



THE INTERNATIONAL ENERGY AGENCY TECHNOLOGY
COLLABORATION PROGRAMME ON HYDROPOWER

IEA Hydropower

水力発電設備の保守業務 に関する意思決定

報告書

Annex XV

2021年10月

目次

1. はじめに.....	1
2. 総括.....	2
3. 各国の水力発電事業者のアセットマネジメントの取組み.....	4
3.1 調査内容.....	4
3.2 各水力発電事業者の国の電力事情の比較.....	5
3.3 総合評価.....	8
4. 意思決定事例の概要と分析.....	13
4.1 方法論.....	13
4.2 事例の収集.....	16
4.3 事例収集結果.....	18
4.4 意思決定とキーポイントごとの要因分析.....	21
4.5 水力先進国における意思決定の動向について.....	26
5. 意思事例に基づく意思決定フロー.....	36
5.1 日本.....	36
5.2 その他の国々.....	48
6. 提言.....	56

参考文献

図リスト

表リスト

意思決定事例リスト（日本）

意思決定事例リスト（その他の国々）

添付資料-1：意思決定事例集（日本）

添付資料-2：意思決定事例集（その他の国々）

謝辞

Annex-XV においては、水力先進国におけるアセットマネジメントの実施状況を調査するとともに水力保守に関する意思決定手引書を作成した。本報告書が、今後、水力発電事業者、E&M メーカー、各種専門コンサルタントにとって有意義な資料になることを望んでいる。

最後にこの場をお借りして、アセットマネジメントの実践状況に関するヒアリングに協力していただいた日本国内の 25 の水力発電関係事業者の関係諸氏をはじめ、HydroTasmania の Alex Beckitt 氏、Snohomish Country PUD の Brad Spangler 氏、U.S. Bureau of Reclamation Idaho Office の Joseph Summers 氏、Jake Nink 氏、Adegoke Okediji 氏、Tacoma Power の Shannon Rauch 氏、New York Power Authority の Gray Proulx 氏、Peter Ludewig 氏、Philip Saglimbene 氏、Christina S. Park 氏、Alan Ettlinger 氏、Fortis BC Inc. の Steve Hope 氏、Lucian Ciocoiu 氏、Brent Russell 氏、Kenyon Campbell 氏、Brad Stykel 氏、Ontario Power Generation Inc. の Jane M. Travers 氏、Kent Keeler 氏、Brad Snelgrove 氏、Kyla Veldhuis 氏、Trustpower Limited の Jako Abrie 氏、Asset Management の CEATI の Jacob Roiz 氏、Chris Hayes 氏、Paul Smith 氏、Copperleaf 社の Boudewijn Neijens 氏、そして、各水力先進国の Utility へのインタビューの機会を創出していただいた Niels Nielsen 氏に感謝の意を表す。彼なしには、Annex XV の活動をここまで実りあるものにはできなかった。さらに本 Annex の前任の執行責任者である水橋雄太郎氏、赤池広康氏、高木慎吾氏、また、国内専門委員会を通してご指導あるいは資料作成検討に携わっていただいた鳥谷宗治氏、平松定彦氏、深尾宗資氏にも謝意を表す。そして、最後に本報告書作成その他にご尽力いただいた事務局の村重宏氏に謝意を表したい。

2021 年 3 月

IEA Annex-XV 執行責任者

岡本 二郎

国際エネルギー機関（International Energy Agency: IEA）

IEA は、経済協力開発機構（Organization for Economic Co-operation and Development: OECD）の枠組みの中で、1974 年 11 月に設立された独立機関である。IEA は、OECD に加盟する 34 カ国のうちの 29 カ国（2021 年 1 月時点）の間で、エネルギー協力に関する広範なプログラムを実施しており、その目的は次のとおりである。

- 石油供給途絶に対処するためのシステムを維持し改善すること
- 非加盟国、産業界および国際組織との協力関係を通じて、世界情勢における合理的なエネルギー政策を促進すること
- 国際石油市場に関する永続的な情報システムを運営すること
- 代替エネルギー源の開発やエネルギー利用効率の向上により、世界のエネルギー需給構造を改善すること
- 環境政策とエネルギー政策の統合を支援すること

IEA 水力実施協定の概要

IEA 水力実施協定 (IEA Hydro) は、世界的な水力発電の推進に関心のある IEA メンバー国およびその他の国からなる活動グループである。現在の IEA Hydro 参加国はオーストラリア、ブラジル、中国、EU、フィンランド、日本、ノルウェー、スイス、アメリカで、サラワクエナジー社がスポンサーである。参加国の政府自らあるいは政府がその国の代表として指定した機関が、IEA Hydro の業務を遂行する執行委員会 (ExCo) および作業部会 (Annex) に参加する。IEA Hydro のいくつかの活動は、IEA と他の水力関係機関との協働により実施されることがある。

ビジョン：

十分に確立されており、かつ社会的に好ましいエネルギー技術としての水力発電について世界全般の認識を促すことにより、水力発電の新規開発および既設発電所の近代化を推進する。

ミッション：

一般の理解、知識を通じて、水力発電の開発と運用における、水資源の持続可能な利用を促進、支援する。

このミッションを達成するため、執行委員会は以下の戦略により計画を推進している。

- 実施可能で社会的に受け入れられやすい再生可能エネルギーとしての水力発電の社会的受容性を高めるために必要とされる研究への学際的アプローチの適用
- 水力発電に関わる幅広い課題についての知識の蓄積の増大
- 社会的に望ましい電源としての水力発電の継続的利用において国際的な機関に共通する関心分野の発掘
- 環境的に望ましいエネルギー技術としての事業化可能性に関する世界的な論争に対する水力のバランスの取れた視点の導入
- 技術開発の奨励

IEA Hydro は、活動計画を積極的に推進し、非 IEA メンバー国の参加も奨励している。OECD メンバー国と非メンバー国全てが参加可能である。参加資格と調査活動の詳細は、IEA Hydro のウェブサイト：www.ieahydro.org で得ることができる。

1. はじめに

近年、世界的に電力の規制緩和が進むなか、各 Utility においても経営的な視点が重視されるようになり、既存のアセットの価値の維持・向上に向けて、アセットマネジメントが重視されるようになった。それが意思決定のベースとなっており、さらに ISO55001 の制定によりアセットマネジメント手法が世界レベルで標準化されることとなり、今後、アセットマネジメントを導入する Utility はますます増えていくものと思われる。

このような背景を踏まえ、日本は IEA 執行委員会において水力先進国におけるアセットマネジメントの実施状況を調査するとともに水力保守に関する意思決定手引書の作成を提案し、Annex-XV「水力発電設備の保守業務に関する意思決定」を立上げ、Operating Agent（執行責任者）として他のメンバー国と協働して活動することとなった。

本 Annex の検討フローは図-1-1 に示す通りである。アセットマネジメント調査結果を第 3 章で述べる。また意思決定の好事例の収集結果については 4 章、5 章で述べる。

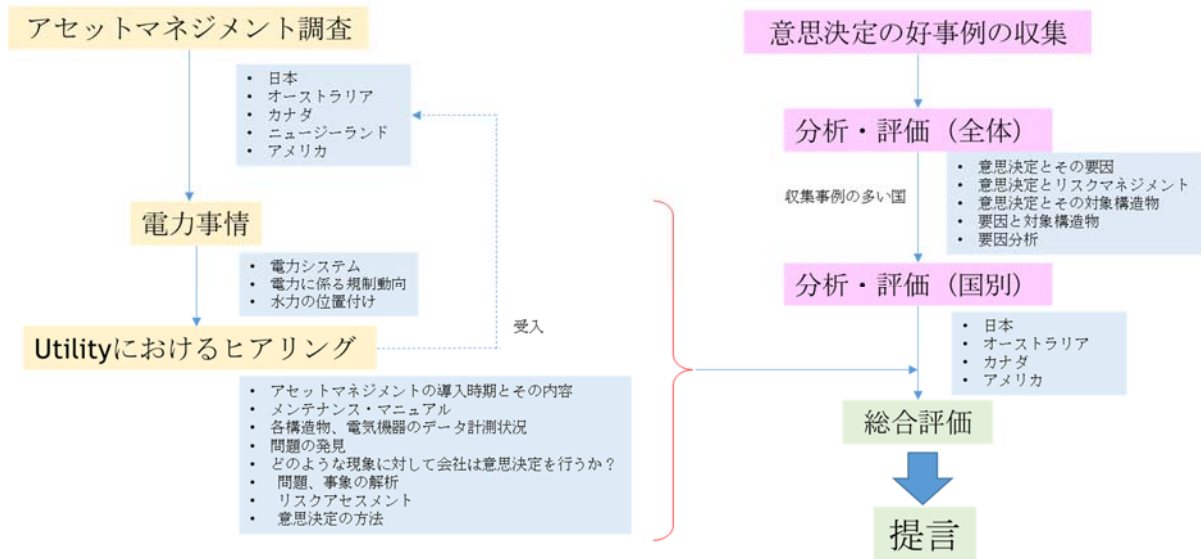


図-1-1: Annex 15 の検討フロー

4 章では世界各国から集められた 196 の好事例について、以下の 6 つの意思決定のカテゴリー

- ・ 修繕
- ・ 改造
- ・ 廃止
- ・ 更新、増強
- ・ 再開発
- ・ その他

と以下の 5 つの要因のキーポイント

- ・ 経年劣化
- ・ 効率化、運用見直し
- ・ 維持管理の不徹底
- ・ 社会的対応
- ・ 災害

により意思決定のプロセスを体系化し、併せて代表的な水力先進国の水力保守における意思決定の特徴などを示すに至った。これらの意思決定の要因の背景には、各国の水力を取り巻く電力事情や電力システムがある。本報告書はこれらの情報を集約したものであるが、今後、水力発電事業者、E&M メーカー、各種専門コンサルタントにとって有意義な資料になることを望んでいる。

2. 総括

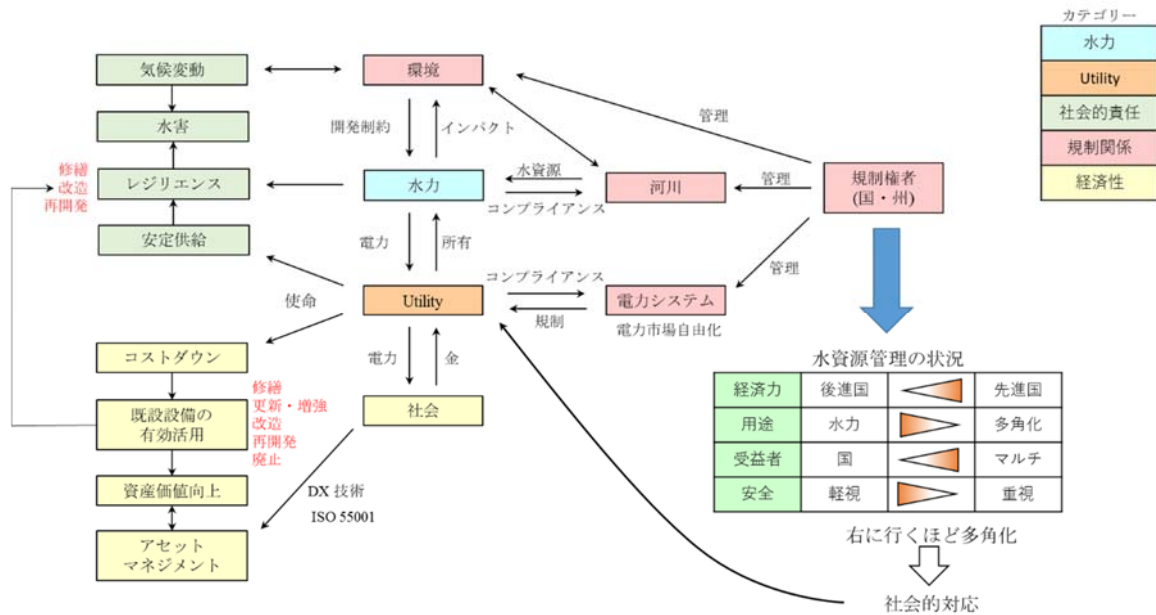


図-2-1: Annex-XV の見取り図

この報告書では、IEA 水力実施協定への主要参加国におけるアセットマネジメントの実施状況に関する調査の結果や、水力保守における意思決定の収集およびその要因分析、好事例における意思決定プロセスを述べる。

アセットマネジメントの実施状況に関する調査により、その実態と背景が明らかになった。

そして意思決定の好事例およびその要因分析により以下の知見が得られた。

- ✓ 水力保守の意思決定は主に経年劣化と社会的対応による。
- ✓ 経年劣化による意思決定は既存アセットの資産価値の維持・向上を目指したものである。
- ✓ 社会的対応の内容は国により異なるが、共通するのは第三者への被害防止である。水力は河川を利用するものであり、河川には水力発電事業に携わる者以外の多くのステークホルダーが関わる。このような水力発電の公共性を考えると第三者への被害は絶対に起こしてはならないという思想が導かれる。

これらの要素を図-2.1に Annex XV の見取り図として示した。

ここに示す内容は以下の通りである。

- ✓ 水力発電事業者には「電力の安定供給」と「コストダウン」という使命がある。「コストダウン」は低廉な料金の維持という公共の要請に応えるために必要である。
- ✓ 安定供給を実現するためには、事業者が保有する水力発電所は保守により自然条件に対する耐久性を維持しなくてはならない。
- ✓ コストダウンを実現するためには、事業者には既存の設備を有効活用し、その価値を高めるための意思決定が求められる。この過程をアセットマネジメントという。
- ✓ 一方、事業者は先に述べた様々な社会的要因に直面する。
- ✓ 水資源管理を非常にシステムチックに行っているのがアメリカであり、ここでは水資源が水力以外に、地域住民、治水、農業用水、工業用水、水産業、交通、観光、レクリエーション等、

多岐にわたるマルチステークホルダーに平等に供用されるような配慮がなされている。

- ✓ 水資源の多様な用途における水力の位置付けは国によって異なっており、各国の河川行政方針に基づいて規制のレベルが決まり、かくして、それが意思決定における社会的要因の相違となって現れている。
- ✓ 環境もまた、水力を取り巻く重要な要素の一つである。水力開発は環境にインパクトを与えるため、逆に開発制約が生じる。開発制約により水力の開発障壁が高くなると新規水力よりも既存の水力の資産価値の維持・向上がますます重要な課題となってくる。(電源不足分は他の電源で補填するようになる。)
- ✓ 一方、環境関連では、地球的規模の気象変動に伴う災害が顕在化し、それが既設設備に影響を及ぼし、その技術的な対応が重要な意思決定事例となっている国もある。(日本)

3. 各国の水力発電事業者のアセットマネジメントの取組み

3.1 調査内容

本調査に際し、IEA 水力実施協定事務局経由で、アメリカ、カナダ、ニュージーランドの水力発電事業者に面談を申し入れ、アセットマネジメントの取組み状況に関するヒアリングを実施した。ヒアリングを実施した水力発電事業者の概要を表 3.1-1 に示す。

また、ヒアリング項目は、以下の通りである。

- ・ アセットマネジメントの導入時期
- ・ メンテナンス・マニュアルの有無
- ・ 各構造物、電気機器のデータ計測状況
- ・ 問題の発見
- ・ どのような現象に対して会社は意思決定を行うか？
- ・ 問題、事象の解析
- ・ リスクアセスメント
- ・ 意思決定の方法（「事後保全」、「予防保全」、「資金」、「予備品・非常時対応」、「操作と制約」、政策、基準、計画等）

併せて、各国のアセットマネジメント導入の背景となる電力事情について、特に電気事業体制に関する事項に重点を置いて文献調査を実施した。

表 3.1-1: ヒアリングを実施した水力発電事業者

事業者名	国	水力設備出力	水力発電所数	備考
Snohomish Country PUD	アメリカ	70 MW	6	地方公営電気事業者
Reclamation Office Idaho		7,463 MW	10	合衆国開拓局 太平洋北西地域を管轄
Tacoma Power		637 MW	6	地方公営電気事業者
New York Power Authority		4,411 MW	7	州営電気事業者
Fortis BC Inc.	カナダ	822 MW	6	私営電気事業者
Ontario Power Generation		7,438 MW	66	州営電気事業者
Tasmania Hydro	オーストラリア	2,166 MW	27	州営電気事業者
Trust Power	ニュージーランド	431.5 MW	28	私営電気事業者

日本の電気事業者には以下の事項についてヒアリングを実施した。

- 意思決定要因
- 全体のアセットマネジメントのプロセス
- アセットマネジメントの構成要素
- アセットレベルでのアセットマネジメントプロセスに関する情報
- アセットマネジメントの構成要素および戦略

調査対象事業者の概要を表-3.1-2 に示す。

表 3.1-2: 調査対象事業者の特性（日本）

項目	公営または市町村	民間企業
対象数（社）	19 社	6 社
保有水力設備出力（MW）	11～ 355 MW	2,446～9,871 MW
保有水力発電所数	1～ 32 箇所	61～209 箇所
保有水車発電機台数	1～ 37 台	111～311 台
平均供用年数	33～62 年	44～77 年
供用年数の範囲	52～93 年	64～127 年

3.2 各水力発電事業者の国の電力事情の比較

3.2.1 水力発電の構成率

各国の総設備出力、年間発生電力量における水力発電の構成率を表 3.2-1 に示す。カナダおよびニュージーランドにおける構成率が 50～60%と大きい。

表 3.2-1: 各国における水力発電の占有率

国名	設備出力（10 ³ kW）			年間発生電力量（10 ⁹ kWh）			備考
	合計	水力	構成率	合計	水力	構成率	
日本 ¹⁾	259,510		19%	1,044		8%	2015 年
アメリカ ²⁾	1,074,330	79,910	7%	4,077	261	6.4%	2016 年
カナダ	143,442 ³⁾	80,846 ³⁾	56%	648 ⁴⁾	383 ⁴⁾	59%	2016 年
オーストラリア ⁵⁾	54,234	6,920	13%	218.6	14.5	6.6%	2016 年
ニュージーランド ⁶⁾	9,723	5,381	55%	43	26	61%	2017 年

3.2.2 電力システム

各国の電力システムの比較を表 3.2-2 に示す。

表 3.2-2: 電力システムの比較

国	規制・監督	電力市場動向	電気事業者
日本 ⁷⁾	<ul style="list-style-type: none"> ・経済産業省 ・電気事業法 ・電力広域的運用機関 ・電力ガス取引監視等委員会 ・その他（水利権、環境等） 	<ul style="list-style-type: none"> ・電力小売り全面自由化 ・発送配分離 ・卸電力取引所 	<ul style="list-style-type: none"> ・送電事業者（許可制） ・発電事業者（届出制） ・小売電気事業者（登録制） ・特定送配電事業者（届出制）
アメリカ ⁸⁾	<ul style="list-style-type: none"> ・連邦政府、州政府、地方自治体、または部族政府など ・連邦規制 連邦エネルギー規制委員会(FERC) 連邦開拓局 (USBR) 米国防軍工兵隊 (USACE) ・州規制 州公益事業委員会 その他（都市計画、防災安全当、立地審査、環境など） 	<ul style="list-style-type: none"> ・図-3.2-1、表 3.2-3 に示す通り、地域によって2種類の市場構造に大別される。 ・相対取引市場 発送配電一貫の垂直統合形態をとる伝統的電気事業者は域内営業特権が地元の自治体から付与される一方、州や連邦規制機関による規制を受ける。(図-3.2-1中の“Northwest”) Snohomish County PUD, Reclamation Office Idaho, and Tacoma Power がここに属する。 ・広域系統運用機関による組織的取引市場 発電および小売部門に競争が導入されている。New York Power Authority がこの市場に属する。(NYISO) 	<ul style="list-style-type: none"> ・所有形態による分類 私営電気事業者 連邦営電気事業者* 地方公営電気事業者 共同組合営電気事業者 * : Power Administration (連邦政府配下の電力販売機関。4つの地域にある。) 今回、訪問した北太平洋沿岸地域の水力発電事業者は、the Bonneville Power Administration (BPA)と電力取引を実施中である。
カナダ ⁹⁾	<ul style="list-style-type: none"> ・連邦政府、州政府 ・連邦規制 国際・州際送電線の建設・運用と原子力発電の開発 国家エネルギー委員会 (NEB)とカナダ原子力安全委員会(CNSC)が電気事業を規制する。 ・州規制 事業者に電力市場、料金、事業の規制に関する連邦の政策と目標を示す。 電気事業の運営、電力システムの将来計画策定とその実行 	<ul style="list-style-type: none"> ・州により異なる ・卸電力市場の自由化 ニューファンドランド州およびプリンスエドワード・アイランド州を除く8州 ・発送配分離 大規模な州営電気事業者の大半で実施。垂直統合型の私営電気事業者、自治体営配電事業者、独立系電気事業者など多数の小規模事業者が存在 ・小売市場の全面自由化 アルバータ州およびオンタリオ州の2州のみ (2017年末現在) 	<ul style="list-style-type: none"> ・州営電気事業者 ・私営電気事業者 ・地方自治体営電気事業者 ・産業自家発 ・独立系電気事業者（アルバータ州、オンタリオ州）
オーストラリア ¹⁰⁾	<ul style="list-style-type: none"> ・全国電力法 ・全国電力規制 ・連邦レベルと州レベル 従来は州政府が主体で規 	<ul style="list-style-type: none"> ・全国電力市場(NEM)の供給体制 (2018年現在) 東部地域 (ニューサウ 	<p>NEMにおいて、発電事業者は以下により分類されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3万 kW 以上の発電事業

