取水量	m^3/s	1.20m^3/s（員弁川），2.60m^3/s（河内谷川），0.50m^3/s（冷川），1.40m^3/s（田光川），2.70m^3/s（三滝川）
取水設備		バースクリーン方式(チロル形式，チロルⅡ形式，バックストリーム形式）
取水方式選定理由		各渓流の特性を考慮し、水利実験等を実施した上、適切な取水形式を選定。
取水状況		三滝（チロルⅡ、田光（チロルⅡ）については比較的良好であるが、員弁川（（チロル）および河内谷（バックストリーム）については、なかなか計画量は取れない。
管理形態		週に1回の巡視を基本に、出水後などを含め、取水への障害を除去している。スクリーン等の砂礫等の排除は、ある程度流量が低下してからしか行えないため、その間取水量が低下（停止）してしまう。
点検項目・頻度		週に1回の巡視。取水状況の確認。
その他，意見等	問題点	砂礫の流入が問題となっている。スクリーンへの詰まりのほか、沈砂池までの水路に堆積してしまうことが多い。設計時は現在のような細かい砂礫は予想していなかった。山が荒れてきている。また、バックストリームの場合のプールへの砂礫の堆積や、水路の堆砂が排砂バルブ解放で除去しきれないこと、スクリーンの夾雑物の除去作業に危険が伴うことなどが問題となっている。問題となるのは砂礫と小枝（竹木）。木葉（落葉）はそれほど問題とならない。
	改良実績	員弁川取水口のスクリーンを、一本毎（交互）に角度を変えたことがある。
	改良すべき事項	スクリーンへの砂礫や小枝（竹木）が挟まらないような工夫。入ってしまった砂礫を効率的に排除できるように改造したい。また、土砂の排除、特にスクリーン挟まってしまった砂礫や竹木の排除が非常に危険となっている。スクリーンへ挟まってしまったものの除去を安全に行える工夫・改善が必要。
	設計時配慮事項	対象河川（渓流）の特性をよく見ること。それぞれの河川の特性を十分に把握し、取水量の確保、土砂混入の許容度、保守の容易さなどの事項に優先順位を設けて、適切な取水形式を設定する。山の変化などを背景に、流入土砂の性質が変化する場合もあるため、多少の改造が容易になるよう、できるだけ一体構造としないようにすることも重要（部分的な改修・改造が可能なようにする）。水路の排砂はできるだけ短い距離で対応可能なようにするべき。
	独特な工夫	豊水水利権なため、一定量の放流、最大取水量の制限がある。最大取水量については、ディストロビュータ（縮流発生により、上流側の水位が上がっても一定量しか流下させない構造物。無電源）を採用している。
	農政基準	農政基準の沈砂池は比較的細かい砂を対象としている。三重用水のように下流に調整池がある場合は、細かいものや落ち葉はそんなに問題とならない。ここでは水路の底を転がるような砂礫が問題であるため、それらの排除を念頭においた設計が重要となる。
	浸透取水	対象流量が少ない場合や、砂防ダム上流からの取水では、浸透型の取水が有効になると考えられる。ただし、目詰まり防止のために、ある程度のかぶり必要で、取水管（有孔管）にかぶせる砂礫も、下部で粗く、上部で細かくなるよう、2層程度以上になるように配慮する必要がある。また、設計で必要となる面積（長さ）に十分余裕を持たせることも必要。



員弁（いなべ）川取水工。チロル型。水クッション方式のような下流側のポケット（プール）はない。三滝川及び田光川取水工に比べて取水効率は低い。建設時にはこれほどの砂礫はなく、山の状況が変わった（とのこと）。



員弁川取水設備の取水口の状況。



スクリーンへの夾雑物によって水がはねてしまっている。砂礫の混入も多い。



員弁川取水設備の下流の状況。



三滝川取水工。チロルII型。通常のチロル型に比べてスクリーンの角度が大きい。水クッション方式のような下流側のポケット（プール）がある。比較的良好に取水できているが、スクリーンへの砂礫、小枝（竹木）が挟まり、取水効率が低下している。



スクリーンに挟まった砂利・小枝等により水がはねてしまっている。



田光（たぴか）川取水工。チロルⅡ型。比較的良好に取水できているが、三滝川取水工と同様にスクリーンへの砂礫、小枝（竹木）が挟まり、取水効率が低下している。



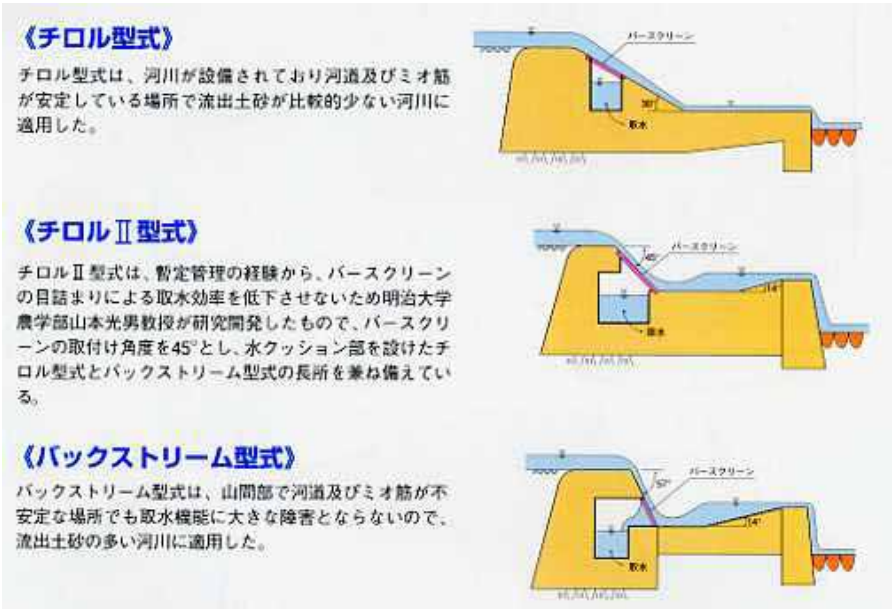
三滝川取水工に比べて水はねが少ない。砂が多く、礫が少ないことが要因か。改造によって、スクリーンバー（パイプ製、間隔は 20mm（全ての地点で同じ））の角度を交互に替えている。



河内谷（こうちだに）取水工。バックストリーム型。スクリーン下流にポケット（プール）がある。



スクリーンの夾雑物により水はねが起きている。



三重用水における取水設備区分

広島県　志和掘発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
設備名称		志和堀発電所
所在地		東広島市志和町
設備区分		流れ込み、水路式
河川水系		三篠川(一級河川) 水利権:志和堀電化農協、水利使用目的:水力発電、許可期限:平成22年3月
事業者		志和堀電化農協(中国小水力発電協会)
運転開始	年月日	昭和29年9月
有効落差	m	25.7
最大使用水量	m^3/s	0.5
最大出力	kW	95
年間発電電力量	kWh	-
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		6.6kV高圧連系、逆潮流あり
用途		売電(中国電力)
水車形式		横軸ﾌﾗﾝｼｽ水車(ｲｰﾑﾙ工業)
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	930
発電機種類		横軸誘導発電機(明電舎)
発電機出力	kW	135kVA(力率0.87)、60Hz
発電機電圧	V	3,300
回転速度	min^{-1}	930
制御･保護装置		発電機･保護盤(ｲｰﾑﾙ工業)、系統連系設備
監視装置･方法		常時監視(1名3交代制)
運用･保守		毎時記録･巡視点検(水槽･水路は随時)、定期点検3年毎。
		配電盤のみ更新(ｲｰﾑﾙ工業)、主機はﾒﾝﾃﾅﾝｽﾌﾘｰ。
		取水口ｽｸﾘｰﾝの除塵作業は人力による。
		大きな事故実績なし、事故発生時は詰所ﾍﾞﾙ鳴動。
特記事項		系統連系ｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ制定(S61)以前の設備であり、単独運転検出装置なし
		水槽水位計は手作り、水位に応じてガイドベーン開度調整(人力による)。
		組立ｸﾚｰﾝなし。
		発生電力全量売電。



水槽状況



水圧管路（上流より発電所建屋を見る）



横軸フランシス水車（イームル工業）



誘導発電機（明電舎）



入口弁外観



圧油装置外観



調速装置外観



配電盤、遮断器、系統連系設備



発電所建屋、水圧管路外観

広島県　川小田発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

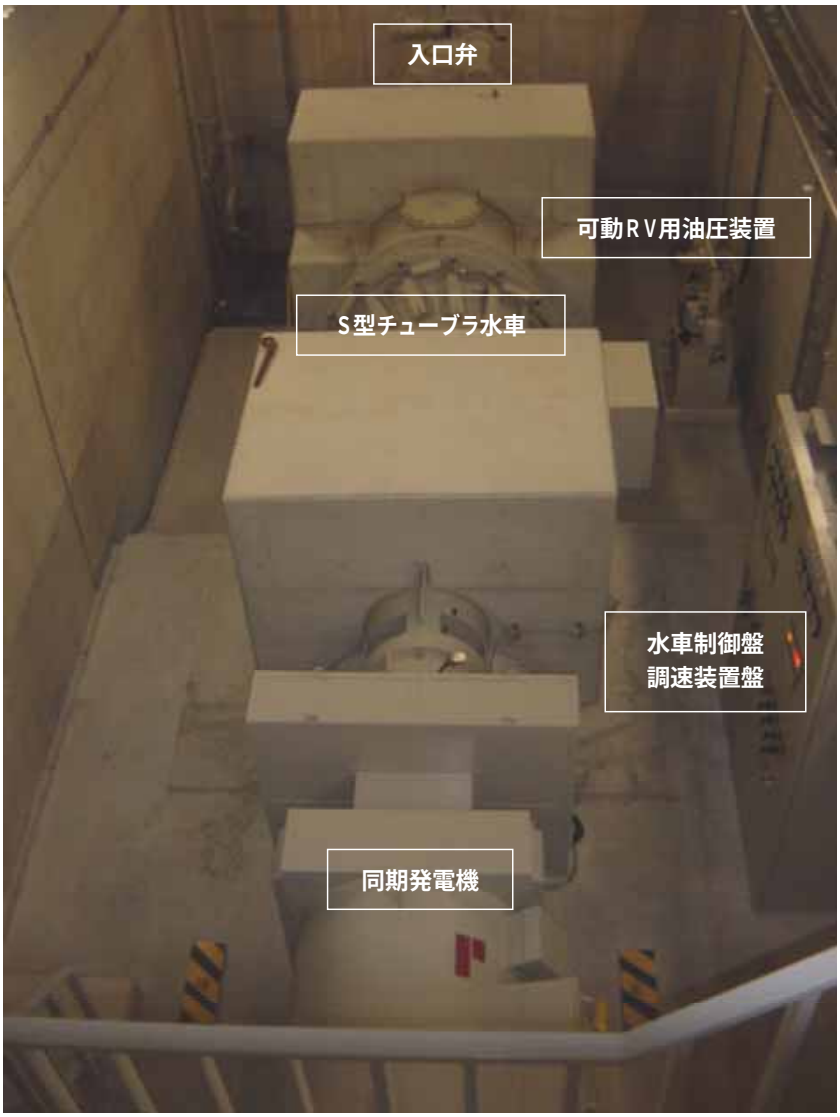
項　目	単位	内容、記事
設備名称		川小田発電所
所在地		広島県山県郡芸北町
設備区分		流れ込み、水路式
河川水系		太田川水系滝山川(一級河川) 水利権:芸北町役場
事業者		芸北町役場産業課
運転開始	年月日	平成15年4月
有効落差	m	19
最大使用水量	m^3/s	5
最大出力	kW	720
年間発電電力量	kWh	3,720(計画値)
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		6.6kV高圧連系、逆潮流あり
用途		自家消費+余剰電力売電(中国電力)
水車形式		横軸S型ﾁｭｰﾌﾞﾗ水車(ｹｽﾗｰ、ｲｰﾑﾙ工業)
水車出力	kW	770
回転速度	min^{-1}	600
発電機種類		横軸回転界磁型三相同期発電機(ｱﾙｺﾝｻﾞ、ｲｰﾑﾙ工業)
発電機出力	kW	760kVA(力率0.95)、60Hz
発電機電圧	V	6,600
回転速度	min^{-1}	600
制御･保護装置		発電機･保護盤(ｲｰﾑﾙ工業)、単独運転検出装置(日新電機)、系統連系設備
監視装置･方法		随時監視
運用･保守		巡視点検毎日(記録含む)、定期点検等周期は計画中。
		巡視要員1名および除塵要員1名を委託。
		取水口ｽｸﾘｰﾝの除塵作業は人力による。
		大きな事故実績なし、事故発生時は役場へ自動通報。
特記事項		主要変圧器ﾚｽ、発電機電圧6.6kVによる直接連系。
		可動ランナベーン(油圧)、可動ガイドベーン(電動、ｲｰﾑﾙ工業にて改造)、ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ軸受。
		水車，発電機は海外調達品。
		自家消費150kW(宿泊施設ｵｰｸｶﾞｰﾃﾞﾝ、公園、資料館等)。



発電所建屋外観



組立クレーン（10tホイスト）



主要機器外観



可動ＧＶ（電動サーボ）



同左リミットＳＷ



可動ＲＶ（油圧装置）



入口弁外観



発電機盤、保護盤、単独運転検出装置



閉鎖配電盤、系統連系設備

広島県　河戸発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

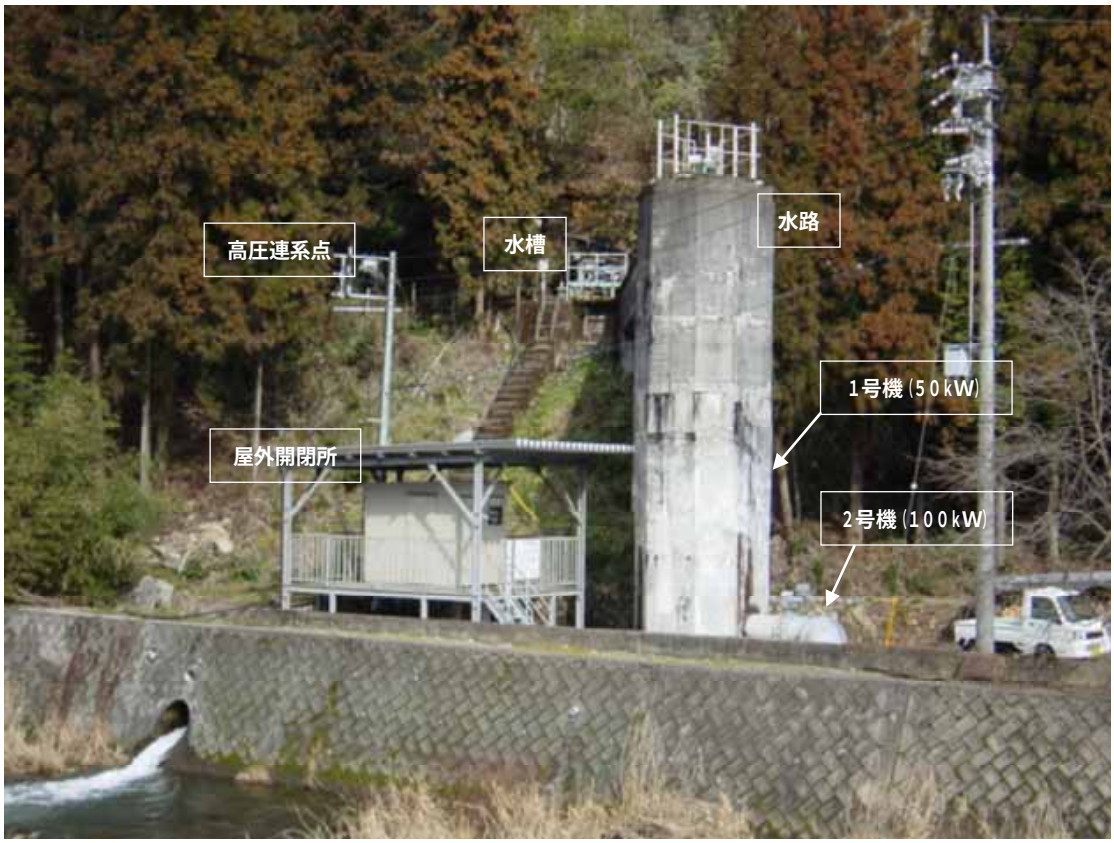
項　目	単位	内容、記事
設備名称		河戸発電所
所在地		広島県又三郡布野村
設備区分		流れ込み、水路式
河川水系		布野川(一級河川) 水利権:三次農協、水利使用目的:水力発電、許可期限:平成30年3月
事業者		三次農協
運転開始	年月日	昭和39年8月、平成15年設備更新
有効落差	m	13.3
最大使用水量	m^3/s	1.0(1号機)、0.5(2号機)
最大出力	kW	100(1号機)、50(2号機)
年間発電電力量	kWh	-
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		6.6kV高圧連系、逆潮流あり
用途		売電(中国電力)
水車形式		水中ﾀｰﾋﾞﾝ発電機(ﾌﾘｸﾄ、ｲｰﾑﾙ工業)、水車，発電機一体形
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		水中ﾀｰﾋﾞﾝ発電機(ﾌﾘｸﾄ、ｲｰﾑﾙ工業)、水車，発電機一体形
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	440
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		屋外仕様一体形配電盤(ｲｰﾑﾙ工業)、簡易通報装置
監視装置･方法		随時巡回
運用･保守		巡視点検毎日(記録含む)、定期点検等は毎年実施で計画中。
		巡視および除塵要員2名を委託。
		取水口ｽｸﾘｰﾝの除塵作業は人力による、除塵装置併設。
		大きな事故実績なし、事故発生時は農協へ自動通報。
特記事項		系統連系ｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ制定(S61)以前の設備であり、単独運転検出装置なし。
		ﾌﾗﾝｼｽ水車(開放双子型)から水中ﾀｰﾋﾞﾝ発電機へ設備更新。
		設備更新にあたり水槽、水路等は転用(一部補修)。
		発生電力全量売電。



水槽（余水路併設）



除塵装置（取水口）



発電所外観



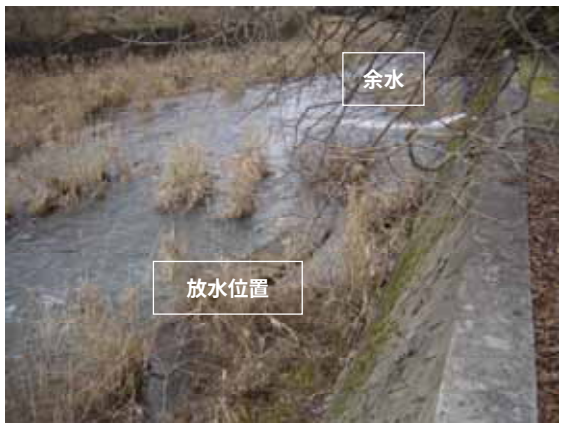
水　路



2号機（100kW）用水圧管路



同左反対位置（旧発電機設置位置）



放水位置（布野川）

沖縄県　西原浄水場内小水力発電設備　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

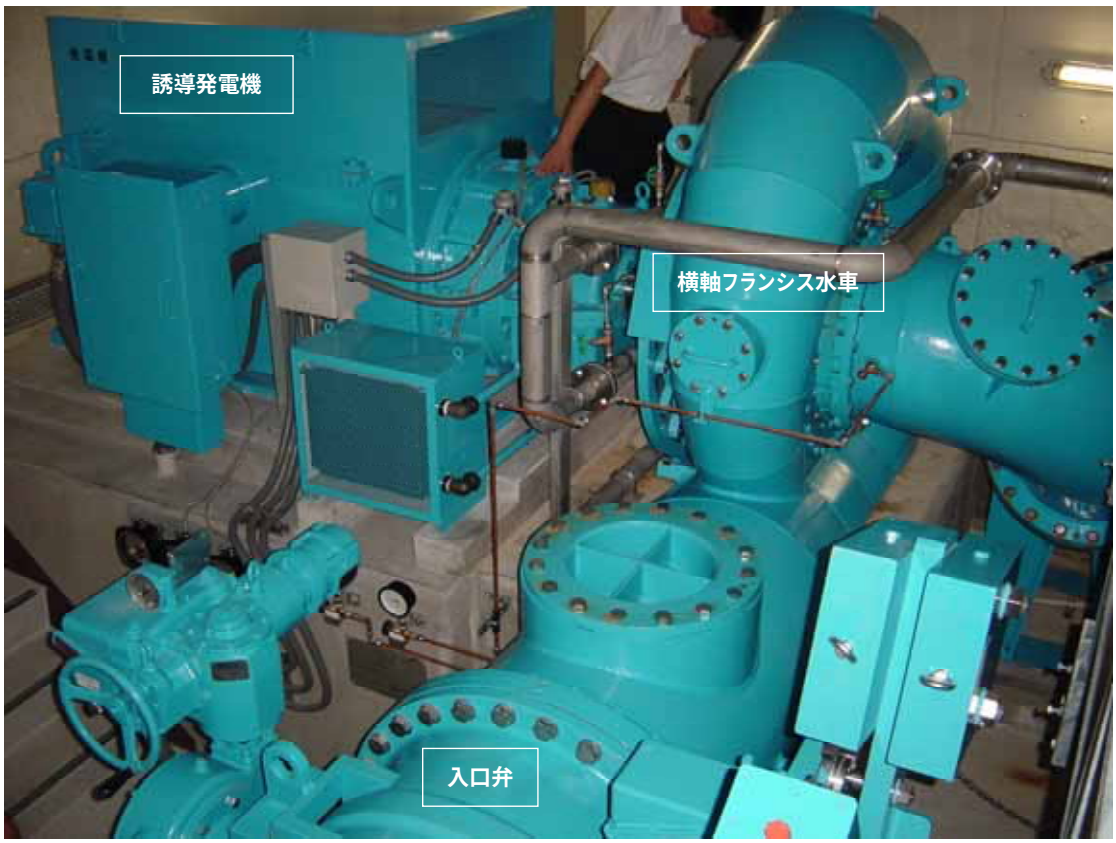
項　目	単位	内容、記事
設備名称		西原浄水場内小水力発電設備
所在地		沖縄県西原町小那覇
設備区分		浄水原水調整池
河川水系		水源:喜仲調整池～西原調整池間原水 水利権:－、取水量1.1～1.7m^3/s
事業者		沖縄県企業局西原浄水管理事務所
運転開始	年月日	平成16年
有効落差	m	30.4
最大使用水量	m^3/s	1.3
最大出力	kW	341
年間発電電力量	kWh	207,800kWh/月（平成17年8月実績）、平均出力279kW
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		3.3kV高圧連系、逆潮流なし
用途		自家消費
水車形式		横軸ﾌﾗﾝｼｽ水車（富士電機ｼｽﾃﾑｽﾞ）
水車出力	kW	328
回転速度	min^{-1}	910（無拘束速度1.800）
発電機種類		横軸誘導発電機（富士電機ｼｽﾃﾑｽﾞ）
発電機出力	kW	341（調査時出力260kWに対して無効-80kvar程度であったので力率0.95程度）
発電機電圧	V	3,300、60Hz
回転速度	min^{-1}	910
制御･保護装置		発電機･保護盤 発電機並列による系統動揺を防止するｿﾌﾄｽﾀｰﾄ回路内蔵
監視装置･方法		遠隔常時監視制御（西原浄水場）
運用･保守		西原浄水場職員による巡視点検1回/月実施。
		初回点検は今後計画する予定。
		単独運転検出機能なし、電力協議により逆潮流防止用の電力継電器を設置。
		電気主任技術者、ﾀﾞﾑ主任技術者は職員で対応。
		ﾄﾗﾌﾞﾙ事例なし。
特記事項		構内負荷補完、節減率約13%。
		誘導発電機、重錘閉鎖式入口弁の採用。
		水車ﾊﾞｲﾊﾟｽ管あり（余水調整機能なし）。
		遊休落差の有効利用。
		従来方式=減勢弁によるｴﾈﾙｷﾞｰ調整→有効な代替案=小水力発電。



発電所建屋外観（西原調整池側より）



同左



水車発電機外観



入口弁外観（重錘閉鎖式）



出口弁外観



ガイドベーンリンク機構



減勢弁、電磁流量計（水車及び西原調整池入口）



同左減勢弁外観



放水口（西原調整池）

埼玉県　庄和浄水場内小水力発電設備　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
設備名称		庄和浄水場内　小水力発電設備
所在地		埼玉県春日部市新宿新田
設備区分		場内管路未利用圧力（減圧弁接地箇所）
河川水系		-
事業者		埼玉県企業局
運転開始	年月日	平成15年2月
有効落差	m	21.0
最大使用水量	m^3/s	0.222（浄水場の運用に完全従属）
最大出力	kW	38
年間発電電力量	kWh	258,000
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		60kV特別高圧連系、逆潮流なし（みなし連系）
用途		自家消費
水車形式		横軸固定羽斜流水車（発電機流水路内設置、クボタ）
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		誘導発電機
発電機出力	kW	45
発電機電圧	V	-
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		UVR、OVR、OCR、RPR、UFR、OFR
監視装置･方法		遠隔常時監視制御（故障時警報、操作は機側のみ）
運用･保守		運開7ヶ月後の分解点検で異常なし。
		日常（目視）、月例点検は職員、定期点検（年）はメーカー委託。
		水車，発電機停止時は自動的に既往ライン（減勢弁）に切り替わる。流水の途絶はなし。
		電気主任技術者、ﾀﾞﾑ主任技術者は職員で対応。
		保安規程は県の水道施設用の規定に小水力発電を追記。
		浄水場全体のシステム変更は行わず、出力等の記録は発電機制御盤に接続した専用PCで対応。
		ﾄﾗﾌﾞﾙ事例なし。
特記事項		水車，発電機一体形設備の導入。分解不要のグリス注入口あり。
		水車ﾊﾞｲﾊﾟｽ管あり（流量調整機能なし）。
		従来方式=減勢弁によるｴﾈﾙｷﾞｰ調整→有効な代替案=小水力発電。
		(財)水道技術研究センターによる水道施設へのﾌｨｰﾙﾄﾞ試験として約2年間の実証試験を実施。水質、浄水場の運用に影響を与えないことを確認。
		浄水場の運用に完全従属の運転。基本的に定落差定容量。稼働率99%。
		従来方式=減勢弁によるｴﾈﾙｷﾞｰ調整→有効な代替案=小水力発電。



基本的なライン。
もともとは右側の減圧弁を通るルートだったが、左側にバイパス管を設け、そこに水車発電機を設置。



水車発電機の全景。
発電機は内蔵されている。



本官からの分岐状況。
分岐管から手前側が新設部。
水車の上流側にあるのは入り弁で、次の写真に見られる減圧弁側の制水弁と連動する。



水車出口側の合流管。減圧弁側に制水弁が設置されている。



既設減圧弁。水車発電機が運転しないとき、制水弁の作動に応じて自動的に稼動する。設置後 30 年が経過。水車発電機に比べて大きな音が発生する。



システム遠景。中央やや右は、発電機の制御盤。

熊本県　清和発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
設備名称		清和発電所
所在地		熊本県上益城郡山都町
設備区分		砂防ﾀﾞﾑ
河川水系		水源:緑川水系緑川(一級河川) 水利権:山都町
事業者		山都町
運転開始	年月日	平成17年5月
有効落差	m	14.38
最大使用水量	m^3/s	2.0
最大出力	kW	190
年間発電電力量	kWh	952,000
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		6.6kV高圧連系、逆潮流あり
用途		売電（九州電力）
水車形式		ｸﾛｽﾌﾛｰ水車(田中水力)、ｷﾞﾔ増速（石川島精機）
水車出力	kW	217
回転速度	min^{-1}	220
発電機種類		誘導発電機(TATUNG：台湾製)
発電機出力	kW	190
発電機電圧	V	400、60Hz
回転速度	min^{-1}	720
制御･保護装置		監視制御盤(田中水力)、単独運転検出装置(三英社) 直流電源装置、系統連系設備
監視装置･方法		随時巡回、遠方監視(役場)
運用･保守		電気保安協会に委託(巡視点検2回/月)。
		1回/日役場職員が巡視、ｽｸﾘｰﾝ除塵を実施。
		機器点検計画は今後の検討事項。
		来年度から田中水力と保守契約を結ぶ予定。
		落葉によるｽｸﾘｰﾝでの塵詰りが多く、設備稼働率は低い。
		分割ガイドベーンを採用しているが手動操作(季節切替運用を考慮)、開度固定運用
		入口弁は直流電源による操作で重錘がなく、直流電源喪失時に流水遮断不可。
		故障時は電気保安協会、田中水力で対応。
特記事項		NEFﾊｲﾄﾞﾛﾊﾟﾚｰ事業第1号機。
		落葉塵詰りが多いが除塵機の設置なし、人力による除去。
		取水口の改修について検討中(集水機能不足)。
		超音波流量計による流量測定を実施。
		監視制御盤はﾀｯﾁﾊﾟﾈﾙ式操作(状態監視、警報要素も集約)。
		結露対策、所内排水対策を検討中。
		設備稼働率向上のための施策について検討中。
		主たるPRは実施していない。



砂防堰堤遠景及び管理用道路（導水路埋設）
（導水路：ヒューム管φ1500）



取水口スクリーン
（スクリーン、バーピッチ 50mm）



取水路及び維持流量放流管
（維持流量放流管：φ300）



ヘッドタンク及び水圧管路



ヘッドタンク排砂ゲート
（排砂ゲート：h=0.50m、b=0.50m、解放中）



水圧管路及び余水路
（水圧管路：鋼管 STPY φ1000）
（余水路　：ヒューム管φ1200）



発電所全景



発電所内



クロスフロー水車及び増速機



発電機
（横軸かご型三相誘導発電機）



配電盤



放水口

山梨県　山一水力発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

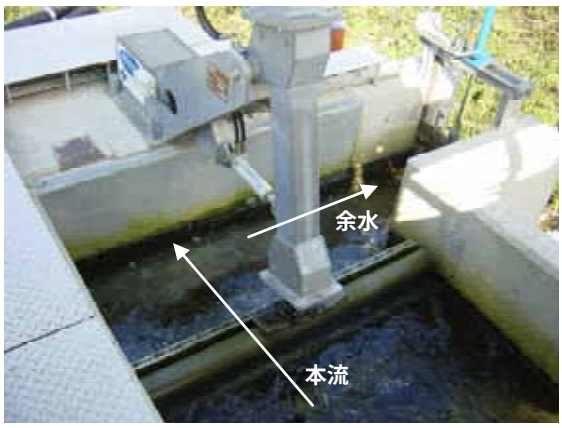
項　目	単位	内容、記事
設備名称		山一水力発電所
所在地		山梨県富士吉田市
設備区分		農業用水
河川水系		水源:相模川水系桂川　暮地用水路 水利権:協議中
事業者		山一産業（紡績会社）
運転開始	年月日	平成16年7月
有効落差	m	16.43
最大使用水量	m^3/s	1.06
最大出力	kW	132
年間発電電力量	kWh	-
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		6.6kV高圧連系、逆潮流あり
用途		自家消費+余剰売電（東京電力）
水車形式		横軸ﾌﾗﾝｼｽ水車（ﾏｰﾍﾞﾙ：ﾁｪｺ製）
水車出力	kW	139
回転速度	min^{-1}	762
発電機種類		横軸誘導発電機（ｼｰﾒﾝｽ：ﾄﾞｲﾂ製）
発電機出力	kW	132
発電機電圧	V	400、50Hz
回転速度	min^{-1}	760
制御･保護装置		発電機･保護盤 系統連系盤（単独運転検出装置、昇圧装置、開閉器）は日立製
監視装置･方法		随時巡回、遠隔監視（一般公衆回線：ひまわりﾆｭｰｴﾈﾙｷﾞｰ）
運用･保守		自社対応、地元水車メーカー（ひまわりNE）によるﾒﾝﾃﾅﾝｽｻﾎﾟｰﾄ体制。
		設備は自社敷地内であり、巡視点検は必要の都度実施（直営）。
		一般公衆回線を利用した遠隔監視ｼｽﾃﾑを導入。
		発電機温度上昇対策として、水車とのｶｯﾌﾟﾘﾝｸﾞ部に空冷ﾌｨﾝを追加取付け。
		大きなﾄﾗﾌﾞﾙ事例なし。
特記事項		敷地内別施設へも売電（敷地内自家消費）。
		ガイドベーンおよび入口弁（重錘閉鎖機能あり）は油圧操作、圧油装置併設。
		取水部にﾏｰﾍﾞﾙ製の除塵装置を設置。
		電気設備は4代目、3代目は中電中古品（電業社製）を70年間使用。



導水路（取水口からヘッドタンクを望む）



同左（上流側より望む）



同上、除塵装置



ヘッドタンク外観



発電所外観（上流側より望む）



制御・保護盤（マーベル製）外観



水車発電機外観



同上、ドラフト外観



同上、入口弁外観

中部電力㈱ 易老沢発電所 ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項 目	単位	内容、記事
設備名称		易老沢発電所
所在地		長野県下伊那郡南信濃村
設備区分		堰堤注水路、未利用落差
河川水系		水源:天竜川水系 易老沢 水利権:中部電力㈱
事業者		中部電力㈱
運転開始	年月日	平成15年6月
有効落差	m	28.7
最大使用水量	m^3/s	1.2 (最低0.2)
最大出力	kW	250
年間発電電力量	kWh	約1,700,000(運転開始から2.5年間)
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		6.6kV高圧連系、北又渡発電所経由で送電
用途		事業用(電力供給)
水車形式		ｸﾛｽﾌﾛｰ水車(ｵｽﾞﾊﾞｰｶﾞｰ:ﾄﾞｲﾂ製)、ｷﾞﾔ増速 (ﾌﾚﾝﾀﾞｰ:ﾄﾞｲﾂ製)
水車出力	kW	276
回転速度	min^{-1}	408.0
発電機種類		誘導発電機 (ﾛｰﾊｰ:ﾄﾞｲﾂ製)
発電機出力	kW	250
発電機電圧	V	440、60Hz
回転速度	min^{-1}	1,207
制御･保護装置		水制盤 (ｵｽﾞﾊﾞｰｶﾞｰ:ﾄﾞｲﾂ製) 、水車制御は応水自動制御 主配電盤(ｼｰﾃｯｸ) 突入電流抑制装置(ｳｲﾝﾄﾞﾊﾟﾜｰ製:田中水力経由)
監視装置･方法		随時巡回(頻度:1回/2ヶ月)
運用･保守		巡視点検･記録は中部電力㈱直営、補修等はｼｰﾃｯｸへ請負。
		運転開始後1年目に抜水点検実施、水車廻りに異常なし。
		予備品の保有なし、自動蓄積ﾃﾞｰﾀ(記録計等)なし。
		普通点検3年周期、細密点検(OH)は平成33年頃を予定。
		運転/停止および警報のみ遠方監視、運転操作は現地のみ。
		冬期間の入構困難(周囲の積雪20～30cm程度)。
		ﾎｲｽﾄｸﾚｰﾝなし、機器搬入出が伴う場合は仮設備が必要。
特記事項		北又渡発電所の易老沢堰堤から遠山川堰堤への注水路における未利用落差。
		入口弁、水車、増速機、圧油装置、水制盤、発電機は海外調達。
		海外調達は国際競争入札(海外1社、国内2社の計3社)。
		水車は分割ガイドベーン方式、応水自動制御。
		主配電盤、系統連系設備(変圧器は愛知電機)は国内調達。
		風力発電で実績のあるｻｲﾘｽﾀﾌﾟﾛｯｸによる突入電流抑制装置を具備。
		保証事項は最大出力、最大水圧、無拘束速度のみ。
		海外ﾒｰｶｰの対応は良好、特にﾄﾗﾌﾞﾙ等なし。
		受領できた図書は外形図、取扱説明書のみ(発電機はｶﾀﾛｸﾞﾍﾞｰｽ)。
		機器据付はｼｰﾃｯｸ、据付･試験時のﾒｰｶｰ指導員なし。
		汎用車庫を利用した発電所上屋。
		RPS認定発電所。



発電所全景



水圧鉄管全景



クロスフロー水車（オズバーガー製）外観



分割ＧＶ（1／3）



入口弁外観



入口弁油圧操作部



増速機、圧油装置



増速機（フレンダー製）、誘導発電機（ローハー製）外観



水制盤、主配電盤

山梨県　都留市　市民発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

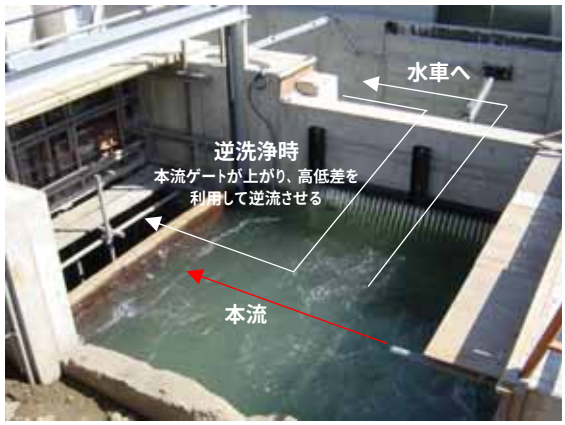
項　目	単位	内容、記事
設備名称		都留市市民発電所
所在地		山梨県都留市
設備区分		防火用水
河川水系		水源:相模川水系桂川　家中川 水利権:都留市管理河川
事業者		都留市
運転開始	年月日	平成17年10月（試運転開始）
有効落差	m	2.0（最大）
最大使用水量	m^3/s	2.0（常時0.77）
最大出力	kW	20.0（常時8.9）
年間発電電力量	kWh	108,300
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		400V低圧連系、逆潮流あり
用途		自家消費+余剰売電（東京電力）
水車形式		下掛水車、ｷﾞﾔおよびﾍﾞﾙﾄ増速（ﾊｲﾄﾞﾛﾜｯﾄ:ﾄﾞｲﾂ製）
水車出力	kW	23
回転速度	min^{-1}	4.3
発電機種類		永久磁石発電機+逆変換装置（東洋電機製造）
発電機出力	kW	22
発電機電圧	V	200、50Hz
回転速度	min^{-1}	1,200
制御･保護装置		逆変換装置盤（発電機･保護盤）、運転監視盤（日立） 水制盤（ﾊｲﾄﾞﾛﾜｯﾄ）、本流ｹﾞｰﾄ制御盤
監視装置･方法		随時巡回
運用･保守		電気保安協会に委託、ダム水路は職員で対応。
		現在試運転中。
		点検計画は今後の検討事項。
		生活塵多く、除塵装置を設置（6h周期動作、動作時主機停止）。
		本流ｹﾞｰﾄを利用した逆洗式除塵装置（NEDO新技術補助対象）。
特記事項		小水力発電啓蒙活動、教育が主たる目的（ｱﾋﾟｰﾙ度が高い開放水車を採用）。
		可変速対応として永久磁石発電機+逆変換装置ｼｽﾃﾑを導入。
		地元メーカーによる計画，地元業者による設計･施工。
		家中川は昭和28年まで出力70kWの水力発電所あり。
		家中川は信州大学によるﾐﾆ水力発電実験装置が3箇所あり（数10～100kW）。



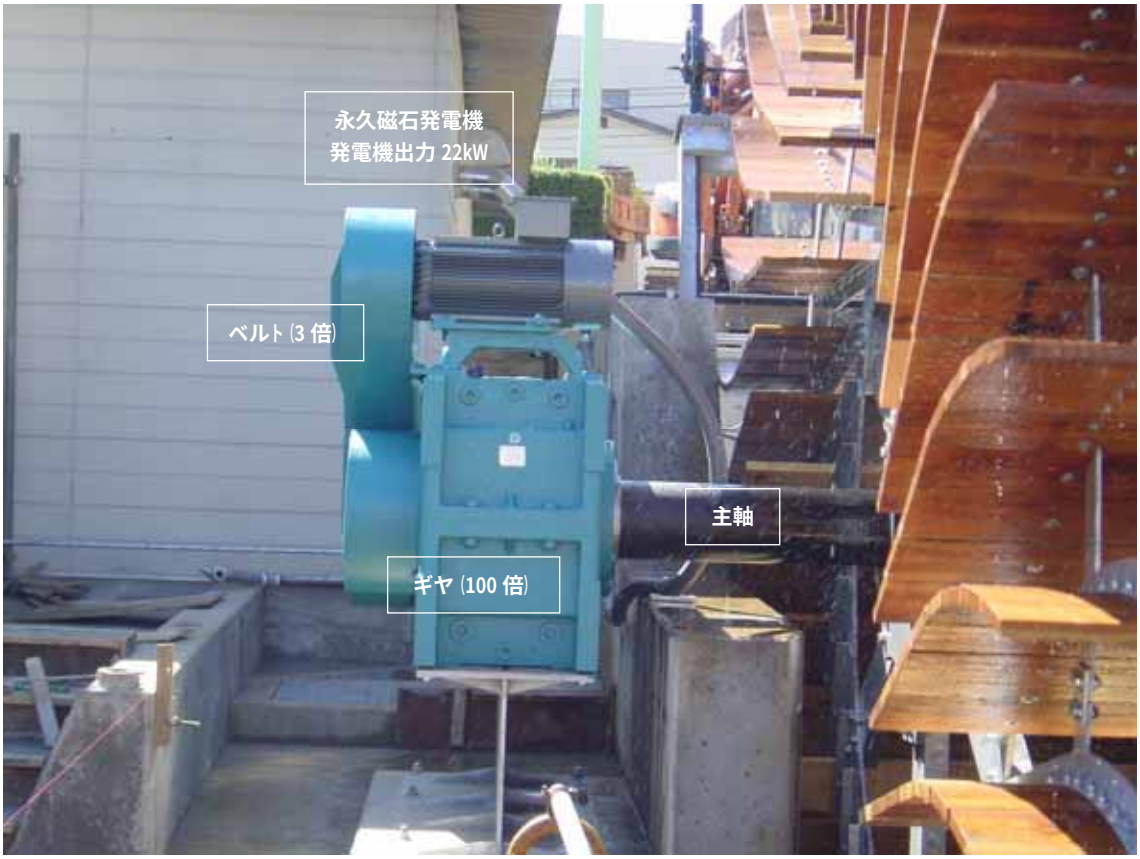
下掛水車外観（ハイドロワット製）



上流川からの状況



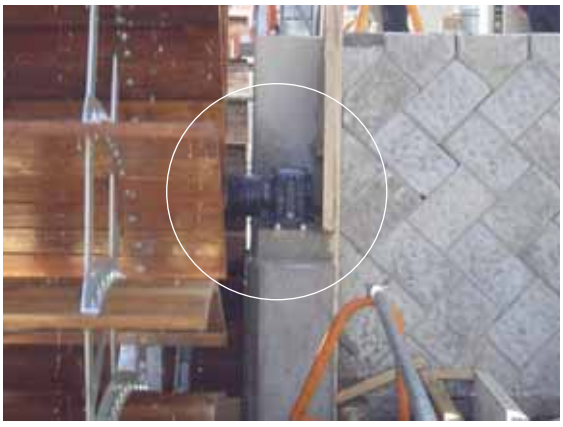
本流ゲート，取水口スクリーン



永久磁石発電機，増速機



発電機および変速機



主軸軸受（反発電機側）



←制御盤（屋外仕様）

静岡県静岡市藁科第一配水場場内送配水管敷設工事（ポリエチレン管施工現場）　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

[土木設備（水圧管路）のみを対象に調査を実施]

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		静岡市藁科第一配水場場内送配水管敷設工事（ポリエチレン管施工現場）
所在地		静岡県　静岡市
設備区分		水道用水　送･配水管
事業者		静岡県　静岡市　企業局
通水開始	年月日	平成１８年２月
[土木設備]		
管種		ポリエチレン管
管径	mm	300×3本，200×1本
延長	m	500（程度）
選定理由等	選定理由	①経済性（ダク管との比較） ②施工性（急峻な地形に対応可能） ③施工スピード（工期内に完成） ④曲線配管が可能
	ﾒﾝﾃﾅﾝｽ	基本的にメンテナンスフリー
	利点	①粗度係数が小さいため，ロスを小さく押さえられる。 ②軽い。 ③弾性係数が小さいため水撃圧が小さくてすむ。 ④狭い間隔の中に布設可能。
	品質管理	①水道協会の認定が契約時の条件。現場にて水道協会の認定印があることを確認。 ②融着後にビード（圧着部の盛上り）の大きさの計測で，溶接具合を把握。 ③継手に対して，現場気密試験を実施。
	その他	①施工性の良い，まっすぐで平らな区間であれば，ポリ管の経済性は低下する。 ②万が一の漏水に備えて，対応機材を用意している（水道で通常使用するもの）。



融着前のポリエチレン管（この管は、白いポリエチレン管の周りをガラス繊維で補強（半透明のビニール状の層）し、さらにその外側を黒い保護層で覆ったもの。一般的な管（補強層のないもの）では、ポリエチレン管自体に紫外線対策のカーボンを混入させるため、管自体が黒くなる。



ポリ管融着（継手接合）作業状況。既設トンネル内にφ300 ポリエチレン管を付設中。接合後，埋設する。



融着機材の設置。両端部の接合面を”面取り（カット）”するためのカッターが装着済み。



装着機材に片一方の端部をセットしている状況。この後，両端の端部を合わせ，面取り（カッター，清掃）を行う。



装着機材からカッターを外し、代わりに融着用の熱板（アイロン）を装着したところ。熱板は管上部の熱源部で熱せられ、一定温度に達したところで、管両端部の間に引き落とし、両端の管を熱板に押し付け、両端部を溶融させる。



圧接状態を一定時間継続させ、両端部を徐々に冷却させる。



接合部の状況の検査。融着部にできるビード（圧接に伴い膨れ上がった肉盛状の部分）の幅と高さをノギスで検尺。上下左右の 4 箇所で確認、記録。規定値以下の場合はやり直し（接合部を切除し、溶着作業を再度実施）。



融着完了。この後，専用の補強テープで本管部と同等以上に補強。さらに、紫外線当から保護するための保護テープ（黒）を装着。



施工機材としては、クレーン車、接合機材やコントローラを載せた小運搬車のみ。



左記トンネル区間とは別の施工済み区間の状況。急勾配(20%)かつ曲がりくねった管理用道路に送水管と配水管を埋設。ダクタイル管との比較の結果、経済性、施工性を含めてポリ管を採用。



急勾配かつ曲がりが多い差項条件。この道路下に送水管（φ300×2）と配水管（φ３００）、排水管(φ200）が併設されている。



ポリ管を採用した配水管端部の事例。管路を上部アンカーから吊り下げている（ワイヤー）。管の周りは、フリーフレーム工法の骨組みをセットし、コンクリートの変わりに厚層基材吹きつけにより保護。

空知川右岸地区幹線用水路布設工事（耐圧ポリエチレンリブ管施工現場）　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

[土木設備（水圧管路）のみを対象に調査を実施]

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		空知川右岸地区幹線用水路布設工事（耐圧ポリエチレンリブ管施工現場）
所在地		北海道　富良野市
設備区分		かんがい用水　配水管
事業者		北海道開発局
通水開始	年月日	平成１８年
[土木設備]		
管種		耐圧ポリエチレンリブ管（ハウエル管）
管径	mm	600～1，100
延長	m	-----
選定理由等	選定理由	①経済性（ダク管との比較） ②地盤追従性（泥炭地対応） ③水密製（融着接合） ④埋戻材に現場発生材が使用可能なこと
	ﾒﾝﾃﾅﾝｽ	基本的にメンテナンスフリー
	利点	①粗度係数が小さいため，ロスを小さく押さえられる。 ②軽い。 ③弾性係数が小さいため水撃圧が小さくてすむ。
	品質管理	①試験施工の結果を反映。 ②メーカー基準に準じて施工管理。 ③継手に対して，現場水密試験を実施。
	その他	①接合部が雪などで濡れると，接合不良を起こす可能性がある。 ②φ６００以下では塩ビ管，φ１１００以上ではFRPMが有利と判断した。

<table>
<tr>
<td> 
リブ管(右側)と異形管(左側、FRP 製)の接合部（フランジ継手）。</td>
<td> 
同左</td>
</tr>
<tr>
<td> 
奥側がリブ管。接合(溶着)が終了後、現場発生材により埋め戻し。基礎部のみ吸出し防止シートと砂利を付設。</td>
<td> 
現場に置かれていたリブ管。Φ600。11mもので搬入後、調整のため切り取られたもの。</td>
</tr>
<tr>
<td> 
溶着を制御するコントローラ。国内産。Φ1100まで対応。継手部の挿口、受口を清掃・挿入後、受口部に埋め込まれた電熱線端子にコードを接続。電熱線は 200℃まで加熱。溶着時間は 30 分。</td>
<td> 
口径に応じて設定された電圧にセットする。写真下のカードは、誰が操作したかを記録するためのバーコードが入っている。施工者を明確にする。</td>
</tr>
</table>



コントローラー側の端子。継手部受口に埋設された電熱線に接続する。



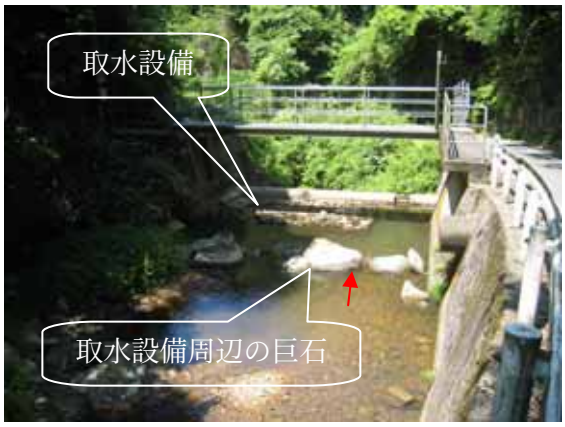
現場発生材による埋戻しを行った状況。現場は泥炭を含む火山灰土であり、比重は 1.1 程度。



埋設完了した現場。最大荷重は積雪時に発生する。

中国電力㈱ 周布川第一発電所 木戸谷川取水ダム ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項 目	単位	内容、記事
設備名称		周布川第一発電所 木戸谷川取水ダム
所在地		島根県那賀郡弥栄村
設備区分		浸透流水方式取水設備
河川水系		周布川水系木戸谷川
事業者		中国電力㈱
運転開始	年月日	昭和36年11月(1961)
有効落差	m	146.15
最大使用水量	m^3/s	8.0 (木戸谷川取水ダム最大取水量：0.3m^3/s)
最大出力	kW	9,800
年間発電電力量	kWh	ー
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		ー
用途		事業用(電力供給)
水車形式		立軸フランシス水車
水車出力	kW	ー
回転速度	min^{-1}	ー
発電機種類		ー
発電機出力	kW	ー
発電機電圧	V	ー
回転速度	min^{-1}	ー
制御･保護装置		ー
監視装置･方法		随時巡回(頻度：1回/1ヶ月)
運用･保守		スクリーンを取水設備，導水路入り口部，本線合流立て坑接続部の3箇所に設置。
		除塵作業は人力で実施。
		玉石の清掃，並び換えは，長期断水時（およそ10年に1度）に実施。
		取水路などに堆積した土砂は，人力で排除。
特記事項		取水ダム直上流に設置した，側面と天端に孔を空けた暗渠から取水。
		暗渠の周辺は木枠（松）を組み，玉石を詰めて囲っている。
		昭和57年に取水設備天端の有孔スラブを撤去し，スクリーンに変更。
		取水設備が土砂の影響を受けた大きな出水は過去に3度あった。
		これ以外は土砂の影響を大きく受けたことはなく，土砂流出の少ない河川である。
		取水設備のスクリーンは，幅約350cm，長さ70cm，ピッチ40mm，バーの幅6mm。
		取水設備の孔の直径は4cm，間隔は20cm。



上流側からの外観



上流側河川状況



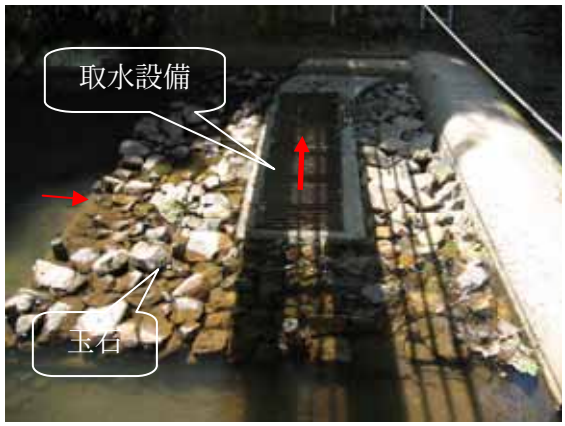
取水ダムの状況



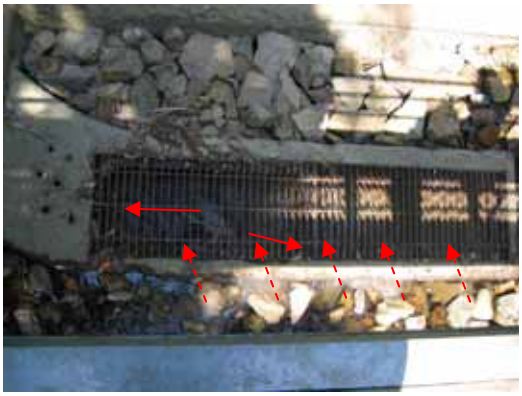
下流側河川状況



取水施設（浸透取水）



取水施設（浸透取水）



取水施設詳細



取水路外観



導水路（矩形，コンクリート）



導水路　水路橋



導水路本線　注入設備



導水路本線　注入設備

富山県　南砺市利賀ミニ水力発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

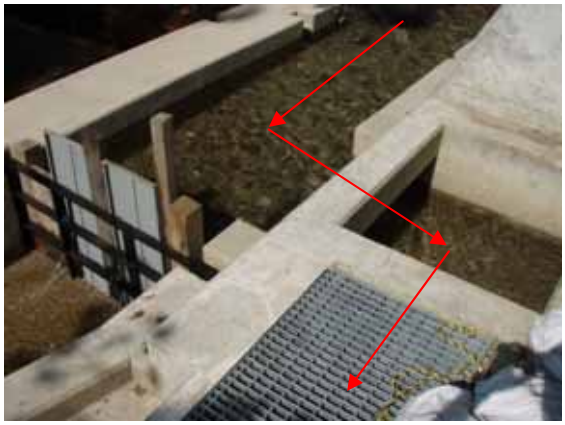
項　目	単位	内容、記事
設備名称		南砺市利賀ﾐﾆ水力発電所
所在地		富山県南砺市利賀村阿別当
設備区分		一般河川
河川水系		水源:庄川水系利賀川（悪瀬川） 水利権なし（普通河川のため旧利賀村管理）
事業者		富山県南砺市利賀行政ｾﾝﾀｰ
運転開始	年月日	平成17年11月
有効落差	m	8
最大使用水量	m^3/s	0.177
最大出力	kW	9.9
年間発電電力量	kWh	24,000（計画値）
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		自立運転（単独負荷への供給）
用途		消雪ﾎﾟﾝﾌﾟ、街路灯電源（街路灯のみ一般配電線受電切替回路あり）
水車形式		ﾎﾟﾝﾌﾟ逆転水車(酉島製作所)
水車出力	kW	11.1
回転速度	min^{-1}	800
発電機種類		PMG+逆変換装置ｼｽﾃﾑ（東洋電機製造）
発電機出力	kW	18.5
発電機電圧	V	190、60Hz
回転速度	min^{-1}	800
制御･保護装置		ﾊﾟﾜｰｺﾝﾃﾞｨｼｮﾅ盤（東洋電機製造）
監視装置･方法		発電機負荷制御盤（三菱電機）、遠方監視なし
運用･保守		巡視は必要の都度実施、点検計画未定。
		維持管理は直営で実施しているが、村内業者への委託を検討中。
		ﾍｯﾄﾞﾀﾝｸ水位による応水運転制御（自動/手動切替）。
		渇水期は運転停止（水力不足で起動停止を繰返すため）。
		土砂混入による軸受損傷で、水車改造を実施。
特記事項		農水環境保全事業として実施（補助50%）。
		設計は北電設計ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ、工事は三菱電機+米倉組JV。
		水量不足により稼動率が低い。
		調査時停止中（H18.8）。



発電所外観



取水設備（上流より）



取水設備外観（スクリーンなし）



ヘッドタンク外観



水圧管路埋設部



放水口



搬入口（発電所建屋天板



パワーコンディショナ盤



ポンプ逆転水車，誘導発電機　外観

京都府　京都市　嵐山保勝会水力発電所　ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ調査結果整理票

項　目	単位	内容、記事
設備名称		嵐山保勝会水力発電所
所在地		京都市右京区嵯峨天竜寺
設備区分		一般河川
河川水系		水源:淀川水系桂川 水利権:嵐山保勝会
事業者		嵐山保勝会
運転開始	年月日	平成17年12月
有効落差	m	1.73
最大使用水量	m^3/s	0.55
最大出力	kW	5.5
年間発電電力量	kWh	30,000 (計画値)
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		低圧連系 (220V) 、逆潮流あり
用途		渡月橋照明、余剰電力を関電に売電
水車形式		ｻｲﾌｫﾝ式水車(ﾏｰﾍﾞﾙ)
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	295
発電機種類		立軸誘導発電機 (ｼｰﾒﾝｽ) 、ﾌﾟｰﾘｰおよびﾍﾞﾙﾄ増速
発電機出力	kW	5.5
発電機電圧	V	220、60Hz
回転速度	min^{-1}	614
制御･保護装置		発電機制御盤 (ひまわりﾆｭｰｴﾈﾙｷﾞｰ) 、単独運転検出装置 (ｵﾑﾛﾝ)
監視装置･方法		ｲﾝﾀｰﾈｯﾄ、携帯電話による遠方監視
運用･保守		巡視は必要の都度実施、点検計画未定。
		軸受ｸﾞﾘｰｽ供給頻度2回/月、取水ｽｸﾘｰﾝ除塵を適宜実施。
		取水部水位による応水運転制御。
		運開半年後にﾍﾞﾙﾄ断、洪水期浸水障害あり (処置、対策済み) 。
		主機廻り流木避け、安全柵追加設置 (国交省の指導) 。
特記事項		渡月橋の照明設備を自然ｴﾈﾙｷﾞｰで賄うことを目的に設置。
		NEDO中小水力補助30%+地元寄付金 (企業、個人) 。
		一級河川内設置 (河川法26条許可) 、逆変換装置なしで低圧系統連系。
		主機、発電機制御盤、照明切替盤が分散しているが同一構内扱い。
		主機は発電機下方設置 (設置高さ制約) 、防水 (洪水対策) の特殊仕様。



渡月橋（延長 155m）



渡月橋上流側　かんがい用堰



発電設備（左岸下流側より）



発電設備（左岸側より）



取水口スクリーン



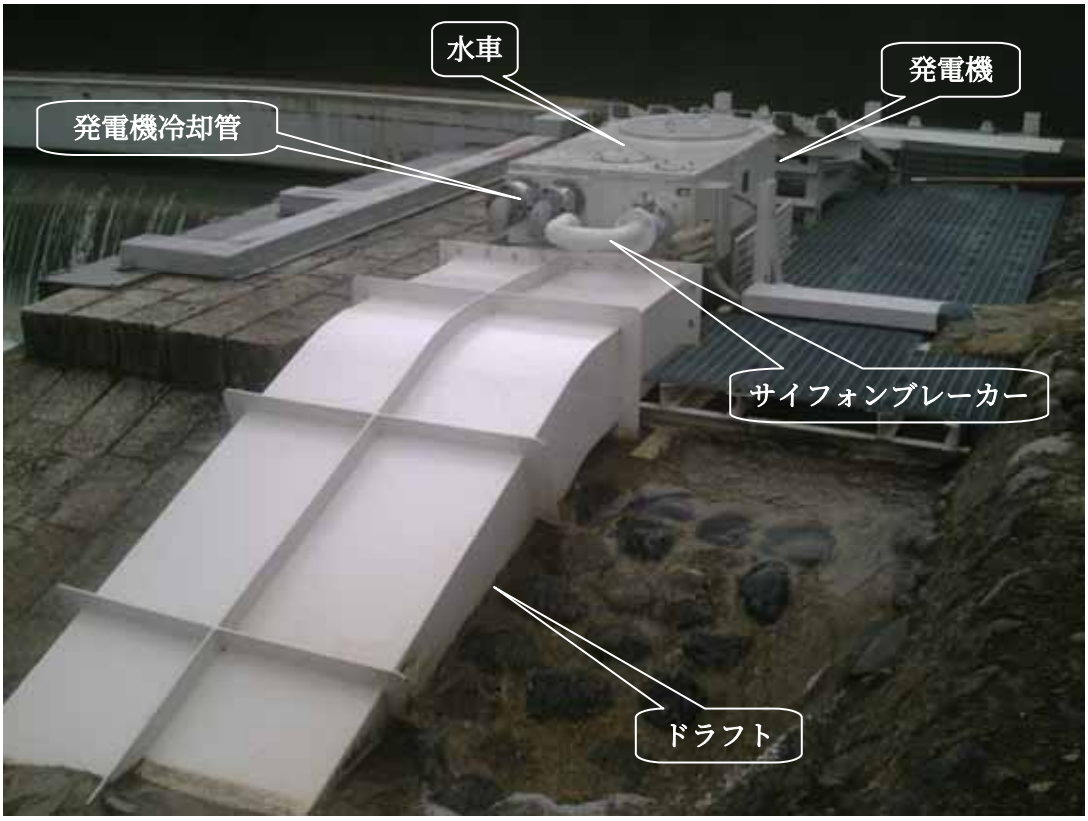
流木防御工



放水口



需要設備（渡月橋照明）



サイフォン式プロペラ水車，誘導発電機　外観

巻末資料－６　水車の開発動向

巻末資料－６　水車の開発動向

簡易発電システムへ適用可能な水車形式として，代表的な横軸フランシス水車のほか，メーカーや実例地点を調査し，その概略仕様，特徴から，諸データを整理して水車形式選定図を策定するための指標とする。ここでは，簡易発電システムへ適用可能な水車形式として，投げ込み式水車，可動羽根プロペラ水車，サイフォン式水車，直交軸流形水車，簡易形クロスフロー水車，ポンプ逆転水車について概略を説明する。

(1) 投げ込み式水車

投げ込み式水車は立軸プロペラ水車の一種であり，水車，発電機が同一の筐体に収容され，この筐体を落差工に据えるだけの簡単なものである。工期短縮のほか，主たる土木設備も省略できるので，土木工事費の大幅な低減が期待できる。

資料写真 6－1 は平成 15 年度に調査した投げ込み式水車であるが，メーカーが現存しておらず，富山県で実施された出力 3kW（落差 1m，流量 0.6m³/s）の試験設備も，既に試験終了に伴い撤去されている。



資料写真 6－1　投げ込み式水車

同型の機器として，既設農業用水路の落差工部に機器を直接設置して水力発電を行う開水路落差工用発電システム（通称：ハイドロアグリ）があり，栃木県黒磯市の那須野ヶ原で平成 16 年 4 月から実証試験を実施している。これは落差 2m，使用水量 2.4m³/s で出力 30kW を発生するものである。

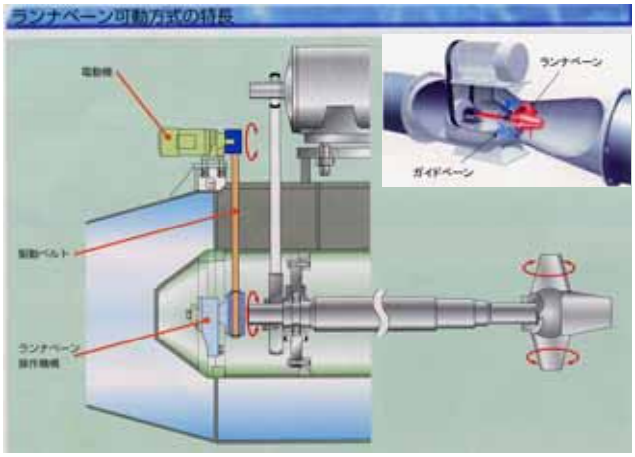
(2) 可動羽根プロペラ水車

可動羽根プロペラ水車は，固定羽根プロペラ水車のランナベーンを可動することにより，流量変化のある地点でも部分負荷効率の向上により運転範囲を広げ，発電電力量増により経済性の向上を期待するものである。

固定羽根プロペラ水車は，出力および使用水量に応じて S 型，M 型，L 型のラインナッ

プがあり（出力 10kW 未満の小出力発電設備を対象とした SS 型もある），基本的に可動羽根プロペラ水車は，これもとに可動羽根化したものである。

資料図 6－1 に可動羽根プロペラ水車の構造図を示す。



資料図 6－1　可動羽根プロペラ水車

(3) サイフォン式水車

サイフォン式水車は，立軸プロペラ水車の一種であり，水車吸込み口にランナを取付け，サイフォン効果による自然流下で発電機を始動するもので，非常に構造が簡単なものである。

誘導発電機を適用し，始動時は電動機としてポンプ運転を行うことにより水圧管路を充水するため，真空ポンプが省略できる。このため，系統連系する必要があり，自立運転はできない。資料写真 6－2 にサイフォン式水車の外観を示す。



資料写真 6－2　サイフォン式水車

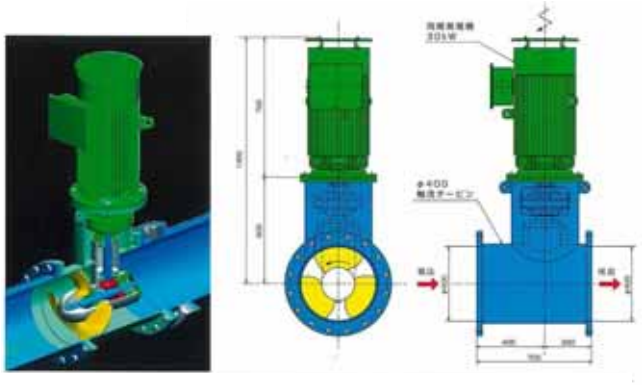
(4) 直交軸流形水車

直交軸流形水車は，プロペラ水車の一種であり，農業用落差工へ適用することを目的としたもので，汎用のゲートポンプを水車として使用するポンプ逆転水車である。

汎用品の適用により低コスト化が図られており，交換部品もポンプのものがそのまま使

用できる。また，管路内設置により省スペースが図れること，立軸でも横軸でも設置方向を選ばないこと，直交軸内のギヤ構成により増減速ができる等の特徴がある。

資料図 6－2 に直交軸流形水車の構造図を示す。



資料図 6－2　直交軸流型水車

(5) 簡易形クロスフロー水車

簡易形クロスフロー水車は，必要最小限の機能をコンパクトに纏めて標準化しているため，短期納期で経済性に優れている。また，機器は水槽の淵に据え付けるだけで特別な工事が不要なことから据付工事費が低減できる。

資料写真 6－3 に簡易形クロスフロー水車の外観を示す。



資料写真 6－3　簡易形クロスフロー水車

(6) ポンプ逆転水車

ポンプ逆転水車は，標準ポンプを逆転させて使用するもので，流入方向がポンプの場合から反転するため，ランナ固定用ネジを標準ポンプに対して逆に切る必要がある。

標準ポンプの適用により安価であり，部品点数が少なく，単純な構造であり，補修用品に汎用品が適用できることから，メンテナンスコストも抑えることができる。

なお，定格運転点での水車運転効率はポンプ運転効率と同水準であるが，部分負荷領域での効率低下が著しいため，定流量・定落差の水理諸元を有する地点への適用が現実的である。ポンプ逆転水車は各メーカーで製品化されており，概ね落差 10m～100m，流量 0.1m^3/s～1m^3/s が適用範囲であるが，大流量用も開発されている。

資料写真 6－4 にポンプ逆転水車の外観を示す。



資料写真 6－4　ポンプ逆転水車

巻末資料－７　発電機の開発動向

巻末資料－７　発電機の開発動向

発電機は同期発電機が代表的であるが，誘導発電機，永久磁石発電機，直流発電機について，その開発動向や課題，方向性を調査することにより，簡易発電システムへ適用する際の問題点を抽出し，発電機を選定する際に考慮する。

ここでは，誘導発電機，永久磁石発電機，直流発電機の開発動向について説明する。

(1) 誘導発電機

誘導発電機は，同期発電機に比べて安価である反面，系統から励磁電流の供給がないと運転できないため，単独負荷への供給やブラックスタートはできない。また，始動時の突入電流が大きく，系統へ与える影響が大きいが，ソフトスタート回路等により，これらを低減することができる。ただし，同期発電機に比べると構成部品が少なく構造も簡単，励磁装置に伴う直流電源が不要で保守性も優れている。

資料表 7−1 は，誘導発電機の主な特徴および対応を整理したものである。系統連系の条件であれば誘導発電機を適用するメリットが高いが，発電機出力や連系する配電線の条件によっては，ソフトスタート回路や力率改善用コンデンサ設備が必要となり，発電機システム全体としての経済性評価が必要となる。

また，誘導発電機は逆変換装置なしで低圧連系できないため（同期発電機も同様），高圧連系設備が必要となることから，この部分のコストも考慮する必要がある。

資料表 7−1　誘導発電機の特徴，対応

特　徴	対　応
･発電機の回転子はかご形であり，単純な構造である。	―
･発電機の付属設備（励磁装置，自動同期装置）が不要である。	―
･出力が大きくなると系統並列時の突入電流が大きく，系統電圧が瞬時低下する。	ソフトスタート回路
･系統から励磁電流を受ける必要がある。 ･励磁電流は出力により決まる。 ･力率，系統電圧の調整ができない。	力率改善用コンデンサ
･単独負荷への供給はできない。 ･ブラックスタートはできない。	コンデンサ励磁

a 自立運転の可能性

誘導発電機で単独負荷への供給やブラックスタートを可能にする方法として，誘導発電機へ励磁電流を供給するコンデンサを接続する方法がある。

水車で駆動される誘導発電機に適当なコンデンサを接続すると，残留磁気で電圧が

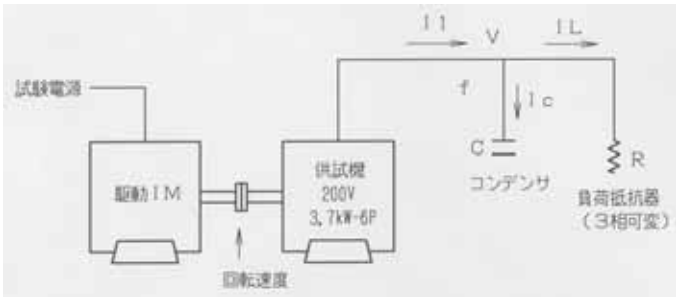
発生する「コンデンサ自己励磁現象」を利用するものである。巻線の誘起電圧と電流は，誘導発電機の磁気飽和で抑制されるレベルまで増加し，この状態で負荷を接続すると，発電機として電力供給が可能になる。また，コンデンサは励磁分の無効電力も供給する。しかし，電圧および周波数が回転速度，コンデンサ容量，負荷容量等によって大きく変動することから，これを克服するための技術検討が必要である。

b 自立運転試験概要

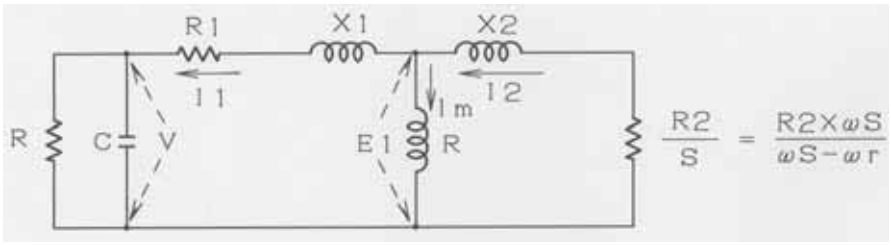
誘導発電機に適当な容量のコンデンサを接続し，試験運転を実施した概要について説明する。このコンデンサ励磁誘導発電機の供試機概要を資料表 7－2，試験装置概要を資料図 7－1，等価回路を資料図 7－2 に示す。

資料表 7－2　供試機概要

供試機	型式：誘導発電機 定格：3.7kW-6P-200V-50Hz
コンデンサ	400V 級 3 相進相コンデンサ
負荷	3 相可変抵抗器



資料図 7－1　試験装置概要



資料図 7－2　等価回路

試験結果は以下の通りである。

- コンデンサを接続することにより，誘導発電機の運転は可能である。
- 出力を得るためには，比例してコンデンサ容量を増加する。
- コンデンサの定格電圧は無拘束速度時を考慮して発電機電圧の 2 倍程度，又は定格回転速度（又は定格電圧）以上となる場合に，回路から切り離す開閉器が必要である。

・発電用としては，負荷時コンデンサ容量で電圧調整が必要であり難しい。

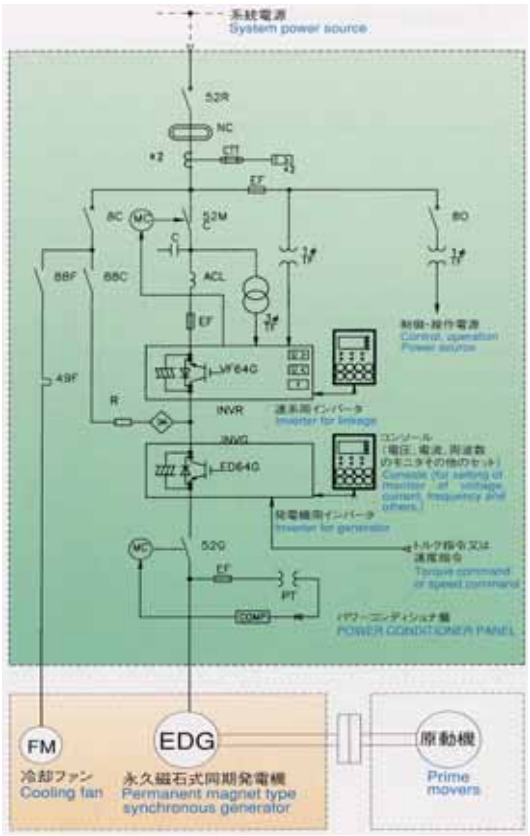
(2) 永久磁石発電機

永久磁石発電機（Permanent Magnet type synchronous Generator）は，最近，風力発電の分野で多く適用され，風速に応じた最適な回転速度で高効率運転をするために，永久磁石発電機と逆変換装置を組合せた可変速運転システムが採用されている。

このシステムは水力発電へも適用が可能であり，流量や落差に応じて最適な回転速度で水車発電機を駆動して，系統や単独負荷に電力を供給することが可能である。また，水位調整運転や流量一定運転の必要がなければ,逆変換装置で速度･負荷制御することにより，調速装置を省略することも可能である。

簡易発電システムに適用可能な永久磁石発電機は，出力 10kW～500kW のマイクロ・ミニ風水力用として開発され，既に製品化されているものがある。また，逆変換装置は単独運転検出装置を含む保護装置と一体化されたパワーコンディショナとして，永久磁石発電機出力と同じラインナップがある。

資料図 7－3 に永久磁石発電機システム構成（単線結線図）を示す。



資料図 7－3　永久磁石発電機システム構成（単線結線図）

永久磁石発電機システムの特徴を列記すると以下の通りである。

・マイクロ・ミニ風水力用として，永久磁石発電機とパワーコンディショナの組合せに

よる分散電源用発電装置として，既に製品化されている。

・出力は10kW～500kWを対象とし,また,風水車に合せた回転速度(1,200min^{-1},1,500min^{-1},1,800min^{-1})，電圧（200V，400V）の製品ラインナップがある。ここで，回転速度については多くの場合，増速する必要がある。

・パワーコンディショナは逆変換装置（図中ではインバータと表記）が内蔵され，発電機用インバータと連系用インバータから構成される。発電機用インバータは磁束制御方式により発電状態に応じた高効率運転が可能であり，連系用インバータは系統連系にあたって安定した電圧，周波数に変換して高調波は殆ど含まない。

・連系用インバータには系統電圧，周波数の異常を検出する保護装置のほか，単独運転状態を検出する能動，受動方式の検出器を内蔵しており，単独運転状態を含む系統異常時にこれを確実に検出して，発電機を系統から切り離すことが可能である。また，系統電圧上昇自動抑制（SVC）機能も有している。

・本装置は低圧連系を可能にしている。

・永久磁石発電機は小型化が可能であり,誘導発電機に比べて外形寸法が 3～5 割程度軽減する。

・逆変換装置による高効率制御により，連系端での総合効率は 90%程度を実現している。

(3) 直流発電機

直流発電機は,交番起電力を整流子とブラシの整流作用によって直流としているもので,この整流子とブラシの保守が必要になり，相対コスト比は同期発電機と同程度であるが永久磁石発電機と同様に励磁装置が不要で，単独負荷への供給にも適している。

直流発電機は直流電力であることから，交流で連系するには逆変換装置が必要である。この点は，永久磁石発電機と同様である。

直流発電機は，主に以下に示す用途に使用されている。

・他励発電機：ワードレオナード方式発電機用，大型直流機

・分巻発電機：同期発電機副励磁機用，蓄電池充電用

・複巻発電機：一般直流電源用，励磁機用，電車電源用

直流発電機の適用実績については，電源設備創生期において交流設備が主流になるまでの間に，火力発電設備に直流発電機が適用された記録がある。一方，水力発電設備ではマイクロ水力発電設備に適用されている事例が幾つかあるのみで，その適用実績は少ない。

直流発電機の技術的課題を整理すると以下の通りである。

a 回転速度

直流発電機は整流の問題があり，高速化には限界が生じる。通常，整流限界は電機子電流と回転速度の積で決定されるため，出力 500kW 級の発電機で定格電圧を 600V にして電圧を低減させても，その限界速度は 2,000min^{-1}程度であり，定格回転速度は 1,000min^{-1}が上限になる。

b 定格電圧

電流が増加すると整流に支障が生じるために，一般的に定格電圧は 600V 程度である。また，無拘束速度まで回転速度が上昇すると，それに比例して誘起電圧が上昇するため，これに起因するフラッシオーバを避けるため，電圧上昇を 115%程度に抑制する必要がある。

c 直巻発電機の採用

直巻式の巻線は１種類（固定子コイルおよび界磁コイルが同一コイル）となり，始動時に大きな始動トルクを必要とする場合（クレーン，エレベータ等）に適用されるが，これを発電機用として適用するには技術的検討要素が多い。

d ブラシレス化

直流発電機のブラシレス化を図ることは，永久磁石発電機の適用と同じである。

巻末資料－８　水車等に関する海外機器製作者の技術調査

巻末資料－８　水車等に関する海外機器製作者の技術調査

本調査では，コスト削減の可能性を探るため海外機器製作者へのアンケート調査を実施し,その回答を整理した。また, 既に海外機器を採用した国内事業者および海外機器に対応する国内メーカーと代理店に対して，契約から据付までの対応やメンテナンスなどについてアンケート調査を行い,その結果をとりまとめて海外機器採用に対する基礎資料とした。

１．１　調査の目的

１．１．１　海外機器製作者への調査

小水力発電部会では，平成 15，16 年度と「巻末資料－4 ケーススタディ」実施地点へ簡易発電システムを適用し，工事費の算出を行った。その結果，簡易発電システムの適用による工事費は，在来設計に比べて平均で約 3 割程度のコストダウンが可能であることを確認した(資料表 8－1 参照)。

また，簡易発電システムの工事費の内訳においては，電気機械設備を機器別価格から見ると，水車の機器価格が電気機械設備の機器価格に占める割合が平均で約 5 割程度となっている(資料表 8－2 参照)。

このケーススタディ結果を踏まえるとともに，これまでの委員会・部会の審議を勘案すると，

- 今後，小水力発電の普及・促進を図るためには，水車の機器価格のさらなる低減が必要になると考えられる。
- また，平成 15 年度第 3 回水力資源有効活用技術開発委員会(平成 16 年 3 月開催)においても，簡易発電システムの工事費低減に向けて，海外の電気機器に関する調査の提案があった。
- 加えて，電力においては，発電プラントを海外調達することにより調達費用を大きく度削減した例もあり，今後，発電プラントの海外調達は拡大すると考えられる。

以上より，海外製水車の技術面および価格面での評価を行い，新規参入を含めた小水力事業者の積極的な開発促進に寄与することを目的として，海外の水車機器製作者の技術調査を行うこととした。

資料表 8－1　ケーススタディ地点　工事費比較表

項　目	単位	A地点	B地点	C地点	D地点	E地点	F地点	平 均
諸　元								
施設区分		発電用ダム	発電用ダム	砂防ダム	砂防ダム	下水道	上･工業	-
最大使用水量	m3/s	4.00	0.1750	0.0360	0.0456	0.20	0.21	-
有効落差	m	10.65	9.58	32.71	64.45	11.68	87.74	-
最大出力	kW	290.0	11.0	8.0	20.0	14.0	130.0	-
工事費								
在来設計	百万円	396.9	48.2	79.0	81.2	53.9	170.6	138.3
簡易発電システム	百万円	195.9	28.6	61.8	45.5	38.2	154.2	87.4
差　額	百万円	201.0	19.6	17.2	35.7	15.7	16.4	50.9
コストダウン率	%	50.6	40.7	21.8	44.0	29.1	9.6	32.6

資料表 8－2　電気機械設備の機器価格

項　目	単位	A地点	B地点	C地点	D地点	E地点	F地点	平 均
水　車	千円	-	7,300	4,900	5,200	9,000	9,000	7,080
発電機	千円	-	630	600	700	650	2,500	1,016
入口弁	千円	-	1,100	1,500	2,500	1,500	3,900	2,100
制御･保護盤	千円	-	2,850	2,600	3,150	2,950	10,150	4,340
その他	千円	-	760	700	750	1,240	1,690	1,028
合　計	千円	-	12,640	10,300	12,300	15,340	27,240	15,564
水車価格割合	%	-	57.8	47.6	42.3	58.7	33.0	47.9

※A地点の内訳は，中小水力ガイドブックにより積算したため機器価格の内訳はない
※各機器の据付等に係る工事費は含まれていない
※系統連系は，F 地点のみ高圧であり，その他は低圧。また，C,E 地点は逆潮なしであるが，その他は逆潮あり。

１．１．２　国内事業者，国内メーカーおよび代理店への調査

コストダウンを目的に海外機器を安く購入して国内に導入したとしても，トラブルやメンテナンス時の対応や部品交換等に割高なコストや長時間を要すようでは問題となる。

そのため，海外機器導入にあたり，契約から据付までの対応，トラブル・メンテナンス時の対応，導入によるメリット・デメリット，またコストダウン実現のための配慮事項などの整理を目的として，既に海外機器を採用した国内事業者および海外機器に対応する国内メーカー（代理店を含む）を対象に海外機器の導入実績調査を行うこととした。

１．２　調査内容および調査方法

１．２．１　海外機器製作者への調査

本調査は，各種情報源（インターネット，専門誌など）から製作者を抽出し，それらの中から選定した製作者に対して，製作できる水車の種類・国外への納入実績・当部会の説明およびケーススタディ内容を記載した質問状(Questionnaire)を作成･送付するとともに，

ケーススタディ地点における適用水車の見積を依頼した。

１．２．２　国内事業者，国内メーカーおよび代理店への調査

本調査は，資料表 8−3 に示す国内事業者，国内メーカーおよび代理店に対して，アンケート調査票の送付・回収により行った。調査の内容は，資料表 8−4～8−6 のアンケート回答内容一覧に示す。

