

水力発電所土木設備の再開発・更新事例に関する 調査報告書

2018年7月

土木学会

新技術・エネルギー小委員会

既設水力発電所土木設備の再開発・更新事例に関する調査・研究分科会

1. 再開発・更新事例の収集と整理
 1. 1 事例収集の方法と整理
 1. 2 整理結果
 1. 2. 1 個別地点の概要
 1. 2. 2 再開発・更新の実施年度
2. 再開発・更新件数の分析
 2. 1 構造物や更新要因、検討課題との関連性
 2. 2 基準改正や自然災害等との関連性
 2. 3 現状整理を踏まえた今後の更新方向性
3. 再開発・更新事例から見た課題
 3. 1 課題マトリクス
 3. 2 更新要因別での考察
 3. 2. 1 経年劣化による更新事例
 3. 2. 2 災害リスク低減を目的とした更新事例
 3. 2. 3 災害復旧を目的とした更新事例
 3. 2. 4 水資源の有効活用を目的とした更新事例
 3. 2. 5 効率化・運用見直しを目的とした更新事例
 3. 2. 6 その他の更新事例
 3. 3 更新要因に依存しない共通課題
4. 今後の技術検討の方向性と提言

出典一覧表

参考文献

はじめに

我が国の水力発電所は 2016 年 7 月時点で全国に約 1700 箇所あり、その内訳は、旧一般電気事業者及び電源開発（電力会社と称す）が保有する約 1250 箇所と、公営電気事業者等その他約 440 箇所である。そして、最大出力の合計は 4900 万 kW 以上にのぼる。この貴重な純国産エネルギーを将来にわたって確保し続けるためには、水力発電設備の機能を今後も維持していくことが非常に重要な課題となる。

水力発電所は様々な環境下におかれ、運転開始後 100 年を越え高経年化している発電所も相当数が存在する。このようなダムの高経年化に関して、例えば、国土交通省所管の治水ダムでは、管理開始後 50 年以上を経過しているダムは全体の約 10%、30 年以上を経過しているダムは約 40%を占めており、ダム総合点検を展開して戦略的な維持管理を実施している。それと同時に、既存ダムの嵩上げや施設強化、貯水池掘削などによる機能の強化、新たな目的を付加するためにダムをリニューアルする再開発事業にも取り組んでいる。

一方、利水発電ダムも運転開始後 50 年以上を経過しているダムは全体の約 70%を占めており、さらなる長期発電運用を念頭に効率的な維持管理に取り組んでいる。そして、発電設備の老朽化や再生可能エネルギーの増強、環境対応、自然災害リスク低減、災害復旧、治水協力といった様々な要因で、水利権更新等を機に設備の再開発・更新に取り組んでいる事例もある。しかし、このような再開発・更新を伴う土木設備において、これら要因と更新範囲、技術的課題等の関連性について整理された例は少ない。

このような背景の下、土木学会 エネルギー委員会 新技術・エネルギー小委員会では、高経年化水力発電所の再開発・大規模更新事例における土木技術について、要因と更新範囲、技術的課題等を調査するとともに、今後の方向性についての議論を行うことを目的として、2015 年 10 月に「高経年化水力発電所の再開発・大規模更新事例における土木技術の調査・研究分科会（仮称）」を設置し、活動を開始した。

情報を収集し議論を進めていくなかで、広範囲にわたる水力発電所設備のうち本分科会の対象は土木設備とし、対象設備の供用年数や工事規模ではなく、技術的内容の観点から調査範囲を絞り込むことが決まり、その結果、2016 年 7 月の分科会において、「既設水力発電所土木設備の再開発・更新事例に関する調査・研究分科会」という正式名称が決定した。

分科会では、まず、電力会社へのアンケートを行い、過去 10 年間程度での水力発電所の再開発・更新事例を収集した。次に、その中から、土木設備の更新が主たる要因で、塗装や簡易補修などの定型更新を除く 101 件を抽出して整理した。整理した結果の傾向について、電力会社以外の事例と比較するため、公知情報を調査して特に公営電気事業者の情報（29 件）を収集した。最終的には電力会社と公営電気事業者等の情報を併せて、更新要因や技術的課題等の関係性について整理、分析した。分析を進める過程では、分科会委員の経験等を踏まえて、今後の再開発・更新の方向性についても議論を行った。

収集した再開発・更新事例は件数が多く、更新要因も多岐にわたり、なかには様々な要因が関係するものもあった。このため、要因と更新範囲、技術的課題等の関連性について共通的な知見を見いだすことは困難を極めた。分科会委員で幾度も議論を重ね、整理の方向性としては個々の事例を分析するに留まらず、主たる更新要因別で共通的な知見を見いだすことに注力した。その結果、大卒での共通的な知見として、再開発や更新に至った背景や特徴的な検討課題等についてまとめることができた。さらに、現状を踏まえた今後の技術的検討の方向性と提言も試みた。約 2 ヶ年半で 13 回の分科会を開催し、活動の成果として本報告書を取り纏めた。

分科会幹事ならびに委員各位には、業務多用な中、積極的かつ精力的に委員会活動に取り組んで頂いた。また、新技術・エネルギー小委員会委員各位には、終始、分科会活動に多大なる支援を頂いた。皆様に厚

くお礼申し上げます。本報告書が、学会会員各位の業務の参考になれば幸いです。

2018年7月

エネルギー委員会 新技術・エネルギー小委員会

既設水力発電所土木設備の再開発・更新事例に関する調査・研究分科会

主査 西内 達雄

土木学会 エネルギー委員会 新技術・エネルギー小委員会
既設水力発電所土木設備の再開発・更新事例に関する調査・研究分科会

委員構成（所属は在任時のもの）

職名	氏名	所属	期間
主査	西内 達雄	(財)電力中央 構造工学領域（コンクリート工学グループ） 副研究参事 研究所	2015年10月～2018年6月
委員	角谷 英一郎	北海道電力(株) 土木部 電源開発グループ 主幹	2015年10月～2016年9月
	武田 宣孝	北海道電力(株) 土木部 電源開発グループ 主幹	2016年10月～2018年3月
	当麻 誠司	北海道電力(株) 土木部 電源開発グループ 副主幹	2018年4月～2018年6月
	小林 正樹	東北電力(株) 発電・販売カンパニー 水力部（水力土木） 主査	2015年10月～2018年6月
	村井 寛人	中部電力(株) 発電カンパニー 再生可能エネルギー事業部 運営・技術グループ 副長	2015年10月～2018年6月
	平野 秀次	北陸電力(株) 土木部 水力・新エネ室 水力土木チーム 副課長	2015年10月～2016年6月
	清水 拓治	北陸電力(株) 土木部 水力・新エネ室 水力土木チーム 副課長	2016年7月～2018年6月
	中島 洋	関西電力(株) 土木建築室 土木建築エンジニアリングセンター 土木保全グループ 副長	2015年10月～2015年11月
	西川 亨	関西電力(株) 土木建築室 土木建築エンジニアリングセンター 土木保全グループ 保全副長	2015年12月～2018年6月
	上野 孝司	中国電力(株) 電源事業本部 西部水力センター 水力総括課 副長	2015年10月～2018年6月
	佐々木 勝教	四国電力(株) 電力輸送本部 水力部 総括グループ 主任	2015年10月～2017年4月
	玉井 典	四国電力(株) 再生可能エネルギー部 総括グループ 副リーダー	2017年5月～2018年6月
委員 兼 幹事	反町 尚希	東京電力ホールディングス(株) 経営技術戦略研究所 土木・建築エンジニアリングセンター 水域土木技術グループ	2015年10月～2016年6月
	山口 千裕	東京電力ホールディングス(株) 経営技術戦略研究所 土木・建築エンジニアリングセンター 水域土木技術グループ	2016年7月～2017年6月
	山口 敏康	東京電力ホールディングス(株) 経営技術戦略研究所 土木・建築エンジニアリングセンター 水域土木技術グループ	2017年7月～2018年6月
	新妻 秀樹	電源開発(株) 土木建築部 土木技術室 耐震タスク 主任	2015年10月～2016年3月
	伊藤 亮一	電源開発(株) 土木建築部 土木技術室 水力・構造タスク	2016年4月～2017年4月
	森 貴寛	電源開発(株) 土木建築部 土木技術室 水力・構造タスク	2017年5月～2018年6月
協力者	斎藤 大信	電源開発(株) 土木建築部 土木技術室 総括マネージャー（水力・構造）	

分科会の活動実績

	開催日	場所	内容
第1回	平成27年10月22日(木)	土木学会 F 会議室	アンケート結果整理
第2回	平成28年1月28日(木)	土木学会 F 会議室	分科会方向性意見交換 事例の収集
第3回	平成28年4月21日(木)	土木学会 F 会議室	事例と主要イベントの整理
第4回	平成28年7月21日(木)	土木学会 D 会議室	事例の課題抽出①
第5回	平成28年11月2日(水)	土木学会 D 会議室	事例の課題抽出②
第6回	平成29年1月26日(木)	土木学会 E 会議室	事例の課題整理①
第7回	平成29年4月13日(木)	土木学会 D 会議室	事例の課題整理②
第8回	平成29年7月14日(金)	ルノアール四谷店 B 会議室	事例の再収集
第9回	平成29年10月27日(木)	土木学会 C 会議室	事例の課題抽出③ 事例の課題整理③
第10回	平成30年1月11日(木)	土木学会 D 会議室	課題の考察①
第11回	平成30年2月23日(金)	土木学会 A 会議室	課題の考察②
第12回	平成30年4月17日(火)	土木学会 D 会議室	報告書原案審議
第13回	平成30年5月18日(金)	土木学会 F 会議室	報告書案審議

1章 再開発・更新事例の収集と整理

1. 1 事例収集の方法と整理

(1) 調査にあたって

調査を実施するにあたり、まずは、分科会メンバー各社に対し、過去 10 年間で水力発電設備の再開発・更新に至った事例に対してアンケートを実施するとともに、調査する設備については、ダム、調整池、ゲート、水圧鉄管といった土木構造物を対象とすることとした。

(2) 事例収集

事例の収集にあたっては、過去の論文や関係機関紙、各社が独自に保有する技術文献等が考えられたが、課題に対して解決方法まで総括的に包含されている文献が多いことや、今後の参照のし易さなどの理由から、電力土木技術協会発行の「電力土木」に投稿された報告・論文を対象とし、作業を進めることとした。その後、事例の幅を広げる必要があるとの意見も組み入れ、公営企業局への更新事例の聞き取りや、新エネルギー財団による「中小水力発電技術に関する実務研修会」で発表された事例も対象に加え、調査を実施した。

(3) 直接的・間接的更新区分

土木構造物の更新事例については、①土木構造物そのものの劣化等による更新に至ったケース「直接的な更新」もあれば、②水車発電機等の劣化に伴い副次的に土木構造物の更新が発生したケース「間接的な更新」もあることから、本調査にあたっては、①の「直接的な更新」を対象として調査を進めることとした。ただし、②の「間接的な更新」であっても、土木構造物の更新を含み、かつ、高度な検討または課題を有するような事例（例えば、発電所の再開発工事等）は対象に含むものと整理した。

(4) 定型・非定型更新区分

土木構造物そのものの劣化等により更新に至った事例でも、①塗装等、手順が概ね確立されているもの（定型更新）や、②それ以外の高度な検討または課題を有するもの（非定型更新）に分類され、一般的にルーチン化されている①の「定型更新」は対象外とした。

(5) 整理方法

事例の整理について、まず事例ごとに、その更新要因や対象構造物、更新にあたっての高度な検討課題を抽出した（一次整理）。その後、更新要因を大きな区分として、検討課題と対象構造物の関連性からマトリクスを作成した（二次整理）。そして、整理されたマトリクスから読み取れる事象を、更新要因ごとに考察として抽出・整理するとともに、分科会委員の経験等を踏まえて、今後の再開発・更新の方向性についても議論を行い、報告書に取り纏めた。

次ページの図 1. 1-1 に調査のフローを示す。

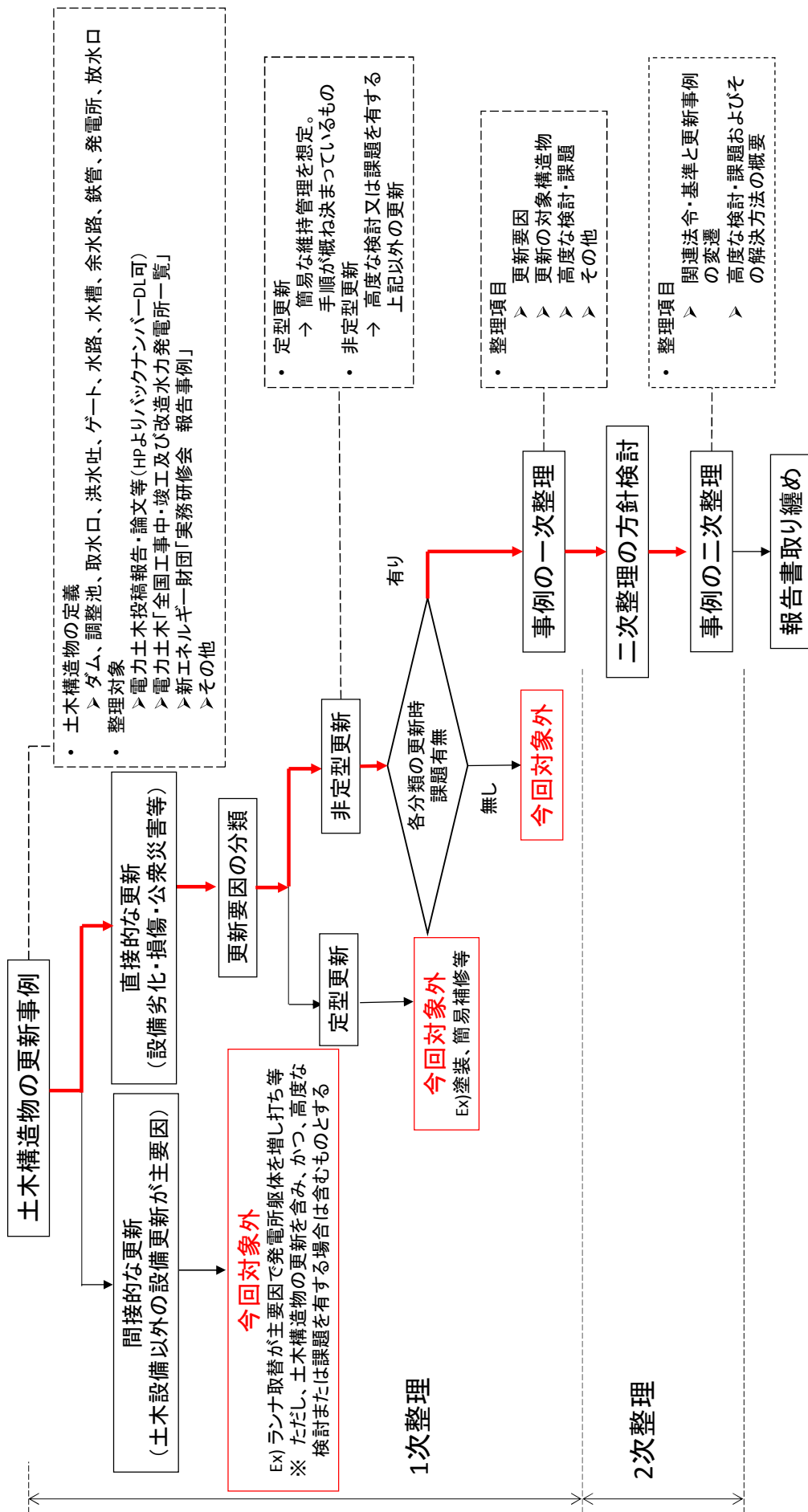


図 1. 1-1 調査フロー図

1. 2 整理結果

1. 2. 1 個別地点の概要

前記1. 1（事例収集の方法と整理）により、抽出した件名一覧を表1. 2-1に示す。

・表1. 2-1の説明：件名一覧では、以下の項目について整理した。

- ① 番号
- ② 都道府県／事業者→発電設備が都道府県をまたがる場合は、発電所所在地を記載
- ③ 発電所
- ④ 発電所運開年
- ⑤ 工事件名 →NEF 実務研修会からの抽出件名については発表タイトルを記載
- ⑥ 対象土木設備 →更新の対象となった土木設備を記載
- ⑦ 更新要因 →更新に至った主な要因の分類を記載
(経年劣化、災害リスク低減、災害復旧、水資源の有効活用、等)
- ⑧ 施工時期
- ⑨ 施工概要 →工事概要および必要に応じて更新要因との関連について簡潔に記載
- ⑩ 高度な検討・課題→検討課題や対応方法について簡潔に記載
- ⑪ 課題分類 →検討課題の特徴による分類を記載
(工事計画、調査・設計、工法、環境、工期、材料、安全)
- ⑫ バックデータ →当該工事件名に関する情報の参照先として記載

表 1. 2-1 整理結果

①番号	②都道府県/事業者	③発電所	④発電所運開年	⑤工事件名	⑥対象土木設備	⑦更新要因	⑧施工時期	⑨施工概要	⑩高度な検討・課題	⑪課題分類	⑫バックデータ
電土 1	北海道/ 北海道電力	えおろし 江卸	1945	江卸発電所移設工 事	導水路(一部),水槽, 水圧管路,発電所,放 水路,余水路	治水協力	2002.8~ 2006.10	・江卸発電所放水口の直上流に忠別ダム(国土交通省北海 道開発局,多目的ダム)の建設が計画された。忠別ダムは下 流におけるかんがい用水供給のほか,貯水池による水温上昇 効果もその目的としており,ダムの利水計画上,江卸発電所の 発電使用水を忠別ダム貯水池内に注水させる必要が生じた ため,発電所位置を上流約2.5km地点に移設したもの。	・地すべり地形を避けた水路ルートを選定。 ・熱水変質により軟質化した地質が介在する中での既設導水 路との接合。 ・余水路減勢工の支持に杭基礎採用。	調査・設計 工事計画	電力土木2003.5
電土 2	北海道/ 北海道電力	ユコマン ベツ	2014	ユコマンベツ発電所 新設工事	水槽,水圧管路,発電 所,放水路,余水路 (一部)	水資源の有効活用	2012.5~ 2014.6	・江卸発電所の溪流取水設備の一つであるユコマンベツ補給 水路が有する未利用エネルギー(遊休落差)を有効活用する ため,既設設備を一部利用して新たにユコマンベツ発電所を 設置したもの。	・森林法に係る保安林内作業許可条件を満足する工事計画 の検討。 ・狭隘かつ急傾斜地(約40°)における施工方法の検討。	工事計画 工法	電力土木2013.3
電土 3	北海道/ 北海道電力	しんいわまつ 新岩松	2016	新岩松発電所新設 工事	調圧水槽,水圧管路, 発電所,放水路	経年劣化	2013.7~ 2016.1	・1942年に運開した既設岩松発電所の老朽化にあわせて,既 設設備を最大限活用しつつ,水資源の有効活用の観点から 最大使用水量を37.5m ³ /s⇒45.0m ³ /sに増量し,最大出力を 12,600kW⇒16,000kWに増加させる再開発工事。	・既設発電所稼働状態での施工。 ・道路および農業用水路との交差。 ・既設水圧鉄管と新設水圧鉄管の接続。 ・既設変電設備および道路に近接し開削工法での施工が困 難。 ・発電所基礎土留工の凍上対策。 ・周辺に生息する鳥類への影響を考慮した騒音・振動抑制対 策。	工事計画 工法 環境	電力土木2015.5
電土 4	北海道/ 北海道電力	あいぬま 相沼内	1930	相沼内発電所 水圧鉄管伸縮管修 繕工事	水圧管路	経年劣化	8カ年 2012~ 2019年度	・伸縮管取替。(15箇所)	・老朽化原因調査。(内部観察,室内試験,付着物調査)	調査・設計	電力土木2014.11
電土 5	北海道/ 北海道電力	ひだか 日高	1998	日高発電所 放水路修繕工事	放水路	経年劣化	4カ年 2014~ 2017年度 (そのうち 10月~翌 年3月)	・導水路修繕箇所の総延長:L=1,046m ・内巻補強(鋼製枠),天端空隙薬液注入,ひび割れ補修。	・覆工コンクリート変状要因の原因究明。	調査・設計	電力土木2015.9
電土 6	北海道/ 北海道電力	ひらふ 比羅夫	1940	比羅夫発電所 1,2号水車更新工事 (土木工事)	発電所	経年劣化	2010.8~ 2012.5	・経年71年の既設発電所の水車発電機更新。(土木工事分) ・ケーシング及び基礎コンクリート撤去。 ・再構築コンクリート打設。	・発電所基礎撤去時の残置既設構造物への影響。 ・解体コンクリートの再利用。	工法 環境	電力土木2012.7
電土 7	新潟県/ 東北電力	かじかわ 加治川	1962	加治川発電所ダム改 良(ゲートレス化)工 事	ダム	効率化・運用見直し	1993.6~ 1995.12	・ダム勤務業務の改善のため,調整運転ニーズが少なくなった 本発電所のダム改良(ゲートレス化:ダム高45m)工事を実施 したもの。 ・ダム改良,取水口排斜路設置 等。	・設計洪水量見直し。 ・ダム安定計算。 ・資材運搬設備。	運用 工事計画 調査・設計	電力土木1996.9
電土 8	新潟県/ 東北電力	管内 15発電所	-	-	堰堤,取水口,沈砂 池,導水路,水槽余水 路,放水路 等	災害復旧	-	・H7(1995).7に発生した新潟県上越水害により被害を受け た設備の復旧。	・河川区域内施設復旧。 ・河川災害復旧助成事業。	工事計画	電力土木2000.7
電土 9	新潟県/ 東北電力	いいでがわ 飯豊川 だいち 第一	1953	飯豊川第一発電所ダ ム改良(ゲートレス 化)工事	ダム	効率化・運用見直し	1999.6~ 2001.3	・ダム勤務業務の改善のため,本発電所のダム改良(ゲート レス化:ダム高34.848m)工事を実施したもの。 ・ダム改良(腹付コンクリート),転流工 等。	・設計洪水量見直し。 ・ダム安定計算。 ・資材運搬設備。	運用 工事計画 調査・設計	電力土木2000.9
電土 10	新潟県/ 東北電力	やぶかみ 菽神	1941	菽神発電所水車発 電機改修工事	発電所基礎	経年劣化	2003.4~ 2006.3	・水車各部の老朽化による改修工事にあわせて,既設水車基 礎撤去に「SD工法」を採用。 ・また,新設発電機支持梁,柱の施工に「再アルカリ化工法」に よる中性化対策を実施。	<既設水車撤去> ・隣接発電機稼働中の施工 ・振動,粉塵の抑制。 ・現場作業員への環境配慮 ・工程短縮。 <梁・柱中性化対策> ・対策施工時の現場環境影響ならびに溢水電力。	工法 安全 工期 環境	電力土木2005.5
電土 11	新潟県/ 東北電力	さねかわ 実川	1993	実川発電所取水口 除塵機設置工事	取水口除塵機	効率化・運用見直し	2003.7~ 2004.11	・人力により対応していた取水口に新規に除塵機を設置。	・降雪による冬期間の巡視中断。 ・過負荷等の故障低減。 ・遠隔操作。 ・連続運転に耐える構造,材質 等。	材料 運用 安全	電力土木2006.1
電土 12	福島県/ 東北電力	ほうらい 蓬萊	1938	蓬萊発電所蓬萊ダム 洪水吐きゲート・巻 上機取替工事	洪水吐ゲート・巻上 機	経年劣化	2005~ 2013	・設置以来67年が経過した洪水吐きゲート・巻上機の取替。 ゲート型式:ローラ式,純経間:10.8m(No.8号) 扉高:9.3m,揚程:11.6m,水密:前面3方水密 ワイヤーロープ式巻上機1台(7.5kW)(No.8号)	・工事期間。(11月~3月の非出水期) ・仮締切ゲートの補強対策。 ・使用前自主検査 等。	検査 工事計画 工期	電力土木2006.7 H25Fyまで順次取 替
電土 13	新潟県/ 東北電力	とよみ 豊実	1929	豊実発電所改修工 事	発電所基礎,放水路, 放水口	経年劣化	2008.8~ 2013.9	・運転開始から80年以上経過した発電所の大規模改修。 ・既設水車発電機6台から2台に集約。 ・立軸バルブ水車の採用。	・限られたエリア内での改修工事の実施。 ・立軸バルブ水車採用による水理現象対策。 ・既設構造物の残置計画。 ・既設構造物撤去コンクリートの活用。	材料 工事計画 環境 調査・設計	電力土木2007.9 電力土木2009.1 電力土木2009.9 電力土木2010.5 電力土木2011.3 電力土木2011.11

①番号	②都道府県/事業者	③発電所	④発電所運開年	⑤工事件名	⑥対象土木設備	⑦更新要因	⑧施工時期	⑨施工概要	⑩高度な検討・課題	⑪課題分類	⑫バックデータ
電土 14	新潟県/ 東北電力	かのせ 鹿瀬	1928	鹿瀬発電所改修工 事	発電所基礎,放水路, 放水口	経年劣化	2012.8～ 2017.9	・運転開始から80年以上経過した発電所の大規模改修。 ・既設水車発電機6台から2台に集約。 ・立軸バルブ水車の採用。	・限られたエリア内での改修工事の実施。 ・立軸バルブ水車採用による水理現象対策。 ・既設構造物の残置計画。 ・既設構造物撤去コンクリートの活用。	材料 工事計画 環境 調査・設計	電力土木2013.11
電土 15	宮城県/ 東北電力	はなやま 花山 やまうち 山内	(花山) 1948 (山内) 1941	—	(花山)堰堤,取水口, 導水路,放水路 (山内)堰堤,導水路, 水圧管路	災害復旧	—	花山:えん堤法面ロックネット,えん堤排砂門ピアスラブ補強, 導水路改修。(打替え・内巻,クラック補修) 山内:取水えん堤排砂門ピア打替,導水路改修(打替え・内 巻,クラック補修)他。	・余震による二次災害の危険性。 ・品質確保と施工性。 ・トンネル内作業避難基準。 ・県等関係機関との連携。	その他 工事計画 安全 調査・設計	電力土木2010.3
電土 16	福島県/ 東北電力	みやした 宮下	1946	宮下発電所ダムゲー ト・巻上機取替工事	洪水吐ゲート・巻上 機	経年劣化	2010～ 2015	・設置以来63年経過した洪水吐きゲート・巻上機の取替。 ゲート型式:ラジアル式(H=8.55m,B=9.00m) ワイヤーロープ式巻上機1台(15kW)	・主要仮設備(運搬・据付)計画。 ・工事期間。(11月～3月の非出水期) ・既設トランシオンビン流用。 ・使用前自主検査 等。	検査 工事計画 工期 調査・設計	電力土木2011.7
電土 17	新潟県/ 東北電力	いいでがわ 飯豊川 だいに 第二	1921	飯豊川第二発電所 内の倉水路橋架替 工事	水路橋	経年劣化	2008.5～ 2011.6	・設置以来90年経過した水路橋の架け替え。 飯豊川第二発電所:出力1,843kW,Q=5.57m ³ /s 水路橋:アーチ橋,支間L=39.76m,水路管φ1.85m	・新設水路橋型式。 ・停止期間。 ・重機制約。	工事計画 工期 調査・設計	電力土木2011.9
電土 18	新潟県/ 東北電力	ゆのたに 湯之谷 ながまつ 永松	(湯之谷) 1925 (永松) 1946	—	(湯之谷)堰堤 (永松)水圧管路管 理橋	災害復旧	2011.7～	・水害により被災したえん堤の復旧。 原型復旧を行わずにゲートレス化。 ・水圧鉄管管理橋の復旧。(取替)	・設計洪水量見直し。 ・水圧鉄管管理橋構造形式。	運用 調査・設計	電力土木2013.5
電土 19	福島県/ 東北電力	阿賀野川 水系16発 電所	—	—	取水口,放水路 等	災害復旧	2011.8～ 2012.10	・水害により堆積した土砂,塵芥の除去。 水中部土砂掘削,仮締切り併用重機掘削。(MJP工法,エア リフト工法,サンドポンプ工法)	・供給力確保に向けた早期発電再開。(工程短縮) ・堆積物種別,堆積量による工法選定。 ・仮締切り堤安定検討。	工法 工期 調査・設計	電力土木2013.5
電土 20	福島県/ 東北電力	いいの 飯野	2014	飯野発電所新設工 事 (維持流量発電)	既設取水口,取水口 排砂路 水圧管路,発電所,放 水路	水資源の有効活用	2013.4～ 2014.6	・既設蓬萊発電所の取水ダムから放流している河川維持流 量を有効活用した維持流量発電所の新設工事。 ・P=230kW,Q=3.2m ³ /s,H=9.57m	・隣接既設設備への影響抑制。	運用 調査・設計	電力土木2014.11
電土 21	長野県/ 東京電力	たいら 平	1957	平発電所余水路新 設工事	余水路	災害リスク低減	2002.10～ 2003.7	・既設取水口の一部の転用ならびに立坑型減勢工と既設ドラ フト上部空間を併用した減勢方法を利用した余水路の新設。	・狭隘部において,大流量(104m ³ /s)の水流を減勢させる方 式の考案。	調査・設計	電力土木2004.5
電土 22	長野県/ 東京電力	かすみざわ 霞沢	1928	霞沢発電所大正池 取水堰堤改良工事	堰堤,河川維持放流 設備,魚道	効率化・運用見直し	2002.10～ 2003.5	・2回/年出水で決壊する既設盛土堰堤を,ゴム引布製起伏堰 へ改良。 ・維持放流設備(魚道)の新設。 ・年間1,000万円程度コストダウンを実現。	・観光地に配慮した改修の検討。 ・景観に配慮した外観。 ・冬季施工におけるアクセストンネルの凍結防止。	工事計画 環境 安全	電力土木2004.5
電土 23	群馬県/ 東京電力	はこま 箱島	1951	吾妻川取水ダム排 砂路修繕工事	排砂路	経年劣化 効率化・運用見直し	2002.12～ 2003.3	・洪水時に流下する土石による摩耗・洗掘対策として,従来 のコンクリート修繕を見直し,古タイヤを利用した修繕を実施。 ・30%程度コストダウンを実現。	・効果的な設置方法の構築。	材料 工法	電力土木2005.1
電土 24	新潟県/ 東京電力	なかつがわ 中津川 たいいち 第一	1924	高野山ダム修繕工 事	ダム	経年劣化	(I期) 2001.8～ 2001.11 (II期) 2004.7～ 2004.11	・アスファルト遮水壁の補修を,従来の道路舗装工法から抜本 的に見直し,切削+舗設を基本とした補修工法を確立・実施。	・電磁波調査を応用したアスファルト遮水壁の健全度診断手 法の確立。 ・補修材料と既設材料の一体化及び変形挙動に追従可能な アスファルト混合物の配合設計。 ・レーザー測量を用いた施工管理手法ならびに維持管理手 法の確立。	材料 工法	電力土木2002.11 電力土木2006.3
電土 25	福島県/ 東京電力	いなわしろ 猪苗代 たいさん 第三	1926	猪苗代第三発電所 水路余水路改良工 事	余水路	災害リスク低減	2005.6～ 2005.12	・余水路を放水路に直結させ,放水庭へ空中放流することで 減勢する方式へ改良。	・高速射流の流水の方向転換(90°)。 ・放流水減勢のための放流部最適形状の設計。	調査・設計 工法	電力土木2006.5
電土 26	長野県/ 東京電力	おたぎり 小田切	1954	小田切ダムエプロ ンの補修工事	ダム	経年劣化	2006.2～ 2006.3	・ダムエプロン部の補修工法を従来のコンクリート補修から見 直し,ポリプロピレンファイバーを混入した自己充填型高強度 耐久コンクリートを使用。	・新材料(ファイバー混入自己充填コンクリート)の品質管理 方法の確立。	材料 工法	電力土木2008.11
電土 27	山梨県/ 東京電力	さいこ 西湖	1919	西湖発電所水圧鉄 管補強工事	水圧管路	経年劣化	2007.1～ 2007.3	・板厚現象により応力超過が認められる水圧鉄管の補強対策 として,従来の鉄管取替ないし鋼製リング補強に代わり,炭素 繊維による補強を実施。 ・鋼製リング補強と比較して35%コストダウン。	・新材料(炭素繊維)の設計,施工方法の確立。 ・温度変化,電蝕への対策。	材料 工法	電力土木2010.1
電土 28	神奈川県/ 東京電力	やまきた 山北	1914	山北発電所水槽余 水路改良工事	水槽 余水路	災害リスク低減	2008.9～ 2009.11	・余水路を放水路に直結させ,2段階の衝撃式減勢工にて減 勢させる方式へ改良。	・急峻かつ狭隘な場所において越流部延長を確保する構造 の立案。	調査・設計	電力土木2010.9
電土 29	山梨県/ 東京電力	こまはし 駒橋	1907	1・2号水車発電機取 替に伴う1号水圧鉄 管一部取替工事	水圧管路 発電所基礎	経年劣化	2010.1～ 2010.12	・水車発電機1,2号機の統合に伴う基礎の改修及び鉄管の取 替。	・近接3号機の発電を継続しながらの施工。(振動の計測,静 的破砕材の使用)	工法	電力土木2011.9
電土 30	神奈川県/ 東京電力	いくど 生土	1930	生土発電所水槽余 水路改良工事	余水路	災害リスク低減	2010.10～ 2011.7	・余水路を放水路に直結させ,衝撃式減勢工及び掃出口にて 減勢させる方式へ改良。	・狭隘地での作業。	調査・設計 工法	電力土木2012.1
電土 31	長野県/ 東京電力	さきたいら 笹平	1954	笹平発電所余水路 新設工事	余水路	災害リスク低減	2009.9～ 2012.3	・立坑式の放水路直結型余水路を新設。	・立坑内混入空気による渦の抑制。 ・狭隘地での立坑掘削。 ・住宅接近箇所での施工。	調査・設計 工法 環境	電力土木2012.11

①番号	②都道府県/事業者	③発電所	④発電所運開年	⑤工事件名	⑥対象土木設備	⑦更新要因	⑧施工時期	⑨施工概要	⑩高度な検討・課題	⑪課題分類	⑫バックデータ
電土 32	長野県/ 東京電力	かいげ 海瀬	1925	海瀬発電所余水路 改良工事	余水路	災害リスク低減	2012.9～ 2013.4	・立坑式の放水路直結型余水路への改良。	・放水水路への影響。(内圧,洗掘) ・狹隘地での立坑掘削。	調査・設計 工法	電力土木2013.9
電土 33	神奈川県/ 東京電力	すかわ 須川	1912	須川発電所上野川 取水堰復旧工事	堰堤	災害復旧	2010.10～ 2013.7	・H22.9台風9号により取水堰下流護床工が流出,取水堰基礎部ならびに左岸護岸部が洗掘したため,既設取水堰下流に取水堰を新設。	・度重なる出水,降雪による工事中断。	安全	電力土木2014.3
電土 34	山梨県/ 東京電力	みたけ 御岳	1927	御岳発電所水圧鉄 管災害復旧工事	水圧管路	災害復旧	2013.1～ 2013.9	・H24.12に右岸上部斜面において約110m ³ (200t)の岩塊崩落が発生,水圧鉄管に直撃し,流水が噴出・発電機が停止。水圧鉄管の防護工を含む災害復旧工事を実施。 ・鉄管一部取替。L=58.9m ・鉄管コンクリート巻立補強。 ・周辺オーバーハング岩盤除去。	・歩行用の巡視路でしかアクセスできない現場への資機材搬入。 ・岩塊崩落防止対策と設備防護対策の実施。	工法 安全	電力土木2014.7
電土 35	岐阜県/ 中部電力	てんじん 天神	1924	天神えん堤改修工事 (SR堰)	堰堤,魚道	災害復旧	2006.12～ 2008.6	・平成16年10月の台風23号により宮川流域が浸水等の被害を受けたため,岐阜県により「宮川水系災害復旧助成事業」が実施され,これに併せて,天神えん堤は,可動堰へ改修することにより出水時の河川水位上昇を抑制。 ・新設SR合成起伏堰 頂長52m(26m×2径間),高さ2.45m ・既設えん堤撤去 1式	・えん堤の径間長が50mを超えることから,2径間とした場合の河川洪水状況について,中央堰柱による偏流が発生しないことを水理解析により確認。	工事計画 調査・設計	電力土木2007.9
電土 36	静岡県/ 中部電力	にしど 西渡	1927	西渡水力発電所改 修工事 (SR堰)	堰堤	経年劣化	2007.8～ 2009.7	・上流の水窪水力発電所(JP)開発による流況変化および経年劣化から改修工事を実施。 ・新設SR合成起伏堰 頂長36.4m,高さ2.7m ・既設えん堤撤去 1式	・流況変化に伴う発電規模の見直し。 ・計画高水流量や経年劣化の関係から,SR起伏堰を採用。	工事計画	電力土木2007.11
電土 37	静岡県/ 中部電力	おおいずみ 奥泉	1956	奥泉水力発電所関 の沢水管橋の免震支 承化工事	水管橋支承	災害リスク低減	2007.11～ 2008.3	・関の沢水管橋は管径4.4mの水路を径間60mのローゼ型橋で支持したものである。大規模地震時の安全性が懸念されたことから,三次元的解析を実施し,耐震裕度向上の観点から鋼製ロッカ支承を免震ゴム支承へ取り替え。 ・支承取替 26箇所	・内閣府中央防災会議より公表された地震波形を用い,三次元的解析を実施。 ・免震支承は,高い振動減衰効果と復元機能を有するLRB(Lead Rubber Bearing:鉛プラグ入り積層ゴム支承)を採用。	調査・設計 材料	電力土木2008.11
電土 38	長野県/ 中部電力	すさど 須砂渡	2010	須砂渡水力発電所 新設工事	取水口,水槽,水圧管 路, 放水路	水資源の有効活用	2009.8～ 2010.9	・取水口 幅1.5m 高さ4.0m ・水槽 高さ4.5m 幅4.5m 延長12.7m ・水圧鉄管 延長19.3m ・放水路 延長27.3m	・既設砂防えん堤に設置される発電施設のため,レイアウト上の制約が大きい。 ・スペース確保のため,一つの巻上機で上下に配置した二門のゲート操作が可能な「二段ゲート」を採用。	工事計画	電力土木2011.1
電土 39	静岡県/ 中部電力	いかわ 井川 おおいがわ 大井川	(井川) 1957 (大井川) 1936	ダムゲートピアの耐 震裕度向上工事	洪水吐ゲートピア	災害リスク低減	(井川) 2009.11～ 2010.3 (大井川) 2010.11～ 2011.3	・大規模地震に対する耐震裕度向上を目的として,ゲートピア間に設置されている既設ゲート操作橋に高減衰ダンパー装置を設置。	・既設管理橋を活用したダムピアの耐震裕度向上工法を開発。 本工法に用いる高減衰ダンパーは,地震時に高い1次剛性の領域内で水門柱の揺れを抑え,常時には鋼製追加桁の温度伸縮を低い抵抗力で吸収する性能を有する。	調査・設計 材料	電力土木2011.3 電力土木2011.9
電土 40	静岡県/ 中部電力	おおいがわ 大井川	1936	大井川ダム 清水化 バイパス設置工事	堰堤, バイパス水路	環境対応	2011.8～ 2013.6	・地元の河川環境改善要望に応え,濁水対策設備として,清水化バイパス設備工事を実施。 ・取水えん堤 頂長56m 高さ4.760m ・取水口 幅4.5m 高さ3.1m ・バイパス水路 総延長634.540m (トンネル部614.740m,開渠部13.300m,減勢部6.500m)	・既設トンネルとの近接施工。 最小離隔が4.7mと非常に近接しており,鉄道総合研究所による近接度の区分でも,近接度が最も高い「要対策範囲」4)に該当。	工事計画 安全	電力土木2013.7
電土 41	静岡県/ 中部電力	おおいがわ 大井川	1936	大井川水力発電所 導水路合流部改良 工事	導水路合流部	効率化・運用見直し	2012.5～ 2013.4	・大井川水力発電所の水路系の損失水頭を軽減し,最大出力を安定的に得るため,導水路合流部を改良。 ・連絡ずい道構築 亘長L=53.618m D=3.636m～5.182m(円形断面)	・既設構造物との近接施工。 低発破振動掘削工法としてNRC掘削工法(New Rock Cracker,多段式非火薬岩盤破碎システム)を採用。	工法 調査・設計	電力土木2013.9
電土 42	岐阜県/ 中部電力	あたぎ 阿多岐	2015	阿多岐水力発電所 新設工事 (維持流量発電)	水圧管路(一部既設 鋼管利用),放水口	水資源の有効活用	2014.5～ 2015.7	・取水口。(既設利用) ・水圧鉄管 18.190 m (+既設鋼管利用) ・放水口 幅1m 高さ1.5m	・工事場所が狹隘。	工事計画	電力土木2015.3
電土 43	愛知県/ 中部電力	しんくしはら 新串原	2015	新串原水力発電所 新設工事 (維持流量発電)	取水口,水圧管路,放 水口	水資源の有効活用	2014.5～ 2015.6	・取水口 幅1.100 m 高さ4.815 m ・水圧鉄管 34.565 m ・放水口 幅2.5m 高さ2m	・工事場所が狹隘。 ・既設堤体の貫通。 堤体への影響を考慮し,振動の少ないワイヤーソーイング工法により実施。	工事計画	電力土木2015.9
電土 44	岐阜県/ 中部電力	しま 島	1927	島水力発電所水路 改修工事	取水口,導水路	災害復旧	2001.7～ 2002.7	・既設取水堰堤を撤去し,上流に位置する発電所放水口と島発電所の取水口を河川横断による連絡水路により直結化。 ・取水口 1式 ・水路設置(サイホン部 64m,蓋渠 206m,合流槽 1箇所) ・既設島えん堤撤去 1式	・サイホン水路の流体解析。	調査・設計 工事計画	電力土木2002.9

①番号	②都道府県/事業者	③発電所	④発電所運開年	⑤工事件名	⑥対象土木設備	⑦更新要因	⑧施工時期	⑨施工概要	⑩高度な検討・課題	⑪課題分類	⑫バックデータ
電土 45	富山県/ 北陸電力	しょうみょうがわ 称名川 だいに 第二	1960	雑穀谷取水設備改 良工事	取水口	災害復旧	2006.6～ 2006.11	<ul style="list-style-type: none"> ・H16・H17年度の豪雨出水により、取水設備が土石堆積・浸水被害を受け取水不能となった。安定した取水確保を目的として、取水設備改良工事を実施。 ・チロリアン式取水口設置:L=12.5m ・取水庭暗渠化工事:L=13.0m ・ゲート・巻上機室改修:4m嵩上げ 	<ul style="list-style-type: none"> ・安定した取水方式の検討。(側方⇒チロリアン式) ・コスト低減。(ゲート巻上機室の構造変更,仮設備の共用など) 	調査・設計 工事計画	電力土木2007.3
電土 46	石川県/ 北陸電力	おぐち 尾口	1938	尾口第一ダム改修工 事	ダム・取水口・洪水吐 ゲート	経年劣化	2008.6～ 2011.12	<ul style="list-style-type: none"> ・経年劣化,豪雪地帯,過酷な勤務実態(年間200日のゲート放流)等を踏まえ,コストメリット,放流の安全性を考慮し,ゲートレス化工事を実施。 ・洪水吐ゲート撤去 4門 ・排砂ゲート設置 1門 ・ダム嵩上げ 約4.5m ・通路橋設置 約60m 	<ul style="list-style-type: none"> ・改修案の比較。(①ゲートレス化,②洪水吐ゲート取替,③上流発電所直結) ⇒コストメリット,放流安全性を考慮し,①案採用。 ・環境対策。(猛禽類への影響に配慮し,工期設定) ・景観への配慮。(コンクリート表面の疑岩化) ・コンクリートガラの有効利用。(再生砕石化し,敷地内利用) 	工事計画 環境	電力土木2008.9 NEF実務研修会 2010.2
電土 47	富山県 福井県/ 北陸電力	じんづうがわ 神通川 だいに 第一 じんづうがわ 神通川 だいに 第二 にしかつはら 西勝原 だいに 第三	(神一) 1954 (神二) 1954 (西三) 1968	洪水吐ゲート取替工 事	洪水吐ゲート	経年劣化	2009.8～ 2012.6 2009.10～ 2012.4	<ul style="list-style-type: none"> ・ラジアルゲートの安全性評価結果を踏まえ,洪水吐ゲートの取替工事を実施。 ・神一ダム 9門 ・神二ダム 9門 ・仏原ダム 3門 	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模地震への対応検討。(地震応答解析・応力照査) ・ゲートの据付・搬入方法の検討。(神一・神二は車両運搬不可⇒ケーブルクレーン工法採用) ・工事期間の制約。(非出水期8か月×3年) ・ゲート取替後の応力測定による検証。 	調査・設計 工法 工期	電力土木2010.9 電力土木2013.1
電土 48	富山県/ 北陸電力	しょうみょうがわ 称名川 だいに 第二	1960	雑穀谷取水ダム水叩 工改修工事	ダム(水叩工)	経年劣化	2011.7～ 2011.12	<ul style="list-style-type: none"> ・出水時の巨礫を含む土石流による摩耗・洗掘を防止するため,水叩工に耐摩耗性鋼板を設置する工事を実施。 ・耐摩耗鋼板設置 72m² 	<ul style="list-style-type: none"> ・改修案比較(①高強度コンクリート,②鉄板張工,③レール埋張工,④特殊鋼板工)⇒施工性・経済性を考慮し,④を採用。 ・工事期間の制約。(標高1000m超の豪雪地帯,ヘリ運搬のみ) 	材料 工期	電力土木2012.3
電土 49	富山県/ 北陸電力	じんづうがわ 神通川 だいに 第一	1954	排砂ゲート取替工事	排砂ゲート	経年劣化	2012.10～ 2013.3	<ul style="list-style-type: none"> ・ラジアルゲートの安全性評価結果を踏まえ,排砂ゲートの取替工事を実施。 ・ダム排砂門 2門 	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模地震への対応検討。(地震応答解析・応力照査) ・工事期間の制約。(非出水期11月～2月) ・ゲート取替後の応力測定による検証。 	調査・設計 工期 運用	電力土木2013.11
電土 50	福井県/ 北陸電力	たきなみがわ 滝波川 だいに 第一	1965	小原ダム改良	ダム,洪水吐ゲート	経年劣化	2011.7～ 2013.7	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム管理の効率化及び洪水吐ゲートの老朽化対策として,ゲートレス化工事を実施。 ・洪水吐ゲート撤去 1門 ・排砂ゲート設置 1門 ・通路橋設置 約44m 	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム及び洪水吐ゲートの管理方法検討(冬期アクセス不可,出水対応リスク,ゲート老朽化) ⇒ゲートレス化,自然越流式洪水吐設置など。 ・ダムからの放流方法変更に伴う洗掘・浸食対策検討 ⇒ダム背面に導流壁,下流護岸設置。 ・仮設排水設備の検討⇒ダム貫通孔により安全に排水。 	工事計画	電力土木2013.11 NEF実務研修会 2016.2
電土 51	富山県/ 関西電力	しんくろべ がわ 新黒部川 だいに 第二	1969	新黒部川第二発電 所放水路トンネル付 替工事	放水路トンネル,放水 口	災害リスク低減	2009.10～ 2013.12	<ul style="list-style-type: none"> ・放水口埋没に伴う発電停止等により多大な溢水電力量が発生しているため,放水口を出水や土砂の影響を受けない下流のダム湛水池内へ付替え。 ・付替放水路:約1.4km 	<ul style="list-style-type: none"> ・工事用資機材運搬用の工事用列車が黒部峡谷鉄道の営業線と連結または併走するため,信号機や標識類の設置,運転士等の教育を実施。 ・工事場所が国立公園内および保安林内に位置することから,掘削ズリの処理に制約。 ・トンネルルート上の土被りの薄い箇所でも大量の湧水や破砕帯の出現が危惧されたため,TSP(Tunnel Seismic Prediction)探査および前方探査ボーリングを実施。 ・運転中の発電設備に影響し発電支障を起こすことがないよう,制御発破を実施。 	安全 環境	電力土木2010.11 電力土木2014.3
電土 52	長野県/ 関西電力	おおくわのじり 大桑野尻	2011	大桑野尻発電所新 設工事	取水設備,水圧管路, 放水路	水資源の有効活用	2010.11～ 2011.6	<ul style="list-style-type: none"> ・既設の読書ダム左岸非越流部に維持流量発電設備を設置。 ・P:490kW,Q:2.82m³/s,H:22.5m 	<ul style="list-style-type: none"> ・水車が運転時の流量調整が出来ない構造であるため,ダム水位が低い時でも維持流量が確保できるよう,また,サイフォン機能が発揮できるよう計画。 ・ダム直下での河川内工事のため,安全・コスト面を考慮し,仮締切内の工事は非出水期に限定。 	調査・設計 安全	電力土木2011.3
電土 53	岐阜県/ 関西電力	しもことり 下小鳥	1973	下小鳥発電所表面 取水設備新設工事	取水口,取水塔,制水 ゲート,スクリーン,導 水路トンネル	環境対応	2012.3～ 2016.6	<ul style="list-style-type: none"> ・濁水長期化対策として比較的にごりの少ない表層の水を取水する表面取水設備を増設。 ・取水口・取水塔:上部 長さ約17m×幅約14m,下部 φ26m ・導水路トンネル:内径4.7m,長さ約100m 	<ul style="list-style-type: none"> ・濁水長期化対策として比較的にごりの少ない表層の水を取水する表面取水設備を増設。 ・ベルマウス付ゲートおよび整流板の採用など,取水設備の最適形状を検討。 ・取水設備下部をケーソン工法としダム水位制約を低減。 ・大規模掘削において各種計測機器設置を設置し,情報化施工を実施。 	工事計画 調査・設計 工法 安全	電力土木2013.3 電力土木2014.9 電力土木2017.1

①番号	②都道府県/事業者	③発電所	④発電所運開年	⑤工事件名	⑥対象土木設備	⑦更新要因	⑧施工時期	⑨施工概要	⑩高度な検討・課題	⑪課題分類	⑫バックデータ
電土 54	富山県/ 関西電力	しんくるなぎ 新黒薙 たいに 第二	2012	新黒薙第二発電所 新設工事	水圧管路,発電所,放 水路,放水路ゲート	水資源の有効活用	2012.5~ 2012.12	・既設の黒薙第二発電所の導水路通水量の余力および既設 設備を有効利用し,既設発電所に隣接して建設。 ・P:1,900kW,Q:1.70m ³ /s,H:142.13m	・雪解後のH24.5から雪が降り始めるH24.12までの約7ヶ月間 で工事を実施。 ・発電所基礎の掘削にあたり,既設発電所の機器に影響を及 ぼさないよう,振動管理をしながら小型ブレーカ及び静的破碎 剤を併用して施工。 ・導水路トンネル拡幅にあたり,油圧ブレーカによる掘削と蒸 気圧破碎剤による低振動破碎工法を採用。	工法 環境	電力土木2013.7
電土 55	長野県/ 関西電力	おんたけ 御岳	S20	御岳発電所余水路 改良工事	余水路減勢工	災害リスク低減	2013.3~ 2014.3	・既設余水路出口に隣接する社有地に減勢工を設置し,既設 余水路から付替え水路により減勢工に接続。	・水理模型実験により減勢工の水理機能を検証し,課題のある 箇所については改良を加え,河川への放流流速を最大限に 低減できる最適形状を決定。 ・仮余水管により既設余水路を延長し,放流の出口を下流に 延伸することにより発電運転状態での施工が可能。	調査・設計 工事計画	電力土木2014.3
電土 56	京都府/ 関西電力	わか 和知	1968	和知発電所和知ダム 洪水吐ゲート取替工 事	洪水吐ゲート	経年劣化	2011.11~ 2016.9	・既設洪水吐ゲート4門の取替え。 ・純径間:9.0m,扉高:12.7m,回転半径:13m	・取替えにあたり,大規模地震に対する安全性を確認。 ・鋼材の材質を高強度化することにより重量増を抑制。 ・ゲート取替中は当該ゲートおよび隣接ゲートを使用できな い期間があるため,流入量実績に基づき施工期間を定め,施 工方法・手順を計画。	調査・設計 工期 その他	電力土木2014.11
電土 57	奈良県/ 関西電力	かわらびかわ 川原樋川	1986	川原樋川発電所大 股えん堤改修工事	堰堤	経年劣化	2008.11~ 2010.3	・既設のゴム堰をハイブリッド起伏堰に設備更新。 ・純径間26.0m×堰高2.0m	・ゴム堰,ハイブリッド起伏堰,油圧式鋼製起伏ゲートを水位制 御機能,流下物の影響,環境に対する影響,施工性,経済性など により評価し,最適案を選定。 ・施工中の出水対策(河川締切,部品流出防止用の鋼製蓋の 設置等)の実施。	材料 工法	電力土木2011.5
電土 58	長野県/ 関西電力	よみかき 読書	1923	読書発電所ダムピア 他修繕工事	ダムピア	経年劣化	2009.11~ 2013.3	・ダムピア(6箇所)のコンクリート劣化部を打ち替え。	・PC鋼線軸力測定,コンクリート強度試験によるコンクリート健 全度の評価を実施。 ・コンクリート劣化対策工法の検討。 ・過去の流入量を考慮し施工計画を立案。	工法 工事計画 調査・設計	電力土木2011.7
電土 59	兵庫県/ 関西電力	おくたたら 奥多々良 ぎ木	1974	奥多々良木発電所 可変速化工事	横坑	効率化・運用見直し	2010.5~ 2011.6	・可変速化に必要な励磁装置等の設置スペースを確保する ため,既設横坑の拡幅掘削を実施。 ・幅約5m×高さ約4m(約15m ²)→幅約14m×高さ約12m(約 147m ²)	・工事箇所が稼働中の発電設備に近接していることから振動 制限を設け,発破毎に振動値を監視しながら施工。また,既設 設備に近い範囲は機械掘削を採用。 ・振動値が制限値を上回ることを防止するため,管理レベルを 設定し,それぞれの段階で対策を実施。 ・各種計測の実施。(天端沈下,内空変位,AE計測,ロックボル ト軸力など)	工事計画 工法	電力土木2011.7
電土 60	富山県/ 関西電力	だたいら 出し平	2015	出し平発電所新設工 事	水圧管路,発電所,維 持放流バルブ	水資源の有効活用	2014.4~ 2015.11	・既設の出し平ダム左岸の維持放流設備に発電設備を設 置。 ・P:520kW,Q:1.76m ³ /s,H:37.295m	・損失水頭が低減するような水圧鉄管の線形検討。 ・豪雪地域における雪崩対策の検討。 ・現地発生建設廃棄物の有効利用策の検討。	調査・設計 安全 環境	電力土木2013.11 電力土木2016.3
電土 61	広島県/ 中国電力	うちなし 打梨	1939	水車・発電機取替工 事	発電所基礎	経年劣化	I 期 1998.9~ 2000.7 II 期 2001.2~ 2003.4	・経年約60年の水車・発電機の取替工事を実施。 ・設備の簡素化と保守の省力化を図るため,発電機基礎を既 設の二床式からパレル式に変更。	・工期・断水期間,取替費用に係る経済性および保守省力化 を考慮した発電所基礎構造の決定。 ・施工中の振動管理。(発電所基礎取壊し時における配電盤 室内の保護継電器誤動作防止を目的とした振動管理を実 施)	工事計画 工法	電力土木2003.3
電土 62	広島県/ 中国電力	うちなし 打梨	1939	立岩ダム洪水吐ゲ ート取替工事	洪水吐ゲート	経年劣化	1999.10~ 2004.6	・経年約60年の洪水吐ゲート(鋼製ラジアルゲート(純径間: 5.8m,扉高:4.8m),全6門)の取替工事を実施。	・現場施工期間(河川区域内工事)に制約を受けた施工。	工法	電力土木2001.5
電土 63	広島県/ 中国電力	しんたいしやかわ 新帝釈川	1924	新帝釈川発電所新 設工事	ダム,取水口,導水路, サージタンク,水圧管 路,発電所,放水路・ 放水口	経年劣化 水資源の有効活用	2003.6~ 2006.6	・経年約80年の既設帝釈川ダムの保全対策工事(洪水処理 能力の向上(720m ³ /s→1,610m ³ /s),構造上の補強(既設堤体 下流面にコンクリート打ち増し)を実施。 ・現帝釈川ダムの未利用落差(最大約35m)の有効活用を図る ため,圧力導水路を有するダム水路式の発電所(最大使用水 量:10.0m ³ /s,最大出力:11,000kW)を新設。 ・既設帝釈発電所は帝釈川支川(福樹川)からの取水のみとし 規模縮小。(最大使用水量:5.7m ³ /s→3.1m ³ /s,最大出力: 4,400kW→2,400kW)	・自然環境との調和。(ダム・貯水池周辺は比婆・道後・帝釈 国定公園第1種特別地域および国指定の名勝(帝釈川に谷) に指定,貴重動植物の保護,景観設計の実施(専門家指導の 下)) ・地元観光事業に配慮した施工。(工事期間中,貯水池内を 遊覧船が安全に航行できる水位の設定)	環境 工事計画	電力土木2004.1 電力土木2006.1 電力土木2006.3 電力土木2006.7 電力土木2006.9
電土 64	広島県/ 中国電力	しもやま 下山	1934	水車・発電機取替工 事, 余水路安全対策工 事	水槽,余水路(減勢 工),発電所基礎	経年劣化	2004.10~ 2005.12	・経年約70年の水車・発電機の取替工事を実施。 ・滝山川発電所運開(昭和34年運開)後,発電規模に対して流 量が少なく,設備利用率の低い発電所として存続してきたた め,最も経済的な規模(最大使用水量:14.32m ³ /s→5.0m ³ /s) に見直し(水車・発電機:2台→1台)。 ・発電機急停止(負荷遮断)時の余水を減勢して河川へ放流 する余水路安全対策工事を実施。	・既設設備を流用した余水路構造の決定。 ・複合課題の解決。(老朽化,余水路の安全性)	工事計画 安全	電力土木2006.5

