

IEA水力実施協定  
**Annex-XI 「水力発電設備の更新と増強」**  
の概要について

平成27年2月13日

一般財団法人 新エネルギー財団  
水力地熱本部 水力国際・技術部

OA: 秋 山 隆

## 内 容

1. IEA水力実施協定の紹介
2. Annex-XI(水力発電設備の更新と増強)の概要
3. 背景－日本の水力電源開発の歩み
4. 活動内容－事例収集、分析
5. 終わりに

# 1. IEA水力実施協定の紹介

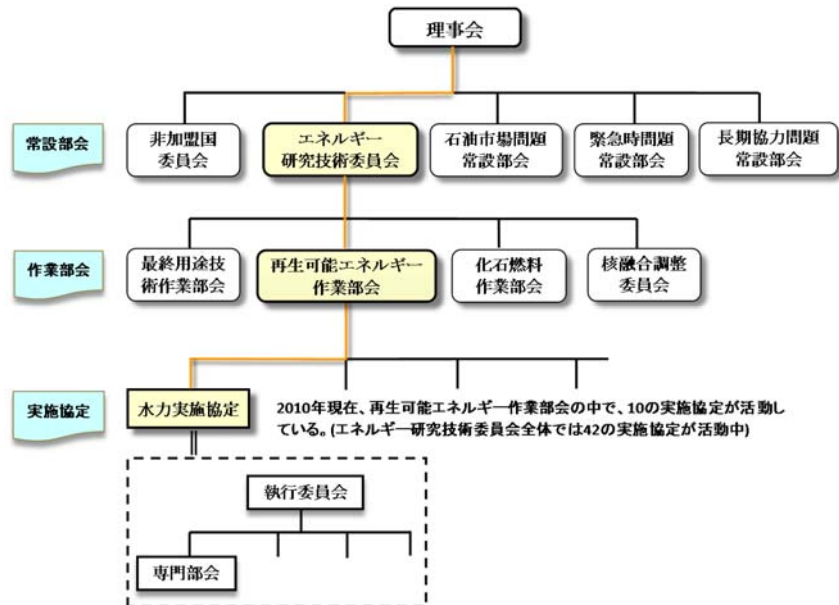
IEA (International Energy Agency: 国際エネルギー機関):

1974年に設立された国際機関、OECD加盟30カ国のうちの28カ国が参加

5つの常設部会

エネルギー研究技術委員会  
の中に4つの作業部会

再生可能エネルギー作業部会  
の中に10の実施協定  
(水力実施協定は、この  
内の一つの実施協定)



IEA(国際エネルギー機関)の組織

## IEA水力実施協定の紹介

水力実施協定の正式名称: 水力技術と計画に係わる実施協定  
Implementing Agreement for Hydropower Technologies and Programmes

- \* 再生可能エネルギー作業部会の中の実施協定の一つ。
- \* 1995年に締結。

### IEA 水力実施協定のミッション:

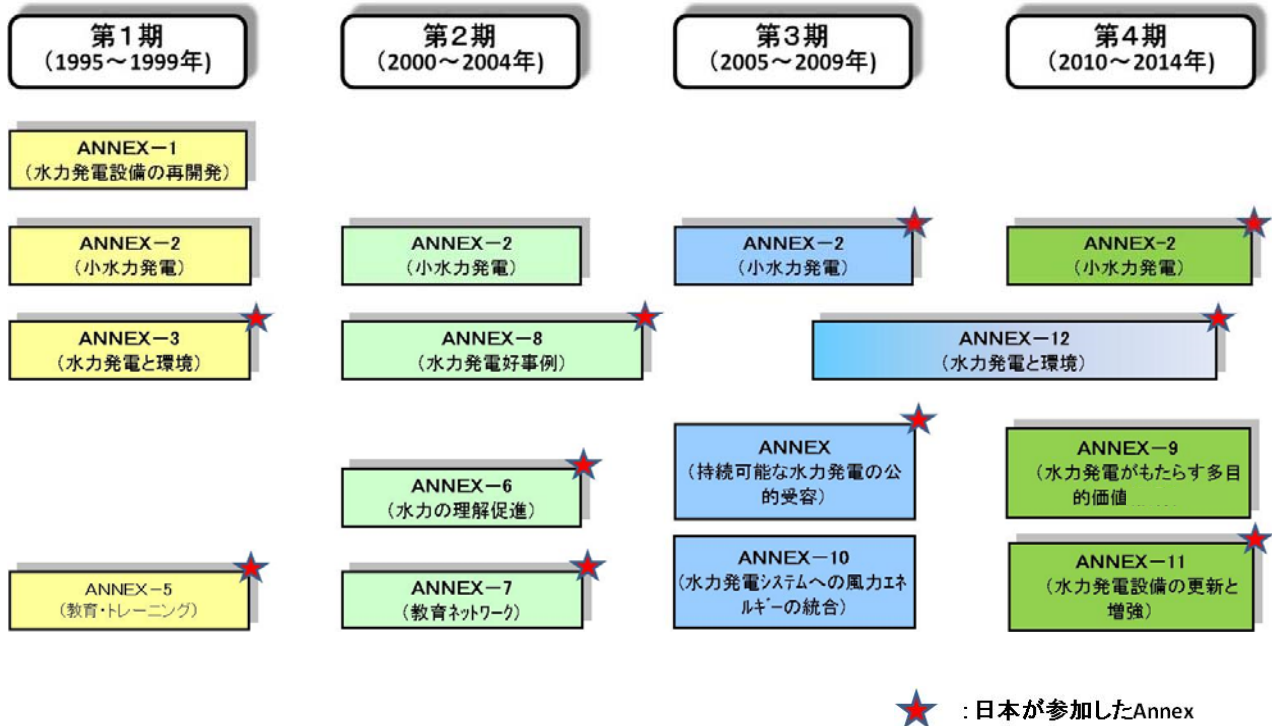
一般の理解、知識および支持を通じて、水力発電の開発と運用における、水資源の持続可能な利用を促進する。

### IEA 水力実施協定のビジョン:

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の世界全般の認識を助長することにより、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。

# 水力実施協定のこれまでの活動

検討テーマごとにAnnex (専門部会)を設立し、1期5年間で活動



## 水力実施協定の活動成果(第1期1995～1999年)<1/2>

(水力実施協定の活動成果である各種報告書は、新エネルギー財団のウェブサイト  
(<http://www.nef.or.jp/ieahydro/index.html>)で、閲覧、ダウンロードすることができる。)

### Annex-1: 水力発電施設の更新・再開発

既設水力発電設備の更新・増強・機能向上等を計画する場合に必要な水車、発電機、制御システム等に関する技術的課題を調査・研究し、事業者の手引きとなるガイドラインを作成

- ①「フランス水車の更新のためのガイドライン」
- ②「水力用発電機の更新のためのガイドライン」
- ③「制御システムの更新のためのガイドライン」

### Annex-2: 小水力発電

小水力発電の経済性向上に資する情報提供を目的として調査・研究を実施し、各種報告書を作成

- ①「小水力発電プロジェクトの評価手法」
- ②「小水力発電プロジェクトの資金調達」
- ③「小水力発電プロジェクトの経済性リスクおよび感度分析」

## 水力実施協定の活動成果(第1期 1995～1999年) <2/2>

### Annex-3: 水力発電の環境・社会的側面 (日本参加)

広く社会に向けて水力に関する公正かつ客観的な情報を提供することを目的として、水力発電から生じる環境負荷およびそれらに対する回避・緩和策についての勧告を含むガイドラインを作成

- ①「水力開発による社会・環境影響及び影響緩和策の効果に関する調査」
- ②「水力発電とその他発電技術による環境影響の比較」
- ③「水力発電と環境：現状と将来行動のためのガイドライン」
- ④「環境影響緩和策の有効性」

### Annex-5: 教育・トレーニング (日本参加)

水力発電計画、運転および保守に関する教育・トレーニング手法を調査・研究を実施、また、十分な教育施設を持たない開発途上国等であっても教育・トレーニングを実施し得る遠隔教育システムに関する可能性調査を実施

- ①「水力発電の運用・維持管理における教育・トレーニングの現状に関する調査」
- ②「水力計画段階における教育・トレーニングの現状に関する調査」
- ③「水力のための情報技術と遠隔教育用のコンピュータ・ネットワークシステム」

## 水力実施協定の活動成果(第2期 2000～2004年) <1/2>

### Annex-2: 小水力発電

第1期活動を継続するもので、引き続き小水力発電に関する技術や環境影響緩和策等の情報共有を目的として活動

- ①☆データベース「International Small-Hydro Atlas」
- ②定期的なワークショップの開催

### Annex-6: 水力発電の社会的認識 (日本参加)

エネルギー供給における水力発電の重要性や水力発電に関する理解の促進を目的として活動

- ①パンフレット「水力発電ー成長する世界の繁栄のためのキー」
- ②パンフレット「水力発電及び世界のエネルギーの将来ークリーンな再生可能エネルギーを世界にもたらすための水力発電の役割」

## 水力実施協定の活動成果(第2期 2000～2004年) <2/2>

### Annex-7: 水力発電教育ネットワーク (日本参加)

Annex-5(教育・トレーニング)での検討結果を基に、汎用ソフトを利用した遠隔教育のための基本的システム(Platform)を構築し、試験運用のために幾つかの教材を組み込んだパイロットモデルを完成

- ① ☆プログラム「水力発電教育ネットワークのパイロット・プログラム」

### Annex-8: 水力発電:成功事例(環境緩和策と便益)(日本がAnnex活動リーダー)

水力開発から生じるさまざまな自然的・社会的環境問題を回避・低減した成功事例を世界の各地域から収集し、水力発電に関心を持つ関係者に広く情報を提供することを目的とし、世界20カ国から60件の成功事例を収集・編纂された。

- ①「水力発電成功事例(環境緩和策と便益)」
- ②「水力発電好事例一覧」

## 水力実施協定の活動成果(第3期 2005～2009年) <1/2>

### Annex-2: 小水力発電 (日本参加)

本Annexは、第1期からの継続活動。以下の2つのテーマについて活動を行い、現在最終報告書の公表を準備中

- (1)小水力発電に係る革新的技術情報を収集し、広く情報発信し、小水力発電の開発を促進する。
- (2)各国の水力開発に係る政策、許認可手続き、開発促進策等を取りまとめ、効果的・効率的な開発促進策等を提言する。

- ①「小水力の革新的技術」(公表準備中)
- ②「小水力のための政策と開発促進策」(公表準備中)

### Annex : 持続可能な水力の公的受容(日本参加)

本Annexは、水力発電に関する理解促進という目的であることから、全ての水力実施協定参加国で活動した。

- (1) IEA水力実施協定ウェブサイト([www.ieahydro.org](http://www.ieahydro.org))の維持・更新
- (2) 他の水力関係機関との連携
- (3) 水力に係る国際会議等の場での広報活動

## 水力実施協定の活動成果(第3期 2005～2009年) <2/2>

### Annex-10: 水力システムへの風力の統合

風力実施協定との協同プログラム。風力実施協定が活動主体となり、風力発電電力の系統安定化技術の向上を目的として各種情報の交換・共有

### Annex-12: 水力発電と環境 (日本参加)

本Annexでは、以下の2つのテーマについての活動が実施された。

Task-1 (貯水池における炭素循環): ダム貯水池からの温室効果ガスの排出に関し、世界各地域からの情報を集め、温室効果ガスの測定手法、放出量の評価法等について、科学的データに基づいたガイドラインを作成する。本Annexは、第3期の途中から開始されていることから、第4期にも引き続き実施される。

Task-2 (水力発電と環境): Annex-3で作成された「水力発電と環境: 現状と将来行動のためのガイドライン」を、その後の社会情勢の変化、地球温暖化問題などの新たな課題を加えて改定版を作成した。

①「水力発電と環境: 現状と将来行動のためのガイドライン」の改訂版

## 水力実施協定の現在の活動(第4期 2010～2014年)

### Annex-2: 小水力発電 (日本参加)

- (1) Small Hydro Atlasウェブサイトの充実
- (2) 「革新的技術」「政策と開発促進策」の成果普及活動
- (3) 「超低落差発電」に関する調査・研究(活動計画検討中)
- (4) 新規テーマ(小規模揚水など)検討中

### Annex-12: 水力発電と環境 (日本参加)

Task-1 (貯水池における炭素循環): 第3期からの活動の継続  
・ガイドラインの作成(First Draft 2010), GHG現地測定の実施

### Annex-11: 水力発電設備の更新と増強 (日本がAnnex活動リーダー)

既存水力発電設備の更新・増強事例を体系的に収集し、更新・増強に適用されたE&M機器技術、土木技術、また、更新・増強の経済合理性、各種助成制度等の効果について分析し、水力発電事業関係者が、より適切に更新・増強の判断が行えるよう、有用な情報を提供することを目的とする。

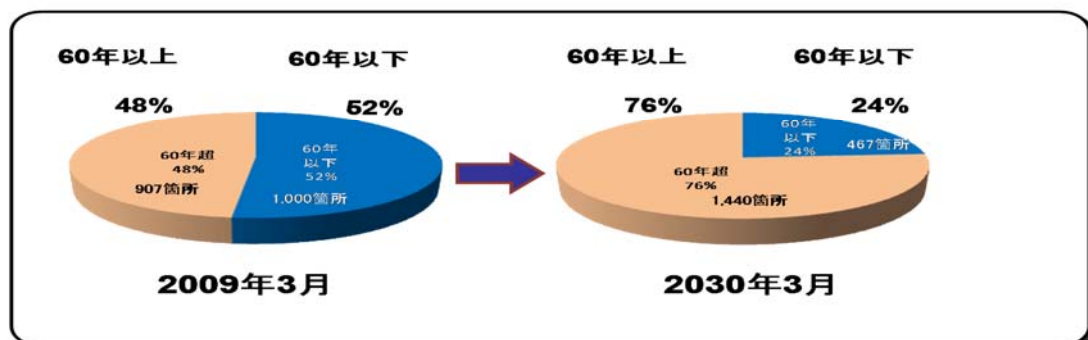
### Annex-9: 水力発電がもたらす多目的価値

ノルウェー、アメリカにより活動計画案作成中

・貯水池式水力発電がもたらす様々な経済的価値(発電、系統安定化、灌漑、流水管理、水運など)の評価

## 2. Annex-XI: 水力発電設備の更新と増強 (背 景)

- 日本国内の水力発電所の平均年齢は還暦を超え、**設備の老朽化**や、**堆砂や濁水などの問題が顕在化**しつつある。
- 純国産で、CO2を出さず、安価な水力発電は、**低炭素社会のメインプレーヤー**としてますます活躍が期待されている。
- 欧米では、**風力、太陽光の間欠性**を補完するための**調整用電力**として、**中小規模揚水発電**の価値が見直されつつある。



老朽発電所(運開から60年以上)の設備比率

## (目 的)

- 水力発電所を、より機能的、効率的、経済的に**存続させていくために**、**世界中から更新・増強の好事例を集める**。
- それらの中から**有効な政策・促進支援策**や**革新的技術**などを抽出し、**世界や国内に情報発信する**。

## (活動内容)

- 水力発電所の更新・増強事例をその**要因別に体系的に収集し**、**適用された技術、更新・増強に至るプロセス**や**判断の基準となる経済合理性、各種助成制度等の効果**について分析し、水力発電設備更新の際に**最適な意思決定**が行えるよう、**有用な情報をタイムリーに提供する**。

## Annex-XIの協力国

1. IEAメンバー国（執行委員会、専門家会合）  
日本(OA)、アメリカ、ノルウェー、オーストラリア、  
フランス、フィンランド、ブラジル  
※日本国内においては専門委員会を設置  
(電力会社、公営電気事業者、メーカーからの委員で構成)
2. その他の協力国  
ニュージーランド、カナダ



HYDRO国際学会でのAnnex-XIワークショップ



IEA専門家会合

## 全体スケジュール

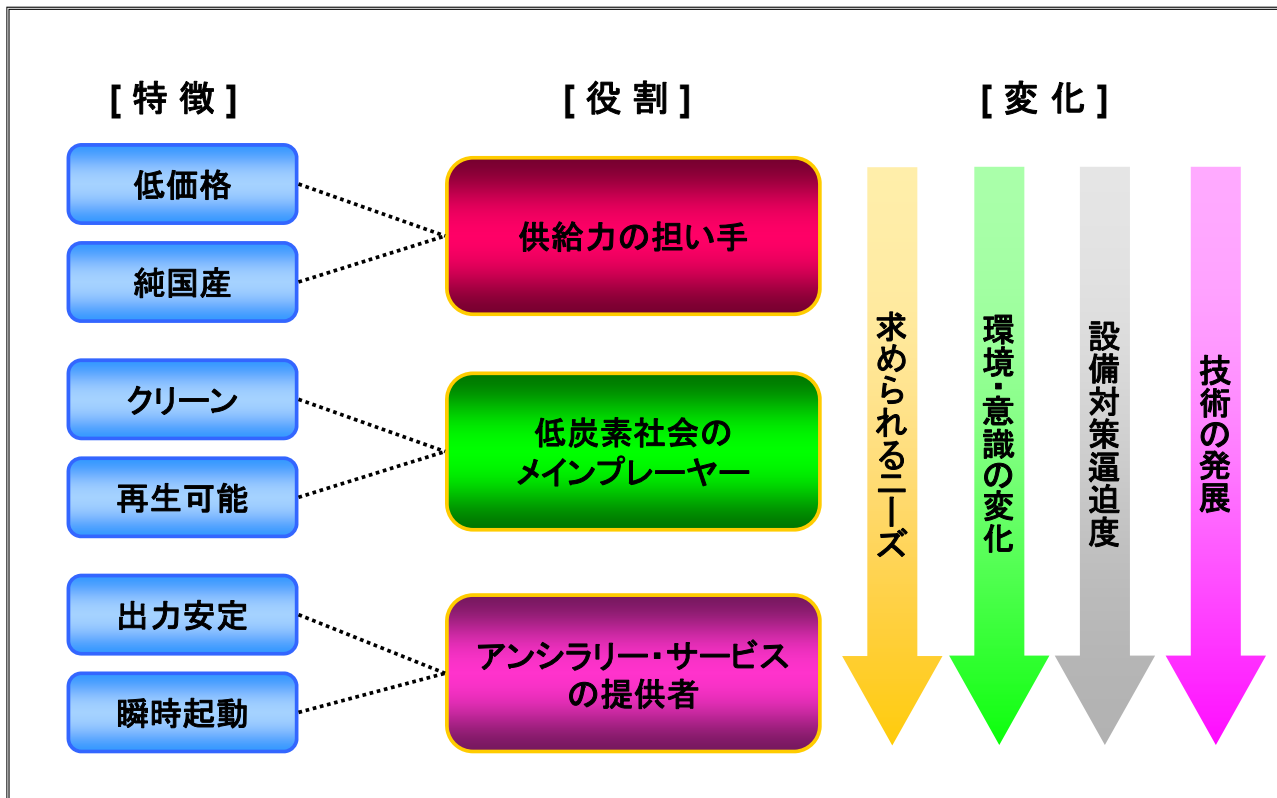
| Work Item            | 2010           | 2011             | 2012             | 2013                     | 2014             | 2015             |
|----------------------|----------------|------------------|------------------|--------------------------|------------------|------------------|
| 1. 新しいAnnex活動の合意及び開始 | 24th<br>EXCO   |                  |                  |                          |                  |                  |
| 2. 活動計画の策定           |                |                  |                  |                          |                  |                  |
| 3. Annex-11 専門家会合    | ● Sep<br>● Oct | ● July<br>● Oct  | ● May            | ● Feb<br>● June<br>● Oct | ● June<br>● Oct  | ● March<br>報告書   |
| 4. 事例収集              |                |                  |                  |                          |                  |                  |
| 第一次事例収集              |                |                  |                  |                          |                  |                  |
| スクリーニング              |                |                  |                  |                          |                  |                  |
| 第二次事例収集              |                |                  |                  |                          |                  |                  |
| 5. 事例の分析・評価          |                |                  |                  |                          |                  |                  |
| 6. レポートの作成、公開        |                |                  |                  |                          |                  | 広報活動             |
| 7. ワークショップ、etc.      |                | ★ <sup>*-1</sup> | ★ <sup>*-2</sup> | ★ <sup>*-3</sup>         | ★ <sup>*-4</sup> | ★ <sup>*-5</sup> |
| 8. IEA水力実施協定 執行委員会   | ★ 24th         | ★ 25th<br>★ 26th | ★ 27th           | ★ 28th                   | ★ 29th<br>★ 30th | ★ 31th           |

\*-1: サクラメント、2011年7月    \*-2: ワシントン、2012年5月    \*-3: ビルバオ、2012年10月  
\*-4: オスロ、2013年6月    \*-5: インズブルック、2013年10月    \*-6: レイクコモ、2014年10月

