

日本の水力発電の歴史・意義と、 IEA水力実施協定における国際活動

平成27年7月31日

新エネルギー財団
水力地熱本部 水力国際・技術部

秋 山 隆 (IEA Annex-XI OA)

本日の話の流れ

① 日本における水力発電の
歴史と意義

② 日本における水力発電を
取り巻く状況

- ・大規模開発地点の
枯渇
- ・高経年化に伴うリフ
レッシュ

③ 海外水力展開

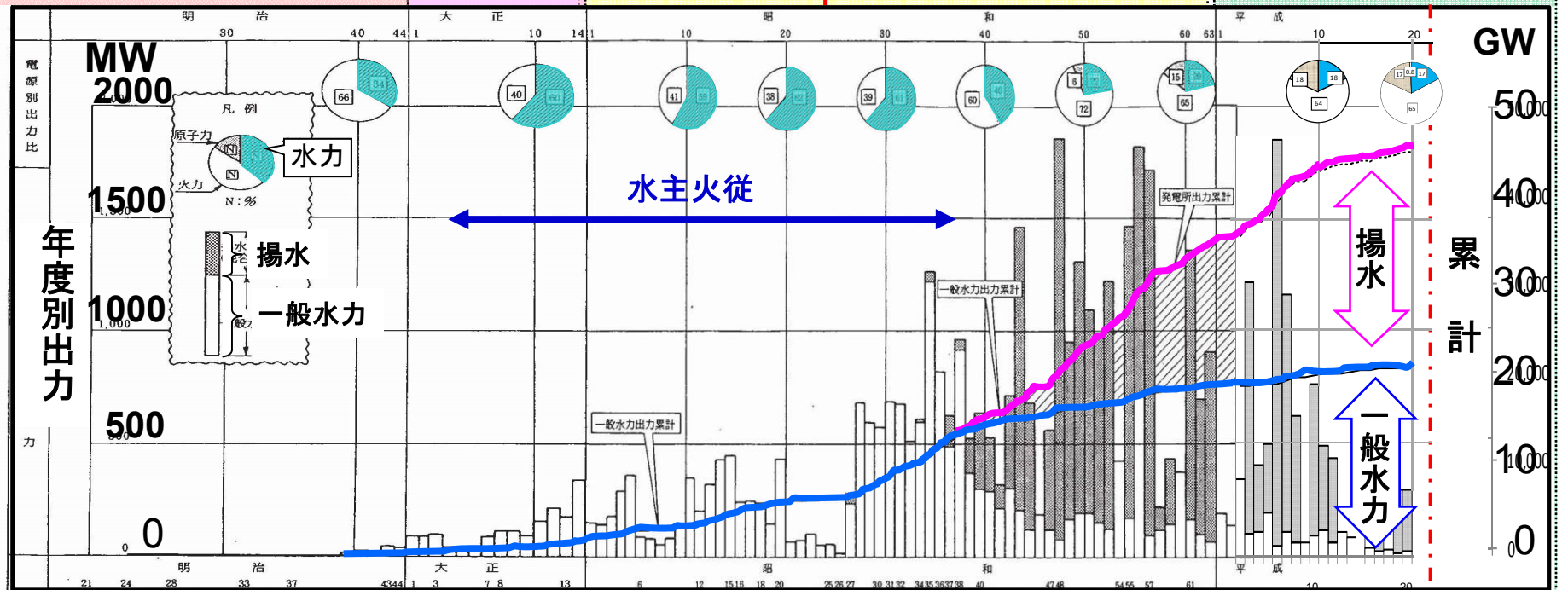
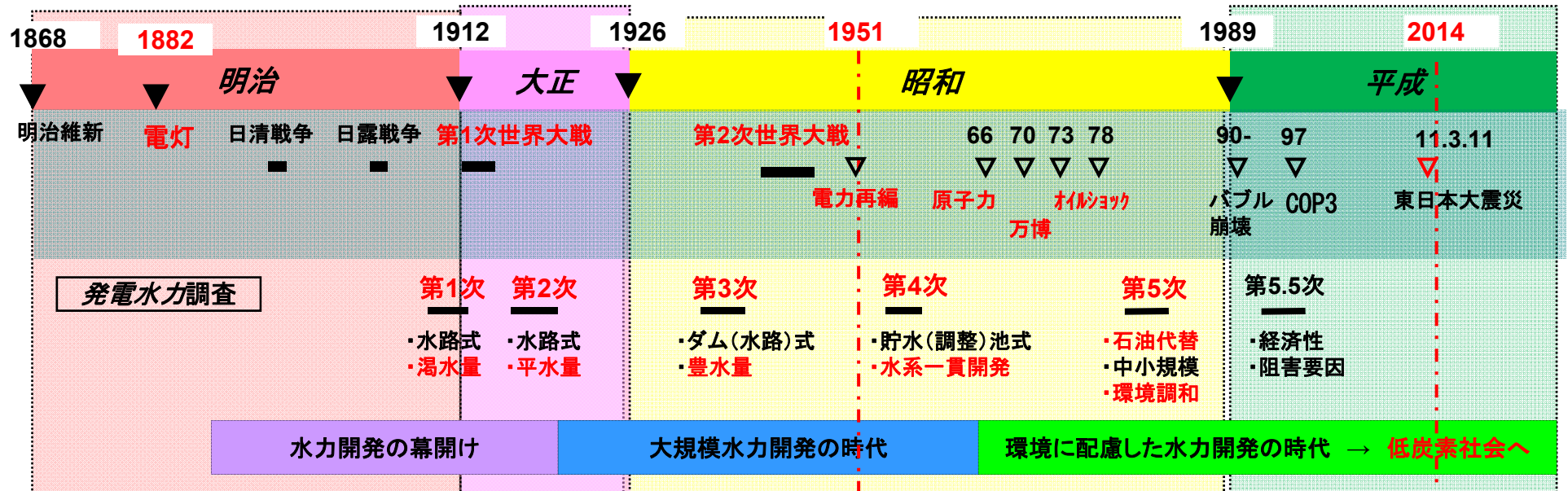
- ・技術の発展、継承
- ・インフラ輸出(ビジネス)
- ・国際貢献