	<p>制を行っていたが、1996年5月に全国電力市場(NEM)が設立されて以降は州政府の規制権限を弱め、連邦レベルでの規制を拡大、広域的な運営および事業者間の競争を促している。</p> <ul style="list-style-type: none"> 連邦レベル オーストラリア規制局 オーストラリアエネルギー市場委員会 	<p>スウェールズ州、ビクトリア州、南オーストラリア州、クイーンズランド州、タスマニア州、オーストラリア首都特別区) 西オーストラリア州 北部準州</p> <ul style="list-style-type: none"> 東部地域と西オーストラリア州では、発電、送電、配電、小売の各部門に分割され、発電部門と小売部門が自由化。 NEMの管理・運営は全国電力市場管理会社(AEMO)が実施し、スポット価格の算定、市場参加者間の精算、需給バランスの維持、市場への各種指標の公表などを実施する。 	<p>者 (Scheduled generator)</p> <ul style="list-style-type: none"> 風力発電などの3万kW以上の間欠性発電事業者 (Semi-scheduled generator) 3万kW未満の発電事業者 (Non-scheduled generator)
<p>ニュージーランド¹¹⁾</p>	<ul style="list-style-type: none"> 電気法 (Electricity Act 1992) 電気事業改革法 (Electricity Reform Act 1998) 	<ul style="list-style-type: none"> 電力システムの枠組み NZ 電力公社 (ECNZ) 国有送電会社 (Trans power) NZ 電力市場 (New Zealand Electricity Market: NZEM) : プール型市場 NZ 証券取引所 (NZX) 	<ul style="list-style-type: none"> 2019年現在 5つの電気事業者 (Contact Energy 等) 1つの送電事業者 (Trans power) 29の配電事業者 (Vector, Wellington Electricity 等) 小売事業者 (大半は発電事業者の子会社)

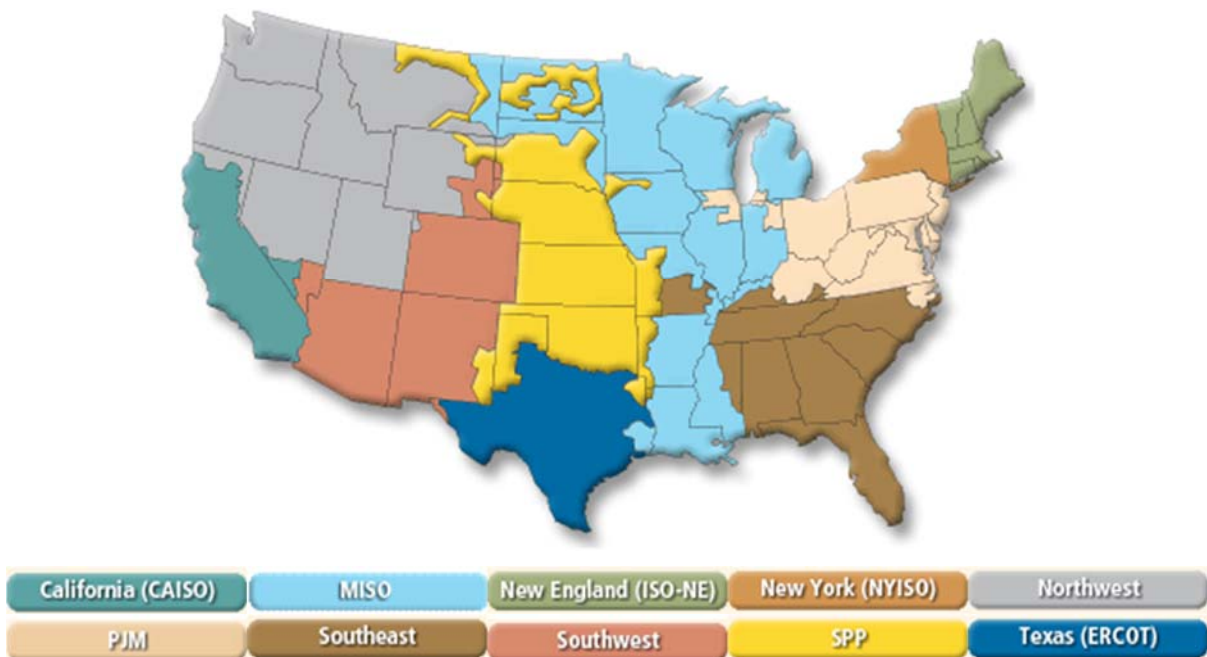


図-3.2-1: 米国の卸電力市場分布¹²⁾

表 3.2-3: 米国電力市場区分¹³⁾

ISO/RTO	ISO-NE	NYISO	PJM	MISO	SPP	ERCOT	CAISO
設立年	1997年 (2005年に FERCによる RTO承認)	1999年	1997年 (2001年に FERCによる RTO承認)	1998年 (2001年に FERCによる RTO承認)	2004年 (FERCによる RTO承認)	1996年	1998年
設立経緯	既存のパワ ープール(1971 年設立)を基 盤としてISO に移行	1965年北東 部大停電の再 大発防止を目 的に設立され た既存の電力 を基盤として 移行	既存のパワ ープール(1927 年設立)を基 盤としてISO に移行	FERCのISO 設立構想に送 電所を集めて 自主的に設 立した会社	第二次世界 大戦初期の地 域の需要に地 方企業が力 を束ねて設立 されたパワ ープールが 基盤	州公益事業 規制法改正 (1995年)に 伴い州委員 会がERCOT に指	州電気事業 再編法に基 づく設立
関係州 (全域または 一部)	CT、MA、 RI、VT、 NH、ME 州	NY州	DE、DC、 MD、NJ、 OH、PA、 VA、WV、 IN、IL、 KY、MI、 NC、TN州	AR、IL、IN IA、KY、 LA、MI、 MN、MS、 MO、MT、 ND、SD、 TX、WI 州	AR、IA、 KS、LA、 MS、MO、 NE、NM、 ND、OK、 SD、TX、 WY州	TX州	CA州および NV州の一部
過去最大電 力 (2018年7月 現在)	28,130MW (2006年)	33,956MW (2013年)	158,043MW (2011年)	127,125MW (2011年)	50,622MW (2018年)	73,260MW (2018年)	50,116MW (2016年)
発電設備容 量	約31,000MW	38,777MW (2017年)	178,563MW (2017年)	174,724MW (2017年)	65,410MW (2016年)	78,000MW (2017年)	73,306MW (2016年)
供給人口 (100万人)	14,8	19,8	65	48	18	24	30
運用市場							
容量市場	○	○	○	○	-	-	-
1日前市場	○	○	○	○	○	○	○
金融的送電 権(注) (FTR)	○	○	○	○	○	○	○
リアルタイム 市場	○	○	○	○	○	○	○
周波数調整 市場	○	○	○	○	○	○	○
価格 決定方式	地点別	地点別	地点別	地点別	地点別	地点別	地点別

3.3 総合評価

3.3.1 ヒアリング総括 (アメリカ、カナダ、オーストラリア、ニュージーランド)

(1) アセットマネジメントの導入時期

- ▶ アメリカでは New York Power Authority が 2004 年に導入し、その他の会社は 2010 年代初頭に導入を開始した。
- ▶ カナダでは 2010 年代前後に導入が開始された。
- ▶ オーストラリアでは 1990 年代に導入が開始された。
- ▶ ニュージーランドでは 2010 年代初頭に導入が開始された。

(2) メンテナンス・マニュアルの有無

- ▶ 土木構造物関連は規制当局の規制に基づいて整備されている。
- ▶ 電気機器関連はメーカーの操作マニュアルを流用しているが、保有アセット数が増える
と独自のマニュアルを作成している。
- ▶ マニュアル作成にあたり ISO55001 認証取得支援機関、CEATI のサポートを受けている
会社もある。

(3) 各構造物、電気機器のデータ計測状況

- ▶ アメリカでは New York Power Authority 以外の会社は、ダム等、重要土木構造物について規制に基づいて計測を実施している。一方、電気機器については、New York Power Authority は稼働状況について常時計測を行っている。その他の会社はチェックリストや OM マニュアルに従って稼働状況（異常の有無）を確認している。
- ▶ カナダではいずれの会社でも構造物の計測を実施している。電気機器については、Fortis BC では操作盤の計器の数値から異常の有無を判断している。Ontario Power Generation は電気機器の稼働状況の常時計測を実施している。
- ▶ ニュージーランドでは Trust Power 社はダムについて計測を実施している。電気機器については、振動と軸受け温度を重視している。

(4) 問題の発見

- ▶ 基本的には、計測値に異常が生じた場合、あるいは目視点検において特異事象の発生が認められた場合に問題ありとしている。

(5) どのような現象に対して会社は意思決定を行うか？

- ▶ アメリカでは会社により意思決定を行う対象が異なる。目視時の異常について意思決定を行うところもあれば、魚類の遡上数を意思決定の対象としているところもあれば、基本的に定期点検に基づいて包括的に意思決定を行う会社もある。（保有アセット数が多いとこの傾向が大きい。）
- ▶ カナダでは Fortis BC は安全に関する事象を重視し、Ontario Power Generation ではベンチマーキング等に基づいて包括的に意思決定を実施している。Ontario Power Generation の年間保守予算は定額で、事後保全をベースとしている。
- ▶ オーストラリアでは日常的な保守点検から抽出された問題を重視している。
- ▶ ニュージーランドでは、地元対応に対する意思決定を重視している。

(6) 問題、事象の解析

- ▶ Reclamation Office Idaho では、ソフトウェアにより機器の劣化診断およびそれに基づく財務分析を行い、長期的な補修計画を策定している。Hydro Tasmania も日常的な保守点検結果と財務分析に基づく長期的補修計画を策定している。
- ▶ Snohomish Country PUD や Tacoma Power では、チェックリストに基づく解析を行っている。
- ▶ New York Power Authority、Fortis BC、Ontario Power Generation、Trust Power では、施設に関する常時計測データが解析の基本となっている。

(7) リスクアセスメント

- ▶ 多くの会社でアセットの破損リスクの数値化して、トータルライフサイクルコストでアセットを評価している。（Reclamation Office Idaho、New York Power Authority、Tacoma Hydro、Fortis BC）

(8) 意思決定の方法（「事後保全」、「予防保全」、「資金」、「予備品・非常時対応」、「操作と制約」、政策、基準、計画等）

- ▶ トータルライフサイクルコストの現在価値で優先順位を決定（Reclamation Office Idaho、Fortis BC、Hydro Tasmania）

- 事後保全を重視 (Tacoma Hydro、Ontario Power Generation)
- 計測異常値の発生に対して意思決定 (New York Power Authority)
- 株主の意向を重視 (Trust Power)

3.3.2 アメリカ合衆国

- 水力発電設備の保有量が多い Reclamation Office Idaho ではアセットマネジメント体制が整備されている。また、彼らは既に新規水力開発は期待できないことを前提に既存設備の有効活用を旨としており、保守現場における「規律と統制」を最重視している。
- Reclamation Office Idaho は連邦営電気事業者であるため、独自に定めた基準に従って水力発電所の運営を行っている。
- Snohomish Country PUD 社は保有する水力設備が少ないので、これからアセットマネジメントに取り組もうとしている状況にあり、Tacoma Power 社はアセットマネジメント体制が整備された状況にある。
- Tacoma Power 社は、アセットマネジメント体制整備にあたり、CEATI*の支援を受けている。
*: CEATI はカナダ (モントリオール) を拠点に公共インフラを運営する企業のアセットマネジメントに関する助言、ISO55001 認証取得の支援を行う民間機関である。
- New York Power Authority は電力自由化が進んだ地域にあるため、金を生み出す発電設備の状況把握を重視し、運転データ管理を徹底している。水力構造物を重視している訳ではないようで、構造物の計測等による管理は特にやっていない。
- Snohomish Country PUD 社、Tacoma Power 社は、FERC から得たライセンスに基づいて水力発電所の運営を行っており、法規制遵守は絶対としている。特に河川を遡上する魚類の保護が重要な課題である。
- Reclamation Office Idaho、Snohomish Country PUD 社、Tacoma Power 社からは貯水池管理に伴う地元対応のような話は一切、出なかった。貯水池管理は自分たちの管轄ではないという認識に基づくものと考えられる。

3.3.3 カナダ

- Ontario Power Generation 社は州営電気事業者であり、規制者側にあるが、Ontario 州は自由化を進め、規制緩和が進んでいるため、独自のアセットマネジメント体制を敷いている。
- Fortis BC 社は私営電気事業者であり、規制当局にあたる州政府の規制は絶対遵守という立場にあり、規制遵守を旨としてアセットマネジメントを行っている。

3.3.4 オーストラリア

- Tasmania Hydro は州営電気事業者であるが、水力新規開発地点の枯渇に伴い、既存のアセットの有効活用を図るという視点からアセットマネジメントを導入している。
- 同社は独自のアセットマネジメント体制を確立している。

3.3.5 ニュージーランド

- Trust Power 社は、地方の公営電気事業者であるが、以下によりアセットマネジメントの実施ニーズが高まった。
 - ✓ アセットの売買を通じて会社を発展させてきた
 - ✓ 寄せ集めのアセットを画一的に管理する必要がある
 - ✓ 国からの払下げを受けた設備はしっかり管理されていた
- ニュージーランドは電力改革を通じて、電力業界のデジタル化が浸透したことにより、各 Utility にデジタルベースのアセットマネジメント導入を促進しやすい環境が用意されていた。
- 電力システム改革を通じて、国内外のアセット売買の機会が増えており、それがアセットマネジメント導入ニーズを高めている。

3.3.6 日本（ヒアリング結果）

(1) 意思決定要因

- 多数の会社において、「規制要求/コンプライアンスの順守」は、“水力設備全体において抜本的なものであり、意思決定により対処しなければならない”と考えている。
- 多数の会社において、「安全性の確保、社会的環境の課題への取組み」は、“水力設備全体において抜本的なものであり、意思決定により対処しなければならない”と考えている。
- 半数の会社において、「電力市場からの要求の満足」は、“通常はあまり考慮されない”との回答が得られた。
- 複数の会社において、「アセットリスクの管理」と「アセットの価値の維持」は、“水力設備全体においてかなり重要なものであり、重要な意思決定の要因となる”と考えている。
- 複数の会社において、「アセットの価値の増大」は、“一般的に重要、または少数の水力発電所でもかなり重要”、もしくは“全体的にある程度重要、または少数の水力発電所においてのみ考慮される”と考えている。

(2) 全体のアセットマネジメントのプロセス

- 多数の会社において、アセットマネジメントのプロセスは完全もしくは部分的に実施している。
- 複数の会社において、中長期の設備維持管理計画が策定されている。（例：5～15年、年間計画、収益計画（1年））
- 実施しているアセットマネジメントプロセスを ISO に登録している会社はなかった。

(3) アセットマネジメントの構成要素

- 多数の会社において、課題、リスク、課題・リスク評価、優先順位、処置、処置実施をアセットマネジメントプロセスの構成要素に組み込んでいる。
- 状態基準保全（CBM）、予防保全（RBM）、時間基準保全（TBM）は複数の会社にて実施されている。

(4) アセットレベルでのアセットマネジメントプロセスに関する情報

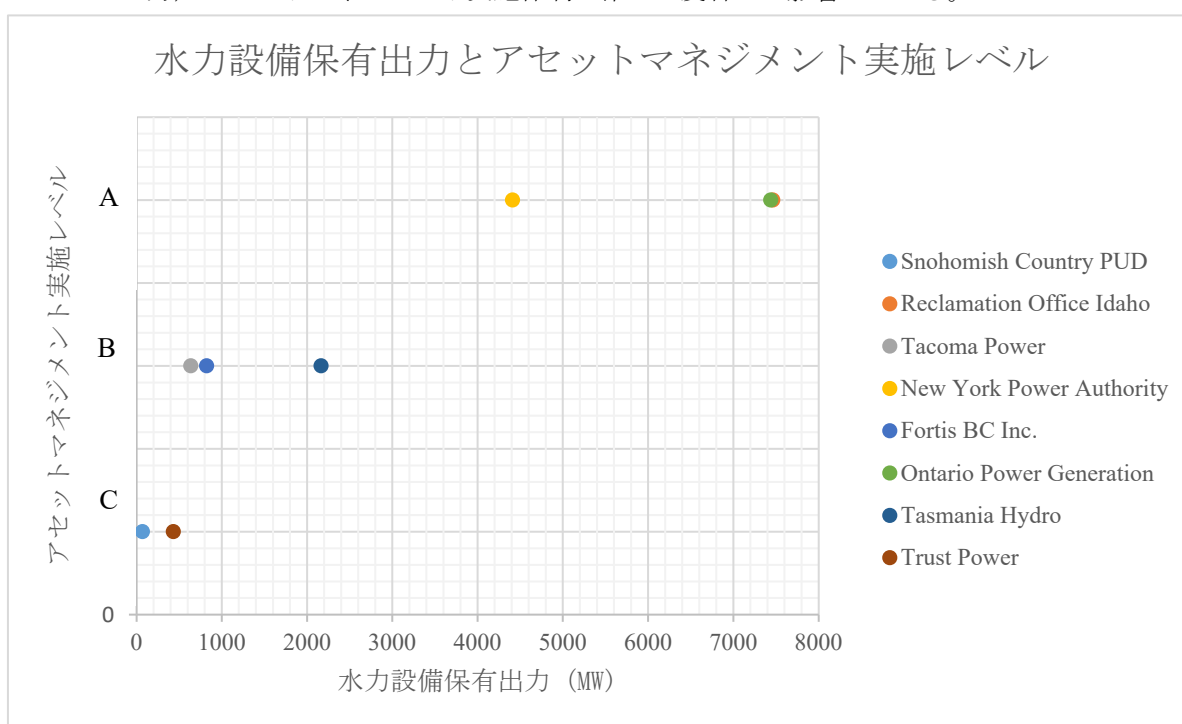
- ▶ 多数の会社において、発電所及び設備ごとの維持管理計画が策定されている。
- ▶ 技術支援、技術設計、工事管理、工事实施については、主に社内または関連会社にて対するが、外国からの人材を確保することもある。

(5) アセットマネジメントの構成要素および戦略

- ▶ 複数の会社において、様々な自社ソフトウェアとシステムを有している。
- ▶ ほとんどの会社において、リスクアセスメント用のソフトウェアもしくはシステムの導入はされていない。ある会社では部分的に導入されている。

3.3.7 総括

- ▶ 今回のヒアリング結果を踏まえると、図-3.3.7-1 に示す通り、所有する設備規模（設備出力）がアセットマネジメント実施体制の確立の度合いに影響している。



アセットマネジメント実施レベル A: 独自のノウハウを確立、B: より高度なマネジメントを模索中、C: 導入直後

図-3.3.7-1: 水力設備保有出力とアセットマネジメント実施レベルの関係

4. 意思決定事例の概要と分析

4.1 方法論

水力発電設備の保守と増強に関する意思決定に際しては、当該発電所全体の延命化はもとより、必要に応じて最新の技術を採用し、出力増・電力量増や設備の機能向上により当該発電所の価値の向上を図るだけでなく、正常な機能の維持、場合によっては回復を図ることも求められる。そのために水力発電設備の所有者は戦略的なアセットマネジメントを行っている。