### 3. 背景-日本の水力電源開発の歩み

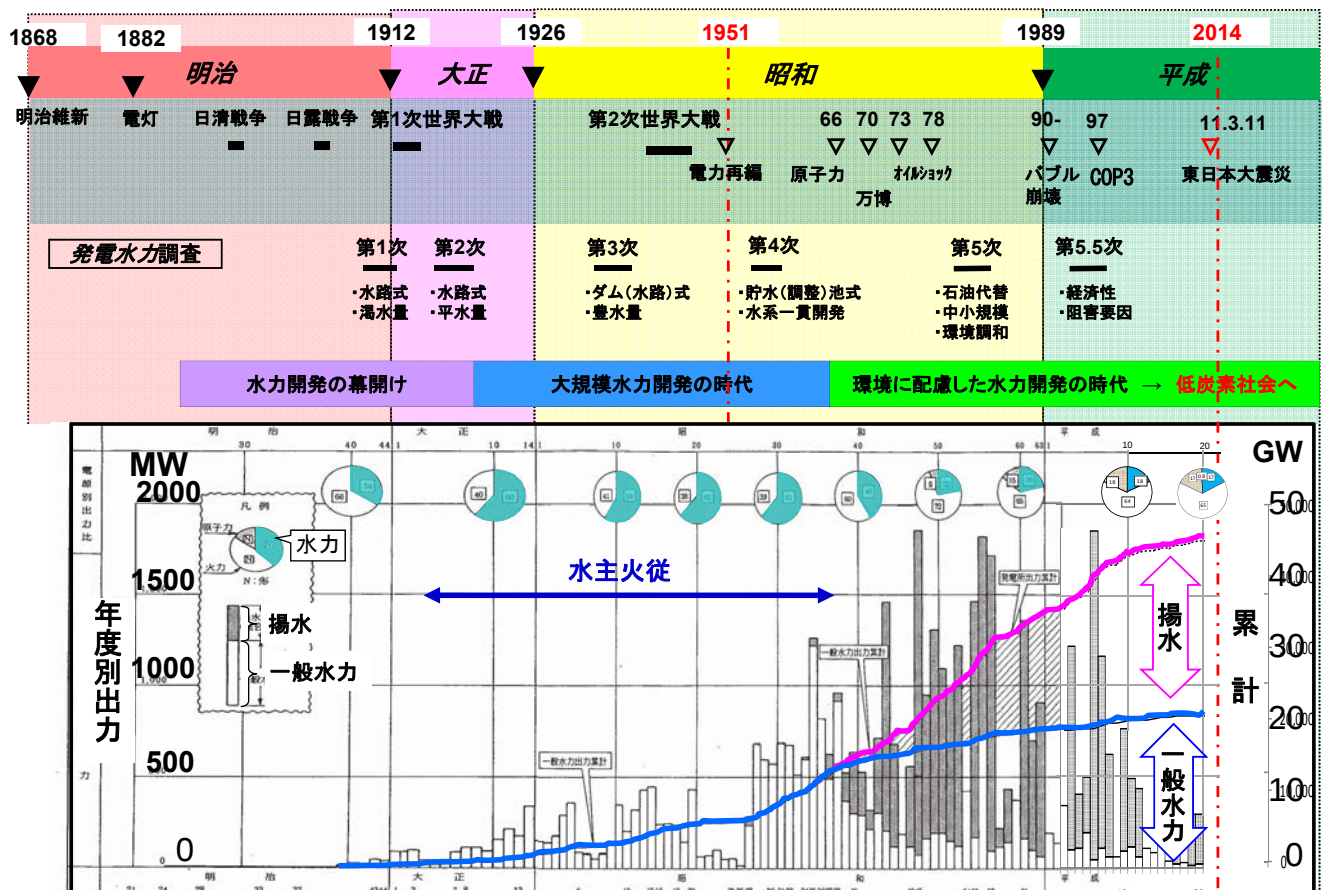
17

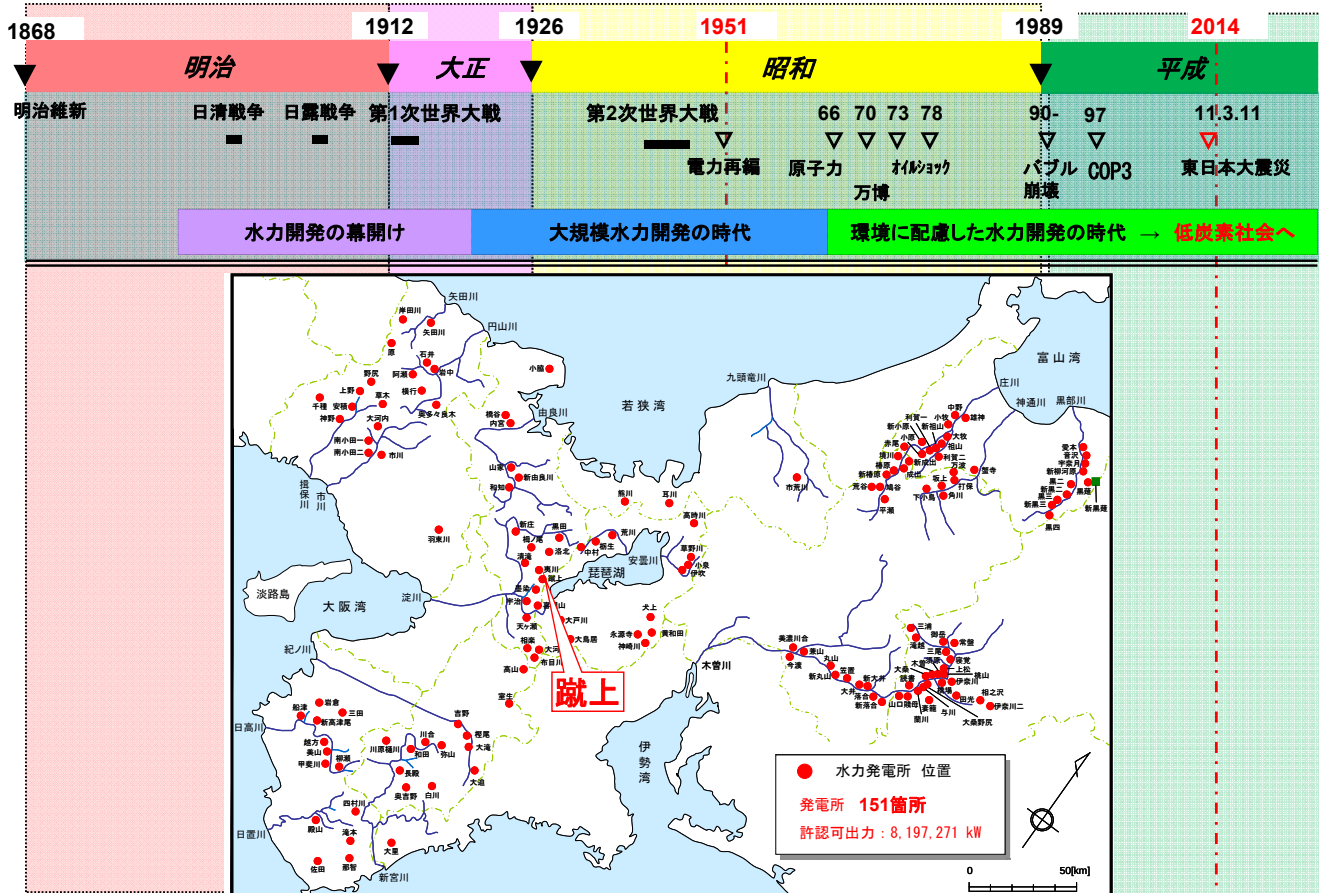
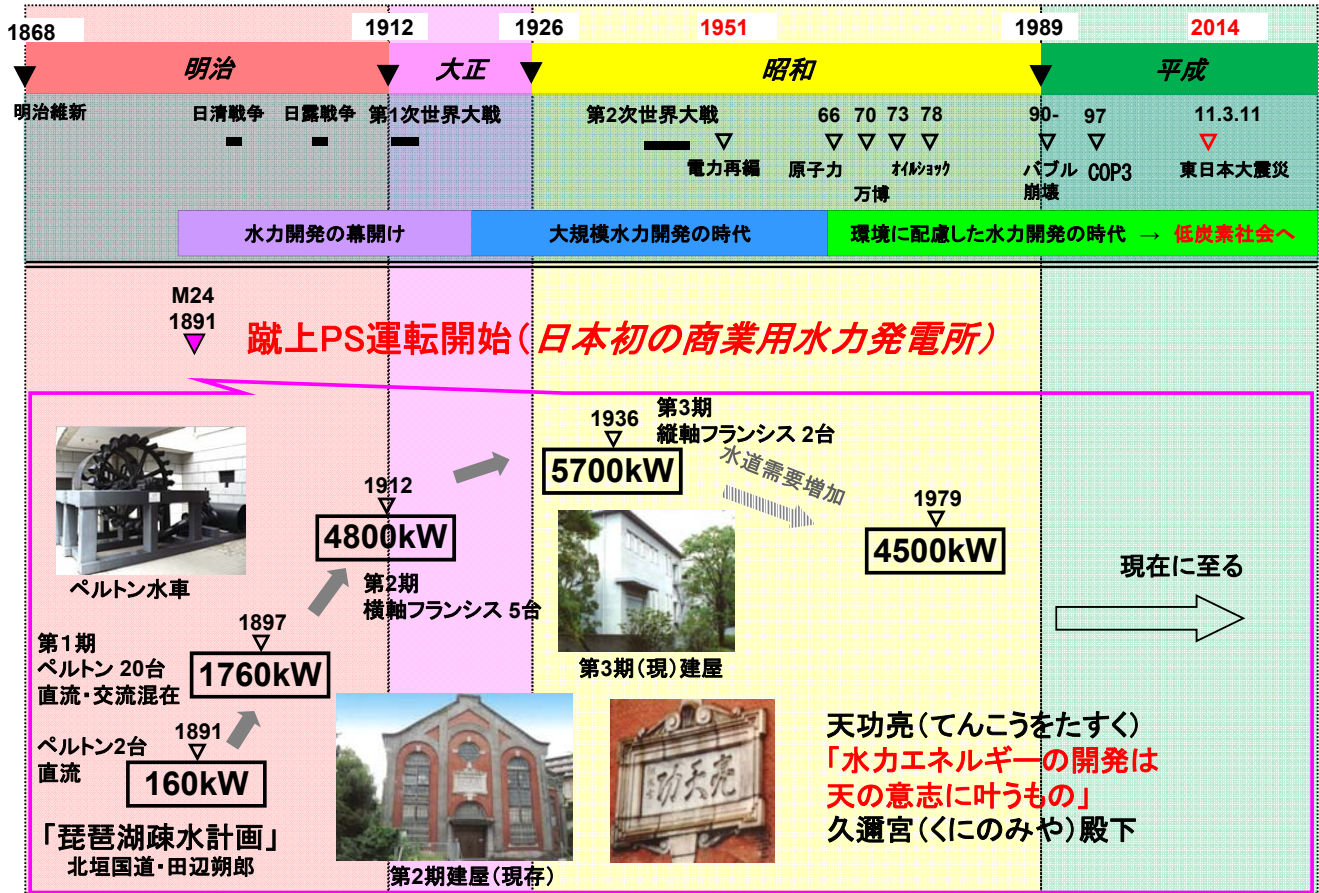
#### 水力発電を取り巻く環境と求められる役割の変化