資料表 8−3 調査対象リスト

	調査対象　名称		調査対象　名称
事業者	北海道電力株式会社	代理店	㈱ひまわりﾆｭｰｴﾈﾙｷﾞｰ
	東北電力株式会社		豊国工業株式会社
	東京電力株式会社		㈱ハンテック
	北陸電力株式会社		ギルケスジャパン
	中部電力株式会社		㈱ｲｽﾞﾐ
	関西電力株式会社		小計　5
	中国電力株式会社	国内メーカー	イームル工業株式会社
	四国電力株式会社		㈱荏原製作所
	九州電力株式会社		㈱エイワット
	電源開発株式会社		㈱クボタ
	東京発電株式会社		神鋼電機株式会社
	群馬県　企業局		㈱田中水力機械製作所
	長野県　木島平村		東芝ﾌﾟﾗﾝﾄｼｽﾃﾑ株式会社
	群馬県　黒保根村		㈱酉島製作所
			㈱中川水力
			㈱日立製作所
			㈱日立産機ｼｽﾃﾑ
			富士電機ｼｽﾃﾑｽﾞ株式会社
			㈱明電舎
	小計　14		小計 13
			合計 32

１．３　調査結果

１．３．１　海外機器製作者への調査

本調査の結果，一般的に海外機器製作所は国内製作者よりも価格が低廉と言われているが，得られた回答からは，為替リスクの考え方の影響や，見積条件を水車，発電機，制御盤，据付工事などを一括にて依頼したため，国内製作者より高くなる回答もあり，全てのケースで安価な回答を得られなかった。

１．３．２　国内事業者，国内メーカーおよび代理店への調査

本調査の結果，得られた回答からは，事業者，代理店および国内メーカーともに大きなトラブルはなく，トラブル・メンテナンスについても各々工夫しながら対応していることが確認できた。

なお，資料表 8－4～8－6 にアンケート回答内容一覧を示すが、この表は具体的な回答が記入されていた調査対象者だけで整理し、質問内容に該当する水車・発電機等を購入したことがない等の理由から，具体的な回答がなかった調査対象者はこの表に記載していない。

１．３．３　調査結果のまとめ

本調査結果より海外機器の導入は，新技術・設計思想の導入や日本メーカーの発展なども期待されているが，多くの回答者が期待するコストダウンを図るためには，以下の事項を考慮することで可能性になると思われる。

- 水車，発電機などを単体のみ海外機器製作所から購入し，その他については国内製作者もしくは代理店が購入する。
- 海外機器製作所より事業者が直接購入を行う。

また，海外機器の導入実績がある回答者からは，以下のトラブルや不具合，導入によるデメリットなどがあげられていることから，海外機器の導入にあたっては機器の品質に対する考慮が必要と思われる。

- 簡素な提出図面,水車設計不良，ギヤボックスの故障など。
- トラブル時の対応（迅速性，部品調達の時間など），メンテナンス時の部品調達などの高コスト化，提出図面の不備，標準仕様変更の難しさ。

資料表 8－4(1)　アンケート回答内容一覧（事業者）

事業者1-1

質問内容		事業者			
		東北電力株式会社	中部電力株式会社	関西電力株式会社	中国電力株式会社
1	ご回答者の所属等	土木建築部　水力土木G	工務部　発変電G　水力担当	電力システム事業本部　水力変電G	流通事業本部　発電担当
2	海外から導入した水車・発電機等の電気機器(出力500kW以下)の実績をご提示いただけないでしょうか。可能な範囲で、実績のある機種の内容(仕様)及び導入した際の主目的を記載していただければ幸いです。	これまで実績はございません。 ※国内メーカー責任において，水車構成部品の一部(ケーシング，ドラフト管)に海外品を採用した実績のみです。(出力8000kWクラス)	①　井の面発電所(出力300kW)　水車；プロペラ水車 ・326kW、発電機；誘導発電機300kW(水中タービン) ②　東河内発電所(出力170kW)　水車；クロスフロー水車 ・184kW、発電機；誘導発電機・174kW ③　昌老沢発電所(出力250kW)　水車；クロスフロー水車 ・276kW、発電機；誘導発電機・294kW 導入の目的；コストダウン	水車：最大出力202kW 使用水量0.295m3/s 型式HT-1R 回転数720rpm 導入目的：ｺｽﾄ削減	・近年海外から水車・発電機機器等を直接購入した経緯は無いが，約100年前の海外製品が現在，営業運転を行っているので保守の参考として記載する。 発電機×1台　GE製　200kVA　1907年製・・・・導入経緯は不明
3	海外からの調達は代理店、国内メーカーを経由していますか、又は直接購入でしょうか。	(回答なし)	上記①；国内代理店経由 上記②、③；海外メーカーから直接購入	国内メーカー経由	・100年前の製品であり詳細な経緯は不明
4	海外から調達した水車・発電機等の電気機器について、納入時、据付時、運開以降に発生したトラブル、不具合等があればその内容(故障箇所等事例)と事業者、代理店・メーカー各々の対応(復旧方法等)を教えてください。	(回答なし)	水位調整装置の水位計(海外メーカーから購入した水車・発電機の付属品)が、運開以降に故障した実績がございます。復旧は、同等品を国内メーカーから購入し、取り替えを弊社の関係会社で実施した。 ギアボックスの故障が運開以降に発生し、国内代理店経由で部品調達して弊社関係会社にて修理した実績がある。海外の製作メーカーが水力事業から撤退し、それ以降にもギアボックスの故障が発生し、対応に苦慮しております。	納入時、据付時：海外メーカーの提出図面が簡素なものであったため、元請国内メーカーが適宜補完。 運開以降：事故障害はなし	・過去のトラブルは不明であるが，近年は特に無し。
5	故障、部品交換が必要になった場合、どのような対応をとられたのでしょうか。あるいは、今後、どのように対応をとられる計画でしょうか。また、故障修理、部品の製作などについて、国内での対応の実績・計画・可能性を教えてください。	(回答なし)	故障時の対応実績；前記4に記載 今後の部品交換・故障時の対応の方針；コスト面および納期等を勘案し、その都度、国内調達または購入メーカーから調達を検討することで考えている。	故障対応、部品交換の実績はなし 今後、国内メーカー(据付実施メーカー)にて対応する計画である	・1987年に国内メーカーによって固定子の絶縁再処理等を行った。
6	故障修理、部品の製作などの国内対応について、国内水車メーカー関連工場などによる対応のほか、地元の一般工場による対応、一般市販部品(規格品)による対応などの事例があれば教えてください。	(回答なし)	事例は、前記4に記載	事例なし	・1987年に国内メーカーによって固定子の絶縁再処理等を行った。
7	海外調達のメリット・デメリットについて、率直なご意見をいただけないでしょうか。	《メリット》	海外メーカーが保有する新技術，設計思想の導入等といった効果が期待できるが，最も期待するコストダウンは近年の国内メーカー価格低減傾向を受けてその効果が薄れていると思われる。	○　安価	・初期ｺｽﾄが大幅に減 ・知見の拡大	近年の直接購入した実績が無いため意見無し。
		《デメリット》	トラブル発生時のメーカー技術員派遣や部品調達等に関する迅速性で不安がある。また，購入請求手続きの業務量増大が懸念される他，国際発注に対応した新たな手法の確立が必要となる。	○　詳細図面等が提出されない。標準仕様の変更等ができない。(できても高額要求をされる) ○　故障時の部品調達に時間がかかる。	・トラブル時の迅速な対応ができるか懸念あり(国内メーカー経由の場合は多分OK) ・メンテナンスコストが増大する懸念あり(一般的には部品が高い)	近年の直接購入した実績が無いため意見無し。
8	国際調達に際しての一般仕様及び技術仕様が国内メーカーと異なる点は何でしょうか。また、その納入業者選定における審査項目を教えてください(差し支えない範囲で結構です)。	(回答なし)	○　適用規格が国内メーカーとは異なっている。 ○　納入実績および工場視察等により、購入メーカーを選定している。	仕様書の相違点はなし。 国内メーカー経由であり海外メーカー選定は国内メーカー責任。	近年の直接購入した実績が無いため意見無し。
9	国内業者と海外業者の比較となった時、保守・メンテナンスへの対応の容易さなどは、どのように評価されたのでしょうか。	(回答なし)	500kW以下の水車・発電機の購入に関しては、評価していない。 ただし、購入メーカー選定時に、弊社および弊社の関係会社で保守・メンテナンスができることを確認している。	国内メーカー経由で海外機器を調達し、国内メーカーをメンテナンスおよび部品供給の窓口とした。トラブル内容によっては復旧遅延を覚悟。	近年の直接購入した実績が無いため意見無し。
10	機器の据付に際して、納入業者の技術者が現場で指導に当たられたのでしょうか(据付時の体制を教えてください)。	(回答なし)	前記、「2.」の納入実績の①；現地で海外メーカーの技術指導を受けた。 前記、「2.」の納入実績の②、③；納入メーカーからの現場での指導は、受けておりません。 (弊社および弊社の関係会社にて据付を実施した。)	据付は国内メーカー。	近年の直接購入した実績が無いため意見無し。
11	機器据付完了時の試験(引渡し条件確認)などは、どのような基準に準じて実施されたのでしょうか。	(回答なし)	前記、「2.」の納入実績の①；発電所持ち込み渡し 前記、「2.」の納入実績の②、③；海外の港渡し(海外・国内輸送は、輸送会社に委託) 基準は設けておりませんが、国内代理店経由で購入時は、現地持ち込み渡し、海外直接購入時は、海外の港渡しまたは海外メーカーの工場渡しのどちらかで海外メーカーと調整することで考えております。	国内と相違なし。	近年の直接購入した実績が無いため意見無し。

資料表 8－4(2)　アンケート回答内容一覧（事業者）

質問内容		事業者			
		東北電力株式会社	中部電力株式会社	関西電力株式会社	中国電力株式会社
12．機器の保証期間・保証項目を教えてください。通常の国内の機器と比べて、どのような違いがあるのでしょうか。		（回答なし）	保証期間；1年　保証項目；購入メーカーの設計・製作等による故障が発生した場合の復旧および最低限必要な性能保証（発生出力、鉄管最大水圧に関する事項など） （500kW以下の水車・発電機購入に関しては、国内メーカーから購入する場合と同じ）	国内と相違なし。	近年の直接購入した実績が無いため意見無し。
13．業者から提出された図面及び図書の一覧を教えてください。		（回答なし）	シーケンス、構造・組み立て図、基礎加重に関する資料、取り扱い説明書	機器配置図・水車組立平面図・水車構造断面図・ノズル及びニードル組立図等	近年の直接購入した実績が無いため意見無し。
14．図面を記述する規格を教えてください。また、記載は英語または日本語でしょうか。		（回答なし）	規格は、指定していない。（購入メーカーの標準） 記載は、英語	規格は国内と相違なし。 言語は日本語（国内メーカーにて邦訳）。	近年の直接購入した実績が無いため意見無し。
15．トラブル時の費用負担をどう考えていまか。下記のそれぞれのケースでご回答願います。	《1.ﾒｰｶｰ設計ﾐｽの場合》	（回答なし）	保証期間内の場合は、納入メーカーの負担 保証期間後の場合は、事業者の負担	・メーカーへ費用負担を要求	通常は国内物件と同様に，かし担保期間内であれば納入者側で負担し，かし担保期間を越えた場合は協議により負担割合を決めるように契約を結ぶ。ただし，個別に費用負担を決める場合もある。
	《2.製作不良の場合》	（回答なし）	保証期間内の場合は、納入メーカーの負担 保証期間後の場合は、事業者の負担	・製作者へ費用負担を要求	1と同様
	《3.取扱不良の場合》	（回答なし）	事業者の負担	・取扱者（ユーザー）の負担	（回答なし）
16．その他、海外機器導入によるコストダウンの効果及びコストダウンを実現するための配慮事項、懸案事項、ご意見など、ご助言をお願いいたします。		国内仕様適用による価格アップが懸念されることから，海外メーカー標準仕様の採用可否確認やマイクロ・小水力機器の仕様統一化検討が求められる。	500kW以下を前提とすれば、海外調達の目的はコストダウンのため、海外メーカーの標準品をそのまま購入することが必要と考えます。仕様の変更や、詳細図面の要求等は行わないことが重要と考えます。	コストダウンの効果は2割から3割くらいであった。配慮事項としては、仕様書（契約書）に要求事項をきっちりと記載しなければ、細かいところでも追加要求してくる。また、図面についても国内よりかなり簡易で数も少ないので必要であれば最初の要求事項にきっちりと記載する必要がある。	海外機器導入にあたっては，機器仕様，引渡し条件，保証，メンテナンスの体制等を十分に確認・検討する必要がある。

資料表 8－4(3)　アンケート回答内容一覧（事業者）

事業者2-1

質問内容		事業者			
		電源開発株式会社	群馬県企業局	木島平村	桐生市黒保根支所
1．ご回答者の所属等		ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ事業部　発電技術G	発電課電力G	商業課商工観光係	総務課庶務係
2．海外から導入した水車・発電機等の電気機器(出力500kW以下)の実績をご提示いただけないでしょうか。可能な範囲で、実績のある機種の内容（仕様）及び導入した際の主目的を記載していただければ幸いです。		500kW以下の小容量のもので、営業運転に適用した実績なし。ただし、研究レベルで、海外(中国)製水車(400kW)の購入実績あり。(以下は、主に、水車:4200kW,発電機:4100kVA　の札内川発電所の実績に基づくものとする。)	水車(120kW ターゴインパルス、イギリス)1台及び当該発電所入口弁(φ450 蝶型弁、フランス)	水車：ギルケス(イギリス)、定格出力　112kW 効率が良い	1，機種 オーストリア製　マイクロ水力発電機　PT09-V4 2，タービン ハウジング：鋳鋼(GGG50) 入口ﾌﾗﾝｼﾞ:DN200、ﾗﾝﾅｰ：ベルトン型、アルミ合金、ピッチ径315mm、ノズル：4本　28mmφ（最大）、手動、アルミ製 3，駆動部 駆動方法：ﾍﾞﾙﾄ、回転数：ﾌﾟｰﾘｰ径は有効落差に調整 4，発電機 タイプ：自励磁非同期発電機、AVR内臓、出力：3相400V(22kWh) 5，制御盤 タイプ：屋内仕様、タービンに取り付け、保護装置：OVR、OCR、ELGV、MCCB(出力)、コントローラ：負荷コントローラ　0-100%、ダミー抵抗はタービンに取り付け
3．海外からの調達は代理店、国内メーカーを経由していますか、又は直接購入でしょうか。		当社では、海外メーカーとの直接契約を原則としている。	国内メーカー(㈱東芝)に対し、水車、発電機及び補機類を一括発注し、その結果として水車、入口弁が海外仕様となった。	(株)田中水力機械製作所	国内代理店を経由しています。
4．海外から調達した水車・発電機等の電気機器について、納入時、据付時、運開以降に発生したトラブル、不具合等があればその内容（故障箇所等事例）と事業者、代理店・メーカー各々の対応（復旧方法等）を教えてください。		(水車) 納入時・・・主軸封水廻り設計不良、GV廻り清掃不良、 保証期間後・・・部品供給に関しての体制不備 (発電機) 納入時・・・工場立会試験不合格(設計不良による保証効率の未達)、通風設計不良による軸受温度保証値の逸脱 何れの不具合についても、直接相手メーカーと交渉	当該ケースにおいては、運開後におけるトラブル対応時、海外機材との事由で障害になったケースはほとんどない。ただし、据付工事時においては、図面等の外国語表記、規格判断において時間を費やした。	(回答なし)	国内代理店のエンジニアにより、2年間無償にて対応いただきました。
5．故障、部品交換が必要になった場合、どのような対応をとられたのでしょうか。あるいは、今後、どのように対応をとられる計画でしょうか。また、故障修理、部品の製作などについて、国内での対応の実績・計画・可能性を教えてください。		保証期間内であれば、契約メーカーより取り寄せた。 今後は、国内メーカーで部品製作する方向(対象は、30MW以下のフランシス水車)。 弱点ピン、GVブッシュ、ライナ類は、既に国内メーカーにて作成している。	発注先である㈱東芝を経由し実施しており、特段の問題はない。	(回答なし)	(回答なし)
6．故障修理、部品の製作などの国内対応について、国内水車メーカー関連工場などによる対応のほか、地元の一般工場による対応、一般市販部品(規格品)による対応などの事例があれば教えてください。		新設時、水車主軸封水廻りに設計ミスがあったため、建設現場の地元の工場にて手直しを行った。	該当なし	(回答なし)	水車の放水部が、想像以上に しぶき が上がり、室内が結露したため、地元の板金工事店によりステンレス製の囲いを水車本体に溶接しました。
7．海外調達のメリット・デメリットについて、率直なご意見をいただけないでしょうか。	《メリット》	海外メーカーを引き込んだ国際競争入札にすることにより、国際価格での購入が可能。	イニシャルコストの低減が可能	(回答なし)	マイクロ水力発電機は、国内メーカーより安価であること。
	《デメリット》	コストダウンが図れるものの、品質は明らかに低下する。(設計不良、製作工程管理不良、品質管理不良、消耗品等の部品調達の高コスト化など) また、保証期間終了後の対応は、国内メーカーに比べて極めて悪い。	一般的には保守(迅速性、効率性)時の対応に不安があるのではないか。	(回答なし)	技術的に海外メーカー部品の特質を把握しづらい面がある。
8．国際調達に際しての一般仕様及び技術仕様が国内メーカーと異なる点は何でしょうか。また、その納入業者選定における審査項目を教えてください(差し支えない範囲で結構です)。		現在では、国内競争入札であっても、国際競争入札を前提の仕様書としているため、国際調達の場合の仕様が特殊仕様となることは有り得ない。納入業者選定にあたっては、財務状況、製作実績、納期遅延実績の有無、および、当社が今まで付き合ってきた経験を基に総合的に判断する。	技術的仕様は調達方法によって差異はないが、国際調達(国際入札)を行う際には、「政府調達に関する協定」(H7年条約第23号)に基づき、会社経営状況等に係る審査を行う必要がある。	(回答なし)	調達時に、完全受注生産のため、工事発注後でなければ生産に入れなかったため、納期に時間がかかった。納入業者については、コストと実績を重視。
9．国内業者と海外業者の比較となった時、保守・メンテナンスへの対応の容易さなどは、どのように評価されたのでしょうか。		メンテナンスについては、国内メーカーと直接比較検討はしていないが、契約時に、国内に対応窓口を設置(運開から最低7年間)することを義務付けている。	該当なし	(回答なし)	変わりはない。
10．機器の据付に際して、納入業者の技術者が現場で指導に当たられたのでしょうか(据付時の体制を教えてください)。		基本的に、契約メーカー本工場からのSV派遣を義務付けている。ただし、契約メーカーが、国内メーカーと提携し、国内メーカーから指導員を派遣させることもある。	現場技術者としてはイギリス(ギルバートギルケス& ゴードン社)からは指導に来ていない。(営業担当者からの説明のみあり)	(回答なし)	納入業者と、水車代理店の技術者の対応。
11．機器据付完了時の試験(引渡し条件確認)などは、どのような基準に準じて実施されたのでしょうか。		特に変わったことはなく、国内メーカーと同一の扱いである。	国内基準	(回答なし)	系統連携の保安上の危機想定や水位や圧力の低下時の安全確認。最低(最高)出力時に安定度等。

資料表 8－4(4)　アンケート回答内容一覧（事業者）

質問内容		事業者			
		電源開発株式会社	群馬県企業局	木島平村	桐生市黒保根支所
12．機器の保証期間・保証項目を教えてください。通常の国内の機器と比べて、どのような違いがあるのでしょうか。		保証期間、保証項目は国内の場合と同じ。	受注先は㈱東芝であるため、他発電所の国内機器類と同等。	（回答なし）	かし担保　通常2年。重大な過失については、10年間請求できる。
13．業者から提出された図面及び図書の一覧を教えてください。		当社では、必要最低限の提出しなければならない図面・図書を仕様書で指定しており、その記載内容も仕様書に記載している。これに従いメーカーは承認図書を提出することとなるが、必ずしもその通りに提出できない(技術的に劣る)メーカーも存在する。	工事完成図書として他発電所工事と同様。（ただし、一部図面については英語表記）	（回答なし）	取り扱い説明書。
14．図面を記述する規格を教えてください。また、記載は英語または日本語でしょうか。		規格については、極力国際規格に準拠することを基本とする。記載は日本語または英語である。	特段の規格はないが、水車については通常、水車配置図（平面及び縦断図で構造物との関係が理解できるもの）、水車組立図、水車構造図、ランナー操作機構構造図等を要求し、原則、日本語表記で依頼している。	（回答なし）	本書は英語。代理店により日本語訳のものを提出させた。
15．トラブル時の費用負担をどう考えていまか。下記のそれぞれのケースでご回答願います。	《1.メーカー設計ミスの場合》	メーカー負担	受注者負担	メーカー負担	メーカー負担
	《2.製作不良の場合》	メーカー負担	受注者負担	請負業者負担	請負者負担
	《3.取扱不良の場合》	所有権移転前であればメーカー。所有権移転後であれば据付業者または当社。	場合によっては発注者負担	管理者負担	管理者負担
16．その他、海外機器導入によるコストダウンの効果及びコストダウンを実現するための配慮事項、懸案事項、ご意見など、ご助言をお願いいたします。		コストダウンは、海外機器の導入よりも、海外メーカーを競争に参加させることにより国際競争入札にすることが大きく影響する。それにより国内メーカーであっても、ある程度のコストダウンは可能である。 ただし、低コスト・高品質のものは有り得ないので、価格並の事前配慮が必要。(特に海外メーカーを信用しないことが重要)　また、海外メーカーは設計思想が異なることが多いので、こちらの仕様書に合わせるよりも、メーカーの標準仕様をいかに受け入れるかがポイントとなる。海外メーカーは、自社標準仕様以外のものを作ることはできないとの認識をすべき。	当該ケースの場合には、適応水車から結果的に海外仕様となったが、国内メーカー市場をより活性化させていくためにも、ユーザーとして、海外直接調達を視野に入れていくべきではないかと考える。	（回答なし）	このような、調査により海外製品と国内製品の比較研究を行い、国内製品のコスト縮減につながれば国内メーカーへの需要や水力発電導入への増加が期待できると考えます。

資料表 8－5(1)　アンケート回答内容一覧（代理店）

質問内容		代 理 店		
		株式会社ひまわりニューエネルギー	豊国工業株式会社	株式会社ハンテック
1．ご回答者の所属等		技術部	環境事業部　営業グループ	
2．海外から導入した水車・発電機等の電気機器(出力500kW以下)の納入実績をご提示いただけないでしょうか。可能な範囲で、実績のある機種の内容(仕様)及び導入した際の主目的を記載していただければ幸いです。		2002年の弊社設立以来、2005年12月現在までの納入実績は下記の6件です。 (全て500kW以下で、これ以上の容量のものはありません) 1．ひまわり第一発電所(2003年3月) He=5.5m, Qmax=0.15m3/s, P=4.8kW, クロスフロー水車、誘導発電機、系統連系、チェコ・シンク社　目的：自社研究用、自社電源として。 2．長野県大町市　小西水力発電所(2003年7月) He=2.0m, Qmax=0.6m3/s, P=8kW サイフォン式プロペラ水車、誘導発電機、系統連系、チェコ・マーベル社　目的：実証試験 3．山梨県北杜市　三分一湧水公園発電所(2004年5月) He=7.0m, Qmax=0.03m3/s, P=1kW クロスフロー水車＋同期発電機(商品名：マイクロターボ)、単独系統、チェコ・シンク社 目的：環境教育、公園内電源供給 4．山梨県富士吉田市　山一水力発電所(2004年7月) He=16.4m, Qmax=1.0m3/s, P=132kW, フランシス水車、誘導発電機、系統連系(余剰売電)、チェコ・マーベル社 目的：ビジネス(工場電源、プール施設電源、余剰売電) 5．山梨県都留市家中川小水力市民発電所(2005年10月) He=2.0m, Qmax=2.0m3/s, P=20kW 開放型下掛け水車、PMG+インバータ、系統連系(余剰売電)、ドイツ・ハイドロワット社 目的：市役所電源、環境教育 6．京都市嵐山保勝会水力発電所 He=1.74m, Qmax=0.55m3/s, P=5.5kW サイフォン式プロペラ水車、誘導発電機、系統連系(余剰電力売電)　チェコ・マーベル社 目的：渡月橋の照明用電源	1．星野温泉(昭和55年) He=9.0m, Qmax=1.20m3/s, P=84.2kW, 横軸クロスフロー水車、独立電源、オズバーガー社 2．星野温泉(昭和55年) He=10.6m, Qmax=1.20m3/s, P=99.7kW, 横軸クロスフロー水車、独立電源、オズバーガー社 3．金沢市企業局　新寺津発電所(昭和56年) He=52.7m, Qmax=1.10m3/s, P=465kW, 518rpm 横軸クロスフロー水車、系統連係、オズバーガー社 4．中部電力株式会社　井の面発電所(平成3年) He=9.35m, Qmax=4.063m3/s, P=300kW, 518rpm 横軸プロペラ水車、系統連係、フリクト社 5．大川村農業協同組合　白滝小水力発電所(平成4年) He=65.7m, Qmax=0.13m3/s, P=60.0kW, 1,200rpm 横軸クロスフロー水車、系統連係、オズバーガー社 6．金沢市企業局　新寺津発電所(平成8年) He=52.7m, Qmax=1.10m3/s, P=465kW, 518rpm 横軸クロスフロー水車、系統連係、オズバーガー社 7．富山県砺波農林事務所　示野発電所(平成9年) He=8.29m, Qmax=8.63m3/s, P=580kW, 344rpm 横軸プロペラ水車、系統連係、フリクト社 8．北海道旭川開発建設部　しろがねダム(平成14年) He=47.1m, Qmax=2.70m3/s, P=1,047kW, 730rpm 横軸クロスフロー水車、系統連係、オズバーガー社	1．長野県長谷村黄沢(縦軸4射ペルトン水車・同期発電機) 水車：H=44.8m, Q=0.031m3/s, n=864min-1, P=12kW 発電機：P=9.9kW, V=440V, Hz=60Hz, n=1800min-1 2．群馬県桐生市黒保根(縦軸4射ペルトン水車・同期発電機・パワーコンディショナー) 水車：H=67.7m, Q=0.0456m3/s, n=1060min-1, P=26kW 発電機：P=22kW, V=440V, Hz=50Hz, n=1500min-1
3．海外から調達した水車・発電機等について、調達先メーカーが出力の規模等により、さらに他のメーカー(下請け)のものを採用している事例もあると思いますが、その辺の実態を可能な範囲で教えてください。		弊社の提携先メーカーは、3社(チェコ・マーベル社、チェコ・シンク社、ドイツ・ハイドロワット社)ですが、いずれも水車機器については、下請けは使用せず全て自社で設計・製造しています。 なお、これらの会社は、水車機械の製造メーカーであるため、発電機や電気品などの自社製造していない物は、外部より調達しています。	国内発電機メーカーはオズバーガ社から水車のみ調達する場合と、水車＋レギュレータを調達する場合があるがいずれも発電機は自己調達されている。	調達先：GUGLER HYDRO ENERGY(オーストリア)　水車 下請け：MECCALTE(イタリア)　発電機
4．【代理店様にお聞きします】海外メーカーとの販売契約の締結について、貴社の対応(お考え)を教えてください。(独占販売契約等について)		弊社は、下記海外メーカー3社と、日本国内、東南アジア地域を対象とした「排他的独占販売契約」を締結しております。 (1)マーベル社(チェコ共和国)：ペルトン、フランシス、 パンキ、カプラン水車 (2)シンク社(チェコ共和国)：クロスフロー水車 (3)ハイドロワット社(ドイツ)：開放型下掛け、上掛け水車 このメリットとしては、海外メーカーとの密接な協力関係、信頼関係が築けることですが、具体的には以下の点が挙げられます。 ①当社が海外メーカーの営業部門、技術部門を担当することにより、海外メーカーの経費が削減でき、ひいては、通常の代理店方式(マージンを上乗せする方式)より、コストダウンが可能となります。 ②海外メーカーは安心して、水車特性データなどの技術データを当社に提供できます。これにより、相互連絡などの無駄が省け、顧客に対して素早い対応が可能となります。 ③国際標準とは異なる日本の商習慣や顧客の要求などに対して、日本の事情に即した極め細やかな対応/サービスが可能となります。 また、デメリットとしては、 ①当社としては、契約した海外メーカーが製造している水車以外のものは販売できないため、他に良いい製品があっても取扱いできない。 ②海外メーカーとしては、契約した地域内では、当社を介さないで販売できないため、当社の営業力が低下した場合、メーカーの販売量も低下することとなる。 などがあります。ただし、このデメリットは当社、および海外メーカーの相互努力により回避可能と考えております。 排他的独占販売契約の特長は以上の通りですが、この契約は、顧客にとっても、経済性に優れ、また信頼性や完成度の高い海外メーカーの水車を安心して購入できる大きなメリットがあるため、海外メーカー、代理店、顧客の全てにとって、非常に有効な契約であると考えております。	日本の窓口(代理店)は当社になっています。	(回答なし)
5．海外調達のメリット・デメリットについて、率直なご意見をいただけないでしょうか。	《メリット》	一般論ですが、日本の水力発電市場は、電力業界という特殊な環境下で保護され育まれてきたため、その弊害として、メーカーのシステム全体を考えた機器造りをする能力が失われ、また異常な高価格構造を招いております。特に小水力発電機器についての国際競争力は、ほとんどゼロに近いという悲惨な状況と言われております。 一方、海外メーカーは、自由競争下で生残りをかけて顧客の要求に応えた製品作りをしているため、経済的に優れた、システム完成度と信頼性の高い製品を供給できる能力を有しているメーカーがあります。 このため、このようなメーカーからの海外調達は、以下のメリットがあります。 ①顧客に、安くて良い製品を提供できます。 ②日本のメーカーの奮闘が期待できるため、日本のメーカーの発展、国際競争力の向上が図られる可能性があります。	長年に渡る経験から得られたコンセプトによりシンプルに設計された機構・構造や、無駄なサービス(図面協力等)を省くことでコストダウンしており、低廉な価格で供給できる。	低価格
	《デメリット》	マクロ的に言うと、現在はボーダレスの時代であり、海外調達を否定的に捉えることは衰退を意味し、マイナスこそあれ、何のプラスも生み出さないと考えます。これをベースに「デメリット」を考えると、「デメリットは無い」という結果になりますが、しいて挙げれば下記になります。 ①海外と日本の商習慣にはギャップがあり(海外：売り手と顧客は契約上対等、日本：お客さまは神様)、このギャップをどう埋めるかに時間やエネルギーを費やすことがあります。 ②海外との距離や時差などの物理的ギャップがあるため、このギャップを埋めるため、緊急時に備えた技術要員や保守対応品などを備えておく必要があります。 ③海外メーカーは日本語による対応が出来ないため、顧客に対する図書などの日本語化の作業が発生します。	若干の変更であれば対応可能だが、メーカ標準仕様を著しく変更するような場合は、コストアップに繋がり場合によっては対応が困難になる。トラブルが発生した場合は、国内メーカに対応してもらい、適宜、遠隔からの指示を行う。ドイツから技術者が来ることは希である。	制御システムを日本の基準に合わせなければならない。制御機器の変更、改造を必要とすることがある。

資料表 8－5(2)　アンケート回答内容一覧（代理店）

質問内容		代理店		
		株式会社ひまわりニューエネルギー	豊国工業株式会社	株式会社ハンテック
6．使用材料、部品のうち、日本国内で手に入らない特殊なものがあれば教えてください。		基本的に、メーカー独自の加工品は、日本では手に入りません。 （ランナ本体、水車部品、発電機本体など） 電気部品は、ほとんど日本製の代替や部品組み合わせによる使用が可能と考えます。	通常、ベアリング、パッキンなどが交換部品。機器により多少変わるが国内調達可能と思われる。	部品、消耗品に関してはすでに日本国内に代理店があり国内調達可能。代理店は在庫を常備しており、納期は1週間程度。
7．使用部品は日本国内で製造・修理が可能でしょうか。その際、特殊な設備が必要でしょうか。また、型物の場合の対応はどのようにお考えでしょうか。各部品の予備品等は代理店もしくは国内メーカーがストックしているのでしょうか。または海外メーカーが本国にストックしているのでしょうか。		ほとんどの使用部品は、日本国内での修理が可能と考えています。機械系に関しては大型部品ではないので、特殊な設備は必要とせず町工場や自動車修理工場で十分対応可能と考えています。型物の修理に関しては、計画的修理になると考えますが、日本の技能者が対応不能であればメーカーから技能者を招き対応します。 また、電気系に関しては、日本で代替品が入手可能と考えています。 ただし、計画的な補修での部品調達は、経済的な面から、基本的に国内調達ではなく、海外メーカーからの調達と考えています。	ケースバイケース。 水車エロージョンの修理、ガイドベーンの電動化の仕様変更などは国内水車メーカに依頼することで対応可能。（実績有り） 納入時にベアリング、パッキンなど余備品として提供し、必要があればオズバーガ社から調達する。	水車の特殊部品はメーカーに製造または修理依頼を行う。特殊部品は海外メーカーでストックしている。一般的な部品は代理店でストックしている。
8．スペアーパーツが必要になり国内に製品がない場合、納入にどのくらい時間が必要でしょうか。		部品レベルの価格も、海外調達が安いため、基本的に国内調達は考えていません。 海外メーカーから納入する場合、一般的に、汎用品/標準品であれば、クーリエを使用して3～4日程度で入手可能ですが、緊急対応のため、また輸送費などが掛かるため、あらかじめ100%の予備品を準備をしておくことを考えています。	ものによっても変わるが、輸送期間（空輸）合わせて約2週間が目安。	特殊な部品であるため4週間ほど必要。
9．業者から提出された図面及び図書の一覧を教えてください。		「業者」とはメーカーと解釈して・・・。 基本的に、当社で必要な図面、図書を指定して提出してもらう方法としております。 図面：外形図、据付図面、部品図、製作図、接続図、シーケンス図等 図書：水車特性データ、発電機データ、取扱説明書、保守点検説明書等	受注前は参考配置図1枚。 契約後は納入時に配置図、基礎参考図の計2枚。余計な寸法図は記載されていない。	水車・制御盤の組立図、回路図、取扱説明書
10．図面を記述する規格を教えてください。また、記載は英語，日本語または現地語でしょうか。		日本の顧客に対しては、図面類はJIS規格、言語は日本語で提出しています。 （メーカーからの図書は全て英語ですが、日本向けに手直ししています）	規格：タービン入り口管口径、水車基本寸法、放流庭基本寸法、設計水頭・流量・出力、定格回転数、無拘束速度（φ、m、l／s、rpm） 記述：英語	水車＝EU規格、制御盤、発電機＝IEC規格
11．トラブルが発生した際、貴社としてはこれまでどのような対応を取られたのでしょうか、または想定しているのでしょうか。トラブルの内容（故障箇所等事例）と代理店・国内メーカー、海外メーカー各々の対応（復旧方法等）を教えてください。		基本的に、顧客窓口対応、原因調査、対策/復旧は、全て当社で実施します。このために、アウトソーシングを含め必要な技術要員や、補修部品を全て備える方向で対応しています。 なお、原因究明に関し、メーカーでしか判らないものもありますが、これについては、メーカーに依頼します。	エロージョン：国内タービンメーカ又はエンジニアリング会社が対応。 エロージョン：タービンをSSからSUSに更新。オズバーガ社が製作、国内タービンメーカが据付指導。 漏水：国内タービンメーカに依頼。	国内修復可能なものは修復、部品調達の必要なものは調達して修復
12．トラブル時の費用負担をどう考えていますでしょうか。下記のそれぞれのケースでご回答願います。	《1.メーカー設計ミスの場合》	保証期間内であれば無償改修や修理を行います。保証期間を過ぎていれば有償、または個別協議となります。	保証期間（出荷後1年間が基本。故障により稼働開始から1年間も可能になるケースもあり）が経過していれば設計ミスでも保証範囲外。設計ミスか否か立証するのが困難。（日本のメーカのように開き分けがよくない）	メーカー負担
	《2.製作不良の場合》	メーカー設計ミスの場合と同様です。	同上。	メーカー負担
	《3.取扱不良の場合》	顧客の取扱い不良が明確であれば、保証期間に限らず有償修理となります。	保証範囲外。	内容によりユーザー又は代理店負担
13．その他、海外機器導入によるコストダウンの効果及びコストダウンを実現するための配慮事項、懸案事項、ご意見など、ご助言をお願いいたします。		①日本の場合、水力発電機器の業者は、土木機器（除塵機、ゲートなど）と、水車発電機器（水車、発電機など）は取り扱う業者が完全に異なりますが、小さい容量の場合、全体をひとつのシステム製品として1社で取り纏めた方が経済的に優位となります。海外の小水力メーカーは、これらのシステムをひとつと考え、除塵機、ゲート、バルブなども一緒に製造している会社もあるため、海外メーカーの機器を導入する場合、これらの土木機器も一緒に発注すると大きなコストダウンを図ることが可能と考えます。 ②一般的に、日本の顧客の要求するシステムの仕様は、国際標準、メーカー標準と多々異なるものがあります。例えば、必要以上の保護装置や監視項目の要求、二重化、3レス化要求などです。小水力の場合は、メーカー標準の設計思想を尊重し、いたずらに非標準のものを要求しないことで、コストダウンが図られます。 これに関連し、図面や図書類に提出要求にしても、メーカー標準のものをベースとし、趣味的(?)要求などは控えることが、コストダウンに繋がると考えます。 (以上は、顧客が民間や自治体の場合は特に問題ありませんが、特に電力会社系列の顧客の場合、多く見られる傾向があります) ③特に自家用発電設備として、系統連系する水力発電設備については、海外メーカーにとっては系統連系の技術要件が判りにくく、また例えば6.6kV機器の調達などは非常に困難です。 このように海外メーカーでは対応が困難なものについては、国内で調達するというように、相互に補完しあうことで、コストダウンが図られると考えます。 同時に、現行の日本の系統連系ガイドラインの技術要件について、国際標準をベースに見直しすることで、大幅なコストダウンが図られると考えます。 ④海外メーカーと一口に言っても、千差万別、多種多様で、安かろう悪かろうの製品も多いし、経営的にも問題がある会社もあります。品質や実績、与信などをしっかり調査して購入することが、本当のコストダウンになると考えます。（ただ安いからと言って海外製品を購入すると、安物買いの銭失いになる恐れあり） ⑤一番重要なコストダウンの方法は、発注者側がただ「コストダウンして欲しい」とメーカー側に要求することではなく、メーカーの供給能力、設計思想などを理解し、お互いにコストダウンとなる方法を知恵を出し合って模索することだと考えます。これが永続的な両者の発展となり、更なるコストダウンに繋がると考えます。	海外メーカの商習慣、設計思想を尊重することが重要。それが日本国内の需要化にマッチすれば（マッチさせれば）間違いなく、コストダウンにつながらると思う。リスクはあるが、思い切って海外メーカに責任施工をとらせることも必要と思う。	以前はメーカーの制御機器に不十分な点もあったが、現在は国内でこれを解決する制御機器を開発しており特に問題がなくなったため、コストダウン効果を生かして十分利用できるようになっている。

資料表 8－5(3)　アンケート回答内容一覧（代理店）

質問内容		代理店		
		ｷﾞﾙﾊﾞｰﾄ・ｷﾞﾙｸｽ＆ｺﾟｰﾄﾝ社	株式会社イズミ	
1．ご回答者の所属等		日本駐在事務所	－	
2．海外から導入した水車・発電機等の電気機器(出力500kW以下)の納入実績をご提示いただけないでしょうか。可能な範囲で、実績のある機種の内容（仕様）及び導入した際の主目的を記載していただければ幸いです。		ターゴインパルス水車の日本国への納入実績 1．1987　Nagano Pref. Magusegawa PS, Turbine Size 15inch*1jet,Effective Head 65m, Flow rate 0.229m3/s,900RPM,126.4kW 2．1993　Fukuoka Pref. Inunaki PS, Turbine Size 12inch*2jet,Effective Head 61.1m, Flow rate 0.3m3/s,1200RPM,147.0kW 3．1994　Hokkaido Power Co. Isoyagawa PS, Turbine Size 25inch*2jet,Effective Head 95.5m, Flow rate 1,669m3/s,500RPM,1,320kW 4．1997　Chubu Power Co. Karasugawa PS, Turbine Size 25inch*2jet,Effective Head 103.7m, Flow rate 1,530m3/s,720RPM,1,320kW 5．1998　Gunma pref. Aimata PS, Turbine Size 13.3inch*1jet,Effective Head 56.2m, Flow rate 0.298m3/s,772RPM,128.62kW 6．2001　New Energy Foundation　Na Cha PS(Vietnam), Turbine Size 12inch*2jet,Effective Head 53m, Flow rate 0.35m3/s,1000RPM,148.0kW 7．2001　Gunma Pref. Shimokubo PS, Turbine Size 18inch*1jet,Effective Head 110.6m, Flow rate 0.323m3/s,1000RPM,291.0kW 8．2003　Hokkaido Power Co. Oguchigawa PS, Turbine Size 25inch*2jet,Effective Head 158.0m, Flow rate 2.61m3/s,900RPM,3,320kW 9．2004　Ministry of Construction Fukushima Pref. Surikami-gawa PS, Turbine Size 38inch*2jet,Effective Head 62.21m, Flow rate 2.38m3/s,333.3RPM,1,179kW 10．2006　Chubu Power Co. Akechi PS (Under Manufacturing), Turbine Size 25inch*2jet,Effective Head 122.7m, Flow rate 1.7m3/s,720RPM,1,731kW 11．2006　Saitama Pref. Takizawa PS (Under Manufacturing), Turbine Size 38inch*2jet,Effective Head 106.91m, Flow rate 4.25m3/s,428.5RPM,3,629kW 12．2006　Ministry of Construction(Yamagata Pref.) Sasanowater work (Under Manufacturing), Turbine Size 16.5inch*2jet,Effective Head 79.2m, Flow rate 0.422m3/s,750RPM,160kW	DC1KW, 500W, AC200w, 500W, 1KWなど	
3．海外から調達した水車・発電機等について、調達先メーカーが出力の規模等により、さらに他のメーカー(下請け)のものを採用している事例もあると思いますが、その辺の実態を可能な範囲で教えてください。		当社は水車タービンの製作をしており、発電機については、スペイン、Alconza製を納入した場合もありますが、その対応が不十分のため考慮中。	ありません	
4．【代理店様にお聞きします】 海外メーカーとの販売契約の締結について、貴社の対応（お考え）を教えてください。(独占販売契約等について)		当社は代理店を日本に持っておらず、今後も持つ考えは現在ありません。	(回答なし)	
5．海外調達のメリット・デメリットについて、率直なご意見をいただけないでしょうか。	《メリット》	当社の水車は標準化しており、設計コスト面でコスト的に安価。	小型が豊富	
	《デメリット》	輸送コスト増、為替変動に対する問題あり。	取引単位が少ないため輸入コストが高い	
6．使用材料、部品のうち、日本国内で手に入らない特殊なものがあれば教えてください。		特になし	(回答なし)	
7．使用部品は日本国内で製造・修理が可能でしょうか。その際、特殊な設備が必要でしょうか。また、型物の場合の対応はどのようにお考えでしょうか。各部品の予備品等は代理店もしくは国内メーカーがストックしているのでしょうか。または海外メーカーが本国にストックしているのでしょうか。		本国でストック	断線以外はベアリングの取替えのみ。断線の場合はメーカーに送り返す。ベアリングは国内調達	
8．スペアーパーツが必要になり国内に製品がない場合、納入にどのくらい時間が必要でしょうか。		受注後7～10日	代替機があれば入れ替え。巻き線場合－ヶ月	
9．業者から提出された図面及び図書の一覧を教えてください。		客先により多少異なりますが、外形寸法図、主要部分図、基礎荷重、強度計算書	意味が解かりません。	
10．図面を記述する規格を教えてください。また、記載は英語，日本語または現地語でしょうか。		IEC、BS	意味が解かりません。	
11．トラブルが発生した際、貴社としてはこれまでどのような対応を取られたのでしょうか、または想定しているのでしょうか。トラブルの内容（故障箇所等事例）と代理店・国内メーカー、海外メーカー各々の対応（復旧方法等）を教えてください。		日本国内の水車メーカー（芦野工業、山形県）とアフターサービスの協定を結んでいる。	小型が主ですので、送り返してもらいます	
12．トラブル時の費用負担をどう考えていますでしょうか。下記のそれぞれのケースでご回答願います。	《1.ﾒｰｶｰ設計ﾐｽの場合》	当社の責任	納入前に試験しますのでありえませんが、トラブルが発生した際にはケースバイケースでの協議事項とします。	
	《2.製作不良の場合》	当社の責任	納入前に不良品はチェックし検収を条件としますが、トラブルが発生した際には協議事項とします。	
	《3.取扱不良の場合》	客先責任	コストのみで補修	
13．その他、海外機器導入によるコストダウンの効果及びコストダウンを実現するための配慮事項、提案事項、ご意見など、ご助言をお願いいたします。		日本の場合、300kW～15,000kWの水車も同様の資料提出要求あり。容量により最低限の資料の要求をされるべきと思います。	河川の使用許可が出ないのが問題	

資料表 8－6　アンケート回答内容一覧（国内メーカー）

質問内容		国内メーカー			
		株式会社 クボタ	富士電機システムズ株式会社	株式会社 日立製作所	株式会社 明電舎
1．ご回答者の所属等		民需海外ポンプ部 技術課	エネルギーソリューション統括部	火力水力事業部 水力技術部	発電制御装置部
2．海外から導入した水車・発電機等の電気機器(出力500kW以下)の納入実績をご提示いただけないでしょうか。可能な範囲で、実績のある機種の内容(仕様)及び導入した際の主目的を記載していただければ幸いです。		当社では、日本国内向けに海外製品を用いたことはありません。 日本製では価格競争力が無いため、海外向けには海外メーカーの発電機(単品)、ダミーロードを用いることがあります。	長野県長谷村蕨沢(立軸4射ペルトン水車・同期発電機) 水車：H=44.8m,Q=0.031m3/s,n=864min-1,P=12kW 発電機：P=9.9kW,V=440V,Hz=60Hz,n=1800min-1	当社では、500kW以下の水車・発電機等の電気機器は海外からの導入実績はありません。	ターゴインパルス水車(291kW-109.8m-0.323m3/s)、事業用として使用
3．海外から調達した水車・発電機等について、調達先メーカーが出力の規模等により、さらに他のメーカー(下請け)のものを採用している事例もあると思いますが、その辺の実態を可能な範囲で教えてください。		わかりません。	調達先：ゲグラー社(オーストリア)、水車 下請け：メッカルテ社(イタリア)、発電機	(回答なし)	孫請けの経験なし
4．【代理店様にお聞きします】 海外メーカーとの販売契約の締結について、貴社の対応(お考え)を教えてください。(独占販売契約等について)		――――――	――――――	――――――	個別購入契約を原則
5．海外調達のメリット・デメリットについて、率直なご意見をいただけないでしょうか。	《メリット》	価格競争力 海外向けの書類充実	低価格	・海外メーカーの標準設計(仕様)を導入できれば、国内にて製作するより安価になると思われる。	低コスト、据付容易
	《デメリット》	納期品質管理の手間 クレーム対応の遅れ	品質が不十分	・国内の発注仕様書によっては、標準設計(仕様)以外の仕様では、導入できないかもしくは改造 費用がかかると思われる。 ・図面等の提出は困難と思われる。 ・導入後の保守対応の問題及び部品調達に時間を要すると思われる。	保守拠点が日本に無い、必要な要求図面が出ない/遅い/限定される。 保守部品が調達しにくい。
6．使用材料、部品のうち、日本国内で手に入らない特殊なものがあれば教えてください。		(回答なし)	特になし	(回答なし)	水車ランナ 海外製電気品(ケースバイケースだが)
7．使用部品は日本国内で製造・修理が可能でしょうか。その際、特殊な設備が必要でしょうか。また、型物の場合の対応はどのようにお考えでしょうか。各部品の予備品等は代理店もしくは国内メーカーがストックしているのでしょうか。または海外メーカーが本国にストックしているのでしょうか。		日本国内で製造・修理が可能だと思うが、海外向けのため、特に調査したことはない。	消耗品の軸受とベルトは国内調達可能。 水車本体は修理可能。 予備品は海外メーカーが工場にストックしている。	(回答なし)	メーカー本国で部品ストックが原則と考える。
8．スペアーパーツが必要になり国内に製品がない場合、納入にどのくらい時間が必要でしょうか。		海外製品でもスペアパーツの製作にかかる日数は日本製とかわらない。 輸送、通関に余分な日数がかかる。	2週間～4週間	(回答なし)	最低でも6ヶ月以上と考える。
9．業者から提出された図面及び図書の一覧を教えてください。		(回答なし)	何もなし	(回答なし)	主機外形基礎図、主機各部組立図、主要部品図、取扱説明書、等
10．図面を記述する規格を教えてください。また、記載は英語，日本語または現地語でしょうか。		英語	標準図面はドイツ語でDIN規格	(回答なし)	IECが原則、記載は英語
11．トラブルが発生した際、貴社としてはこれまでどのような対応を取られたのでしょうか、または想定しているのでしょうか。トラブルの内容(故障箇所等事例)と代理店・国内メーカー、海外メーカー各々の対応(復旧方法等)を教えてください。		技術的なことに関しては、海外メーカーとの直接のやりとりとなる。	代理店を通して部品を購入	(回答なし)	個別契約が国内メーカー経由のため、まず国内メーカーへ連絡し、そこから海外調達先に連絡してもらい、対応してもらう。
12．トラブル時の費用負担をどう考えていますでしょうか。下記のそれぞれのケースでご回答願います。	《1.メーカー設計ミスの場合》	メーカー	標準品としているので設計ミスはない。基本的に欧州メーカーは売り切りで日本のような無償のアフターサービスはあり得ない。	(回答なし)	保守期限終了で契約解除される。
	《2.製作不良の場合》	メーカー	上記と同じ	(回答なし)	(回答なし)
	《3.取扱不良の場合》	ユーザー	上記と同じ	(回答なし)	(回答なし)
13．その他、海外機器導入によるコストダウンの効果及びコストダウンを実現するための配慮事項、懸案事項、ご意見など、ご助言をお願いいたします。		一般的に海外メーカーはオーダー設計を行なわない。 彼らの製品ラインナップから最適なものを探し出すことがポイント。	品質よりも価格を優先する顧客には推奨する	海外調達する場合、海外メーカーの標準設計(仕様)のものを導入できるのであればコストダウンを図れると思われます。	(回答なし)

巻末資料－９　永久磁石発電機システムの運転制御事例

巻末資料－９　永久磁石発電機システムの運転制御事例

ここでは，簡易発電システムに永久磁石発電機システムを適用するにあたり，自立運転と系統連系のケースについて，その運転制御方法を具体的に確認する。

確認にあたっては，開発事例調査（モニタリング調査）で，永久磁石発電機システムの実証試験を実施している常西実証試験設備（自立運転），系統連系している都留市民発電所をモデルに運転制御フロー，運転トレンド（例）を示した。

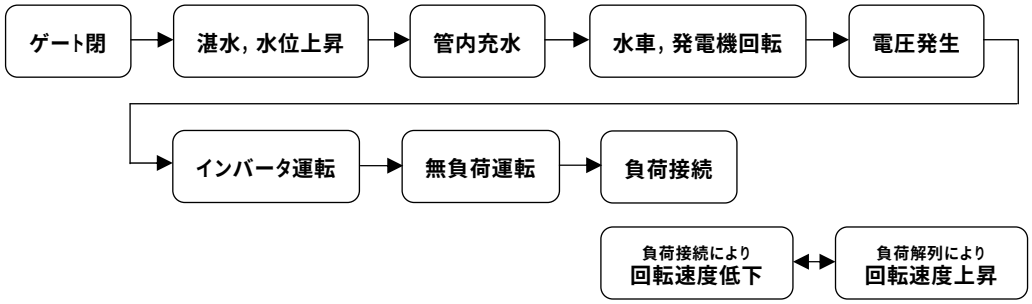
ａ 自立運転のケース

自立運転の場合，ほぼ定落差・定流量の水理諸元であれば，接続される負荷に応じて回転速度が変動し，可変速運転としては受動的な制御がなされる。これは，負荷追従により，回転速度が結果として得られているものである。

仮に，接続された負荷が一定で，落差又は流量が変動した場合も，回転速度が変動することにより制御される。これは，可変速運転による調速制御であり，ガイドベーン等の流量調整機構，ダミーロード等を不要にしている。

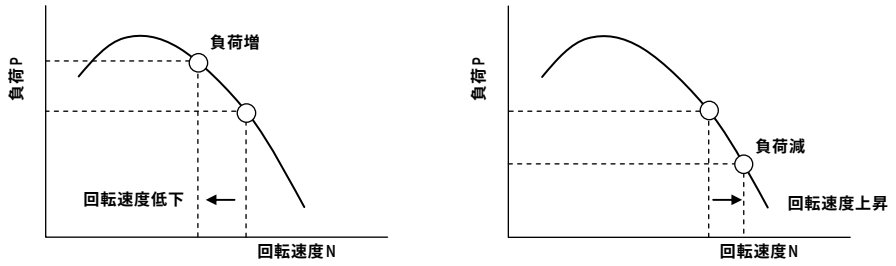
ただし，回転速度が一定でないことは，水車においてキャビテーションや振動等の発生が懸念されるため，適用にあたっては水車特性を把握するとともに，出力数 kW 程度の小出力のものに限定した方が良い。

資料図 9－1 開発事例調査（モニタリング調査）で，永久磁石発電機システムの実証試験を実施している常西実証試験設備をモデルに自立運転の運転制御フローを示したものである。当該設備は流量調整機構がないため，水位が上昇して管路内が充水されると水車，発電機は自動始動する。



資料図 9－1　自立運転の運転制御フロー

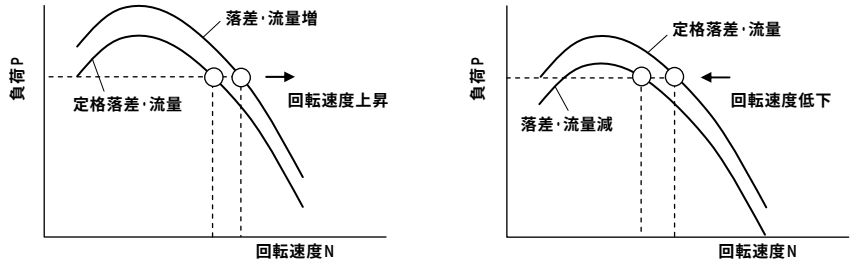
落差や流量が一定で接続負荷に応じて回転速度が変動するのは，負荷の増大に対して一時的に水車，発電機が慣性エネルギーを放出することで回転速度が減となり，負荷が減少した場合は慣性エネルギーを吸収することで回転速度が増となるためで，資料図 9－2 に示す回転速度Ｎに対する負荷Ｐの関係から説明することができる。



資料図 9－2　接続負荷に応じた回転速度の関係

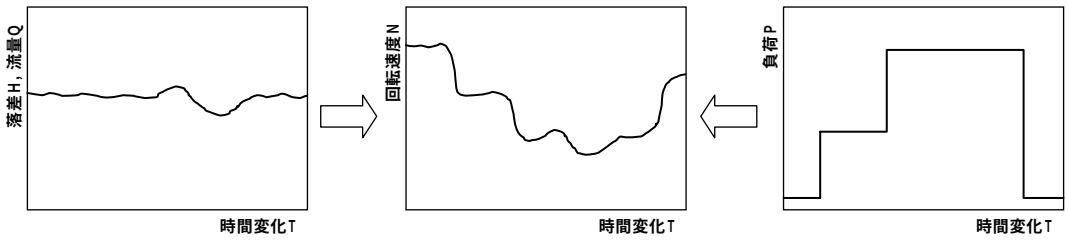
自立運転では，接続負荷が一定で落差又は流量が変動した場合も，回転速度が変動することにより制御されるが,これも資料図 9－2 の回転速度Ｎに対する負荷Ｐの関係から説明できる。落差又は流量が変動すると，定格運転点が移動するが，接続負荷が一定で負荷Ｐを一定に保つ必要があることから，結果として回転速度が変動する。

この関係を資料図 9－3 に示す。



資料図 9－3　落差又は流量変動に応じた回転速度の関係

これらの結果から，資料図 9－4 に自立運転の運転トレンド（例）を示す。自立運転では落差Ｈ，流量Ｑ，負荷Ｐにより，結果的に回転速度Ｎが変化するため，可変速運転としては受動的な制御がなされる



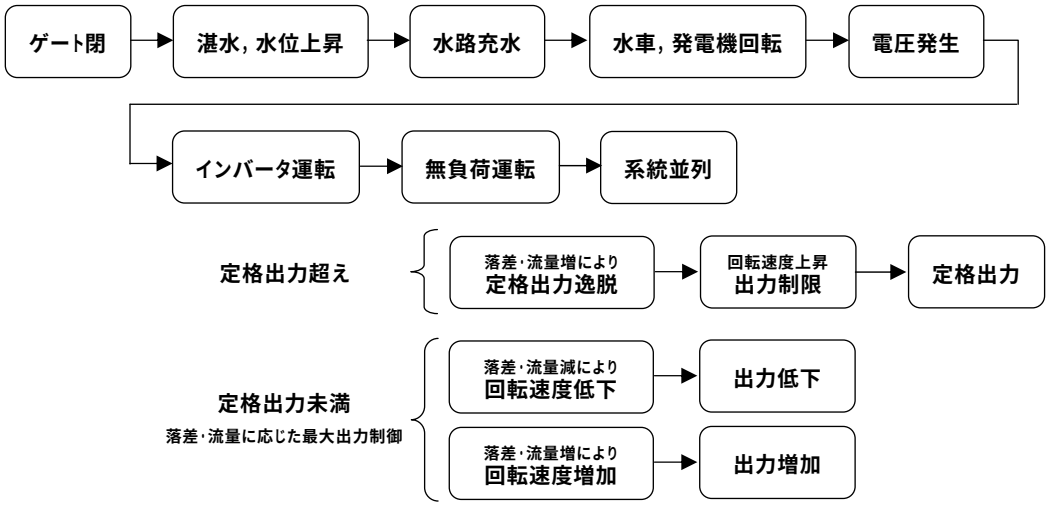
資料図 9－4　**自立運転の運転トレンド（例）**

b 系統連系のケース

系統連系の場合は自立運転と異なり，接続される負荷が固定されないため，落差・流量に応じた発電機出力で系統に連系する。回転速度を変動させる要因は落差・流量となり，ほぼ定落差・定流量の水理諸元であれば，回転速度は変動しない。

系統連系における可変速運転は，仮に定格出力を超える水理諸元（落差・流量）が得られた場合，回転速度を上げることで変動する水のエネルギーを吸収し（軸の回転エネルギーとして蓄積），定格出力を制限した運転制御が行われる。また，定格出力未満の水理諸元の場合は（部分負荷），発電機用インバータにより水車・発電機は落差・流量に応じた最大出力制御が行われ，最高効率点となる回転速度で運転される。

資料図 9−5 は開発事例調査（モニタリング調査）で，永久磁石発電機システムを適用し，系統連系している都留市民発電所をモデルに運転制御フローを示したものである。当該設備は流量調整機構がないため，水位が上昇して水路が充水されると水車，発電機は自動始動する。



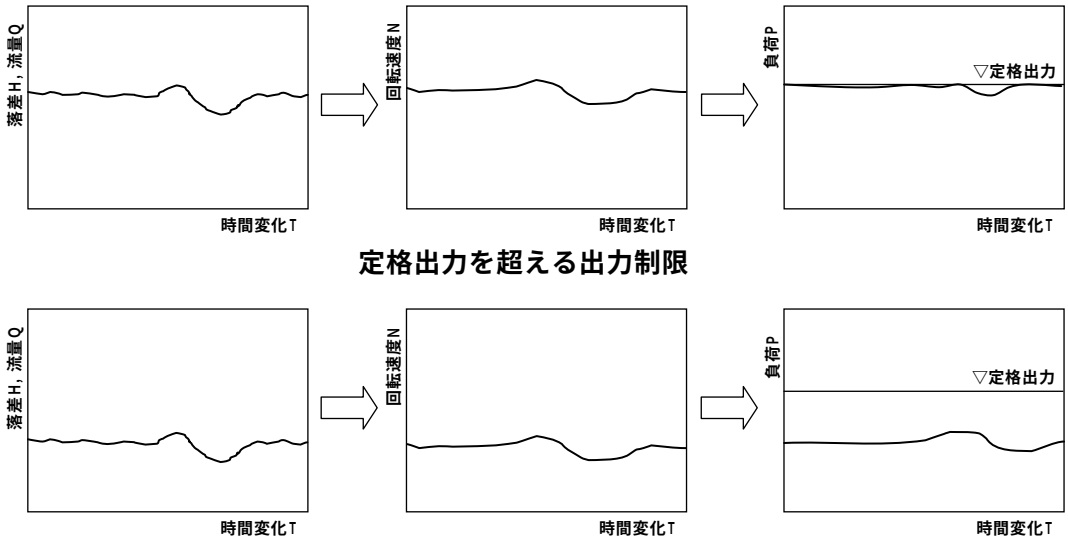
資料図 9−5　系統連系の運転制御フロー

ここで，水位調整運転や部分負荷運転など，定格出力未満で出力一定制御する必要がある場合は，この可変速による最大出力制御では対応できないので，流量調整機構のある水車形式を選定し，発電機用インバータに出力指令を入力する必要がある。

資料図 9−6 は系統連系の運転トレンド（例）を示す。上段は仮に定格出力を超える水理諸元が得られた場合を示し，下段は定格出力未満の水理諸元で最大出力制御の場合を示す。この中では，過渡的に落差・流量が変動した場合を想定した。

定格出力を超える水理諸元では，定格出力を逸脱しないよう回転速度が上昇することにより出力を制限し，定格出力となる制御がなされる。

また，定格出力未満の水理諸元で最大出力制御が行われる場合は，落差・流量に応じて回転速度が増減し，出力もこれに比例する。



資料図 9－6　系統運転の運転トレンド（例）

巻末資料－10　一般水力発電設備土木構造物の点検内容事例

巻末資料－10　一般水力発電設備土木設備に関する点検の現状と点検内容事例

(1)　土木設備に関する点検の現状

資料表 10－1 に一般水力発電所の土木設備の点検の一例を示す。表に示すように，一般的な土木設備の点検は，定期的な点検以外に，地震，洪水，大雨の前後，その他必要に応じ臨時点検が行われている。

また，出力 1,000kW 程度以下の水力発電所に対するアンケート調査では，土木設備の運転・保守の実情として，巡視点検は 1 回/月，定期（外部）点検は 1 回/1～2 年，内部点検は 1 回/5～10 年という結果を得た。

資料表 10－2 には，一般水力発電設備土木構造物の点検内容事例を示す。

資料 10－1(1)　定期点検の内容の一例

工作物	対象工作物	内容
1.貯水池調整地	湛水池内	・流木の浮遊状況 ・水質（濁水，赤潮等）の異常の有無および状況 ・背水末端の状況
	周辺地山	・崩壊，地すべり，洗掘等の確認 ・護岸，よう壁等の沈下，ひびわれ，はらみ等の確認 ・堆砂測量用横断標識の確認
2.ダム	ダム本体	
	（コンクリート）	・表面の損傷，凍害，摩耗，ひびわれ等の確認 ・漏水の位置，量，濁りの確認
	（フィルタイプ）	・表面ロックの転落，陥没，風化等の確認 ・表面しゃ水壁の亀裂，ふくらみ，風化，劣化等の確認 ・漏水の位置，量，濁りの確認
	放流設備 洪水吐ゲート 放流路 放流管	・戸当り，固定部の損傷，変形，摩耗，漏水等の確認 ・扉体および巻上機の損傷，変形，摩耗，給油，塗膜の劣化等の確認 ・操作盤の端子締付，配線，電磁開閉器リレーの動作，絶縁抵抗等の異常の有無および状況 ・各機器の指示計，スイッチ類，表示ランプの状況
	予備動力装置	・機関部の締付ボルトのゆるみ，漏油，摩耗，変形，過熱，異音，異臭，油圧低下，不完全燃焼等の確認
		・起動装置の電圧低下，充電器の不良，冷却水槽の損傷等，異常の有無および状況 ・キュービクル内の表示ランプ，接点等の異常の有無および状況
	ゲート制御装置	・各装置単体試験，対向試験，駆動試験等，作動状況の確認
	放流警報設備	・作動状況の確認
	周辺地山	・漏水，亀裂，崩壊，地すべり等の確認
	周辺構造物 エプロン 導流壁 橋梁 よう壁 ダム上下流護岸 その他	・凍害，摩耗，洗掘，ひびわれ，変位等の確認
	堤内排水設備	・作動状況，異音，振動等の確認
	その他設備 水位計 量水標 浮さん橋 網場 保安柵 測定装置 照明設備 その他	・損傷，喪失，発錆等の確認
3.水路		
(1)取水口	本体	・損傷，変形，ひびわれ，凍害，摩耗，洗掘等の確認
	スクリーン	・損傷，変形，取付ボルトのゆるみ，塗膜の劣化等の確認
	ゲート	・戸当りの損傷，変形等の確認 ・扉体および巻上機の損傷，変形，摩耗，給油，塗膜の劣化等の確認 ・操作盤の端子締付，配線，電磁開閉器リレーの動作，絶縁抵抗等の異常の有無および状況 ・各機器の指示計，スイッチ類，表示ランプの状況
	網場	・アンカー金物，ワイヤーの損傷，浮さん橋の腐食，損傷等の確認
	除塵機	・レーキの損傷，走行装置・コンベアの異常，腐食，塗膜劣化等の確認
(2)沈砂池	沈砂池内	・池内の状況 ・その他異常の有無
(3)導水路	周辺地山	・崩壊，地すべり，湧水等の確認
	水路内部	・漏湧水，ひびわれ，洗掘，はだ落，変形，堆砂，塗膜劣化等の確認
	その他設備	・凍害，ひびわれ，漏水等の確認
(4)調圧水槽，水槽	本体	・損傷，変形，ひびわれ，凍害，摩耗，洗掘等の確認
	周辺地山	・崩壊，地すべり，湧水等，異常の有無および状況

資料 10－1(2)　定期点検の内容の一例

工作物	対象工作物	内容
(5)水圧管路 余水路	鉄管路	・損傷，変形，沈下等の確認
	水圧鉄管 （外面）	・管胴および支承部の損傷，変形，振動，漏水，塗膜劣化等の確認
	水圧鉄管 （内面）	・損傷，変形，塗膜劣化等，異常の有無および状況
	周辺地山	・崩壊，地すべり，湧水等の確認
(6) 発電所	発電所基礎	・変形，ひびわれ，湧水等の確認
	周辺構造物	・変形，ひびわれ，湧水等の確認
(7) 放水路	ゲート	・戸当りの損傷，変形等の確認 ・扉体および巻上機の損傷，変形，摩耗，給油，塗膜劣化等の確認 ・操作盤の端子締付，配線，電磁開閉器リレーの動作，絶縁抵抗等の異常の有無および状況 ・各機器の指示計，スイッチ類，表示ランプの状況
	水路内部	・漏湧水，ひびわれ，洗掘，はだ落，変形，堆砂，塗膜劣化等の確認
	周辺構造物	・変形，ひびわれ，湧水等の確認
(8) 放水口	本体	・損傷，変形，ひびわれ，凍害，摩耗，洗掘等の確認
	ゲート	・戸当りの損傷，変形等の確認 ・扉体および巻上機の損傷，変形，摩耗，給油，塗膜劣化の確認
		・操作盤の端子締付，配線，電磁開閉器リレーの動作，絶縁抵抗等の異常の有無および状況 ・各機器の指示計，スイッチ類，表示ランプの状況
	周辺構造物	・変形，ひびわれ，湧水等の確認
(9)取水設備		・ダム，取水口および導水路に準ずる。
4.その他工作物	土捨場	・崩壊，地すべり，湧水等の確認 ・緑化の状況
	進入道路	・路面の状況 ・よう壁，橋梁等，構造物の異常の有無および状況
	その他	・変形，ひびわれ，湧水等の確認

資料表 10－2(1)　一般水力発電設備土木構造物の点検内容事例（巡視）

工作物	対象工作物	点検内容	点検周期
1．堰，ダム	堤体	表面の損傷の有無および状況	1回/月
		漏水の状況	1回/月
	周辺地山	漏水，亀裂，崩壊，地すべり，洗掘等の有無および状況	1回/月
	その他（水位計，量水標，保安柵，照明等）	損傷，喪失，異常の有無および状況	1回/月
2.水　路 (1)取水口	本体	損傷等，異常の有無および状況	1回/月
	スクリーン	塵芥，堆砂（流れ込み式）等の有無および状況	1回/月
	ゲート	電源，装置ロック等の状況	1回/月
		機器類の整備状況	1回/月
		その他異常の有無および状況	1回/月
	網場および除塵機	塵芥等，異常の有無および状況	1回/月
(2)沈砂池	沈砂池内	池内の状況	1回/月
		その他異常の有無および状況	1回/月
(3)導水路	周辺地山	崩壊，地すべり等異常の有無および状況	1回/月
	その他設備	損傷，漏湧水等，異常の有無および状況	1回/月
(4)水槽 （ヘッドタンク）	本体	損傷等，異常の有無および状況	1回/月
	周辺地山	崩壊，地すべり，湧水等異常の有無および状況	1回/月
(5)水圧管路	水圧管路	損傷，変形，沈下等異常の有無および状況	1回/月
	水圧鉄管（外面）	管胴および支承部の損傷，変形，漏水等，異常の有無および状況	1回/月
(6)発電所	発電所基礎	変形，ひびわれ，湧水等，異常の有無および状況	1回/月
	周辺構造物	変形，ひびわれ，湧水等，異常の有無および状況	1回/月
(7)放水路	ゲート	電源，装置ロック等の状況確認	1回/月
		機器の整備状況	1回/月
		その他異常の有無および状況	1回/月
	周辺構造物	変形，ひびわれ，湧水等，異常の有無および状況	1回/月

資料表 10－2(2)　一般水力発電設備土木構造物の点検内容事例（巡視）

工作物	対象工作物	点検内容	点検周期
(8)放水口	本体	損傷，漏湧水等，異常の有無および状況	1回/月
	ゲート	電源，装置ロック等の状況確認	1回/月
		機器の整備状況	1回/月
		その他異常の有無および状況	1回/月
	周辺構造物	変形，ひびわれ，湧水等，異常の有無および状況	1回/月
3．その他構造物	土捨場	崩壊，地すべり，湧水等，異常の有無および状況	1回/月
	進入道路	陥没，転石等，異常の有無および状況	1回/月
		よう壁，橋梁等構造物の異常の有無および状況	1回/月
	その他	損傷，漏湧水等，異常の有無および状況	1回/月

注；　農業用水は，期別ごとに取水量が変化するので流量確認を兼ねて年4回の頻度とした。

河川から直接取水する場合周辺環境によって巡視の頻度を変更することができる。

冬期の積雪等により，この基準により難い場合は，頻度を変更することができる。

資料表 10－2（3）　一般水力発電設備土木構造物の点検内容事例（定期点検）

工作物	対象工作物	点検内容	点検周期
1．堰，ダム	堤体	表面の損傷，凍害，磨耗，ひびわれ等の確認	1回/6ヶ月
		漏水の位置，量，濁りの確認	1回/6ヶ月
	周辺地山	漏水，亀裂，崩壊，地すべり，洗掘等の確認	1回/6ヶ月
	その他（水位計，量水標，保安柵，照明等）	損傷，喪失，発錆等の確認	1回/6ヶ月
2．水　路 ⑴取水口	本体	損傷，変形，ひびわれ，凍害，磨耗，洗掘等，の確認	1回/6ヶ月
	スクリーン	損傷，変形，取り付けボルトのゆるみ，塗膜の劣化等の確認	1回/6ヶ月
	ゲート （扉体，戸当り，巻上機）	損傷，変形，磨耗，給油，塗膜の劣化等の確認	1回/6ヶ月
		操作盤の端子締付，配線，電磁開閉器リレーの動作等の異常および状況	1回/6ヶ月
		各機器の指示計，スイッチ類表示ランプの状況	1回/6ヶ月
	網場	アンカー金物，ワイヤーの損傷等の確認	1回/6ヶ月
	除塵機	レーキの損傷，走行装置，コンベアの異常，腐食，塗膜劣化等の確認	1回/6ヶ月
⑵沈砂池	沈砂池内	池内の状況	1回/6ヶ月
		その他異常の有無	1回/6ヶ月
⑶導水路	周辺地山	崩壊，地すべり，湧水等の確認	1回/6ヶ月
	水路内部	漏湧水，ひびわれ，洗掘，はだ落，変形，堆砂，塗膜劣化等の確認	1回/3年
	その他設備	損傷，ひびわれ，漏湧水等の確認	1回/6ヶ月
⑷水槽 （ヘッドタンク）	本体	損傷，変形，ひびわれ，凍害，磨耗，洗掘等の確認	1回/6ヶ月
	周辺地山	崩壊，地すべり，湧水等異常の有無および状況	1回/6ヶ月
⑸水圧管路	水圧管路	損傷，変形，沈下等の確認	1回/6ヶ月
	水圧鉄管（外面）	管胴および支承部の損傷，変形，振動，漏水，塗膜劣化等の確認	1回/6ヶ月
	水圧鉄管（内面）	損傷，変形，塗膜劣化等，異常の有無および状況	1回/3年

資料表 10－2（4）　一般水力発電設備土木構造物の点検内容事例（定期点検）

工作物	対象工作物	点検内容	点検周期
(6)発電所	発電所基礎	変形，ひびわれ，湧水等の確認	1回/6ヶ月
	周辺構造物	変形，ひびわれ，湧水等の確認	1回/6ヶ月
(7)放水路	ゲート	損傷，変形，磨耗，給油，塗膜の劣化等の確認	1回/6ヶ月
		操作盤の端子締付，配線，電磁開閉器リレーの動作等の異常および状況	1回/6ヶ月
		各機器の指示計，スイッチ類表示ランプの状況	1回/6ヶ月
	水路内部	漏湧水，ひびわれ，洗掘，はだ落，変形，堆砂，塗膜劣化等の確認	1回/3年
	周辺構造物	変形，ひびわれ，湧水等の確認	1回/6ヶ月
(8)放水口	本体	損傷，変形，ひびわれ，凍害，磨耗，洗掘等の確認	1回/6ヶ月
	ゲート	損傷，変形，磨耗，給油，塗膜の劣化等の確認	1回/6ヶ月
		操作盤の端子締付，配線，電磁開閉器リレーの動作等の異常および状況	1回/6ヶ月
		各機器の指示計，スイッチ類表示ランプの状況	1回/6ヶ月
	周辺構造物	変形，ひびわれ，湧水等の確認	1回/6ヶ月
3．その他構造物	土捨場	崩壊，地すべり，湧水等の確認	1回/6ヶ月
	進入道路	路面の状況	1回/6ヶ月
		よう壁，橋梁等構造物の異常の有無および状況	1回/6ヶ月
	その他	損傷，ひびわれ，漏湧水等の確認	1回/6ヶ月

注；内部点検は，抜水状態等で水路内部の異常の有無を確認するものであるが，簡易発電システムでは水路断面が小さいため人間が入ることが不可能となる。このため内部点検は，人が入れる個別箇所のみを原則とする。

資料表 10－2（5）　一般水力発電設備土木構造物の点検内容事例（臨時点検）

点検理由	一般水力発電設備	
	実施基準	内　　容
地　震	設計震度の 1/3 以上あるいは気象庁震度階４以上の地震が発生した場合。	各工作物，周辺地山の点検，測定および被害調査（漏水の有無と変化，変形，亀裂，崩壊，地すべり等）
洪水，大雨	3 年に 1 回程度発生する洪水流量又は，3 年に１回程度発生する日雨量があった場合。	地震による点検に準ずる。

巻末資料－11　点検対象機器別点検周期表

資料表 11－1 点検対象機器別点検頻度表（1／10）

【水車関係】フランシス水車

点検対象機器	点検対象部品	点検項目	点検頻度							
			一般水力発電設備					簡易発電システム		
			2週間	6ヶ月	1年	5年	10年	1ヶ月	1年	5年
水車本体	軸　受	軸受油量の確認	○					○		
		軸受温度の確認	○					○		
		油槽漏油の確認	○					○		
		各部の振動測定		○	○	○	○		○	○
		異常音の有無，聴音検査		○	○	○	○		○	○
		グリース又は潤滑油の補給		○	○	○	○		○	○
		ベアリング交換					○			○
	パッキン，シール類	主軸封水部漏水量確認	○					○		
		漏水量，給水量，給水圧測定				○	○			
		水漏れの有無確認		○	○	○	○		○	○
		パッキン交換					○			(○)
	ランナ	ランナ背圧確認	○							
		キャビテーションによる壊食の有無確認				○	○			○
		破損，摩耗の程度目視確認				○	○			○
		軸振れ，カップリング振れ測定				○	○			○
	ガイドベーン	上下のギャップ測定				○	○			○
		シャッター面のギャップ測定				○	○			○
		ガイドベーンリンク機構の発錆の有無確認				○	○			○
		動作状態確認				○	○			○
		開度検出器確認		○	○	○	○		○	○
		リミットスイッチ動作確認		○	○	○	○		○	○
		摩耗の程度目視確認				○	○			○
		無給油軸受の交換					○			(○)
		パッキンの交換					○			(○)
		操作機構各部給脂		○	○	○	○		○	○
	シートライナ	流水部の摩耗状況，ガイドベーンのかじり有無確認				○	○			
	空気調整弁，ドラフト	ドラフト部騒音，振動確認	○						○	○
		内面のキャビテーションによる壊食の有無確認				○	○			○
		目視，触診による動作確認		○	○	○	○		○	○
		ドラフト水位の調整			○	○	○		○	○
	ケーシング内部	流水面の摩耗，塗装の剥離の有無確認				○	○			○
		各部目視点検			○					○

（　）：2頻度毎（10年）

資料表 11－2 点検対象機器別点検頻度表（2／10）

【水車関係】フランシス水車

点検対象機器	点検対象部品	点 検 項 目	点検頻度							
			一般水力発電設備					簡易発電システム		
			2週間	6ヶ月	1年	5年	10年	1ヶ月	1年	5年
水車本体	全　般	各部締付ボルトの緩み確認		○	○	○	○		○	○
		直結精度測定					○			
		外面塗装確認					○			
		温度計，圧力計の校正				○	○			
		異常振動有無の確認	○					○		
		ピット内配管の漏水，漏油の有無確認				○	○			○
付属機器	調速装置	油圧サーボモータアクチェータ漏油，発錆の有無確認				○	○			
		油圧サーボモータアクチェータリンク関係の緩み確認				○	○			
		油圧サーボモータアクチェータストレーナの目詰まり点検				○	○			
		電動サーボモータ操作機構手動開閉異常有無確認			○	○	○		○	○
		電動サーボモータアクチェータボールネジへのグリース補給			○	○	○		○	○
		電動サーボモータアクチェータ減速機へのグリース補給				○	○		○	○
		電動サーボモータアクチェータ軸受交換					○			(○)
		調速機盤内点検清掃		○	○	○	○		○	○
		調速機制御部特性試験					○			(○)
		ガイドベーン開度計点検			○	○	○		○	○
	水車制御盤	漏油･漏水の確認	○							
		各部目視点検	○							
	入口弁	油圧入口弁サーボモータ漏油の確認	○							
		各部目視点検	○					○		
		手動，自動による動作確認				○	○			○
		減速機構の分解点検					○			(○)
		操作用モータの動作確認				○	○			○
		弁体パッキン，Vパッキン交換					○			(○)
		オイルレスブッシュ交換					○			(○)
	増速機	軸受異常音の有無聴音確認		○	○	○	○		○	○
		油漏れ，油量の確認		○	○	○	○		○	○
		潤滑油の確認，交換		○	○	○	○		○	○
		ベアリング交換					○			○
		歯面のあたり確認			○	○	○		○	○

（　）：2頻度毎（10年）

資料表 11－3　点検対象機器別点検頻度表（3／10）

【水車関係】フランシス水車

点検対象機器	点検対象部品	点検項目	点検頻度							
			一般水力発電設備					簡易発電システム		
			2週間	6ヶ月	1年	5年	10年	1ヶ月	1年	5年
付属機器	圧油装置	アンローダの動作状況確認		○	○	○	○			
		圧油タンク油面･圧力，集油槽油面，油温確認	○							
		圧油タンク，集油タンクの水滴，発錆および漏油の有無確認				○	○			
		圧油タンク，集油タンクの油の汚れ，油面確認				○	○			
		圧油ポンプ運転状況確認	○							
		圧油ポンプカップリングボルトの片あたり，摩耗の有無確認				○	○			
		圧油ポンプ漏油確認				○	○			
		配管各部の漏油他目視点検	○							
		オイルストレーナ，サクションストレーナの漏油点検，目詰まり点検				○	○			
		圧油タンク油面調整（外部給気方式の場合）				○	○			
	給排水装置	給水ポンプ，排水ポンプの運転状況確認	○							
		配管の漏水の有無確認	○							
		冷却水ストレーナ漏水有無確認				○	○			
		冷却水ストレーナ動作状況確認				○	○			
		サンドセパレータ漏水，発錆，腐食有無確認				○	○			
		サンドセパレータ動作状況確認				○	○			
		自動弁漏水，漏油有無確認				○	○			
		自動弁動作状況確認				○	○			
		配管，弁類漏水，腐食，発錆有無確認				○	○			
		ポンプカップリングボルトの片あたり，摩耗の有無確認				○	○			
		ポンプへの異物混入，詰まり有無確認				○	○			
		ポンプ漏水状況確認				○	○			
		水中ポンプ絶縁抵抗測定				○	○			
	圧縮空気装置	空気タンク，ブレーキタンクの目視点検				○	○			
		空気圧縮機目視点検				○	○			

資料表 11－4 点検対象機器別点検頻度表（4／10）

【水車関係】固定羽根プロペラ水車

点検対象機器	点検対象部品	点 検 項 目	点検頻度							
			一般水力発電設備					簡易発電システム		
			2週間	6ヶ月	1年	5年	10年	1ヶ月	1年	5年
水車本体	軸　受	軸受油量の確認	○					○		
		軸受温度の確認	○					○		
		油槽漏油の確認	○					○		
		各部の振動測定		○	○	○	○		○	○
		異常音の有無，聴音検査		○	○	○	○		○	○
		グリース又は潤滑油の補給		○	○	○	○		○	○
		ベアリング交換					○			○
	パッキン，シール類	主軸封水部漏水量確認	○					○		
		漏水量，給水量，給水圧測定				○	○			
		水漏れの有無確認		○	○	○	○		○	○
		パッキン交換					○			(○)
	ランナ	ランナ背圧確認	○							
		キャビテーションによる壊食の有無確認				○	○			○
		ランナコーンの摩耗，壊食の有無確認				○	○			○
		破損，摩耗の程度目視確認				○	○			○
		軸振れ，カップリング振れ測定				○	○			○
		動作状態確認				○	○			○
		開度検出器確認		○	○	○	○			○
		リミットスイッチ動作確認		○	○	○	○			○
		無給油軸受の交換					○			(○)
		パッキンの交換					○			(○)
		操作機構各部給脂		○	○	○	○		○	○
		電動ランナベーン開閉異常有無確認				○	○		○	○
		電動ランナベーン操作機構へのグリース補給			○	○	○		○	○
		電動ランナベーン軸受交換					○			(○)
		ベルト交換			○	○	○		○	○
	ドラフト	ドラフト部騒音，振動確認	○						○	
		内面のキャビテーションによる壊食の有無確認				○	○			○
		目視，触診による動作確認		○	○	○	○		○	○
	ステーベーン，流水面	ステーベーン付根摩耗，割れの有無確認				○	○			○
		流水面の摩耗，塗装の剥離の有無確認				○	○			○
		各部目視点検			○					○