①番号	②都道府県/事業者	③発電所	④発電所運開年	⑤工事件名	⑥対象土木設備	⑦更新要因	⑧施工時期	⑨施工概要	⑩高度な検討・課題	⑪課題分類	⑫バックデータ
電土 65	広島県/ 中国電力	きみた 君田	1941	沓ヶ原ダム洪水吐 ゲート改修工事	洪水吐ゲート	経年劣化	2005.10～ 2007.4	・経年約60年の洪水吐ゲート(ストーンゲート(純径間:8.7m, 扉高:3.2m),全4門)の改修工事を実施。 ・機能維持,信頼性向上と工事費低減の観点から既設扉体を 流用した必要最小範囲の取替改修(扉体中央部:既設流用, 扉体端部:取替)を実施。	・部材健全性を考慮した改修範囲の決定。	工事計画	電力土木2006.3
電土 66	鳥取県/ 中国電力	かわひら 川平 だいに 第二	1931	川平第二発電所新 設工事	取水口,水槽,水圧管 路,発電所,放水路	水資源の有効活用	2006.2～ 2006.9	・RPS法施行(平成15年4月施行)後に同法対象設備として開 発計画を開始した初めての水力発電所。 ・既設発電所(川平発電所)の発電可能流量以下の河川水を 有効利用する目的で開発した小流量・低落差の発電所(最 大出力:120kW,最大使用水量:1.63m ³ /s,有効落差:9.27 m)であり,水車発電機として水中タービン発電機を採用した 新しいタイプの発電所。	・経済性を考慮した水路レイアウトおよび水車発電機形式の 選定。	工事計画	電力土木2007.5
電土 67	広島県/ 中国電力	どい 土居	1938	水車・発電機取替工 事	発電所基礎	経年劣化	2008.7～ 2010.6	・経年約70年の水車・発電機の取替工事を実施。 ・既設設備を極力利用し,経済性と保守省力化の観点から水 車・発電機を2台から1台(両掛水車採用)に統合するとともに 機器の総合効率アップにより発電出力を200kW増加。 (8,000kW⇒8,200kW)	・工期・断水期間,取替費用に係る経済性および保守省力化 を考慮した水車形式の決定。 ・発電所基礎取壊し時における配電盤室内の保護継電器誤 動作防止を目的とした振動管理を実施。 ・水車形式変更に伴う既設水圧鉄管管胴本体への振動影響 調査を実施。(悪影響を及ぼす振動が発生しないことを確認)	工事計画 工法 調査・設計	電力土木2010.11
電土 68	岡山県/ 中国電力	しんなりはかわ 新成羽川	1968	取水口スクリーン取 替工事	取水口(スクリーン)	経年劣化	2010.7～ 2011.5	・経年約40年の取水口スクリーン(鋼製籠型固定スクリーン (幅:9.0m,垂直高:17.2m(1号),16.0m(2～4号)),全4連)の取 替工事を実施。	・スクリーン周辺の水理状態数値解析結果およびスクリーン 振動測定結果を踏まえた不具合(脱落・亀裂・破断)原因の究 明(カルマン渦による材料疲労等),部材仕様の決定(剛性向 上)。	工事計画	電力土木2012.1
電土 69	広島県/ 中国電力	かんのせ 神野瀬	1949	高暮ダム洪水吐ゲ ート取替工事	洪水吐ゲート	経年劣化	2013.6～ 2018.9 (予定)	・経年約60年の洪水吐ゲート(鋼製ラジアルゲート(純径間: 8.0m,扉高:5.5m),全5門)の取替工事を実施。	・現地状況に応じた資機材揚重設備の適応性検討(移動式ク レーンを採用),仮設構台(堤体上)施工方法の決定。 ・現場施工期間(河川区域内工事)に制約を受けた施工。	工事計画 工法	電力土木2013.11
電土 70	広島県/ 中国電力	おたがわ 太田川	1962	災害復旧対策工事	水槽,余水路,放水路	災害復旧	2014.8～ 2016.9	・平成26年8月19日～20日に発生した集中豪雨とこれによる 大規模な土石流により設備被害が発生したため,復旧対策工 事を実施。 ・発電再開に最低限必要となる水槽・余水路・放水路の復旧, 水槽・余水路の閉塞防止対策(蓋工(水槽坑門壁から下流 21mの範囲))を実施。 ・発電再開後の設備の安全確保に資する水槽周辺地山補強 (コンクリート擁壁,法枠+鉄筋挿入)を実施。	・水槽・余水路閉塞防止対策。(経済性および工期短縮を考 慮した工法の検討(蓋工を採用)) ・仮設備計画策定。(施工性および工期短縮を考慮した工事 用道路の検討(仮設栈橋を採用)) ・二次災害防止対策。(警報装置・防護施設の設置)	工事計画 安全	電力土木2016.3
電土 71	徳島県/ 四国電力	まつおがわ 松尾川 はいち 第一	1953	水圧鉄管取替工事	水圧管路	経年劣化	2002.11～ 2005.5	・1953(S28)年の竣工以降,老朽劣化が進行したため,水圧鉄 管の取替を実施。 ・取替範囲は,全長1,097mのうち,水槽下流の内張管を除く, 露出管(1,080m)全線。 ・高標高(EL482～834m)にあり,冬季の積雪や狭隘で長大 な急傾斜地等で非常に厳しい施工環境。 ・地質的に安定し,既設構造物(固定台の一部)の効率的な 活用が可能な既設ルートでの取替を実施。 ・ケーブルクレーン(4基6条)およびインクライン(2基)による 旧設備の撤去,新設据付,資機材運搬を実施。	・健全な地表面以下の固定台コンクリートの流用。 ・支承方式の変更による固定台の小型化・省略。 ・二重管工法の採用によるコンクリート工事数量減。 ・損失低減・外形の小型化が可能な内部補強型分岐管の採 用。 ※二重管の固定方法について特許取得済み。 【第4713898号】	工事計画 調査・設計 工法 工期	電力土木2005.3 水門鉄管N0.222
電土 72	高知県/ 四国電力	つが 津賀	1944	津賀ダムゲート取替 工事	洪水吐ゲート	経年劣化	2003.6～ 2009.6	・1950(S25)年のダム竣工以降,老朽劣化が進行したため,10 門の洪水吐(鋼製ラジアル)ゲートの取替を実施。 ・ゲート取替は,渇水期(11～4月)に行い,施工効率などを考 慮のうえ,工期を6期に分割。 ・30t級クレーンの採用による工期短縮を図るため,ゲート取替 に先立ち,通路橋を取替。 ・取替範囲の最小化を図るため,経年が比較的新しい巻上機 (開閉装置)については既設流用。 ・信頼度の高いアンカレッジ構築などを目的としたピアコンク リートの挙動計測管理を実施。	・構造的・保守性に優れるゲート型式への変更。 (門型→π型) ・信頼性に優れるアンカレッジの型式への変更。 (テンションビーム支圧板方式→PCアンカー中間支圧板方式) ・取替ゲート及び隣接ゲート前面への仮締切を設置。 (出水による作業中断の防止,工事中の減電抑制) ・強度が不均一なピアコンクリートの施工時の挙動評価。 (光ファイバセンサによる広範のひずみ計測)	工事計画 調査・設計 工法 その他	電力土木2005.3 水門鉄管N0.220
電土 73	徳島県/ 四国電力	きりこし 切越	1931	余水放流設備設置 工事	余水路	災害リスク低減 効率化・運用見直し	2003.9～ 2004.7	・発電所トリップ時における余水放流方法について,従来のダ ム洪水吐による放流方法から,水車をバイパスして発電時と変 わることなく河川に放流可能な余水放流設備(バルブ,余水 管,減勢槽)を新設。 ・過去実施の水車発電機改良工事(2台→1台)にて,未使用 となった水圧鉄管(分岐部で切断・閉塞)と放水路(コンクリ ート等で閉塞)については流用し,既設発電所建屋内に上記設 備を設置。	・減勢箱付フィクストコーンバルブを用いた減勢方式の採用 による減勢池スペースの縮小。 ・旧水車・発電機,放水路の空きスペースの活用。 ・水理模型実験による放流設備の最適形状,減勢効果の確 認・詳細検討。 ・工事完成後の現地試験試験による減勢効果や騒音・振動 値の確認。	工事計画 調査・設計 検査	電力土木2005.3

①番号	②都道府県/事業者	③発電所	④発電所運開年	⑤工事件名	⑥対象土木設備	⑦更新要因	⑧施工時期	⑨施工概要	⑩高度な検討・課題	⑪課題分類	⑫バックデータ
電土 74	高知県/ 四国電力	かえ 加枝	1941	加枝ダムゲート取替 工事	洪水吐ゲート	経年劣化	2004.6～ 2005.8	・1940(S15)年のダム竣工以降、老朽劣化が進行したため、4門の洪水吐(鋼製ローラー)ゲートの取替を実施。 ・ゲート取替は、1シーズンの渇水期(11～4月)で実施。 ・取替範囲の最小化を図るため、経年が比較的新しい巻上機(開閉装置)については既設流用。	・既設開閉装置他の流用による取替範囲の縮小。 ・出水を考慮した組立架台、運搬設備等の適用。 ・扉体ブロック割りによる施工の効率化。 ・スキンプレートへのステンレスクラッド鋼の採用による維持管理費の低減。	工事計画 調査・設計 材料	電力土木2006.1 水門鉄管No.225
電土 75	高知県/ 四国電力	ぶんすい 分水 たいいち 第四	1950	余水路改良工事	余水路	災害リスク低減	2004.11～ 2005.12	・発電所トリップ時における余水放流については、従来のサイフォン余水吐を通じて水槽近傍の沢へ放流していた。 ・既設のサイフォン余水吐を極力流用し、その下流斜面、国道等を開削して余水管で連結し、衝撃型の減勢工を経て、既設放水路内へ接続する余水路を新設する恒久的な保安対策工事を実施。	・既設サイフォン余水吐の放流能力検証。 (最大運転時における発電所急停止試験の実施) ・余水路の最適設計の実施・検証。 (水理模型実験による余水路内水面形の確認・衝撃型減勢工の基本設計見直し) (工事完了後における現地実証試験の実施) ・急傾斜地での余水路設置部の切取工事への高所法面掘削機の採用による作業安全性の確保。	工事計画 調査・設計 安全 検査	電力土木2006.7
電土 76	愛媛県/ 四国電力	おもこ 面河 たいいち 第一	1928	水槽改良工事	水槽	経年劣化 災害リスク低減 効率化・運用見直し	2005.7～ 2006.3	・1928(S3)年の運転開始以降、老朽劣化が進行するとともに、2001(H13)年に発生した芸予地震の影響により漏水が増加したことから、水槽の改築を実施。 ・改築にあたっては、必要容量を再評価し、既設の3割程度の容量へと小型化。	・発電所の運用ルールから必要な水槽容量の再評価。 ・既設設備の最大限の流用。 ・水槽小型化に伴う水面変動・偏流の抑制。 (水槽の機能性を確保できるレイアウトの決定)	調査・設計 運用	電力土木2007.3
電土 77	高知県/ 四国電力	ながさわ 長沢	1949	長沢貯水池 遮水シート設置工事	遮水シート(濁水対策フェンス)	環境対応	2005.2～ 2005.3	・貯水池にフロートから懸垂させた不透水性の遮水シート(フェンス)を設置し、ダム貯水池の濁水長期化の軽減(洪水時におけるフェンス下流表層部の清水層保持、流入濁度の早期排出)をはかる。	・最適なフェンス仕様の決定。 (水理模型実験に基づく設計手法の確立) ※濁水対策用のフェンスの設置位置の評価方法及びその評価方法を用いた濁水対策用のフェンスの設置方法について特許取得済み。【第4861203号】	調査・設計 工法 運用	電力土木2007.5 電気評論2013.11
電土 78	高知県/ 四国電力	ゆすはらがわ 榑原川 たいせん 第三	1930	発電所改良工事	導水路,水圧管路,余水路,発電所	経年劣化 効率化・運用見直し 環境対応	2005.9～ 2008.3	・発電所改良(リフレッシュ)工事として、水圧鉄管・余水路の取替,余水路減勢工の設置,導水路トンネル覆工背面空洞の裏込注入,水車・発電機の取替,発電所敷地嵩上げ・建屋建替えを実施。 ・水圧鉄管については、既設のリベット管からFRPM管に取替。 ・導水路トンネル覆工背面空洞については、フライアッシュを多量に使用した長距離圧送裏込注入材(当工事で開発)を活用。 ・最大出力2,580→2,800kW(使用水量は変更なし)	・メンテナンス・ミニマムの指向。 (既設リベット管からFRPM管への取替) (既設リベット余水管からRC余水路への取替) (水圧管路の支持形式として既設管路床を流用した連続基礎サドル形式を採用) ・フライアッシュを使用した長距離圧送性,充填性,水中不分離性等に優れた裏込注入材の開発。 ・高知県要望により、四万十川条例(当時,制定準備中)に準じて発電所護岸(自然石を張り付けた石張り)や建屋,外柵等の塗装など,景観面への配慮。	工事計画 調査・設計 環境 材料	電力土木2007.11 電力土木2008.3 水門鉄管N0.235 電気評論2008.1
電土 79	徳島県/ 四国電力	まつおがわ 松尾川 たいいち 第一	1953	松尾川ダム 河川維持放流設備 設置工事	サイフォン式放流設備 (ダム注水口への増設)	環境対応	2012.4～ 2013.1	・当発電所(ガイドライン対象発電所)は、2012(H24)年3月の水利権更新を機に、河川維持流量の放流を開始。 ・既設注水口より導水するサイフォン方式の放流設備を新設。	・ダム改造を伴わない放流方法の選定。 (サイフォン方式の採用) (各種設備の配置と仕様決定) ・ダム背面における高所・急傾斜地での作業安全性確保。 (資機材運搬方法の工夫)	調査・設計 工事計画 安全	電力土木2014.1
電土 80	高知県/ 四国電力	ぶんすい 分水 たいいち 第一	1940	発電所改良工事	水圧管路,発電所,放水路,周辺トンネル	経年劣化 災害リスク低減 効率化・運用見直し	2013.4～ 2017.4	・1940(S15)年の運転開始後70年以上が経過し、主要設備の更新時期を迎えている。また、発電所背後斜面においては、建設当初から地すべりに起因する設備異常が生じており、近年の降雨特性の変化に伴う設備損壊リスクが高まっていることを踏まえ、2013(H25)年4月より、現在地上にある発電所,水圧管路の一部,送電線開閉設備等を地下に移設し、設備更新を行う改良工事に着手。 ・土木工事としては、地下発電所(弾頭形;H33m×B18m×L54m),放水路(190m),周辺トンネル(進入路や水圧管路坑など)の構築,水圧鉄管の据付などを実施。 ・最大出力26,600→29,900kW(使用水量は変更なし)	・全体レイアウト決定,地下発電所の支保設計等のための詳細な地質調査の実施。 ・事例が少ない変形・強度異方性を強く示す片岩地帯での大規模地下空洞の構築。 (岩盤の挙動に関する予測解析,計測管理の実施) (計測管理等に基づく施工段階での支保の見直し) ・発破掘削による既設発電所の運転や周辺への影響評価。 (発破振動や背後斜面地すべり挙動に関する計測管理) ・狭隘な作業坑内における水圧管路立坑(約100m)の掘削・支保および管路内への水圧鉄管の据付。	工事計画 調査・設計 工法 環境 安全 その他	電力土木2014.1 電力土木2016.3 第42回岩盤力学に関するシンポジウム講演集(2013)
電土 81	熊本県/ 九州電力	しんこうき 新甲佐	1951	新甲佐発電所新設 工事	取水口,導水路,水槽,余水路,放水路,水圧管路,発電所	経年劣化 水資源有効活用	2012.5～ 2019.8 (予定)	・経年61年の既設発電所の最大使用水量を増量(19.3→35.0m ³ /s)し,再開発。(最大出力3,900→7,200kW)	・供給力確保の観点から既設発電所を可能な限り運転した状態での施工,既設導水路との近接施工等。 ・コスト低減。 ・複合課題の解決。(経年劣化,余水路の安全性,発電所の浸水対策等)	工事計画 運用	電力土木 2014.7,2015.9
電土 82	鹿児島県/ 九州電力	しんおんがわ 新名音川	1956	新名音川発電所新設 工事	沈砂池,水槽,導水路,水圧管路,発電所	経年劣化 水資源有効活用	2014.9～ 2016.6	・経年58年の既設発電所の最大水量を増量(0.138→0.600m ³ /s)し,再開発。(最大出力65→370kW)	・希少動植物の保全。 ・動物咬傷(ハブ)対策。 ・アクセス道路なし。	環境	電力土木 2016.1
電土 83	熊本県/ 九州電力	かわべがわ 川辺川 たいいち 第一	1937	川辺川第一発電所 取水設備等復旧工 事	取水堰,魚道,取水口	災害復旧 災害リスク低減	2008.7～ 2012.5	・梅雨前線に伴う出水時のゲート放流中に破損した,河川内破損物撤去,破損部及び周辺設備への被害拡大防止工事,設備全体への本復旧工事。	・原因究明,被害拡大の防止。 ・当社初の事象に対し,手探りででの対応。 ・限られた工期,安全と効率を追求した河川内工事。	工事計画	NEF実務研修会 2013.2 ・電力土木 2010.3

①番号	②都道府県/事業者	③発電所	④発電所運開年	⑤工事件名	⑥対象土木設備	⑦更新要因	⑧施工時期	⑨施工概要	⑩高度な検討・課題	⑪課題分類	⑫バックデータ
電土 84	宮崎県/ 九州電力	もろづか 諸塚	1961	諸塚ダム基礎排水孔 機能改善工事	ダム	経年劣化	2013.1～ 2013.8	・ダム既存排水孔のリボリング及び新規ボーリング(新規排水孔の追加)による揚圧力の低減。	・ダム監査廊内での工事。 ・最適な対策工法の選定。	工法	電力土木 2014.11
電土 85	宮崎県/ 九州電力	しんすげばる 新菅原	1958	西畑ダム改造工事	ダム	災害復旧 災害リスク低減	2012.11～ 2017.2	・H19年8月台風5号による記録的豪雨によりダム管理所等が被災したため、既設洪水吐ゲートを撤去し、ゲートレス化。	・設備面の課題である放流能力の確保、遮水壁の安定性の確保、運用面のゲート放流操作性等ダム管理運用の改善。	工事計画	電力土木 2013.5
電土 86	大分県/ 九州電力	はた 畑	1918	山下池ダム復旧工事	ダム	災害復旧 災害リスク低減	2006.11～ 2007.10	・H17年9月台風14号により堤体背面一部に表層すべりが発生したため、ローダム化。	・雨水浸透による浸潤線の堤体下流側法先への浸出防止、下流法面の安定性向上。	工事計画	電力土木 2008.5
電土 87	宮崎県/ 九州電力	つかばる 塚原	1938	塚原発電所総合更 新工事	水圧管路,発電所,放 水路,放水口	経年劣化 災害リスク低減	2014.5～ 2020.3 (予定)	・経年76年の既設発電所の更新及び発電所浸水リスク低減の工事。	・複数の民家や公道に隣接している等、非常に狭隘な場所での施工。 ・既設発電所を運転継続しながらの施工。 ・国道下の大断面トンネル、支流の地下を横断する小土被りのトンネル施工等高座な技術。	工事計画 運用	電力土木 2014.7
電土 88	宮崎県/ 九州電力	やますばる 山須原	1932	山須原ダム改造工事	ダム	災害リスク低減	2011.9～ 2022.5 (予定)	・既設の洪水吐ゲートに通砂機能を付加することを目的とし、既設ダム越流天端を切り下げ、大型洪水吐を設置するダム改造工事。	・前例のない工事。 ・発電とダム運用を継続しながらの工事。 (工事中の河川水迂回及び出水時の通水性確保ができる転流工、仮締切設置・運用) ・ダム前面への大量の埋設流木対応。	工事計画 工法 運用	電力土木 2012.9
電土 89	宮崎県/ 九州電力	さいごう 西郷	1929	西郷ダム改造工事	ダム	災害リスク低減	2011.9～ 2018.5 (予定)	・既設の洪水吐ゲートに通砂機能を付加することを目的とし、既設ダム越流天端を切り下げ、大型洪水吐を設置するダム改造工事。	・前例のない工事。 ・発電とダム運用を継続しながらの工事。 (工事中の河川水迂回及び出水時の通水性確保ができる転流工、仮締切設置・運用)	工事計画 工法 運用	電力土木 2012.9,2013.7, 2013.9
電土 90	鹿児島県/ 電源開発	せんだいがわ 川内川 たいいち 第一	1965	鶴田ダム再開発事業	ダム,放流管,減勢工 取水口,水圧管路	治水協力	2011～ 2018 (予定)	・夏期の利水容量及び死水容量を洪水調節容量に振り替え、洪水調節容量を最大1.3倍に増強。(75,000千m ³ →98,000千m ³) ・放流管3条の新設,発電管2条の付替に伴い,ダム堤体に合計5本の堤体削孔を実施。	・ダムを運用しながらの施工。 ・狭隘な箇所での近接施工:複数関係者との密な工程調整。 ・不確定要素の多い大深度水中施工,工程遅延及びコスト増。 → 浮体式仮締切の開発。	工法 工事計画	ダム技術2015.11
電土 91	北海道/ 電源開発	くつたり	2015	くつたり発電所新設 工事	河川維持流量放流 設備	水資源の有効活用	2013.10～ 2015.3	・「再生可能エネルギー特別措置法」による設備認定事例。 ・既設河川維持流量放流設備(夏期:4m ³ /s,冬期:2m ³ /s)を改造し,最大使用水量4.4m ³ /s,最大出力470kWの発電所を新設。	・改造範囲の最小化,既存設備の最大活用等。	工事計画 調査・設計	電力土木2015.07 電力土木2013.11
電土 92	岩手県/ 電源開発	いさわ たいいち 胆沢第一	1954	胆沢第一発電所・第 三発電所新設工事	連絡トンネル,水圧管 路(専用部),発電所 及び放水路	治水協力	2011.2～ 2014.7	・胆沢ダム建設に伴い,既設発電所が取水するダム及び取水設備が水没するため,既設の発電所は廃止し,胆沢ダム直下に発電所を新設。	・仮排水路トンネルの有効利用による建設工事費の低減。 ・狭隘な現場条件による複数関係者との工事間調整。(国,県,JP)	工事計画	電力土木2014.07 電力土木2012.09
電土 93	栃木県/ 電源開発	ぬまばら 沼原	1973	沼原ダム アスファ ルト表面遮水壁補修工 事	ダム (アスファルト表面遮 水壁型フィルダム)	災害復旧	2011.4～ 2011.6	・H23.3.11の東北地方太平洋地震により,沼原ダムのアスファルト表面遮水壁にクラックが発生し,ダム湖貯水からの漏水量が増加したため水位低下及び発電運用停止。(3月～7月) ・クラック補修は,アスファルト合材によるオーバーレイ。	・アスファルト合材によるオーバーレイ補修。 ・自然条件に伴う緊急時の調査が不可能。(水雪の影響等) ・長期モニタリングや暴露供試体による補修部の評価。(継続監視中)	材料 調査・設計	電力土木2012.11
電土 94	三重県/ 電源開発	おわせ たいいち 尾鷲第一	1962	調圧水槽耐震補強 工事	調圧水槽 (内径7.0m,高さ 72.75m)	災害リスク低減	2011.1～ 2011.11	・東海・東南海・南海地震発生時に対する調圧水槽の耐震補強として,タンク外面に補強コンクリートと補強繊維材の巻立てを実施。	・アクセス路のない狭隘かつ高所という工事条件。 →資機材運搬 :ヘリ輸送及びモノレールの複合利用 Co打設 :長距離超高压ポンプ打設の採用	工事計画	電力土木2012.07
電土 95	奈良県/ 電源開発	にしよしの 西吉野 たいいち 第一	1956	・阪本取水設備耐震 補強他工事 ・阪本取水口表面取 水設備設置工事	取水口	災害リスク低減 環境対応	2008.11～ 2011.5	・取水口の耐震補強(ストラット工・グラウトアンカー工・間詰コンクリート工・腹付コンクリート工)の実施。 ・濁水軽減対策として,既設戸当りを撤去し,新たに表面取水設備を設置。	・取水塔内および取水塔周辺の狭隘作業環境。 ・工期,貯水池水位制約等の作業条件。 ・台風による出水の影響等により1年間の工期延伸。	工期 工事計画	電力土木2011.09
電土 96	奈良県/ 電源開発	とつがわ 十津川 たいいち 第一	1960	野尻水路橋耐震補 強工事	水路橋	災害リスク低減	2009.10～ 2010.2	・風屋ダムから取水した水を十津川第一発電所へ導水する水路橋(長さ217m,鋼製管内径4.2m)の耐震補強工事。 1)ランガー桁 :鋼板及び高力ボルトによる補強 2)リングガーダ :補剛材,鋼板による補強 3)ランガー桁吊材:高強度の吊材へ取替え 4)支承取付ボルト:高強度ボルトへ取替え	・水路管抜水期間中の施工。(11/20～翌1/25) ・ランガー桁吊材取替え時のモニタリング管理(仮吊材への荷重,水路管に生じる変位量)を実施しながらの施工。	工事計画 調査・設計	電力土木2011.01
電土 97	奈良県/ 電源開発	にしよしの 西吉野 たいいち 第二	1955	清流バイパス工事	調整池,バイパス水 路	環境対応	2007.10～ 2009.4	・上流側の猿谷貯水池(国・当社の共有)の濁水長期化問題を軽減するため,下流減水区間に清流バイパス(管内径φ400,延長約400m,高低差約8m,放流量0.3m ³ /s)を設置。 ・掘削は,1次掘削(φ311mm,φ251mm)および2次掘削(φ610mm)を経て管路を設置。	・地盤不確定要素に伴う掘削工程遅延。(当初24日に対して,約100日延伸)	調査・設計	電力土木2009.07
電土 98	北海道/ 電源開発	ぬかびら 糠平	1956	水車発電機一括更 新工事	発電所	経年劣化	2006.6～ 2009.12	・運転開始以来50年が経過し,老朽化が進んだ水車発電機の一括更新事例。 ・約6%の発電効率向上。(42,000kW→44,200kW) ・発電機周りのコンクリートの取り壊し及び復旧工事。	・鉄筋,配管類等の埋設物を考慮した取壊し,復旧工法検討。 ・スラブコンクリートの復旧では,既設鉄筋を流用する予定であったが,想定した鉄筋径よりも小さいことが判明し,設計変更を実施。 ・施工中のモニタリング管理。(振動測定,外壁の変位計測,水圧鉄管表面温度)	工事計画 調査・設計	電力土木2007.11

①番号	②都道府県/事業者	③発電所	④発電所運開年	⑤工事件名	⑥対象土木設備	⑦更新要因	⑧施工時期	⑨施工概要	⑩高度な検討・課題	⑪課題分類	⑫バックデータ
電土 99	福島県/ 電源開発	たごくら 田子倉	1959	水車発電機一括更新工事	発電所	経年劣化	2004.11～ 2002.06	<ul style="list-style-type: none"> ・運転開始以来50年が経過し、老朽化が進んだ水車発電機の一括更新事例。 ・発電効率向上。(380MW→400MW) ・全4機の水車・発電機の設備更新。 ・既設ケーシングの大部分を流用することで、更新範囲の最小化、廃棄物量の低減、工程短縮およびコスト低減。 	<ul style="list-style-type: none"> ・狭隘な作業条件における施工。 ・工期短縮、廃棄物量低減のため、ケーシングの内側のみを取替。 	工事計画 工法	電力土木2008.07 電力土木2006.07 電力土木2005.09
電土 100	福島県/ 電源開発	たき 滝	1961	滝発電所災害復旧工事	取水口、ケーシング、ドラフト、放水庭	災害復旧	2011.8～ 2014.9	<ul style="list-style-type: none"> ・豪雨の被害による災害復旧事例。(取放水口への土砂流入、発電所冠水による電源喪失等) ・土砂排除。(取水口・ケーシング・ドラフト・放水庭) ・発電所冠水対策。(ケーブルダクト貫通孔への樹脂材挿入、仕切り扉の防水扉化、電源・機器の移動等) 	<ul style="list-style-type: none"> ・施工。(ドラフト内堆積土砂撤去、支障物の存在など) ・自然条件による制約。(融雪・夏季出水) 	工事計画	電力土木2016.01
電土 101	福井県/ 電源開発	たに このき谷	1968	このき谷発電所新設工事	ダム、取水口、水圧管路、発電所、放水路	水資源の有効活用	2014.10～ 2016.11	<ul style="list-style-type: none"> ・九頭竜ダムの周辺取水ダムから九頭竜ダム貯水池に注水している此ノ木谷取水口地点の有休落差を活用し、最大出力199Wの小水力発電所を新設。 ・「再生可能エネルギー特別措置法」による設備認定事例。 	<ul style="list-style-type: none"> ・九頭竜ダムの周辺取水ダムから九頭竜貯水池への注水を継続しながらの施工。 ・狭隘な作業条件における施工。 	工事計画	電力土木2016.05
公営 1	神奈川県/ 神奈川県 企業庁	ついで 津久井	1943	津久井導水路改修工事ほか	導水路	経年劣化	2005.5～ 2014.1	<ul style="list-style-type: none"> ・平成21年度から23年度にかけ、優先順位が高い区間(平成21年度L=22.5m,平成22年度L=48.0m,平成23年度L=52.5m)においてコンクリート巻き立て工事を実施。 ・平成24年度、25年度には、導水路背面の空隙のグラウト充填、クラック補修及びダクタイル鋳鉄製の鋼板巻き立てによる補修を実施。(平成24年度上流側3,000m区間,平成25年度下流側3,300m区間を施工) 	<ul style="list-style-type: none"> ・断水期間の短縮を図るうえで必要となる、資機材搬入口設置の検討をし、平成18年度、平成19年度の2か年を掛け、資機材搬入用の立坑を設置。 ・当施設は、県内の水需要を支える重要な取水施設でもあることから、想定される最大規模の地震(レベル2地震動)に対する耐震補強を実施。 	工事計画 材料	土木学会 第65回年 次学術講演会 (平成22年9月)
公営 2	山梨県/ 山梨県 企業局	ゆのき 柚ノ木	1975	藤木調整池改修工事	調整池	経年劣化	2014.10～ 2015.8	<ul style="list-style-type: none"> ・本調整池はアスファルト表面遮水型のプール式池であり、供用を開始してから37年以上経過している。毎年軽微な維持・補修工事を実施しているが、既設アスファルトにクラックの延伸・プリスタリングの発生等のアスファルト遮水壁の劣化が見られることから、本工事ではアスファルト表面遮水壁t=8cmのうち5cmを小型切削機にて切削し、水工密粒度アスファルト混合物を舗設する切削オーバーレイ工を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> ・斜面上での作業機械保持の問題はウインチで施工機械サポートする場合、ウインチの巻上げ、巻下げ操作に機械の施工速度が依存するため、微調整が難しい。 ・施工機械重量の斜面分力と同等の反力を保持する「定張力サポートシステム」を開発し、サブウインチポータに搭載。これにより、水平な場所と同様に施工が可能となり、斜面を下る方向に施工を行う小型切削機や切削作業後の清掃を行う小型スライパのサポートに応用し、品質向上や工期短縮などに寄与。また、メインウインチポータで支持された斜面用アスファルトフィニッシャは、オペレータや発電機、ガスボンベ等が転がり落ちない様に斜面上で水平を保てるような構造とし、安全な作業を行える工夫を実施。 	工法	山梨県企業局 内部資料
NEF 1	群馬県/ 群馬県 企業局	あずま たいに 第二	2006	東第二発電所の計画、設計及び施工	水圧管路、発電所、放水路	水資源の有効活用	2004.11～ 2006.9	<ul style="list-style-type: none"> ・既設ダムの河川維持流量を活用した小水力発電計画。 ・水圧管路:L=89.63m,1条,φ450～250mm ・放水路:L=15.2m,幅1.50m×高さ1.64m 	<ul style="list-style-type: none"> ・貯水位が変動する発電計画であることから、運転パターンを3ケース設定(①開度調節による流量一定制御,②最低水位で維持流量を確保する開度一定制御,③開度一定制御・出力一定制御の併用)し、比較検討した結果、既設発電所の減電量が最も少ない、開度調節による流量一定制御の運転パターンを採用。 	調査・設計	NEF実務研修会 H17年度1回目
NEF 2	神奈川県/ 神奈川県 企業庁	どうし 道志ダム	2006	道志ダム維持流量発電所の計画、設計及び施工	水圧管路、発電所、放水路	水資源の有効活用	2005.7～ 2006.12	<ul style="list-style-type: none"> ・既設ダムの河川維持流量を活用した小水力発電計画。 ・水圧管路:L=27.956m,1条,φ400mm ・放水路:L=4.381m,幅1.80m×高さ1.50～2.50m 	<ul style="list-style-type: none"> ・通水量が少ない(0.4m³/s)ことを考慮し、トンネル施工方法について、山岳工法と岩盤推進工法との比較検討を行った結果、必要最小断面での施工が可能であり、接続する導水路への影響も軽減できる岩盤推進工法を採用。 	工法	NEF実務研修会 H17年度3回目
NEF 3	神奈川県/ 東京発電	こうほくはいすい 港北配水 ちしょうすいりょく 池小水力	2006	港北配水池小水力発電所の計画、設計及び施工	発電所	水資源の有効活用	2006.11～ 2007.3	<ul style="list-style-type: none"> ・横浜市の既設水道設備の未利用エネルギーを利用した小水力発電所の開発。(水道事業者が公募により発電事業者を選定し開発を行った事例) 	<ul style="list-style-type: none"> ・水力発電により本来の送水業務に影響を与えないこと。 	工事計画	NEF実務研修会 H19年度1回目
NEF 4	三重県/ 三重県 企業庁 (中部電力に移 管済み)	なが 長	1954	三瀬谷・長発電所災害復旧工事の計画、設計及び施工	発電所基礎、水圧管路	災害復旧	2005.12～ 2008.3	<ul style="list-style-type: none"> ・台風に伴う災害復旧工事。 ・既設発電所撤去、新設発電所構築。 ・水圧管路(一部既設流用)L=102.757m内新設鉄管3.2m, ・放水路L=14.5m 	<ul style="list-style-type: none"> ・川側の既設建屋の側壁及び護岸擁壁を残置し、工事中の洪水に対する締切工として利用。 ・既設建造物の解体及び撤去は、ワイヤーソー、バックホー、静的破砕剤、ブレーカー及びウォータージェットにより実施。 	工事計画 工法	NEF実務研修会 H19年度2回目
NEF 5	群馬県/ 群馬県 企業局	こざかし 小坂子	2008	小坂子発電所の計画、設計及び施工	取水設備、水圧管路、発電基礎、放水路	水資源の有効活用	2007.8～ 2008.2	<ul style="list-style-type: none"> ・既設水道設備の未利用エネルギーを利用した発電所再開発。 ・水圧鉄管:延長6.416m ・発電所:地下式コンクリート造 ・放水路:延長9.812m 	<ul style="list-style-type: none"> ・矢板の打ち込みは地質上高価になることから、発電所位置を変更し、既設擁壁から離隔距離を確保することで、土留め仮設を不要とするオープン掘削での施工。 	工法	NEF実務研修会 H20年度1回目

①番号	②都道府県/事業者	③発電所	④発電所運開年	⑤工事件名	⑥対象土木設備	⑦更新要因	⑧施工時期	⑨施工概要	⑩高度な検討・課題	⑪課題分類	⑫バックデータ
NEF 6	茨城県/ 東京発電	いしおかだいいち 石岡第一	1991	石岡第一発電所改 修工事の計画、設計 及び施工	水圧管路	効率化・運用見直し	2007.10～ 2008.3	・水圧鉄管Y分岐間撤去。水圧鉄管取替とアンカーブロック の再構築。	・水車発電機が2台から1台に変更になることから、既設のY分 岐を流用する案とY分岐を撤去する案を比較し、イニシャルコ ストがかかるが、増電となるY分岐撤去案を採用。	調査・設計	NEF実務研修会 H20年度2回目
NEF 7	栃木県/ 栃木県 企業局	こあみ 小網	2007	小網発電所の計画、 設計及び施工	導水路、水圧管路、発 電所基礎、放水路	水資源の有効活用	2006.9～ 2007.11	・既設ダム維持流量を有効活用するための発電所再開発。 ・導水路：圧力トンネル1250.7m ・水圧鉄管：コンクリート埋設FRP管40.307m ・発電所：地下式コンクリート造 ・放水路：鉄筋コンクリート埋設FRP管10.584m	・建設箇所を既設ダム左岸側とダム右岸側で比較し、経済性 の優れる左岸側に建設。既設他発電所の導水路から分岐さ せ導水するため取水口、スクリーン等は新設しないことでコス トダウン。 ・ダム導流壁内に発電所を設け、導流壁外に設置する場合に 必要となる水替えを省略。また、重機進入に必要な仮設の削 減にもつながり、コストダウン。 ・離隔距離を考慮した発破掘削工法(一部機械施工)と機械 掘削を比較し、経済性で勝り、かつ既設設備、周辺住民を配慮 した機械掘削を選定。 ・新設水路が干渉する部分の鉄筋のみ切断し、切断箇所は新 たに補強筋を設置。	工事計画 工法 調査・設計	NEF実務研修会 H21年度1回目
NEF 8	神奈川県/ 神奈川県 広域水道 企業団	やさし しょう 矢指小 すいりょく 水力	2008	矢指小水力発電所 の計画、設計及び施 工	水圧管路、発電所、放 水路	水資源の有効活用	2006.10～ 2008.2	・既設水道設備の未利用エネルギーを利用した発電所再開 発。	・軟弱地盤上にある発電所予定地2箇所地質調査を実施。 各予定地の支持力条件を満足する発電所型式、水路線形等 を検討・比較して発電所を建設。	調査・設計	NEF実務研修会 H21年度3回目
NEF 9	茨城県/ 東京発電	なかさと 中里	1908	中里発電所改修工 事の計画、設計およ び施工	発電所基礎、水圧管路	水資源の有効活用	2009.7～ 2010.2	・老朽した水車・ケーシングの取替にあたり、増出力を図る。併 せて発電所基礎と水圧鉄管の一部を改修。	・水圧鉄管の取替判断において、静落差33m程度と低落差 であること、平均・局部応力が取替基準応力を超過していない ことから、一部の区間を除き、そのまま利用。	調査・設計	NEF実務研修会 H22年度2回目
NEF 10	山形県/ 山形県	しんの がわ 新野川 だいち 第一 の がわ 野川 だいに 第二	(新野川第一) 2010年 (野川第二) 2009年	新野川第一発電所 並びに野川第二発 電所の再開発	(新野川第一) 取水設備、水圧管路、 発電所基礎、放水路 (野川第二) 水圧管路、発電所基 礎、放水路	治水協力 経年劣化	(新野川第 一) 2004.5～ 2010.6 (野川第 二) 2005.6～ 2009.8	・野川第一発電所(S29年運開,6,100kW)を廃止して新規開 発した新野川第一発電所(H22運開,10,000kW)、並びに移 設した野川第二発電所(S36年運開,11,000kW→8,900kW) の再開発を実施。	(新野川第一) ・国交省長井ダムを貯水池とした発電所の水圧管路斜坑部 はダムに近接するため、安全性・施工性を考慮してレイズボー リング工法を採用。施工はパイロット孔、パイロット拡孔、リー ミングの順序で実施。 (野川第二) ・大深度立坑掘削(深さ45m,直径20m)にNATN工法を採 用。延長4mのロックボルトを打設し、上部をグランドアンカーで 支持、その他は鋼製支保を建て込み。	工法	NEF実務研修会 H23年度1回目
NEF 11	神奈川県/ 横浜市 水道局	かわいじょうす 川井浄水 いじょう 場	2010	川井浄水場地点小 水力発電の計画、設 計、施工について	管路、発電所	水資源の有効活用	2008.11～ 2010.12	・水道導水施設中に発電所を設置。 ・既設導水管(口径1500mm,900mm)撤去。 ・バルブ、新設管(口径1500mm,900mm)、水車、バイパス管設 置。 ・発電機設置。(1号機150kW,2号機150kW)	・発電所は導水施設という重要性の高い施設に設置されるこ とから、発電所構築に伴う地盤変位及び地震時の変位に対す る安全性を確保するため、発電所の上下流に伸縮管を設置。 上流側の伸縮管は軸直角方向変位に対して有効なものとし、 下流側の伸縮管は軸方向変位に対して有効なものを設置。	工事計画	NEF実務研修会 H23年度1回目
NEF 12	茨城県 茨城県 静岡県 /東京発電	いしおか 石岡 だいち 第一 はなぬきがわ 花貫川 だいに 第二 かりやど 狩宿	(石岡第一) 1911 (花貫川第二) 1920 (狩宿) 1919	大規模地震で被害を 受けた東京発電 (株)石岡第一発電 所、花貫川第二発電 所、ならびに狩宿発 電所土木構造物の 復旧工事について	(石岡第一) 導水路、水槽 (花貫川第二) 水路管、サージタンク (狩宿) サージタンク	災害復旧	(石岡第 一) 2011.4～ 2011.6 (花貫川第 二) 2011.5～ 2011.6 (狩宿) 2011.4	・大規模地震(東北地方太平洋沖地震,静岡県東部地震)に 伴う被災施設の早期復旧。 (石岡第一) ・水槽構築,余水路構築,水路管(FRPM管)設置。 (花貫川第二) ・亀裂補修,コンクリート巻立て,内面防水。 (狩宿) ・鋼板巻立て,内側ズレ面補修,モルタル修繕。	(石岡第一) ・震災後の電力夏期ピークに間に合わせるため、水槽下部の 崩落部は仮押さえの法面保護工とし、水槽復旧を優先した。 水槽はレベル1程度の地震に耐えうる従来型設計の鉄筋コン クリート構造。 ・水路管には耐候性のFRPM管(φ1.5m,内圧型)を採用。 (花貫川第二) ・水路管の破損部は鉄筋コンクリート巻立を行い、亀裂部はエ ポキシ樹脂系材料注入し、更に漏水箇所は溶剤型プライマー ならびにエポキシ樹脂系防水材料を塗布。 ・サージタンクは、亀裂箇所外部に注入エポキシ樹脂材を充 填後、ケイ酸質系防水材料を塗布するとともに、内部の充填は外 部と同じ工法で行い、ライニングはエポキシ樹脂系防水材料を塗 布。 (狩宿) ・サージタンク壁面のズレを溝型鋼を介してケミカルアンカー にて連結するとともに、連結箇所を鋼板で円筒状に覆い、モル タル充填。	工法	NEF実務研修会 H23年度3回目
NEF 13	群馬県/ 群馬県 企業局	しんと なみ 新利南	2009	利南発電所調圧水 槽改造工事について	サージタンク	水資源の有効活用	2008.10～ 2008.12	・利南発電所(S39年運開,14m ³ /s)水圧鉄管から分岐し発電 する新利南発電所(H23,7月運開,1,000kW,7m ³ /s)新設の ための利南発電所調圧水槽改造工事。 ・構造形式:単動式→差動式,14 m ³ /s→21 m ³ /s	・減衰効果,水槽容量及び水撃圧に対する安全性を考慮し、 調圧水槽は単動式から差動式への改造を選択。また、水理模 型実験により振動現象の検証を実施。	調査・設計	NEF実務研修会 H23年度3回目

①番号	②都道府県/事業者	③発電所	④発電所運開年	⑤工事件名	⑥対象土木設備	⑦更新要因	⑧施工時期	⑨施工概要	⑩高度な検討・課題	⑪課題分類	⑫バックデータ
NEF 14	静岡県/ 東京発電	ゆがしま 湯ヶ島	1930	湯ヶ島発電所改修工 事	発電所	経年劣化	2011.8～ 2012.2	・湯ヶ島発電所(S5年運開)改修工事を実施。 (水車発電機更新:フランシス水車800kW×2台→ターゴイン パルス水車2,000kW×1台,トリップ時に水車側で余水制御に よる余水路利用の取り止め,未利用既設調整池有効活用によ る最大使用水量の増加)	・既設導水路の通水可能量に対して,水圧鉄管固定台の安 定度や放水路の通水計算が問題ないことを確認。また,部分 負荷の優位性からターゴ水車の適用が有利であることを確認 して改修を計画。 ・発電所停止時の余水放流方法をターゴ水車を採用するた めデフレクタ方式として余水路省略を行うことで公衆災害リ スク解消を計画。 ・資機材運搬経路は,河川内道路を仮設し,濁水防止のため 流心部を回避,護岸天端から河床に降りやすい地点を道路 ルート始点に選定,流水横断箇所には河川横断橋設置等を計 画。	工事計画	NEF実務研修会 H23年度3回目
NEF 15	茨城県/ 東京発電	はなかわ 華川	2011	華川発電所の計画, 設計,施工	堰堤,取水口,導水 路,水圧管路,発電 所,放水路	水資源の有効活用	2009.11～ 2011.2	・廃止発電所を譲受けて再開した華川発電所(H23年運 開,130kW)の計画,設計,施工を実施。	・現地調査により水圧鉄管および発電所本館を除き,躯体本 体を流用。 ・農業用水との共有設備であり,長期断水が困難であったた め,水槽内の堆積土砂排除後に排砂門型式を確認し,水槽の 一部改造を伴う門扉取替を実施。 ・鉄管材料には,防食性・耐摩耗性に優れ,塗装の必要がな いポリエチレン管を採用した。施工方法については,コストと 施工性を考慮し,既設の水圧鉄管内部に新規鉄管を挿入す る二重管工法を採用。	工事計画 調査・設計 環境	NEF実務研修会 H24年度1回目
NEF 16	愛媛県/ 住友共同 電力	おおき 大保木	1925	大保木発電所水圧 鉄管取替工事の計 画,設計,施工	水圧管路	経年劣化	2008.4～ 2010.9	・水圧鉄管径を大きく(φ560mm→φ690mm)したことで損失 水頭を小さくして有効落差を大きくし,発電出力を増加 (3,000kW→3,160kW)させた大保木発電所(T14年運開)水 圧鉄管取替工事の計画,設計,施工を実施。	・鉄管径を拡大することで流速を減少させ,損失を改善。発電 出力を増加させる計画を立案。 ・発電所周辺の民家を避け,ケーブルクレーンによる運搬を採 用。	工事計画	NEF実務研修会 H24年度1回目
NEF 17	富山県/ 富山県 企業局	にうえもん 仁右エ門 ようすい 用水 しょう 庄	(仁右エ門用 水) 2009 (庄) 2012	仁右エ門用水発電 所の計画,設計,施工 庄発電所の計画,設 計,施工	(仁右エ門用水) 起伏堰,沈砂池兼水 槽,水圧管路,発電 所,放水路 (庄)取水口,沈砂池 兼水槽,水圧管路,発 電所,放水路	水資源の有効活用	(仁右エ門 用水) 2009.6～ 2009.12 (庄) 2011.9～ 2012.9	(仁右エ門用水) ・既設用水路を活用した発電所の開発。 ・P=460kW,Q=2.4m ³ /s,H=24.48m ・沈砂池兼水槽:長さ27.45m ・水圧管路:FRPM管および鋼管,管長1,408m ・放水路:延長20.395m (庄) ・既設用水路を活用した発電所の開発。 ・P=190kW,Q=5.4m ³ /s,H=4.468m ・沈砂池兼水槽:長さ27.379m ・水圧管路:FRPM管および鋼管,管長65.24m ・放水路:延長34.35m	(仁右エ門用水) ・かんがい用水を利用する発電所において,年間4パターンに 分けられる用水量毎に適切に取水できるよう起伏ゲートの角 度を検討。 (庄) ・かんがい用水を利用する発電所において,2本の用水路に 挟まれた場所に沈砂池兼水槽を設置するにあたり,用水がダ ムから取水しており土砂の混入がほとんどないため,沈砂池兼 水槽の長さは沈砂池の機能ではなく,越流堤での越流水深に より決定し,地形条件のクリアとコスト削減を図る。	調査・設計	NEF実務研修会 H24年度1回目
NEF 18	岩手県/ 岩手県 企業局	きたのまた 北ノ又 たしせん 第三 いさわ 胆沢 たいはん 第四	(北ノ又第三) 2010 (胆沢第四) 2012	北ノ又第三発電所 の計画,設計,施工 胆沢第四発電所の 計画,設計,施工	(北ノ又第三) 水槽,水圧管路,余水 路,発電所,放水口, 減勢柵 (胆沢第四) 取水口,水圧管路,発 電所,放水口,代替放 流管	水資源の有効活用	(北ノ又第 三) 2009.6～ 2010.2 (胆沢第 四) 2011.12～ 2012.12	(北ノ又第三) ・既設発電所間の未利用落差を活用した発電所の開発。 ・P=61kW,Q=1.34m ³ /s,H=6.25m (胆沢第四) ・既設えん堤からの河川維持放流およびかんがい用水を活 用した発電所の開発。 ・P=170kW,Q=2.284m ³ /s,H=9.85m ・水圧管路:鋼管,40.25m ・放水口:5.0m	(北ノ又第三) ・既設発電所の放流水と別の既設発電所の水槽の間の未利 用落差を利用し,発電所設備を設置。 ・未利用落差を利用した発電所を新設するにあたり,既設の土 中埋設鋼管がコンクリート巻き立てが施されており,外圧・水 密の問題を確認し,流用。 (胆沢第四) ・既設えん堤からの河川維持放流およびかんがい用水を利 用した発電所を新設するにあたり,新設発電所の取水口を既 設発電所の取水口内に設ける際,既設構造物の改造が不要 であり応力の影響が最も少ないサイフォン方式を採用。 ・既設えん堤からの河川維持放流およびかんがい用水を利 用した発電所を新設するにあたり,機器故障などにより発電で きない時の対応として代替放流管を設置。	工事計画 調査・設計	NEF実務研修会 H25年度1回目
NEF 19	神奈川県/ 東京発電	すくもかわ 須雲川	1954 (1984廃止)	未利用エネルギーを 利用した小水力発電 所の建設(廃止発電 所の再生)	取水堰,取水口,水 槽,水圧管路,発電所	水資源の有効活用	2013.2～ 2013.8	・富士箱根伊豆国立公園内にある須雲川発電所は,箱根町 の旅館が自家消費用として開発後,設備の老朽化等により昭 和59年に廃止された。今回,既設設備を一部流用し再開を 実施。	・廃止発電所の健全性評価。 ・発電所への資機材搬出入方法の検討。 ・関係法令(道路法)協議を踏まえた工程調整。	調査・設計 工法 工期	NEF実務研修会 H26年度1回目
NEF 20	山口県/ 山口県 企業局	あいほら 相原	2014	河川維持放流を活用 した小水力発電所の 建設について(相原 発電所)	取水口,水圧管路,発 電所	水資源の有効活用	2013.2～ 2014.5	・新阿武川発電所の逆調整池である相原ダムの下流放流時 の未利用落差を活用。	・取水方法の検討。	工事計画	NEF実務研修会 H26年度1回目
NEF 21	富山県/ 富山県 企業局	こすりど 小摺戸	2015	富山県入善町小摺 戸(こすりど)地点に おける小水力発電に ついて(小摺戸発電 所の建設概要)	取水口,沈砂池,水 槽,水圧管路,発電 所,放水口	水資源の有効活用	2013.11～ 2015.3	・黒部川右岸側の「黒東合口用水」の未利用落差を活用。	・既設農業用水路との接続方法の検討。 ・発電所基礎地盤の支持力不足。	工法	NEF実務研修会 H27年度1回目