④ IEA水力実施協定への参画

⑤ IEA Annex-XI(更新と増強)
における活動紹介

日本の水力電源開発の歩み

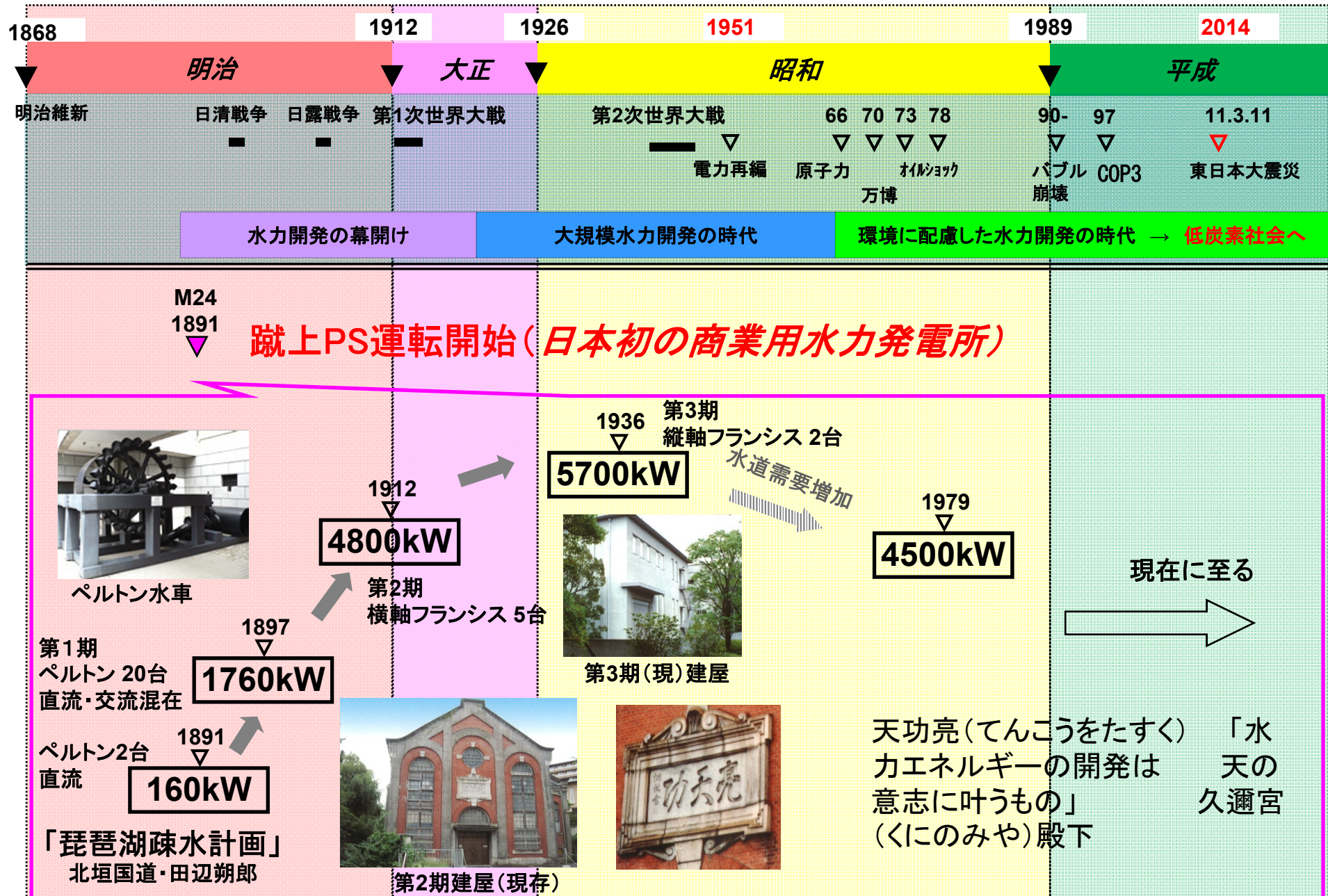
3



日本の水力電源開発の歩み

蹴上発電所

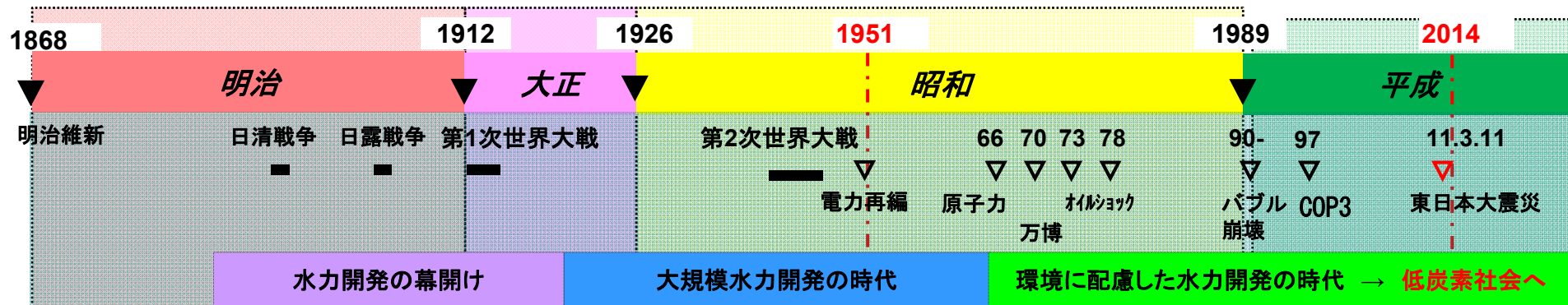
4



日本の水力電源開発の歩み

関西電力の水力開発

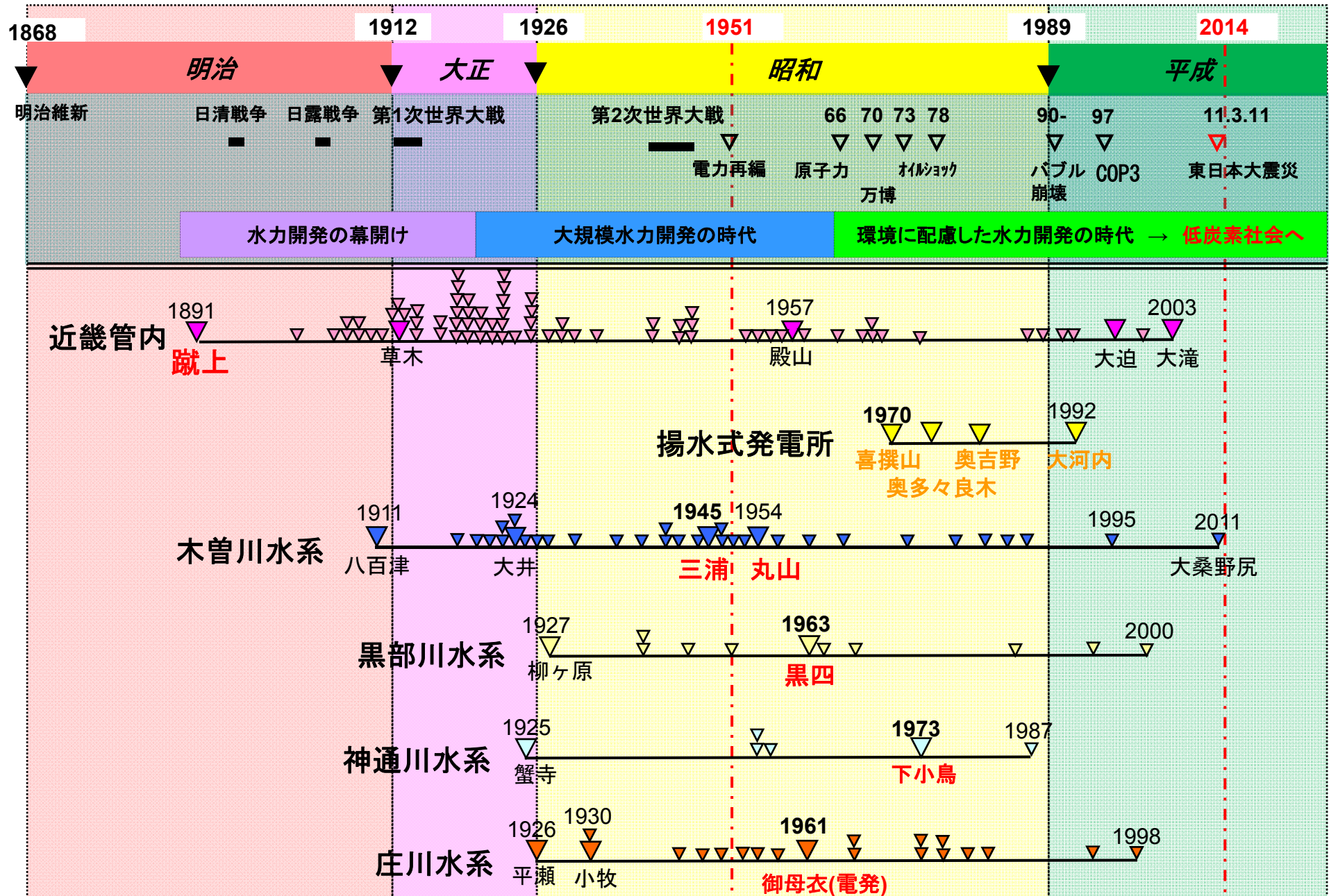
5



日本の水力電源開発の歩み

関西電力の水力開発

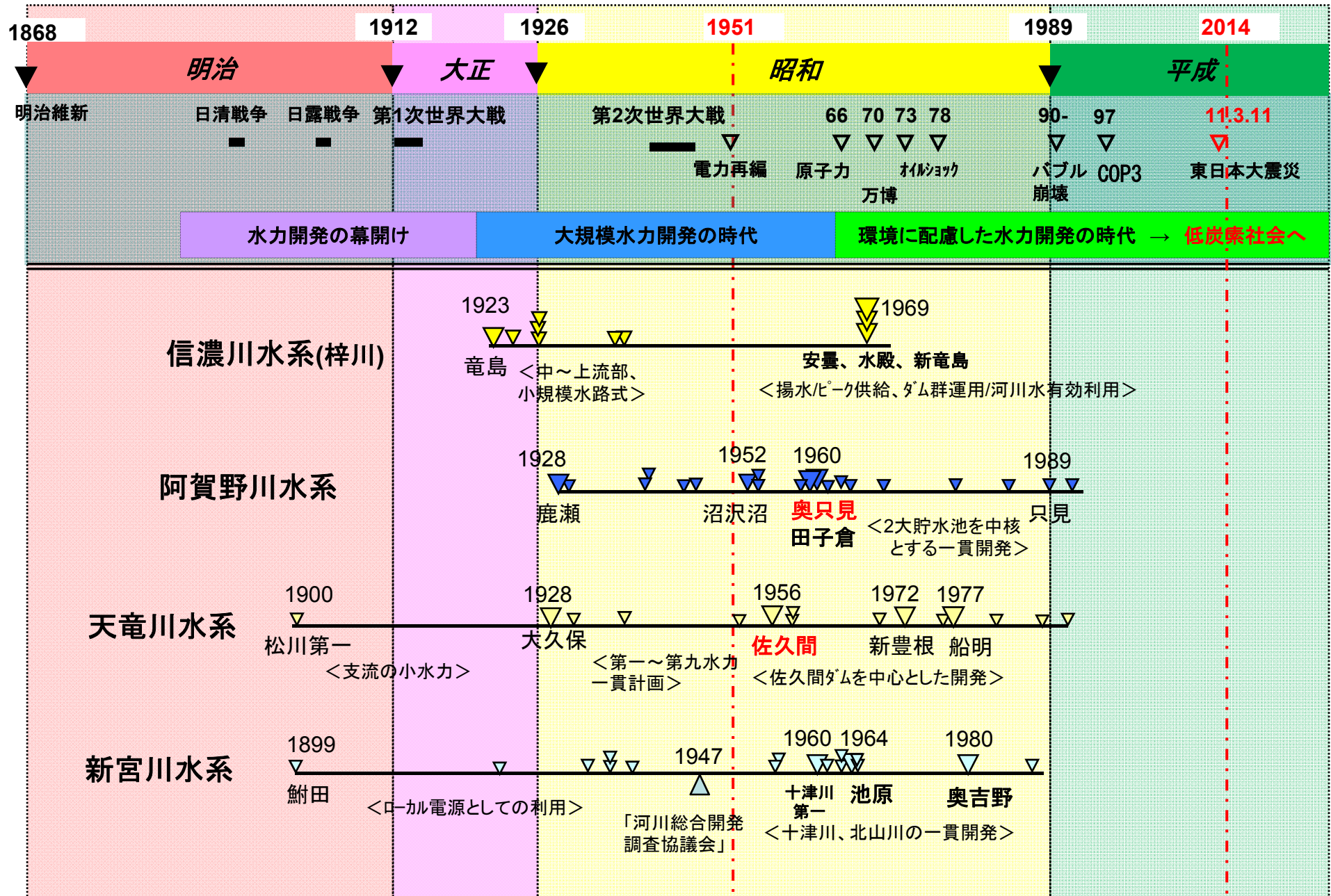
6



日本の水力電源開発の歩み

主要河川の一貫開発

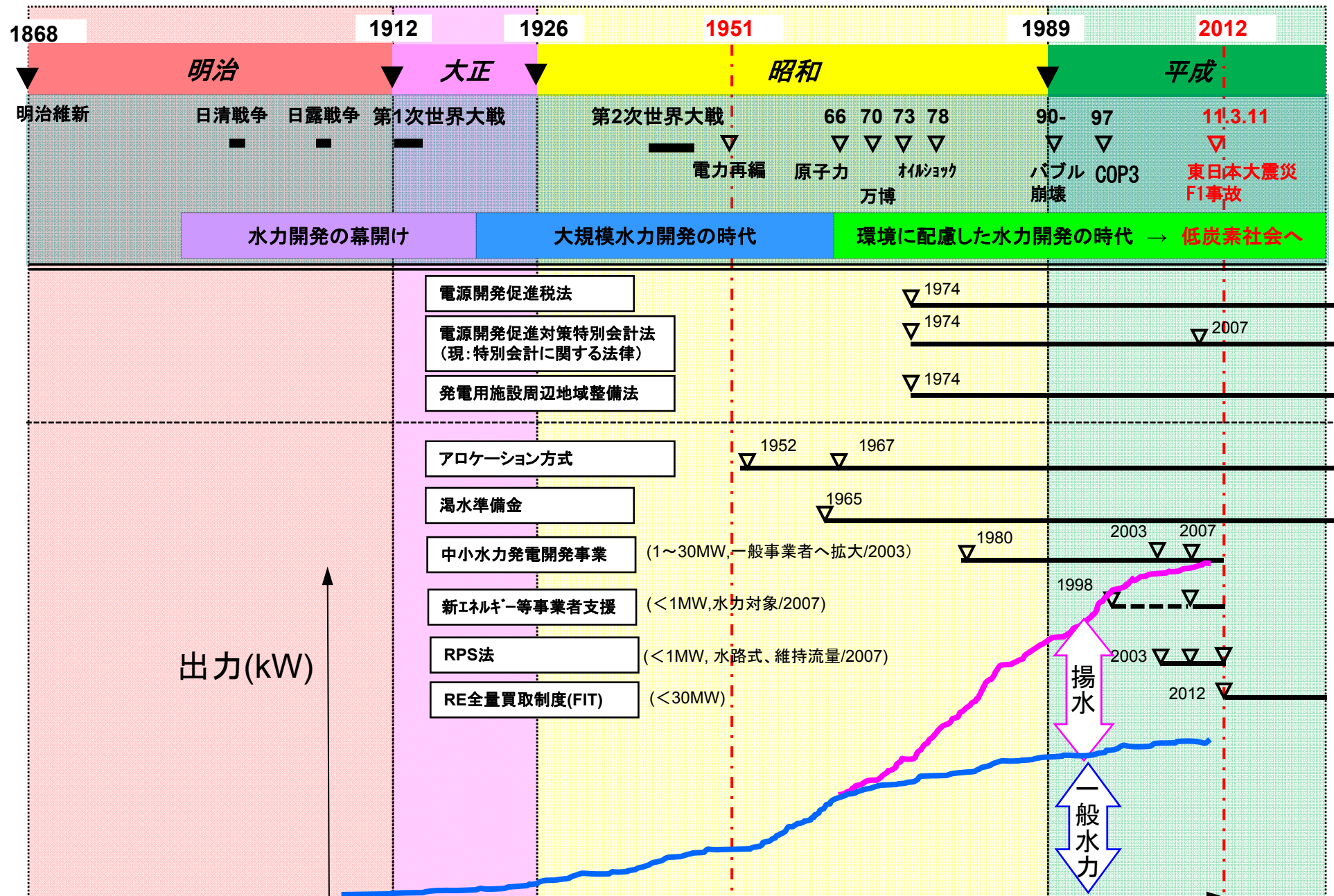
7



日本の水力電源開発の歩み

各種支援制度

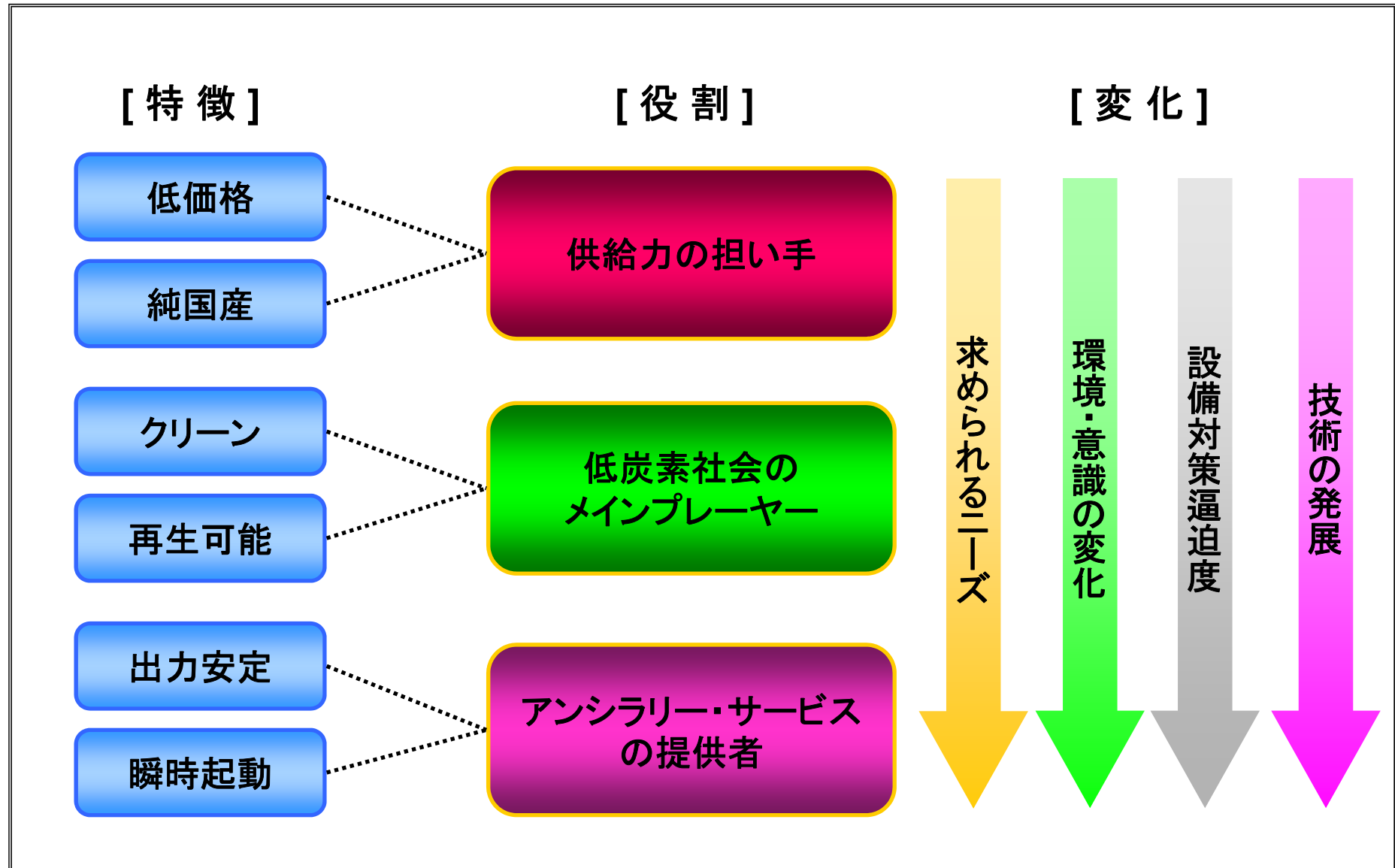
8



日本の水力電源開発の歩み

9

水力発電を取り巻く環境と求められる役割の変化



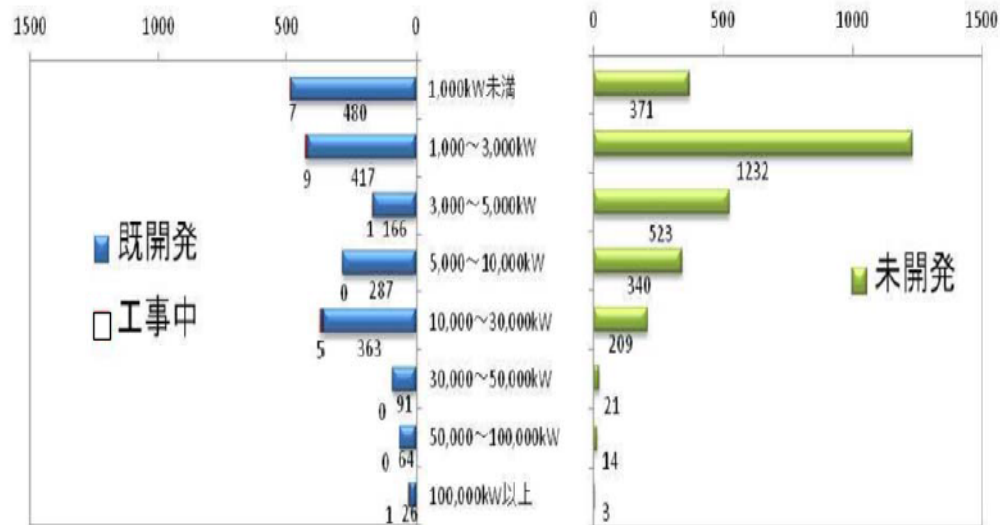
水力発電の特徴

- ①純国産エネルギーであり、緊急時の必要電源としてナショナルセキュリティに寄与