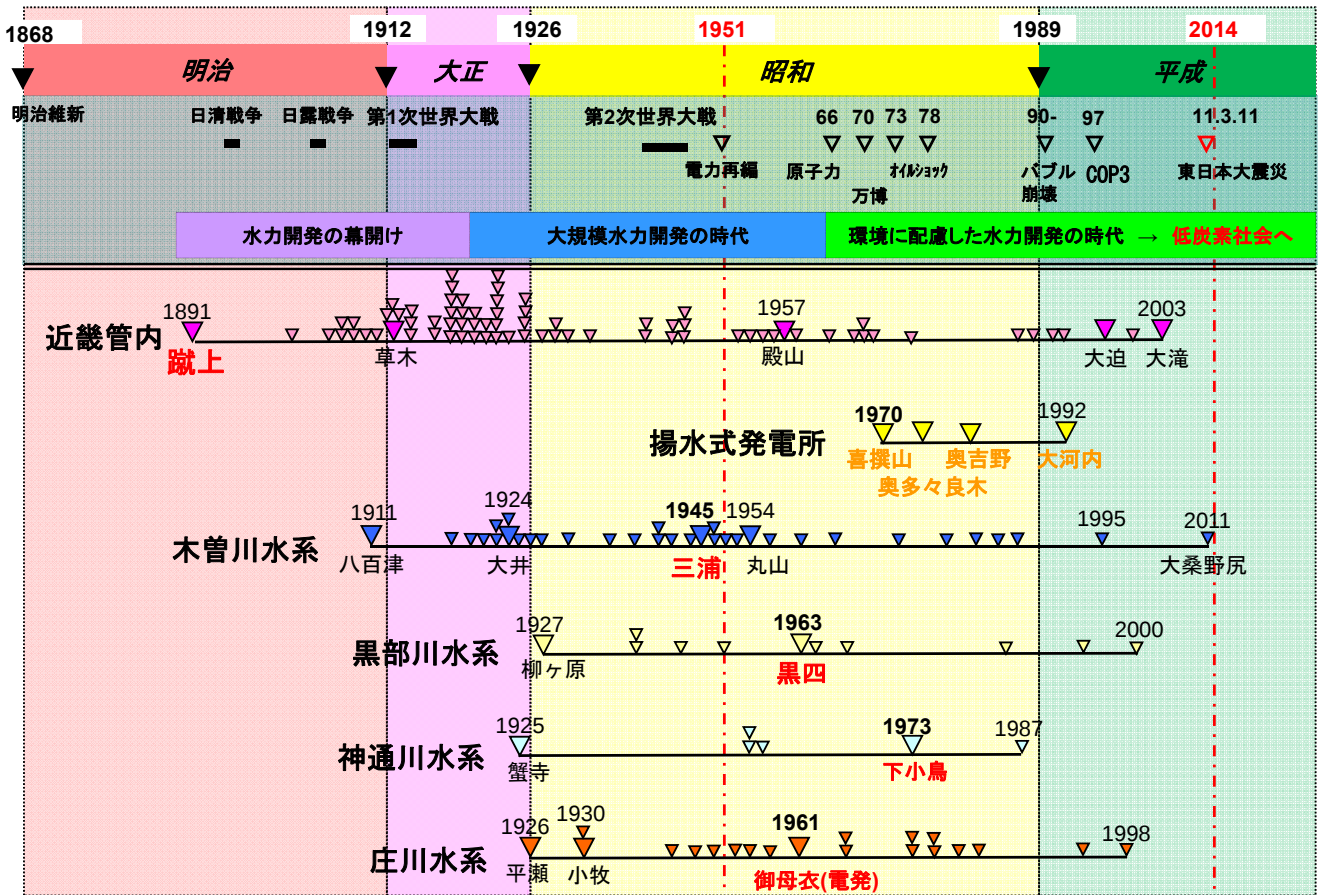


### 日本の水力電源開発の歩み

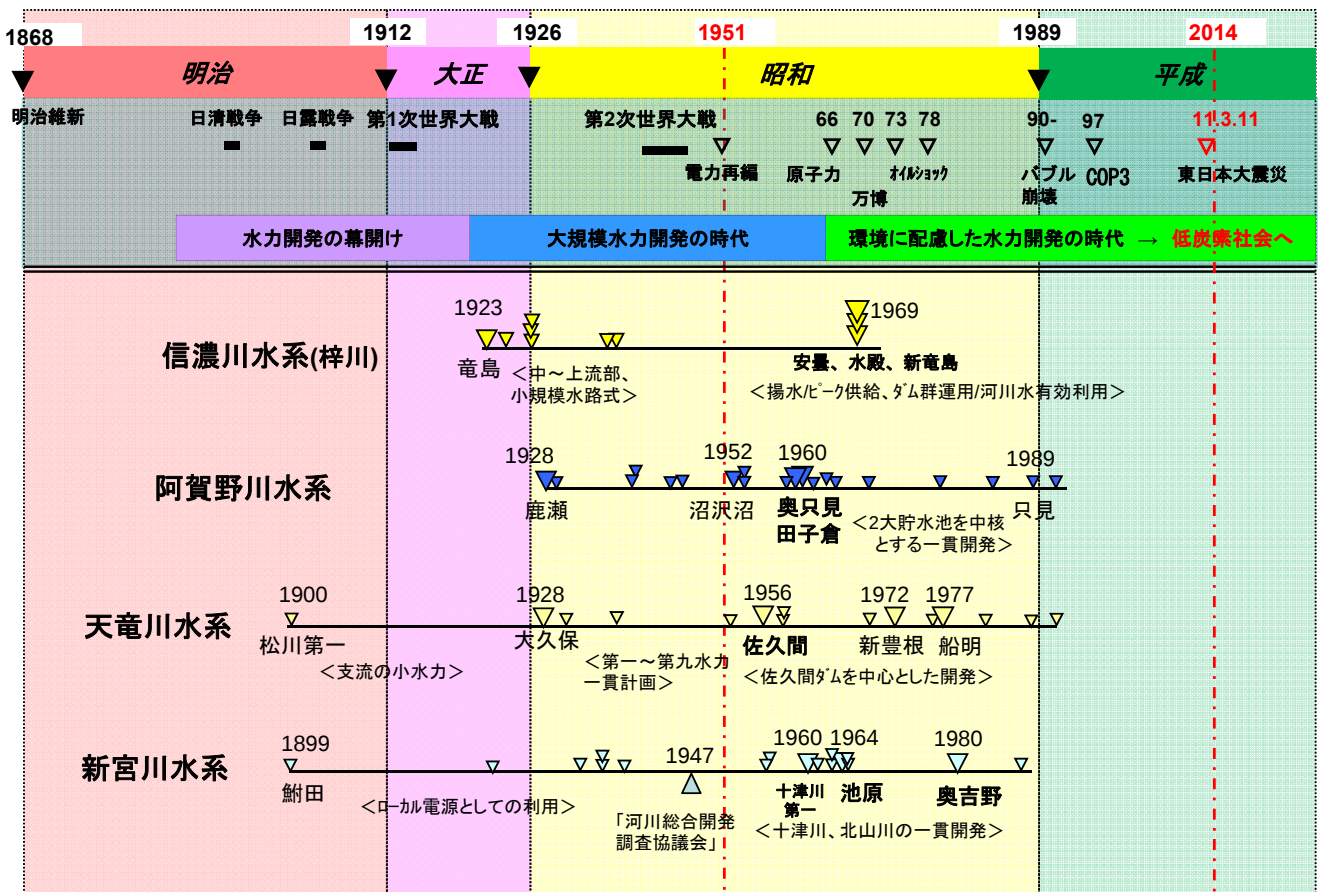
18

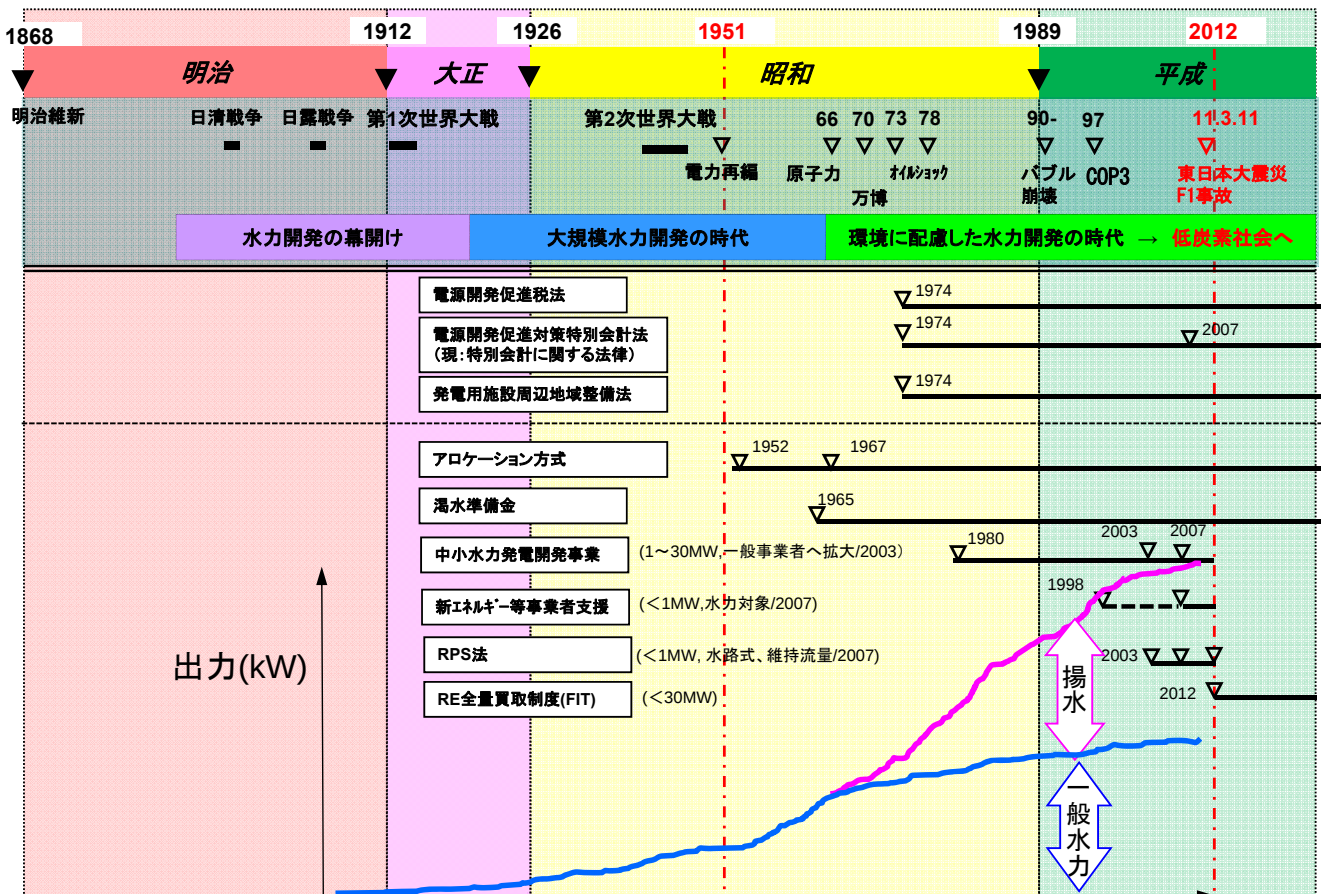




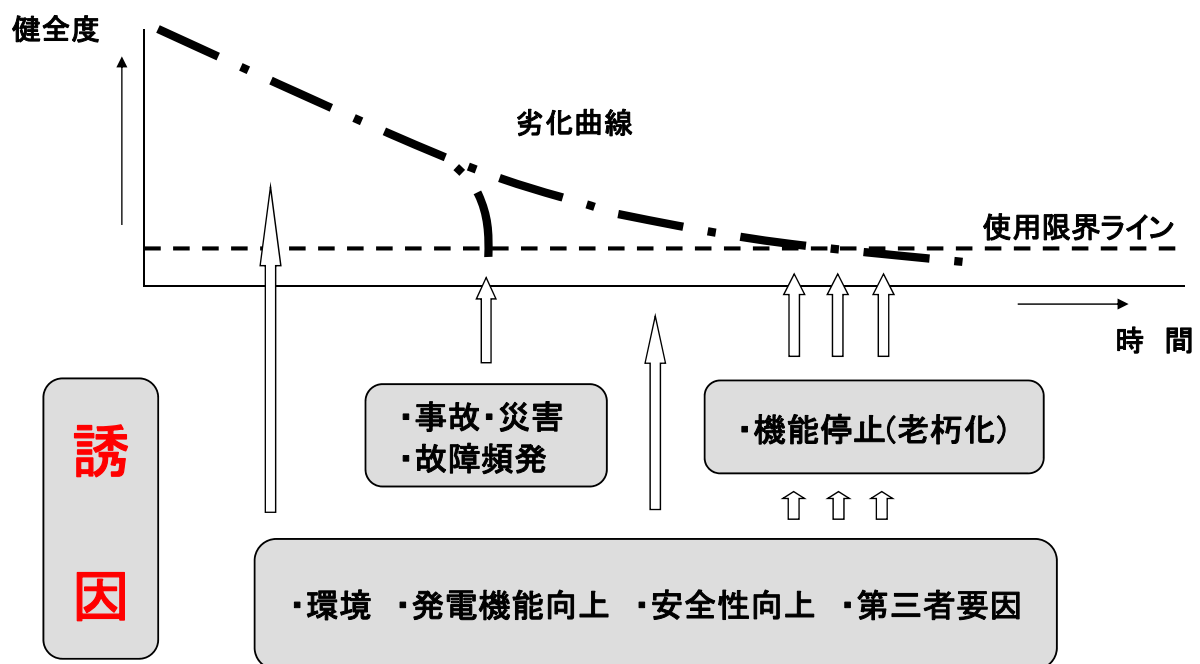


## 主要河川の一貫開発



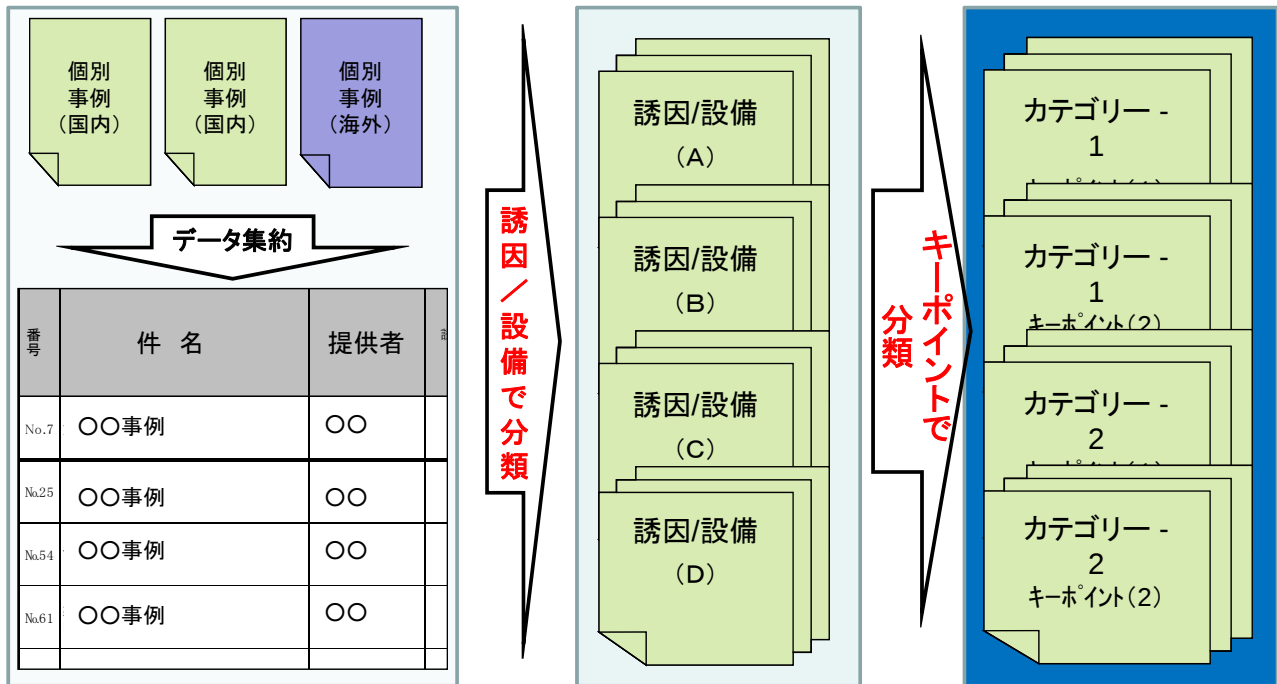


#### 4. 活動内容-事例収集、分析



#### 設備劣化のイメージと対策の誘因

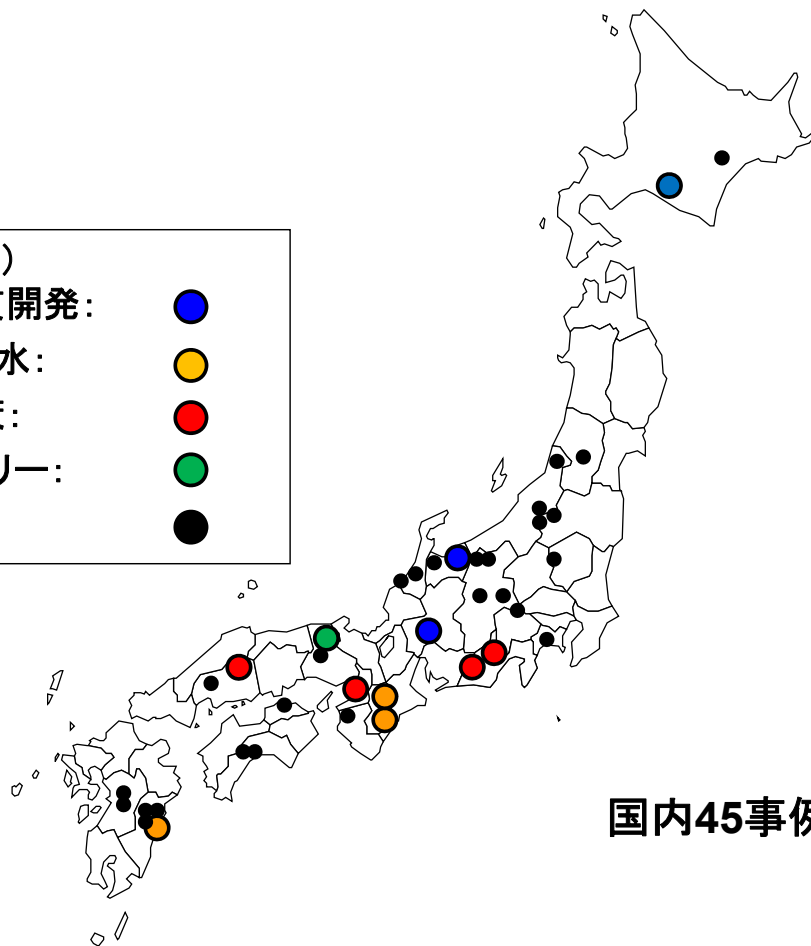
事例収集においては、設備の更新・増強の誘因に着目



## 事例収集、分析のイメージ

| 区分     | 事業者      | 事例数 | 区分      | 事業者       | 事例数 |
|--------|----------|-----|---------|-----------|-----|
| 卸供給事業者 | 秋田県産業労働部 | 1   | 一般電気事業者 | 北海道電力株式会社 | 2   |
|        | 山形県企業局   | 3   |         | 東北電力株式会社  | 1   |
|        | 栃木県企業局   | 6   |         | 東京電力株式会社  | 7   |
|        | 神奈川県企業庁  | 5   |         | 中部電力株式会社  | 13  |
|        | 山梨県企業局   | 5   |         | 北陸電力株式会社  | 3   |
|        | 富山県企業局   | 1   |         | 関西電力株式会社  | 15  |
|        | 徳島県企業局   | 1   |         | 中国電力株式会社  | 3   |
|        | 高知県企業局   | 1   |         | 四国電力株式会社  | 3   |
|        | 福岡県企業局   | 1   |         | 九州電力株式会社  | 6   |
|        | 熊本県企業局   | 2   | 卸電気事業者  | 電源開発株式会社  | 9   |
|        | 宮崎県企業局   | 3   |         |           |     |
|        | 東京発電株式会社 | 2   | 合計      | 22        | 93  |

日本国内においては93事例から45事例を選定



国内45事例の分布

### 事例収集状況

|          | 一次事例収集 | 二次事例収集 |
|----------|--------|--------|
| 日本       | 93     | 45     |
| ノルウェー    | 15     | 10     |
| アメリカ     | 7      | 7      |
| フィンランド   | 1      | 1      |
| オーストラリア  | 2      | 2      |
| ニュージーランド | 4      | 2      |
| ブラジル     | 1      | 1      |
| フランス／スイス | 2      | 2      |
| 計        |        | 70     |

内容調整中の事例含む

## Annex-XI 報告書の構成

### Vol. 1 : Summary Report

#### 1. まえがき

#### 2. 方法論

2.1 「水力発電設備の更新と増強」の誘因およびキーポイントについて

2.3 事例の収集

#### 3. 事例の概要と分析

3.1 事例収集結果

3.2 カテゴリーとキーポイントごとの分析

#### 4. 提言

### Vol. 2 : Case Histories Report

添付資料1: 事例収集結果整理資料

添付資料2: カテゴリーとキーポイントごとの分析(詳細版)

## カテゴリーとキーポイントごとの分析

### 【 **Category-1**(更新・増強に関する政策・促進支援策等)のキーポイント 】

- a) 国と地方の**エネルギー政策**
- b) **投資支援策**(固定価格買取制度(FIT)、RPS制度、資金援助、税の控除等)
- c) **水系一貫水資源管理**(総合開発計画、水利権等)
- d) **アセットマネージメント、ライフサイクルコスト分析**
- e) 低炭素社会における**不安定電力系統安定化のためのプロジェクト**
- f) 環境保全及び改善

### 【 **Category-2**(更新・増強に関する技術)のキーポイント 】

- a) **電気機械装置の技術革新と適用拡大**
- b) **保護と制御に関するシステムの改良**
- c) **土木建築分野の技術革新、適用拡大、新材料**
- d) **他の再生可能エネルギーの水力発電システムへの統合**

## カテゴリー1: 更新・増強に関する政策・促進支援策等

### 1-a) 国と地方のエネルギー政策

各国は、それぞれの国情に応じて、**持続的発展と循環型社会の形成を目指した独自のエネルギー政策**を定めている。

エネルギー政策は、政府からの**支援策をはじめ個別の施策に色濃く反映され、企業行動などにも大きな影響**を及ぼすことから、各国のエネルギー政策のうち再生可能エネルギーに関連する部分を中心にまとめることとする。

### 1-b) 投資支援策

- 方法, 現状, 効果
- 投資支援策のあるべき姿

#### ■ 各国の再生可能エネルギーに関する到達目標に向けた投資支援策

(情報提供国)

**日本**, **ノルウェー**, USA, オーストラリア, フィンランド, フランス, ブラジル

## 日本におけるエネルギー政策と投資支援策

### エネルギー政策

- **再生可能エネルギー**は現時点では安定供給面、コスト面で様々な課題が存在するが、エネルギー自給率が低い日本においてエネルギー安全保障にも寄与できる重要な**国産エネルギー源**である
- **固定価格買取制度**の適正な運用を基礎とし、再生可能エネルギーの導入拡大を促進する
- 環境アセスメントの期間短縮化等の**規制緩和**等を今後とも推進する
- **水力**については、現在、発電利用されていない既存ダムへの発電設備の設置や、既に発電利用されている既存ダムの発電設備のリプレイスなどによる**出力増強等**、既存ダムについても関係者間で連携をして**有効利用**を促進する

### 投資支援策

#### ■ 補助金制度

- 【事 例】
- 新黒薙第二発電所: 1,900kW 中小水力発電開発費補助金
  - 川原維持放流発電所: 150kW 新エネルギー等事業者支援対策補助金
  - 華川発電所: 130kW 新エネルギー等事業者支援対策補助金

#### ■ 電気事業者による再生可能エネルギーの利用に関する特別措置法(RPS法)

- 【事 例】
- 祝子第二発電所: 35kW

#### ■ 固定価格買取制度(FIT)

## エネルギー政策

- 再生可能エネルギーに関しては、「再生可能エネルギー利用促進令(2009 EU発行)」が、欧州経済領域(EEA)協定へ2011年に取り入れられている
- 2020年までに最終エネルギー消費に占める**再生可能エネルギーの割合**を、現状の62.5%から**67.5%に高める目標**を設定
- 今後の水力開発については、環境保全の観点から、**小規模発電所の新設、既設発電所の増設**で対応していく方向

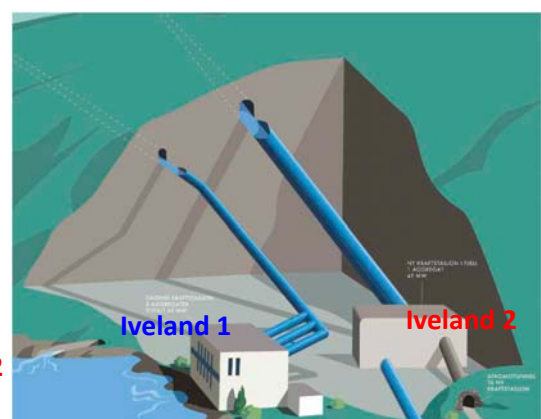
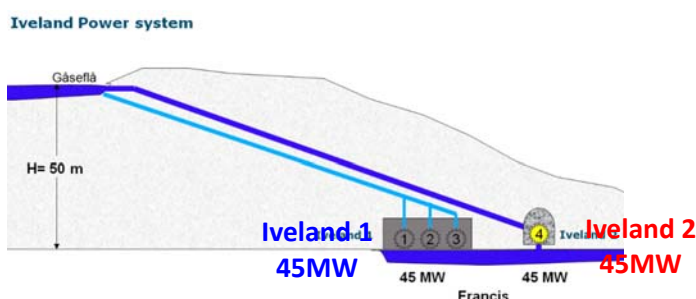
## 投資支援策

### ■グリーン電力証書制度

2012年にスタートしたノルウェー(主要電源:水力・風力)・スウェーデン(主要電源:風力・バイオマス)におけるグリーン電力証書市場においては、2020年までに26.4TWh(両国各13.2TWh)の市場規模を目標。1MW毎に1証書が発行され、認証期間は最大15年間、認証価格は一般的に25 €/MWh。

- 【事 例】
- Embretsfoss発電所:52.5MW
  - Hemsil III発電所:100MW
  - **Iveland II** 発電所:45MW
  - Rånåsfos III 発電所:9MW

## Iveland II 発電所(ノルウェー)の事例



カテゴリー1:更新・増強に関する政策・促進支援策等  
1-c)水系一貫水資源管理(総合開発計画、水利権等)

35

c)-1 水系一貫開発

- 中小規模河川の流域変更による一貫開発
- 比較的大規模河川での水系一貫開発

【事 例】

- 日高水系一貫開発  
4水系13発電所、合計出力 642MWにわたる一貫開発
- 黒部川水系一貫開発  
1水系 11発電所、合計出力 894MWにわたる一貫開発
- 木曽川水系一貫開発  
1水系 33発電所、合計出力 1,047MWにわたる一貫開発

日高水系一貫開発の事例

36

4 水系, 13 発電所, 総出力646MW



| No. | 発 電 所     | 運転開始            | 最大出力<br>(MW) | 最 大<br>使用水量<br>(m³/sec) | 最 大<br>有効落差<br>(m) | ダム高<br>(m) | 総貯水量<br>(× 10³m³) |
|-----|-----------|-----------------|--------------|-------------------------|--------------------|------------|-------------------|
| 1   | い ち 岩 知 志 | 昭33.7           | 13.5         | 27.5                    | 58.95              | 33.0       | 5,040             |
| 2   | い ち 岩 清 水 | 昭34.8           | 15.0         | 15.0                    | 118.50             | 30.0       | 1,814             |
| 3   | う ち 右 左 府 | 昭36.8           | 25.0         | 15.0                    | 193.90             | 29.0       | 1,330             |
| 4   | お ぐ 奥 新 冠 | 昭38.8           | 44.0         | 15.8                    | 326.22             | 61.2       | 6,665             |
| 5   | し ゃ 春 別   | 昭38.10          | 27.0         | 29.5                    | 107.92             | 27.0       | 1,430             |
| 6   | い ず 静 内   | 昭41.11<br>昭54.7 | 46.0         | 120.0                   | 45.10              | 66.0       | 29,800            |
| 7   | し 下 新 冠   | 昭44.9           | 20.0         | 58.0                    | 40.40              | 46.0       | 6,550             |
| 8   | い 新 冠     | 昭49.11          | 200.0        | 234.0                   | 99.60              | 102.8      | 145,000           |
| 9   | は 双 川     | 昭54.9           | 7.3          | 73.0                    | 12.50              | 30.5       | 1,620             |
| 10  | た 高 見     | 昭58.7<br>平5.4   | 200.0        | 230.0                   | 104.50             | 120.0      | 229,000           |
| 11  | ひ 東 の 沢   | 昭62.2           | 20.0         | 19.0                    | 124.50             | 70.0       | 9,560             |
| 12  | お 奥 沙 流   | 平6.4            | 15.0         | 6.1                     | 291.20             | 30.0       | 530               |
| 13  | ひ 日 高     | H10.4           | 10.0         | 21.0                    | 56.50              | 6.3        | —                 |
| 計   |           | 13地点            | 642.8        |                         |                    |            |                   |

# カテゴリー1:更新・増強に関する政策・促進支援策等 1-c)水系一貫水資源管理(総合開発計画、水利権等)

37

## c)-2 水系一貫土砂管理

- 流域全体で一貫した効率的な土砂管理多作の必要性
- 河川管理者や流域住民との調整

### 【事 例】

- 黒部川水系一貫開発  
連携排砂実施の2ダム(出し平ダム、宇奈月ダム)

## c)-3 総合開発計画

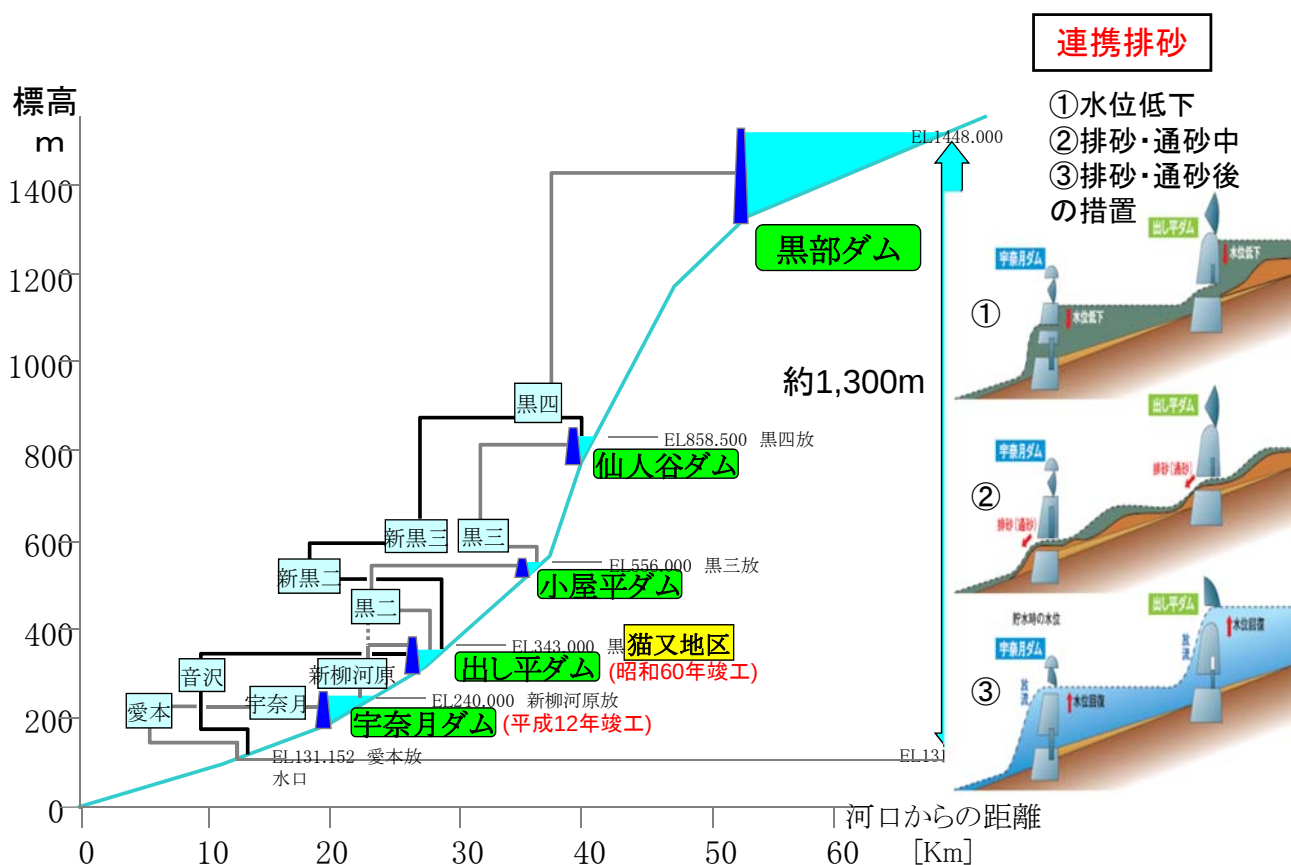
- 河川に求められる多目的な用途(発電、飲用、灌漑、治水、工業用水)
- 利害関係者との調整