（　）：2頻度毎（10年）

資料表 11－5 点検対象機器別点検頻度表（5／10）

【水車関係】固定羽根プロペラ水車

点検対象機器	点検対象部品	点 検 項 目	点検頻度							
			一般水力発電設備					簡易発電システム		
			2週間	6ヶ月	1年	5年	10年	1ヶ月	1年	5年
水車本体	全　般	カップリングブッシュ劣化の有無確認				○	○		○	○
		各部締付ボルトの緩み確認		○	○	○	○		○	○
		直結精度測定					○			
		外面塗装確認					○			
		温度計，圧力計の校正				○	○			
		異常振動有無の確認	○					○		
		ピット内配管の漏水，漏油の有無確認				○	○			○
付属機器	水車制御盤	漏油･漏水の確認	○							
		各部目視点検	○							
	入口弁	油圧入口弁サーボモータ漏油の確認	○							
		各部目視点検	○					○		
		手動，自動による動作確認				○	○			○
		減速機構の分解点検					○			(○)
		操作用モータの動作確認				○	○			○
		弁体パッキン，Vパッキン交換					○			(○)
		オイルレスブッシュ交換					○			(○)
	増速機	軸受異常音の有無聴音確認		○	○	○	○		○	○
		油漏れ，油量の確認		○	○	○	○		○	○
		潤滑油の確認，交換		○	○	○	○		○	○
		ベアリング交換					○			○
		歯面のあたり確認			○	○	○		○	○
	圧油装置	アンローダの動作状況確認		○	○	○	○			
		圧油タンク油面･圧力，集油槽油面，油温確認	○							
		圧油タンク，集油タンクの水滴，発錆および漏油の有無確認				○	○			
		圧油タンク，集油タンクの油の汚れ，油面確認				○	○			
		圧油ポンプ運転状況確認	○							
		圧油ポンプカップリングボルトの片あたり，摩耗の有無確認				○	○			
		圧油ポンプ漏油確認				○	○			
		配管各部の漏油他目視点検	○							
		オイルストレーナ，サクションストレーナの漏油点検，目詰まり点検				○	○			
		圧油タンク油面調整（外部給気方式の場合）				○	○			

（　）：2頻度毎（10年）

資料表 11－6 点検対象機器別点検頻度表（6／10）

【水車関係】固定羽根プロペラ水車

点検対象機器	点検対象部品	点 検 項 目	点検頻度							
			一般水力発電設備					簡易発電システム		
			2週間	6ヶ月	1年	5年	10年	1ヶ月	1年	5年
付属機器	給排水装置	給水ポンプ，排水ポンプの運転状況確認	○							
		配管の漏水の有無確認	○							
		冷却水ストレーナ漏水有無確認				○	○			
		冷却水ストレーナ動作状況確認				○	○			
		サンドセパレータ漏水，発錆，腐食有無確認				○	○			
		サンドセパレータ動作状況確認				○	○			
		自動弁漏水，漏油有無確認				○	○			
		自動弁動作状況確認				○	○			
		配管，弁類漏水，腐食，発錆有無確認				○	○			
		ポンプカップリングボルトの片あたり，摩耗の有無確認				○	○			
		ポンプへの異物混入，詰まり有無確認				○	○			
		ポンプ漏水状況確認				○	○			
		水中ポンプ絶縁抵抗測定				○	○			
	圧縮空気装置	空気タンク，ブレーキタンクの目視点検				○	○			
		空気圧縮機目視点検				○	○			

資料表 11－7 点検対象機器別点検頻度表（7／10）

【水車関係】クロスフロー水車

点検対象機器	点検対象部品	点検項目	点検頻度							
			一般水力発電設備					簡易発電システム		
			2週間	6ヶ月	1年	5年	10年	1ヶ月	1年	5年
水車本体	軸　受	軸受油量の確認	○					○		
		軸受温度の確認	○					○		
		油槽漏油の確認	○					○		
		各部の振動測定		○	○	○	○		○	○
		異常音の有無，聴音検査		○	○	○	○		○	○
		グリース又は潤滑油の補給		○	○	○	○		○	○
		ベアリング交換					○			○
	ランナ	キャビテーションによる壊食の有無確認				○	○			○
		破損，摩耗の程度目視確認				○	○			○
		軸振れ，カップリング振れ測定				○	○			○
	ガイドベーン	上下のギャップ測定				○	○			○
		シャッター面のギャップ測定				○	○			○
		動作状態確認				○	○			○
		開度検出器確認		○	○	○	○		○	○
		リミットスイッチ動作確認		○	○	○	○		○	○
		摩耗の程度目視確認				○	○			○
		無給油軸受の交換					○			(○)
		パッキンの交換					○			(○)
		操作機構各部給脂		○	○	○	○		○	○
	ハウジング内部	各部目視点検	○					○		
	全　般	カップリングブッシュ劣化の有無確認				○	○		○	○
		各部締付ボルトの緩み確認		○	○	○	○		○	○
		直結精度測定					○			
		外面塗装確認					○			
		温度計，圧力計の校正				○	○			
		異常振動有無の確認	○					○		
		ピット内配管の漏水，漏油の有無確認				○	○			○

（　）：2頻度毎（10年）

資料表 11－8 点検対象機器別点検頻度表（8／10）

【水車関係】クロスフロー水車

点検対象機器	点検対象部品	点 検 項 目	点検頻度							
			一般水力発電設備					簡易発電システム		
			2週間	6ヶ月	1年	5年	10年	1ヶ月	1年	5年
付属機器	調速装置	油圧サーボモータアクチェータ漏油，発錆の有無確認				○	○			
		油圧サーボモータアクチェータリンク関係の緩み確認				○	○			
		油圧サーボモータアクチェータストレーナの目詰まり点検				○	○			
		電動サーボモータ操作機構手動開閉異常有無確認			○	○	○		○	○
		電動サーボモータアクチェータボールネジへのグリース補給			○	○	○		○	○
		電動サーボモータアクチェータ減速機へのグリース補給				○	○			○
		電動サーボモータアクチェータ軸受交換					○			(○)
		調速機盤内点検清掃		○	○	○	○		○	○
		調速機制御部特性試験					○			(○)
		ガイドベーン開度計点検			○	○	○		○	○
	水車制御盤	漏油･漏水の確認	○							
		各部目視点検	○							
	入口弁	油圧入口弁サーボモータ漏油の確認	○							
		各部目視点検	○					○		
		手動，自動による動作確認				○	○			○
		減速機構の分解点検					○			(○)
		操作用モータの動作確認				○	○			○
		弁体パッキン，Vパッキン交換					○			(○)
		オイルレスブッシュ交換					○			(○)
	増速機	軸受異常音の有無聴音確認		○	○	○	○		○	○
		油漏れ，油量の確認		○	○	○	○		○	○
		潤滑油の確認，交換		○	○	○	○		○	○
		ベアリング交換					○			○
		歯面のあたり確認			○	○	○		○	○
	圧油装置	アンローダの動作状況確認		○	○	○	○			
		圧油タンク油面･圧力，集油槽油面，油温確認	○							
		圧油タンク，集油タンクの水滴，発錆および漏油の有無確認				○	○			
		圧油タンク，集油タンクの油の汚れ，油面確認				○	○			
		圧油ポンプ運転状況確認	○							
		圧油ポンプカップリングボルトの片あたり，摩耗の有無確認				○	○			
		圧油ポンプ漏油確認				○	○			
		配管各部の漏油他目視点検	○							
		オイルストレーナ，サクションストレーナの漏油点検，目詰まり点検				○	○			
		圧油タンク油面調整（外部給気方式の場合）				○	○			

（　）：2頻度毎（10年）

資料表 11－9 点検対象機器別点検頻度表（9／10）

【水車関係】クロスフロー水車

点検対象機器	点検対象部品	点検項目	点検頻度							
			一般水力発電設備					簡易発電システム		
			2週間	6ヶ月	1年	5年	10年	1ヶ月	1年	5年
付属機器	給排水装置	給水ポンプ，排水ポンプの運転状況確認	○							
		配管の漏水の有無確認	○							
		冷却水ストレーナ漏水有無確認				○	○			
		冷却水ストレーナ動作状況確認				○	○			
		サンドセパレータ漏水，発錆，腐食有無確認				○	○			
		サンドセパレータ動作状況確認				○	○			
		自動弁漏水，漏油有無確認				○	○			
		自動弁動作状況確認				○	○			
		配管，弁類漏水，腐食，発錆有無確認				○	○			
		ポンプカップリングボルトの片あたり，摩耗の有無確認				○	○			
		ポンプへの異物混入，詰まり有無確認				○	○			
		ポンプ漏水状況確認				○	○			
		水中ポンプ絶縁抵抗測定				○	○			
	圧縮空気装置	空気タンク，ブレーキタンクの目視点検				○	○			
		空気圧縮機目視点検				○	○			

資料表 11－10 点検対象機器別点検頻度表（10／10）

【発電機関係】

点検対象機器	点検対象部品	点検項目	点検頻度							
			一般水力発電設備					簡易発電システム		
			2週間	6ヶ月	1年	5年	10年	1ヶ月	1年	5年
発電機	発電機本体	軸受油量の確認	○					○		
		軸受温度の確認	○					○		
		油槽漏油の確認	○					○		
		軸受温度，異常音の有無確認		○	○	○	○		○	○
		グリース又は潤滑油の補給		○	○	○	○		○	○
		カップリングブッシュ劣化の有無確認				○	○		○	○
		ベアリング交換					○			○
		内部点検，各締付部点検			○	○	○		○	○
		絶縁抵抗測定			○	○	○		○	○
		回転整流器点検			○	○	○		○	○
		分解清掃，ワニス処理					○			(○)
	AVR	全般および取付器具の異常の有無確認		○	○	○	○		○	○
		絶縁抵抗測定			○	○	○		○	○
		各部特性試験					○			(○)
		動作特性試験（インディシャル応答，APFR特性）					○			(○)

（　）：2頻度毎（10年）

【逆変換装置関係】

点検対象機器	点検対象部品	点検項目	点検頻度							
			一般水力発電設備					簡易発電システム		
			2週間	6ヶ月	1年	5年	10年	1ヶ月	1年	5年
逆変換装置	構造部品 電気部品	温度･湿度，油気･塵埃，音･振動に異常がないか確認	○	○	○	○	○	○	○	○
		盤外被，扉，吸気口の汚れを目視点検（1年点検では必要なら清掃）	○	○	○	○	○	○	○	○
		変圧器，リアクトル端子部，プリント板類の汚れの目視点検と清掃			○	○	○		○	○
		主回路，制御回路接続部の緩み点検と増し締め			○	○	○		○	○
		主回路部品の外観点検（膨らみ，変色，腐食，油漏れ）		○	○	○	○		○	○
		制御回路部品の外観点検（破損，変色）		○	○	○	○		○	○
		冷却ファンの正常回転の確認（3年を目処に交換する）	○	○	○	○	○	○	○	○
	性能測定 機能試験	絶縁抵抗測定（インバータユニットのメガテストは行わない）			○	○	○		○	○
		制御回路の動作確認，設定値の確認			○	○	○		○	○
		シーケンス試験（始動，停止，保護連動）			○	○	○		○	○
		波形観測（入出力電圧，電流波形の観測）			○	○	○		○	○

巻末資料－12　一般市販管による水圧管技術基準(案)

一般市販管による
水圧管路技術基準(案)

・硬質塩化ビニル管
・ポリエチレン管
・耐圧ポリエチレンリブ管　　編

― 付 解 説 ―

財団法人　新エネルギー財団

(経済産業省　資源エネルギー庁　委託調査)

水力資源有効活用技術開発調査

小水力発電部会　委員名簿

（平成１８年度）

役名	氏　名	所　属　お　よ　び　職　名
主査	山中　豪俊	電源開発㈱　東日本支店　田子倉電力所　所長
副主査	笠原　強造	東京電力㈱　信濃川電力所　土木建築グループ　副長
委員	細越　　亮	東北電力㈱　土木建築部　水力土木グループ　主任
委員	大濱　隆司	九州電力㈱　土木部　土木計画・建設グループ　チーフ
委員	斉藤　恵吾	群馬県企業局　発電課　主任
委員	白石　達也	東京発電㈱　水力事業部　運営管理グループ　ﾏﾈｰｼﾞｬｰ
委員	大和　昌一	富士電機システムズ㈱　e‐ソリューション本部 エネルギーソリューション統括部　担当部長 営業技術部
委員	安蒜　和浩	㈱明電舎　発電制御装置部　技術課　技師

本基準(案)は，平成 14 年度から 18 年度にわたり，資源エネルギー庁からの委託により（財）新エネルギー財団が実施した「水力資源有効活用技術開発調査」のうちの「小水力資源有効活用技術開発調査」のなかで，コストダウンに向けた技術検討・詳細調査の一環として実施した“一般市販管による水圧管路の適用に関する検討”の成果を取りまとめたものである。

本調査を実施するにあたっては，（財）新エネルギー財団に上記専門部会を設置し，本調査に関する基本的事項，具体的・専門的事項について審議した。

一般市販管による水圧管路技術基準(案)

・硬質塩化ビニル管
・ポリエチレン管
・耐圧ポリエチレンリブ管　　編

目　　次

第１節　総　　則
第１条　適用範囲……1
第２条　定　　義……1

第２節　計画一般
第３条　計画，設計……3
第４条　設計に用いる内圧……5
第５条　設計に用いる外圧……9
第６条　損失水頭……10

第３節　材　　料
第７条　主要耐圧部の材料……13
第８条　付属設備の材料……15
第９条　材料試験……15

第４節　主要耐圧部の設計
第１　一般事項
第10条　設計の原則……17
第11条　余裕厚……17
第12条　設計に用いる寸法……18
第13条　継手効率……18
第14条　設計に用いる物性値……18
第15条　考慮する荷重……21
第16条　荷重の組合せ……22
第17条　許容応力……22
第18条　許容応力の割増……24

第 19 条　主要耐圧部の設計 24
第 20 条　振動に対する考慮 25
第 21 条　使用環境に対する考慮 26
第 22 条　摩耗に対する考慮 27
第 2　露出形式水圧管
第 23 条　考慮する荷重 30
第 24 条　荷重の組合せ 30
第 25 条　管と支承の摩擦係数 31
第 26 条　応力の算定 31
第 3　土中埋設形式水圧管
第 27 条　考慮する荷重 36
第 28 条　荷重組合せ 36
第 29 条　埋設条件 37
第 30 条　応力の算定 38

第 5 節　付属設備
第 31 条　継手 45
第 32 条　継手の設計 47
第 33 条　曲管 47
第 34 条　漸縮管 48
第 35 条　分岐管 49
第 36 条　付属設備設置に伴う欠損部の補強 50
第 37 条　スラストカラ 50
第 38 条　マンホール 51
第 39 条　空気管及び空気弁 51
第 40 条　制水弁，バイパス管及びバイパス弁 52
第 41 条　排水管及び排水弁 53
第 42 条　支台及びアンカブロックの位置と基礎 53
第 43 条　支台及びアンカブロックに考慮する荷重 55
第 44 条　支台及びアンカブロックの安定検討 59
第 45 条　支台の支承部 61
第 46 条　アンカボルト等 62

第 6 節　製作

第 47 条　試験及び検査……63
第 48 条　付属設備の製作……64

第 7 節　据付け

第 49 条　取扱い……65
第 50 条　据付一般……65
第 51 条　継手の施工……66
第 52 条　調整管……67
第 53 条　充水及び運転試験……67
第 54 条　銘板……68

第 8 節　保守管理

第 55 条　漏水の防止……69
第 56 条　継手の整備……69
第 57 条　空気管及び空気弁の整備……69
第 58 条　振動の軽減……70
第 59 条　完成後の水質に対する考慮……70
第 60 条　管の点検……71
第 61 条　補修又は取替え……71
第 62 条　支台及びアンカブロックの補修……71
第 63 条　敷及び切取りのり面の保護……72

第１節　総　　則

(適用範囲)

第１条　本基準(案)は，水力発電所の一般市販管による水圧管路に適用する。

〔解説〕

本基準(案)は，第２条に定義する一般市販管による水圧管路（以下「一般市販管」という）に適用するものである。

一般市販管は水圧管路のみならず導水路及び余水路などの材料としても適用可能な材料であり，これらに使用する場合においては荷重条件など個々の諸条件を勘案のうえ，内圧の有無に関わらず本基準(案)に従う。

なお，関連する法規及び基準は以下のとおりであり，これらを考慮して設計する必要がある。

（関連する法規類）

1) 発電用水力設備に関する技術基準を定める省令，
同技術基準の解釈について　[経済産業省]
2) 電気設備に関する技術基準を定める省令，
同技術基準の解釈について　[経済産業省]
3) 河川管理施設等構造令及び同施行規則　[国土交通省]
4) 労働安全衛生規則　[厚生労働省]
5) ボイラ構造規格　[厚生労働省]
6) 圧力容器構造規格　[厚生労働省]

（参考となる基準規格類）

1) 水門鉄管技術基準　水圧鉄管編及び FRP(M)水圧管編　[水門鉄管協会]
2) 日本工業規格　[経済産業省]
3) 土地改良事業計画設計基準(パイプライン)　(以下，単に”農林基準”と略す)　[農林水産省]
4) 水道施設設計指針（以下，単に”水道指針”と略す）　[日本水道協会]
5) コンクリート標準仕様書　[土木学会]

(定義)

第2条　本基準(案)において「一般市販管」とは，硬質塩化ビニル管（PVC-U，本基準(案)の中では単に”塩ビ管”と略す)，ポリエチレン管（本基準(案)の中では単に”ポリ管”と略す)，耐圧ポリエチレンリブ管（ハウエル管，本基準(案)の中では単に”リブ管”と略す）とする。

2. 本基準(案)において「一般市販管による水圧管路」とは，取水口やヘッドタンク

又はサージタンクから水車に導水するために設けられた工作物であって，一般市販管による水圧管路の主要耐圧部及び付属設備とする。

3. この基準において「主要耐圧部」とは，一般市販管の管胴本体とする。

4. この基準において「付属設備」とは，次に上げるものとする。

(1) 継手

(2) 異形管，スラストカラ，その他主要耐圧部と密接な関係があるもの

(3) マンホール

(4) 空気管及び空気弁

(5) 制水弁及びそのバイパス管並びにバイパス弁

(6) 排水管及び排水弁

(7) 支持構造物

〔解説〕

1. 本基準(案)で対象とする「一般市販管」とは以下の管をいう。

1) 硬質塩化ビニル管(PVC-U)（本基準(案)の中では単に”塩ビ管”と略す）

2) ポリエチレン管（本基準(案)の中では単に”ポリ管”と略す）

3) 耐圧ポリエチレンリブ管(ハウエル管)

（本基準(案)の中では単に”リブ管”と略す）

なお，一般市販管としては，農業用パイプラインなどで使用されているプレストレストコンクリート管（PC 管）が存在するが，既に『発電用水力設備に関する技術基準を定める省令』第 26 条の四においてコンクリートの材料が規定されていることから，本基準(案)では対象外とした。

2. 本基準(案)で対象とする一般市販管は第 7 条に規定する管種とする。

3. 「一般市販管による水圧管路」は，例えばダム式発電所やサージタンクを省略したダム水路式発電所で，取水口から水車に導水する管路，又はヘッドタンクもしくはサージタンクから水車までの管路とする。

4. 継手は第 31 条に規定する形式とする。

5. 付属設備のうち異形管としては曲管，漸縮管，分岐管などがあり，「主要耐圧部と密接な関係があるもの」とは，例えば，主要耐圧部と一体となって働く構造物などで，主要耐圧部の強度に重大な影響を及ぼすものとする。

6. 付属設備のうち「支持構造物」とは，一般市販管を支持する構造物のことで，支台の支承部やアンカボルト等を含むものとする。支持構造物は管路形式によって以下のような構造となる。

露出形式⇒支台(中間 2 点支持，連続支持など)，アンカブロック

土中埋設形式⇒砂（土質材料）基礎，コンクリート基礎

第 2 節　計画一般

（計画，設計）

第3条　一般市販管による水圧管路の計画，設計は，安全性，経済性，施工性を考慮する。

〔解説〕

一般市販管による水圧管路は，発電用水力設備の重要構造物のひとつであり，設備の安全管理を前提として，管路の機能性，施工性，保守管理等を考慮し，最も経済的な計画，設計とする。

水圧管路計画において，一般市販管を採用することの利点としては下記のような事項が挙げられる。

1)　用地や施工条件を含めて総合的に評価した場合，鋼管や FRP(M)管に比べて経済的に有利となる可能性があること。
2)　比較的軽量で施工性に優れること。また，ポリ管やリブ管（融着接合）では，管が一体化するため曲線配置が可能であり，曲管の省略が可能なこと。
3)　一般市販管として資材の入手が容易なこと。
4)　水理特性（内面粗度が小さい）が優れていること。

なお，一般市販管の採用にあたっては，水圧管独自の経済性のみでなく，発電所全体計画の経済性を考慮して計画，設計する必要がある。

一般市販管は，特に次の要素を考慮して計画，設計する。

(1)　経路

一般市販管の経路は，材料本体からは平面，縦断面共直線形とするのが望ましいが，軽量，耐蝕性，継手の角変位及び軸変位に対する追随性等の特有の機能を活用し，地形，地質，環境条件及び経済性等に十分配慮した配置とすべきである。

ただし，縦断勾配は取水口，ヘッドタンク又はサージタンクの水位が最低の場合でも，水圧管路が動水勾配線以下となるように選定し，水車の負荷変動(遮断，無拘束運転時を含む)によって負圧を生じないようにする必要がある。

(2)　一般市販管の支持形式

一般市販管の支持形式は露出式と埋設式に大別される。

露出管の支持形式としては両端支持，中間 2 点支持，連続基礎支持等が代表的なものであり，基礎条件，応力条件，単管長の選択等を考慮して選択される。

埋設管の場合は土質材料によって支持されるが，施工条件による設計外圧，管周方向曲げモーメント，許容内圧，たわみ率，管軸方向曲げ応力等について検討

する。

なお，水圧管路として一般市販管を対象としている水道指針や農林基準においては土中埋設を基本としている。

また，一般市販管を露出配管とする場合，塩ビ管については紫外線による劣化が懸念されるため，適切な紫外線対策を施さなければならない。また，ポリ管やリブ管の場合は，カーボンブラックの配合によって紫外線に対応することを基本とし，さらに，線膨張係数が大きいことやクリープ特性が比較的強いため，温度変化，固定部や他の管との接合部の設計，継手の構造（伸縮継手を設けないなど）形式などについて適切に対応する必要がある。

(3)　一般市販管の施工法

一般水力で取水地点と水車を直結する計画では，水圧管路の工事工程が全工程に影響する場合もあるので，仮設備(道路)を含む施工法が重視される。

水圧管路工事が発電所全体の工事工程を支配する要素となる場合があるので，一般市販管の接合時間が短い特性を活かした施工法等を重視した計画を行う必要がある。

(4)　水圧管路の条数

水圧管路の工事費は一般に条数とともに増加するので,管路が長い場合は管径,輸送限界，強度限界等を考慮し，適切な位置に分岐部を設けて，それより上流の管路条数を減らすのが望ましい。

(5)　管径

発電用水力設備の一部である水圧管路の建設費のみに着目することなく，発電計画全体を考慮した経済性の検討が必要である。

水力発電に関する評価方法としては，一般に建設単価法と C/V 法が用いられている。建設単価法は発電所の出力(kW)当りの建設費，あるいは発電電力量(kWh)当りの建設費によって評価する考え方である。一方，C/V 法は，水力発電所の経費を C（Cost）とし，水力発電所の便益（水力発電所の代わりに火力発電所を建設した場合に要する経費に相当）を V（Value）として，その比によって経済性を評価する考え方である。

なお，一般市販管を用いて比較的小規模な自家消費型の水力発電所を計画する場合は,上記評価手法に加えて,「キャッシュフロー」による発電計画の収支予想を行うことが有効となる[1)]。

一般市販管の管径は,任意の管径を特別注文によって製作することもできるが,一般には，予め設定されている呼径のものの中から選択するのが設計，製作上から経済的である。

---

1) ハイドロバレー計画ガイドブック　経済産業省資源エネルギー庁　(財)新エネルギー財団,平成 17 年 3 月

管径は，まず通常の水圧鉄管の場合に考えられる平均管径に近似する呼径のものを選択し，最終的に採用する呼径は，上記で選択した呼径の上下の呼径のものを比較案として設定し，それぞれの工事費，有効出力，有効電力量の増減に基づく経済性を比較検討して最も経済的な管径を選択する。

(6)　管材料（管種）

一般市販管の主要耐圧部の材料は第 7 条で規定する。

一般市販管は設計条件と各管の特性に応じて，充水時，満水時，空虚時の強度計算から管厚を決定するか，又は管種を選定する。

表-3-1 に各一般市販管の種類を示す。

表-3-1(1)　塩ビ管の種類

記号	最大使用圧力※ (MPa)	呼び径 (mm)
VH	1.25	50～150
VP	1.00	13～300
VM	0.80	350～500
VU	0.60	40～700

※最大使用圧力は参考値であり，VHはAS60, VP,VM, VUはJIS K 6741に規定される値。

表-3-1(2)　ポリ管の種類

記号	最大使用圧力※ (MPa)	呼び径 (mm)
SDR11	1.60	10～550
〃 13.6	1.25	10～700
〃 17	1.00	10～700
〃 21	0.80	10～1100
〃 26	0.63	10～1500
〃 29	0.57	10～1500
〃 33	0.50	10～1500

※最大使用圧力は参考値であり，農水ポリエチレン管協会で規程している値。ここで示される値はISO 4427の考え方(ISO 4427 3.6)に準じたものであり，MRS（長期強度＝50年後に予想される強度)に対して安全率1.25を考慮して設定された値である。この考え方及び安全率は，JIS K 6761 付属書３にも明記されている。

表-3-1(3)　リブ管の種類

記号	最大使用圧力※ (MPa)	呼び径 (mm)
5K	0.50	300～1000
4K	0.40	300～1000
1K	0.10	200～2000

※最大使用圧力は参考値であり，高耐圧ポリエチレン管協会で規程している値。

(7)　単管の有効長

一般市販管の有効長は，JIS など，第 7 条に示す材料の規格を標準とし，工場での製作，輸送制限，支持方式，据付施工，工期等を総合的に検討して決定する。

(8)　既設設備の補修又は取替え

既設水圧管の補修又は取替えについては，第 8 節で規定する。

(設計に用いる内圧)

第 4 条　設計に用いる内圧は，静水圧にサージング及び水撃作用による上昇圧を加算して，起こり得る最大水圧とする。

〔解説〕

一般市販管に作用する内圧には，静水圧の他に，水車の負荷変動に伴うサージングによる水圧変動及び水撃作用による水圧変動がある。

一般市販管はこれらを考慮して起こり得る最大の内圧に対し安全でなければならない。

サージングによる上昇水圧と水撃作用による上昇水圧を加算する場合には，同時点で起こり得る上昇水圧の加算値の最大値をとればよい。

単動サージタンクの場合は，水撃作用による上昇水圧と，サージングによる上昇水

圧は重ならないと考えてよいが，水圧管路の上流部においては「静水圧+サージングによる上昇水圧」が「静水圧+水撃作用による上昇水圧」より大きくなることがあるので注意を要する。

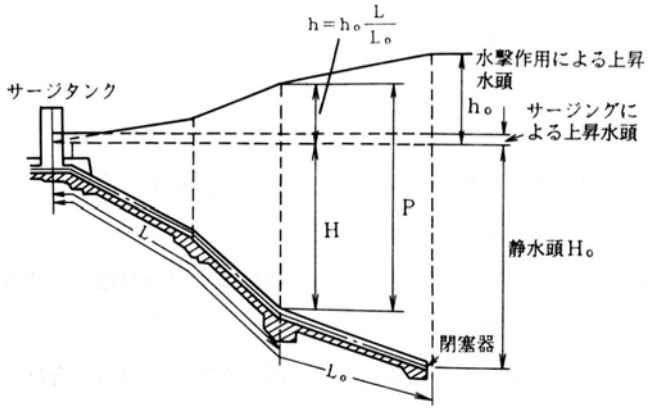


図-4-1　設計に用いる内圧の例(単動サージタンクの例)

(1)　静水圧

静水圧は，流込み式でヘッドタンクに越流頂がある場合はヘッドタンクの越流頂から，越流頂が無い場合は最大取水時のヘッドタンク内での定常時水位から，ダム式又はダム水路式の場合は，貯水池又は調整池の常時満水位から当該箇所の管中心までの標高差恐れぞれ静水圧としてとるものとする。なお，閉塞器位置での水撃作用による上昇水圧の算定に用いる最大静水圧は,水車中心(ペルトン水車の場合はノズルの分岐点中心)までの標高差をとるものとする。

(2)　サージングによる最大上昇水圧

サージングによる最大上昇水圧は，流込み式でヘッドタンクに越流頂がある場合は，全負荷遮断時のヘッドタンクにおける余水の越流水位より越流頂までの標高差とし，越流頂がない場合は，最大取水時の最高水位から定常時の水位までの標高差をとるものとする。また，サージタンクを有する場合は，貯水池又は調整池の発電計画最高水位で全負荷遮断時のサージタンクにおける最高上昇水位から計画最高水位までの標高差をとるものとする。

(3)　水撃作用による上昇水圧

水撃作用による上昇水圧は，サージタンク，閉塞器，制圧機等の機能，管路定数等によって左右されるが,最大値は閉塞器の中心位置において生じ(フランシス水車ではガイドベーン，ペルトン水車ではニードルバルブで最大を生ずるが，一般に計算上は水車中心と仮定する),管路に沿って漸減し,水槽において消滅する。水撃作用による上昇水圧の漸減割合は，同一管径の場合は管路長に比例する。

なお，水撃作用による上昇水圧が消滅する位置は次のとおりとする。

1) ヘッドタンク，単動サージタンク:水面の急拡する位置
2) 差動サージタンク：ライザの越流頂
3) 水室サージタンク：上部水室のある場合は水面の急拡する位置
その他の場合はシャフト越流頂

ただし，サージタンクが比較的細長い場合や制水口形の場合は，サージタンクの基部で水撃圧は消滅しないので計算等により求める必要がある。

ペルトン水車の場合の水車中心の水撃作用による上昇水圧は，計算上は 10%以下であっても 10%以上とっておかなければならない。

また，最大負荷時よりも部分負荷時の方が大きいことがあるので，注意を要する。制圧機のない場合の水撃作用による上昇水圧の計算式は，Allievi の管路定数ρによって次の(A)，(B)に分類される。

記号 $\rho = \dfrac{\alpha V_0}{2gH_0}$ ..... Allievi の管路定数

$\theta = \dfrac{\alpha T}{2L_0}$ ..... 閉塞器の閉鎖時間定数

$n = \dfrac{\rho}{\theta}$

h_0：水撃作用による閉塞器位置における上昇水頭(m)

H_0：水車端における閉塞器全閉後の静水頭(m)

L_0：管路の長さ(m)

$V_0 = \dfrac{\Sigma (V_i \cdot L_i)}{L_0}$: 平均流速(m/s)

L_i：速度 Vi 部分の管長(m)

V_i：ある区間の流速(m/s)

T：閉塞器の閉塞時間(s)

g：重力の加速度(m/s^2)

α：圧力波の伝播速度(m/s)

$$\alpha = \left\{ \rho_w \left(\frac{1}{K} + \frac{D}{Et} \right) \right\}^{-1/2}$$

D：管径(m)

ρ_w：水の密度(kg/m^3)

K：水の体積弾性係数(N/m^2)

E：管材の弾性係数(N/m^2)

t：管厚(m)

(A)　$\rho > 1$ の場合

$$\frac{h_0}{H_0} \geqq 50\% \text{のときは,} \frac{h_0}{H_0} = \frac{n}{2}\left(n + \sqrt{n^2+4}\right) \quad \cdots\cdots (4.1)$$

$$\frac{h_0}{H_0} < 50\% \text{のときは,} \frac{h_0}{H_0} = \frac{2n}{2-n} \quad \cdots\cdots (4.2)$$

$$\frac{h_0}{H_0} \quad 30\% \text{のときは,} \frac{h_0}{H_0} \quad 1.10n \quad \cdots\cdots (4.2)$$

(B)　$\rho < 1$ の場合

$$\frac{h_0}{H_0} = \frac{2n}{1+n(\theta-1)} \quad \cdots\cdots (4.3)$$

(A)及び(B)の条件は Schlag の条件[1)]に近似する条件で，(4.1)式は Allievi 式であり，(4.2)式は Sparre の式[1)]である。また(4.2)及び(4.3)式は Calame-Gaden の式ともいわれている。

また，フランシス水車の場合，(A)及び(B)の条件にわたって使用できる経験式として，次式が提案されている。[1)]

$$\frac{h_0}{H_0} = \left[\frac{0.75}{\theta\sqrt{\theta}} + 1.25\right] n \quad \cdots\cdots (4.4)$$

制圧機の有る場合の水撃作用による上昇水圧は，制圧機の動作状況が明らかであればその効果を考慮して(4.5)式で計算してもよい(既設水圧管を取替える場合には，制圧機の信頼性について十分考慮する必要がある)が，この場合には少なくとも制圧機が無いものとして計算した値の 50%以上としなければならない。

この場合の水撃作用による上昇水圧の計算式は次式のようになる。

$$\frac{h_0}{H_0} = \frac{2\tau}{1-\tau+\frac{1}{\rho}} \quad \cdots\cdots (4.5)$$

ここに，$\tau = \frac{\Delta T}{T}$

ΔT：ガイドベーン閉鎖開始時刻と制圧機作動開始時刻の差(s)

ただし，この場合，水車から $L - \frac{\alpha \cdot \Delta T}{2}$ の位置までの上昇水位は漸減しない。

水撃作用による上昇水圧の実測値は，水車特性の影響によって 10～15%程度計算値と相違することが多いので，20%程度の余裕をとることが望ましい。ただし，上述の(4.4)式には 20%の余裕が考慮されている。

---

1)秋元徳三，水力発電所における水撃作用について，水門鉄管，No49.1966

また，次のような場合には図式解法あるいは逐次計算を行う必要がある。

1)　分岐管路の場合で,分岐点の位置が管路長さに比べて水車から遠い場合。
(低落差の場合は比較的簡単に算出できる計算式[2)]が提案されている。)

2)　差動形サージタンク等のように,サージングによる水位上昇が速い場合。
(多くの場合，(4.1)～(4.5)式でよい。)

3)　制水口形サージタンクの場合(Jaeger の式[2)]等も用いられる。)

4)　ポンプ水車の場合

なお，本基準(案)で対象とする塩ビ管，ポリ管，リブ管では，鋼材や FRP(M)管に比べて弾性係数が小さいため水撃圧は小さくなる。

[参考]

水撃圧について水道指針では”ダクタイル鋳鉄管，鋼管及びステンレス鋼管では目安として 0.45MPa～0.55MPa が見込まれ，塩ビ管及びポリ管では，管材のヤング率が前記の管材に比べて小さいことから 0.25MPa を見込む”とされている。

(設計に用いる外圧)

第 5 条　設計に用いる外圧は，排水時や管内空虚時のほか，施工時を通じて起こり得る最大圧力とする。

〔解説〕

一般市販管には，一般に次のような外圧が作用する。管はこれらを考慮して起こり得る最大の外圧に対して耐えられる構造としなければならない。

(1)　排水時の外圧

管内水排水時に管内への空気の自由流入が拘束されると，管に負圧が作用する。その場合には，負圧による圧壊を防ぐため，管内外の圧力差が 0.02MPa 以内で，必要な空気量を導入できる空気管又は空気弁を設けるので，外圧は管内外の圧力差 0.02MPa を考慮するものとする。

ただし，排水時に空気が自由に流入し，負圧を生ずる恐れがない場合にはこの必要はない。

---

2)秋元徳三，分岐管のある水圧管における水圧上昇率略算式，水門鉄管，No51.1967

(2)　管内空虚時の外圧

埋設形式では，地山の浸透水圧が外圧として作用する。地山の浸透水圧は，予想される地下水位による外圧とするが，水圧管の周辺に排水設備を設置して外圧を減少させる措置を行えば，設計圧力を減らすことができる。

土中埋設形式では，土圧，載荷重，雪荷重が外圧として作用する。設置高さが想定される地下水位より低い場合は，浮力も考慮する必要がある。

(3)　施工時の外圧

土中埋設形式の場合は，施工時の土の締固め及び内部支保工等の検討を行う必要がある。

(損失水頭)

第 6 条　損失水頭は，できるだけ小さくなるように設計する。

〔解説〕

発電所の損失落差全体に占める水圧管路の損失水頭の割合はかなり大きい。発電所の経済性は第 3 条解説(6)のように，有効出力，有効電力量に基づく年間効用を基本として評価され，損失水頭はこれと大きく関わるので，管径を増大させても，損失水頭の減少によって総合経済性を高められる場合がある。

特に，低落差の発電計画では，経済性に及ぼす損失水頭の影響が大きいので注意を要する。

水圧管路の損失水頭は，摩擦損失のほか，継手，流入，漸縮，漸拡，曲り，分岐，合流，制水弁等の構造にもかなり影響されるので，これらの構造についてはできるだけ損失水頭が小さくなるように設計する。

一般市販管の主な損失水頭は下記によって算出する。

(1)　摩擦による損失水頭

$$h_f = f' \cdot \frac{L}{R} \cdot \frac{V^2}{2g} \qquad f' = \frac{2g \cdot n^2}{R^{1/3}}$$

ここに，h_f：摩擦による損失水頭(m)

n：Kutter(クッタ)の粗度係数($m^{-1/3} \cdot s$)

L：管路の長さ(m)

V：流速(m/s)

R：管路の径深(m)

g：重力の加速度(m/s^2)

特に円形断面の場合，Ｄを管内径とすると $\frac{f'}{R}=\frac{124.5n^2}{D^{4/3}}$ である。

本基準(案)で対象とする一般市販管の粗度係数(n)は以下の程度とされている。

1)　塩ビ管の粗度係数は 0.010（下水道施設計画・設計指針）

2)　ポリ管及びリブ管は 0.010（メーカー試験値）

なお，FRP(M)管の粗度係数は 0.010～0.012(水門鉄管基準 FRP(M)水圧管編)，鋼管は 0.010～0.014(水門鉄管基準 水圧鉄管編)，PC 管は 0.013(下水道施設計画・設計指針)又は 0.010（日本大学実験報告書）とされている。

また，水道指針及び農林基準では，摩擦による損失水頭をヘーゼン・ウィリアムス公式により求めることを基本としている。この場合，塩ビ管，ポリ管，リブ管及び FRP(M)管の流速係数©は 150（φ150 以下は 140），鋼管及び PC 管は 130 とされている。

(2)　継手による損失

一般市販管の通常の継手による損失は，無視することができる。

しかし，継手の溝が管内径に対して相対的に深く長い場合は，急拡，急縮による損失水頭の算定が必要となる。また，この損失水頭を軽減するために，管内面から溝を覆うスペーサの設置も考えられるが，慎重な検討が必要である。

(3)　流入，漸縮，漸拡，曲りによる損失水頭

流入，漸縮，漸拡，曲りによる損失水頭は表-6-1 によるものとする。

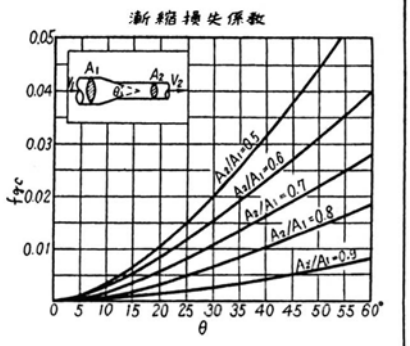
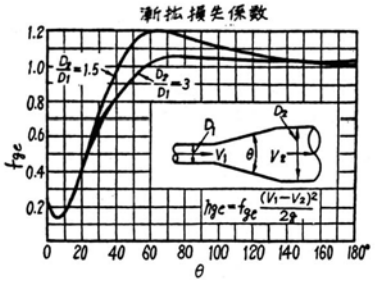
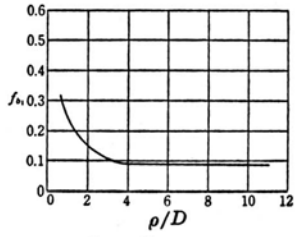
(4)　その他の損失

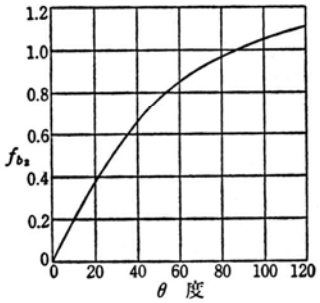
分岐，合流，制水弁等による損失があるが，水圧鉄管と同様とする。

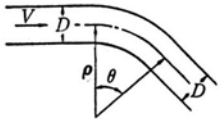
弁の損失水頭は，その構造及び運用によって水理特性が異なるため，適切な損失係数を確認するものとする。

また，継手やマンホール等の部分にもわずかの損失水頭が生ずるので，損失水頭の総和に若干の余裕を加えることが望ましい。

表-6-1　損失水頭

<table>
<tr><th>損失水頭の種類</th><th>計　　算　　式</th><th>摘　　要</th></tr>
<tr><td>(1) 流入による損失水頭</td><td>$h_e=f_e\cdot\frac{V^2}{2g}$
h_e：流入による損失水頭
f_e：流入損失係数
V：流入後の流速</td><td>
<table>
<tr><th>流入口形状</th><th>f_e</th></tr>
<tr><td>角端</td><td>0.5</td></tr>
<tr><td>隅切り</td><td>0.25</td></tr>
<tr><td>丸味つき（円形）</td><td>0.1</td></tr>
<tr><td>〃（方形）</td><td>0.2</td></tr>
<tr><td>$\frac{1}{4}$長円のベルマウス</td><td>0.01～0.05</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>(2) 漸縮による損失水頭</td><td>$h_{gc}=f_{gc}\frac{V^2}{2g}$
h_{gc}：漸縮による損失水頭
f_{gc}：漸縮損失係数
V：漸縮後の流速</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>(3) 漸拡による損失水頭</td><td>$h_{ge}=f_{ge}\frac{(V_1-V_2)^2}{2g}$
h_{ge}：漸拡による損失水頭
f_{ge}：漸拡損失係数
V_1：漸拡前の流速
V_2：漸拡後の流速</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>(4) 曲りによる損失水頭</td><td>$h_b=f_{b1}\cdot f_{b2}\cdot\frac{V^2}{2g}$
h_b：曲りによる損失水頭
f_{b1}：曲りの曲率半径ρと管径Dとの比(ρ/D)によって決まる損失係数，但し曲りの中心角が90°の場合（図―(a)）
f_{b2}：任意の曲り中心角θの場合の損失と中心角90°の場合の損失の比　（図―(b)）
V：流速
f_{b1}，f_{b2}については次の実験式がしばしば用いられる。
$f_{b1}=0.131+0.1632\left(\frac{D}{\rho}\right)^{7/2}$
$f_{b2}=\left(\frac{\theta°}{90°}\right)^{1/2}$
なお，上式で与えられるh_bには摩擦損失水頭は含まない。</td><td> 

(a)　f_{b1} の値　（$\theta=90°$）
 

(b)　f_{b2} の値
 
</td></tr>
</table>

第3節　材　　料

(主要耐圧部の材料)

第7条　主要耐圧部に使用する材料を表-7-1に示す。

表-7-1 主要耐圧部に使用する材料

管種		規格	口径（呼び径）
塩ビ管	硬質塩化ビニル管	JIS K 6741 (2004)	13～700㎜
	水道用硬質塩化ビニル管	JIS K 6742 (2004)	13～150㎜
	水道用ゴム輪形硬質塩化ビニル管	JWWA K 127 (2004)	50～150㎜
	水道用ゴム輪形耐衝撃性硬質塩化ビニル管	JWWA K 129 (2004)	50～150㎜
	水道用ゴム輪形硬質塩化ビニル管	AS 31 (2001)	125～300㎜
	水道用ゴム輪形耐衝撃性硬質塩化ビニル管	AS 33 (2001)	125～300㎜
	農業用水用厚肉硬質塩化ビニル管	AS 60 (2000)	50～150㎜
ポリ管	一般用ポリエチレン管	JIS K 6761 (2004)	10～300㎜
	水道用ポリエチレン2層管	JIS K 6762 (2004)	13～50㎜
	農業用高密度ポリエチレン管	農水ポリエチレン管協会規格(ISO 4427(1996))	250～1500㎜
リブ管	耐圧ポリエチレンリブ管	JIS K 6780 (2003)	200～2000㎜
	内圧用高耐圧ポリエチレン管（ハウエル管）	高耐圧ポリエチレン管協会規格　(2005)	300～1000㎜

〔解説〕

1．一般市販管の採用にあたっては，使用材料の性質が明確なものを使用する必要があり，製作に先立ち使用材料の材料検査を行って，JIS 又は当該規格に合格していることを確かめなければならない。ただし，その材料が製作工場において実施された材料の成績試験表によって明らかにされているものについては，その成績表をもって材料試験に変えることができる。本条の材料試験は，強度のみならず，寸法(厚さ)が許容値内にあるか否かの試験も含むものである。

また，表-7-1に示す材料で，詳しく規定されていない仕様（例えば，継手の水密性など）については，計画地点の条件に応じて，第32条など，本基準(案)の各条項に適合することを確認しなければならない。

2．表-7-1 中のに示す耐圧ポリエチレンリブ管（JIS K 6780 (2003)）のゴム輪継手（ガスケット接合）の管は外圧管としての規定であるが，高耐圧ポリエチレン管協会が内圧用に使用可能なことを確認したうえ，農業用や下水道用の内圧管として使用している(1K種，最大使用圧力 0.1MPa)ことから使用材料として取り入れることにした。

3．ポリ管及びリブ管の原材料は，PE100又はPE80に分類される高密度ポリエチレンを基本とする。

ここで，PE100とは，ISO 9080(1998)の方法1を用い，20℃で50年外挿下方信頼性限界(LCL)を用いたときの最小要求強度(MRS)が10.0MPaであるポリエチレンである。また，PE80は，同様の最小要求強度(MRS)が8.0MPaとなるポリエチレンである。

4. 本基準(案)で対象とする一般市販管の製造方法は以下のとおりである。

1) 塩ビ管；押出成形法
2) ポリ管；押出成形法
3) リブ管；スパイラルワインディング押出成形法

塩ビ管及びポリ管の製造方法である押し出し成形法は,パイプなどのようなエンドレスの長尺物を連続成形する方法であり，原材料を加熱シリンダ（バレル）内へ送り込み，加熱流動化させ，先端のダイ（原料の通過断面穴を持った金型）を通過させて形を与え，これを水又は空気で冷却固化させて成形する方法である（図-7-1参照）。

一方,リブ管の製造方法であるスパイラルワインディング押出成形法は，原材料を押出機にて加熱溶融し，口金より押し出すと共に回転中の筒状芯金の周囲に巻き付け成形する方法である（図-7-2参照）。

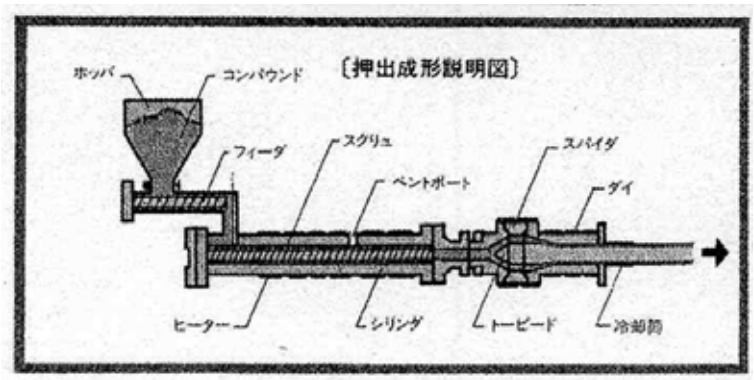


図-7-1 押出成形法

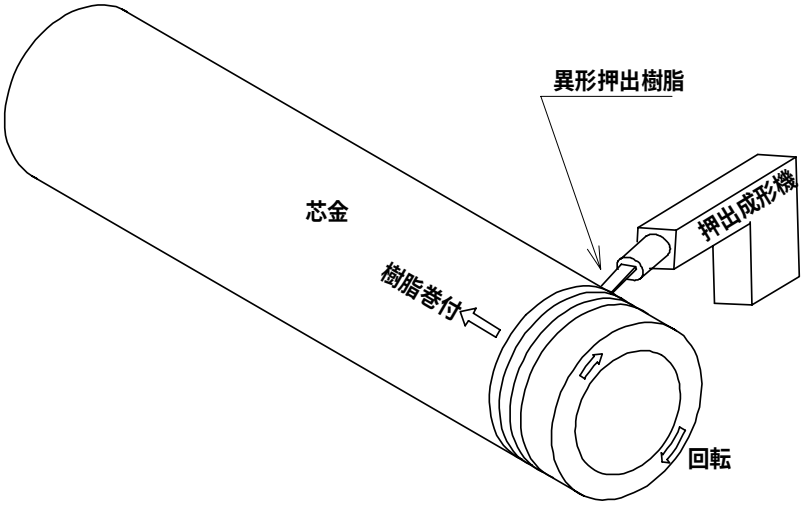


図-7-2 スパイラルワインディング押出成形法

(付属設備の材料)

第 8 条　付属設備に使用する材料は，次のとおりとする。

(1)　継手：第 7 条に定める材料（水密ゴムを除く）又はこれと同等以上のもの

(2)　主要耐圧部と密接な関係のあるもの：第 7 条に定める材料と同等以上のもの

(3)　水密ゴム：JIS K 6353(1991)「水道用ゴム」又はこれと同等以上のもの

〔解説〕

継手には，塩ビ管やリブ管のような主要耐圧部と一体に形成される「ソケット形」と，ポリ管の場合のように別個に整形される「スリーブ形」があり，ポリ管やリブ管では，接合部を溶接（融着）する直接継手がある。いずれも主要耐圧部と密接な関係を持ち，それと同等の機能及び強度が要求されるため，主要耐圧部と同様に第 7 条に定める材料，又はこれと同等以上の性質を有する材料とする。

継手については，第 47 条解説，第 51 条解説，第 53 条解説に従って必要な試験を実施し，その強度及び水密性を確認する。なお，この場合，管の製作工場が各種試験を実施し，それぞれのデータ（強度，物性値等）を的確に把握している場合は，試験を省略することができる。

主要耐圧部と特に密接な関係のある設備については，主要耐圧部と一体となって荷重に対応するため，主要耐圧部と同様に第 7 条に定める材料と同等以上の性質を有する材料とする。

水密ゴムは，機械的性質が JIS K 6353(1991)「水道用ゴム」に合致するものとする。

アンカバンド等，主要耐圧部に直接取付けないその他の付属設備は，通常は鋼材を使用するので，「水門鉄管技術基準，水圧鉄管･鉄構構造物編」に定める材料によるものとする。

(材料試験)

第 9 条　第 7 条 表-7-1 の材料を使用する場合の材料試験・検査及び表示の方法は，それぞれ使用材料の規格に規定された方法で行う。

ただし，一般市販管の製作工場において，あらかじめこれらの強度試験結果が得られている場合は，試験を省略することができる。

〔解説〕

1．　材料試験は，製品から採取した試験片，試験管又は製品そのものについて行うもので，基本的に引張，クリープ試験等となる。試験項目，試験方法については，対

象一般市販管に適用される JIS 又は当該規格による。

材料試験方法としては，例えば以下に示すものがある。

1) プラスチック-引張特性の試験方法　　JIS K 7161(1994)
2) プラスチック-曲げ特性の試験方法　　JIS K 7171（1994）

2.一般市販管の管種や管厚を設計する際の基礎となるデータは，当該規格で規定される引張強度，クリープ特性などのほか，圧縮強度，せん断強度，曲げ強度などの機械的強度，及び，弾性係数，ポアソン比などが必要となる。これらのデータは，本来，試験により得られるものであるため，試験の実施によって確認しておく必要がある。しかし，通常，一般市販管の製作工場においては，JIS などの当該規格に適合させるために各種試験を実施し，それぞれのデータ（強度，物理定数等）を的確に把握している場合が多い。したがって，あらかじめこれらのデータが得られている場合は，試験を省略することができる。

3.工場で管製品について行う試験（内圧，外圧，継手試験など）及び検査は，第 47 条の規定によるものとする。

第4節　主要耐圧部の設計

第１　一般事項

(設計の原則)

第 10 条　主要耐圧部の設計は，許容応力度設計法によって行う。

〔解説〕

本基準(案)で対象とする一般市販管による水圧管路の主要耐圧部の設計は許容応力度設計法によって行うものとする。許容応力度設計法は，管に生じる応力を計算し，それが許容値内にあることを照査するものである。

主要耐圧部の設計は，一般市販管による水圧管路の支持形式によって設計条件が異なるので，それぞれ次の各節の規定に準拠して行うものとする。

露出形式水圧管　　；　第 4 節　第 2

土中埋設形式水圧管　；　第 4 節　第 3

(余裕厚)

第 11 条　設計にあたっては，強酸性又は強アルカリ性の地盤や流水に対応させる場合，並びに特に流砂量が多いような場合を除き，腐食や摩耗に対する余裕厚を考慮しない。

〔解説〕

水圧鉄管では，腐食や摩耗による管厚の減少を考慮して余裕厚を考慮する必要がある。

しかし，本基準(案)で対象とする一般市販管による水圧管路では，以下の理由により余裕厚を考慮しないものとした。

1)　当該一般市販管（塩ビ管，ポリ管及びリブ管）は腐食し難い材質である。
2)　摩耗に関する既往の試験結果(『下水道用高密度ポリエチレン管　建設技術審査証明　報告書（参考資料)』他）では，塩ビ管，ポリ管及びリブ管の耐摩耗性が鋼管や FRP(M)に比べて同等以上と報告されている。
3)　水圧管路として一般市販管を採用した実績の多い水道分野（水道指針）や農林分野（農林基準）では，腐食及び摩耗に関する余裕厚を考慮していない。

なお，強酸性又は強アルカリ性の地盤や流水に対応させる場合，並びに特に流砂量が多いような場合には，別途，腐食や摩耗に対する余裕厚の必要性及びその厚さに関する検討を行い，適切な余裕厚を考慮するものとする。

摩耗に対する考慮については第 22 条によるものとする。

(設計に用いる寸法)

第 12 条　設計に用いる寸法には，公差を考慮する。

〔解説〕

1．本基準(案)で対象とする一般市販管は，JIS 又は当該規格において寸法及び公差(許容差)が規定されており,管の製造においては設計値に対して公差が適用される。

設計に用いる寸法としては，この公差を考慮し，管厚公差（許容差）下限値で応力計算を実施するものとする。

2．第 11 条解説に準じて余裕厚を考慮する場合は，管厚公差（許容差）下限値から余裕厚を控除した板厚により応力計算を実施するものとする。

(継手効率)

第 13 条　継手効率は考慮しない。

〔解説〕

本基準(案)で対象とする一般市販管による水圧管路においては，ポリ管及びリブ管の融着継手に対して継手効率が問題となる。しかし，継手効率については協会やメーカーの継手強度試験によって，継手が本体部と同等以上の強度を有することを確認していること，及び，水圧管路として一般市販管を対象としている水道指針や農林基準においても継手効率を問題としていないことから,継手効率は考慮しないものとした。

なお，第 9 条，第 32 条，第 47 条，第 51 条，第 53 条の規定に準じて継手に関する試験を実施し，その強度や水密性を確認しなければならない。

(設計に用いる物性値)

第 14 条　設計に用いる物性値は，次のいずれかによる。

(1)　試験値

(2)　使用材料の JIS 又は該当規格の規定値

〔解説〕

1．一般市販管による水圧管路の設計では，主に以下の基本的物性が必要になる。

物理定数　；弾性係数，ポアソン比，比重（密度），線膨張係数

機械的強度　；引張強度，曲げ強度，せん断強度，圧縮強度

本基準(案)で対象とする一般市販管の物性値は,実測によって求めるか(試験値),使用材料の JIS 又は当該規格の規定値を用いるものとする。ただし，一般市販管の製作工場において，JIS などの当該規格に適合させるための各種試験が実施され,

それぞれのデータ（各種物性値）が的確に把握されている場合は，その値を用いることができる。

2.本基準(案)で対象とする一般市販管の物性値の一例を以下に示す。なお，一般市販管の物性値は温度やクリープにより大きく変動するため，十分に注意する必要がある。一般に,温度が高いほど強度は低下し,クリープにより長期強度が低下する傾向を示す。温度に対しては使用環境を適切に評価して一般市販管による水圧管路の設計に用いる物性値を決定する必要があり，また，クリープによる長期強度の低下も考慮する必要がある（第 17 条参照)。

表-14-1 物性値の一例

		単位	塩ビ管	ポリ管	リブ管
試験温度		℃	15	20	23
物理定数	弾性係数	MPa	2,750	830	750～1000
	ポアソン比	---	0.38	0.37	0.3～0.48
	比重	---	1.43	0.95	0.95～0.96
	線膨張係数	1/℃	$6～7\times10^{-5}$	$11～13\times10^{-5}$	$11～13\times10^{-5}$
機械的強度	短期引張強度	MPa	49	22.6	24～32.3
	短期曲げ強度	MPa	88.5	34.3	24～32.3
備考			塩化ビニル管･継手協会	農水ポリエチレン管協会	高耐圧ポリエチレン管協会

注）;短期引張強さ, 短期曲げ強さ:製造後の基準強度であり, クリープの影響を受けていない強度)
(参考:長期強度:クリープの影響を考慮した50年後の期待強度)

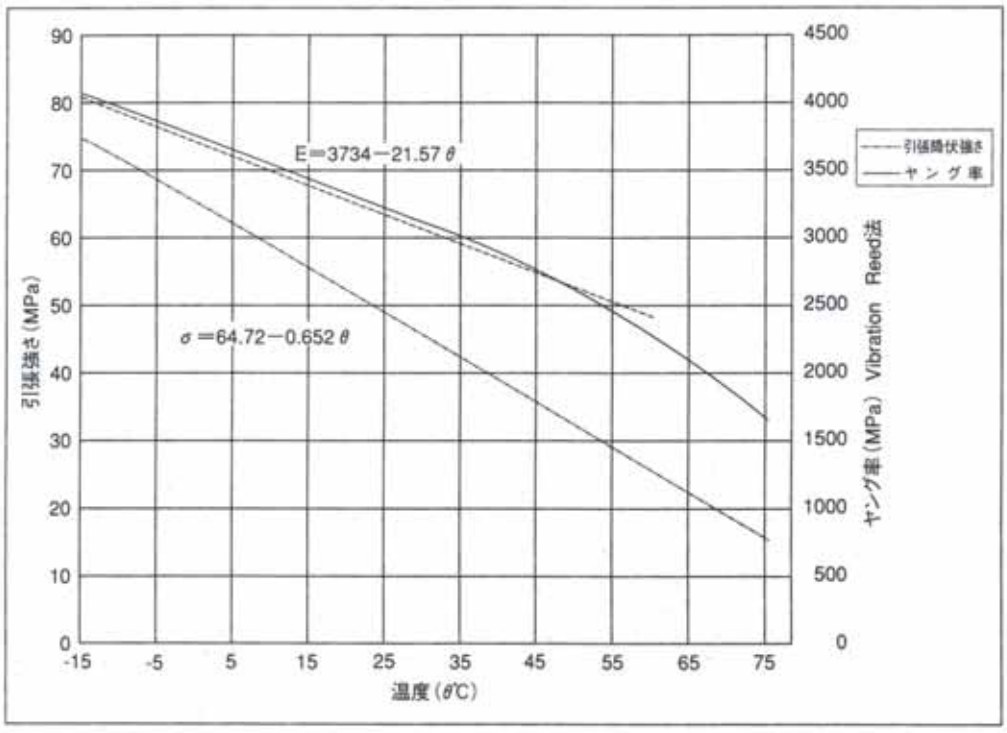


図-14-1 塩ビ管における引張強さ及び弾性係数(ヤング率)の温度依存性の一例 [1)]

1) 水道用硬質塩化ビニル管　技術資料＜規格・設計編＞　塩化ビニル管・継手協会，平成 13 年 4 月

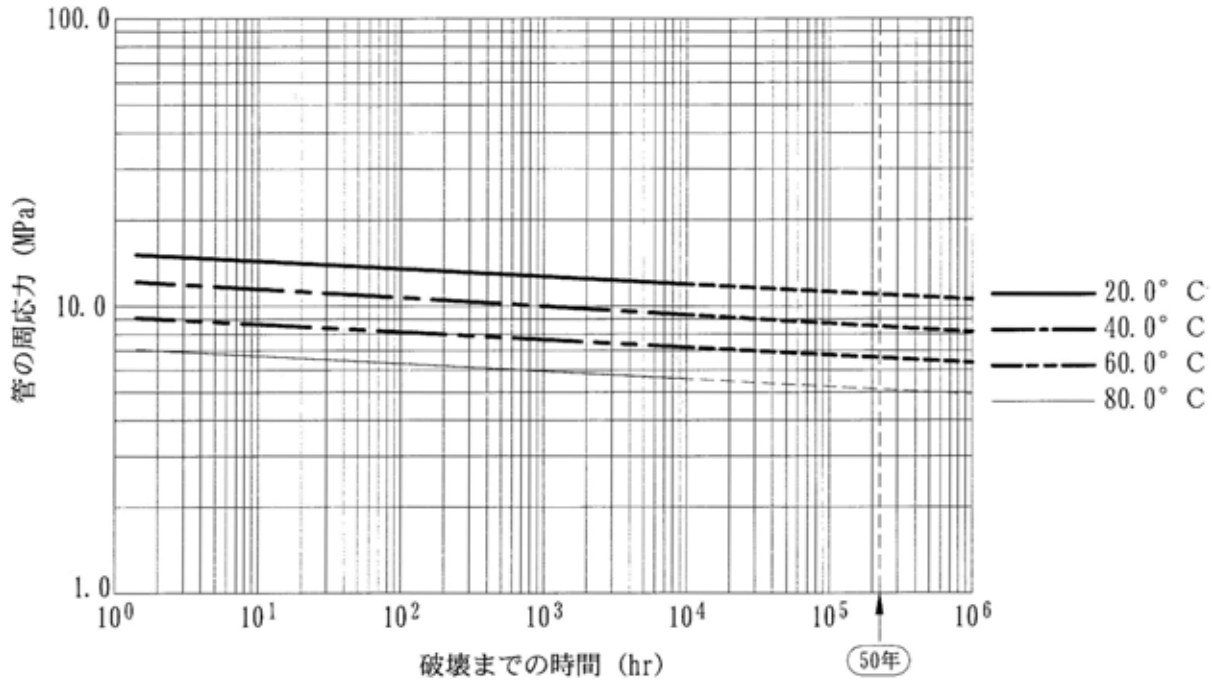


図-14-2 ポリ管における応力のクリープ特性の一例 [2)]

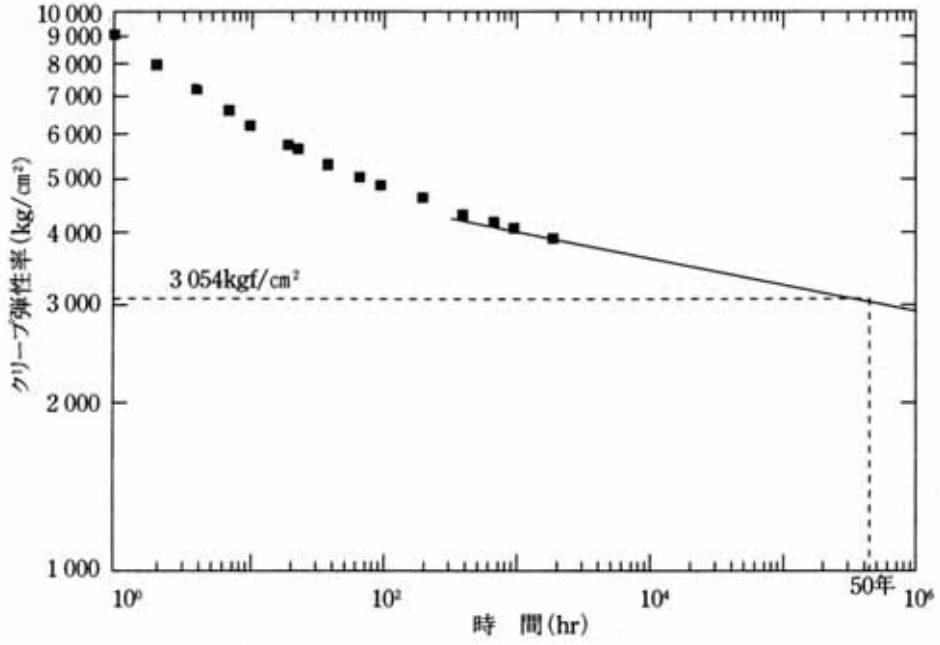


図-14-3 リブ管における弾性係数（ヤング率）のクリープ特性の一例 [3)]

---

2) 水道配水用ポリエチレン管及び管継手　材料マニュアル　水道用ポリエチレンパイプシステム研究会　平成 13 年 4 月
3) JSWAS 下水同様リブ付ポリエチレン管　参考資料　(社)日本下水道協会　平成 13 年 5 月

(考慮する荷重)

第 15 条　主要耐圧部は，次の荷重に対して安全であるように設計しなければならない。

一　露出形式水圧管の場合

内圧，管の質量，管内水の質量，雪荷重，温度変化，地震力，風圧，排水時外圧

二　土中埋設形式水圧管の場合

内圧，管内水の質量，土圧，載荷重，雪荷重，温度変化，排水時外圧

〔解説〕

主要耐圧部の管厚を決定する要素は，内圧による円周方向の引張応力が主要なものであるが，その他の荷重も管厚に大きな影響を及ぼす場合がある。同種の荷重であっても，それが管厚等に及ぼす影響の大小は一般市販管の支持形式により大きく異なるので，詳細はそれぞれ次の各条の解説による。

1)　露出形式一般市販管による水圧管路の場合　　：第 23 条

2)　土中埋設形式一般市販管による水圧管路の場合　　：第 27 条

露出形式一般市販管による水圧管路の場合，地震力，風圧は一般に主要耐圧部に直接与える影響が少ないので,通常は支台の設計に対して考慮すればよい(第 44 条参照)。

雪荷重については，本基準(案)で対象とする一般市販管の熱伝導率が小さいことから，通水中でも管内水の熱伝導による管周辺の融雪効果はさほど期待できないと考えられる場合には，これを考慮する。

本基準(案)で対象とする一般市販管（塩ビ管，ポリ管，リブ管）の場合，一般的な鋼材や FRP(M)に比べて線膨張係数が大きいため，露出配管とする場合は温度変化に十分に配慮しなければならない。

(荷重の組合せ)

第 16 条　前条の荷重は，次の各号の組合せについて設計しなければならない。

一　露出形式一般市販管による水圧管路の場合

(1)　管内満水時：内圧，管の質量，管内水の質量，雪荷重，温度変化，地震力，風圧

(2)　管内充水時：管内水の質量

(3)　管内空虚時：排水時外圧，雪荷重，風圧

二　土中埋設形式一般市販管による水圧管路の場合

(1)　管内満水時：内圧，管内水の質量，土圧，載荷重，雪荷重，温度変化

(2)　管内充水時：管内水の質量，土圧，載荷重，雪荷重

(3)　管内空虚時：土圧，載荷重，雪荷重，排水時外圧

〔解説〕

一般市販管は，その状態に応じた荷重の組合せについて設計しなければならない。ここでいう状態とは，管内満水時，管内充水時，管内空虚時をさす。

管内満水時とは，管内が完全に水で満たされており設計内圧が作用している状態をいう。

管内充水時とは，充水中又は排水中の状態をいうものであり，注目している断面での管内には部分的に水が入っているか，又は充水中で丁度満水の状態をさす。

管内空虚時とは，管内が空の状態をさす。注目している断面では管内は完全に空虚であるが，それより下流側はまだ排水中である状態もこれに含む。

各状態で考えるべき荷重の組合せは水圧管の管路形式により異なるので，それぞれ次の各条の解説による。

1)　露出形式一般市販管による水圧管路の場合　：第 24 条

2)　土中埋設形式一般市販管による水圧管路の場合　：第 28 条

(許容応力)

第 17 条　設計に用いる許容応力は，第 14 条による一般市販管の強度を適切な安全率で除して求める。

〔解説〕

1.　一般に，構造物の安全率はその使用条件（作用荷重の性質及び大きさ，環境，使用期間，その他），使用材料の性質（強度，変形性能，その他），設計計算の精度（求める作用応力の種類，計算方法，その他），製造条件（製造方法，その他），検査条件（検査方法，検査の程度，その他），等の因子を総合的に勘案して決定される。

これらの安全率に寄与する因子は，適用対象となる地点ごとに異なることから，一般市販管による水圧管路の設計計算に用いる安全率は，各地点の状況に応じて，これらの要因を考慮したうえで設計者が判断し，決定する必要がある。

一般市販管による水圧管路を本基準(案)に従って設計する場合は，短期引張強度（製造後の強度＝クリープの影響を受けていない材料の強度）に対して以下の安全率を用いてよい。

設計内圧により発生する引張周方向応力に対して　；　安全率　4
外圧による曲げ応力に対して　；　安全率　2.5

ここで,上記安全率は水道指針において解説されている値にほぼ等しい。水道指針では，内圧による応力と外圧による応力を別々に評価する条件で，長期強度（管が20℃で 50 年後に予想される強度）に対する安全率を，塩ビ管に対して 2.3 程度，ポリ管に対して 2.0 程度としている。

一方，長期強度は短期強度のほぼ 1/2 と考えられるため，短期強度をもとに長期強度を想定するためには，短期強度に対して 2.0 程度の安全率を考慮すればよい。したがって，長期強度に対する安全率を 2 とした場合，短期強度に対しての安全率は 4 程度となる。

また，外圧による曲げ応力に対しては，水道指針においても短期引張強度に対して安全率 2.5 としている。

なお，水道指針ではリブ管に対する安全率を示していないが，ポリ管と同じ高密度ポリエチレンを基本材料としており，管材としての基本的な材料特性や物理定数も同程度である。したがって，安全率についてもポリ管と同値とし，特に区分しないこととした。

2. 本基準(案)で対象とする塩ビ管，ポリ管，リブ管はとう性管であり，たわみ率から管厚を求める必要がある。この際に必要となる許容たわみ率及び設計たわみ率については第 30 条(表-30-5)を参照とする。この値は FRP(M)編の第 37 条（土中埋設管の外圧に関する規定）に示される値と同じであり，農林基準及び水道指針とも同値である。なお，水道指針では許容たわみ率を規定しているものの，設計たわみ率に関する記述はない。

(許容応力の割増)

第 18 条　主要耐圧部の設計においては，荷重の性質に応じて，下表に示す係数を乗じた値まで許容応力を割増しすることができる。

表-18-1　許容応力の割増し係数

区　分	常時荷重	一時荷重
管内満水時	1.0	1.5
管内充水時	1.5	1.5

注）　常時荷重；内圧，管の質量，管内水の質量，土圧，載荷重，雪荷重，温度荷重
一時荷重；風荷重，地震力

〔解説〕

水圧管路としての機能を考慮し，荷重の性質に応じ許容応力の割増しを行ってよいものとする。すなわち，管内満水時の一時荷重に対する許容応力は，常時荷の場合の許容応力に対して 1.5 倍の割増しをすることができる。また，管内充水時の許容応力は，管内満水時の常時荷重の場合の許容応力に対して 1.5 倍の割増しをすることができる。

(主要耐圧部の設計)

第 19 条　主要耐圧部は，第 16 条の荷重に対して次の各号の条件に適合するように設計しなければならない。

(1)　各方向の応力がそれぞれの許容応力以下であること

(2)　たわみ量が許容たわみ量以下であること

〔解説〕

一般市販管による水圧管路の応力照査においては,円周方向応力の照査を基本とし，さらに管軸方向応力及びせん断応力について照査して，それぞれが許容応力以下でなければならない（26，30 条を参照)。

ここで,本基準(案)で対象とする一般市販管は弾性係数が小さく，管厚中心直径の数%までたわんでも実質的に損傷を起こさない特性を有している。しかし，水平たわみ量⊿X が大きくなると，継手から漏水が発生する可能性がある。このため農林基準や水道指針の考え方に準じて，過度なたわみを防止するためたわみ量を制限することとし，許容たわみ率を定めて，管厚中心直径 2R に対する率δ（＝⊿X/2R×100（%））で表すこととした。

たわみに関する計算は，第 30 条解説を参照とする。

なお，鋼管や FRP(M)管では，管内空虚時において管胴に作用する外圧の 1.5 倍が作用しても座屈しないことを確認することとされている。しかし，上記のように，本基準(案)で対象とする一般市販管は弾性係数が小さく，管厚中心直径の数%まで撓んで

も実質的に損傷を起こさない。したがって，管内空虚時の外圧については，たわみ率を許容値以下にすることで安全性を確認することとする。なお，水圧管路として一般市販管を対象としている水道指針や農林基準においては，管内空虚時に対応した座屈に関する検討を行っていない。

ただし，空虚となる期間が比較的長く，施設の重要度が特に高い場合など，空虚時外圧に対する確認が必要と判断される場合には，適切な構造計算（解析）により，座屈しないことを確認するものとする。

（振動に対する考慮）

第 20 条　主要耐圧部は，発電所の運転に支障をきたす恐れのある振動が発生しないように設計しなければならない。

〔解説〕

一般市販管による水圧管路の振動には，管壁の曲げ振動と梁としての横振動とがある。水車や吸出管に水圧変動が発生し，その振動数が一般市販管の固有振動数と一致すると共振して顕著な振動を生ずる。一般市販管の振動が著しい場合には，疲労等の恐れがあるので，振動の防止等適切な対策を図らなければならない。

水圧の変動の発生要因としては主に次のものがあげられる。

1)　水車の回転数によるもの
2)　ランナの羽根枚数によるもの
3)　吸出管内の水の旋回流によるもの

振動を防止するためには，一般市販管による水圧管路だけでなく水車等の設計においても振動防止への配慮が必要である。設計段階においては，水圧管の固有振動数を算出し，それが前述した水圧変動の振動数の推定値の近傍にないことを確認する必要がある。

水圧変動の発生要因としては前述以外のものもあり，また，振動数の正確な予想は困難な場合が多く，かつ，微妙な条件により変動するので，設計の段階において一般市販管の固有振動数の計算値と水圧変動の振動数の推定値とに隔たりがあっても，建設後実際には振動が発生することもある。このような場合には，第 58 条に従って振動の軽減を図らなければならない。

(使用環境に対する考慮)

第 21 条　主要耐圧部は，使用環境によって著しい材質の劣化が発生しないように設計しなければならない。

〔解説〕

1．一般市販管による水圧管路に影響を及ぼす可能性のある使用環境としては，火山地帯などで見られる酸性水，露出形式の場合の紫外線等がある。一般市販管による水圧管路は，これらの使用環境においても著しい材質の劣化等が発生しないように設計しなければならない。

本基準(案)で対象とする一般市販管は，酸性やアルカリ水などに対する耐薬品性に優れることが知られている。したがって，一般的な使用状況においては，酸性やアルカリ水などは問題とならない。ただし，特に強い酸性やアルカリ性の水あるいは土壌に対応する場合は余裕厚などを考慮しなければならない。

2．塩ビ管については紫外線による劣化（強度低下）が懸念されるため，露出配管とする場合は適切な紫外線対策を施さなければならない。なお，なお，ポリ管及びリブ管については，JIS に規定されるカーボンブラックの配合によって，紫外線への対応が施されている。

3．本基準(案)で対象とする一般市販管は，線膨張係数が大きいため，温度変化，固定部や他の管との接合部の設計，継手の構造（伸縮継手を設けないなど）形式などについて適切に対応する必要がある。

4．本基準(案)で対象とする一般市販管は，高温になるほど材料強度が低下する傾向があるため，温度が高くなる場合は適切な材料強度を設定する必要がある。

一方，低温に対しては，塩ビ管の場合に耐衝撃性が低下する。また，止水時には管内の水が凍結する可能性があるため,寒冷地では凍結深以下への埋設を基本とし，露出しなければならない箇所には適切な対応が必要となる。

(摩耗に対する考慮)

第 22 条　主要耐圧部は，管胴の摩耗が著しいと予想される場合には余裕厚を確保するなど，適切に設計しなければならない。

〔解説〕

本基準(案)で対象とする一般市販管は，耐摩耗性に優れた特性を持つことが試験により確認されているが，特に摩耗が予想される場合には余裕厚(摩耗代) を確保し，その余裕厚を控除して板厚の応力計算を行う必要がある。

本基準(案)で対象とする一般市販管の耐摩耗性に関する検討は，塩化ビニル管・継手協会[1)]，(財)下水道新技術推進機構[2)]，(財)土木研究センター[3)]などの報告書などで公表されており，その結果から塩ビ管，ポリ管，リブ管の耐摩耗性は鋼管や FRP(M) に比べて同等以上であることが確認されている。

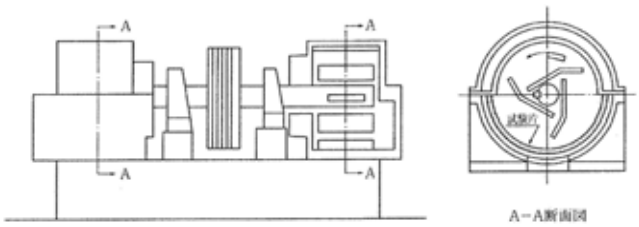


図-22-1 耐摩耗試験機の例 [1)]

表-22-1 摩耗量と摩耗率の例 [1)]

管　種	摩　耗					
	1時間後		2時間後		3時間後	
	量（mm）	(%)	量（mm）	(%)	量（mm）	(%)
硬質塩化ビニル管	**0.004**	**0.06**	**0.009**	**0.12**	**0.013**	**0.18**
遠心力鉄筋コンクリート管	0.068	0.25	0.136	0.50	0.204	0.75
厚陶管	0.039	0.18	0.077	0.37	0.116	0.55

1）塩化ビニル管・継手協会　「下水道用硬質塩化ビニル管技術資料」　4.4　耐摩耗性（P19）
2）(財)下水道新技術推進機構　「下水道用高密度ポリエチレン管　建設技術審査証明（下水道技術）　報告書　添付資料 4，5（広島大学報告書 『ポリエチレン管の耐摩耗性』）
3）(財)土木研究センター　「高耐圧ポリエチレン管　技術審査証明報告書」　6.2 耐摩耗性

項　目	試験条件
試験液	イオン交換水、3%NaCl
PH	7
温度	20℃
衝突粒子	SiO_2（砂の主成分）
粒子径	200～300μm
粒子濃度	25wt%
衝突速度	約 2m/s
衝突角度	20～90°

項　目	記号
鉄	Fe
鋳鉄	FC
高密度ポリエチレン※	HDPE
架橋高密度ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝ	PXE
高密度ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝ(A)	PE100(A)
高密度ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝ(B)	PE100(B)
中密度ポリエチレン	MDPE
低密度ポリエチレン	LDPE
直鎖状低密度ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝ	LLDPE
塩化ビニル樹脂	PVC
フェノール樹脂	PF
ガラス繊維強化樹脂	FRP

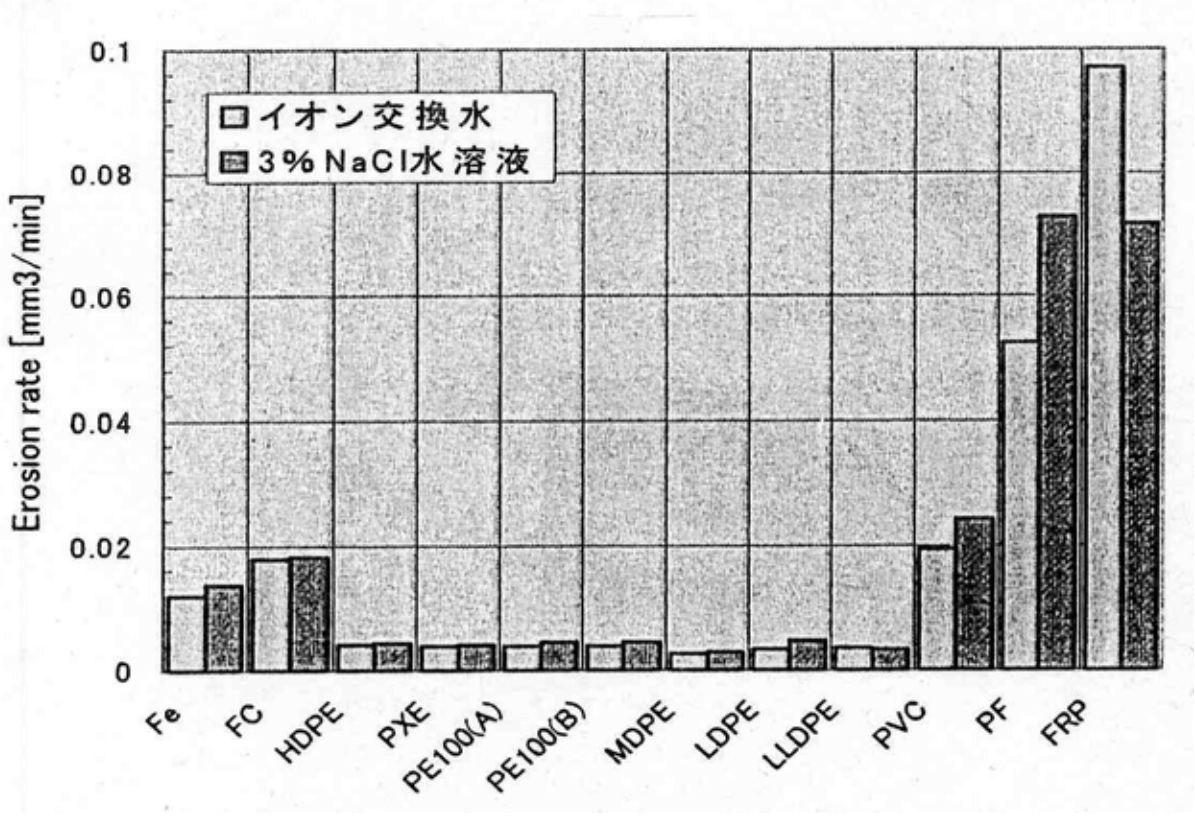


図-22-2 一般市販管の耐摩耗性[2)]