- ②国の石油依存度を軽減し、外貨保有に寄与
- ③ CO_2 等を排出しないクリーンなエネルギーであり、地球温暖化対策に貢献
- ④発電原価は固定費が大部分を占めており、他電源と比べてインフレや燃料コストの変動の影響が少なく、長期的に低廉かつ安定
- ⑤発電事故率が低いので、系統運用上信頼の高いローカルエネルギーとなる
- ⑥ダムに治水機能を持たせることができ、貯めた水は発電のみならず飲料、灌漑用にもなる
- ⑦発電所の実際の運転期間が長い。
- ⑧建設工事に際しては地元への発注比率が高く、地域の基盤整備や地域経済に寄与する
- ⑨不安定電源に対するアンシラリーサービス(周波数調整)

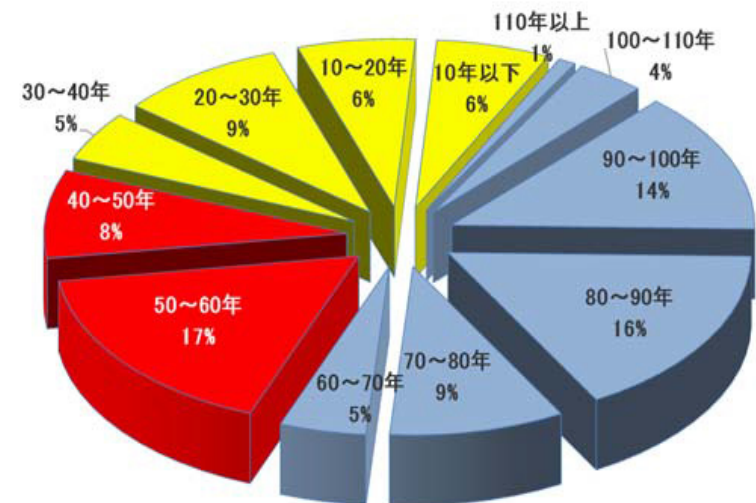
日本における水力発電を取り巻く状況

- 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。
- **大規模な開発地点が、枯渇**している。
- 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。

水力の河川における出力別分布(地点数別)



〔出典:エネルギーミックスの選択肢の策定に向けた再生可能エネルギー関係の基礎資料(平成24年2月22日)