### 【事 例】

- 新丸山ダム建設プロジェクト  
既設ダムの嵩上げ

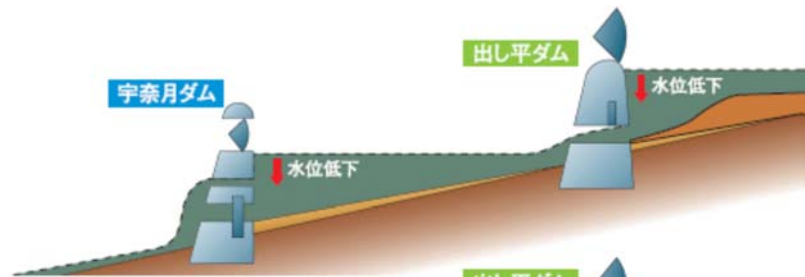
## 黒部川水系一貫開発の事例

38

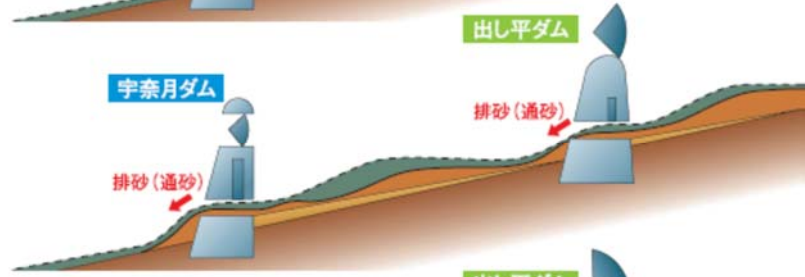


## 出し平ダムと宇奈月ダムの連携排砂

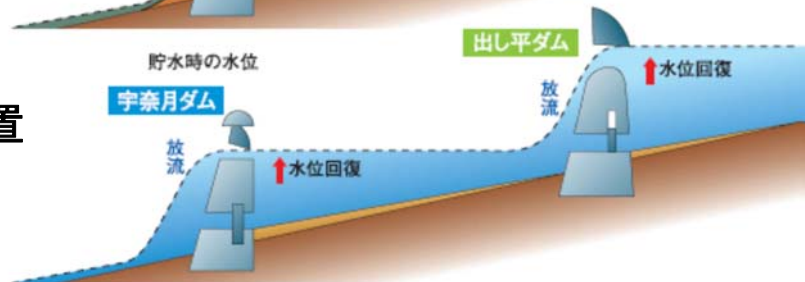
### ①水位低下



### ②排砂・通砂中



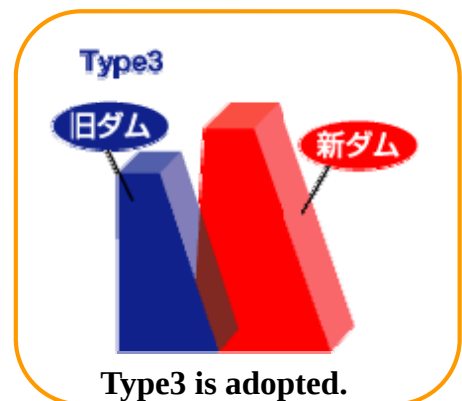
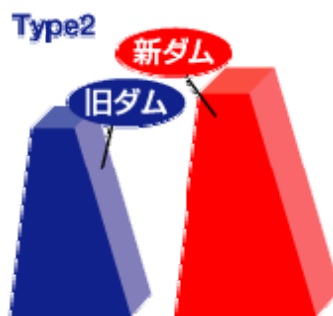
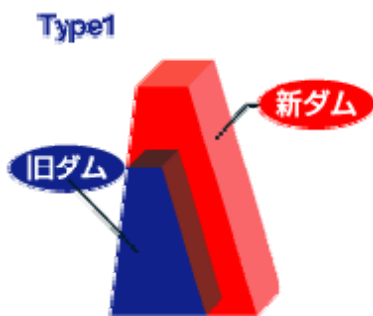
### ③排砂・通砂後の措置



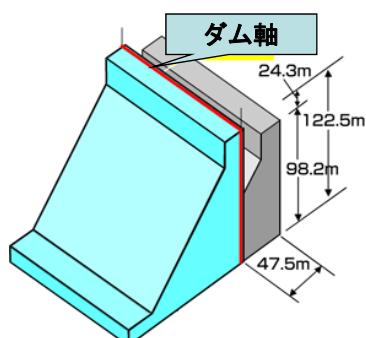
## 新丸山ダムの事例

### 既設ダムの嵩上げプロジェクト

#### ダム嵩上げの検討



#### ダム嵩上げの諸元



|                         | 丸山ダム                     | 新丸山ダム                    |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 高さ                      | 98.2m                    | 122.5m                   |
| 洪水調節量                   | 20,170,000m <sup>3</sup> | 72,000,000m <sup>3</sup> |
| 既得取水の安定化及び河川環境の保護のための容量 | 0m <sup>3</sup>          | 15,000,000m <sup>3</sup> |
| 発電出力                    | 188,000kW                | 210,500kW                |

## カテゴリー1: 更新・増強に関する政策・促進支援策等

### 1-d) アセットマネジメント、戦略的アセットマネジメント、ライフサイクル・コスト分析

#### d)-1 既設設備を活用したアセットマネジメント

- 既設設備の通水能力を活用
- 災害からの復旧

##### 【事例】

##### ➤ 新黒薙第二発電所

黒薙第二発電所(7,600kW)、新黒薙第二発電所(1,900kW)

##### ➤ 長殿発電所

長殿発電所(15,300kW)、大規模地滑り災害からの復旧

##### ➤ 石岡第一発電所

石岡第一発電所(5,500kW)、地震災害からの復旧

#### d)-2 安全性向上のためのアセットマネジメント

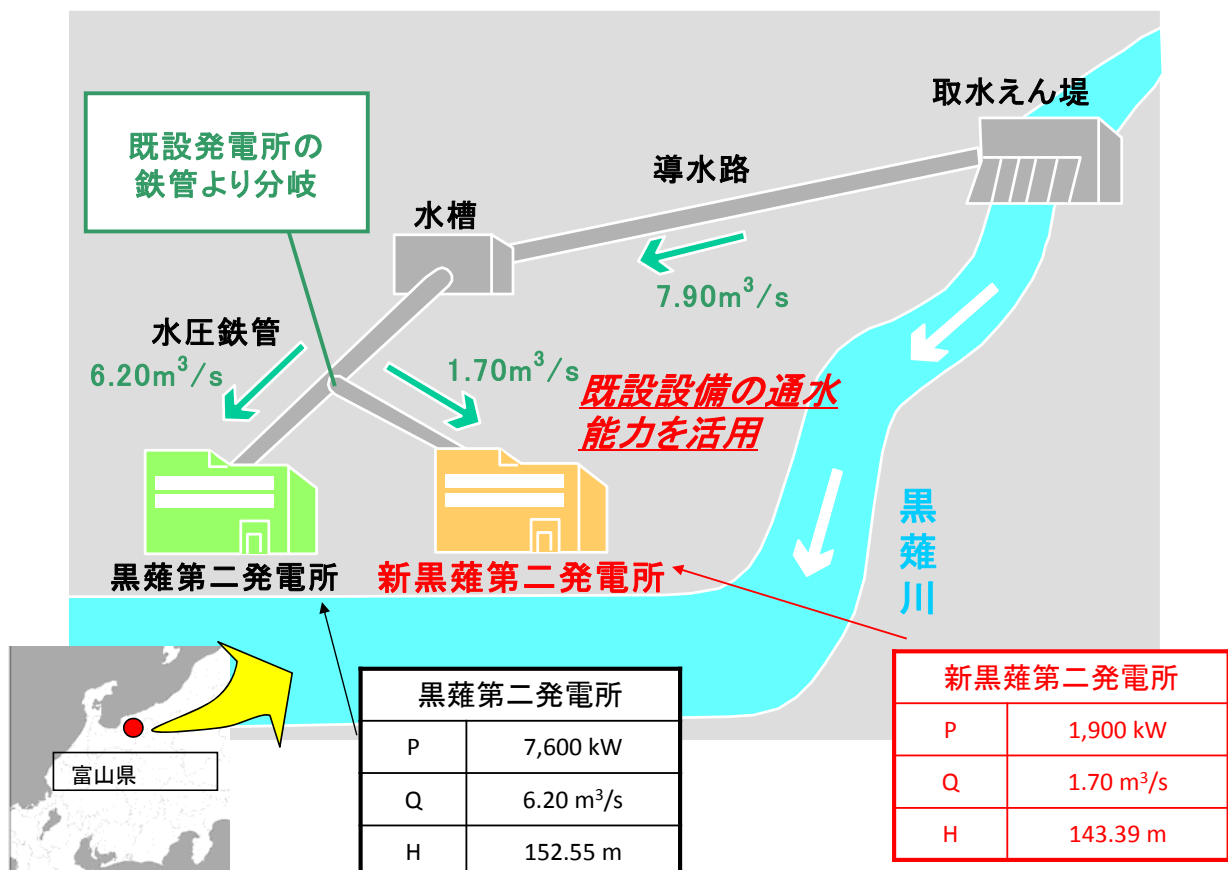
- リスクの定量評価
- 安全対策としての種々の取り組み

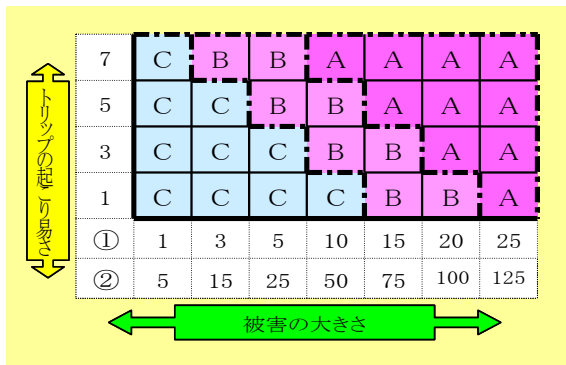
##### 【事例】

##### ➤ 御岳発電所

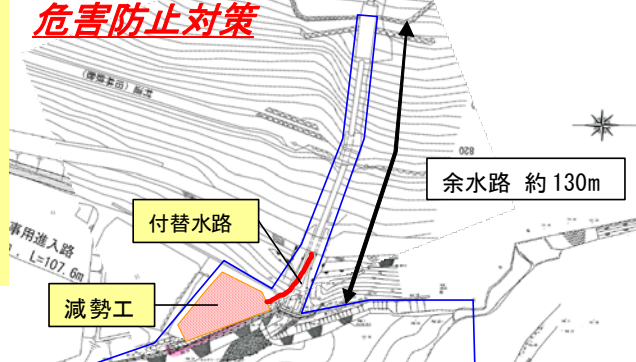
御岳発電所(P=66MW、Q=34.4m<sup>3</sup>/s)、余水に伴う危害防止への取り組み

## 新黒薙第二発電所の事例





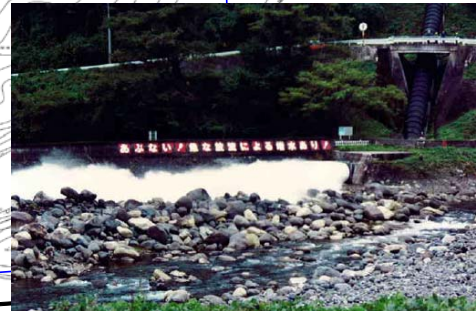
リスクの定量評価結果を踏まえた  
危害防止対策



| 放流試験を実施したP/S |        |       |
|--------------|--------|-------|
| 危険ランク        | 放流危害防止 |       |
| Aランク         | 大      | 対策要   |
| Bランク         | 中      |       |
| Cランク         | 小      | 対策不要* |

リスクの高い発電所  
→設備対応が必要

設備対応の要否は  
各所の判断に委ねる



250m

## カテゴリー1: 更新・増強に関する政策・促進支援策等

### 1-d) アセットマネジメント、戦略的アセットマネジメント、 ライフサイクル・コスト分析

#### d)-3 戦略的アセットマネジメント

- 収益貢献
- 投資に対する優先順位
- ライフサイクル・コスト分析

##### 【事 例】

- Pirttikoski発電所(152kW フィンランド)
- Poatina発電所(360MW オーストラリア)
- Hunsfos East発電所(15MW ノルウェー)
- Benmore発電所(540MW ニュージーランド) 等

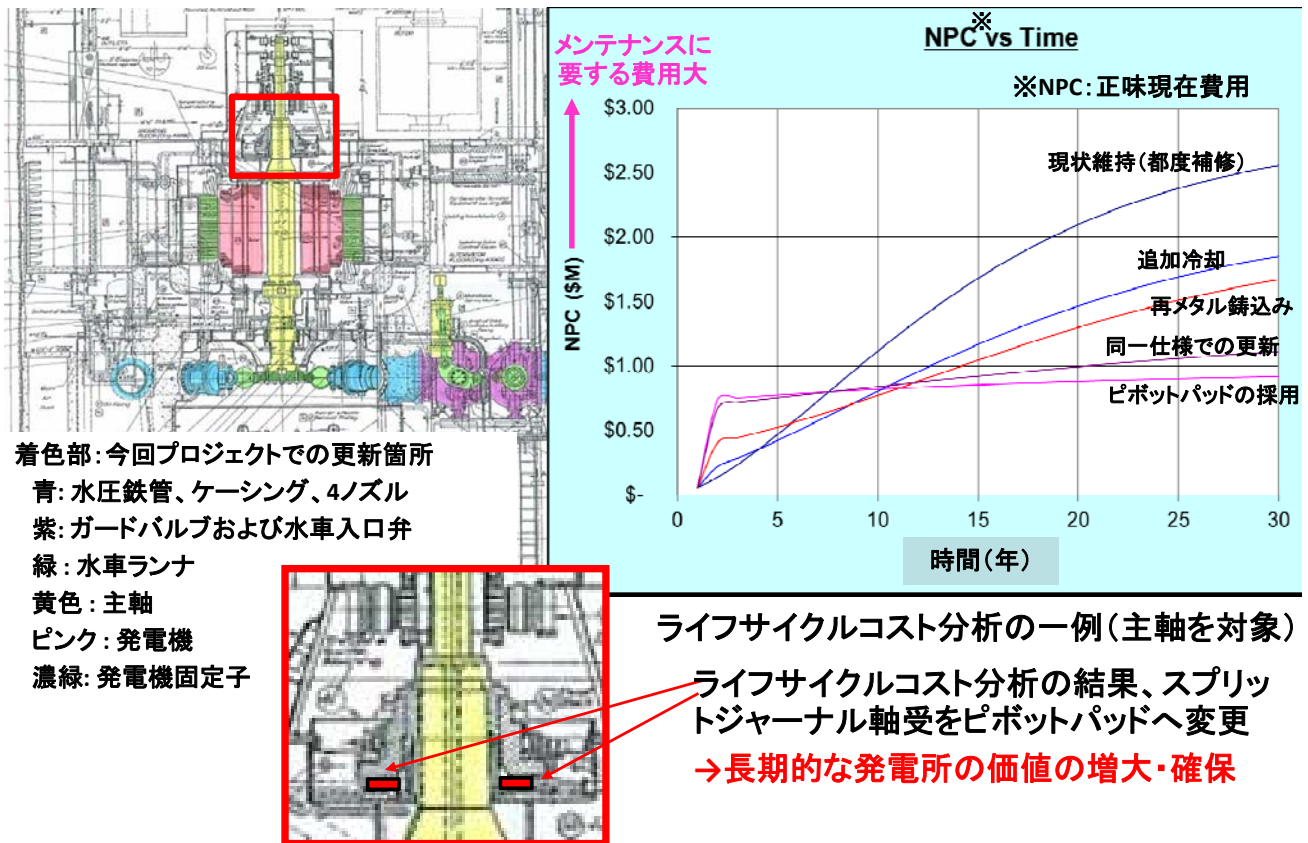
#### d)-4 HAP(Hydropower Advancement Project)

- 既設水力発電所のポテンシャル評価
- ランナーやガイドベーン更新等に関する増強手法を提示

##### 【事 例】

- Flaming George発電所(152MW アメリカ)
- Rhodhiss発電所(28.2MW アメリカ)

## 長期的なライフサイクルコストを分析をもとにした戦略的アセットマネジメント



## カテゴリー1: 更新・増強に関する政策・促進支援策等 1-e) 不安定電力系統安定化のためのプロジェクト

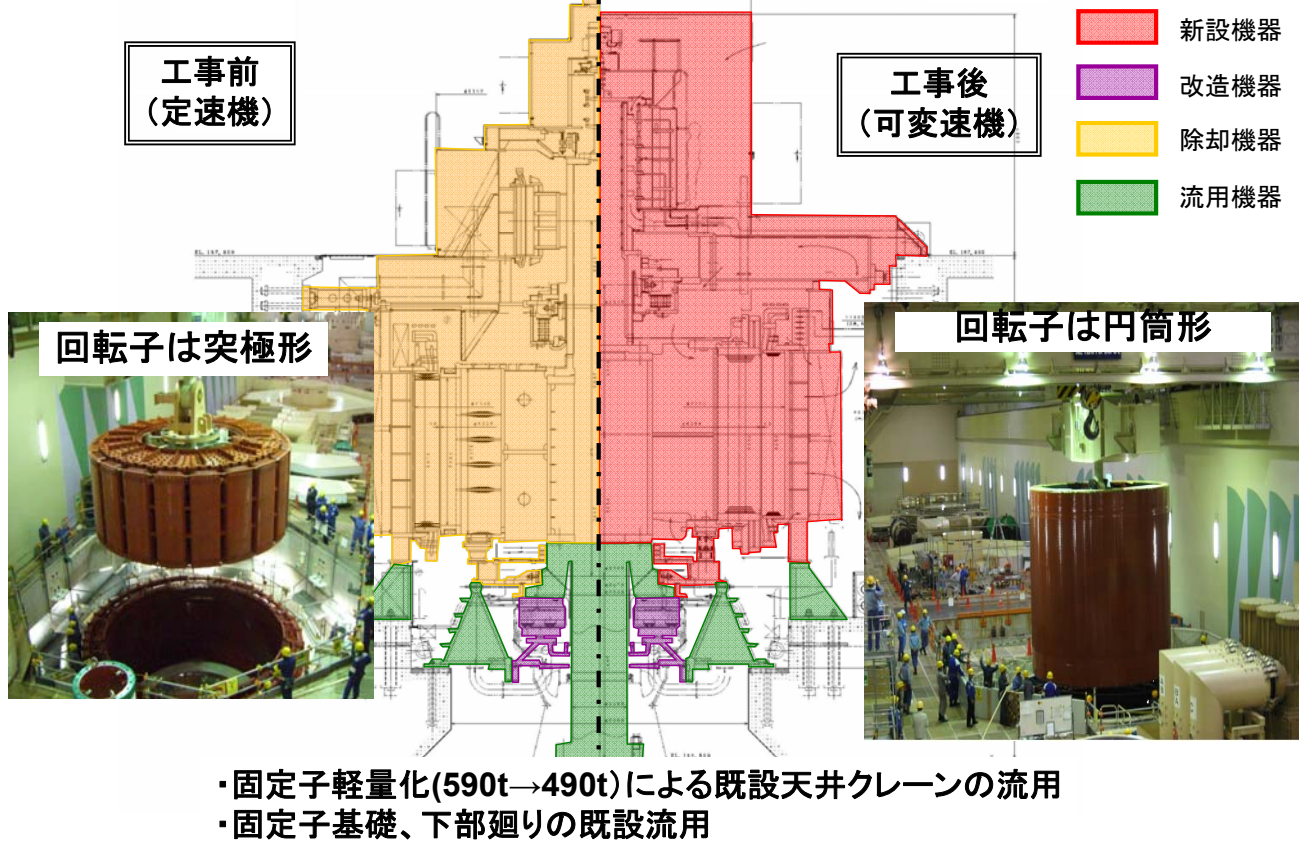
### e)-1 電力系統安定化

- 周波数調整、電力系統への能力の確保
- 揚水発電所への各種機能の追加

#### 【事 例】

- 奥多々良木発電所  
発電電動機を定速機から可変速機への改修
- Estreito発電所(ブラジル)  
既設設備への調相運転機能の追加
- Veytaux発電所(スイス)  
タンデム方式の採用

発電電動機を定速機から可変速機への改修



カテゴリ1: 更新・増強に関する政策・促進支援策等

1-f) 環境保全及び改善

f)-1 希少鳥類対策

- 生態系への影響予測
- 事業計画地内における緩和策実施

【事例】

➤ 奥只見発電所・大鳥発電所

奥只見発電所(+200MW)、奥只見維持流量発電所(2.7MW)、大鳥発電所(+87MW)

f)-2 堆砂、濁水対策

- 堆砂、濁水に対する長期的な課題
- 排砂設備設置等による根本的対策

【事例】

➤ 旭ダム貯水池バイパス排砂設備

旭ダム(H=86m、アーチダム)、排砂バイパス(H=3.8m B=3.8m L=2,370m)