2）(財)下水道新技術推進機構　「下水道用高密度ポリエチレン管　建設技術審査証明（下水道技術）　報告書　添付資料 4，5（広島大学報告書 『ポリエチレン管の耐摩耗性』）

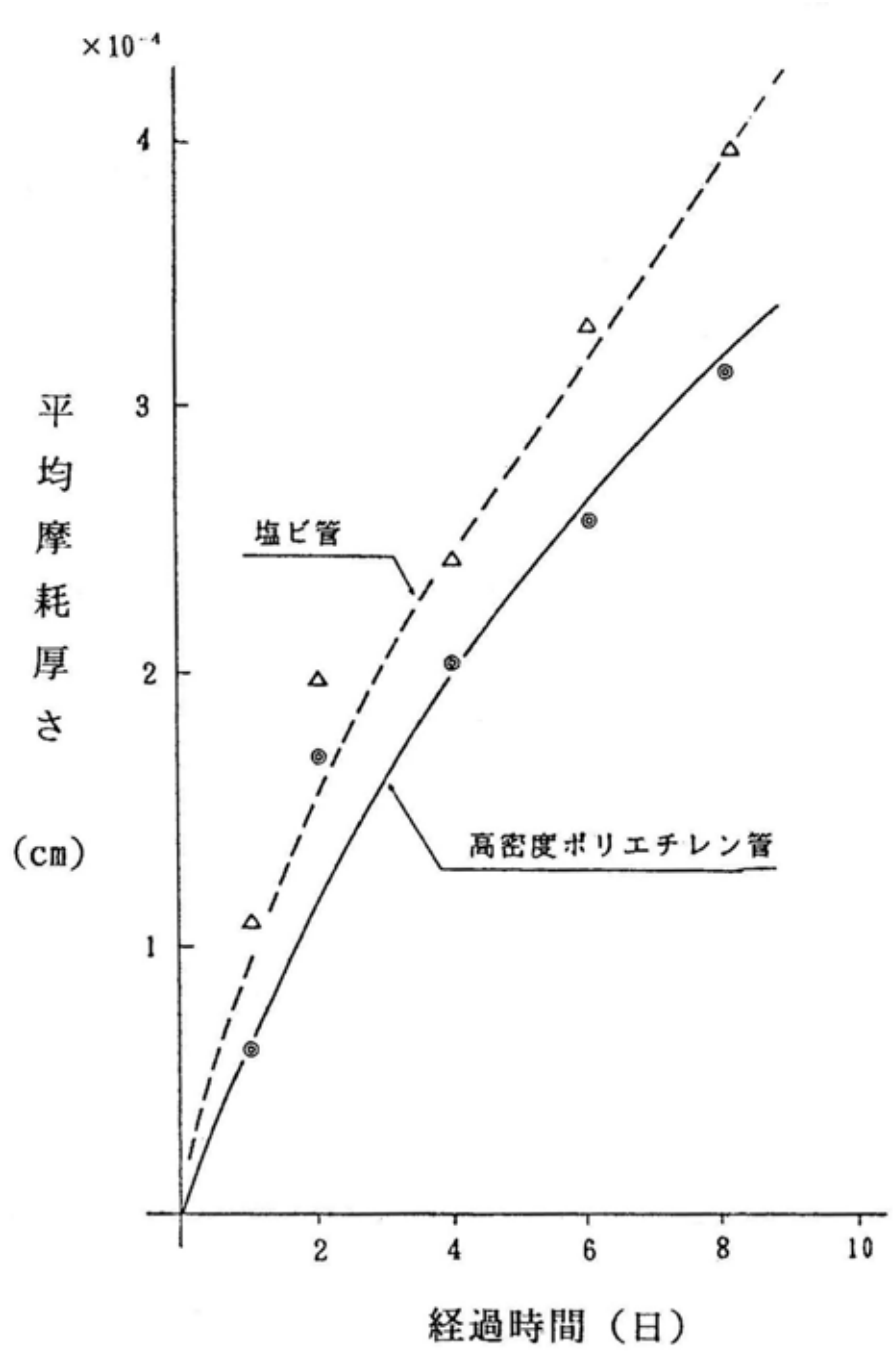


図-22-3 一般市販管の耐摩耗性[3)]

3）(財)土木研究センター　「高耐圧ポリエチレン管　技術審査証明報告書」　6.2 耐摩耗性

第２　露出形式水圧管

(考慮する荷重)

第 23 条　主要耐圧部は次の荷重に対して安全となるように設計しなければならない。

内圧,管の質量,管内水の質量，雪荷重，
温度変化,排水時外圧,地震力,風圧

〔解説〕

主要耐圧部の管厚を決定する要素は，内圧による円周方向の引張応力が大部分であるが，長径間の場合は，管の質量，管内水の質量，温度変化等の要素が管厚に及ぼす影響も大きい。温度変化は，据付時の管の温度と通水後の水温の差をとり，一般的に温度降下 15℃～20℃を見込む場合が多いが，寒冷地で施工時の気温が低い場合には温度上昇となることもあるので，気象並びに施工条件を考慮して決定する必要がある。

一般市販管は,熱伝導率が小さく,積雪通水時の管周辺の融雪が期待できないため，通水時，空虚時ともに雪荷重を考慮する必要がある。

地震力，風圧は一般に主要耐圧部に直接与える影響は少ないため，支台及びアンカブロックの設計に考慮すればよい(第 43,44,46 条参照)。

なお，ポリ管及びリブ管を露出配管とする場合や部分的に露出させる場合は，線膨張係数が大きいことから直射日光による管軸方向の変形とともに，管円周方向の変形（日射面で膨張し,反対の面が相対的に収縮する）が生じる可能性がある。これらの変位を拘束すると，管に温度応力が発生することになる。また，クリープによって思わぬ変形が生じることも考えられる。

したがって，ポリ管及びリブ管を露出させる場合の設計については，伸縮継手を用いないこととともに，連続したコンクリートによる基礎とするなど，温度変化やクリープによる変形に対して十分に安全な構造としなければならない。

(荷重の組合せ)

第 24 条　前条の荷重は,次の各号の組合せについて設計しなければならない。

一　管内満水時：内圧,管の質量,管内水の質量,雪荷重,温度変化,地震力,風圧
二　管内充水時：管内水の質量
三　管内空虚時：排水時外圧，雪荷重，風圧

〔解説〕

管内満水時の荷重としては，内圧が最も主要な荷重であるが，管の質量，管内水の質量，温度変化等についても検討が必要である。

管内充水時には管内水の質量により，管胴に円周方向の曲げモーメントが発生する

ので検討が必要である。この場合，一般市販管による水圧管路はサドルサポート形式であるので，この曲げモーメントは，管内が丁度満水(just full)の状態のときに最大となる。

管内空虚時には，排水時の管内外面の圧力差や雪荷重，風圧に対する検討が必要である。

(管と支承の摩擦係数)

第 25 条　設計に用いる管と支承との摩擦係数の値は，下表の値以上とする。

表-25-1 摩擦係数の値

組合せ	摩擦係数
コンクリート支承	0.6
潤滑補助材を有するコンクリートサドル	0.5

〔解説〕

第 45 条で示すように,支台上での管胴本体接触部はコンクリートと一般市販管の管胴が直接接触することは避け，活動補助材（ゴムなどの緩衝材又はサドルプレート）を入れた構造とする。その場合の摩擦係数を表-25-1 に示す。

緩衝材にゴムを用いる場合，管胴の管軸方向変位は，多くの部分がゴムのせん断変形によって吸収されるものと思われる。この場合は，摩擦係数というよりもゴムのせん断変形抵抗というべきものであるが，管胴の設計上は摩擦係数として扱っても差し支えない。

(応力の算定)

第 26 条　主要耐圧部の設計は，次の各号の応力を計算しなければならない。

一　管内満水時

(1) 円周方向の応力

1) 内圧による引張応力

2) サドルサポート部における円周方向曲げ応力

(2) 管軸方向の応力

1) 管を梁と考えたときの曲げ応力

2) 管の傾斜による応力

3) 漸縮管に作用する内圧の管軸方向成分による応力

4) 継手に作用する内圧の管軸方向成分による応力

5) 管の温度変化による応力

(3) せん断応力

1) 管を梁と考えたときのせん断応力

二　管内充水時

(1) 充水による円周方向の曲げ応力等

三　管内空虚時

(1) 外圧によるたわみ率（変形率）

〔解説〕

本条に掲げた応力を計算するに際し，一般に使用されている算式を示す。

以下，式中の記号については，各項に示すが，板厚，余裕厚，直径，半径，管軸方向長さについては図-26-1 及び次のように定める。

また，計算に用いる寸法は全て設計寸法とする。

Do:内径(mm)

Do´:外径(mm)

D:余裕厚の 1/2 を管胴の内面から除いたときの内径＝Do+ε(mm)

D':余裕厚の 1/2 を管胴の外面から除いたときの外径＝Do'－ε(mm)

D_m：板厚の中心の直径＝$2r_m$(mm)

r_m：板厚の中心の半径(mm)

t_o：管厚(mm)

t：余裕厚を除いた管厚＝t_o－ε(mm)

ε：腐食及び摩耗に対する余裕厚(mm)

L:支台径間の長さ(mm)

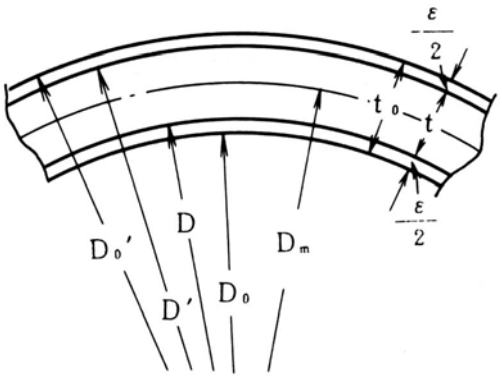


図-26-1　応力算定上の寸法の取り方

一　管内満水時

(1)　円周方向の応力

1)　内圧による引張応力

$$\sigma=\frac{P\cdot D}{2t}\text{又は}\frac{P\cdot D}{2(t_o-\varepsilon)}$$

ここに，σ：応力(N/mm²)

P：応力を求めようとする位置の最大水圧(MPa)

2)　サドルサポート部における円周方向曲げ応力

$$\sigma_{12} = \frac{1}{B} \cdot \frac{M}{EI} \cdot \eta \cdot E$$

ここに，σ_{12}：サドルサポート部における円周方向曲げ応力(N/mm²)

M：サドルサポート部における円周方向曲げモーメント(N・mm)

η：中立軸(管中心)から板厚中心までの距離(mm)

B：有効に働く管胴の長さ(＝支台幅)(mm)

EI：管壁の単位幅あたり曲げ剛性(N・mm)

E：管壁の円周方向弾性係数(N/mm²)

支点における管の変形は，充水時において最も大きくなり，サドルサポートの場合には，これに対する十分な検討を要する。サドルサポートは，120°支持が一般的である。サドルサポート部の管は，内圧の他に下記の周方向曲げモーメントを受ける。

a.管内水の質量による曲げモーメント

b.管質量や雪荷重等による曲げモーメント

このうち，管内水の質量による周方向曲げモーメントは，丁度満水時に最大となり図-26-2 から求めることができる。最大の曲げモーメントはサドル肩部に生じ，β＝120°の場合$M = 0.0528Qr_m$となる。ここで,一般市販管の採用においてはより安全を考慮し，応力を重ね合わせるものとする。

また，FRP(M)管の場合と同様に，有効に働く管胴の長さ B は支台幅と同程度とする。

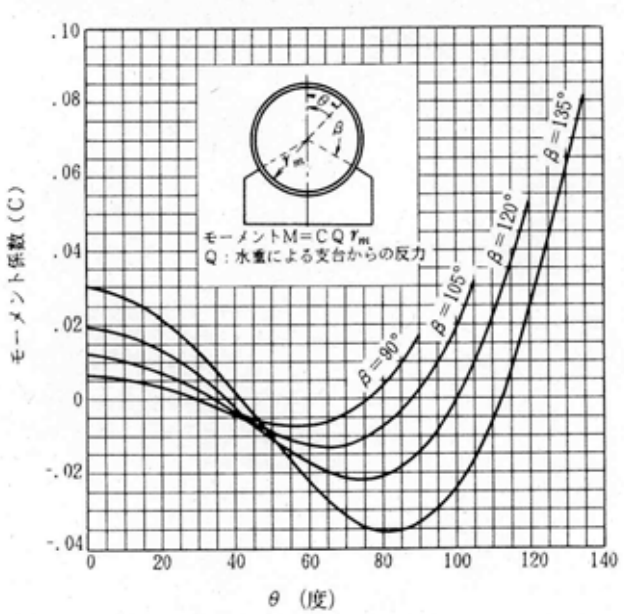


図-26-2　サドルサポート上の管の周方向曲げモーメント

なお，サドル部には，第 45 条に示すように，ゴムなどの緩衝材又はサドルプレートを入れた構造とする。ここで，管胴とサドルの間に緩衝材又はサドルプレートを設置し，内圧による管壁の復元効果から周方向曲げモーメントによる応力が十分小さいことが解析，又は計測結果等により判断できる場合については，当該応力を無視してもよい。

(2) 管軸方向の応力

1) 管を梁と考えたときの曲げ応力

$$\sigma = \frac{M_n}{Z_p}$$

ここに，M_n：梁としての曲げモーメント(N・mm)

Z_p：管の有効断面の断面係数 $\frac{\pi}{4} t D_m^2$ (mm^3)

2) 管の傾斜による応力

$$\sigma = \frac{\Sigma(\pi \cdot D_m \cdot t_n \cdot L_n)}{A_s} \gamma_s \sin\theta$$

ここに，t_n：その部分にふくまれる管の板厚(mm)

L_n：板厚 t_n の部分の長さ(mm)

γ_s：一般市販管の単位質量による荷重

θ：管軸と水平面とのなす角度

A_S：応力を考慮する部分の管胴板の断面積＝$\pi \cdot D_m \cdot t$ (mm^2)

3) 漸縮管に作用する内圧の管軸方向成分による応力

$$\sigma = \frac{\pi}{4} \frac{P_r}{A_s} (D_1^2 - D_2^2)$$

ここに，D_1：漸縮前の位置の D に相当する内径(mm)

D_2：漸縮後の位置の D に相当する内径(mm)

P_r：漸縮管の中心における最大水圧(MPa)

4) 継手に作用する内圧の管軸方向成分による応力

$$\sigma = \frac{\pi \cdot D_m \cdot t_E \cdot P_E}{A_s}$$

ここに，P_E：継手の位置の水圧(MPa)

t_E：継手の内側（差し口側）の管の板厚(mm)

5)　管の温度変化による応力

管に温度変化が生じ，その変位が拘束される場合，その上昇か下降の方向によって摩擦力の方向が異なるが，安全側になるように次の応力を加算するものとする。

(a)管と支台との摩擦による応力

$$\sigma = \frac{f_{sp}(W_s + W_w)\cos\theta}{A_s}$$

ここに，W_s：管の質量による荷重(N)

W_w：管内水の質量による荷重(N)

f_{sp}：摩擦係数(本章第 26 条による。)

(b)管の温度変化による応力

$\sigma = \alpha \cdot E \cdot \Delta T$

ここに，σ：温度応力(N/mm^2)

α：管材の線膨張係数(℃$^{-1}$)

E：管材の弾性係数(N/mm^2)

ΔT：温度変化(℃)

(c)ポアソン効果による応力

管軸方向の変位が拘束される場合，円周方向に対するポアソン効果により軸方向応力が生ずる。

$\sigma = \nu \cdot \sigma_r$

$$\sigma_r = \frac{P \cdot D}{2t}$$

ここに，σ：ポアソン効果による応力(N/mm^2)

ν：ポアソン比(＝0.3)

σ_r：円周方向応力(N/mm^2)

P：応力を求めようとする位置の最大水圧(Pa)

D：内径(mm)

t：管厚(mm)

6)　管内水の摩擦による推力は小さいので省略してもよい。

(3)　管を梁と考えたときのせん断応力

$$\tau = \frac{2S\cos\theta}{A_s}$$

ここに，S:支台におけるせん断力(N)

二.管内充水時

(1)　充水による円周方向の曲げ応力

満水時における円周方向の曲げ応力の計算式を用い，管内水の質量その他による円周方向曲げ応力を計算する。なお，満水時の計算において管内水の質量によるサドルサポート部の曲げ応力を加算する場合は，管内充水による円周方向の曲げ応力の計算を省略することができる。

三.管内空虚時

(1)　外圧によるたわみ率（変形率）

管内空虚時においては，外圧に対するたわみ率が土中埋設形式において設定される設計たわみ率を超えないように設計する。

第３　土中埋設形式水圧管

(考慮する荷重)

第 27 条　主要耐圧部は，次の荷重に対して安全となるように設計しなければならない。

内圧，土圧，載荷重，管内水の質量，雪荷重，温度変化，排水時外圧

〔解説〕

主要耐圧部の管厚の決定要素は，内圧による円周方向の引張応力が最も基本的なものであるが，土中埋設の場合は，管上部に作用する土圧並びに自動車やブルドーザ等による載荷重及び多雪地域での積雪荷重が作用する。温度変化は据付時の気温と通水後の水温の差をとるものとし，管内空虚時に排水時の管内外の圧力差が生じる恐れがある場合には，外圧に対する検討が必要である。土中埋設形式の場合は，管全長が土で支持されており，また，土圧や載荷重に比べて管自重による応力は小さいので管の質量を考慮する必要はない。

(荷重組合せ)

第 28 条　前条の荷重は,次の各号の組合せについて設計しなければならない。

一　管内満水時：内圧,土圧，載荷重，管内水の質量,温度変化,雪荷重

二　管内充水時：土圧，載荷重，管内水の質量,雪荷重

三　管内空虚時：土圧，載荷重，雪荷重，排水時外圧

〔解説〕

土中埋設管の場合，管内満水時の最も主要な荷重は，内圧及び土圧であるが，道

路下に敷設される場合等には車両による載荷重も考慮する必要がある。

管内充水時は，土圧，載荷重，管内水の質量が主要な荷重である。

管内空虚時に，土圧，載荷重の他に排水時に管内外の圧力差が生じる恐れがある場合には外圧の検討も必要である。また，いずれの場合にも，多雪地域では雪荷重に対する検討が必要である。

(埋設条件)

第 29 条　管は掘削溝に敷設することを基本とし，土質材料及びこれに類する材料で埋め戻し，設計条件に合致した管の支持条件が得られるように十分締固めなければならない。

2. 管を埋設する地盤は必要な支持力があり，管に支障をきたすような不等沈下のない良好な地盤でなければならない。

〔解説〕

管を公道に敷設する場合は，道路法並びに関係法令によるとともに道路管理者との協議による。

管は，掘削溝に敷設し，砂質土で埋戻し締固めるものとする。

埋設深さは，地質，地盤の状況，載荷重，地下水位，積雪量などを考慮して決定する。

地下水位が高く管内空虚時に浮力が作用する恐れがある場合には，管上部の土かぶりを深くし，寒冷地では凍結深度より深く埋設する。

地盤は，管自重及び管内水の質量を支持するのに必要な支持力があり不等沈下が少なく，良好な地盤を選定する配慮が必要である。

埋戻しに用いる材料は，設計に応じて必要な範囲については石や木片等の異物を含まない砂又は砂質土を用いるものとし，それ以外の範囲は，現地発生土を用いてもよい。

締固めは埋設後の管の応力状態に直接影響するので,十分な施工管理が必要である。

締固め時の一層のまき出し厚さは，50㎝程度以下とし，受働抵抗係数が十分に期待できるように振動コンパクタなどで締め固めるものとし，地盤の透水係数が良好な場合には，水締めを行っても良い。

(応力の算定)

第 30 条　主要耐圧部の設計は，それぞれ次の各号の応力を計算しなければならない。

一　管内満水時

(1) 円周方向の応力

1) 内圧による引張応力

2) 土圧，載荷重及び雪荷重による曲げ応力

(2) 管軸方向の応力

1) 管の温度変化による応力

2) ポアソン効果による応力

3) 管を梁と考えたときの載荷重による曲げ応力

(3) 管軸に垂直な方向のせん断応力

1) 管を梁と考えたときの載荷重によるせん断応力

二　管内充水時

1) 土圧，載荷重，管内水の質量，雪荷重による円周方向曲げ応力

三　管内空虚時

1) 土圧，載荷重，雪荷重によるによる円周方向曲げ応力

2) 外圧によるたわみ率（変形率）

〔解説〕

本条に掲げた応力を計算するに際し，一般に使用されている計算式を以下に示す。

地盤が盛土の場合や地盤条件が急変する箇所，あるいは建屋等の沈下しにくい構造物と接続される箇所等には不等沈下が生じる事がある。その場合の計算式及び対策としては，(社)日本水道鋼管協会編「埋設鋼管路不同沈下の計算方法と対策」を参照のこと。

アンカブロックを設けずに埋設する場合には，遠心力と不平均力による管軸方向応力及びせん断応力が生じるので，(社)電力土木技術協会編「火力･原子力発電所土木構造物の設計」等により計算すること。

なお，リブ管の 1K 種（JIS K 6780 (2003)）を採用する場合，内圧による応力の算出に当たっては，リブ部の厚さを考慮しないものとする。しかし，外圧による応力及びたわみ率を算出する場合は，リブ部の厚さを考慮した換算肉厚を用いてもよい。

また，本基準(案)で対象とする一般市販管については，農業や水道の埋設送配水管として普及しており，設計（管種決定）の考え方も確立されている。

一　管内満水時

(1)　円周方向の応力

1)　内圧による引張応力

$$\sigma = \frac{P \cdot D}{2t}$$

ここに，σ：応力(N/mm²)

t：余裕厚を除いた管厚(mm)

P：応力を求めようとする位置の最大水圧(MPa)

D：余裕厚の 1／2 を管胴の内面から除いたときの内径(mm)

2)　土圧，載荷重及び雪荷重による曲げ応力

土圧，載荷重及び雪荷重による曲げ応力の計算式としては，Spangler の式がある。

土圧分布モデルは図-30-1 のように考え，内圧による復元力を考慮した場合の最大曲げモーメントは管底に生じる。

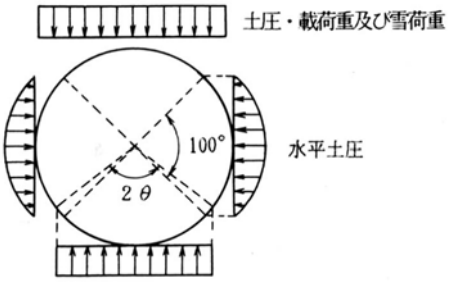


図-30-1　土圧分布モデル

円周方向の曲げ応力は以下による。

$$\sigma_{b1} = \frac{6M_1}{t^2}$$

σ_{b1}：円周方向の曲げ応力(N･mm²)

M_1：管底に生じる曲げモーメント(N･mm/mm)

$$M_1 = K_1 \cdot W \cdot r_m^{\,2} - 0.083e' \cdot \Delta X_1 \cdot r_m - K_1 \cdot P \cdot \Delta X_1 \cdot r_m$$

ここに，W：鉛直荷重強度(＝土圧Wv+トラック荷重による土圧W_d +雪荷重W_{SN}) (N/mm²)

r_m：板厚の中心の半径(mm)

e'：土の受働抵抗係数(N/mm²)

P：応力を求めようとする位置の最大水圧(MPa)

ΔX_1：水平たわみ量(mm)

K_1：管底の支持角によって決まる係数

$$\Delta X_1 = \frac{2K \cdot W \cdot r_m^4}{E_s \cdot I + 0.061 e' \cdot r_m^3 + 2K \cdot P \cdot r_m^3}$$

ここに，Es：材料の弾性係数(N/mm²)

I：管壁の単位長さ当りの断面２次モーメント＝$\frac{t^3}{12}$　(mm⁴/mm)

K：管底の支持角によって決まる係数

$$K_1 = \frac{1}{\pi}\left(\frac{\theta}{4\sin\theta} + \frac{3}{4}\cos\theta + \frac{\theta\sin\theta}{2}\right) + \frac{3}{8} - \frac{\sin\theta}{2} - \frac{\cos^2\theta}{3\pi}$$

$$K = -\frac{\sin^2\theta}{12} + \frac{\theta\sin\theta}{2\pi} + \frac{\theta}{4\pi\sin\theta} + \frac{3\cos\theta}{4\pi} - \frac{5}{24}$$

2θ：管底の支持角(rad.)

係数 K,K_1 は表-30-1 の値となる。

表-30-1　K,K_1 の値

2θ	0°	60°	90°	120°	180°
K	0.110	0.103	0.096	0.089	0.083
K_1	0.587	0.377	0.314	0.275	0.250

管底の支持角 2θ は基礎の設計条件により異なるが，砂基礎では 90°程度とすることが多い。土の受働抵抗係数 e'の値については，表-30-2 を参考に選定する。

表-30-2　土の受働抵抗係数 e'の標準値(N/mm²)

土の種類 (統一分類法による)	締固めなし	一定の仕様を定めて管理する締固め プロクター密度で<85% 相対密度で　　<40%	厳密な施工管理のもとで行う締固め プロクター密度で≧85% 相対密度で　　≧40%
細粒土(LL≦50%) 中程度の塑性から塑性のない土まで CL,ML,ML-CL (粗粒部分 25%以下)	0.34	1.37	2.75
細粒土(LL≦50%) 中程度の塑性から塑性のない土まで CL,ML,ML-CL (粗粒部分 25%以上) 細粒土を含む粗粒土 GM,GC,SM,SC (12%以上の細粒土を含む)	0.69	2.75	6.86
細粒土をほとんど含まないか,全く含まない粗粒土 GW,GP,SW,SP (12%以下の細粒土を含む)	1.37	6.86	13.7

(注)　プロクター密度＝$\frac{\text{現場で締固めた後の乾燥密度}}{\text{基礎となる室内締固め試験(JIS　A - 1210)での最大乾燥密度}} \times 100(\%)$

土荷重は以下のよって計算する。

(i)管頂からの土被り　H≦2000mm のとき

垂直公式による。

$$Wv = \rho_b \cdot g \cdot H$$

ここに，Wv：土圧(MPa)

ρ_b：埋戻し土の密度(kg/mm^3)

g：単位質量当りの重力(N/kg)

H：管頂からの土被り(mm)

(ⅱ)管頂からの土被り　H＞2000mm のとき

Marston 公式による。ただし，Marston 公式による土圧が，H＝2000mm のときの垂直公式による土圧よりも小さい場合は H＝2000mm のときの垂直公式による土圧をとる。

$$Wv = Cd \cdot \rho_b \cdot g \cdot B$$

ここに，Cd：土圧係数

B：管頂における溝巾(mm)

$$Cd = \frac{1 - e^{-2K\mu'(H/B)}}{2K\mu'}$$

ここに，K：Rankine の土圧係数 $\dfrac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$

μ'：埋戻し土と溝側壁の摩擦係数 $\tan\phi'$

ϕ：埋戻し土の内部摩擦角(°)

ϕ'：埋戻し土と溝側壁との摩擦角(°)

($\phi' = \phi$として差支えない)

載荷重は以下によって計算する。

載荷重としては，自動車荷重，ブルドーザ荷重などが考えられるが，ここでは一般的な荷重としてトラック荷重の算出について示す。

$$W_t = \frac{2n \cdot P_t(1+K_i)}{\{n \cdot L + (n-1)c + b + 2H\tan\psi\}(a + 2H \tan\psi)}$$

ここに，W_t：トラック荷重による載重量(N/mm)

n：トラック台数

P_t：後輪 1 個の荷重(N)＝$\dfrac{1}{2} \times \dfrac{4}{5} \times w \times g$

w：トラック 1 台の総質量(kg)

L：後輪中心間隔(mm)

H：管頂からの土被り(mm)

a：車輪接地長(mm)

b：後輪輪帯巾(mm)

c：相隣るトラック間の後輪中心間隔(mm)

ψ：分散角(°)(一般に 45°を用いてよい)

K_i：衝撃係数

表-30-3　衝撃係数 [1)]

土被りの高さ(m)	衝撃係数（K_i）
H<1.5	0.5
1.5≦H＜6.5	0.65－0.1H(m)
H≧6.5	0

雪荷重は以下によって計算する。

多雪地域で雪荷重による応力が大きい場合に考慮する。

$W_{SN} = \rho_{SN} \cdot g \cdot H_{SN}$

ここに，W_{SN}：雪荷重(N/mm²)

ρ_{SN}：雪の密度(kg/mm³)

g：単位質量当りの重力(N/kg)

H_{SN}：積雪深さ(mm)

(2)　管軸方向の応力

1)　管の温度変化による応力

本章第 26 条解説による。

2)　ポアソン効果による応力

本章第 26 条解説による。

3)　管を梁と考えたときの載荷重による曲げ応力

弾性床上の梁とし，計算式は(社)土木学会「構造力学公式集」等を参照するものとする。

(3)　管軸に垂直な方向のせん断応力

管を梁と考えたときの載荷重によるせん断応力。

上記(2) 3)に示した資料等を参照すること。

1)通産省，石油パイプライン事業の事業用施設の技術上の基準の細目を定める告示，1973

二　管内充水時

(1)　土圧，載荷重，管内水の質量，雪荷重による円周方向曲げ応力

$$\sigma_{b2}=\frac{6M_2}{t^2}$$

σ_{b2}：土圧，載荷重，雪荷重，及び水の質量による円周方向曲げ応力 (N/mm^2)

M_2：土圧，載荷重，雪荷重，及び水の質量による曲げモーメント $(N\cdot mm/mm)$

最大曲げモーメントは次式で算出される。

$$M_2=K_1\cdot W\cdot r_m^{\,2}+K_2\cdot \rho w\cdot g\cdot r_m^{\,3}-0.083e'\cdot \Delta X_2\cdot r_m$$

ρw：水の密度(kg/mm^3)

ΔX_2：土圧，載荷重，雪荷重，及び水の質量による水平たわみ量(mm)

K_2　：管底の支持角によって決まる係数

$$\Delta X_2=\frac{2K\cdot W\cdot r_m+2K_0\cdot \rho w\cdot g\cdot r_m^{\,2}}{E_s\cdot I/r_m^{\,3}+0.061e'}$$

K_0　：管底の支持角によって決まる係数

$$K_2=\frac{\theta}{8\sin\theta}+\frac{3}{8}\cos\theta-\frac{\pi}{4}\sin\theta+\frac{\theta\sin\theta}{4}+\frac{5}{12}-\frac{\cos^2\theta}{6}$$

$$K_0=\frac{1}{2}\left(-\frac{\pi\sin^2\theta}{12}-\frac{\pi}{4}+\frac{\theta\sin\theta}{2}+\frac{\theta}{4\sin\theta}+\frac{3\cos\theta}{4}\right)$$

係数 K_2,K_0 は表-30-4 の値となる。

表-30-4　K_2,K_0 の値

管底の支持角（2θ）	0°	30°	60°	90°	120°	180°
K_2	0.750	0.563	0.420	0.321	0.260	0.220
K_0	0.107	0.104	0.096	0.085	0.075	0.065

三　管内空虚時

(1)　土圧，載荷重，雪荷重による円周方向曲げ応力

$$\sigma_{b3}=\frac{6M_3}{t^2}$$

σ_{b3}：土圧，載荷重及び雪荷重による円周方向曲げ応力(N/mm^2)

M_3：土圧，載荷重及び雪荷重による曲げモーメント$(N\cdot mm/mm)$

最大曲げモーメントは管底に生じ，次式で計算される。

$$M_3=K_1\cdot W\cdot r_m^{\,2}-0.083e'\cdot \Delta X_3\cdot r_m$$

ΔX_3：土圧，載荷重及び雪荷重による水平たわみ量(mm)

$$\Delta X_3 = \frac{2K \cdot W \cdot r_m}{E_s \cdot I / r_m^3 + 0.061 e'}$$

(2)　外圧によるたわみ率(変形率)

$$\alpha = F \cdot \frac{\Delta X_3}{2 r_m}$$

α：管内空虚時たわみ率

F　：変形遅れ係数(1.0～1.5)

変形遅れ係数Fは，管のたわみ率が埋設後埋戻し施工の状況によって経時的に変化することを考慮した係数であり，「石油パイプライン事業の事業施設の技術上の基準の細目を定める告示」(通商産業省ほか)では

・十分締固まった砂，もしくは砂質土の地盤に埋設する場合　　1.0

・管の側面が管の半径以上の幅にわたり砂もしくは砂質土で置換されて十分締固めてある場合　　1.0

・その他の場合　　1.5

としている。

また，排水時外圧を考慮する場合は，ΔX_3を算出する際に荷重として加算するものとする。

上式によって計算したたわみ率αの値が表-30-5 に示すたわみ率Vを超えないように管厚を選ぶ。

表-30-5　設計たわみ率(%)

締固めの程度	締固めなし	締固め　Ⅰ	締固め　Ⅱ
許容たわみ率	5	5	5
たわみ率のバラツキ	±2	±2	±1
設計たわみ率　v	3	3	4

第 5 節　付属設備

(継　手)

第 31 条　塩ビ管の継手はゴム輪継手，ポリ管の継手は EF 融着継手又はバット融着継手，リブ管の継手はゴム輪継手（ガスケット継手），EF 融着継手又は樹脂盛り溶接継手とする。

〔解説〕

1.　塩ビ管の継手はゴム輪継手とする(図-31-1 参照)。

ポリ管の継手は EF 融着継手又はバット融着継手とする(図-31-2 参照)。

リブ管の継手はゴム輪継手（ガスケット継手），EF 融着継手又は樹脂盛り溶接継手とする(図-31-3 参照)。

なお，継手の設計については第 32 条に規定する。

2.異種管や異形管との継手

異なる一般市販管同士の接合，一般市販管と鋼管や FRP(M)管との接合，あるいは，異形管との接合の場合で，ゴム輪継手，ＥＦ融着継手，バット融着継手又は樹脂盛り溶接継手としない場合には，メカニカル継手あるいはフランジ継手を用いるものとする。これらの継手については，十分な強さと水密性をもつ構造としなければならない。

3.管の伸縮が大きい場合への対応

ゴム輪継手による場合は，継手ごとに管軸方向の伸縮を吸収できるため，一般には伸縮継手等の設備は設けない。

また，ポリ管やリブ管（EF 継手又は樹脂盛り溶接による継手）では，弾性係数が小さく，管軸方向の伸縮には管自体で対応できると考えるため，上記ゴム輪継手の場合と同様に伸縮継手等の設備は設けない。

なお,ポリ管やリブ管を露出配管とする場合は,直射日光による温度変化により，比較的大きな伸縮や変位が発生する場合がある。このとき，管を不用意に拘束した場合や伸縮継手を設けた場合には，管のクリープ特性が影響して，管本体に想定外の負荷がかかり，思わぬ損傷を与えることがある。したがって，ポリ管やリブ管を露出配管とする場合には，伸縮継手を用いないこととともに，連続したコンクリートによる基礎とするなど，温度変化やクリープによる変形に対して安全な構造としなければならない。

4.ポリ管のバット融着部の内面処理

ポリ管をバット融着により継いだ場合，管の内面に肉盛状のこぶ（内ビード）が

生じる。一般（水道施設など）には，この内面こぶは削除しないが,管が比較的小さく,内面こぶの影響が懸念される場合には,施工直後にこの内面こぶを取り除くものとする。内面こぶの除去方法については第 51 条解説を参照とする。

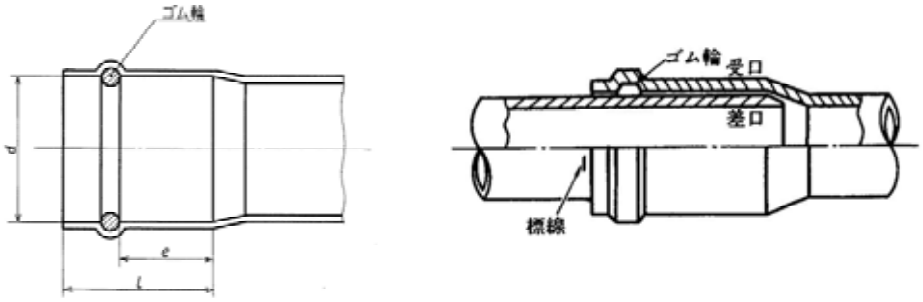
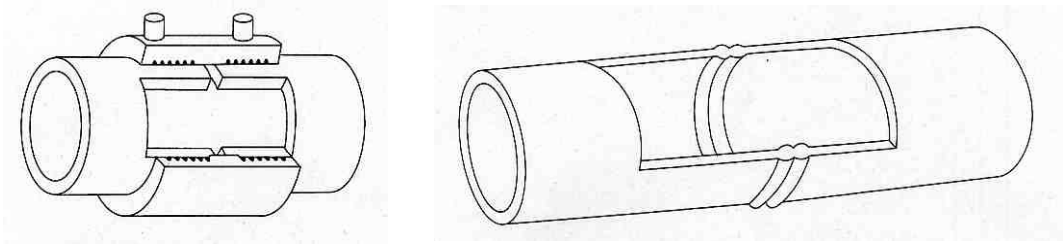
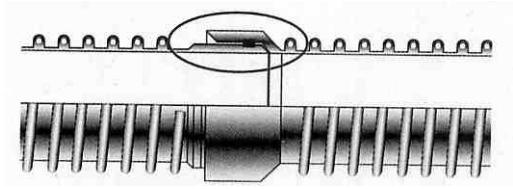


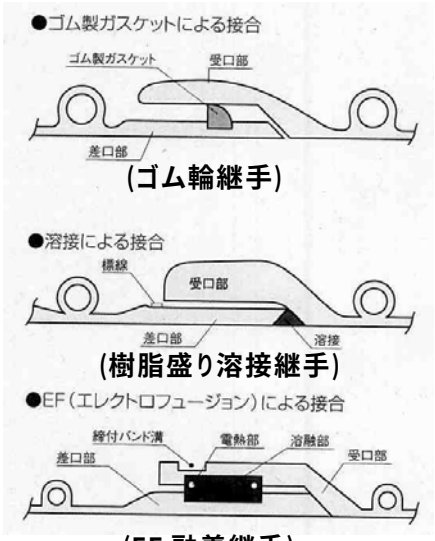
図-31-1 塩ビ管継手概要図(ゴム輪継手)



(EF 融着継手)　　（バット融着継手）

図-31-2 ポリ管継手概要図





(ゴム輪継手)

(樹脂盛り溶接継手)

(EF 融着継手)

図-31-3 リブ管継手概要図

(継手の設計)

第 32 条　継手は，次の各号の条件に適合するように設計しなければならない。

(1)　主要耐圧部と同等の強度を持つこと

(2)　主要耐圧部と組合せたとき，必要な水密性を持つこと。

〔解説〕

継手の設計は主要耐圧部と同様に行う。

ただし，使用時の荷重状態が再現できる場合は，継手の強度を耐圧試験によって求めてもよいものとする。この場合，設計圧力は管の破壊圧力に対して適切な安全率を持たなければならない。安全率については第 17 条の規定を準用する。

水密性については，水圧試験によって確認することを基本とする。この場合，試験圧力は設計圧力の 2 倍とする。この値は，水圧管路として一般市販管を対象としている農林基準に規定される値に等しい。

なお,継手の強度や水密性については,一般市販管の製作工場で各種試験を実施し,それぞれのデータ（強度，物性値等）を的確に把握されている場合が多い。したがって,あらかじめこれらのデータが得られている場合は,試験を省略することができる。

(曲　管)

第 33 条　曲管は，作用する内外圧に対し安全な構造としなければならない。

また，曲管部の曲率半径は，管内径の 3 倍以上とし，各節ごとの角度の振りは 7 ° 以下とする。ただし，直角曲管，分岐管，その他問題のない場合は，曲率半径を管内径の 2 倍以上とすることができる。

〔解説〕

管路の方向が変化する位置には曲管が必要となる。曲管の管中心線の曲率半径Ｒ，管内径Ｄ，及び損失水頭の関係については多数の実験結果があるが，Anderson 及び Straud[1)]がこれらを再検討して調整した値によると，Ｒ/Ｄの増加とともに損失係数は減少し，Ｒ/Ｄが 3 以上になれば相当小さくなる。一方，Ｒ/Ｄをあまり大きくすると曲管長が増加し経済的でなくなる。

ここで，直角曲管，分岐管においては，適切な曲率半径をとるだけの空間が得られない場合がしばしばあるので，このような場合には曲率半径を管内径の 2 倍以上としてもよいものとした。

また，なめらかな円弧状の管(スムースベントと呼ばれる)を製作することは製造上困難なことが多く，通常，各部分ごとに斜めに切断した円筒管を連ねた折管(海老胴

1) Anderson.A.G and Straub,L：Hydraulics of conduit bends,St Anthony Fall Hyd.raulic Laboratory,Bulletin No.1,Dec.1948

管又はマイタベンドと呼ばれる)として製作される。曲管部における各節の角度の振りは小さいほど滑らかな曲管に近付き，損失水頭は減少することが知られている。したがって，施工性及び経済性から従来より妥当とされている 7°以下の振り角度を本条に規定したが，低落差大容量発電所のように水頭の維持が非常に重要な場合は 4°～5°程度に選定することが望ましい。

なお，本基準(案)で対象とする一般市販管を採用する場合，第 7 条に示した材料に準じた既製品又は特注品を使用することができる。

また，海老胴管又はマイタベントを用いる場合は，形状の不連続による 2 次応力が生じるため，その応力を適切に評価し，応力が許容値を超える場合には曲管部の補強を行う必要がある。このような形状の不連続による 2 次応力や製造技術,製造コスト,接合箇所の補強による外観等を考慮し，一般市販管による曲管での対応が不利となる場合は,鋼管や FRP(M)性の曲管を用いることができる。鋼管及び FRP(M)を用いる場合は「水門鉄管技術基準　水圧鉄管編」並びに「水門鉄管技術基準　FRP(M)水圧管編」に準拠する。

ここで，ポリ管やリブ管（溶接継手）においては，第 7 条に示した材料の規格に応じた許容曲げ半径による曲線配置が可能とする。一方，塩ビ管及びリブ管（ゴム輪継手）の場合は直線配置を基本とするが，現場状況に応じて特に問題がない場合は，設計者の判断により管の継手を第 7 条に示した材料の規格に応じた許容曲げ角度（塩ビ管で良好な地盤の場合に 2°[参考値]）以内に設定することによって小角度の曲線配置を可能とする。この場合は，設定角度における継手の水密性及び引抜きについて確認するとともに，適正に施工されなければならない。

(漸縮管)

第 34 条　漸縮管は，作用する内外圧に対し安全な構造としなければならない。
また,水流に対しても配慮しなければならない。

〔解説〕

漸縮管は，内外圧を受ける円錐シェルとして計算すればよい。管端部の影響がない場合,円錐シェルの単位長さ当たりに作用するフープテンションは次式で与えられる。

$$N=\frac{P\cdot r}{\cos\theta}$$

ここに，N：円錐シェルの単位長さ当たりに作用するフープテンション
P：設計圧力
r：計算する位置における円錐シェルの半径
θ：円錐シェルの半頂角

すなわち，r が等しければ円錐の頂角が大きいほどフープテンションも大きくなる。

水理的な観点からは，第 6 条に述べたように，円錐の頂角を大きくすると水理損失が大きくなるので，適切な角度を選ぶ必要がある。

また，形状の不連続による 2 次応力や製造技術，製造コスト，接合箇所の補強による外観等を考慮し，一般市販管による漸縮管での対応が不利となる場合は，鋼管や FRP(M)製の漸縮管を用いることができる。鋼管及び FRP(M)を用いる場合は，「水門鉄管技術基準　水圧鉄管編」並びに「水門鉄管技術基準　FRP(M)水圧管編」に準拠する。

ここで,本基準(案)で対象とする一般市販管を採用する場合,第 7 条に示した材料に準じた既製品又は特注品を使用することができるものとする。なお，管胴の接合部には形状の不連続による 2 次応力が生じるため，その応力を適切に評価し，応力が許容値を超える場合には適切な補強を行う必要がある。

(分岐管)

第 35 条　分岐管は，作用する内外圧に対し安全な構造としなければならない。また，水流に対しても配慮しなければならない

〔解説〕

一般市販管において本管の水流が 2 つ以上に分けられる場合，又は 2 つ以上の管から本管へ水流が集まる場合，この分流部又は合流部に設けられる管を分岐管という。

分岐管の水理特性については次のような点が要求される。

1)　分流(合流)による損失水頭が小さいこと。

2)　分岐に必要な前後の曲管，漸縮管，漸縮曲管等も含めて，全損失水頭が小さいこと。また，大きな乱れ，2 次流を生じないこと。

3)　枝管の流量が変化しても他の枝管の流れに大きな過流や水圧動脈を生じないこと。

これらの要求を満たすためには,

①　各枝管の管軸と本管軸の間の角度がなるべく小さいこと。

②　流路断面積の急激な変化がないこと。

③　流路内に障害となるものを設けないこと。

等が考えられる。

ここで，本基準(案)で対象とする一般市販管を採用する場合，第 7 条に示した材料に準じた既製品又は特注品を使用することができるものとする。なお，管胴の分岐部には形状の不連続による 2 次応力が生じるため，その応力を適切に評価し，応力が許容値を超える場合には適切な補強を行う必要がある。

また，形状の不連続による 2 次応力や製造技術，製造コスト，接合箇所の補強による外観等を考慮し，一般市販管による分岐管での対応が不利となる場合は，鋼管や

FRP(M)製の分岐管を用いることができる。鋼管及び FRP(M)を用いる場合は,「水門鉄管技術基準　水圧鉄管編」並びに「水門鉄管技術基準　FRP(M)水圧管編」に準拠する。

(付属設備設置に伴う欠損部の補強)

第36条　付属設備,その他の設備の設置に伴い,主要耐圧部に欠損部を設ける場合において，これにより著しい応力集中が欠損部に生じて弱点になると考えられるときには，欠損部を補強しなければならない。

〔解説〕

管胴にマンホール，空気管又は空気弁，バイパス管，排水管等の付属設備や測水装置，水圧計，給水管等を取付けるために欠損部を設ける場合，欠損部の周辺には応力集中が生じる。

この応力集中の最大値は欠損部（穴）の周辺で起こり，これから隔たるにしたがって急減し，欠損部の中心から欠損部半径の 2 倍程度離れた位置で応力集中の影響はほとんどなくなる（「水門鉄管技術基準」 水圧鉄管編 第 38 条〔解説〕)。これらの著しい局部応力集中が管胴の許容応力を超えて弱点となる場合には欠損部の周辺を適切な方法によって補強しなければならない。

補強方法については「水門鉄管技術基準　FRP(M)水圧管編」第 42 条に示される例が参考になるが，補強にかかるコストや外観等を考慮し，鋼管や FRP(M)製に代替することができる。鋼管及び FRP(M)を用いる場合は,「水門鉄管技術基準　水圧鉄管編」並びに「水門鉄管技術基準　FRP(M)水圧管編」に準拠する。

(スラストカラ)

第 37 条　水圧管の管軸方向の推力（スラスト）を支台やアンカブロックなどの下部工へ伝達させることが必要とされる場合において，コンクリートによる巻立てなどの直接的な対応を行わないときには，一般市販管による水圧管路にスラストカラを設けるものとする。

2.　スラストカラは必要な強さを持ち，かつ，主要耐圧部と一体となるような構造としなければならない。

〔解説〕

管軸方向の推力(スラスト)に対しては，スラストカラ又はその他の方法（コンクリートによる巻立てなど）により，支台，アンカブロックと一般市販管を定着させ，荷重を下部工へ伝達させる必要がある。

一般市販管による水圧管路においては，露出して傾斜設置される単位管の自重による管軸方向の推力に対抗するためのスラストカラが採用されることがある。

その構造例を図-37-1 に示す。スラストカラは必要な強さを持ち，かつ，主要耐圧部と一体となるような構造としなければならない。なお,スラストカラは，一般市販管の管胴に管軸方向の圧縮力を生じさせないよう，上流側に設置することが多い。

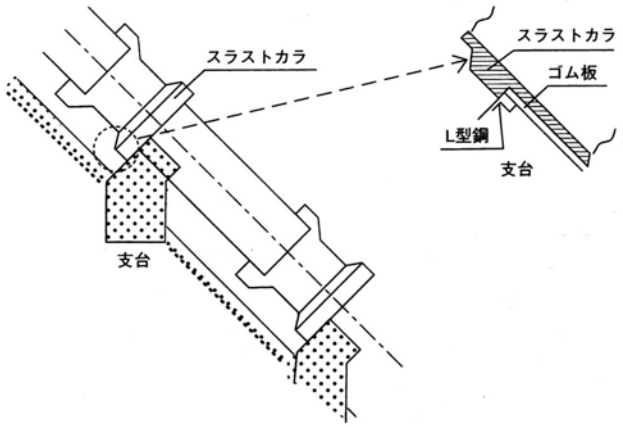


図-37-1　スラストカラの構造例

(マンホール)

第 38 条　水圧管の保守点検上から管内への侵入が必要とされる場合には，管長，管径，傾斜等を考慮して，一般市販管による水圧管路にマンホールを設けるものとする。

〔解説〕

一般市販管による水圧管路には，管内への侵入が必要とされる場合に保守点検用のマンホールを設けるが，管長，管径，傾斜等によってその位置が決定される。マンホールの取付位置は主として出入りが容易なように決められるが，管の円周上，上方又は斜め下方が一般に採用されている。

また，鋼製とする場合は,「水門鉄管技術基準」水圧鉄管編第 42 条に準拠する。

(空気管及び空気弁)

第 39 条　水圧管の充水時の排気や排水時の空気導入が必要とされる場合には，一般市販管による水圧管路に空気管又は空気弁を設けるものとする。

〔解説〕

1．空気管又は空気弁は，水圧管の充水時の排気と排水時の空気導入を行うもので，特に排水時の圧壊防止には最も重要な付属設備である。

排水時に管内の圧力が管外の圧力(大気圧)よりも低下する場合に対して 0.02MPa を超える圧力差が生ずる恐れがある場合には，0.02MPa 以下で作動するような空気

管又は空気弁を設置しなければならない。また，既設発電所の水圧管路では，水平又は水平に近い部分において管路が動水勾配線を超す恐れのあるような場合に，その部分の下流端にも空気弁又は空気管を設けている例がある。これは充排水のほかに負荷の急激な変化によって管内に生ずる負圧を防止するためである。

空気弁の最小流入断面積は，次式によって与えられる。

$$A=\frac{Q}{C\sqrt{2\frac{\Delta P}{\rho_a}}}$$

ここに，A：最小流入断面積(m^2)

Q：最大管内流量(m^3/s)

ΔP：許容圧力差(Pa)

ρ_a：空気の密度(1.226kg/m^3)

C：流入係数(通常 0.6 を用いる)

2. 寒冷地においては空気管や空気弁が凍結する恐れがあるので，電熱保温やグリース注入等の方法を用いて凍結を防止する必要がある。

また，閉鎖のときに異物がかまないように注意を払うとともに，木の葉等の付着や堆積，積雪によって空気管や空気弁が閉塞される恐れがある場合には十分な保護設備を必要とする。

空気弁は開閉にあたり大きな衝撃を受けるので，それに耐え得る十分な強さをもっていなければならない。

なお上記の考慮を払うにしても，空気弁の作動が信頼性を増す目的のため，2 個以上の空気弁を設けて不測の事故に対して安全であるように設計する場合もある。

(制水弁，バイパス管及びバイパス弁)

第 40 条　水圧管内の流水の遮断（制水）や迂回（バイパス）が必要とされる場合には，一般市販管による水圧管路に制水弁，バイパス管及びバイパス弁を設けるものとする。

〔解説〕

代表的な制水弁を以下に示す。

ゲートバルブ

バタフライバルブ

ロータリーバルブ

制水弁に発生するスラストは，制水弁から直接下部工へ伝達できる構造とし，一般市販管による水圧管路のスラストを伝達させないものとする。

一般市販管による水圧管路において，水路の水門扉，制水弁の近傍に設けられ，その開閉力を小さくするため，あるいは水路内を徐々に充水する目的で設けられる管をバイパス管と呼び，バイパス管に取付けられる弁をバイパス弁と呼ぶ。

一般市販管による水圧管路にバイパス管を設置する場合，一般市販管の管胴に欠損部が生じる。この欠損部の補強は第 36 条に従えばよい。

(排水管及び排水弁)

第 41 条　水圧管内の水，砂，泥等の排除が必要とされる場合には，一般市販管による水圧管路に排水管及び排水弁を設けるものとする。

〔解説〕

一般市販管による水圧管路において，水圧管内の水，砂，泥等を排除するために設置する管を排水管と呼び，排水管に取付けられる弁を排水弁と呼ぶ。

一般市販管による水圧管路に排水管を設置する場合は管胴に欠損部が生じる。この欠損部の補強は第 36 条に従えばよい。

(支台及びアンカブロックの位置と基礎)

第 42 条　一般市販管による水圧管路は，適切な位置に支台又はアンカブロックを設け,一般市販管による水圧管路に作用する荷重を確実に基礎に伝達し,主要耐圧部の機能に支障を与えるような応力が生じてはならない。

2．支台及びアンカブロックは,必要な支持力をもつ基礎地盤の上に設けなければならない。ただし，これが,困難な場合は必要な支持力をもつ基礎工を設けなければならない。

〔解説〕

1.一般市販管による水圧管路の支台の位置は一般市販管の単位管長，構造などを考慮して決定する。また,管胴本体のわん曲部にはアンカブロックの設置を基本とする。

2．一般市販管による水圧管路は通常，管の自重，温度変化によるスラストなどに対しては支台でこれらの荷重を負担させる。また，わん曲部(継手で折曲り配管とする場合を含む)において,曲り角(又は折曲り角)が小さい場合や圧力が小さい場合など,不平衡力や遠心力を支台にて安全に支持できる場合は，不平衡力や遠心力とも支台に負担させることができる。

しかし，わん曲部に作用する不平衡力や遠心力が大きい場合は，支台で負担することが困難であり，これらの荷重を負担するためアンカブロックが設けられる。

3．支台の間隔を大きくすると，反力が大きくなるため管壁に生じるせん断力及び円

周方向曲げモーメントが増大し，したがって管厚を増加する必要がある。また，間隔を大きくすると固有振動数が小さくなる傾向がある。このため，支台の間隔については，これらの経済性，振動の軽減等の要素を配慮して決定する。

4. 支台及びアンカブロックの基礎は，必要な支持力をもつ基礎地盤の上に設け，移動の生じないものでなければならないが，これが困難なときは必要な支持力をもつ基礎工を施さなければならない。基礎工としては，杭打ち基礎工やグラウト工などが用いられている。

地盤の許容支持力は，地盤の極限支持力を適切な安全率で除して決定される。

地盤の極限支持力を求めるには，平板載荷試験による方法，標準入試験(N 値)から推定する方法[1)]などがある。地盤の極限支持力自体は地盤材料に固有の値ではなく，基礎の寸法，形状，荷重の状態などによって変化する。地盤の極限支持力の算定式としては，Terzaghi[2)]その他の研究者による支持力理論及びそれらを修正した方法がある。

安全率としては荷重を，常時作用する荷重と地震などの短期荷重に分け，後者に対しては前者よりも低い値を与えることが通常行われている[3)]。「道路橋示方書」では，常時で 3，地震時で 2 の安全率を規定している[1)]。

ただし，地震時には，地盤によっては流動化などをおこし極限支持力が低下することもあるので，実際に構造物を設置する地盤を十分に調査して設計する必要がある。

また，簡便に地盤の許容支持力を決定する方法として「許容支持力表」が各種基準に定められている。例えば「道路橋示方書」では「最大地盤反力度」として表-42-1 に示す値を与えている[1)]。

表-42-1　最大地盤反力度の上限値

基礎地盤の種類			最大地盤反力度 kN/m²		目安とする値 MN/m²	
			常　時	レベル 1 地震時	一軸圧縮強　度	孔内水平載荷試験による変形係数
岩盤	硬岩	亀裂が少い	2,500	3,750	10 以上	500 以上
		亀裂が多い	1,000	1,500		500 未満
	軟岩・土丹		600	900	1 以上	500 未満
地盤	砂れき地盤		700	—	—	—
	砂地盤		400	—	—	—
	粘性土地盤		200	—	—	—

1)(社)日本道路協会，道路橋示方書・同解説，下部構造編，pp269～279，2002.
2)Terzaghi,k,and Peck,R,B Soil Mechanics in Engineering Practice,2nd ed,Jhon Wiley & Sons,Inc,New York,1967(星埜和他訳，土質力学基礎編，pp88-201,丸善，1969.)
3）土質工学会編，岩の工学的性質と設計･施工への応用，pp467～471，1974.など。

(支台及びアンカブロックに考慮する荷重)

第43条　支台及びアンカブロックは,次の荷重に対して安全となるように設計しなければならない。

(1)　支台又はアンカブロックの質量

(2)　支台又はアンカブロックが支持する管（継手，異形管などの付属設備を含む）及び水の質量，載荷重，雪荷重

(3)　管軸方向の推力

(4)　わん曲部に作用する遠心力による推力

(5)　わん曲部に作用する不平衡力による推力

(6)　地震力

(7)　風圧による側面からの力

(8)　温度変化に伴う管の伸縮による軸方向の摩擦力

2.　アンカブロックの上流側と下流側の管軸が同一鉛直面内に無いときは，横軸方向の安定についても考慮しなければならない。

3.　支台及びアンカブロックは，これに作用する荷重に対して一般市販管による水圧管を安全に支持できるような構造としなければならない。

〔解説〕

支台及びアンカブロックの安定計算に考慮する荷重は，表-43-1 に従い，次の諸式によって計算する。

なお，符号は，水槽から発電所に向かう方向を正とし，支台及びアンカブロックより上部の管についてはダッシュなし，下部の管についてはダッシュをつけるものとする。

θ：管の傾斜角

ℓ：支台又はアンカブロックからそれに隣接する支台又は継手までの距離(m)

L：支台又はアンカブロックから最初のメカニカル継手までの距離(m)

Ws：一般市販管による水圧管の長さ 1m 当りの質量＝$\pi(D_0+t_0)t_0 \cdot \rho_s$(kg/m)

Ww：一般市販管による水圧管の長さ 1m 当りの管内水の質量

＝$\pi D_0^2 \cdot \rho_w/4$(kg/m)

W_0：一般市販管による水圧管路の長さ 1m 当りに作用する載荷重，雪荷重による荷重(kg/m)

D_0：管の内径(m)

t_0：管　　厚(m)

ρ_s：管材料の密度(10^3kg/m^3)

ρ_w：管内水の密度(1.0×10^3kg/m^3)

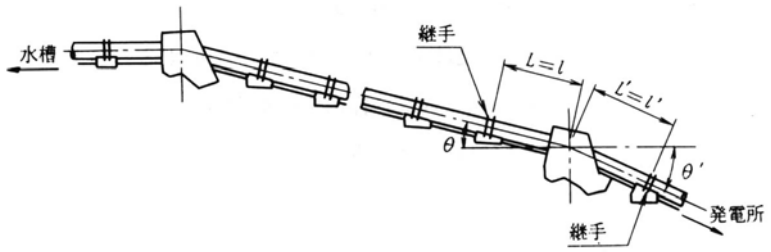


図-43-1　一般市販管による水圧管路縦断面図

表-43-1　安定計算に考慮する荷重の組み合わせ

荷　　重	支台の安定計算	アンカブロックの安定計算
(1)支台又はアンカブロックの質量	○	○
(2)支台又はアンカブロックが支持する管（継手，異形管などの付属設備を含む）及び水の質量，載荷重，雪荷重	○	○
(3)管軸方向の推力		
(a)一般市販管による水圧管路の自重による推力	○	○
(b)管内水の摩擦による推力	○	○
(c)漸縮管に作用する内圧による推力	－	○
(d)継手に作用する内圧による推力	○	○
(e)支承部摩擦力	○	○
(f)継手摩擦力	－	○
(4)わん曲部に作用する遠心力	－	○
(5)わん曲部に作用する水圧による不平衡力	－	○
(6)地　震　力	○	○
(7)風圧による側面からの力	○	○
(8)温度変化に伴う管の伸縮による軸方向の摩擦力	○	○

(1)　支台又はアンカブロックの質量

支台又はアンカブロックの質量は，一般市販管による水圧管路によって排除された部分を差し引かなければならない。

(2)　支台又はアンカブロックが支持する管（継手，異形管などの付属設備を含む）及び水の質量，載荷重，雪荷重

支台又はアンカブロックが支持する管（継手，異形管などの付属設備を含む）及び水の質量，載荷重，雪荷重については，通常，上下流側に隣接する継手までとする。

上部管について　$W = (W_w+W_s+W_0)\cdot g\cdot \ell$

下部管について　$W' = (W_w+W_s+W_0)\cdot g\cdot \ell'$

ここに，W，W'：支台又はアンカブロックが支持する管（継手，異形管などの付属設備を含む）及び水の質量，載荷重，雪荷重として作用する重力(kN)

g：単位質量当りの重力(9.8N/kg)

(3) 管軸方向の推力

(a) 一般市販管による水圧管路の自重による推力

上部管について　$P_1 = Ws \cdot \ell \cdot g \cdot \sin\theta$

下部管について　$P_1' = Ws \cdot \ell \cdot g \cdot \sin\theta'$

(b) 管内水の摩擦による推力

上部管について　$P_2 = \dfrac{2 \cdot fw \cdot Q^2 \cdot \ell}{g \cdot \pi \cdot D_0^{\,3}}$

下部管について　$P_2' = \dfrac{2 \cdot fw \cdot Q^2 \cdot \ell'}{g \cdot \pi \cdot D_0^{\,3}}$

ここに，Q：管内流量(m^3/s)

fw：管内流水の摩擦抵抗係数 $0.2D_0^{-1/3}$(kN/m^3)

P_2，P_2'は他の諸力に比べて小さいので，通常省略することができる。

(c) 漸縮管に作用する内圧による推力

上部管について　$P_3 = P_T(A_1 - A_2)$

下部管について　$P_3' = P_T'(A_1' - A_2')$

ここに，P_T，P_T'：漸縮管の中心における水圧(kPa)

平常時は設計内圧，地震時は静水圧とする。

A_1，A_1'： 漸縮管上流部の管内断面積(m^2)

A_2，A_2'： 漸縮管下流部の管内断面積(m^2)

(d) 継手に作用する内圧による推力

上部管について　$P_4 = H_E \cdot \dfrac{\pi}{4}(D_2^{\,2} - D_0^{\,2})$

下部管について　$P_4' = -H_E \cdot \dfrac{\pi}{4}(D_2'^{\,2} - D_2'^{\,2})$

ここに，H_E，H_E'：継手の中心における水圧(kPa)

平常時は設計内圧，地震時は静水圧とする。

D_0，D_0'：継手の管内径(m)

D_2，D_2'：継手の管外径(m)

(e) 支承部摩擦力

上部管について　$F_1 = f_{sp} \cdot W \cdot \cos\theta$

下部管について　$F_1' = f_{sp} \cdot W' \cdot \cos\theta'$

ここに，f_{sp}：摩擦係数(第 25 条による。)

(f) 継手摩擦力

上部管について　$F_2 = f_E \cdot \pi \cdot D_2$

下部管について　$F_2' = f_E \cdot \pi \cdot D_2'$

ここに，f_E：継手の円周長 1m 当たりの摩擦力＝7(kN/m)

(4) わん曲部に作用する遠心力による推力

上部管について　P_5　＝$\rho_w \cdot v^2 \cdot A$

下部管について　P_5'＝－$\rho_w \cdot v'^2 \cdot A'$

ここに，v：わん曲部上流側の流速(m/s)

v'：わん曲部下流側の流速(m/s)

A　：わん曲部上流側の管内断面積(m^2)

A'：わん曲部下流側の管内断面積(m^2)

(5) わん曲部に作用する不平衡力による推力

上部管について　P_6　＝HA

下部管について　P_6'＝－HA'

ここに，H：わん曲部の中心における水圧(kPa)

平常時は設計内圧，地震時は静水圧とする。

なお，(4)及び(5)については，上，下流部管の管径が等しいとき，それぞれの管に働く推力の合力が次式で与えられる。

$$Pc = 2\rho_w \cdot v^2 \cdot A \cdot \sin(\phi/2)$$

$$P_R = 2H \cdot A \cdot \sin(\phi/2)$$

ここに，P_c：わん曲部に作用する遠心力

P_R：わん曲部に作用する不平衡力

φ：わん曲部の合成角

$F = F_1 + F_2$，$F' = F_1' + F_2'$とおくと，これらの摩擦力は管の温度変化によってその方向が逆になるから，推力としては，次の組み合わせの内不利な方を採用する。

上部管からの推力　$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 \pm F$

下部管からの推力　$P' = P_1' + P_2' + P_3' + P_4' + P_5' + P_6' \pm F'$

なお，管軸方向の推力としては，制水弁のある場合で，閉鎖時に弁に作用する内圧による管軸方向の推力が働く場合は，これを考慮しなければならない。

(6)　地震力

地震力 Pe は，次式で求める。

$$Pe = k(W_1 + W_2)g$$

ここに，k：水平震度

W_1：支台又はアンカブロックが一体となって地震力が働くと考えられる一般市販管による水圧管路と水の質量

W_2：支台又はアンカブロックの質量

支台又はアンカブロックの設計においては，一般に k＝0.10～0.15 の値が採用されている。ただし地盤が不良の場合や土中埋設管の場合は，別途検討して定める必要がある。

(7)　風圧による側面からの力

一般市販管による水圧管路では空虚時の風圧が支台又はアンカブロックの設計の一要素となることがある。

風による側面からの力 P_W は，支台間隔が一定であるとすると，次式で与えられる。

$$P_w = Q_w \cdot \ell$$

ここに，Q_w：管軸方向単位長さ当りの風による側面からの力

(8)　温度変化に伴う管の伸縮による軸方向の摩擦力

ポリ管及びリブ管（融着継手）を支台やアンカブロックで支持する場合は，温度変化に伴う管の伸縮による軸方向の摩擦力を適切に評価し，支台又はアンカブロックに作用する荷重として考慮しなければならない。

(支台及びアンカブロックの安定検討)

第44条　支台及びアンカブロックは,転倒,滑動,圧壊に対して安全でなければならない。

〔解説〕

支台及びアンカブロックに働く力の合力は転倒及び滑動を起こす傾向に作用する。また，アンカブロックの破壊は，全体の剛体的移動とアンカブロック自体の破壊とに区分することができる。

前者の破壊の原因としては，転倒及び滑動の2つがある[1)]。

転倒に対する安定条件としては，外力作用位置偏心量で規定する方法が広く行われている。この方法は,長方形基礎の場合ミドルサード(middlethird)の条件と呼ばれる。すなわち，反力及び質量(自重)を含む支台に働く諸力を最悪条件のもとに合成して合力の作用線の位置を照査し,作用線の位置が,常時においてはアンカブロック中央1/3に，また，地震時においてはアンカブロック中央2/3に，それぞれ入るようにしなければならない。

ミドルサードの条件自体は，アンカブロック内又は基礎地盤面に引張応力を生じないという条件を表している。したがって，作用線の位置が中央1/3の外側となることは，引張応力を生じることになるが，地震時にアンカブロックの安定が保たれる限りこれを認めてもよいものとする。

図-44-1に示すような単位厚さのアンカブロックを考えると，上記の条件によれば，アンカブロック縁における最大圧縮応力 σ_c は，常時には $\sigma c = 2F_v/B$ であるのに対して，地震時には $\sigma_c = 3F_v/B$ で，常時の1.5倍となる。

1)Creager,W.P,and Justin, J.D., Hydroelectric Handbook,Chap.17.p337.John Wiley&Sons,Inc.New York,1949

すなわち，上記の条件は，本節第 42 条〔解説〕に示すように，地盤の許容支持力を 1.5 倍に割増したのと同じ効果をもつ。また，地震時において，基礎の引張応力を期待しない場合は$\sigma_c = 4F_v/B$で常時の 2 倍となる。

転倒に対して安全であるためには，アンカブロック縁における圧縮応力が地盤の有害な変位を起こさないものでなければならない。これには，本節第 42 条に述べるようにアンカブロック縁における地盤反力を適切な許容支持力以内に規制することが必要である。

一方，転倒に対する検討方法としては，ミドルサードの条件以外に，以下に述べる抵抗モーメントによる方法がある。すなわち，転倒に対して安定であるためには，外力による転倒モーメントよりもアンカブロックの抵抗モーメントが大きいことが必要である。この条件に対しては，通常，安全率を見込んで次式が用いられている。

$$M_r \geqq S_f \cdot M_f$$

ここに，M_r：抵抗モーメント

M_f：外力による転倒モーメント

S_f：安全率

通常，抵抗モーメントの計算には，アンカブロックの前縁を回転中心として用いている。また，安全率 S_f の値としては，通常，常時は 2，地震時は 1.2 とする例が多い。

滑動に対して安全であるためには，アンカブロックに働く合力の底部に垂直な成分は，底部に平行な成分をアンカブロックの底部における摩擦係数で割った値より大きくなければならない。

アンカブロックと地盤間の摩擦係数は，基礎の状況に応じて決定するものとする。例えば「道路橋示方書」では，次の値を標準にとっている[2)]。

岩盤とコンクリートの場合　0.60

土とコンクリートの場合 $\tan\left(\frac{2}{3}\phi\right)$（$\phi$は地盤材料の内部摩擦角）

なお，滑動に対する安定性を向上させるためアンカブロックの底部を顕著な歯形に整形する場合や，アンカブロックと地山との接触部で安定が得られても基礎地盤内に不安定な滑り面が想定される場合には，特に，地質評価や力解析などの詳細な検討が必要である。

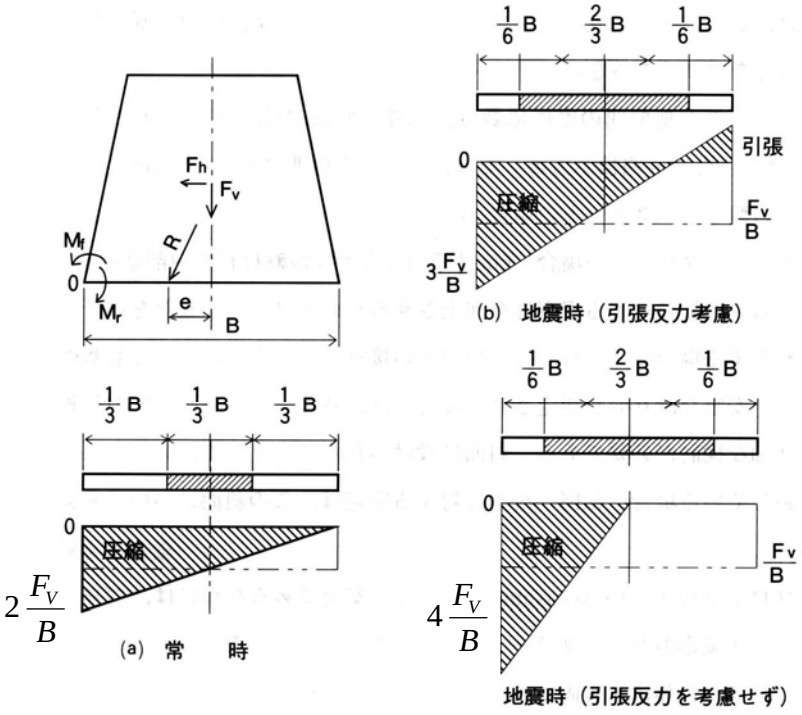
アンカブロックの圧壊(crushing)に対して安全であるためには，アンカブロックに生ずる圧縮応力がコンクリートの許容応力を超えてはならない。

アンカブロック自体は，強固で多少の引張力には抵抗し得る構造と考えてよい。

このために，任意の水平断面で安定を検討する必要はなく，支台と基礎の境界面のみについて検討すればよい。

---

2)(社)日本道路協会，道路橋示方書・同解説，下部構造編，p281.2002.