資源エネルギー庁より抜粋〕



既設発電所の経年内訳

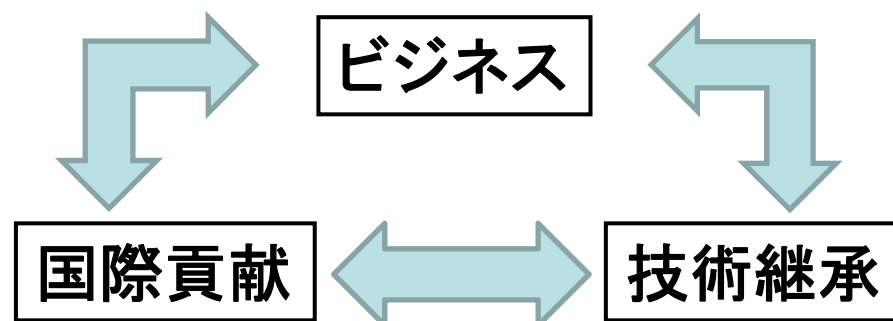
海外水力展開（日本ブランドでのインフラ輸出）

1. 世界トップ水準である技術力、創意工夫

（ハイダム、水系一貫開発、耐震、堆砂、可変速など）

2. 日本人や日本企業に対する信用と信頼

- 納期をまもる
- 安全重視
- きめ細やかな配慮
- 見えない部分での工夫
- 品質向上への不断の努力
- アフターケアも含めた丁寧な顧客対応 など



IEAおよび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

■水力実施協定

- ・Implementing Agreement for Hydropower Technologies and Programmes
- ・1995年に締結した政府間協定
- ・検討テーマごとにAnnex (専門部会)を設立し、1期5年間を目安に活動

Annex-XI: 水力発電設備の更新と増強

日本が提案して承認されたプログラムであり、日本が執行責任者(OA)を務める。

(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のメンバー国、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、中国、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国際会議でのAnnex-XIワークショップ



IEA専門家会合

全体スケジュール

16

Work Item	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1. 新しいAnnex活動の合意及び開始	★24th EXCO					
2. 活動計画の策定						
3. Annex-11 専門家会合	★ Sep ★ Oct	★ July ★ Oct	★ May	★ Feb ★ June	★ Oct ★ June ★ Oct	★ March
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						
7. ワークショップ、etc.		★*-1	★*-2 ★*-3	★*-4	★*-5 ★*-6	★*-7 ☆*-8
8. IEA水力実施協定 執行委員会	★24th ★25th	★26th	★27th	★28th	★29th ★30th	★31th