➤ 耳川水系山須原ダム・西郷ダム通砂対策

西郷ダム(H=29m、洪水吐ゲート中央2門撤去 天端高9.3m切下げ)

山須原ダム(H=20m、洪水吐ゲート中央4門撤去 天端高4.3m切下げ)

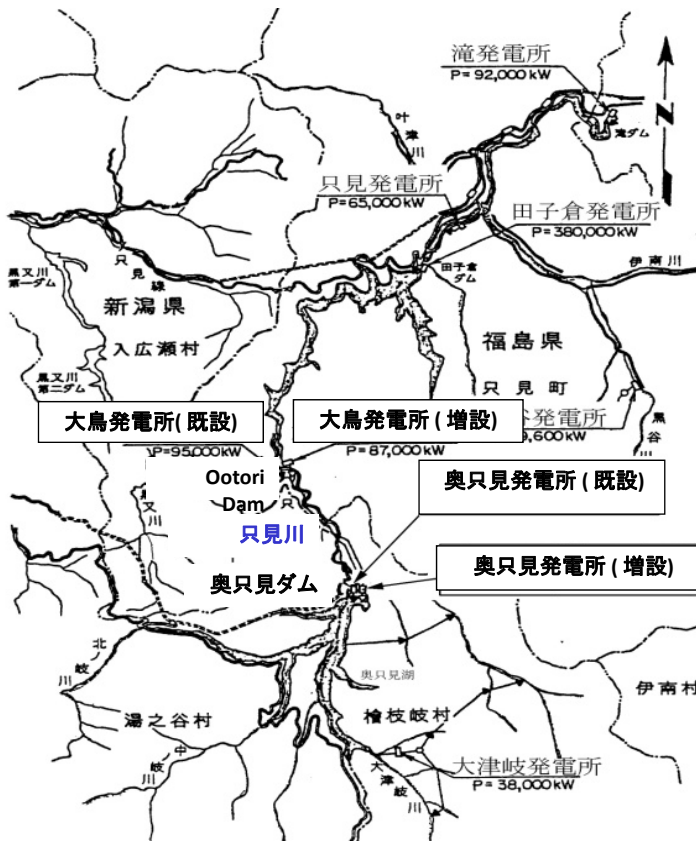
➤ 西吉野第一・第二発電所 表面取水設備及び清流バイパス増設

清流バイパス(内径=0.4m 延長=400m 流量=0.3m<sup>3</sup>/s)

表面取水装置(表面取水範囲HWL436m~EL422m 扉体幅=5m 扉高=26m Q=16.7m<sup>3</sup>/s)

➤ 長沢ダム

濁水フェンス設置



| 奥只見発電所                  | 既設      | 増設      | 維持流量<br>発電所 |
|-------------------------|---------|---------|-------------|
| 流域面積(km <sup>2</sup> )  | 595.1   |         | 595.1       |
| 出力(kW)                  | 360,000 | 200,000 | 2,700       |
| 使用水量(m <sup>3</sup> /s) | 249     | 138     | 2.56        |
| 落差(m)                   | 170.0   | 164.2   | 130.3       |

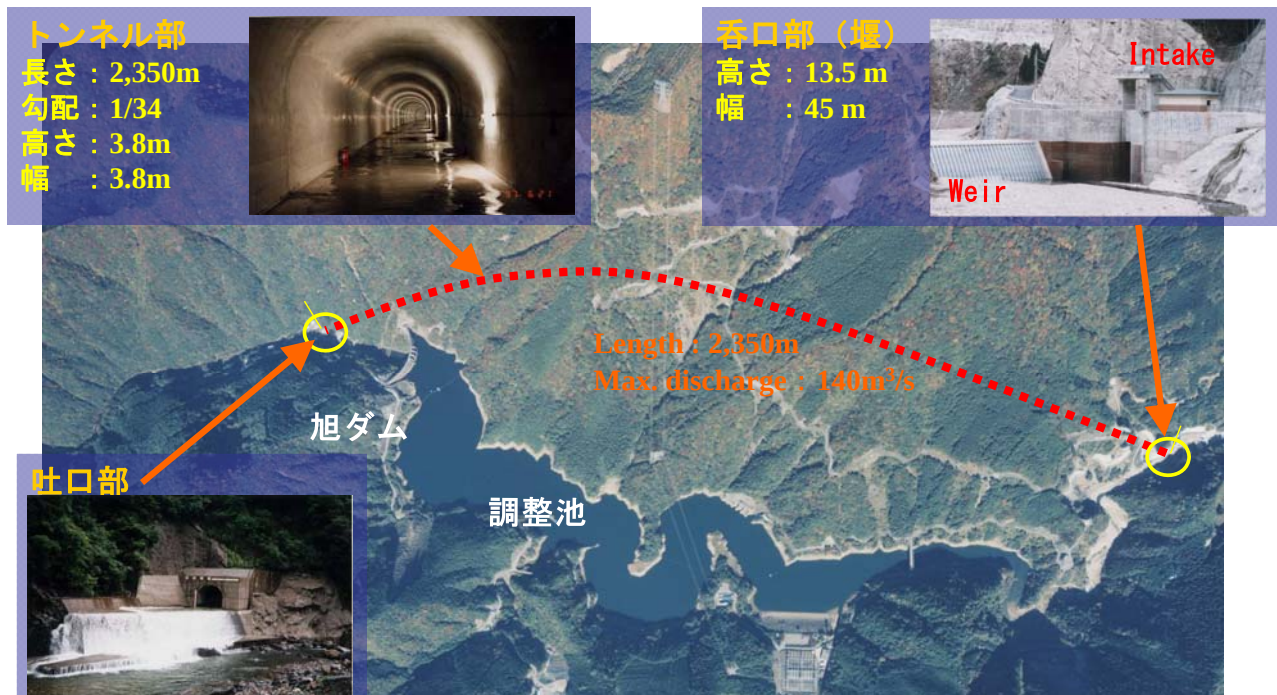
| 大鳥発電所                   | 既設     | 増設     |
|-------------------------|--------|--------|
| 流域面積(km <sup>2</sup> )  | 656.9  |        |
| 出力(kW)                  | 95,000 | 87,000 |
| 使用水量(m <sup>3</sup> /s) | 220    | 207    |
| 落差(m)                   | 50.8   | 48.1   |



工事区域においてはイヌワシ保護等の配慮

## 旭ダム貯水池バイパス排砂設備の事例

### 排砂バイパス設備を用いた濁水対策

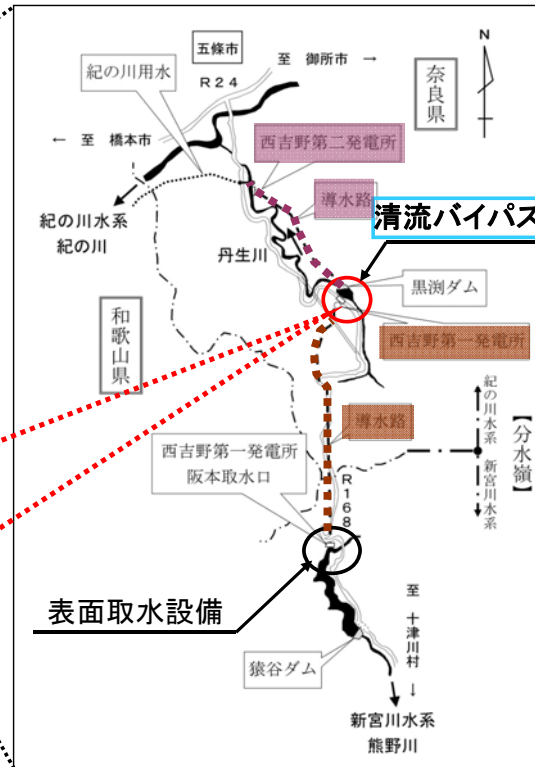
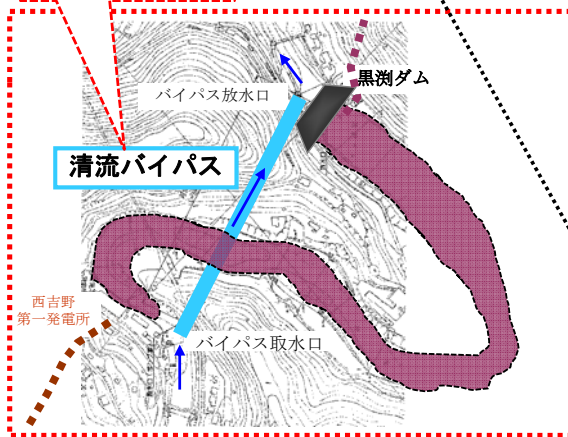


# 西吉野第一・第二発電所 表面取水設備 及び清流バイパス増設の事例

51

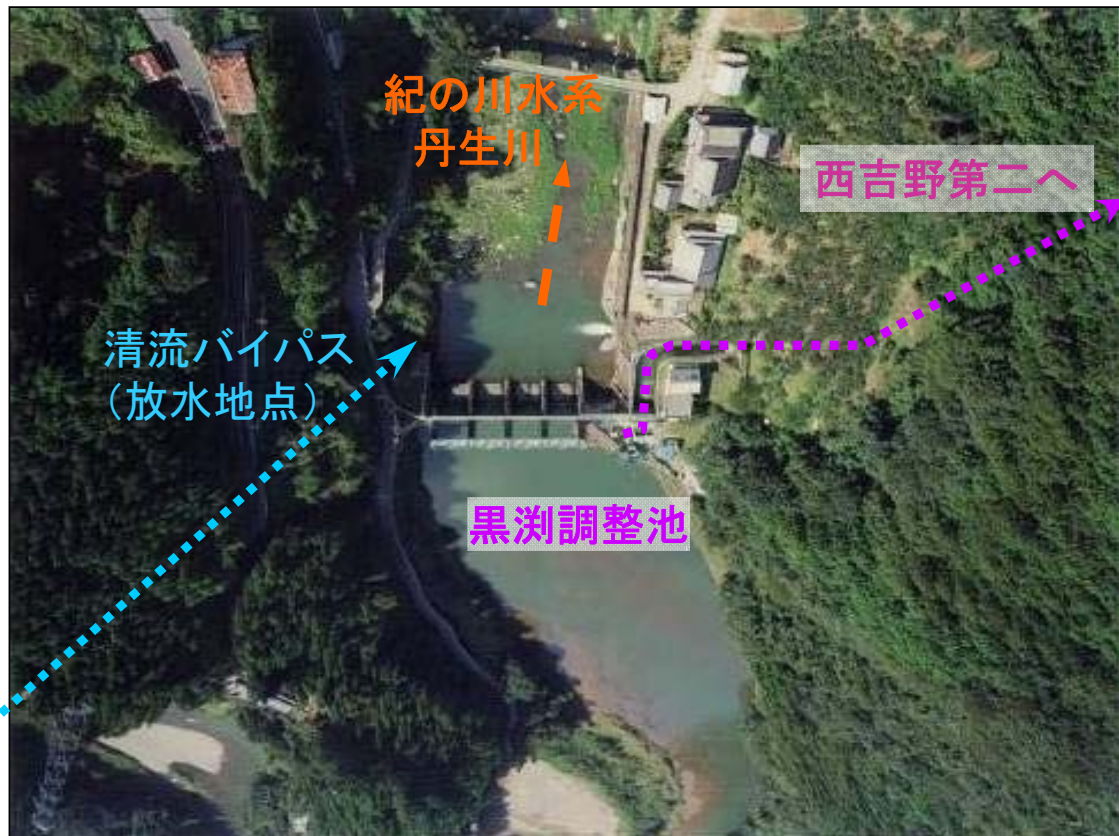
**表面取水設備、清流バイパス  
を用いた濁水対策**

弧状推進工法による掘削  
φ=0.4m  
L=400m  
放流量=0.3m³/s



流域概要図

52



清流バイパス 放水口周辺状況写真

## カテゴリー1: 更新・増強に関する政策・促進支援策等

### 1-f) 環境保全及び改善

53

#### f)-3 魚類対策

- 回遊魚移動阻害の現状把握
- 水車、スクリーン等の対策

##### 【事 例】

- **新高津尾発電所**  
落鮎迷入防止スクリーン(昇降式二重スクリーン2径間、
- North Fork Skokomish発電所(USA)  
革新的な上流への魚移送システム
- Embretsfoff Ⅲ発電所(ノルウェー)  
魚道、フラップゲートの設置

#### f)-4 景観及び文化財保護

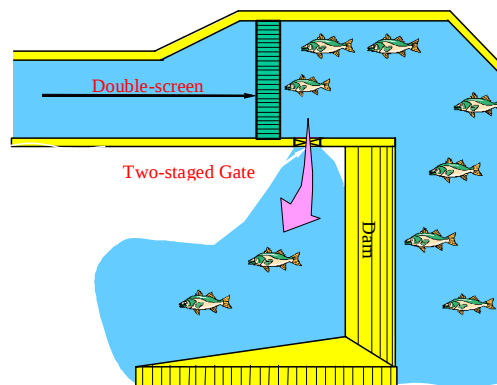
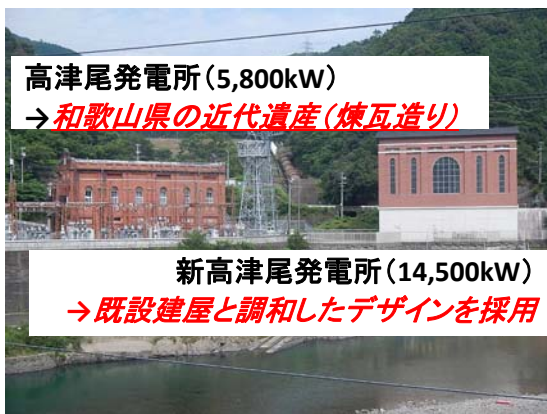
- 価値ある発電所建屋の積極的な保護

##### 【事 例】

- **新高津尾発電所**  
周辺既設発電所建屋に調和したデザインを採用
- Rånåsfos Ⅲ 発電所(ノルウェー)  
歴史的に価値ある発電所建屋

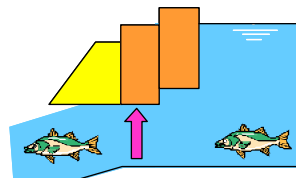
## 新高津尾発電所の事例

54

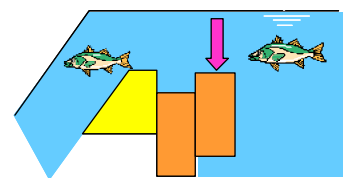


##### 通常期

鮎が降下する  
初期～中期



鮎が降下する  
終期



## カテゴリー1:更新・増強に関する政策・促進支援策等

### 1-f)環境保全及び改善

55

#### f)-5 産業廃棄物の3R (Reuse, Recycle, Reduce)対策

□改修工事で発生する産業廃棄物対策

【事 例】

- 豊実発電所  
解体コンクリートの8割を埋戻しに再利用

#### f)-6 社会環境対策

□事業者と地元の持続的成長

【事 例】

- Benmore発電所(ニュージーランド)  
地元企業への分割発注と地域共生

## カテゴリー2:更新・増強に関する技術

56

### 2-a)電気機械装置の技術革新と適用拡大

#### a)-1 流量・落差・設置場所などの制約がある中での出力および発電電力量増加

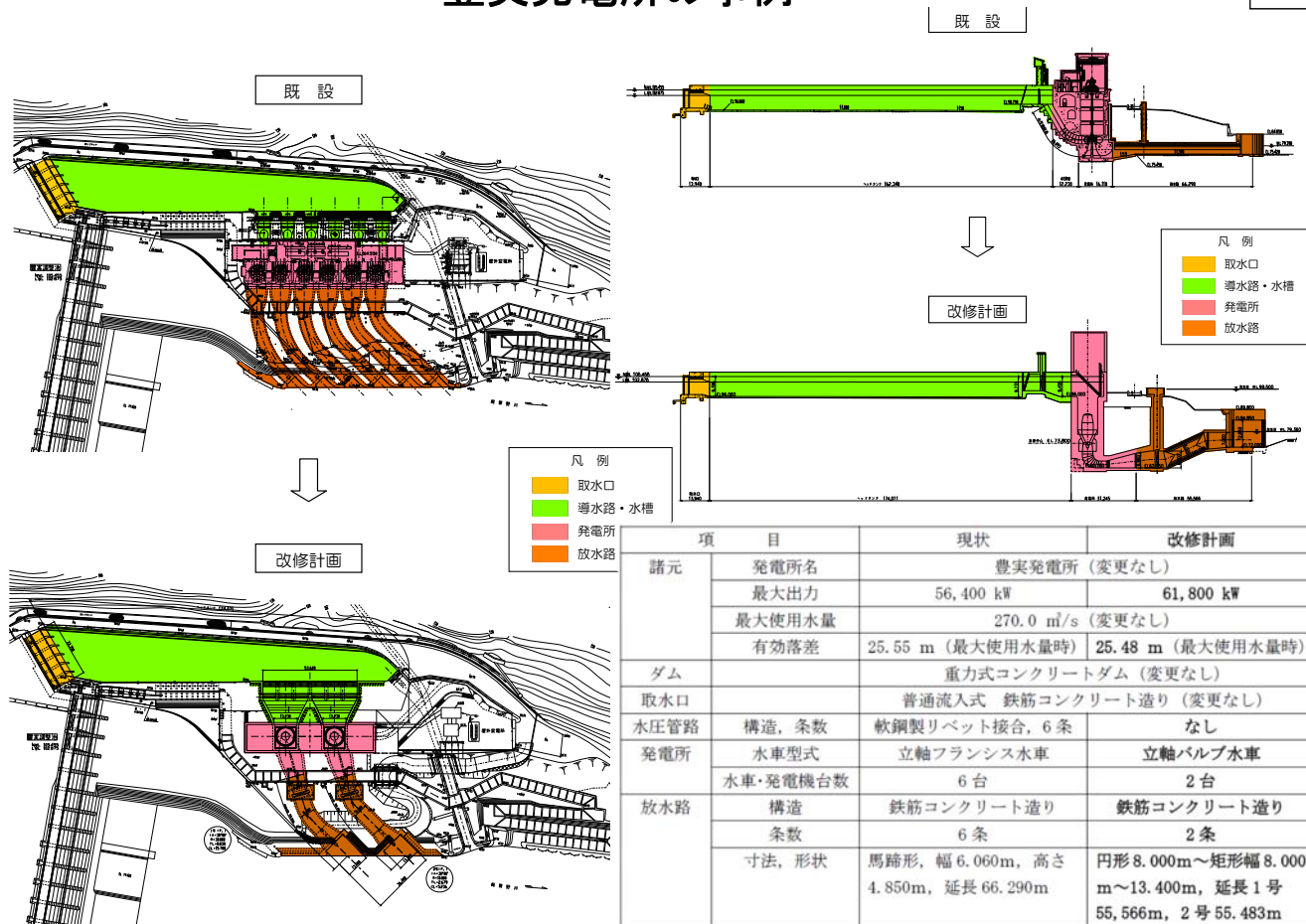
- 既設設備の余寿命診断に基づく流用可能な範囲と条件、運転実績、既許可範囲内で、水車発電機型式・台数の再選定および既設機の障害履歴に基づく対策案を考慮しながら、設置場所などの種々の制約の中で、経済的、かつ、運転保守が容易な設備へ更新
- 既許可の範囲内で、最大使用水量を変えずに発電所の最大出力・発電電力量を増加させる方法:
  - 過去の運転実績に基づいて落差・使用水量の変動範囲を分析し、CFDを活用して最適な水車流路形状を有するランナ、ガイドベーンへ更新
  - 水車型式を流況曲線に相応した高効率のものへ更新、また、最適な設置台数に変更

【水車形式および台数変更事例】

- **豊実発電所**  
立軸フランシス水車6台(56.4MW)から立軸バルブ水車2台(61.8MW)へ更新
- **土居発電所**  
立軸フランシス水車2台(8MW)から横軸両掛フランシス水車1台(8.2MW)へ更新
- **西鬼怒川発電所**  
横軸露出型複輪フランシス水車2台(1MW)から横軸S形チューブラ水車1台(1.2MW)へ更新