（σ_c：ブロックにおける最大圧縮応力
F_V:鉛直荷重，F_h:水平荷重，B:ブロックの幅，e：偏心量）

図-44-1　ブロックに働く荷重と反力

（支台の支承部）

第45条　支台の支承部は一般市販管による水圧管路が伸縮に際して安全に，かつ円滑に移動できるような構造としなければならない。

〔解説〕

管の支持方法としては，支点における管の変形を少なくし，かつ温度変化，及び内圧等による管の軸方向の伸縮に対して管が容易に移動できる構造でなければならない。各種支承の摩擦係数は第25条に従う。

一般市販管による水圧管路の支持形式としては，サドルサポート形式が一般的であるが，コンクリートに直接接触して支持することは好ましくなく，コンクリート上面にゴムなどの緩衝材を設置するか，管と支台との間にサドルプレートを入れた構造とする。

(アンカボルト等)

第 46 条　水圧管に作用する上向きの力を直接下部工に伝達させることが必要とされる場合には，一般市販管による水圧管路にアンカボルト，アンカバンド，又はその他の構造物を設けて固定しなければならない。

〔解説〕

一般市販管による水圧管路は，例えば次のような場合，アンカボルト，アンカバンド又はその他の構造物を設けて,外力を直接アンカブロック等に伝える構造とする。

1)　支台において風荷重又は地震力によって管が浮き上がる恐れのあるとき

2)　アンカブロックの位置において，水圧管の上部が露出して設けられ，遠心力や不平衡力等が作用し，管路に上向きの力が発生するとき

3)　水圧管の上部コンクリートの被覆厚が小さく,アンカブロックに引張応力が発生するとき

4)　管がアンカブロック内に固定される部分,又はトンネル内に埋設される部分で，コンクリート打設時に一般市販管による水圧管路に浮力が働くとき

5)　地下水位が高いため，管内空虚時に浮力が働く恐れのあるとき

なお，管軸方向に働く外力に対しては第 37 条のスラストカラを設ける。

アンカボルトの設計において，コンクリートに埋め込むアンカボルトの許容付着応力は，表-46-1 の値以下とする。

また，コンクリートの許容支圧応力は $0.3\sigma_{ck}$ 以下とする。コンクリートの σ_{ck} は水－セメント比，セメント及び骨材の強度，養生方法等により異なるので，その値は施工の条件に応じて決められるべきである。

硬化前のコンクリートの密度は 2300kg/m^3 とする。地震，風の影響及び一時荷重を考えた場合の許容応力は「コンクリート標準示方書」[1)]による。

表-46-1　アンカボルトの許容付着応力

鋼棒の種別	コンクリートの 28 日設計基準強度 σ_{ck} N/mm^2			
	17.7	23.5	29.4	39.2
普通丸鋼	0.69	0.78	0.88	0.98
異形棒鋼	1.37	1.57	1.77	1.96

1)(社)土木学会，コンクリート標準示方書

第 6 節　製　　作

(試験及び検査)

第 47 条　主要耐圧部は，工場製作後，製品について試験及び検査を行い，その品質が必要な仕様を満足することを確認しなければならない。

2．主要耐圧部は，使用条件に応じて材質についての試験を行い，強度，耐食性等，必要な仕様を満足することを確認しなければならない。

3．継手については試験及び検査を行い，その強度及び水密性を確認しなければならない。

〔解説〕

1． 工場における主要耐圧部の試験及び検査は，原材料の試験，製品検査，及び材質試験に分けることができる。このうち，原材料についての試験検査は第 9 条に規定する。

製品の試験検査については当該 JIS などに準じて行うことができる。ただし，各試験項目の要求値は，計画地点の条件に応じて適切に設定する。試験及び検査の項目については，当事者間の合意により増減することができる。

2．製品についての試験及び検査では不足な場合，材質に関する試験を行うこととする。

試験の項目としては，引張強度，圧縮強度，せん断強度，曲げ強度等が考えられる。これらの強度試験については, JIS にそれぞれ試験方法が規定されているので, JIS に従って試験を行えばよい(第 9 条参照)。

3．本基準(案)で対象とする一般市販管による水圧管路の継手（接合部）は以下の試験を実施するものとする。

1) 接合部水密試験
2) 接合部偏圧水密試験
3) 接合部曲げ水密試験
4) 接合部引張強度試験

なお，製作工場において，JIS などの当該規格に適合させるために各種試験を実施し，継手に関するデータ（強度，水密性）を的確に把握している場合は，これらの試験を省略することができる。また，当事者間の合意により試験検査項目を増減することができる。

これらの試験は抜取検査によって実施するものとし，1 つの管種及び呼径を 1 ロットとし, 1 ロットごとに 1 本を試験するものとする。1 ロットの内容は当事者間の協議によって増減することができるものとする。

（付属設備の製作）

第 48 条　主要耐圧部と一体となる主要な付属設備は，主要耐圧部と同等の品質が得られるよう，2 次応力の発生を考慮した方法によって製造しなければならない。

〔解説〕

主要耐圧部と一体となる主要な付属設備にはスラストカラ等がある。これらは，主要耐圧部と同様の応力を生じるほか，特に接合部などでは 2 次応力が発生することがあるので，製造に当たってはこのことを十分考慮する必要がある。

第 7 節　据 付 け

(取扱い)

第 49 条　一般市販管による水圧管路は，据付時の運搬過程において，変形及び破損が生じることのないように，その取り扱いについて十分注意しなければならない。

〔解説〕

水力発電所は一般に交通不便な場所にあり，工場から現場に至る輸送条件が悪い場合が多く，さらに現場においても露出管の場合は，山の急斜面に据付けたり，また，埋設管においては狭い搬入路を通って運ぶ等，現場の水圧管置場から据付位置への運搬条件が悪いのが普通である。

したがって一般市販管による水圧管路据付時の運搬過程においては管が変形したり破損したりすること等がないように,その取扱いについては十分な注意が必要である。特に管の挿口外面及び受口内面は接合部として重要な部分であり，傷をつけることの無いよう十分に注意しなければならない。また，ワイヤロープ等を使用する場合は，管胴に傷が入らないように，当布を用いるなどの注意が必要である。

管胴にあらかじめ装着してあるゴム輪の場合は，水密ゴムの劣化防止用保護テープが破れないように注意する。現場にて装着するゴム輪の場合には，使用するまで倉庫又は冷暗所に保管する等，適切な管理を行わなければならない。現場でのゴム輪の受口溝への装着は，管及びゴム輪をよく清掃した後，仮置場で実施し，その後，接合場所への搬入を行うことが多い。

現場運搬にはトレーラ，ケーブルクレーンやインクライン等が採用されている。

現場据付けの際には，例えばケーブルによる運搬途上において引きワイヤの切断のために管を地上に落としたり，また，インクラインによる据付けの際に管を管路斜面に沿って落下させて管を破壊しないように，据付け実施前に据付用機器について十分な検討をしておかなければならない。特に一般市販管の力学的性質を考慮し，集中荷重をできるかぎり避け，ジャッキアップ等の際には当板等を用いて荷重を分散させるよう注意しなければならない。

(据付一般)

第 50 条　一般市販管による水圧管路は，位置及び形状を設計通りに据付けなければならない。

〔解説〕

一般市販管による水圧管路の据付けには，水圧管中心線と中心高を付近構造物その他に正確に引照点として印しておき，これを基準として芯出しを行う。

まず曲管を据付け，これを固定し，これより上流部(調整管がアンカブロックの直下流にある場合)又は上下流部(調整管が 2 個のアンカブロックの中間部にある場合)に向かって据付けることが多い。

土中埋設管の場合には，設計条件に合致するような土砂を使用して埋戻し，適切な施工管理に基づいて締固めなければならない。

なお，一般市販管による水圧管路の据付は，農林基準の施工に関する規定事項が参考となる。

(継手の施工)

第 51 条　継手の接合に際しては，設計通りの継手性能が得られるよう施工しなければならない。

〔解説〕

一般市販管による水圧管路を継手接合する際には，受口内面と挿口外面をよく清掃したうえで接合しなければならない。また，ゴム輪継手の場合で，何らかの理由によって標線(継手の差し込み深さを規定する標準線)の現場確認が困難な場合には，挿口の所定位置にストッパを取付けておく方法もある。この場合，規定位置まで挿入後，ゲージ等によってゴム輪が所定の位置あることを全周にわたって確認すればよい。ストッパのない継手の場合には，挿口がゴム輪バルブ部を通過した後は弱い引張力でも一気に奥まで入り込みすぎることがあるので，注意する必要がある。

また，継手の折曲り角については，設計値に対する具体的な据付管理値を決めて，これを遵守する。

異種管との継手接合に際しては，押輪の芯出し，ボルトの均等な締付けによるセンタリング等，計画通りの継手性能が得られるよう，正しい手順で施工しなければならない。

なお，一般市販管による水圧管路の継手の施工では現場漏水試験（継目試験）を実施するのが望ましい。試験方法としては，テストバンドにによる水圧試験，気密試験などがある。試験方法，試験実施箇所については当事者間の協議により決定するものとする。

ポリ管のバット融着の際に発生する内面こぶ（内ビード＝圧着よって生じる内面の盛り上がり）については，特に管が細い場合や管内流速が大きい場合など，水の流れに対する影響が大きいと考えられる場合において除去を検討する。内面こぶの除去は，施工直後に専用の器具（小口径の場合）又は手作業（大口径の場合）によって行われ

る。なお，水道基準では内面こぶの除去を規定していない。

(調整管)

第 52 条　一般市販管による水圧管路の据付けにおいて設計長さの調整が必要な場合は，調整管を設けるものとする。

〔解説〕

据付に際して，アンカブロック間の距離が長い場合や，管路の傾斜角度が大きい場合等には，設計長に余裕を加えた長さを持つ調整管を準備し，現場で必要な長さに切断して調整を行うことがある。調整管の例を，図-52-1 に示す。調整管は長さを調整して切断し，適切な端部処理を施した後，曲管や受口付きフランジ単管と接続する。

また，アンカブロック間に止むを得ず管芯のずれが生じた場合は，末端の 2～3 本の管を施工範囲以内で調節して接続することにより，ずれを吸収すればよい。

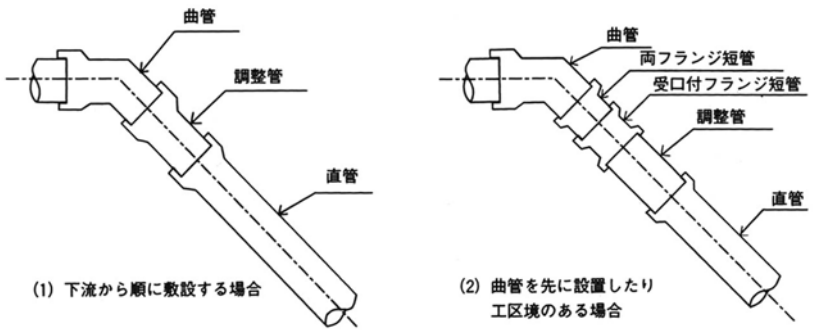


図-52-1　調整管の使用例 [1)]

(充水及び運転試験)

第 53 条　一般市販管による水圧管路は，据付完了後充水し，静水圧による水密検査を行ったうえ，負荷遮断試験を含む運転試験により水圧管路全体の異常の有無を検査し，安全性の確認を行わなければならない。

〔解説〕

一般市販管による水圧管路の据付完了後，内部を清掃，点検のうえ，適切な時期に制水門扉又はバイパス弁を使用して管内に充水し，充水中及び充水後における管の異常の有無を点検しなければならない。露出形式水圧管の場合の水密試験は主として目視によって行う。土中埋設形式水圧管の水密試験は，管路の一部区間又は全区間の完成後に充水して,一定時間(例えば 24 時間)において水位を一定に保つための補給水量やあるいは水位の変化を調べる方法がある。

発電所の運転試験においては，水圧上昇時の管の挙動や振動等，管全体の異常の有

無を検査し，安全性を確認しなければならない。

(銘板)

第 54 条　一般市販管による水圧管路には，最大設計水頭，延長（分岐部は区別する），内径（上部及び下部），使用材料（管種），製作年月日，水圧管の製作者等を記載した銘板を取付けるものとする。

〔解説〕

銘板を取付けるのは将来水圧管に関する問題，例えば水圧管の補修，改造，事故等の際に参考にするためである。

必要な記録が確実に保存されいつでも見ることができる場合には，必ずしも銘板の必要がないと考えられるが，記録消失の恐れを考慮し，銘板を取付けておくものとする。

水圧管は水車・発電機と運転上密接な関連性を持っており，保守の点より発電所勤務員に周知せしめるにも役立つ意味から，露出管の場合は最下部のアンカブロック付近，埋設管の場合は発電所の外壁付近など管路に近い目立つ位置に取付けるのが望ましい。

記載事項については必要最小限の一般的な標準を示したもので，これ等の項目以外も記入してよい。

銘板の材料，形状，寸法，記載要領，書体などについては JIS Z 8304(1984)「銘板の設計基準」に従って,周囲と釣合いのとれたものを使用するのがよい。一例を図-54-1 に示す。

なお，銘板には腐食しにくい材料を使用するのが望ましい。

○○発電所水圧管路

最大設計水頭	50.00 m
延　　長	70.05m
内　　径	350-400mm
使 用 材 料	硬質塩化ビニル管(VU) (JIS K 6741 (2004))
製 作 年 月 日	○○年○○月
製　　作	○○○○株式会社

図-54-1　銘板の例

第 8 節　保守管理

(漏水の防止)

第 55 条　発電運用に支障をきたすような,主要耐圧部,継手及び付属設備からの漏水は速やかに補修しなければならない。

〔解説〕

巡視または点検などにおいて主要耐圧部，継手及び付属設備からの漏水を発見した場合は，その原因を明らかにしたうえで，効果的な補修を速やかに行うものとする。

(継手の整備)

第 56 条　継手は,その機能を維持できるように常に整備しなければならない。

〔解説〕

継手のくぼみ，凹部などには，異物がたまらないように常に点検し，整備しておくものとする。

継手は，十分な水密性をもち，かつ，温度変化などに円滑に伸縮するようにしなければならない。

露出形式一般市販管による水圧管路の場合，継手の止水ゴムが紫外線にさらされたりするのを防ぐため，継手と管胴本体との隙間に詰め物をすることが多い。この詰め物は，同時に，隙間に土砂などの異物や水が溜まらないようにする役目もする。

詰め物が劣化した場合には，速やかに取替えを行うのが望ましい。

(空気管及び空気弁の整備)

第 57 条　空気管及び空気弁は，一般市販管による水圧管路内の水を安全に排除するため，その機能を満足するよう適切に整備しなければならない。

〔解説〕

一般市販管による水圧管路の排水に当たって，空気管及び空気弁の不動作は管の圧壊を引き起こす危険性がある。このため，空気管及び空気弁の機能が完全であることを確かめた上でなければ排水してはならない。これらの点検並びに排水に当たって注意すべき事項は，次のとおりである。

1)　空気管は，内部の点検，清掃に留意し，空気弁は，その機能をよく理解して異常ないことを確認しなければならない。

2)　冬期,充水のまま一定時間運転を中止していた一般市販管による水圧管路の管内排水を行う場合には,空気管又は空気弁の凍結の有無に特別の注意を払わ

なければならない。

3) 排水に当たっては，排水弁により試験排水を行い，空気管又は空気弁の作動を確認した後，排水弁を漸次解放する方法を取らなければならない。

4) たとえ空気管又は空気弁の異常のないことが確認された場合でも，決して制圧機による排水を行ってはならない。

(振動の軽減)

第 58 条　発電所の運転中に一般市販管による水圧管路の振動が発電所の運転に支障をきたすと認められる場合には，これを軽減するよう適切な措置を取らなければならない。

〔解説〕

一般市販管による水圧管路は，FRP(M)水圧管と同様に，水圧鉄管と比べ振動が発生しにくい材質，構造であると考えられるため，一般的に発電所の運転中の振動は大きな問題にはならない。しかし，振動を設計段階で正確に予測することは難しい。このため，一般市販管による水圧管路の使用に当たっては，完成後，例えば負荷遮断試験時などに振動を測定し，それが有害なものでないことを確認することが望ましい。

振動が問題となるのは運転中に常時生じているような振動であって，負荷遮断試験時の一時的な圧力変化によるものは，例えそれによる変化量が大きくても問題にならない場合がほとんどである。

運転中の一般市販管による水圧管路の振動観察の方法及び振動が観察された場合の対策については，「水門鉄管技術基準」水圧鉄管編第 98 条に準拠する

(完成後の水質に対する考慮)

第 59 条　一般市販管による水圧管路完成後に，流域変更，水源における水質の変化，その他の原因により管内流水が変化し，管本体に悪影響を及ぼす状態になったと認められるときは，水圧管の劣化を軽減できるような措置を取らなければならない。

〔解説〕

一般市販管による水圧管路は，わが国で通常考えられる水質において，使用上問題はない。

一般市販管による水圧管路の完成後に，流域変更などにより pH 値の高い河川からの取水，水源地帯における火山活動，その他の原因による流砂量の増加，水温の上昇などにより水質の変化が生じ，管本体などに悪影響を及ぼす状態になったと認められるときは，第 21 条及び第 22 条を参考に，適切な対策を講じなければならない。

(管の点検)

第 60 条　一般市販管による水圧管路は，水圧管の維持に必要な点検を実施しなければならない。

〔解説〕

一般市販管による水圧管路は，定期的な点検を行い状況によって適切な調査を実施したうえ，安全性が損なわれる場合には危険箇所の補修又は改修を行って一般市販管による水圧管路の安全を期さなければならない。

なお，一般市販管による水圧管路の状態は経年により変化する可能性があるので，目視による管の劣化状況（白濁化）の確認，継手の胴付間隔の計測，管辺を採取しての強度試験，管の周辺地盤を調査するなど，管及びその周辺を調査，観察するものとする。

(補修又は取替え)

第 61 条　一般市販管による水圧管路は，材質の変化,継手の水密性の低下，管厚の減少などにより，水圧管路の安全性に支障をきたすと認められるときは,速やかに補修又は取替えを行わなければならない。

〔解説〕

一般市販管による水圧管路の補修については，水道や農業で利用される補修用資材の適用が考えられる。なお，補修又は取替えを行う必要がある場合は，下記により一般市販管による水圧管路の安全性に支障をきたすと判断されるときである。

1)　経年による水圧管の材質の変化や管の摩耗の進行により,管の破壊強さが低下したとき
2)　落石などにより管に損傷が生じたとき
3)　継手のゴムの損傷又は何らかの原因で漏水が生じ許容できないとき
4)　その他の要因で管の機能又は強度が低下し使用できないとき

(支台及びアンカブロックの補修)

第 62 条　支台及びアンカブロックは,ひび割れ又は移動を生じ,それらの機能維持に支障があると認められるときは,速やかに補修しなければならない。

〔解説〕

支台及びアンカブロックについて，もし，損傷を発見した場合には，状況をよく確認しておき，ひび割れ，コンクリートの劣化又は移動などの進行状況は記録に残しておくべきである。ひび割れについては，モルタル塗布(モルタルに発生するひび割れに

よりコンクリートのひび割れの進行を調べる方法)及びひび割れ部の間げきの測定などにより，また，移動については，基準点の観測によって調査し，維持管理上支障があると認められるときは，これら構造物の補修又は移動防止対策を講じなければならない。

(敷及び切取りのり面の保護)

第63条　敷及び切取りのり面は,一般市販管による水圧管路の機能維持に支障がないよう，常に整備しなければならない。

〔解説〕

敷及び切取りのり面は，雨水などによる侵食や凍土による崩壊を抑制するため，植生による地表面の保護工や現場状況に応じた排水工などにより，適切に備し，その機能が低下し問題など発生しないように，常に整備しておくものとする。

巻末資料－13　簡易発電システム設計マニュアル概要版

[小水力資源有効活用技術]

簡易発電システム設計マニュアル
（概要版）

平成 19 年 3 月

財団法人 新エネルギー財団
(経済産業省　資源エネルギー庁　委託調査)

簡易発電システム設計マニュアル（概要版）

目　次

第１章　概　要

１．１　目　的 ..... 1－1
１．２　簡易発電システムとは ..... 1－1
１．３　基本的な設計の流れ ..... 1－7
１．４　コストダウン要素および効果 ..... 1－9

第２章　土木設備

２．１　取水設備 ..... 2－1
２．２　水圧管路 ..... 2－9
２．３　発電所基礎・建屋 ..... 2－11

第３章　電気機械設備

３．１　水　車 ..... 3－1
３．２　発電機 ..... 3－6
３．３　制御・保護装置 ..... 3－7

第４章　運　転・保　守

４．１　運　転（監視・運用） ..... 4－1
４．２　保　守（点検・管理） ..... 4－2

第５章　関係法令・基準等

５．１　法令・基準および規程 ..... 5－1
５．２　適用施設別手続き ..... 5－1

巻末資料

資料－１　開発事例等
資料－２　設計事例（ケーススタディ）
資料－３　電気事業法の届出および河川法に係る許可申請事例等

第１章　概　要

１．１　目　的

水力発電は，長期間にわたり発電可能であるばかりでなく，再生可能・純国産・クリーンな電源でもあり，我が国のエネルギー供給における重要な役割を果たしてきました。

また，水力発電はわが国の 110 年以上にわたる水力発電の歴史の中で，その役割も時代背景に応じて変化し，オイルショック以前は急速に増大する電力需要を満たすために大規模発電を中心に，オイルショック以降は石油に替わる貴重なエネルギーの一環として開発されてきました。そして，現在，大規模開発に適した地点の建設が少なくなるなかで，中小規模の水力発電の開発が中心となりつつあります。

我が国は，豊富な水資源に恵まれ，これら中小規模の開発に適した地域はまだまだ残されており，その開発は貴重な純国産エネルギーの確保および地球環境問題の解決等の様々な観点から，大きな力を発揮するものと考えられています。さらに，大いなる自然の恵みである"水力"の利用は，発電のみに留まらず，水力発電を核に地場産業の創出・活性化に努めている市町村もあり，地域の自立的な発展に役立つ大きな可能性を秘めています。

このような背景のもと簡易発電システム設計マニュアルは，河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設の水など，落差・流量が小さく，経済性に乏しいことから，これまで発電に利用されてこなかった領域を対象として，コストダウンにつながる要素技術や運転・保守など，低コストで簡易な発電システム（以下,『簡易発電システム』という）に関する設計手法を紹介するものです。

なお，簡易発電システム設計マニュアル概要版（以下,『マニュアル概要版』という）は上記設計マニュアルの概要をコンパクトに取りまとめて紹介するものです。そのため，詳細な内容については本編を参照してください。

１．２　簡易発電システムとは

「簡易発電システム」とは，以下に示す適用範囲・対象施設，要素技術等の最大限の採用を念頭に置いた，低コストで簡易な小水力発電のシステムです。

(1) 適用範囲・対象施設

適用範囲は，概ね 500kW 以下の水力発電所を対象とします。

対象施設は，落差・流量が小さく，経済性に乏しいため，これまで発電に利用されてこなかった河川維持流量等放流設備，砂防ダム，農業用水利施設，上水道・工業用水利施設および下水道施設などを対象とします（図 1－1 参照）。

(2) 適用要素技術（第２章，第３章参照）

①取水形式

これまで水力発電に採用されてきた取水形式に加え，水道や農業用として実績のある取水形式の採用が可能です（写真 1－1 参照)。

②水圧管路

これまで一般的に採用されてきた鋼材，FRP(M),コンクリートに加え，硬質塩化ビニル管（塩ビ管)，ポリエチレン管（ポリ管)，高耐圧ポリエチレンリブ管[ハウエル管]（リブ管)などの一般市販管の採用が可能です（写真 1－2 参照)。

③発電所

基礎・建屋の簡素化や建屋の省略が可能です（写真 1－3 参照)。

④水車

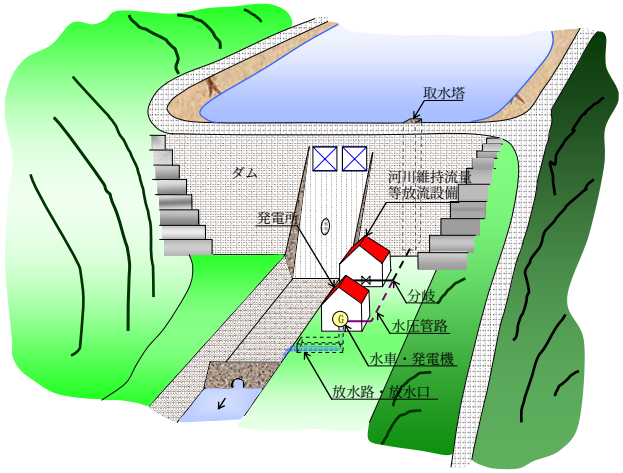
小水力発電に関する近年の開発動向や実績を踏まえ，使用水量・有効落差・計画条件に応じた水車の選定が可能です（写真 1－4 参照)。

⑤発電機

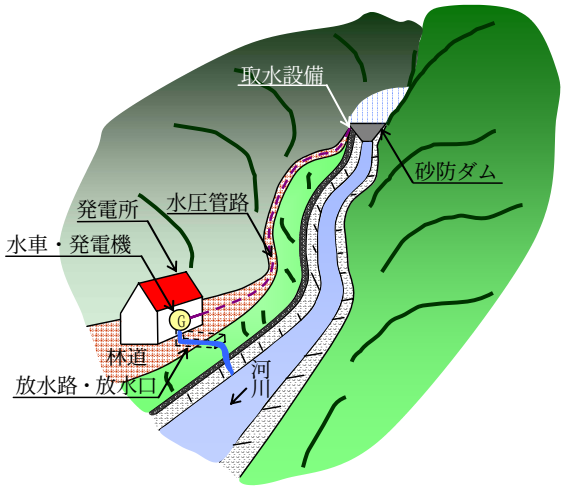
これまで採用されてきた一般的な発電機に加え，永久磁石発電機とインバータの組み合わせによるシステムの採用が可能です（写真 1－5 参照)。

⑥制御・保護装置

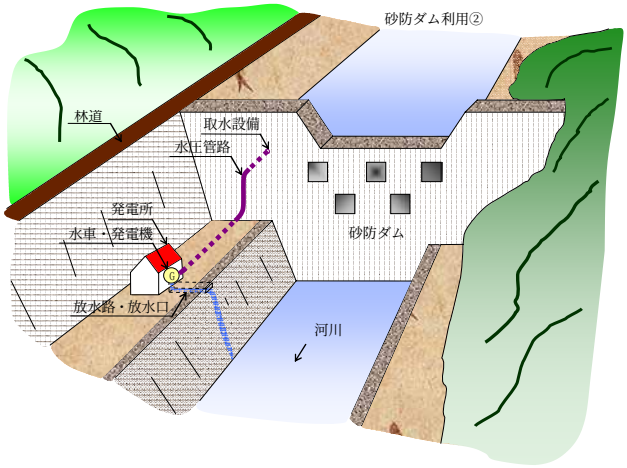
これまで採用されてきた一般的な制御・保護装置に加え，一般産業用 PLC などの汎用品の採用が可能です（写真 1－6 参照)。



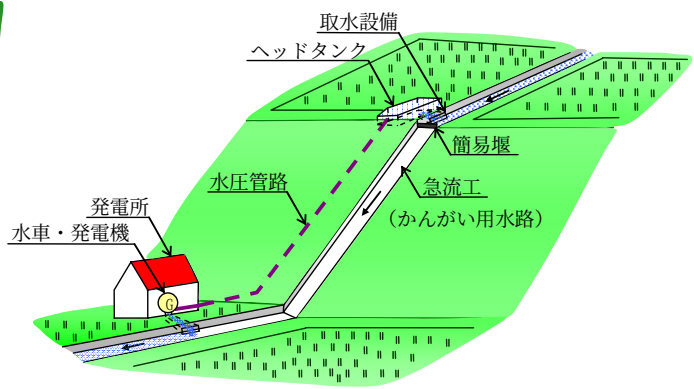
河川維持流量等放流設備の利用



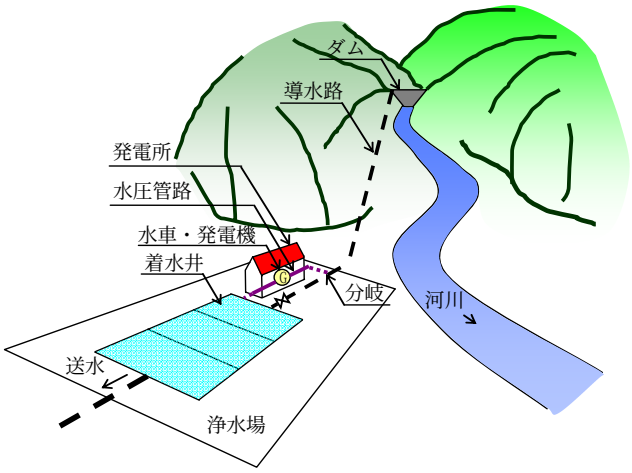
砂防ダムの利用(1)



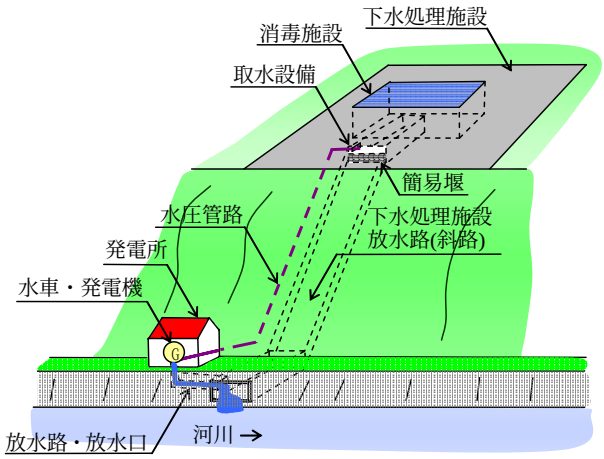
砂防ダムの利用(2)



農業用水利施設の利用



上水道・工業用水利施設の利用

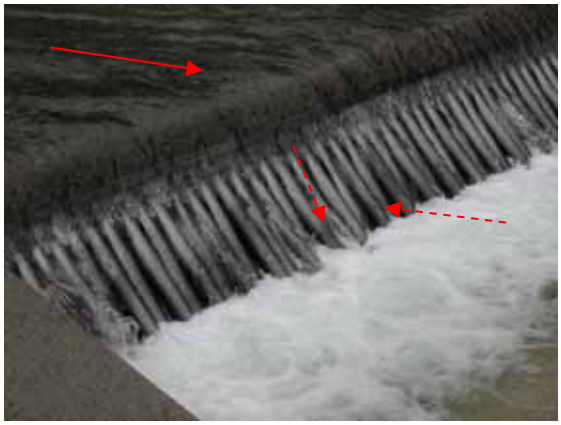


下水道施設の利用

図 1－1　対象施設



(a) 水クッション側方取水方式



(b) バースクリーン後方取水方式

写真 1－1　取水方式の事例





写真 1－2(a) 塩ビ管の概要（ゴム輪継手）



EF 接合



バット接合

写真 1－2(b) ポリ管の概要



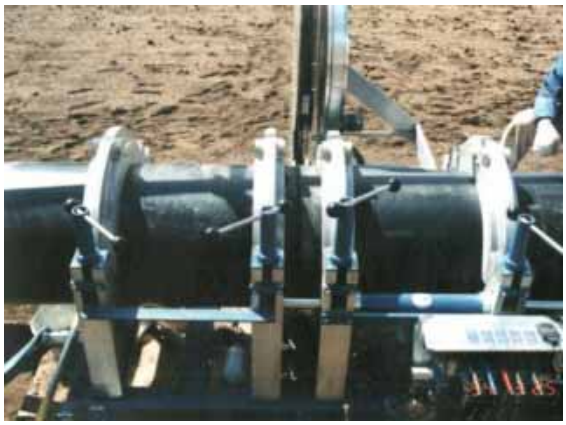


ゴム輪継手

写真 1－2(c) リブ管の概要



(a) 埋設部



(b) 継手部溶着状況（バット接合）

写真 1－2(d)　一般市販管（ポリ管）採用事例



(a) 簡易型建屋



(b) 建屋省略(屋外型制御盤)

写真 1－3　簡易型建屋，建屋省略の事例



(a) 可動羽根プロペラ水車



(b) サイフォン式水車

写真 1－4　小水力発電用水車の事例



(a) 縦置型



(b) 横置型

写真 1－5　永久磁石発電機採用事例



写真 1－6　制御・保護装置への一般汎用品採用事例

１．３　基本的な設計の流れ

簡易発電システムによる低コストの小水力発電設備を設計するための基本的な設計の流れを図 1−3 に示します。

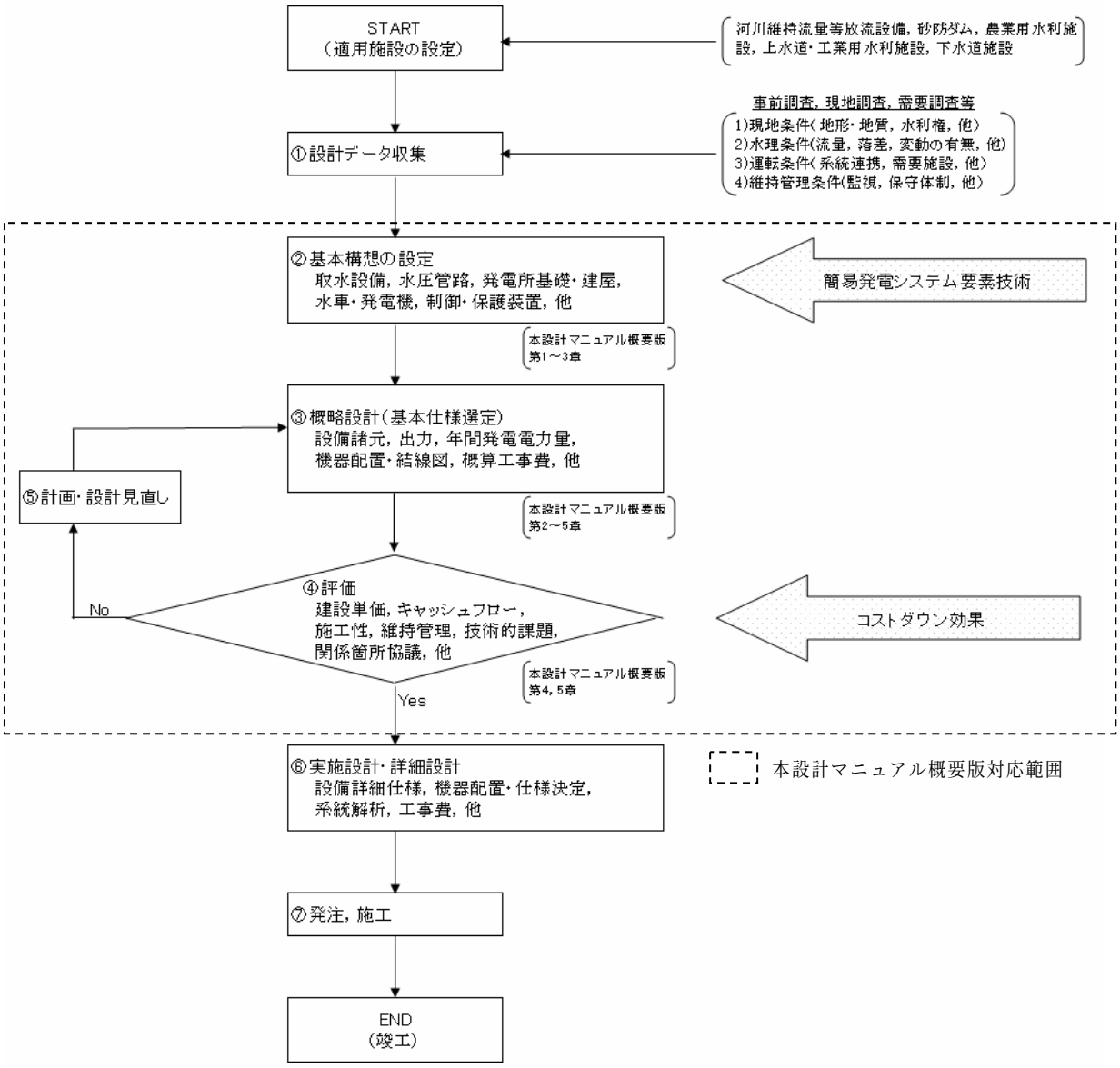


図 1−2 簡易発電システム　基本的な設計の流れ（フロー）

本設計マニュアル概要版では,上記フローのうちの②基本構想の検討,③概略設計,④評価に関わる要素技術，運転保守（維持管理）および関係法令・基準等について解説しています。

本設計マニュアル概要版に記述されていない事項については,『簡易発電システム設計マニュアル』や表 1−1 に示すガイドブックなどを参照してください。

表1－1　参考資料(ガイドブック等)

	図書名	発行（改訂年月）	発行者	記載ページ													入手先
				調査計画	土木設備 取水設備	土木設備 水圧管路	土木設備 発電所基礎・建屋	土木設備 その他設備	電気機械設備	施工計画	工事工程	概算工事費	経済性の評価	運転保守	関係法令基準等	助成制度	
①	ハイドロバレー計画 ガイドブック	平成17年3月	資源エネルギー庁 財団法人新エネルギー財団	5-1 6-1 ～ ～ 5-16 7-15	3-5	3-5	3-6	3-5 ～ 3-6	3-7 ～ 3-14	－	－	5-16 ～ 5-17	11-1 ～ 11-7	10-1 ～ 10-4	12-2 ～ 12-11	9-1 ～ 9-16	資源エネルギー庁 (ダウンロード可 http://www.enecho.meti.go.jp/hydraulic/data/index.html)
②	水力発電計画 工事費積算基準	平成17年3月	資源エネルギー庁 財団法人新エネルギー財団	－	－	－	－	－	－	－	－	全ページ	－	－	－	－	財団法人新エネルギー財団 水力本部 (http://www.nef.or.jp/)
③	中小水力発電 ガイドブック （新訂5版）	平成16年5月	財団法人新エネルギー財団 水力本部	31 42 ～ ～ 42 62	62 ～ 66	70 ～ 71	71 ～ 72	66 ～ 79	96 ～ 128	90 ～ 96		129 ～ 136	137 ～ 144	283 ～ 294	251 ～ 268	219 ～ 233	〃
④	マイクロ水力発電 導入ガイドブック	平成15年3月	新エネルギー ・産業技術総合開発機構	31 60 ～ ～ 43 62	44	46	62	45	46 ～ 54	－	－	55 ～ 64 57	56 63	65 ～ 66	67 ～ 76	67 ～ 89	新エネルギー ・産業技術総合開発機構 (ダウンロード可 http://www.nedo.go.jp/)
⑤	農業用水利用施設 小水力発電施設 計画設計技術マニュアル	平成7年12月	農林水産省構造改善局 建設部建設課・水利課	8 ～ 33	55 ～ 66	40 ～ 54	－	－	67 ～ 296	303 ～ 322	303 ～ 305	－	34 ～ 39	294 ～ 295	4 ～ 7	－	（社）農業土木機械化協会 (http://www.jacem.or.jp/)
⑥	発電水力演習（第9版）	平成9年4月	(著者)千秋信一 (出版)学献社	16 25 ～ ～ 24 149	217 265 ～ ～ 250 271	362 ～ 384	－	150 250 ～ ～ 216 272	－	－	－	－	－	－	－	－	一般市販

１．４　コストダウン要素および効果

各適用施設の特性に応じたコストダウンの要素技術は表 1−2 に示すとおりで，これら要素技術の採用は,イニシャルコストおよびランニングコストの削減効果が期待できます。

簡易発電システム設計マニュアルの巻末資料－４にまとめられているケーススタディでは,在来設計と簡易発電システム（コストダウンの要素技術を導入）の経済性を比較し，建設単価（kWh 当りの建設単価）で約 10～40%の削減効果を確認しています。

なお，ケーススタディの代表例は資料－２を参照ください。

表 1−2 各適用施設のコストダウンの要素の例

適用施設		適用箇所または条件	コストダウン可能な要素
河川維持流量等放流設備	ダム	ダム自体の利用	沈砂池、ヘッドタンク、余水吐の省略
		水位変動が小さい場合	定落差対応の水車の選択
		流量変動が小さい場合	定流量対応の水車の選択
			水圧管路の径の最小化
		既設利水放流管が利用可能な場合	水圧管路の短縮
			分岐管方式の取水形式の採用
	取水堰	堰自体の利用	ヘッドタンク、余水吐の省略
		流量変動が小さい場合	定落差・定流量対応の水車の選択
			水圧管路の径の最小化
		砂礫流入が少ない場合	沈砂池の省略
		取水が越流水付着、水クッション方式の場合	沈砂池、除塵設備、余水吐の省略
		既設ゲートへの取付けが可能な場合	ゲート穴開けやサイフォンの採用
砂防ダム		取水量の変動が小さい場合	定落差・定流量対応の水車の選択
			水圧管路の径の最小化
		取水が浸透水、越流水付着、水クッション方式の場合	沈砂池、除塵施設、余水吐の省略
農業用水利施設	ダム・取水堰	［河川維持流量等放流設備のダムまたは取水堰に同じ］	
	落差工	落差工(水路)自体の利用	沈砂池、ヘッドタンクの省略
		流量変動が小さい場合	定落差・定流量対応の水車の選択
			水圧管路の径の最小化
		流量の期別変動が大きい場合	水車・発電機の複数台設置による発電効率最適化
		水路内への水車を設置する場合	水圧管路の省略
			水車基礎の合理化・省略
	急流工	急流工(水路)自体の利用	沈砂池、ヘッドタンクの省略
		流量変動が小さい場合	定落差・定流量対応の水車の選択
			水圧管路の径の最小化
上水道･工業用水利施設	ダム・取水堰	［河川維持流量等放流設備のダムまたは取水堰に同じ］	
	落差工・急流工	処理後の流水を利用する場合	除塵施設の省略
		［その他、農業用水利施設の落差工・急流工に同じ］	
下水道施設	放水路・放水口	下水道施設自体（既設設備）の利用	除塵施設の省略
		［その他、農業用水利施設の落差工・急流工に同じ］	
各施設共通		水圧管路	一般市販管の採用
		発電所基礎	直接基礎方式の採用
		発電所建屋	簡略化、省略
		系統連系が不要の場合	保護装置の簡略化
		低圧連系となる場合	高圧連系設備の省略
		発電機	永久磁石発電機の採用
		水車・発電機	標準製品（パッケージ製品）の採用
		制御・保護装置	汎用PLCの採用
		制御・保護装置（ソフト）	標準シーケンスの採用
		入口弁	簡素化
		取水設備にゲート等がある場合	入口弁の省略

第２章　土木設備

簡易発電システムへの適用によりコストダウンが期待される土木設備として，以下の 3 設備（要素技術）の考え方について解説します。

① 取水設備
② 水圧管路
③ 発電所基礎・建屋

２．１　取水設備

簡易発電システムに採用可能な取水方式の例は表 2−1 に示すとおりで，取水方式の絞込みは図 2−1～2−4 に示す取水方式絞込みフロー，表 2−1 で示す各取水方式の概要，イニシャルコスト・ランニングコストの削減効果および維持管理（点検）などを踏まえて決定します。

小水力発電所に関する調査（モニタリング調査）の結果から，取水設備の選定における配慮事項として，以下の３項目が指摘されています。

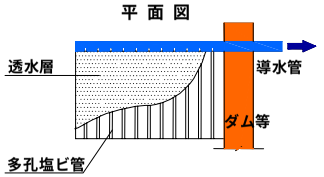
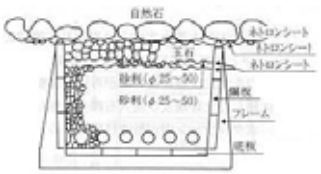
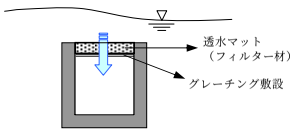
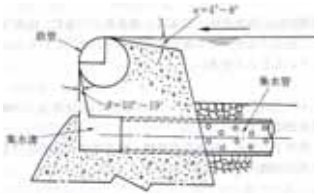
① 土砂や塵芥・落葉などへの対応
② 保守のしやすさ（流入土砂，塵芥，落葉を排除しやすい構造）
③ 管理の状況（対応人員，管理所との距離など）

これらは，いずれもランニングコストに影響する事項であり,簡易発電システムの管理に大きく影響する問題です。なお，塵芥・落葉などへの対応として必要となる除塵は小水力発電における重要な課題です。スクリーンの閉塞などの取水障害を引き起こさないよう慎重に対応する必要があります。簡易発電システムへの採用を念頭においた除塵機の採用事例を設計マニュアル本編の「第７章 運転・保守」で紹介しています。

取水方式は土砂吐きゲート，取水口，スクリーン，制水門等の設備から構成されます。計画取水量を確実に取水するためには，適用施設および当該地点の諸条件に合わせて上記構成設備を検討し，取水設備全体が安全に機能するように設計する必要があります。

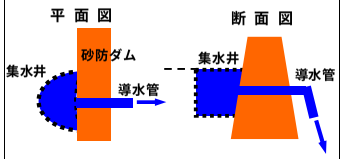
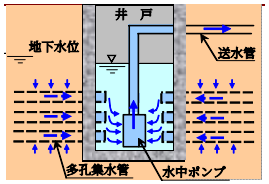
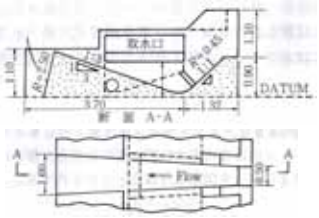
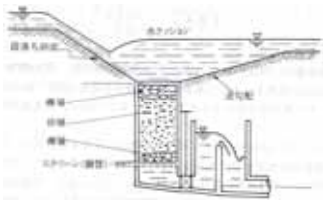
また，簡易発電設備における取水設備は既設施設に設置されることが多いため，発電運転時，発電運転停止時および事故停止時など，いかなる状況下においても，適用施設の従前の機能を妨げることのないように留意して設計する必要があります。

表 2−1(1)　簡易発電システムにおける取水方式の参考例

取水方式	取水規模*	分　類	概念図	概　要	採用事例等 採用状況	備　考
浸透水取水方式	小流量 0.002㎥/s/㎡ 程度 (単位面積当り)	多孔管		河床内の透水層に多孔塩ビ管等を設置し，浸透した流水を取水する方法。堆砂した砂防ダムに適用できる。	中国電力㈱周布川第一発電所 （Q=0.30㎥/s）	 (ふとん篭＋集水管)
		集水管方式 （集水暗渠）		渓流の河床面下に集水管を埋設し取水する方法。 長所：0.05㎥/s 程度の小規模取水では安定した取水が期待できる。 短所：取水量が大きくなると暗渠が大きくなり，取水地点が制限される。一般には維持管理は難しい。	東京電力㈱ 信濃川発電所 （Q=0.12㎥/s） 中国電力㈱ 安蔵川発電所 （Q=0.35㎥/s）	
		透水マット		透水マットがフィルターの役目を果たし，水頭差を利用して取水する方法。	中部電力㈱春日発電所 ヘチマロン：プラスチック立体網状成形品 	 (ふとん篭＋集水管)
		ふとん籠		取水口などにフトン籠を配置し，流水をろ過する方法。	九州電力㈱　槇之口発電所 （Q=0.16㎥/s） 群馬県桐生市　利平茶屋発電所	
越流水付着水取水方式	小流量 0.016 ㎥/s/m 以下 (単位幅当り)	――		円弧状の堰頂部を流下する水を付着力によって俯角面に沿って取水溝に導く方法。 長所：土砂礫，流木等の流下物は分離され，除塵効果は高い。 短所：出水時には越流水が堰頂部を離れ，ほとんど取水が不可能になる。	金沢市企業局　新内川第二発電所 （Q=0.13㎥/s） 中部電力㈱　松川発電所 （Q=0.10㎥/s）	北電技術コンサルタント㈱ 平成 8 年 8 月実用新案登録

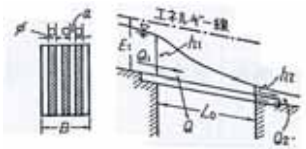
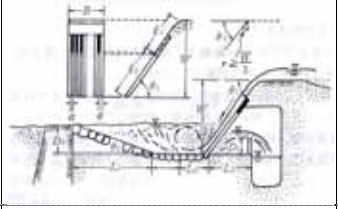
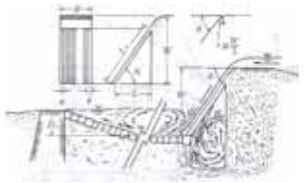
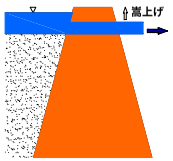
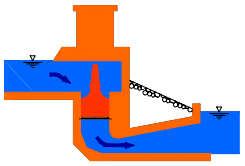
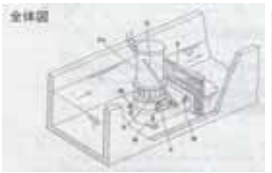
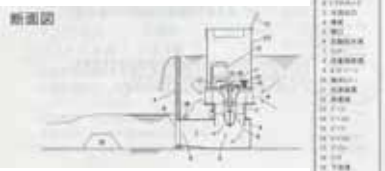
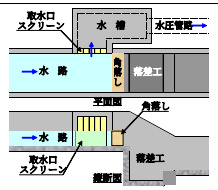
注）取水規模は最大使用水量を示し，小流量は 0.1㎥/s 未満，中流量は 0.1～1.0㎥/s 未満，大流量は 1.0㎥/s 以上を目安とする。

表 2－1（2） 簡易発電システムにおける取水方式の参考例

取水方式	取水規模*	分 類	概念図	概 要	採用事例等 採用状況	備 考
集水井取水方式	小流量	表流水		堰又は落差工の上流河床部に半円（矩形）状の集水井をつくり，構造物を有孔加工して取水する方法。	 （集水井）	 （導水管）
		伏流水		井戸底部付近に多孔集水管を放射線状に配置して取水（集水）する方法。 伏流水の流況が良ければ，安定した取水が可能。		
水クッション取水方式	小～中流量	側方取水方式		越流水は水クッション部で常流状態となり，水路側面にある取水口から取水する方法。	東北電力㈱ 実川発電所 （Q=0.35㎥/s） 中国電力㈱ 新大呂発電所 （Q=0.09㎥/s）	
		スクープ方式		下流側流出口（デフレクター）の敷高を流入口よりも高くし，水クッション部に沈積した土砂礫を下流へ掃流しながら，水路側壁に設けた取水口から取水する方法。 長所：比較的小粒の土砂礫に対する掃流効果は高い。 短所：水理模型実験を行い，最適形状を確認する必要がある。		 （取水口）
		集水槽方式		水クッション底床部に集水槽を設置した取水方法。流水を水クッション内で常流に保ち，ろ過層の浸透性を利用する。		

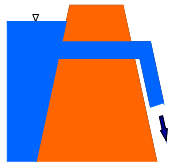
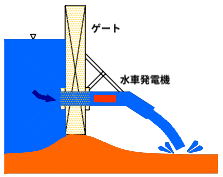
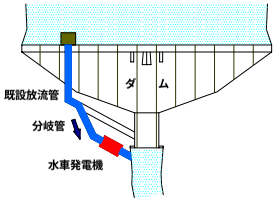
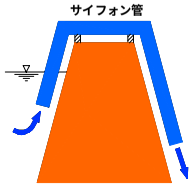
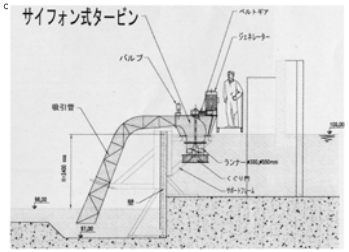
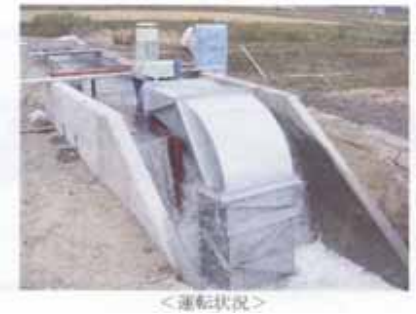
注）取水規模は最大使用水量を示し，小流量は 0.1㎥/s 未満，中流量は 0.1～1.0㎥/s 未満，大流量は 1.0㎥/s 以上を目安とする。

表 2－1（3） 簡易発電システムにおける取水方式の参考例

取水方式	取水規模*	分 類	概念図	概 要	採用事例等 採用状況	備 考
バースクリーン 取水方式	中～大流量 0.1～ 0.3㎥/s/m (単位幅当り)	底部取水方式 （チロリアン）		固定堰越流部や落差工等に設定されたバースクリーンによって土砂礫，流木等を排除し，流入水を集水路に導く方法。 長所：構造が簡素で，取水効率に優れる。 短所：流木，浮遊流下物による目詰まりが生じやすい。	（渓流取水において数多くの実績がある）	 （後方取水方式）
		後方取水方式		傾斜部にバースクリーンを配置し，水クッション部で常流状態となった流水を背面から取水する方法。 長所：土砂礫，浮遊流下物による目詰まりが起き難い。 短所：チロリアンに比べて構造が複雑。	富士川水系 琴川取水堰 （Q=0.232㎥/s） 水資源機構 三重用水 員弁川他取水堰	
		複合方式		浮遊流下物等によるバースクリーンの目詰まりを防ぐために，スクリーンの取付け角を 45～50 ° とし，越流水の取水と水叩き部からの背面取水を見込んだ取水方法。 長所：取水効率が良く，洪水時の取水にも適する。 短所：チロリアンに比べて構造が複雑。		
嵩上げ取水方式	中～大流量	―――		既設ダムの嵩上げにより得られた容量を利用し，取水口を設置して取水する方法。	宮城県企業局 猿瀬発電所	 （ゴムダムによる嵩上げ）
水路落差工取水方式	中～大流量	―――		既設水路内の落差工を利用する取水方法。	長野県大町市 農業用水路 発電施設	 
横取り取水方式	小～大流量	淵利用側方取水 など		河川や水路などの流れの方向に対して，側面部に取水口を設けて取水する方法。 取水方法としては最も簡易であり，小量取水の事例が多くある。	都留市市民発電所， 長野県大町市農業用水路発電施設	

注）取水規模は最大使用水量を示し，小流量は 0.1㎥/s 未満，中流量は 0.1～1.0㎥/s 未満，大流量は 1.0㎥/s 以上を目安とする。

表 2－1（4） 簡易発電システムにおける取水方式の参考例

取水方式	取水規模*	分 類	概念図	概 要	採用事例等 採用状況等	備 考
堤体穴開け取水方式 （既設ダム等への対応）	小～大流量	――		ダム堤体に管路を埋設し，取水口を設置して取水する方法。	電源開発㈱；秋葉ダム，活込ダム 東北地方建設局；鎧畑ダム，田瀬ダム 茨城県；藤井川ダム	
ゲート穴開け取水方式	小～大流量	――		ゲートを改造して門扉に水車を取り付けて取水する方法。	富山県常西発電施設	
既設管分岐取水方式	小～大流量	――		既設の放流管を分岐して取水する方法。ダム利水放流管等に適用できる。 （東京電力㈱ 稲核発電所 ⇒）		
サイフォン取水方式	小～大流量	――		サイフォン作用を利用して取水する方法。一般には，管頂部に真空ポンプを配置する。なお，一般的に最高点の位置と動水勾配線の差（高さ）は 8.0～8.5mが限界となる。 	七色ダム（電源開発㈱；七色発電所），活込ダム（電源開発㈱；足寄発電所），丸尾ダム（関西電力㈱；和田発電所）いずれも河川維持流量の放流。 	

注）取水規模は最大使用水量を示し，小流量は 0.1m³/s 未満，中流量は 0.1～1.0m³/s 未満，大流量は 1.0m³/s 以上を目安とする。

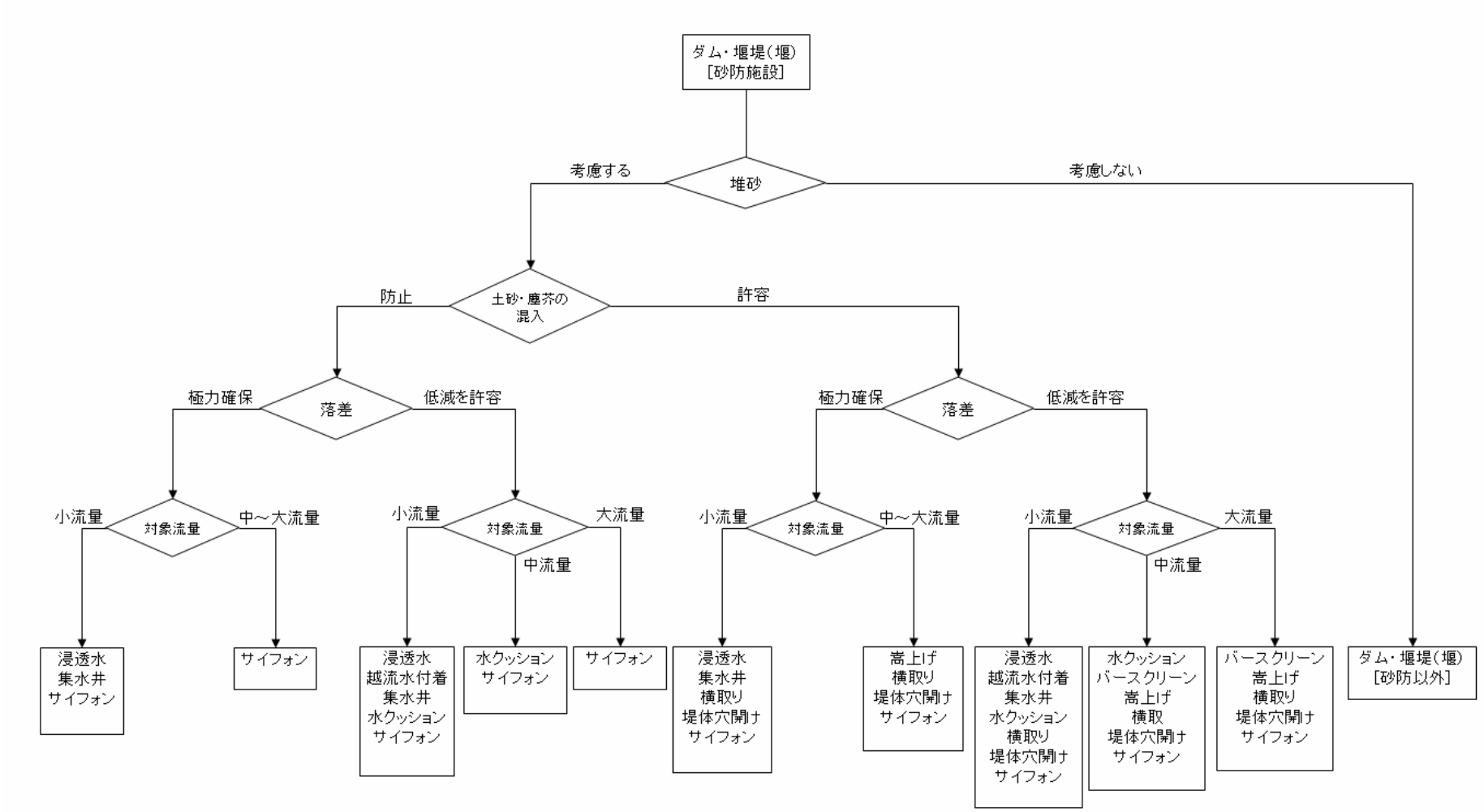


図 2－1 ダム・堰堤(堰)　[砂防施設]　における取水方式絞込みフロー

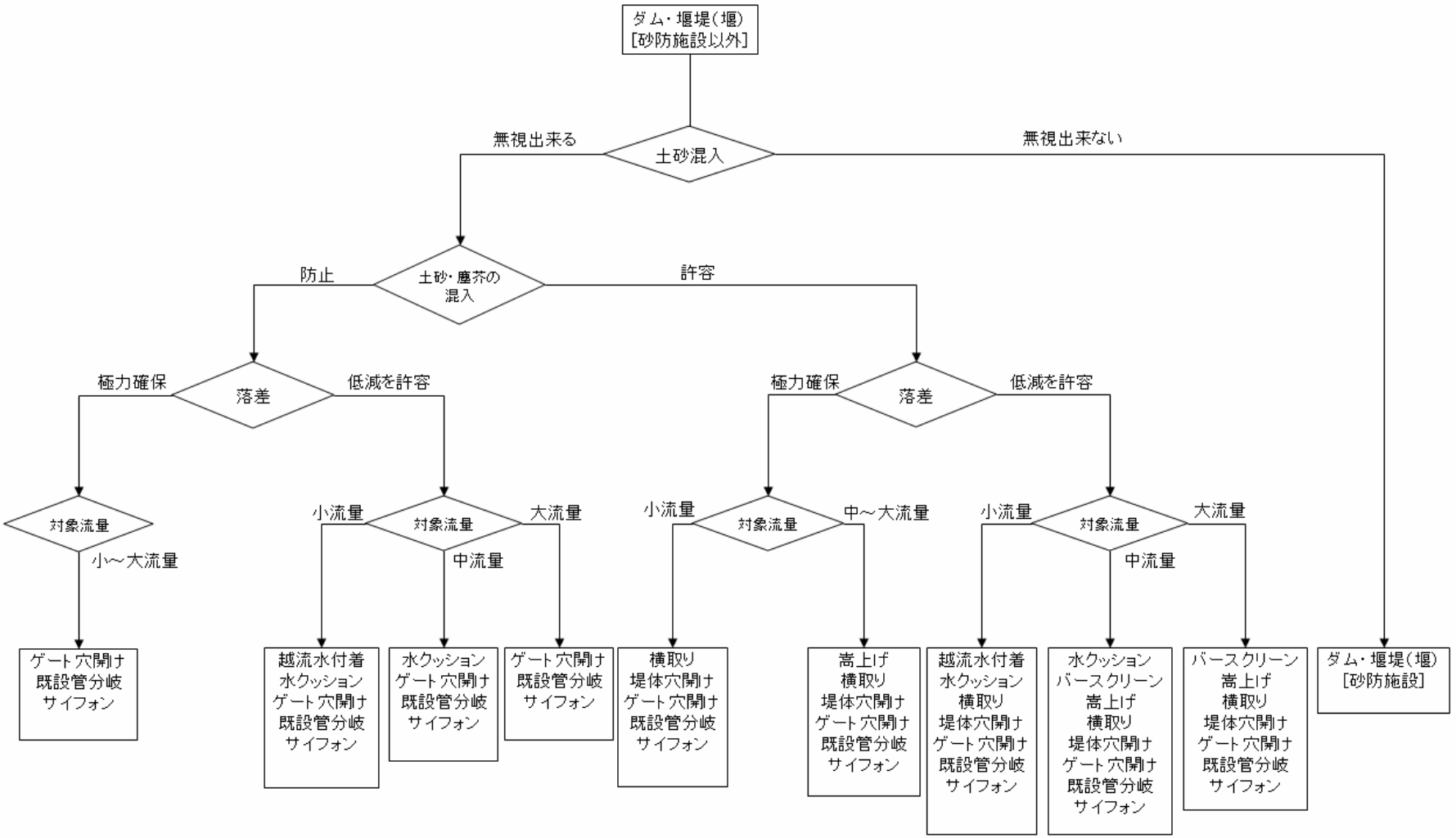


図 2－2 河川維持流量等放流設備　[砂防以外]　における取水方式絞込みフロー

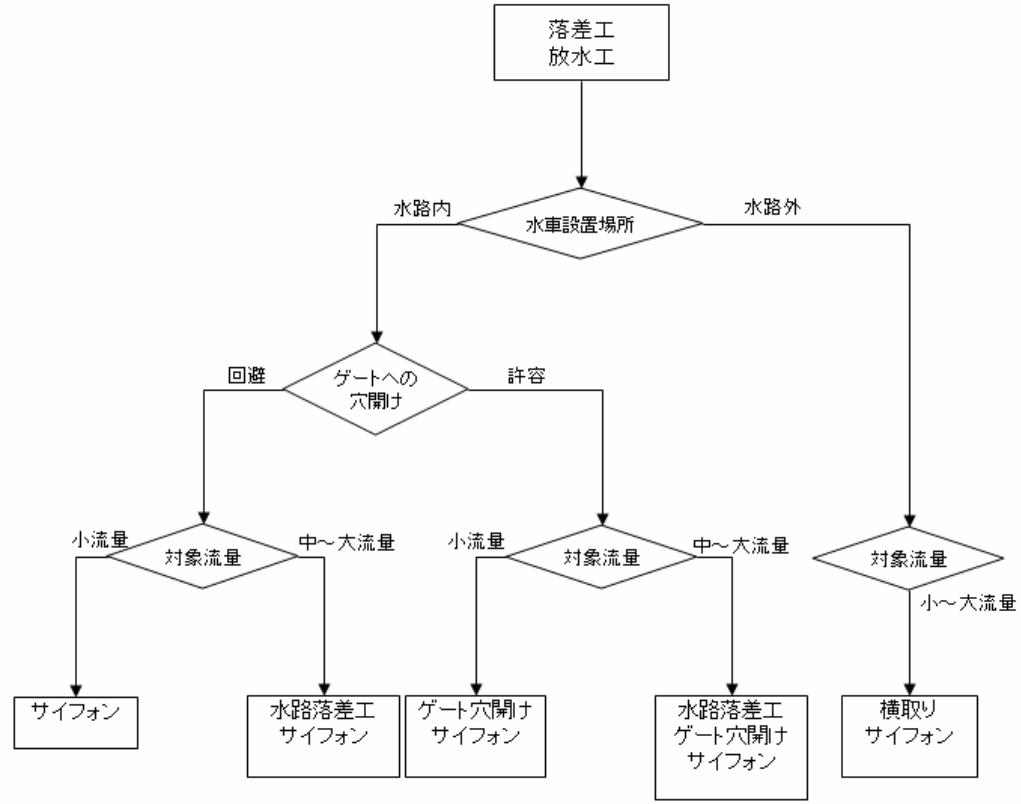


図 2－3 落差工・放水口における取水方式絞込みフロー

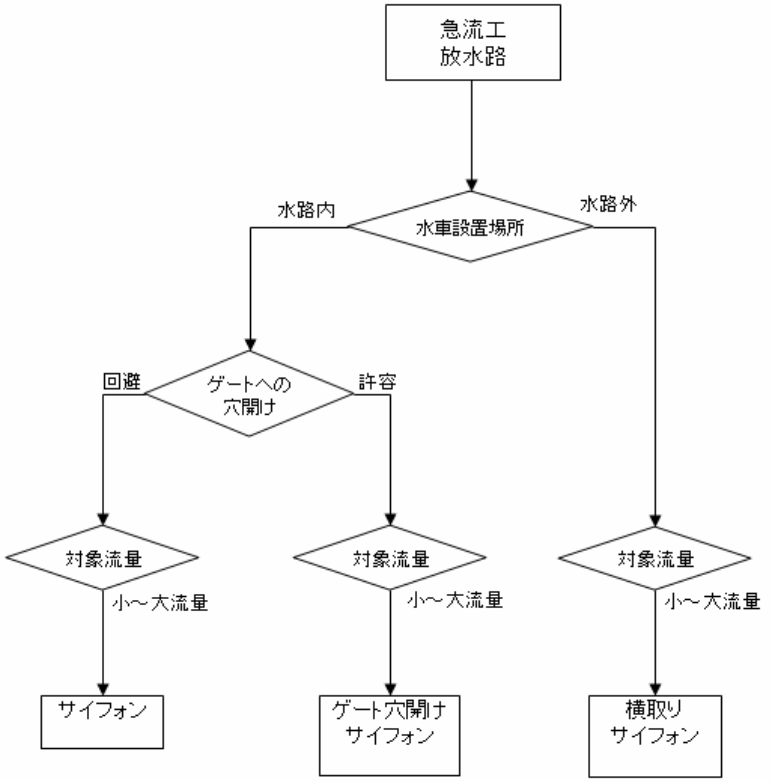


図 2－4 急流工・放水路における取水方式絞込みフロー

２．２　水圧管路

簡易発電システムの水圧管路として，一般市販管を採用する際は，『一般市販管による水圧管路技術基準(案)』（簡易発電システム設計マニュアル巻末資料-12）に従って設計します。

小流量・低落差を対象とする簡易発電システムにおいては，水力発電で使用されてきた従来の管材（鋼管やダグタイル鋳鉄管など）に変って，農業（パイプライン）や水道，下水道などで，水圧管路として利用されている以下の一般市販管の採用が可能です。

① 硬質塩化ビニル管（以下,「塩ビ管」という。）
② ポリエチレン管（以下,「ポリ管」という。）
③ 耐圧ポリエチレンリブ管[ハウエル管](以下,「リブ管」という。)

一般市販管を採用する場合は，経済性に加え，粗度係数，耐候性（耐紫外線），継手方法に応じた柔軟性（地盤追従性），周辺の制約条件，施工性，維持管理の容易性等を総合的に検討して決定する必要があります。

一般市販管の概要は写真 1－2，継手形式については図 2－5～2－7 を参考にしてください。また，一般市販管としての適用管種および最大使用圧力を表 2－2，2－3 に示します。

なお，農業用パイプライン等で使用されている一般市販管のプレストレストコンクリート管（PC 管）は，既に『発電用水力設備に関する技術基準を定める省令』第 26 条の四においてコンクリートの材料が規定されていることから，表 2－2，2－3 および『一般市販管による水圧管路技術基準(案)』で対象外とした。

表 2－2　適用管種

管種		規格	口径（呼び径）
塩ビ管	硬質塩化ビニル管	JIS K 6741 (2004)	13～700㎜
	水道用硬質塩化ビニル管	JIS K 6742 (2004)	13～150㎜
	水道用ゴム輪形硬質塩化ビニル管	JWWA K 127 (2004)	50～150㎜
	水道用ゴム輪形耐衝撃性硬質塩化ビニル管	JWWA K 129 (2004)	50～150㎜
	水道用ゴム輪形硬質塩化ビニル管	AS 31 (2001)	125～300㎜
	水道用ゴム輪形耐衝撃性硬質塩化ビニル管	AS 33 (2001)	125～300㎜
	農業用水用厚肉硬質塩化ビニル管	AS 60 (2000)	50～150㎜
ポリ管	一般用ポリエチレン管	JIS K 6761 (2004)	10～300㎜
	水道用ポリエチレン2層管	JIS K 6762 (2004)	13～50㎜
	農業用高密度ポリエチレン管	農水ポリエチレン管協会規格(ISO 4427(1996))	250～1500㎜
リブ管	耐圧ポリエチレンリブ管	JIS K 6780 (2003)	200～2000㎜
	内圧用高耐圧ポリエチレン管（ハウエル管）	高耐圧ポリエチレン管協会規格　(2005)	300～1000㎜

表 2－3　適用管種の最大使用圧力(参考)

塩ビ管の種類

記号	最大使用圧力※ (MPa)	呼び径 (mm)
VH	1.25	50～150
VP	1.00	13～300
VM	0.80	350～500
VU	0.60	40～700

※最大使用圧力は参考値であり，VHはAS60, VP,VM, VUはJIS K 6741に規定される値。

ポリ管の種類

記号	最大使用圧力※ (MPa)	呼び径 (mm)
SDR11	1.60	10～550
〃 13.6	1.25	10～700
〃 17	1.00	10～700
〃 21	0.80	10～1100
〃 26	0.63	10～1500
〃 29	0.57	10～1500
〃 33	0.50	10～1500

※最大使用圧力は参考値であり，農水ポリエチレン管協会で規程している値。ここで示される値はISO 4427の考え方(ISO 4427 3.6)に準じたものであり，MRS（長期強度＝50年後に予想される強度)に対して安全率1.25を考慮して設定された値である。この考え方及び安全率は，JIS K 6761 付属書３にも明記されている。

リブ管の種類

記号	最大使用圧力※ (MPa)	呼び径 (mm)
5K	0.50	300～1000
4K	0.40	300～1000
1K	0.10	200～2000

※最大使用圧力は参考値であり，高耐圧ポリエチレン管協会で規程している値。

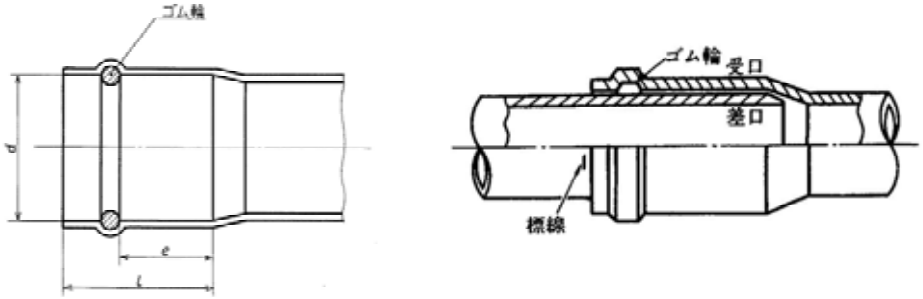
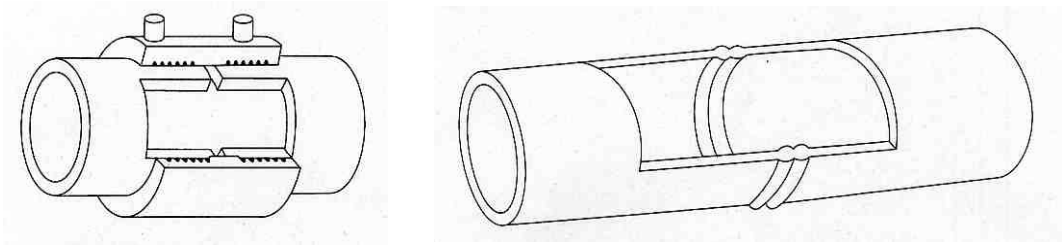
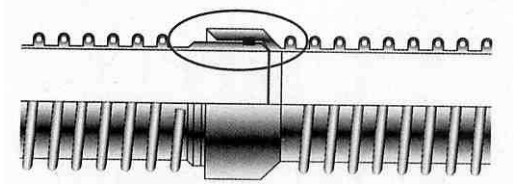


図 2－5 塩ビ管継手概要図(ゴム輪継手)



(ＥＦ融着継手)　　**(バット融着継手)**

図 2－6 ポリ管継手概要図



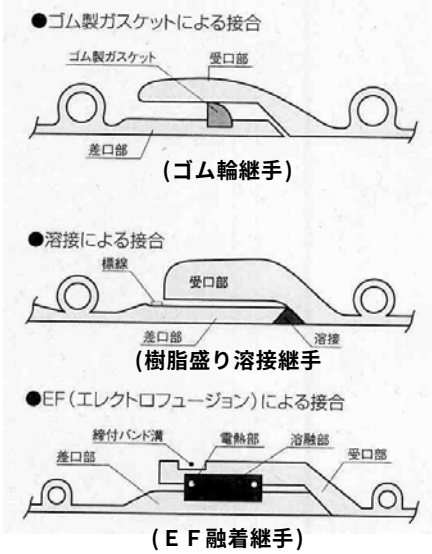


図 2－7 リブ管継手概要図

２．３　発電所基礎・建屋

簡易発電システムに採用可能な発電所基礎・建屋の例は表 2－4 に示すとおりで，それぞれの法的要件と使用環境を考慮し,適切な形式（省略を含む）を選定します。

発電所基礎の設計あたっては，水圧管路，水車，発電機を支持するとともに，吸出し管を固定させ，上部の荷重，地震荷重に耐え，かつ水車，発電機の振動（定格運転時の動的荷重や短絡時における動的荷重等）に対し十分耐震的な構造となるよう設計する必要があります。

また，発電所建屋の設計にあたっては，電気機械設備の寸法および配置とともに，運転・保守，工事中の据付等を考慮する必要があります。

表 2－4　簡易発電システムにおける発電所基礎・建屋の形式の選定例

項　目	条　件	形　式	対応例等
発電所基礎	基本的な基礎形式	直接基礎	一般的，表 2－5①
	比較的規模が大きく，かつ，支持地盤が深い場合	ケーソン基礎	発電所としては特異なケース
	同　上	杭基礎	中～大規模発電所
水車，発電機基　礎	一般的水車	コンクリート（＋形鋼）	表 2－5②
	小規模水車（マイクロフランシス他）	形　鋼	農業用水利施設，工場内小規模発電設備等
	ゲート穴開け取水方式	ゲート等による支持	表 2－5③
	投込み水車等	アンカー等による固定	
建　屋	一般的な形式	天井クレーン省略（梁やフックのみ設置等）	表 2－5④
	トラッククレーン等で対応可能な場合	合理化建屋（屋根取外し可能）	
	小規模施設	簡易型建屋	表 2－5⑤～⑥
	屋外対応可能な場合	建屋省略	表 2－5⑦
	その他	既設建物利用	

表 2－5　簡易発電システムに対応する発電所基礎・建屋の事例

[発電所基礎]

① 直接基礎




[水車，発電機基礎]

② コンクリート（+形鋼）




③ ゲート等による支持




[建　屋]

④ 天上クレーン省略





開閉式の天上　　梁のみが設置されている

[建　屋]

⑤ 簡易型建屋





⑥ 簡易型建屋（制御盤への対応）




⑦ 建屋省略




第３章　電気機械設備

簡易発電システムへ適用によりコストダウンが期待される電気機械設備として，以下の3設備（要素技術）の考え方について解説します。

①　水車
②　発電機
③　制御・保護装置

なお，電気機械設備のコストダウンに向けた機器簡素化，付属装置省略，汎用品の採用等は，関係法令を遵守する観点から，水車に関しては『発電用水力設備に関する技術基準を定める省令，解釈』，発電機および制御・保護装置に関しては『電気設備に関する技術基準を定める省令，解釈』，系統連系に関しては，指針として制定されている『電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン』，また，電気技術規程である『系統連系規程』に抵触しないことを確認する必要があります。

３．１　水車

小水力資源を有効に活用し，年間発電電力量を増加するためには，その地点に応じた最適な水車形式の選定が重要となります。

水車形式は地点特性の落差・流量およびその変動範囲と価格等を考慮して最適なものを選定することが基本となりますが，単にイニシャルコストダウン等の要求だけで水車性能を無視した設計は発電電力量の増加とならず，結果的に経済性を確保できないこともあります。また，施設場所，メンテナンス，ランニングコスト，発電機や制御・保護装置との協調も考慮する必要があります。

簡易発電システムへ適用可能な水車形式とその概略仕様を表3-1に整理しました。また，落差と流量から水車形式を選定するための「水車形式選定図」を図3－1に示します。

表 3−1(1)　簡易発電システム適用可能水車の種類と概略仕様

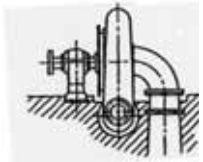
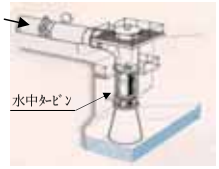
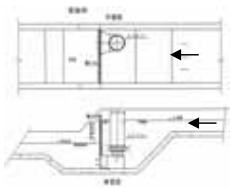
種　　類	概略図	構造概要	適用範囲	備　　考
反動水車				
①横軸ﾌﾗﾝｼｽ水車 (小水力用)		流水がﾗﾝﾅの周辺から流入し，ﾗﾝﾅ内において軸方向に向きを変えて流出するもの。	出力：50～4,000kW 落差：10～300m 流量：0.3～10m³/s	流量を調整するｶﾞｲﾄﾞﾍﾞｰﾝを設ける必要があり，構造が複雑である。 変流量・変落差対応の運転が可能である。
②横軸固定羽根ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ水車 (発電機流水路外設置)		円筒ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ水車の一種であり，水車上に発電機を搭載(流水路外)し，水車回転部と発電機とはﾍﾞﾙﾄで直結されているもの。	出力：1～300kW 落差：2～20m 流量：0.07～3m³/s	従来のﾌﾟﾛﾍﾟﾗ水車を簡素化し，低落差，小流量領域でも対応可能としたもの。 ﾗﾝﾅﾍﾞｰﾝあるいはｶﾞｲﾄﾞﾍﾞｰﾝを可動とすることにより，ある程度の変落差・変流量には対応可能。
③横軸固定羽根斜流水車 (発電機流水路内設置)		円筒斜流水車の一種であり，水車軸に発電機を直結(流水路内)したもの。	出力：3～100kW 落差：3～150m 流量：0.01～1m³/s	従来の斜流水車を簡素化し，低落差，小流量領域でも対応可能としたもの。 ﾗﾝﾅﾍﾞｰﾝ，ｶﾞｲﾄﾞﾍﾞｰﾝが固定のため，水車での流量調整運転は不可能。流量は落差によって一義的に決まってしまうため，変落差対応もできない。流量調整が必要な場合，ｵﾘﾌｨｽや流量調整用ﾊﾞﾙﾌﾞ等による損失水頭調整により，手動で行う必要がある。
④ﾎﾟﾝﾌﾟ逆転水車		標準立軸(横軸)ﾎﾟﾝﾌﾟを逆転させて使用する。ﾗﾝﾅ固定用ﾈｼﾞを標準ﾎﾟﾝﾌﾟに対し，逆に切る必要がある。流入方向がﾎﾟﾝﾌﾟの場合と比較して反転するため，ﾗﾝﾅ形状がﾎﾟﾝﾌﾟの場合と逆になる。	出力：1～200kW 落差：6～80m 流量：0.02～1m³/s	ｷｬﾋﾞﾃｰｼｮﾝ特性が厳しく，羽根形状の修正が場合によって必要である。軸受や封水部の寿命が短い。無拘束速度対応が必要である。 ﾗﾝﾅﾍﾞｰﾝが固定のため，水車での流量調整運転は不可能。流量は落差によって一義的に決まってしまうため，変落差対応もできない。流量調整が必要な場合，ｵﾘﾌｨｽや流量調整用ﾊﾞﾙﾌﾞ等による損失水頭調整により，手動で行う必要がある。
⑤水中ﾀｰﾋﾞﾝ		水中ﾎﾟﾝﾌﾟを逆転させて使用する。ﾗﾝﾅ固定用ﾈｼﾞを標準ﾎﾟﾝﾌﾟに対し，逆に切る必要がある。流入方向がﾎﾟﾝﾌﾟの場合と比較して反転するため，ﾗﾝﾅ形状がﾎﾟﾝﾌﾟの場合と逆になる。	出力：10～500kW 落差：2.8～20m 流量：0.4～10m³/s	発電機が直結され，ｺﾝﾊﾟｸﾄ化が可能である。流量を調整するｶﾞｲﾄﾞﾍﾞｰﾝはない。水中形のため，軸受や封水部の寿命が短い。無拘束速度対応が必要である。 ﾗﾝﾅﾍﾞｰﾝ，ｶﾞｲﾄﾞﾍﾞｰﾝが固定のため，水車での流量調整運転は不可能。流量は落差によって一義的に決まってしまうため，変落差対応もできない。流量調整が必要な場合，ｵﾘﾌｨｽや流量調整用ﾊﾞﾙﾌﾞ等による損失水頭調整により，手動で行う必要がある。
⑥投げ込み式水車		超低落差用水車として開発された立軸ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ水車の一つで，既設水路内に堰板を設置し，その落差を利用するもの。	出力:1～12kW 落差:1～3m 程度 流量:0.2～2.0m³/s	水車，発電機が同一の筐体に収納され，この筐体を落差工に据えるだけの簡単なものである。 定落差運転が原則であり，水車での流量調整運転は不可能。

表 3−1(2)　簡易発電システム適用可能水車の種類と概略仕様

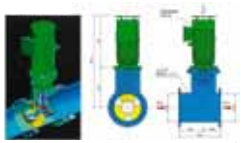
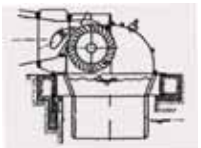
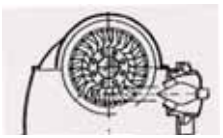
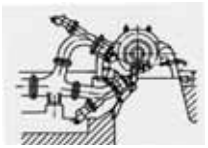
種　　類	概略図	構造概要	適用範囲	備　　考
反動水車				
⑦直交軸流形水車		汎用のゲートポンプを水車として使用するポンプ逆転水車の一種である。立軸でも横軸でも設置方向を選ばず，直交軸内のギヤ構成により増減速ができる。	出力：1～200kW 落差：2～8.5m 流量：0.08～4m³/s	ﾗﾝﾅﾍﾞｰﾝが固定のため，水車での流量調整運転は不可能。流量は落差によって一義的に決まってしまうため，変落差対応もできない。流量調整が必要な場合，ｵﾘﾌｨｽや流量調整用ﾊﾞﾙﾌﾞ等による損失水頭調整により，手動で行う必要がある。
⑧ｻｲﾌｫﾝ式水車		堰の上流側に水車を設置し，ﾄﾞﾗﾌﾄﾁｭｰﾌﾞで堰を越して放流する構造である。始動時は発電機を電動機，水車をﾎﾟﾝﾌﾟとし，ｻｲﾌｫﾝ効果の発生による自然流下で発電を開始する。停止時は空気を注入し，ｻｲﾌｫﾝ効果を喪失させる。	出力：0.7～50kW 落差：1.5～6m 流量：0.15～1.4m³/s	ﾗﾝﾅﾍﾞｰﾝ，ｶﾞｲﾄﾞﾍﾞｰﾝが固定のため，水車での流量調整運転は不可能。流量は落差によって一義的に決まってしまう。
衝動水車				
⑨ｸﾛｽﾌﾛｰ水車		衝動水車および反動水車の特性を併せ持ち，流水が円筒形ﾗﾝﾅに軸と直角方向に流入し，ﾗﾝﾅを貫通して流出するもの。	出力：10～1,000kW 落差：5～200m 流量：0.1～8m³/s	変流量・変落差対応の運転が可能である。
⑩ﾀｰｺﾞｲﾝﾊﾟﾙｽ水車		ｼﾞｪｯﾄ流をﾗﾝﾅの側面から入射させるので，ﾋﾟｯﾁ円が小さくなり，回転速度を高くできる点がﾍﾟﾙﾄﾝ水車と異なる。	出力：100～8,000kW 落差：25～300m 流量：0.2～8m³/s	変落差対応の運転が可能である。 ﾆｰﾄﾞﾙを可動とすれば，変流量にも対応可能。
⑪ﾍﾟﾙﾄﾝ水車(小水力用)		ﾉｽﾞﾙから流出するｼﾞｪｯﾄをﾗﾝﾅ周辺ﾊﾞｹｯﾄに作用させる構造のもの。	出力:0.5～4,000kW 落差:17～500m 程度 流量:0.01～2m³/s	回転速度が低いため，機器体格が大きい。 変落差対応の運転が可能である。 ﾆｰﾄﾞﾙを可動とすれば，変流量にも対応可能。

表 3－1(3)　簡易発電システム適用可能水車の種類と概略仕様

種　類	概略図	構造概要	適用範囲	備　考
重力水車				
⑫下掛水車		流水がﾗﾝﾅ下部から流入するもので，ﾗﾝﾅが開放されており，水車軸の中心にｷﾞﾔが収納されたもの。	出力：6.1～120kW 落差：1～2m 流量：1～10m³/s	構造が簡単である。水車直径は落差の約 3～4 倍，水車幅は流量 1m³/s につき 1m である。 回転速度が遅いので，ｷﾞﾔで増速する必要がある。
⑬上掛水車		流水がﾗﾝﾅ上部から流入するもので，ﾗﾝﾅが開放されており，水車軸の中心にｷﾞﾔが収納されたもの。	出力：4～20kW 落差：2～5.5m 流量：0.2～0.6m³/s	構造が簡単である。水車直径は落差の約 90～95%程度，水車幅は流量 0.1m³/s につき 0.5m 程度である。 回転速度が遅いので，ｷﾞﾔで増速する必要がある。
⑭螺旋水車		流水が螺旋状のﾗﾝﾅ上部から主軸方向に流入する。主軸上部にｷﾞﾔが収納されているもの。	出力：3～300kW 落差：1～10m 流量：0.3～5.5m³/s	魚が通過できる(上流→下流)水車として知られている。 回転速度が遅いので，ｷﾞﾔで増速する必要がある。

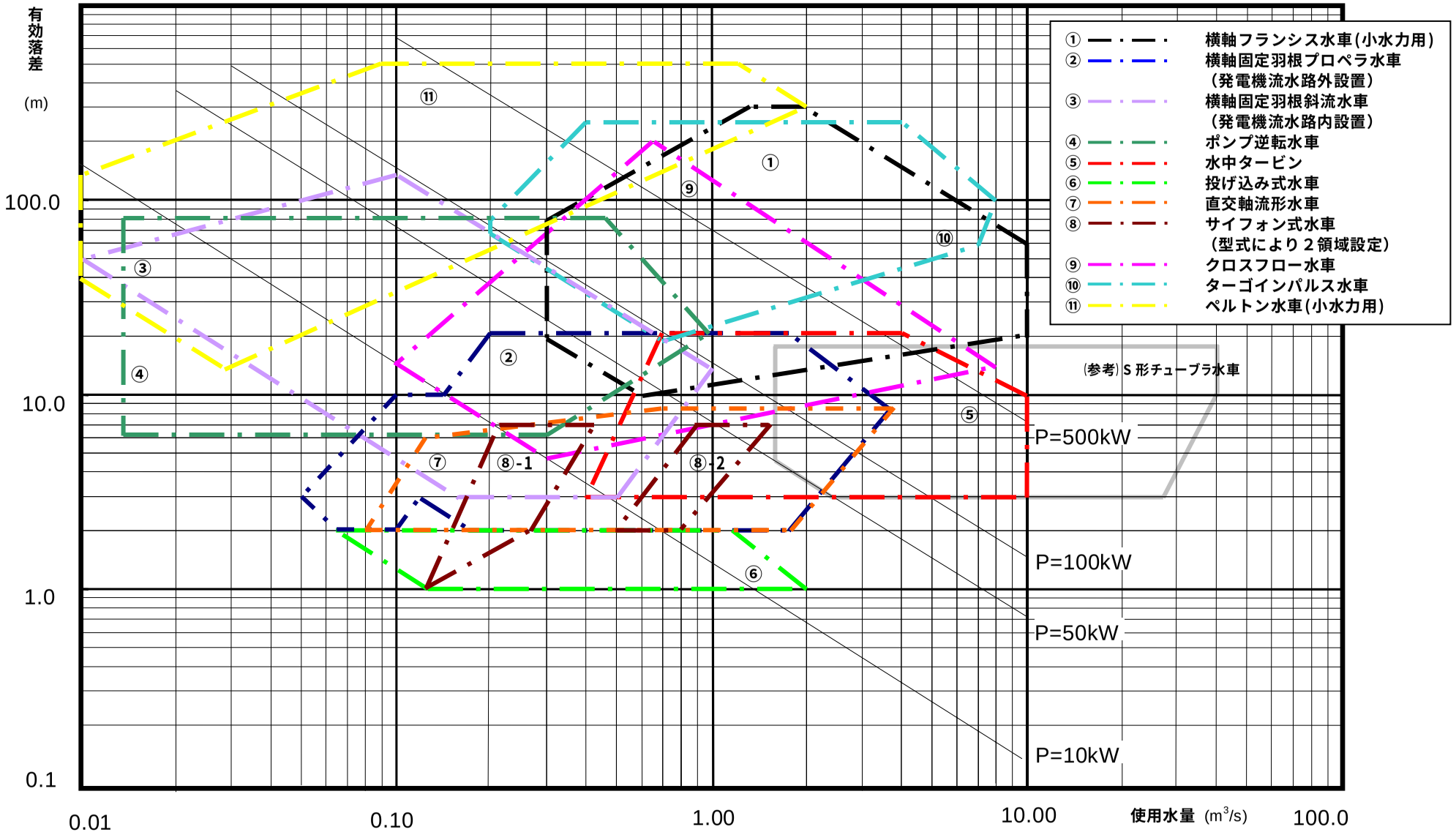

有効落差
(m)
100.0
10.0
1.0
0.1
0.01
0.10
1.00
10.00
使用水量 (m³/s)
100.0
① 横軸フランシス水車(小水力用)
② 横軸固定羽根プロペラ水車
(発電機流水路外設置)
③ 横軸固定羽根斜流水車
(発電機流水路内設置)
④ ポンプ逆転水車
⑤ 水中タービン
⑥ 投げ込み式水車
⑦ 直交軸流形水車
⑧ サイフォン式水車
(型式により２領域設定)
⑨ クロスフロー水車
⑩ ターゴインパルス水車
⑪ ペルトン水車(小水力用)
(参考) S 形チューブラ水車
P=500kW
P=100kW
P=50kW
P=10kW
⑧-1
⑧-2

図 3－1　水車形式選定図

３．２　発電機

発電機は水車のように適用施設や地点特性で特に留意する事項はなく，運転条件，保守性および経済性を考慮して選定します。

しかし，系統連系，単独負荷への電力供給（自立運転）等の運転区分によっては適用できない発電機もあり，運用面での制約等を加味した検討が必要となります。

簡易発電システムへ適用可能な発電機を以下に示します。

(1) 同期発電機

同期発電機は機械動力を受けて交流電力を発生し，定常運転状態において，その回転速度がギャップの回転磁界と同期するもの(これを同期速度という)で，磁気回路，電気回路および機械的部分から構成されます。磁気回路は強磁性体で作られた電機子鉄心と界磁鉄心等からなり，電気回路は電機子巻線，界磁巻線，励磁装置等から構成され，機械的部分は固定子枠・回転子軸・軸受等から構成されます。

(2) 誘導発電機

誘導発電機は互いに独立している二つの巻線があり，機械動力を受けて交流電力を発生し，一つの巻線からもう一つの巻線に電磁誘導作用によりエネルギーを伝達して回転するもので，定常状態において同期速度と異なる速度で回転します。ここで，固定子側の巻線を一次巻線，回転子側の巻線を二次巻線といいます。

(3) 永久磁石発電機

永久磁石発電機は回転子に永久磁石を使用するもので，機械動力を受けて交流電力を発生するもので，発電機本体の特性は同期発電機と類似しています。回転子へ永久磁石を適用する方法によって表面磁石形と埋込磁石形があります。

永久磁石発電機は励磁装置を有さないことから，負荷又は電力系統に接続する際は，逆変換装置による電圧・周波数制御が必要となります。

(4) 直流発電機

直流発電機は機械動力を受けて，直流電力を発生するものを言い，電機子の回転に伴って導体がＮ極とＳ極の下を通過するときに，導体内に発生する起電力の方向は互いに反転して交番起電力となるので，これを整流子とブラシの整流作用によって直流としています。電力系統に接続する際は，直流を交流に変換する逆変換装置が必要となります。