このような中で、保守と増強に関する意思決定を促す要因は様々である。本 Annex の最も重要な目的の一つは、これらの要因及び、それが発電所所有者、国、地域等の間でどのように異なるのかを理解することである。

日本国内で幅広い観点で事例を収集するために、表-4.1-1「水力発電設備の保守と増強に関する意思決定」に示す6つの意思決定を設定した。

意思決定はリスクマネジメントに基づくものであるが、その内容を表-4.1-2「リスクマネジメント」に示す通り、設定し、分類することとした。また、収集した事例について体系的に分析するために、意思決定の要因および対象となる構造物を表-4.1-3「意思決定の要因」、表-4.1-4「意思決定の対象構造物」に示す通り設定した。尚、表-4.1-3における社会的対応は、集計結果を元に分類すると表-4.1-5「社会的対応の内容」に示す通りとなった。また、意思決定には電源政策も大きな影響を及ぼすが、これについては本 Annex の調査対象からは外した。

表 4.1-1: 水力発電設備の保守と増強に関する意思決定

意思決定事項	内容
修繕	発電所主要構造物・設備、あるいは付属設備の緊急対応的な補修
更新・増強	発電所主要構造物・設備、あるいは付属設備の計画的な更新・増強（発電関係）
改造	発電所主要構造物・設備、あるいは付属設備の周辺の社会・自然環境の変化から要求される改造（発電以外）
再開発	他事業の開発および災害時による大規模な工事を伴う発電所の再開発
廃止	発電所の廃止
その他	運転・運用方法の変更、発電所主要構造物・設備、あるいは付属設備以外の建設

- ・ 発電所主要構造物：ダム、取水口、導水路、水槽、水圧管路、発電所建屋、機械装置基礎、放水路、放水口
- ・ 発電所主要設備：電気設備（水車・発電機等）、機械設備（屋内クレーン、ゲート、スクリーン、鉄管等）
- ・ 付属設備：上記の発電に直接関係しない設備

表 4.1-2: リスクマネジメント

リスクマネジメント	内 容
回避	リスクに係る行為自体を行わない、あるいはリスクのある状態から撤退する
低減	リスクの発生確率もしくは影響の大きさまたはそれら両方を小さくする
移転	各種保険等
保有	積極的保有（準備金・引当金・積立等）、消極的保有（承知したうえで何も対策を施さない／不承知等）

表 4.1-3: 意思決定の要因

要 因	内 容
経年劣化	発電関係設備の老朽化の影響を受けているものが該当
社会的対応	公共事業、第三者被害防止、濁水対策、設計基準変更、法令対応が該当
効率化・運用見直し	洪水吐のゲートレス化、取水口への除塵機据付、揚水発電所のポンプ式水車発電機の定速機から可変速機への更新、並びにそれに伴う発電所建屋の拡張等が該当
災害	地震と水害による被害等が該当
維持管理の不徹底	不十分なメンテナンス、管理によるものが該当

表 4.1-4: 意思決定の対象構造物

名 称	内 容
ダム	ダム本体。堰を含む。
洪水吐	コンクリート構造物とゲート等金物も含む。
貯水池	
水路	取水口、導水路、水槽、水圧鉄管、放水路、余水路およびその付帯設備
発電所建屋	発電所の組立盤以上の構造物
水車発電機	水車発電機およびその周辺機器。更新に伴う発電所基礎コンクリート関連作業もここに含む。
周辺電気設備	水車発電機およびその周辺機器以外の電気関係設備。
その他	上記以外の設備

表 4.1-5: 社会的対応の内容

社会的要因	内 容
公共事業	政府によって発電所周辺で実施されるインフラ整備事業。ここでは主にダム再開発事業。
環境対応	環境保全のための意思決定
魚類保護	河川に生息する魚類の保護のための意思決定
第三者被害防止	発電所関係設備周辺で関係者以外に及ぼす被害を防止するために行う意思決定
需給対応	電力需給への対応のために意思決定を求められたもの
濁水対策	降雨に伴う土砂流出で貯水池の水が濁る現象への対応のために行う意思決定
設計基準変更	設計基準の変更に伴う意思決定
法令遵守	法規制の遵守のために意思決定を求められたもの
政情不安	国内政治の不安定

4.2 事例の収集

4.2.1 事例の収集方法

事例収集は、3章に示したアセットマネジメント調査実施の際、調査票により事例収集を行った。その他、Annex-XIの収集事例のうち水力発電設備の保守に密接に関係するもの、その他水力関係の学術誌、発表会等から本Annexの対象となりそうな事例を抽出した。

4.2.2 事例レポートのモデル書式

モデル書式の基本的な考え方はAnnex-XVの協定書の作成過程において参加国間で議論された意思決定のプロセスに基づく。事例の形態が様々であることから、その記述や紹介を画一的に固定することは適切ではないが、読者の立場からすれば、理解の容易さ、比較検討の容易さの面から、できるだけ書式の統一が望ましい。

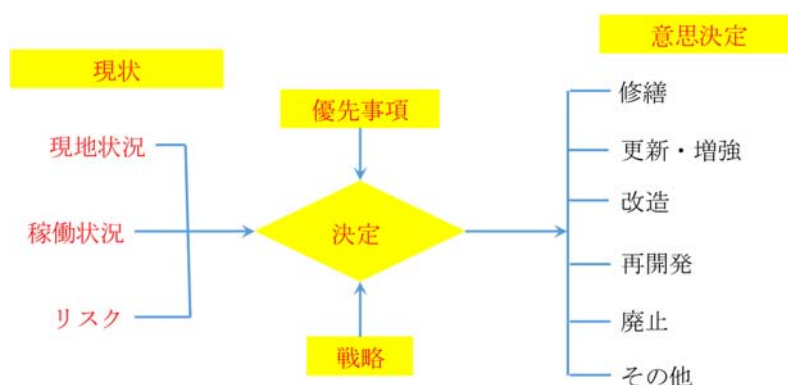


図-4.2-1: 意思決定プロセス

この観点から、図-4.2-1に基づき、体系的かつ正確な方法で情報を集めるため、可能な限り書式の統一を図ることとし、モデル書式を以下のように定めた。

- ・発電所名（諸元、運開年月、所有者）
- ・意思決定の内容（表 4.1-1 から選択）
- ・意思決定の時期
- ・対象構造物（表 4.1-4 から選択）
- ・要因（表 4.1-3 から選択）
- ・事象（要因により発生した事象）
- ・リスクマネジメント（表 4.1-2 から選択）
 - ◇ 発電所運営上の障害
 - ◇ 具体的なリスク対応
- ・(1) 意思決定時の状況（意思決定前）
 - ✓ 1) 状況
 - ✓ 2) 稼働状況
 - ✓ 3) リスク
 - ✓ 意思決定をしない場合の潜在的なリスク
 - ✓ 意思決定の実施に伴う潜在的なリスク

- ・(2) 優先事項
- ・(3) 戦略
 - ◇ 意思決定をしない場合の潜在的なリスクに対して
 - ◇ 意思決定の実施に伴う潜在的なリスクに対して
- ・(4) 意思決定実施の具体的な方法と採用技術
- ・参考文献／出典

上記の各書式と図-4.2-1 の関係を図-4.2-2 に示す。

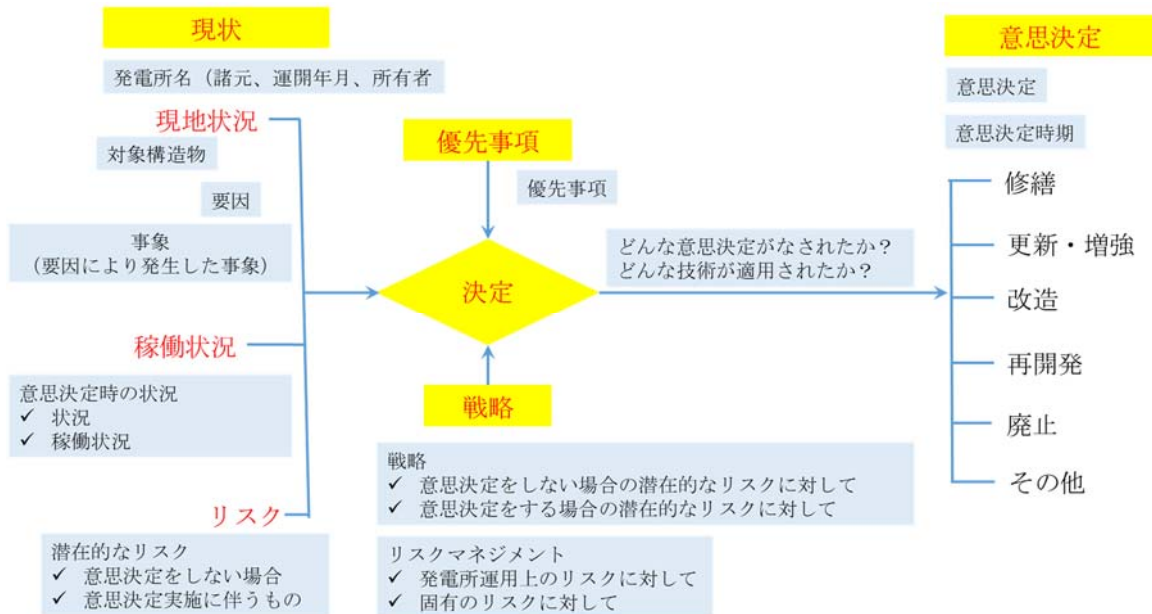


図-4.2-2: モデル書式と意思決定プロセスの関係

4.2.3 事例レポートの品質保証

事例レポートの品質および信頼性を確保するため、水力の専門家による査読を行い、更に筆者への聞き取り調査などを通じて、事例レポートの内容として必要不可欠と考える事項の確保、ならびに第三者機関等により公表された資料、データの掲載に努めた。

4.3 事例収集結果

4.3.1 収集状況

今回の事例収集においては、日本国内で 140 件、日本以外で 20 か国より 56 件の事例を収集することができた。

日本以外の国々からの事例の収集状況を表-4.3.1-1 に示す。

表 4.3.1-1: 日本以外の国々の意思決定内訳 (20 か国、56 件)

国名	意思決定						合計
	修繕	更新・増強	改造	再開発	廃止	その他	
アルゼンチン & ウルグアイ		1					1
オーストラリア	1	2	4		1	3	11
ブラジル & パラグアイ		1					1
ブラジル	1						1
ブルガリア			1				1
カナダ	1	5	4	1			11
中国		1					1
フィンランド		1					1
フランス		1					1
インド	1		1				2
リベリア				1			1
ニュージーランド		1		1			2
ナイジェリア		1					1
ノルウエー		5					5
ポルトガル		1					1
ロシア	1						1
スロベニア		1					1
スペイン			1				1
ウガンダ		1					1
アメリカ合衆国	1	3	2	1		4	11
合計	6	25	13	4	1	7	56

4.3.2 集計結果

(1) 意思決定とその要因

収集した意思決定事例について、表-4.1-1 に示す意思決定と表-4.1-3 に示す意思決定の要因に従って集計した結果の構成比率を表-4.3.2-1 に示す。この結果、以下の知見が得られた。

- 意思決定は改造、更新・増強、修繕が多い。
- 主な意思決定の要因は、経年劣化、社会的対応、災害である。
- 主な改造の要因は経年劣化と社会的対応である。
- 主な更新・増強の要因は、経年劣化である。
- 修繕の要因は経年劣化と災害である。
- 再開発の要因は経年劣化と社会的対応である。
- 主要な要因別意思決定は、以下の通りである。
 - ✓ 経年劣化による更新増強、改造
 - ✓ 社会的対応による改造

表 4.3.2-1: 意思決定とその要因の構成比率

意思決定	要 因					合計
	経年劣化	災害	社会的対応	効率化・運用見直し	維持管理の不徹底	
修繕	9.1%	8.1%	0.0%	0.0%	0.5%	17.8%
更新・増強	19.3%	0.5%	0.5%	1.5%	0.5%	22.3%
改造	17.8%	8.1%	14.7%	2.0%	0.5%	43.1%
再開発	5.6%	0.5%	5.6%	0.0%	0.0%	11.7%
廃止	1.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	1.5%
その他	0.0%	0.0%	3.6%	0.0%	0.0%	3.6%
合計	52.8%	17.3%	24.9%	3.6%	1.5%	100.0%

このうち社会的対応に伴う意思決定の内訳の構成率を表-4.3.2-2 に示す。

社会的対応に伴う意思決定の特徴は以下の通りである。

- 社会的対応による主な意思決定は改造、再開発、「その他」である。
- 社会的対応のうち、公共事業、第三者被害防止、濁水対策、法令遵守が主な要因である。
- 但し、公共事業、濁水は日本固有のもので、日本の事例数が多いために大きな割合を占めていることに留意する必要がある。
- 改造の主な要因は、第三者被害防止、濁水対策である。
- 再開発の主な要因は、公共事業である。
- 「その他」の要因は、法令遵守の他、環境対応、魚類保護、需給対応と多岐に渉る。

表 4.3.2-2: 社会的対応に伴う意思決定の構成率

社会的対応	意思決定						合計
	修繕	更新増強	改造	再開発	廃止	その他	
公共事業	0.0%	0.0%	6.1%	18.4%	0.0%	0.0%	24.5%
環境対応	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	2.0%
魚類保護	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	2.0%	4.1%
第三者被害防止	0.0%	0.0%	20.4%	0.0%	2.0%	0.0%	22.4%
需給対応	0.0%	2.0%	0.0%	2.0%	0.0%	2.0%	6.1%
濁水対策	0.0%	0.0%	16.3%	0.0%	0.0%	0.0%	16.3%
設計基準変更	0.0%	0.0%	6.1%	0.0%	0.0%	0.0%	6.1%
法令遵守	0.0%	0.0%	8.2%	0.0%	0.0%	8.2%	16.3%
政情不安	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	2.0%
合計	0.0%	2.0%	59.2%	22.4%	2.0%	14.3%	100.0%

(2) 意思決定におけるリスクマネジメント

意思決定におけるリスクマネジメントの内訳の構成率は表-4.3.2-3 に示す通りである。これより得られる知見は以下の通りである。

- リスクマネジメントは回避と低減が大部分を占める
- リスク回避のための主な意思決定は改造、更新・増強、再開発である
- リスク低減のための主な意思決定は改造、修繕である

表 4.3.2-3: 意思決定におけるリスクマネジメントの内訳の構成率

意思決定	リスクマネジメント				合計
	回避	低減	移転	保有	
修繕	3.6%	13.3%	1.0%	0.0%	17.9%
更新・増強	19.9%	1.5%	0.0%	0.0%	8.7%
改造	26.5%	16.8%	0.5%	0.0%	37.2%
再開発	11.2%	0.5%	0.0%	0.0%	9.7%
廃止	0.5%	0.0%	0.0%	1.0%	1.0%
その他	2.6%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%
合計	64.3%	33.2%	1.5%	1.0%	100.0%

(3) 意思決定とその対象構造物

意思決定とその対象構造物の内訳の構成率を表-4.3.2-4 に示す。

これより得られた知見は以下の通りである。

- 主な意思決定は、改造、更新増強、修繕、再開発である。
- 改造の対象は、水路、洪水吐、ダムが多い。
- 主な更新・増強の対象は、水車発電機である。
- 修繕の対象は、水路、洪水吐、ダムが多い。
- 再開発の対象は、水路、水車発電機、発電所建屋、あるいは全設備である

表 4.3.2-4: 意思決定とその対象構造物の内訳の構成率

対象構造物	意思決定						合計
	修繕	更新・増強	改造	再開発	廃止	その他	
a. ダム	3.1%	0.0%	9.7%	0.0%	0.0%	0.0%	12.8%
b. 洪水吐	3.6%	0.0%	12.2%	0.0%	0.0%	0.0%	15.8%
c. 貯水池	1.0%	0.0%	4.1%	0.0%	0.0%	1.0%	6.1%
d. 水路	6.6%	0.0%	15.8%	0.0%	0.0%	1.0%	23.5%
e. 水車発電機	0.5%	14.3%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	15.3%
f. 電気設備	0.0%	2.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	2.6%
g. ダム&水路	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%
h. 水路&水車発電機	0.0%	0.5%	0.0%	3.1%	0.0%	0.0%	3.6%
i. 水車発電機 & 発電所建屋	0.5%	3.6%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	5.6%
j. 水路 & 水車発電機 & 発電所建屋	0.5%	1.0%	0.0%	4.1%	0.0%	0.0%	5.6%
k. 全設備	0.5%	0.5%	0.0%	3.6%	1.5%	0.0%	6.1%
l. その他	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	1.5%
合計	17.9%	21.9%	43.4%	11.7%	1.5%	3.6%	100.0%

4.4 意思決定とキーポイントごとの要因分析

4.4.1 要因に対する意思決定の内訳

意思決定の要因別内訳とその構成率、要因のうち社会的要因による意思決定内訳とその構成率は表-4.3.2-1,2.に示した通りである。

意思決定の要因別内訳について、要因分析の視点で得られる知見は以下の通りである。

- 主な意思決定の要因は、経年劣化、社会的対応、災害である。
- 経年劣化による主な意思決定は更新・増強、改造である。
- 社会的対応による主な意思決定は改造であるが、再開発、「その他」といった意思決定もなされている。
- 災害による主な意思決定は修繕、改造である。

また社会的対応の意思決定内訳について、要因分析の視点で得られる知見は以下の通りである。

- 社会的対応のうち、公共事業、第三者被害防止、濁水対策、法令遵守が主たる要因である。
 - ✓ 但し、公共事業、濁水は日本固有のもので、日本の事例数が多いために大きな割合を占めていることに留意する必要がある。
- 公共事業による主な意思決定は再開発である。
- 第三者被害防止による主な意思決定は改造である。
- 濁水対策による主な意思決定は改造である。
- 法令遵守による主な意思決定は、改造と「その他」である。

4.4.2 要因に対するリスクマネジメント

要因に対するリスクマネジメントの内訳の構成率は表-4.4.2-1 に示す通りである。これより得られる知見は以下の通りである。

- 主なリスクマネジメントは回避と低減である
- リスク回避のための意思決定要因は経年劣化と社会的対応である
- リスク低減のための意思決定要因は経年劣化、社会的対応、災害である

表 4.4.2-1: 要因に対するリスクマネジメントの内訳の構成率

要因	リスクマネジメント				合計
	回避	低減	移転	保有	
経年劣化	38.3%	14.8%	0.0%	0.5%	53.6%
災害	7.7%	8.2%	1.5%	0.0%	17.3%
社会的対応	14.8%	9.2%	0.0%	0.5%	24.5%
効率化・運用見直し	2.6%	1.0%	0.0%	0.0%	3.6%
維持管理の不徹底	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%
合計	64.3%	33.2%	1.5%	1.0%	100.0%

併せて、収集した好事例による各対象構造物の要因別リスクとその対策を表-4.4.2-2～6 に示す。

表 4.4.2-2: ダムにおける要因別リスクとその対策

要因	細目	現象	想定されるリスク	対応策
経年劣化	堰	流出 修繕費増嵩	下流被害 経営難	ゴム製起伏堰、SR 堰
	排砂ゲート	動作不良	堆砂増	更新
	水叩き	土石流による摩耗・洗堀	破壊	耐摩耗性鋼板敷設 自己填充型コンクリート打設
	表面遮水壁	劣化、損傷	漏水増、減電	切削・再舗装
	排水孔	穴詰まり	揚圧力増による堤体不安定	リボーリング
		アンカー強度低下	転倒	アンカー更新
災害	ダム管理室	流出	ゲート操作不能	ゲートレス化（洪水吐撤去）
社会的対応	魚類保護	ダムで魚類が河川を遡上できない	漁獲量減、絶滅危惧	捕獲箱、昇降機の設置
	法令遵守	規制当局の基準不適合	ライセンス更新不能	魚類輸送システム
維持管理の不徹底	計測装置	水位計動作不良によるダム越流・崩壊	下流被害	計測装置の維持管理徹底

表 4.4.2-3: 洪水吐における要因別リスクとその対策

要因	細目	現象	想定されるリスク	対応策
経年劣化	本体	放流要員のアクセス 困難 業務の非効率	下流被害	ゲートレス化
	ゲート	老朽化	洪水時の動作不良、下流被害	更新、修繕、撤去（ゲートレス）
災害	連絡橋	耐震性向上ニーズ	崩壊	高減衰バンパー
社会的対応	ゲート	規制当局からの指示	下流被害、ライセンスはく奪	更新