①番号	②都道府県/事業者	③発電所	④発電所運開年	⑤工事件名	⑥対象土木設備	⑦更新要因	⑧施工時期	⑨施工概要	⑩高度な検討・課題	⑪課題分類	⑫バックデータ
NEF 22	長野県/ 三峰川 電力	たてしな 蓼科 たてしなだいに 蓼科第二 きたとにぎわ 北杜西沢 きたとかわ 北杜川 こいし 小石 きたとくらはら 北杜蔵原	(蓼科) 2011年 (蓼科第二) 2014年 (北杜西沢) 2012年 (北杜川小石) 2012年 (北杜蔵原) 2012年	未利用水力エネ ルギーを活用した小水 力発電所の開発	(蓼科) 取水設備,水槽,水圧 管路,発電所 (蓼科第二) 導水路,水圧管路,沈 砂池,水槽,発電所, 放水路 (北杜西沢) 取水設備,発電所 (北杜川小石) 取水設備,水圧管路, 発電所 (北杜蔵原) 取水設備,水圧管路, 発電所	水資源の有効活用	(蓼科) 2010.7~ 2011.2 (蓼科第 二) 2013.6~ 2013.12 (北杜西 沢) 2011.7~ 2012.2 (北杜川小 石) 2011.7~ 2012.2 (北杜蔵 原) 2011.8~ 2012.2	(蓼科) 2010.7~ 2011.2 (蓼科第 二) 2013.6~ 2013.12 (北杜西 沢) 2011.7~ 2012.2 (北杜川小 石) 2011.7~ 2012.2 (北杜蔵 原) 2011.8~ 2012.2	(蓼科発電所) ・当初開渠で運用していた導水路に,グレーチングを設置することにより,一般公衆の転落防止,落葉の流入防止を実現。 ・別荘地を通過する設備について,色相および騒音・振動に配慮した機器導入により,景観を確保。 ・水槽に自動除塵機を設置し,落葉掻揚げ作業の効率化,溢水電力の防止を実現。 ・水圧鉄管について,従前のリベット管・鋼管に代えて,軽量で施工性に優れたFRPM管を採用。 (蓼科第二発電所) ・資機材運搬は,自然環境保護のため,仮設道路を設置せず,移動式クレーンを使用。 ・水圧管路布設にあたっては,工事場所在観光地であることに配慮し,休日・夜間の工事を避けるとともに,観光シーズン(7~10月)は,騒音が発生する作業の時期を調整。 ・水圧管路の管材に,軽量で施工性に優れた内圧用高耐圧ポリエチレン管を採用。 (北杜西沢・北杜川小石・北杜蔵原発電所) ・導水管を整備せず,水路上に取水設備,沈砂池水槽を一体的に整備し,余水吐きは既存水路を活用することで工事費を低減。 ・同一水系に3発電所を整備することで「建設期間の短縮」および「工事費の低減」を実現。また「メンテナンスの効率化」により保守・点検費用を低減。 ・取水口に除塵機を設置し,溢水電力を低減。 ・市道の地下に水圧管を布設するにあたり,既設埋設管を損傷させないよう推進工法を採用。	安全 環境 工事計画 材料 工法 工期	NEF実務研修会 H27年度1回目
NEF 23	静岡県/ 東京発電	しろたがわ 白田川	1927	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	水圧管路,発電所	経年劣化	2014.8~ 2015.5	・建物改修にあたり静岡県の条例により条件が付加され,当初の設備構成案が不可能となったが,建物設置位置の変更により,当初の設備構成案での改修を可能にした事例。	静岡県条例(がけ条例)に基づき新設建屋の配置を当初計画から川側へ移動。また,水圧管路の平面形状を緩やかなS字を描く形状とし,約14m延長。	工事計画	NEF実務研修会 H27年度3回目
NEF 24	山梨県/ 山梨県 企業局	にやくひこ 若彦トンネル ゆうすい 湧水 ふかしろ 深城 おしろかわ 大城川	(若彦トンネル湧 水) 2010年 (深城) 2012年 (大城川) 2014年	山梨県企業局による 小水力発電の普及・ 推進に向けた取組み	(若彦トンネル湧水) 水槽,水圧管路,発電 所 (深城) 水圧管路,減勢工,発 電所 (大城川) 取水設備,水圧管路, 発電所	水資源の有効活用	(若彦トン ネル湧水) 2009~ 2010.3 (深城) 2010~ 2012.3 (大城川) 2013~ 2014.8	(若彦トンネル湧水) ・道路用トンネルの湧水の一部を活用した小水力発電所の開発。 (深城) ・ダム放流水を利用した小水力発電所を開発。 (大城川) ・既設砂防ダムの越流水の未利用エネルギーを活用した小水力発電所の開発。	(若彦トンネル湧水) ・道路排水(湧水)が水槽へ直接流入する構造とし,塵芥処理装置と水槽制水門を省略。 ・発電事業者と道路管理者が一体で水槽・水圧管路を建設し,道路排水施設として整備。 ・約800mのFRPM管を布設するにあたり,最大内水圧から1種管と2種管を使い分け。 (深城) ・既設放流管を分岐し,発電用の水圧鉄管を接続。分岐放流管の施工に伴い減勢工の安定性に影響しないよう,ジオグリッド工法により乗荷荷重を分散させる構造。 (大城川) ・砂防ダム前面に樋を設置して取水する構造とし,樋には安価で高強度の鉄道用レールをスクリーンとして利用。	工事計画 工法 材料	NEF実務研修会 H28年度1回目
NEF 25	北海道/ 北海道 企業局	シューパ ロ	2014	シューパロ発電所建 設工事	発電所,水圧管路,ド ラフトゲート	水資源の有効活用	2010~ 2014	・夕張シューパロダムの建設により水没する二股発電所の代替としてシューパロ発電所建設工事を実施。 ・1号機水圧鉄管:143.108m,φ2.4~3.3m ・2号機水圧鉄管:16.566m,φ0.7~1.0m	・融雪出水や降雨出水に対応できる仮締切形式の選定。 ・異種金属接合部の電食を抑制するための水圧鉄管の材質の選定。	工法 材料	NEF実務研修会 H28年度1回目
NEF 26	福島県/ 昭和電工	ゆのかみ 湯野上	2015	湯野上発電所水圧 鉄管更新工事	水圧管路	経年劣化	2012~ 2015	・1937(昭和12年)に運転を開始した湯野上発電所水圧鉄管の更新工事を実施。 ・2条,120.87m,φ1.25~1.68m	・工事中の減電量,工事費低減のための既設固定台,既更新範囲の更新方法の選定。 ・さや管(旧管)内部への新管の据付。	調査・設計 工法	NEF実務研修会 H28年度1回目
NEF 27	長野県/ 長野県 企業局	たかとお 高遠 おくすそはな 奥裾花 だいに 第二	2017	高遠発電所新設工 事 奥裾花第二発電所 新設工事	(高遠) 取水管,水圧管路,発 電所,放水路,放水口 (奥裾花第二) 水圧管路,放水路,発 電所	水資源の有効活用	(高遠) 2015.11~ 2017.3 (奥裾花第 二) 2015.6~ 2017.3	(高遠) ・高遠ダムの維持流量を活用した発電所の建設工事を実施。 ・水圧鉄管:59.011m,φ0.8~1.0m ・放水路:11.717m,φ0.65m (奥裾花第二) ・奥裾花発電所の未利用能力を有効活用した発電所増設工事。 ・水圧鉄管:97.46m,φ0.8~1.74m ・放水路:無圧式暗きょ18.892m,1.4m×1.4m	(高遠) ・運転時及び停止時において,維持放流が可能な取水設備の計画。 ・堤体への影響,維持管理費が低減できる取水口スクリーン材料の選定。 (奥裾花第二) ・最大使用水量に対して,余裕のある水圧鉄管を活用した発電所開発。	調査・設計 材料 工事計画	NEF実務研修会 H29年度1回目

1. 2. 2 再開発・更新の実施年度

図1. 2-1～3および表1. 2-2～4は、「構造物による分類」、「更新要因による分類」および「高度な検討課題による分類」について、それぞれ工事着工年で整理したものである。

なお、2000年以前の事例件数が少ないのは、過去10年間程度で事例収集しているためである。

(1) 構造物による分類

構造物による分類では、ダム・堰、取水口、ゲート、導水路、水槽、余水路、水圧管路、発電所、放水路など、全18区分に分類した。

更新事例は発電所（50件）、水圧管路（50件）および放水路（36件）が多い。発電所改修に伴い水圧管路の部分取替や放水路（放水庭）構築等の一括改修により更新されているものも多く見られる。

続いて、ダム・堰（31件）や取水口（32件）、導水路（15件）および水槽（17件）等の取水・導水施設が多く更新されている。（2）の更新要因による分類と照らすと、ダム・堰の更新については経年劣化、災害リスク低減や災害復旧が要因となっている事例が多く、取水口、水路および水槽の更新については水資源の有効利用が要因となっている事例が多い傾向が見られる。

なお、年別では、2008年以降で全体的に件数が増えているが、当該分類での理由による特徴的な変動は見られず、更新要因等他の要因による増減と想定される。

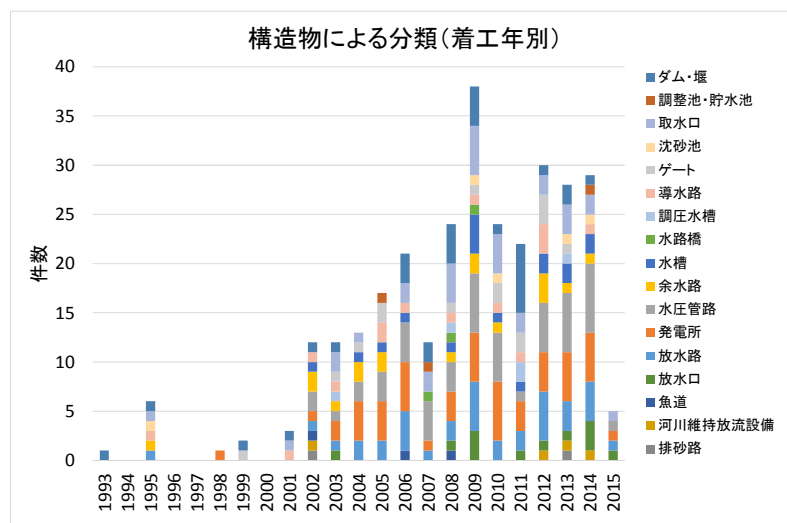


図1. 2-1 構造物による分類（着工年別）

(2) 更新要因による分類

更新要因による分類では、経年劣化、災害リスク低減、災害復旧、水資源の有効活用、効率化・運用見直し、環境対応、治水協力の計7区分に分類した。

更新事例は経年劣化（51件）が最も多い。発電ダムにおいては運転開始後50年以上を経過しているダムは全体の約70%を占めており、高経年化が進んでいるためである。

次いで、水資源の有効活用（33件）が多くなっている。年別では2012年以降が多く、東北地方太平洋沖地震（2011年）や固定価格買取制度（FIT制度）施行（2012年）による再生可能エネルギー拡大の気運の高まりも要因の1つと考えられる。

続いて、災害リスク低減（23件）や災害復旧（17件）が多く、年別では大規模地震や豪雨等のイベントに関して更新されているものも見受けられる。

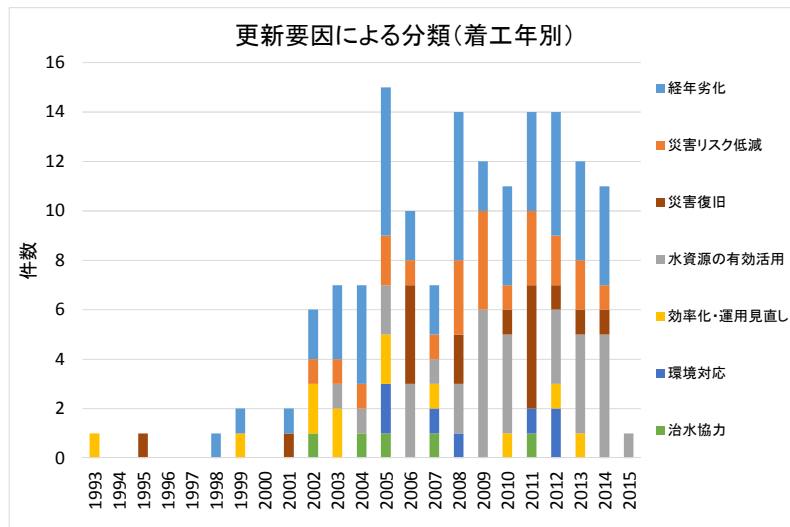


図1. 2-2 更新要因による分類（着工年別）

(3) 高度な検討課題による分類

高度な検討課題による分類では、工事計画、調査・設計、工法、環境、工期、材料、安全など、全10区分に分類した。

更新事例は工事計画（75件）、調査・設計（61件）、工法（48件）が多い。

なお、年別では、2008年以降で全体的に件数が増えているが、当該分類での理由による特徴的な変動は見られず、更新要因等他の要因による増減と想定される。

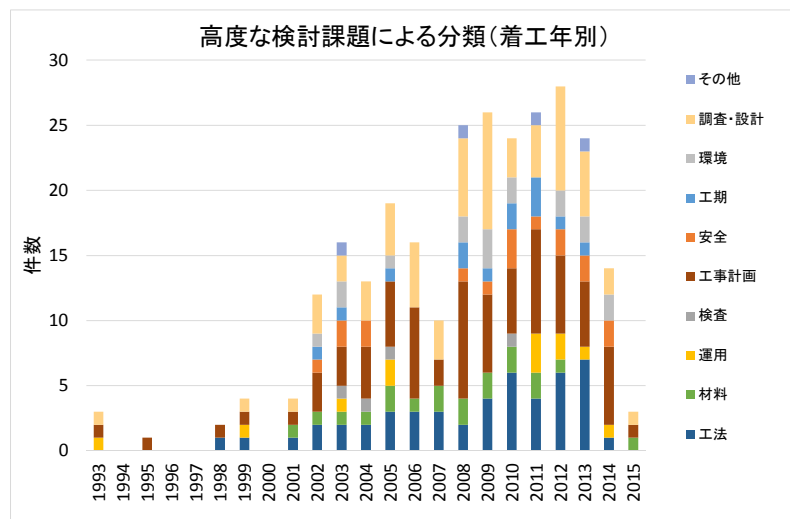


図1. 2-3 高度な検討課題による分類（着工年別）

表 1. 2-2 構造物による分類

更新年 構造物	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	計	
調整池・貯水池													1		1								1		3
													電土77		電土97								公営2		
ダム・堰	1		1				1		1	1	1			3	2	4	4	1	7	1	2	1			31
	電土7		電土8				電土9		電土24	電土22	電土73			電土26,35,86	電土36,90	電土15,46,57,83	電土39,58 NEF15,17	電土33	電土18,40,48, 50,88,89, 93	電土85	電土84 NEF19	電土101			
ゲート							1				1	1	2			1	1	2	2	3	1				15
							電土62				電土72	電土74	電土12,65			電土46	電土47	電土16 NEF25	電土50,56	電土49,53,54	電土69				
河川維持 放流設備										1										1	1	1			4
										電土22										電土79	電土91	電土60			
魚道										1				1		1									3
										電土22				電土35		電土83									
排砂路										1												1			2
										電土23												電土20			
取水口			1					1			2	1		2	2	4	5	4	2	2	3	2	1		32
			電土8					電土44		電土11,63	NEF11			電土45,66	電土90 NEF5	電土15,46,83, 95	電土38 NEF15,17,18, 24	電土52,68 NEF20,22	電土19,100	電土53,81	電土20 NEF19,21	電土43,101	NEF28		
沈砂池			1															1	1			1	1	5	
			電土8															NEF17	NEF22			NEF21	電土82		
導水路			1					1	1	1			2	1		1	1	1	1	1	3		1		15
			電土8					電土44	電土1	電土63			電土78 公営1	NEF7		電土15	NEF15	NEF22	NEF12	電土41,53,81		電土82			
水路橋															1	1	1								3
															電土37	電土17	電土96								
水槽									1		1	1	1	1		1	4	1	1	2	2	2			17
									電土1		電土64	電土76	電土66		電土28	電土38 NEF17,18,24	NEF22	NEF12	電土2,81	NEF19,21	電土70,82				
調圧水槽											1					1			2		1				5
										電土63						NEF13			電土94 NEF12		電土3				
余水路			1							2	1	2	2			1	2	1		3	1	1			17
			電土8							電土1,21	電土73	電土64,75	電土25,78			電土28	電土31 NEF18	電土30		電土2,32,81	電土55	電土70			
水圧管路										2	1	2	3	4	4	3	6	5	1	5	6	7	1		50
										電土1,71	電土63	NEF1,10	電土78 NEF2,10	電土66 NEF4,7,8	電土27,90 NEF5,6	電土15 NEF11,16	電土38 NEF9,15,17, 18,24	電土29,52 NEF20,22,25	電土92	電土2,4,54,81 NEF26	電土3,20,34, 80 NEF19,21	電土42,43,60, 82,87,101 NEF23	NEF27		
発電所						1				1	2	4	4	5	1	3	5	6	3	4	5	5	1		50
						電土61				電土1	電土10,63	電土64,99 NEF1,10	電土78 NEF2,3,10	電土66,98 NEF4,7,8	NEF5	電土13,67 NEF11	NEF9,15,17, 18,24	電土6,29,59 NEF20,22,25	電土92,100 NEF14	電土2,14,54, 81	電土3,20,80 NEF19,21	電土60,82,87, 101 NEF23	NEF27		
放水路			1							1	1	2	2	4	1	2	5	2	2	5	3	4	1		36
			電土8							電土1	電土63	NEF1,10	NEF2,10	電土66 NEF4,7,8	NEF5	電土13,15	電土38,51 NEF15,17,18	電土52 NEF22	電土19,92	電土2,14,54, 79,81	電土3,20,80	電土5,70,87, 101	NEF27		
放水口											1					1	3		1	1	1	3	1		12
											電土63					電土13	電土51 NEF18,24		電土100	電土14	NEF21	電土42,43,87	NEF27		
その他															2				2						4
															電土90,97				電土18,40						
計	1	0	6	0	0	1	2	0	3	12	12	13	17	21	14	24	38	24	24	30	28	29	5	304	

表 1. 2-3 更新要因による分類

更新年 更新要因	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	計
経年劣化						1	1		1	2	3	4	6	2	2	6	2	4	4	5	4	4		51
						電土61	電土62		電土24	電土23,71	電土10,63,72	電土64,74,99 NEF10	電土12,65,76, 78 公営1,NEF10	電土26,98	電土27,36	電土13,17,46, 57,67 NEF16	電土47,58	電土6,16,29, 68	電土48,50,56 NEF14	電土4,14,49, 81 NEF26	電土3,69,80, 84	電土5,82,87 公営2 NEF23		
災害リスク低減										1	1	1	2	1	1	3	4	1	3	2	2	1		23
									電土21	電土73	電土75	電土25,76	電土86	電土37	電土28,83,95	電土31,39,51, 96	電土30	電土88,89,94	電土32,85	電土55,80	電土87			
災害復旧			1						1					4		2		1	5	1	1	1		17
			電土8						電土44					電土35,45,86 NEF4		電土15,83		電土33	電土18,19,93, 100 NEF12	電土85	電土34	電土70		
水資源の有効活用											1	1	2	3	1	2	6	4		3	4	5	1	33
										電土63	NEF1	NEF2,3	電土66 NEF7,8	NEF5	NEF11,13	電土38 NEF9,15,17, 18,24	電土52 NEF20,22,25		電土2,54,81	電土20,91 NEF19,21	電土42,43,60, 82,101	NEF27		
効率化・ 運用見直し	1						1			2	2		2		1			1		1	1			12
	電土7						電土9			電土22,23	電土11,73		電土76,78		NEF6			電土59		電土41	電土80			
環境対応													2		1	1			1	2				7
													電土77,78		電土97	電土95			電土40	電土53,79				
治水協力										1		1	1		1				1					5
									電土1			NEF10	NEF10		電土90				電土92					
計	1	0	1	0	0	1	2	0	2	6	7	7	15	10	7	14	12	11	14	14	12	11	1	148

表 1. 2-4 高度な検討課題による分類

更新年 高度な検討課題	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	計
工事計画	1		1			1	1		1	3	3	4	5	7	2	9	6	5	8	6	5	6	1	75
	電土7		電土8			電土61	電土9		電土44	電土1,22,71	電土63,72,73	電土64,74,75,99	電土12,65,78 公営1,NEF3	電土35,45,66, 86,98 NEF4,7	電土36,90	電土13,15,17, 46,67,83, 95 NEF11,16	電土38,58,96 NEF15,18,24	電土16,59,68 NEF20,22	電土40,50,88, 89,92,94, 100 NEF14	電土2,14,53, 79,81,85	電土3,55,69, 80,91	電土42,43,70, 87,101 NEF23	NEF27	
調査・設計	1						1		1	3	2	3	4	5	3	6	9	3	4	8	5	2	1	61
	電土7						電土9		電土44	電土1,21,71	電土72,73	電土74,75 NEF1	電土25,76,77, 78	電土35,45,98 NEF7,8	電土37,97 NEF6	電土13,15,17, 28,67 NEF13	電土31,39,47, 58,96 NEF9,15,17, 18	電土16,30,52	電土18,19,56, 93	電土4,14,32, 41,49,53, 79 NEF26	電土20,55,80, 91 NEF19	電土5,60	NEF27	
工法						1	1		1	2	2	2	3	3	3	2	4	6	4	6	7	1		48
						電土61	電土62		電土24	電土23,71	電土10,72	電土99 NEF10	電土77 NEF2,10	電土26 NEF4,7	電土27,90 NEF5	電土57,67	電土31,47,58 NEF24	電土6,29,30, 59 NEF22,25	電土19,88,89 NEF12	電土2,32,41, 53,54 NEF26	電土3,34,69, 80,84 NEF19,21	公営2		
環境										1	2		1			2	3	2		2	2	2		17
										電土22	電土10,63		電土78			電土13,46	電土31,51 NEF15	電土6 NEF22		電土14,54	電土3,80	電土60,82		
工期										1	1		1			2	1	2	3	1	1			13
										電土71	電土10		電土12			電土17,95	電土47	電土16 NEF22	電土19,48,56	電土49	NEF19			
安全										1	2	2				1	1	3	1	2	2	2		17
										電土22	電土10,11	電土64,75				電土15	電土51	電土33,52 NEF22	電土40	電土53,79	電土34,80	電土60,70		
材料								1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1			1	19
									電土24	電土23	電土11	電土74	電土78 公営1	電土26	電土27,37	電土13,57	電土39 NEF24	NEF22,25	電土48,93	電土14			NEF27	
運用	1						1				1		2						3	2	1	1		12
	電土7						電土9				電土11		電土76,77						電土18,88,89	電土49,81	電土20	電土87		
検査											1	1	1						1					4
											電土73	電土75	電土12					電土16						
その他											1					1			1		1			4
											電土72					電土15			電土56		電土80			
計	3	0	1	0	0	2	4	0	4	12	16	13	19	16	10	25	26	24	26	28	24	14	3	270

2章 再開発・更新件数の分析

2. 1 構造物や更新要因、検討課題との関連性

図2. 1-1は、再開発・更新事例に関して構造物別分類を示したものである。構造物別分類では、「発電所」および「水圧管路」に係る更新件数（各50件）が最も多く、「放水路」（36件）、「取水口」（32件）、「ダム・堰」（31件）の順で続いている。

「発電所」（50件）に関する更新事例の主な内訳としては、水車・発電機の老朽化に伴う単純更新事例や未利用エネルギー（流量、落差等）の有効活用を目的とした原位置での再開発および別位置への移設事例である。また、「発電所」の再開発等に関連して「ダム・堰」、「取水口」、「水圧管路」および「放水路」等を含めた一括更新が行われていることから、「発電所」以外の関連設備にも構造物分類別の事例件数として計上される結果となっている。

【更新事例の対象構造物（一例）】

①単純更新事例

- ・〔電土10〕 蕨神(発)水車発電機改修工事
（目的）経年劣化に伴う水車・発電機単純更新
（対象構造物）
改良：発電所（基礎）

②一括更新事例

- ・〔電土2〕 ユコマンベツ(発)新設工事
（目的）未利用落差の有効活用
（対象構造物）
新設：導水路（一部）、余水路、水圧鉄管、発電所、放水路
- ・〔電土63〕 新帝釈川(発)新設工事
（目的）既設ダムの保全対策・構造補強実施、未利用落差の有効活用
（対象構造物）
改良：ダム
新設：取水口、導水路、サージタンク、水圧鉄管、発電所、放水路、放水口

「ダム・堰」（31件）に関する更新事例の主な内訳としては、将来的なダム管理の効率化を目的としたゲートレス化事例やダム構造の見直し（SR合成起伏堰の採用）事例である。

「ゲート」（15件）に関する更新事例に関しては、経年劣化に伴う洪水吐ゲートの単純更新事例、「余水路」（17件）に関する更新事例に関しては、河川立入者に対する危害防止を目的とした余水路の新設事例や余水路減勢工型式の見直し事例が大部分を占める。

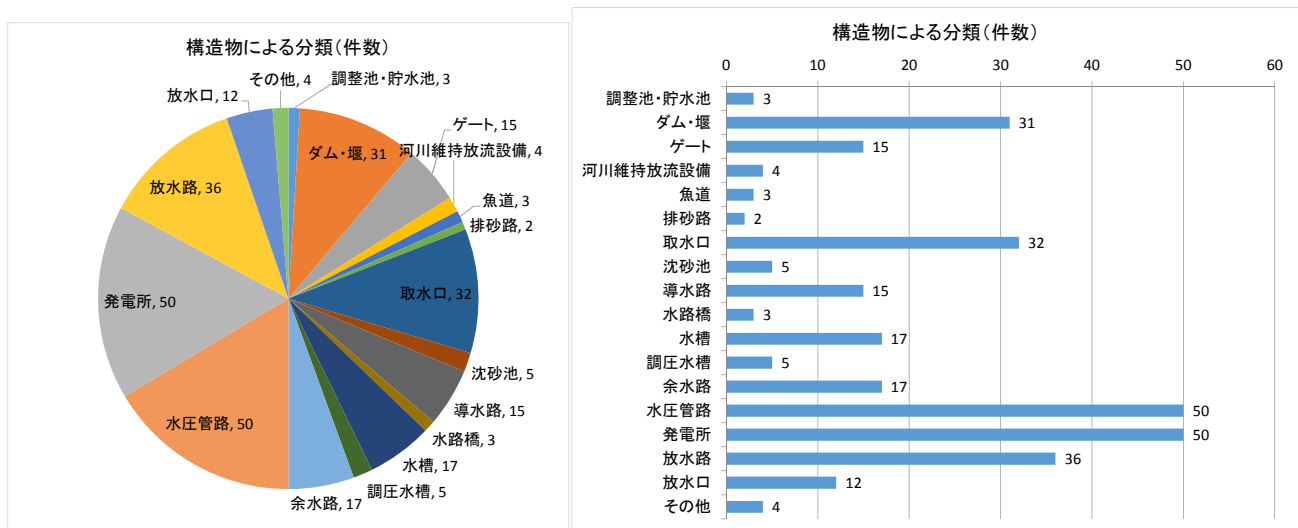


図2. 1-1 構造物による分類（件数）

図2. 1-2は、再開発・更新事例に関して更新要因別分類を示したものである。更新要因別分類では、「経年劣化」に係る更新事例（51件）が最も多く、「水資源の有効活用」（33件）、「災害リスク低減」（23件）、「災害復旧」（17件）、「効率化・運用見直し」（12件）の順で続いている。

水力発電を取り巻く状況としては、近年設備の老朽化の進行が著しく、2030年における老朽化比率はさらに拡大（運開から60年以上の発電所割合：48%（2009年）→76%（2030年））することが懸念されている（図2. 1-3参照）。このため、各電気事業者においては、長期スパンでの更新計画を策定し、費用の平準化を図りながら改修工事を進めている状況にある。「経年劣化」における構造物分類別の事例件数では、「発電所」（20件）が最も多く、「水圧管路」（15件）、「放水路」（9件）も上位に位置している。これは上述したとおり、発電所改修との一括更新によるものである。また、「ゲート」（12件）については、運開以降、部分補修による延命化を図ってきたが補修限界に達しており、経年に伴う老朽化から計画的に取替工事が進められているものである。

「水資源の有効活用」に係る更新事例数（33件）のうち過半数となる「19件」は、地方公共団体やNPO等における更新事例であり、一般電気事業者以外における発電事業の気運の高まりを示している。近年、CO₂を排出しない再生可能エネルギーである水力発電の環境適合性が特にクローズアップされており、河川維持流量や農業用水、上水道および工業用水道等の未利用エネルギーを活用した極めて小規模な水力発電に対する関心の高まりから、水力開発の中心が中小規模へ移行するとともに、開発の担い手も地方公共団体や水道局、土地改良区等と多様化している。プロフェッショナルな事業者が複数地点の開発を行う時代から地域密着型の水力初心者がそれぞれ地元で開発を行う時代へと変化してきていることを示す結果と言える。¹⁾

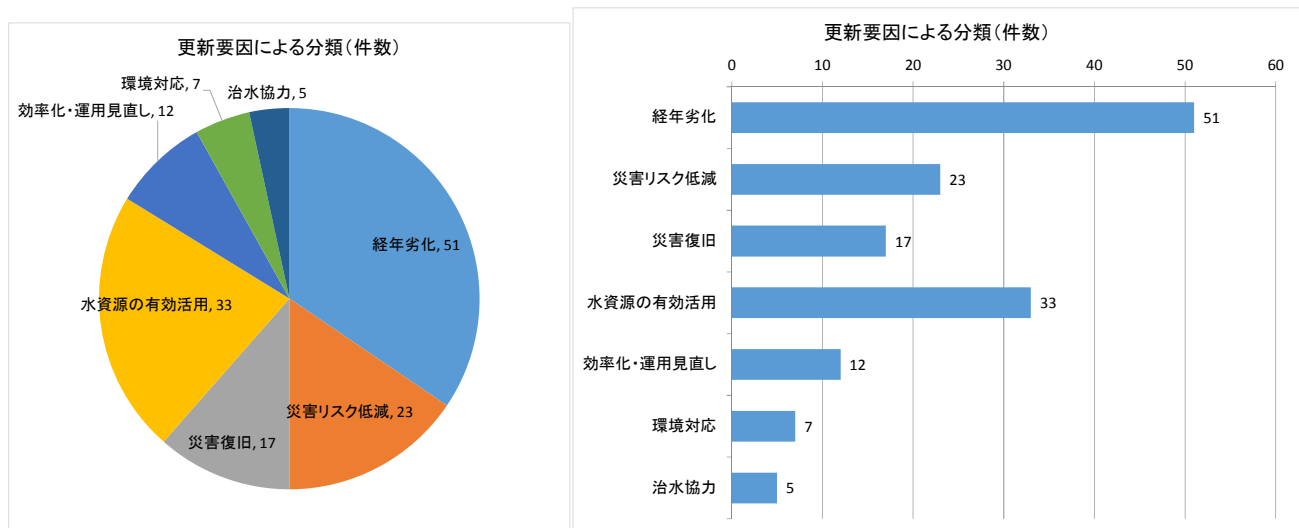
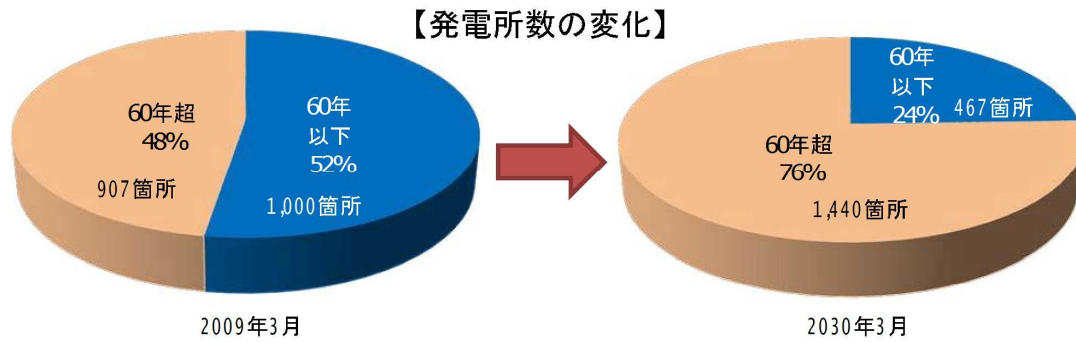


図2. 1-2 更新要因による分類（件数）



[出典：包蔵水力 平成 21 年 3 月 31 日現在（経済産業省資源エネルギー庁）より作成]

図 2. 1-3 老朽発電所（運開から 60 年以上）の設備比率

図 2. 1-4 は、再開発・更新事例に関して更新要因別一構造物別分類件数を示したものである。事例件数が突出している「経年劣化」（93 件）および「水資源の有効活用」（137 件）のうち、それぞれ「発電所」（経年劣化：20 件、水資源の有効活用：27 件）の割合が高く、「発電所」の再開発等に関連して「発電所」以外の関連設備（構造物分類）へも事例件数として計上される結果を示している。

「災害リスク低減」（32 件）に関する事例件数のうち「余水路」（9 件）の割合が最も高い傾向にある。これは、河川立入者に対する危害防止を目的とした余水路安全対策（余水路新設事例、余水路減勢工型式の見直し事例）が積極的に行われた結果を示すものと推察される。

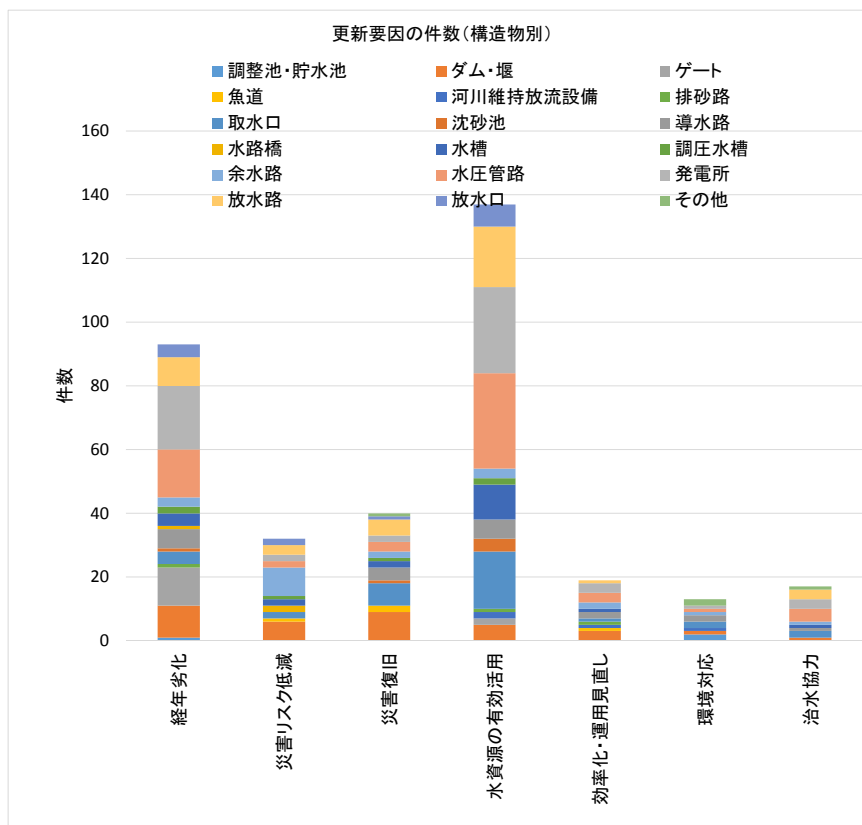


図 2. 1-4 更新要因別一構造物別分類（件数）

図2. 1-5は、再開発・更新事例に関して高度な検討課題別分類を示したものである。高度な検討課題別分類では、「工事計画」に係る更新事例（75件）が最も多く、「調査・設計」（61件）、「工法」（48件）の順で続いている。

高度な検討課題による分類において「工事計画」、「調査・設計」および「工法」が上位を占める結果からも、各種更新事例を進めるうえで、工事計画策定段階における課題への対応が特に必要となっていることが伺える。

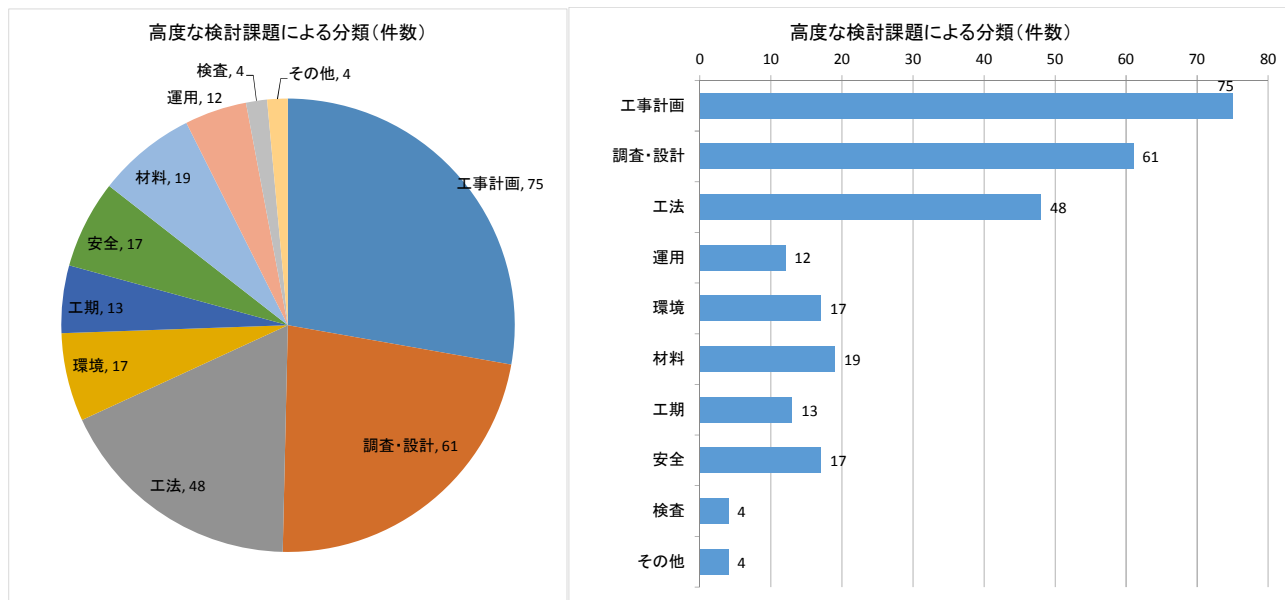


図2. 1-5 高度な検討課題による分類（件数）

2. 2 基準改正や自然災害等との関連性

図2. 2-1、2に河川法や電気事業法等の各種基準と大規模地震（震度6強以上かつ人的被害を生じたもの）や豪雨（気象庁において名称を設定されているものおよび更新事例と紐付けされるもの）等に関する変遷を整理した。

	1935 (S10)	1945 (S20)	1955 (S30)	1965 (S40)	1975 (S50)	1985 (S60)	1995 (H7)	2005 (H17)	2015 (H27)
電事法				▼1964制定					
河川法				▼1965発電用水力設備に関する技術基準制定 ▼1967一部の利水ダムを対象とした堆砂量報告 ▼1982貯水容量100万m ³ 以上の全ダムを対象に堆砂量報告 ▼1988発電ガイドライン制定					
河川管理施設等構造令					▼1976河川管理施設等構造令及び施工規則の施行 ▼1999改訂(安定性関連の改訂なし)				
河川砂防技術基準(案)				▼1958調査編・計画編制定	▼1977調査・計画編改訂 ▼1985設計編制定 ▼1986調査計画編二次改訂				
ダム設計基準				▼1957制定	▼1969改訂(上巻) ▼1971改訂(下巻)				
大規模地震に対する ダム耐震性能照査指針(案)					▼1978二次改訂				
ダム・堰技術基準					▼1980一次案発行 ▼1994回解説発行				
水門鉄管技術基準				▼1960制定	▼1968第1回改訂 ▼1973第2回改訂				
環境法令					▼1981第3回改訂(水圧鉄管・鋼構造物編、溶接合編の発行) ▼1993第4回改訂(水圧鉄管・鉄鋼構造物編、溶接・接合編) ▼1997第4回改訂(水門扉編、FRP(W)水圧管編の発行) ▼1997第4回改訂(水圧鉄管・鉄鋼構造物編、溶接・接合編) ▼2000第4回改訂(水門扉編) ▼2007第5回改訂(水圧鉄管・鉄鋼構造物編、溶接・接合編、水門扉編)				
					▼1993環境基本法施行 ▼1997環境影響評価法施行 ▼2002建設リサイクル法施行 ▼2003RPS法施行 ▼2008生物多様性基本法施行 ▼2012固定価格買取制度施行				

図2. 2-1 基準の変遷



図 2. 2-2 イベント類の変遷

エネルギー供給の観点からは、1990年代に入り、電力市場における自由化へ向けた動きが活発化し、1995年以降、我が国の電気事業は、規制緩和や内外価格差、高コスト構造等に関する指摘を受け、安定供給・環境適合を大前提に競争原理を導入し、公正で効率的な電気事業を目指して累次の電気事業制度改革が行われてきた。

第一次電気事業制度改革（1995年）では、卸電気事業の参入許可を原則撤廃し、電源調達入札制度を創設して、発電部門に競争原理が導入された。水力発電についても他の電源と同様に競争を通じた効率化が求められるようになった。

投資回収が長く、長期計画に基づく開発が必要な水力発電にも事業性が強く求められるようになる中、行政改革の影響等もあり、中小水力開発の担い手である公営電気事業者においては、水力事業からの撤退する者も現れ始めた。¹⁾

第二次電気事業制度改革（1999年）では、2000年3月から小売部分自由化（対象：特別高圧（20,000V））が始まり、第三次電気事業制度改革（2003年）では、供給システムの安定性の確保とお客さまの選択肢の拡大に資する制度整備が行われ、2004年4月から高圧（6,000V）、2005年4月からは全ての高圧（原則50kW以上）のお客さまへと段階的に拡大された。

2013年4月には、電力システムに関する改革方針が閣議決定され、実施を以下の三段階に分け、各段階で課題克服のための十分な検証を行い、その結果を踏まえた必要な措置を講じながら実行することとなった。

【第一弾改正（2015年4月～）】広域的運営推進機関の設立 等

【第二弾改正（2016年4月～）】小売全面自由化 等

【第三弾改正（2020年4月～）】送配電の中立化、料金規制の撤廃 等

水利用の観点からは、1896年に「治水」における河川管理を目的とした旧河川法が制定され、1964年に「治水」の他に「利水」を加えた新河川法が制定された。その後、1997年の河川法改正により、「治水」、「利水」に加えて「河川環境の整備と保全」が位置付けられ、現在は、「治水」、「利水」、「環境」の総合的な河川管理が必要となった。¹⁾

電気事業者に対して一定量以上の新エネルギー等を利用して得られる電気の利用を義務付けることにより、新エネルギー等の利用を促進していくことを目的とした「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（RPS法）」の施行（2003年4月）や電力会社が再生可能エネルギーで発電した電気を一定価格で買い取ることを義務付けたFIT制度の施行（2012年7月）等、水力をはじめとした再生可能エネルギーの普及促進に向けた制度づくりも進められてきた。

更新要因別事例件数の推移では、2003年以降、「水資源の有効活用」事例の増加傾向が認められ、上記の制度による効果の現れと推測される（表2. 2-1参照）。

表2. 2-1 更新要因「水資源の有効活用」事例件数

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	計
電力会社	1件			1件			1件	1件		3件	2件	5件		14件
上記以外		1件	2件	2件	1件	2件	5件	3件			2件		1件	19件
計	1件	1件	2件	3件	1件	2件	6件	4件	0件	3件	4件	5件	1件	33件

「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)」が2005年3月に公表され、耐震設計に対する自主保安の観点から、各社が保有する設備における耐震性能照査が粛々と進められるようになった。「災害リスク低減」事例（23件）のうち「5件」において、耐震性能照査を考慮した更新が行われている（表2. 2-2参照）。

表 2. 2-2 更新要因「災害リスク低減」(耐震) 件名一覧表

No	工事件名	施工時期
電土 37	奥泉(発)関の沢水管橋免震支承化工事	2007.11～2008.3
電土 39	井川・大井川(発)ダムゲートピア耐震裕度向上工事	2009.11～2010.3 2010.11～2011.3
電土 94	尾鷲第一(発)調圧水槽耐震補強工事	2011.1～2011.11
電土 95	西吉野第一(発)阪本取水設備耐震補強他工事	2008.11～2011.5
電土 96	十津川第一(発)野尻水路橋耐震補強工事	2009.10～2010.2

自然災害に伴う設備更新となる「災害復旧」事例(17件)のうち「3件」は大規模地震に起因した更新事例、「13件」は集中豪雨に起因した更新事例であり、集中豪雨に伴う事例が多数認められた。また、集中豪雨に起因した更新事例の特徴として、設備損壊箇所の単純復旧に留まらず、将来的な類似災害防止を目的とした構造見直し(ダム:ゲートレス化、ローダム化、取水口:取水方式変更等)が行われている点が挙げられる。

2. 3 現状整理を踏まえた今後の更新方向性

電気事業を取り巻く環境は激変してきており、その変化に合わせた柔軟な対応を行いながら現在に至っている。とはいえ、水力発電は、資源に乏しい我が国において貴重な純国産の再生可能エネルギーであり、長期間で低廉なコスト、負荷追随性、系統安定に対する貢献等の優れた特性を有しており、エネルギーセキュリティ確保の面からも重要な役割を果たしていることに変わりはなく、引き続き、水力発電の運転継続を目指した取り組みが必須と言える。

水力発電については、固定費負担が大きく、開発可能な地点が奥地化・小規模化してきていることから開発にあたっての採算性は従来よりも厳しくなっていること、既設水力発電所の多くが運転開始から数十年経過しており、経年による老朽化のため、適正な保全あるいは設備更新による延命化を図る必要があること等からも、新規開発（ダム～放水口間の全設備）よりも、既設改修によるリパワメントや既存の水路や河川保全のための維持放流施設の開発等が今後の水力開発の本流であり、後者の技術開発や導入促進に重点を置いた取り組みが特に重要と言える。^{1), 2)}

また、世界有数の地震国である我が国は、過去幾度となく大規模地震による多大な被害を被ってきた。特に、1995年1月の兵庫県南部地震を契機として大規模地震時における土木構造物の安全性確保に対する社会的要請は従来にも増して高まっている。加えて、近年は、局地的な集中豪雨の発生が全国各地で認められるようになり、これに起因した被害も後を絶たないことから、将来発生し得る大規模地震や集中豪雨に対する各種構造物の安全性評価や予防保全対策等にも重点を置いた取り組みが不可欠である。

図2. 3-1は、更新要因別—高度な検討課題別分類件数を示したものである。次章ではさらなる深掘り検討として、更新要因別の上位5件にあたる「経年劣化」、「水資源の有効活用」、「災害リスク低減」、「災害復旧」および「効率化・運用見直し」について更新要因と高度な検討課題との関連性をマトリクス整理し、これから得られる考察について述べる。

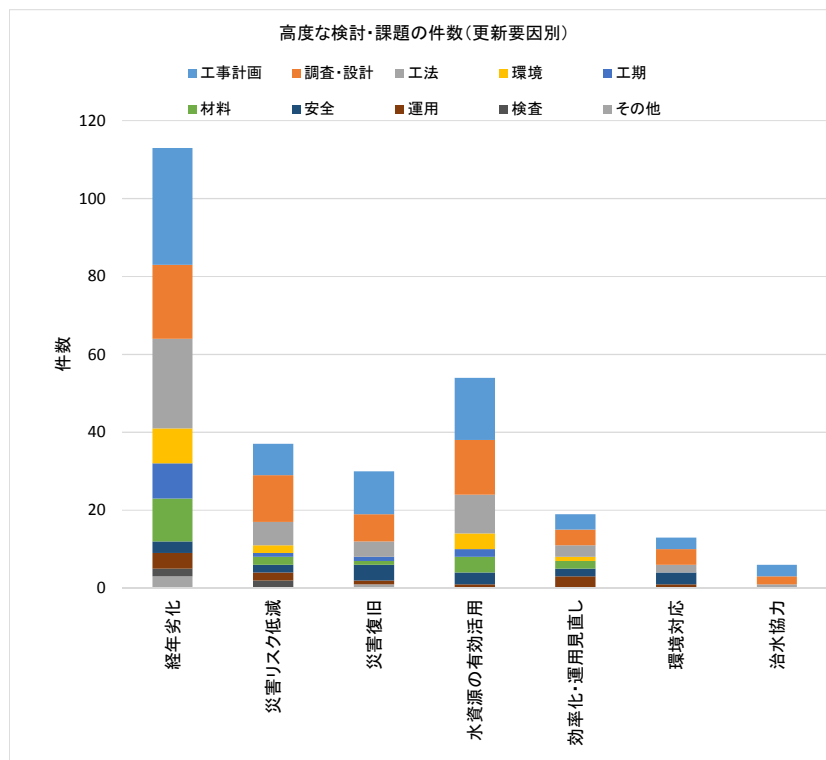


図2. 3-1 更新要因別—高度な検討課題別分類件数

3章 再開発・更新事例から見た課題

3. 1 課題マトリクス

今後、同種の更新工事を計画、調査設計、実施管理する際の参考資料として取り纏めることを目的に、主たる5つの「更新要因」（全体件数の大多数を網羅することを目安）について、「対象構造物」による区分と「検討・課題内容」による区分の2つを軸に、グループ分けし、グループごとに課題と解決方法の内容を取り纏めることとした。【表3. 1-2～6】

更新要因の種別と区分は以下の表3. 1-1のとおりとした。

対象構造物「発電所再開発」については使用水量の増減や不変に係らず、発電所基礎改修を主たる目的としている事例を抽出した。なお、間接的に更新した設備についても高度な検討・課題を有する場合は抽出を行い、*を付して説明を加えた。また、対象構造物「水路他改修」については取水設備、沈砂池、導水路、ヘッドタンク、サージタンク、水圧管路・余水路及び放水路他の事例を抽出しており、発電所再開発、ダム・調整池改修、ゲート改修で整理されない設備の課題を整理した。見出しの〔 〕で対象設備が不明なものは*を付して説明を加えた。

見出しの〔 〕に添えた（電土○）は表1. 2-1での番号を示した。

表3. 1-1 課題マトリクス整理表

更新要因	経年劣化、災害リスク低減、災害復旧、水資源の有効活用、効率化・運用見直し
対象構造物	発電所再開発、ダム・調整池改修、ゲート改修、水路他改修
検討・課題内容	工事計画、調査・設計、工法、環境、工期、材料、安全

収集した再開発・更新事例は件数が多く、更新要因も多岐にわたり、なかには様々な要因が関係するものもあった。このため、要因と更新範囲、技術的課題等の関連性について共通的な知見を見いだすことは困難を極めた。分科会委員で幾度も議論を重ね、整理の方向性としては個々の事例を分析するに留まらず、共通的な知見を見いだすことに注力した。その結果、大枠での共通的な知見として、現時点で再開発や更新に至った背景や要因との関連性、技術的課題等についてまとめることができた。

表 3. 1-2 課題マトリクス【経年劣化による更新事例】

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
工事計画	<p>〔水槽構造の合理的な見直しによるコストダウン〕（電土 14）</p> <ul style="list-style-type: none"> 既設発電所再開発工事における水槽構造の合理的な改修規模を検討。 水槽設備の設置コスト・維持管理コストの低減を図るため、制水門の統合（6 門⇒2 門）及び呑口幅員の縮小等を図ることで、水槽設備のコンパクト化を実現。 <p>〔既設設備交差部の影響に配慮した構造計画の検討〕（電土 3）</p> <ul style="list-style-type: none"> 既設発電所再開発工事における工事計画を検討。 新設放水路（開渠構造）上に位置する道路・農業用水路への影響を考慮し、交差箇所については、トンネル構造及び蓋渠構造を採用。 <p>〔既設発電所の稼働状況を考慮した再開発計画の検討〕（電土 3）</p> <ul style="list-style-type: none"> 既設発電所の再開発計画検討において、比較ケースの経済性を評価。 工事実施に伴う既設発電所の停止期間に着目し、発電所現位置案と発電所別置案を比較検討した結果、経済性に優れた発電所別置案を採用。 <p>〔既設発電所の稼働状況を考慮した導水路掘削方法の検討〕（電土 81）</p> <ul style="list-style-type: none"> 既設発電所再開発計画における工事計画。 工事に伴う既設発電所の停止期間に着目し、作業用トンネルの配置計画について、既設導水路流用案と作業用トンネル新設案を比較検討した結果、経済性に優れた作業用トンネル新設案を採用。 <p>〔洪水処理能力の向上による発電運用制約の解消〕（電土 63）</p> <ul style="list-style-type: none"> 既設発電所再開発計画における発電運用制約の解消方法を検討。 現実的な洪水規模を考慮し、水位制限をかけていた既設ダムに対して、既設堤体上部を切り欠き、洪水吐を増設することで、洪水処理能力の向上を図り、発電運用制約の解消を実現。 <p>〔更新時の保守省力化〕（電土 61）</p> <ul style="list-style-type: none"> 発電所再開発工事に伴う工事計画。 保守省力化を考慮した発電所基礎構造等の決定を実施。具体的には次の事例など。 二床式から単床式の基礎構造。 水車・発電機を 2 台から 1 台に減少。 水圧鉄管を塗装省略可能な FRMP 管。 <p>〔余水路安全対策〕（電土 64）</p> <ul style="list-style-type: none"> 発電所再開発工事に伴う工事計画。 既設設備を流用して対策する。具体的には不要となる水圧鉄管路を余水路に流用。また、既設発電所水車室を減勢工スペースに流用。 <p>〔地すべりに伴う設備損壊リスクの回避〕（電土 80）</p> <ul style="list-style-type: none"> 発電所再開発工事に伴う工事計画。 地質状況を考慮した設備配置計画を策定。具体的には立坑式水圧管路や地下発電所の採用など。 <p>〔発電所冠水対策〕（電土 78）</p> <ul style="list-style-type: none"> 発電所再開発工事に伴う工事計画。 発電所設置位置の変更。具体的には敷地の嵩上げや山側へのシフト等。 <p>〔振動粉塵低減対策〕（電土 67）</p> <ul style="list-style-type: none"> 発電所再開発工事に伴う工事計画。 電力系統を停電させない対策を実施。具体的には水車発電機基礎取壊しに SD 工法やワイヤソーイング工法、コアドリル削孔を採用する等。 <p>〔発電出力及び電力量の増加〕（NEF14）</p> <ul style="list-style-type: none"> 発電所再開発工事に伴う工事計画。 既設導水路の通水可能量に対して、水圧鉄管固定台の安定度や放水路の通水計算が問題ないことを確認。また、部分負荷の優位性 	<p>〔ダム改修案の比較〕（電土 46）</p> <ul style="list-style-type: none"> 「ゲートレス化」、「ゲート取替」、「上流発電所との直結」の 3 案について比較検討（コスト、ダム管理方法等）し、「ゲートレス化案」を採用。 <p>〔ダムの管理方策検討〕（電土 50）</p> <ul style="list-style-type: none"> 洪水吐ゲートを撤去・廃止し、自然越流式洪水吐および排砂門を新設。 <p>〔ダム改修に伴う仮排水設備の検討〕（電土 50）</p> <ul style="list-style-type: none"> ダム貫通孔および仮排水管を設置。具体的には、ダム直下流部は河川幅が非常に狭く、一般的な半川縮切方式が採用不可であること、工事中のダム放流に支障をきたすこと等の理由から当該案を採用。 <p>〔堰堤改修に伴う河川流況変化による発電規模の見直し〕（電土 36）</p> <ul style="list-style-type: none"> 最適発電規模検討（収益性（V(便益)－C(費用)）を踏まえた最大使用水量の変更（6.51m³/s⇒3.26m³/s）および水車発電機を撤去（2 台⇒1 台）。 <p>〔ダムピア修繕における既設 P C 鋼線の緊張力解放の取扱い〕（電土 58）</p> <ul style="list-style-type: none"> アンカー余長や施工中の地震に対する安全性検討等。 	<p>〔実現性・経済性を考慮したゲート改修計画の立案〕（電土 65）</p> <ul style="list-style-type: none"> ストーンゲートの経年劣化に伴い、①ゲートレス化（撤去案）、②鋼製起伏堰（全面取替案）、③端部のみ取替（健全部流用案）を比較検討し、実現性・経済性に最も優れた③案を採用のうえ、扉体の健全性や巻上機の開閉能力を勘案し、取替範囲を最小化した改修計画を立案。 <p>〔ピアコンクリートの信頼性を考慮したゲート固定方式の選定〕（電土 72）</p> <ul style="list-style-type: none"> ラジアルゲート取替にあたり、昭和 20 年代に構築されたピアコンクリートの信頼性を考慮し、付着方式よりも確実な固定方式（PC アンカー中間支圧版）を採用。 <p>〔ゲート取替時におけるダムピアコンクリートの計測管理の実施〕（電土 72）</p> <ul style="list-style-type: none"> ラジアルゲート取替における品質・設計管理にあたり、昭和 20 年代に構築されたピアコンクリートの強度や変形特性の不均一性を考慮し、アンカレッジ設置区間全体の平均的なひずみ計測が可能な光ファイバーセンサーを採用。 <p>〔出水規模や既設設備を考慮したゲート扉体組立用架台の採用〕（電土 74）</p> <ul style="list-style-type: none"> 洪水吐ゲート取替の仮設備として導入した扉体組立用架台について、据付期間中（11～4 月）における出水対策として、同時期の過去最大流量（約 600m³/s）がダムクレストを越流する場合を想定し、支柱を既設戸溝内に収めることで損傷を防止。 	<p>〔保守性を考慮した橋梁取替計画の立案〕（電土 17）</p> <ul style="list-style-type: none"> 橋梁取替工事における新設橋梁の構造比較を検討。 橋梁部材の経年劣化に伴う橋梁取替計画として、①ブレースドアーチ橋、②パイプビーム形式、③ワーレントラス橋を比較検討した結果、工事費用・発電停止期間などに差異は生じなかったが、今後の維持管理が最も容易であるワーレントラス橋を採用。 <p>〔厳しい施工環境を考慮した鉄管取替計画の検討〕（電土 71）</p> <ul style="list-style-type: none"> 水圧鉄管取替工事における工事計画を検討したものであり、冬期の積雪や急傾斜地などの厳しい施工環境を考慮し、効率的な資機材運搬方法を採用。（具体的な事例） 狭隘な進入道路の拡幅整備。 現場内の鉄管運搬・据付設備にケーブルクレーン（4 基 6 条）やインクライン（2 基）を配置。 現場内の移動設備としてモノレール（3 台）を配置。 <p>〔水槽容量の小型化検討〕（電土 76）</p> <ul style="list-style-type: none"> 水槽改修工事における改修計画を検討したものであり、安定した水位調整運転に必要な容量や事故時の緊急停止に必要な容量を再評価し、水槽の基本設計に反映。（具体的な内容） 発電所の運用ルールを考慮して、水槽容量を再評価した結果、水槽容量の小型化を実現。 既設水槽側壁を余水集水壁として活用することで、新たな余水導流壁の設置を省略。 導水路トンネルと水圧鉄管との同一線形上に水槽中心を配置するなど、水槽内の水面変動、偏流を抑制するレイアウトを採用。 <p>〔発電出力の増加〕（NEF16）</p> <ul style="list-style-type: none"> 水圧鉄管の取替。 鉄管径を拡大することで流速を減少させ、損失を改善。発電出力を増加させる計画を立案。 <p>〔資機材の運搬経路の検討〕（NEF16）</p> <ul style="list-style-type: none"> 水圧鉄管の取替。 発電所周辺の民家を避け、ケーブルクレーンによる運搬を採用。