簡易発電システムへの適用が望ましいのは，運転条件，保守性を考慮すれば，誘導発電機および永久磁石発電機と考えられます。ただし，永久磁石発電機は，逆変換装置により

電圧，周波数を制御する必要があるため，経済性に関しては発電機単体ではなく，逆変換装置を含めたシステムとして比較評価が必要です。

３．３　制御・保護装置

制御・保護装置は，適用施設や地点特性，発電所出力に負う要素が少なく，基本的に仕様を満足できる汎用品を組み合せることによるコストダウンが期待されます。

また，制御・保護装置は一般産業分野での技術開発も目覚しいものがあり，この分野からの適用を図ることができます。

簡易発電システムへ適用可能な装置としては，一般産業用 PLC（Programmable Logic Controller）があります。一般産業用 PLC は標準仕様機器であり，非標準仕様への個別対応は難しいですが，簡易発電システムにおける制御・保護装置の対象項目は基本的な主機起動・停止と標準保護（単独運転検出装置等は除く）などであって，特殊な仕様を必要とすることが少ないことから，簡易発電システムへ適用が可能です。

ここで，簡易発電システムにおける基本的な自動制御対象項目とその制御方法を表 3-2 に整理しました。また，簡易発電システムの保護項目は，関係法令と経済性を勘案して，過電流，過電圧，低電圧，地絡，過速度を基本とします。

表 3－2　簡易発電システムの制御対象

自動制御対象	自動制御方法	摘　要
自動制御 (水車，入口弁，発電機，遮断器)	・始動停止，並解列 ・非常停止	手動操作の場合は省略可 (入口弁等，遮断器)
自動同期	・電圧，周波数，位相調整	手動並列の場合は省略可
励磁装置	・励磁制御，電圧確立	永久磁石発電機，誘導発電機は省略可
調速装置 （ガイドベーン，負荷制限装置，ダミーロード）	・ガイドベーン等による調速制御 ・水調運転，流量一定運転	―
逆変換装置	・インバータ制御 (トルク，速度指令)	―

第４章　運転・保守

簡易発電システムは，電力会社が保有する通常の水力発電所に比べて出力が小さく，また，安定した電力の供給責務を負うところが少ないため，運用面および保守面において仕様を合理化することによって，コストダウンを図ることができます。

ただし，適用した設備仕様や連系する系統運用に応じ，安全および信頼性を最小限確保したものとしなければなりません。

４．１　運転（監視・運用）

簡易発電システムにおける監視方式は，その規模から随時巡回を適用し，簡易通報装置等による遠方監視を採用することで，保守員による随時巡回頻度を大幅に低減することが可能となります。さらに，簡易通報装置等に汎用性の高いインターネットやモバイルによる web 技術の適用により，コストダウンが期待されます。

また，簡易発電システムによる発電設備を設置する事業者には，電気主任技術者等の専門的な知識や経験を有する人材がいないことが多いと考えられます。このような場合は，機器の状態把握や事故時復旧方法等の判断が難しく，保守も含めて監視を外部委託することが考えられます。外部委託に関しては電気保安協会に委託するのが一般的ですが，事業者が電力会社 OB（電気主任技術者）を雇用した事例や，発電所の需要先である施設に勤務する職員が遠方監視業務を兼務している事例もあり，当直員一名の三交代制による常時監視を実施している発電所では，当直員が地元農家の高齢者で構成されており，地元雇用に貢献している事例も見られます。

簡易発電システムにおける監視および計測項目の一例を表 4-1 に示します。

表 4－1　簡易発電システムでの監視，計測項目

	監視，計測項目	JEAC 5001-2000 随時巡回方式	簡易発電システムでの項目	JEAC での補足
1	圧力	○	× 基本的に油圧は使用しない。	
2	軸受温度	○	× 500kW 未満であることから，監視は必要としない。	施設する場合は記録計でも良く，小出力の水車，発電機ではサーモラベル，可搬形温度計による間接的な測定方法で良い。
3	無効電力 又は力率	○	× 電圧調整の責務は負わない。	
4	電流又は電力	○	○ 電力については，運転状況の監視に必要である。	施設する場合は記録計でも良く，発電機毎ではなく，発電所合計で差し支えない。
5	固定子巻線温度	×	×	記録計でも良く，小出力の水車，発電機の場合は，固定子鉄心に温度計を貼り付けた間接的な測定方法で良い。
6	電圧	○	○ 運転状況の監視に必要である。	記録計でも良い。
7	電力量	×	× 電力量計で積算されている。	

※ ：JEAC＝JEAC5001-2000「発変電規程」

※ ：その他，取水量や水位，水質，ダム堤体等の漏水量など継続的な計測項目がある

４．２　保守（点検・管理）

保守（点検・管理）は，一般に巡視点検，定期点検，細密点検のように経年計画を立案して定期的に実施する点検と，自然災害（地震，台風，洪水，豪雨等異常気象）発生直後に実施する臨時点検，事故時復旧や不具合補修等に対応した点検があり，これらの点検により設備を適切に維持管理するものです。

出力 500kW 未満を対象とする簡易発電システムは小規模発電所であり，停止による電力供給面での信頼度低下が系統に与える影響は少ないと考えられることから，以下のような保守管理の合理化が考えられます。

①経年的に実施する定期点検等頻度の低減

②定期点検等対象項目の低減

③点検に伴う消耗部品等の削減

これらランニングコストの低減は，簡易発電システムが運転を開始した以降のコストダウンに大きく寄与することになります。

簡易発電システムにおける土木設備に対する点検項目と頻度の一例を表 4-2 に示します。また，電気機械設備に対する点検の考え方を表 4-3 に示します。

表 4－2　簡易発電システムの土木設備に対する点検項目と頻度（案）

	点検頻度	対象設備	チェックポイント
巡視	1回/月程度	取水口・沈砂池・水槽	・損傷等異常の有無。 ・取水口，沈砂池，水槽に砂礫が流入していないか。
		スクリーン	・流木・枯れ葉が流入していないか。
		ゲート	・電源，ロック装置等の状況。
		除塵機	・塵芥等異常の有無。
		水圧管路	・損傷，変形，沈下等異常の有無。 ・水圧管路から漏水が生じていないか。
		発電所基礎	・変形，ひびわれ，湧水等の確認。
定期点検	1回/年※1	取水口・沈砂池・水槽	・損傷，変形，ひびわれ，凍害，磨耗，洗掘等の確認。
		スクリーン	・損傷，変形，取付ボルトのゆるみ，塗膜の劣化等の確認。
		ゲート	・損傷，変形，磨耗，給油，塗膜の劣化等の確認。 ・操作盤の端子締付，配線，電磁開閉器リレーの動作等の異常有無。 ・各機器の指示計，スイッチ類表示ランプの状況。
		除塵機	・ レーキの損傷，走行装置，コンベアの異常，腐食，塗膜劣化等の確認。
		水圧管路	・損傷，変形，沈下等の確認。 ・管胴および支承部の損傷，変形，振動，漏水，塗膜劣化等の確認。
		発電所基礎	・変形，ひびわれ，湧水等の確認。
		その他	・周辺地山の崩壊，地滑り，湧水等の確認。 ・周辺構造物の変形，ひびわれ，湧水等の確認。
臨時点検	地震，洪水，大雨等異常気象時の直後	導水路，水圧管路（露出管），発電所建屋	・異常な変位，ズレや亀裂が生じていないか。
		導水路周辺	・周辺斜面に斜面崩壊が生じていないか。
		その他	・日常点検の項目。

※1； 地質，地形，巡視および点検実績等により，公衆等第三者に重大な影響を与えないと判断されるものについては，設備ごとの特性を考慮して点検頻度を減少させることができる。この場合，点検頻度減少の限度は規程しない。

表 4－3　簡易発電システムにおける点検の考え方

区分	一般水力発電設備	簡易発電システム
巡視点検	・ 2週間に1回程度。 ・ 水車，発電機を停止せず，外観点検を主とした目視点検および計測値記録。	・ 1ヶ月に1回程度。 ・ 水車，発電機を停止せず，外観点検を主とした目視点検および計測値確認。
定期点検	・ 半年に1回程度。 ・ 水車，発電機を停止させ，水車廻りを抜水しない普通点検（1日程度）および水車廻りを抜水する定期点検（2～3日）として実施。	・ 1年に1回程度。 ・ 水車，発電機を停止させ，水車廻りを抜水する定期点検（1日）として実施。 ・ 普通点検は対象外。
細密点検	・ 5年に1回程度。 ・ 水車，発電機を停止させ，水車廻りを抜水して水車，発電機の一部を分解する細密点検（1週間程度）として実施。 ・ 10年に1回程度は，水車廻りを抜水して水車，発電機の全部を分解する特別細密点検（1ヶ月程度）として実施。	・ 5年に1回程度。 ・ 水車，発電機を停止させ，水車廻りを抜水して水車，発電機の一部を分解する細密点検（1週間程度）として実施。 ・ 定期的な特別細密点検は，原則として実施しない。

第５章　関係法令・基準等

簡易発電システムによる水力発電所は，水力発電設備に関わる関係法令および基準類に準拠して建設，運転・保守する必要があります。

５．１　法令・基準および規程

簡易発電システムが準拠すべき関係法令の根幹となすものは，電気事業法と河川法です。

簡易発電システムにおける主要関連法・基準・規程・指針等の体系を図 5－1 に整理しました。法体系的には，上位の河川法および電気事業法から関連技術基準，技術基準の解釈，ガイドラインの順に構成され，これと並行して建築基準法，砂防法などの関連法令や技術基準等を補完する民間規程（電気技術規程等）が関与します。

５．２　適用施設別手続き

簡易発電システムを導入する際には，所定の法的手続きが必要となります。

河川維持流量等放流設備（ダム）に簡易発電システムを適用する場合の法的手続きフローを図 5－2 に示します。このフローを基本とし，砂防ダムへの適用の場合は砂防指定地に関する管理者との協議や，砂防フロンティア整備推進機構への事前審査が必要になる場合があります，また，農業用水利施設の場合は，土地改良区など施設の利用者との協議が必要となり，上水道・工業用水利施設や下水道施設の場合は施設管理者との協議が必要となりますが，上水道水利施設の場合は，水質に関する安全性の検討が重要になります。

なお，巻末資料－３に電気事業法の届出および河川法に係る許可申請事例等を添付した。

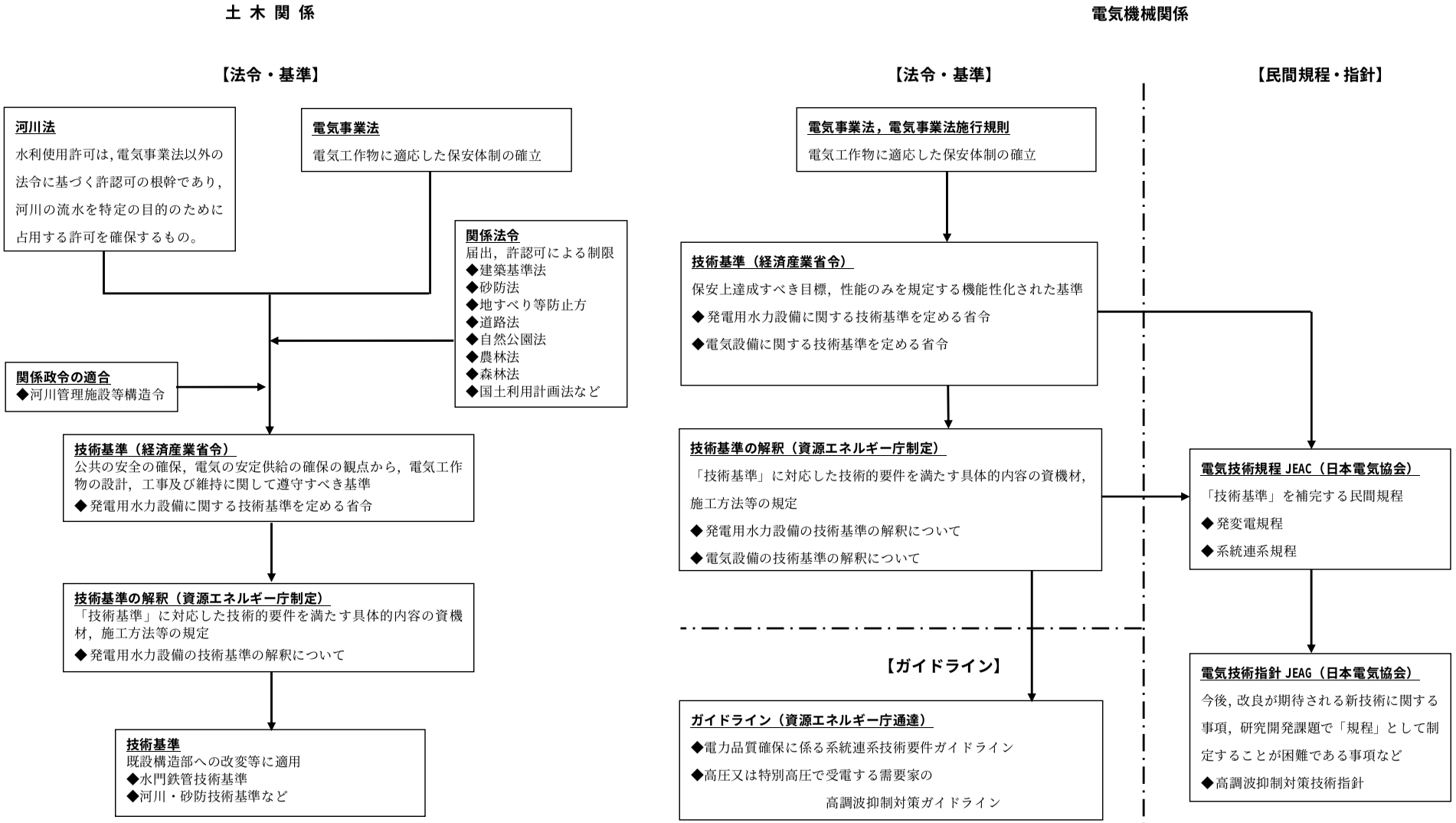
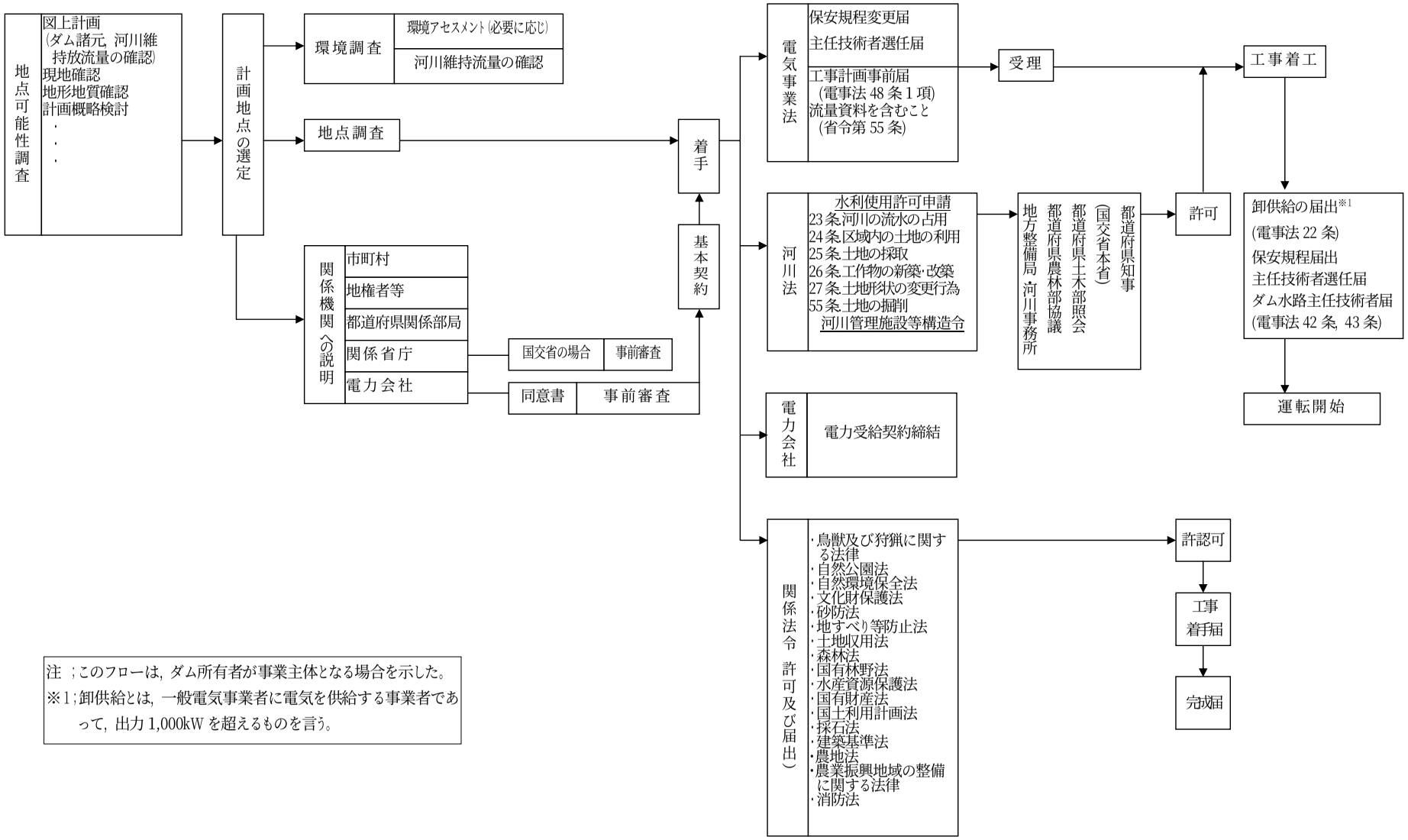


図 5－1　簡易発電システムにおける主要関連法・基準・規程・指針等体系



注 ；このフローは，ダム所有者が事業主体となる場合を示した。
※1；卸供給とは，一般電気事業者に電気を供給する事業者であって，出力 1,000kW を超えるものを言う。

図 5－2　簡易発電システム導入フロー（河川維持流量等放流設備(ダム)の場合）

巻　末　資　料

資料－１　開発事例等

資料－１　開発事例等

開発事例等として，既設および新設の小水力発電設備の適用技術や保守運転状況，他分野の取水施設や圧力管路の敷設状況をとりまとめ，簡易発電システムの参考資料とする。

A) サッポロビール新九州工場小水力発電設備 ..... 資料 1－2
B) 大分県中津江村（現日田市）鯛生小水力発電所 ..... 資料 1－3
C) 富山県月の又用水路小水力発電実証試験設備 ..... 資料 1－4
D) 富山県常西用水路小水力発電実証試験設備 ..... 資料 1－5
E) 群馬県黒保根村（現桐生市）利平茶屋水力発電所 ..... 資料 1－6
F) 長野県大町市農業用水路小水力発電実証試験設備 ..... 資料 1－7
G) 東京電力㈱稲核発電所 ..... 資料 1－8
H) 山梨県大泉村（現北杜市）ひまわり発電所 ..... 資料 1－9
I) 山梨県長坂町（現北杜市）三分一湧水公園発電所 ..... 資料 1－10
J) 群馬県県央第一発電所 ..... 資料 1－11
K) 長野県木島平村馬曲温泉公園発電所 ..... 資料 1－12
L) 群馬県狩宿第二発電所 ..... 資料 1－13
M) 北九州市油木発電所 ..... 資料 1－14
N) 北九州市ます渕発電所 ..... 資料 1－15
O) 北九州市頓田発電所 ..... 資料 1－16
P) 神戸市千苅浄水場小水力発電所 ..... 資料 1－17
Q) 神戸市湊川ポンプ場小水力発電所 ..... 資料 1－18
R) 中国電力㈱安蔵川発電所中津美川取水設備他 ..... 資料 1－19
S) 中国電力㈱新大呂発電所大倉谷取水設備他 ..... 資料 1－20
T) 水資源機構三重用水員弁川他取水設備 ..... 資料 1－21
U) 広島県志和掘発電所 ..... 資料 1－22
V) 広島県川小田発電所 ..... 資料 1－23
W) 広島県河戸発電所 ..... 資料 1－24
X) 沖縄県西原浄水場内小水力発電設備 ..... 資料 1－25
Y) 埼玉県庄和浄水場内小水力発電設備 ..... 資料 1－26
Z) 熊本県清和発電所 ..... 資料 1－27
AA) 山梨県山一水力発電所 ..... 資料 1－28
AB) 中部電力㈱易老沢発電所 ..... 資料 1－29
AC) 山梨県都留市市民発電所 ..... 資料 1－30
AD) 静岡県静岡市藁科第一配水場場内送配水管敷設工事（ポリエチレン管施工現場） ..... 資料 1－31
AE) 空知川右岸地区幹線用水路布設工事（耐圧ポリエチレンリブ管施工現場） .... 資料 1－32
AF) 中国電力㈱周布川第一発電所木戸谷川取水ダム ..... 資料 1－33
AG) 富山県南砺市（旧利賀村）利賀ミニ水力発電所 ..... 資料 1－34
AH) 京都府京都市嵐山保勝会水力発電所 ..... 資料 1－35

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		サッポロビール新九州工場小水力発電設備
所在地		大分県日田市
設備区分		工場内処理排水
河川水系		工場内処理排水を利用
事業者		ｻｯﾎﾟﾛﾋﾞｰﾙ新九州工場
運転開始	年月日	平成12年3月(系統連系の調整により、本格的には10月)
有効落差	m	31.0
最大使用水量	m^3/s	0.05
最大出力	kW	9.9
年間発電電力量	kWh	約27,000(平成15年1月～12月実績)
発電所運転方法		工場の操業（廃水処理水の発生）に合わせた従属運転。 流量の日間変動あり。 発電所の運転は上部水槽の水位によって制御。
発電所管理体制		工場エンジニアリング部内の電気関係 技術者3名程度で対応。 主任技術者（電気，ダム水路）は特に設定せず。
[土木設備]		
取水設備		取水設備としては廃水処理設備の末端に設置された上部水槽から直接取水する。工場新設時に取水口から水圧管路まで建設済み。工場建設時から発電所設置についての構想があった。
水圧管路		φ250，SUS(水質と経済性から決定)，延長約330m。全線埋設。水圧管路と平行してφ300の放流管が布設されている。水圧管路,放流管ともに工場新設時に建設。
発電所基礎･建屋		近隣への騒音防止から，防音構造とした（経費増）。発電所基礎･建屋の合理化は特に無い。
水路系の点検		廃水処理水を利用しているため，漏水に注意している。埋設部を含め，目視確認によりにじみがあるかないかを確認する。
[電気設備]		
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		構内接続による系統連系、逆潮流なし
用途		管理棟照明、建築付帯動力(工場としての受電容量は4,000kW)
水車形式		横軸ﾎﾞﾝﾌﾞ逆転水車(ｸﾎﾞﾀ)
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	1,200
発電機種類		横軸同期発電機(東京電機)
発電機出力	kW	9.9(力率1.0)、6ﾎﾟｰﾙ
発電機電圧	V	440
回転速度	min^{-1}	1,200
制御･保護装置		発電機･保護盤、ｶﾞﾊﾞﾅ盤、ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞ12kW(ｸﾎﾞﾀ)
監視装置･方法		遠方監視なし、巡視2回/月
運用･保守		巡視による外観目視点検、 漏水状況確認および増締め。 計画的な定期点検、細密点検の予定なし。
		発電電力量積算(発電機盤内積算計)。
		水車入口水圧運転･停止制御の不具合あり(ﾀｲﾏRy追加)。
[特記事項]		工場内処理排水を利用しているため，水利権は不要。国交省との調整もなし。
		完全従属運転でもあり,市公共下水道本管への放水については運用面での変更もない。
		流速計は設置していない。使用水量は廃水処理槽（調整槽）の出口流量で対応。
		処理水槽（上部水槽）水位計を省略し、水車入口水圧による自動運転･停止制御。
		ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞによる周波数調整。
		保安規程なし。
		環境保全、自然保護へ対するPRが主目的。
		九電とのｱﾝｼｭﾗﾘｰ契約0kW(周波数調整)締結。
	(要望事項)	発電設備のコストダウン。もっと安くならないか。
		もう少し大きな容量（出力）でも制約がかからないようにならないか。



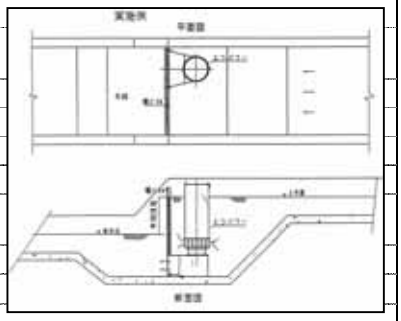


項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		鯛生小水力発電所
所在地		大分県日田郡中津江村
設備区分		砂防ﾀﾞﾑ
河川水系		筑後川水系津江川(通称:鯛生川)
事業者		中津江村
運転開始	年月日	平成16年4月
有効落差	m	18.0
最大使用水量	m^3/s	0.5(維持流量0.07m^3/s)
最大出力	kW	66
年間発電電力量	kWh	約43,000　(運転開始～平成16年5月時点)
発電所運転方法		流れ込み式発電方式
発電所管理体制		受電施設である鯛生金山の担当者および村役場の人員で対応。主任技術者（電気，ダム水路）は近隣に住在の電力会社OBに委託。
[土木設備]		
取水設備		旧発電所の存在を背景に，砂防ダム建設時において，従前の取水に対応した設備が設けられていた。その施設をそのまま利用した。砂防ダムの堤体に取水口が開いている。
		砂防ダムの水抜工閉塞にあたって,砂防ダム自体の安定性,強度を確認。パイピングなどによるダム破壊を想定し，その時点での下流への影響を確認。
		水抜き口の止水版については,後からでも外せるように施工することを指示された（⇒下流側から施工した）。
水圧管路		φ500，FRPM。全線埋設。余水路（φ400）はポリエチレンリブ管使用。
発電所基礎･建屋		発電所建屋天上には，作業用チェーンブロック等の指示用に形鋼を配置。天上クレーンは省略。
取水口の点検		日常巡視点検は，保安規程では1月に1回だが，現時点では1週間に1回以上。適時パトロールして,必要に応じてゴミを取っている。定期巡視点検は1年に1回。
水路の点検		日常巡視点検は1月に1回，定期巡視点検は1年に1回。
[電気設備]		
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		高圧連系(6.6kV)、逆潮流あり
用途		鯛生金山観光施設負荷(受電容量90kW)、 余剰電力を九電に売電
水車形式		横軸ﾌﾗﾝｼｽ水車(田中水力)
水車出力	kW	74
回転速度	min^{-1}	900
発電機種類		横軸同期発電機(精工舎)
発電機出力	kW	66(力率1.0)
発電機電圧	V	440
回転速度	min^{-1}	900
制御･保護装置		ﾀｯﾁﾊﾟﾈﾙ式一体形制御･保護盤(田中水力)、単独運転検出装置(三英社)
監視装置･方法		簡易通報装置、警報は携帯電話へ自動発信
運用･保守		保安規程により巡視1回/月、定期点検1回/年で計画、細密点検は未定。
		電気主任技術者は2種有資格者を鯛生金山観光社員として採用。
		ﾀｯﾁﾊﾟﾈﾙ表示確認、運転･故障履歴、発電電力量積算(ﾂｰﾙによるﾃﾞｰﾀ収集)。
		ﾄﾗﾌﾞﾙ事例は落葉噛込みによる出力低下あり。
[特記事項]		水位調整運転、ﾌﾞﾗｯｸｽﾀｰﾄ可。
		環境保全機能向上整備事業として、自然ｴﾈﾙｷﾞｰの有効活用。
		受電電力補完。
		水利権の申請に関しては，河川法22，23，26条。発電維持流量の検討も実施。環境調査も実施。
		電力会社との調整事項としては，電柱の問題の中では，専用の電柱とした方が安くなった。また，発電所と送電線と受電場所で，3事業所と評価された。また，発電所には受電用の配電線を引込むことになった。その他,系統連系，運用覚書等の対応に苦労した。
	(要望事項)	もう少し大きな容量（出力）でも制約がかからないようにならないか。





項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		低落差水力発電装置 (又用水路小水力発電実証試験設備)
所在地		富山県下新川郡入善町青木
設備区分		農業用水
河川水系		月の又用水路(№84落差工)
事業者		富山県農林水産部、富山県立大学
運転開始	年月日	平成11年3月～1年間試験運転 (実質は平成11年12月に性能試験実施)
有効落差	m	1.0
最大使用水量	m^3/s	0.6
最大出力	kW	3
年間発電電力量	kWh	試験運転として数回運転、記録なし
発電所運転方法		農業用水路利用の流込み式発電方式
発電所管理体制		県農林水産部が委託元となる実証試験設備であり，稼動時には大学職員および学生で対応。主任技術者（電気,ダム水路）は選任していない。
[土木設備]		
取水設備		約70cmの落差工2基分の落差を利用。下流側の落差工地点で2基分の落差を角落しによって嵩上げ、投げ込み式の水車を設置（半川締め切り）。ガイドベーンは手動操作。水路の流量は0.64m^3/s程度。流量測定は実施しなかった。
発電所基礎･建屋		発電所建屋は省略。水車･発電機は既設水路に組んだ形鋼で支持。
[電気設備]		
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		自立運転
用途		農業用水低温ｴﾈﾙｷﾞｰ利用貯蔵 ｼｽﾃﾑ開発(保冷施設＝野菜貯蔵庫)用負荷
水車形式		立軸投げ込み式ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ水車(林ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ)
水車出力	kW	5.2
回転速度	min^{-1}	270
発電機種類		立軸同期発電機、ﾍﾞﾙﾄ増速
発電機出力	kW	3(力率1.0)、8ﾎﾟｰﾙ
発電機電圧	V	220
回転速度	min^{-1}	900
制御･保護装置		発電機･保護盤、ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞ5kW
監視装置･方法		なし、試運転時のみ直接監視
運用･保守		試験設備として試験時のみ運転(性能試験実施済み)、保守計画なし。
		発電電力量積算(発電機盤内積算計)。
		ｽｸﾘｰﾝ塵詰りによるﾄﾗﾌﾞﾙあり。
		平成11年12月撤去(平成16年5月廃棄)。
[特記事項]		発電機に関するﾄﾗﾌﾞﾙが多く、試験は途中で断念(最大出力2.3kW)。
		ﾄﾗﾌﾞﾙ要因は電圧･周波数変動、波形乱れ等(回転速度変更、AVR等交換)。
		保冷施設への電力供給は未実施、ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞで試運転実施。
		水利権の申請は，県の農林事務所が対応。
		ゴミへの対応が課題。豪雨によって上流水路沿いの草刈後の草が流下し、スクリーンに詰まって、上流水路があふれそうになった。
		スクリーンへのゴミ詰りが激しく，発電中は常時，水路の状況を監視する必要があった為、連続発電はできなかった。
		水路の管理者である土地改良区は協力的であった。





項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		常西用水路小水力発電実証試験設備
所在地		富山市西番
設備区分		農業用水
河川水系		常願寺川(一級河川)から取水した農業用水路
事業者		水機工業、西島製作所、 東洋電機製造の3社共同
運転開始	年月日	平成15年6月(実証試験期間3年を予定)
有効落差	m	1.5～2.0
最大使用水量	m^3/s	0.3～0.5
最大出力	kW	5.0
年間発電電力量	kWh	約16,000 (平成15年7月～平成16年4月実績)
発電所運転方法		農業用水路利用の流込み式発電方式。基本的に電力負荷追従運転。負荷が必要な状態になれば発電開始状況になる。負荷の大きさに準じて、水車、発電機をインバータシステムで制御し、負荷に応じた運転を行う。
発電所管理体制		西島製作所が既存ポンプ(Φ300～800)の発電用水車利用について、工場内試験の次段階としてフィールド試験を計画。常西用水土地改良区の協力により実現。永久磁石発電機は東洋電機製作所、ゲート設備は地元業者の水機工業による。実証試験設備であり，稼動時には地元業者の水機工業の技術者が対応。
[土木設備]		
取水設備		約2mの既設落差工の落差を利用。落差工部をゲートによって嵩上げ、コンクリート製の隔壁部に取水管を設け，軸流水車によって発電。スクリーンは水路構造に適用させて斜めに配置。バーの間隔は水車の構造にあわせた。スクリーンバーの間隔程度であれば、水車には問題とならない。ただし、ビニール袋のようなものは別。水車の回転に影響を与える。ただし、運転を中止すれば自然に流下し、その後自然に運転可能となるので問題はない。(スクリーンの目開きは約8cm)
水量制御		かんがい水路の期別水量にあわせてゲート開度を決定。現時点では手動。
放水管		下流側の設定水位（等流水位）に対して50cm程度の深さを基準に設置。放水管補強用に側面サポートあり。
発電所基礎･建屋		発電所建屋は省略。水車･発電機は集水管および放水管に連結して支持。
[電気設備]		
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		自立運転
用途		水中ﾎﾟﾝﾌﾟ等仮設置設備負荷供給(最大7.75kW)
水車形式		直交軸型軸流水車(西島製作所)、3枚羽根
水車出力	kW	15.0(H4.5m、$Q0.6m^3/s$仕様)
回転速度	min^{-1}	731
発電機種類		立軸永久磁石同期発電機(東洋電機製造)
発電機出力	kW	7.5(力率1.0)、6ﾎﾟｰﾙ
発電機電圧	V	190
回転速度	min^{-1}	1,200(基底回転速度)
制御･保護装置		ﾊﾟﾜｰｺﾝﾃﾞｨｼｮﾅ盤5kW、単独運転検出装置内蔵(東洋電機製造)
監視装置･方法		NTT Docomo DoPa、FOMA
運用･保守		基本的にﾒﾝﾃﾅﾝｽﾌﾘｰ(外観目視点検等1回/半年で実施)。
		運転開始1年後に水車を工場にて分解点検。
		監視装置による定期情報通知、画像監視。
		ﾄﾗﾌﾞﾙ事例は草等の噛込みによる出力低下あり。
[特記事項]		流量と負荷量に応じた回転速度による自動制御運転、ﾌﾞﾗｯｸｽﾀｰﾄ可。
		GV、ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞ等の調速装置省略。
		無拘束速度設計、放水路側吸気ﾊﾞﾙﾌﾞあり(未使用)。
		機器ｺｽﾄ削減が課題。
		水利権の申請は，国交省に対して申請。
		運転･停止操作は携帯電話により遠方からも可能。監視は、カメラの画像、水位測定結果（2箇所）、発電電力量が自動で携帯電話およびパソコンに電話回線で連絡される。また、負荷（ポンプ、照明）の制御は携帯電話からも遠隔操作が可能。発電電力量は，3ケ月分，データロガーに記憶される。
		現場での施工は1週間。施工中は取水を停止してもらった。
		1年間の連続試験のなかで、ほとんど問題は無い。耐久性ついても問題ないと考えている。この期間、ほとんどメンテナンスフリー。





項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		利平茶屋水力発電所
所在地		群馬県勢多郡黒保根村
設備区分		砂防ﾀﾞﾑ
河川水系		利根川水系鳥居川(普通河川)
事業者		黒保根村
運転開始	年月日	平成16年4月
有効落差	m	63.44
最大使用水量	m^3/s	0.046
最大出力	kW	22
年間発電電力量	kWh	約1,056(運転開始～平成16年6月時点)
発電所運転方法		流れ込み式発電方式
発電所管理体制		受電施設である公園の管理者および村役場の人員で対応。電気主任技術者は関東電気保安協会に委託。ダム水路主任技術者は村役場の技術職員が資格取得。
[土木設備]		
取水設備		谷止工に設置された浸透取水施設（ﾌﾄﾝｶｺﾞ,集水管）および集水井による。堤体には通水用の穴が設けられている。
		堤体は4型の谷止工(治山施設）として設計。堤体の安定としては、水抜工は関係ない。したがって、今回の対応の中で、特別な検討、計算は実施していない。
		集水井については，井戸内での作業（排砂ゲート関連）を勘案して，人が入れるように径を決定した。深さに関しては、谷止工の寝入れ深さを確保。孔の数は加工済みの2次製品を利用。目詰まり防止のため繊維マットで被覆。
水圧管路		φ250，ポリエチレン管，全線埋設。鋼管と比較し、施工性も良く、たわみ率も高く接続点が少なくてすむ点，また国有林ということで、立木の伐採がないよう配慮した点を考慮して，ポリエチレン管を採用。
発電所基礎･建屋		最小限の建屋を設置。天上クレーンは省略。水車･発電機からの振動等は特に考慮せず。
取水口の点検		取水堰堤，埋設敷，発電機基礎等建屋等の点検は随時実施。
[電気設備]		
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		低圧連系(220V)、逆潮流あり
用途		ｷｬﾝﾌﾟ場･管理棟負荷、余剰電力を東電に売電
水車形式		立軸ﾍﾞﾙﾄﾝ水車(ｸﾞﾗｰ)
水車出力	kW	30
回転速度	min^{-1}	1060
発電機種類		立軸同期発電機(ｸﾞﾗｰ)、ﾍﾞﾙﾄ増速
発電機出力	kW	25.5(力率0.85、容量30kVA)
発電機電圧	V	440
回転速度	min^{-1}	1500
制御･保護装置		発電機･保護盤(ｸﾞﾗｰ、ｵｰｽﾄﾘｱ)、ﾊﾟﾜｰｺﾝﾃﾞｨｼｮﾅ4kW×6台(ｵﾑﾛﾝ)
監視装置･方法		遠方監視なし、巡視2回/月
運用･保守		巡視は必要の都度実施(ｸﾞﾘｰｽ補給1回/2週)、点検計画未定
		電気主任技術者は外部委託(受電設備とは別)、2回/月
		季節による流量変化があり、運用方法を模索中(22kW定格に対し、調査時3kW運用)
		RPS認証済み
[特記事項]		水位、流量の計測なし。
		低圧連系のためのINVｼｽﾃﾑ導入(系統連系ｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝは厳しい)。
		INVｼｽﾃﾑに汎用ｿｰﾗｰﾊﾟﾜｰｺﾝﾃﾞｨｼｮﾅを転用。
		余剰電力の売電。
		水利権の申請に関しては，事業主体でもある村が管理者であり，特に問題ないことを確認。水利権としての設定は綯い。
		森林管理者との調整事項としては，樹木伐採の有無、貸付の形式等。管理経営法(国有林野貸付に係る法）に関しても調整を要した。
		電力会社との調整事項としては，売電単価交渉程度。
		集水井への土砂混入については，地質が火山性の火山灰土で粒子が細かく、多少混入するが全く問題ない範囲である。沈下する混入土については、定期的な排泥作業で、問題は解決される。
		AVR故障により装置更新（原因不明）。通常の維持管理として、取水部コルゲートの排泥を定期的に行い、目詰まりに留意している。
	（森林管理所の意見）	小水力発電施設として治山施設を多面的に利用されるのは好ましい。しかし、基本は既設施設の利用であって、治山という目的を侵さないことが条件。林野省としての補助事業（黒保根村も適用）もあり、林野行政としても適地を探している。
	（森林管理所の対応）	既設施設に発電用施設を付随（利用）させる場合、基本となる治山の目的に影響しないことを確認するため、森林管理者としては安定計算、構造計算等を確認する。なお、施設は原則的に河川法管理区間より上流域のため、維持流量等は特に確認しないが、漁協との調整は必要。
	（要望事項）	系統連系ガイドラインでは回転機による低圧連係は不可となっているため、今回のような複雑な仕組みになった。この制約が撤廃されれば今回のパワーコンデショナ関係の設備は不要となるのでコストダウンが可能となって、普及が進むのではないのか。また、可撓管の採用にあたっては関係機関のご尽力により実現できたが、基準をクリアするためには埋設せざるを得なかった。可撓管で露出可能な規格づくりがなされれば、コストダウンにより導入が促進されるのではないか。





項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		大町市農業用水路小水力発電実証試験設備
所在地		長野県大町市
設備区分		農業用水
河川水系		和田川用水路
事業者		NPO、個人
運転開始	年月日	平成15年11月
有効落差	m	2.0
最大使用水量	m^3/s	0.66
最大出力	kW	8.9
年間発電電力量	kWh	試験運転として10h程度
発電所運転方法		農業用水路利用の流込み式発電方式。受電電力により誘導電動機として水車により管内を充水させ、管内のサイフォン効果が成立すると、誘導発電機として発電に移行する（サイフォン効果により、すべりが変化する）。
発電所管理体制		様々な制約（事業主体であるNPOの事情）から，連続運転には至らなかった。稼動時には電気設備提供会社の技術者が対応。
[土木設備]		
取水設備		本水路からの取水は既設のかんがい用取水口で兼用。水車発電機への取り入れは,新設水路（開水路）の角落しゲートを設け,横取り方式で取水。
水車･発電機の支持		水車発電機は、型鋼で支持。一般市販品の組合せで対応。水車･発電機によって指定される応力（停止時、稼動時）に対して、基本的な構造計算等は行っているが、状況を見て、後から補強すればよいと考えている。
発電所基礎･建屋		発電所建屋は省略。水車発電機は露天設置であるが問題はない。
[電気設備]		
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		誘導発電機であり系統連系が必要(試験運転では可搬DGを使用)
用途		園芸用他電源(試験運転では水抵抗を使用)
水車形式		ｻｲﾌｫﾝ式ﾀｰﾋﾞﾝ(立軸ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ水車、ﾏｰﾍﾞﾙ)
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		誘導発電機(ｼｰﾒﾝｽ)
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	220
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		発電機･保護盤(試験用、日立国分)
監視装置･方法		なし、試験運転時のみ直接監視
運用･保守		試験設備として試験時のみ運転、保守計画なし。
		ｸﾞﾘｰｽ補給1回/月、ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ交換5年又は20,000h。
		消耗品は国内の類似品で対応可能。
		設備は平成18年6月に山梨県都留市三の丸に仮移設（試験運転）。
[特記事項]		誘導電動機として起動、ｻｲﾌｫﾝ効果により発電運転に移行(系統連系必要)。
		管路内充水のためのﾎﾟﾝﾌﾟ不要、ｻｲﾌｫﾝﾌﾞﾚｰｶｰにより入口弁不要。
		負荷調整機能を有さないため、出力よりも大きな負荷が必要。
		海外製品で安価。
		水利権の申請は，NPOが国交省に対して申請。
		ゴミなどの流入に対しては，水車の構造から，基本的には問題ないと考えている。特に対応はしていない。実際に動かして見たときも、特には問題にならなかった。なお，上流に企業（昭和電工）の発電所があって、そこからの放流水が灌漑用水となっているため、基本的にゴミ等の流入は少ない。
	（要望事項）	コストダウンのためには，一般市販品（標準品）の採用，承認申請図書、技術資料等、試験の極力除外，が必要。単独運転検出装置は価格的にネック。系統連系する際に電力会社から設置要求があるが、制約緩和を含めた対応が必要。
		施工の合理化という面では，土木関係施設としては極力一般市販品を使い、かつ、地元の業者に御願いする。
		マイクロ発電の普及のためには、河川法および（系統連系）ガイドラインへの対応を、少しずつ変えていく必要がある。
		ヨーロッパでは、様々な形のマイクロ発電が当然のように実施されているが、そのような形にするためにはコストを下げることが重要。そのためには、車と同様に標準品を使用し、コスト増に繋がるような試験の義務付けや、図面･詳細計算書等の提示を、不用にする必要がある。また、現在はヨーロッパのＩＥＣ基準と、日本のＪＥＣやＪＥＡＣとのダブルスタンダード状態であるので、この辺の取り扱いについても変革が必要である。
		マイクロ水力開発には、水利権の絡みもあり、農業団体等を仲間に引き込む必要がある（利益独占は良くない）。また、一般事業者が開発に対する意欲を持てるようなマニュアル整備が必要と考えている。





項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		稲核発電所
所在地		長野県南安曇郡安曇村
設備区分		発電用ﾀﾞﾑ(竜島発電所)
河川水系		信濃川水系梓川(一級河川)
事業者		東京電力
運転開始	年月日	平成11年4月
有効落差	m	41.3
最大使用水量	m^3/s	1.64
最大出力	kW	510
年間発電電力量	kWh	3,200,000(平成15年度実績)
発電所運転方法		維持流量発電
発電所管理体制		-
[土木設備]		
取水設備		既設維持流量放流管の屈曲部に，新たに分岐管を設けた。
水圧管路		φ1000～600，鋼管(SM400B)。全線露出。
発電所基礎･建屋		発電所は左岸斜面の切土部に建設し、半地下構造で地上建屋は省略。また、天上部の一部を取外し可能とし、天上クレーンを省略。
[電気設備]		
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		高圧連系(6.6kV、竜島発電所で154kVへ昇圧)、逆潮流
用途		電力供給
水車形式		横軸ﾌﾗﾝｼｽ水車(日本工営)
水車出力	kW	550
回転速度	min^{-1}	1,020
発電機種類		横軸誘導発電機(日本工営)
発電機出力	kW	607kVA
発電機電圧	V	6,600
回転速度	min^{-1}	1,020
制御･保護装置		一体形制御･保護盤(日本工営)
監視装置･方法		随時監視制御方式、 遠方監視制御装置は稲核ﾀﾞﾑ管理所用を共用
運用･保守		巡視2回/月、定期点検1回/年(2日間停止、土木同調)。
		細密点検5年(運転開始3年目点検で判断)、自動始動回路点検3年。
		梓川総合制御所より遠制可。
		ﾄﾗﾌﾞﾙ事例なし。
[特記事項]		河川維持流量(1.336m^3/s)を利用、水位調整運転。
		ｺｽﾄﾀﾞｳﾝ策(半地下、誘導発電機、入口弁ﾚｽ、重錘閉鎖式GV、組立ｸﾚｰﾝ省略)。
		東京電力としては河川維持流量を活用した2番目の発電所。
		高設備利用率98%。
		水利権は通常の水力発電所と同様に申請。
		特にトラブルは発生していない。なお，海外製の電磁流速計を導入しているが、国内のメンテナンス対応会社が倒産してしまったため、対応が必要なときは海外から技術者を呼ばなくてはならない状況にある。
		管内で、最も問題の少ない施設。抜水を伴う点検の周期は、3年目の初回点検結果から、以後5年に1回で計画した。自動始動回路点検を3年に1回、巡視は月2回実施している。年1回2日程度の停止による普通点検を実施（土木も同調）。





項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		ひまわり発電所
所在地		山梨県大泉村
設備区分		農業用水
河川水系		-
事業者		ひまわりﾆｭｰｴﾈﾙｷﾞｰ
運転開始	年月日	平成14年
有効落差	m	5.5
最大使用水量	m^3/s	0.15
最大出力	kW	4.8
年間発電電力量	kWh	-
発電所運転方法		農業用水路利用の流込み式発電方式。かんがい用水の運用に合わせて運転。
発電所管理体制		稼動時には事業主体（ひまわりNE）の技術者が対応。
[土木設備]		
取水設備		かんがい用水路に木製の仕切版を設置し，用水を堰上げ，そこから塩ビ管でﾍｯﾄﾞタンクに導水。
水圧管路		φ300，塩ビ管（VP，一部はHIVP），露出配管（一部埋設）。施工性（軽量）と経済性，調達易さを考慮して選定。管の配置はかんがい水路の内側を利用し,簡易的な支持形式で対応。施工は自前。
発電所基礎･建屋		発電所建屋は一般的なプレハブ構造。
[電気設備]		
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		低圧連系(220V)、逆潮流あり
用途		事務所電源、余剰分は売電
水車形式		ｸﾛｽﾌﾛｰ水車(ｼﾝｸ)
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		誘導発電機(ｼﾝｸ)
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	220
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		発電機･保護盤(ｼﾝｸ)、単独運転検出装置省略(電力会社と協議中)
監視装置･方法		なし
運用･保守		巡視を必要の都度実施
[特記事項]		簡易ｸﾛｽﾌﾛｰ水車、流量調整は半円筒制御板。
		水圧管路に塩ﾋﾞ管を適用。
		海外製品で安価。
		塩ビ管の紫外線による劣化が心配。現時点では特に問題ないが，何らかの対応を検討中。基本的に,何か問題があれば対応する。管自体の交換は容易。
	（要望事項）	コストダウンのためには，一般市販品（標準品）の採用，承認申請図書、技術資料等、試験の極力除外，が必要。単独運転検出装置は価格的にネック。系統連系する際に電力会社から設置要求があるが、制約緩和を含めた対応が必要。
		施工の合理化という面では，土木関係施設としては極力一般市販品を使い、かつ、地元の業者に御願いする。
		マイクロ発電の普及のためには、河川法および（系統連系）ガイドラインへの対応を、少しずつ変えていく必要がある。
		ヨーロッパでは、様々な形のマイクロ発電が当然のように実施されているが、そのような形にするためにはコストを下げることが重要。そのためには、車と同様に標準品を使用し、コスト増に繋がるような試験の義務付けや、図面･詳細計算書等の提示を、不用にする必要がある。また、現在はヨーロッパのＩＥＣ基準と、日本のＪＥＣやＪＥＡＣとのダブルスタンダード状態であるので、この辺の取り扱いについても変革が必要である。
		マイクロ水力開発には、水利権の絡みもあり、農業団体等を仲間に引き込む必要がある（利益独占は良くない）。また、一般事業者が開発に対する意欲を持てるようなマニュアル整備が必要と考えている。

※　（要望事項）は大町農業用水路地点と同じ（回答者が同じ）

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		三分一湧水公園発電所
所在地		山梨県長坂市
設備区分		湧水
河川水系		三分一湧水公園を流れる分流水(湧水)
事業者		長坂市
運転開始	年月日	平成15年
有効落差	m	7
最大使用水量	m^3/s	0.03
最大出力	kW	1
年間発電電力量	kWh	-
発電所運転方法		農業用水路利用の流込み式発電方式。かんがい用水の運用に合わせて運転。
発電所管理体制		稼動時には事業主体（ひまわりNE）の技術者が対応。
[土木設備]		
取水設備		湧水地点からの分水路にコンクリートの仕切版を設置し，用水を堰上げ，スクリーン方式そこから塩ビ管でヘッドタンクに導水。
水圧管路		φ200，塩ビ管（HIVP），露出配管（一部埋設）。施工性（軽量）と経済性，調達易さを考慮して選定。管の配置はかんがい水路の内側を利用し,簡易的な支持形式で対応。施工は自前。
発電所基礎･建屋		発電所建屋は一般的なプレハブ構造。
[電気設備]		
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		自立運転
用途		公園内照明、環境PR、教育用
水車形式		ﾏｲｸﾛﾀｰﾎﾞ(ｸﾛｽﾌﾛｰ水車、ｼﾝｸ)
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		同期発電機(ｼﾝｸ)
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	110
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		発電機･保護盤
監視装置･方法		なし
運用･保守		巡視を必要の都度実施
[特記事項]		簡易ｸﾛｽﾌﾛｰ水車、流量調整機能なし(ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞ内蔵)。
		水圧管路に塩ﾋﾞ管を適用。
		海外製品で安価。
		市の施設であり，水利権も市が管理。
		塩ビ管の紫外線による劣化が心配。現時点では特に問題ないが，何らかの対応を検討中。基本的に,何か問題があれば対応する。管自体の交換は容易。
	（要望事項）	コストダウンのためには，一般市販品（標準品）の採用，承認申請図書、技術資料等、試験の極力除外，が必要。単独運転検出装置は価格的にネック。系統連系する際に電力会社から設置要求があるが、制約緩和を含めた対応が必要。
		施工の合理化という面では，土木関係施設としては極力一般市販品を使い、かつ、地元の業者に御願いする。
		マイクロ発電の普及のためには、河川法および（系統連系）ガイドラインへの対応を、少しずつ変えていく必要がある。
		ヨーロッパでは、様々な形のマイクロ発電が当然のように実施されているが、そのような形にするためにはコストを下げることが重要。そのためには、車と同様に標準品を使用し、コスト増に繋がるような試験の義務付けや、図面･詳細計算書等の提示を、不用にする必要がある。また、現在はヨーロッパのＩＥＣ基準と、日本のＪＥＣやＪＥＡＣとのダブルスタンダード状態であるので、この辺の取り扱いについても変革が必要である。
		マイクロ水力開発には、水利権の絡みもあり、農業団体等を仲間に引き込む必要がある（利益独占は良くない）。また、一般事業者が開発に対する意欲を持てるようなマニュアル整備が必要と考えている。





※　（要望事項）は大町農業用水路地点と同じ（回答者が同じ）

項　目	単位	内容、記事
設備名称		県央第一発電所
所在地		群馬県前橋市青梨子町
設備区分		上水道
河川水系		水源:利根川表流水(八木沢、奈良俣ﾀﾞﾑ) 水利権:群馬県企業局、取水量2m^3/s(160,000m^3)、6市町村に給水
事業者		群馬県企業局
運転開始	年月日	平成4年3月
有効落差	m	81.82
最大使用水量	m^3/s	1.34
最大出力	kW	840
年間発電電力量	kWh	約6,000,000 (過去10年間の平均実績)
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		6.6kV高圧連系、逆潮流あり
用途		自家消費+余剰電力売電
水車形式		横軸ﾌﾗﾝｼｽ水車(富士電機)
水車出力	kW	900、η=84.2%(出力804kW時)
回転速度	min^{-1}	1,000
発電機種類		横軸同期発電機(富士電機)
発電機出力	kW	880kVA(力率0.95)、η=94.3%
発電機電圧	V	6,600
回転速度	min^{-1}	1,000
制御･保護装置		発電機･保護盤、遠制盤、系統連系盤、転送信号受信盤
監視装置･方法		遠隔常時監視制御
運用･保守		運開3年目に主軸封水部ﾊﾟｯｷﾝ取替。
		運開5年目に水車抜水内部点検実施、以降5年後に定期点検実施。
		期中、電力会社作業に伴う停止期間あり(点検等が同調可能)。
		ﾄﾗﾌﾞﾙ事例なし、安定した発電電力量を確保。
特記事項		RPS認定(平成15年3月)。
		遊休落差の有効利用。
		従来方式=減圧弁等によるｴﾈﾙｷﾞｰ調整→有効な代替案=水力発電
		水車設置管路と既往管路の流量配分および流量制御方法について,通常は全水量水車を通過する為ないが、発電停止時はバイパス減圧弁を流量計指示を見て手動調整。
		水車･発電機の振動など、既往水道管路に与える影響に関して中小水力用とし軽負荷時の特性が優れ、ｷｬﾋﾞﾃｰｼｮﾝ性能が優れた水車を採用。
		既往管路の強度に対し、発電負荷遮断時の衝撃圧は数値計算によって検討実施。
		コストダウンを念頭に設置機器の特性からスピーダレス調速機の採用と側路弁の省略を行った。
		運転制御方法（起動,停止,故障時）については遠方直接切替順序起動方式。
		保護方式は保護区分による自動解列停止　。
		運転制約については変落差による認可最大出力制限があるため、使用水量が制限される。
		水道利用であることから、機器の選定にあたり水質に影響のない機器、水車を選定。
		負荷遮断時における水圧上昇、事故時の水道供給事業への影響、経済性を考慮した。



項　目	単位	内容、記事
設備名称		馬曲温泉公園発電所
所在地		長野県下高井郡木島平村
設備区分		砂防ダム
河川水系		水源:信濃川水系馬曲川 水利権:木島平村0.28m^3/s(農業用水0.05m^3/s含む、平成29年3月まで有効)
事業者		木島平村(運転保守業務は木島平観光へ委託)
運転開始	年月日	昭和63年10月
有効落差	m	65
最大使用水量	m^3/s	0.22
最大出力	kW	95
年間発電電力量	kWh	783,000(平成10年度実績)
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		6.6kV高圧連系、逆潮流なし
用途		自家消費+ﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞによる 余剰電力消化
水車形式		ﾀｰｺﾞｲﾝﾊﾞﾙｽ水車(1ﾉｽﾞﾙ、ｷﾞﾙｹｽ)
水車出力	kW	126
回転速度	min^{-1}	900
発電機種類		横軸同期発電機(精工社)
発電機出力	kW	95
発電機電圧	V	220
回転速度	min^{-1}	900
制御･保護装置		発電機･保護盤、遠制盤、系統連系盤
監視装置･方法		随時監視
運用･保守		巡視1～2回/月、定期点検1回/年。
		細密点検1回実施済み(3年ほど前)、大きなﾄﾗﾌﾞﾙ等なし。
		発電機、軸受補修に出費あり。
		馬曲温泉管理棟から遠隔監視(汎用PC)、遠方制御箱(起動停止、CB操作)。
特記事項		最大出力95kWに対し、負荷35kW程度(余剰電力をﾀﾞﾐｰﾛｰﾄﾞで消化)。
		主機ﾄﾘｯﾌﾟ時は自動系統受電切替(復旧は手動)。
		ｻｰｼﾞﾀﾝｸ水位調整運転(農業用水分配を考慮)。
		自家用発電施設に関わる補助なし(昭和62～63年当時設定なし)。





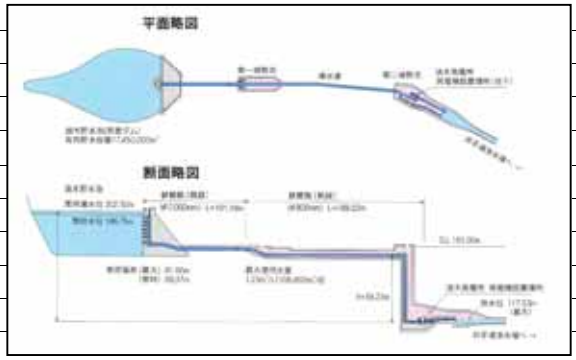


項　目	単位	内容、記事
設備名称		狩宿第二発電所
所在地		群馬県吾妻郡長野原町
設備区分		発電用ﾀﾞﾑ(ｺﾞﾑ堰)
河川水系		熊川(一級河川) 水利権:群馬県(許可期限:平成45年3月)
事業者		群馬県
運転開始	年月日	平成16年6月
有効落差	m	7.63
最大使用水量	m^3/s	1.03
最大出力	kW	61
年間発電電力量	kWh	69,245(平成16年7月～8月実績)、 運転時間1,428h、計画値85%程度
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		高圧連系(6.6kV)、逆潮流あり
用途		売電(東電)
水車形式		横軸可動羽根ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ水車 (ﾏｲｸﾛﾁｭｰﾌﾞﾗ水車)(富士電機)
水車出力	kW	61
回転速度	min^{-1}	829
発電機種類		横軸誘導発電機、ﾍﾞﾙﾄ増速(富士電機)
発電機出力	kW	75(力率改善ｺﾝﾃﾞﾝｻ併設1.2kvar、 主要変圧器容量100kVA)
発電機電圧	V	440
回転速度	min^{-1}	1,525
制御･保護装置		汎用一体形(富士電機)、系統連系ｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ準拠
監視装置･方法		随時巡回方式、簡易通報装置
運用･保守		巡視2回/月。
		群馬県吾妻発電事務所(14名+委託1名)が狩宿第二を含む9発電所を管理。
		運開2ヶ月後に駆動ﾍﾞﾙﾄが破断、雷撃による停止が2回あり。
		RPS認証済み。
特記事項		ｺｽﾄﾀﾞｳﾝ(入口弁省略、遮断器にLBSおよびELBの採用等)。
		簡易発電建屋、ｷｭｰﾋﾟｸﾙ屋外設置、水車に塵詰り対策として点検口追加。
		水位による自動運転停止、ﾗﾝﾅﾍﾞｰﾝ開度調整(3段階)。
		転送遮断信号による単独運転防止(狩宿第一経由)。
		ゴム堰の倒伏頻度は取水口水位上昇（台風等による出水時）を条件に倒伏。
		水圧管路を埋設とした理由は、コスト削減策としてFRPM管を採用しており、当該管の性質（紫外線による表面の劣化進行）上埋設した。
		水車･発電機停止時の水回しの制御については、電気的･機械的制御は行わず、狩宿第二発電所停止時には既設導水路との間に設置した越流壁を越流し、既設狩宿発電所に流入する。
		入口弁の代替といて、狩宿第二発電所取水口スクリーン直下流部に制水ゲートを設置水車･発電機の搬入ピット面積は最低限に設計すると共に、搬入出時は、ユニック、トラッククレーン等を利用。
		当該建設事業の場合、河川区域内の新たな土地の占有および工作物の新築等は発生してないため河川法第23条（流水占有許可）のみ許可申請実施。
		既設狩宿発電所に係る水利利用規則の変更許可申請を実施。
		既設狩宿発電所取水堰（ゴム堰）の操作規則を新たに設けることとなった。
		ｺｽﾄﾀﾞｳﾝを念頭に発電所建屋の簡素化、入口弁の省略、安価なプロペラ水車の採用、汎用品の採用、送電用遮断器代替としてLBSの採用、並列用遮断器代替として電磁接触器およびELBの採用。





項　目	単位	内容、記事
設備名称		油木発電所
所在地		福岡県田川郡添田町大字津野
設備区分		水道施設
河川水系		今川水系今川
事業者		北九州市水道局
運転開始	年月日	平成8年4月
有効落差	m	81.60
最大使用水量	m^3/s	1.23
最大出力	kW	780
年間発電電力量	MWh	3,345
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		-
用途		所内電源
水車形式		横軸フランシス
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		横軸三相同期発電所
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	-
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		-
監視装置･方法		-
運用･保守		-
特記事項		油木ダムから取水した水道水の導水路（油木導水路）に存在した2ヶ所の減勢池を廃止し、ダムから旧第二減勢池までの約82mの遊休落差を利用。
		地下39mの減勢池跡に発電設備を設置し、発電を行う。
		水道水に与える水質面の影響（接水部の塗装、水車の材質、漏油対策、雑排水対策）を確認。
		発電所の監視･制御は、井手浦浄水場中央管理室内に設置された遠方監視卓から行われる。
		省エネルギーの一環として、消費電力の低減およびピークカットをねらい、水道施設における減圧弁などのエネルギー調節に着目した水力発電を導入。
		市水道局のHPで発電所を紹介。地球にやさしいこと、クリーン･省エネルギーをアピール。発電電力量、石油換算量、CO2削減量を公表。
		中小水力発電開発費（20%）補助



項　目	単位	内容、記事
設備名称		ます渕発電所
所在地		福岡県北九州市小倉南区大字頂吉
設備区分		水道施設
河川水系		紫川水系紫川
事業者		北九州市水道局
運転開始	年月日	平成6年4月
有効落差	m	73.60
最大使用水量	m^3/s	0.90
最大出力	kW	520
年間発電電力量	MWh	2,135
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		-
用途		所内電源（余剰電力売電）
水車形式		横軸フランシス
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		横軸三相同期発電所
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	-
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		-
監視装置･方法		遠方監視
運用･保守		-
特記事項		ます渕ダムから取水した水道水を油木導水路に接合する地点に存在したジェットフローゲート（減勢用のゲート）を水力発電所に置き換えた。この間の約75mの遊休落差を利用。
		地下39mの減勢池跡に発電設備を設置し、発電を行う。
		発電所の監視･制御は、井手浦浄水場中央管理室内に設置された遠方監視卓から行われる。
		省エネルギーの一環として、消費電力の低減およびピークカットをねらい、水道施設における減圧弁などのエネルギー調節に着目した水力発電を導入。
		市水道局のHPで発電所を紹介。地球にやさしいこと､クリーン･省エネルギーをアピール。発電電力量、石油換算量、CO2削減量を公表。
		中小水力発電開発費（15%）補助





項　目	単位	内容、記事
設備名称		頓田発電所
所在地		-
設備区分		水道施設
河川水系		-
事業者		北九州市水道局
運転開始	年月日	平成10年4月
有効落差	m	14.50
最大使用水量	m^3/s	0.80
最大出力	kW	68
年間発電電力量	MWh	357
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		-
用途		所内電源
水車形式		横軸クロスフロー
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		横軸三相同期発電所
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	-
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		-
監視装置･方法		-
運用･保守		-
特記事項		省エネルギーの一環として、消費電力の低減およびピークカットをねらい、水道施設における減圧弁などのエネルギー調節に着目した水力発電を導入。
		市水道局のHPで発電所を紹介。地球にやさしいこと、クリーン･省エネルギーをアピール。発電電力量、石油換算量、CO2削減量を公表。
		中小水力発電開発費（30%）補助





項　目	単位	内容、記事
設備名称		千苅浄水場　小水力発電所
所在地		神戸市北区道場町生野
設備区分		水道施設
河川水系		-
事業者		神戸市水道局
運転開始	年月日	平成16年1月
有効落差	m	23.80
最大使用水量	m^3/s	1.00
最大出力	kW	180
年間発電電力量	MWh	1,000
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		-
用途		所内電源
水車形式		横軸フランシス
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		三相誘導発電機
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	-
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		-
監視装置･方法		-
運用･保守		-
特記事項		千苅浄水場の既設導水管から不断水工事を行い、最大1.0m^3/sの取水を行うダム水路式発電所。
		完全自家消費。全需要の約9％。所内電力の一部を賄う。
		神戸市の「CO_2ダイエット作戦」に基づき、新エネルギーを導入する気運が高まっていた。水道局としては、着水井への水圧調整等のため従来減圧バルブを利用していたが、未利用の落差を活用することにより、環境に優しい取り組みが可能と判断。
		温室効果ガス排出量削減へ寄与。省エネルギー対策の一環。
		耐用年数30年と考えており、ほぼ耐用年数で資金を回収できるものと考えている。
		水力、太陽光発電とも小学生等の見学用にパネルを設置。
		中小水力発電開発費（30%）補助





項　目	単位	内容、記事
設備名称		湊川ポンプ場小水力発電所
所在地		兵庫県神戸市兵庫区湊川町
設備区分		下水道施設
河川水系		-
事業者		神戸市建設局
運転開始	年月日	平成14年4月
有効落差	m	65.00
最大使用水量	m^3/s	0.19
最大出力	kW	85
年間発電電力量	MWh	700
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		-
用途		所内電源（余剰電力売電）
水車形式		横軸フランシス
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		誘導発電機
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	-
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		-
監視装置･方法		-
運用･保守		-
特記事項		神戸市北区の鈴蘭台地区（約1000ha）の汚水を処理している鈴蘭台処理場から排出される下水高度処理水(0.185m^3/s,日量16,000m^3)の放流落差(約65m)を利用した小水力発電。
		発電された電気は，13kWを同湊川ポンプ場（雨水排水ポンプ場）で自己消費し,その後,残りの電力を関西電力に売電する。
		設備の建設費を20年で償却予定。
		再生可能エネルギーによる電力を作ることで、従来の化石エネルギー等で発電した場合に比べ、二酸化炭素等温室効果ガスの排出削減に繋がっている（二酸化炭素約250t/年の削減効果）。
		水力発電設備の説明用パネルを設置して,発電電力を表示し、環境にやさしい下水道をPR。
		循環型社会の形成に貢献する下水道の役割として、下水道が持つ資源の活用がさらに必要になっている。
		国交省　下水道補助事業





[土木設備（取水設備）のみを対象に調査を実施]

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		安蔵川発電所 中津美川取水設備他
所在地		鳥取県　鳥取市　用瀬町
設備区分		水路式発電所
河川水系		千代川水系　安蔵川・中津美川ほか
事業者		中国電力株式会社
運転開始	年月日	昭和60年7月(1985)
有効落差	m	142.95m
最大使用水量	m^3/s	2.80m3/s
最大出力	kW	3,200kW
年間発電電力量	kWh	
発電所運転方法		
発電所管理体制		
[土木設備]		
取水量	m^3/s	0.035
取水設備		浸透取水方式から横取り方式に変更
取水方式選定理由		-
取水状況		当初よりうまく取水ができなかったようで、建設後、数年で、横取り方式の直接取水方式に変更した。
現状問題点		改造後も取水口付近への土砂・玉石の堆積に苦慮している。ただし、取水口上流部に斜めに隔壁を張り出したことによって、今回の出水（台風21号）でも取水口直前には土砂の堆積がない（河水は横越流形式で取水口直前のプールへ流入する）が、落葉等によるスクリーンの閉塞が発生している。
管理内容		土砂・玉石の排除。出水後はたいてい必要となる。普通は巡視員が対応できるが、大きな出水の後は排除のために請負に出す。
点検項目・頻度		月に1回。取水の妨げになる事象を排除。
その他，意見等		浸透方式から横取り方式への変更。砂等による目詰まりによって、浸透水による取水はうまくいかなかった。横取りの場合もプールへの土砂の流入とその排除が課題。
		土砂の排除が課題。保守の立場から見ると、できるだけシンプルな構造がよい。ゲートなども電動のものより、スピンドル形式でもいいから、人力で容易に作動できるもの（壊れにくいもの）がいい。土砂が流入しても、それが排除しやすければいい。





[土木設備（取水設備）のみを対象に調査を実施]

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		新大呂発電所 大倉谷取水設備他
所在地		鳥取県　八頭郡　智頭町
設備区分		ダム水路式発電所
河川水系		千代川水系　北股川・綾木谷川ほか
事業者		中国電力株式会社
運転開始	年月日	昭和60年7月(1985)
有効落差	m	292.24
最大使用水量	m^3/s	5.20
最大出力	kW	12700.0
年間発電電力量	kWh	
発電所運転方法		
発電所管理体制		
[土木設備]		
取水量	m^3/s	0.09
取水設備		水クッション側方取水方式
取水方式選定理由		高効率の取水形式の採用を目指して検討している中，九州の事例を参考に採用した。
取水状況		ほぼ問題なく取水できている。排砂も容易にできる。若干、排砂ゲートで対応できないものもあるが、巡視員がスコップ等で対応できる。めったに無いような台風（9/30；21号＝雨量200mm）でも、大きな問題にはならなかった。
管理形態		月に1回の定期巡視。出水シーズンは3ヶ月に1回くらいは土砂の排除を要するが、排砂ゲートを開放する。必要があれば巡視員がスコップ程度で対応。冬は雪のため巡視もなし。
点検項目・頻度		月に1回。取水の妨げになる事象を排除。
その他，意見等		取水量が小さいこともあり、特に問題は無い。土砂が流入しても容易に排除可能なので、保守側から見ても対応しやすい。





[土木設備（取水設備）のみを対象に調査を実施]

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		水資源機構　三重用水 員弁川他取水設備
所在地		三重県　四日市市他
設備区分		三重用水取水口
河川水系		員弁川水系　員弁川･河内谷川ほか
事業者		独立行政法人　水資源機構
通水開始	年月日	昭和61年3月(1986)　（員弁幹線水路）
		
		
		
[土木設備]		
取水量	m^3/s	1.20m^3/s（員弁川），2.60m^3/s（河内谷川），0.50m^3/s（冷川），1.40m^3/s（田光川），2.70m^3/s（三滝川）
取水設備		バースクリーン方式(チロル形式，チロルⅡ形式，バックストリーム形式)
取水方式選定理由		各渓流の特性を考慮し、水利実験等を実施した上、適切な取水形式を選定。
取水状況		三滝（チロルⅡ、田光（チロルⅡ）については比較的良好であるが、員弁川（（チロル）および河内谷（バックストリーム）については、なかなか計画量は取れない。
管理形態		週に1回の巡視を基本に、出水後などを含め、取水への障害を除去している。スクリーン等の砂礫等の排除は、ある程度流量が低下してからしか行えないため、その間取水量が低下（停止）してしまう。
点検項目･頻度		週に1回の巡視。取水状況の確認。
その他，意見等	問題点	砂礫の流入が問題となっている。スクリーンへの詰まりのほか、沈砂池までの水路に堆積してしまうことが多い。設計時は現在のような細かい砂礫は予想していなかった。山が荒れてきている。また、バックストリームの場合のプールへの砂礫の堆積や、水路の堆砂が排砂バルブ解放で除去しきれないこと、スクリーンの夾雑物の除去作業に危険が伴うことなどが問題となっている。問題となるのは砂礫と小枝（竹木）。木葉（落葉）はそれほど問題とならない。
	改良実績	員弁川取水口のスクリーンを、一本毎（交互）に角度を変えたことがある。
	改良すべき事項	スクリーンへの砂礫や小枝（竹木）が挟まらないような工夫。入ってしまった砂礫を効率的に排除できるように改造したい。また、土砂の排除、特にスクリーン挟まってしまった砂礫や竹木の排除が非常に危険となっている。スクリーンへ挟まってしまったものの除去を安全に行える工夫･改善が必要。
	設計時配慮事項	対象河川（渓流）の特性をよく見ること。それぞれの河川の特性を十分に把握し、取水量の確保、土砂混入の許容度、保守の容易さなどの事項に優先順位を設けて、適切な取水形式を設定する。山の変化などを背景に、流入土砂の性質が変化する場合もあるため、多少の改造が容易になるよう、できるだけ一体構造としないようにすることも重要（部分的な改修･改造が可能なようにする）。水路の排砂はできるだけ短い距離で対応可能なようにするべき。
	独特な工夫	豊水水利権なため、一定量の放流、最大取水量の制限がある。最大取水量については、ディストロビュータ（縮流発生により、上流側の水位が上がっても一定量しか流下させない構造物。無電源）を採用している。
	農政基準	農政基準の沈砂池は比較的細かい砂を対象としている。三重用水のように下流に調整池がある場合は、細かいものや落ち葉はそんなに問題とならない。ここでは水路の底を転がるような砂礫が問題であるため、それらの排除を念頭においた設計が重要となる。
	浸透取水	対象流量が少ない場合や、砂防ダム上流からの取水では、浸透型の取水が有効になると考えられる。ただし、目詰まり防止のために、ある程度のかぶり必要で、取水管（有孔管）にかぶせる砂礫も、下部で粗く、上部で細かくなるよう、2層程度以上になるように配慮する必要がある。また、設計で必要となる面積（長さ）に十分余裕を持たせることも必要。

項　目	単位	内容、記事
設備名称		志和堀発電所
所在地		東広島市志和町
設備区分		流れ込み、水路式
河川水系		三篠川(一級河川) 水利権:志和堀電化農協、 水利使用目的:水力発電、 許可期限:平成22年3月
事業者		志和堀電化農協 (中国小水力発電協会)
運転開始	年月日	昭和29年9月
有効落差	m	25.7
最大使用水量	m^3/s	0.5
最大出力	kW	95
年間発電電力量	kWh	-
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		6.6kV高圧連系、逆潮流あり
用途		売電(中国電力)
水車形式		横軸ﾌﾗﾝｼｽ水車(ｲｰﾑﾙ工業)
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	930
発電機種類		横軸誘導発電機(明電舎)
発電機出力	kW	135kVA(力率0.87)、60Hz
発電機電圧	V	3,300
回転速度	min^{-1}	930
制御･保護装置		発電機･保護盤(ｲｰﾑﾙ工業)、系統連系設備
監視装置･方法		常時監視(1名3交代制)
運用･保守		毎時記録･巡視点検(水槽･水路は随時)、定期点検3年毎。
		配電盤のみ更新(ｲｰﾑﾙ工業)、主機はﾒﾝﾃﾅﾝｽﾌﾘｰ。
		取水口ｽｸﾘｰﾝの除塵作業は人力による。
		大きな事故実績なし、事故発生時は詰所ﾍﾞﾙ鳴動。
特記事項		系統連系ｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ制定(S61)以前の設備であり、単独運転検出装置なし。
		水槽水位計は手作り、水位に応じてGV開度調整(人力による)。
		組立ｸﾚｰﾝなし。
		発生電力全量売電。





項　目	単位	内容、記事
設備名称		川小田発電所
所在地		広島県山県郡芸北町
設備区分		流れ込み、水路式
河川水系		太田川水系滝山川(一級河川) 水利権:芸北町役場
事業者		芸北町役場産業課
運転開始	年月日	平成15年4月
有効落差	m	19
最大使用水量	m^3/s	5
最大出力	kW	720
年間発電電力量	kWh	3,720(計画値)
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		6.6kV高圧連系、逆潮流あり
用途		自家消費+余剰電力売電(中国電力)
水車形式		横軸S型ﾁｭｰﾌﾞﾗ水車(ｹｽﾗｰ、ｲｰﾑﾙ工業)
水車出力	kW	770
回転速度	min^{-1}	600
発電機種類		横軸回転界磁型三相同期発電機 (ｱﾙｺﾝｻﾞ、ｲｰﾑﾙ工業)
発電機出力	kW	760kVA(力率0.95)、60Hz
発電機電圧	V	6,600
回転速度	min^{-1}	600
制御･保護装置		発電機･保護盤(ｲｰﾑﾙ工業)、 単独運転検出装置(日新電機)、 系統連系設備
監視装置･方法		随時監視
運用･保守		巡視点検毎日(記録含む)、定期点検等周期は計画中。
		巡視要員1名および除塵要員1名を委託。
		取水口ｽｸﾘｰﾝの除塵作業は人力による。
		大きな事故実績なし、事故発生時は役場へ自動通報。
特記事項		主要変圧器ﾚｽ、発電機電圧6.6kVによる直接連系。
		可動RV(油圧)、可動GV(電動、ｲｰﾑﾙ工業にて改造)、ﾍﾞｱﾘﾝｸﾞ軸受。
		水車･発電機は海外調達品。
		自家消費150kW(宿泊施設ｵｰｸｶﾞｰﾃﾞﾝ、公園、資料館等)。





項　目	単位	内容、記事
設備名称		河戸発電所
所在地		広島県又三郡布野村
設備区分		流れ込み、水路式
河川水系		布野川(一級河川) 水利権:三次農協、 水利使用目的:水力発電、 許可期限:平成30年3月
事業者		三次農協
運転開始	年月日	昭和39年8月、平成15年設備更新
有効落差	m	13.3
最大使用水量	m^3/s	1.0(1号機)、0.5(2号機)
最大出力	kW	100(1号機)、50(2号機)
年間発電電力量	kWh	-
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		6.6kV高圧連系、逆潮流あり
用途		売電(中国電力)
水車形式		水中ﾀｰﾋﾞﾝ発電機(ﾌﾘｸﾄ、ｲｰﾑﾙ工業)、水車･発電機一体形
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		水中ﾀｰﾋﾞﾝ発電機(ﾌﾘｸﾄ、ｲｰﾑﾙ工業)、水車･発電機一体形
発電機出力	kW	-
発電機電圧	V	440
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		屋外仕様一体形配電盤(ｲｰﾑﾙ工業)、簡易通報装置
監視装置･方法		随時巡回
運用･保守		巡視点検毎日(記録含む)、定期点検等は毎年実施で計画中。
		巡視および除塵要員2名を委託。
		取水口ｽｸﾘｰﾝの除塵作業は人力による、除塵装置併設。
		大きな事故実績なし、事故発生時は農協へ自動通報。
特記事項		系統連系ｶﾞｲﾄﾞﾗｲﾝ制定(S61)以前の設備であり、単独運転検出装置なし。
		ﾌﾗﾝｼｽ水車(開放双子型)から水中ﾀｰﾋﾞﾝ発電機へ設備更新。
		設備更新にあたり水槽、水路等は転用(一部補修)。
		発生電力全量売電



項　目	単位	内容、記事
設備名称		西原浄水場内小水力発電設備
所在地		沖縄県西原町小那覇
設備区分		浄水原水調整池
河川水系		水源:喜仲調整池 ～西原調整池間原水 水利権:ー、取水量1.1～1.7m3/s
事業者		沖縄県企業局西原浄水管理事務所
運転開始	年月日	平成16年-月
有効落差	m	30.4
最大使用水量	m^3/s	1.3
最大出力	kW	341
年間発電電力量	kWh	207,800/月（平成17年8月実績）、 平均出力279kW
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		3.3kV高圧連系、逆潮流なし
用途		自家消費
水車形式		横軸ﾌﾗﾝｼｽ水車（富士電機ｼｽﾃﾑｽﾞ）
水車出力	kW	328
回転速度	min^{-1}	910（無拘束速度1.800）
発電機種類		横軸誘導発電機（富士電機ｼｽﾃﾑｽﾞ）
発電機出力	kW	341（調査時出力260kWに対して 無効-80kvar程度であったので 力率0.95程度）
発電機電圧	V	3300、60Hz
回転速度	min^{-1}	910
制御･保護装置		発電機･保護盤 発電機並列による系統動揺を防止するｿﾌﾄｽﾀｰﾄ回路内蔵
監視装置･方法		遠隔常時監視制御（西原浄水場）
運用･保守		西原浄水場職員による巡視点検1回/月実施。
		初回点検は今後計画する予定。
		単独運転検出機能なし、電力協議により逆潮流防止用の電力継電器を設置。
		電気主任技術者、ﾀﾞﾑ主任技術者は職員で対応。
		ﾄﾗﾌﾞﾙ事例なし。
特記事項		構内負荷補完、節減率約13%。
		誘導発電機、重錘閉鎖式入口弁の採用。
		水車ﾊﾞｲﾊﾟｽ管あり（余水調整機能なし）。
		遊休落差の有効利用。
		従来方式=減勢弁によるｴﾈﾙｷﾞｰ調整→有効な代替案=小水力発電





項 目	単位	内容、記事
設備名称		庄和浄水場内　小水力発電設備
所在地		埼玉県春日部市新宿新田
設備区分		場内管路未利用圧力 (減圧弁接地箇所)
河川水系		-
事業者		埼玉県企業局
運転開始	年月日	平成15年2月
有効落差	m	21.0
最大使用水量	m^3/s	0.222 (浄水場の運用に完全従属)
最大出力	kW	38
年間発電電力量	kWh	258,000
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		60kV特別高圧連系、 逆潮流なし (みなし連系)
用途		自家消費
水車形式		インライン型プロペラ水車 (クボタ)
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	-
発電機種類		誘導発電機
発電機出力	kW	45
発電機電圧	V	-
回転速度	min^{-1}	-
制御･保護装置		UVR、OVR、OCR、RPR、UFR、OFR
監視装置･方法		遠隔常時監視制御 (故障時警報、操作は機側のみ)
運用･保守		運開7ヶ月後の分解点検で異常なし。
		日常 (目視)、月例点検は職員、定期点検 (年) はメーカー委託。
		水車発電機停止時は自動的に既往ライン (減勢弁) に切り替わる。流水の途絶はなし。
		電気主任技術者、ﾀﾞﾑ主任技術者は職員で対応。
		保安規程は県の水道施設用の規定に小水力発電を追記。
		浄水場全体のシステム変更は行わず、出力等の記録は発電機制御盤に接続した専用PCで対応。
		ﾄﾗﾌﾞﾙ事例なし。
特記事項		水車･発電機一体形設備の導入。分解不要のグリス注入口あり。
		水車ﾊﾞｲﾊﾟｽ管あり (流量調整機能なし)。
		(財)水道技術研究センターによる水道施設へのフィールド試験として約2年間の実証試験を実施。水質、浄水場の運用に影響を与えないことを確認。
		浄水場の運用に完全従属の運転。基本的に定落差定容量。稼働率99%。
		従来の減圧弁に比べて新設水車発電機の騒音は低減。
		従来方式=減勢弁によるｴﾈﾙｷﾞｰ調整→有効な代替案=小水力発電