報告書案

広報活動

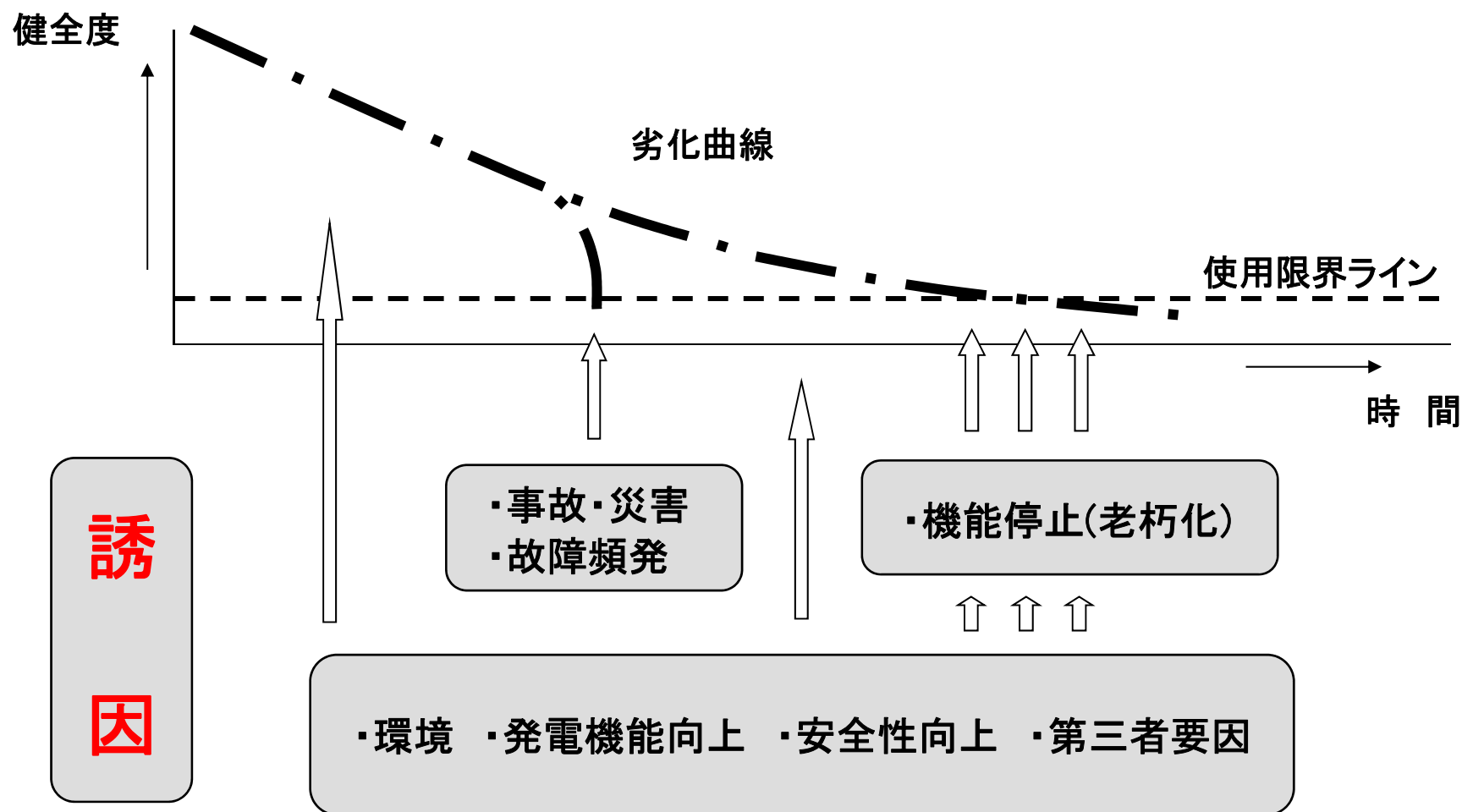
*-1: サクラメント、2011.7 *-2: ワシントン、2012.5 *-3: ビルバオ、2012.10 *-4: オスロ、2013年6月