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
	<p>からターゴ水車の適用が有利であることを確認して改修を計画。</p> <p>〔水槽余水路放流による水難事故及び余水路崩壊防止〕(NEF14)</p> <ul style="list-style-type: none"> ＊ 発電所再開発工事に伴う工事計画。 ・ 発電所停止時の余水放流方法をターゴ水車を採用するためデフレクタ方式として余水路省略を行うことで公衆災害リスク解消を計画。 <p>〔発電所への資機材運搬経路の検討〕(NEF14)</p> <ul style="list-style-type: none"> ＊ 発電所再開発工事に伴う工事計画。 ・ 資機材運搬経路は、河川内道路を仮設し、濁水防止のため流心部を回避、護岸天端から河床に降りやすい地点を道路ルート始点に選定、流水横断箇所には河川横断橋設置等を計画。 <p>〔がけ条例に適合した設備形成〕(NEF23)</p> <ul style="list-style-type: none"> ＊ 発電所再開発工事に伴う工事計画。 ・ 静岡県条例（がけ条例）に基づき新設建屋の配置を当初計画から川側へ移動した。また、水圧管路の平面形状を緩やかな S 字を描く形状とし、約 14m 延長。 			
調査・設計	<p>〔振動影響調査〕(電土 67)</p> <ul style="list-style-type: none"> ＊ 発電所再開発工事に伴う調査・設計。 ・ 既設水圧鉄管の振動調査を実施する。具体的にはレーザー変位計で片振幅を測定して許容値以下であることを確認。また、発電所建屋内の振動試験を実施する。具体的には震度計を用いて振動速度が管理値以内を確認する等。 <p>〔地質調査〕(電土 80)</p> <ul style="list-style-type: none"> ＊ 発電所再開発工事に伴う調査・設計。 ・ 設備損壊回避のため空中写真判読、地表踏査、長尺ボーリング、弾性波トモグラフィを行い、断層等の不連続面の分布状況や岩盤性状の空間把握を実施。 <p>〔支保設計〕(電土 80)</p> <ul style="list-style-type: none"> ＊ 発電所再開発工事に伴う調査・設計。 ・ 空洞掘削時の岩盤挙動評価を行い、長期安定性を確保可能な支保材の仕様・配置を決定等。 <p>〔水車への空気吸込み渦発生防止に向けた対策工の検討〕(電土 13,14)</p> <ul style="list-style-type: none"> ＊ 既設発電所再開発工事における採用水車への渦発生防止に向けた対策工。 ・ 立軸バルブ水車の空気吸込み渦による影響を解消するため、数値解析により渦防止対策工（ケーシング上部に整流傾斜板を設置）を検討し、水理模型実験にて渦防止対策効果を確認。 <p>〔安定性向上に向けたダム構造の見直し検討〕(電土 63)</p> <ul style="list-style-type: none"> ＊ 既設発電所再開発計画における既設ダムの耐震性能強化方法を検討。 ・ 安全性向上を現行の設計基準では、所要の安定条件を満たさない既設ダムに対して、ダム下流面にコンクリートを打ち増しし、安定性の向上を図った。 	<p>〔ダム表面遮水壁（アスファルト遮水壁）の健全度診断手法の確立〕(電土 24)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 電磁波探査装置による健全度診断手法の開発。 ・ 模擬供試体測定による統計処理結果や実物供試体採取による精度検証を基に判定基準を確立。 <p>〔ダム放流方法変更に伴う洗掘・浸食対策〕(電土 50)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 水理模型実験により最適な設備形状を決定のうえ、導流壁（ダム背面部）および護岸（下流河川部）を設置。 <p>〔堰堤改修方法の選定〕(電土 36)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 関係法令を満足した堰堤構造の決定（河川全幅を可動堰化）および設備簡素化を目的として最も経済的な S R 合成起伏堰を採用。 <p>〔ダムピア修繕における既設 PC 鋼線の維持性能確認〕(電土 58)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ PC 鋼線設置時と同様の載荷方法・最大荷重による維持性能確認試験を実施し、設計・施工の妥当性を判断。 	<p>〔非破壊検査によるラジアルゲートトラニオンピンの健全性評価〕(電土 16)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ダムゲート取替工事では、ラジアルゲート取替にあたり、UT（超音波探傷検査）により既設トラニオンピンの健全性を確認したうえで流用。 <p>〔解析手法を用いたダムゲートの耐震性評価・改修計画への反映〕(電土 47,49)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 洪水吐ゲート取替工事および神一ダム排砂ゲート取替工事では、ラジアルゲート（洪水吐や排砂門）の取替にあたり、レベル 2 地震動を対象とした動的解析結果に基づく構造計算を実施し、耐震性能が十分確保されていることを確認。 <p>〔応力測定に基づくゲート取替後の安全性評価〕(電土 47,49)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ゲート取替工事および神一ダム排砂ゲート取替工事では、ラジアルゲート（洪水吐・排砂門）の取替後に実施した静的および動的応力測定結果に基づき、応力・振動・座屈に対する照査を実施し、安全性を確認。 	<p>〔水圧鉄管伸縮部の腐食事象に対する原因調査〕(電土 4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 漏水が発生した水圧鉄管伸縮部の腐食事象に対する原因分析方法を検討したものであり、腐食部付近に付着していた泥状物質に対して、化学成分分析、微生物観察、錆こぶの X 線回折等を行い、腐食原因を確認。 ・ 屋内で現地状況を模擬した培養試験を行い、鉄管伸縮部（二重管部）の隙間に泥状物質が付着する環境下では、微生物が増殖し、錆こぶや腐食が発生しやすいことを確認。 <p>〔導水路覆工コンクリートの変状事象に対する原因調査〕(電土 5)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 覆工コンクリートの変状が発生した放水路トンネルの変状原因の推定方法を検討したものであり、周辺地盤を含めたトンネル構造をモデル化した FDM 解析（有限差分法）を行い、導水路覆工コンクリートの変状要因を確認。 <p>〔取水ロスクリーン不具合事象の原因調査及び恒久対策の検討〕(電土 68)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 揚水時においてスクリーンバーの亀裂や破断が続発した取水ロスクリーンの不具合原因の推察と対策工を検討したものであり、取水ロスクリーン周辺における水理状態の数値解析および振動測定を行い、スクリーンバーの亀裂・破断原因や固定ボルトの脱落原因などを確認。 ・ 恒久対策として、振動対策（スクリーンバーの剛性向上）および異種金属接触腐食対策（使用材料の統一）を実施。 <p>〔工事中の減電量、工事費低減のための既設固定台、既更新範囲の更新方法の選定〕(NEF26)</p> <ul style="list-style-type: none"> ＊ 水圧鉄管の更新。 ・ 既設固定台・小支台コンクリートは、外観調査、コア採取による試験（圧縮強度、中性化深さ、単位体積重量）で、必要性能を満足していることを確認。 ・ 既設固定台について、残置して、さや管を敷設することで、1 号管と 2 号管の施工時期をずらすことができ、工事期間中も発電でき、かつ固定台の撤去・再設置費用が不要となり、工事費低減を図った。 ・ 既更新範囲について、さや管を残置して 3 重管とする案よりも、80 年間の収支が有利となる既設さや管の撤去・再設置する案を採用。
工法	<p>〔新設構造物と既設構造物との取合い〕(電土 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> ＊ 発電所再開発工事における水圧鉄管の施工事例。 ・ 既設鉄管内部へ挿入する二重管構造を採用。 <p>〔既設構造物との近接施工対策〕(電土 3,13,81)</p> <ul style="list-style-type: none"> ＊ 発電所再開発工事において既設構造物に影響を与えない施工方法を採用。 ・ 改変面積の最小化や地山改良等の補強、既設構造物への補強対策等を実施。 <p>〔地山等挙動対策〕(電土 3,87)</p>	<p>〔施工中の出水対策〕(電土 57)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 既設ゴム堰をハイブリッド起伏堰に改修。 ・ 戸当りの施工においては 1/3 ずつ、扉体・ゴム袋体・定着ゴム等の施工においては全川締切りで対応。二次コンクリート打設前の戸当りおよび埋設配管流出防止対策として、鋼製蓋の設置を実施。扉体の流出およびゴム袋体の損傷対策として、仮止め可能な定着ゴムの加工方法に変更。 <p>〔ダムピアのコンクリート劣化対策〕(電土 57)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ コンクリート打ち替え、炭素繊維シートによる補強、鋼板接着による補強を比較検討し、水分進入を抑制できること、及び PC 鋼線定着部のコンクリートが健全であることからコンクリート打ち替 	<p>〔仮締切ゲートの補強〕(電土 12)</p> <ul style="list-style-type: none"> ＊ 洪水吐きゲート・巻上機取替工事。 ・ 運転開始当時から準備されている仮締切ゲートであるが、工事にあたって、ゲート戸当たりを取替えることから、戸当たり数部や側部コンクリートをはつりとるため、せん断耐力確保としてダム背面側に補強アンカーを設置。 <p>〔ゲートの据付・搬入方法〕(電土 47)</p> <ul style="list-style-type: none"> ＊ 洪水吐ゲート取替。 ・ ダム上の車両通行が不可能なため、ケーブルクレーン工法を採用。 	<p>〔さや管（旧管）内部への新管の据付〕(NEF26)</p> <ul style="list-style-type: none"> ＊ 水圧鉄管の更新。 ・ 旧管内における新管の芯出しは、すきまが円周で均等になるように据付け、端部は、次の旧管の管芯が基準となるため、「トンボ」を用いて新管の据付方向を決定。 ・ 旧管と新管の隙間には、無収縮系のモルタルを充填。 <p>〔既設水圧鉄管との近接施工対策〕(電土 29)</p> <ul style="list-style-type: none"> ＊ 水圧鉄管の更新。 ・ 水圧鉄管の取替えに際し、CRC 解体工法、静的破砕材の使用、人力などを組み合わせ、近接する運転中の既設水圧鉄管への影響を十分に配慮。

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
	<p>* 発電所再開発工事施工中の地山等の挙動に対して対策工を実施。</p> <ul style="list-style-type: none"> 解析による増打グラウンドアンカーの施工や中央導坑先進工法による掘削補助工法（AGF工法）を採用。 <p>【最適仮設計画】（電土 13,81）</p> <p>* 発電所再開発工事において地点ごとの特性を考慮した仮設備計画を策定。</p> <ul style="list-style-type: none"> コストと施工性を考慮した仮締切の採用や工事用道路兼用の仮締切の採用など。 <p>【既設構造物や既設発電機稼働中の近接施工（取り壊し工法）】</p> <ul style="list-style-type: none"> 大型ブレーカとコアボーリングの併用。（電土 61） ワイヤーソーイング工法と静的破砕剤による破砕。（電土 6） SD工法（Slot Drilling Method）とワイヤーソーイング工法の併用。（電土 10,61,67） コアボーリングとワイヤーソーイング工法の併用。（電土 64,98） コアボーリングとワイヤーソーイング工法の併用による切り出し後、ウォータージェットによる細部解体。（電土 99） 鋼板はアーケエアガウジングによる切断。（電土 99） <p>【既設構造物や既設発電機稼働中の近接施工（計測管理）】</p> <ul style="list-style-type: none"> 施工時には浮き上がり変位、内空変位、クラック変位の計測管理。（電土 6） 振動管理値の設定。（電土 61,64,67,98） <p>【コンクリートの中性化抑制】（電土 10）</p> <p>* 水車発電機改修工事における発電所補修。</p> <ul style="list-style-type: none"> 中性化深さ 20mm 以上の範囲は「電気化学的再アルカリ化工法」、20mm 未満は「中性化抑制工法」により施工。 	<p>えを採用。</p> <p>【施工中の出水対策】（電土 58）</p> <ul style="list-style-type: none"> ダムピアのコンクリート劣化部を打ち替える工事において、工事期間中はゲートが 1 門もしくは 2 門使用できない期間が発生するため、過去の出水記録に基づき施工期間、方法、手順の計画を立案。 <p>【揚圧力を低下させるための工法選定（ダム監査廊内での工事）】（電土 84）</p> <ul style="list-style-type: none"> ダムの揚圧力を低下させる工法について、各工法を比較検討し、既設全排水孔のリボーリング及び新規ボーリングを併用した工法を採用。効果は試験施工で確認。 <p>【アスファルト遮水壁斜面上での作業機械保持（公営 2）】</p> <ul style="list-style-type: none"> 調整池アスファルト遮水壁の改修工事において、施工機械重量の斜面分力と同等の反力を保持する「定張力サポートシステム」を開発し、サブウインチポータに搭載。メインウインチポータで支持された斜面用アスファルトフィニッシャは、オペレータや発電機、ガスボンベ等が転がり落ちない様に斜面上で水平を保てるような構造とした。 		
環境	<p>【生息動物や近隣民家への配慮】</p> <ul style="list-style-type: none"> 発電所の再開発に伴い水圧鉄管立坑部を掘削。（電土 3） 騒音・振動が抑制できる非火薬式蒸気圧破砕工法を採用。（電土 87） <p>【環境保全】（電土 82）</p> <p>* 発電所の再開発に伴う希少動物への配慮。</p> <ul style="list-style-type: none"> 自主的に環境調査を実施し、確認された種別に保全措置。 工事関係者を対象に希少動植物に関する教育を実施。動植物を凶解した資料を配布し、常時携行のルールを設定。 土地改変面積を減少させるため仮設道路から索道へ変更。 <p>【景観調和】（電土 63,78）</p> <p>* 発電所の再開発における自然環境に配慮した設計。</p> <ul style="list-style-type: none"> 国や県の指定公園である景観に配慮し、構造物の形式、配色を決定。 具体的には構造物の背面に設置可能なラジアルゲートの選定、専門家の指導を受けた配色の決定、自然石を貼り付けた石張り擁壁。 <p>【廃棄物の再利用】（電土 6,13,14）</p> <p>* 発電所再開発工事時に発生する解体コンクリートの再利用。</p> <ul style="list-style-type: none"> 解体コンクリートから再生骨材を製造し、再利用。 利用先は空洞部充填、路盤材、埋め戻し。 	<p>【生息動物への配慮】（電土 46）</p> <ul style="list-style-type: none"> 老朽化した洪水吐ゲートを撤去し、コンクリートで置き換え固定堰化する工事において、ダム地点周辺に生息するイヌワシに配慮し、工事期間を 5 月初旬から 11 月末の 7 ヶ月間とした。 <p>【景観調和】（電土 46）</p> <ul style="list-style-type: none"> 老朽化した洪水吐ゲートを撤去し、コンクリートで置き換え固定堰化する工事において、当該ダムは白山自然公園第 2 種特別地域に位置し、行楽シーズンは観光客や登山客で賑わう地域のため、打設コンクリート表面の黒色化・疑岩化の景観設計を実施。 <p>【廃棄物の再利用】（電土 46）</p> <ul style="list-style-type: none"> 老朽化した洪水吐ゲートを撤去し、コンクリートで置き換え固定堰化する工事において、約 3000 m³のコンクリートガラを産業廃棄物として場外搬出せず、当社敷地内で有効利用。 	なし	なし
工期	なし	<p>【工事期間の制約】（電土 48）</p> <ul style="list-style-type: none"> 取水ダム水叩工改修工事において、当該ダムは標高 1000m を越える豪雪地帯にあり、融雪出水や作業通路の整備期間を考慮して施工可能期間を 7 月から 11 月までに限定。 	<p>【工期時期の制約】</p> <p>* 洪水吐ゲート、排砂ゲートの取替計画・工事。</p> <ul style="list-style-type: none"> ダム運用に支障をきたさないように非出水期の取替を計画。（電土 47,49） 現地状況に応じた資機材揚重設備としてジブクレーン台車方式を採用。（電土 62） 現地状況に応じた資機材揚重設備として自走可能な汎用機で作業性に優れた移動式クレーン（ラフテレーンクレーン）を採用。（電土 69）。 クレーン及びトラックが直接ゲート据付け箇所へ乗入れ可能な仮設構台を堤体上に設置。（電土 69） 	<p>【工期短縮】（電土 71）</p> <p>* 水圧鉄管の取替。</p> <ul style="list-style-type: none"> 地質的・経済的にも最適なルートを選定。 <p>【工事期間の制約】（公営 1）</p> <p>* 水路の改修。</p> <ul style="list-style-type: none"> 水運用の関係から限られた放水可能期間に、緊急性の高い区間から補修を計画するとともに、資機材搬入用の立坑を新たに設置。

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
			<ul style="list-style-type: none"> 仮設備（鋼製門構型吊設備,仮設棧橋,荷受構台等）を全工程（4年）で共用使用できるように計画。（電土 56）。 <p>【工事期間中の発電】（電土 72）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 洪水吐ゲートの取替工事。 取替ゲートと工事により操作不能となる隣接ゲートへの仮締切設備の設置。 <p>【断水期間の短縮】（電土 74）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 洪水吐ゲートの取替工事。 既設ゲートの解体を架台上からダムクレスト上で実施する方法へ見直し。 扉体ブロック割りによる施工の効率化。 <p>【工期短縮】</p> <ul style="list-style-type: none"> * 洪水吐ゲート,巻上機の取替工事。 クリティカルな工程に対し,工程短縮工法（戸当りコンクリートの撤去にワイヤーソーイング工法）を採用。（電土 12）。 予告発注の段階で施工全体を考慮した最適の工事計画（自走式ジブクレーンによる仮設備計画）を採用。（電土 16） 	
材料	<p>【延長 1km をこえる導水路の覆工背面空洞への裏込注入】（電土 78）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所の再開発工事における導水路覆工背面注入材料の選定。 長距離圧送性,充填性,非漏出性,水中不分離抵抗性を有するフライアッシュを大量使用した長距離圧送裏込材の開発。現場適用。 	<p>【水叩工部の補修】（電土 26,48）</p> <ul style="list-style-type: none"> * ダムエプロン補修工事。 ファイバー混入自己充填型高強度高耐久コンクリートの品質管理方法の確立。 高強度コンクリート,鉄板張工,レール埋張工,特殊鋳鋼板工を比較検討し,特殊鋳鋼板工を採用。 <p>【アスファルト遮水壁補修】（電土 24）</p> <ul style="list-style-type: none"> * ダム修繕工事。 設計温度に対して新旧材料の変形係数が合致する配合を採用することで補修材料と既設材料を一体化。 <p>【起伏堰のゴム袋体老朽化】（電土 57）</p> <ul style="list-style-type: none"> * えん堤改修工事。 起伏堰の形式を比較検討の結果,ハイブリッド起伏堰に改修。 	<p>【スキンプレート使用材料の選定】（電土 74）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 洪水吐ゲート取替工事。 ライフサイクルコストを考慮し,維持管理費の低減ができるステンレスクラッド鋼の採用。 	<p>【水路改修時の材料選定】</p> <ul style="list-style-type: none"> 磨耗が顕著な排砂路敷に古タイヤを活用し,修繕コストを削減。（電土 23） 使用コンクリートの坑内長距離運搬時の品質低下に対する配合設計の実施。（公営 1） <p>【水圧鉄管改修時の材料選定】（電土 27）</p> <ul style="list-style-type: none"> 炭素繊維による鉄管補強を実施。鉄管の膨張性を考慮して,施工は冬季とし,鉄管と炭素繊維の電食対策にガラス繊維を採用。
安全	<p>【地元観光事業への配慮】（電土 63）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所の再開発に伴い貯水池に仮排水路設置。 遊覧船の安全な航行のために一定のダム水位を維持することを目的として,仮排水路を設置。 <p>【動物咬傷対策】（電土 82）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所の再開発。 講習会等を受講済みの専任監視員を配置。 	なし	なし	なし

表 3. 1-3 課題マトリクス【災害リスク低減を目的とした更新事例】

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
工事計画	なし	<p>〔発電とダム運用を継続しながらの工事〕（電土 88,89）</p> <ul style="list-style-type: none"> ダム改造工事における工事期間中の転流の方法として既設発電用水路を活用し、仮締切には鋼製起伏堰（SR堰）において国内初採用となるダブルチューブ方式を採用。 	なし	<p>〔余水路改修・新設時の検討課題〕</p> <ul style="list-style-type: none"> * 余水路の改修。 ・ 既設余水路への減勢室設置に当たり、発電時にも施工に影響がないようにコルゲート管による仮余水路で既設余水路を延伸。（電土 55） ・ 流用する既設サイフォン余水吐からの放流は、一時的に使用水量以上の水量となる可能性が高いことから、最大使用水量時における発電所急停止試験を工事計画段階で実施し、水槽水位の最高水位から一定水位への下降に見合う体積分が流出したものととして最大放流量を推定。（電土 75） * 余水放流設備の新設。 ・ 新設余水放流設備設置に当たり、配管ルート of 工夫により、旧水車・発電機および放水路の空きスペースを流用。（電土 73）
調査・設計	なし	なし	なし	<p>〔減勢工の設計〕</p> <ul style="list-style-type: none"> * 余水路減勢工の新設。 ・ 余水路（開水路）～立坑型減勢工～越流堰（既設ドラフト上部空間に設置）～放水庭という構造を採用。比較的コンパクトな「立坑型減勢工」で、水流（$V=8.5\text{m/s}$ 程度）を攪拌による摩擦で減勢させ、不足分は越流堰で減勢。（電土 21） ・ 立坑内流入水の空気混入による渦に対して、整流板の位置・開口寸法や補助構造物の位置を実験により決めて設置することで渦を消滅させ流況を安定化。（電土 31） ・ 水理模型実験に基づき、減勢箱（バップルのみのタイプ、バップルに格子を加えたタイプ）から格子を省略するとともに、減勢箱コーナー部にバップルを付加することによって、流水を極力減勢させる形状を採用。従来の設計基準に基づく衝撃型減勢工と比較して減勢池容量を 1/4 程度にコンパクト化（$80\text{m}^3 \rightarrow 20\text{m}^3$）。（電土 73） * 余水路減勢工の改修。 ・ 着水エネルギーの緩和および減勢効果の向上を目的に放流部を拡幅する案を検討。模型実験を行い、管径 3m→5m→12m と拡幅する形状に決定。（電土 25） ・ 越流部（延長 27m）を U 字型にし、構造物をコンパクト化。（電土 28） ・ 射流の流れを減勢させる補助構造物（シュートブロック、バップルピア、エンドシル）の位置や形状、内圧を作用させない流入部や管路部の形状を水理模型実験により決定。（電土 30） ・ 旧余水路から新余水路への接続部については水理模型実験で流況を確認し、断面変化区間を設け内圧が作用しない構造を採用。また、減勢工には放水路直上立坑を採用しているが、放水路洗掘の懸念から立坑下部に多孔板を設け立坑底部への余水放流の衝撃を緩和。（電土 32） ・ 水理模型実験により水理機能を検証し、課題のある箇所については改良を加え、河川への放流流速を最大限に低減できる形状を検討。（電土 55） ・ 水理模型実験に基づき、新設する余水管斜路部の水路高や余水管取付部始点付近への空気口の設置、余水管取付部の曲率半径、減勢工内の衝撃板下流の越流堰高の変更など、設計形状を決定。（電土 75） <p>〔地震時応答解析・応力照査の実施〕</p> <ul style="list-style-type: none"> * 水管橋の免震支承化。 ・ 内閣府中央防災会議より公表されている地震波形を用い、水管橋の 3 次元動的解析を実施。免震支承は、高い振動減衰効果と復元機能を有する LRB（Lead Rubber Bearing：鉛プラグ入り積層ゴム支承）を採用。（電土 37） * 調圧水槽の耐震補強。 ・ 内閣府中央防災会議から公表されている地震波形を用いて、3 次元地震応答解析を行い、調圧水槽地点の地震動波形を決定。調圧水槽の地上部を対象とした 3 次元 FEM モデルにより動的線形解析を実施し、解析結果により応力を照査。（電土 94） * 水路橋の耐震補強。 ・ 水路管、橋脚、ランガー桁をモデル化した 3 次元骨組モデルにより地震応答解析を行い、応力照査を実施。その結果、ランガー桁、リングガータ、ランガー桁吊材、支承取付ボルトを補強。（電土 96）

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
工法	なし	<p>〔河川内の仮締切施工方法〕（電土 88）</p> <ul style="list-style-type: none"> * ダムの改修。 ・ 鋼管矢板の施工は先行掘削置換工を採用しており、ケーシング建込み後、内部の流木を含む土砂を砂置換えした上で、ダウンザーホールハンマーにより矢板を打設。 <p>〔ダム改造の施工方法〕（電土 89）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 洪水処理機能と通砂機能を確保したダム改造（既設堤体切欠き）を行うため、コンクリート温度応力対策、既設堤体との一体化処理、摩耗対策など実施。 <p>〔発電とダム運用を継続しながらの工事〕（電土 88,89）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ダム改造工事における工事期間中の転流の方法として既設発電用水路を活用し、仮締切には鋼製起伏堰（SR堰）において国内初採用となるダブルチューブ方式を採用。 <p>〔耐震対策〕（電土 39）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 洪水吐ゲートピアの耐震裕度向上。 ・ ピアの耐震裕度向上のため、既設管理橋を代替する鋼製追加桁とピアとを高減衰ダンパーを介して接合。 	<p>〔ゲートの搬入・据付方法〕（電土 95）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 表面取水設備（扉体）の新設。 ・ ラフタークレーン、チェンブロック、エア搬送システム等の併用により、扉体の据付を実施。 	<p>〔既設構造物との近接施工対策〕</p> <ul style="list-style-type: none"> * 放水路トンネルの付替。 ・ 発破位置から最小離隔位置の構造物の変位速度を振動計計測値から推定し、制限値内にあることを確認しながら掘進。（電土 51） * 余水路の改修。 ・ 送電線下においてクレーン作業を必要としない管据付工法を採用。管据付箇所には仮設レールを敷設し、架台を利用しながら新設管を設置。（電土 30） ・ 発電所余水路新設工事では、余水路立坑掘削は取水路脇で発電所運転中に行うため薬液注入および自立式の親杭横矢板による土留を行い実施。（電土 32） ・ 発電所余水路新設工事では、余水路部掘削は道路に接しているため自立式の親杭横矢板による土留を行い実施。（電土 32） <p>〔地山の湧水および挙動対策〕（電土 51）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 放水路トンネルの付替。 ・ 弾性波を利用した TSP 探査による破砕帯の有無や地山劣化範囲の確認および前方探査ボーリングによる地質状況の確認を実施。 <p>〔施工性向上と工期短縮〕（電土 25）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 余水路の改修。 ・ 余水路曲線部（鉛直・水平方向に曲がる複雑な構造）のコンクリート打設は鋼製曲管を内型枠として施工。 <p>〔資機材の運搬対策〕（電土 94）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 調圧水槽の耐震補強。 ・ アクセス路がなく狭隘かつ高所での施工をヘリ・人・モノレール併用による資機材運搬や長距離超高压ポンプによるコンクリート打設により実施。 <p>〔既設構造物耐震補強工事における計測管理〕（電土 96）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 水路橋の耐震補強。 ・ 水路橋のランガー桁吊材の取替えを吊荷重や水路管変位のモニタリング管理を行いながら実施。
環境	なし	なし	なし	<p>〔掘削ブリの処理〕（電土 51）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 放水路トンネルの付替。 ・ 放水路トンネル付替工事において、工事場所が国立公園内および保安林内に位置することから、掘削ブリの処理に制約があったため、コンクリート用骨材に再利用するとともに、運搬能力の範疇で自然公園外へ搬出することで、自然公園内での残土処理量の低減を図った。
工期	なし	なし	なし	なし
材料	なし	なし	なし	なし
安全	なし	なし	なし	<p>〔資機材運搬における安全確保〕（電土 51）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 放水路トンネルの付替。 ・ 工所用資機材の運搬に利用した鉄道側線軌道が営業線と連結または併走するため、信号機や標識類の安全設備の設置、運転士等の教育訓練の実施、旅客列車・他工事の資機材輸送列車の運行状況を確認、工事進捗にあわせた関係各所との密な調整などの対策を実施 <p>〔急傾斜地での作業安全の確保〕（電土 75）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 余水路の改修。 ・ 余水管新設部の岩盤切取については、国道に面した急斜面（最大傾斜角 54 度）であったことから、作業安全性を確保でき、大規模な仮設ステージが不要な高所法面掘削機を採用。

表3. 1-4 課題マトリクス【災害復旧に起因する更新事例】

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
工事計画	<p>【既設構造物の仮設流用】(NEF4)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 台風により被災した発電所建屋の改修および水車、発電機設備の更新。 既設建屋の側壁及び護岸擁壁を残置し、工事中の洪水に対する締切工として利用。 	<p>【設計洪水量を上回る洪水量により被災した、えん堤洪水吐設備復旧対策方法の検討】(電土 18)</p> <ul style="list-style-type: none"> えん堤洪水吐設備復旧対策方法の検討において、既存の洪水吐設備(木製角落し、13門)は、水害前から洪水時操作の安全確保が課題とされていたため、今回被災したえん堤は原型復旧を行わず、現在の常時満水位までコンクリートを嵩上げし、越流型のゲートレスダムに改造する計画を立案。 設計洪水量については、県が策定した河川整備計画に基づき、当該えん堤地点における計画流量を策定し、検討。(当初：350m³/s⇒今回：530m³/s) <p>【放流能力の確保、遮水壁の安定性の確保、運用面のゲート放流操作性等ダム管理運用の改善】(電土 85)</p> <ul style="list-style-type: none"> ダム改修(洪水吐型式)の検討において、洪水吐ゲート式、倒伏式、越流式の3ケースの比較検討から、安全確実なダム管理の実現、業務の省力化が図れ、経済的にも優位となる越流式を採用(ゲートレス化)。 <p>【雨水浸透による浸潤線の堤体下流側法尻への浸出防止、下流法面の安定性向上】(電土 86)</p> <ul style="list-style-type: none"> アースダムの復旧工事において、1)貯水池内水位(常時満水位、設計洪水水位)を下げ、堤体の浸潤線低減効果を図る、2)堤体背面に盛土により増厚するとともに勾配を変更、3)盛土には透水性材を布設、4)緩みを生じた範囲を一旦除去後、含水比調整後、再盛り立てを実施。 	なし	<p>【水害により被災した水圧鉄管管理橋復旧対策方法の検討】(電土 18)</p> <ul style="list-style-type: none"> 既存の構造形式(2径間で河川横断)では、河川氾濫時に橋脚の影響で流芥木が堆積し、河道を狭めることが懸念されたため、水圧鉄管と管理橋を一体化し、1径間で河川横断させる構造形式に改造する計画を立案。 施工性・経済性に優れた補剛形式(π型フランジ補剛形式)を採用。また、河川横断部の水圧鉄管は橋梁として扱うため、支間端部の伸縮継手については、管軸方向・管直角方向・角変位の全ての変位に対し、機能性を有する伸縮可とう継手を採用。 <p>【コスト低減】(電土 45)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 取水口の改修。 巻上機室の構造を鉄筋コンクリート造から鉄骨造へ変更し、土木工事と鋼構造物工事の仮設備・使用機械の共用により空輸費・仮設費の低減を図った。 <p>【水槽・余水路閉塞防止対策】(電土 70)</p> <ul style="list-style-type: none"> 溪流には数千m³の不安定土砂が残存しており、土石流が発生する可能性が否定できないため、水槽の移設や溪流への砂防施設の新設等を含めて検討した結果、経済性・工期の面で優位な「蓋工」(L=21m、コンクリート二次製品)を採用。 <p>【仮設備計画策定】(電土 70)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 水槽、余水路の改修。 水槽進入部の地山流出に伴い、工事用道路の設置が必要となったため、「盛土」および「仮設栈橋」について比較検討した結果、施工性・工期短縮の観点から「仮設栈橋(斜張式架設工法)」を採用。
調査・設計	なし	<p>【堰堤構造変更に伴う影響検討】(電土 35)</p> <ul style="list-style-type: none"> 出水時の河川水位上昇を抑えるため可動堰へ改修するにあたり、えん堤の径間長が50mを超えることから、2径間とした場合の河川洪水状況について、中央堰柱による偏流が発生しないことを水理解析により確認。 <p>【魚道構造の検討】(電土 35)</p> <ul style="list-style-type: none"> 対象魚種、魚道形式の選定および呼び水水路の併設を実施。具体的には、対象魚種は、生息魚種のうち巡航速度、突進速度の小さい魚種を選定。魚道形式は、①えん堤高さが低い、②設置位置が高水敷内という制限から階段式魚道を採用。また、呼び水水路を併設し、魚道と呼び水水路間の側壁に切り欠きを設け、魚道側の余分な水を呼び水水路側へ越流させ、魚道流量を調節。 <p>【取水設備等破損に関する原因究明の実施】(電土 83)</p> <ul style="list-style-type: none"> 破損メカニズムを複数仮定し、各種状況を総合的に評価し原因を推定。 破損箇所・順序別に3ケースの破損メカニズムを仮定し、発生時の状況(気象、操作)、破損設備状況、構造物基礎状況、崩壊斜面状況との整合性確認、評価から原因を推定。 	なし	<p>【取水口改修に伴う取水方式の検討】(電土 45)</p> <ul style="list-style-type: none"> 2年続けて豪雨出水による取水堰への土石堆積、浸水被害を受け、取水方式を側方取水口からチロリアン式取水口(水平スクリーン)に変更し、巻上機室の嵩上げを実施。また、取水庭上部をコンクリートスラブで被覆。 <p>【取水口構造の検討】(電土 44)</p> <ul style="list-style-type: none"> 三次元流体解析を踏まえた取水口立坑位置の決定。具体的には、三次元流体解析の結果、立坑位置を中央よりも端部(河川側)へ移動させることにより、渦の発生や水面変化が抑制可能となり、安定取水が行えることを確認。
工法	<p>【既設構造物の部分解体・撤去】(NEF4)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 台風により被災した発電所建屋の改修および水車、発電機設備の更新。 既設構造物の解体及び撤去は、ワイヤーソー、バックホー、静的破碎剤、ブレーカー及びウォータージェットにより実施。 	<p>【堰堤復旧方法の検討】(電土 8)</p> <ul style="list-style-type: none"> * コンクリート打設における長距離圧送の採用。 堰堤が急峻山間地に位置し、アクセス道路が未整備であったことから、コンクリート打設工法について検討した。経済性や作業効率の観点から超高压圧送ポンプを採用。(配管延長 L=1,620m、高低差 65m) 	なし	<p>【導水路復旧工法の検討】(電土 15)</p> <ul style="list-style-type: none"> 特殊ファイバーモルタル(PFモルタル)吹付工法の採用。 被害の大きかった導水路の復旧に際し、作業用横坑から施工場所まで、最長で1.5kmあったことから、品質確保と施工性を考慮し、H形鋼材を建込み、厚さ10cmの特殊ファイバーモルタル吹付工法による内巻を実施。 <p>【水路内に堆積した土砂、塵芥除去方法の検討】(電土 19)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 取水口、放水路の改修。 水害により堆積した水路内の土砂について、復旧箇所、堆積物の種類、堆積土砂量に応じた土砂排除方法の選定(水中部掘削、仮締切併用重機掘削(MJP工法)、エアリフト工法、サンドポンプ工法)の採用)を実施。 <p>【水圧鉄管改修における山間部作業方法の検討】(電土 34)</p> <ul style="list-style-type: none"> 工事箇所は歩行用の巡視路でしかアクセスできない山間地であるため、資機材運搬は経済性からヘリ輸送を採用し、コンクリートはヘリの風圧による振れで型枠を破損しないようバックホウに吊替えて移動・打設。

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
				<p>〔水路構造（河川横断面）の検討〕（電土 44）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 導水路の改修。 ・ プレキャスト水路（ボックスカルバート）の採用。具体的には、万一水替えが不十分な場合、現場打ち水路ではコンクリートの品質確保が困難であること等が想定されたため、最悪の場合は沈埋トンネルのような水中設置の方法も選択できるプレキャスト水路を採用。 <p>〔ドラフト・放水庭の土砂取除き工法の選定〕（電土 100）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 放水庭の改修。 ・ 仮締切を設置してドラフト内部を排水したうえで小型重機により土砂取除きを実施。当初は、吊下げ式ジェットポンプおよび潜水士による水中ポンプでの吸引工法（MJP 工法）を採用し、施工を始めたが、放水口周辺に支障物の存在が明らかになったため、放水口直下流に鋼矢板による仮締切を設置し、ドラフト内部を排水したうえで小型重機により土砂取除きを行う工法に変更。 <p>〔大規模地震により被害を受けた施設の早期復旧〕（NEF12）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 水槽、導水路の改修。 ・ 水槽下部の崩落部は仮押さえの法面保護工とし、水槽復旧を優先。水槽はレベル1程度の地震に耐えうる従来型設計の鉄筋コンクリート構造とし、水路管は耐候性の FRPM 管（φ1.5m 内圧型）を採用。 * 導水路、サージタンクの改修。 ・ 水路管の破損部は鉄筋コンクリート巻立を行い、亀裂部はエポキシ樹脂系材料注入し、更に漏水箇所は溶剤型プライマーならびにエポキシ樹脂系防水材料を塗布。 ・ サージタンクは、亀裂箇所外部に注入エポキシ樹脂材を充填後、ケイ酸質系防水材料を塗布するとともに、内部の充填は外部と同じ工法で行い、ライニングはエポキシ樹脂系防水材料を塗布。 * サージタンクの改修。 ・ サージタンク壁面のズレは溝型鋼を介してアンカーにて連結。連結箇所を鋼板で円筒状に覆い、モルタル充填。
環境	なし	<p>〔巨石張り護岸による河川環境や美観への配慮〕（電土 8）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 平成7年7月に発生した「7・11 水害」の災害復旧のうち、護岸および護床ブロックの復旧にあたっては、水害後の河川に堆積していた直径1m超の転石を利用。 	なし	なし
工期	なし	<p>〔河川内工事における創意工夫〕（電土 83）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 取水設備等復旧工事における取水堰・魚道等の改修にあたっては、限られた工期で河川内工事を完了すべく、効率と安全を追求するため以下の創意工夫を実施。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 仮締切に河川堆積物、大型土嚢を採用 ➢ 大口径ボーリングによる先行掘削を行い、内部砂置換後に矢板打設 ➢ 早強コンクリートの採用 	なし	なし
材料	なし	<p>〔アスファルト表面遮水壁のクラック補修〕（電土 93）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ アスファルト表面遮水壁補修工事では、アスファルト表面遮水壁のクラック補修を短期間で実施し、かつ持続的な遮水機能を確認するため、アスファルト合材によるオーバーレイを施工。 <p>〔アスファルト表面遮水壁の補修後の監視・評価〕（電土 93）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ アスファルト表面遮水壁補修工事では、アスファルト表面遮水壁のオーバーレイ補修部について、暴露供試体を用いた劣化状況の確認、オーバーレイ部のひずみ・温度計測による長期モニタリングを実施し、補修箇所の耐久性を評価。 	なし	なし
安全	なし	<p>〔出水・降雪による工事中断時の安全確保〕（電土 33）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 取水堰復旧工事において、災害復旧の恒久対策として既設取水堰下流に新取水堰を設置するにあたり、既設取水堰および周辺法面の変位を常時計測するとともに、降雨による作業中止基準を設定。 	なし	<p>〔岩盤崩落防止対策と設備防護対策〕（電土 34）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 水圧鉄管の改修。 ・ 水圧鉄管災害復旧工事では、崩壊箇所の岩盤露出面のモルタル吹付にあたり、崩壊面での危険作業を減らすためラス網張りを省略し、十分な付着性能と耐腐食性を有するビニロン繊維補強モルタルを使用。また、落下岩塊が水圧鉄管を直撃する可能性のある範囲は、鉄管のコンクリート巻立と緩衝材（現地発生土塊）の敷均しを実施。 <p>〔警報装置・防護施設の設置による二次災害の回避〕（電土 70）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 水槽、余水路、放水路の改修。 ・ 水槽・余水路・放水路の復旧にあたり、土石流、法面崩壊、落石等の二次災害を検知するとともに発電施設を防護するため、警報装置

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
				<p>(ワイヤセンサー,傾斜計) および防護施設(落石防護柵)を設置。</p> <p>【余震による二次災害の回避】(電土15)</p> <p>* 導水路の改修。</p> <ul style="list-style-type: none"> 「平成20年岩手・宮城内陸地震」後の災害復旧における導水路の復旧にあたっては,気象警報発令等による避難基準の策定,トンネル坑内に有線の坑内電話と赤色灯を設置することによる設備対策の実施,トンネル坑内の避難場所を定めた避難体制の整備を実施。

表3. 1-5 課題マトリクス【水資源の有効活用を目的とした更新事例】

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
工事計画	<p>〔ダム近接かつ狭隘箇所における掘削計画〕（電土 42）</p> <ul style="list-style-type: none"> 維持流量発電所再開発に伴うダム近傍の掘削計画。 ダムへの振動影響に配慮し、発破ではなく、バックホウ＋大型ブレーカーの併用による岩盤掘削を実施。また、掘削箇所の施工順序に配慮しながら、狭隘な箇所からの土砂搬出を実施。 <p>〔経済性等を考慮した水路ルート、水車型式の選定〕（電土 66）</p> <ul style="list-style-type: none"> 発電所再開発に伴う水路ルート選定。 水路ルートは、障害物がなく延長も短い左岸側ルートを採用。水車型式は、①発電所建屋が不要、②据付・調整が容易、③メンテナンス費用が安価、④工期短縮が可能な「水中タービン」を採用。 <p>〔維持流量発電所再開発における取替え範囲の最小化〕（電土 91）</p> <ul style="list-style-type: none"> 維持流量発電所再開発に伴う既設取水口等の有効活用。 取水口は、既設維持流量設備を流用。水車・発電機は、既設バルブ室内にバルブやコンクリートを撤去して格納。放水口は、既設ダム導流壁及びダムエプロンの一部を撤去して新設。 <p>〔既設建造物の有効活用によるコストダウン〕（NEF 7）</p> <ul style="list-style-type: none"> 維持流量発電所再開発に伴う既設取水口等の有効活用。 建設箇所を既設ダム左岸側とダム右岸側と比較し、経済性の優れる左岸側に建設。既設他発電所の導水路から分岐させ導水するため取水口、スクリーン等は新設しないことでコストダウン。 ダム導流壁内に発電所を設け、導流壁外に設置する場合に必要な水替えを省略。また、重機進入に必要な仮設の削減にもつながり、コストダウン。 <p>〔水槽沈砂池への自動除塵機設置による溢水電力の防止〕（NEF22）</p> <ul style="list-style-type: none"> 小水力発電所再開発に伴う溢水電力の防止。 水槽沈砂池への自動除塵機設置により、落葉等の茶揚げ作業を機械化し労力を軽減するとともに、茶を早期に除去することで溢水電力の防止を図った。 <p>〔導水管の省略によるコストダウン〕（NEF22）</p> <ul style="list-style-type: none"> 完全従属型の水路式発電所再開発に伴う導水管の省略。 導水管を整備せず、水路上に取水設備、沈砂池水槽を一体的に整備し、余水吐きについても既存水路を活用。 <p>〔同一水系での面的な水力開発によるコストダウン〕（NEF22）</p> <ul style="list-style-type: none"> 発電所再開発に伴うスケールメリットの活用。 同一水系に3箇所（合計4箇所）の発電所を同時期に整備することで、許認可取得期間を含め建設工事期間の短縮が図れるとともに、工事費の削減を図った。 複数発電所を同時に運営することで生まれるスケールメリットにより、メンテナンスの効率化が図れ、事業費および維持管理費のコスト削減に繋がった。 <p>〔水槽制水門の省略によるコストダウン〕（NEF24）</p> <ul style="list-style-type: none"> トンネル湧水発電所再開発に伴う水槽制水門の省略。 道路排水から水槽へ直接流入させることにより、塵芥処理装置、水槽制水門を省略。 <p>〔既設砂防堰堤への取水施設設置によるコストダウン〕（NEF24）</p> <ul style="list-style-type: none"> 発電所再開発に伴う既設砂防堰堤の有効活用。 既設砂防堰堤に取水施設を設置することで設備の簡素化を図り、工事費を抑制。 	<p>〔堤体穴あけに伴うダム安定性評価〕（電土 43）</p> <ul style="list-style-type: none"> 水位低下時の濁水対策として実施したダム堤体穴あけに伴い、ダムの安定度および貫通部への応力集中度を評価。 <p>〔注水を継続しながらの取水ダム築造〕（電土 101）</p> <ul style="list-style-type: none"> 注水口からの流水路を確保しながら施工を行うため、半川締切により、取水ダムの築造をⅠ期、Ⅱ期に分割して施工。 	<p>〔取水ロゲートの省スペース化〕（電土 38）</p> <ul style="list-style-type: none"> 既設砂防えん堤におけるレイアウト上の制約から、一つの巻上機で上下に配置した二門のゲート操作が可能な「二段ゲート」を採用。 	<p>〔改変面積の最小化〕（電土 2）</p> <ul style="list-style-type: none"> 水槽、水圧鉄管、発電所、放水路、余水路の配置計画。 保安林内作業許可条件を満足させるため、直線的な水槽～放水路のルートを、深い崖錐堆積層を避けた水圧管路を屈曲させるルートに見直し、掘削範囲を最小限に抑制。

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
	<p>〔既設水圧鉄管からのト分岐による設備余力の活用〕(NEF27)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う既設水圧管路の余力活用。 ・ 既設発電所(最大使用水量 4m³/s,1,700kW)は,建設途中で計画変更されたため,水圧鉄管は当初計画の 7 m³/s 仕様で建設。 ・ 豊富な融雪水,未利用能力の有効活用の観点から,既設水圧鉄管を地表近くでト分岐し,既設発電所の直下流に新設発電所を建設。 <p>〔本来の設備機能を維持した水力発電計画〕</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う既設構造物の機能維持。 ・ かんがい用水を利用した発電所を再開発するにあたり,発電停止時の代替放流管を設置。(NEF18) ・ 上水道設備との共用にあたり,発電所構築に伴う地盤変位および地震時の変位に対する安全性確保のため,発電所の上下流に伸縮管を設置。(NEF11) ・ 既存送水管に沿った流れ方向を確保した設備配置。(NEF3) <p>〔経済性を考慮した設計・設備流用〕</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う経済設計・設備流用。 ・ 取水方式の選定にあたり,サイフォン方式・堤体穴開け方式を比較検討し,経済性等で有利なサイフォン取水方式を採用。(NEF20) ・ 現地調査により水圧鉄管および発電所本館を除き,躯体本体を流用。(NEF15) 			
調査・設計	<p>〔維持流量の発電使用水量としての放流〕(電土 52)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う発電所運用計画の最適化。 ・ 取水設備や水車で流量調整ができないことから,ダム水位が低い場合,使用水量が減少する。このため,ダム水位が運用最低水位の場合,河川維持流量を発電使用水量として放流できるよう計画。 <p>〔既設他発電所導水路および新設導水路接合部の検討〕(NEF7)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う新旧導水路接続部の構造検討。 ・ 新設水路が干渉する部分の鉄筋のみ切断し,切断箇所は新たに補強筋を設置。 <p>〔かんがい用水量に対する起伏ゲートの角度の検討〕(NEF17)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う起伏ゲートの運用計画の最適化。 ・ かんがい用水を利用する発電所において,年間 4 パターンに分けられる用水量毎に適切に取水できるよう起伏ゲートの角度を検討。 <p>〔地形条件により制約を受ける沈砂池兼水槽の検討〕(NEF17)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う沈砂池・水槽設計の合理化。 ・ かんがい用水を利用する発電所において,2本の用水路に挟まれた場所に沈砂池兼水槽を設置するにあたり,用水がダムから取水しており土砂の混入がほとんどないため,沈砂池兼水槽の長さは沈砂池の機能ではなく,越流堤での越流水深により決定し,地形条件のクリアとコスト縮減を図る。 <p>〔既設構造物への影響回避〕(NEF18)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う既設構造物への影響回避。 ・ 既設えん堤からの河川維持放流およびかんがい用水を利用した発電所を再開発するにあたり,新設発電所の取水口を既設発電所の取水口内に設ける際,既設構造物の改造が不要であり応力の影響が最も少ないサイフォン方式を採用。 <p>〔運転時及び停止時において,維持放流が可能な取水設備の計画〕</p>	なし	なし	<p>〔損失水頭低減のための水圧鉄管の線形検討〕(電土 60)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 水圧鉄管の線形計画。 ・ 水車直前の曲がり角度を緩く,かつ鉄管長を短縮できる水圧鉄管の線形を検討することにより,当初計画よりも損失水頭を低減,出力を増加。 <p>〔共通施設となる調圧水槽の容量検討〕(NEF13)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 調圧水槽の容量計画。 ・ 維持放流発電所増設に際し既設発電所と調圧水槽を共有。 ・ 減衰効果,水槽容量及び水撃圧に対する安全性を考慮し,調圧水槽は単動式から差動式へ改造。 ・ 水理模型実験により振動現象の検証を実施。

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
	<p align="center">(NEF27)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う取水設備の最適化。 ・ 取水設備として、既設維持放流設備を流量する案、既設維持放流設備の管口径を拡大する案、サイフォン管を新設する案を比較検討。 ・ 経済性、工事中のかんがい用水供給への影響、下流の発電所の発電電力量への影響などを考慮し、「サイフォン管を新設する案」を採用。 <p>〔効率的な運転パターンの検討〕(NEF1)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う発電所運用計画の最適化。 ・ 貯水位が変動する発電計画であるため、運転パターンを3ケース設定（①開度調節による流量一定制御、②最低水位で維持流量を確保する開度一定制御、③開度一定制御・出力一定制御の併用）。 ・ 既設発電所の減電量が最も少ない開度調節による流量一定制御の運転パターンを採用。 <p>〔既設構造物流用による経済的な発電所設置箇所の選定〕</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う発電所設置箇所の最適化。 ・ 既設調整池敷地内における地盤条件、新設送水管の距離等を勘案し、発電機を新設。(NEF8) <p>〔既設構造物流用によるコストダウン〕(NEF9)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う既設構造物の流用。 ・ 運開から100年経過した発電所の再開発。 ・ 鉄管について継続使用可否について精密調査を実施。 ・ 概観調査および鉄管に作用する応力の検討を行い、一部区間を除き継続利用。 <p>〔既設排砂門の改修〕(NEF15)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 廃止発電所の再開発。 ・ 農業用水との共有設備であり、長期断水が困難であったため、水槽内の堆積土砂排除後に排砂門型式を確認し、水槽の一部改造を伴う門扉取替を実施。 <p>〔廃止設備の健全性評価〕(NEF19)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 廃止発電所の再開発。 ・ 外観目視調査により既設コンクリート構造物は流用可能であることを確認。 ・ 水圧鉄管については、精密調査（材料試験、応力評価等）の結果、内外面塗装と伸縮継手のパッキンおよびボルト・ナットの取替対応により既設流用が可能であることを確認。 			
工法	<p>〔狹隘・急斜面地（約40度）における水圧管路設置〕(電土2)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う水圧鉄管の設置工事。 ・ 現場での施工性・維持管理を考慮するため、鋼管よりも軽量かつ施工・経済性に勝るFRPM管を採用。管路の埋戻しには、崩壊斜面に実績がある急斜面補強土工を採用。 <p>〔狹隘な作業条件における施工方法の検討〕(電土101)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴うダム及び発電所の基礎掘削。 ・ 削孔機械の使用が困難な場合、大型ブレーカーと小型ブレーカーを併用し、作業効率の向上を図った。アクセス路の幅員が狭い場所での施工では、杭打機や輸送する杭長に制限。基礎杭工事に先端羽根付き鋼管杭工法を採用し、杭打機および輸送する杭の小型化を図った。 <p>〔既設砂防ダムの堤体貫通〕(電土38)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 既設砂防ダムを活用した発電所再開発に伴う堤体貫通。 	なし	なし	なし

① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
<ul style="list-style-type: none"> ・ 堤体貫通の箱抜きは、ワイヤーソーイング工法により切断し、切断後のコンクリートブロックを引き抜く際に発生する摩擦を低減するため、切断面にフラットバーを敷設。 <p>〔隣接設備への影響を考慮した振動抑制対策の検討〕（電土 20）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う発電所基礎の掘削。 ・ 硬岩掘削に伴う振動影響の抑制策として、非火薬式の掘削工法と薬剤量を調整した掘削工法を採用。施工前に振動管理値の設定および試験施工で影響を確認。 <p>〔発破振動による既設発電所の機器への影響を低減〕（電土 54）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う発電所基礎の掘削。 ・ 発電所基礎の掘削にあたり、既設発電所の機器に影響を及ぼさないよう振動管理をしながら小型ブレーカー及び静的破砕剤を併用して施工。 <p>〔地下式発電所掘削時の土留め検討〕（NEF5）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所の再開発における地下式発電所の掘削。 ・ 発電所位置を変更し、既設擁壁から離隔距離を確保することで、土留め仮設を不要とするオープン掘削で施工。 <p>〔既設農業用水路との接続方法の検討〕（NEF21）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う既設農業用水路との接続。 ・ 農業用水路との接続部の施工は、農業用水路を断水する必要があったが、関係者協議の結果、断水期間が制限。このため、ワイヤーソー工法を採用することにより、取壊し用重機の使用が不要となり工期の短縮が図れた。 <p>〔発電所基礎地盤の支持力不足〕（NEF21）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う発電所基礎の掘削。 ・ 基礎掘削を開始した結果、事前調査ボーリング結果と異なる軟弱地盤（粘性の高い山土砂）であることが判明し、地盤支持力不足が懸念されたため、購入碎石による置換え（厚さ 1m）やセメント安定処理（最小添加量 50kg/m³）による土壌改良を行い、トラフィカビリティーの改善を図った。 <p>〔狭小トンネルの施工方法検討〕（NEF2）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 維持流量発電所再開発に伴う水圧管路トンネルの施工。 ・ 通水量が少ない（0.4m³/s）ことを考慮し、必要最小断面での施工が可能で経済性が優位であること、かつ、接続する併用導水路への影響も軽減できる岩盤推進工法を採用。 <p>〔既設ダム近接トンネルの施工方法検討〕（NEF7）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 維持流量発電所再開発に伴う水路トンネルの施工方法検討。 ・ 既設設備との離隔距離を考慮し、発破掘削と機械掘削を比較検討した結果、経済性が優位であり、かつ、既設設備や周辺住民に配慮した施工が可能である機械掘削を採用。 <p>〔保守を考慮した水圧鉄管取替工事の施工方法検討〕（NEF15）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 廃止発電所の再開発に伴う水圧鉄管取替工事の施工方法検討。 ・ 鉄管材料には、防食性・耐摩耗性に優れ、塗装の必要がないポリエチレン管を採用。施工方法については、コストと施工性を考慮し、既設の水圧鉄管内部に新規鉄管を挿入する二重管工法を採用。 <p>〔市道地下部への水圧管路布設工法の検討〕（NEF22）</p> <ul style="list-style-type: none"> * 農業用水路利用発電所再開発に伴う水圧管路布設工法の検討。 ・ 市道地下部への水圧管路布設にあたり、農業用水管の他に水道管が埋設されている状況を考慮し、既存設備に影響を与えない 			

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
環境	<p>工法として,推進工法を採用。</p> <p>〔工事中(水位低下中)の濁水防止〕(電土 38)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う清水バイパスの設置。 ・ 背水端に溜め池を設け,φ1,000mm のポリエチレン管で湛水地まで導水。 <p>〔自然環境への影響を低減〕(電土 54)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発に伴う掘削方法の見直し。 ・ 導水路トンネル拡幅にあたり,油圧ブレーカーによる掘削と蒸気圧破砕剤による低振動破砕工法を採用。 <p>〔建設廃棄物の有効利用〕(電土 60)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発工事で発生したコンクリートの再利用。 ・ 水車ドラフトおよび放水路の開口で発生したコンクリート塊を破砕し,表面コンクリート(水圧鉄管固定台や,完成後に資機材等を載荷する範囲以外)の敷き碎石として利用。 <p>〔観光地と発電立地の調和〕</p> <ul style="list-style-type: none"> * 未利用落差を活用した小水力発電所の再開発。 ・ 水槽等の構造物が別荘地を通過していることから,色相に配慮し,観光地としての景観や雰囲気を損ねないように実施。 <p>(NEF22)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 高原の自然環境を維持するため,重機搬入をはじめ資材運搬等は工事前仮設道路の設置に替えて,移動式クレーンを使用して運搬。(NEF22) 	なし	なし	なし
工期	<p>〔道路交通規制を伴わない仮設備計画〕(NEF19)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発工事に伴う資機材搬入のための仮設備計画。 ・ 資機材搬入は,当初片側交通規制を行っていたが,監督官庁から規制時期・期間に制約が設けられたため,交通規制が不要となるよう仮設備計画を見直し,工程調整を図った。 	なし	なし	なし
材料	<p>〔異種金属接合部の電食抑制〕(NEF25)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発工事に伴う水圧鉄管の材質の選定。 ・ 取水管共用部はステンレス製,発電所ケーシング等は鋼製であるため,水圧鉄管を鋼製とし,取水管共用部直下で異種金属接合。異種金属接合部には,腐食防止対策として,耐酸性材料を塗装すると共に,絶縁スリーブ・パッキンを設置。 <p>〔工事費の抑制〕</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発工事におけるスクリーン,水圧鉄管の材質の選定。 ・ 鋼製に比べて軽量であり,堤体への影響が小さくこと,定期的な塗装が不要である「FRP製スクリーン」を採用。(NEF27) ・ 水圧鉄管の埋設箇所にて軽量で施工に優れた「FRPM管」を採用。落石により損傷を受けやすく,急傾斜地で埋設できない箇所は,「鋼管」を表面設置。(NEF22) ・ 堤体前面に設置した樋を活用した取水設備スクリーンに,安価かつ高強度の「鉄道用レール」を採用。(NEF24) 	なし	なし	なし
安全	<p>〔ダム直下での工事における安全対策〕(電土 52)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発工事中における近接施工の安全配慮。 ・ 発電所基礎工事および放水路工事では河川内に仮締切を設置する必要があったことから,安全面・コスト面を考慮し,仮締切内の工事は非出水期に限定するように工程調整を実施。 <p>〔雪崩対策〕(電土 60)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発工事における雪崩対策。 ・ 豪雪地域における雪崩対策として,発電所建屋と擁壁との間にスノーシェッドを構築し,ダム左岸監査廊から発電所までの点検歩廊では積雪に対応したライナープレート構造を採用。 	なし	なし	なし

表3. 1-6 課題マトリクス【効率化・運用見直しを目的とした更新事例】

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
工事計画	<p>【稼働中発電設備への影響防止対策】(電土 59)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 地下発電所の改修に伴う横坑拡幅。 ・ 周辺トンネルの補強工事を先行して実施。 ・ 重機接触および掘削時の岩片飛散防護対策などを実施。 ・ 稼働中発電設備への影響を考慮した発破計画策定。(導火管付き非電気式雷管の使用,既設設備からの離隔距離を考慮) 	<p>【山間僻地のダム勤務員の生活・勤務環境の改善】(電土 7,9)</p> <ul style="list-style-type: none"> * ダムゲートレス化によるダム管理業務の改善。 ・ 通年非常駐管理体制の確立。 <p>【工事期間中の仮排水処理方法】(電土 9)</p> <ul style="list-style-type: none"> * ゲート改修工事に伴う仮排水路の設置 ・ ダムゲートが施工対象の 1 門のみであるため,既設ダム中央部に切欠を設置し,仮排水路とした。 <p>【観光地に配慮した改修】(電土 22)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 観光地におけるダムの改修。 ・ 固定堰(コンクリート堰堤),ゴム引布製起伏堰,鋼製起伏堰の 3 案のうち,工期が短く(非出水期,観光シーズンにかからない),景観に調和しやすいゴム起伏堰を採用。 	なし	<p>【巡視中断期における除塵機の運転性・耐用性の向上】(電土 11)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 取水口除塵機改修。 ・ 「レーキ開閉吊り下げ式除塵機」を採用し塵芥の掻揚量を軽減。 ・ 過負荷故障対策として,スクリーンに挟まった流木を回避する制御を採用。
調査・設計	<p>【増電力を考慮した鉄管改修】(NEF6)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発工事における水圧鉄管改修。 ・ 水車発電機が 1 台になることから,既設の Y 分岐を流用する案と Y 分岐を撤去する案を比較し,イニシャルコストがかかるが,増電となる Y 分岐撤去案を採用。 <p>【100 年以上経過している水圧鉄管の継続使用の検討】(NEF9)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 発電所再開発における水圧鉄管改修の検討。 ・ 静落差 3 3 m 程度と低落差であること,平均・局部応力が取替基準応力を超過していないことから,一部の区間を除き,そのまま利用。 	<p>【設計洪水量・洪水位の見直し】(電土 7)</p> <ul style="list-style-type: none"> * ゲート改修に伴う設計洪水量・洪水位の見直し。 ・ 「河川管理施設等構造令」に基づき算定。 	なし	<p>【導水路損失水頭の低減】(電土 41)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 導水路合流部の損失水頭を軽減し,最大出力を安定的に得るため,水理模型実験により最適形状を決定。
工法	<p>【既設設備への影響防止および作業安全対策】(電土 59)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 地下発電所の改修に伴う既設横坑拡幅。 ・ 発破毎に振動値を監視しながら施工。振動管理に必要な発破振動予測式は,施工箇所と地質が類似する箇所試験発破を実施のうえ構築。 ・ 山はね予兆検知のための AE 計測,支保妥当性検討のためのロックボルト軸力測定を実施し,作業安全を確保。 	なし	なし	<p>【既設構造物との近接施工対策】(電土 41)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 導水路改修工事の工法選定。 ・ 低発破振動掘削工法として NRC 掘削工法(New Rock Cracker, 多段式非火薬岩盤破碎システム)を採用。 ・ 振動管理値の設定。
環境	なし	<p>【景観調和】(電土 22)</p> <ul style="list-style-type: none"> * 観光地におけるダムの改修。 ・ コンクリート表面露出部に着色化粧型枠(自然石タイプ)を使用。 ・ 下流水叩き部表面石張工,下流護床工,護岸工に現地発生石を使用。 ・ 護岸工にふとん籠(角蛇籠)を使用。 	なし	なし
工期	なし	なし	なし	なし
材料	なし	なし	なし	なし
安全	なし	なし	なし	なし

3. 2 更新要因別の考察

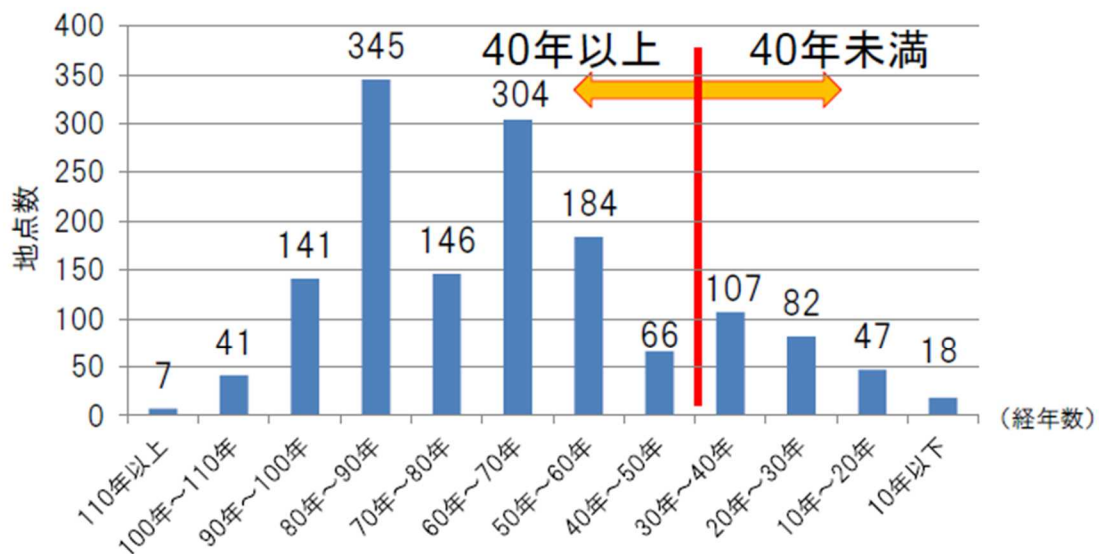
以下では、主たる5つの更新要因別の考察を述べる。また、環境対応と治水協力については件数が少ないため、課題マトリクスでの整理を省略し、考察を述べる。

3. 2. 1 経年劣化による更新事例

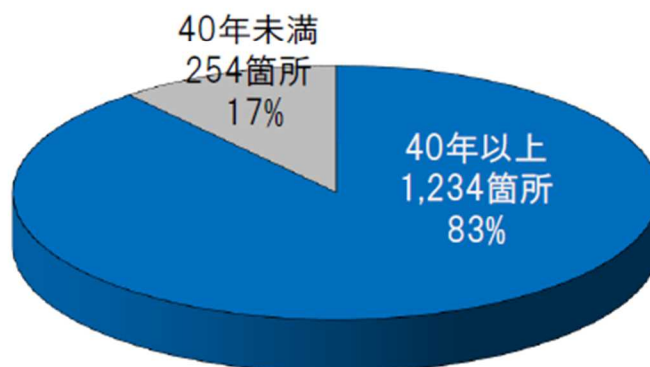
(1) 更新に至る背景

① 発電所再開発・改良

- 電源構成上重要な既設水力発電所は、全体の8割が運転開始後40年を経過しており、今後計画的に更新していく必要がある。【図3. 2-1】
- 既設水力発電所の経年劣化による発電機能の低下、機能不全を改善するため、水車・発電機の取替工事に伴う基礎の撤去や改築、老朽化した発電所建屋の更新工事などが行われている。
- 近年の設備更新では、高効率ランナの採用などによる効率向上や最大使用水量を増加させることにより、出力・電力量増加を図るケースが増えている。
- 収集した更新事例のうち、発電所再開発・改良を目的とした事例は、計18件であり、これらの工事事例は以下の2つに分類される。
 - ・水車発電機取替工事（単純更新）：8件（電土6、10、61、64、67、78、98、99）
 - ・再開発工事：10件（電土3、13、14、63、80、81、82、87、NEF14、23）



※経年数のカウント基準年は2020年
 ※母数：1,488地点



【出典：水力発電の開発促進に関する提言（新エネルギー財団、平成29年3月）】
 ※40年の境界については、一般的な水力発電所の耐用年数として設定

図3. 2-1 経年別既設発電所数

② その他土木設備改修（ダム・調整池、各種ゲート、水路設備など）

- これまで多くのダムが建設されてきたが、これらの中には現在の安全基準で安定性等を照査した場合に、補修や補強対策が必要とするものもある。また、環境保全や経済性の問題など、社会環

境の変化に伴う課題が多いのも実情である。

- これらの対応として、堤体表面の補修や堤体補強（電土 24、36、46、48、50、57、58、84、公営 2）、洪水吐ゲートの改良など（電土 12、16、47、49、56、62、65、69、72、74）が実施されている。
- また、その他の水路設備については、経年化に伴う各種の改修工事が実施されているが、その中でも、劣化状況が定量的に評価可能である水圧鉄管の取り替えが多く実施されている。（電土 4、27、29、71、NEF16、26）これらの取り替え工事においては、ケーブルクレーンやモノレールの設置など、大規模な仮設工事によるコストの増嵩が見られ、こういった課題解決を背景に多くの事例が紹介されているものとも判断される。

(2) 工事事例

- 発電所施設における再開発、改修工事事例としては、主に「水車発電機取替工事（単純更新）」や「再開発工事（現位置での改修・増強工事、別位置での新設・移設工事など）」が挙げられる。【表 3. 2-1】

表-3. 2-1 経年劣化による更新事例

	工事種類	会社名	発電所名
1	水車発電機取替工事（単純更新）	北海道電力	比羅夫
		東北電力	蕨神
		中国電力	打梨、下山、土居
		四国電力	栲原川第三
		電源開発	糠平、田子倉
2	再開発工事（現位置での改修・増強工事、別位置での新設・移設工事など）	北海道電力	新岩松
		東北電力	豊実、鹿瀬
		中国電力	新帝釈川
		四国電力	分水第一
		九州電力	新甲佐、新名音川、塚原
		東京発電	湯ヶ島、白田川

- その他土木設備における改修工事事例としては、主に「ダム・調整池改修工事」、「ゲート改修工事」、「水路他改修工事」に分類される。【表 3. 2-2】

表 3. 2-2 その他土木設備改修工事事例

	工事種類	会社名	発電所名
1	ダム・調整池改修工事	東京電力	中津川第一、小田切
		中部電力	西渡
		北陸電力	尾口、称名川第二、滝波川第一
		関西電力	読書、川原樋川
		九州電力	諸塚
		山梨県企業局	柚ノ木
2	ゲート改修工事	東北電力	宮下、蓬萊
		北陸電力	神通川第一・第二、西勝原第三
		関西電力	和知
		中国電力	君田、打梨、神野瀬
		四国電力	津賀、加枝
3	水路他改修工事	北海道電力	相沼内、日高
		東北電力	飯豊川第二
		東京電力	箱島、西湖、駒橋
		中国電力	新成羽川
		四国電力	松尾川第一、面河第一

		神奈川県企業局	津久井
		昭和電工	湯野上
		住友共同電力	大保木

(3) 特徴的な検討課題

- 設備の経年劣化を原因とした更新事例における特徴的な検討課題を表3. 2-3に示す。

表3. 2-3 経年劣化による更新事例における特徴的な検討課題

	分類	特徴的な検討課題
1	工事計画	既設発電所の停止期間に着目した経済性評価（工事中減電費を考慮した工事計画の検討）
		既設設備の有効利用を視野に入れた計画立案
2	調査・設計	CFD※などの数値解析を活用した調査・設計
3	工法	既設構造物との近接施工対策（騒音・振動対策、計測管理方法など）
		既設発電所を稼働させた状態での発電機基礎他の解体方法
		河川内工事における仮締切等の出水対策
4	環境	希少動植物に対する保全措置
		廃棄物（解体コン）の再利用方法
5	工期	河川内工事における工期短縮に向けた効率化施策
6	材料	劣化要因に対応し設備延命化に向けた材料の選定
7	安全	—

※CFD：数値流体力学（computational fluid dynamics）の略。コンピュータによって流れを解析する手法。

- 水車発電機取替工事や再開発工事に代表される経年劣化対策工事では、工事中の減電費を抑えるべく、既設発電所の停止期間等に着目した経済性評価が行われている。（電土 3、81、NEF 26）
- さらには、工事費低減の観点から、可能な範囲で既設設備の有効利用を視野に入れた工事計画の立案もなされている。（電土 16、65、NEF 26）
- また、既設発電所を稼働させた状態で工事を実施する事例も多く、既設構造物との近接施工に対する多様な検討が行われている。（電土 3、6、10、13、29、61、64、67、81、98、99）

(4) 設計・施工上の課題

経年劣化による更新事例における設計・施工上の課題を以下に整理する。

① 施工技術

- ・水車発電機取替工事（単純更新）では、稼働中の既設発電機の近傍で施工を行わなければならないなど、種々の施工制約を受けることが多く、施工方法を検討する際には、工程短縮やコスト低減を図るため、様々な創意工夫を図る必要がある。
- ・発電機を運転しながらのコンクリート解体では、運転中の機器に対して影響を与えないよう施工する必要があるため、十分な防音・防塵対策を図る必要がある。

② 調査・診断・解析技術

- ・今後、さらに発電所関連施設の老朽化が進む中、より精度の高い点検・診断技術や補修・補強技術等の研究開発が必要であり、特にコンクリート構造物の非破壊診断技術の開発や振動・粉塵対策を考慮した機械装置取り替え時の基礎撤去および補修・補強工事などの技術開発が望まれる。

③ 既設構造物の有効活用

- ・設備の経年劣化対策として大規模改修や取替工事などが行われるが、土木構造物においては必ずしも全てを取り替える必要があるものではないことが多いことから、設備投資を抑えつつ、

最大限の効果を得るために、既設構造物の有効活用についても検討を深めることが肝要である。例として、国土交通省が進める「ダム再生ビジョン」におけるダム嵩上げ事例が挙げられる。発電目的である利水ダムにおいては、流水利用の最適化が図られているものが大半であるが、実態として新規にダムを設置することが困難な状況にあることや、限られた水資源を有効的に活用していくうえで、今後はその工事事例やこれに付随した技術動向等について、注視していく必要がある。

④ 法規制の緩和

- ・設備の更新にあたっては、関係利害者の合意取得、用地取得（特に相続未了地）等の地元負担や、保安林解除等の許認可手続きが生じることから、水力発電の公益性に鑑み、円滑な合意形成を図るための処置（法規制の緩和）が期待される。

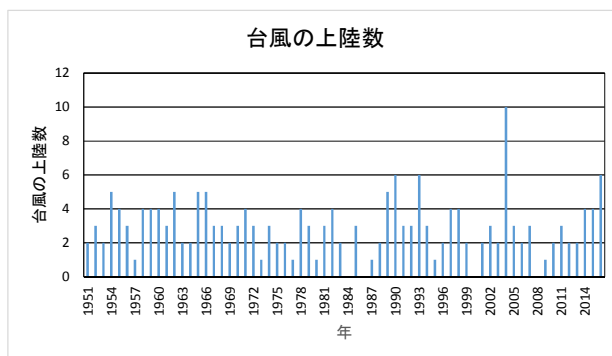
(5) 今後の展望

- 前述のとおり、水力発電所における経年劣化対策工事の事例としては、発電所全体としての再開発や大規模改修工事はその大半を占めており、平成24年に施行されたFIT制度などを背景に、今後もリニューアル技術の需要は高まっていくものと考えられる。
- 電力業界はこれまでにない競争の環境下に置かれており、今後は、今まで以上に経済性を重視した工事計画の立案が必要とされることから、発電所の再開発・大規模改修工事に関しては、工期短縮（工事中減電費の低減）や既設設備の有効利用など、更なる効率化施策の推進を図ることが肝要である。

3. 2. 2 災害リスク低減を目的とした更新事例

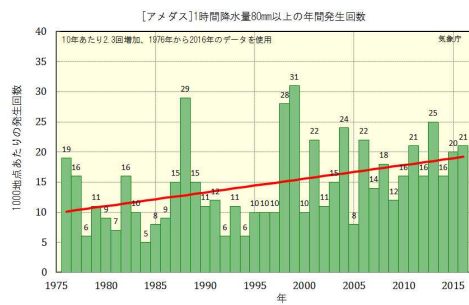
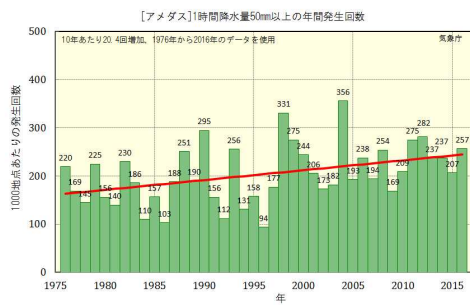
(1) 更新に至る背景

- 日本国内における都市直下型地震として甚大な被害を被った「兵庫県南部地震（平成 7 年（1995 年）、M7.3）」以降、「鳥取県西部地震（平成 12 年（2000 年）、M7.3）」、「十勝沖地震（平成 15 年（2003 年）、M8.0）」、「岩手・宮城内陸地震（平成 20 年（2008 年）、M7.2）」、「東北地方太平洋沖地震（平成 23 年（2011 年）、M9.0）」、「熊本地震（平成 28 年（2016 年）、M7.3）」等、マグニチュード 7.0 以上の大規模地震が頻発している。また、気象庁によると 2001 年から 2010 年の間、日本及びその周辺においてマグニチュード 7.0 以上の地震が年間約 3.2 回発生しており、今後 30 年以内の発生確率が 70%程度と評価されている南海トラフ地震をはじめとして、今後も大規模地震が発生する恐れがある。
- また、気象庁によると³⁾、1951 年以降、日本には年間平均約 2.9 個、最大 10 個の台風が上陸している。（図 3. 2-2 参照）さらに短時間強雨発生回数に着目すると、アメダス 1,000 地点あたりの 1 時間降雨量 50mm 以上の発生回数、80mm 以上の発生回数とも増加傾向にあり、今後も豪雨による災害発生の恐れがある。（図 3. 2-3、4 参照）
- このような自然災害リスクの増大が懸念される中、発電事業者として、公衆保安の確保と電力の安定供給という役割を果たすため、各事業者では自主保安の中で継続的な取り組みを行い、地震など自然災害への対応力の強化を図っているところである。また、近年の親水気運の高まりから湖面・河川の利用も多くなっており、各事業者において出水等による急激な河川水位上昇による水難事故防止のための対策も図られている。
- 災害リスク低減を目的とした更新の背景はおおよそ以下の 3 つに分類される。
 - ・余水路改良による公衆災害リスク低減
従来、パトロール強化、注意喚起看板、ITV による監視、警報装置による注意喚起を実施してきたが、近年の親水気運の高まりから企業の社会的責任（CSR）の観点から公衆安全に万全を期す必要がある。
 - ・耐震補強による地震災害リスク低減
近年の震災をうけ、社会的な防災意識の高まっており、水力発電設備の安全確保など公衆安全に万全を期す必要がある。
 - ・洪水災害リスク低減
現地状況に応じて、運用と施工を両立するために新技術・新工法の採用も取り入れながら施工時の安全と公衆安全を確保する必要がある。



【出典：気象庁ホームページより作成】

図 3. 2-2 台風の上陸数



【出典：気象庁ホームページより作成】

図3. 2-3, 4 アメダス 1,000 地点あたりの 1 時間降雨量 50mm 以上の発生回数, 80mm 以上の発生回数

- 収集した更新事例のうち災害リスク低減を目的とした更新事例は計 17 件であり、これらの更新の目的は以下の 3 つに分類される。
 - ・公衆災害リスク低減：9 件（電土 21、25、28、30、31、32、55、73、75）
 - ・地震災害リスク低減：5 件（電土 37、39、94、95、96）
 - ・洪水災害リスク低減：3 件（電土 51、88、89）

(2) 工事事例

- 災害リスク低減を目的とした更新事例は公衆災害リスク低減、地震災害リスク低減、洪水災害リスク低減の 3 つに分類される。公衆災害リスク低減は余水路改良が中心、地震・洪水災害リスク低減は水路設備全般に幅広く事例が取り上げられている。【表3. 2-4】

表3. 2-4 災害リスク低減を目的とした更新事例

	工事分類	会社名	発電所名	改修設備
1	公衆災害リスク低減	東京電力	平、猪苗代第三、山北、生土、笹平、海瀬	余水路
		関西電力	御岳	余水路
		四国電力	切越、分水第四	余水路
2	地震災害リスク低減	中部電力	奥泉	水路（水路管）
			井川、大井川	ダム（水門柱）
		電源開発	尾鷲第一	調圧水槽
			西吉野第一	取水口
3	洪水災害リスク低減	関西電力	新黒部川第二	放水路・放水口
		九州電力	山須原、西郷	ダム

- （公衆災害リスク低減）全て、余水路に係る更新であり、余水路を放水路に直結する構造とする事例である。（電土 21、25、28、30、31、32、55、73、75）
- （地震災害リスク低減）耐震裕度向上のため、水管橋の鋼製ロッカ支承を免震ゴム支承に取り替えた事例（電土 37）、水門柱間に設置されている既設ゲート管理橋に高減衰ダンパー装置を設置した事例（電土 39）、調圧水槽のタンク外面に補強コンクリートと補強繊維材の巻立てを実施事例（電土 94）、取水口にグラウンドアンカー工等を実施した事例（電土 95）、水路橋ランガ

一桁の補強及び吊材の取替、リングガーダの補強、支取付ボルトを高強度ボルトへ取替した事例（電土 96）が見られた。

- （洪水災害リスク低減）洪水時の放水口埋没に伴う発電停止等避ける放水口を下流ダム湛水池へ付替えした事例（電土 51）が見られた。また、工事中の河川水迂回と出水時の通水性確保ができる転流工、仮締切（ダブルチューブ方式による鋼製起伏堰）の設置をした事例（電土 88、89）が見られた。

（3）特徴的な検討課題

- 既設設備を利用しながらの近接施工によるコスト低減や、狭隘部における安全確保に配慮している場合が多い。問題解決のため新技術・新工法の採用も必要となる場合がある。余水路の減勢効果を確保するための水理模型実験や耐震補強のため 3 次元モデルによる地震応答解析など検討の多い事例でもある。また、種々の条件下での改修であることから、工事計画の策定、最適工法の選定も課題となっている。【表 3. 2-5】

表 3. 2-5 災害リスク低減を目的とした更新事例における特徴的な検討課題

	分類	特徴的な検討課題
1	工事計画	発電とダム運用を継続しながらのダム改修工事
		既設設備の有効活用等による経済的な計画策定
2	調査・設計	3次元モデルによる地震応答解析
		省スペースで減勢効果を確認するための水理模型実験
3	工法	既設設備への影響、施工性等の条件を満足させる新技術の採用
		既設構造物と近接施工対策（騒音、振動対策、計測管理方法など）
4	環境	自然公園法の適用を受ける地域での残土処理
5	工期	特記事項なし
6	材料	特記事項なし
7	安全	輻輳する資機材運搬路利用や高所法面掘削機の採用など関係各所との調整・配慮

- （工事計画）工事中の河川水迂回と出水時の通水性確保ができる転流工、仮締切（ダブルチューブ方式による鋼製起伏堰）の設置をした事例（電土 88、89）が見られた。また、既設余水路出口に減勢工を設置し、既設余水路から付替え水路により減勢工に接続した事例（電土 55）が見られた。
- （調査・設計）3次元地震応答解析を行い、調圧水槽地点の地震動波形を決定した事例（電土 94）が見られた。また、水理模型実験に基づき、減勢池容量をコンパクト化した事例（電土 73）が見られた。
- （工法）水門柱の耐震裕度向上のため、既設管理橋を代替える鋼製追加桁と水門柱とを高減衰ダンパーを介して接合した事例（電土 39）が見られた。また、放水路トンネル付替工事で発破位置から最小離隔位置の構造物の変位速度を振動計計測値から推定しながら掘進した事例が見られた。（電土 51）
- （環境）放水路トンネル付替工事で工事場所が国立公園内および保安林内に位置することから、掘削ズリの処理に制約（コンクリート用骨材への再利用と公園外への搬出実施）を受けた事例（電土 51）が見られた。
- （安全）放水路トンネル付替工事で工事用資機材運搬用の工事列車が営業線と連結・併走するため、信号機や標識類の設置、運転士等の教育を実施した事例（電土 51）が見られた。

(4) 設計・施工上の課題

① 施工技術

- ・本更新事例では、設備を稼働しながら近傍で施工を行わなければならないなど、種々の施工制約を受けることが多く、施工方法には工程短縮やコスト低減を図るために、様々な創意工夫を図る必要がある。

② 調査・診断・解析技術

- ・公衆災害リスク対応（余水路改修）では水路設備のレイアウトに合わせて、省スペースで減勢効果を最大限に発揮させるため、水理模型実験に頼るところが大きいが他地点への活用ができないため、実験の省力化が課題となる。将来的には、数値解析のみで評価できるような解析技術の向上が望まれる。
- ・地震災害リスク対応では、対象設備の耐震性能照査が必要となるが、第三者の理解が得られる手法であるかや事業者間で耐震裕度の考え方に差がないかなど、耐震解析・照査方法のマニュアル化が必要となっている。

③ 法規制の緩和

- ・設備の更新にあたっては、関係利害者の合意取得、用地取得（特に相続未了地）等の地元負担や、保安林解除等の許認可手続きが生じることから、水力発電の公益性に鑑み、円滑な合意形成を図るための処置（法規制の緩和）が期待される。

④ 情報の公開

- ・国交省、都道府県のハザードマップなどを参考に公衆災害リスク・自然災害リスクを抽出し、リスクに応じた、予防保全対策の優先順位付けや対策の実施について検討する必要がある。
- ・公衆災害・自然災害リスクの高い設備については、今後、対策を行う上で、地元自治体や地元住民との情報共有を具体的にどう進めるかが課題である。

(5) 今後の展望

- 更新要因による分類（構造物別）では約10%で更新事例としては抽出例が少なかったが、検討課題の多い事例である。各事業者においては、設備更新にかかわらず、これまでも新設・既設等の構造物について災害リスクを考慮した設計・施工が行われている。しかし、近年は自然災害が甚大化しており、より一層注意する必要がある。
- 本更新事例では、目的が公衆安全の確保や耐震裕度の向上など防災であることから、安定供給には寄与するものの、増出力等に結びつかないため、費用対効果のはかりにくい更新ではあるが、社会的背景や公益的事業者の責務として今後も取り組むべき重要な課題である。また、今回抽出した事例には無かったが、集中豪雨による大規模な土砂災害も近年見られており、水力発電施設の健全性確保などハード対策（修繕・補強、遠隔化・自動化、計測監視・異常通知の高度化等）や災害発生時の被害を最小限に抑えるソフト対策（巡視点検強化、マニュアル整備、ハザードマップへの追記等）など各事業者の動向を注視しながら、実効性がある対策を計画していくことが課題となる。

3. 2. 3 災害復旧を目的とした更新事例

(1) 更新に至る背景

- 収集した更新事例のうち災害復旧を目的とした事例は計 17 件であり、これらの更新の原因となった災害の種類は以下の 3 つに分類される。
 - ・豪雨：13 件（電土 8、18、19、33、35、44、45、70、83、85、86、100、NEF4）
 - ・地震：3 件（電土 15、93、NEF.12）
 - ・その他：1 件（電土 34）
- 水土木設備の多くは河川内もしくは河川沿いに設置されるため、豪雨に起因する事例が最も多い。
- 地震に起因する事例も 3 件みられ、これらは全てマグニチュード 7 を超える大規模地震によるものである（電土 15:岩手・宮城内陸地震(M7.2)、電土 93、NEF12:東北地方太平洋沖地震(M9.0)）。
- 豪雨・地震以外に起因する事例も 1 件みられる。これは狭隘な谷地形に設置された水圧鉄管が上部斜面から崩落した岩塊により破損したものである。

(2) 工事事例

- 災害復旧を目的とした更新事例は表 3. 2-6 の通り。また、災害分類毎の改修設備数を図 3. 2-5, 6 に示す。

表 3. 2-6 災害復旧を目的とした更新事例

	災害分類	会社名	発電所名	改修設備
1	豪雨	東北電力	計 15 発電所	堰堤、取水口、沈砂池、導水路、水槽、余水路、放水路等
		東北電力	湯之谷 永松	湯之谷：堰堤 永松：水圧鉄管管理橋
		東北電力	計 16 発電所	取水口、放水路等
		東京電力	須川	堰堤
		中部電力	天神	堰堤、魚道
		中部電力	島	取水口、導水路
		北陸電力	称名川第二	取水口
		中国電力	太田川	水槽、余水路、放水路
		九州電力	川辺川第一	堰堤、魚道、取水口
		九州電力	新管原	ダム
		九州電力	畑	ダム
		電源開発	滝	取水口、放水庭
	三重県 (中部電力に移管済み)	長	発電所基礎、水圧管路、放水路	
2	地震	東北電力	花山 山内	花山：えん堤、取水口、導水路、放水路 山内：えん堤、導水路、水圧鉄管
		電源開発	沼原	ダム
		東京発電	石岡第一 花貫川第二 狩宿	石岡第一：導水路、水槽 花貫川第二：水路管、サージタンク 狩宿：サージタンク"
3	その他	東京電力	御岳	水圧鉄管

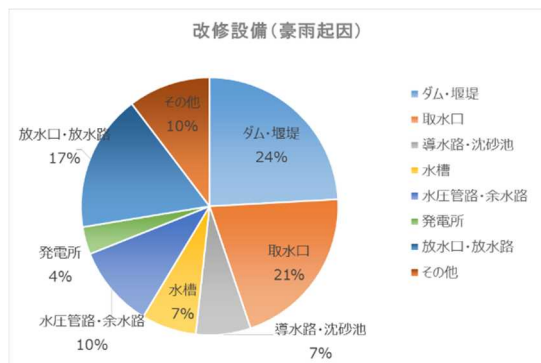


図3. 2-5 豪雨に起因する改修設備

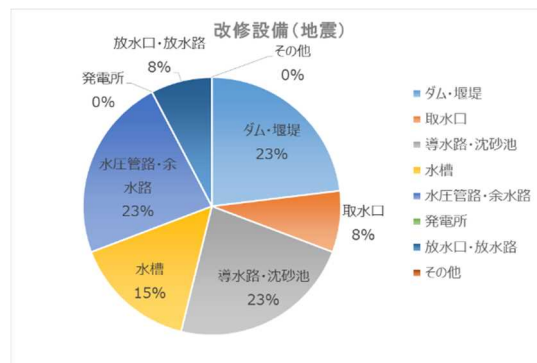


図3. 2-6 地震に起因する改修設備

- 豪雨に起因する改修設備はダム・堰堤・取水口・放水口・放水路など、河川区域内に設置される設備が多い。なお、水槽・余水路については河川水ではなく、豪雨により発生した土石流による被害事例も見られた（電土70）。
- 地震に起因する改修設備については、豪雨起因に比して導水路・沈砂池・水槽の改修事例の割合が高くなっている。また、被害の原因は地震動によるものに加え、地震により発生した土砂災害によるものもあった（電土15、NEF12）。
- 豪雨・地震以外については、前述の通り、崩落した岩塊により破損した水圧鉄管の改修である。

(3) 特徴的な検討課題

- 災害を目的とした更新事例における特徴的な検討課題を表3. 2-7に示す。

表3. 2-7 災害を目的とした更新事例における特徴的な検討課題

分類	特徴的な検討課題
1 工事計画	・単なる原型復旧にとどまらず、機能強化・安全性向上による類似災害防止や災害要因解消を図るとともに、業務省力化を考慮した計画策定
2 調査・設計	・高度な解析技術を活用した調査・設計の実施
3 工法	・急峻な山間部、アクセス道路未整備部等、十分な施工条件が整っていない箇所における現場条件に応じた工法選定
4 環境	—
5 工期	・工法選定の工夫や短期間かつ確実に施工可能な使用材料選定による工期の短縮 ・長期モニタリングによる使用材料の適正性確認
6 材料	
7 安全	—

- (工事計画) えん堤洪水吐設備復旧対策における越流型のゲートレスダムへの改造（電土18、85）、水圧鉄管管理橋復旧対策における2径間から1径間への構造形式変更（電土18）など、単なる原型復旧にとどまらず、機能強化・安全性向上による類似災害発生防止・災害要因解消を図るとともに、業務省力化も考慮した計画策定の事例が見られる。
- (調査・設計) 水理解析による可動堰中央堰柱への偏流発生有無の確認（電土35）、三次元流体解析を踏まえた取水口立坑位置の決定（電土44）など、高度な解析技術を活用し調査・設計を実施した事例が見られる。
- (工法) 超高压圧送ポンプによるコンクリート打設（電土8）、復旧箇所、堆積物の種類、堆積土砂量に応じた水路内堆積土砂排除方法の選定（電土19）、巡視路でしかアクセスできない山間地へのヘリ輸送の採用（電土34）など、急峻な山間部、アクセス道路未整備等、十分な施工条件が整っていない箇所において現場条件に応じた工法を選定した事例が見られた。
- (工期・材料) 取水設備等復旧工事における早強コンクリートの採用（電土83）、アスファルト表面遮水壁補修におけるアスファルト合材によるオーバーレイ（電土93）など、工事工法選定の工夫や短期間かつ確実に施工可能な使用材料選定により工期の短縮を図った事例が見られた。また、上記のアスファルト表面遮水壁補修（電土93）においては、暴露供試体を用いた劣化状

況の確認、オーバーレイ部のひずみ・温度計測による長期モニタリングを実施し、補修箇所の耐久性評価を行い、使用材料の適正性を確認している。

(4) 設計・施工上の課題

災害復旧を目的とした更新では、災害要因の分析を行った上で、類似災害防止を考慮した復旧計画策定および早期の復旧工事完了が求められる。災害復旧による更新事例における設計、施工上の課題を以下に整理する。

① 調査・診断・解析技術

- ・災害要因の分析にあたっては、災害発生時の状況を正確に把握することが重要であり、平常時と比べてどの程度の規模であったのか等を検証するためには、各種データ（降雨量、河川流量、水位、流入土砂量、堆砂量、地盤・構造物の加速度など）が必要となる。従って、特に第三者影響・発電影響が大きい重要構造物に関しては上述のデータを常日頃から収集蓄積しておく必要がある。
- ・災害要因の分析には既設構造物に係るデータが必要となるため、既往の調査結果・設計図面等をデータベースとして保存・活用する。
- ・災害要因の分析や復旧計画の策定を効果的かつ効率的に行うためには、各種解析技術の活用が有効であることから、耐震性能照査や河床変動解析等のさらなる解析技術の高度化が求められる。
- ・復旧方針策定の前段として、災害現場周辺の状況把握を確実かつ速やかに実施する必要があることから、ドローンを使用した地形測量の実施等、積極的な最新技術の活用が有効と考えられる。

② 計画策定

- ・災害に伴い損壊した水力発電所を如何に早期に発電再開できるかが収益性確保の面で非常に重要なファクターとなる。このため、計画策定段階において被災範囲や程度について可能な限り正確かつ多くの情報収集が行えるかによってそれ以降の展開が大きく左右されることから、本社－現場間の連携が必要である。
- ・被災直後の二次災害防止や早期の発電再開に向けた仮復旧対策の実施にあたっては、効果的かつ即効性の高い工法選定が重要となる。検討にあたっては、過去の類似事例や最近の技術動向等を踏まえた検討に加えて、必要に応じて専門家からの知見を参考とした最適案の抽出が求められる。
- ・恒久対策の方針決定にあたっては、将来的な同種・同規模災害の発生に備えた災害要因解消を目的とした構造見直し（機能増強）を図るとともに、維持管理面における業務省力化や運用面における効率化等を付加した設備投資の適正性確保が求められる。

③ 施工技術

- ・災害復旧を目的とした設備改修であっても、既設水力発電所の経済的な改修、安定的な運用、維持管理の省力化を図るため、設備のスリム化、長寿命化、ライフサイクルコスト低減に寄与する新材料の開発が有効と考える。
- ・災害復旧時における既設構造物近傍や急峻山間地等での施工では、様々な制約条件下（狭隘な施工場所、騒音・振動対策の実施、工期短縮等）での対応が求められることから、効率的に作業を進める手段の一つとして施工機械の小型化、機能向上等の施工技術の高度化が有効と考える。

④ 作業安全の確保

- ・災害復旧工事は、通常の改修工事に比べて危険な作業条件下での施工となることが多いことから、作業員の安全確保を目的とした不測の事態にも対応可能なソフト面・ハード面双方での安全管理手法の確立が不可欠である。

⑤ 技術の普及

- ・既設構造物の構造面・運用面等を考慮した幅広い視点での計画・設計により最適案を導く必要

- があるため、事業を円滑に推進できる人材の育成・確保が喫緊の課題と考える。
- ・今後も、災害復旧を目的とした更新事例は多発することが予想されるため、有事の対応が円滑に行えるように過去の類似事例の情報収集・共有化を図ることが有効と考える。

(5) 今後の展望

- 災害復旧は、集中豪雨や大規模地震等の外的要因により生じた設備損壊等に対する事後保全であり、発生抑制に向けた予防保全を施したとしても発生を完全にゼロにすることは極めて困難である。
- このため、日頃から災害発生時における対応を意識した『人（技術・技能レベル向上に向けた人材育成 等）』・『物（各種定常時データや設計図面等の収集・整備、過去の類似災害事例や新技術・新工法の動向に関する情報収集 等）』それぞれの強化に向けた取り組みを徹底することにより、災害発生時における的確かつ速やかな対応が図れるものと考えている。

3. 2. 4 水資源の有効活用を目的とした更新事例

(1) 更新に至る背景

- 水資源の有効活用を目的とした更新は、再生可能エネルギーに対する社会的関心の高まりを背景に、未利用エネルギー（水量・落差）を活用した小水力発電所を新設するケースが多く、特にFIT制度を活用した更新事例が増えている。
- 未利用エネルギーの活用は、おおよそ以下の3つに分類される。
 - ・既設発電所で放流している河川維持流量の活用
 - ・灌漑、上水道等の水力発電所以外の既設水利施設、未利用落差の活用
 - ・既設水力発電設備の改良・余力・未利用落差活用
- 水力発電は、太陽光・風力等の他の再生可能エネルギーに比べて安定供給が可能であり、これまで積極的に普及・開発されてきた。純国産の低炭素エネルギーであることから、今後も普及・拡大を図るべきである。

(2) 工事事例

- 水資源の有効活用を目的とした更新事例は、「既設発電所で放流している河川維持流量の活用」、「灌漑、上水道等の水力発電所以外の既設水利施設、未利用落差の活用」、「既設水力発電設備の改良・余力・未利用落差活用」の3つに分類される。【表3. 2-8】

表3. 2-8 水資源の有効活用を目的とした更新事例

工事分類	会社名	発電所名	新設設備
1 既設発電所で放流している河川維持流量の活用	中部電力	阿多岐	水圧管路、放水口
	電源開発	屈足	河川維持流量放流設備、放水口
	山口県企業局	相原	取水口、水圧鉄管、発電所
	関西電力	大桑野尻	取水管、水圧管路、発電所、放水路
		出し平	水圧管路、発電所
	東北電力	飯野	水圧鉄管、発電所、放水路
	神奈川県企業庁	道志ダム	水圧管路、発電所、放水路
	栃木県企業局	小網	導水路、水圧鉄管、発電所、放水路
長野県企業局	高遠	取水管、水圧管路、発電所、放水路、放水口	
2 灌漑、上水道等の水力発電所以外の既設水利施設、未利用落差の活用	山梨県企業局	若彦 <small>ト</small> 神湧水 大城川	水槽、取水施設
	群馬県企業局	東第二 小坂子	水圧管路、発電所、放水路
	神奈川県 横浜市水道局	川井浄水場	管路、発電所
	岩手県企業局	胆沢第四	代替放流管
	東京発電	華川	堰堤・取水口、導水路、水圧鉄管、発電所、放水路
	富山県企業局	仁右 <small>エ</small> 門用水	発電所
		小摺戸	取水口、沈砂池、水槽、水圧管路、発電所、放水口
	神奈川県内 広域水道企業団	矢指	発電所
	水資源機構	白滝小水力	導水路
	東京発電	港北配水池 小水力	発電所
三峰川電力	蓼科 北杜西沢 北杜川小石	取水施設、水圧管路、水槽、発電所	

			北杜蔵原	
		中部電力	須砂渡	取水口、水槽、水圧鉄管、放水路
3	既設水力発電設備の改良・余力・未利用落差活用	長野県企業局	奥裾花第2	水圧鉄管、放水路、発電所
		東京発電	中里	水圧鉄管
		北海道電力	ユコマンベツ	水槽、水圧管路、発電所、余水路
		電源開発	このき谷	ダム、取水口、水圧管路、発電所、放水路
		関西電力	新黒薙第二	水圧管路、発電所、放水路
		東京発電	華山	取水堰、取水口、導水路、水槽、水圧管路、発電所、放水路
			須雲川	取水堰、取水口、水槽、水圧管路、発電所
山梨県企業局	大城川	取水堰、取水口		

(3) 特徴的な検討課題

- 水資源の有効活用を目的とした更新では、合理的・経済的な発電所の構築・運用を目的とした発電設備の計画・設計が課題となっている。種々の条件下での更新であることから、現地状況に応じた工事計画・設計の実施が課題となっている。また、既設設備を有効活用した事例が多く、既設設備の構造安定性や取水機能への影響低減、既設設備の有効活用によるコスト低減、既設設備の撤去に伴う廃棄物の有効活用などが課題となっている。【表3. 2-9】

表3. 2-9 水資源の有効活用を目的とした更新事例における特徴的な検討課題

	分類	特徴的な検討課題
1	工事計画	既設設備の有効活用等による経済的な工事計画の策定
		既設設備への影響を低減した工事計画の策定
2	調査・設計	経済性に配慮した発電設備の構造設計・運用方法
		既設設備への影響を低減した発電設備の構造設計・運用方法
3	工法	重機作業に伴う近接する既設設備への影響の低減
		既設設備の有効活用によるコスト削減
4	環境	工事期間中における騒音・振動など、周辺環境への影響の低減
		既設設備の撤去で発生したコン塊などの有効活用
5	工期	交通規制期間が制限される中で、施工可能な仮設計画の策定
6	材料	新材料の採用によるコスト削減
7	安全	河川内の仮締切や豪雪地域など、現場環境に応じた安全対策

- (工事計画) 発電所新設にあたり、既設砂防堰堤・取水口等を有効活用することにより、新設構造物を厳選し、経済的な工事計画を策定した事例が見られた。(電土 91、NEF22、24) また、ダム近傍での岩盤掘削にあたって、ダムへの振動を低減するようバックホウ+大型ブレーカーの併用による掘削計画を採用したり(電土 42)、灌漑用水を利用した発電所新設にあたって、工事中の灌漑用水を確保するため代替放流管を設置したり(NEF18)するなど、既設構造物への影響を低減するよう工事計画を策定した事例が見られた。
- (調査・設計) 貯水位が変動する発電所において、既設発電所の減電量が最少となる開度調節方式を採用することにより、発電所運転計画の最適化を図ったり(NEF1)、運開後100年が経過した発電所において、水圧鉄管を流用することで工事費の低減を図ったり(NEF9)するなど、経済性に配慮した発電設備の構造設計や運用方法の検討が行われている事例が見られた。
- (工法) 既設設備の再開発・更新工事であることを反映して、狭隘な場所で作業スペースが限られる中、軽量材料や小型材料を採用した事例(電土 2、101)、既設設備への影響低減のため、非火薬式掘削工法や小型ブレーカー・静的破砕剤工法、岩盤推進工法、機械掘削工法を採用した事例(電土 20、54、NEF2、7、22)など、現場状況に応じた材料や工法を採用することで、

課題解決した事例が見られた。また、既設水圧鉄管内部に新規鉄管を挿入するなど、既設設備を有効活用して、コスト低減を図った事例（NEF15）もある。

- （環境）工事期間中の濁水・騒音の抑制、景観への配慮など、周辺環境への影響を低減する方策が採られている（電土 38、54）。観光地としての景観や雰囲気や損ねないよう、設備の色相に配慮した事例（NEF22）や既設設備の撤去で発生したコンクリート塊を破碎し、敷き碎石として再利用した事例（電土 60）がある。
- （工期）交通規制を行った上での資機材搬出入に、制限がかかったことから、交通規制が不要となるよう仮設備計画を見直した事例（NEF19）がある。
- （材料）水圧管路に「FRPM 管（NEF22）」、取水口スクリーンに「FRP 製スクリーン（NEF27）」や「鉄道レール（NEF24）」を採用するなど、現場状況に則した材料を用いることで、工事費の抑制が図られている。既設のステンレス製の水圧管路と新設の鋼製管路との接合部に、防食防止対策として、耐酸性材料を塗装、絶縁スリーブ・パッキンを設置した事例（NEF25）もある。
- （安全）作業の安全対策として、河川内に設置した仮締切内で実施する工事を非出水期に限定した事例（電土 52）、雪崩対策として、スノーシェッドの構築や積雪に対応できるライナープレート構造を採用した事例（電土 60）がある。

（4）設計・施工上の課題

水資源の有効活用を目的とした更新事例では、新設構造物および既設構造物に関する構造設計・運用方法について検討を進める必要がある。これらの検討を進めていくにあたっては、以下の課題が挙げられる。

① 調査・診断・解析技術

- ・水資源の有効活用を目的とした更新事例では、既設構造物を活用する機会が多いことから、工事計画検討を円滑に進めるため、既設構造物に係る既往の調査結果・設計図面等をデータベースとして保存・活用する。
- ・既設構造物の健全性・安定性を調査・分析・評価するため、非破壊検査手法、数値解析手法の高度化、低コスト化を図る。

② 施工技術

- ・新設構造物の建設・管理の効率化を図るため、設計図面等を、調査・計画・設計・施工・管理のすべての段階で工事関係者が共有・活用する。
- ・水力発電の経済的な開発、安定的な運用、維持管理の省力化を図るため、設備のコンパクト化、長寿命化、ライフサイクルコスト低減に寄与する新材料を開発する。
- ・既設構造物近傍では、様々な制約条件下（騒音・振動・工期短縮等）での建設工事になると予想されることから、施工機械の小型化・機能向上・自動化等の施工技術の高度化を図る。
- ・新設構造物、既設構造物の構造・運用に関する幅広い視点で計画・設計を行い、最適案を導く必要があるため、プロジェクトを円滑に推進するための人材を育成する。

③ 法規制の緩和

- ・水力開発にあたっては、関係利害者の合意取得、用地取得（特に相続未了地）等の地元負担や、保安林解除等の許認可手続きが生じることから、水力発電の公益性に鑑み、円滑な合意形成を図るための処置（法規制の緩和）が期待される。法規制の緩和に係る具体例としては、次の内容が考えられる。
 - 水利権取得に伴う漁協・既得水利権者との合意手続きの簡素化、河川維持流量の軽減（河川法）
 - 所有者不明地（相続未了地）における利用権の設定
 - 保安林における許認可手続きの簡素化（森林法）
- ・多目的ダム等では、今後、再生ビジョンに基づくダム嵩上げ等の改修計画が増加する可能性があり、建設費・管理費の負担方法について検討が必要である。

(5) 今後の展望

- 今後も、F I T制度を活用した発電所再開発事例が増加すると予想されるので、事例の収集・共有及びこれらによる潜在的な開発可能地点の更なる発掘・調査が期待される。
- また、F I T制度の持続性が見通せない中で、将来的にF I T制度が終了しても長期スパンで水力開発を着実に進めていくには、適宜、新たな補助金制度を創出するなど、継続的な政策支援が期待される。
- 一方、水力開発（水資源の有効活用）が、これらの政策支援から脱却・自立するには、導水路トンネル掘削工事費の低減など、更なる工事費の抑制が必要不可欠であり、A IやI o Tなど近年の革新的技術を活用した施工技術の開発など、より経済的な技術が普及・拡大し、水力開発に貢献することが期待される。

3. 2. 5 効率化・運用見直しを目的とした更新事例

- (1) 更新に至る背景
- 発電所運開以降、社会情勢の変化や技術革新、その他、経済性などの事業者の判断によって設備更新がされてきた。
 - 効率化・運用見直しを目的とした更新の背景はおおよそ以下の3つに分類される。
 - ・収益増加：現状より発電電力量や出力の増加が見込まれ、収益増加が期待できる場合
 - ・管理の省力化：発電設備の維持・管理に要する費用、労力を低減させる場合
 - ・運用方法の変更：運用の変更に伴い、設備の改修が必要となる場合
 - 発電停止を伴う他工事と同調して、効率化・運用見直しを目的とした改修工事をする場合が多い。
- (2) 工事事例
- 効率化・運用見直しを目的とした更新事例は、1) 発電所の収益増加、2) 管理の省力化、3) 運用方法の変更の3つに分類される。収益増加は水路設備の改修による損失水頭の低減事例が見られ、管理の省力化はダム管理業務・除塵機管理業務の省力化・効率化の事例が取り上げられている。運用の変更については、揚水発電所において可変速発電機を導入する事例と周波数を変更した発電所の水圧鉄管の最適化を図る事例が見られた。【表3. 2-10】

表3. 2-10 効率化・運用見直しを目的とした更新事例

	工事分類	会社名	発電所名	改修設備
1	収益増加	中部電力	大井川	導水路
		東京発電	石岡第一	水圧鉄管
2	管理の省力化	東北電力	加治川	ダム
			飯豊川第一 実川	ダム 除塵機
		東京電力	霞沢	ダム
3	運用の変更	関西電力	奥多々良木	発電所(地下空洞)
		東京発電	中里	水圧鉄管

- (3) 特徴的な検討課題
- 特徴的な検討課題を分類すると表3. 2-11のようになる。水路設備の改修は発電の効率化を目的とした通水能力の向上、損失水頭の低減が課題となっている。また、稼働中の設備への干渉を避ける必要がある等の条件下での改修であることから、最適工法の選定も課題となっている。