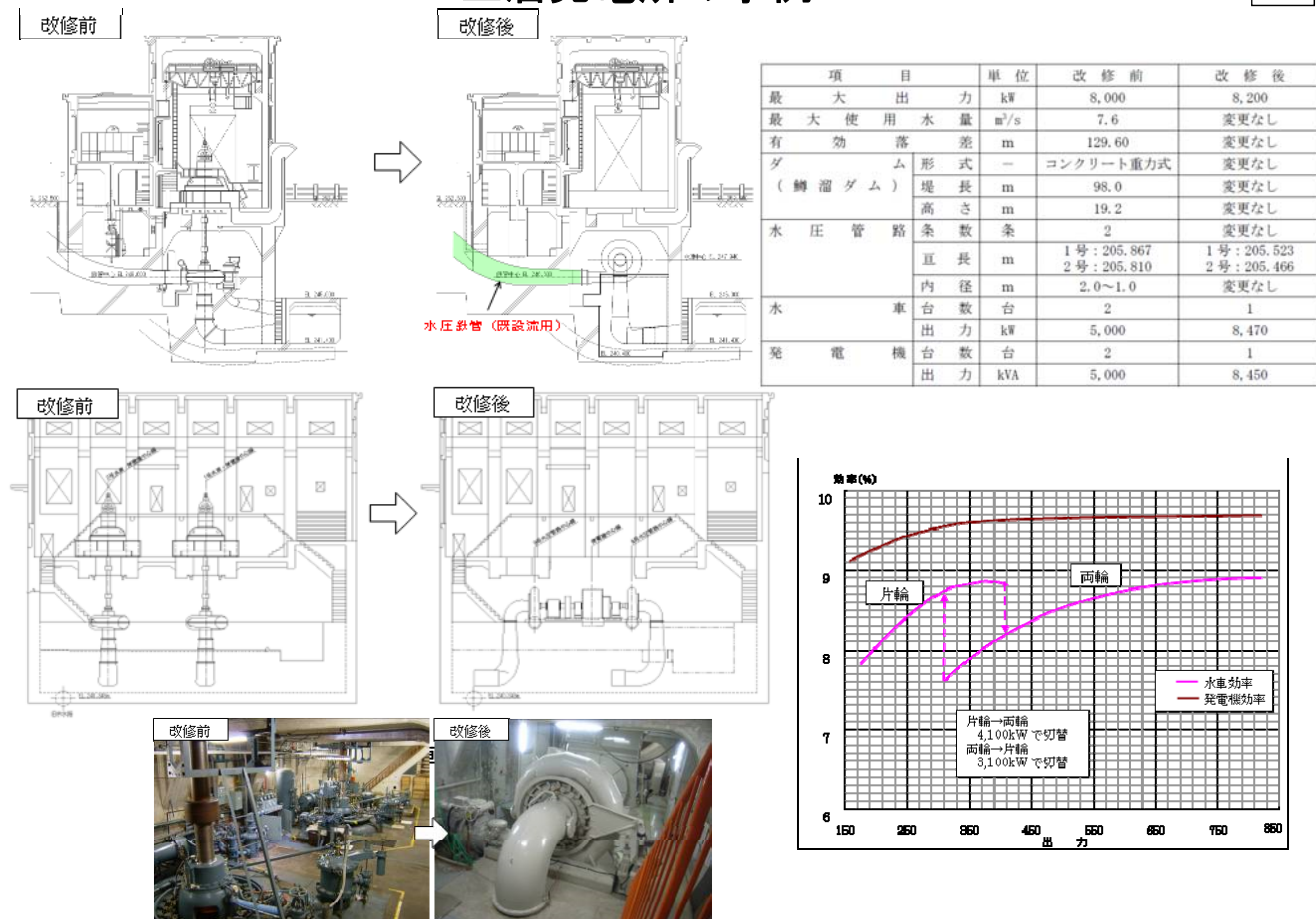
# 豊実発電所の事例

57



# 土居発電所の事例

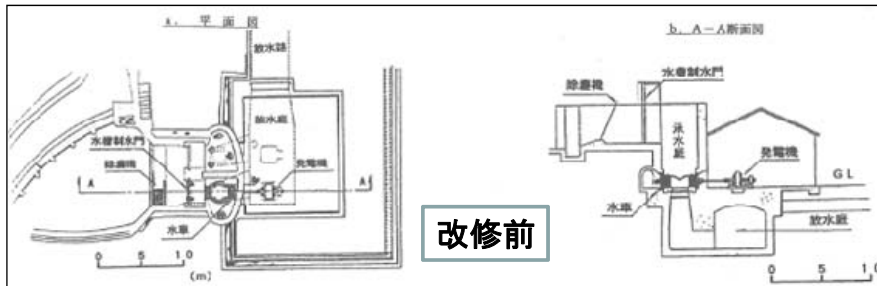
58



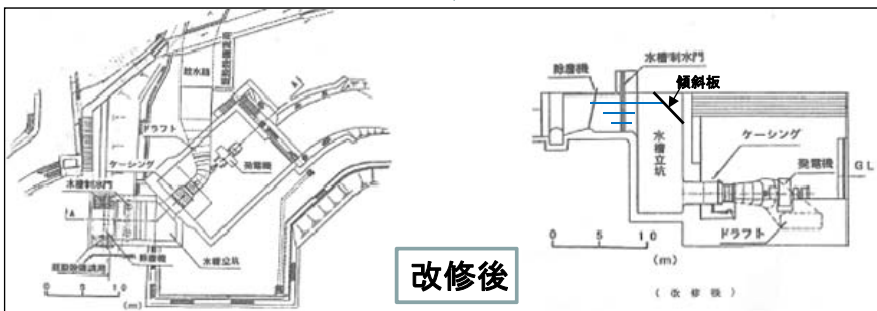
## 西鬼怒川発電所の事例

59

- 横軸露出型複輪フランシス水車2台(1MW)から  
横軸S形チューブラ水車1台(1.2MW)へ更新



| 項 目   |      | 諸 元                       |
|-------|------|---------------------------|
| 発電所出力 |      | 1,000 (kW)                |
| 年間発電量 |      | 6,813 (MWh)               |
| 発電所型式 |      | 水路式                       |
| 使用水量  |      | 12.22 (m <sup>3</sup> /s) |
| 有効落差  |      | 11.21 (m)                 |
| 水 車   | 型式   | HF-2ROW 2台                |
|       | 出力   | 580kW                     |
|       | 回転速度 | 428 min <sup>-1</sup>     |
| 発電機   | 型式   | 横軸回転界磁交流三相<br>同期発電機 2台    |
|       | 出力   | 680 kVA                   |
| 発電所建屋 |      | 木造モルタル                    |
| 水槽制水門 |      | 鋼製スライドゲート 2門              |



水槽立坑入口部での渦防止策: 傾斜板設置

| 項 目   |      | 諸 元                    |
|-------|------|------------------------|
| 発電所出力 |      | 1,200 (kW)             |
| 年間発電量 |      | 8,026 (MWh)            |
| 発電所型式 |      | 水路式                    |
| 使用水量  |      | 12.22 (m3/s)           |
| 有効落差  |      | 11.01 (m)              |
| 水 車   | 型式   | HK-1RTS 1台             |
|       | 出力   | 1,220kW                |
|       | 回転速度 | 300min-1               |
| 発電機   | 型式   | 横軸回転界磁交流三相<br>同期発電機 1台 |
|       | 出力   | 1,160kVA               |
| 発電所建屋 |      | 木造モルタル                 |
| 水槽制水門 |      | 鋼製スライドゲート 2門           |

### 【既設機と同一水車発電機形式で全面更新した事例】

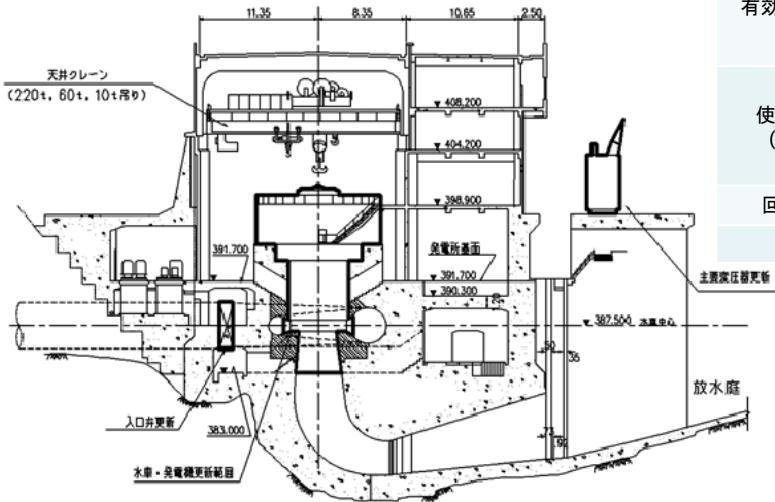
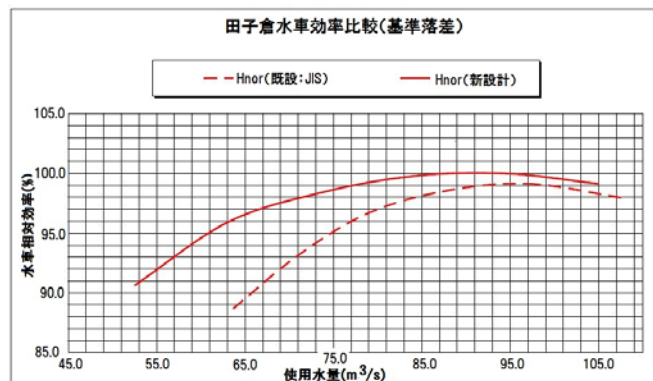
- 南向水力発電所工事  
24.1MWより26.7MWへ出力増強。既設機の低周波振動対策も併せて実施  
(13.35MW立軸フランシス水車発電機 x 2台)
- 上椎葉発電所  
90MWより93.2MWへ出力増強  
(46.6MW立軸フランシス水車発電機 x 2台)

### 【CFDによる水車ランナ等の部分更新事例】

- 田子倉発電所  
最高効率点だけではなく、定格出力の40~50%の部分負荷帯の効率改善  
(100MW立軸フランシス水車発電機 x 4台)
- Sisteron発電所(フランス)  
荷重平均の水車発電機効率を1.6%以上改善(改善増加分: 11,700MWh)  
(130MW立軸フランシス水車発電機 x 2台)

60

## 一括更新工事

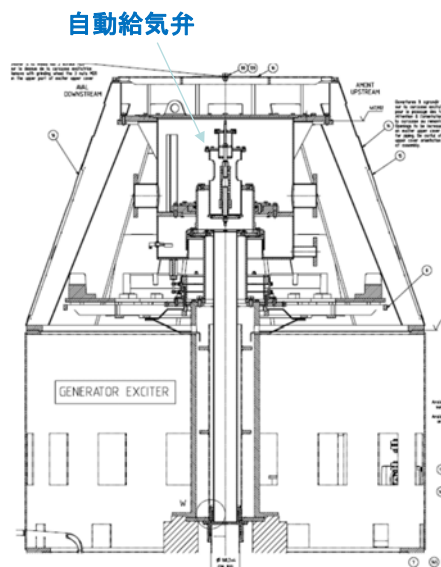


| 項目                       | 更新前       | 更新後     |
|--------------------------|-----------|---------|
| 発電所出力                    | 380,000   | 400,000 |
| 水車形式                     | 立軸フランシス水車 |         |
| 水車出力(kW)                 | 最大        | 108,000 |
|                          | 基準        | 102,000 |
|                          | 最低        | 45,000  |
| 有効落差(m)                  | 最大        | 118.2   |
|                          | 基準        | 105.0   |
|                          | 最低        | 67.0    |
| 使用水量 (m³/s)              | 最大        | 100.7   |
|                          | 基準        | 107.8   |
|                          | 最低        | 81      |
| 回転速度(min <sup>-1</sup> ) | 167       | 188     |
| 発電機形式                    | 閉鎖風道循環型   | 水冷熱交換器形 |

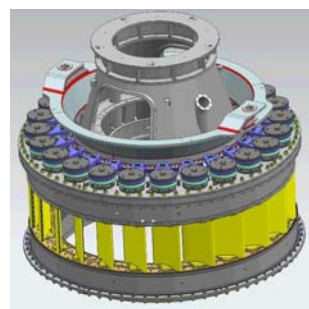
◆最大使用水量を変更せずに、機器性能向上と基準落差の見直しにより発電所出力20MW増加。  
◆ケーシングおよびドラフトチューブは既設機流用。⇒高速化

## Sisteron発電所(フランス)の事例

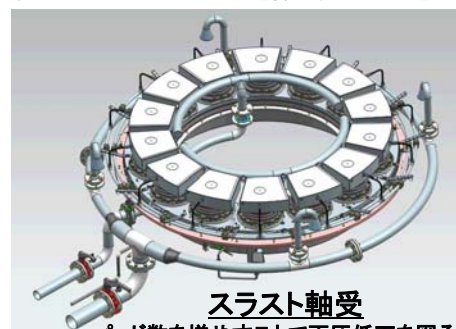
- CFD解析による水車ランナを適用:  
模型実験の結果、2から5%効率アップ。荷重平均の水車発電機効率を1.6%以上改善  
既設機: 122MW/Unit⇒130MW/Unitに出力アップ。(H=110m, Q=130m³/s)
- ドラフト吸気方式、ガイドベーン操作機構、スラスト軸受なども併せて改造



**主軸同芯孔から給気される渦防止システム**  
自動給気弁(スプリング式弁)が発電機の上に取り付けられ、ドラフトチューブ内圧力変動を減少させるため自動給気させる。



**ガイドベーン操作機構**  
摩擦力によるトルク伝達方式を採用。弱点ピンを追加。



**スラスト軸受**  
パッド数を増やすことで面圧低下を図る。  
外部冷却方式を採用。

## 2-a) 電気機械装置の技術革新と適用拡大

### a)-2 保守性向上を目的とした設備更新

- 流れ解析手法(CFD)を用いたガイドベーン形状変更による土砂摩耗軽減
- 耐キャビテーション性能を高めた新材料で溶接補修してその補修間隔を延伸
- 電動サーボモータ、ハイブリッド・サーボモータ適用による保守性の向上および維持コストの低減
- 水車接水部／ガイドベーン軸受およびカプラン水車ランナボス内のオイルレス化、水車軸受の水潤滑化／冷却水レス化、入口弁の電動化などで機器運転の保守性向上および発電所周辺環境への配慮

#### 【流れ解析による形状変更／土砂摩耗対策を施した事例】

##### ➤ 姫川第二発電所

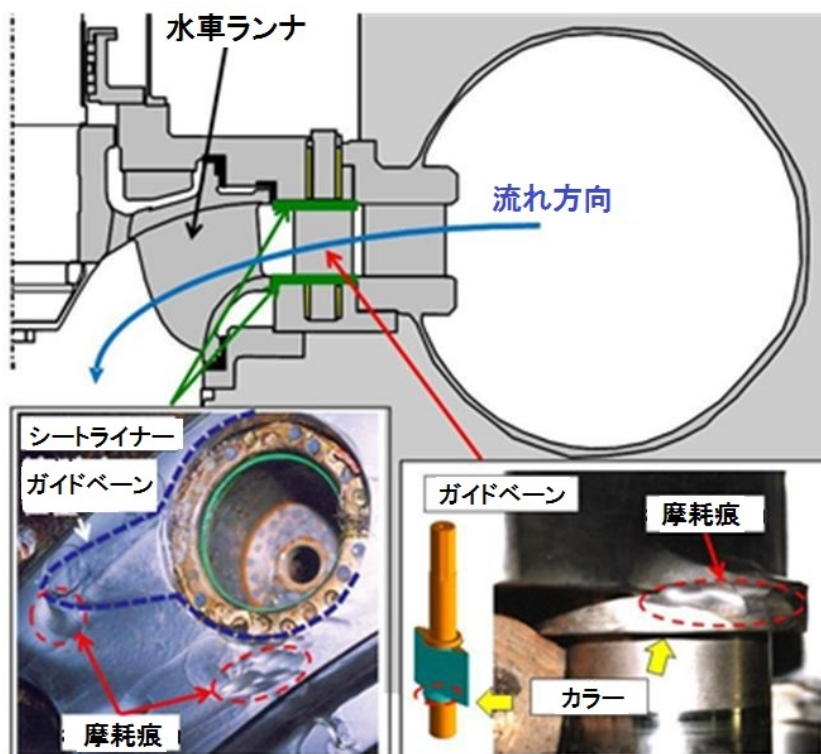
CFDにより水車内の土砂を含む水の流動現象を解析することで、ガイドベーンの土砂摩耗低減形状を開発(14.4MW立軸フランシス水車)

#### 【耐キャビテーション性能を向上させた新材料を適用した事例】

##### ➤ Estreito水力発電所(ブラジル)

キャビテーション溶接補修材料としてCavitalloy(コバルト合金溶接棒)を適用。オーステナイト系溶接棒と比較して溶接補修間隔が約1.5倍伸びる。

## 姫川第二発電所の事例

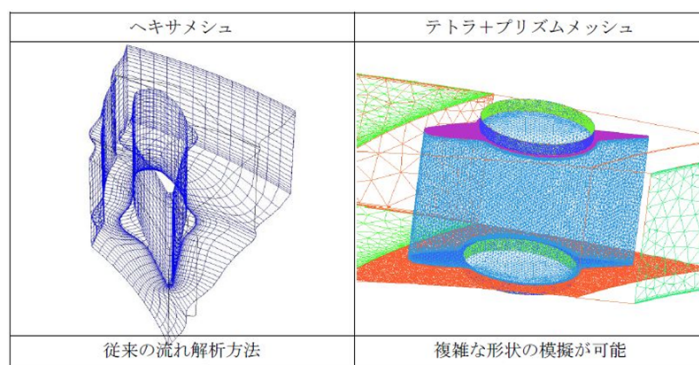


#### 水車諸元

|        |                        |
|--------|------------------------|
| 最大出力   | 14,400kW               |
| 最大使用水量 | 10.30m <sup>3</sup> /s |
| 有効落差   | 164.55m                |
| 運転開始   | 1935年10月               |

4～6年程度の短い周期で土砂摩耗補修を実施。

水車ガイドベーンの土砂摩耗状況(改修前)



## 土砂摩耗の評価に適した解析手法の開発

従来の流れ解析では、水車内の水の流れのロスを低減できるような流路形状を最適化するもの。土砂摩耗の評価に適した解析手法が必要。

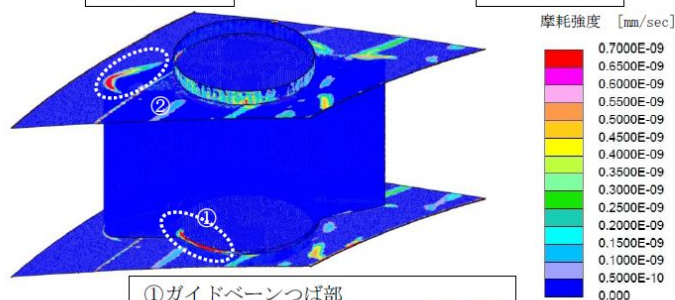
### 【開発内容】

- 土砂摩耗箇所(複雑形状)のメッシュ形成方法
- 土砂摩耗に適した流れ解析手法および評価方法



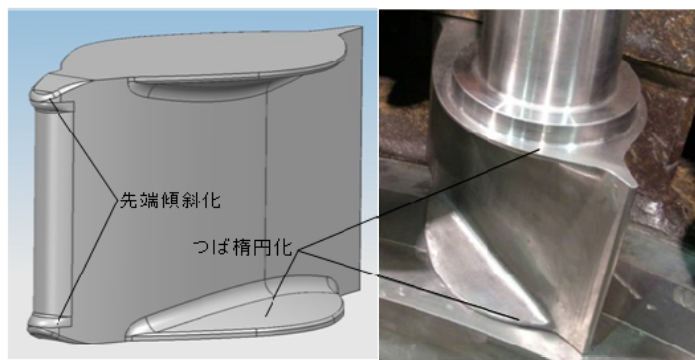
ガイドベーン

シートライナ



## 土砂摩耗強度解析結果

## 土砂摩耗低減形状(溶接肉盛による形状変更)



CFDによる新形状  
(溶接肉盛による形状変更)

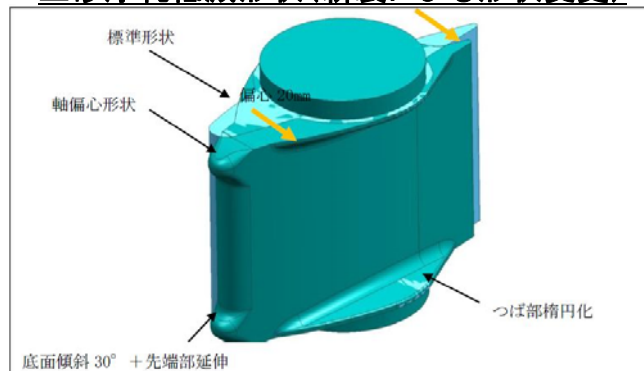
実際のガイドベーン新形状  
(溶接肉盛による形状変更)

既存のガイドベーンに肉盛溶接を実施し、ガイドベーン先端部の傾斜化や、ガイドベーンつば部の楕円化の形状変更を行うことで、水中に含まれる土砂とガイドベーンおよびシートライナの衝突角度を減じて、それぞれの摩耗を低減する構造

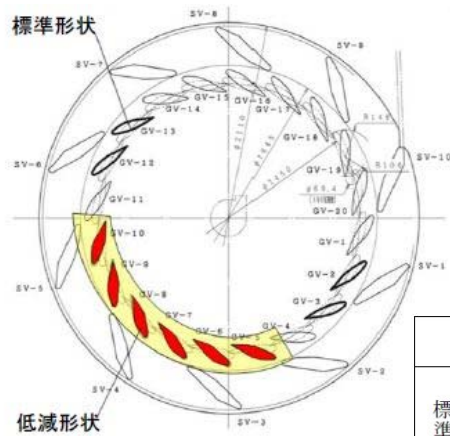
### 【結果】

肉盛溶接による形状変更では、ガイドベーンつば部で1.2倍シートライナ部で3.3倍の修理延伸が可能となった。

## 土砂摩耗低減形状(新製による形状変更)



ガイドベーン軸を内側へ偏心させ高速流に曝される部位を小さくすることで、つば部内側の摩耗を低減させる形状



### フィールド試験 ガイドベーン配置図

土砂摩耗低減形状(肉盛溶接による形状変更)6本と標準形状ガイドベーン14本を配置。

## ガイドベーン形状変更によるフィールド試験結果 (2年間実施)

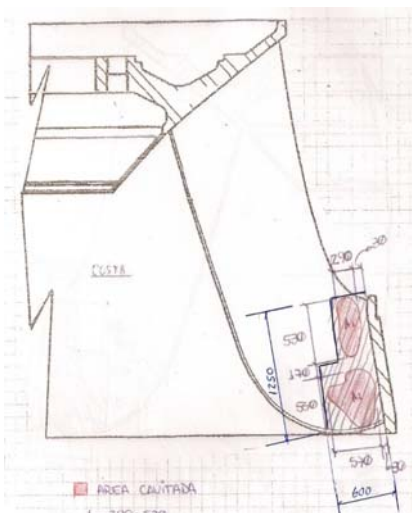
標準形状ガイドベーンは、打痕がガイドベーン付け根で高密度に集中していたのに対して、低減形状ガイドベーンでは、打痕がほぼ全体に分散していた。打痕の位置は、流れ解析結果で摩耗強度が強く出た位置と類似している。

|            | 流れ解析結果 | フィールド試験結果                    |
|------------|--------|------------------------------|
| 標準形状ガイドベーン |        | <br>打痕がガイドベーン付け根に高密度で集中していた。 |
| 低減形状ガイドベーン |        | <br>打痕がほぼ全体に分散していた。          |