*-5: インスブルック、2013.10 *-6: レイクコモ、2014.1 *-7: ポートランド、2015.7 *-8: ボルドー、2015.10

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

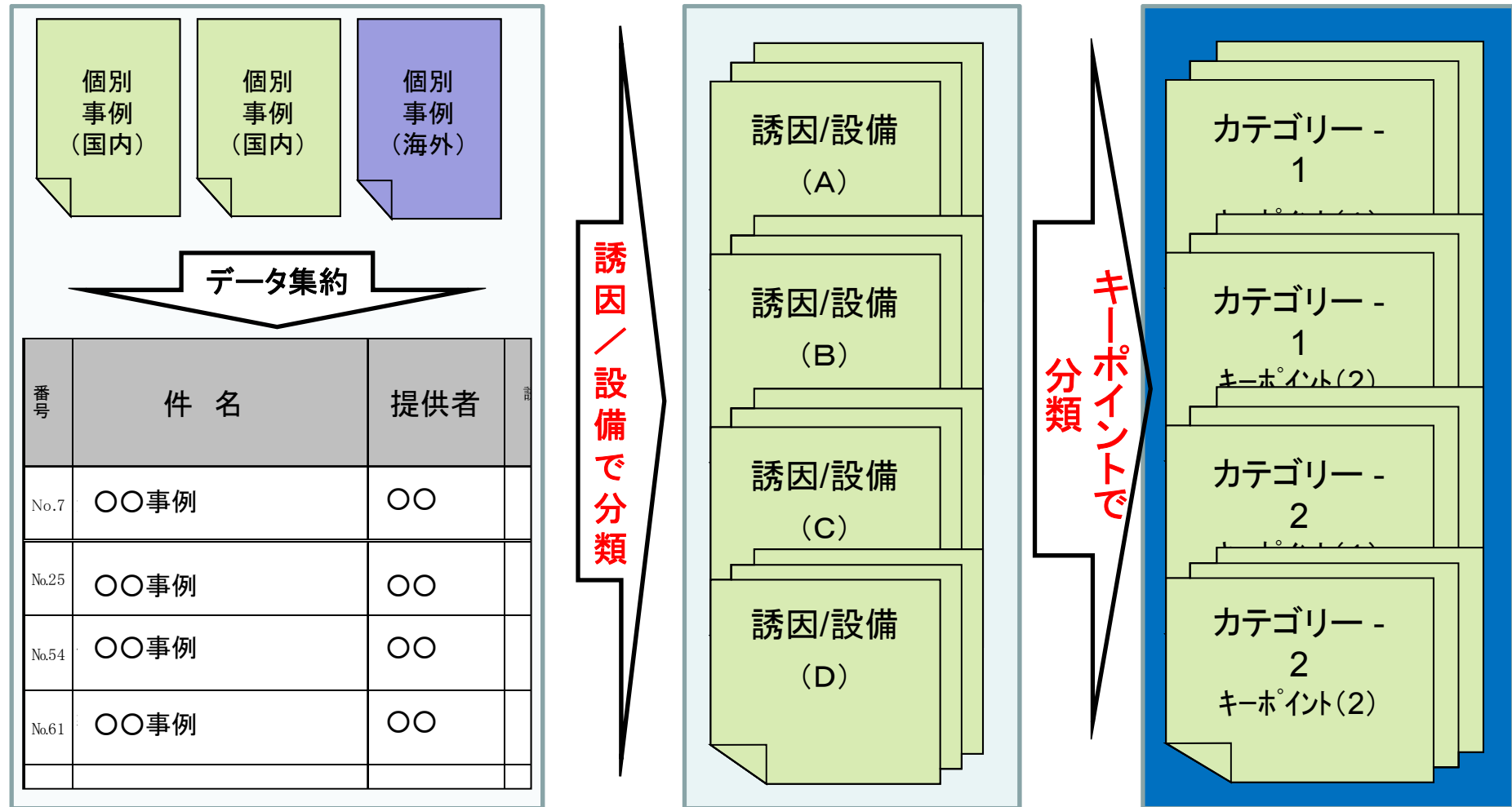
活動内容 - 事例収集、分析



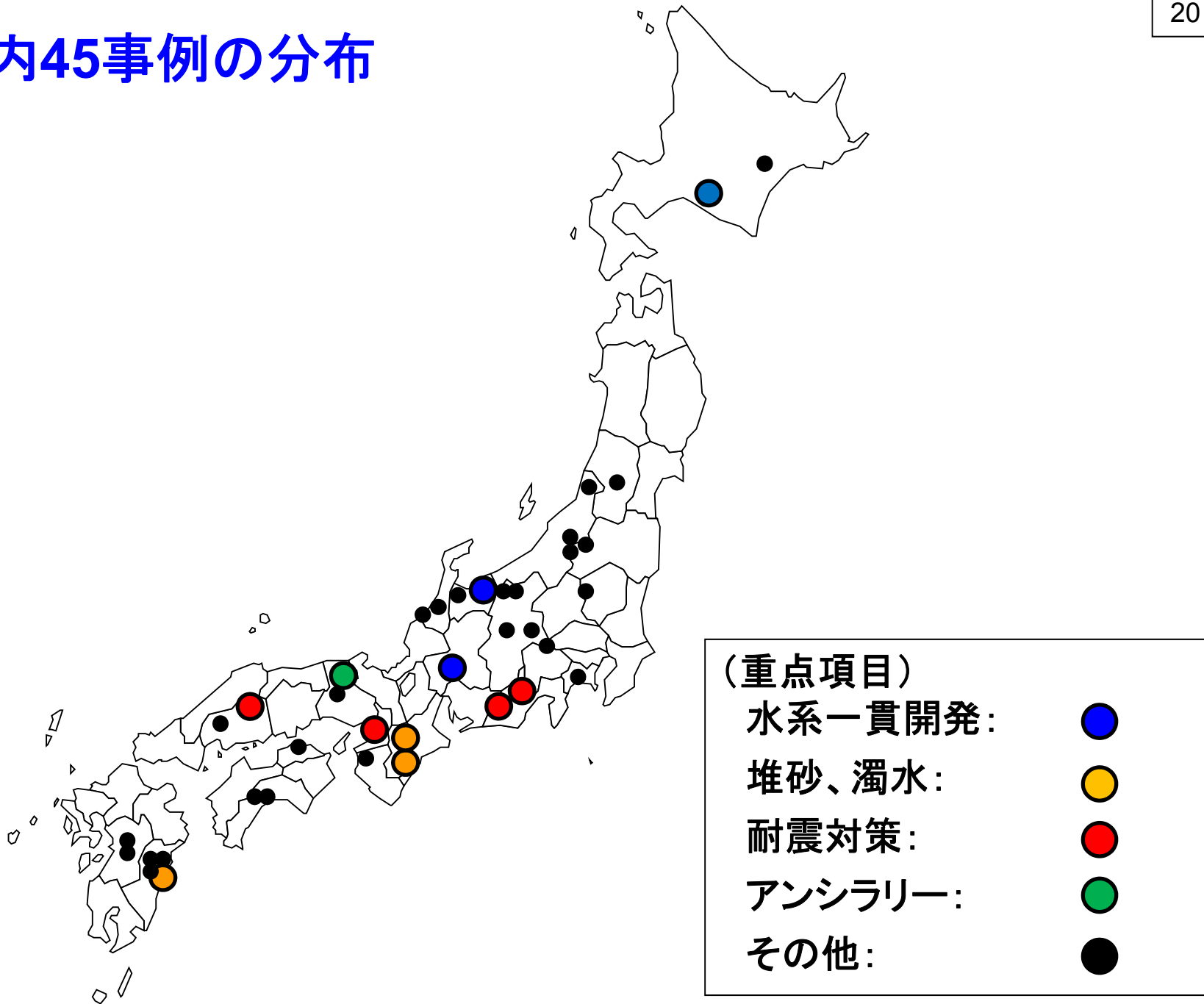
設備劣化のイメージと対策の誘因

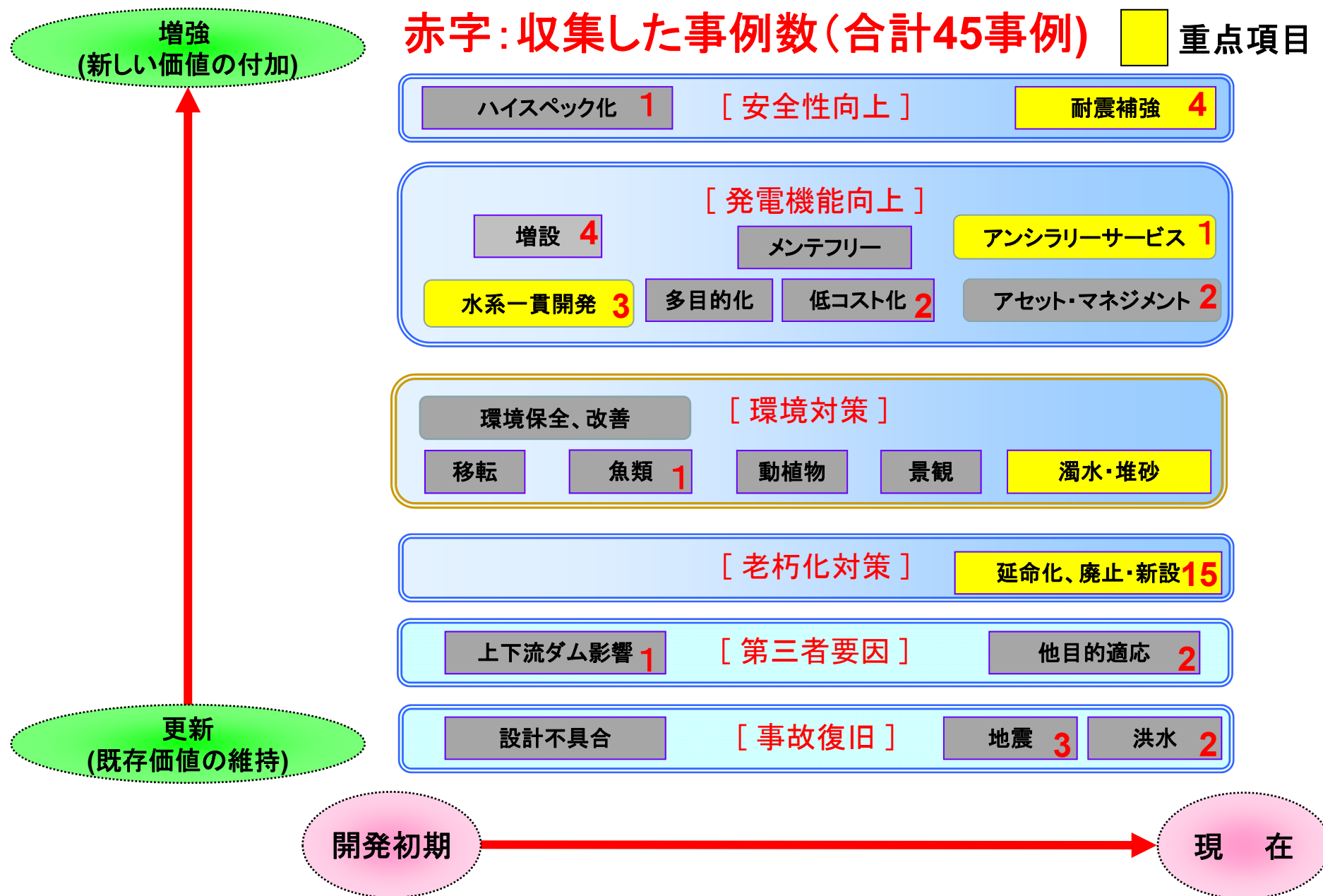
事例収集においては、設備の更新・増強の誘因に着目

事例収集、分析のイメージ



国内45事例の分布





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)