表 4.4.2-4: 貯水池における要因別リスクとその対策

要因	細目	現象	想定されるリスク	対応策
経年劣化	ライニング	劣化、損傷	漏水	ライニング更新
社会的対応	濁水	濁水の発生	地元からのクレーム	表面取水設備、清水バイパス水路、濁水防止膜
	魚類保護	水位変動が希少種の 生息を阻害	希少種の絶滅	水位運用見直し
	第三者被害防止	洪水吐ゲートへの 水圧の低減	ゲート破損による 下流被害	水位運用見直し

表 4.4.2-5: 水路における要因別リスクとその対策

要因	細目	現象	想定されるリスク	対応策
経年劣化	取水口スクリーン	振動による破損	異物混入	更新
	導水路	劣化、損傷	漏水による減電	修繕、内張管
	水圧管路	肉厚減少	漏水による減電	炭素繊維塗布
	排砂路	摩耗・洗堀	損傷、破壊	耐摩耗性鋼板敷設
災害	取水口	洪水土砂による埋没	発電不能	チロリアン型、暗渠型への改造
	放水口	同上		移設
社会的対応	余水路	余水放流	第三者被害	減勢工
	ヘッドタンク	廃止に伴う湖沼再生 ニーズ	社会からの批判	修景、機能復帰
	取水口スクリーン	河川を遡上する魚 類の減	ライセンス更新不能	特殊なスクリーン設置
	放流路	ピーク運用による 水位変動増	堤防の崩落	発電運用の見直し
効率化・運用見直し	取水口	塵芥の流入、人力 による撤去	異物混入、業務非 効率	自動除塵機

表 4.4.2-6: 発電所、水車発電機、電気周辺設備その他における要因別リスクとその対策

構造物	要因	細目	現象	想定されるリスク	対応策
発電所	経年劣化			各種設備の劣化	修繕、改造、再開発
			廃止に伴う有効活用ニーズ	廃墟化	博物館
	社会的対応	ピーク対応		利益の棄損	更新、ランナー更新
水車発電機	経年劣化		漏水、摩耗、亀裂	破壊、減電	修繕、更新・増強、再開発
	効率化・運用見直し		運転効率化ニーズ		監視制御、保護の集中化
	維持管理の不徹底		製造廃止によるスペアパーツ入手不可	発電不能	更新
			振動による破損	発電不能	修繕
電気周辺機器	経年劣化				デジタル更新
		変圧器	油漏れ	環境悪化	更新
		ガバナー	油漏れ	河川への流出	空圧式
その他	社会的対応	法令遵守	魚類保護	ライセンス更新不能	孵化場の設置、発電停止期間の設定

4.4.3 要因と意思決定対象構造物

意思決定要因とその対象構造物の内訳の構成率を表-4.4.3-1 に示す。

これより得られた知見は以下の通りである。

- 主な意思決定要因は経年劣化、社会的対応、災害である。
- 経年劣化による意思決定の主な対象は水車発電機、水路、ダム、洪水吐である。
- 社会的対応による意思決定の主な対象は水路、貯水池、全設備である。
- 災害による意思決定の主な対象は水路、ダム、洪水吐である。

表 4.4.3-1: 意思決定要因とその対象構造物の内訳の構成率

対象構造物	意思決定要因					合計
	経年劣化	災害	社会的対応	効率化・ 運用見直し	維持管理の不 徹底	
a. ダム	8.1%	3.0%	1.0%	0.0%	0.5%	12.7%
b. 洪水吐	8.1%	3.6%	2.5%	1.5%	0.0%	15.7%
c. 貯水池	1.0%	0.0%	5.1%	0.0%	0.0%	6.1%
d. 水路	8.6%	7.1%	7.1%	0.5%	0.0%	23.4%
e. 水車発電機	14.2%	0.0%	0.5%	0.5%	0.5%	15.7%
f. 電気設備	2.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	2.5%
g. ダム&水路	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%
h. 水路&水車発電機	2.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	3.6%
i. 水車発電機 & 発電所建屋	2.5%	0.5%	1.5%	0.5%	0.5%	5.6%
j. 水路 & 水車発電機 & 発電所 建屋	4.1%	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	5.6%
k. 全設備	2.0%	0.5%	3.6%	0.0%	0.0%	6.1%
l. その他	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	1.5%
合計	52.8%	17.3%	24.9%	3.6%	1.5%	100.0%

4.5 水力先進国における意思決定の動向について

表4.3.1-1に記載の国々のうち、オーストラリア、カナダ、アメリカ合衆国と日本を水力先進国とし、意思決定の動向についての比較を行った。

4.5.1 事例収集結果の比較

(1) 意思決定とその要因

表4.5.1-1～4は日本、オーストラリア、カナダ、アメリカ合衆国の意思決定事例の要因別件数内訳を示す。各国における特徴的な事象については、色枠を付けた。

表 4.5.1-1: 意思決定とその要因の件数内訳の構成率（日本）

意思決定	要 因					合計
	経年劣化	災害	社会的対応	効率化・運用見直し	維持管理の不徹底	
修繕	10.7%	10.0%	0.0%	0.0%		20.7%
更新・増強	10.7%	0.7%	0.0%	0.7%		12.1%
改造	21.4%	10.7%	17.1%	2.9%		52.1%
再開発	6.4%	0.7%	6.4%	0.0%		13.6%
廃止	0.7%	0.0%	0.7%	0.0%		1.4%
その他						
合計	50.0%	22.1%	24.3%	3.6%		100.0%

表 4.5.1-2: 意思決定とその要因の件数内訳の構成率（オーストラリア）

意思決定	要 因					合計
	経年劣化	災害	社会的対応	効率化・運用見直し	維持管理の不徹底	
修繕	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
更新・増強	27.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.3%
改造	27.3%	0.0%	9.1%	0.0%	0.0%	36.4%
再開発	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
廃止	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%
その他	0.0%	0.0%	27.3%	0.0%	0.0%	27.3%
合計	63.6%	0.0%	36.4%	0.0%	0.0%	100.0%

表 4.5.1-3: 意思決定とその要因の件数内訳の構成率（カナダ）

意思決定	要 因					合計
	経年劣化	災害	社会的対応	効率化・運用見直し	維持管理の不徹底	
修繕	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%
更新・増強	45.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	45.5%
改造	9.1%	0.0%	27.3%	0.0%	0.0%	36.4%
再開発	0.0%	0.0%	9.1%	0.0%	0.0%	9.1%
廃止	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
その他	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
合計	63.6%	0.0%	36.4%	0.0%	0.0%	100.0%

表 4.5.1-4: 意思決定とその要因の件数内訳の構成率（アメリカ）

意思決定	要 因					合計
	経年劣化	災害	社会的対応	効率化・運用見直し	維持管理の不徹底	
修繕	0.0%	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%
更新・増強	27.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.3%
改造	0.0%	0.0%	9.1%	0.0%	9.1%	18.2%
再開発	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%
廃止	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
その他	0.0%	0.0%	36.4%	0.0%	0.0%	36.4%
合計	36.4%	9.1%	45.5%	0.0%	9.1%	100.0%

(2) 社会的対応による意思決定

表-4.5.1-5～8に全体、日本、オーストラリア、カナダ、アメリカの社会的要因による意思決定の件数内訳の構成率を示す。各国における特徴的な事象については、色枠を付けた。

表 4.5.1-5: 社会的要因による意思決定の件数内訳の構成率（日本）

社会的対応	意思決定						合計
	修繕	更新増強	改造	再開発	廃止	その他	
公共事業	0.0%	0.0%	8.8%	26.5%	0.0%	0.0%	35.3%
環境対応	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
魚類保護	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
第三者被害防止	0.0%	0.0%	26.5%	0.0%	2.9%	0.0%	29.4%
需給対応	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
濁水対策	0.0%	0.0%	23.5%	0.0%	0.0%	0.0%	23.5%
設計基準変更	0.0%	0.0%	8.8%	0.0%	0.0%	0.0%	8.8%
法令遵守	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%
政情不安	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
合計	0.0%	0.0%	70.6%	26.5%	2.9%	0.0%	100.0%

表 4.5.1-6: 社会的要因による意思決定の件数内訳の構成率（オーストラリア）

社会的対応	意思決定						合計
	修繕	更新増強	改造	再開発	廃止	その他	
公共事業	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
環境対応	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.0%	25.0%
魚類保護	0.0%	0.0%	25.0%	0.0%	0.0%	25.0%	50.0%
第三者被害防止	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
需給対応	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.0%	25.0%
濁水対策	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
設計基準変更	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
法令遵守	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
政情不安	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
合計	0.0%	0.0%	25.0%	0.0%	0.0%	75.0%	100.0%

表 4.5.1-7: 社会的要因による意思決定の件数内訳の構成率 (カナダ)

社会的対応	意思決定						合計
	修繕	更新増強	改造	再開発	廃止	その他	
公共事業	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
環境対応	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
魚類保護	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
第三者被害防止	0.0%	0.0%	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.0%
需給対応	0.0%	0.0%	0.0%	25.0%	0.0%	0.0%	25.0%
濁水対策	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
設計基準変更	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
法令遵守	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%
政情不安	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
合計	0.0%	0.0%	75.0%	25.0%	0.0%	0.0%	100.0%

表 4.5.1-8: 社会的要因による意思決定の件数内訳の構成率 (アメリカ)

社会的対応	意思決定						合計
	修繕	更新増強	改造	再開発	廃止	その他	
公共事業	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
環境対応	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
魚類保護	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
第三者被害防止	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	20.0%	20.0%
需給対応	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
濁水対策	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
設計基準変更	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
法令遵守	0.0%	0.0%	20.0%	0.0%	0.0%	60.0%	80.0%
政情不安	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
合計	0.0%	0.0%	20.0%	0.0%	0.0%	80.0%	100.0%

(3) 意思決定とその対象

表-4.5.1-9～12 に日本、オーストラリア、カナダ、アメリカの意思決定とその対象の件数内訳の構成比を示す。

表 4.5.1-9: 意思決定とその対象（日本）

対象構造物	意思決定						合計
	修繕	更新・増強	改造	再開発	廃止	その他	
a. ダム	3.6%	0.0%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	13.6%
b. 洪水吐	4.3%	0.0%	15.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19.3%
c. 貯水池	0.7%	0.0%	5.7%	0.0%	0.0%	0.0%	6.4%
d. 水路	9.3%	0.0%	19.3%	0.0%	0.0%	0.0%	28.6%
e. 水車発電機	0.0%	4.3%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%	5.0%
f. 電気設備	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%
g. ダム&水路	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%
h. 水路&水車発電機	0.0%	0.7%	0.0%	3.6%	0.0%	0.0%	4.3%
i. 水車発電機 & 発電所建屋	0.0%	5.0%	1.4%	0.7%	0.0%	0.0%	7.1%
j. 水路 & 水車発電機 & 発電所建屋	0.0%	1.4%	0.0%	5.7%	0.0%	0.0%	7.1%
k. 全設備	0.7%	0.7%	0.0%	2.9%	1.4%	0.0%	5.7%
l. その他	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
合計	20.7%	12.1%	52.1%	13.6%	1.4%	0.0%	100.0%

表 4.5.1-10: 意思決定とその対象（オーストラリア）

対象構造物	意思決定						合計
	修繕	更新・増強	改造	再開発	廃止	その他	
a. ダム	0.0%	0.0%	18.2%	0.0%	0.0%	0.0%	18.2%
b. 洪水吐	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
c. 貯水池	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%	9.1%
d. 水路	0.0%	0.0%	18.2%	0.0%	0.0%	18.2%	36.4%
e. 水車発電機	0.0%	18.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18.2%
f. 電気設備	0.0%	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%
g. ダム&水路	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
h. 水路&水車発電機	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
i. 水車発電機 & 発電所建屋	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
j. 水路 & 水車発電機 & 発電所建屋	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
k. 全設備	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%	0.0%	9.1%
l. その他	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
合計	0.0%	27.3%	36.4%	0.0%	9.1%	27.3%	100.0%

表 4.5.1-11: 意思決定とその対象（カナダ）

対象構造物	意思決定						合計
	修繕	更新・増強	改造	再開発	廃止	その他	
a. ダム	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
b. 洪水吐	0.0%	0.0%	18.2%	0.0%	0.0%	0.0%	18.2%
c. 貯水池	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%
d. 水路	0.0%	0.0%	18.2%	0.0%	0.0%	0.0%	18.2%
e. 水車発電機	0.0%	36.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	36.4%
f. 電気設備	0.0%	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%
g. ダム&水路	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
h. 水路&水車発電機	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
i. 水車発電機 & 発電所建屋	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
j. 水路 & 水車発電機 & 発電所建屋	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
k. 全設備	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%	0.0%	0.0%	9.1%
l. その他	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
合計	9.1%	45.5%	36.4%	9.1%	0.0%	0.0%	100.0%

表 4.5.1-12: 意思決定とその対象（アメリカ）

対象構造物	意思決定						合計
	修繕	更新・増強	改造	再開発	廃止	その他	
a. ダム	0.0%	0.0%	18.2%	0.0%	0.0%	0.0%	18.2%
b. 洪水吐	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%
c. 貯水池	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%	9.1%
d. 水路	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
e. 水車発電機	0.0%	27.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.3%
f. 電気設備	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
g. ダム&水路	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
h. 水路&水車発電機	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%	0.0%	0.0%	9.1%
i. 水車発電機 & 発電所建屋	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
j. 水路 & 水車発電機 & 発電所建屋	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
k. 全設備	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
l. その他	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.3%	27.3%
合計	9.1%	27.3%	18.2%	9.1%	0.0%	36.4%	100.0%

(4) 意思決定要因とその対象

表-4.5.1-13～16に同じく意思決定要因とその対象の内訳の構成比を再掲して比較する。

表 4.5.1-13: 意思決定要因とその対象の内訳の構成比率（日本）

対象構造物	意思決定要因					合計
	経年劣化	災害	社会的対応	効率化・ 運用見直し	維持管理の 不徹底	
a. ダム	9.3%	4.3%	0.0%	0.0%	0.0%	13.6%
b. 洪水吐	11.4%	3.6%	2.1%	2.1%	0.0%	19.3%
c. 貯水池	0.7%	0.0%	5.7%	0.0%	0.0%	6.4%
d. 水路	10.0%	10.0%	7.9%	0.7%	0.0%	28.6%
e. 水車発電機	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.0%
f. 電気設備	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%
g. ダム&水路	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%
h. 水路&水車発電機	2.1%	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%	4.3%
i. 水車発電機 & 発電所建屋	3.6%	0.7%	2.1%	0.7%	0.0%	7.1%
j. 水路 & 水車発電機 & 発電所建屋	5.7%	0.7%	0.7%	0.0%	0.0%	7.1%
k. 全設備	1.4%	0.7%	3.6%	0.0%	0.0%	5.7%
l. その他	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
合計	50.0%	22.1%	24.3%	3.6%	0.0%	100.0%

表 4.5.1-14: 意思決定要因とその対象の内訳の構成比率（オーストラリア）

対象構造物	意思決定要因					合計
	経年劣化	災害	社会的対応	効率化・ 運用見直し	維持管理の 不徹底	
a. ダム	9.1%	0.0%	9.1%	0.0%	0.0%	18.2%
b. 洪水吐	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
c. 貯水池	0.0%	0.0%	9.1%	0.0%	0.0%	9.1%
d. 水路	18.2%	0.0%	18.2%	0.0%	0.0%	36.4%
e. 水車発電機	18.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18.2%
f. 電気設備	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%
g. ダム&水路	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
h. 水路&水車発電機	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
i. 水車発電機 & 発電所建屋	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
j. 水路 & 水車発電機 & 発電所建屋	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
k. 全設備	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%
l. その他	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
合計	63.6%	0.0%	36.4%	0.0%	0.0%	100.0%

表 4.5.1-15: 意思決定要因とその対象の内訳の構成比率（カナダ）

対象構造物	意思決定要因					合計
	経年劣化	災害	社会的対応	効率化・運用見直し	維持管理の不徹底	
a. ダム	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
b. 洪水吐	0.0%	0.0%	18.2%	0.0%	0.0%	18.2%
c. 貯水池	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%
d. 水路	9.1%	0.0%	9.1%	0.0%	0.0%	18.2%
e. 水車発電機	36.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	36.4%
f. 電気設備	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%
g. ダム&水路	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
h. 水路&水車発電機	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
i. 水車発電機 & 発電所建屋	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
j. 水路 & 水車発電機 & 発電所建屋	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
k. 全設備	0.0%	0.0%	9.1%	0.0%	0.0%	9.1%
l. その他	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
合計	63.6%	0.0%	36.4%	0.0%	0.0%	100.0%

表 4.5.1-16: 意思決定要因とその対象の内訳の構成比率（アメリカ）

対象構造物	意思決定要因					合計
	経年劣化	災害	社会的対応	効率化・運用見直し	維持管理の不徹底	
a. ダム	0.0%	0.0%	9.1%	0.0%	9.1%	18.2%
b. 洪水吐	0.0%	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%
c. 貯水池	0.0%	0.0%	9.1%	0.0%	0.0%	9.1%
d. 水路	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
e. 水車発電機	27.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.3%
f. 電気設備	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
g. ダム&水路	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
h. 水路&水車発電機	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%
i. 水車発電機 & 発電所建屋	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
j. 水路 & 水車発電機 & 発電所建屋	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
k. 全設備	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
l. その他	0.0%	0.0%	27.3%	0.0%	0.0%	27.3%
合計	36.4%	9.1%	45.5%	0.0%	9.1%	100.0%

4.5.2 総合評価

以上、意思決定の好事例の収集量が多かった日本、オーストラリア、カナダ、アメリカについて、好事例とその要因について、国別で比較検討を行った。

上記の水力を取り巻く電力事情と意思決定事例の要因分析に基づく各国の総合評価は以下の通りである。

(1) 日本

- ▶ 頻発する水害に伴う修繕、改造の意思決定が顕在化している。その対象は水路が多い。水害の頻発は地球規模の気候変動の影響に伴うものとされている。
- ▶ 河川管理者による公共事業とは、河川管理者によるダム再開発事業である。これに伴う発電所の再開発の意思決定は日本固有の事例である。
- ▶ 洪水等に伴う貯水池の濁水の発生は日本の地形地質条件や気象事件に伴うものであるが、その対応のための意思決定が行われている。これは地元への配慮によるところが大きい。

(2) オーストラリア

- ▶ 意思決定要因における社会的要因は魚類保護、環境対応、需給対応が意思決定要因である。
- ▶ 魚類保護、環境対応はすべて環境に関する事項であり、水力に対して環境配慮の社会的な要請が高いものと推測される。
- ▶ 需給対応は、料金の高い時間帯にピーク運転を行うための措置で、電力自由化に伴う意思決定である。
- ▶ 発電所関係設備に手を加える一般的な意思決定以外に、既設の貯水池や発電所の運転運用の見直しといった、直接的なコストが不要なソフトでの対処による意思決定がある。

(3) カナダ

- ▶ 社会的な対応は第三者（地域住民）を配慮したものが多く。
- ▶ 経年劣化に伴い、水車発電機の更新・増強やダム、洪水吐、水路の修繕、改造が適宜、行われているが、既存発電所の資産価値の維持・向上を目指すものである。
- ▶ 非常にオーソドックスな意思決定事例が多い。

(4) アメリカ

- ▶ 水力は河川の水資源管理下にあり、水資源の多様な用途のうちの一つという位置付けにあり、アメリカの国民性から他の水資源の用途と平等な扱いをされており、ステークホルダーとの協調が求められているようである。
- ▶ 水力のライセンス取得（更新）は事業者にとっては最重要課題であり、FERCの基準を満たすことが重要であるが、その基準は河川を遡上する魚類の漁獲量の確保等、上記の水資源管理に係る規制に基づくものとなっている。そのために、発電所関係設備以外のもの（「その他」）が意思決定の対象となっている。
- ▶ 新規水力開発が期待できないため、既存のアセットの価値向上が求められている。そのためにアセットマネジメントが重視されている。
- ▶ 意思決定は、規制遵守と既存アセットの価値向上に主眼が置かれている。