項　目	単位	内容、記事
設備名称		清和発電所
所在地		熊本県上益城郡山都町
設備区分		砂防ﾀﾞﾑ
河川水系		水源:緑川水系緑川(一級河川) 水利権:山都町
事業者		山都町
運転開始	年月日	平成17年5月
有効落差	m	14.38
最大使用水量	m^3/s	2.0
最大出力	kW	190
年間発電電力量	kWh	952,000
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		6.6kV高圧連系、逆潮流あり
用途		売電（九州電力）
水車形式		ｸﾛｽﾌﾛｰ水車(田中水力)、 ｷﾞﾔ増速（石川島精機）
水車出力	kW	217
回転速度	min^{-1}	220
発電機種類		誘導発電機(TATUNG：台湾製)
発電機出力	kW	190
発電機電圧	V	400、60Hz
回転速度	min^{-1}	720
制御･保護装置		監視制御盤(田中水力)、 単独運転検出装置(三英社) 直流電源装置、系統連系設備
監視装置･方法		随時巡回、遠方監視(役場)
運用･保守		電気保安協会に委託(巡視点検2回/月)。
		1回/日役場職員が巡視、ｽｸﾘｰﾝ除塵を実施。
		機器点検計画は今後の検討事項。
		来年度から田中水力と保守契約を結ぶ予定。
		落葉によるｽｸﾘｰﾝでの塵詰りが多く、設備稼働率は低い。
		分割GVを採用しているが手動操作(季節切替運用を考慮)、開度固定運用。
		入口弁は直流電源による操作で重錘がなく、直流電源喪失時に流水遮断不可。
		故障時は電気保安協会、田中水力で対応。
特記事項		NEFﾊｲﾄﾞﾛﾊﾟﾚｰ事業第1号機。
		落葉塵詰りが多いが除塵機の設置なし、人力による除去。
		取水口の改修について検討中(集水機能不足)。
		超音波流量計による流量測定を実施。
		監視制御盤はﾀｯﾁﾊﾟﾈﾙ式操作(状態監視、警報要素も集約)。
		結露対策、所内排水対策を検討中。
		設備稼働率向上のための施策について検討中。
		主たるPRは実施していない。





項　目	単位	内容、記事
設備名称		山一水力発電所
所在地		山梨県富士吉田市
設備区分		農業用水
河川水系		水源:相模川水系桂川　暮地用水路 水利権:協議中
事業者		山一産業（紡績会社）
運転開始	年月日	平成16年7月
有効落差	m	16.43
最大使用水量	m^3/s	1.06
最大出力	kW	132
年間発電電力量	kWh	-
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		6.6kV高圧連系、逆潮流あり
用途		自家消費+余剰売電（東京電力）
水車形式		横軸ﾌﾗﾝｼｽ水車（ﾏｰﾍﾞﾙ：ﾁｪｺ製）
水車出力	kW	139
回転速度	min^{-1}	762
発電機種類		横軸誘導発電機（ｼｰﾒﾝｽ：ﾄﾞｲﾂ製）
発電機出力	kW	132
発電機電圧	V	400、50Hz
回転速度	min^{-1}	760
制御･保護装置		発電機･保護盤 系統連系盤（単独運転検出装置、昇圧装置、開閉器）は日立製
監視装置･方法		随時巡回、遠隔監視（一般公衆回線：ひまわりﾆｭｰｴﾈﾙｷﾞｰ）
運用･保守		自社対応、地元水車メーカー（ひまわりNE）によるﾒﾝﾃﾅﾝｽｻﾎﾟｰﾄ体制。
		設備は自社敷地内であり、巡視点検は必要の都度実施（直営）。
		一般公衆回線を利用した遠隔監視ｼｽﾃﾑを導入。
		発電機温度上昇対策として、水車とのｶｯﾌﾟﾘﾝｸﾞ部に空冷ﾌｨﾝを追加取付け。
		大きなﾄﾗﾌﾞﾙ事例なし。
特記事項		敷地内別施設へも売電（敷地内自家消費）。
		GVおよび入口弁（重錘閉鎖機能あり）は油圧操作、圧油装置併設。
		取水部にﾏｰﾍﾞﾙ製の除塵装置を設置。
		電気設備は4代目、3代目は中電中古品（電業社製）を70年間使用。





項　目	単位	内容、記事
設備名称		易老沢発電所
所在地		長野県下伊那郡南信濃村
設備区分		堰堤注水路、未利用落差
河川水系		水源:天竜川水系　易老沢 水利権:中部電力㈱
事業者		中部電力㈱
運転開始	年月日	平成15年6月
有効落差	m	28.7
最大使用水量	m^3/s	1.2（最低0.2）
最大出力	kW	250
年間発電電力量	kWh	約1,700,000(運転開始から2.5年間)
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		6.6kV高圧連系、 北又渡発電所経由で送電
用途		事業用(電力供給)
水車形式		ｸﾛｽﾌﾛｰ水車(ｵｽﾞﾊﾞｰｶﾞｰ:ﾄﾞｲﾂ製)、 ｷﾞﾔ増速（ﾌﾚﾝﾀﾞｰ:ﾄﾞｲﾂ製）
水車出力	kW	276
回転速度	min^{-1}	408.0
発電機種類		誘導発電機（ﾛｰﾊｰ:ﾄﾞｲﾂ製）
発電機出力	kW	250
発電機電圧	V	440、60Hz
回転速度	min^{-1}	1,207
制御･保護装置		水制盤（ｵｽﾞﾊﾞｰｶﾞｰ:ﾄﾞｲﾂ製）、水車制御は応水自動制御 主配電盤(ｼｰﾃｯｸ) 突入電流抑制装置(ｳｲﾝﾄﾞﾊﾟﾜｰ製:田中水力経由)
監視装置･方法		随時巡回(頻度:1回/2ヶ月)
運用･保守		巡視点検･記録は中部電力㈱直営、補修等はｼｰﾃｯｸへ請負。
		運転開始後1年目に抜水点検実施、水車廻りに異常なし。
		予備品の保有なし、自動蓄積ﾃﾞｰﾀ(記録計等)なし。
		普通点検3年周期、細密点検(OH)は平成33年頃を予定。
		運転/停止および警報のみ遠方監視、運転操作は現地のみ。
		冬期間の入構困難(周囲の積雪20～30cm程度)。
		ﾎｲｽﾄｸﾚｰﾝなし、機器搬入出が伴う場合は仮設備が必要。
特記事項		北又渡発電所の易老沢堰堤から遠山川堰堤への注水路における未利用落差。
		入口弁、水車、増速機、圧油装置、水制盤、発電機は海外調達。
		海外調達は国際競争入札(海外1社、国内2社の計3社)。
		水車は分割GV方式、応水自動制御。
		主配電盤、系統連系設備(変圧器は愛知電機)は国内調達。
		風力発電で実績のあるｻｲﾘｽﾀﾌﾞﾛｯｸによる突入電流抑制装置を具備。
		保証事項は最大出力、最大水圧、無拘束速度のみ。
		海外ﾒｰｶｰの対応は良好、特にﾄﾗﾌﾞﾙ等なし。
		受領できた図書は外形図、取扱説明書のみ(発電機はｶﾀﾛｸﾞﾍﾞｰｽ)。
		機器据付はｼｰﾃｯｸ、据付･試験時のﾒｰｶｰ指導員なし。
		汎用車庫を利用した発電所上屋。
		RPS認定発電所。





項　目	単位	内容、記事
設備名称		都留市市民発電所
所在地		山梨県都留市
設備区分		防火用水
河川水系		水源:相模川水系桂川　家中川 水利権:都留市管理河川
事業者		都留市
運転開始	年月日	平成17年10月（試運転開始）
有効落差	m	2.0（最大）
最大使用水量	m^3/s	2.0（常時0.77）
最大出力	kW	20.0（常時8.9）
年間発電電力量	kWh	108,300
電気工作物区分		自家用
系統連系、潮流		400V低圧連系、逆潮流あり
用途		自家消費+余剰売電（東京電力）
水車形式		下掛水車、ｷﾞﾔおよび ﾍﾞﾙﾄ増速（ﾊｲﾄﾞﾛﾜｯﾄ:ﾄﾞｲﾂ製）
水車出力	kW	23
回転速度	min^{-1}	4.3
発電機種類		永久磁石発電機 +INV（東洋電機製造）
発電機出力	kW	22
発電機電圧	V	200、50Hz
回転速度	min^{-1}	1,200
制御･保護装置		INV盤（発電機･保護盤）、運転監視盤（日立） 水制盤（ﾊｲﾄﾞﾛﾜｯﾄ）、本流ｹﾞｰﾄ制御盤
監視装置･方法		随時巡回
運用･保守		電気保安協会に委託、ダム水路は職員で対応。
		現在試運転中。
		点検計画は今後の検討事項。
		生活塵多く、除塵装置を設置（6h周期動作、動作時主機停止）。
		本流ｹﾞｰﾄを利用した逆洗式除塵装置（NEDO新技術補助対象）。
特記事項		小水力発電啓蒙活動、教育が主たる目的（ｱﾋﾟｰﾙ度が高い開放水車を採用）。
		可変速対応として永久磁石発電機+INVｼｽﾃﾑを導入。
		地元メーカーによる計画，地元業者による設計･施工。
		家中川は昭和28年まで出力70kWの水力発電所あり。
		家中川は信州大学によるﾐﾆ水力発電実験装置が3箇所あり（数10～100kW）。





[土木設備（水圧管路）のみを対象に調査を実施]

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		静岡市　藁科第一配水場 場内送配水管敷設工事（ポリエチレン管施工現場）
所在地		静岡県　静岡市
設備区分		水道用水　送･配水管(埋設)
事業者		静岡県　静岡市　企業局
通水開始	年月日	平成１８年２月
[土木設備]		
管種		ポリエチレン管
管径	mm	300×3本，200×1本
延長	m	500（程度）
選定理由等	選定理由	①経済性（ダク管との比較） ②施工性（急峻な地形に対応可能） ③施工スピード（工期内に完成） ④曲線配管が可能
	ﾒﾝﾃﾅﾝｽ	基本的にメンテナンスフリー
	利点	①粗度係数が小さいため，ロスを小さく押さえられる。 ②軽い。 ③弾性係数が小さいため水撃圧が小さくてすむ。 ④狭い間隔の中に布設可能。
	品質管理	①水道協会の認定が契約時の条件。現場にて水道協会の認定印があることを確認。 ②融着後にビード（圧着部の盛上り）の大きさの計測で，溶接具合を把握。 ③継手に対して，現場気密試験を実施。
	その他	①施工性の良い，まっすぐで平らな区間であれば，ポリ管の経済性は低下する。 ②万が一の漏水に備えて，対応機材を用意している（水道で通常使用するもの）。


（道路下に埋設）





[土木設備（水圧管路）のみを対象に調査を実施]

項　目	単位	内容、記事
[基本事項]		
設備名称		空知川右岸地区　幹線用水路布設工事（耐圧ポリエチレンリブ管施工現場）
所在地		北海道　富良野市
設備区分		かんがい用水　配水管
事業者		北海道開発局
通水開始	年月日	平成１８年
[土木設備]		
管種		耐圧ポリエチレンリブ管（ハウエル管）
管径	mm	600～1，100
延長	m	ー
選定理由等	選定理由	①経済性（ダク管との比較）。 ②地盤追従性（泥炭地対応）。 ③水密製（融着接合）。 ④埋戻材に現場発生材が使用可能なこと。
	メンテナンス	基本的にメンテナンスフリー
	利点	①粗度係数が小さいため，ロスを小さく押さえられる。 ②軽い。 ③弾性係数が小さいため水撃圧が小さくてすむ。
	品質管理	①試験施工の結果を反映。 ②メーカー基準に準じて施工管理。 ③継手に対して，現場水密試験を実施。
	その他	①接合部が雪などで濡れると，接合不良を起こす可能性がある。 ②φ６００以下では塩ビ管，φ１１００以上ではFRPMが有利と判断した。



[土木設備（取水設備）のみを対象に調査を実施]

項　目	単位	内容、記事
設備名称		木戸谷川取水ダム
所在地		島根県那賀郡弥栄村
設備区分		浸透流水方式取水設備
河川水系		周布川水系木戸谷川
事業者		中国電力㈱
運転開始	年月日	昭和36年11月(1961)
有効落差	m	146.15
最大使用水量	m^3/s	8.0 （木戸谷川取水ダム 最大取水量：0.3m^3/s）
最大出力	kW	9,800
年間発電電力量	kWh	ー
電気工作物区分		事業用
系統連系、潮流		ー
用途		事業用(電力供給)
水車形式		立軸フランシス
水車出力	kW	ー
回転速度	min^{-1}	ー
発電機種類		ー
発電機出力	kW	ー
発電機電圧	V	ー
回転速度	min^{-1}	ー
制御･保護装置		ー
監視装置･方法		随時巡回(頻度：1回/1ヶ月)
運用･保守		スクリーンを取水設備，導水路入り口部，本線合流立て坑接続部の3箇所に設置。
		除塵作業は人力で実施。
		玉石の清掃，並び換えは，長期断水時（およそ10年に1度）に実施。
		取水路などに堆積した土砂は，人力で排除。
特記事項		取水ダム直上流に設置した，側面と天端に孔を空けた暗渠から取水。
		暗渠の周辺は木枠（松）を組み，玉石を詰めて囲っている。
		昭和57年に取水設備天端の有孔スラブを撤去し，スクリーンに変更。
		取水設備が土砂の影響を受けた大きな出水は過去に3度あった。
		これ以外は土砂の影響を大きく受けたことはなく，土砂流出の少ない河川である。
		取水設備のスクリーンは，幅約350cm，長さ70cm，ピッチ40mm，バーの幅6mm。
		取水設備の孔の直径は4cm，間隔は20cm。





項　目	単位	内容、記事
設備名称		南砺市利賀ﾐﾆ水力発電所
所在地		富山県南砺市利賀村阿別当
設備区分		一般河川
河川水系		水源:庄川水系利賀川（悪瀬川） 水利権なし （普通河川のため旧利賀村管理）
事業者		富山県南砺市利賀行政ｾﾝﾀｰ
運転開始	年月日	平成17年11月
有効落差	m	8
最大使用水量	m^3/s	0.177
最大出力	kW	9.9
年間発電電力量	kWh	24,000（計画値）
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		自立運転（単独負荷への供給）
用途		消雪ﾎﾟﾝﾌﾟ、街路灯電源 （街路灯のみ一般配電線 受電切替回路あり）
水車形式		ﾎﾟﾝﾌﾟ逆転水車(酉島製作所)
水車出力	kW	11.1
回転速度	min^{-1}	800
発電機種類		PMG+INVｼｽﾃﾑ（東洋電機製造）
発電機出力	kW	18.5
発電機電圧	V	190、60Hz
回転速度	min^{-1}	800
制御･保護装置		ﾊﾟﾜｰｺﾝﾃﾞｨｼｮﾅ盤（東洋電機製造）
監視装置･方法		発電機負荷制御盤（三菱電機）、遠方監視なし
運用･保守		巡視は必要の都度実施、点検計画未定。
		維持管理は直営で実施しているが、村内業者への委託を検討中。
		ﾍｯﾄﾞﾀﾝｸ水位による応水運転制御（自動/手動切替）。
		渇水期は運転停止（水力不足で起動停止を繰返すため）。
		土砂混入による軸受損傷で、水車改造を実施。
特記事項		農水環境保全事業として実施（補助50%）。
		設計は北電設計ｺﾝｻﾙﾀﾝﾄ、工事は三菱電機+米倉組JV。
		水量不足により稼動率が低い。
		調査時停止中（H18.8）。





項　目	単位	内容、記事
設備名称		嵐山保勝会水力発電所
所在地		京都市右京区嵯峨天竜寺
設備区分		一般河川
河川水系		水源:淀川水系桂川 水利権:嵐山保勝会
事業者		嵐山保勝会
運転開始	年月日	平成17年12月
有効落差	m	1.73
最大使用水量	m^3/s	0.55
最大出力	kW	5.5
年間発電電力量	kWh	30,000 (計画値)
電気工作物区分		一般用
系統連系、潮流		低圧連系 (220V) 、逆潮流あり
用途		渡月橋照明、 余剰電力を関電に売電
水車形式		ｻｲﾌｫﾝ式ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ水車(ﾏｰﾍﾞﾙ)
水車出力	kW	-
回転速度	min^{-1}	295
発電機種類		立軸誘導発電機 (ｼｰﾒﾝｽ) 、 ﾌﾟｰﾘｰおよびﾍﾞﾙﾄ増速
発電機出力	kW	5.5
発電機電圧	V	220、60Hz
回転速度	min^{-1}	614
制御･保護装置		発電機制御盤 (ひまわりﾆｭｰｴﾈﾙｷﾞｰ) 、単独運転検出装置 (ｵﾑﾛﾝ)
監視装置･方法		ｲﾝﾀｰﾈｯﾄ、携帯電話による遠方監視
運用･保守		巡視は必要の都度実施、点検計画未定。
		軸受ｸﾞﾘｰｽ供給頻度2回/月、取水ｽｸﾘｰﾝ除塵を適宜実施。
		取水部水位による応水運転制御。
		運開半年後にﾍﾞﾙﾄ断、洪水期浸水障害あり (処置、対策済み) 。
		主機廻り流木避け、安全柵追加設置 (国交省の指導) 。
特記事項		渡月橋の照明設備を自然ｴﾈﾙｷﾞｰで賄うことを目的に設置。
		NEDO中小水力補助30%+地元寄付金 (企業、個人) 。
		一級河川内設置 (河川法26条許可) 、逆変換装置なしで低圧系統連系。
		主機、発電機制御盤、照明切替盤が分散しているが同一構内扱い。
		主機は発電機下方設置 (設置高さ制約) 、防水 (洪水対策) の特殊仕様。





資料－２　設計事例（ケーススタディ）

資料－２　設計事例（ケーススタディ）

『簡易発電システム設計マニュアル』では，設計事例として資料表 2－1 に示す 6 地点に対する設計例（在来設計および簡易発電システム）を示し，設計の流れを確認するとともに簡易発電システムによるコストダウンの効果を確認しています。

本設計マニュアル概要版では，資料表 2－1 に示す 6 地点の中から代表的な E 地点の設計例を以下に示します。E 地点は下水道施設の放水路(急流工)を対象としたものですが，土木および電気機械設備の簡易発電システム要素技術を適度に採用しており，農業用水利施設の急流工などにも応用が可能です。

資料表２－１　ケーススタディにおけるコストダウン効果

項　目	Ａ地点		Ｂ地点		Ｃ地点		Ｄ地点		Ｅ地点		Ｆ地点	
	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電	在来設計	簡易発電
施設区分	河川維持流量等放流設備		河川維持流量等放流設備		砂防ダム		砂防ダム		下水道		工業用水利施設(湧水)	
最大使用水量 (m^3/s)	4.0		0.175		0.036		0.0456		0.20		0.21	
有効落差 (m)	12.89	10.65	9.26	9.58	35.66	32.71	67.0	64.45	11.15	11.68	85.77	87.74
最大出力 (kW)	400	290	11.0	11.0	9.0	8.0	21.5	20.0	13.5	14.0	130	130
取水方式	既設管分岐	既設管分岐	横取	サイフォン	横取	浸透水	浸透水	浸透水	横取 (コンクリート)	横取 (角落しゲート)	横取	横取
水圧管路	鋼管	鋼管	鋼管	耐圧ポリエチレンリブ管	FRPM 管	塩ビ管	鋼管	高密度ポリエチレン管	FRP 管	塩ビ管	FRPM 管・ダグタイル管	塩ビ管･ダグタイル管
発電所基礎・建屋	地上式	既存建屋利　用	半地下式	省略	地上式	地上式	半地下式	省略	半地下式	省略	地上式	地上式
水車形式	S 型チューブラ	横軸固定羽根プロペラ	横軸固定羽根プロペラ	同左	ペルトン	ポンプ逆転	ペルトン	同左	クロスフロー	同左	ペルトン	ポンプ逆転
発電機	誘導発電機	同左	誘導発電機	永久磁石発電機	誘導発電機	永久磁石発電機	誘導発電機	永久磁石発電機	誘導発電機	永久磁石発電機	誘導発電機	永久磁石発電機
保護・制御	一体形制御盤	同左	一体形制御盤	汎用 PLC	一体形制御盤	汎用 PLC	一体形制御盤	汎用 PLC	一体形制御盤	汎用 PLC	一体形制御盤	汎用 PLC
建設単価の削減率(%)※	35		41		12		40		30		10	

※：在来設計の建設単価に対して簡易発電システムを採用した場合の建設単価削減率＜　＝(1-簡易発電システム建設単価/在来設計建設単価)×100　＞

２．１　地点概要

Ｅ地点は下水処理場から河川へ放流される処理水を発電に有効利用するものであり，放流暗渠において約 10mの落差を見込んでいる。発電電力は施設のベース電源として利用できる。

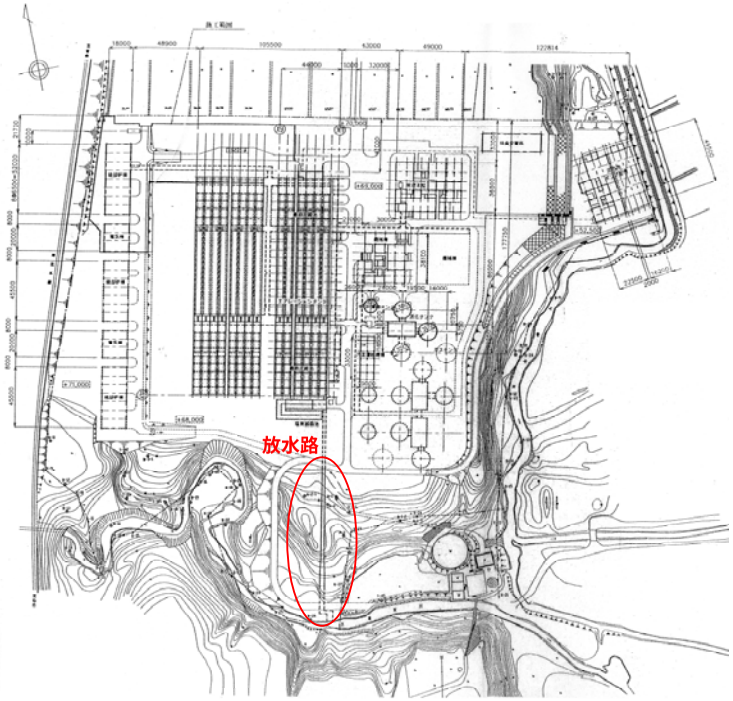
下水処理場の諸元を資料表 2－1 に示す。また，資料図 2－1 に現況図を示す。

資料表 2－1　既設備諸元

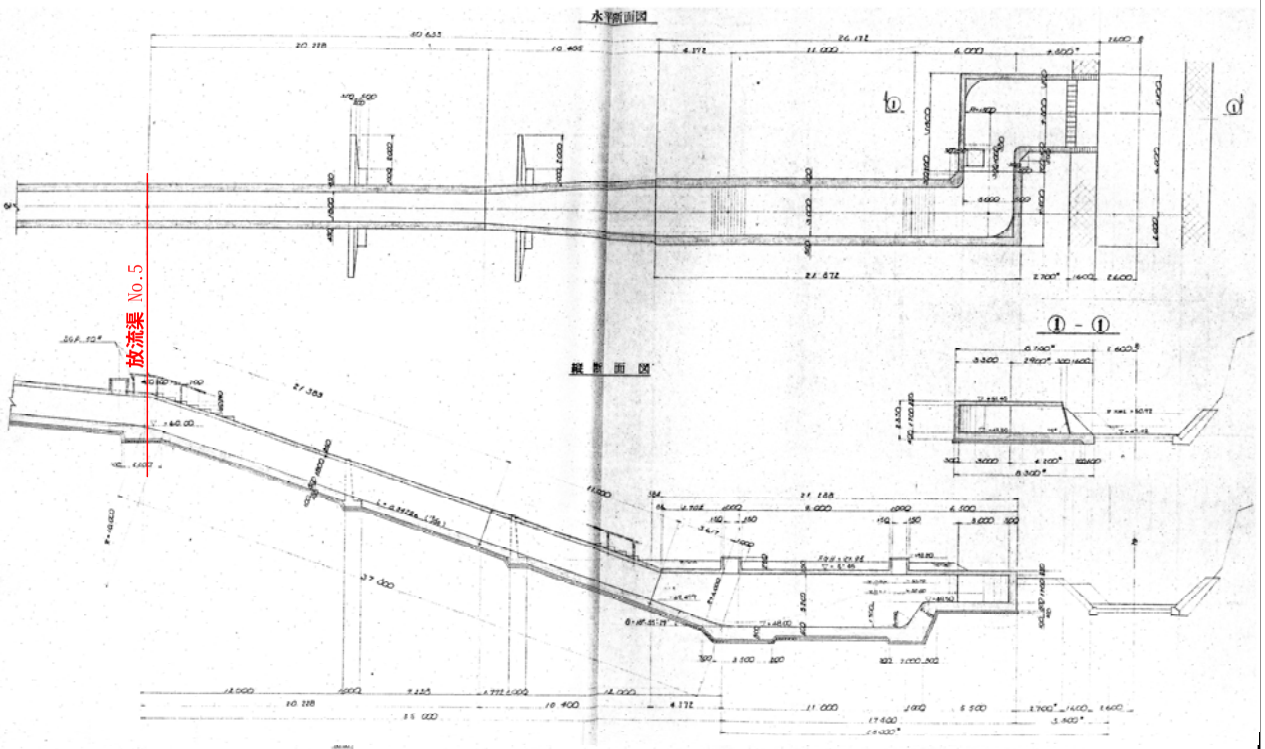
項　　目	下水処理場
処　理　能　力	88,900m^3／日最大（全体計画） 48,300m^3／日最大（認可計画） 23,000m^3／日最大（H14 年度） 34,100m^3／日最大（土木施設）
処　理　方　式	標準活性汚泥法
供　用　開　始	昭和 62 年 4 月
放　　水　　路	約 130.00 m （蓋渠 1.8m×1.8m）
放 水 路 敷 高	EL 63.90 m（始点） EL 49.50 m（終点）
河 川 洪 水 位	EL 50.72 m
備　　考	S62 年の供用開始以降, 流入水量の増加にあわせて増設を実施。

E 地点

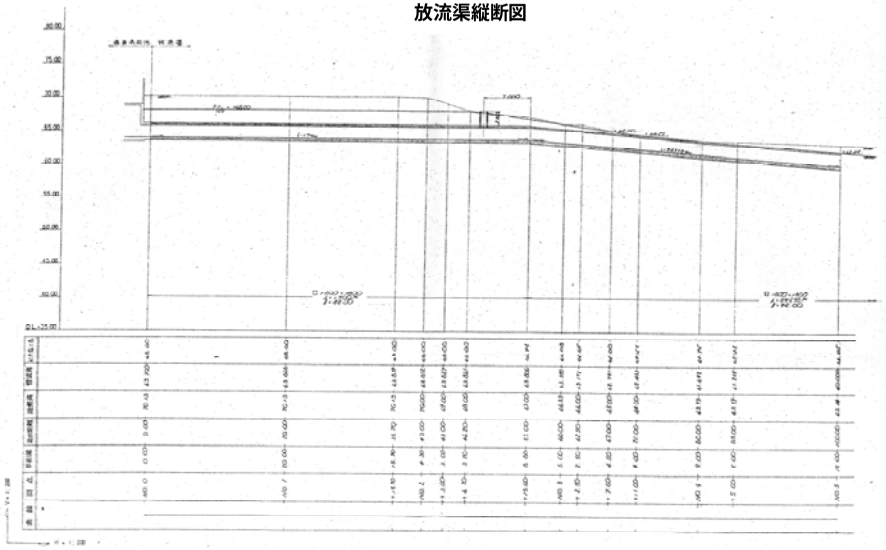
全体平面図

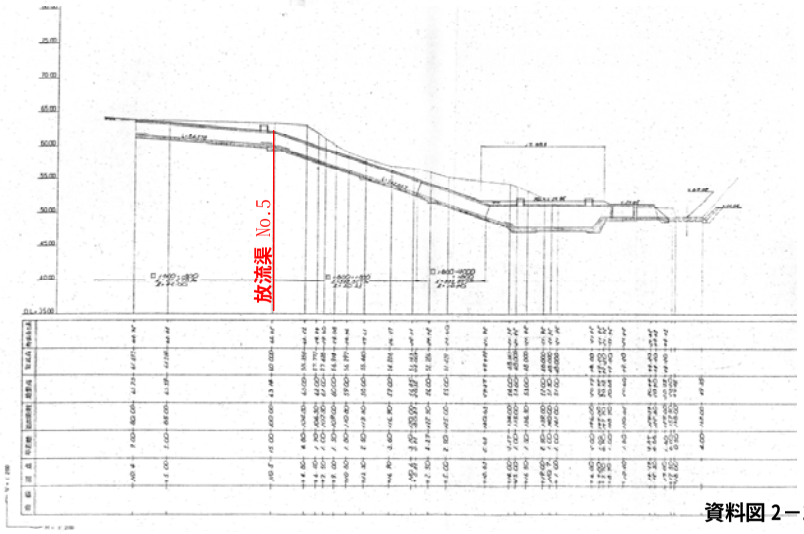


放流渠構造図



放流渠縦断図





資料図 2－1　E 地点現況図

２．２　在来設計

(1) 発電計画の概要

本発電計画は，下水処理場の放水路に着目し，そこに存在する約 10mの未利用落差を利用して発電するものである。

本計画の立案に対しては，下水処理場構内であり，地形的にも制約条件がほとんど無い。

(2) 流　況

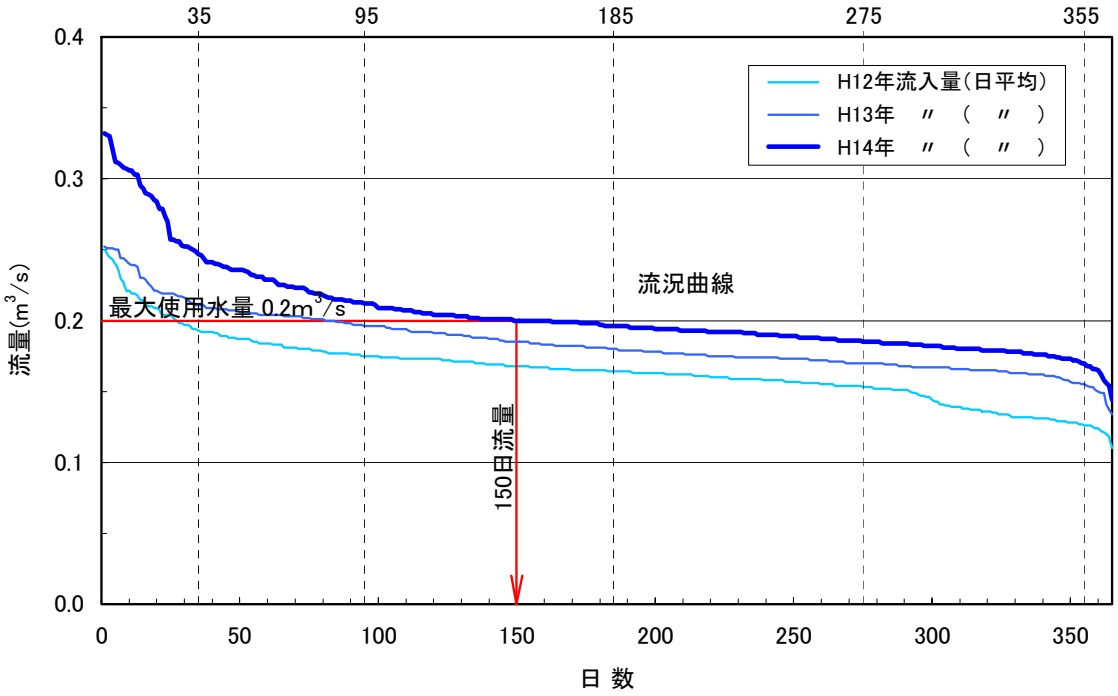
Ｅ地点の下水処理場への流入量は,資料表 2－2 に示す H12～14 年の日流入量の資料より，年々増加傾向にある。また、H12～14 年の流況は資料図 2－2 のとおりであり、H14 年における平均流入量は 0.205（m^3/s）であるが，下水処理場への流入量は資料図 2－3 に示すように時間帯による変化が大きく,放流量も同様の変化があると考えられる。

なお，下水道処理場は現行の処理能力（23,000m^3/日）を段階的に拡張する計画もあるが，ケーススタディにおいては現状の放流実績を勘案して発電計画を行うものとする。なお，放流暗渠の流下能力は 341,000m^3/日であり，土木施設の規模としては十分に余裕がある。

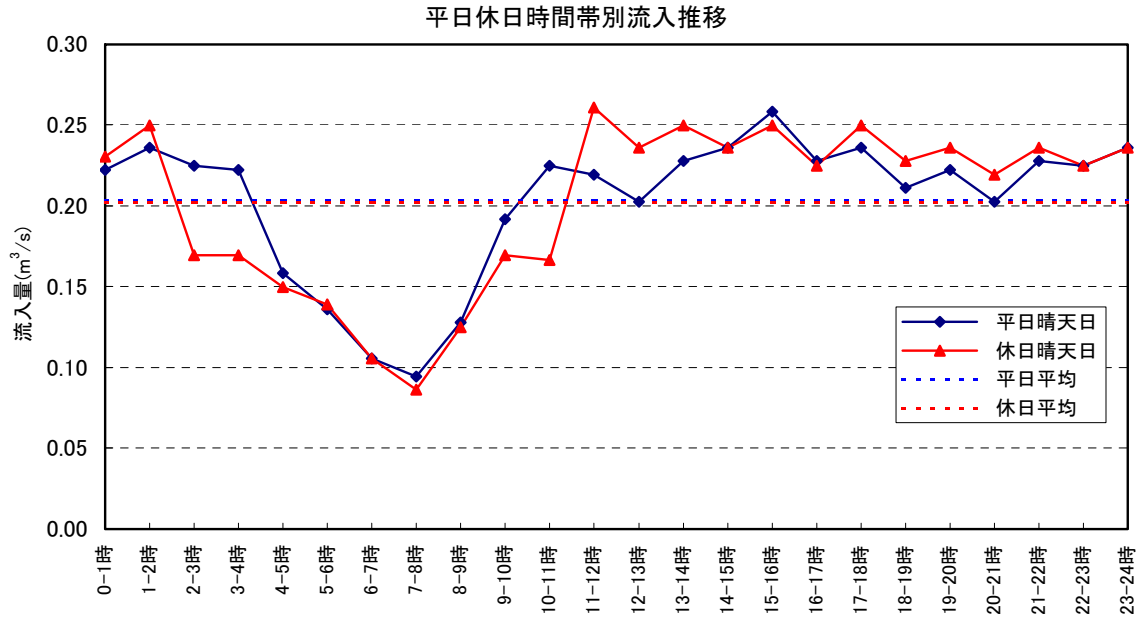
資料表 2－2　下水処理場からの放流状況

（単位：m^3/s）

年	最大流量	35日流量	豊水量（95日）	平水量（185日）	低水量（275日）	渇水量（355日）	最小流量	年平均流量
H12	0.250	0.193	0.175	0.164	0.153	0.126	0.110	0.165
H13	0.252	0.211	0.196	0.180	0.170	0.155	0.134	0.184
H14	0.332	0.247	0.212	0.196	0.185	0.170	0.144	0.205
平均	0.278	0.217	0.194	0.180	0.169	0.150	0.129	0.185



資料図 2－2　流況図

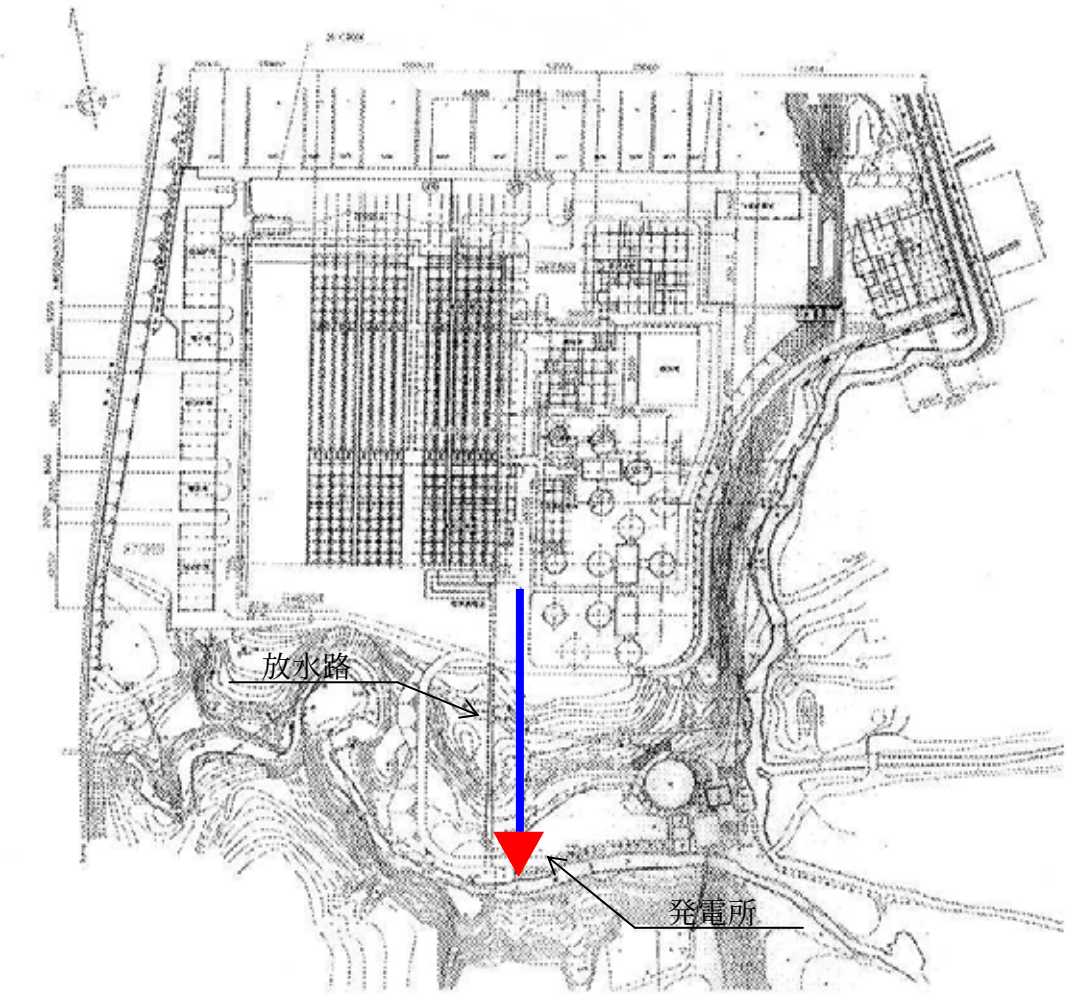


※発電計画で対象とするのは処理後の流量であるが，放流量は流入量と同様のパターンを示すものと想定した。

資料図 2－3　下水処理場への時間帯別流入推移（標準パターン）

(3) レイアウト

特に制約条件がないので，放水路に沿って水圧管路を布設するものとする。レイアウト案を資料図 2－4 に示す。



資料図 2－4　在来設計レイアウト

(4) 最大取水量

本地点の最大使用水量は，下水処理場の H14 年の平均放流量を採用し 0.20m^3/s とする。

なお，資料図 2－3 に示す時間帯別流入の推移を見ると，平均的に考えて，1 日のうち約 16 時間（2/3）は最大取水量が取水可能になるものと考えられる。

(5) 主要工作物概略設計

E 地点在来設計による、計画図面を資料図 2－5 に示す。

a　取水施設

取水施設については，まず，下水放水路本体に越流堰を設け，放水路の水位を維持するものとする。そして，下水放水路に直接水圧管路を接続する。

このとき，下水放水路に設ける越流堰の天端標高は，下水放水路の最大放流量を 0.5m³/s と仮定し，この最大放流量が流下できる高さとして設定した。その結果，越流堰の天端標高は EL65.20mとなり，この標高が取水位にも相当する。

なお，塩素混和池から下水放水路への越流標高は EL65.50mであり，取水位を EL65.20mとすることによる背水の影響はないと考えられる。また，越流堰より上流側の水路容量を考えると，通常ヘッドタンクに必要とする容量を満足している。従って，ヘッドタンクは省略するものとした。

さらに，対象が下水処理水であり，処理施設から放水路までの間において土砂等が流入することはほとんどないと考えられるので，沈砂池についても省略することとした。

b　水圧管路

水圧管路については一般的な FRP(M)管を用い，取水地点から発電所までは直接水圧管路で導水するものとした。

管径については，管内流速を 2～5m 程度にするものとしてφ300mm とした。

管内流速ｖ＝0.2÷（0.3^2×π÷4）＝2.8m/s　；OK

c　発電所

放水位は発電所予定地点の標高から EL 50.000 とした。従って，総落差は

総落差＝65.200-50.000=15.200m

となる。

発電所については半地下形式とし，水車・発電機を設置するピットを設けるものとした。また，建屋については，水車・発電機および制御版等の収容スペースを確保するものとした。

d　電気機械設備

有効落差 11.15m，最大使用水量 0.2m³/s の水理諸元から，水車の選定は「水車形式選定図」より，横軸固定羽根プロペラ水車，ポンプ逆転水車，クロスフロー水車が適用可能であるが，当該地点は日間変流量特性を有しており，低水量時は最大使用水量の 40%にまで低下する。このため，部分負荷域における水車効率低下が懸念される。

横軸可動羽根プロペラ水車の選定を検討したところ,最大使用水量 0.2m³/s では,その特性からランナベーン最小開度時の流量が 80%程度であり,可動羽根化の効果が期待できないことが判明し，在来設計と同様にクロスフロー水車を選定することにした。回転速度は JEC-4001「水車およびポンプ水車」の比速度限界以内となるように，500min⁻¹に設定した。

発電機は，一般的に採用実績が多く，構造も簡単で保守性の優れた誘導発電機を選定した。なお，水車・発電機の総合効率を 0.629 と想定し，発電所出力を 13.5kW に設定した。

制御・保護装置は一体型制御盤とし，電気設備技術基準および系統連系技術要件ガイドラインに準じた保護装置を考慮した。

系統連系については，当該地点が下水処理場構内であり，既設 420V 受電盤への連系とすることから，逆潮流無しの低圧連系とした。その他付属設備としては，流水遮断機能を有した入口弁，水位計を設置する。

電気機械設備に関する詳細は，水車形式選定図を資料図 2－7，仕様諸元表を資料表 2－7,単線結線図を資料図 2－8(1),電気機械設備工事費を資料表 2－11 に示す。

(6) 発電電力量

発電電力量の算定は，H14 年の下水処理場へ流入データを用い，日流入量（m³/d）を毎秒平均（m³/s）に換算した。実際には発電使用水量は浄化処理後の放流量であるが，下水処理場への流入量が概ね放流量であることを前提条件としている。また，流量の日間変動については,資料図 2－3 に示した標準的な流量変動を考慮して電力量計算を行った。

最大出力は総合効率を 0.62 と仮定して，以下のとおりとなる。

$$P_{max}=9.8\times 11.15m\times 0.20m^3/s\times 0.62 \quad 13.5\ kW$$

年間可能発電電力量は，毎日の電力量計算を行い資料表 2－3 に示すとおり 108.4 MWh となる。

資料表 2－3　電力量計算

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
発電電力量 (MWh)	8.91	8.14	9.09	8.69	9.16	8.92	9.52	9.57	8.92	9.34	9.03	9.11	108.40
設備利用率 (%)	89	90	91	89	91	92	95	95	92	93	93	91	92

(7) 概算工事費

概算工事費の算定は，基本的に「未開発地点開発促進対策調査　個別地点開発計画

策定調査のうち発電計画工事費積算基準　平成 12 年３月 （通商産業省資源エネルギー庁・新エネルギー財団水力本部)」(以下,『発電計画工事費積算基準』という。）に準拠した。計算の詳細は後述の資料表 2－9 に示す。

計算の結果，在来設計による概算工事費は 54.0 百万円となった。また，建設単価は 498 円/kWh となる。

２．３　簡易発電システム発電計画

(1)　発電計画の概要

本発電計画については，基本的に在来設計に準じるものとする。

(2) 流　況

在来設計と同条件で計画を立案する。

(3) レイアウト

在来設計と同様に，下水放水路に沿ったルートを設定する。

従って，基本的なレイアウトは在来設計に準じるものとする。

(4) 最大取水量

在来計画と同様に最大取水量を 0.20m^3/s とする。

(5) 主要工作物概略設計

E 地点簡易発電システムによる、計画図面を資料図 2－6 に示す。

a　取水施設

取水施設については,下水道水利施設であることから資料表 2－4 に示す形式が候補となる。それぞれの形式の特性を考慮して，本ケースでは在来設計と同様に，下水放水路に越流堰を設けて直接水圧管路を接続するものとした（横取り形式)。

なお，取水位は在来設計と同様に EL 65.20mである。また，越流堰については簡易な角落し方式とする。

資料表 2－4　取水設備の選定

取水設備	対応の概要	問題点等	評価
水クッション	放水路（斜路）の末端で取水する。	有効な落差を使用できない。	他案に比べて経済性に劣る。
横取り	水路の側壁を一部開削して取水口を設ける。	特に問題はない。	経済瀬，施工性に優れる。　⇒ [採用]
バースクリーン	水路の一部を改造し，チロリアン形式のバースクリーンと導水路を設ける。	水路内に堤体の改造が必要となる。導水路を開水路とする場合，有効落差が小さくなる。	他案に比べて経済性に劣る。
水路落差	斜路式の法水路なので，適用は難しい。	適用は難しい	[対象外]
ゲートバルブ	ゲートが存在しないので，適用できない。	適用できない	[対象外]
サイフォン	放水路の上端部にサイフォン管を設置する。	管路が長くなる分，有効落差が小さくなる。運用が複雑となる。	横取方式に比べて運用面に劣る。

b　**水圧管路**

水圧管路の管径については在来設計と同様にφ300㎜とした。

次に，管路の材質については，有効落差が約 10mの下水放水路であり，現地状況から埋設管とすることも可能であるので，硬質塩化ビニル管を含めて資料表 2－5 に示す管材を候補とする。それぞれの管材の特性を考慮して，本ケースでは硬質塩化ビニル管を採用することとした。

なお，凍結防止を考慮して，60㎝（凍結深）以下の深さに埋設することとした。

資料表 2－5　水圧管路（Φ300㎜）管材の選定

管　材	管材の特性	問題点等	評価
硬質塩化ビニル管	比較的軽量，施工性に優れる。耐食性に優れる。	露出管とする場合，紫外線によって劣化する。	埋設とすることで，経済性，施工性から有利となる。　⇒ [採用]
ポリエチレン管	比較的軽量，施工性に優れる。耐衝撃性，耐食性,耐候性に優れる。	資材費が比較的高い。	経済性の面で他案に劣る。
耐圧ポリエチレンリブ管	比較的軽量，施工性に優れる。耐衝撃性，耐食性,耐候性に優れる。	硬質塩化ビニル管に比べて資材費が高い。	経済性の面で硬質塩化ビニル管に劣る。
遠心力鉄筋コンクリート管	耐久性，耐食性，耐候性に優れる。	重量が思い。	経済性・施工性の面で他案に劣る。

c　発電所

放水位は在来設計と同様に EL 50.000 とした。総落差も同様に

総落差＝65.200-50.000=15.200m

となる。

発電所については地上形式とし，水車・発電機を設置するピットを設けるものとした。また，建屋については省略するものとした。

d　電気機械設備

電気機械設備の基本的設計手法にもとづき，以下の通り概略設計する。

在来設計と水圧管路材質が異なることにより，有効落差が 0.53m 変化し，11.68m となるが，最大使用水量 0.2m³/s は変化しないため，在来設計に比べて大きな水理諸元の変更ではない。このため，水車は在来設計と同じクロスフロー水車，回転速度 500min⁻¹に設定した。また，付属装置として流水遮断機能を有した入口弁，水位計を設置する部分は在来設計と同様である。

発電機は風力発電で実績の多い永久磁石発電機＋INV システムを選定した。ここで，水車・発電機の総合効率を 0.611 と想定し，発電所出力は 14kW に設定した。なお，永久磁石発電機は標準品として出力別に製品化されたものがラインナップされており，18.5kW 定格をそのまま適用する。

制御・保護装置は汎用 PLC（パワーコンディショナ盤）を採用し，コストダウン化を図った。また，電気設備技術基準および系統連系技術要件ガイドラインに準じた保護装置を考慮している。

系統連系は在来設計と同様に，既設 420V 受電盤への連系とすることから，逆潮流無しの低圧連系とした。

電気機械設備に関する詳細は，水車形式選定図を資料図 2－7，仕様諸元表を資料表 2－7，単線結線図を資料図 2－8(2)，電気機械設備工事費を資料表 2－11 に示す。電気機械設備工事費は，昨年度試算からコストダウンを図った。

(6) 発電電力量

在来案と同様の仮定のもと，年間可能発電電力量を計算した。

最大出力は総合効率を 0.61 と仮定して，以下のとおりとなる。

$$P_{max}=9.8\times11.68\mathrm{m}\times0.20\mathrm{m^3/s}\times0.61 \quad 14.0\ \mathrm{kW}$$

年間可能発電電力量は，毎日の電力量計算を行い資料表 2－6 に示すとおり 110.3 MWh となる。

資料表 2－6　電力量計算

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
発電電力量 (MWh)	9.00	8.25	9.22	8.79	9.32	9.08	9.75	9.81	9.09	9.53	9.22	9.25	110.31
設備利用率 (%)	86	88	89	87	90	90	94	94	90	92	92	89	90

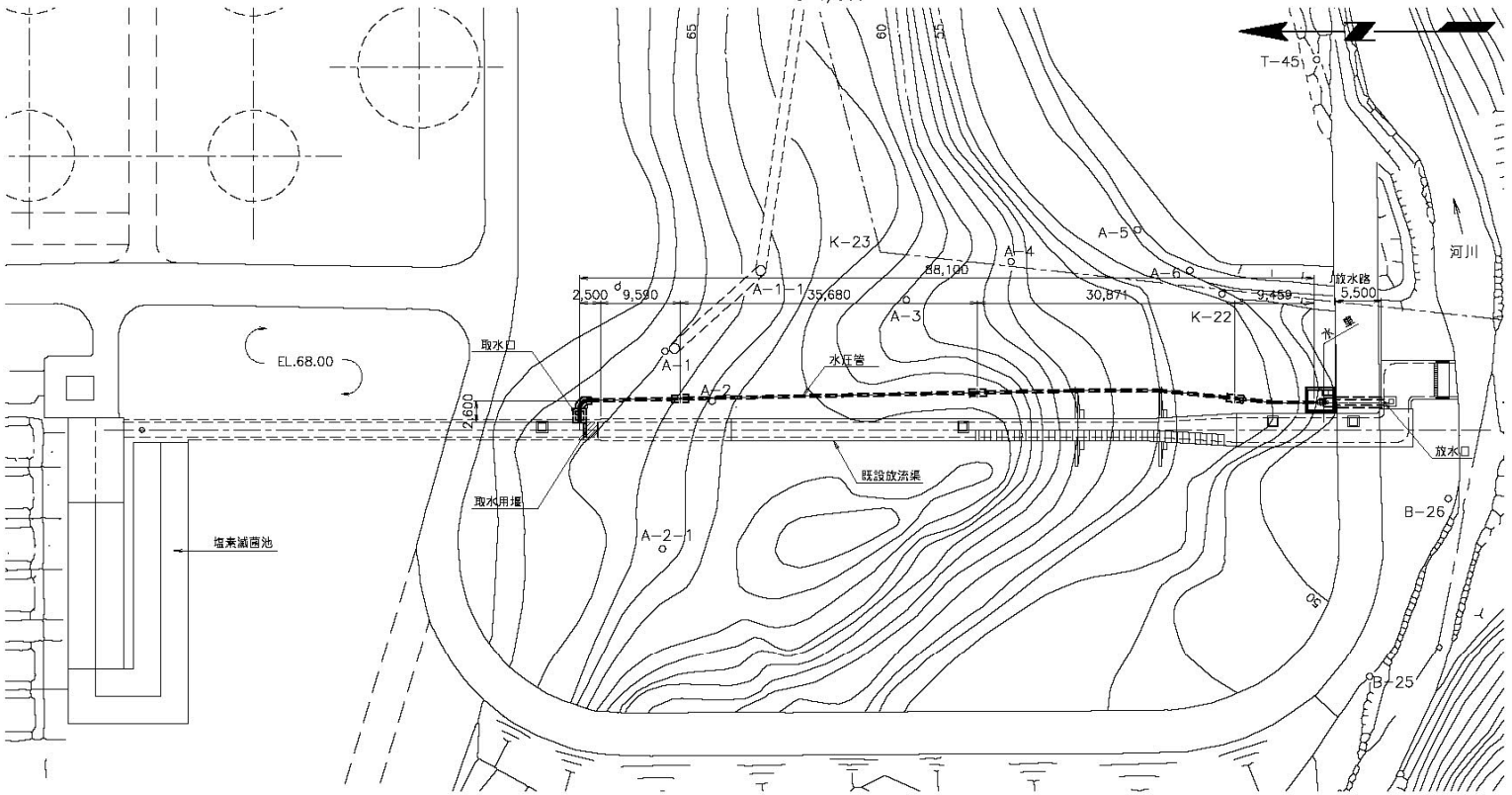
(7) 概算工事費

概算工事費の算定は，基本的に『発電計画工事費積算基準』に準拠した。計算の詳細は後述の資料表 2－9 に示す。

計算の結果，簡易発電システムによる概算工事費は 38.3 百万円となった。また，建設単価は 347 円/kWh となる。

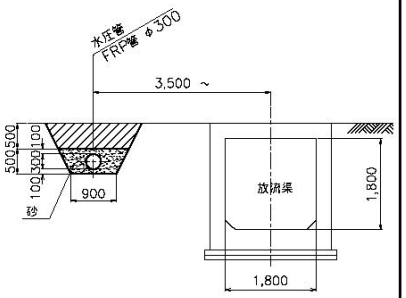
平 面 図

S=1/300



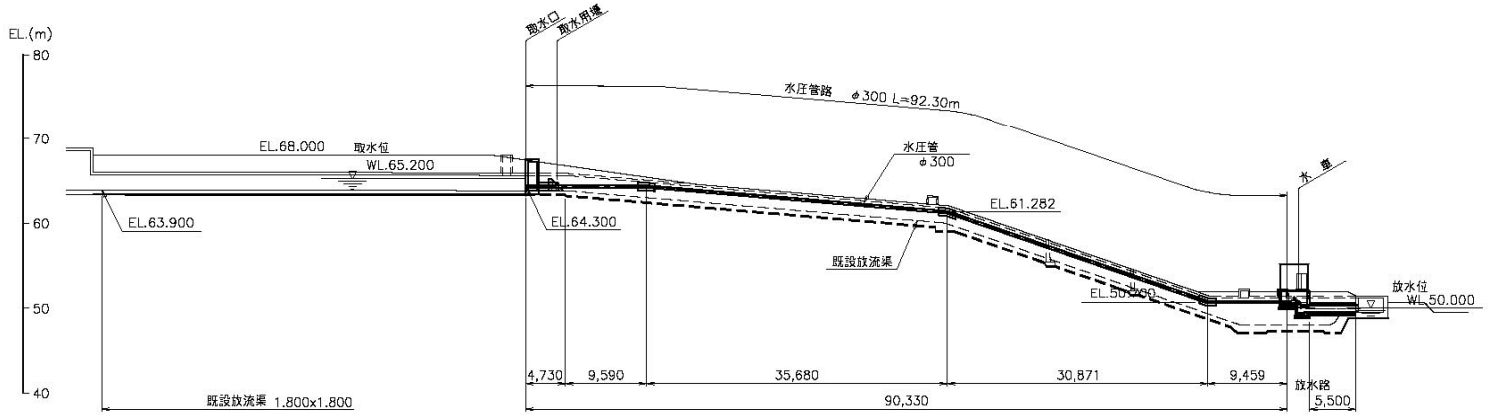
標 準 断 面 図

S=1/50



縦 断 面 図

S=1/300



資料図 2－5(1)

E 地点 一般平面図・縦断面図

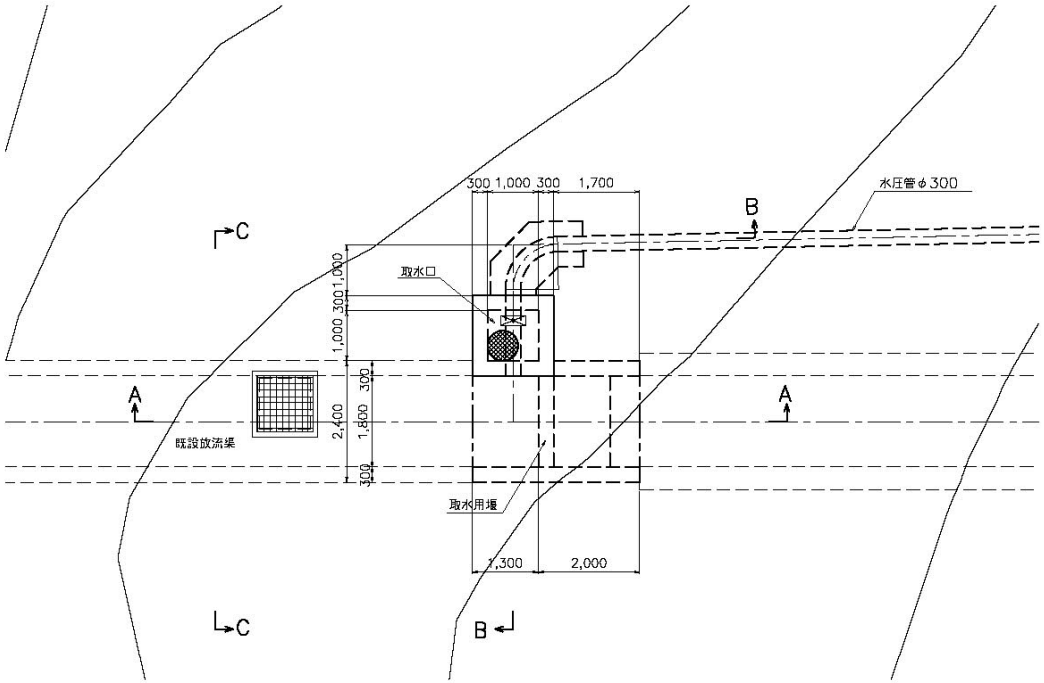
（在来設計）

0 30m
（平面図・縦断面図）

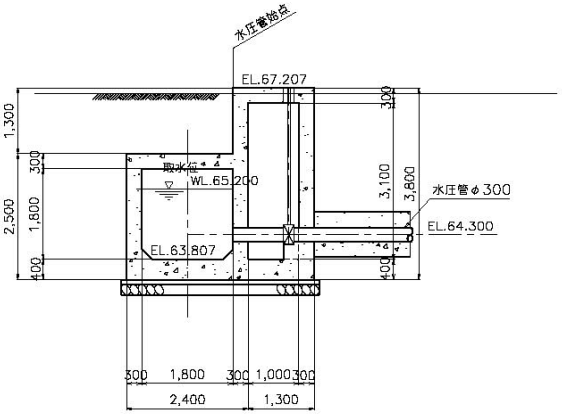
0 5m
（標準断面図）

業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	岩手県		
水系			
図面名称	E地点 一般平面図・縦断面図（従来設計）		
縮尺	図示	図番	1
作成日	平成16年 月		
財団法人 新エネルギー財団			

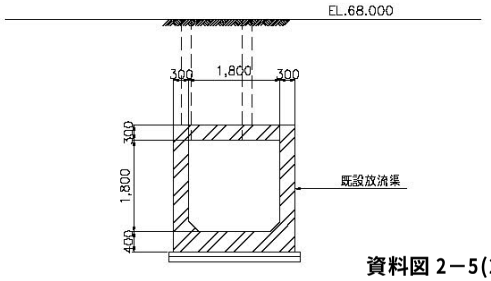
平　面　図



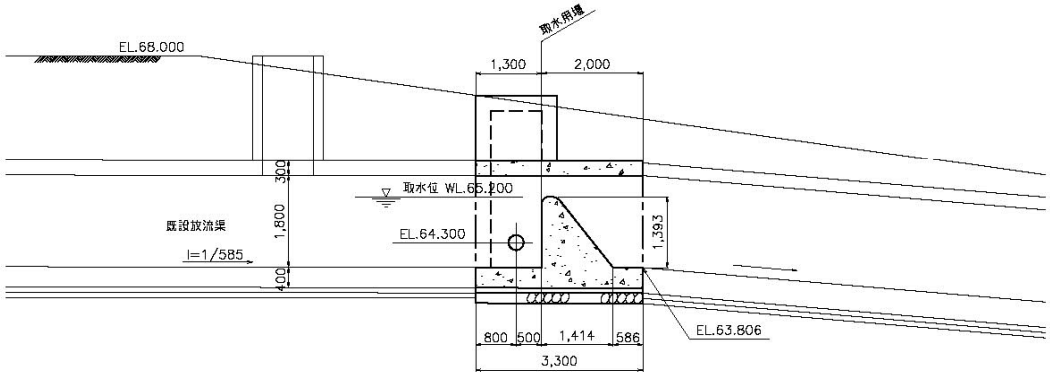
B － B 断面図



C － C 断面図



A － A 断面図

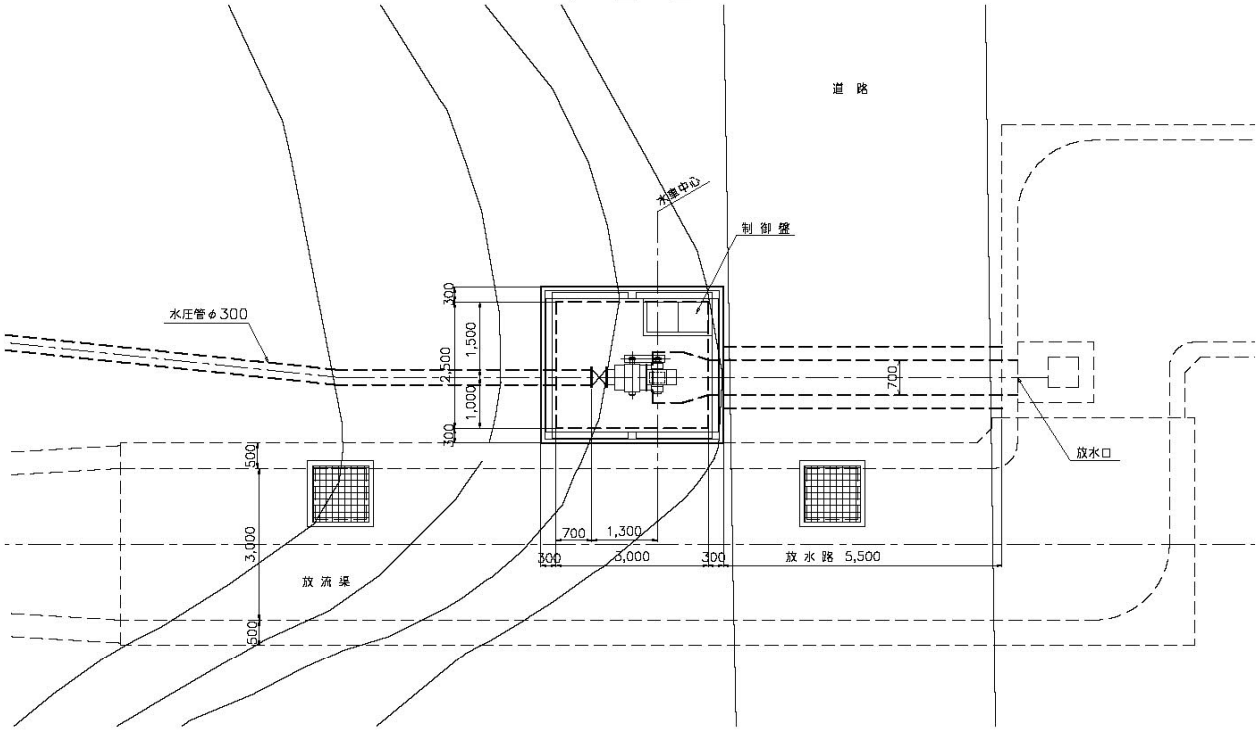


資料図 2－5(2)
E 地点 取水口構造図
（在来設計）

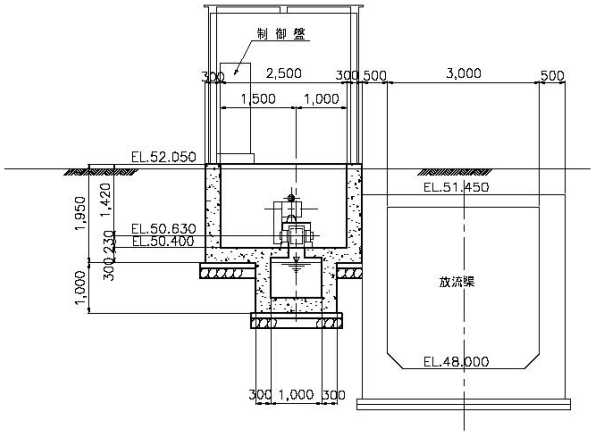
0　5m

業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	岩手県		
水系			
図面名称	E地点　取水口構造図（在来設計）		
縮尺	1/50	図番	2
作成日	平成16年　月		
財団法人　新エネルギー財団			

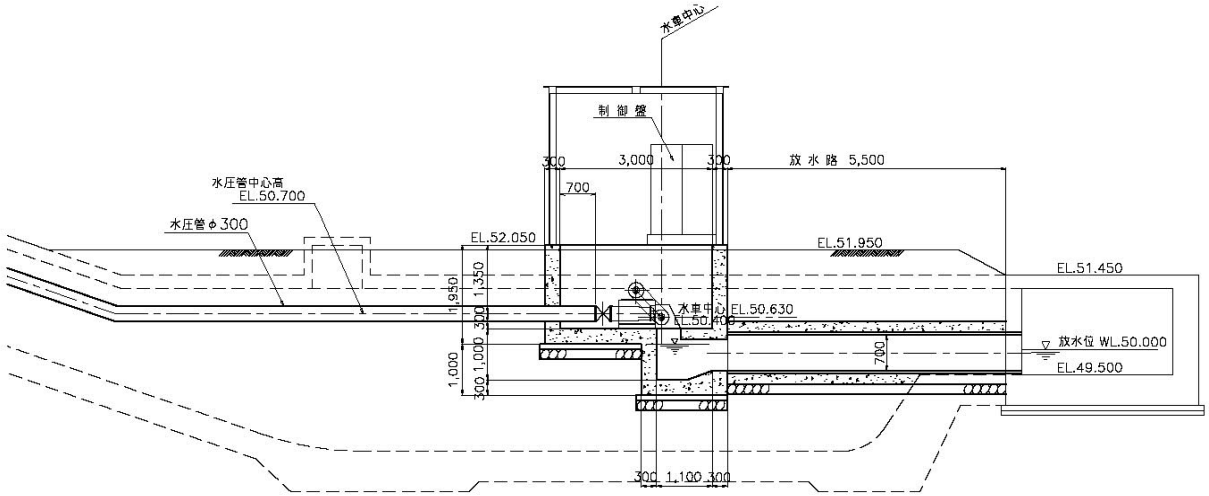
平面図



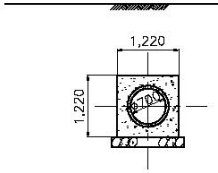
横断面図



縦断面図



放水路標準断面図

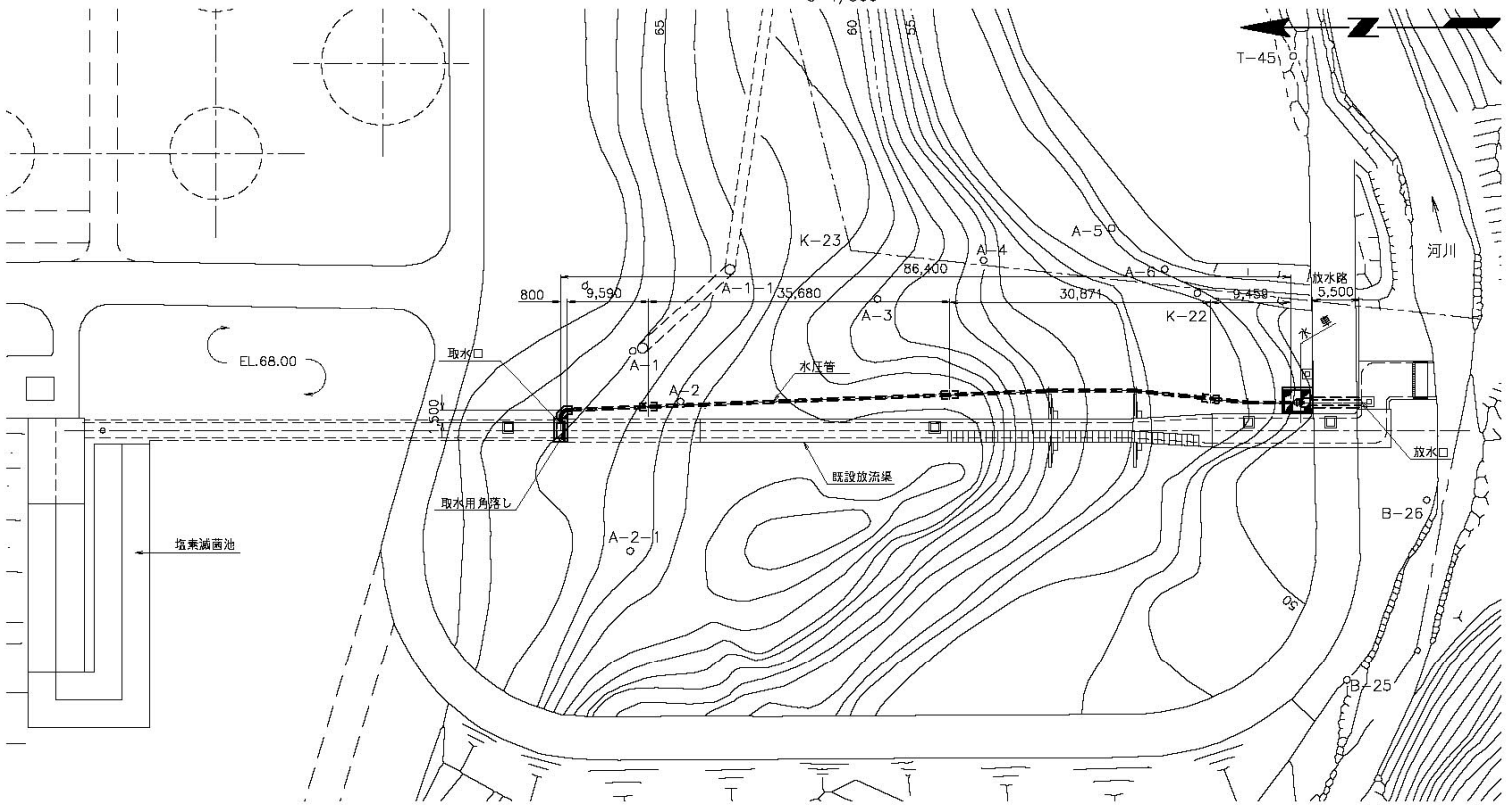


資料図２－５(3)
E地点 発電所構造図
（在来設計）

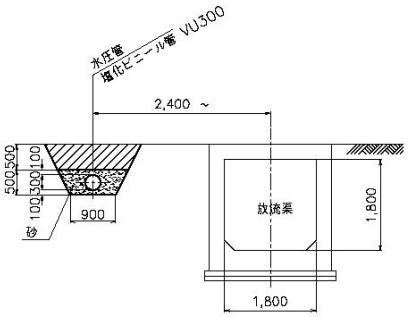
0 5m

業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうちケーススタディ基本検討他業務		
位置	岩手県		
水系			
図面名称	E地点 発電所構造図 （従来設計）		
縮尺	1/50	図番	3
作成日	平成16年 月		
財団法人 新エネルギー財団			

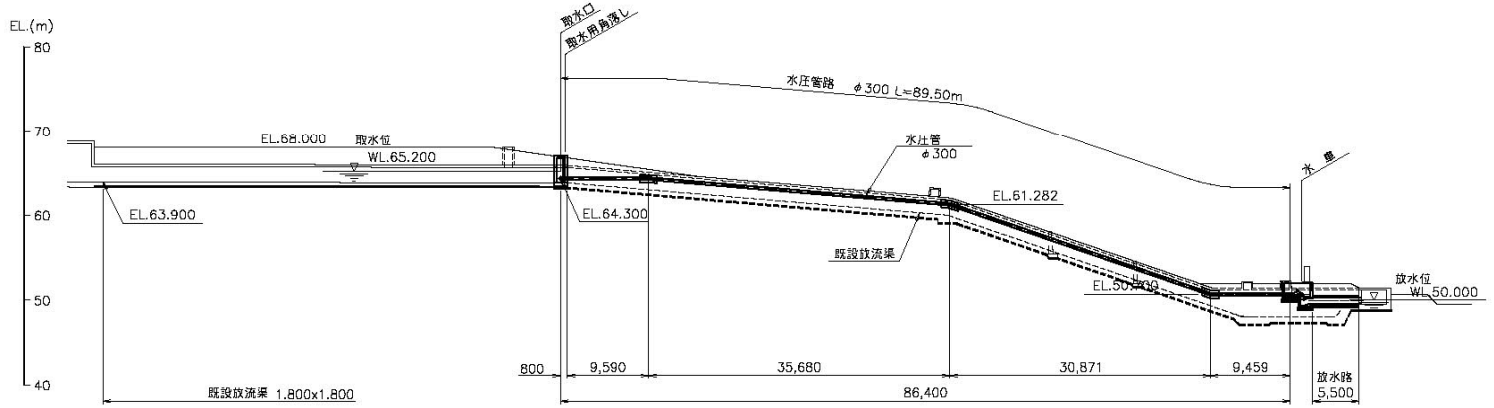
平 面 図 S=1/300



標 準 断 面 図 S=1/50



縦 断 面 図 S=1/300

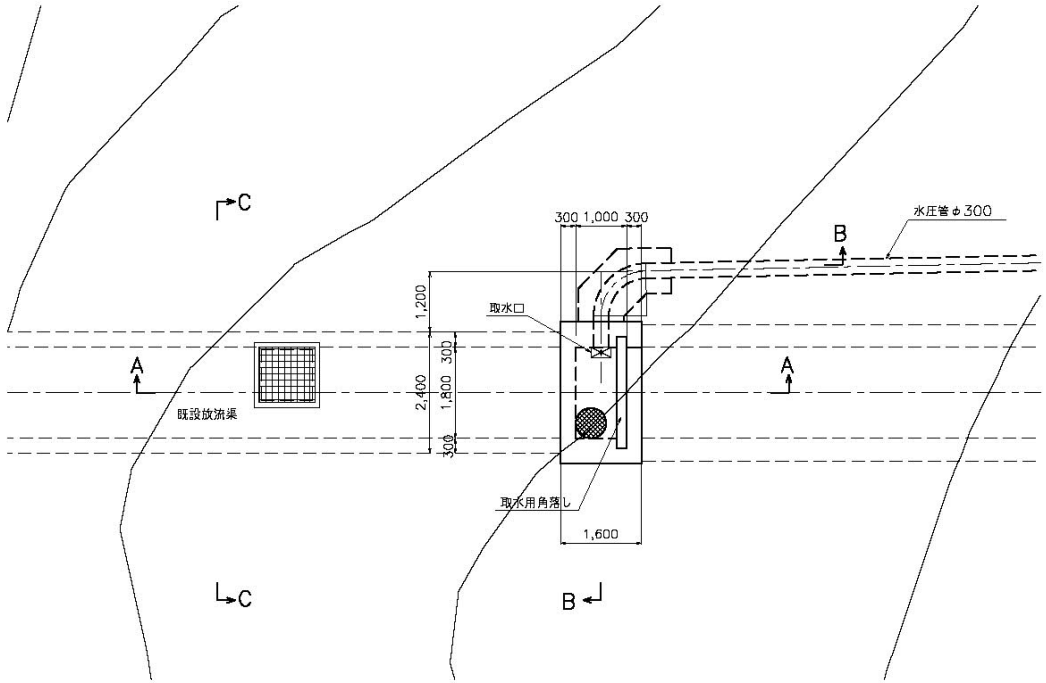


資料図 2−6(1)
E 地点 一般平面図・縦断面図
（簡易発電システム）

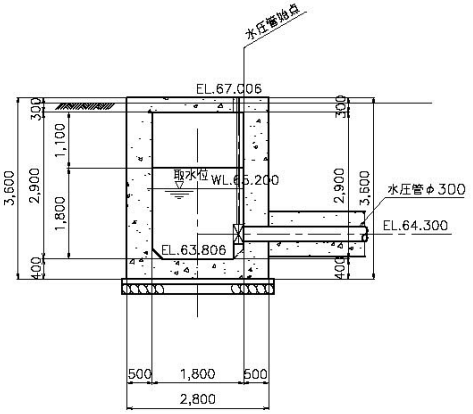
0 30m
（平面図・縦断面図）
0 5m
（標準断面図）

業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	岩手県		
水系			
図面名称	E地点 一般平面図・縦断面図（簡易発電システム）		
縮尺	図示	図番	4
作成日	平成16年 月		
財団法人 新エネルギー財団			

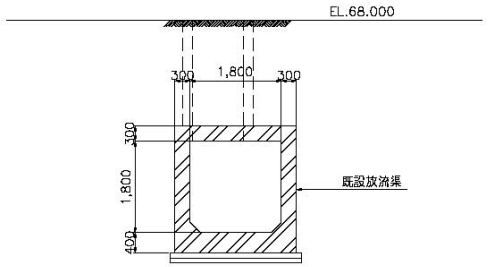
平　面　図



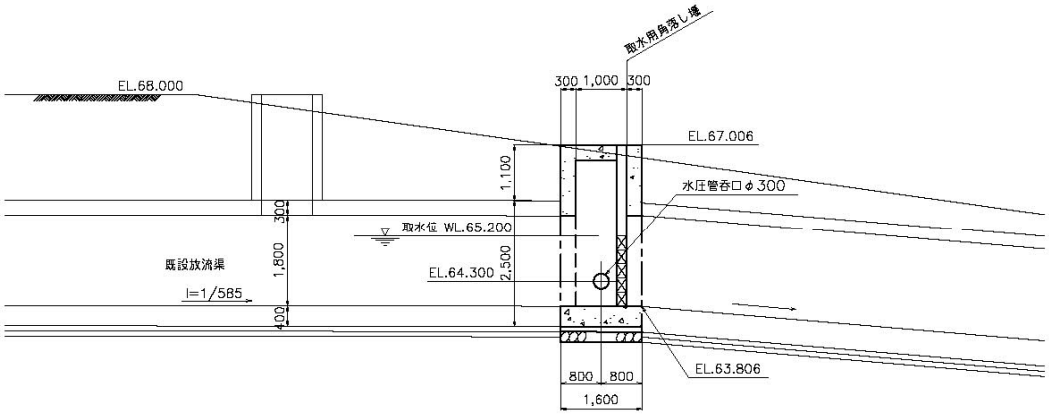
B － B 断面図



C － C 断面図



A － A 断面図

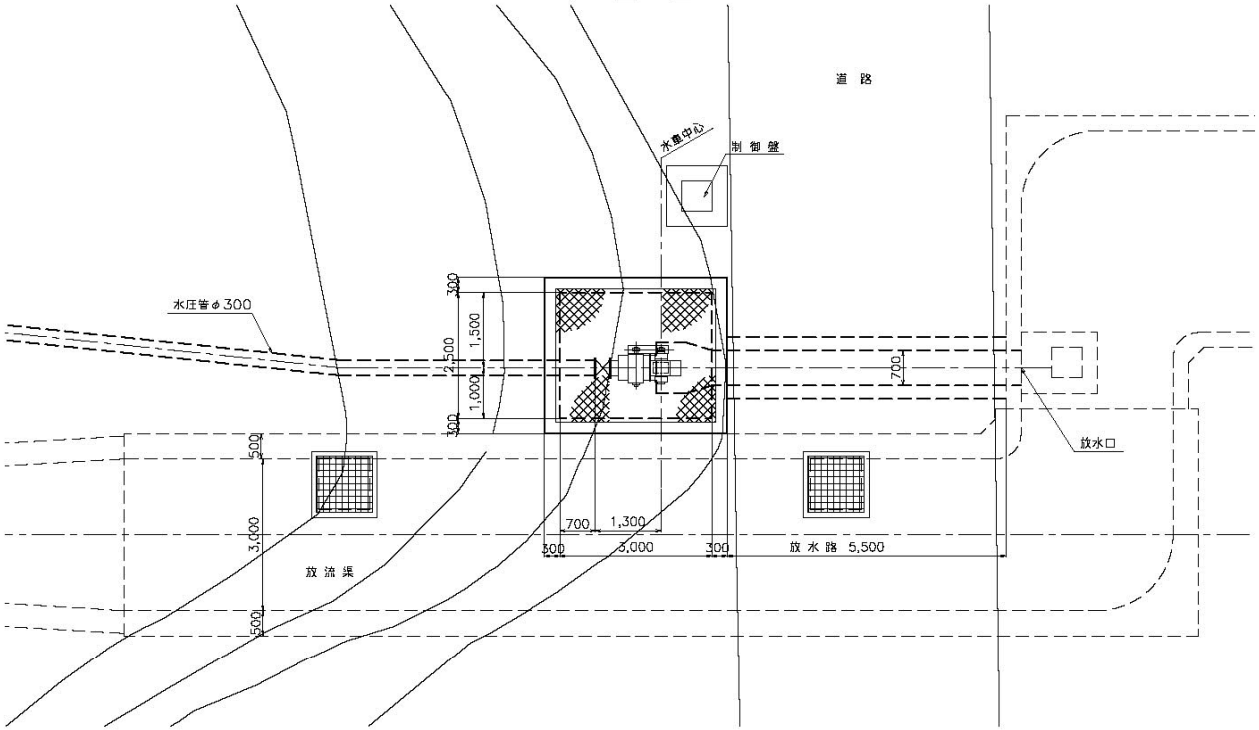


資料図 2－6(2)
E 地点 取水口構造図
（簡易発電システム）

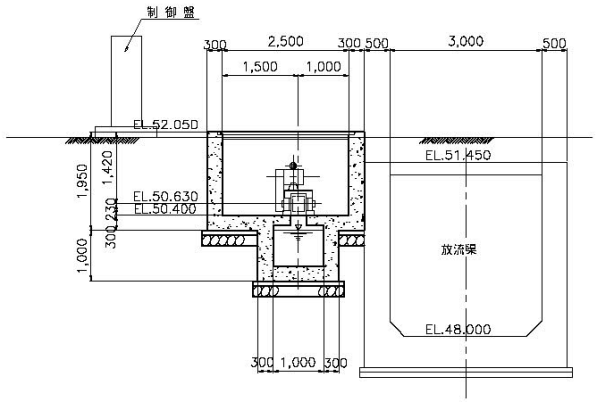
0　5m

業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務		
位置	岩手県		
水系			
図面名称	E地点　取水口構造図（簡易発電システム）		
縮尺	1/50	図番	5
作成日	平成16年　月		
財団法人　新エネルギー財団			