## Estreito水力発電所(ブラジル)の事例

(175MWフランシス水車x6台、H=22m、1969年運開)

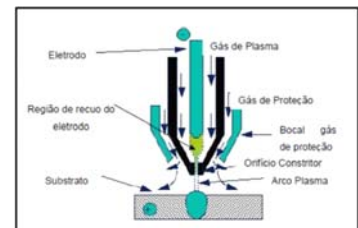
コバルト合金溶接棒の特性試験はステンレス鋼309溶接棒と比較してCEPELエネルギー研究所で行われた。その結果、従来の309AWS-Mo溶接棒は5.5mg/hrの割合で壊食されCavitalloy溶接棒(コバルト合金溶接棒)はその1/11倍であった。しかし、研究所でのキャビ試験と実機水車ランナとは条件が異なる故、その比率は1/2.5~1/5倍程度と想定している。



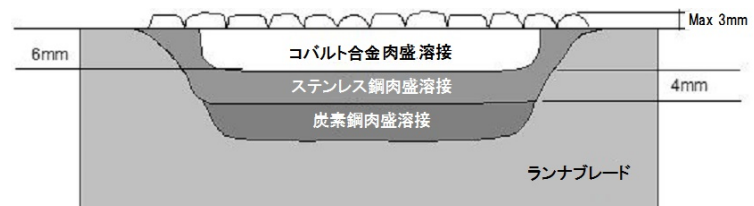
ランナ径: 5.8m  
回転速度: 112.5min<sup>-1</sup>

水車ランナのキャビテーション壊食箇所  
(34,000時間運転毎に溶接補修)

溶接方法:  
MIG, MAGおよびプラズマの  
長所を組み合わせた方法



### コバルト合金溶接棒による肉盛溶接補修方法



- ① 炭素鋼溶接棒で欠陥部を肉盛り(10mm深さ迄)
- ② ステンレス溶接棒で2層以上肉盛り
- ③ ステンレス溶接棒で肉盛した部分に6mm以上のスペースを設ける。
- ④ 非破壊検査(カラーチェック)で溶接部の欠陥(空洞、ひび割れ、他)を検査する。
- ⑤ コバルト合金溶接ワイヤーで肉盛。仕上げ面: Max.3mm

(注)コバルト合金溶接ワイヤーは鋳鋼の上に肉盛りすることは出来ない。

### 【電動サーボモータを適用した事例】

- 西鬼怒川発電所  
ガイドベーンおよびランナベーンの電動化(1.22MW S形チューブラ水車)
- 土居発電所  
ガイドベーンおよび入口弁の電動化(8.47MW横軸二輪両掛フランスス水車)
- **上椎葉発電所**  
ガイドベーンおよび入口弁の電動化(47.6MW フランスス水車)

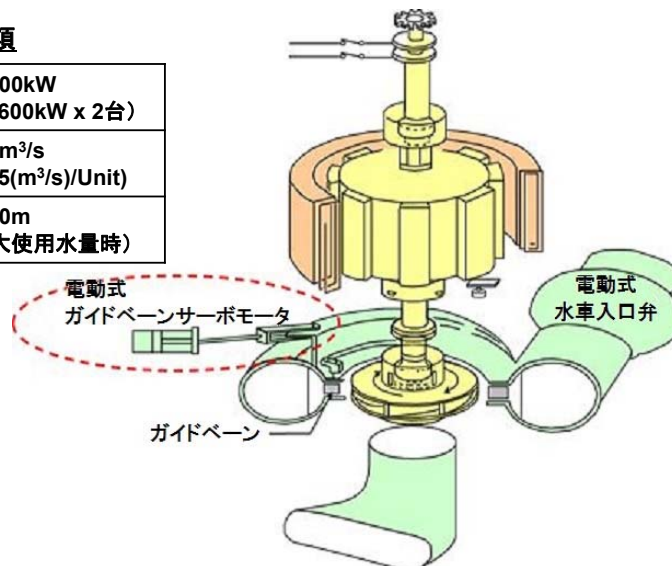
### 【ハイブリッド・サーボモータを適用した事例】

- **新野川第一発電所**  
ガイドベーンおよびランナベーン(10.5MW 斜流水車)
- 尾口発電所設備改修工事  
ガイドベーン(6.26MW フランスス水車 x 2台)

## 上椎葉発電所の事例

水車要項

|        |                               |
|--------|-------------------------------|
| 最大出力   | 93,200kW<br>(46,600kW x 2台)   |
| 最大使用水量 | 73.0m³/s<br>(36.5(m³/s)/Unit) |
| 有効落差   | 144.0m<br>(最大使用水量時)           |



電動サーボモータの仕様

| 項 目         |      | 諸 元        |
|-------------|------|------------|
| 設置台数        |      | 1個／台       |
| 電<br>動<br>機 | 出力   | 11kW       |
|             | 電圧   | DC110V     |
|             | 回転速度 | 1,500min-1 |
| ストローク       |      | 485mm      |
| 電動サーボ推力     |      | 294kN      |



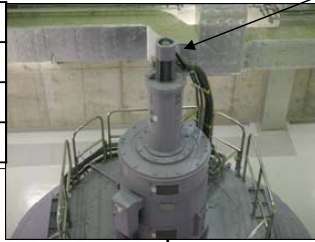
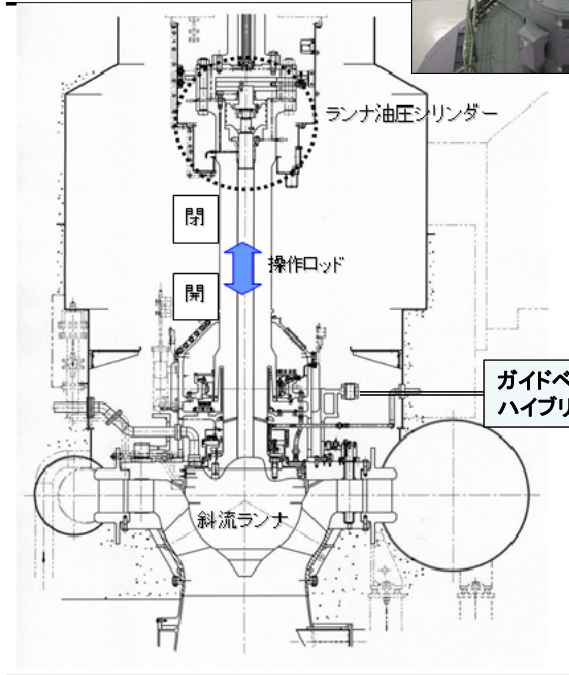
(更新前)油圧式サーボモータ



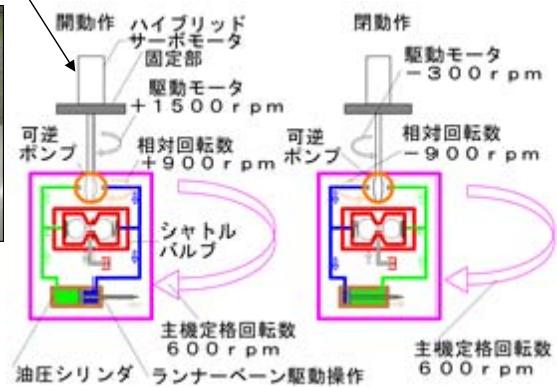
(更新後)電動式サーボモータ

## 水車要項 再開発プロジェクト

|        |                         |
|--------|-------------------------|
| 水車型式   | 立軸斜流水車                  |
| 最大使用水量 | 12.0(m <sup>3</sup> /s) |
| 有効落差   | 99.80(m)(最大使用水量時)       |
| 水車出力   | 10.5(MW)                |

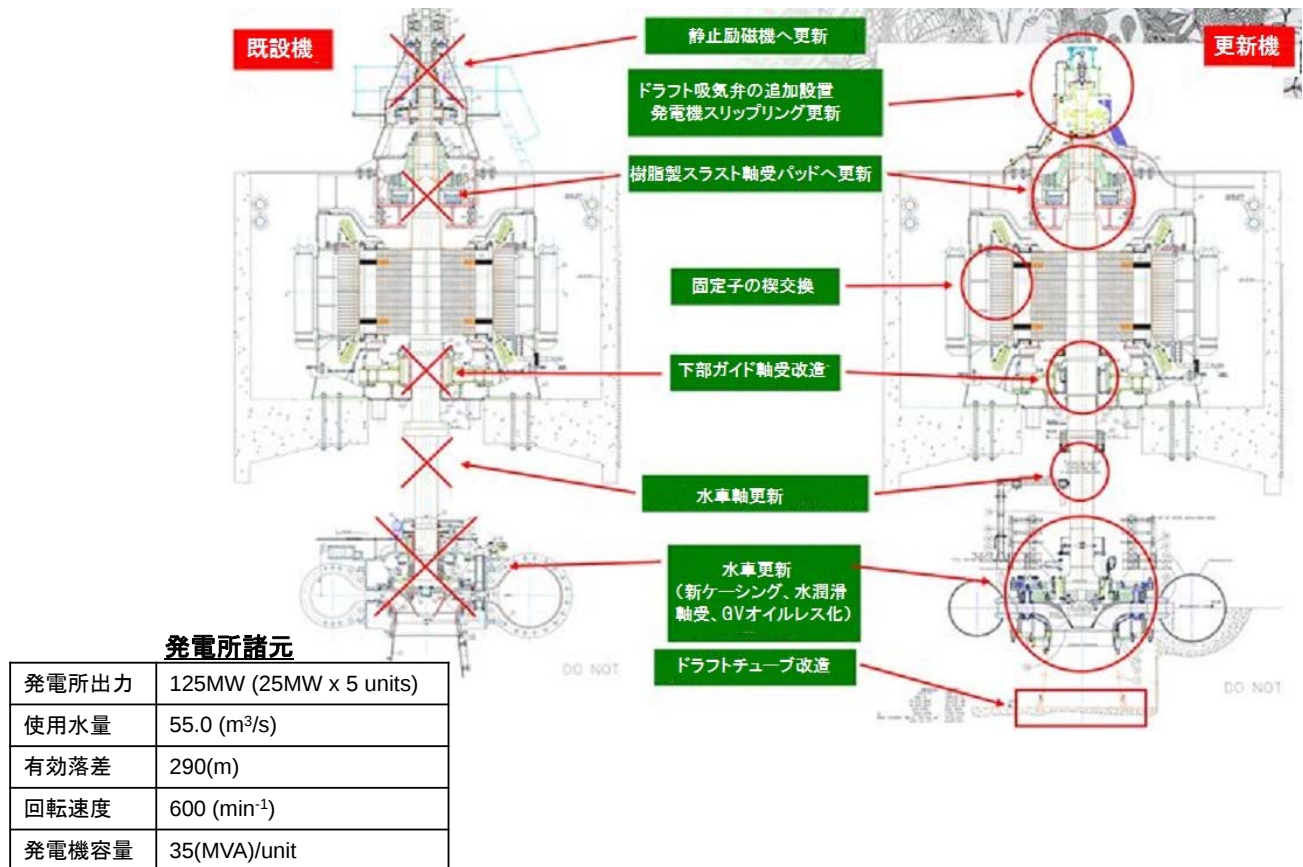


ランナベーン用サーボモータ(DC 5.5kW)


ガイドベーン  
ハイブリッドサーボモータ

## 【オイルレス化、冷却水レス化を行った事例】

- 新野川第一発電所  
上カバー冷却方式水車軸受、フェノール樹脂封水適用による冷却水レス化  
(10.5MW 立軸斜流水車)
- 豊美発電所  
水潤滑水車軸受、ランナボス内オイルレス化、発電機冷却方式の改善  
(30.9MW 立軸バルブ水車)
- Tungatinah発電所(オーストラリア)  
樹脂製水潤滑水車軸受およびガイドベーンオイルレス軸受  
(25MW フランス水車 x 5台)
- Pirttikiski発電所(フィンランド)  
ランナボス内に清水を封入してオイルレス化(76MW カプラン水車 x 2台)
- Hemsil 2 発電所(ノルウェー)  
ガイドベーン軸受のオイルレス化(49MW フランス水車 x 2台)
- Cheoah 発電所(アメリカ)  
水車接水面のグリース潤滑軸受(ガイドベーン軸受)のオイルレス化  
(33.5MW フランス水車 x 4台)



## カテゴリ2: 更新・増強に関する技術

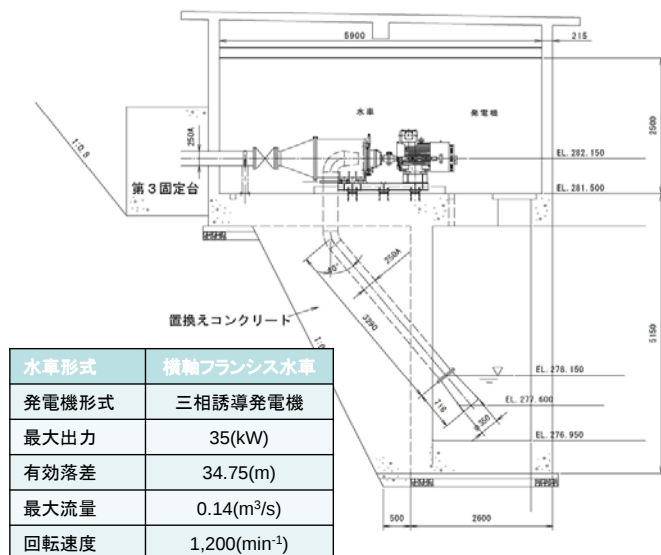
### 2-a) 電気機械装置の技術革新と適用拡大

#### a)-3 維持流量利用発電による発電機能の向上

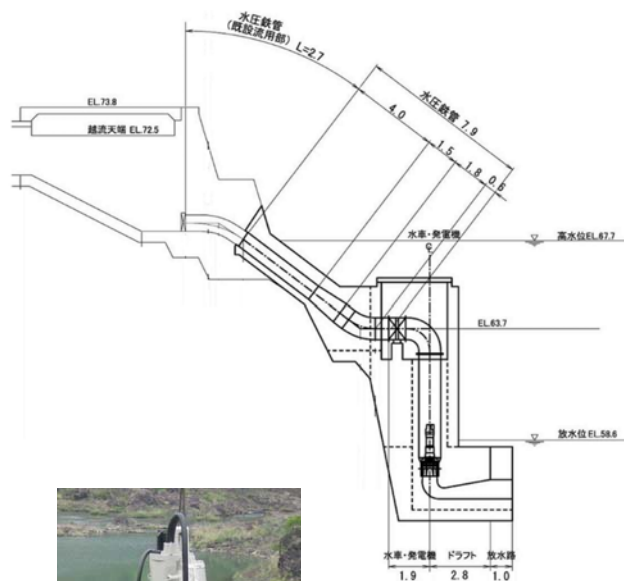
- ❑ 発電所の出力規模が比較的小さく、その経済性を確保するために、高速・小型化、かつ、構造の簡略化を図った水車発電機および制御方式を適用すると共に、運転・保守の容易性を考慮した設備となっている。
- ❑ 従来多く適用されている水車発電機型式に固執することなく、様々なメーカーが開発しているマイクロ水車発電機を含めて、計画地点に相応した型式および制御方式を適用する工夫が施されている。

#### 【事例および適用技術】

- 土室川発電所／揚水発電所下部ダムの自然放流水利用  
三射横軸ペルトン水車(350kW、固定式2ノズルおよび開度調整可能式1ノズル)
- 川原維持放流量発電所／河川維持放流設備  
水車と発電機を一体構造とした水中タービン発電機(150kW)
- 陰平発電所／河川維持放流量発電設備増設  
横軸プロペラ水車発電機2台を直列に配置(150kW)
- 祝子第二発電所／河川維持放流設備  
簡易型フランシス水車発電機(35kW)
- 奥只見・大鳥発電所／河川維持放流設備  
横軸フランシス水車発電機(2,700kW)



|       |              |
|-------|--------------|
| 水車形式  | 横軸フランシス水車    |
| 発電機形式 | 三相誘導発電機      |
| 最大出力  | 35(kW)       |
| 有効落差  | 34.75(m)     |
| 最大流量  | 0.14(m³/s)   |
| 回転速度  | 1,200(min⁻¹) |



|       |            |
|-------|------------|
| 水車形式  | 水中タービン     |
| 発電機形式 | 三相誘導発電機    |
| 最大出力  | 150(kW)    |
| 有効落差  | 12.78(m)   |
| 最大流量  | 1.4(m³/s)  |
| 回転速度  | 915(min⁻¹) |



## カテゴリー2: 更新・増強に関する技術

### 2-a) 電気機械装置の技術革新と適用拡大

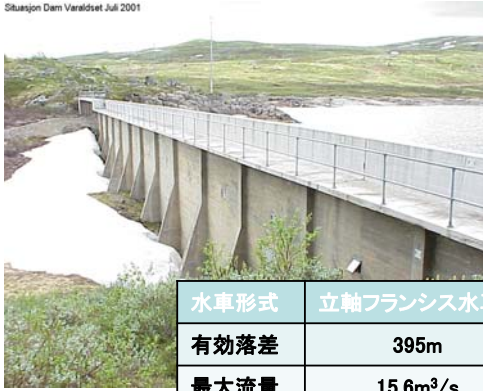
#### a)-4 既設のコンクリート埋設設備を流用した設備更新

- コンクリートに埋設されている発電機バレル、渦巻きケーシング、ドラフトチューブ等の流用が可能な場合、既設コンクリートの掘削範囲を最小限にとどめ土木工費の圧縮を図っている。
- 更新工事中でも隣接した水車発電機を運転し、可能な限り溢水電力量を少なくしている。
- 既設ケーシング、ドラフトチューブなどの寸法制限がある中で、CFDを活用して水車発電機の高速・小型化を図り、スピードリング、ガイドベーンおよび水車ランナの更新を可能にすると共に、水車の効率改善・出力増強を図っている。

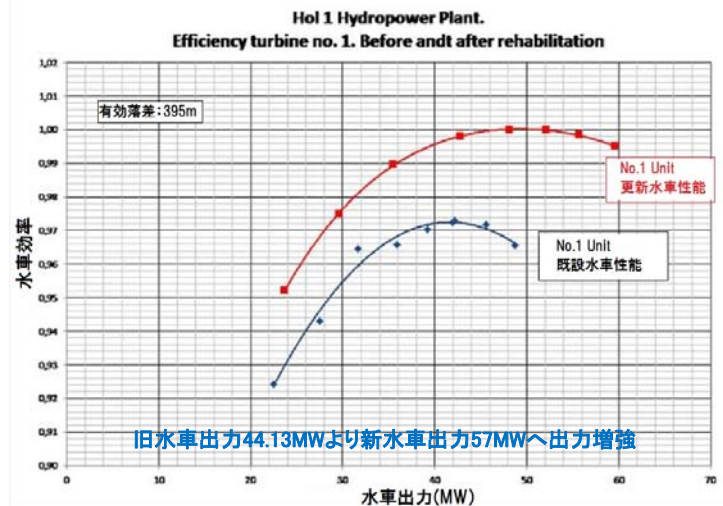
#### 【渦巻ケーシングおよびドラフトチューブを流用した事例】

- 田子倉発電所  
立軸フランシス水車発電機4台を、工期1台当たり約2年で順次更新。  
最大出力を380MWから400MWへ増強。
- **Hol 1水力発電所(ノルウェー)**  
立軸フランシス水車発電機の設備更新・出力増強  
1, 2号機: 44.13MWより57MWへ出力増強  
(落差385m⇒395m、流量2台で計7.1m³/s増加)  
3, 4号機: 49.28MWより53MWへ出力増強(落差350m⇒355m)

Slausjon Dam Vardøset Juli 2001



|      |                       |
|------|-----------------------|
| 水車形式 | 立軸フランシス水車             |
| 有効落差 | 395m                  |
| 最大流量 | 15.6m <sup>3</sup> /s |
| 最大出力 | 57MW                  |