(5) 全体評価

- ▶ 保守における意思決定は主に経年劣化と社会的対応によるものである。

- 経年劣化による意思決定の対象は水車発電機およびダム、洪水吐、水路であるが、これは既存アセットの資産価値の維持・向上を目指したものである。
- 社会的対応の内容は国により異なるが、共通するのは第三者への被害防止である。水力は河川を利用するものであり、河川には水力発電事業に携わる者以外の多くの人に関わる。このような水力発電の公共性を考えるとにより第三者への被害は絶対に起こしてはならないという考えに基づくものと考えられる。
- 水力発電が河川の流水を利用するため、国の水資源政策が水力発電所の意思決定に大きく影響する。(水資源管理) これが、意思決定の社会的要因の内容の相違につながっている。

5. 意思事例に基づく意思決定フロー

収集した好事例について、対象構造物別に「4. 意思決定事例の概要と分析」にて紹介した意思決定の好事例について、対象構造物別に各要因について、その結果生じた問題点、意思決定とその目的、そのための具体的な方策を集約し、意思決定フローとしてまとめた。

以下、日本および日本以外の国々について、それぞれ意思決定フローを示す。各意思決定フロー図の事例の末尾に付した数字は、5.1 では添付資料-1 のインデックス番号、5.2 では添付資料-2 のインデックス番号に相当する。これらは巻末の意思決定好事例リスト（日本）および意思決定好事例リスト（その他の国々）にも掲載した。

尚、フロー図における凡例は以下の通りである。

- ・ ピンク色の Box：要因
- ・ 黄色の Box：対象構造物
- ・ 青色の Box：現場で発生した問題事象
- ・ 緑色の Box：解決すべき課題
- ・ オレンジ色の Box：意思決定の具体的な内容
- ・ 青色の枠の中の番号：5.1 節では添付資料-1 の好事例の番号を示す。5.2 節では添付資料-2 の好事例の番号を示す。