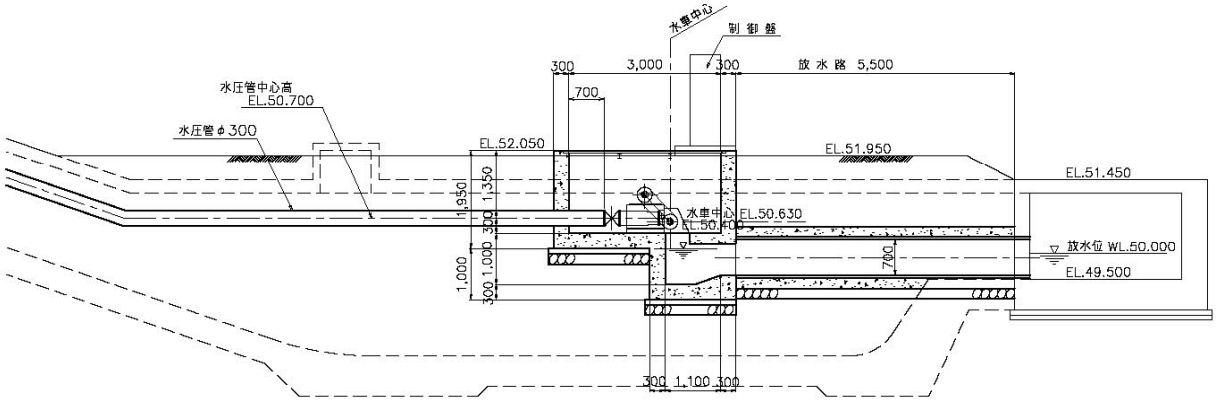
平 面 図



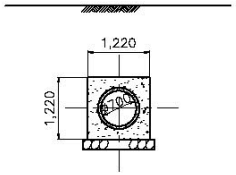
横 断 面 図



縦 断 面 図



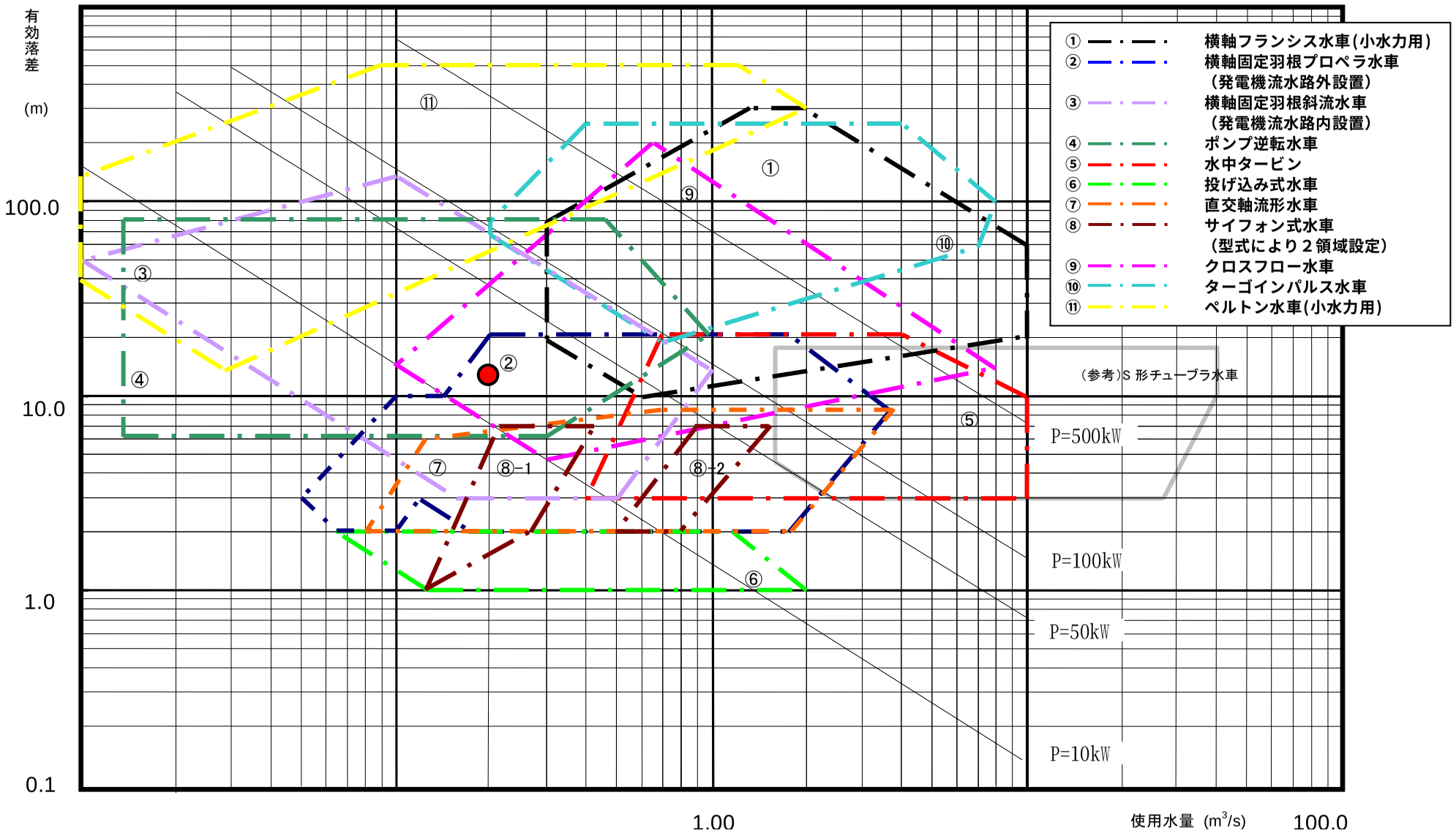
放水路標準断面図



資料図 2－6(3)
E 地点 発電所構造図
（簡易発電システム）

0 5m

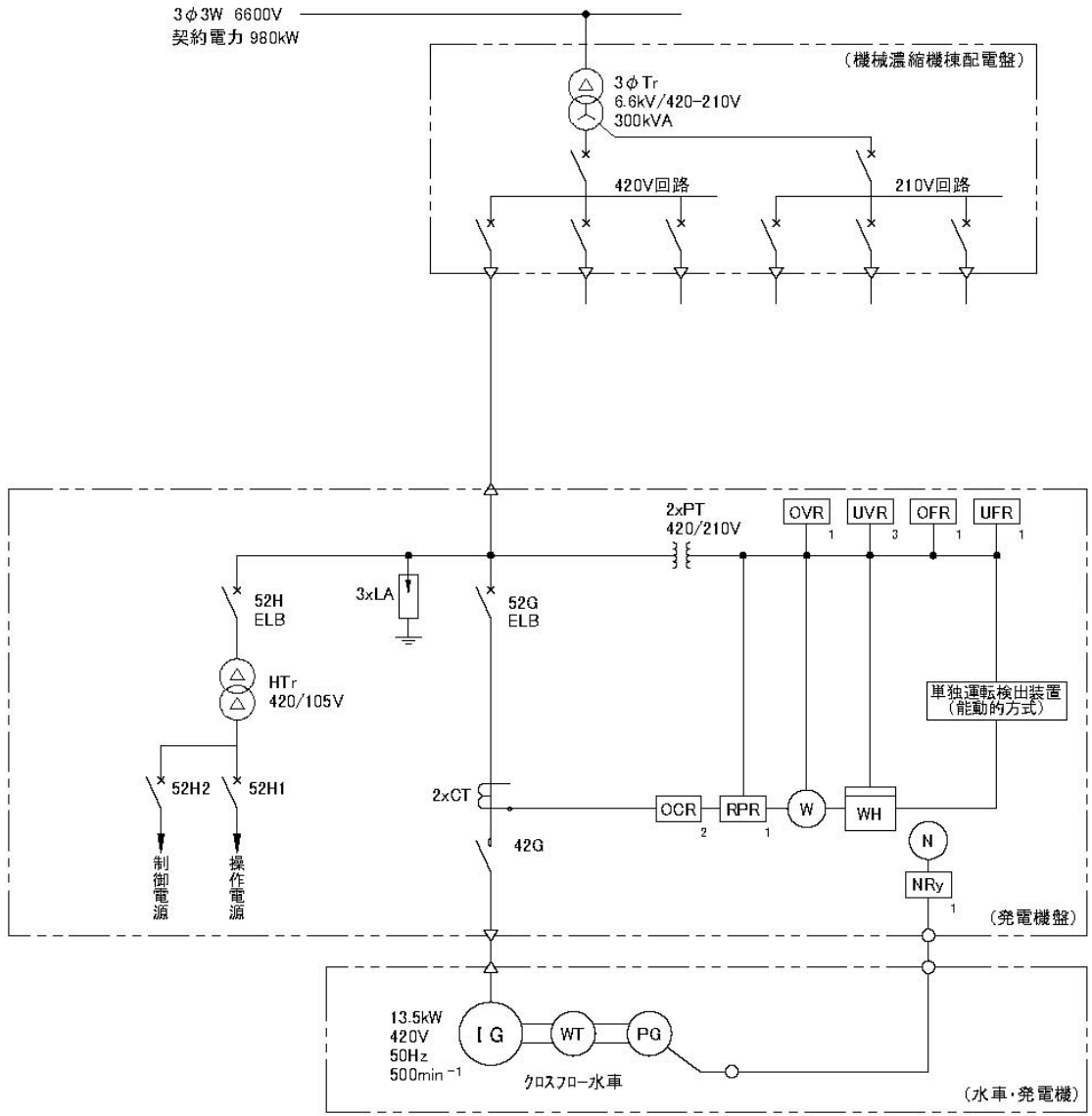
業務名	平成15年度 小水力資源有効活用技術開発調査のうち ケーススタディ基本検討他業務
位置	岩手県
水系	
図面名称	E地点 発電所構造図 （簡易発電システム）
縮尺	1/50 図番 6
作成日	平成16年 月
財団法人 新エネルギー財団	


有効落差
(m)
100.0
10.0
1.0
0.1
1.00
100.0
使用水量 (m³/s)
① 横軸フランシス水車(小水力用)
② 横軸固定羽根プロペラ水車
（発電機流水路外設置）
③ 横軸固定羽根斜流水車
（発電機流水路内設置）
④ ポンプ逆転水車
⑤ 水中タービン
⑥ 投げ込み式水車
⑦ 直交軸流形水車
⑧ サイフォン式水車
（型式により２領域設定）
⑨ クロスフロー水車
⑩ ターゴインパルス水車
⑪ ペルトン水車(小水力用)
（参考）S 形チューブラ水車
P=500kW
P=100kW
P=50kW
P=10kW
⑧-1
⑧-2

資料図 2－7　水車選定図

資料表 2－7　電気仕様諸元表

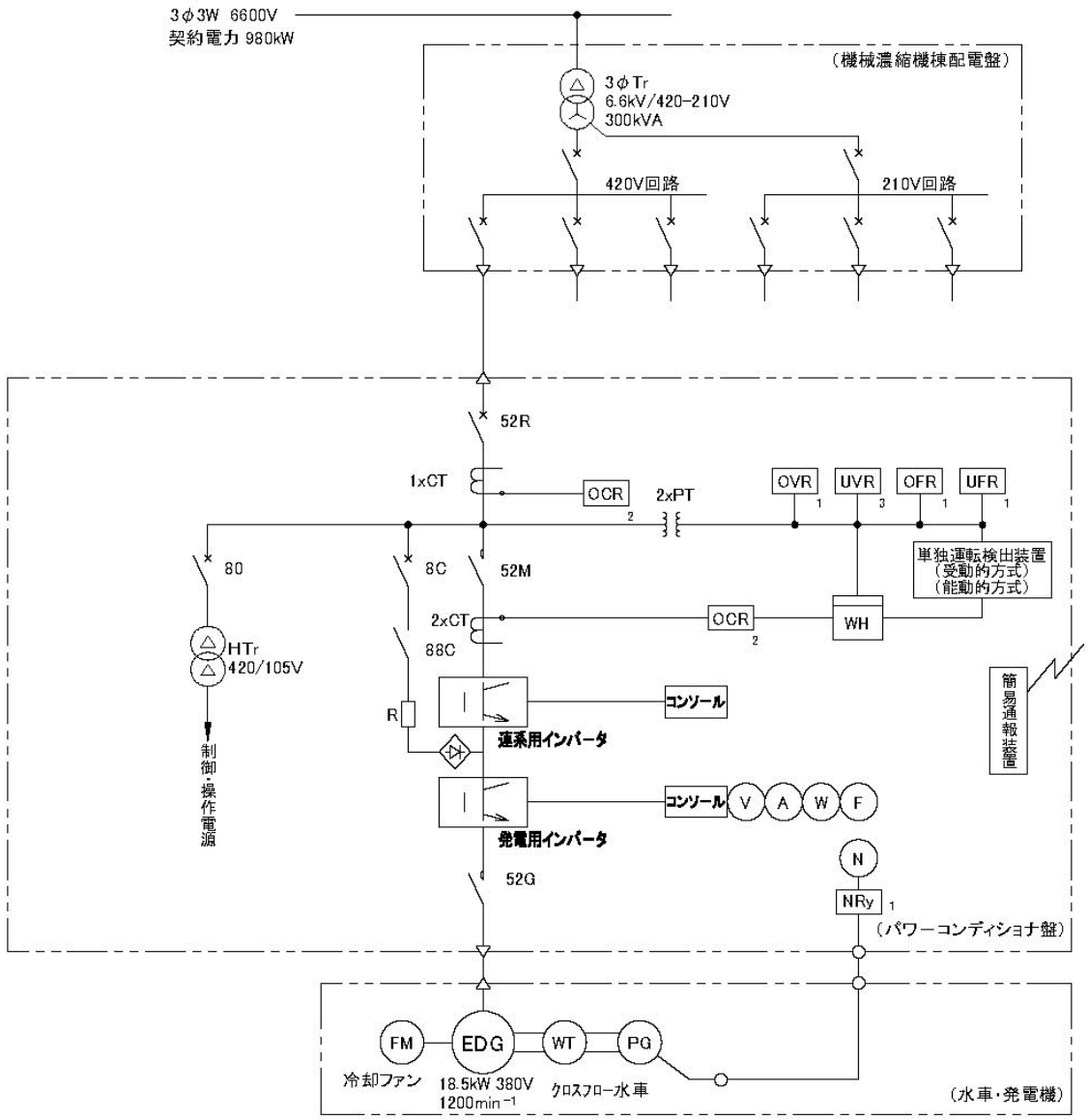
項目			在来設計	簡易発電システム	選定理由等
水理諸元	取水位	EL-m	65.2		
	放水位	EL-m	50.0		
	静落差	m	15.2		
	有効落差	m	11.15	11.68	横越流取水
	最大使用水量	m^3/s	0.2		日間変流量有り(低水時0.08m^3/s程度)
機器仕様	水車		クロスフロー水車(GV)		適用可能水車選定図，変流量による
	発電機		誘導発電機	永久磁石発電機+INV	新技術として水力へ「永久磁石発電機」を適用
	逆潮有無		無し		下水処理場内用電源(契約電力980kW，6.6kV)
	所内単独有無		無し		
	連系方式		構内低圧連系(420V)		既設受電盤(凝縮機棟)6.6/420V/210V，300kVA
	保護，制御		一体型制御盤 OVR+UVR － UFR+UPR+RPR or 単独運転検出(受動)	汎用PLC(パワーコンディショナ盤) OVR+UVR － OFR+UFR+単独運転検出(受動+能動)	「電技解釈」、「系統連系技術要件ガイドライン」による
	付属装置		重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) － 水位計 －	重錘閉鎖式入口弁(流水遮断) － 水位計 簡易通報装置	簡易通報装置により，随時巡回頻度の低減を図る
	回転速度	min^{-1}	500	500(1200)	( )内は永久磁石発電機回転速度
	水車出力	kW	15.4	16.1	
	比速度	m-kW	96.3	92.9	JEC4001比速度限界90～110m-kW
	発電機容量		13.5kW(力率0.8程度)	14.0kVA(力率1.0程度)	永久磁石発電機製品定格：18.5kW
発電所出力		kW	13.5	14.0	
概算工事費		M¥	28.6	22.4	



項　目	仕　様
クロスフロー水車	15.4kW,500min⁻¹
	有効落差11.15m, 流量0.2m³/s
交流誘導発電機	13.5kW,420V,500min⁻¹,50Hz
入口弁	手動開, 重錘閉式バタフライ弁(300φ)
発電機盤	単独運転検出装置,WHM含む

資料図 2－8(1)

ケーススタディ E地点（在来設計）



項　目	仕　様
クロスフロー水車	16.1kW,500min⁻¹
	有効落差11.68m, 流量0.2m³/s
永久磁石発電機	18.5kW,380V,1200min⁻¹
入口弁	手動開, 重錘閉式バタフライ弁(300φ)
パワーコンディショナ盤	15kW,3相420V,50Hz,WHM含む
簡易通報装置	入力8点, 出力4点

資料図 2－8(2)

ケーススタディ E地点（簡易発電システム）

２．４　比較検討評価

(1) 建設単価の比較

在来設計および簡易発電システムの発電計画諸元を資料表 2－8 に示す。

また，概算工事費の比較表と総括表を資料表 2－9 および 2－10 に示す，

資料表 2－9 に示すように,年間可能発電電力量はほぼ同じであるが，建設単価を見ると簡易発電システムの方が 30%程度安くなっている。

在来設計と簡易発電システムでは，水圧管路の材質が大きく異なる。簡易発電システムにおいては，水圧管路に塩ビ管を採用したが，施工性に優れるため工期短縮等の施工面におけるコストダウンについても期待される。

資料表 2－8　E 地点発電計画

項　目		在来設計	簡易発電システム
発電計画	取　水　位	EL 65.20 m	
	放　水　位	EL 50.00 m	
	総　落　差	15.20 m	
	有効落差	11.15 m	11.68 m
	最大使用水量	0.20 m^3/s	
	水車・発電機効率	0.62	0.61
	最大出力	13.5 kW	14.0 kW
	年間可能発電電力量※1	108.4 MWh	110.3 MWh
設備概要	取水方式	横取取水方式(コンクリート)	横取取水方式(角落しゲート)
	水圧管路	FRP 管（φ300）	塩ビ管（φ300）
	管路延長	92.3 m	89.5 m
	管路敷設	埋　設	同　左
	発電所建屋	半地下式	省　略
	水車形式	クロスフロー水車	同　左
	発電機種類	交流誘導発電機	永久磁石発電機
	そ　の　他		

※1) 年間可能発電電力量は H14 年の流入実績を用いて算定した。日間変動については，資料図 2－3 の標準的な流入パターンを参考にして時間的な流量変化を考慮した。

資料表 2－9　E 地点概算工事費

単位：(百万円)

項　　目			工 事 費		摘　要
			在来設計	簡易発電システム	
1)	土地補償費		――	――	
2)	建物関係		3.3	――	
3)	土木関係		10.8	7.7	
	①水　路		9.2	6.2	
		a.取　水　口	3.4	2.3	
		b.沈　砂　池	――	――	
		c.導　入　路	――	――	
		d.水　　槽	――	――	
		e.余　水　路	――	――	
		f.水 圧 管 路	5.0	3.1	FRPM 管／塩ビ管φ300
		g.放　水　路	0.7	0.7	
		h.放　水　口	0.2	0.2	
		i.代替放流設備	――	――	
	②機械装置		1.6	1.5	
		j.基　　礎	1.3	1.2	
		k.諸　装　置	0.3	0.3	
4)	電気関係		28.6	22.4	クロスフロー水車
5)	仮設備費		4.3	3.0	{2}+3}+4}}×0.10
6)	総係費		6.1	4.3	{2}+3}+4}+5}}×0.13
7)	(小 計)		53.1	37.7	
8)	ダム分担金		――	――	
9)	建設中利子		0.3	0.2	7)×0.4×0.03×T/12 T:月数　T=6 ヶ月
10)	分担関連費		0.5	0.4	7)×0.01
11)	工事費(合 計)		54.0	38.3	
12)	年間可能発電電力量(MWh)		108.4	110.3	
13)	建設単価（円/kWh）		498	347	

※工事費は「発電計画工事費積算基準」に準拠し，同基準に算定工種のない項目については積上げにより算出した。

資料表 2－10(1)　E 地点　概算工事費総括表(在来)

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費			m2			0	
(2)	建物関係		建　物	空m3	23	145,000	3,335	
(3)	土木関係						10,804	
	①水　路						9,223	
		a.取水口					3,410	
			掘　削	m3	104	5,900	614	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ取壊し	〃	10	30,000	300	
			コンクリート	〃	17	42,000	714	
			均しｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	2	42,000	84	
			鉄　筋	t	0.4	187,000	75	
			ゲート	〃	0.2	4,706,000	941	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式	1		682	上記工種計の25%
		b.沈砂池					0	
			掘　削	m3		3,800	0	
			コンクリート	〃		38,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		c.導水路					0	
		(暗渠)	掘　削	m3		4,900	0	
			コンクリート	〃		53,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			その他	式				上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式				上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3		13,100	0	
			コンクリート	〃		50,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		f 水圧管路					4,978	
			掘　削	m3	158	8,600	1,359	
			コンクリート	〃	6	46,000	276	
			鉄　筋	t	0.2	196,000	39	
			FRP(埋設)	m	92.3	26,800	2,474	φ300
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			そ の 他	式	1		830	上記工種計の20%
		g.放水路					681	
		(暗渠)	掘　削	m3	52	4,900	255	
			コンクリート	〃	6	53,000	318	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			その他	式	1		89	上記工種計の15%
		h 放水口					154	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ取壊し	m3	1	30,000	30	
			コンクリート	〃	1	42,000	42	
			鉄　筋	t	0.3	187,000	56	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			そ の 他	式	1		26	上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						1,581	
		j 基礎					1,266	
			掘　削	m3	44	8,900	392	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	12	38,000	456	
			均しｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	2	38,000	76	
			鉄　筋	t	0.7	187,000	131	
			そ の 他	式	1		211	上記工種計の20%
		k 諸装置					315	
			諸装置	式	1		315	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						28,600	クロスフロー水車
			電気工事費	式	1		28,600	
(5)	仮設備費						4,274	
			仮設備費	式	1		4,274	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			――	
			そ の 他	式			――	
(6)	総経費			式	1		6,112	((2)+(3)+(4)+(5))×13%
(7)	小計						53,125	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		319	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		531	(7)×1%
(11)	計						**53,975**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定根拠のない項目については積上げにより算出した。

資料表 2－10(2)　E 地点　概算工事費総括表(簡易)

項　目			工　種	単位	数　量	単 価（円）	工事費（千円）	備　考
(1)	土地補償費			m2			0	
(2)	建物関係		建　物	空m3		0	0	
(3)	土木関係						7,702	
	①水　路						6,235	
		a.取水口					2,344	
			掘　削	m3	59	5,900	348	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ取壊し	〃	5	30,000	150	
			コンクリート	〃	9	42,000	378	
			均しｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	1	42,000	21	
			鉄　筋	t	0.2	187,000	37	
			ゲート	〃	0.2	4,706,000	941	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式	1		469	上記工種計の25%
		b.沈砂池					0	
			掘　削	m3		3,800	0	
			コンクリート	〃		38,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			スクリーン	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		c.導水路					0	
		(暗渠)	掘　削	m3		4,900	0	
			コンクリート	〃		53,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	187,000	0	
			その他	式				上記工種計の15%
		d.水槽					0	
			掘　削	m3		6,500	0	
			コンクリート	〃		45,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			その他	式				上記工種計の40%
		e.余水路					0	
			掘　削	m3		13,100	0	
			コンクリート	〃		50,000	0	
			鉄　筋	t	0.0	196,000	0	
			鉄　管	〃	0.0	0	0	
			その他	式				上記工種計の20%
		f 水圧管路					3,056	
			掘　削	m3	143	8,600	1,230	
			コンクリート	〃	6	46,000	276	
			鉄　筋	t	0.2	196,000	39	
			塩ビ管	m	90	11,200	1,002	VU300 別途積上
			流量計室	空m3		35,500	0	
			流 量 計	式				
			そ の 他	式	1		509	上記工種計の20%
		g.放水路					681	
		(暗渠)	掘　削	m3	52	4,900	255	
			コンクリート	〃	6	53,000	318	
			鉄　筋	t	0.1	187,000	19	
			その他	式	1		89	上記工種計の15%
		h 放水口					154	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ取壊し	m3	1	30,000	30	
			コンクリート	〃	1	42,000	42	
			鉄　筋	t	0.3	187,000	56	
			ゲート	〃	0.0	0	0	
			そ の 他	式	1		26	上記工種計の20%
		i 代替放流設備		式				
	② 貯水池又は調整池							
	③ 機械装置						1,467	
		j 基礎					1,243	
			掘　削	m3	27	8,900	240	
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	15	38,000	570	
			均しｺﾝｸﾘｰﾄ	〃	2	38,000	76	
			鉄　筋	t	0.8	187,000	150	
			そ の 他	式	1		207	上記工種計の20%
		k 諸装置					224	
			諸装置	式	1		224	(①+②+j)×3%
(4)	電気関係						22,600	チューブラ水車
			電気工事費	式	1		22,600	
(5)	仮設備費						3,030	
			仮設備費	式	1		3,030	((2)+(3)+(4))×10%
			搬 入 路	m			――	
			そ の 他	式			――	
(6)	総経費			式	1		4,333	((2)+(3)+(4)+(5))×13%
(7)	小計						37,665	Σ(1)～(6)
(8)	ダム分担金			式			――	
(9)	建設中利子			式	1		226	(7)×0.4×0.03×T/12
(10)	分担関連費			式	1		377	(7)×1%
(11)	計						**38,268**	

※工事費の算定は「未利用落差発電包蔵水力調査　発電計画工事費積算基準」（通商産業省資源エネルギー庁）に原則準拠し、同基準に算定根拠のない項目については積上げにより算出した。

資料表 2－11　概算電気工事費総括表

在来設計

13.5 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	クロスフロー水車(15.4kW,500min-1,有効落差11.15m,流量0.2m3/s)	9,000
	発電機	交流誘導発電機(13.5kW,420V,500min-1,50Hz)	500
	入口弁	手動開,重錘閉式バタフライ弁(300φ)	1,500
	発電機盤	単独運転検出装置,WHM含む	7,050
	簡易通報装置	(該当なし)	0
	高圧連系盤	(該当なし)	0
	連系機器	(該当なし)	0
	高圧ケーブル	(該当なし)	0
	動力･制御ケーブル	一式	400
	配管材	一式	400
	諸材料	一式	560
	小計		19,410
工事費		一式	9,100
合計			28,510
			28,600

簡易発電

14 kW

項目		仕様	費用(千円)
資材費	水車	クロスフロー水車(16.1kW,500min-1,有効落差11.68m,流量0.2m3/s)	9,000
	発電機	永久磁石発電機(18.5kW,380V,1200min-1)	650
	入口弁	手動開,重錘閉式バタフライ弁(300φ)	1,500
	発電機盤	パワーコンディショナ盤(15kW,3相210V,50Hz),WHM含む	2,850
	簡易通報装置	入力8点,出力4点	100
	高圧連系盤	(該当なし)	0
	連系機器	(該当なし)	0
	高圧ケーブル	(該当なし)	0
	動力･制御ケーブル	一式	400
	配管材	一式	400
	諸材料	一式	440
	小計		15,340
工事費		一式	7,200
合計			22,540
			22,600

(2) 発電原価の比較

本項では，20 年間の均等化経費を算出し，年間可能発電電力量との比によって発電原価を算出して,在来設計と簡易発電システムとの比較・検討を実施した。

20 年間の均等化経費は，年次別経費率表（資料表 2－13）によって算出した。計算にあたって必要となる経費率等については,『ハイドロバレー開発計画ガイドブック』（H16.3　経済産業省資源エネルギー庁・財団法人新エネルギー財団）に記述される値を基本とし，実状を考慮して若干修正した。設定した経費率や金利，計算結果を資料表 2－12 に整理した。

建設費（補助額分を除く）については全て借入金によるものとし，金利 1.5%，20 年で返済することとした。また，事業者が県の機関であるため固定資産税は計上していないが，固定資産税相当を市町村交付金として計上することとした。

計算結果から,簡易発電システムの発電原価は 21.8 円/kWh であり，在来設計の 70%程度となっている。

資料表 2－12 発電原価の計算

	在来発電 計画	簡易発電 システム	備　　考
建設費(百万円)	54.0	45.5	
年間発電電力量(MWh)	109.0	102.2	
資本費	建設費の 70%(回収 20 年) 金利 1.5%		
人件費	建設費の 0.68%		
修繕費	建設費の 0.31% 年増加分 0.019%		
市町村交付税	税率 1.4%		固定資産税相当
その他経費	建設費の 0.31%		
一般管理費	直接費(人件費，修繕費,固定資産税, その他経費)の 12.0%		
年経費(百万円)	3.4	2.4	20 年均等化経費
発電原価(円/kWh)	31.2	21.8	

資料表 2－13(1)　発電原価計算用　年次別経費率表

地点名 ：	E 地点		従来発電計画																					
ケース ：	中小水力		条件 ：	使用水量	Q=	0.200	m^3/s	最大出力	P=	14	kW													
a. 建設費	54.00	百万円		j. 人件費		0.680	%	s.均等化経費		3.39	百万円													
b. 補助率	30.0	%		k. 市町村交付金率		1.400	%																	
c. 初年度簿価	37.80	百万円		修繕費	l. 初年度	0.310	%	注)1.	利用助成制度	中小水力														
d. 金利	1.50	%			m. 年増分	0.019	%	2.	金利	公益企業金融公庫														
e. 借入金返済期間	15	年		n. その他経費		0.310	%	3.	起債	なし														
f. 据え置き年数	3	年		o. 一般管理費		12.000	%																	
g. 元利均等支払額	3.47	百万円		p. 割引率		1.50	%	4.	資本回収係数	$=\frac{o(1+o)^t}{(1+o)^t-1}$														
h. 残存率	10.0	%		q.耐用年数		20	年																	
i. 減価償却費	1.70	百万円(= a(1 - b)(1-h)/q)		r. 交付税算入率		0.000	%	5.	現価係数	$=\frac{1}{(1+o)^t}$														

発電原価の計算		
	[補助考慮]	
建設費＝	54.00	百万円
耐用年数＝	20	年
年間発電電力量＝	108.4	Mwh
年経費＝	3.39	百万円
建設単価＝	498	円／kwh
年経費率＝	6.273	%
（補助なし）		
建設単価＝	349	円／kwh
発電原価＝	31.2	円／kwh
（補助あり）		

（単位：百万円）

年次	簿価	借入額	元利均等支払額	元金支払分	金利（利子分）	減価償却費	資本経費	修繕費	人件費	市町村交付金対象額	市町村交付金	その他経費	直接経費	一般管理費（間接費）	経費合計	交付税算入額	実質経費合計	現価係数	現在価値	現価累計	資本回収係数	均等化経費
t	u	v	w	x	① (v×d)	② (i)	(①+②)	③ (al+a(t-1)m)	④ (a×j)	y	⑤ (y×k)	⑥ (a × n)	(Σ③～⑥)	⑦ (Σ③～⑥)×o	⑧ (Σ①～⑦)	z	⑧' (Σ①～⑦)	⑨	⑩ (⑧'×⑨)	⑪ (Σ⑩)	⑫	⑬ (⑪×⑫)
1	37.80	37.80	0.57	0.00	0.57	1.70	2.27	0.17	0.37	54.00	0.76	0.17	1.46	0.17	3.90	0.00	3.90	0.985221675	3.84	3.84	1.015000000	3.90
2	36.10	37.80	0.57	0.00	0.57	1.70	2.27	0.18	0.37	51.57	0.72	0.17	1.43	0.17	3.87	0.00	3.87	0.970661749	3.76	7.60	0.511277916	3.89
3	34.40	37.80	0.57	0.00	0.57	1.70	2.27	0.19	0.37	49.14	0.69	0.17	1.41	0.17	3.85	0.00	3.85	0.956316994	3.68	11.28	0.343382960	3.87
4	32.70	37.80	3.47	2.90	0.57	1.70	2.27	0.20	0.37	46.71	0.65	0.17	1.39	0.17	3.82	0.00	3.82	0.942184230	3.60	14.88	0.259444786	3.86
5	31.00	34.90	3.47	2.94	0.52	1.70	2.22	0.21	0.37	44.28	0.62	0.17	1.36	0.16	3.75	0.00	3.75	0.928260325	3.48	18.37	0.209089323	3.84
6	29.30	31.96	3.47	2.99	0.48	1.70	2.18	0.22	0.37	41.85	0.59	0.17	1.34	0.16	3.68	0.00	3.68	0.914542193	3.37	21.73	0.175525215	3.81
7	27.59	28.97	3.47	3.03	0.43	1.70	2.14	0.23	0.37	39.42	0.55	0.17	1.32	0.16	3.61	0.00	3.61	0.901026791	3.25	24.98	0.151556165	3.79
8	25.89	25.94	3.47	3.08	0.39	1.70	2.09	0.24	0.37	36.99	0.52	0.17	1.29	0.16	3.54	0.00	3.54	0.887711124	3.14	28.12	0.133584025	3.76
9	24.19	22.87	3.47	3.12	0.34	1.70	2.04	0.25	0.37	34.56	0.48	0.17	1.27	0.15	3.46	0.00	3.46	0.874592240	3.03	31.15	0.119609823	3.73
10	22.49	19.74	3.47	3.17	0.30	1.70	2.00	0.26	0.37	32.13	0.45	0.17	1.24	0.15	3.39	0.00	3.39	0.861667232	2.92	34.07	0.108434178	3.69
11	20.79	16.57	3.47	3.22	0.25	1.70	1.95	0.27	0.37	29.70	0.42	0.17	1.22	0.15	3.32	0.00	3.32	0.848033233	2.82	36.89	0.099203844	3.66
12	19.09	13.36	3.47	3.27	0.20	1.70	1.90	0.28	0.37	27.27	0.38	0.17	1.20	0.14	3.24	0.00	3.24	0.836387422	2.71	39.60	0.091679993	3.63
13	17.39	10.09	3.47	3.31	0.15	1.70	1.85	0.29	0.37	24.84	0.35	0.17	1.17	0.14	3.17	0.00	3.17	0.824027017	2.61	42.21	0.085240357	3.60
14	15.69	6.78	3.47	3.36	0.10	1.70	1.80	0.30	0.37	22.41	0.31	0.17	1.15	0.14	3.09	0.00	3.09	0.811849277	2.51	44.72	0.079723319	3.57
15	13.99	3.41	3.47	3.41	0.05	1.70	1.75	0.31	0.37	19.98	0.28	0.17	1.13	0.14	3.01	0.00	3.01	0.799851505	2.41	47.13	0.074944366	3.53
16	12.29	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	1.70	0.32	0.37	17.55	0.25	0.17	1.10	0.13	2.93	0.00	2.93	0.788031039	2.31	49.44	0.070765078	3.50
17	10.58	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	1.70	0.33	0.37	15.12	0.21	0.17	1.08	0.13	2.91	0.00	2.91	0.776386260	2.26	51.70	0.067079657	3.47
18	8.88	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	1.70	0.34	0.37	12.69	0.18	0.17	1.05	0.13	2.88	0.00	2.88	0.764911587	2.20	53.90	0.063805782	3.44
19	7.18	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	1.70	0.35	0.37	10.26	0.14	0.17	1.03	0.12	2.85	0.00	2.85	0.753607474	2.15	56.05	0.060878470	3.41
20	5.48	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	1.70	0.36	0.37	7.83	0.11	0.17	1.01	0.12	2.83	0.00	2.83	0.742470418	2.10	58.15	0.058245736	3.39
21	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.37	5.40	0.08	0.17	0.98	0.12	1.10	0.00	1.10	0.731497949	0.81	58.96	0.055865495	3.29
22	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.37	2.97	0.04	0.17	0.96	0.12	1.07	0.00	1.07	0.720687634	0.77	59.73	0.053703315	3.21
23	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.37	2.70	0.04	0.17	0.97	0.12	1.08	0.00	1.08	0.710037078	0.77	60.50	0.051730752	3.13
24	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.37	2.70	0.04	0.17	0.98	0.12	1.09	0.00	1.09	0.699543920	0.76	61.27	0.049924102	3.06
25	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.37	2.70	0.04	0.17	0.99	0.12	1.10	0.00	1.10	0.689205832	0.76	62.03	0.048263454	2.99
26	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.37	2.70	0.04	0.17	1.00	0.12	1.12	0.00	1.12	0.679020524	0.76	62.78	0.046731960	2.93
27	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.37	2.70	0.04	0.17	1.01	0.12	1.13	0.00	1.13	0.668985738	0.75	63.54	0.045315268	2.88
28	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.37	2.70	0.04	0.17	1.02	0.12	1.14	0.00	1.14	0.659099249	0.75	64.29	0.044001076	2.83
29	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.37	2.70	0.04	0.17	1.03	0.12	1.15	0.00	1.15	0.649358866	0.75	65.04	0.042778780	2.78
30	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.37	2.70	0.04	0.17	1.04	0.12	1.16	0.00	1.16	0.639762430	0.74	65.78	0.041639188	2.74
31	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.37	2.70	0.04	0.17	1.05	0.13	1.17	0.00	1.17	0.630307813	0.74	66.52	0.040574295	2.70
32	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.37	2.70	0.04	0.17	1.06	0.13	1.18	0.00	1.18	0.620992919	0.74	67.25	0.039577097	2.66
33	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.37	2.70	0.04	0.17	1.07	0.13	1.20	0.00	1.20	0.611815684	0.73	67.99	0.038641438	2.63
34	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.37	2.70	0.04	0.17	1.08	0.13	1.21	0.00	1.21	0.602774073	0.73	68.71	0.037761886	2.59
35	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.37	2.70	0.04	0.17	1.09	0.13	1.22	0.00	1.22	0.593866081	0.72	69.44	0.036933630	2.56
36	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.37	2.70	0.04	0.17	1.10	0.13	1.23	0.00	1.23	0.585089735	0.72	70.16	0.036152396	2.54
37	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.37	2.70	0.04	0.17	1.11	0.13	1.24	0.00	1.24	0.576443089	0.72	70.87	0.035414367	2.51
38	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.37	2.70	0.04	0.17	1.12	0.13	1.25	0.00	1.25	0.567924226	0.71	71.59	0.034716133	2.49
39	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.37	2.70	0.04	0.17	1.13	0.14	1.27	0.00	1.27	0.559531257	0.71	72.29	0.034054630	2.46
40	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.37	2.70	0.04	0.17	1.14	0.14	1.28	0.00	1.28	0.551262322	0.70	73.00	0.033427102	2.44

資料表 2－13(2)　発電原価計算用　年次別経費率表

地点名 ：	E 地点		簡易発電システム															発電原価の計算	
ケース ：	中小水力		条件 ：	使用水量	Q=	0.200	m³/s	最大出力	P=	14	kW							［補助考慮］	
a. 建設費	38.30	百万円			j. 人件費		0.680	%	s. 均等化経費	2.40	百万円			建設費＝	38.30	百万円			
b. 補助率	30.0	%			k. 市町村交付金率		1.400	%										耐用年数＝	20 年
c. 初年度簿価	26.81	百万円			修繕費	l. 初年度	0.310	%	注）1. 利用助成制度	中小水力				年間発電電力量＝	110.3	Mwh			
d. 金利	1.50	%				m. 年増分	0.019	%	2. 金利	公益企業金融公庫								年経費＝	2.40 百万円
e. 借入金返済期間	15	年			n. その他経費		0.310	%	3. 起債	なし				建設単価＝	347	円／kwh			
f. 据え置き年数	3	年			o. 一般管理費		12.000	%						（補助なし）				年経費率＝	6.273 %
g. 元利均等支払額	2.46	百万円			p. 割引率		1.50	%	4. 資本回収係数	$= \frac{o(1+o)^r}{(1+o)^r-1}$									
h. 残存率	10.0	%			q. 耐用年数		20	年						建設単価＝	243	円／kwh		**発電原価＝**	21.8 円／kwh
i. 減価償却費	1.21	百万円(= a(1 - b)(1-h)/q)			r. 交付税算入率		0.000	%	5. 現価係数	$= \frac{1}{(1+o)^t}$				（補助あり）					

（単位：百万円）

年次	簿価	借入額	元利均等支払額	元金支払分	金利（利子分）	減価償却費	資本経費	修繕費	人件費	市町村交付金対象額	市町村交付金	その他経費	直接経費	一般管理費（間接費）	経費合計	交付税算入額	実質経費合計	現価係数	現在価値	現価累計	資本回収係数	均等化経費
t	u	v	w	x	① (v×d)	② (i)	(①+②)	③ (al+a(t-1)m)	④ (a×j)	y	⑤ (y×k)	⑥ (a × n)	(Σ③～⑥)	⑦ (Σ③～⑥)×o	⑧ (Σ①～⑦)	z	⑧' (Σ①～⑦)	⑨	⑩ (⑧'×⑨)	⑪ (Σ⑩)	⑫	⑬ (⑪×⑫)
1	26.81	26.81	0.40	0.00	0.40	1.21	1.61	0.12	0.26	38.30	0.54	0.12	1.03	0.12	2.77	0.00	2.77	0.985221675	2.73	2.73	1.015000000	2.77
2	25.60	26.81	0.40	0.00	0.40	1.21	1.61	0.13	0.26	36.58	0.51	0.12	1.02	0.12	2.75	0.00	2.75	0.970661749	2.67	5.39	0.511277916	2.76
3	24.40	26.81	0.40	0.00	0.40	1.21	1.61	0.13	0.26	34.85	0.49	0.12	1.00	0.12	2.73	0.00	2.73	0.956316994	2.61	8.00	0.343382960	2.75
4	23.19	26.81	2.46	2.06	0.40	1.21	1.61	0.14	0.26	33.13	0.46	0.12	0.98	0.12	2.71	0.00	2.71	0.942184230	2.55	10.56	0.259444786	2.74
5	21.98	24.75	2.46	2.09	0.37	1.21	1.58	0.15	0.26	31.41	0.44	0.12	0.97	0.12	2.66	0.00	2.66	0.928260325	2.47	13.03	0.209089323	2.72
6	20.78	22.67	2.46	2.12	0.34	1.21	1.55	0.16	0.26	29.68	0.42	0.12	0.95	0.11	2.61	0.00	2.61	0.914542193	2.39	15.41	0.175525215	2.71
7	19.57	20.55	2.46	2.15	0.31	1.21	1.51	0.16	0.26	27.96	0.39	0.12	0.93	0.11	2.56	0.00	2.56	0.901026791	2.31	17.72	0.151556165	2.69
8	18.36	18.40	2.46	2.18	0.28	1.21	1.48	0.17	0.26	26.24	0.37	0.12	0.92	0.11	2.51	0.00	2.51	0.887711124	2.23	19.95	0.133584025	2.66
9	17.16	16.22	2.46	2.21	0.24	1.21	1.45	0.18	0.26	24.51	0.34	0.12	0.90	0.11	2.46	0.00	2.46	0.874692240	2.15	22.10	0.119609823	2.64
10	15.95	14.00	2.46	2.25	0.21	1.21	1.42	0.18	0.26	22.79	0.32	0.12	0.88	0.11	2.40	0.00	2.40	0.861667232	2.07	24.17	0.108434178	2.62
11	14.75	11.76	2.46	2.28	0.18	1.21	1.38	0.19	0.26	21.07	0.29	0.12	0.87	0.10	2.35	0.00	2.35	0.848933233	2.00	26.16	0.099293844	2.60
12	13.54	9.47	2.46	2.32	0.14	1.21	1.35	0.20	0.26	19.34	0.27	0.12	0.85	0.10	2.30	0.00	2.30	0.836387422	1.92	28.09	0.091679993	2.58
13	12.33	7.16	2.46	2.35	0.11	1.21	1.31	0.21	0.26	17.62	0.25	0.12	0.83	0.10	2.25	0.00	2.25	0.824027017	1.85	29.94	0.085240357	2.55
14	11.13	4.81	2.46	2.39	0.07	1.21	1.28	0.21	0.26	15.89	0.22	0.12	0.82	0.10	2.19	0.00	2.19	0.811849277	1.78	31.72	0.079723319	2.53
15	9.92	2.42	2.46	2.42	0.04	1.21	1.24	0.22	0.26	14.17	0.20	0.12	0.80	0.10	2.14	0.00	2.14	0.799851505	1.71	33.43	0.074944356	2.51
16	8.71	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	1.21	0.23	0.26	12.45	0.17	0.12	0.78	0.09	2.08	0.00	2.08	0.788031039	1.64	35.07	0.070765078	2.48
17	7.51	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	1.21	0.24	0.26	10.72	0.15	0.12	0.76	0.09	2.06	0.00	2.06	0.776385260	1.60	36.67	0.067079657	2.46
18	6.30	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	1.21	0.24	0.26	9.00	0.13	0.12	0.75	0.09	2.04	0.00	2.04	0.764911587	1.56	38.23	0.063805782	2.44
19	5.09	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	1.21	0.25	0.26	7.28	0.10	0.12	0.73	0.09	2.02	0.00	2.02	0.753607474	1.53	39.76	0.060878470	2.42
20	3.89	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	1.21	0.26	0.26	5.55	0.08	0.12	0.71	0.09	2.01	0.00	2.01	0.742470418	1.49	41.25	0.058245736	2.40
21	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.26	3.83	0.05	0.12	0.70	0.08	0.78	0.00	0.78	0.731497949	0.57	41.82	0.055865495	2.34
22	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.26	2.11	0.03	0.12	0.68	0.08	0.76	0.00	0.76	0.720687634	0.55	42.37	0.053703315	2.28
23	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.26	1.92	0.03	0.12	0.68	0.08	0.77	0.00	0.77	0.710037078	0.54	42.91	0.051730752	2.22
24	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.26	1.92	0.03	0.12	0.69	0.08	0.78	0.00	0.78	0.699543920	0.54	43.45	0.049924102	2.17
25	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.26	1.92	0.03	0.12	0.70	0.08	0.78	0.00	0.78	0.689205832	0.54	43.99	0.048263454	2.12
26	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.26	1.92	0.03	0.12	0.71	0.08	0.79	0.00	0.79	0.679020524	0.54	44.53	0.046731960	2.08
27	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.26	1.92	0.03	0.12	0.71	0.09	0.80	0.00	0.80	0.668985738	0.53	45.07	0.045315268	2.04
28	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.26	1.92	0.03	0.12	0.72	0.09	0.81	0.00	0.81	0.659099249	0.53	45.60	0.044001076	2.01
29	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.26	1.92	0.03	0.12	0.73	0.09	0.82	0.00	0.82	0.649358866	0.53	46.13	0.042778780	1.97
30	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.26	1.92	0.03	0.12	0.74	0.09	0.82	0.00	0.82	0.639762430	0.53	46.65	0.041639188	1.94
31	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.26	1.92	0.03	0.12	0.74	0.09	0.83	0.00	0.83	0.630307813	0.52	47.18	0.040574295	1.91
32	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.26	1.92	0.03	0.12	0.75	0.09	0.84	0.00	0.84	0.620992919	0.52	47.70	0.039577097	1.89
33	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.26	1.92	0.03	0.12	0.76	0.09	0.85	0.00	0.85	0.611816684	0.52	48.22	0.038641438	1.86
34	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.26	1.92	0.03	0.12	0.76	0.09	0.86	0.00	0.86	0.602774073	0.52	48.74	0.037761886	1.84
35	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.26	1.92	0.03	0.12	0.77	0.09	0.86	0.00	0.86	0.593866081	0.51	49.25	0.036933630	1.82
36	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.26	1.92	0.03	0.12	0.78	0.09	0.87	0.00	0.87	0.585089735	0.51	49.76	0.036152396	1.80
37	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.26	1.92	0.03	0.12	0.79	0.09	0.88	0.00	0.88	0.576443089	0.51	50.27	0.035414367	1.78
38	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.26	1.92	0.03	0.12	0.79	0.10	0.89	0.00	0.89	0.567924226	0.51	50.77	0.034716133	1.76
39	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.26	1.92	0.03	0.12	0.80	0.10	0.90	0.00	0.90	0.559531257	0.50	51.28	0.034054630	1.75
40	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.26	1.92	0.03	0.12	0.81	0.10	0.91	0.00	0.91	0.551262322	0.50	51.78	0.033427102	1.73

資料－３　電気事業法の届出および河川法に係る許可申請事例等

工 事 計 画 届 出 書

（〇〇発電所の新設工事）

平成〇〇年〇〇月〇〇日

〇〇産業保安監督部長
殿

住　所
氏　名（名称及び代表者の氏名）㊞

電気事業法第 48 条第 1 項の規定により別紙工事計画書のとおり工事の計画を届け出ます。

目　次

【1】　工事計画書 ……

【2】　工事工程表 ……

【3】　添付書類 ……

A．諸 説 明 書 ……

B．流 量 資 料 ……

C．諸 計 算 書 ……

D．添付図面目録 ……

【4】　参考資料 ……

【1】工事計画書

Ａ．一般記載事項

① 発電所の名称及び位置	
名　　称	○○発電所
位　　置	○○県○○郡○○村大字○○字○○
② 発電所の出力及び周波数	
出　　力	最　大：　○○ ｋW
	常　時：　○○ ｋW
	常時せん頭：　――
周　波　数	○○ Ｈｚ
③ 使用水量、有効落差及び理論水力	
使　用　水　量	最　大：　○○ m^3／ｓ
	常　時：　○○ m^3／ｓ
	常時せん頭：　――
有　効　落　差	最　大：　○○ ｍ
	常　時：　○○ ｍ
	常時せん頭：　――
理　論　水　力	最　大：　○○ ｋW
	常　時：　○○ ｋW
	常時せん頭：　――

Ｂ．設備別記載事項

１．水力設備

① 取　水　設　備	
取水する河川名	○○川水系○○川（一級河川）
取水地点の位置	○○県○○郡○○村大字○○字○○ （○○川○岸）
取水の方法	既設砂防えん堤○岸袖部（○○川○岸）に孔を開け、最大○○m^3／ｓを取水。 （側方取水方式）
取水口の主要寸法	幅：　○○ ｍ 長さ：　○○ ｍ 延長：　○○ ｍ （孔開け部分○○m含む）
取水口敷標高	ＥＬ　○○ ｍ
制水門の種類	○○ゲート　○ 門
制水門の主要寸法	幅：　○○ ｍ 高さ：　○○ ｍ
② 沈　砂　池	沈砂池は、ヘッドタンクと兼用する等の理由により省略する。
③ 導　水　路	
導水路の主要寸法	延長：　○○ ｍ 圧力：　無　圧 勾配：　○：○○ 断面寸歩：　φ○○ ㎜ 管種：　○○ 管 管厚：　○○ ㎜

④ 放　水　路	
放水する河川名	○○川水系○○川（一級河川）
放水地点の位置	○○県○○郡○○村大字○○字○○ （○○川○岸）
放水路の主要寸法	延長：　○○ m
	圧力：　無　圧
	勾配：　○：○○
放水口の主要寸法	幅：　○○ m
	高さ：　○○ m
	厚さ：　○○ m
放水口敷標高	ＥＬ　○○ m
⑤ ヘッドタンク	
種類及び圧力	鉄筋コンクリート造り、無圧
主要寸法	幅：　○○ m
	深さ：　○○～○○ m
	長さ：　○○ m
⑥ 水圧管路	
圧　　力	○○ ＭＰａ
管胴本体の長さ	○○ m
管　　厚	○○ ㎜
内　　径	○○ m
材　　料	ＳＴＰＹ
	（配管用アーク溶接炭素鋼鋼管）
接合方法	○○ 溶接
支持方法	アンカーブロック、小支台
アンカーブロックの個数	○○ 個
小支台の種類	サドルサポート

⑦ 水　　車	
種　類	○○ 水車
出　力	○○ ｋW
回転速度	○○ ｒ／min
調速機の種類	○○ 式
制水弁の種類	○○ 型弁
制水弁の主要寸法	φ○○ ㎜

２．電　気　設　備

① 発　電　機		
種　類		○○
容　量		○○ ｋＶＡ
力　率		○○ ％（定格出力時）
電　圧		○○ Ｖ
相　数		○○ 相
周　波　数		○○ Ｈｚ
回　転　数		○○ ｒ／min（同期速度）
結　線　法		○○
冷　却　法　式		○○ 型
励　磁　装　置		○○発電機を採用するため不要
保護継電装置の種類		○○継電器
		○○継電器
		○○継電器
		○○継電器
		○○継電器
② 変　圧　器		
(1) 主要変圧器		
1) 種　類		○○変圧器
容　量		○○ ｋＶＡ
電　圧	１次	○○ ｋＶ
	２次	○○ ｋＶ
相		○○ 相
周　波　数		○○ Ｈｚ
結　線　方　法		△－△
冷　却　法　式		自冷
台　数	常用	１ 台
	予備	０ 台

2) 保護装置の種類	
遮　断　用	○○継電器
	○○継電器
	○○継電器
	○○継電器
(2) 所内用変圧器	
1) 種　類	○○変圧器
容　量	○○ ｋＶＡ
電　圧	１次　○○ ｋＶ
	２次　○○ Ｖ
相　数	○○ 相
周　波　数	○○ Ｈｚ
結　線　方　法	△－ 人
冷　却　法　式	自　冷
台　数	常用　１ 台
	予備　０ 台
2) 保護装置の種類	
遮　断　用	過電流（電力フューズ）
警　報　用	温度上昇継電器（ダイヤル温度計）
③　電圧調整器又は電圧位相調整器	－
④　調相機	－
⑤　電力用コンデンサー	
用　途	力率改善用
容　量	○○ ｋＶａｒ
電　圧	○○ Ｖ
相　数	○○ 相

⑥ 分岐リアクトル又は限流リアクトル	－
⑦ 周波数変圧機器又は整流機器	
⑧ 遮 断 器	
(1) 送電用遮断器	
1) 種 類	真空遮断機
電 圧	○○ ｋＶ
電 流	○○ Ａ
遮 断 電 流	○○ ｋＡ
2) 保護装置の種類	－
(2) 並列用遮断器	
1) 種 類	空気遮断機
電 圧	○○ Ｖ
電 流	○○ Ａ
遮 断 電 流	○○ ｋＡ
2) 保護装置の種類	－
⑨ 中性点接地装置	－

３．附帯設備

① 発電所の運転を管理するための制御装置 制　御　方　式	 随時監視制御方式

許　可　申　請　書

平成○○年○○月○○日

国土交通省
○○地方整備局長　殿

申請者　住　所
氏　名

別紙のとおり、河川法第２３条、２４条及び２６条第１項の許可を申請します。

（ 水　利　使　用 ）

１．河川の名称

一級河川　○○水系○○川

２．水利使用の目的

水力発電のため　（○○発電所）

３．　取水口・注水口及び放水口の位置

(1)　取水口の位置

○○県○○郡○○村大字○○字○○地先　（○○川○岸）

(2)　放水口の位置

○○県○○郡○○村大字○○字○○地先　（○○川○岸）

４．取水量等

(1)　最大取水量　　○．○○m^3／s

(2)　使用水量

最大使用水量　○．○○m^3／s

常時使用水量　○．○○m^3／s

(3)　総落差

最大出力時　　○○．○○m

常時出力時　　○○．○○m

(4)　有効落差

最大出力時　　○○．○○m

常時出力時　　○○．○○m

(5)　理論水力

最大理論水力　○○ｋW

常時理論水力　○○ｋW

(6)　発電力

最大出力　　○○ｋW

常時出力　　○○ｋW

理論水力　$P = g \times Q \times H$

g：重力加速度（m／s^2）

発電力　$P' = P \times \eta_T \times \eta_G$

P ：理論水力　（ｋW）

（最大）　（常時）

５．取水の方法

○○水系○○川の既設砂防えん堤（管理：○○○○○）の袖部を開口し、河川流量が河川維持流量○○m³／ｓを越える場合に限り最大○○m³／ｓを取水し、延長　○○mの導水路でヘッドタンクに導く。

ヘッドタンクより落差○○mを利用して、最大出力○○ｋWの発電を行い、○○川○岸に放流する。

６．河川維持流量

河川維持流量は、本計画により減水区間となる取水口より放水口までの約○○m区間に対して「流水の正常な機能を維持するための流量（正常流量）」として検討した。

減水区間で対象となる検討項目は、「動植物の保護」及び「景観」の２項目であり、河川維持流量としては、○○m³／ｓを放流することとした。以下に決定理由を示す。詳細は、「別冊　正常流量の検討書」を参照。

・動植物（魚類）のための必要流量

対象区域に特筆する貴重種が生息していないため、主に対象区域に生息する○○と○○を対象とする。

評価基準としては、産卵箇所で○○は○○㎝の水深、○○は○○㎝の水深が必要とされる。一方移動時は、○○・○○ともに○○㎝の水深が必要とされている。よって、必要水深は、条件の厳しい○○の産卵箇所での水深○○㎝とし、この条件を満たす流量として○○m³／ｓを放流することとした。

・景　観

景観からの必要流量として、代表的な河川景観を得ることが出来る場所や人と河川の関わりの深い場所において、良好な景観の維持・形成を図るために必要な水理条件を満足する流量であり、河川幅における水面幅の割合が○○%以上を満たす流量として○○m³／ｓを放流することとした。

河川維持流量の放流方法は、取水設備直下流の取水路内底部に維持放流管（φ○○㎜）を設置し、水路内の水圧により○○m³／ｓを放流する。

７．工作物および土地の占有

名称又は種類	工作物の位置 又は占用の場所	構造物の構造 又は能力	占用 面積	摘　要
取　水　口	○○県○○郡○○村大字 ○○川字○○地先	型式）コンクリート造り 高さ）○○m 幅　）○○m	○○㎡	
導　水　路	○○県○○郡○○村大字 ○○川字○○地先	型式）○○ 内径）φ○○㎜ 延長）○○m	－	河　川 区域外
ヘッドタンク	○○県○○郡○○村大字 ○○川字○○地先	型式）コンクリート造り 高さ）○○～○○m 幅　）○○m	－	河　川 区域外
水圧管路	○○県○○郡○○村大字 ○○川字○○地先	型式）○○ 内径）φ○○㎜ 延長）○○m 条数）１条	－	河　川 区域外
水車・発電機	○○県○○郡○○村大字 ○○川字○○地先	【水車】 型式）○○水車 出力）○○ｋW 台数）○台 【発電機】 型式）○○発電機 出力）○○ｋW 台数）○台	－	河　川 区域外
放　水　路	○○県○○郡○○村大字 ○○川字○○地先	型式）コンクリート造り 高さ）○○m 幅　）○○m 延長）○○m	○○㎡	

８．土地の掘削等

特になし

９．水利使用の期間

許可の日より３０年間

１０．工事工期

許可の日から平成○○年○○月○○日

申 請 に 係 る 添 付 図 書
目　　次

Ⅰ．河川法施行規則第１１条第２項第一号に基づく図書

(1)　水利使用に係る事業の計画概要

(2)　使用水量の算出根拠

(3)　河川の流量と申請に係る取水量及び
　　関係河川使用者の取水量との関係を明らかにする計算

(4)　水利使用による影響で、次に掲げる事項に関するもの及びその対策の概要

①　治　水

②　関係河川使用者の河川の使用

③　竹木の流送又は舟若しくはいかだの通航

④　漁　業

⑤　史跡、名勝及び天然記念物

(5)　法第44条第一項のダムを設置するときは、貯水池となるべき土地の現況及び当該ダムによる流水の貯留により損失を受けるものに対する措置の概要

Ⅱ．河川法施行規則第１１条第２項第二号の規定に基づく図書

(1)　計算書　（別添－１を参照）
　　（工作物に関する水理計算書）
　　（工作物に関する構造計算書）
　　（占用面積計算表）

(2)　付　　表
　　（流　量　表）　（別紙－１を参照）
　　（工事工程表）　（別紙－２を参照）

(3)　図　　面　（別添を参照）

(4)　工事費概算書

(5)　その他工事計画に関し、参考となるべき事項を記載した図書
　①　発電規模に関する検討書　（別紙－３を参照）
　②　工事の実施方法を記載した図書　（別紙－４を参照）

Ⅲ．河川法施行規則第１１条第２項第三号に基づく図書

Ⅳ．河川法施行規則第１１条第２項第第四号に基づく図書

Ⅴ．河川法施行規則第１１条第２項第五号に基づく図書 ――――――――――

Ⅵ．河川法施行規則第１１条第２項第六号に基づく図書 ――――――――――

Ⅶ．河川法施行規則第１１条第２項第七号に基づく図書 ――――――――――

様式第４１

保安規程届出書

年　　月　　日

殿

住　所
氏　名（名称及び代表者の氏名）　　印

電気事業法第４２条第１項の規定により別紙のとおり保安規程を定めたので届け出ます。

備考　１　用紙の大きさは、日本工業規格Ａ４とすること。
　　２　氏名を記載し、押印することに代えて、署名することができる。この場合において、署名は必ず本人が自署するものとする。

様式第４２

保安規程変更届出書

年　　月　　日

殿

住　所
氏　名（名称及び代表者の氏名）

次のとおり保安規程を変更したので、電気事業法第４２条第２項の規定により届け出ます。

変更の内容	
変更年月日	

備考　用紙の大きさは、日本工業規格Ａ４とすること。

様式第４３

保安管理業務外部委託承認申請書

年　　月　　日

殿

住　所
氏　名（名称及び代表者の氏名）　　印

電気事業法施行規則第５２条第２項の規定により承認を受けたいので申請します。

主任技術者を選任しない事業場	名称及び所在地	
	電気工作物の概要	
委託契約の相手方	氏名及び生年月日	
	住所	
	主任技術者免状の種類及び番号	
委託契約を締結した年月日		

備考　１　主任技術者免状の種類及び番号の欄は、委託契約の相手方が法人である場合は、省略すること。

２　用紙の大きさは、日本工業規格Ａ４とすること。

３　氏名を記載し、押印することに代えて、署名することができる。この場合において、署名は必ず本人が自署するものとする。

様式第４４

主任技術者兼任承認申請書

年　　月　　日

殿

住　所
氏　名（名称及び代表者の氏名）　　印

電気事業法施行規則第５２条第３項ただし書の規定により次のとおり主任技術者の兼任の承認を受けたいので申請します。

兼任させようとする主任技術者	氏名及び生年月日	
	住所	
	主任技術者免状の種類及び番号	
選任しようとする事業場の名称及び所在地		
既に選任されている事業場	名称及び所在地	
	選任された期日	

備考　１　法附則第７項又は第８項の規定により法第４４条第１項の主任技術者免状の交付を受けている者とみなされた者に係る場合は、その旨を主任技術者免状の種類及び番号の欄に記載すること。

２　用紙の大きさは、日本工業規格Ａ４とすること。

３　氏名を記載し、押印することに代えて、署名することができる。この場合において、署名は必ず本人が自署するものとする。

様式第４５

主任技術者選任許可申請書

年　　月　　日

殿

住　所
氏　名（名称及び代表者の氏名）　　印

電気事業法第４３条第２項の規定により次のとおり主任技術者の選任の許可を受けたいので申請します。

主任技術者を選任する事業場の名称及び所在地		
選任する主任技術者	氏名及び生年月日	
	住　　所	
主任技術者の監督に係る電気工作物の概要		

備考　１　用紙の大きさは、日本工業規格Ａ４とすること。
　　２　氏名を記載し、押印することに代えて、署名することができる。この場合において、署名は必ず本人が自署するものとする。

様式第４６

主任技術者選任又は解任届出書

平成　　年　　月　　日

殿

住　所
氏　名（名称及び代表者の氏名）　　印

次のとおり主任技術者の選任又は解任をしたので、電気事業法第４３条第３項の規定により届け出ます。

主任技術者を選任又は解任した事業場の名称及び所在地		
選任した主任技術者	氏名及び生年月日	
	住所	
	主任技術者免状の種類及び番号	
	主任技術者が主任技術者の職務以外の職務を行っているときは、その職務の内容	
	主任技術者の監督に係る電気工作物の概要	
	選任年月日	
解任した主任技術者	氏名及び生年月日	
	住所	
	主任技術者免状の種類及び番号	
	解任年月日	

備考　１　法附則第７項又は第８項の規定により法第４４条第１項の主任技術者免状の交付を受けている者とみなされた者に係る場合は、その旨を主任技術者免状の種類及び番号の欄に記載すること。

２　届出の内容が選任又は解任に限られるときは、それぞれ解任した主任技術者又は選任した主任技術者の欄を斜線により削除すること。

３　用紙の大きさは、日本工業規格Ａ４とすること。

４　氏名を記載し、押印することに代えて、署名することができる。この場合において、署名は必ず本人が自署するものとする。

巻末資料－14　電気事業法の届出および河川法に係る許可申請事例等

工 事 計 画 届 出 書

（〇〇発電所の新設工事）

平成〇〇年〇〇月〇〇日

〇〇産業保安監督部長
殿

住　所
氏　名（名称及び代表者の氏名）㊞

電気事業法第 48 条第 1 項の規定により別紙工事計画書のとおり工事の計画を届け出ます。

目　次

【1】　工事計画書 ……

【2】　工事工程表 ……

【3】　添付書類 ……

A．諸 説 明 書 ……

B．流 量 資 料 ……

C．諸 計 算 書 ……

D．添付図面目録 ……

【4】　参考資料 ……

【1】工事計画書

Ａ．一般記載事項

① 発電所の名称及び位置	
名　　称	○○発電所
位　　置	○○県○○郡○○村大字○○字○○
② 発電所の出力及び周波数	
出　　力	最　大：　○○ ｋW
	常　時：　○○ ｋW
	常時せん頭：　――
周　波　数	○○ Ｈｚ
③ 使用水量、有効落差及び理論水力	
使　用　水　量	最　大：　○○ m^3／ｓ
	常　時：　○○ m^3／ｓ
	常時せん頭：　――
有　効　落　差	最　大：　○○ ｍ
	常　時：　○○ ｍ
	常時せん頭：　――
理　論　水　力	最　大：　○○ ｋW
	常　時：　○○ ｋW
	常時せん頭：　――

B．設備別記載事項

１．水力設備

① 取　水　設　備	
取水する河川名	○○川水系○○川（一級河川）
取水地点の位置	○○県○○郡○○村大字○○字○○ （○○川○岸）
取水の方法	既設砂防えん堤○岸袖部（○○川○岸）に孔を開け、最大○○m^3／ｓを取水。 （側方取水方式）
取水口の主要寸法	幅：　○○ ｍ 長さ：　○○ ｍ 延長：　○○ ｍ （孔開け部分○○m含む）
取水口敷標高	ＥＬ　○○ ｍ
制水門の種類	○○ゲート　○ 門
制水門の主要寸法	幅：　○○ ｍ 高さ：　○○ ｍ
② 沈　砂　池	沈砂池は、ヘッドタンクと兼用する等の理由により省略する。
③ 導　水　路	
導水路の主要寸法	延長：　○○ ｍ 圧力：　無　圧 勾配：　○：○○ 断面寸歩：　φ○○ ㎜ 管種：　○○ 管 管厚：　○○ ㎜

④ 放　水　路	
放水する河川名	○○川水系○○川（一級河川）
放水地点の位置	○○県○○郡○○村大字○○字○○ （○○川○岸）
放水路の主要寸法	延長：　○○ m
	圧力：　無　圧
	勾配：　○：○○
放水口の主要寸法	幅：　○○ m
	高さ：　○○ m
	厚さ：　○○ m
放水口敷標高	ＥＬ　○○ m
⑤ ヘッドタンク	
種類及び圧力	鉄筋コンクリート造り、無圧
主要寸法	幅：　○○ m
	深さ：　○○～○○ m
	長さ：　○○ m
⑥ 水圧管路	
圧　　力	○○ ＭＰａ
管胴本体の長さ	○○ m
管　　厚	○○ ㎜
内　　径	○○ m
材　　料	ＳＴＰＹ
	（配管用アーク溶接炭素鋼鋼管）
接合方法	○○ 溶接
支持方法	アンカーブロック、小支台
アンカーブロックの個数	○○ 個
小支台の種類	サドルサポート

⑦ 水　　車	
種　類	○○ 水車
出　力	○○ ｋW
回転速度	○○ ｒ／min
調速機の種類	○○ 式
制水弁の種類	○○ 型弁
制水弁の主要寸法	φ○○ ㎜

２．電　気　設　備

① 発　電　機	
種　類	○○
容　量	○○ ｋＶＡ
力　率	○○ ％（定格出力時）
電　圧	○○ Ｖ
相　数	○○ 相
周　波　数	○○ Ｈｚ
回　転　数	○○ ｒ／min（同期速度）
結　線　法	○○
冷　却　法　式	○○ 型
励　磁　装　置	○○発電機を採用するため不要
保護継電装置の種類	○○継電器
	○○継電器
	○○継電器
	○○継電器
	○○継電器
② 変　圧　器	
(1) 主要変圧器	
1) 種　類	○○変圧器
容　量	○○ ｋＶＡ
電　圧	１次　○○ ｋＶ
	２次　○○ ｋＶ
相	○○ 相
周　波　数	○○ Ｈｚ
結　線　方　法	△－△
冷　却　法　式	自冷
台　数	常用　１ 台
	予備　０ 台

2) 保護装置の種類	
遮　断　用	○○継電器
	○○継電器
	○○継電器
	○○継電器
(2) 所内用変圧器	
1) 種　類	○○変圧器
容　量	○○ ｋＶＡ
電　圧	１次　○○ ｋＶ
	２次　○○ Ｖ
相　数	○○ 相
周　波　数	○○ Ｈｚ
結　線　方　法	△－ 人
冷　却　法　式	自　冷
台　数	常用　１ 台
	予備　０ 台
2) 保護装置の種類	
遮　断　用	過電流（電力フューズ）
警　報　用	温度上昇継電器（ダイヤル温度計）
③　電圧調整器又は電圧位相調整器	－
④　調相機	－
⑤　電力用コンデンサー	
用　途	力率改善用
容　量	○○ ｋＶａｒ
電　圧	○○ Ｖ
相　数	○○ 相

⑥ 分岐リアクトル又は限流リアクトル	－
⑦ 周波数変圧機器又は整流機器	
⑧ 遮 断 器	
(1) 送電用遮断器	
1) 種 類	真空遮断機
電 圧	○○ ｋＶ
電 流	○○ Ａ
遮 断 電 流	○○ ｋＡ
2) 保護装置の種類	－
(2) 並列用遮断器	
1) 種 類	空気遮断機
電 圧	○○ Ｖ
電 流	○○ Ａ
遮 断 電 流	○○ ｋＡ
2) 保護装置の種類	－
⑨ 中性点接地装置	－

３．附帯設備

① 発電所の運転を管理するための制御装置 制　御　方　式	 随時監視制御方式

許　可　申　請　書

平成○○年○○月○○日

国土交通省
○○地方整備局長　殿

申請者　住　所
氏　名

別紙のとおり、河川法第２３条、２４条及び２６条第１項の許可を申請します。

（ 水　利　使　用 ）

１．河川の名称

一級河川　○○水系○○川

２．水利使用の目的

水力発電のため　（○○発電所）

３．　取水口・注水口及び放水口の位置

(1)　取水口の位置

○○県○○郡○○村大字○○字○○地先　（○○川○岸）

(2)　放水口の位置

○○県○○郡○○村大字○○字○○地先　（○○川○岸）

４．取水量等

(1)　最大取水量　　○．○○m^3／s

(2)　使用水量

最大使用水量　○．○○m^3／s

常時使用水量　○．○○m^3／s

(3)　総落差

最大出力時　　○○．○○m

常時出力時　　○○．○○m

(4)　有効落差

最大出力時　　○○．○○m

常時出力時　　○○．○○m

(5)　理論水力

最大理論水力　○○ｋW

常時理論水力　○○ｋW

(6)　発電力

最大出力　　○○ｋW

常時出力　　○○ｋW

理論水力　$P = g \times Q \times H$

g：重力加速度（m／s^2）

発電力　$P' = P \times \eta_T \times \eta_G$

P ：理論水力　（ｋW）

（最大）　（常時）

５．取水の方法

○○水系○○川の既設砂防えん堤（管理：○○○○○）の袖部を開口し、河川流量が河川維持流量○○m^3／ｓを越える場合に限り最大○○m^3／ｓを取水し、延長　○○ｍの導水路でヘッドタンクに導く。

ヘッドタンクより落差○○ｍを利用して、最大出力○○ｋＷの発電を行い、○○川○岸に放流する。

６．河川維持流量

河川維持流量は、本計画により減水区間となる取水口より放水口までの約○○ｍ区間に対して「流水の正常な機能を維持するための流量（正常流量）」として検討した。

減水区間で対象となる検討項目は、「動植物の保護」及び「景観」の２項目であり、河川維持流量としては、○○m^3／ｓを放流することとした。以下に決定理由を示す。詳細は、「別冊　正常流量の検討書」を参照。

・動植物（魚類）のための必要流量

対象区域に特筆する貴重種が生息していないため、主に対象区域に生息する○○と○○を対象とする。

評価基準としては、産卵箇所で○○は○○㎝の水深、○○は○○㎝の水深が必要とされる。一方移動時は、○○・○○ともに○○㎝の水深が必要とされている。よって、必要水深は、条件の厳しい○○の産卵箇所での水深○○㎝とし、この条件を満たす流量として○○m^3／ｓを放流することとした。

・景　観

景観からの必要流量として、代表的な河川景観を得ることが出来る場所や人と河川の関わりの深い場所において、良好な景観の維持・形成を図るために必要な水理条件を満足する流量であり、河川幅における水面幅の割合が○○％以上を満たす流量として○○m^3／ｓを放流することとした。

河川維持流量の放流方法は、取水設備直下流の取水路内底部に維持放流管（φ○○㎜）を設置し、水路内の水圧により○○m^3／ｓを放流する。

７．工作物および土地の占有

名称又は種類	工作物の位置 又は占用の場所	構造物の構造 又は能力	占用 面積	摘　要
取　水　口	○○県○○郡○○村大字 ○○川字○○地先	型式）コンクリート造り 高さ）○○m 幅　）○○m	○○㎡	
導　水　路	○○県○○郡○○村大字 ○○川字○○地先	型式）○○ 内径）φ○○㎜ 延長）○○m	－	河　川 区域外
ヘッドタンク	○○県○○郡○○村大字 ○○川字○○地先	型式）コンクリート造り 高さ）○○～○○m 幅　）○○m	－	河　川 区域外
水圧管路	○○県○○郡○○村大字 ○○川字○○地先	型式）○○ 内径）φ○○㎜ 延長）○○m 条数）１条	－	河　川 区域外
水車・発電機	○○県○○郡○○村大字 ○○川字○○地先	【水車】 型式）○○水車 出力）○○ｋW 台数）○台 【発電機】 型式）○○発電機 出力）○○ｋW 台数）○台	－	河　川 区域外
放　水　路	○○県○○郡○○村大字 ○○川字○○地先	型式）コンクリート造り 高さ）○○m 幅　）○○m 延長）○○m	○○㎡	

８．土地の掘削等

特になし

９．水利使用の期間

許可の日より３０年間

１０．工事工期

許可の日から平成○○年○○月○○日

申 請 に 係 る 添 付 図 書
目　　次

Ⅰ．河川法施行規則第１１条第２項第一号に基づく図書

(1)　水利使用に係る事業の計画概要

(2)　使用水量の算出根拠

(3)　河川の流量と申請に係る取水量及び
　　関係河川使用者の取水量との関係を明らかにする計算

(4)　水利使用による影響で、次に掲げる事項に関するもの及びその対策の概要

①　治　水

②　関係河川使用者の河川の使用

③　竹木の流送又は舟若しくはいかだの通航

④　漁　業

⑤　史跡、名勝及び天然記念物

(5)　法第44条第一項のダムを設置するときは、貯水池となるべき土地の現況及び当該ダムによる流水の貯留により損失を受けるものに対する措置の概要

Ⅱ．河川法施行規則第１１条第２項第二号の規定に基づく図書

(1)　計算書　（別添－１を参照）
　　（工作物に関する水理計算書）
　　（工作物に関する構造計算書）
　　（占用面積計算表）

(2)　付　　表
　　（流　量　表）　（別紙－１を参照）
　　（工事工程表）　（別紙－２を参照）

(3)　図　　面　（別添を参照）

(4)　工事費概算書

(5)　その他工事計画に関し、参考となるべき事項を記載した図書
　①　発電規模に関する検討書　（別紙－３を参照）
　②　工事の実施方法を記載した図書　（別紙－４を参照）

Ⅲ．河川法施行規則第１１条第２項第三号に基づく図書

Ⅳ．河川法施行規則第１１条第２項第第四号に基づく図書

Ⅴ．河川法施行規則第１１条第２項第五号に基づく図書 ――――――――――

Ⅵ．河川法施行規則第１１条第２項第六号に基づく図書 ――――――――――

Ⅶ．河川法施行規則第１１条第２項第七号に基づく図書 ――――――――――

様式第４１

保安規程届出書

年　　月　　日

殿

住　所
氏　名（名称及び代表者の氏名）　　印

電気事業法第４２条第１項の規定により別紙のとおり保安規程を定めたので届け出ます。

備考　１　用紙の大きさは、日本工業規格Ａ４とすること。
　　２　氏名を記載し、押印することに代えて、署名することができる。この場合において、署名は必ず本人が自署するものとする。

様式第４２

保安規程変更届出書

年　　月　　日

殿

住　所
氏　名（名称及び代表者の氏名）

次のとおり保安規程を変更したので、電気事業法第４２条第２項の規定により届け出ます。

変更の内容	
変更年月日	

備考　用紙の大きさは、日本工業規格Ａ４とすること。

様式第４３

保安管理業務外部委託承認申請書

年　　月　　日

殿

住　所
氏　名（名称及び代表者の氏名）　　印

電気事業法施行規則第５２条第２項の規定により承認を受けたいので申請します。

主任技術者を選任しない事業場	名称及び所在地	
	電気工作物の概要	
委託契約の相手方	氏名及び生年月日	
	住所	
	主任技術者免状の種類及び番号	
委託契約を締結した年月日		

備考　１　主任技術者免状の種類及び番号の欄は、委託契約の相手方が法人である場合は、省略すること。

２　用紙の大きさは、日本工業規格Ａ４とすること。

３　氏名を記載し、押印することに代えて、署名することができる。この場合において、署名は必ず本人が自署するものとする。

様式第４４

主任技術者兼任承認申請書

年　　月　　日

殿

住　所
氏　名（名称及び代表者の氏名）　　印

電気事業法施行規則第５２条第３項ただし書の規定により次のとおり主任技術者の兼任の承認を受けたいので申請します。

兼任させようとする主任技術者	氏名及び生年月日	
	住所	
	主任技術者免状の種類及び番号	
選任しようとする事業場の名称及び所在地		
既に選任されている事業場	名称及び所在地	
	選任された期日	

備考　１　法附則第７項又は第８項の規定により法第４４条第１項の主任技術者免状の交付を受けている者とみなされた者に係る場合は、その旨を主任技術者免状の種類及び番号の欄に記載すること。

２　用紙の大きさは、日本工業規格Ａ４とすること。

３　氏名を記載し、押印することに代えて、署名することができる。この場合において、署名は必ず本人が自署するものとする。

様式第４５

主任技術者選任許可申請書

年　　月　　日

殿

住　所
氏　名（名称及び代表者の氏名）　　印

電気事業法第４３条第２項の規定により次のとおり主任技術者の選任の許可を受けたいので申請します。

主任技術者を選任する事業場の名称及び所在地		
選任する主任技術者	氏名及び生年月日	
	住所	
主任技術者の監督に係る電気工作物の概要		

備考　１　用紙の大きさは、日本工業規格Ａ４とすること。
　　２　氏名を記載し、押印することに代えて、署名することができる。この場合において、署名は必ず本人が自署するものとする。

様式第４６

主任技術者選任又は解任届出書

平成　　年　　月　　日

殿

住　所
氏　名（名称及び代表者の氏名）　　印

次のとおり主任技術者の選任又は解任をしたので、電気事業法第４３条第３項の規定により届け出ます。

主任技術者を選任又は解任した事業場の名称及び所在地		
選任した主任技術者	氏名及び生年月日	
	住所	
	主任技術者免状の種類及び番号	
	主任技術者が主任技術者の職務以外の職務を行っているときは、その職務の内容	
	主任技術者の監督に係る電気工作物の概要	
	選任年月日	
解任した主任技術者	氏名及び生年月日	
	住所	
	主任技術者免状の種類及び番号	
	解任年月日	

備考　１　法附則第７項又は第８項の規定により法第４４条第１項の主任技術者免状の交付を受けている者とみなされた者に係る場合は、その旨を主任技術者免状の種類及び番号の欄に記載すること。

２　届出の内容が選任又は解任に限られるときは、それぞれ解任した主任技術者又は選任した主任技術者の欄を斜線により削除すること。

３　用紙の大きさは、日本工業規格Ａ４とすること。

４　氏名を記載し、押印することに代えて、署名することができる。この場合において、署名は必ず本人が自署するものとする。

巻末資料－15　参　考　資　料

巻末資料－15　参考資料

	図書名	発行（改訂年月）	発行者	記載ページ												入手先
				調査計画	土木設備 取水設備	土木設備 水圧管路	土木設備 発電所基礎・建屋	土木設備 その他設備	電気機械設備	施工計画	工事工程	概算工事費	経済性の評価	運転保守	関係法令基準等	助成制度	
①	ハイドロバレー計画 ガイドブック	平成17年3月	資源エネルギー庁 財団法人新エネルギー財団	5-1 6-1 ～ ～ 5-16 7-15	3-5	3-5	3-6	3-5 ～ 3-6	3-7 ～ 3-14	－	－	5-16 ～ 5-17	11-1 ～ 11-7	10-1 ～ 10-4	12-2 ～ 12-11	9-1 ～ 9-16	資源エネルギー庁 （ダウンロード可 http://www.enecho.meti.go.jp/hydraulic/data/index.html）
②	水力発電計画 工事費積算基準	平成17年3月	資源エネルギー庁 財団法人新エネルギー財団	－	－	－	－	－	－	－	－	全ページ	－	－	－	－	財団法人新エネルギー財団 水力本部 （http://www.nef.or.jp/）
③	中小水力発電 ガイドブック （新訂5版）	平成16年5月	財団法人新エネルギー財団 水力本部	31 42 ～ ～ 42 62	62 ～ 66	70 ～ 71	71 ～ 72	66 ～ 79	96 ～ 128	90 ～ 96		129 ～ 136	137 ～ 144	283 ～ 294	251 ～ 268	219 ～ 233	〃
④	マイクロ水力発電 導入ガイドブック	平成15年3月	新エネルギー ・産業技術総合開発機構	31 60 ～ ～ 43 62	44	46	62	45	46 ～ 54	－	－	55 ～ 64 57	56 63	65 ～ 66	67 ～ 76	67 ～ 89	新エネルギー ・産業技術総合開発機構 （ダウンロード可 http://www.nedo.go.jp/）
⑤	農業用水利用施設 小水力発電施設 計画設計技術マニュアル	平成7年12月	農林水産省構造改善局 建設部建設課・水利課	8 ～ 33	55 ～ 66	40 ～ 54	－	－	67 ～ 296	303 ～ 322	303 ～ 305	－	34 ～ 39	294 ～ 295	4 ～ 7	－	（社）農業土木機械化協会 （http://www.jacem.or.jp/）
⑥	発電水力演習（第9版）	平成9年4月	（著者）千秋信一 （出版）学献社	16 25 ～ ～ 24 149	217 265 ～ ～ 250 271	362 ～ 384	－	150 250 ～ ～ 216 272	－	－	－	－	－	－	－	－	一般市販

資料15－1