表3. 2-11 効率化・運用見直しを目的とした更新事例における特徴的な検討課題

	分類	特徴的な検討課題
1	工事計画	既設設備への影響、周辺環境を考慮した工事計画の策定
		増電力、管理業務効率化を見込んだ構造の決定
2	調査・設計	導水路、水圧鉄管の通水能力向上、損失水頭低減を考慮した設計
3	工法	既設設備への影響、施工性等の条件を満足させる新技術の採用
		設計の妥当性確認、安全管理のための計測管理
4	環境	周辺環境に適したデザインの採用
5	工期	特記事項なし
6	材料	特記事項なし
7	安全	特記事項なし

- (工事計画) ゲートレス化によりダム操作を不要としたり(電土7、9)、取水口の除塵機を故障しにくい運用、構造に改良したり(電土11)と、管理業務の省力化を志向した工事計画が見られた。工事期間中の放流設備が必要であるがダムゲートが1門しかないため、ダム中央部に切欠きを設けて排水する(電土9)など、現地状況に応じた施工方法を計画している。
- (調査設計) 水圧鉄管では100年以上経過した鉄管の継続使用の検討(NEF9)や増電力を志向した改良の事例がある(NEF6)。また水路の水頭損失を低減するための模型実験による検討(NEF41)やダムの改良に伴う設計洪水量を現行基準に適合させる事例(電土7)も見られた。

- (工法) 低振動工法の採用や計測管理により周辺構造物への影響を監視するなど既設構造物との近接施工では慎重な施工が行われている。(電土 41、59)
- (環境) 観光地に設備を構築するにあたり、着色化粧型枠の使用や現地発生石を使用した石張り工を採用した。(電土 22)

(4) 設計・施工上の課題

効率化・運用見直しを目的とした更新事例における設計・施工上の課題と展望を以下に整理する。

① 調査・診断・解析技術

- ・分岐や合流などの複雑な形状の水路の通水能力を机上計算により正確に把握することは難しい。そのため、水理模型実験を行い、水理特性を確認する必要がある。今後、解析技術の向上によって、解析による複雑な水の流れの確認方法が確立されることが望まれる。
- ・運転中の設備は調査が容易に行えない箇所が多い。遠隔点検技術、非破壊検査技術の向上により、問題点を正確に把握することが最適施工方法の選定、工期短縮、コスト低減に寄与すると考えられる。

② 近接施工に対する建設技術

- ・既設構造物との近接施工では、振動の制限や離隔距離の設定、飛散防止対策を要するなど制約条件下での施工となる。新技術を採用することにより、施工を可能にするとともに作業能率が向上した事例も存在したため、今後も技術革新に期待したい。

③ 新基準への適合

- ・日本国内の水力発電所のうち、約 83%が運開後 40 年以上経過している。水力発電設備に関わる技術基準は、主に 1957 年以降に制定されていることから、設備の改修をする場合、現在制定されている技術基準に適合させつつ、機能向上を図らなければならない。そのため、構造の変更、運用方法の変更をする際には多岐の課題が存在する。

(5) 今後の展望

- 既存水力発電所の効率化・運用見直しは、自然エネルギーを有効活用した再生可能エネルギーの利用拡大であり、推し進められるべきである。前述の課題や今後の設備更新時に直面する課題の多くは多種多様な制約が存在する新技術の利用や過去事例の展開など、工夫を凝らして課題を解決することで、水力発電所の効率化・運用見直しによる更新が、我が国の電力供給により一層貢献することを期待する。

3. 2. 6 その他の更新事例

<環境対応を目的とした更新事例>

(1) 更新に至る背景

- ダムは水を貯めると同時に、河川を流れる土砂をも貯めることから、貯水容量の経年的な減少などの堆砂問題が必然的に生じる。加えて、ダム湛水池内に洪水時に流入する濁水が貯水池内に滞留することにより、下流河川が長期にわたって濁水化している問題が生じている⁴⁾。
- また、水力発電は効率的な水利用を図るため、取水地点において河川水の大部分を取水し、下流の発電所まで導水路により河川をバイパスするため、取水地点から発電所放水口地点までの河川区間は極めて水の少ない状態となる。こうした状況に対し、河川環境に関する国民意識の変化に伴って、ダム直下河川における清流やせせらぎの回復を求める声が高まり、昭和 63 年 6 月に建設省（現国土交通省）と通商産業省（現経済産業省）は河川環境の回復をめざし、「発電水利権の期間更新時における河川維持流量の確保について（発電ガイドライン）」について合意した。河川環境維持の観点から、発電ガイドラインの対象となる発電所については、河川毎の流況に応じて一定の水量（河川維持流量）を放流することが求められている。
- 収集した更新事例のうち環境対応を目的とした事例は計 5 事例であり、これらは以下の 2 つに分類される。多くがダム湛水池の濁水に関する事例であり、河川維持流量関係は 1 件見られる。
 - ・ダム湛水池からの濁水放流対策：4 件（電土 40、53、77、97）
 - ・河川維持流量対応：1 件（電土 79）

(2) 工事事例

- 環境対応を目的とした更新事例は表 3. 2-12 の通り。

表 3. 2-12 環境対応を目的とした更新事例

	工事分類	会社名	発電所名	改修設備
1	ダム湛水池からの濁水放流対策	中部電力	大井川	取水堰、取水口、バイパス水路
		関西電力	下小鳥	取水口、取水塔、制水ゲート、スクリーン、導水路トンネル
		四国電力	長沢	遮水シート
		電源開発	西吉野第二	取水口、放水口、水路管
2	河川維持流量対応	四国電力	松尾川第一	サイフォン式放流設備

(3) 特徴的な検討課題

- 環境対応を目的とした更新事例における特徴的な検討課題を以下に示す。
 - （工事計画）ダム湛水池からの濁水放流対策では濁水流入・放流状況を分析し、バイパス設備（電土 40、97）、表面取水設備（電土 53）、濁水対策フェンス（電土 77）等、それぞれの状況に対して最適な対策を検討している。
 - （調査・設計）濁水放流対策では水理模型実験や数値解析など、高度な解析技術を活用し調査・設計を実施している（電土 53、77）。また、河川維持流量の放流方法の検討において、経済性比較に加え、ダムの改造（貫通孔）の要否により検討を行った事例が見られた（電土 79）。
 - （工法）工法の選定基準として、バイパストンネル工事においては地質、工期、経済性等（電土 97）、表面取水設備設置においてはそれらに加えてダムの水位制約を極力抑えることを基準としていた（電土 53）。
 - （工法）工法の選定基準として、バイパストンネル工事においては地質、工期、経済性等（電土 97）、表面取水設備設置においてはそれらに加えてダムの水位制約を極力抑えることを基準としていた（電土 53）。
 - （安全）トンネル工事や大規模掘削工事において各種計測機器を設置し、計測結果により工法の妥当性を確認するとともに、計測結果を迅速に施工へ反映させるため情報化施工を実施している事例が見られた（電土 40、53）。

(4) 設計・施工上の課題

環境対応を目的とした更新では、現状の環境負荷および対策による効果を適切に評価することが求められる。環境対応を目的とした更新事例における設計、施工上の課題を以下に整理する。

① 調査・解析・診断技術

- ・環境対応を目的とした更新では、現状の環境負荷および対策による予想効果を適切に評価し、最適な対策を検討する必要がある。そのために現状の河川等のデータ（降雨量、河川流量、ダム運用、堆砂量、水質、周辺の水利用等）を常日頃から収集蓄積しておく必要がある。また、対策効果を効率的かつ適切にシミュレーションできるよう、解析技術のさらなる高度化が求められる。
- ・また、更新にあたっては既設構造物を活用することも想定されるため、各種構造物の設計・図面・点検調査結果等のデータベース化が望まれる。

② 施工技術

- ・環境対応を目的とした更新では特に施工中に周辺環境への配慮が求められる。従って可能な限り濁水や建設廃棄物を発生させないような施工方法の検討が求められる。
- ・また、既設設備を稼動しながら近傍で施工を行わなければならないなど、種々の施工制約を受けることが多く、施工方法には工期短縮やコスト縮減を図るため、様々な創意工夫を図る必要がある。

③ その他

- ・特にダム湛水池の堆砂・濁水問題に関しては、発電事業者によるダムその他設備の改良や運用方法の改善では効果に限りがある。従って治山事業・砂防事業による河川への土砂流入防止など、行政による根本的な対策も合わせて求められる。

(5) 今後の展望

- 今回収集された更新事例の中では環境対応の事例の数は少なかったが、世界的な環境意識の高まりを受け、今後も事例は増え続けると予想される。電力自由化を受け各電気事業者はこれまで以上に経済性を重視していく必要があるが、公益事業者の責務として行政・地域住民などと合意形成を図りながら、環境問題に対して適切に対処していくことが求められる。

＜治水協力を目的とした更新事例＞

(1) 更新に至る背景

- 近年、地球温暖化の影響等に伴う気候変動により、渇水・洪水が頻発・甚大化する傾向にあり、社会経済活動に及ぼすリスクが高まっていることから、ダム等による治水機能を強化することで、それらのリスクを軽減することが社会的に求められている。
- ダム等による治水機能強化にあたっては、財源に限られる中で、既存ダムを最大限に有効活用することで、効果的かつ早期に実施可能な施策を推進していく考え方が注目されており、昨年、国交省が「ダム再生ビジョン」を策定(平成 29 年 6 月)するなど、その動きが活発化している。

(2) 工事事例

- 治水協力に伴う更新事例では、治水機能強化を目的とした国のダム建設・再開発に伴う「既設発電所の移設」と「取水施設・水路等の改修」の 2 つに分類される。【表 3. 2-13】

表 3. 2-13 治水協力に伴う更新事例

工事分類	会社名	発電所名	改修設備
既設発電所の移設	北海道電力	江卸	導水路、水槽、水圧管路、発電所、放水路、余水路
	電源開発	胆沢第一	水圧管路、発電所、放水路
取水施設・水路等の改修	電源開発	川内川第一	ダム、減勢工、取水管、放流管
	山形県	新野川第一	取水設備、水圧鉄管、発電所基礎、放水路

(3) 特徴的な検討課題

- 治水協力に伴う更新は、既設ダム近傍における種々の制約条件下での更新であることから、現地状況に応じた工事計画の検討等が課題となっている。
- 国のダム建設に伴い発電所をダム上流へ移設するにあたり、地すべり地形を避けた水路ルートを選定や、熱水変質により軟質化した地質が介在する中での施工監理、既設導水路との接続に関する施工監理など、工事計画・監理の面で創意工夫を凝らした事例が見られた。(電土 1)
- 国のダム建設に伴い、既設発電所の取水ダム等が水没するため、ダム直下に発電所を移設するにあたり、ダムの仮排水路を極力流用し、工事費の低減を図った事例が見られた。また、ダム事業者と電気事業者等が連絡調整を密に行いながら工事を監理した事例が見られた。(電土 92)
- 国のダム再開発事業に伴う、ダム堤体への放流管等の削孔・設置にあたって、狭隘な場所での近接施工である上、ダム運用に支障を来さないよう浮体式仮締切を開発するなど、施工方法に創意工夫を凝らした事例が見られた。(電土 90)
- 国のダムを貯水池とした発電所の水圧管路斜坑部がダムに近接するため、安全性・施工性を考慮してレイズボーリング工法を採用した事例が見られた。(NEF10)

(4) 設計・施工上の課題

治水協力を目的とした更新では、既設ダムの運用等の制約条件を受けながら工事計画・施工監理を進める必要がある。これらの検討にあたっては、以下の課題が挙げられる。

① 調査・診断・解析技術

- ・治水協力に伴う更新では、既設ダム近傍で設備改修するケースが多いことから、工事計画の検討等を円滑に進めるため、既設構造物に係る既往の調査結果・設計図面等をデータベースとして保存・活用する。
- ・ダムを始めとする既設構造物の健全性・安定性を調査・分析・評価するため、非破壊検査手法、数値解析手法の高度化、低コスト化を図る。

② 施工技術

- ・新設構造物の建設・管理の効率化を図るため、設計図面等を、調査・計画・設計・施工・管理のすべての段階で工事関係者が共有・活用する。
- ・水力発電の経済的な開発、安定的な運用、維持管理の省力化を図るため、設備のコンパクト化、長寿命化、ライフサイクルコスト低減に寄与する新材料を開発する。
- ・既設構造物近傍では、様々な制約条件下（騒音・振動・工期短縮等）での建設工事になると予想されることから、施工機械の小型化・機能向上・自動化等の施工技術の高度化を図る。

③ 法規制の緩和

- ・治水協力に伴う設備改修にあたっては、ダム事業者（治水）と電気事業者（利水）の双方にとって有益な事業となるよう両者の合意形成を円滑に図る必要があることから、次のような法体系の整備が必要である。
 - 治水機能強化に伴う減電補償（水力価値の適切な評価）
 - 事業主体（国交省、水資源機構）によりダム建設の根拠法が異なることから、発電事業者との合意形成が適切に図れるような法手続きの整備。
 - ダム建設（再生事業含む）に係る建設工事費および工事後の維持管理費に係る費用負担の在り方

(5) 今後の展望

- 治水機能強化を目的とした新設ダム建設は、財源、環境、地元対策等の面で検討課題が多く、その実現には長期間を要するものの、国が定めた「ダム再生ビジョン」では、既設ダム等を有効活用することにより、早期に機能向上を目指すものであり、渇水・洪水が頻発する今日において、有効な施策と考えられる。
- ダム再生ビジョンでは、治水とともに、水力発電の積極的導入も目標に掲げており、治水・利水のバランスを取りながら事業を進めていくことが肝要である。治水・利水のバランスは、地域ごと、流域ごと、時代背景によって異なることから、流域特性を踏まえた順応的な取り組みをダム事業者と電気事業者が協調して進めていくことが重要であると考えられる。

3. 3 更新要因に依存しない共通課題

既存の水力発電施設や発電用ダムでは、設備や構造物の高経年化が目立ってきており、維持管理や再開発による設備更新が進められている。

経年劣化以外の要因では、各種災害リスク（公衆災害、地震災害、洪水災害）の予防保全対策として、余水路改造・耐震補強・ダム改造などの各種工事が行われる一方、近年は豪雨災害や地震災害による設備損壊が散見され、これに伴う災害復旧工事も増加してきている。

また、近年は河川維持流量や既設水利施設（農業用水路・上水道など）による水資源を有効活用した小水力発電の新設工事が増えているのも特徴の一つである。

前項では、更新要因別での考察を記しているが、本項では、更新要因に依存しない共通的な課題（施工技術、調査・診断・解析技術、法規制の緩和）について、以下に列挙する。

① 施工技術

- ・既存水力発電所を利用した再開発・更新工事では、工事対象設備を除く発電機を運転しながらの施工となるため、施工時には種々の制約条件下（狭隘な施工スペース、騒音・振動の規制、停電期間の短縮など）での対応を求められることが多く、施工方法の検討を行う際には、工程短縮やコスト低減を図るために、様々な創意工夫を図る必要がある。
- ・狭隘な施工スペースにおいて、効率的に作業を進める手段として、施工機械の小型化や機能向上など、施工技術の高度化が望まれる。

② 調査・診断・解析技術

- ・既設構造物の健全性を正確に評価するため、耐震性能照査や河床変動解析など、各種解析技術の更なる高度化や評価手法の統一化（耐震解析・照査方法のマニュアル化）が望まれる。
- ・精度の高い点検、診断技術を確立するために、コンクリート構造物の非破壊診断技術の開発が望まれる。

③ 法規制の緩和

- ・既設構造物の改修工事にあたっては、関係利害者との合意形成や用地取得（特に相続未了地）等の地元負担や保安林解除等の許認可手続きが生じることから、水力発電の公益性に鑑み、円滑な合意形成を図るための処置（法規制の緩和）が期待される。

4章 今後の技術検討の方向性と提言

前章では、既設水力発電所土木設備の再開発・更新要因別（経年劣化、災害リスク低減、災害復旧、水資源の有効活用、効率化・運用見直し、その他の更新事例）に、特徴的な検討課題、設計・施工上の課題などについて、考察した。

本章では、これらを水力発電所の再開発・更新の段階（計画→調査・設計→施工）毎に整理、総括して、今後の技術検討の方向性や今後とも再開発・更新が継続して実施されるための提言を示す。

（1）計 画

① 再開発・更新事例のデータベース化

最適な再開発・更新計画を策定するためには、過去の類似事例を参考とすることが肝要である。このため、本分科会で収集・整理したデータベースは、今後水力発電所の開発・更新を計画する事業者にとって、有用なものとなるだろう。

本データベースが将来にわたって有効活用されるためには、今後の再開発・更新事例を、データベースに追加していく仕組みが必要である。

② 法規制の緩和

水力発電所の立地地点は、森林法、自然公園法などにより開発が制限されたり、開発行為に対する許認可手続きに時間を要したりする場合がある。純国産エネルギーである水力発電の有益性を鑑み、更なる再開発・更新を促進するためには、これら法規制の緩和が期待される。

③ 水力開発促進支援制度の継続

水力発電所の再開発・更新を行う事業者を、資金面、収益面から支援する制度として、経済産業省の「水力発電の導入促進のための事業費補助金」制度、「FIT制度」がある。

特に、FIT制度は、収益性に劣る地点においても、再開発・更新の可能性を広げるものであり、今回収集した中にも、多くの事例が見られた。今後とも本制度の継続が望まれる。

（2）調査・設計

① 調査・診断技術の高度化

水力発電所の再開発・更新にあたっては、既設構造物を可能な限り利用し、初期投資を抑える必要がある。既設構造物を有効活用する最適な範囲を見極めるため、構造物の健全度調査・診断技術のさらなる高度化、汎用化が期待される。

主たる土木構造物であるコンクリート構造物については、従来既設構造物からコアサンプルを採取し、強度試験、中性化試験などによって健全性や余寿命を評価する場合が多い。今後、コンクリート構造物の非破壊検査によって、より高精度に健全性や余寿命診断ができる技術の開発が望まれる。

② 数値解析技術の高度化

水力発電所土木構造物の設計は、「発電用水力設備の技術基準」に基づき実施されるが、今後、仕様規定から性能規定へ移行していくものと考えられる。したがって、従来の数値解析手法を更に高度化して、水理模型実験も活用しながら要求性能に応じた設備設計を行うことにより、設計合理化、建設コストの削減を図ることが期待される。

また、近年の環境意識の高まりに伴い、発電所開発に伴う環境への影響に対する説明責任が求められることが増えてくるものと考えられる。したがって、河床変動解析など、発電所開発による環境への影響を定量的に評価する手法の高度化も期待される。

（3）施 工

① 近接施工技術の高度化

水力発電所の再開発・更新工事では、稼働中の水力発電設備の近傍で施工する場合も多いことから、極力これら既設構造物に影響を与えないようにすることが肝要となる。近接施工に伴う既設構造物への影響は、変位やひずみなどの計測管理によって、把握するのが一般的である。今後、計測結果の3次元可視化、ICTを活用して計測結果をリアルタイムで把握できるようにするなど、計測管理技術のさらなる高度化が期待される。

また、工事にあたっては、既設構造物近傍の狭隘な場所での施工や民家や公共施設の近傍での施工、限られた期間での施工などの制約がある場合も多い。このため、施工機械には、小型化、低騒音・低振動化、高速化など、更なる機能性の向上が期待される。

② 新材料の開発

水力発電所土木構造物には、主としてコンクリート及び鋼材が用いられてきたが、設置位置における気象、地形、地盤、荷重などの条件によっては、維持管理に多大な労力やコストが発生する場合もある。したがって、土木構造物の設置環境、運用環境によっては、初期投資が大きくても、耐久性に優れた材料を活用するなど、ライフサイクルコストを念頭に置いた設計を行い、ひいては安定的な発電運用、維持管理の省力化を図ることが肝要となる。

ライフサイクルコストの低減に資する可能性のある材料としては、高強度のコンクリートや鋼材、繊維強化プラスチック（FRP）、繊維強化ゴムなどの複合材料、防食塗料などが開発されている。今後、これらの材料に更なる改良を加え、より耐久性、防食性、摩耗性に優れた材料の開発が期待される。

(4) 共通

① 再開発・更新による治水協力

近年、地球温暖化の影響等に伴う気候変動により、渇水・洪水が頻発・甚大化する傾向にある。それらのリスクを軽減する施策の一つとして、国土交通省は、平成 29 年 6 月に「ダム再生ビジョン」を策定し、ダム堤体のかさ上げ、排砂施設の増設などによる治水機能の強化策を示している。また、「ダム再生ビジョン」では、「治水と発電の双方の能力を向上させる手法等の検討」、「洪水調節容量の一部を発電に活用するための操作のルール化に向けた総点検」、「河川管理者と発電事業者の意見交換会（仮称）」の設置、「ダム管理用発電、公募型小水力発電の促進、プロジェクト形成支援」など、水力発電の積極的な導入策も示されている。

本分科会で収集した再開発・更新事例のうち、治水協力に関するものは、国のダム建設・再開発に伴って既設発電所を移設したもの、取水設備を改修したものなど、3 件と少なかったが（3. 2. 6 章参照）、上記ダム再生ビジョンに基づく事業に伴い、今後増えていくものと予想される。水力事業者としては、流域特性を踏まえつつ、治水・利水のバランスを、ダム事業者と協議しながら事業を進めていくことが肝要である。

② 人材育成

水力発電所の再開発・更新にあたっては、河川法、電気事業法、環境関連法令などに係る多くの許認可手続きが必要である上、地元自治体、住民、農業、漁業などの関係者との協議・調整も必要である。更に、計画から調査・設計、施工まで、通常数年の長期にわたる。

上記のような特徴を持つ水力発電所の再開発・更新を最適なものとするためには、計画、調査・設計、施工の各段階において、常に全体俯瞰的な視点から課題を明確にし、解決していくことのできる人材が必要となる。そのような人材の育成には、水力開発の経験者の下で経験を積むことが不可欠である。

このため、技術者不足に悩む水力事業者に対して、水力開発・保全の経験を有する技術者が、技術協力を行うための補助制度など、今後とも水力発電所の再開発・更新を通じた人材育成が継続的に行われるための仕組みの構築が望まれる。

出典一覧

- 1) 水力発電に関する研究会 中間報告 平成 20 年 7 月 25 日
水力発電に関する研究会
- 2) 低炭素社会構築に貢献する水力発電の着実な開発実施に向けた提言 平成 23 年 3 月
財団法人 新エネルギー財団
- 3) 気象庁ホームページ
<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/statistics/landing/landing.html>
http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html
- 4) ダム貯水池堆砂・濁水問題への取り組みと課題 平成 13 年 7 月
土木学会 エネルギー土木委員会 新技術・エネルギー委員小委員会 堆砂・濁水分科会

參考資料

表 参考資料－1 経年劣化による更新事例における高度な検討・課題と解決方法

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題			工事分類	
					課題分類	内容	解決方法		
北海道電力	電土 3	しんいわまつ 新岩松	発電所新設工事	水圧管路	環境	周辺に生息する鳥類への影響を考慮した騒音振動抑制対策	・水圧管路立坑部の掘削に非火薬式蒸気圧破碎工法を採用	・水圧管路立坑部の発破掘削では、上空に伝播される発破音が周辺鳥類の生息に対して影響することが懸念されたため、騒音・振動が抑制できる非火薬式蒸気圧破碎工法を採用し、施工。	発電所再開発
					工法	既設水圧鉄管と新設水圧鉄管の接続	・二重管構造の採用	・新設する水圧鉄管の外径を既設水圧鉄管の内径よりも小さくし、既設水圧鉄管内部へ挿入する二重管構造を採用して接続。	発電所再開発
				発電所	工法	既設変電設備および道路に近接し、開削工法での施工が困難	・工事中的改変面積の最小化	・地表面近くの砂礫部は「親杭横矢板およびグランドアンカー方式による土留支保工法」、それ以深の岩盤部は「吹付けコンクリートとロックボルトによる岩盤補強土留工法」を採用し、施工。	発電所再開発
					工事計画	既設発電所稼働状態での施工	・経済性に有利な計画の採用	・水車発電機の単純更新ケース1と発電所と放水路を既設発電所近傍に新たに配置するケース2、および落差を得るために放水路を延長するケース3の3案について比較検討し、経済性等に優れるケース2を採用。	発電所再開発
					工法	発電所基礎土留工の凍上対策	・土留壁の挙動観測 ・押え盛土、採暖養生 ・現状解析、予測解析による増打グランドアンカーの施工	・発電所基礎掘削時の土留壁の挙動観測の結果、凍上が原因とされる変位と荷重が観測されたことから、この対策として緊急的な押え盛土、採暖養生を実施するとともに、計測結果に基づく凍上荷重の現状解析、予測解析により増打グランドアンカーを設計、施工し、安全に基礎掘削を完了した。	発電所再開発
放水路	工事計画	道路および農業用水路との交差	・トンネル構造および蓋渠の採用	・放水路（主に開渠）が、道路および農業用水路と交差することから、交差箇所について一部トンネル構造および蓋渠を採用。	発電所再開発				
北海道電力	電土 4	あしぬまの 相沼内	水圧鉄管伸縮管修繕工事	水圧管路（伸縮部）	調査・設計	老朽化原因調査	・鉄鋼メーカーおよび電中研による専門調査 ・分解調査、室内試験、培養試験の実施	・鋼材の材質調査や二重管部に詰まっていた泥状物質の化学成分分析、錆ごぶのX線回折等の結果から、鉄細菌が関与している可能性が高いと推定し、その鉄細菌の鉄管腐食への関与を明らかにするために、現地状況を模擬した培養試験を実施した。その結果、同条件下では好気性微生物が増殖し、鉄管に錆ごぶおよび腐食が発生することを確認。	水路他改修
北海道電力	電土 5	ひだか 日高	放水路修繕工事	放水路	調査・設計	覆工コンクリート変状要因の原因究明	・周辺地盤を含めたトンネル構造をモデル化し、FDM（有限差分法）による解析により変状要因を特定 ・FDM解析結果から、「トンネル掘削により脆弱な泥岩が塑性化、さらに覆工コンクリートのひび割れから浸透した発電使用水による地山劣化が加わり、塑性域が拡大したことにより塑性圧が増大した」ことにより、覆工コンクリートに変状が生じたと判断。	水路他改修	
北海道電力	電土 6	ひらふ 比羅夫	1,2号水車更新工事（土木工事）	発電所基礎	工法	発電所基礎撤去時の残置既設構造物への影響	・ワイヤーソーイング工法の採用 ・静的破碎剤による一次破碎 ・施工時の変位の計測管理	・既設構造物への影響等を考慮し、ワイヤーソーイング工法にて縁切りを行った後、振動・粉塵の発生抑制のため静的破碎剤による一次破碎を実施。また、事前にFEM解析による発電所の健全性に問題がないことを確認するとともに、施工時には浮き上がり変位、内空変位、クラック変位の計測管理を実施。	発電所再開発
					環境	解体コンクリートの再利用	・水車発電機基礎コンクリートの骨材および路盤材として再利用	・現場内で解体コンクリートから再生骨材を製造し、40～5mm以外の再生骨材は発電所構内の路盤材として再利用するとともに、40～5mmの再生骨材はケーシング周りの充填材（再生骨材コンクリート）として再利用。	発電所再開発
東北電力	電土 10	やぶかみ 数神	水車発電機改修工事	発電所基礎	工法	既設発電機稼働中の施工振動、粉じんの抑制工程短縮	・SD工法とワイヤーソーイング工法の併用工法を採用	・通常の保守点検時には、通常の仮締切ゲートの使用で特段の懸念はないが、今回の工事にあたってはゲート戸当りを取り替えることから、戸当り数部や側部コンクリートをはつりとるため、せん断耐力確保のため、ダム背面側に補強アンカーを設置。	発電所再開発
					工法	既設コンクリートの中性化対策	・再アルカリ化工法の採用	・発電所地下1階の梁・柱に中性化の進行が認められたため、再アルカリ化工法を採用し対策を行うものとし、中性化深さ20mm以上の範囲は「電気化学的再アルカリ化工法」、20mm未満は「中性化抑制工法」により施工。	発電所再開発
東北電力	電土 12	ほうらい 蓬萊	蓬萊ダム洪水吐きゲート・巻上機取替工事	洪水吐ゲート、巻上機	工法	仮締切ゲートの補強対策	・仮締切ゲートの補強アンカー設置	・通常の保守点検時には、通常の仮締切ゲートの使用で特段の懸念はないが、今回の工事にあたってはゲート戸当りを取り替えることから、戸当り数部や側部コンクリートをはつりとるため、せん断耐力確保のため、ダム背面側に補強アンカーを設置。	ゲート改修
					工期	工程確保（11月～3月の非出水期）	・戸当りコンクリートの撤去にワイヤーソーイング工法を採用	・非洪水期の11月から3月までに取替工事を完了する必要があるため、戸当りコンクリートの撤去工程がクリティカルであったことから、工程短縮が可能なワイヤーソーイング工法を採用し、施工。	ゲート改修
					その他	使用前自主検査	・使用前自主検査体制の確立	・使用前自主検査の実施に伴い、検査実施の2年以上前より社内に検査対応WGを発足させ計9回のWG開催により検査に遺漏のない万全の体制を確立。	ゲート改修

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事分類
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
東北電力	電土 13	とよみ 豊実	発電所改修工事	水圧管路	環境	解体コンクリートの再利用	・残置設備の空洞部充填に再生骨材コンクリートおよび再生砂を利用	・解体コンクリートの再利用のため、現場付近で再生骨材を製造し、再生粗骨材を使用した再生骨材コンクリートおよび再生細骨材を使用した再生砂を既設空洞部の充填材として活用。	発電所再開発
				発電所	調査・設計	空気吸込み渦対策	・整流傾斜板を設置	・空気吸込み渦に関する数値解析および水理模型実験を行い、立軸バルブ水車のケーシング上部に整流傾斜板を設置。	発電所再開発
				放水路	工法	既設放水路トンネル直下への大断面新設放水路トンネルの施工	・NATM工法および縫地ボルト、薬液注入による地山改良等の補助工法を併用し、大断面新設放水路トンネルを施工	・建設後約80年が経過した既設放水路トンネルの直下に大断面の放水路トンネルを新設するにあたって、NATM工法および縫地ボルト、薬液注入による地山改良等の各種補助工法を併用して、施工。	発電所再開発
				放水口	工法	最適な放水口仮締切型式の選定	・設備冠水に伴う被害想定額と仮締切設置費用から、コスト的に最も有利となる仮締切高さとして設計対象流量を定め、当該地点に最適な仮締切の型式を選定	・流域面積が6,048km ² と広大で、かつ、仮締切設置位置が狭隘であることから、最適な設計対象流量および仮締切型式の選定が課題であり、設備冠水に伴う被害想定額と仮締切設置費用からコスト的に最も有利となる仮締切高さとして設計対象流量を定め、当該地点に最適な仮締切型式として、継手付H形鋼矢板による仮締切を選定。	発電所再開発
東北電力	電土 14	かのせ 鹿瀬	発電所改修工事	水槽	工事計画	設備のコンパクト化	・呑口幅員の縮小等	・既設制水門6門を2門に変更すると共に呑口幅員の縮小等により、設備のコンパクト化を図った。	発電所再開発
				発電所	調査・設計	空気吸込み渦対策	・整流傾斜板を設置	・空気吸込み渦に関する数値解析を行い、立軸バルブ水車のケーシング上部に整流傾斜板を設置。	発電所再開発
				放水路	環境	解体コンクリートの再利用	・放水路側壁背面埋戻し材として再生骨材を利用	・解体コンクリートを再利用するため、現場付近で再生骨材を製造し、再生細骨材を放水路側壁背面の埋戻し材として活用。	発電所再開発
東北電力	電土 16	みやした 宮下	ダムゲート・巻上機 取替工事	洪水吐ゲート、巻上機	工期	工程(11月～3月の非出水期)確保 主要仮設備(運搬据付)計画の最適化	・自走式ジブクレーンによる仮設備計画を採用	・工事施工方法の合理化を図る観点から、施工全体を考慮した最適の工事計画を指向する方針を採用し、工事計画についても予告発注の段階で6年に亘る全11門の取替計画を提示。 ・その結果、自走式ジブクレーンによる取替計画が経済性、安全性の面から最適と判断。	ゲート改修
					調査・設計	既設トラニオンピンの流用	・超音波探傷検査の実施	・既設ゲートを撤去後、既設トラニオンピンの超音波探傷検査を軸方向と円周方向でそれぞれ実施し、傷がなく健全であることを確認。	ゲート改修
東北電力	電土 17	いいでがわだいに 飯豊川第二	内の倉水路橋架替 工事	水路橋	工事計画	取替橋梁の構造	・ワーレントラス橋の採用	・取替橋梁の構造として、プレーストアーチ橋、パイプビーム形式、ワーレントラス橋の3ケースを比較検討したが、費用、停止期間ともいずれのケースにも大きな差はないことから、今後の維持管理が最も容易であるワーレントラス橋を採用。	水路他改修
					工法	橋梁架設時の仮設備	・ケーブルエレクション工法の採用	・大型クレーンの搬入が困難な場所であることから、両岸に鉄塔を立て、メインケーブルを張り、メインケーブルから直吊りワイヤーで構造物を吊りながら架設するケーブルエレクション工法を採用。	水路他改修
東京電力	電土 23	はこじま 箱島	取水ダム排砂路補 修	排砂路	材料	修繕コストの削減	・古タイヤの活用	・ほかの補修材料(モルタル、耐摩耗性ゴム、コンクリート)に対して、耐用年数および単価を比較し、古タイヤの経済性優位を確認。 ・試験施工により、タイヤブロックの仕様を確定。	水路他改修
東京電力	電土 24	なかつがわだいに 中津川第一	高野山ダム修繕工 事	ダム	調査・設計	アスファルト遮水壁の健全度診断手法の確立	・電磁波探査装置による健全度診断手法の開発	・広範囲を計測、精度、気象に左右されない、解析時間が短いなどから電磁波探査調査手法を採用し、遮水壁への適用のため、空洞(滞水)を模擬した供試体測定による統計処理結果や実物の遮水壁の供試体採取による精度検証から判定基準を確立した。	ダム・調整池改修
					材料	補修材料と既設材料の一体化及び変形挙動に 追従可能なアスファルト混合物の配合設計	・温度計測結果と熱伝導解析から設定した設計温度に対し、新旧材料の変形係数が合致する配合を採用	-	ダム・調整池改修
					その他	施工管理維持管理の高度化	・レーザー測量により、切削・舗設の施工厚さを調節	・レーザー測量により施工前の舗装面、切削・舗設の厚みを測定し差分を見ることにより、切削・舗設の施工厚さをコントロールし、仕上がり面を一定レベルに保持。	ダム・調整池改修
東京電力	電土 26	おだぎり 小田切	小田切ダムエプロン の補修工事	ダム	材料	ダムエプロン補修材料の施工性耐久性の向上	・ファイバー混入自己充填型高強度高耐久コンクリートの品質管理方法の確立	・土木学会「自己充填型高強度高耐久コンクリート設計施工指針(案)」に準拠し、施工前に室内配合試験と実機試験を実施し配合を選定。	ダム・調整池改修

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事分類
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
東京電力	電土 27	さいこ 西湖	西湖発電所水圧鉄管補強工事	水圧管路	工法	新材料による鉄管補強の設計,施工方法の確立	・炭素繊維巻き付けによる鉄管補強	・設計は鉄管に発生する内水圧による円周方向応力を全て炭素繊維に負担させ,施工は下地処理,炭素繊維の割付,不陸修正,巻付方法などを確立。	水路他改修
					材料	温度変化,電食への対策	・冬季に施工実施 ・ガラス繊維(絶縁体)の使用	・施工時期を冬季とし,炭素繊維-鉄管間の空隙発生を防止。 ・炭素繊維-鉄管間にガラス繊維(絶縁体)を一層巻き付け,電食を防止。	水路他改修
東京電力	電土 29	こまはし 駒橋	1・2号水車発電機取替に伴う1号水圧鉄管一部取替工事	水圧管路,水車発電機	工法	近接3号機の発電を継続しながらの施工	振動の計測,静的破砕材の使用	・CRC解体工法,ワイヤソー工法,静的破砕材の使用,人力などを組み合わせることで施工を行い,振動計による計測管理などにより運転中の設備の品質安全管理を実施。	水路他改修
中部電力	電土 36	にしど 西渡	西渡水力発電所改修工事(SR堰)	堰堤	工事計画	河川流況変化による発電規模の見直し	・最適発電規模検討を踏まえた最大使用水量の変更(6.51m ³ /s⇒3.26m ³ /s)および水車発電機撤去(2台⇒1台)	・将来的な改修費用および維持管理費(費用:C)と発電電力量(便益:V)との関係から得られる収益性(V-C)の関係から,最適な発電規模を算出し,水車発電機を2台から1台に変更。	ダム・調整池改修
					調査・設計	えん堤改修方法の選定	・関係法令を満足したえん堤構造の決定(河川全幅を可動堰化)および設備簡素化を目的としたSR合成起伏堰の採用	・ゴム製起伏堰およびSR合成起伏堰に関する経済性比較を実施し,経済的なSR合成起伏堰を採用。(最大使用水量:4.0m ³ /s以下の場合) ・SR堰は,「技術審査証明」(財土木研究センター)に基づくSR堰を採用するとともに,「設計指針(一次案)」(SR技術検討委員会)による『設計対象起立角の追加検討』や『上部工設計における外力の補正係数』を考慮した設計を実施。	ダム・調整池改修
北陸電力	電土 46	おぐち 尾口	尾口第一ダム改修工事	ダム,取水口,洪水吐ゲート	工事計画	改修案の比較	・ゲートレス化を採用(洪水吐ゲートを撤去し,無人化)	・ゲートレス化,ゲート取替,上流発電所との直結の3案について,コストメリット及びダムの管理方法を検討し,ゲートレス化案(排砂ゲート新設)を採用。	ダム・調整池改修
					環境	環境対策	・猛禽類への影響に配慮し,工期設定	・ダム地点周辺に生息するイヌワシに配慮し,工事期間を5月初旬から11月末の7ヶ月間と設定。	ダム・調整池改修
					環境	景観への配慮	・ダムのコンクリート表面を疑岩化	・白山自然公園第2種特別地域に位置し,行楽シーズンは観光客や登山客で賑わう地域のため,打設コンクリート表面は黒色化・疑岩化。	ダム・調整池改修
					環境	工事廃材の有効利用	・コンクリートガラを再生砕石化し,敷地内利用	・約3000m ³ のコンクリートガラを産業廃棄物として場外搬出せず,当社敷地内で有効利用し,環境負荷を低減。	ダム・調整池改修
北陸電力	電土 47	じんづうがわ 神通川第一 じんづうがわ 神通川第二 にしかとほら 西勝原第三	洪水吐ゲート取替工事	洪水吐ゲート	調査・設計	大規模地震への対応検討	・地震応答解析・応力照査の実施	・堤体-貯水池連成系での二次元線形時刻歴地震応答解析を実施し,得られた動水圧分布等から応力照査を実施。	ゲート改修
					工法	ゲートの据付搬入方法の検討	・神一・神二ダムは吊荷設備にケーブルクレーン工法を採用	・神一・神二ダムは,ダム上の車両通行が不可能なため,ケーブルクレーン工法を採用。	ゲート改修
					工期	工事期間の制約	・ダム運用に支障をきたさない工期設定	・取替対象ゲート以外の放流能力から非出水期の期間を設定。 ・神一・神二は各々3門を6か月で取替(×3回),仏原は4か月で1門で取替(×3回)する計画。	ゲート改修
					調査・設計	ゲート取替後の安全性確認	・ゲート取替後の応力測定による検証	・ゲート取替後の安全性の確認と維持管理のための資料を取得するため,静的応力・動的応力・振動測定を実施。	ゲート改修
北陸電力	電土 48	しょうみょうがわ 称名川 だいに 第二	雑穀谷取水ダム水叩工改修工事	ダム	材料	水叩工部の耐摩耗・洗掘対策	・「耐摩耗鉄鋼板」を採用	・①高強度コンクリート,②鉄板張工,③レール埋張工,④特殊鉄鋼板工などから,施工性・経済性を考慮し,④を採用。 ・直径2mの球状巨岩がダム天端から落下した場合を想定し必要な肉厚,脚径,脚長を検討。 ・縦断方向2区間に分割し,肉厚・脚径を変化させ,高マンガン鋼鉄鋼を採用。	ダム・調整池改修
					工期	工事期間の制約	・融雪出水や作業通路の整備期間を考慮し工期設定	・標高1000mを越える豪雪地帯であり,融雪出水や作業通路の整備期間を考慮して施工可能期間を7月から11月までと設定。	ダム・調整池改修
北陸電力	電土 49	じんづうがわ 神通川 だいいち 第一	排砂ゲート取替工事	排砂ゲート	調査・設計	大規模地震への対応検討	・地震応答解析・応力照査の実施	・堤体-貯水池連成系での二次元線形時刻歴地震応答解析を実施し,得られた動水圧分布等から応力照査を実施。	ゲート改修
					工期	工事期間の制約	・ダム運用に支障をきたさない工期設定	・取替対象ゲート以外の放流能力から非出水期の期間を設定。	ゲート改修
					調査・設計	ゲート取替後の安全性確認	・ゲート取替後の応力測定による検証	・ゲート取替後の安全性の確認と維持管理のための資料を取得するため,静的応力・動的応力・振動測定を実施。	ゲート改修
北陸電力	電土 50	たきなみがわ 滝波川 だいいち 第一	小原ダム改良	ダム,洪水吐ゲート	工事計画	ダム及び洪水吐ゲートの管理方策検討	・洪水吐ゲートを撤去・廃止し自然越流式洪水吐を新設	・既設の洪水吐およびダム非越流部の堤頂部を撤去し,自然越流式の洪水吐と排砂門を新設。	ダム・調整池改修
					調査・設計	ダムからの放流方法変更に伴う洗掘浸食対策	・ダム背面に導流壁,下流河川に護岸を設置 ・水理模型実験により最適な設備形状を決定	・副ダム設置を予定していたが,水理模型実験(縮尺1/20)により副ダムの有無に関わらず下流河川の流況が同等となることが判明。副ダムは不要と判断。	ダム・調整池改修
					工事計画	仮設排水設備の検討	・ダム貫通孔および仮排水管を設置	・ダム直下流の導流壁,護岸工事の施工箇所は河川幅が非常に狭く,一般的な半川締切方式は採用不可。 ・工事中のダム放流に支障をきたす。 →以上のことから,貫通孔設置後にかかる堤体内応力の構造解析(FEM解析)を行い,応力集中により堤体コンクリートにひび割れが生じないことを確認した上で,矩形断面の貫通孔を設置。仮排水管は鋼管杭(Φ1.5m)を加工して製作。	ダム・調整池改修

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事分類
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
関西電力	電土 56	わち和知	和知発電所和知ダム洪水吐ゲート取替工事	洪水吐ゲート	調査・設計	耐震性能の向上	・L2地震動への対応	・「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)」に基づき評価を実施し、大規模地震に対する安全性を確認。	ゲート改修
					その他	ゲート扉体・開閉装置の重量抑制	・使用主材料の高強度化 ・電動モーターの小容量化(既設5.5kW→新設4.0kW)	・新設洪水吐ゲートには既設の設計条件にはない波高さを考慮する必要があること、Level2地震動への対応により扉体重量が増加する要因があることから、主材料をSS400からSM490へ高強度化することにより重量増加を抑制。 ・減速装置について、既設ウォーム減速機からヘリカル減速機へと仕様を見直し、電動モーターの重量を抑制。	ゲート改修
					工期	河川内施工の制約 ・非洪水期(11/1～翌年5/31)のうち、全4門中2門が使用できない期間の施工方法 ・大型資機材搬入出が可能なアクセス道路が1ルートのみ ・工事用ヤードの確保	・厳しい制約下での施工に安全かつ円滑に実施するための仮設備計画の立案	・全4門のゲート取替に共通して使用する仮設備は、全工程(4ヶ年)で共用使用できるよう、休工中の出水期間中に残置しても、発電運用およびゲート操作に全く支障とならない仮設備として、鋼製門構型吊設備、仮設棧橋、荷受構台などを計画。 ・鋼製門鋼型吊設備については、対象ゲートの作業が完了すれば、その径間分を順次撤去可能な構造。 ・仮設棧橋の覆工板については、増水時におけるゲート操作時の脚柱部の干渉に対応できるような容易に取り外し可能な構造。	ゲート改修
関西電力	電土 57	かわらびかわ川原樋川	川原樋川発電所大股えん堤改修工事	堰堤	材料	ゴム袋体の老朽化が進行(洪水時に流下する岩石等による損傷に伴う度重なる修復の影響)	・ハイブリッド起伏堰への変更	・既設と同様の起伏堰の形式として、ゴム堰、ハイブリッド起伏堰、油圧式鋼製起伏ゲートの3種類を比較検討。 ・洪水時における流下土石への抵抗力や水理特性、環境安全性(空気圧で作動)、耐久性に優れた「ハイブリッド起伏堰」を選定。 ・「ハイブリッド起伏堰」は、「既設ゴム堰」と「油圧式鋼製起伏ゲート」の中間的な機能性や経済性を有する起伏堰のこと。	ダム・調整池改修
					工法	施工中の出水対策	・河川締切りの方法 ・出水に伴うゴム袋体や戸当りなどの流出や損傷防止対策	・戸当りの施工においては1/3ずつ、扉体・ゴム袋体・定着ゴム等の施工においては全川締切りで対応。 ・二次コンクリート打設前の戸当りおよび埋設配管流出防止対策として、鋼製蓋の設置を実施。(累計雨量50mmが予測される場合) ・扉体の流出およびゴム袋体の損傷対策として、仮止め可能な定着ゴムの加工方法に変更。(現地での穴明け加工→メーカ工場内での仮組みによる穴明け加工)	ダム・調整池改修
関西電力	電土 58	よみかき読書	読書発電所ダムピア他修繕工事	ダムピア	工法	コンクリート劣化対策	・コンクリート打ち替えを採用	・コンクリート劣化対策工法としてコンクリート打ち替え、炭素繊維シートによる補強、鋼板接着による補強を比較検討し、水分進入を抑制できること、及びPC鋼線定着部のコンクリートが健全であることからコンクリート打ち替えを採用。	ダム・調整池改修
					工法	施工中の出水対策	・過去の出水記録に基づき施工計画立案	・工事期間中はゲートが1門もしくは2門使用できない期間が発生するため、過去の出水記録に基づき施工期間、方法、手順の計画を立案。	ダム・調整池改修
					工事計画	工事期間における既設PC鋼線の緊張力解放の取扱い	・アンカー余長や施工中の地震に対する安全性などの検討	・緊張力解放時のPC鋼線の縮み(伸び量)に加え、加圧装置の設置に必要な長さを加えた余長の事前確認。 ・地震時慣性力に対する安全性の事前検討。 ・施工中におけるコンクリート劣化部のクラック幅の監視。	ダム・調整池改修
					調査・設計	既設PC鋼線の維持性能確認(付着切れの確認)	・PC鋼線設置時と同様の載荷方法・最大荷重による維持性能確認試験の実施	・設計アンカー力(60t×1.2=72t)に対する安全性、試験荷重と変位量(許容範囲:理論値±10%)やクリープ係数(Δc<1mm)に関する適正性を確認し、設計および施工の妥当性を判断。	ダム・調整池改修
中国電力	電土 61	うちなし打梨	水車・発電機取替工事	発電所	工事計画	更新後の保守省力化	・工期・断水期間、取替費用に係る経済性および保守省力化を考慮した発電所基礎構造の決定	・水車発電機基礎構造の変更(二床式⇒パレル式)により中間軸の軸長を短くし設備簡素化と保守省力化。 ・水車発電機基礎構造の変更に伴い、発電所基礎内部構造が大きく変わるため、建物補強(ボックスラーメン構造)を実施。	発電所再開発
					工法	工事中等の振動による所内機器の誤作動防止(発電機(他号機)を運転しながらの施工)	・既設水車基礎取り壊し施工中における低振動工法の採用および振動計測管理の実施	・水車基礎壊しには、「大型プレーカ+コアボーリング併用」(Ⅰ期工事)および「SD工法+ワイヤーソーイング工法併用」(Ⅱ期工事)を採用。 ・振動管理値として「0.4cm/s以下」を設定し、振動影響が懸念される所内機器付近における振動計測を実施した結果、保護継電器の誤動作およびその他運転機器への影響がないことを確認。	発電所再開発
中国電力	電土 62	うちなし打梨	立岩ダム洪水吐ゲート取替工事	洪水吐ゲート	工期	現場施工期間(河川区域内工事)に制約を受けた施工	・現地状況に応じた資機材揚重設備の選定	・資機材揚重設備は、施工性・経済性・安全性等を考慮し、ジブクレーン台車方式を採用。	ゲート改修

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事分類
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
中国電力	電土 63	しんたいしゃくがわ 新帝釈川	新帝釈川発電所新 設工事	取水口,導水路,サー ジタンク,水圧管路,発 電所,放水路,放水口, ダム	工事計画	発電運用制約の解消(ダム洪水処理能力の 向上)	・洪水吐増設による洪水処理能力の強化	・設計洪水流量はクリーガー流量(1,610m ³ /s)を採用し,洪水処理能力向 上に向けた抜本的な解決を図るため既設堤体の上部を切り欠き,堤体越 流式洪水吐(鋼製ラジアルゲート2門)を増設することにより,既設トンネル 式洪水吐放流能力(720m ³ /s)で不足する放流量(890m ³ /s)を補完。 (既設帝釈ダムの洪水吐は,トンネル式で堤体とは別位置に設置されてお り,昭和58年の山陰豪雨を契機として現実的に想定される洪水規模につ いて詳細検討を実施した結果,現状の放流能力(720m ³ /s)を大きく超え る洪水の可能性が否定できないとの結論に達し,その対策として応急措 置的に出水期には水位を下げて運用してきた)	発電所再開発
					調査・設計	ダム安全性の向上	・ダム下流側に新しいダムコンクリート打ち増 しによる耐震性能強化	・帝釈川ダムは大正年代に設計・施工されたもので,現在の設計基準に 照らせば所要の安定条件を満足しないことから,洪水吐の増設に合わせ て安定条件を満足するよう既設堤体の下流面にコンクリートを打ち増し,安 定性の向上。 ・既設堤体最上部の新旧境界面では,発生する引張応力がかなり大きく 止水面でも重要な箇所であることから,鉄筋補強を行うとともに止水板をダ ム軸方向に設置。 (嵩上げダムでは,一般的なマスコンクリートの発熱問題に加えて,ダム下 流面に打設した新コンクリートが冷却・収縮することによって既設堤体の 上流面や既設堤体最上部の新旧境界面付近に比較的大きな引張応力 が発生する等の特有の課題が知られており,当該ダムにおいても事前の 温度解析により同様に事象を確認)	発電所再開発
					環境	自然環境との調和	・周辺の自然環境に配慮した構造仕様の決 定(ダム・貯水池周辺は比婆・道後・帝釈国 定公園第1種特別地域および国指定の名 勝(帝釈川に谷)に指定) ・貴重動植物の保護	・洪水吐ゲートは,ダム下流に周辺景観のシンボルとして存在する石灰岩 の岩盤(通称:太郎岩)の景観に配慮するため,巻上機室をダム下流側に 設置可能な背面巻上式ラジアルゲートを採用。 ・配色等の詳細は,周辺の自然環境との調和を図るため専門家の指導を 受け決定。 ・工事区域および周辺に生息する貴重動植物を図解した手帳を工事関係 者が常時携帯。	発電所再開発
					安全	地元観光事業に配慮した施工	・工事期間中,貯水池内を遊覧船が安全に 航行できる水位の設定	・工事期間中も遊覧船が安全に航行できる水位(WL.350m)を設置し,転 流方法として仮排水トンネルを設置。 (仮排水トンネルは,既設洪水吐トンネル呑口付近に呑口(EL.350m)を設 け,約44mのトンネルを経て既設洪水吐トンネルの途中に合流させるルー トとした)	発電所再開発
中国電力	電土 64	しもやま 下山	水車・発電機取替工 事, 余水路安全対策工 事	余水路減勢工,水槽, 発電所基礎	工事計画	余水路安全対策(発電機急停止(負荷遮断) 時の余水放流に伴う下流河川の危害防止)	・既設設備を流用した余水路構造の決定	・余水路は,発電規模見直し(発電機2台→1台)に伴い不要となる水圧鉄 管1条を流用するとともに,減勢工を発電所水車室内の不要となる水車ス ペースに設置。	発電所再開発
					工法	工事中等の振動による所内機器の誤作動防止	・既設水車基礎取り壊し施工中における低振 動工法の採用および振動計測管理の実施	・低振動工法として,「コアボーリング+ワイヤーソーイング工法併用」を採 用。 ・振動管理値として「0.5cm/s以下」を設定したうえで振動影響が懸念さ れ る所内機器付近に振動計を設置し振動計測を実施した結果,各計測箇 所とも振動管理値を大きく下回る0.1cm/s以下となり,保護継電器の誤 動作が発生しないことを確認。	発電所再開発
中国電力	電土 65	きみた 君田	沓ヶ原ダム洪水吐 ゲート改修工事	洪水吐ゲート	工事計画	既設設備の機能維持	・部材健全性を考慮した改修範囲の決定	・既設洪水吐ゲート(ストーンゲート4門)の健全部である扉体中央部を流 用し,老朽化が進行している扉体端部(ローラー部)の部分取替を実施。	ゲート改修