5.1 日本

5.1.1. ダム

(1) 経年劣化

ダムに関する経年劣化による意思決定は改造と修繕である。改造の場合の意思決定フローを図-5.1.1-1 に示す。

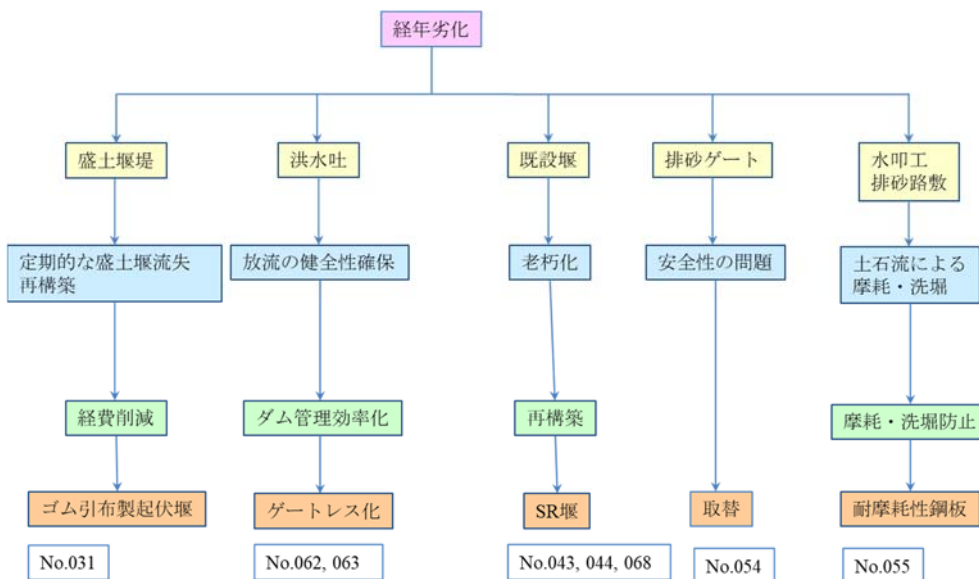


図-5.1.1-1: ダムにおける経年劣化による「改造」の意思決定フロー

修繕の場合の意思決定フローを図-5.1.1-2 に示す。

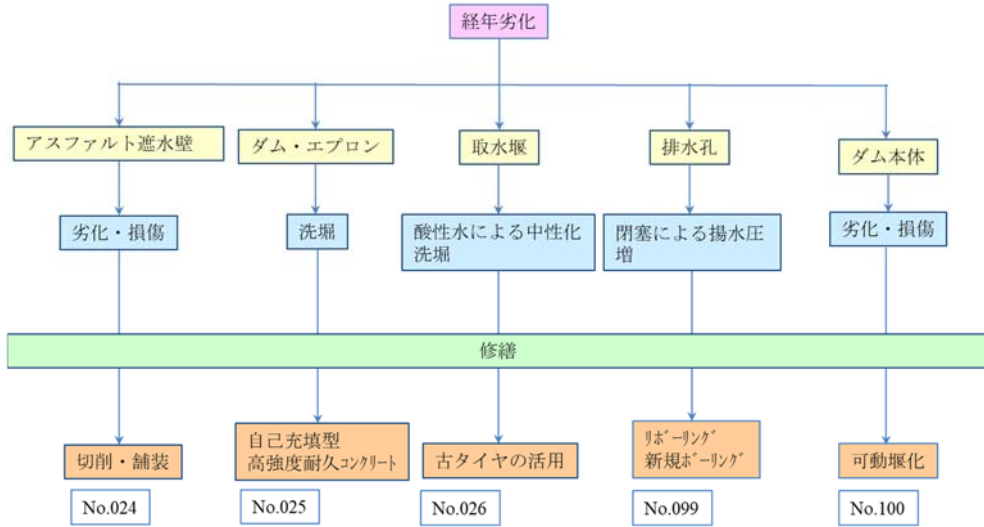


図-5.1.1-2: ダムにおける経年劣化による「修繕」の意思決定フロー

(2) 災害（洪水）

ダムに関する災害（洪水）による意思決定は改造のみである。この場合の意思決定フローを図-5.1.1-3 に示す。

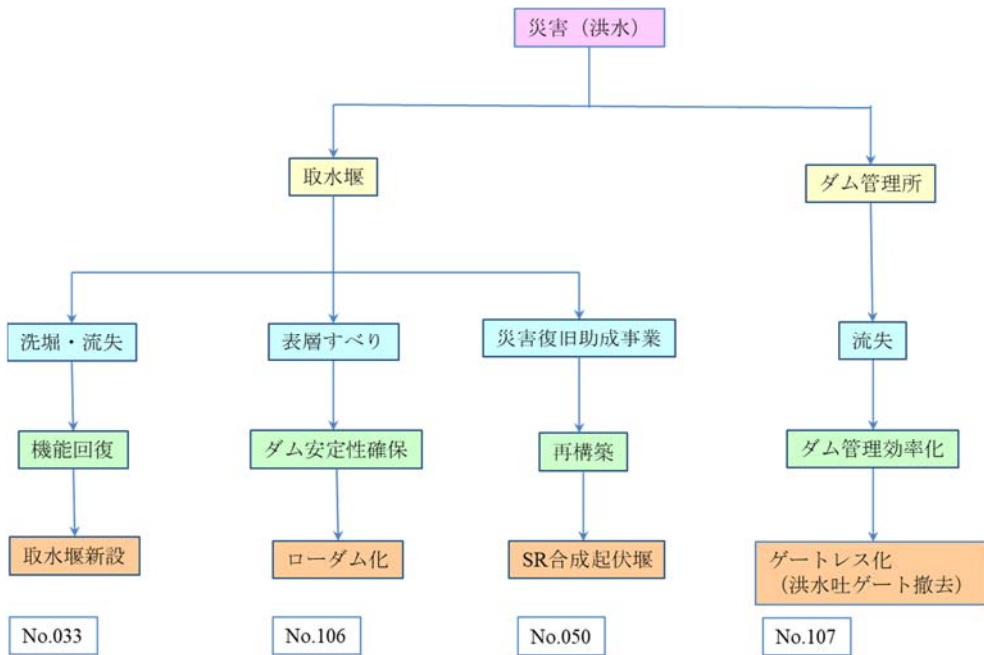


図 5.1.1-3: ダムにおける洪水による「改造」の意思決定フロー

(3) 災害（地震）

ダムに関する災害（地震）による意思決定は改造と修繕である。これらの意思決定フローを図-5.1.1-4に示す。

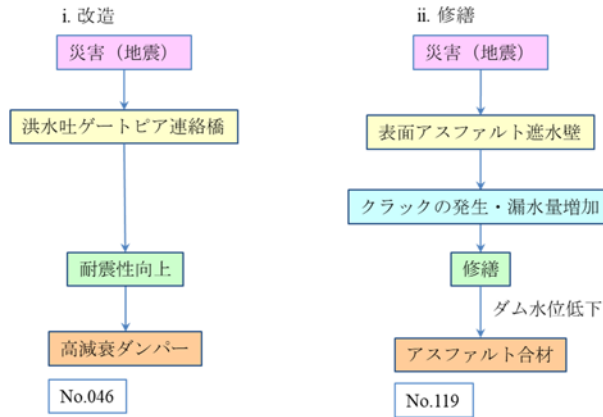


図-5.1.1-4: ダムにおける地震による「改造」、「修繕」の意思決定フロー

5.1.2 洪水吐

(1) 経年劣化

洪水吐に関する経年劣化による意思決定は改造と修繕である。改造の場合の意思決定フローを図-5.1.2-1に示す。

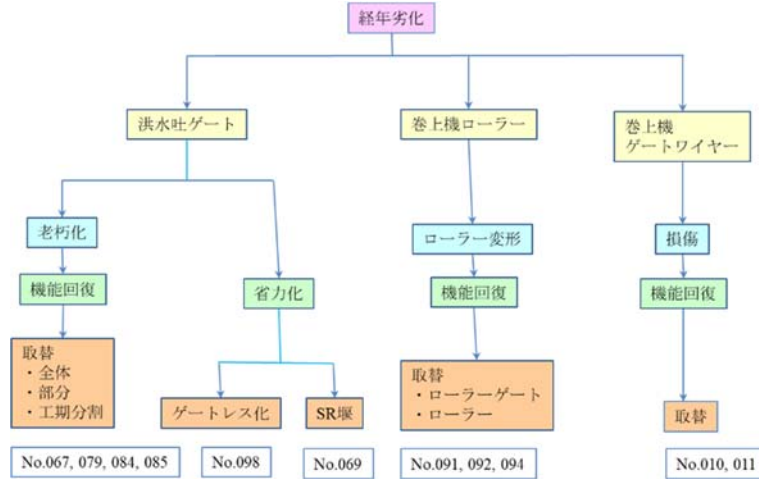


図 5.1.2-1: 洪水吐における経年劣化による「改造」の意思決定フロー

修繕の場合の意思決定フローを図-5.1.2-2 に示す。

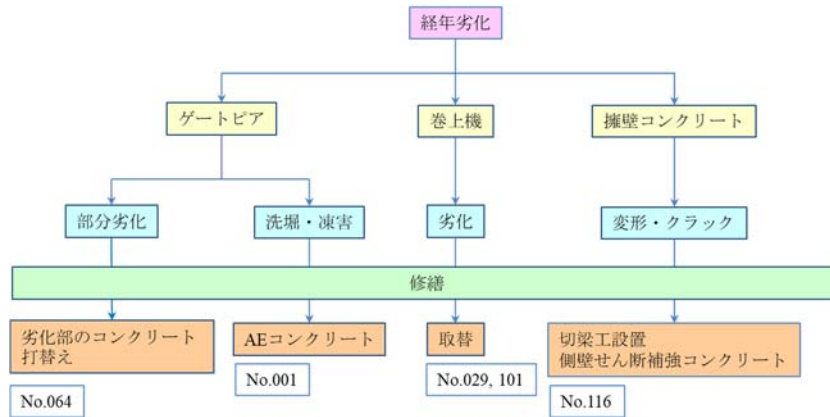


図-5.1.2-2: 洪水吐における経年劣化による「修繕」の意思決定フロー

(2) 災害

洪水吐に関する災害による意思決定は改造のみであるが、この場合の意思決定フローを図-5.1.2-3 に示す。

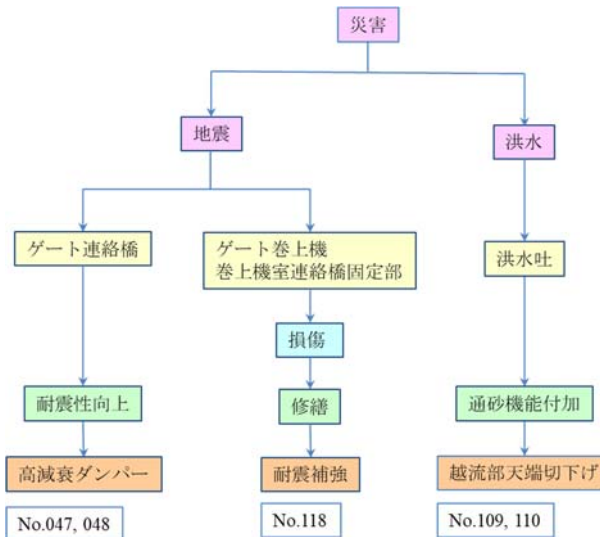


図-5.1.2-3: 洪水吐における災害による「改造」の意思決定フロー

(3) 社会的対応

洪水吐に関する社会的対応による意思決定は改造のみであるが、この場合の意思決定フローを図-5.1.2-4に示す。



図-5.1.2-4: 洪水吐における社会的対応による「改造」の意思決定フロー

(4) 効率化・運用見直し

洪水吐に関する効率化・運用見直しによる意思決定は改造のみであるが、この場合の意思決定フローを図-5.1.2-5に示す。



図-5.1.2-5: 洪水吐における効率化・運用見直しによる「改造」の意思決定フロー

5.1.3 貯水池

貯水池に関する意思決定要因は社会的対応のみで、それに対応する意思決定は「改造」のみである。この場合の意思決定フローを図-5.1.3-1に示す。

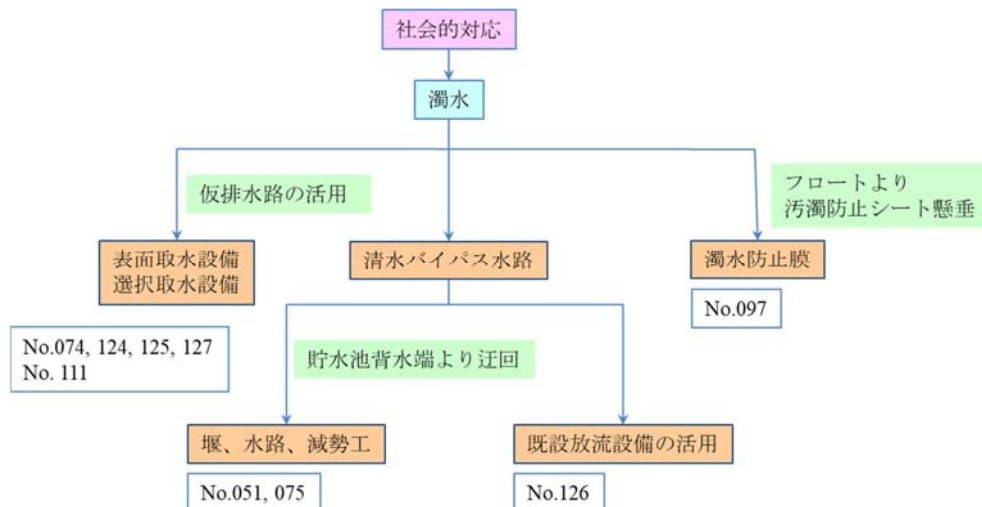


図-5.1.3-1: 貯水池における社会的要因による「改造」の意思決定フロー

5.1.4 水路

(1) 経年劣化

水路に関する経年劣化による意思決定は改造と修繕である。

改造の場合の意思決定フローを図-5.1.4-1 に示す。

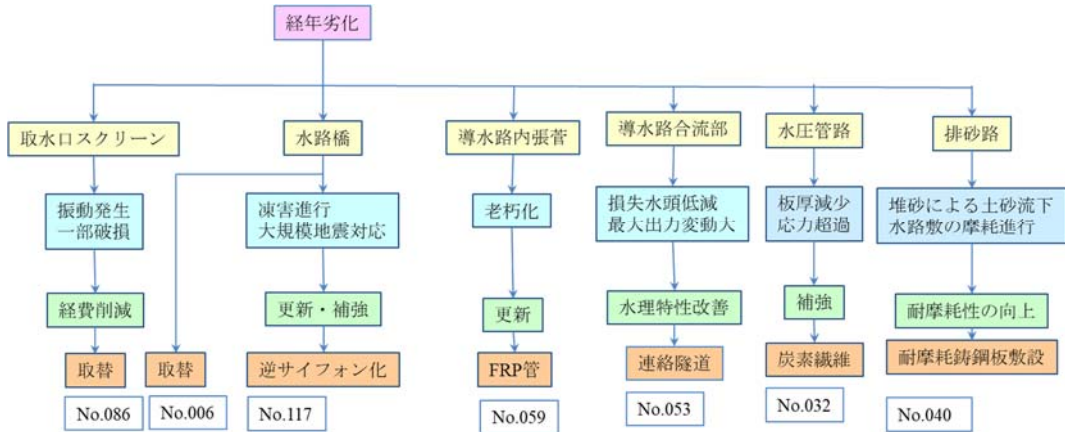


図-5.1.4-1: 水路における経年劣化による「改造」の意思決定フロー

修繕の場合の意思決定フローを図-5.1.4-2 に示す。

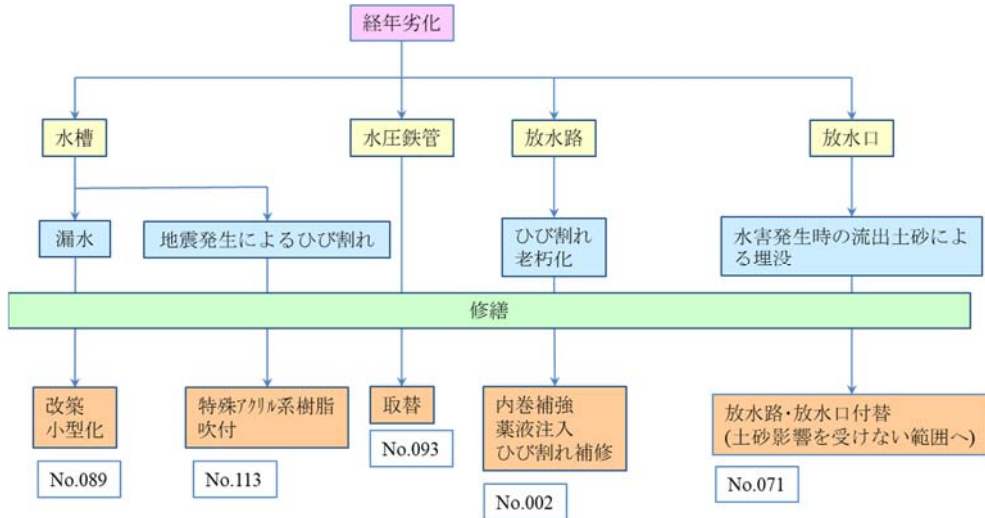


図-5.1.4-2: 水路における経年劣化による「修繕」の意思決定フロー

(2) 災害

水路に関する災害による意思決定は改造と修繕である。

「改造」の場合の意思決定フローを図-5.1.4-3 に示す。

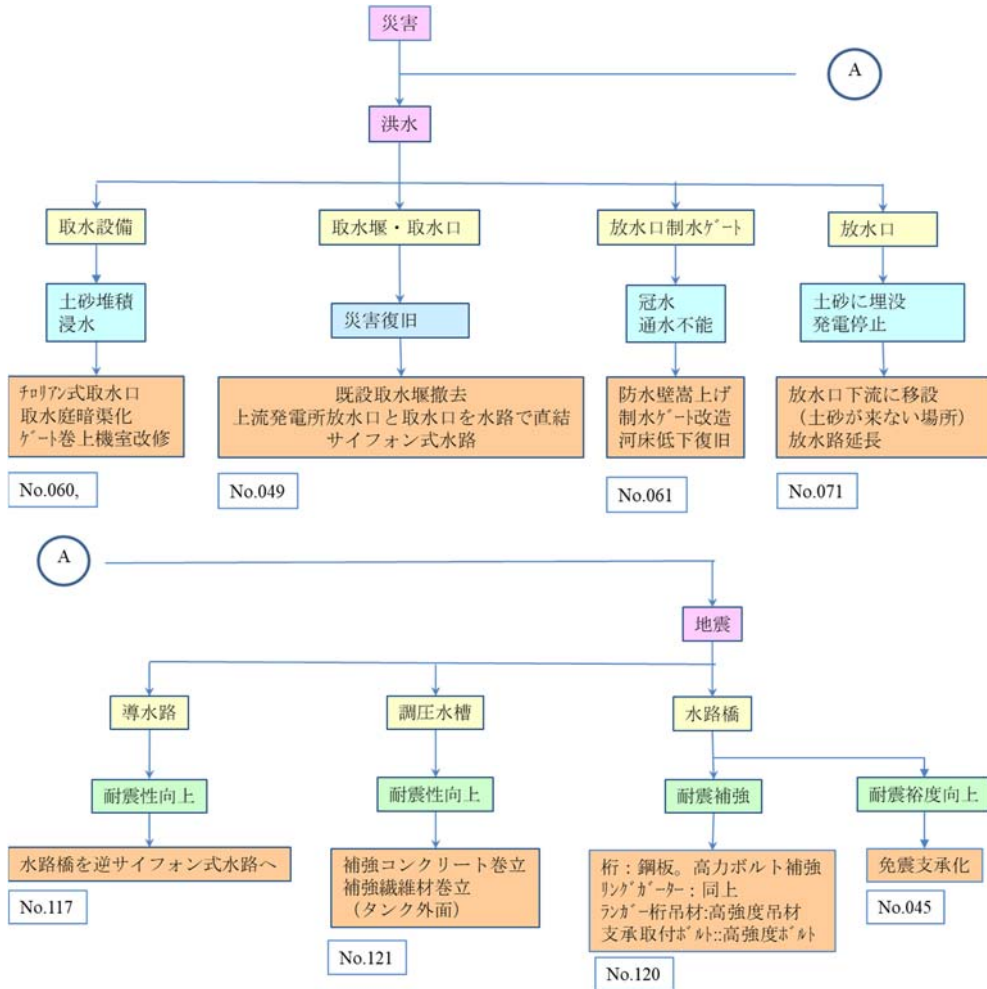


図-5.1.4-3: 水路における災害による「改造」の意思決定フロー

「修繕」の場合の意思決定フローを図-5.1.4-4 に示す。

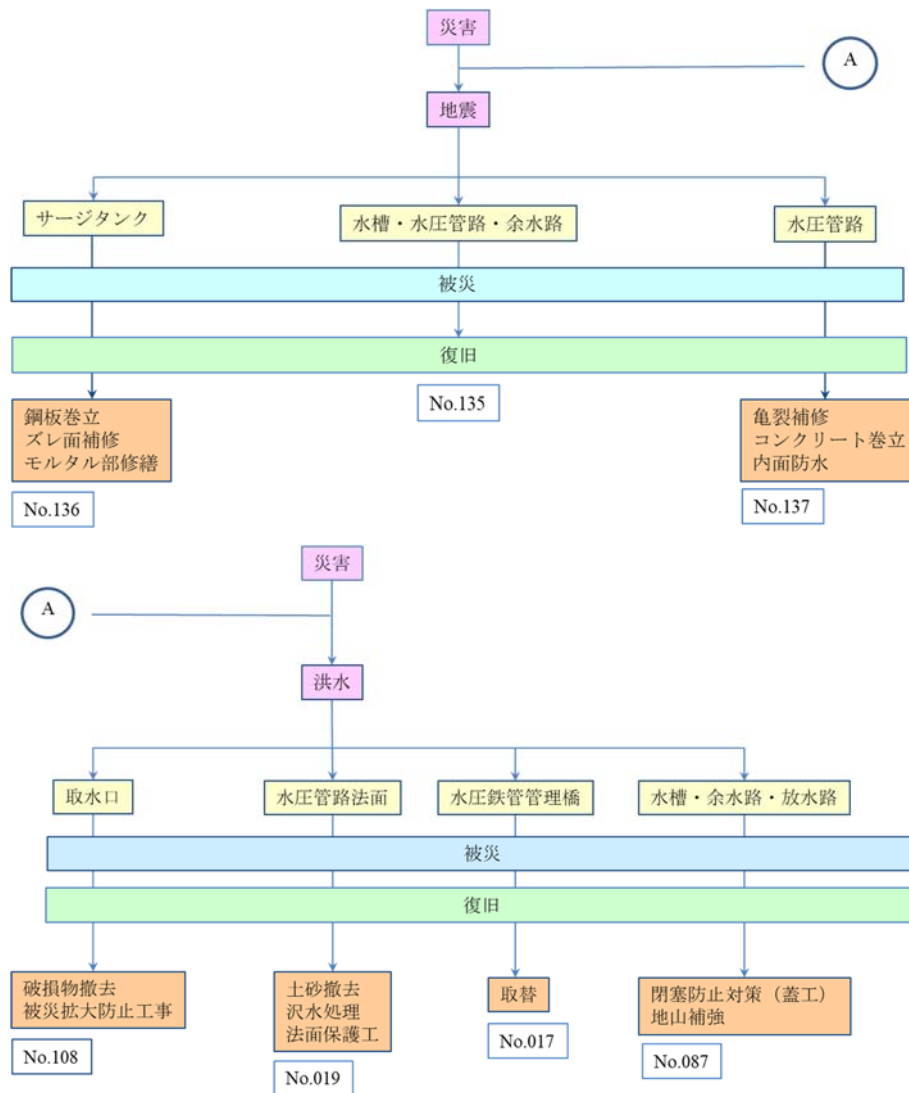


図-5.1.4-4: 水路における災害による「修繕」の意思決定フロー

(3) 社会的対応

水路に関する社会的対応による意思決定は改造のみであるが、この場合の意思決定フローを図-5.1.4-5 に示す。

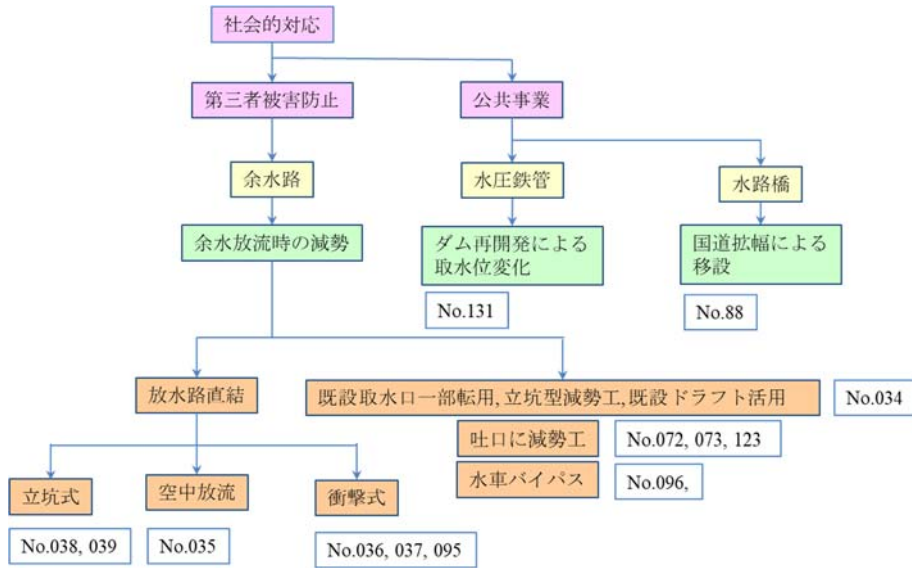


図-5.1.4-5: 水路における社会的対応による「改造」の意思決定フロー

(4) 効率化・運用見直し

水路に関する効率化・運用見直しによる意思決定は改造のみであるが、この場合の意思決定フローを図-5.1.4-6 に示す。



図-5.1.4-6: 水路における効率化・運用見直しによる「改造」の意思決定フロー

5.1.5 ダム+水路

「ダム+水路」に関する意思決定要因は災害のみで、それに対応する意思決定は「修繕」のみである。この場合の意思決定フローを図-5.1.5-1に示す。

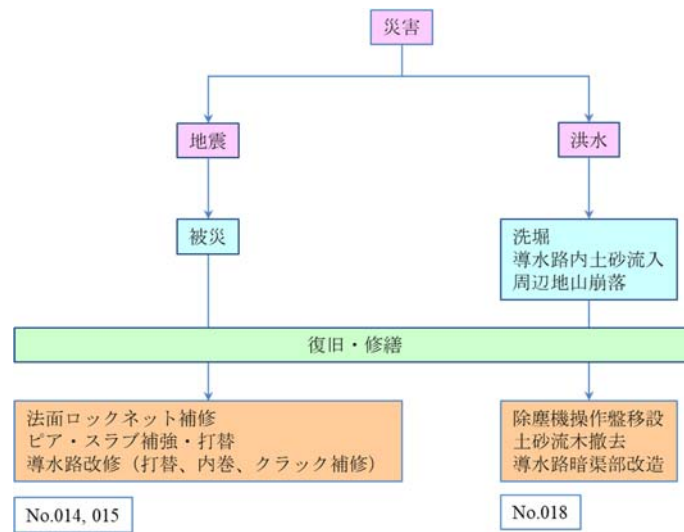


図-5.1.5-1: 「ダム+水路」における災害による「修繕」の意思決定フロー

5.1.6 発電所等

(1) 経年劣化

発電所等に関する経年劣化による意思決定フローを図-5.1.6-1 に示す。

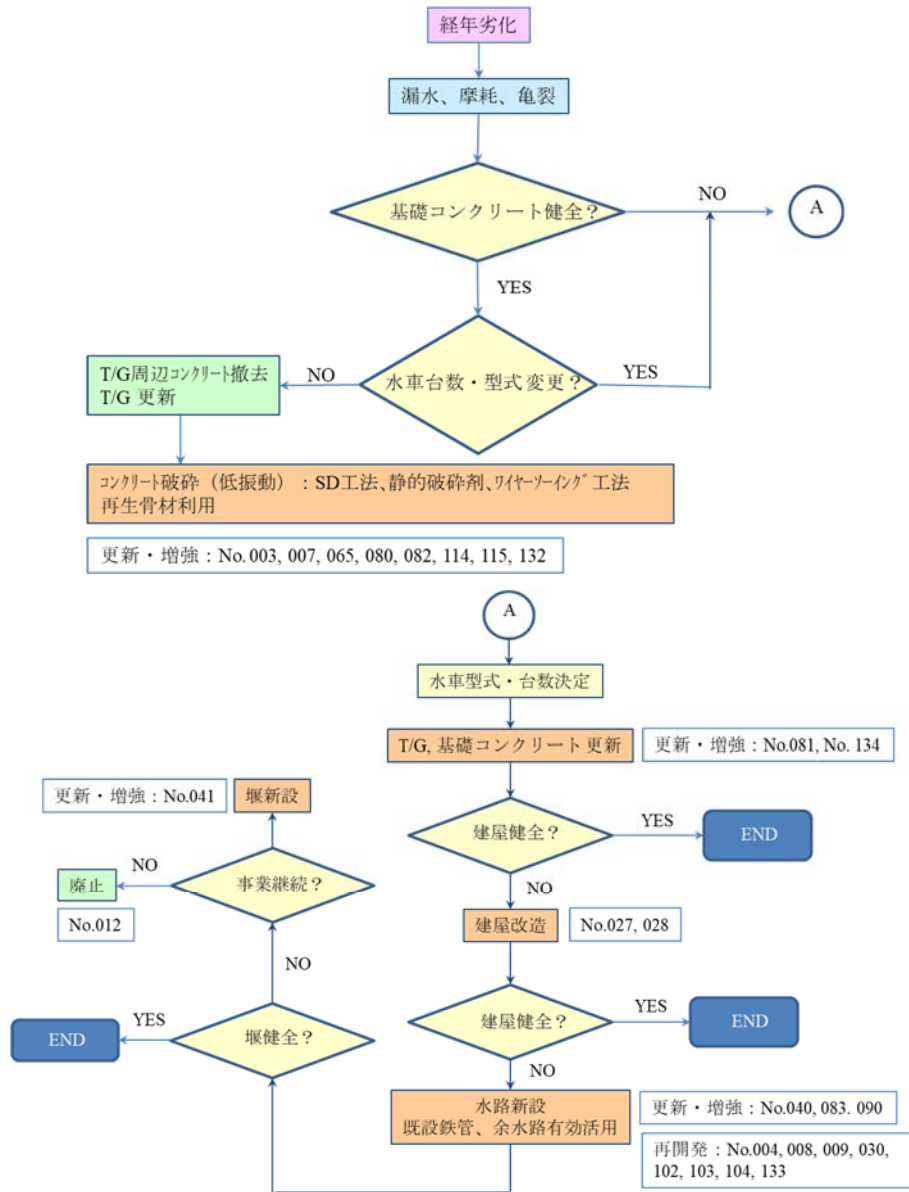


図-5.1.6-1: 発電所等における経年劣化による意思決定フロー

注) T/G: 水車発電機

(2) 災害

水路に関する災害による意思決定は修繕である。「修繕」の意思決定フローを図-5.1.6-2 に示す。

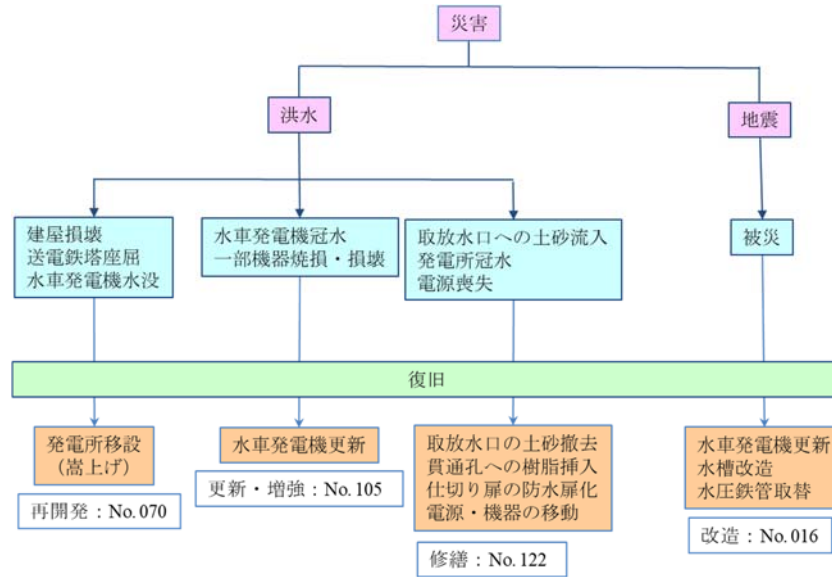


図-5.1.6-2: 発電所等における災害による「修繕」の意思決定フロー

(3) 社会的対応

発電所等に関する社会的対応による意思決定フローを図-5.1.6-3 に示す。

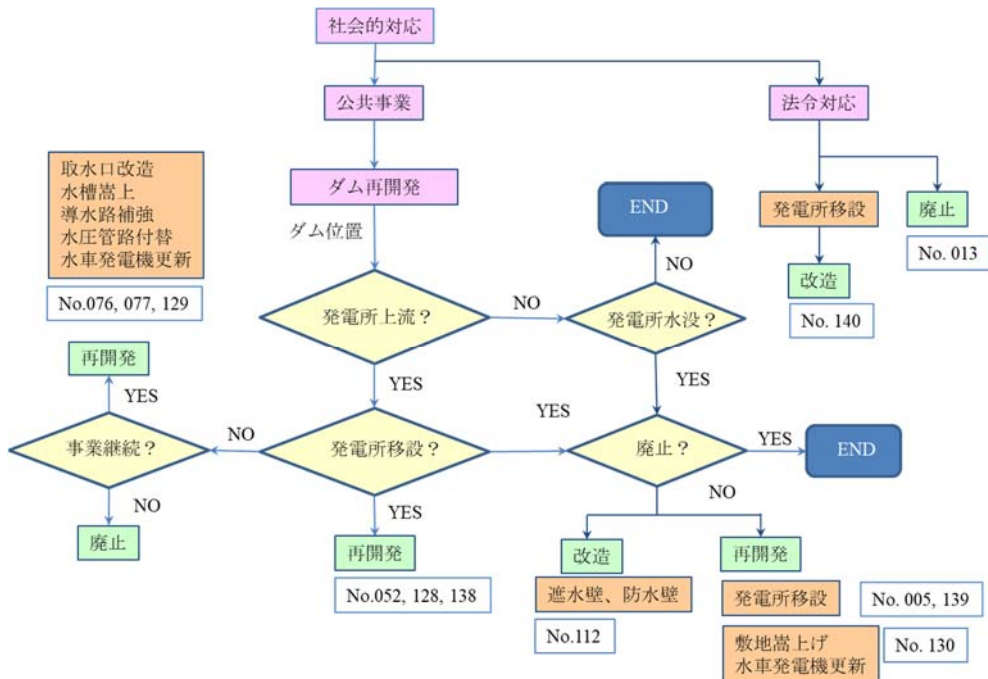


図-5.1.6-3: 発電所等における社会的対応による意思決定フロー

(4) 効率化・運用見直し

水路に関する効率化・運用見直しによる意思決定は更新・増強のみであるが、この場合の意思決定フローを図-5.1.6-4 に示す。

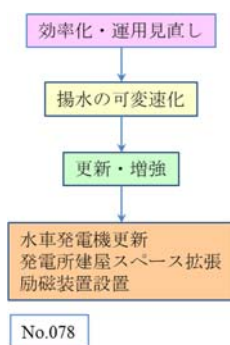


図-5.1.6-4: 発電所等における効率化・運用見直しによる意思決定フロー

5.1.7 付帯電気設備

(1) 経年劣化

付帯電気設備に関する経年劣化による意思決定フローを図-5.1.7-1 に示す。

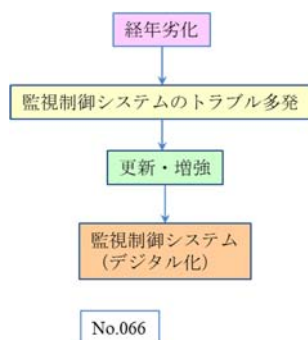


図-5.1.7-1: 付帯電気設備における経年劣化による意思決定フロー

5.2 その他の国々

5.2.1 ダム

(1) 経年劣化

ダムに関する経年劣化による意思決定フローを図-5.2.1-1 に示す。

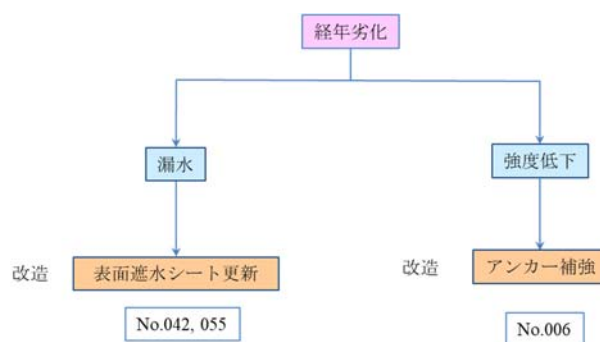


図-5.2.1-1: 経年劣化による意思決定フロー

(2) 維持管理の不徹底

ダムに関する維持管理の不徹底による意思決定フローを図-5.2.1-2 に示す。

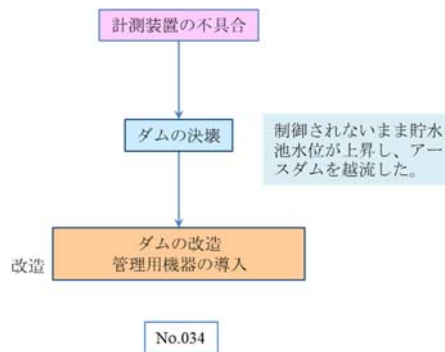


図-5.2.1-2: 維持管理の不徹底による意思決定フロー

(3) 社会的対応

ダムに関する社会的対応による意思決定フローを図-5.2.1-3 に示す。

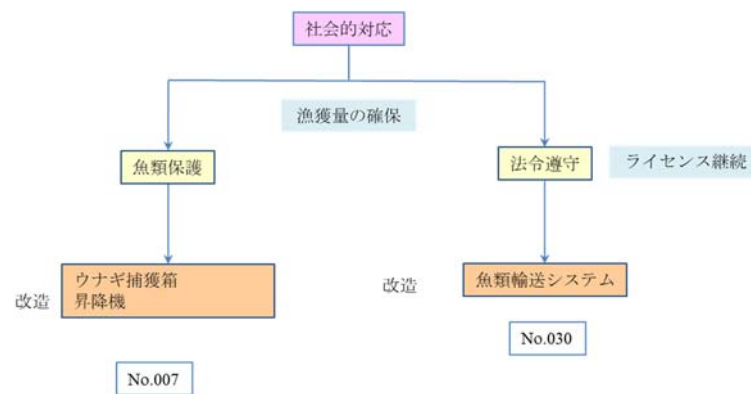


図-5.2.1-3: 社会的対応による意思決定フロー

5.2.2 洪水吐

(1) 災害

洪水吐に関する災害による意思決定フローを図-5.2.2-1 に示す。

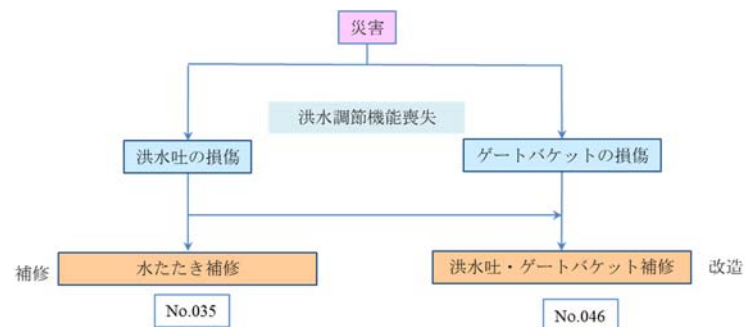


図-5.2.2-1: 災害による意思決定フロー

(2) 社会的対応