新エネルギー財団-HP(和文)、IEAHYDRO-HP(英文)で、
今年度中に報告書を公開予定

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

1-c) 水系一貫水資源管理(総合開発計画、水利権等)

- 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
- 河川最上流部に大規模貯水池を設けて河川の年間流況を改善した上での水系一貫開発

- c-2 水系一貫土砂管理

- フラッシング連携排砂の実施

- c-3 総合開発計画

- 飲用、灌漑、治水、工業用水など異なる利害関係者を調整し、全体最適化の考えの下に河川利用を促進

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

- ・様々な資源や資産・リスクなどを管理し、資産価値を最大限発揮させる
- ・長期にわたる明確な目標や成長戦略を立て、経営上の効果を最適化

- ・ d-1 既設設備を活用したアセットマネージメント
 - 既設設備の通水能力余力を活用、災害からの復旧
- ・ d-2 安全性向上のためのアセットマネージメント
 - リスクの定量評価→安全対策として種々の取り組み
- ・ d-3 戦略的アセットマネージメント
 - 収益貢献、投資優先順位、ライフサイクル・コスト分析

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

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
- **f-2 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
- **f-3 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
- **f-4 景観および文化財保護**
 - 価値ある発電所建屋の積極的な保護
- **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
- **f -6 社会環境対策**
 - 事業者と地元の持続的成長

2-a) 電気機械装置の技術革新と適用拡大

- **a-1 出力および発電電力量増加**
 - 水車形式および台数変更事例
 - 水車発電機全面更新事例
 - CFDによる水車ランナ等の部分更新事例
- **a-2 メンテナンス性向上を目的とした設備更新**
 - 流れ解析による形状変更／土砂摩耗対策を施した事例
 - 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
 - 電動サーボモータ、ハイブリッドサーボモータを適用した事例
 - オイルレス化、冷却水レス化を行った事例
- **a-3 維持流量発電による発電機能の向上**
- **a-4 既設コンクリート埋設構造物を流用した一括更新工事**
- **a-5 ライセンス内で水車使用水量を増加した設備更新**

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機器の更新**

- 調速機制御盤、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
- 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、運転保守を容易化

- **b-2 揚水発電所制御装置の更新**

- 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、運転保守を合理化

- **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**

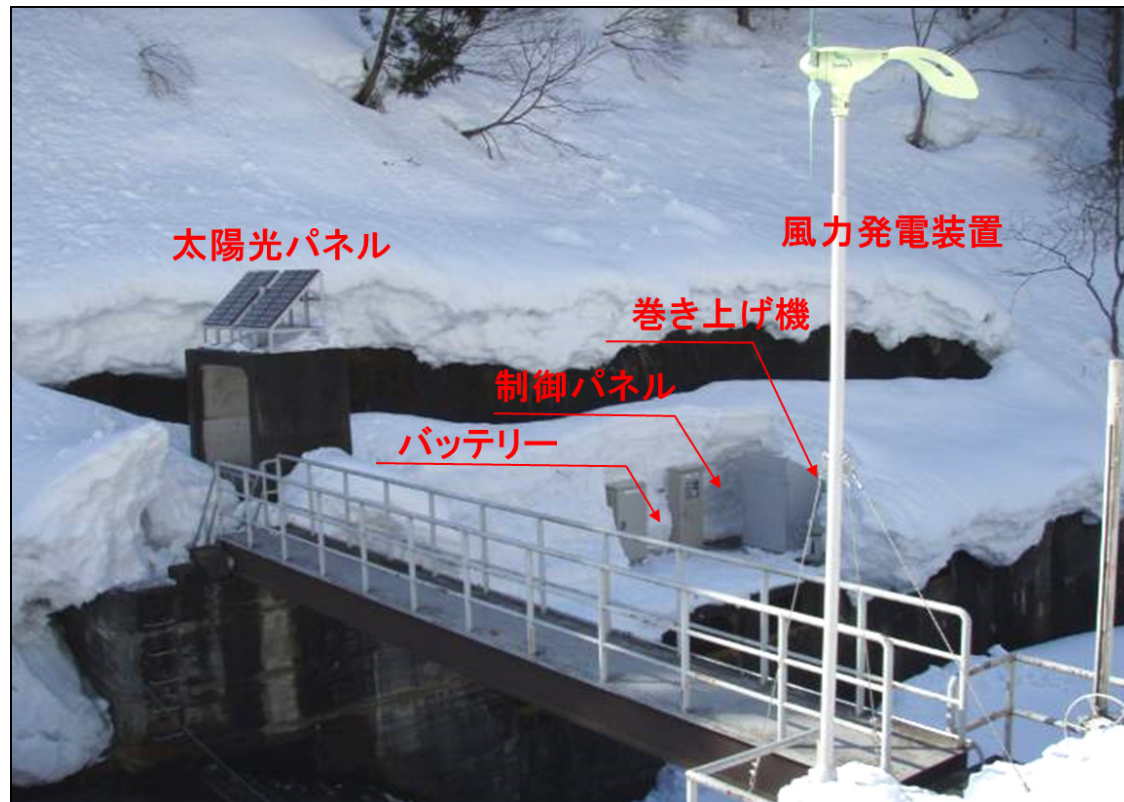
- 狭隘な場所に発電設備を設置する事例

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**
 - 通砂機能の付加や水資源の更なる有効利用
- **c-2 ダムゲート設備、水路橋の耐震性能向上**
 - 既設ダムゲート設備の耐震裕度向上事例
- **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
- **c-4 水圧鉄管へ新材料の採用**
 - 老朽化対策及び新材料の適用
- **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

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



太阳光・風力発電設置状況(利賀川第二発電所)

おわりに

- これからの日本の電力供給は甚だ不透明であるが、低炭素社会に向けて、再生可能エネルギーの比率を高める必要があることは疑いのないところ。
- 資源の乏しいわが国であればこそ、貴重な水力エネルギーを最大限有効活用することが求められるのではないか。
- 先人から引き継いだ知恵と世界の情報をフルに活かして、日本に合った電力供給システムの構築に貢献していきたい。

ご清聴ありがとうございました