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事分類
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
中国電力	電土 67	と い 土居	水車・発電機取替工 事	発電所基礎	工事計画	更新後の保守省力化	・工期・断水期間,取替費用に係る経済性および保守省力化を考慮した発電所基礎構造および水車形式の決定	・工事期間中における機器搬入(ローター等)や今後の保守管理を考慮した水車発電機基礎構造の変更。(二床式⇒単床式) ・水車発電機基礎構造の変更に伴い,発電所基礎内の既設大梁(1本)を撤去する必要性が生じたため,地震発生時における建物本体の構造耐力低下を補うため建物補強(既設柱外巻工法)を実施。 ・既設設備を極力利用し,経済性と保守省力化の観点から水車・発電機を2台から1台(両掛水車採用)に統合するとともに機器の総合効率アップにより発電出力を200kW増加。(8,000kW⇒8,200kW)	発電所再開発
					工法	工事中等の振動による所内機器の誤作動防止	・既設水車基礎取り壊し施工中における低振動工法の採用および振動計測管理の実施	・低振動工法として,「SD工法+ワイヤーソーイング工法併用」を採用。 ・振動管理値として「0.4cm/s以下」を設定したうえで振動影響が懸念される所内機器付近における振動計測を実施した結果,各計測箇所とも振動管理値を大きく下回る0.04cm/s程度となり,保護継電器の誤動作が発生しないことを確認。	発電所再開発
					調査・設計	既設水圧鉄管管胴本体への振動影響	・振動影響調査の実施	・振動調査としてレーザー変位計(鉄管円周方向2測点)を設置し,周波数および片振幅を測定した結果,最大片振幅は0.01mm程度と小さく,水門鉄管技術基準に規定された算定式に基づく許容値以下であり,管胴本体に悪影響を及ぼす振動が発生していないことを確認。	発電所再開発
中国電力	電土 68	しんなりはかわ 新成羽川	取水ロススクリーン取 替工事	取水ロススクリーン	調査・設計	既設設備の機能維持	・振動測定・数値解析を踏まえた不具合(脱落・亀裂・破断)原因の究明および部材仕様様の決定	・スクリーンバーの亀裂・破断原因は,カルマン渦による材料疲労,ステンレス溶接部の脆性低下および揚水時におけるスクリーンの全体振動に起因と推定。 ・固定ボルトの脱落原因は,異種金属接触腐食および隙間腐食によるボルト軸断面の減少に加え,異物衝突や全体の振動等の大きな力で最終的に破断・脱落したと推定。 ・恒久対策のうち振動対策として「剛性向上(バー板厚増,縦り板間隔縮小,パネル間連結,縦桁追加)」,異種金属接触腐食対策として「使用材料の統一(受桁・パネルSM材)」を実施。	水路他改修
中国電力	電土 69	かんのせ 神野瀬	高暮ダム洪水吐ゲート 取替工事	洪水吐ゲート	工期	現場施工期間(河川区域内工事)に制約を受けた施工	・現地状況に応じた資機材揚重設備の選定	・資機材揚重設備についてクレーン設備の適応性検討の結果,出水期・積雪期の施工中断等から自走可能な汎用機で作業性に優れた移動式クレーン(ラフテレーンクレーン)を採用。 ・クレーンおよびトラックが直接ゲート据付け箇所へ乗入れが可能となるよう堤体上に仮設構台を設置。(ゲート取替に合せ順次左岸側へ延伸)	ゲート改修
四国電力	電土 71	まつおがわ 松尾川第一	水圧鉄管取替工事	水圧管路	工事計画	冬季の積雪や急傾斜地などの厳しい施工環境	・効率的な資機材などの運搬方法	・進入道路の整備(町道約5km),ケーブルクレーンやインクラインの配置など,仮設備計画の最適化。	水路他改修
					工期	工期の短縮(減電の低減)	・水圧鉄管取替ルートを選定	・既設ルート案と新設ルート案を比較検討のうえ,地質的に安定し,既設構造物の有効活用が可能で経済的にも有利な『既設ルート案』を採用。	水路他改修
							・既設固定台の地表面下部分の有効活用	・健全な地表面下の既設固定台コンクリートの有効活用。 ・固定台の小型化と省略。(支承方式をコンクリートサドル方式からリングガーダ・ロッカ方式へ変更) ・縦断方向の曲がり角度が小さい固定台3箇所への二重管工法の導入。 ・外形構造がコンパクトで水理特性に優れる内部補強型Y分岐管の採用による掘削・コンクリート数量の削減。	水路他改修
							・固定台の小型化と省略	・コンクリートが健全であり,かつ着岩していることなど,固定台が継続使用可能であると確認できたことから,旧鉄管撤去に必要な範囲のみを取り壊し,地表面下部分は既設固定台を有効活用。	水路他改修
							・内部補強型Y分岐の採用	・支承形式をコンクリートサドル形式からリングガーダ・ロッカ支承に変更することにより,鉄管伸縮時の反力が大幅に減少。 ・これにより水平方向に曲がり有しない6箇所の固定台を半巻きとするとともに,固定台2箇所を省略。	水路他改修
工法	二重管工法の従来固定方法(仮固定ボルトの残置等)による応力集中	・応力集中が生じない二重管固定方法の採用(特許:第473898号)	・内管(新管)より張り出したアングルからの調整ボルトにより位置を決定した後,新旧管の間に固定材をインプレート内に封入して押し込み,固化させ,調整ボルトを撤去したうえでセメントミルクを充填する方法を採用。	水路他改修					

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事分類
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
四国電力	電土 72	つが津賀	津賀ダムゲート取替工事	洪水吐ゲート	工事計画	構造の最適化	・門型をπ型に変更	・既設のダムゲートは門型であったが、主桁の曲げモーメントを抑えることができることと、脚柱とピアコンクリートの間にメンテナンス用クリアランスがとれることなどからπ型を採用。	ゲート改修
							・アンカレッジにPCアンカー中間支圧板方式を採用	・ピアコンクリートのコンクリート強度にバラツキが生じていることから、より確実な定着方式を目指し、アンカレッジについては、ピアコンクリートの一部をくり抜き、PCアンカー8本で緊張するPCアンカー中間支圧板方式を採用。	ゲート改修
							・信頼度の高いアンカレッジ構築	・強度・変形特性が不均一であるため測定ひずみがばらつくと予想されることから、アンカー荷重作用区間全体の平均的なひずみ計測が可能な光ファイバセンサを採用し、ひずみゲージによる測定と組み合わせる計測。	ゲート改修
					工事計画	取替範囲の最小化(コストダウン)	・既設開閉装置の流用	・開閉装置の経年は19～25年と比較的新しく、日常の運用や巡視・点検で問題が発生していない。また、新設ゲートの主要部材をSM490材を使用することで扉体重量が軽減し、電動機容量に余裕が生まれることから、総合的に判断し既設開閉装置を流用。	ゲート改修
					工期	工事期間中の発電可能措置 ダム水位制限に伴う減電抑制 施工中の出水対策(作業中断の防止・安全確保)	・仮締切の設置	・取替ゲートと工事により操作不能となる隣接ゲートへの仮締切設備の設置。 ・仮締切については、工事期間中(11～4月)における既往最大流量を操作可能なゲートで処理可能な水位に、波浪等の余裕を加えて高さを設定。	ゲート改修
四国電力	電土 74	かえ加枝	加枝ダムゲート取替工事	洪水吐ゲート	工期	工事中における断水期間の短縮 取替範囲の最小化(コストダウン)	・扉体構造の変更 ・扉体重量の軽量化 ・扉体ブロック割りによる施工の効率化	・既設の”トラス主桁構造”から、”プレートガーダ主桁構造”へと変更を行い、主桁部材のスリム化・軽量化を実施。 ・扉体重量の軽量化が可能なSM490材の採用。 ・扉体はトラック輸送およびクレーン能力を考慮して、制水門6分割、排砂門8分割のブロックに製作し、10tトラックにより現場搬入。	ゲート改修
							・既設開閉装置、戸当り金物等の流用	・開閉装置は、ドラム肉厚および歯車の面圧強度に対する安全性が若干不足しているが、扉体の軽量化により巻上荷重が低減されるため、電動機容量を最適容量に変更し、既設開閉装置を流用。 ・戸当り金物はゲート運用に支障が無いことを確認し、流用。	ゲート改修
							・既設ゲート解体方法の精査	・既設ゲートの解体を架台上で実施する方法から、ダムクレスト上で実施する方法へ見直しし、架台掘付作業を効率化。(約10日間短縮)	ゲート改修
					工事計画	施工中の出水対策	・扉体組立用架台の設置	・ゲート据付時において出水の影響を回避できる組立架台の設置。 ・工事期間中における過去最大流量を安全に流下させるよう、架台の余裕高、クリアランスを設定。 ・架台支柱については、既設戸溝内に収納させて洪水流下による損傷を防止。 ・資機材運搬設備は、出水の影響を受けない構造であり、過去に同現場での施工実績があるケーブルクレーンを採用。	ゲート改修
					材料	維持管理費の低減	・ライフサイクルコストを考慮したスキンプレート 使用材料の選定	・定期的な補修塗装、塗装時の断水を不要とでき、維持管理費の削減が期待できるステンレスクラッド鋼の採用。	ゲート改修
四国電力	電土 76	おもごだいいち面河第一	水槽改良工事	水槽	工事計画	コスト低減 (芸予地震(2001年発生)に伴い、漏水が増加した主要幹線道路上部に位置するヘッドタンクの全面改修)	・水槽容量の再評価	・安定した水位調整運転に必要な容量や事故時の緊急停止に必要な容量を発電所の運用ルールを考慮して再評価し、既設の3割程度の容量に小型化。	水路他改修
							・既設設備の流用	・常時には水圧の作用しない余水路導流壁は、既設水槽を余水集水壁として活用することにより、新たな余水路導流壁の設置を省略。	水路他改修
							・水槽内の水面変動・偏流を抑えるレイアウト	・導水路トンネルと水圧鉄管の中心線上に水槽中心を配置する等、水槽内の水面変動・偏流を抑えるレイアウトを検討。 ・通水時における水槽内の流水状態を確認するため、完成後有水試験を実施。	水路他改修
四国電力	電土 78	ゆすはめけいせん橋原川第三	発電所改良工事	導水路、余水路、水圧管路、発電所	工事計画	工事計画や設計におけるコストダウンとメンテナンス・ミニマムの指向	・水圧鉄管をFRPM管に取替え	・既設リベット管から、塗装の省略等が不要なFRPM管を採用。	発電所再開発
							・水圧管路の支持形式について連続基礎サドル形式を採用	・水圧管路の支持形式については、コスト面や将来のメンテナンス作業性(水圧管路の一部取替等)に優れている。既設路床を流用した連続基礎サドル形式を採用。	発電所再開発
							・余水路をコンクリート水路に取替え	・既設のリベット管から、コンクリート水路、ヒューム管および鉄管への取替について工事費を比較検討し、最も経済的なコンクリート水路を採用。	発電所再開発
							・既設発電所水車室を利用した余水路減勢工の設置	・既設発電所水車室内に新設したバツフルウォールで減勢させた後、既設発電所ドラフトチューブを経由して放水路へ放流する方式を採用。	発電所再開発
					材料	延長1kmをこえる導水路の覆工背面空洞への裏込注入の実施	・各種性能に優れた裏込注入材の現地適用	・長距離圧送性、充填性、非漏出性、水中不分離抵抗性を有するフライアッシュを大量に使用した長距離圧送裏込材の開発ならびに実施工への適用。	発電所再開発
環境	景観保全への配慮	・高知県四万十川条例(当時制定中)に準じた工事計画の策定	・発電所敷地および進入道路への自然石を貼り付けた石張り擁壁の設置。 ・発電所建屋やフェンス、外柵の配色への配慮。	発電所再開発					

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事分類
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
四国電力	電土 80	ぶんすびいいち 分水第一	発電所改良工事	水圧管路,発電所,放水 路,周辺トンネル	調査・設計	地すべりに伴う設備損壊リスクの回避	・地上にある下部水圧鉄管,発電所,送電線開 閉設備等の地下への移設するための詳細な地 質調査の実施	・空中写真判読や地表踏査,長尺ボーリング等の実施による発電所計画 地点上部に存在する地すべりブロックの規模や深度の把握。 ・発電所計画地点における調査横坑の掘削,岩盤観察・各種試験に基づ く,断層等の不連続面の分布状況および岩盤性状の空間的把握。	発電所再開発
					工事計画		・計画地点の地質状況や既設設備との取り合 いを考慮した発電所配置計画の策定	・計画地点における地質状況や流用する上部水圧鉄管,放水口との位置 関係を考慮し,水圧鉄管,発電所,放水路,進入トンネル等の最適な配置計 画を策定。 ・発電所空洞の方向については,側壁の強度が最大となる(標準断面にお いて側壁に片理が水平に現れる)よう,長軸を片理面走向に直交するよう 配置。 ・掘削精度や鉄管据付の施工性等を考慮した立坑式水圧管路につい ては,レイズボーリング工法を採用。	
					調査・設計	事例が少ない強度・変形異方性を有する片岩 地帯での地下発電所の構築	・岩盤挙動予測解析による支保設計 ・空洞掘削時における計測管理の実施ならび に岩盤挙動評価に基づき支保構造の変更	・事前の地質調査で得られた岩盤の強度・変形異方性を物性値として考 慮できる複合降伏モデルを用いた地山の挙動予測解析結果から,岩盤の 抜け落ちや側壁のすべりに対して空洞の長期安定性を確保可能な支保 部材の仕様・配置を決定。 ・当初支保設計の妥当性および支保構造変更の必要性判断を行うため, 空洞の変位や支保に作用する応力等の計測管理を実施。 ・空洞掘削時の地質観察ならびに計測管理データ等の情報を反映(解析 条件や物性値を見直し)した地山の挙動予測解析に基づき支保構造を変 更。	発電所再開発
九州電力	電土 81	しんこうさ 新甲佐	新甲佐発電所 新設工事	取水口,導水路,水槽, 余水路,放水路,水圧 管路,発電所	工事計画	工事期間中の減電抑制(既設発電所を可能な 限り運転)	・導水路堀削方法の見直し	・当初は既設導水路を作業用トンネルとして使用する計画だったが,作業 用トンネルを新設する計画に変更。	
					工法	近接施工(作業用トンネルと既設導水路との離 隔最小1m)	・既設導水路内への鋼製支保の設置 ・作業用トンネル内に仮設橋梁の設置。 ・計測管理	・既設導水路内に鋼製支保の設置。 ・作業用トンネル内に仮設橋梁を設置し,既設水路にドリルジャンボ等の 荷重が作用しないよう配慮。 ・振動低減対策(スリット削孔,ミニベンチカット工法,非火薬破砕剤)および 計測により振動管理を実施。	発電所再開発
					工法	その他複合課題(経年劣化,余水路の安全性, 発電所の浸水対策等)	・工事中の咬傷災害の未然防止	・浸水対策のため,放水路までの工事中道路を兼ねた仮締切を設置し,出 水期においても残置。 ・発電所構内の作業スペース確保。	
九州電力	電土 82	しんなおんがわ 新名音川	新名音川発電所 新設工事	沈砂池,水槽,導水路, 水圧管路,発電所	環境	希少動植物の保全	・自主的に環境調査を行い,確認された種別に 保全措置 ・土地改変面積の低減	・工事関係者への環境ノートによる教育。 ・特に重要な種について,土地の改変面積を最小限にする,繁殖期を避け た工事,移植等の保全措置を実施。 ・河川対岸の道路から索道の設置でアクセスルートを確保。	発電所再開発
					安全	動物咬傷(ハブ)対策	・作業中の咬傷災害の未然防止	・ハブ監視員を専任で配置,講習会への参加による対処法の理解。	
九州電力	電土 84	もろづか 諸塚	諸塚ダム基礎排水 孔機能改善工事	ダム	工法	揚圧力を低下させるための工法選定(ダム監 査廊内での工事)	・工法の工夫 ・試験施工を含め,対策工法を比較検討	・各工法を比較検討し,既設全排水孔のリボーリング及び新規ボーリング を併用した工法を採用。 ・効果は試験施工で確認。 ・資機材搬入用のモノレール設置等により作業を効率化。	ダム・調整池改修
					その他	保守への引き継ぎ	・揚圧力計測の評価フローの作成	・揚圧力に管理値を設け,追加検討の必要性検討に移るための指標と設 定。	
九州電力	電土 87	つかばる 塚原	塚原発電所 総合更新工事	水圧管路,発電所,放 水路,放水口	環境	複数の民家や公道に隣接している等,非常に狭 隘な場所での施工 既設発電所を運転継続しながらの施工	・課題の洗い出しとその対応策を工事計画,施 工に反映	・騒音,振動抑制等の環境対策や通行車両の安全対策,仮設の工夫。	発電所再開発
					工法	難易度の高いトンネル工事 ・国道下の大断面トンネル ・支流の地下を小土被りで横断	・安全側の設計と工法の工夫による地山の緩 み対策	・支保を安全側に設計。 ・中央導坑先進工法による掘削と補助工法(AGF工法)の併用により,地 山の緩みや切羽天端の崩落を防止。	
電源開発	電土 98	ぬかびら 糠平	水車発電機 一括更新工事	発電所	工法	既設発電所を運転しながらの施工(水資源の 有効利用・放流の回避)	・振動対策と施工中のモニタリング管理	・騒音,振動,粉塵の少なく,大断面の切断が可能なワイヤーソー工法の採 用。 ・埋設物により,溶断器の併用,連続コアドリリング,ワイヤーの使い分けを 実施。 ・振動計測により電気機器への影響を配慮。	発電所再開発
					その他	既設配筋の想定との相違	・設計変更で対応	・既設コンクリートとの接合部で露出させた既設鉄筋にガス圧接する予定 だったが,鉄筋径が想定と異なったことから,鉄筋の接続を取りやめ,片持ち 梁として設計。	
電源開発	電土 99	たごくら 田子倉	水車発電機 一括更新工事	発電所	工期	工程の短縮	・コンクリート撤去範囲の最小化	・取替範囲をケーシングの内側のみとすることで,パレルおよびケーシング 周りのコンクリートが打ちかえ不要。	発電所再開発
					工法	鋼板で覆われたケーシングコンクリートの撤去 方法	・ガウジングおよびブロック切出し工法・ウォー タージェット工法の採用	・鋼板はアークエアガウジングにより切断。 ・コンクリートはコアボーリングとワイヤーソーの組み合わせにより切り出し した後,ウォータージェットにより細部を解体。	

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事分類
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
神奈川県 企業庁	公営 1	つくい 津久井	津久井道水路 改修工事ほか	導水路	工期	取水可能期間の制限	・緊急性の高い区間から数年間にわたって計画的に改修 ・資材搬入用の立坑を設置	・水運用上の制約で取水可能期間が2ヶ月程度と限られていることから緊急性の高い区間から順に数年間にわたって補修する計画。 ・2か年をかけて資機材搬入用の立坑を設置。	水路他改修
					材料	コンクリートの長距離運搬に伴う覆工の品質管理	・施工条件に配慮した配合設計	・使用するコンクリートの坑内長距離運搬時の品質低下に対し、スランプ値を18cmにし、試験練りを実施し配合決定	水路他改修
山梨県 企業局	公営 2	ゆのき 柚ノ木	藤木調整池 改修工事	調整池	工法	斜面上での作業機械保持	・施工機械の改良	・施工機械重量の斜面分力と同等の反力を保持する「定張力サポートシステム」を開発し、サブウインチポータに搭載。 ・メインウインチポータで支持された斜面用アスファルトフィニッシャは、オペレータや発電機、ガスボンベ等が転がり落ちない様に斜面上で水平を保つ構造。	ダム・調整池改修
東京発電	NEF 14	ゆがしま 湯ヶ島	湯ヶ島発電所改造工 事	発電所	工事計画	発電出力及び電力量の増加	・導水路通水能力の活用とターゴ水車の採用	・既設導水路の通水可能量を算出し、この水量で水圧鉄管固定台の安定度や放水路の通水計算で問題ないこと確認。また、部分負荷の優位性からターゴ水車の適用が有利であることを確認して改修を計画。	発電所再開発
					工事計画	水槽余水路放流による水難事故及び余水路崩落防止	・ターゴ水車導入により余水路を省略	・発電所停止時の余水放流方法をターゴ水車を採用するためデフレクタ方式として余水路省略を行うことで公衆災害リスクを解消する計画。	発電所再開発
					工事計画	発電所への資機材運搬経路の検討	・河川内を経由して発電所へアクセスできる道路を仮設	・資機材運搬経路は、流水の濁水防止のため流心部を回避し、護岸天端から河床に降りやすい地点を道路ルート始点とした。なお、流水横断箇所には、流水阻害とならないよう河川横断橋を設置する計画。	発電所再開発
東京発電	NEF 16	おおふ き 大保木	大保木発電所水圧 鉄管取替工事の計 画、設計、施工	水圧管路	工事計画	発電出力の増加	・水圧鉄管径の拡大	・鉄管径拡大により、流速が遅くなるため損失が改善される。損失を改善することで有効落差を増大させ発電出力を増加させる検討を行い、工事を計画。	水路他改修
					工事計画	水圧管路への資機材の運搬経路の検討	・ケーブルクレーン運搬を採用	・発電所周辺の民家を避け、ケーブルクレーン運搬を採用した。区間は対岸から水圧鉄管基地点までの区間1、水圧鉄管基地点から水槽までの区間2、水圧鉄管基地点から発電所までの区間3に分割してケーブルクレーンを設置する計画。	水路他改修
東京発電	NEF 23	しろたがわ 白田川	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	水圧管路、発電所	工事計画	静岡県条例(がけ条例)に適合した設備形成	・新設建屋移設および水圧管路形状変更	・白田川発電所改修工事では、静岡県条例(がけ条例)に基づき発電所敷地擁壁と新設建屋のクリアランスを確保する必要が生じたことから、設備保守面も勘案し、新設建屋の配置を当初計画から変更。また、これに合わせて水圧管路の平面形状を緩やかなS字を描く形状とし、約14m延長。	発電所再開発
昭和電工	NEF 26	ゆのかみ 湯野上	湯野上発電所水圧 鉄管更新工事	水圧管路	調査・設計	工事中の減電量、工事費低減のための既設固定台、既更新範囲の更新方法の選定	・既設設備へのさや管の設置	・既設固定台・小支台コンクリートは、外観調査、コア採取による試験(圧縮強度、中性化深さ、単位体積重量)で、必要性能を満足していることを確認。 ・既設固定台について、残置して、さや管を敷設することで、1号管と2号管の施工時期をずらすことができ、工事期間中も発電でき、かつ固定台の撤去・再設置費用が不要となり、工事費低減。 ・既更新範囲について、さや管を残置して3重管とする案よりも、80年間の収支が有利となる既設さや管の撤去・再設置する案を採用。	水路他改修
					工法	さや管(旧管)内部への新管の据付	・「トンボ」を用いた新管の据付方向の決定	・旧管内における新管の芯出しは、すきまが円周で均等になるように据付け、端部は、次の旧管の管芯が基準となるため、「トンボ」を用いて新管の据付方向を決定。 ・旧管と新管の隙間には、無収縮系のモルタルを充填。	水路他改修

表 参考資料-2 災害リスク低減を目的とした更新事例における高度な検討・課題と解決方法

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題			工事分類	
					課題分類	内容	解決方法		
東京電力	電土 21	たいら平	平発電所余水路新設工事	取水口,放水庭	調査・設計	狭隘なスペースで大流量を減勢させる構造の立案	・立坑型減勢工および既設ドラフト上部空間を活用した越流堰の採用	・余水路(開水路)～立坑型減勢工～越流堰(既設ドラフト上部空間に設置)～放水庭という構造を採用。比較的コンパクトな「立坑型減勢工」で、水流(V=8.5m/s程度)を攪拌による摩擦で減勢させ、不足の減勢を越流堰が補完。	水路他改修
東京電力	電土 25	いなわしろだいさん猪苗代第三	余水路改良工事	余水路	調査・設計	空中放流による減勢構造の立案	・放流部拡幅案のケーススタディによる最適形状決定	・着工エネルギーの緩和および減勢効果の向上を目的として、放流部を拡幅する案を検討。全11形状について模型実験を行い、管径3m→5m→12mと拡幅する形状に決定。	水路他改修
					工法	管路曲線部の施工(工期短縮)	・鋼製曲管を内型枠に採用	・鉛直方向,水平方向に曲がる複雑な構造であったため,施工性を向上させ工期短縮を図るため,鋼製曲管(φ3m,管阿津mm)を内型枠として使用。	水路他改修
東京電力	電土 28	やまきた山北	余水路改良工事	水槽,余水路	調査・設計	急峻かつ狭隘な場所において,越流部延長を確保する構造の立案	・U字型越流部の採用	・越流部(延長27m)をU字型に工夫することにより,構造物を小規模に抑制。	水路他改修
東京電力	電土 30	いくど生土	水槽余水路改良工事	余水路	調査・設計	下流シリーズ発電所の取水制御へ影響を与えない新設余水路減勢部の形式および既設放水路内の急激な水位変動や段波等の抑制に関する検討	・水理模型実験の実施	・射流の流れを減勢させる補助構造物(シュートブロック,パツフルピア,エンドシル)の位置や形状,内圧を作用させない流入部や管路部の形状を水理模型実験により確定。	水路他改修
					工法	送電線下および狭隘な現場における安全性,作業効率性に優れた管据付方法の選定	・クレーン作業を必要としない管据付工法の採用	・据え付け個所に仮設のレールを敷設し,鋼材などを用いた簡易な架台に直接新設するFRPM管を固定後,チルホールによってレール上を滑らせ所定位置に設置する工法を採用。 ・曲線部の据付には台車にステンレス製のガイド棒を溶接し,円滑に滑るよう工夫。 ・本工法の採用により全長46.5mの管据付を5日間で完了(工期短縮に大きく寄与)。	水路他改修
東京電力	電土 31	さきだいら笹平	笹平発電所余水路新設工事	余水路	調査・設計	立坑内混入空気による渦の抑制	・立坑内の渦を解消する目的で補助構造物および整流板を設置	・立坑内流入水に空気の混入による渦(縦方向の旋回)が発生し,構造上悪影響を及ぼす恐れがあったため,整流板の位置・開口寸法や補助構造物の位置を実験により決めて設置することで渦を消滅。	水路他改修
					工法	水路脇の狭隘地での作業	・自立式の親杭横矢板による土留掘削の実施	・立坑掘削は取水路脇で発電所運転中に実施するため薬液注入による止水と自立式の親杭横矢板による土留掘削を実施した。親杭の掘削については民家に配慮してオーガー工法を採用。	水路他改修
東京電力	電土 32	かいげ海瀬	海瀬発電所余水路改良工事	余水路	調査・設計	放水水路への影響(内圧,洗掘)	・新旧余水路の接続部に断面変化区間を設け内圧作用の防止と立坑に補助構造物を設け底部への余水放流の衝撃を緩和	・旧余水路から新余水路への接続部については模型実験で流況を確認し,断面変化区間を設け内圧が作用しない構造とした。また,減勢工には放水路直上立坑を採用しているが,放水路洗掘の懸念から立坑下部に多孔板を設け立坑底部への余水放流の衝撃を緩和。	水路他改修
					工法	狭隘地での作業	・自立式の親杭横矢板による土留掘削の実施	・水路部は幅4mの地山掘削が必要であるが,道路に接しているため自立式の親杭横矢板による土留掘削を実施した。親杭の掘削については民家に配慮してオーガー工法を採用。	水路他改修
中部電力	電土 37	おくいずみ奥泉	奥泉水力発電所関の沢水管橋の免震支承化工事	水管橋	調査・設計	水管橋の耐震対策	・三次元的解析を実施 ・免震支承の選定	・内閣府中央防災会議より公表された地震波形を用い,三次元的解析を実施。 ・免震支承は,高い振動減衰効果と復元機能を有するLRB(Lead Rubber Bearing:鉛プラグ入り積層ゴム支承)を採用。	水路他改修
中部電力	電土 39	いかわ井川 おおいがわ大井川	ダム水門柱の耐震裕度向上工事	ダムピア	工法	ダム水門柱の耐震対策	・水門柱の耐震裕度向上工法の開発	・既設管理橋と水門柱とを高減衰ダンパーを介して接合。 ・本工法に用いる高減衰ダンパーは,地震時に高い1次剛性の領域内で水門柱の揺れを抑え,常時には鋼製追加桁の温度伸縮を低い抵抗力で吸収。	ダム・調整池改修
関西電力	電土 51	しんくろべがたいに新黒部川第二	新黒部川第二発電所放水路トンネル付替工事	放水路トンネル,放水口	安全	工事用資機材の運搬に黒部峡谷鉄道の側線軌道を利用したが,この側線軌道が営業線と連結または併走する。	・安全設備の設置 ・運転士等の教育訓練の実施 ・他の列車の運行状況確認および調整	・信号機や標識類の安全設備を設置。 ・運転士等の教育訓練を実施。 ・旅客列車,他工事の資機材輸送列車の運行状況を確認するとともに,工事進捗にあわせた調整を関係箇所と密に実施。	水路他改修
					環境	工事場所在中部山岳国立公園内および保安林内に位置することから,掘削ズリの処理に制約	・掘削ズリの有効活用および公園外への搬出	・コンクリート用骨材に掘削ズリを用いるとともに,黒部峡谷鉄道の運搬能力の範疇で宇奈月まで搬出することで,自然公園内での残土処理量の低減。	水路他改修
					工法	トンネルルート上に土被りが薄くなっている箇所があり,大量の湧水や破砕帯の出現を危惧	・弾性波を利用したTSP(Tunnel Seismic Prediction)探査および前方探査ボーリングを実施	・トンネル掘削中に弾性波を利用したTSP(Tunnel Seismic Prediction)探査により切羽前方の破砕帯の有無,地山劣化範囲を確認するとともに前方探査ボーリングも合わせて実施。	水路他改修
					工法	発破振動による運転中の設備への影響を低減	・発破位置から最小隔離位置の構造物における変位速度を推定	・発破による振動値を計測し,それを基に変位速度,K値(地盤伝播係数)を算出し,そのK値を用いて発破位置から最小隔離距離の構造物における変位速度を推定。その推定値が制限値内に収まっていることを確認しながら掘削。	水路他改修

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
関西電力	電土 55	おんたけ御岳	御岳発電所余水路改良工事	余水路	調査・設計	最適な減勢工の形式形状の検討	・用地制約,流量,経済性等に基づき形式を選定。 ・詳細な形状は水利模型実験により検討。	・減勢工の形式は用地制約,流量,経済性および至近の当社における採用実績などから比較検討により決定。 ・水力模型実験により水力機能を検証し,課題のある箇所については改良を加え,河川への放流流速を最大限に低減できる形状を検討。	水路
					工事計画	発電停止期間の短縮	・既設余水路の延長し,放流の出口を下流に延伸することで発電運転状態での施工を可能とした	・施工箇所が既設余水路出口の直下流であることから発電運転状態での施工が不可能であり,長期間の発電停止を要する計画だったが,仮設余水路により既設余水路の延長し,放流の出口を下流に延伸することで発電運転状態で施工。	水路
四国電力	電土 73	きりこし切越	余水放流設備設置工事	余水放流設備	調査・設計	減勢箱の最適形状および水路系全体の減勢状況に関する検討 減勢池のコンパクト化	・水力模型実験の実施 ・減勢箱付フィクストコーンバルブを用いた減勢方式の採用	・水力模型実験に基づき,国内で実績が多い減勢箱(バツフルのみのタイプ,バツフルに格子を加えたタイプ)から格子を省略するとともに,減勢箱コーナー部にバツフルを付加することによって,流水を極力減勢させる形状を採用。 ・数少ない先行事例を詳細に分析・評価することにより,従来の設計基準に基づく衝撃型減勢工と比較して減勢池容量を1/4程度にコンパクト化(80m ³ →20m ³)。	水路
					工事計画	既設設備の流用	・既実施の1台化工事により空きスペースとなった旧水車・発電機および放水路の活用	・配管ルート工夫により,旧水車・発電機および放水路の空きスペースを減勢池として流用。	水路
四国電力	電土 75	ぶんすいしよん分水第四	余水路改良工事	余水路	調査・設計	新設余水路および減勢工の最適形状に関する検討	・水力模型実験の実施	・水力模型実験に基づき,新設する余水管斜路部の水路高や余水管取付部始点付近への空気口の設置,余水管取付部の曲率半径,減勢工内の衝撃板下流の越流堰高の変更など,基本設計形状の見直しを実施。	水路
					工事計画	既設サイフォン余水吐の流用に伴う放流能力の確認	・現地確認試験による最大放流量の推定	・流用する既設サイフォン余水吐からの放流は,非定常流となること,また,その流量特性から一時的に使用水量以上の水量となる可能性が高いことから,最大使用水量時における発電所急停止試験を工事計画段階で実施し,水槽水位の最高水位から一定水位への下降に見合う体積分が流出したものと推定。	水路
					安全	急傾斜地での作業安全性の確保	・余水管新設部の切取工事への高所法面掘削機の採用	・余水管新設部の岩盤切取については,国道に面した急斜面(最大傾斜角54度)であったことから,作業安全性を確保でき,大規模な仮設ステージが不要な高所法面掘削機を採用。	水路
九州電力	電土 88	やますばる山須原	山須原ダム改造工事	ダム	工事計画	発電とダム運用を継続しながらの工事	・工事中の河川水迂回及び出水時の通水性確保ができる転流工,仮締切設置・運用	・発電用水路を活用し,取水量以上の流入時には既設ゲートから放流。 ・仮締切として,鋼製扉体とその背面にゴム引布製袋体で構成される鋼製起伏堰(SR堰)を採用。なお,堰高が国内最大となることから,袋体内圧の低下,積層数低減による信頼性向上のため,海外実績しかないダブルチューブ方式を採用。	ダム・調
			山須原ダム改造工事	ダム	工法	ダム前面への大量の埋設流木対応	・鋼管矢板の施工方法の見直し	先行掘削置換工を採用し,ケーシング建込み後,流木を含む土砂を油圧グラブで除去,砂置換し,ダウンザホールハンマーにより打設。	ダム・調
九州電力	電土 89	さいごう西郷	西郷ダム改造工事	ダム	工事計画	発電とダム運用を継続しながらの工事	・工事中の河川水迂回及び出水時の通水性確保ができる転流工,仮締切設置・運用	・発電用水路を活用し,取水量以上の流入時には既設ゲートから放流。 ・仮締切として,鋼製扉体とその背面にゴム引布製袋体で構成される鋼製起伏堰(SR堰)を採用。なお,堰高が国内最大となることから,袋体内圧の低下,積層数低減による信頼性向上のため,海外実績しかないダブルチューブ方式を採用。	ダム・調
			西郷ダム改造工事	ダム	工法	洪水処理機能と通砂機能を確保した既設堤体切欠きによるダム改造,堤体コンクリートの品質確保	・コンクリート温度応力対策,既設堤体との一体化処理・磨耗対策,大型洪水吐ゲート設計	・温度応力対策のため,温度応力解析による材料選定,配合決定。 ・新旧コンクリート一体化のため,ウォータージェット工法(水圧200hPa,距離80mm)採用及び差し筋配置。 ・磨耗対策のため,堤体表面及びピア角落し戸溝部上流側にダクトアルフォーム(厚さ50mm)設置。 ・戸溝への土砂噛み込み対策(線接触方式,オフセットによる戸溝への土砂流入防止,戸溝下端部省略)を施したローラーゲートの採用。	ダム・調
電源開発	電土 94	おわせだいら尾鷲第一	調圧水槽耐震補強工事	調圧水槽	調査・設計	大規模地震への対応検討	・地震時応答解析・応力照査の実施	・内閣府中央防災会議から公表されている公開波形を用いて,3次元地震応答解析を行い,調圧水槽地点の地震動波形を決定。 ・調圧水槽の地上部を対象とした3次元FEMモデルにより動的線形解析を実施し,解析結果により応力を照査。	水路
					工法	アクセス路がなく狭隘かつ高所な作業条件における施工方法の検討	・ヘリ輸送及びモノレールの併用による資機材運搬 ・長距離超高压ポンプによるコンクリート打設の採用	・主機材の運搬はヘリ輸送。人員運搬・小運搬等はモノレール設備(既設維持管理用を更新)を利用。 ・コンクリートの打設方法は,経済性,施工・品質管理,安全確保等を総合的に勘案した結果,超高压コンクリートポンプ車による圧送打設を採用(圧送距離500m)。	水路

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事分類
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
電源開発	電土 95	にしよしのだいち 西吉野第一	・阪本取水設備耐震補強他工事 ・阪本取水口表面取水設備設置工事	取水口	工法	狭隘な条件における施工方法の検討	・ラフタークレーン,チェーンブロック,エアークレーン等の併用	・ユニフロート台船上の25tラフタークレーンを利用して仮締切は設置。 ・国道に設置した50tラフタークレーンを利用して扉体は作業盤まで吊下げ。 ・吊下げられた扉体を搬送台車で仮受け後,テレスコクレーンにて扉体を格納設備まで移送。 ・ストックされた扉体はエアークレーンにて門構設備まで移送し,5tチェーンブロックを用いて扉体受台まで吊下し組立て。	水路他改修
電源開発	電土 96	とつがわだいち 十津川第一	野尻水路橋耐震補強工事	水路橋	調査・設計	大規模地震への対応検討	・地震時応答解析・応力照査の実施	・水路管,橋脚,ランガー桁をモデル化した3次元骨組モデルにより地震応答解析を行い,応力照査を実施。その結果により,ランガー桁,リングガータ,ランガー桁吊材,支承取付ボルトを補強。	水路他改修
					工法	ランガー桁吊材取替え時の荷重バランスの保持	・施工中の荷重および変位をモニタリング	・ランガー桁吊材に分担されている荷重バランスを保持したまま吊材の取替えを実施する必要があった。取替え時に設置する仮吊材に作用する荷重および水路管に生じる変位量のモニタリング管理を実施。	水路他改修

表 参考資料-3 災害復旧を目的とした更新事例における高度な検討・課題と解決方法

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事分類
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
東北電力	電土 8	管内15発電所	平成7年7月「7・11水害」における災害復旧	堰堤,取水口,沈砂池,導水路,水槽余水路,放水路等	工法	急峻山間地に位置する発電所の復旧	・コンクリート打設における長距離圧送の採用	・一部発電所えん堤は急峻山間地に位置し,アクセス道路が未整備であったことから,コンクリート打設工法について検討。経済性や作業効率の観点から超高压圧送ポンプを採用。(配管延長L=1,620m,高低差65m)	ダム・調整池改修
					環境	復旧時における河川環境や美観への配慮	・巨石張り護岸の採用	・水害後の河川には直径1mを超える転石が堆積したが,この転石を護岸のほか,護床ブロックに利用。	ダム・調整池改修
東北電力	電土 15	はなやま 花山 やまうち 山内	「平成20年岩手・宮城内陸地震」における災害復旧	(花山) 堰堤,取水口,導水路,放水路 (山内) 堰堤,導水路,水圧管路	工法	導水路復旧工法	・特殊ファイバーモルタル(PFモルタル)吹付工法の採用	・被害の大きかった導水路の復旧に際し,作業用横坑から施工場所まで,最長で1.5kmあったことから,品質確保と施工性を考慮し,H形鋼材を建込み,厚さ10cmの特殊ファイバーモルタル吹付工法による内巻を実施。	水路他改修
					安全	余震による二次災害の危険性	・避難基準の策定 ・設備対策の実施	・避難基準として,気象警報発令等の条件設定のほか,トンネル坑内には約500mおきに有線の坑内電話と赤色灯を設置するとともに,トンネル内での避難場所を定めて避難する体制を整備。	ダム・調整池改修
東北電力	電土 18	ゆのたに 湯之谷	平成23年7月新潟・福島豪雨における災害復旧	堰堤	工事計画	設計洪水量を上回る洪水量により被災した,えん堤の洪水吐設備(木製角落し)に対する復旧対策方法の検討	・原型復旧は行わず,ゲートレス化を計画 ・設計洪水量の見直し	・既存の洪水吐設備(木製角落し,13門)については,水害前から洪水時操作の安全確保が課題とされていたため,今回被災したえん堤に関しては,原型復旧は行わず,現在の常時満水位までコンクリートを嵩上げし,越流型のゲートレスダムに改造する計画を立案。 ・設計洪水量については,県が策定した河川整備計画に基づき,当該えん堤地点における計画流量を策定。 (当初:350m ³ /s⇒今回:530m ³ /s)	ダム・調整池改修
		ながまつ 永松		水圧管路管理橋	工事計画	水害により被災した水圧鉄管管理橋に対する復旧対策方法の検討	・水圧鉄管管理橋の構造形式見直し	・既存の構造形式(2径間で河川横断)では,河川氾濫時に橋脚の影響で流芥木が堆積し,河道を狭めることが懸念されたため,水圧鉄管と管理橋を一体化し,1径間で河川横断させる構造形式に改造する計画を立案。 ・計画にあたっては,施工性・経済性に優れた補剛形式(π型フランジ補剛形式)を採用した。また,河川横断部の水圧鉄管は橋梁として扱うため,支間端部の伸縮継手については,管軸方向・管直角方向・角変位の全ての変位に対し,機能性を有する伸縮可とう継手を採用。	その他
東北電力	電土 19	阿賀野川水系 16発電所	平成23年7月新潟・福島豪雨における災害復旧	取水口,取水路,放水口,放水路など	工法	水害により水路内に堆積した土砂,塵芥に対する	・復旧箇所,堆積物の種類,堆積土砂量に応じた土砂排除方法の選定 ①水中部掘削 ②仮締切併用重機掘削(MJP工法,エアリフト工法,サンドポンプ工法)	・水中部の重機掘削では,クローラクレーン(クラムバケット付き)およびロングアームバックホウを使用した,クレーン使用による掘削では,堆積物の種類に応じて,クラムバケットをクラムシェルバケットとオレンジピールバケットの併用とすることで作業効率を向上。 ・仮締切工事では,仮締切り堤が本川に近接する場合,出水時に堤体が決壊し水没するリスクを有していたため,仮締切り堤の透水係数を下げ,堤体の安定性を図るとともに,改良範囲に応じて二重管ストレーナによる薬液注入工を実施。 ・MJP工法とは,混気ジェットポンプ(MJP)を使用して堆積土砂を攪拌・吸引し,土砂の移動を行うものであり,サンドポンプに比べ,流木などの異物を含んだ堆積土砂の排除には適合性が高い。 ・エアリフト工法とは,コンプレッサによる圧縮空気により堆積土砂を攪拌・吸引し,土砂の移動を行うものであり,主に堆積土砂量の少ない取水口付近で適合性が高い。 ・サンドポンプ工法とは,攪拌サンドポンプを使用し,ホースを通過する水流にて堆積土砂を吸引するものであり,主に堆積物の粒形が細かく,塵芥等の少ない箇所での適合性が高い。	水路他改修
東京電力	電土 33	すかわ 須川	須川発電所上野川取水堰復旧工事	取水堰	安全	出水,降雪による工事中断時の安全確保	・恒久対策(既設取水堰下流に新設)では既設取水堰および周辺法面の変位や降雨による作業中止基準を設定	・復旧では既設取水堰基礎部および周辺地山の安定を保つよう対策を実施。恒久対策では,工事期間など総合的に判断して既設取水堰の下流に新取水堰の設置を行っているが,既設取水堰や周辺法面の常時変位計測値や降雨による作業中止基準を設けて安全を確保。	ダム・調整池改修

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事分類
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
東京電力	電土 34	みたけ御岳	御岳発電所水圧鉄管災害復旧工事	水圧管路	安全	岩塊崩落防止対策と設備防護対策の実施	・崩壊箇所の露出面のオーバーハング岩盤除去とモルタル吹付けを行い、下部鉄管のコンクリート巻立て及び緩衝材の敷均しを実施	・崩壊箇所表面や風化・割れ目の進展が確認されている露出面のオーバーハング岩盤除去とモルタル吹付けを実施。 ・吹付けでは崩壊面での危険作業を減らすため、ラス網張りを省略し、十分な付着性能と耐腐食性のあるビニロン繊維補強モルタルを使用。 ・鉄管のコンクリート巻立てと緩衝材（現地発生土塊）の敷均しは落下岩塊が鉄管を直撃する可能性のある範囲を防護対策区間として施工。	水路他改修
					工法	歩行でしかアクセスできない山間部での作業	・資機材のヘリ輸送とコンクリートの吊替え（ヘリ⇒バックホウ）による打設	・工事箇所は歩行用の巡視路でしかアクセスできない山間地であるため、資機材運搬は経済性からヘリ輸送を採用し、コンクリートはヘリの風圧による振れで型枠を破損しなよう、バックホウに吊替えて移動・打設。	水路他改修
中部電力	電土 35	てんじん天神	天神えん堤改修工事（SR堰）	堰堤	調査・設計	出水時の河川水位上昇を抑えるため可動堰へ改修（岐阜県「宮川水系災害復旧助成事業」付帯工事）	・水理解析の実施	・えん堤の径間長が50mを超えることから、2径間とした場合の河川洪水状況について、中央堰柱による偏流が発生しないことを水理解析により確認。	ダム・調整池改修
				魚道	調査・設計	魚道構造の検討	・対象魚種、魚道形式の選定 ・呼び水水路の併設	・対象魚種は、生息魚種のうち巡航速度、突進速度の小さい魚種を選定。 ・魚道形式は、①えん堤高さが低い、②設置位置が高水敷内という制限から階段式魚道を採用。 ・呼び水水路を併設し、魚道と呼び水水路間の側壁に切り欠きを設け、魚道側の余分な水を呼び水水路側へ越流させ、魚道流量を調節。	ダム・調整池改修
中部電力	電土 44	しま島	島水力発電所水路改修工事	取水口、導水路	調査・設計	取水口構造の検討	・三次元流体解析を踏まえた取水口立坑位置の決定	・三次元流体解析の結果、立坑位置を中央よりも端部（河川側）へ移動させることにより、渦の発生や水面変化が抑制可能となり、安定取水が行えることを確認。	水路他改修
					工法	水路構造（河川横断部）の検討	・プレキャスト水路（ボックスカルバート）の採用	・万が一水替えが不十分な場合、現場打ち水路ではコンクリートの品質確保が困難であること等が想定されたため、最悪の場合は沈埋トンネルのような水中設置の方法も選択できるプレキャスト水路を採用。	水路他改修
北陸電力	電土 45	しょうみやうだいに称名川第二	雑穀谷取水設備改良工事	取水口	調査・設計	安定した取水方式の検討（側方⇒チロリアン式）	・チロリアン式取水口（水平スクリーン）の新設と取水庭上部へのコンクリートスラブ設置	2年続けて豪雨出水による取水堰への土石堆積、浸水被害を受け、取水方式を側方取水口からチロリアン式取水口（水平スクリーン）に変更し、巻上機室の嵩上げを行った。また、取水庭上部をコンクリートスラブで被覆。	水路他改修
					工事計画	コスト低減（ゲート巻上機室の構造変更、仮設備の共用など）	・ゲート巻上機室の構造変更と仮設備等の共用	巻上機室の構造を鉄筋コンクリート造から鉄骨造へ変更し、土木工事と鋼構造物工事の仮設備・使用機械の共用により空輸費・仮設費を低減。	水路他改修
中国電力	電土 70	おたがわ太田川	災害復旧対策工事	水槽、余水路、放水路	工事計画	水槽余水路閉塞防止対策	・経済性および工期短縮を考慮した「蓋工」の採用	・渓流には数千m3の不安定土砂が残存しており、将来的に今回と同規模の土石流が発生する可能性が否定できないため、水槽の移設や渓流への砂防施設の新設等を含めて検討した結果、経済性・工期の面で優位な「蓋工」（L=21m、コンクリート二次製品）を採用。	水路他改修
					工事計画	仮設備計画策定	・施工性および工期短縮を考慮した工事用道路の検討（仮設棧橋を採用）	・水槽進入部の地山流出に伴い、工事用道路の設置が必要となったため、「盛土」および「仮設棧橋」について比較検討した結果、施工性・工期短縮の観点から「仮設棧橋（斜張式架設工法）」を採用	水路他改修
					安全	二次災害防止対策	・警報装置・防護施設の設置	・工事地点は二次災害（土石流、法面崩落、落石等）の発生が懸念されたため、二次災害の検知および防護の観点から、土石流が発生した渓流に安全施設（警報装置：ワイヤセンサー、傾斜計、防護施設：落石防護柵）を設置。	水路他改修
九州電力	電土 83	かわべがわ川辺川 第一	川辺川第一発電所取水設備等復旧工事	堰堤、魚道、取水口	調査・設計	原因究明	・破損メカニズムを複数仮定し、各種状況を総合的に評価し原因を推定	・破損箇所・順序別に3ケースの破損メカニズムを仮定し、発生時の状況（気象、操作）、破損設備状況、構造物基礎状況、崩壊斜面状況との整合性確認、評価から原因を推定。	ダム・調整池改修
					工期	限られた工期での河川内工事	・効率と安全性の追求のため、仮設、施工方法、材料の工夫、並行施工	・仮締切に河川堆積物、大型土嚢を採用。 ・大口径ボーリングによる先行掘削を行い、内部砂置換後に矢板打設。 ・早強コンクリートの採用。	ダム・調整池改修
九州電力	電土 85	しんすけばる新菅原	西畑ダム改造工事	ダム	工事計画	設備面の課題である放流能力の確保、遮水壁の安定性の確保、運用面のゲート放流操作性等ダム管理運用の改善	・設備面、運用面の課題対応及び経済性確保のため、複数ケースを比較検討し、越流式へダム改造	・洪水吐ゲート式、倒伏式、越流式の3ケースの比較検討から、安全確実なダム管理の実現、業務の省力化が図れ、経済的にも優位となる越流式を採用。（ゲートレス化）	ダム・調整池改修
九州電力	電土 86	はた畑	山下池ダム復旧工事	ダム	工事計画	雨水浸透による浸潤線の堤体下流側法尻への浸出防止、下流法面の安定性向上	・設備管理リスク低減のために、ダム高を約3m切下げて、堰に変更（ローダム化）	・貯水池内水位（常時満水位、設計洪水水位）を下げ、堤体の浸潤線低下。 ・堤体背面に盛土により増厚するとともに勾配を変更。 ・盛土には透水性材を布設。 ・緩みを生じた範囲を一旦除去後、含水比調整後、再盛り立て。	ダム・調整池改修
電源開発	電土 93	ぬまがら沼原	沼原ダム アスファルト表面遮水壁補修工事	ダム（アスファルト表面遮水壁型フィルダム）	材料	アスファルト表面遮水壁のクラック補修（短期間で実施可能かつ持続的に遮水機能を確保可能な工法が必要）	・アスファルト合材によるオーバーレイ補修	・クラック部をU字カットしてゴム化アスファルトで充填し、その上にクラック防止シートを布設。クラック防止シートの上に5cmのアスファルトオーバーレイを施工。	ダム・調整池改修
					材料	アスファルト表面遮水壁への補修後の監視評価	・長期モニタリングや暴露供試体による補修部の評価（継続監視中）	・オーバーレイによる補修部がどのような劣化や挙動を示すかを確認するため、暴露供試体を用いた劣化状況確認、オーバーレイ部のひずみ・温度計測によるモニタリングを実施。モニタリング結果を分析して、補修箇所の耐久性について評価を実施。	ダム・調整池改修

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事分類
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
電源開発	電土 100	たき 滝	滝発電所災害復旧工 事	取水口,ケーシング,ド ラフト,放水庭	工法	ドラフト放水庭の土砂排除工法の選定	・仮締切を設置してドラフト内部を排水したうえで小型重機により土砂を排除	・当初は,吊下げ式ジェットポンプおよび潜水士による水中ポンプでの吸引工法(MJP工法)を採用し,施工を始めたが,放水口周辺に支障物の存在が明らかになったため,放水口直下流に鋼矢板による仮締切を設置し,ドラフト内部を排水したうえで小型重機により土砂排除を行う工法に変更。	水路他改修
三重県 企業庁 (中部電力に 移管済み)	NEF 4	なが 長	災害復旧工事の計画, 設計及び施工	発電所基礎,水圧管 路,放水路	工事計画	工事中の洪水対策	・既設建造物の仮設流用	・川側の既設建屋の側壁及び護岸擁壁を残置し,工事中の洪水に対する締切工として利用。	発電所再開発
					工法	既設建造物の部分解体・撤去	・騒音・振動を抑える工法の採用	・既設建造物の解体及び撤去は,ワイヤーソー,バックホー,静的破砕剤,ブ レーカー及びウォータージェットにより実施。	発電所再開発
東京発電	NEF 12	いしおがしいち 石岡第一	災害復旧工事	(石岡第一) 導水路,水槽	工法	大規模地震により被害を受けた施設の早期復 旧	・水槽下部の崩落部は仮押さえの法面保護工 とし,水槽復旧を優先	・震災後の電力夏期ピークに間に合わせるため,水槽下部の崩落部は仮 押さえの法面保護工とし,水槽復旧を優先。水槽はレベル1程度の地震に 耐えうる従来型設計の鉄筋コンクリート構造を採用。 ・水路管には耐候性のFRPM管(φ1.5m,内圧型)を採用。	水路他改修
		はなぬまけだいに 花貫川第二		(花貫川第二) 水路管,サージタンク	工法	大規模地震により被害を受けた施設の早期復 旧	・水路管の破損部,亀裂部補修及びサージタン ク亀裂部補修	・水路管の破損部は鉄筋コンクリート巻立を行い,亀裂部はエポキシ樹脂 系材料注入し,更に漏水箇所は溶剤型プライマーならびにエポキシ樹脂系 防水材を塗布。 ・サージタンクは,亀裂箇所外部に注入エポキシ樹脂材を充填後,ケイ酸質 系防水材を塗布するとともに,内部の充填は外部と同じ工法で行い,ライ ニングはエポキシ樹脂系防水材を塗布。	水路他改修
		かりやど 狩宿		(狩宿) サージタンク	工法	大規模地震により被害を受けた施設の早期復 旧	・サージタンク中間点付近のズレを補強により 復旧	・サージタンク壁面のズレを溝型鋼を介してケミカルアンカーにて連結する とともに,連結箇所を鋼板で円筒状に覆い,モルタル充填。	水路他改修