洪水吐に関しての災害による意思決定フローを図-5.2.2-2 に示す。

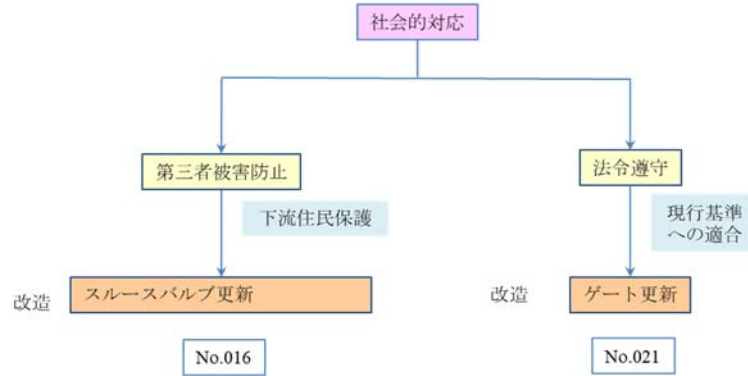


図-5.2.2-2: 社会的対応による意思決定フロー

5.2.3 貯水池

(1) 経年劣化

貯水池に関しての経年劣化による意思決定フローを図-5.2.3-1 に示す。

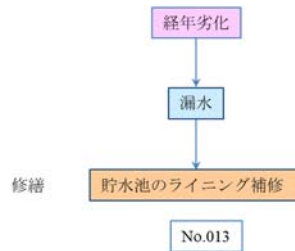


図-5.2.3-1: 経年劣化による意思決定フロー

(2) 社会的対応

貯水池に関しての経年劣化による意思決定フローを図-5.2.3-2 に示す。

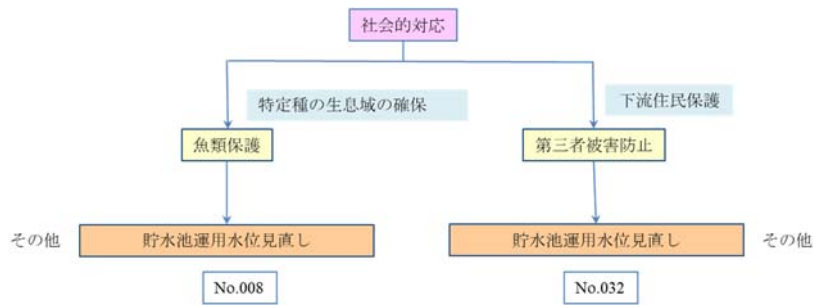


図-5.2.3-2: 社会的対応による意思決定フロー

5.2.4 水路

(1) 経年劣化

水路に関する経年劣化による意思決定フローを図-5.2.4-1に示す。

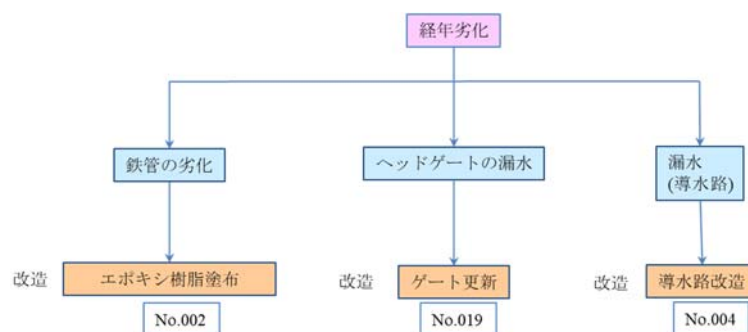


図-5.2.4-1: 経年劣化による意思決定フロー

(2) 社会的対応

水路に関する社会的対応による意思決定フローを図-5.2.4-2に示す。

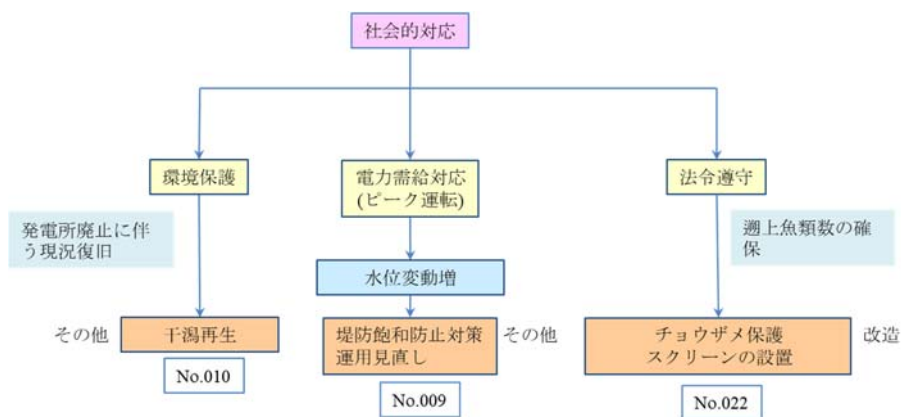


図-5.2.4-2: 社会的対応による意思決定フロー

5.2.5 水車発電機

(1) 経年劣化

水車発電機に関する経年劣化による意思決定フローを図-5.2.5-1に示す。

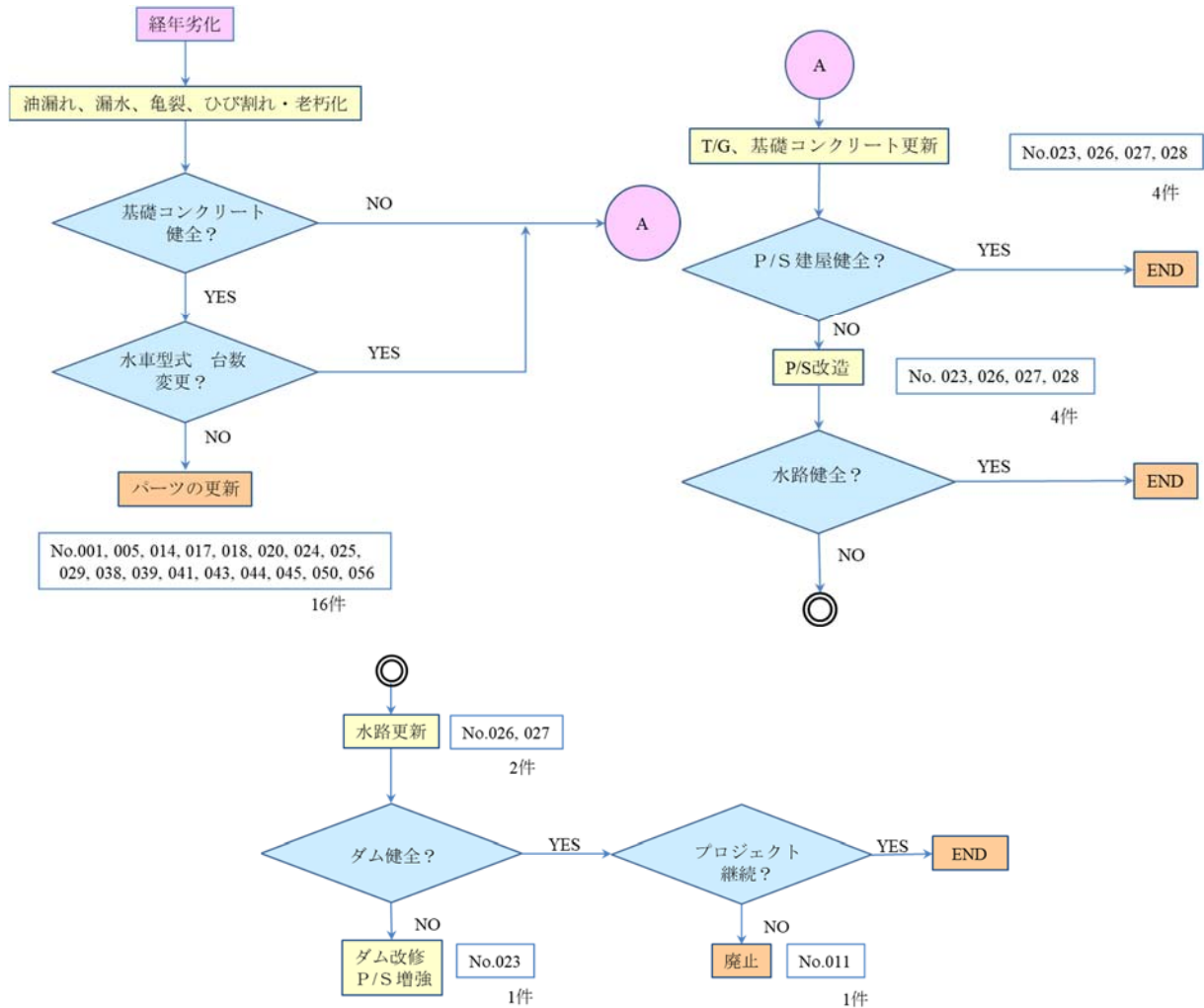


図-5.2.5-1: 経年劣化による意思決定フロー

(2) 維持管理の不徹底

水車発電機に関する維持管理の不徹底による意思決定フローを図-5.2.5-2に示す。

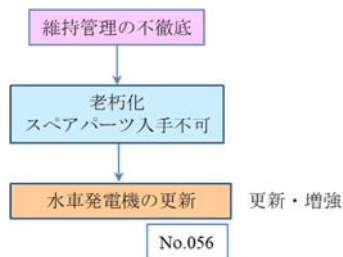


図-5.2.5-2: 維持管理の不徹底による意思決定フロー

(3) 社会的対応

水車発電機に関する社会的対応による意思決定フローを図-5.2.5-3に示す。

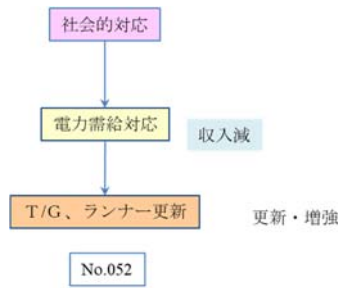


図-5.2.5-3: 維持管理の不徹底による意思決定フロー

(4) 効率化・運用見直し

水車発電機に関する効率化・運用見直しによる意思決定フローを図-5.2.5-4に示す。

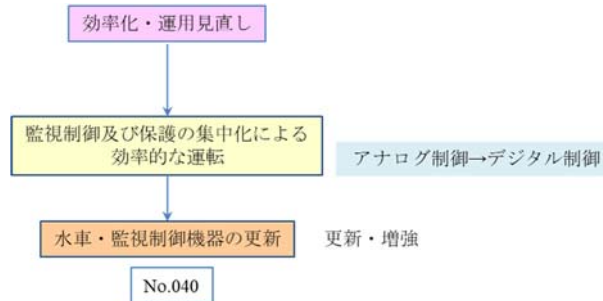


図-5.2.5-4: 効率化・運用見直しによる意思決定フロー

5.2.6 付帯電気設備

(1) 経年劣化

電気周辺設備に関する経年劣化による意思決定フローを図-5.2.6-1に示す。

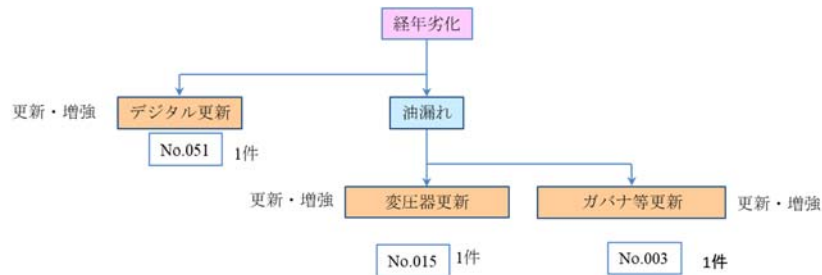


図-5.2.6-1: 経年劣化による意思決定フロー

(2) 効率化・運用見直し

電気周辺設備に関する効率化・運用見直しによる意思決定フローを図-5.2.6-2に示す。



図-5.2.6-2: 効率化・運用見直しによる意思決定フロー

5.2.7 水路+水車発電機

(1) 経年劣化

水路+水車発電機に関する経年劣化による意思決定フローを図-5.2.7-1に示す。

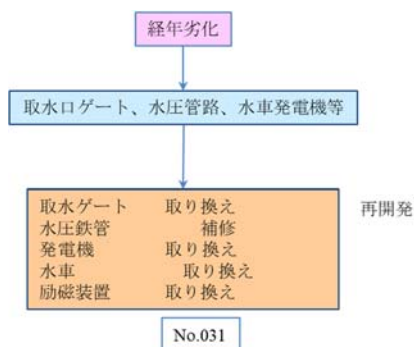


図-5.2.7-1: 経年劣化による意思決定フロー

5.2.8 水車+発電所建屋

(1) 維持管理の不徹底

水車発電機+発電所建屋に関する維持管理の不徹底による意思決定フローを図-5.2.8-1に示す。



図-5.2.8-1: 維持管理の不徹底による意思決定フロー

5.2.9 水路+水車発電機+発電所

(1) 災害

水路+水車発電機+発電所に関する災害による意思決定フローを図-5.2.9-1に示す。

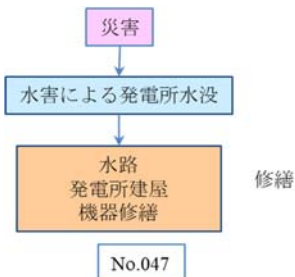


図-5.2.9-1: 災害による意思決定フロー

5.2.10 全設備

(1) 経年劣化

全設備に関する経年劣化による意思決定フローを図-5.2.10-1 に示す。

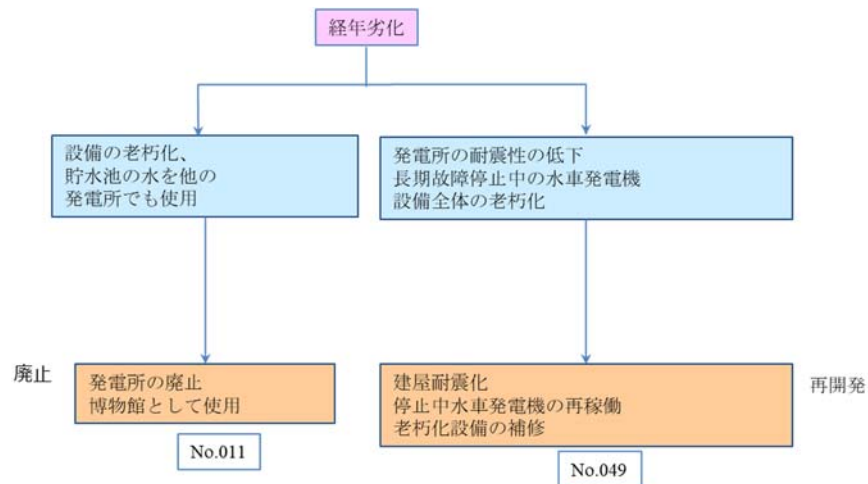


図-5.2.10-1: 経年劣化による意思決定フロー

(2) 社会的対応

全設備に関する社会的対応による意思決定フローを図-5.2.10-2 に示す。

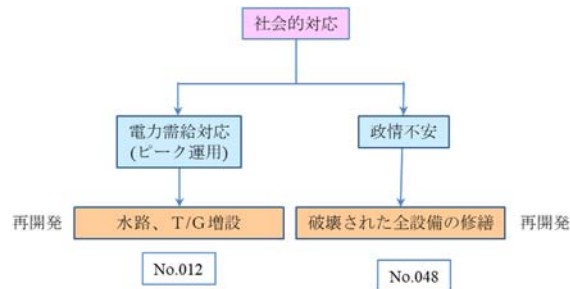


図-5.2.10-2: 社会的対応による意思決定フロー

5.2.11 その他

(1) 社会的対応

その他に関する社会的対応による意思決定フローを図-5.2.11-1 に示す。

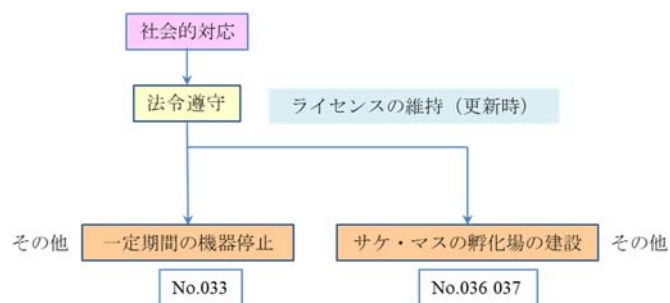


図-5.2.11-1: 社会的対応による意思決定フロー

6. 提言

Annex XV「水力発電設備の保守業務に関する意思決定」では、以下を提言する。

(1) 保守および意思決定の合理化

水力先進国では、新規水力開発機会の減少および電力自由化、また規制市場における顧客からの低廉な料金の維持の要請等により、水力発電所を所有する Utility には経営合理化が求められている。それ以前は、水力発電所は運開後、適切な保守管理が行われていると必ずしもいえない状況にあったが (Hydro Tasmania, Trust Power)、このような状況変化の下、既設の水力発電所の資産価値の維持・向上のために効率的な保守が求められるようになった。一方、電力以外の設備産業では、既にインフラの合理的な保守管理手法としてアセットマネジメントの導入が進められており、既設水力発電所の資産価値の維持向上の観点から、電力インフラへのアセットマネジメント導入を図る Utility が増加しつつある。(Reclamation Office Idaho, Tacoma Power, Fortis BC, Ontario Power Generation, Hydro Tasmania) 既にアセットマネジメントは ISO55001 として標準化されているが、今回のアセットマネジメント調査においては、米国内では ISO55001 の認証を取得した電力 Utility は 1 社とのことで (ヒアリング当時)、アセットマネジメントの導入のゴールを ISO55001 認証としている Utility も見られた。(Tacoma Power, New York Power Authority) そういう意味では、水力部門、更に拡大して電力部門でのアセットマネジメント導入は未だ端緒についたばかりともいえる。

先に記載した規制緩和、電力自由化、或いは他電源に負けない低廉な料金の確保等のために、各 Utility は経営基盤の強化を求められており、技術的な課題と財務的な課題の両立は必須である。そのためには保守および意思決定の合理的な手法の確立については、独自のノウハウの確立を図る Utility も見られる一方 (Reclamation Office Idaho, Hydro Tasmania, Tacoma Power, Ontario Power Generation)、ISO55001 認証による標準化された手法を参考にしている Utility も見られる。(Tacoma Power, New York Power Authority, Fortis BC)

(2) 情報の共有

水力発電所の保守および意思決定については各 Utility の内部事情による側面も多々あるため、意思決定その他の情報公開は難しい側面もある。そうした状況の下、ISO55001 の導入に向けて、国の枠を越えた Utility が運転実績等のデータを提供し、電気関連設備について保守における意思決定に係る情報を提示するソフトウェア (Reclamation Office Idaho, Tacoma Power で採用)、並びにこれと連動して、財務分析によりトータルライフサイクルコストの現在価値等の経済性指標を算出するソフトウェア (Reclamation Office Idaho, Tacoma Power, New York Power Authority で採用) を開発し、Utility の要請に応じて、これらのソフトウェアや保守関連マニュアルのひな形等を提供⁸⁾し