## カテゴリー2: 更新・増強に関する技術

### 2-a) 電気機械装置の技術革新と適用拡大

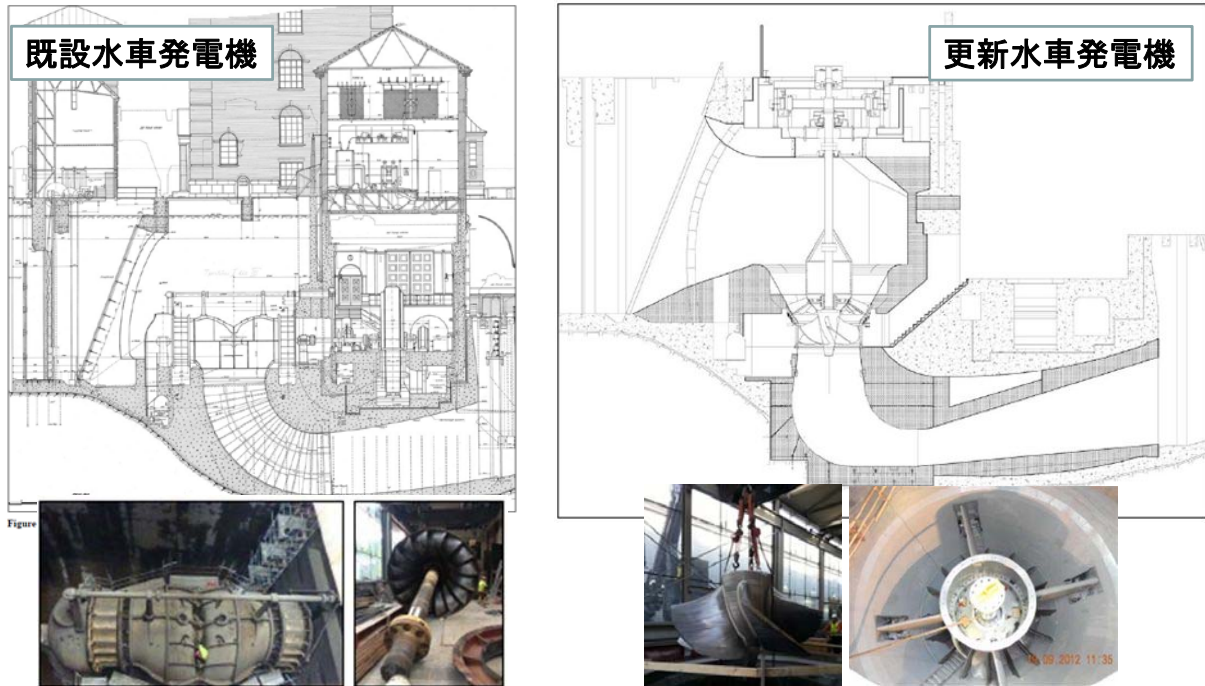
#### a)-5 既存のライセンス範囲内で水車使用流量を増加した設備更新

- 既存のライセンスの範囲内で、かつ、取水口ゲートや放水口ストップログを利用し、限定的な土木工事と調和しながら隣接水車発電機の運転を妨げることなく出力を増強

#### 【事例および適用技術】

##### ➤ Ranasfoss III 発電所

既設横軸複輪フランシス水車(90m<sup>3</sup>/s、9MW)6台から立軸プロペラ水車(125m<sup>3</sup>/s、13.6MW)6台へ更新



|      | 既設水車発電機                    | 更新水車発電機                     |
|------|----------------------------|-----------------------------|
| 水車形式 | 横軸複輪フランシス水車                | 立軸プロペラ水車                    |
| 有効落差 | 12.5m                      |                             |
| 流量   | 90(m <sup>3</sup> /s)/Unit | 125(m <sup>3</sup> /s)/Unit |
| 出力   | 9(MW)/Unit                 | 13.6(MW)/Unit               |

## カテゴリー2:更新・増強に関する技術

### 2-b) 保護と制御に関するシステムの改良

#### b)-1 一般水力発電所制御装置の更新

- 调速機制御盤、自動電圧調整器(AVR)と発電機制御盤を一体化したPLC ベースの新保護・制御システムを導入することで制御の信頼性を向上させている。
- 更に、運転監視と故障診断のための運転状況の主要データの記録およびトレンド分析装置も組み込み、運転保守の容易化が図られている。

#### 【PLCベースの電気式调速機と保護制御機器への更新事例】

- Poatina 発電所(オーストラリア)  
60MW x 6台ペルトン水車発電機
- Tungatinah発電所(オーストラリア)  
25MW x 5台フランシス水車発電機

### 2-b) 保護と制御に関するシステムの改良

#### b)-2 揚水発電所制御装置の更新

- 古い揚水発電所で継電器を使用した制御盤などでは、老朽化に伴い制御障害を起こして水車発電機運用に支障を来すなどの問題が頻発するようになる。これらの制御障害を回避するために、自動制御シーケンサ化、保護継電器デジタル化、配電盤更新、調速機、水車制御盤などの補機類の一括更新を行って、運転保守の合理化を図っている。

#### 【更新事例】

- 城山発電所  
自動制御シーケンサ化、保護継電器デジタル化、配電盤更新、調速機、水車制御盤などの一括更新(250MW)
- 大河内発電所  
既設のトータルデジタルシステムのメリットを最大限活かしながら、制御装置の作業停止や故障時に発電所全体のシステムに影響が及ばないよう、揚水発電所システムと開閉所、ダム各システムを分離、分散化することによりシステム全体を最適化し、信頼性向上を目的とした全面更新

### 2-b) 保護と制御に関するシステムの改良

#### b)-3 既製のパッケージ型水車の導入、配置の工夫と一定流量制御

- 狭隘な場所に発電設備を設置する事例にて、既製のパッケージ型水車を適用し、その水車が有している特性を、制御方式で計画地点の仕様およびスペースに合うようにして、既設設備の拡張を避けている。

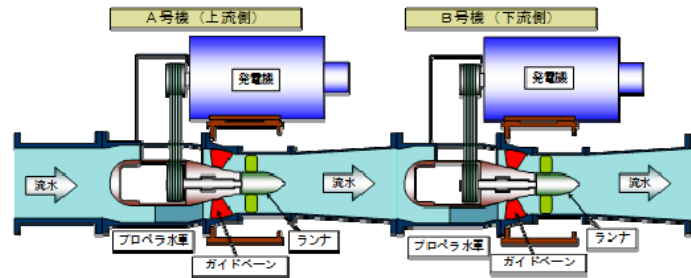
#### 【更新事例】

- 陰平発電所／河川維持流量発電設備増設  
横軸プロペラ水車発電機2台を直列に配置、一定流量制御(150kW)

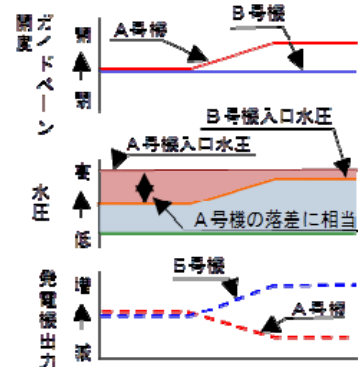
## 蔭平発電所／河川維持流量発電設備増設の事例

水車要項

| 項 目   | 要 項                    |
|-------|------------------------|
| 出 力   | 150 kW                 |
| 流 量   | 0.58 m <sup>3</sup> /s |
| 有効落差  | 37.24 m                |
| 水車形式  | 横軸プロペラ水車               |
| 発電機形式 | 三相誘導発電機                |



発電設備



条件: A号機のガイドベーンを開けた場合  
(B号機ガイドベーン固定)

ガイドベーン開度と出力との関係

## カテゴリー2: 更新・増強に関する技術

### 2-c) 土木建築分野の技術革新、適用拡大、新材料

#### c)-1 既設ダム の改造

- 通砂機能の付加
- 水資源の更なる有効利用

##### 【事 例】

##### ➤ 耳川水系山須原ダム・西郷ダム

西郷ダム(コンクリート重力式、高さ29.4m、堤頂長91.1m)

山須原ダム(コンクリート重力式、高さ20.0m、堤頂長84.5m)

##### ➤ 尾口発電所

尾口第一ダム(コンクリート重力式、高さ26.9m、堤頂長41.7m)のゲートレス化

##### ➤ 帝釈川ダム

帝釈川ダム(コンクリート重力式、高さ62.4m、堤頂長35.9m)の改造

#### c)-2 既設ゲート設備及び水路橋(水管橋)の耐震性能向上

- 大規模地震を想定した対策、技術基準等への適応

##### 【事 例】

##### ➤ 笹間川ダム

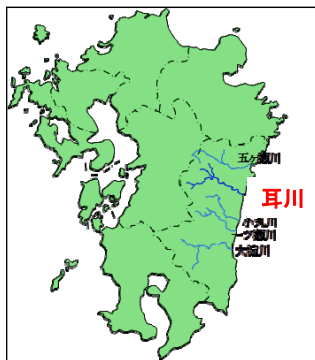
笹間川ダム(ラジアルゲート2門、高さ11.8m、堤頂長9.0m)他4ダムの水門柱

##### ➤ 神一・神二・仏原ダムラジアルゲート取替工事

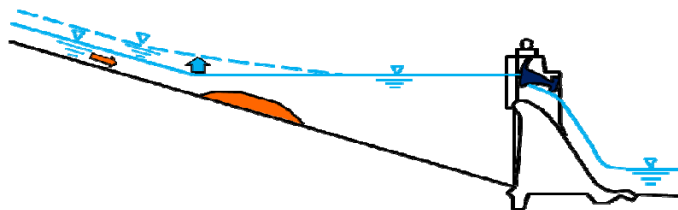
神一ダム(ラジアルゲート9門、高さ12.35m、幅9.2m)他2ダム

##### ➤ 屈足ダム洪水吐ゲート耐震補強

屈足ダム(ローラーゲート3門、高さ13.5m、堤頂長12.7m)

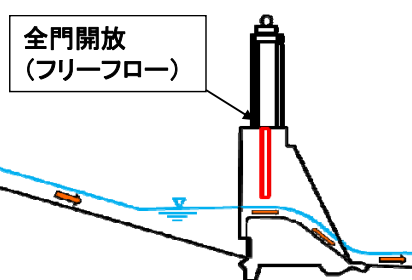


〔現在のダム操作における堆砂のプロセス(イメージ)〕



- a. ダムの改造(貯水位の低下)
- b. 土砂移動(治水効果の早期発揮+環境対策)

〔通砂運用(目指すべき姿のイメージ)〕



洪水時ダム通砂計画の概要



〔山須原ダム〕

【現状】



【ダム改造後(イメージ)】



既設ラジアルゲート8門のうち、中央2門を撤去後、  
越流天端を約9m切り下げて、ラジアルゲート1門を設置

〔西郷ダム〕

【現状】



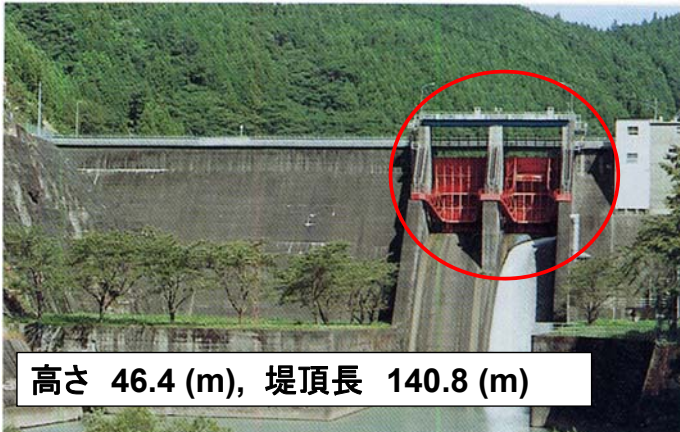
【ダム改造後(イメージ)】



既設ローラーゲート8門のうち、中央4門を撤去後、  
越流天端を約4m切り下げて、ローラーゲート2門を設置

ダム改造工事計画の概要

■笹間川ダム(建設から50年以上が経過)



高さ 46.4 (m), 堤頂長 140.8 (m)

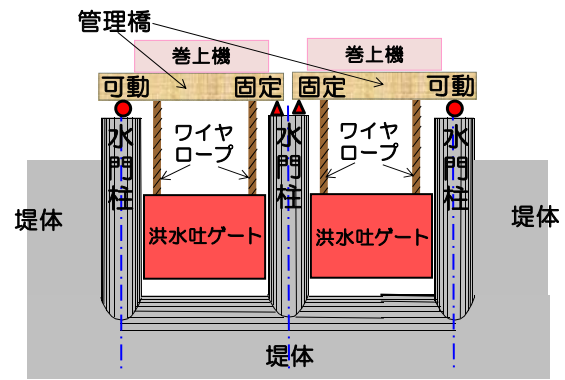
レベル2地震動による耐震性能照査の結果、機能維持ができるよう改良(耐震裕度向上)



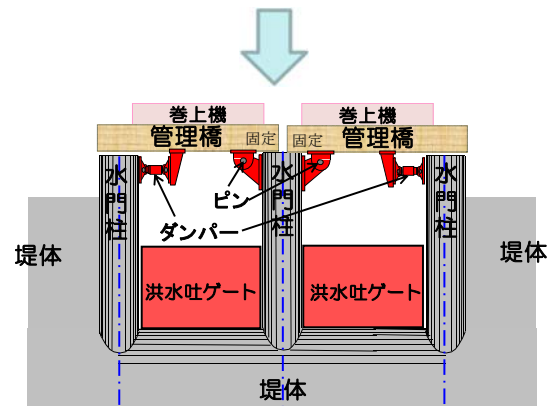
ピン構造部材設置部



高減衰ダンパー設置部



既設洪水吐の構造概要



改良後洪水吐の基本構造概要

カテゴリー2:更新・増強に関する技術

2-c)土木建築分野の技術革新、適用拡大、新材料

c)-3 既設取水堰の改修

□老朽化/故障頻発、事故災害防止及び新素材の適用

【事 例】

➢ 犀川水力発電所

犀川えん堤(蛇籠構造、高さ5.8m、堤頂長268m)のSR合成起伏堰への改修

➢ 川辺川第一発電所

取水堰(コンクリート重力式、高さ11.5m、堤頂長71.5m)のゴム引布起伏堰への改修

c)-4 水圧管路への新材料の適用

□老朽化対策及び新材料の適用

【事 例】

➢ 栲原川第三発電所

FRPM管の採用

➢ 華川発電所

廃止発電所の再開発、高密度ポリエチレン管の採用

c)-5 既設設備の再利用

□既設設備最大限活用及びコスト低減

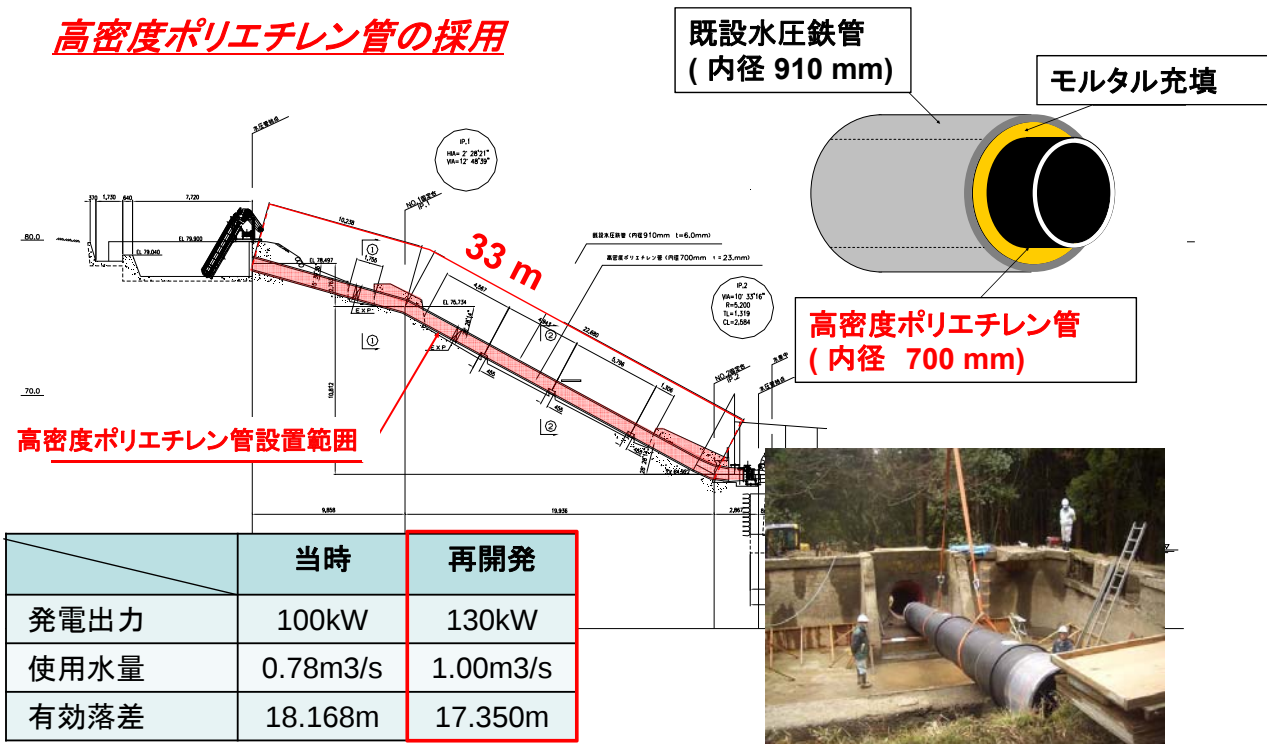
【事 例】

➢ 新大長谷第一発電所

新大長谷第一発電所(P=7,500kW Q=6.00m<sup>3</sup>/s H=152.0m)の再開発工事、既設水圧鉄管の再利用

## 廃止発電所の再開発プロジェクト

### 高密度ポリエチレン管の採用



## カテゴリ2: 更新・増強に関する技術

### 2-d) 他の再生可能エネルギーの水力発電システムへの統合

#### d)-1 水力発電所における他の再生可能エネルギーの統合

□ 山間部、奥地に設置された発電所における電源確保

#### 【事 例】

##### ➤ 利賀川第二発電所

ハイブリッド電源システムを利用したゲート制御

- ー 太陽光発電84W × 4枚
- ー 風力発電1,000W × 1台
- ー バッテリー12V × 108Ah × 8個



## 5. 終わりに

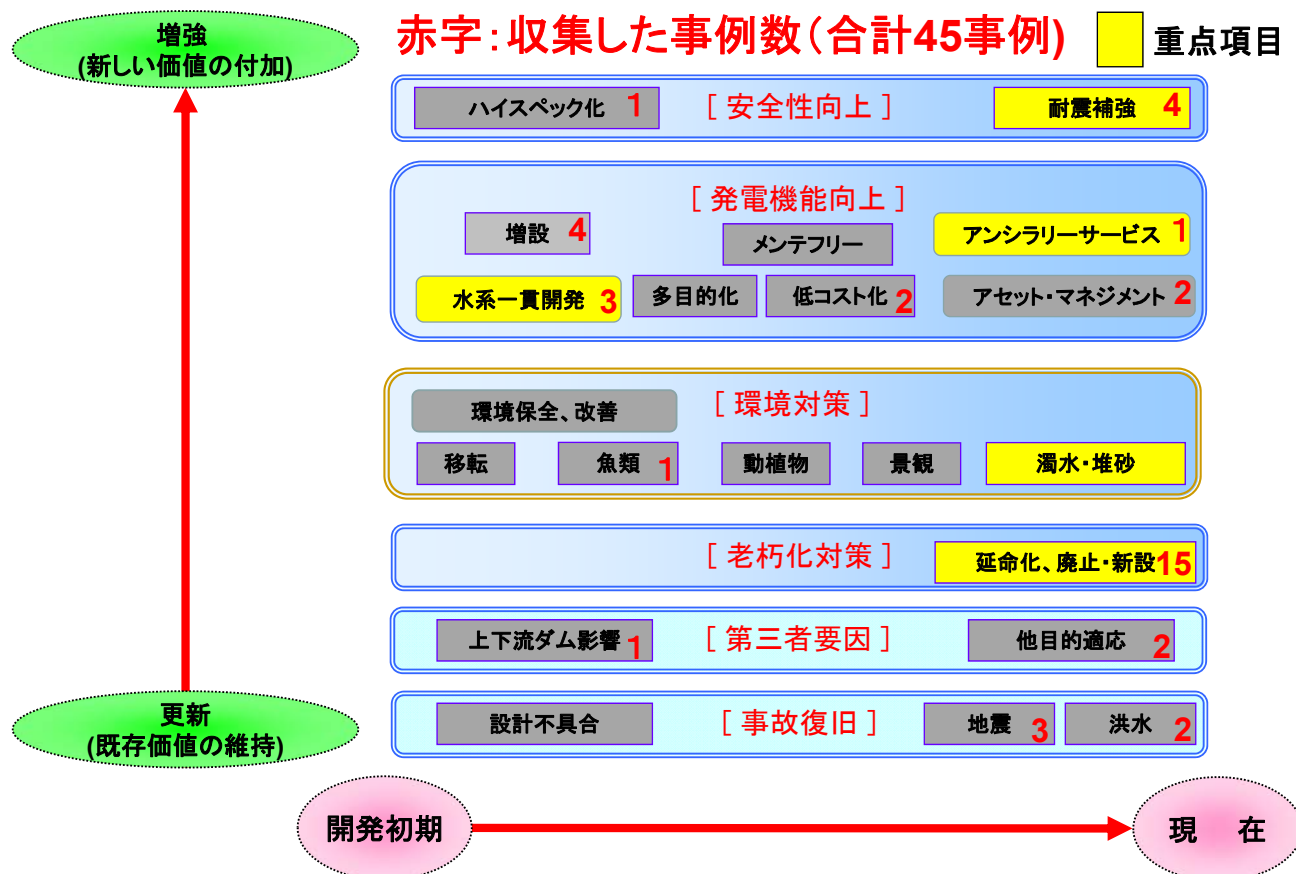
### カテゴリーとキーポイントごとの分析

#### 【 Category-1(更新・増強に関する政策・促進支援策等)のキーポイント 】

- a) 国と地方のエネルギー政策
- b) 投資支援策(固定価格買取制度(FIT)、RPS制度、資金援助、税の控除等)
- c) 水系一貫水資源管理(総合開発計画、水利権等)
- d) アセットマネージメント、ライフサイクルコスト分析
- e) 低炭素社会における不安定電力系統安定化のためのプロジェクト
- f) 環境保全及び改善

#### 【 Category-2(更新・増強に関する技術)のキーポイント 】

- a) 電気機械装置の技術革新と適用拡大
- b) 保護と制御に関するシステムの改良
- c) 土木建築分野の技術革新、適用拡大、新材料
- d) 他の再生可能エネルギーの水力発電システムへの統合



ご静聴ありがとうございました。