表 参考資料-4 水資源の有効活用を目的とした更新事例における高度な検討・課題と解決方法

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事分類
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
北海道電力	電土 2	ユコマンベツ	ユコマンベツ発電所新設工事	水槽,水圧管路,発電所,放水路,余水路(一部)	工事計画	森林法に係る保安林内作業許可条件を満足する工事計画の検討	・発電所レイアウトの見直しによる掘削規模(改変面積)の最小化	・土木設備区間(水槽～放水路)のルート上に深い崖錐堆積層の存在が確認されたため,当初の直線的なレイアウト(I型配置)から,経過地途中から水圧管路ルートを屈曲させるレイアウト(Y型配置)に変更し,掘削を最小限に抑えた工事計画を立案。	発電所再開発
					工法	狭隘かつ急傾斜地(約40°)における施工方法の検討	・FRPM管の採用(水圧管路) ・中流動コンクリートの採用(水槽・水圧管路) ・急斜面補強土工の採用(水槽・水圧管路)	・急傾斜地での施工性や供用後のメンテナンス性を勘案し,鋼管に比べて軽量でかつ施工性・経済性に優れるFRPM管を採用。 ・急傾斜地での躯体構築時には,配管延長100m,高低差70mの長大配管によるコンクリート圧送を行うため,ワーカビリティ・充填性・ポンパビリティに優れ,高流動コンクリートよりも安価な中流動コンクリートを採用。 ・急傾斜地の埋戻し工法として,埋戻し材の自立性確保が可能で,崩壊斜面での施工実績がある急斜面補強土工(地山補強土工,連続繊維土工,植生工を組合せた工法)を採用。	
東北電力	電土 20	いいの飯野	飯野発電所新設工事(維持流量発電)	水圧管路,発電所,放水路,取水口,取水口排砂路	工法	隣接既設設備への影響を考慮した振動抑制対策の検討	・硬岩部の掘削に割岩工法,蒸気圧破砕工法,制御発破工法を採用 ・振動管理値の規定,振動予測式に基づく発破振動の影響評価	・隣接する既設発電所を停止させないため,硬岩掘削に伴う振動影響の抑制策として,非火薬式の掘削工法(割岩工法)と薬劑量を調整した掘削工法(蒸気圧破砕工法,制御発破工法)を採用。 ・蒸気圧破砕,制御発破による掘削においては,予め振動管理値を規定し,予測式により振動速度を算出の上,試験施工で影響を確認した後,実施工を開始。	発電所再開発
中部電力	電土 38	すさど須砂渡	須砂渡水力発電所新設工事	取水口	工事計画	既設砂防ダムの有効利用,省スペース化	・レイアウト検討 ・二段ゲートの採用	・既設砂防えん堤に設置される発電施設のため,レイアウト上の制約が大きい。 ・スペース確保のため,一つの巻上機で上下に配置した二門のゲート操作が可能な「二段ゲート」を採用。	発電所再開発
				水圧管路	工法	既設砂防ダムの堤体貫通	・ワイヤーソーイング工法の採用	・堤体貫通の箱抜きは,ワイヤーソーイング工法により切断し,切断後のコンクリートブロックを引き抜く際に発生する摩擦を低減するため,切断面にフラットバーを敷設。	発電所再開発
				—	環境	工事中(水位低下中)の濁水防止	・清水バイパスの設置	・背水端に溜池を設け,φ1,000mmのポリエチレン管で湛水地まで導水。	発電所再開発
中部電力	電土 42	あたぎ阿多岐	阿多岐水力発電所新設工事(維持流量発電)	水圧管路(一部既設鋼管利用),放水口,取水口	工事計画	ダムに近接した狭隘箇所への発電所新設	・土砂搬出計画の策定 ・ダム構造物への振動影響に配慮した岩盤掘削工法の採用	・発電所建設位置は狭隘であるため,狭隘箇所での土砂搬出に支障が生じないように掘削箇所の施工順序に配慮した工事の実施。 ・発電所新設箇所における岩盤(CM級)掘削にあたっては,発破掘削は行わずバックホウ+大型ブレイカ併用掘削を実施。	発電所再開発
中部電力	電土 43	しんくろはら新串原	新串原水力発電所新設工事(維持流量発電)	取水口,水圧管路,放水口	工事計画	既設堤体穴あけ時の施工方法検討	・ダム水位低下時の濁水対策および堤体貫通による堤体影響の検討	・濁水発生要因となる貯水位低下速度をできる限り遅くすることで関係利水者からの理解を得るとともに,ダムの安定度評価および貫通部への応力集中評価を実施し,堤体穴あけ後のダム健全性を確認。	発電所再開発
関西電力	電土 52	おおくわのじり大桑野尻	大桑野尻発電所新設工事	取水設備,水圧管路,放水路	調査・設計	河川維持流量の確保	・ダムの水位が運用最低水位の場合において河川維持流量を発電使用水量として放流	・取水設備はサイフォン方式で,水車(立軸プロペラ水車)は運転時の流量調整ができないため,発電使用水量はダム水位に依存し,低水位では使用水量が減少する。よって,ダムの水位が運用最低水位の場合において河川維持流量を発電使用水量として放流できるよう計画。	発電所再開発
					安全	ダム直下での工事における安全確保	・ダム直下の仮締切内の工事は非出水期に限定	・工事はダム直下での河川内工事となり,発電所基礎工事および放水路工事では河川内に仮締切を設置することになる。安全面・コスト面を考慮し,仮締切内の工事は非出水期に限定。	発電所再開発
関西電力	電土 54	しんくろなぎだいに新黒薙第二	新黒薙第二発電所新設工事	水圧管路,発電所,放水路,放水路ゲート	工法	発破振動による既設発電所の機器への影響を低減	・小型ブレイカ及び静的破砕剤を併用	・発電所基礎の掘削にあたり,既設発電所の機器に影響を及ぼさないよう,振動管理をしながら小型ブレイカ及び静的破砕剤を併用して施工。	発電所再開発
					環境	自然環境への影響を低減	・蒸気圧破砕剤による低振動破砕工法による掘削	・導水路トンネル拡幅にあたり,油圧ブレイカによる掘削と蒸気圧破砕剤による低振動破砕工法を採用。	発電所再開発
関西電力	電土 60	だたいら出し平	出し平発電所新設工事	水圧管路,発電所,維持放流バルブ	調査・設計	損失水頭低減のための水圧鉄管の線形検討	・水車直前の曲がり(屈折)角度の変更	・曲がり角度を緩和,かつ鉄管長も短縮できる水圧鉄管の線形を検討・採用することによって,当初計画よりも損失水頭を低減させ,出力を増加。	発電所再開発
					安全	豪雪地域における雪崩対策の検討	・スノーシェッドの設置	・豪雪地域における雪崩対策として,発電所建屋と既設擁壁間に,当該地域の設計基準に十分な安全率(積雪深を2倍)を見込んだスノーシェッドを構築するとともに,ダム左岸監査廊から発電所までの点検歩廊について積雪に対応したライナープレート構造を採用。	発電所再開発
					環境	建設廃棄物の有効利用策の検討	・表面コンクリートの敷き砕石としての利用	・水車ドラフトおよび放水路の開口で発生するコンクリート塊を小割りしたうえ,表面コンクリート(水圧鉄管固定台や,完成後に資機材等を載荷する範囲以外)の敷き砕石として利用。	発電所再開発
中国電力	電土 66	かわひらに川平第二	川平第二発電所新設工事	水槽,取水口,水圧管路,発電所,放水路	工事計画	経済性等を考慮した水路レイアウトおよび水車形式の選定	・経済性・既設設備への影響等を考慮した水路ルート「左岸側ルート」の採用 ・経済性・施工性・維持管理面を考慮した水車形式「水中タービン」の採用	・水路ルート(右岸側ルート,左岸側ルート)の選定にあたっては,既設発電所に関連する大きな障害物がなく,水路延長も最短となる「左岸側ルート」を採用。 ・水車型式(水中タービン,プロペラ水車)の選定にあたっては,①発電所建屋が不要,②据付・調整が容易,③メンテナンス費用が安価,④工期短縮が可能(製品ラインアップ化されているため発注～製作～納入期間が他機種に比べて短い)等の利点を有する「水中タービン」を採用。	発電所再開発

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事分類
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
電源開発	電土 91	くつたり 屈足	くつたり発電所新設工 事	河川維持流量放流 設備(周辺設備含 む)、放水口	工事計画	取替え範囲の最小化(維持流量発電の経済性 確保)	・既設取水口の流用,既設バルブ室内への水 車・発電機の格納等によりコンクリート取り壊し 範囲を最小化	・取水口は既設維持流量放流設備の取水設備をそのまま利用。 ・水車・発電機は既設バルブ室内に格納を可能にするよう,2基の既設放 流バルブの撤去および周辺コンクリートの取り壊しによりスペースを確保 して設置。 ・放水口は既設ダム導流壁およびダムエプロンの一部を取り壊して新た に設置。	発電所再開発
電源開発	電土 101	だに このき谷	このき谷発電所新設 工事	ダム,取水口,水圧管 路,発電所,放水路	工事計画	既設設備からの注水を継続しながら施工する 工事計画の検討	・半川締切方式の採用	・注水口からの流水路を確保しながら施工を行うため,半川締切方式を採 用し,取水ダムの築造をⅠ期・Ⅱ期に分割して施工した。また,発電所周辺 工事のスペース確保のため,取水ダム下流にも別途仮締切を設置した。	発電所再開発
					工法	狭隘な作業条件における施工方法の検討	・大型,小型ブレーカーの併用掘削の採用(発電 所基礎) ・基礎杭工事に先端羽根付き鋼管杭工法を採 用(配電盤室)	・発電所基礎の工事ヤードが狭隘で,削孔機械の使用が困難であったこと から,掘削箇所に応じて大型ブレーカーと小型ブレーカーの使用を併用す ることで,掘削作業効率が向上。 ・配電盤室周辺の工事ヤードは狭隘で,アクセス路も幅員の狭い林道であ るため,杭打機や輸送する杭長に制限があったことから,基礎杭工事に先 端羽根付き鋼管杭工法を採用することで,杭打機および輸送する杭を小型 化。	発電所再開発
群馬県 企業局	NEF 1	あがほに 東第二	東第二発電所新設工 事	水圧管路,発電所,放 水路	調査・設計	効率的な運転パターンの検討	・開度調節による流量一定制御の運転パター ンを採用	・貯水位が変動する発電計画であるため,運転パターンを3ケース設定(① 開度調節による流量一定制御,②最低水位で維持流量を確保する開度一 定制御,③開度一定制御・出力一定制御の併用)し,比較検討を行った結 果,既設発電所の減電量が最も少ない開度調節による流量一定制御の 運転パターンを採用。	発電所再開発
神奈川県 企業庁	NEF 2	どうし 道志ダム	道志ダム維持放流設 備改良工事	水圧管路,発電所,放 水路	工法	通水量が少ない水圧管路トンネルの施工方法 検討	・必要最小断面での施工が可能な岩盤推進工 法を採用	・維持流量発電であるため,通水量が少ない(0.4m ³ /s)ことを考慮し,トン ネル施工方法について山岳工法と岩盤推進工法との比較検討を行った 結果,必要最小断面での施工が可能で経済的に優位であり,接続する併 用導水路への影響も軽減できる岩盤推進工法を採用。	発電所再開発
東京発電	NEF 3	こうほくはいすしち 港北配水池 しょうずいりよく 小水力	港北配水池小水力発 電所の計画,設計及び 施工	発電所	工事計画	水力発電により本来の送水業務に影響を与え ないこと	・既設設備の機能維持	・水道法及び水道施設設計指針等に準拠した設備設計。 ・既存送水管に沿った流れ方向を確保した設備配置。	発電所再開発
群馬県 企業局	NEF 5	こざかし 小坂子	小坂子発電所の計画, 設計及び施工	発電所	工法	岩片が堆積した地層での地下式発電所躯体部	・既設構造物との離隔距離確保によりオー プン掘削へ変更	・矢板の打ち込みは地質上高価になることから,発電所位置を変更し,既設 擁壁から離隔距離を確保することで,土留め仮設を不要とするオープン掘 削で施工。	発電所再開発
栃木県 企業局	NEF 7	こあみ 小網	小網発電所の計画,設 計及び施工	導水路,水圧管路,発 電所,放水路	工事計画	既設ダムの維持流量有効活用のため発電所 新設におけるコストダウン検討	・既設構造物の有効活用	・建設箇所を既設ダム左岸側とダム右岸側で比較し,経済性の優れる左 岸側に建設。既設他発電所の導水路から分岐させ導水するため取水口, スクリーン等は新設しないことでコストダウン。	発電所再開発
				発電所	工事計画	発電所の設置箇所によるコストダウン検討	・既設構造物の有効活用	・ダム導流壁内に発電所を設け,導流壁外に設置する場合に必要な 水替えを省略。また,重機進入に必要な仮設の削減にもつながり,コストダ ウン。	発電所再開発
				導水路,水圧管路	工法	既設ダム近接トンネルの施工方法検討	・堤体への影響を考慮した離隔距離を確保	・離隔距離を考慮した発破掘削工法(一部機械施工)と機械掘削を比較し, 経済性で勝り,かつ既設設備,周辺住民を配慮した機械掘削を選定。	発電所再開発
				導水路	調査・設計	既設他発電所導水路および新設導水路接合部	・既設導水路の鉄筋流用	・新設水路が干渉する部分の鉄筋のみ切断し,切断箇所は新たに補強筋 を設置。	発電所再開発
神奈川県内 広域水道 企業団	NEF 8	やさし 矢指	矢指小水力発電所の 計画,設計及び施工	発電所	調査・設計	経済的な発電所設置箇所の選定	・既設構造物の有効活用	・調整池敷地内における地盤条件,新設送水管の距離等を勘案し,発電機 を新設。	発電所再開発
東京発電	NEF 9	なかさと 中里	中里発電所改修工事 の計画,設計および施 工	水圧管路	調査・設計	設置から100年以上経過している水圧鉄管の 継続使用の検討	・水圧鉄管の概観調査および鉄管に作用する 応力の検討	・発電所再開発工事のうち,設置から101年経過している鉄管について継 続使用可否について精密調査を実施。検討の結果,一部区間を更新し,継 続利用と判断。	発電所再開発
横浜市 水道局	NEF 11	かわいじょうすいじょう 川井浄水場	川井浄水場地点小水 力発電の計画,設計,施 工	管路,発電所	工事計画	導水施設の本来の使用目的である水道の水運	・水道施設の安全性	・発電所は導水施設という重要性の高い施設に設置されることから,発電 所構築に伴う地盤変位及び地震時の変位に対する安全性を確保するた め,発電所の上下流に伸縮管を設置。上流側の伸縮管は軸直角方向変 位に対して有効なものを採用し,下流側の伸縮管は軸方向変位に対 して有効なものを採用。	発電所再開発
群馬県 企業局	NEF 13	しんと 新利南	利南発電所 調圧水 槽改造工事	サージタンク	調査・設計	新利南発電所(維持流量発電)建設に際し,利 南発電所との共通施設となる調圧水槽の容量 不足	・サージ方式検討及び水理模型実験の実 施	・減衰効果,水槽容量及び水撃圧に対する安全性を考慮し,調圧水槽は単 動式から差動式への改造を選択した。また,水理模型実験により振動現 象の検証を実施。	水路他改修

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事分類
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
東京発電	NEF 15	はなかわ 華川	華川発電所の計画,設計,施工	堰堤,取水口,導水路,水圧管路,発電所,放水路	工事計画	既設設備の流用	・現地調査の実施	・現地調査を実施し,水圧鉄管および発電所本館を除き,躯体本体を流用し出力増加を図る工事計画を策定。	発電所再開発
				堰堤,取水口	工法	仮締め切り作業の施工方法	・潜水夫利用により仮締め切設置	・専用道路の幅員が狭く,河川護岸が高いため,河川への重機の乗り入れが困難な立地条件での小規模取水口の仮締め切りであるため,潜水夫による施工方法を採用。	発電所再開発
				水槽	調査・設計	型式不明な既設排砂門の改修	・土砂除去後に水槽を一部改造	・農業用水との共有設備であり,長期断水が困難であったため,水槽内の堆積土砂排除後に排砂門型式を確認して水槽の一部改造を伴う門扉取替を実施。	発電所再開発
				水圧管路	工法	保守メンテナンスを考慮した施工方法	・既存の水圧鉄管内部に新規鉄管を挿入する二重管工法を採用	・防食性・耐摩耗性に優れ,塗装の必要がないポリエチレン管を既存の水圧鉄管内部に挿入する二重管工法を採用。	発電所再開発
				発電所	工事計画	コストダウンと機器分解点検スペース確保	・高圧連係盤を屋外型に変更	・高圧連係盤を屋外に設置することで,発電所建物床面積を縮小でき,機器分解点検スペースを確保する工事を計画。	発電所再開発
富山県企業局	NEF 17	にうもんほうすい 仁右エ門用水	農業用水を利用した小水力発電の開発について	起伏ゲート	調査・設計	かんがい用水量に対する起伏ゲートの角度の検討	・各用水量毎に起伏ゲートの角度を設定	・かんがい用水を利用する発電所において,年間4パターンに分けられる用水量毎に適切に取水できるような起伏ゲートの角度を検討。	発電所再開発
富山県企業局	NEF 17	しょう 庄	農業用水を利用した小水力発電の開発について	沈砂池兼水槽	調査・設計	地形条件により制約を受ける沈砂池兼水槽の検討	・越流水深により沈砂池兼水槽の長さを決定	・かんがい用水を利用する発電所において,2本の用水路に挟まれた場所に沈砂池兼水槽を設置するにあたり,用水がダムから取水しており土砂の混入がほとんどないため,沈砂池兼水槽の長さは沈砂池の機能ではなく,越流堤での越流水深により決定し,地形条件のクリアとコストを縮減。	発電所再開発
岩手県企業局	NEF 18	いさわだしよん 胆沢第四	北ノ又第三発電所および胆沢第四発電所の計画,設計,施工について	取水口	調査・設計	既設構造物への影響回避	・サイフォン方式を採用	・既設えん堤からの河川維持放流およびかんがい用水を利用した発電所を新設するにあたり,新設発電所の取水口を既設発電所の取水口内に設ける際,既設構造物の改造が不要であり応力の影響が最も少ないサイフォン方式を採用。	発電所再開発
				代替放流管	工事計画	点検・故障などにより発電できない時の河川維持	・代替放流管の設置	・既設えん堤からの河川維持放流およびかんがい用水を利用した発電所を新設するにあたり,機器故障などにより発電できない時の対応として代替放流管を設置。	発電所再開発
東京発電	NEF 19	すくもがわ 須雲川	未利用エネルギーを利用した小水力発電所の建設(廃止発電所の再生)	取水堰,取水口,水槽,水圧管路,発電所	調査・設計	廃止設備の健全性評価	・外観目視調査,精密調査(材料試験,応力評価等)の実施	・外観目視調査,精密調査(材料試験,応力評価等)の結果,内外面塗装と伸縮継手のパッキンおよびボルト・ナットの取替対応により既設流用が可能であることを確認。	発電所再開発
					工法	発電所への資機材搬出入方法の検討	・資機材運搬設備(モノレール)の設置	・発電所までの資機材搬入路が無いため,水槽脇から発電所までモノレールを軌道し,資機材運搬を実施。	発電所再開発
					工期	関係法令(道路法)協議を踏まえた工程調整	・仮設計画の見直し	・水槽改良に伴う資機材搬入出にあたっては,片側交通規制を行い施工する計画であった。しかし,監督官庁との協議の結果,道路規制時期・期間に制約が設けられたため,道路規制を行わなくとも工事用車両が仮設ステージ内に搬入出できるよう仮設計画を見直し工程を調整。	発電所再開発
山口県企業局	NEF 20	あいはら 相原	河川維持流量を活用した小水力発電所の建設	取水口,水圧管路,発電所	工事計画	取水方法の検討	・サイフォン式取水の採用	・サイフォン取水方式,堤体穴開け取水方式について比較検討した結果,経済性等で有利なサイフォン取水方式を採用。	発電所再開発
富山県企業局	NEF 21	こすりど 小摺戸	富山県入善町小摺戸地点における小水力発電	取水口,沈砂池,水槽,水圧管路,発電所,放水口	工法	既設農業用水路との接続方法の検討	・ワイヤーソー工法の採用	・農業用水路との接続部の施工は,農業用水路を断水する必要があったが,関係者協議の結果,断水期間が制限された。このため,ワイヤーソー工法を採用することにより,取壊し用重機の使用が不要となり工期を短縮。	発電所再開発
					工法	発電所基礎地盤の支持力不足	・購入碎石による置換え,セメント安定処理の実施	・発電所建設予定地は,事前調査ボーリングの結果から玉石混じり砂礫と想定していたが,基礎掘削を開始した結果,粘性の高い山土砂であることが判明した。このため,地盤支持力不足が懸念されたため,購入碎石による置換え(厚さ1m)を行い,平板載荷試験による所要強度の確認やセメント安定処理(最小添加量50kg/m ³)による土壌改良を行い,トラフィカビリティを改善。	発電所再開発

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題				工事分類
					課題分類	内容	解決方法	具体的説明	
三峰川電力	NEF 22	たてしな 蓼科 たてしなだいに 蓼科第二 きたとにしかわ 北杜西川 きたとかわこいし 北杜川小石 きたとくらはら 北杜倉原	未利用水力エネルギーを活用した小水力発電所の開発	水槽	環境	観光地と発電立地の調和	・水槽の色相への配慮	・蓼科発電所更新工事では、水槽等の構造物が別荘地を通過していることから、色相に配慮し、観光地としての景観や雰囲気考慮した設計。	発電所再開発
				水槽	工事計画	溢水電力の防止	・水槽沈砂池に自動除塵機を設置	・蓼科発電所更新工事では、水槽沈砂池への自動除塵機設置により、落葉等の芥揚げ作業を機械化し労力を軽減するとともに、芥を早期に除去することで溢水電力を防止。	発電所再開発
				水圧管路	材料	工事費コストダウン	・FRPM管の採用	・蓼科発電所更新工事では、水圧管路の埋設箇所に軽量で施工に優れたFRPM管を採用。 なお、落石により損傷を受けやすく、急傾斜地で埋設ができない箇所は、鋼管を表面に設置。	発電所再開発
				発電所、水圧管路、沈砂池、水槽、放水路	環境	自然環境との調和	・移動式クレーンの使用	・蓼科第二発電所建設工事では、蓼科高原の自然環境を維持するため、重機搬入をはじめ資材運搬等は工事用仮設道路の設置に替えて、移動式クレーンを使用して運搬。	発電所再開発
				水圧管路	工期	観光への配慮	・作業時期の調整	・蓼科第二発電所建設工事では、工事場所が観光地・別荘地に位置することから、工事は土、日の休日および夜間を避けるとともに、観光シーズンの7月～10月は騒音が発生する作業について時期を調整して実施。	発電所再開発
				取水施設、水圧管路、発電所	工事計画	工事費コストダウン	・導水管の省略	・既存水路の落差を利用した完全従属型の水路式発電所の建設では、導水管を整備せず、水路上に取水設備、沈砂池水槽を一体的に整備し、余水吐きについても既存水路を活用。	発電所再開発
				取水施設、水圧管路、発電所	工事計画	工事費、保守点検費コストダウン	・同一水系での面的な水力開発	・同一水系に3箇所（合計4箇所）の発電所を同時期に整備することで、許認可取得期間を含め建設工事期間の短縮が図れるとともに、工事費を縮減。 また、複数発電所を同時に運営することで生まれるスケールメリットにより、メンテナンスの効率化が図れ、事業費および維持管理費のコストを縮減。	発電所再開発
				水圧管路	工法	市道布設工法の選定	・推進工法の採用	・既存水路の落差を利用した川小石発電所建設工事では、水圧管布設にあたり、市道地下に農業用水管をはじめ水道管が埋設されているため、既存設備に損傷を及ぼさないよう推進工法を採用し施工。	発電所再開発
山梨県企業局	NEF 24	わかひこ 若彦トンネル湧水 ふがろ 深城 おおしかわ 大城川	山梨県企業局による小水力発電の普及・推進に向けた取組み	水槽	工事計画	合理的な設備形成	・水槽制水門を省略	・若彦トンネル湧水発電所建設工事では、道路排水から水槽へ直接流入させることにより、塵芥処理装置、水槽制水門を省略。	発電所再開発
				水圧管路、減勢工	工法	減勢工加工による安定化対策	・ジオグリッド工法の採用	・深城発電所建設工事では、既設ダム放流管に発電用の水圧管路を接続するにあたり、減勢工の安定性を確保するため、ジオグリッド工法により乗載荷重を分散。	発電所再開発
				取水施設	工事計画	建設費の抑制	・既設砂防堰堤に取水施設を設置	・大城川発電所建設工事では、既設砂防堰堤に取水施設を設置することで設備の簡素化を図り、工事費を抑制。	発電所再開発
				取水施設	材料	建設費の抑制	・鉄道用レールの使用	・大城川発電所建設工事では、堤体前面に樋を設置し取水しており、そのスクリーンには、安価かつ高強度の鉄道用レールを使用。	発電所再開発
北海道企業局	NEF 25	シューパロ	シューパロ発電所建設工事	発電所、水圧管路、ドラフトゲート	工法	・融雪出水や降雨出水に対応できる仮締切形式の選定	・二重鋼矢板工法の採用	・今回の条件に見合う工法として、「土堰堤工法」「コルゲートセル工法」「二重鋼矢板工法」「鋼管矢板工法」「控え杭タイロッド式一重鋼矢板工法」の中から、仮締切末端で作業ヤードができ、経済性で最も有利な「二重鋼矢板工法」を採用。	発電所再開発
					材料	・異種金属接合部の電食を抑制するための水圧鉄管の材質の選定	・水圧鉄管全線を鋼管とし、ダム取水管共用部（ステンレス管）直下流で、腐食防止対策を施した上で、異種金属接合	・ダム取水管の共用部はステンレス管、1号機及び2号機発電所ケーシング・ドラフトチューブは鋼製で計画。 ・水圧鉄管は、共用後の保守性・経済性の観点から、異種金属接合箇所を最小限（1箇所）にできる鋼製とした。 ・異種金属接合部には、腐食防止対策として、耐酸性材料を塗装すると共に、絶縁スリーブ・パッキンを設置。	発電所再開発
長野県企業局	NEF 27	たかとう 高遠	高遠発電所新設工事	取水管、水圧管路、発電所、放水路、放水口	調査・設計	・運転時及び停止時において、維持放流が可能	・サイフォン管の採用と既設維持放流設備の流用	・取水設備として、既設維持放流設備を流量する案、既設維持放流設備の管口径を拡大する案、サイフォン管を新設する案を比較検討。 ・経済性、工事中のかんがい用水供給への影響、下流の春近発電所の発電電力量への影響などを考慮し、「サイフォン管を新設する案」を採用。	発電所再開発
					材料	・堤体への影響、維持管理費が低減できる取水	・FRP製スクリーンの採用	・鋼製に比べて軽量であり、堤体への影響が小さいこと、定期的な塗装が不要で、これに伴う減電も発生しない「FRP製スクリーン」を採用。	発電所再開発
長野県企業局	NEF 27	おくすろはなさい 奥裾花第2	奥裾花第2発電所新設工事	水圧管路、放水路、発電所	工事計画	・最大使用水量に対して、余裕のある水圧鉄管を活用した発電所開発	・既設水圧鉄管からのト分岐	・既設奥裾花発電所（最大使用水量4m ³ /s、1,700kW）は、建設途中で計画変更されたため、水圧鉄管は当初計画の7m ³ /s仕様で建設されている。 ・豊富な融雪水、未利用能力の有効活用の観点から、既設水圧鉄管を地表近くでト分岐し、奥裾花発電所の直下流に奥裾花第2発電所を建設。	発電所再開発

表 参考資料-5 効率化・運用見直しを目的とした更新事例における高度な検討・課題と解決方法

事業者	番号	発電所	工事件名	対象土木設備	高度な検討・課題			工事分類	
					課題分類	内容	解決方法		
東北電力	電土 7	かじかわ 加治川	ダム改良(ゲートレス化)工事	ダム	工事計画	山間僻地のダム勤務員の生活勤務環境の改善	・ゲートレス化による非常駐管理への移行	・精神的に過酷な山間僻地でのダム勤務業務の改善を目指し、通年非常駐管理体制の確立を図るため、ダム改良(ゲートレス化)工事を実施。	ダム・調整池改修
					調査・設計	設計洪水量見直し 設計洪水位見直し	・各種基準に基づく算定	・ダム改良(ゲートレス化)に伴い、設計洪水量および設計洪水位の見直しが生じ、共に「河川管理施設等構造令」に基づき算定。	ダム・調整池改修
東北電力	電土 9	いいでがわ 飯豊川第一	ダム改良(ゲートレス化)工事	ダム	工事計画	山間僻地のダム勤務員の生活勤務環境の改善	・ゲートレス化による非常駐管理への移行	・精神的に過酷な山間僻地でのダム勤務業務の改善を目指し、通年非常駐管理体制の確立を図るため、ダム改良(ゲートレス化)工事を実施。	ダム・調整池改修
					工事計画	工事期間中の仮排水処理方法	・既設ダム中央部に切欠を設置	・本ダムはダムゲートが1門しかなく、工事期間中の仮排水処理方法が工事の最重要ポイントであった。工事期間中の対象流量を安全に流下させるべく既設ダム中央部に切欠を設置し、既設ダム排砂路からの転流と併用。	ダム・調整池改修
東北電力	電土 11	さねかわ 実川	取水口除塵機設置工事	取水口除塵機	工事計画	冬期間の巡視中断に対する運転性耐用性等	・「レーキ開閉吊り下げ式除塵機」の採用	・従来のロータリー式除塵機と異なる独特の運転サイクルとレーキダンパー機構を取り入れ、塵芥の掻き揚げ量の軽減を図った。また、過負荷故障対策として、スクリーンに挟まった流木を回避する制御を採用。	水路他改修
東京電力	電土 22	かざわ 霞沢	霞沢発電所大正池取水堰堤改良工事	堰堤	工事計画	観光地に配慮した改修案の決定	・工期、景観、保守性、経済性による比較検討	・固定堰(コンクリート堰堤)、ゴム引布製起伏堰、鋼製起伏堰の3案について、工期、景観、保守性、経済性の観点から比較し、短期での施工が可能(非出水期、観光シーズンにかからない)で、景観に調和しやすいゴム起伏堰を採用。	ダム・調整池改修
					環境	景観に配慮した施工	・現地発生石や着色化粧型枠の利用	・コンクリート表面露出部に着色化粧型枠(自然石タイプ)を使用。 ・下流水叩き部表面石張り工に現地発生石を使用。 ・護岸工にふとん籠(角蛇籠)を使用。 ・下流護床工および護岸工に現地発生石を使用。	ダム・調整池改修
中部電力	電土 41	おおいがわ 大井川	大井川水力発電所導水路合流部改良工事	導水路	調査・設計	導水路損失水頭の低減	・水理模型実験による最適形状の決定	・導水路合流部の損失水頭を軽減し、最大出力を安定的に得るため、水理模型実験により最適形状を決定。	水路他改修
					工法	既設構造物との近接施工	・低振動工法の採用および振動計測管理の実施	・低発破振動掘削工法としてNRC掘削工法(New Rock Cracker, 多段式非火薬岩盤破碎システム)を採用。 ・振動管理値の設定。	水路他改修
関西電力	電土 59	おくたたらぎ 奥多々良木	奥多々良木発電所可変速化工事	横坑	工事計画	既設横坑拡幅に伴う稼働中発電設備への影響防止対策の策定	・周辺トンネルの補強工事の先行実施 ・既設設備からの離隔距離を考慮した発破計画の策定	・横坑拡幅掘削は、稼働中の発電設備に近接していることから、制限値として、発電機等の電気設備に対しては0.5kine、トンネル覆工等の土木設備に対しては4.0kineを設け、掘削箇所周辺に計測器を設置のうえ、発破毎に振動値を監視しながら施工。 ・振動値が規制値を上回ることがないよう管理レベルを設定。 ・施工時の振動管理に必要な発破振動予測式については、横坑内において施工場所と地質状況が似ている箇所を試験発破を実施のうえ構築。 ・横坑内の天端沈下量や内空変位量の計測、空調機械室妻壁の変位計測といった通常の計測項目に加え、山はね発生の予兆検知のためのAE計測、支保の妥当性検討のためのロックボルト軸力測定を行いながら、工事の安全性や空洞の安定性を確保。	発電所再開発
					工法	施工中における既設設備への影響防止および	・掘削作業に係る振動管理 ・情報化施工の実施	・水車発電機が1台になることから、既設のY分岐を流用する案とY分岐を撤去する案を比較し、インシヤルコストがかかるが、増電となるY分岐撤去案を採用。	発電所再開発
東京発電	NEF 6	いしおがわ 石岡第一	石岡第一発電所改修工事の計画、設計及び施工	水圧管路	調査・設計	増電力を考慮した鉄管改良	・鉄管Y分岐流用案とY分岐撤去案の比較によりロスが少ない撤去案採用	・水車発電機が1台になることから、既設のY分岐を流用する案とY分岐を撤去する案を比較し、インシヤルコストがかかるが、増電となるY分岐撤去案を採用。	発電所再開発
東京発電	NEF 9	なかさと 中里	中里発電所改修工事の計画、設計および施工	水圧管路	調査・設計	100年以上経過している水圧鉄管の継続使用の検討	・既設水圧鉄管の継続使用	・静落差33m程度と低落差であること、平均・局部応力が取替基準応力を超過していないことから、一部の区間を除き、既設水圧鉄管を利用。	発電所再開発

表 参考資料－6 課題マトリクス 各マスの考察【経年劣化による更新事例】

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
工事計画	<p>【既設発電所の稼働状況を考慮した工事計画の検討】</p> <ul style="list-style-type: none"> 既設発電所の改修計画検討においては、複数の比較ケースを設定し、経済性に優れた案を採用する必要がある。 工事計画の検討にあたっては、工事実施に伴う既設発電所の停止期間に着目し、経済性評価を行う方法もある。 例えば、単純更新（発電所現位置案）と再開発（発電所別置案）を比較検討した場合、再開発の方が設備投資額は大きくなるが、一方で、直前まで既設発電所を稼働させることが可能となり、工事中減電費が抑制され、再開発の方が経済性で優位となるケースもある。 但し、上記のようなケースは、既設発電所の発生電力量が大きく、停電が生じた際の経済的影響が大きい場合であり、比較評価にあたっては、工事中減電費の算定方法に留意する必要がある。 <p>【狭隘スペースにおける工事計画の検討】</p> <ul style="list-style-type: none"> 既設発電所の改修計画検討においては、既設発電所が稼働中の状態で工事を実施するため、総じて作業スペースに制約が生じる。 既設発電所の近傍で、かつ削孔機械の使用が困難な狭隘箇所である場合、既設機器に影響を及ぼさないよう、振動管理を行いながら、小型ブレーカや静的破砕剤などを併用するケースもある。 施工方法については、制約条件や施工性、安全性、経済性などを総合的に判断したうえで、これらの技術の最適な組合せを採用する必要がある。 <p>【更新後の保守省力化などを考慮した工事計画の検討】</p> <ul style="list-style-type: none"> 既設発電所の改修計画検討においては、保守業務の省力化や公衆災害リスクの低減を目指した検討が求められる。 具体的には以下の事例などが挙げられる。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 水槽設備のコンパクト化 ✓ 水車発電機の統合（2台⇒1台） ✓ 余水路省略型の水車選定（ターゴ水車のデフレクタ放流） ✓ 地質状況を考慮した配置計画策定（発電所位置の地下化など） 	<p>【最適な設備形態を考慮した工事計画の検討】</p> <ul style="list-style-type: none"> ダムとしての多数を占めると思われる重力式コンクリートダム（堰堤）については、その構造（形状・形状等）から、本体を大きく変更することは事例として少なく、経年劣化により堤体表面の補修が多く行われている。 一方で、付帯するゲートやピアの経年劣化を端として、ダムのゲートレス化や上流発電所との直結案等の検討が進められており、最適な設備形態を考慮した工事計画の立案が求められている。 	<p>【経済性を考慮したゲート改修計画の検討】</p> <ul style="list-style-type: none"> ゲート改修工事では、複数の比較ケースを設定し、経済性に優れた案を採用する必要がある。 例えば、ゲートの全面改修を前提とした場合、ゲートレス化（撤去案）や、鋼製起伏堰（全面取替案）などが検討対象となるが、コスト負担が大きくなる。 一方で扉体の健全性や巻上機の開閉能力を勘案し、取替範囲を最小化することが出来れば、端部のみ取替案（健全部流用案）が最も経済性に優れた改修案となる。 このように、改修ケースの比較検討にあたっては、既設設備の有効利用を視野に入れた検討が今後必要となってくる。 	<p>【鉄管等運搬計画の検討】</p> <ul style="list-style-type: none"> その他設備としては、劣化状況が定量的に評価可能である水圧鉄管の取替え事例が多い。 これら水圧鉄管の取替工事においては、ケーブルクレーンやモノレールの設置など、大規模な仮設工事が必要となりコスト負担の増嵩につながっている。 今後、設備の経年劣化が進行するなか、補修工事費削減の観点から、単純な取替えではなく、炭素繊維による補強などといった新たな改修計画の立案も行われていくものと思慮される。
調査・設計	<p>【各種調査、支保設計など】</p> <ul style="list-style-type: none"> 水車発電機の取替工事や発電所再開発工事の調査・設計において、留意すべき事項を以下に示す。 水車発電機などの機械装置を除く鉄筋コンクリート構造物については、中性化や塩害、アルカリ骨材反応などによる経年劣化が懸念される。 これらの劣化要因に対して、コンクリート構造物の非破壊診断など、より精度の高い点検、診断技術が求められる。 また、別置案で新たに発電所を構築する場合には、既設構造物の建設時に周辺地盤が緩んでいることも予想されるため、地表踏査やボーリング調査、弾性波トモグラフィなどを行い、断層等の不連続面の分布状況や岩盤性状の空間把握を実施することが肝要である。 また、事前に空洞掘削時の岩盤挙動評価を行い、長期安定性を確保可能な支保材の仕様・配置を決定することも重要である。 	<p>【各種調査、設計など】</p> <ul style="list-style-type: none"> ダムなどの主要水路工作物については、水理学的特性を把握するために、必要に応じて、水理模型実験の実施により最適な設備形状・構成（導流壁・護岸）を決定する必要がある。 なお、今後はCFDを活用した設計の多様化も想定される。 	<p>【各種調査、設計など】</p> <ul style="list-style-type: none"> ゲート改修工事では、事前に各種調査を行い、既存ゲート（洪水吐や排砂門）の劣化状況を把握することが必要である。 具体的には以下の事例などが挙げられる。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ レベル2地震動を対象とした動的解析結果に基づく構造計算結果から、既存ゲートの耐震性能を評価 ✓ 非破壊検査（超音波探傷検査）などを実施し、既設トラニオンピンの流用可否を検討 ✓ 静的および動的応力測定結果から、応力・振動・座屈に対する照査を実施し安全性を確認 	<p>【各種調査、設計など】</p> <ul style="list-style-type: none"> 水路工作物の改修にあたっては、単なる経年劣化が原因のほか、以下に示すような他の外的要因によるものも十分に考えられる。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 漏水が発生した水圧鉄管伸縮部において微生物の増殖により錆こぶや腐食が発生し易いことを確認 ✓ 取水口スクリーンの取り替えに際し、数値解析および振動測定を実施し、振動対策や異種金属接触腐食対策を実施 ✓ 放水路トンネルの変状原因推定のため、FDM解析を実施 以上のように、単なる経年劣化としての評価以外に改修に至る原因を特定することは、更なる設備の長寿命化を図るうえで重要なことと言える。
工法	<p>【既設構造物との近接施工対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> 水車発電機の取替工事や発電所再開発工事では、既設構造物近傍での施工が避けられないため、既設構造物に影響を与えない施工方法の検討事例が多い。 具体例としては、制御発破の採用、改変面積の最小化、地山改良等の補強対策などが挙げられる。 また、施工時には浮き上がり変位、内空変位、クラック変位などの計測管理を行うことも、既設構造物の安全性を確認する上でも重要である。 <p>【既設発電所を稼働させた状態での発電機基礎他の解体方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> 発電機を運転しながらのコンクリート解体では、運転中の機器に対して影響を与えないよう施工する必要がある。 具体的な防音、振動対策としては、以下のように様々な対策工法が考えられ、現地の状況に応じて適切な工法を選定することが肝要である。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 大型ブレーカとコアボーリングの併用。 ✓ ワイヤソーイング工法と静的破砕剤による破砕。 	<p>【工事施工時の出水対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> ダムの改修工事に際し、影響度も高い出水時の対策について、過去の出水記録に基づく施工期間、方法、手順の設定が肝要である。 	<p>【コンクリート壊し技術、仮締切技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ゲート改修工事の施工方法のうち、特徴のある技術としてはピアコンクリートの取壊し技術とゲート取替期間中の仮締切技術が挙げられる。 ピアコンクリートの取壊し技術、仮締切技術に関しては、以下のように様々な施工方法が考えられ、現地の状況に応じて適切な工法を選定することが肝要である。 <ul style="list-style-type: none"> <コンクリート壊し技術> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ワイヤソー工法による縁切り掘削 ✓ 静的破砕剤、エア打撃式はつりによる制御掘削 <仮締切技術> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 主桁（H鋼）を堤体上流側に取り付け、その間に床材、止水パネルを設置 ✓ ピア上流に設置したターンバックル付き支保工で仮締切ゲートを固定 ✓ 仮締切ゲートの補強対策としてダム背面に補強アンカーを設置 	<p>【工事費低減に向けた新工法の採用】</p> <ul style="list-style-type: none"> 上述のとおり、その他水路工作物の改修にあたっては、仮設備工事が大規模になることが想定されることから、工事費削減に向けた新工法の採用はもちろんのこと、可能な範囲で発電が継続可能となる工法の選定が望ましい。

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
	<ul style="list-style-type: none"> ✓SD 工法(Slot Drilling Method)とワイヤーソーイング工法の併用 ✓コアボーリングとワイヤーソーイング工法の併用。 ✓コアボーリングとワイヤーソーイング工法の併用による切り出し後、ウォータージェットによる細部解体。 			
環境	<p>【希少動植物に対する保全措置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・移設を伴う発電所更新工事では、改変が伴うため、必要に応じて、自主的な環境調査の実施が必要であり、希少動植物などが確認された場合には、適切な保全措置を取らなければならない。 <p>【廃棄物（解体コン）の再利用方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水車・発電機の取替工事（単純更新）では、現位置の水車・発電機基礎を撤去する際、大量の解体コンクリートが発生するため、これらの材料を有効活用する方策検討が求められる。 ・具体例としては、解体コンクリートから再生骨材を製造し、現地で再利用する方法などが挙げられる。（利用先：空洞部充填、路盤材、埋戻しなど） 	<p>【希少猛禽類に対する保全措置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・比較的大規模な工事となることから、希少猛禽類に対する配慮や景観調和に対して配慮が必要となる。 <p>【廃棄物の再利用】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・工事で発生する撤去コンクリートの有効活用策が検討されており、本項目に限らず、今後は産業廃棄物の低減・有効活用が積極的に進められるものと想定される。 		
工期		<p>【工事期間の制約】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・河川工事が主体となることから、施工可能期間の制約は大きいものになる。 ・反面、溢水・減電のインパクトも大きくなることが想定されることから、工期短縮が一つの課題になるとも言える。 	<p>【工事期間の制約】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ゲート改修工事では、ダム運用に支障をきたさないよう、非出水期に工事を実施するケースが多い。 ・また、工事中の断水期間を短縮させるため、様々な工期短縮の工夫がなされている。 ・具体的には以下の事例などが挙げられる。 <ul style="list-style-type: none"> ✓扉体ブロック割りによる施工の効率化。 ✓現地状況に応じた資機材揚重設備として、自走可能な移動式クレーン（ラフテレーンクレーン）やジブクレーン台車などを採用。 ✓クレーン及びトラックが直接ゲート据付け箇所へ乗入れ可能な仮設構台を堤体上に設置。 ✓工程短縮工法として、戸当りコンクリートの撤去にワイヤーソーイング工法を採用。 	
材料		<p>【補修材料】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ダム構造に合わせて以下の事例のような材料が選定されている。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ダムエプロン補修において、高強度コンクリート、鉄板張工、レール埋張工、特殊鋳鋼板工を比較検討し、特殊鋳鋼板工を採用 ✓アスファルト遮水壁補修において、変形係数を合致させる配合により補修材料と既設材料を一体化 		<p>【補修材料】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水路改修時において、以下のとおり、その地点に特徴に合わせた材料が選定されている。 <ul style="list-style-type: none"> ✓磨耗が顕著な排砂路敷に古タイヤを活用 ✓炭素繊維による鉄管補強 など
安全				

表 参考資料－7 課題マトリクス 各マスの考察【災害リスク低減を目的とした更新事例】

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
工事計画		発電とダム運用を継続しながらの工事として計画され、工事中の河川水迂回および工事期間中の出水時の通水性の確保により災害リスク低減を図った事例で、転流の方法として既設発電用水路を活用し、仮締切には鋼製起伏堰（SR堰）において国内初採用となるダブルチューブ方式を採用した事例が見られた。		その他では、余水路の新設・改良により公衆災害リスク低減を図るものとして、仮設計画、レイアウトおよび計画流量等の工事計画に課題のある事例があった。
調査・設計				災害リスク低減を目的とした工事のうち、調査・設計に課題があったものとしては、減勢工の設計に関する事例が最も多く、他には地震時応答解析・応力照査に関する事例があった。 ・減勢工の設計 乱流を伴う三次元的現象の再現などには限界があることから、減勢工設置に際しては、抽出した全ての事例で水理模型実験により減勢効果を確認して、設計・施工が行われている。 減勢工の新設・改良においてはスペースの問題もあり、また、コスト面からも省スペースで減勢効果が得られるよう工夫されている。 ・地震時応答解析・応力照査 近年の社会的な防災意識の高まりの中で、大規模地震の発生を想定した防災対策の実施が求められている。大規模地震への対応は大きな課題であり、公衆災害および事業損失を防ぐため、発電施設の耐震性能照査およびその結果を基にした耐震対策が順次実施されている。調査範囲では、水路橋や調圧水槽の耐震評価の事例があった。
工法		災害リスク低減の中では「工法」は2番目に多く、広く設備全体に亘り検討されている重要な要素となっている。中でも、「ダム・調整池」は事例の多い設備要素である。 個別事例としては、工事中の河川水迂回と出水時の通水性確保ができる転流工（ダブルチューブ方式による鋼製起伏堰）、仮締切の設置をした事例が見られた。また、水門柱間に設置されている既設ゲート管理橋に高性能ダンパー装置を設置した事例が見られた。 近年、社会的な防災意識が高まっており、各事業者は自主保安の中で継続的な取り組みを行っている」と推察される。 また、大規模工事の期間中でも溢水電力への取り組みを強化しており、長期設備停止が困難な状況になっていると推察される。水力発電設備への依存度が高まる中、今後、益々、この傾向が強くなると考えられる。	災害リスク低減の中では「工法」は2番目に多く、広く設備全体に亘り検討されている重要な要素となっている。「ゲート」は事例件数が少ないがダムに係る設備であり、重要な設備要素といえる。 個別事例としては、取水口にグラウンドアンカー工等を実施した事例が見られた。 ダムの耐震性能評価については、経済産業省電気設備自然災害等対策WG に対する取組として各社とも照査完了を目途に順次進めているところであるが、近年の社会的な災害意識が高まっており大規模地震の発生を想定して各事業者は自主保安の中で継続的な取り組みを行っている」と推察される。	災害リスク低減の中では「工法」は2番目に多く、広く設備全体に亘り検討されている重要な要素となっている。「水路他改修」では、余水路や放水路に係る事例の多い。 多くの事例は、既設設備を利用しながらの近接施工が多く、個別事例としては、放水路トンネル付替工事で弾性波を利用した TSP 探査による破砕帯の有無や地山劣化範囲の確認および前方探査ボーリングによる地質状況の確認を実施した事例が見られた。また、水路橋の耐震補強では吊材の吊荷重や水路管変位のモニタリング管理を行いながら施工した事例が見られた。 これらの事例では施工性を満足させる新技術の採用や近接施工対策（騒音、振動対策、計測管理方法等）の高度化を図っている。 また、大規模地震に対する公衆災害、事業損失未然防止を目的に電気事業者が自主保安の中でL2地震動に対する耐震性能照査を行い、結果に基づく耐震対策を継続的に取り組んでいると推察される。
環境				「環境」の要素は、電力特有の要素であり、NEF の事例では確認されなかった。 個別事例としては、放水路トンネル付替工事で掘削ズリをコンクリート用骨材に再利用するとともに運搬能力の範疇で自然公園外へ搬出するなど公園内での残土処理量の低減を図った事例が見られた。 電力事業者が、自然公園内に多くの設備を所有し、法規制を受けやすい環境にあることが推察される。
工期				
材料				
安全				「安全」の要素は、電力特有の要素であり、NEF の事例では確認されなかった。 個別事例として施工環境が一般国道に隣接する作業であったり、資材運搬に営業用軌道を利用するなど第三者との距離が近くなっており、公衆災害に配慮してソフト面・ハード面双方での安全管理が行われている事例が見られる。 今後は、工程を重視しつつ、公衆安全・作業安全を確保するため、事前に安全対策を十分検討することが重要になることが推察される。

表 参考資料－8 課題マトリクス 各マスの考察【災害復旧を目的とした更新事例】

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
工事計画		災害に伴う設備損壊に対する復旧工法の選定にあたっては、災害要因解消に向けた機能強化を目的とした構造見直しや将来的な安全性や業務の省力化等を考慮した設備の最適化が図られている事例が見受けられる。 災害に起因した設備改修期を捉まえて、原型復旧にとどまらず、設備の簡素化や機能強化を行うことにより、将来的な災害リスクの低減を図り、設備投資の適正性を確保した改修がなされているものと推察される。		将来的な類似災害発生に備えた構造見直しや機能強化を図るとともに、採用する工法や仮設備計画については、経済性・施工性・工程短縮を考慮した効率的な復旧計画が策定されている事例が見受けられる。 災害復旧は、即時対応が求められるものの、このような状況下であっても経済性の確保は最重要課題であり、これを考慮した計画策定を如何に行うかが課題になるものと推察される。
調査・設計		災害に伴う設備損壊に至った原因究明や将来的な類似災害に備えた対策立案・効果検証にあたっては、解析技術を活用した調査・設計が行われている事例が見受けられる。 調査・設計段階における高度な解析技術の活用により、確実かつ早期の計画策定が可能となり、トータルコスト低減に繋がるものと推察される。		災害に伴う設備損壊に至った原因究明や将来的な類似災害に備えた対策立案・効果検証にあたっては、解析技術を活用した調査・設計が行われている事例が見受けられる。 調査・設計段階における高度な解析技術の活用により、確実かつ早期の計画策定が可能となり、トータルコスト低減に繋がるものと推察される。
工法		災害に伴う設備損壊箇所は、十分な施工条件が整っていない箇所（施工箇所が急峻山間地、アクセス道路が未整備等）が多いものと推測され、このような条件下で確実かつ早期の復旧工事を行うためには、現場条件に応じた工法選定が重要と考えられる。		災害復旧箇所における現場状況に応じて早期復旧が可能となる工法選定や運搬方法の検討を行い、将来的な類似災害を考慮した設備対策がなされている事例が見受けられる。また、施工途中に判明した不具合に対する対応が確実に図られている事例が見受けられる。 導水路経過地は広範囲に亘るため、施工条件は場所毎に異なり、施工場所に応じた対応が求められる。また、水路内作業は、狭隘であるため実施段階における計画変更が必要となる可能性が高く、搬入口の場所やアクセスの容易さ等に大きく左右されることから、事前の計画策定段階における検討を詳細に実施する程、実施段階での手戻りを低減できるものと推察される。
環境				
工期		災害復旧工事は限られた期間内で確実に行う必要があり、工法選定や使用材料等の工夫により、工程短縮が可能となる。		
材料		災害復旧工事を短期間かつ確実に施工可能な使用材料を選定し、併せて使用材料の適正性確認として長期に亘るモニタリングが行われている。 選定した使用材料の適正性確認を確実にすることにより、不具合事象の改善が図れ、これを繰り返すことにより将来的な技術促進・コスト低減が図れるものと推察される。		
安全		災害復旧工事期間中は、不測の事態に対応できるように日々の挙動監視システムを確立するとともに、作業中止基準を設ける等、ソフト面・ハード面双方での安全管理が確実にされている事例が見受けられる。 災害復旧工事は、通常の改修工事よりも危険な条件下での施工となる場合が多く、二次災害防止に向けた安全対策を確実に実施する必要がある。如何に早期かつ安全に復旧工事を実施できるかは、事前に安全対策を十分に検討することが特に重要であるものと推察される。		災害復旧工事期間中の安全確保を目的として、施工手順や使用材料の精査を踏まえたリスク低減、警報装置・防護施設設置等の設備対策および二次災害防止を目的とした日々の挙動監視システムの確立等、ソフト面・ハード面双方での安全管理が行われている事例が見受けられる。 災害復旧工事は、通常の改修工事よりも危険な条件下での施工となる場合が多く、二次災害防止に向けた安全対策を確実に実施する必要がある。如何に早期かつ安全に復旧工事を実施できるかは、事前に安全対策を十分に検討することが特に重要であるものと推察される。

表 参考資料－9 課題マトリクス 各マスの考察【水資源の有効活用を目的とした更新事例】

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
工事計画	発電所新設において、既設砂防堰堤や取水口等を有効活用することで、新設構造物を厳選し、経済的な工事計画を策定した事例がある。 ダム近傍での岩盤掘削において、ダムへの振動を低減するようバックホウ+大型ブレーカーの併用による掘削計画を採用したり、灌漑用水を利用した発電所新設において、工事中の灌漑用水を確保するため代替放流管を設置したりするなど、既設構造物への影響を低減するよう工事計画を策定した事例がある。	水位低下時の濁水対策として実施したダム堤体穴開けに際し、ダムの安定度および貫通部への応力集中度を評価することで、既設ダムの構造安定性を点検した事例がある。 取水ダム築造にあたり、既設発電所の運転を継続させるため、半川締切により注水口からの流水路を確保し、Ⅰ期・Ⅱ期に分割して施工するよう工事計画を策定した事例がある。	既設砂防えん堤におけるレイアウト上の制約を勘案し、一つの巻上機で二門のゲート操作が可能な「二段ゲート」を採用することで取水口ゲートの省スペース化を図った事例がある。	保安林内の作業許可条件を満足させるため、直線的な水槽～放水路のルートを見直し、掘削範囲を最小限に抑えるよう工事計画を策定した事例がある。
調査・設計	貯水位が変動する発電所において、既設発電所の減電量が最少となる開度調節方式を採用することで、発電所運転計画の最適化を図ったり、運開後 100 年が経過した発電所において、水圧鉄管の流用により工事費の低減を図ったりするなど、経済性に配慮した発電設備の構造設計や運用方法の検討を行った事例がある。			水圧鉄管の線形を、水車直前の曲がり角度を緩く、かつ鉄管長を短縮するよう設計することで、損失水頭を低減させ、出力増加を図った事例がある。 維持放流発電所増設において、調圧水槽を既設発電所と共有させる構造とし、水撃圧に対する安全性等を考慮した合理的な調圧水槽の設計を行った事例がある。
工法	既設設備の再開発・更新工事であることを反映して、既設設備との近接施工、既設設備の取り壊しにあたり、低振動型の重機を使用するなど、現場条件に応じた工法が採用されている。 既設水圧鉄管内部に新規鉄管を挿入するなど、既設設備を有効活用して、コスト低減を図った事例もある。			
環境	工事期間中の濁水・騒音の抑制、景観への配慮など、周辺環境への影響を低減する方策が採られている。 観光地としての景観や雰囲気損ねないよう、設備の色相に配慮した事例や既設設備の撤去で発生したコンクリート塊を破碎し、敷き砕石として再利用した事例がある。			
工期	交通規制を行った上での資機材搬出入に、制限がかかったことから、交通規制が不要となるよう仮設備計画を見直した事例がある。			
材料	水圧管路に「FRPM 管」や「高密度ポリエチレン樹脂製の内圧用高耐圧ポリエチレン管」、取水ロススクリーンに「FRP 製スクリーン」や「鉄道用レール」を採用するなど、現場状況に則した材料を用いることで、工事費の抑制が図られている。 既設のステンレス製の水圧管路と新設の鋼製管路との接合部に、防食防止対策として、耐酸性材料を塗装、絶縁スリーブ・パッキンを設置した事例がある。			
安全	作業の安全対策として、河川内に設置した仮締切内で実施する工事を非出水期に限定した事例、雪崩対策として、スノージェット構築や積雪に対応できるライナープレート構造を採用した事例がある。			

表 参考資料－１０ 課題マトリクス 各マスの考察【効率化・運用見直しを目的とした更新事例】

	① 発電所再開発	② ダム・調整池改修	③ ゲート改修	④ 水路他改修
工事計画	既設設備に接近しての施工となるため、既設設備への影響を考慮した工事計画を立案する必要がある。採り上げた事例では地下空洞の工事かつ発電運転中の施工であり、離隔距離の確保、飛散防止対策を行っている。	ダム管理業務の省力化を図るためにダムを改修する事例は生産年齢人口の減少という背景から近年事例が増えており、今後も類似の改修事例が予想される。既設ダムの改修は水回しの方法、現行法令への適応などの課題が存在する。		豪雪地帯は冬期間に現場までのアクセスが困難な場合があり、発電再開に人手を必要とする事象の発生を最小限にすることで発電停止時間を短縮し発電電力量を増加させる事例が見られる。
調査・設計	収益増大のための増電力、再開発コストの低減が課題となった。長期的な収支を検討し、水車発電機取替時に既設水圧鉄管の形状変更する事例や既設構造物の流用により再開発コストを低減するなど、条件によって最適解が異なると考えられる。	採り上げた事例ではダムの改修に伴い、放流能力を増大する必要性があった。1976年以前に設計洪水量を設定したダムの設計洪水量を変更する場合は1976年施行の河川管理施設構造令に準じた放流能力を有する必要がある。		複雑な形状の水路の通水能力は机上計算では正確に求めることが難しい。水理模型実験を行い、通水能力の見通しを立てた事例が見られた。解析技術の向上により、複雑な水路の特性を再現できることに期待したい。
工法	近接施工時には事前の調査、検討に基づく予測すること、施工時に種々の計測管理を実施し、既設構造物への影響、安全性の確認を行い、慎重な施工が行われる。			近接施工では既設構造物への影響を考慮し、工法を選定する必要がある。新技術を採用し、施工能率を低下させずに既設構造物への影響を低減させた施行例が見られた。新技術の活用は今後も推し進められるべきである。
環境		再開発・改修地点が法令の指定地域である、観光資源に近接しているなど、環境に配慮した構造物とすべき改修事例は存在する。自然公園内での改修事例では自然石の使用、自然石柄の型枠の使用が見られる。		
工期				
材料				
安全				