(Fortis BC, New York Power Authority)、アセットマネジメントノウハウの確立 (最終的には ISO55001 の認証取得) を支援する団体もある。(CEATI <https://www.ceati.com/>)

発電所保守については各 Utility の内部事情もあるので、Utility 間の情報共有は遅れているとされているなか、こうした団体が存在することは今回の Annex 活動を通じて得られた情報の共有化のトレンドの一つの事例である。水力先進国においては、自国の新規水力開発機会の減少に伴い、事業拡大を模索した結果、海外に多くの水力アセットを所有し、運転保守を行っている Utility が多々あるなかでは、ISO55001 によるアセットマネジメントの標準化が進められる状況の下、このよう

な保守に関する情報共有も重要になってくる。

(3) 最新技術の導入

アセットマネジメント導入の要因として、自社における情報のデジタル化が確立されたことを挙げる Utility (Trust Power) もあった。また、水力に限らず、自社の所有するアセットのすべての発電機器の運転情報を発電状況のみならず、軸受け温度や振動等の機器の稼働状況に至るまでオンタイムで確認できる施設を有する Utility もあった。(Trust Power, New York Power Authority, Ontario Power Generation) これらは DX 技術等の発展の賜物であり、これらの最新技術の導入が、アセットの保守の合理化や迅速な意思決定につながるものと考えられる。これからは、最新技術動向のトレースも保守および意思決定の合理化に向けた重要な要素となりうる。

(4) 今後の課題

以上の提言は、各 Utility 内部で実施されるものであるが、水力保守に関する意思決定においては河川に関わるマルチステークホルダーへの対応も重要な要素である。本 Annex の活動の結果、マルチステークホルダーへの対応に伴う意思決定事例が多々見られ、またその Utility が対応すべきマルチステークホルダーの内訳は国により異なることが判明した。(第4章)

各 Utility の内部で行われる意思決定は、アセットマネジメント導入に伴い、数的な指標による評価に基づくものになりつつある (Reclamation Office Idaho) が、その評価においてはマルチステークホルダーへの対応に伴う費用のみならず、その便益の数的な評価も重要な課題になってくる。

また、国によっては、保守における意思決定においては災害が要因となる事例も多々見られた。現段階では、大陸国においてこうした事例は散見された程度であったが、今後、地球的規模の気象変動の進行に伴い、災害により既存の発電所がダメージを受ける機会が世界的に増加すると予測されるなか、既存の発電所の価値の向上の一環として、レジリエンスの向上およびそのための技術的な対応も重要な課題になってくる。

以上

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁, 「エネルギー白書 2017」
- 2) EIA, Electricpower Monthly
- 3) Statistics Canada, CANSIM Electric power generation
- 4) Statistics Canada, CANSIM Supply and disposition of electric power
- 5) AEC & ENA, Electricity Gas Australia
- 6) MBIE (2019) “Data tables for electricity”
- 7) 公益事業学会政策研究会, まるわかり電力システム改革, 日本電気協会新聞部
- 8) 海外電力調査会, 海外諸国の電気事業第1編 (上巻) p7~p11, 2019年1月
- 9) 海外電力調査会, 海外諸国の電気事業 第1編 (上巻) p44~p49, 2019年1月
- 10) 海外電力調査会, “海外諸国の電気事業”, Vol.1 (下巻) p301~p313, 2019
- 11) 海外電力調査会, “海外電力”, p41~p45, 2019年11月
- 12) <http://www.ferc.gov>
- 13) ISO/RTO Council, “2017ISO/RTO Market Comparison Matrix”

図リスト

- 図-1-1: Annex 15 の検討フロー
- 図-2-1: Annex-XV の見取り図
- 図-3.2-1: 米国の卸電力市場分布
- 図-3.3.7-1: 水力設備保有出力とアセットマネジメント実施レベルの関係
- 図-4.2-1: 意思決定プロセス
- 図-4.2-2: モデル書式と意思決定プロセスの関係
- 図-5.1.1-1: ダムにおける経年劣化による「改造」の意思決定フロー
- 図-5.1.1-2: ダムにおける経年劣化による「修繕」の意思決定フロー
- 図 5.1.1-3: ダムにおける洪水による「改造」の意思決定フロー
- 図-5.1.1-4: ダムにおける地震による「改造」、「修繕」の意思決定フロー

- 図 5.1.2-1: 洪水吐における経年劣化による「改造」の意思決定フロー
- 図-5.1.2-2: 洪水吐における経年劣化による「修繕」の意思決定フロー
- 図-5.1.2-3: 洪水吐における災害による「改造」の意思決定フロー
- 図-5.1.2-4: 洪水吐における社会的対応による「改造」の意思決定フロー
- 図-5.1.2-5: 洪水吐における効率化・運用見直しによる「改造」の意思決定フロー
- 図-5.1.3-1: 貯水池における社会的要因による「改造」の意思決定フロー
- 図-5.1.4-1: 水路における経年劣化による「改造」の意思決定フロー
- 図-5.1.4-2: 水路における経年劣化による「修繕」の意思決定フロー
- 図-5.1.4-3: 水路における災害による「改造」の意思決定フロー
- 図-5.1.4-4: 水路における災害による「修繕」の意思決定フロー
- 図-5.1.4-5: 水路における社会的対応による「改造」の意思決定フロー
- 図-5.1.4-6: 水路における効率化・運用見直しによる「改造」の意思決定フロー
- 図-5.1.5-1: 「ダム+水路」における災害による「修繕」の意思決定フロー
- 図-5.1.6-1: 発電所等における経年劣化による意思決定フロー
- 図-5.1.6-2: 発電所等における災害による「修繕」の意思決定フロー
- 図-5.1.6-3: 発電所等における社会的対応による意思決定フロー
- 図-5.1.6-4: 発電所等における効率化・運用見直しによる意思決定フロー
- 図-5.1.7-1: 付帯電気設備における経年劣化による意思決定フロー
- 図-5.2.1-1: 経年劣化による意思決定フロー
- 図-5.2.1-2: 維持管理の不徹底による意思決定フロー

図-5.2.1-3: 社会的対応による意思決定フロー
 図-5.2.2-1: 災害による意思決定フロー
 図-5.2.2-2: 社会的対応による意思決定フロー
 図-5.2.3-1: 経年劣化による意思決定フロー
 図-5.2.3-2: 社会的対応による意思決定フロー
 図-5.2.4-1: 経年劣化による意思決定フロー
 図-5.2.4-2: 社会的対応による意思決定フロー
 図-5.2.5-1: 経年劣化による意思決定フロー
 図-5.2.5-2: 維持管理の不徹底による意思決定フロー
 図-5.2.5-3: 維持管理の不徹底による意思決定フロー
 図-5.2.5-4: 効率化・運用見直しによる意思決定フロー
 図-5.2.6-1: 経年劣化による意思決定フロー
 図-5.2.6-2: 効率化・運用見直しによる意思決定フロー
 図-5.2.7-1: 経年劣化による意思決定フロー
 図-5.2.8-1: 維持管理の不徹底による意思決定フロー
 図-5.2.9-1: 災害による意思決定フロー
 図-5.2.10-1: 経年劣化による意思決定フロー
 図-5.2.10-2: 社会的対応による意思決定フロー
 図-5.2.11-1: 社会的対応による意思決定フロー

表リスト

表 3.1-1: ヒアリングを実施した水力発電事業者
 表 3.1-2: 調査対象事業者の特性 (日本)
 表 3.2-1: 各国における水力発電の占有率
 表 3.2-2: 電力システムの比較
 表 3.2-3: 米国電力市場区分
 表 4.1-1: 水力発電設備の保守と増強に関する意思決定
 表 4.1-2: リスクマネジメント
 表 4.1-3: 意思決定の要因
 表 4.1-4: 意思決定の対象構造物
 表 4.1-5: 社会的対応の内容
 表 4.3.1-1: 日本以外の国々の意思決定内訳 (20か国、56件)

表 4.3.2-1: 意思決定とその要因の構成比率
 表 4.3.2-2: 社会的対応に伴う意思決定の構成率
 表 4.3.2-3: 意思決定におけるリスクマネジメントの内訳の構成率
 表 4.3.2-4: 意思決定とその対象構造物の内訳の構成率
 表 4.4.2-1: 要因に対するリスクマネジメントの内訳の構成率
 表 4.4.2-2: ダムにおける要因別リスクとその対策
 表 4.4.2-3: 洪水吐における要因別リスクとその対策
 表 4.4.2-4: 貯水池における要因別リスクとその対策
 表 4.4.2-5: 水路における要因別リスクとその対策
 表 4.4.2-6: 発電所、水車発電機、電気周辺設備その他における要因別リスクとその対策
 表 4.4.3-1: 意思決定要因とその対象構造物の内訳の構成率
 表 4.5.1-1: 意思決定とその要因の件数内訳の構成率 (日本)
 表 4.5.1-2: 意思決定とその要因の件数内訳の構成率 (オーストラリア)
 表 4.5.1-3: 意思決定とその要因の件数内訳の構成率 (カナダ)
 表 4.5.1-4: 意思決定とその要因の件数内訳の構成率 (アメリカ)
 表 4.5.1-5: 社会的要因による意思決定の件数内訳の構成率 (日本)
 表 4.5.1-6: 社会的要因による意思決定の件数内訳の構成率 (オーストラリア)
 表 4.5.1-7: 社会的要因による意思決定の件数内訳の構成率 (カナダ)
 表 4.5.1-8: 社会的要因による意思決定の件数内訳の構成率 (アメリカ)
 表 4.5.1-9: 意思決定とその対象 (日本)
 表 4.5.1-10: 意思決定とその対象 (オーストラリア)

表 4.5.1-11: 意思決定とその対象 (カナダ)
表 4.5.1-12: 意思決定とその対象 (アメリカ)
表 4.5.1-13: 意思決定要因とその対象の内訳の構成比率 (日本)
表 4.5.1-14: 意思決定要因とその対象の内訳の構成比率 (オーストラリア)
表 4.5.1-15: 意思決定要因とその対象の内訳の構成比率 (カナダ)
表 4.5.1-16: 意思決定要因とその対象の内訳の構成比率 (アメリカ)

好事例リスト (日本)

- 001 新冠ダム洪水吐敷修繕工事
- 002 放水路修繕工事
- 003 1、2 号水車更新工事(土木工事)
- 004 新岩松発電所新設工事
- 005 江卸発電所移設工事
- 006 内の倉水路橋架替工事
- 007 水車発電機改修工事
- 008 豊実発電所改修工事
- 009 鹿瀬発電所改修工事
- 010 蓬莱ダム洪水吐きゲート・巻上機取替工事
- 011 宮下ダムゲート・巻上機取替工事
- 012 沼沢沼発電所廃止に伴う撤去工事
- 013 月の沢発電所廃止に応じた撤去工事
- 014 岩手・宮城内陸地震災害復旧工事
- 015 岩手・宮城内陸地震災害復旧工事
- 016 滝野発電所改修工事
- 017 水圧鉄管管理橋復旧工事
- 018 豪雨災害復旧工事
- 019 豪雨災害復旧工事
- 020 加治川ダム改良 (ゲートレス化) 工事
- 021 飯豊川第一ダム改良 (ゲートレス化) 工事
- 022 湯ノ谷ダム (ゲートレス化) 改良工事
- 023 取水口除塵機設置工事
- 024 高野山ダム遮水壁修繕工事
- 025 小田切ダムエプロンの補修工事
- 026 吾妻川取水ダム排砂路修繕工事
- 027 西鬼怒川発電所改修工事
- 028 熊川第一発電所改造工事
- 029 水内ダム洪水吐ゲート取替工事
- 030 水車発電機取替及び水圧鉄管一部取替工事
- 031 大正池取水堰堤改良工事
- 032 水圧鉄管補強工事
- 033 上野川取水堰復旧工事
- 034 余水路新設工事
- 035 余水路改良工事
- 036 水槽余水路改良工事
- 037 水槽余水路改良工事
- 038 余水路改良工事
- 039 余水路新設工事
- 040 千頭ダム排砂路修繕工事
- 041 根尾発電所改修工事
- 042 南向発電所設備改修工事
- 043 犀川堰堤改良工事
- 044 西渡えん堤改修工事(S R堰)
- 045 関の沢水管橋の免震支承化工事
- 046 笹間川ダム耐震性向上
- 047 ダムゲートピアの耐震裕度向上工事
- 048 ダムゲートピアの耐震裕度向上工事
- 049 水路改修工事
- 050 天神えん堤改修工事(S R堰)
- 051 大井川ダム 清水化バイパス設置工事
- 052 小里川ダム建設に伴う再開発
- 053 導水路合流部改良工事
- 054 排砂ゲート取替工事
- 055 雑穀谷取水ダム水叩工改修工事
- 056 神一ダム ラジアルゲート更新
- 057 神二ダム ラジアルゲート更新
- 058 仏原ダム ラジアルゲート更新
- 059 導水路改良工事
- 060 雑穀谷取水設備改良工事
- 061 放水路復旧工事
- 062 小原ダム改良工事
- 063 尾口第一ダム改修工事
- 064 読書ダムピア他修繕工事
- 065 1号機水車発電機全面改良工事
- 066 監視システム更新

- | | |
|------------------------|---------------------------------------|
| 067 和知ダム洪水吐ゲート取替工事 | 106 山下池ダム復旧工事 |
| 068 大股えん堤改修工事 | 107 西畑ダム改造工事 |
| 069 取水ダム改良工事 | 10 取水設備等復旧工事 |
| 070 洪水災害復旧工事 | 109 山須原ダム改造工事 |
| 071 放水路トンネル付替工事 | 110 西郷ダム改造工事 |
| 072 余水路改良工事 | 111 選択取水設備改良工事 |
| 073 余水吐改良工事 | 112 嘉瀬川ダム建設に伴う土木設備移設工事 |
| 074 表面取水設備新設工事 | 113 調圧水槽ひびわれ補修工事 |
| 075 排砂バイパス設置工事 | 114 水車発電機一括更新工事 |
| 076 新丸山ダム建設に伴う再開発 | 115 水車発電機一括更新工事 |
| 077 新丸山ダム建設に伴う再開発 | 116 洪水吐擁壁復旧工事 |
| 078 奥多々良木発電所可変速化工事 | 117 導水路改造工事 |
| 079 沓ヶ原ダム洪水吐ゲート改修工事 | 118 釧路沖地震 災害復旧工事 |
| 080 水車・発電機取替工事 | 119 沼原ダムアスファルト表面遮水壁補修工事 |
| 081 水車・発電機取替工事 | 120 野尻水路橋耐震補強工事 |
| 082 水車発電機取換工事 | 121 調圧水槽耐震補強工事 |
| 083 水車発電機取換・余水路安全対策工事 | 122 災害復旧工事 |
| 084 立岩ダム洪水吐ゲート取替工事 | 123 水槽余水路改造工事 |
| 085 高暮ダム洪水吐ゲート取替工事 | 124 阪本取水設備改造工事 |
| 086 取水口スクリーン取替工事 | 125 表面取水設備改造工事 |
| 087 災害復旧対策工事 | 126 清流バイパス工事 |
| 088 水路橋移転工事 | 127 坂本ダム表面取水・濁水フェンス等 |
| 089 水槽改良工事 | 128 胆沢ダム建設に伴う胆沢第一発電所新設工
事 |
| 090 梶原川第三発電所改良工事 | 129 新桂沢ダム建設に伴う改造工事 |
| 091 津賀ダムゲート取替工事 | 130 新桂沢ダム建設に伴う改造工事 |
| 092 加枝ダムゲート取替工事 | 131 鶴田ダム再開発に伴う改造工事 |
| 093 水圧鉄管取替工事 | 132 城山発電所改造事業 |
| 094 面河第三ダム ゲートローラー更新工事 | 133 新大長谷第一発電所建設プロジェクト |
| 095 余水路改良工事 | 134 菊鹿発電所建設（再開発）工事 |
| 096 余水放流設備設置工事 | 135 地震被害復旧工事 |
| 097 長沢貯水池 遮水シート設置工事 | 136 土木構造物の復旧工事 |
| 098 明谷ダム改良工事 | 137 土木構造物の復旧工事 |
| 099 諸塚ダム基礎排水孔機能改善工事 | 138 野川第二発電所再開発 |
| 100 堆砂進行に伴う取水堰改造工事 | 139 新野川第一発電所再開発 |
| 101 洪水吐きゲート取換工事 | 140 水力発電所設備改修の工事概要並びに条例
適合のための設計変更 |
| 102 塚原発電所総合更新工事 | |
| 103 新甲佐発電所新設工事 | |
| 104 新名音川発電所新設工事 | |
| 105 上椎葉発電所本復旧工事 | |

好事例リスト（その他の国々）

001 Poatina 発電所/水車ランナー、インジェクター等の改修

002 Poatina 発電所/水圧鉄管内外面の再コーティング

003 Tungatinah 発電所/入口弁・调速機等の電気設備更新

004 Upper 発電所/木製導水路の更新

005 Meadobank 発電所,Paloona 発電所,Cluny 発電所,Repulse 発電所/油圧系の設備更新等

006 Catagunya 発電所/アンカーケーブルの増し打ち工事

007 Trevallyn 発電所/ウナギ用ダム遡上補助装置の設置

008 Poatina 発電所/貯水池の水運用見直し

009 Gordon 発電所/発電運用の見直し

010 Lagoon of Islands 干潟/湖沼再生

011 Waddamana A 発電所/廃止に伴う博物館への改装

012 Ranney Falls 発電所/洪水吐の改造と水圧鉄管路、水車発電機の設置

013 Sur Adam Beck 発電所/調整池のライニング補修

014 SIR ADAM BECK 発電所/G3 更新-新規ランナーと発電機 Rewind

015 Des Joachims 発電所/主要変圧器の更新

016 Otto Holden 発電所/スルースゲートの更新とリハビリ

017 SIR ADAM BECK 発電所/G5 大規模修繕と更新

018 SIR ADAM BECK 発電所/G4 大規模修繕と更新

019 Otto Holden 発電所/ヘッドゲートの更新とゲインの修繕

020 Upper Bonnington 発電所/大規模設備改修

021 CORRA LINN 発電所/ダム洪水吐ゲートの更新

022 Waneta 発電所/増設機におけるチョウザメ除外スクリーンの採用

023 Embretsfoss 発電所/発電設備の増強と再開発

024 Hemsil II 発電所/増強計画

025 Hol 1 発電所/更新・増強

026 Rånåsfoss 発電所/増強計画

027 Rendalen 発電所/主機取替

028 Boulder Canyon 発電所/水車発電機等の更新

029 Cheoah 発電所/水車発電機等の更新

030 North Fork Skokomish 発電所/魚の誘導・捕集システムの設置

031 Fond du Lac 発電所/水車発電機他、土木設備の更新

032 Mossyrock 発電所/ダム運用の変更

033 Wynoochee 発電所/サケ・マスの保護

034 Taum Sauk 発電所/ダム決壊事故

035 Thermalto 発電所/洪水吐損壊

036 Mossyrock ダム、Mayfield ダム/サケ孵化場の改修

037 Alder ダム、LaGrande ダム/ダム流出量の増加、孵化場の建設

038 Grand Coulee 発電所/水車発電機の修繕工事

039 Salto Grande 発電所/改修プロジェクト

040 Itaipu 発電所/水車発電機制御設備他の更新

041 Estreito 発電所/同期調相機のプロジェクト

042 Studena ダム/ダム上流面復旧工事

043 葛洲 発電所/水車発電機等の更新

044 Pirttikoski 発電所/水車ランナー等の更新

045 Sisteron 発電所/水車ランナー等の更新

046 Indirasagar 発電所/ダム余水吐きゲートの補修

047 Dhauliganga 発電所/洪水被害からの復旧工事

048 Mt. Coffee 発電所/修繕プロジェクト

049 Waitaki 発電所/設備改修

050 Benmore 発電所/設備改修

051 Kainji 発電所/電気機器設備の改修

052 Cabril 発電所/水車ランナー等の調整・見直し

053 Sayano Shushenskaya 発電所/水車発電機・発電所修繕

054 Fala 発電所/発電所の遠隔操作化と完全自動化

055 Villarino 発電所/ダムアスファルトフェーシングの改修

056 Nalubaale & Kiira 発電所/機器の更新によるリスク回避