



水力発電設備の気候変動レジリエンス強化策

IEA Hydro Task 17

西内 達雄 (Task マネジャー)

December 2025

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17779682>



国際エネルギー機関と水力実施協定

国際エネルギー機関（IEA）は、あらゆる燃料と技術に焦点を当て、世界中の政府や業界に分析と政策アドバイスを提供することで、すべての人にとって安全で持続可能な未来の形成に取り組む政府間組織である。

実施協定は、エネルギー安全保障と持続可能性の未来は世界的な協力から始まるという信念のもと創設された。この協定は、政府、学界および産業界の数千人の専門家で構成され、共通の研究と特定のエネルギー技術の応用を推進することに尽力している。

IEA 水力実施協定

IEA 水力実施協定（IEA Hydro Technology Collaboration Programme (TCP) : 略して IEA Hydro）は、国際エネルギー機関（IEA）加盟国および世界規模で水力発電を推進することに共通の関心を持つその他の機関で構成される活動グループである。現在の IEA Hydro 参加国は、オーストラリア、中国、EU、フィンランド、日本、ノルウェー、スイス、アメリカ合衆国であり、マレーシアサラワク州環境局（Sarawak EB）がスポンサーとなっている。加盟国政府は、自ら参加するか、自国の組織を指名して執行委員会（ExCo）および活動グループ（Tasks）に代表として参加し、IEA Hydro の活動が行われている。また、一部の活動は、TCP と他の水力発電機関との共同事業である。

ビジョン

水力発電が社会的に望ましいエネルギー技術として確立され、世界的に認知されることを通じて、新たな水力発電の開発と既存の水力発電の近代化を推進する。

ミッション

啓発、知識の共有および支援を通じて、水力発電の開発と管理における水資源の持続可能な利用を促進する。

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

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

IEA Hydro は、活動計画を積極的に推進し、非 IEA メンバー国の参加拡大も奨励している。OECD

加盟国および非加盟国のすべての国が参加可能である。参加資格および研究活動に関する情報は、IEA Hydro のウェブサイト (<http://www.ieahydro.org>) をご覧頂きたい。

免責事項 : IEA Hydro は国際エネルギー機関 (IEA) の傘下であるが、機能面および法的には独立した機関である。IEA Hydro の見解、調査結果および出版物は、必ずしも IEA 事務局または個々の加盟国の見解や政策を反映するものではない。

表紙写真 : 耳川水系の山須原ダム (九州電力株式会社提供)

出典 : <https://doi.org/10.5281/zenodo.17779682>



目次

国際エネルギー機関と水力実施協定	i
謝辞	vi
略語一覧	vii
要旨	viii
1 はじめに	1
1.1 背景	1
1.2 タスク 17 の目的	1
1.3 タスク 17 のサブタスク	1
2 サブタスク 1：潜在的な自然災害と適切な対策	2
2.1 序論および概要	2
2.1.1 目的	2
2.1.2 作業範囲	3
2.1.3 活動内容	3
2.2 文献レビュー	3
2.2.1 国際水力発電協会の「気候変動レジリエンスガイド」	3
2.2.2 水力発電持続可能性同盟（HSA）の「水力発電の気候変動レジリエンスに関するガイド」	5
2.3 気候変動の影響に対する予防的対策を実施した水力発電所の事例研究	7
2.4 水力発電全般における気候変動の影響への対策	8
2.4.1 ヨーロッパアルプスにおける気候変動の影響	8
2.4.2 スイスおよびオーストリア	8
2.4.3 高山地域の事例	10
2.4.4 その他の国	10
2.4.5 気候変動によるその他の影響	10
2.5 結論	11
3 サブタスク 2：異常洪水による水力発電設備被害への減災対策	12
3.1 サブタスク 2 の目的	12
3.2 調査方法	12
3.2.1 作業範囲	12
3.2.2 サブタスク 2 の取り組み	13
3.2.3 アンケート調査と文献調査の方法	13
3.3 分析・評価の考え方と手順	13
3.3.1 基本的な考え方の整理	13
3.3.2 気候変動による異常洪水による具体的な災害事例	14
3.3.3 分析・評価の手順	14
3.4 日本の最近の災害	15

3.4.1	水力発電設備・洪水災害の一般的な傾向	15
3.4.2	アンケート調査の対象	16
3.4.3	一般アンケート調査の結果	16
3.4.4	水力発電設備・洪水災害の一般的な傾向	20
3.5	個別アンケート調査・文献調査に基づく分析	20
3.5.1	災害の整理	20
3.5.2	復旧工事の概要と気候変動へのレジリエンス強化の要素	22
3.5.3	レジリエンス強化策	22
3.5.4	レジリエンス強化対策を実施する上での課題	24
3.6	個別アンケート調査と文献調査から得られた教訓	25
3.7	気候変動へのレジリエンス強化に貢献するその他の新技術および取り組みの紹介	26
4	サブタスク 3: 貯水池の堆砂管理	28
4.1	サブタスク 3 の目的	28
4.2	調査方法	29
4.2.1	作業範囲	29
4.2.2	サブタスク 3 の取り組み	29
4.2.3	アンケート調査と文献調査の方法	29
4.3	日本における最近の堆砂管理	29
4.3.1	一般アンケート調査の対象	29
4.3.2	一般アンケート調査の結果	30
4.3.3	堆砂管理の一般的な傾向	32
4.4	個別案件アンケート調査・文献調査に基づく分析	32
4.4.1	堆砂管理の必要性の整理	32
4.4.2	堆砂管理方法の整理	34
4.4.3	堆砂管理の評価	37
4.4.4	堆砂管理実施上の課題	40
4.5	個別アンケート調査と文献調査から得られた教訓	42
4.6	優良事例の紹介	42
4.6.1	黒部川の連携排砂について（国土交通省、関西電力）	42
4.6.2	耳川水系の総合土砂管理計画の事例（九州電力）	47
5	参考文献	61
	付録 A：災害状況の整理（気象状況、被災の概要、被災箇所、被災要因）_サブタスク 2	62
	付録 B：復旧工事の概要と気候変動へのレジリエンス強化対策の要素_サブタスク 2	79
	付録 C：気候変動へのレジリエンス強化対策の事例別整理_サブタスク 2	87
	付録 D：気候変動へのレジリエンス強化対策の課題整理（事例別）_サブタスク 2	90
	付録 E：設備の概要_サブタスク 2	93
	付録 F：堆砂管理の必要性の整理_サブタスク 3	97
	付録 G：堆砂管理の方法の整理_サブタスク 3	106

付録 H：堆砂管理の効果と評価_サブタスク 3	117
付録 I：設備概要_サブタスク 3	128

謝辞

IEA Hydro のタスク 17 は、2021 年 3 月の第 38 回執行委員会で目標が承認され実施している。タスク 17 はスイスの協力を得て日本が主導し、サブタスク 1 はスイスが担当し、サブタスク 2 と 3 は日本が担当した。

タスク 17 では、気候変動に伴うリスクを特定し、気候変動に伴う洪水リスクへの対応として水力発電事業者が講じるべき対策を検討している。本調査は、国内外の水力発電事業者および公益事業体を対象としたアンケート調査と文献調査を通じて実施した。本調査では、水力発電設備が危険にさらされる可能性のある気候変動災害の事例を整理し、水力発電事業者が講じることができるリスク軽減策を特定している。

本調査の成果が水力発電事業者にフィードバックされ、世界的に拡大している気候変動による洪水リスクの軽減に貢献することを期待する。

この場を借りて、タスク 17 のメンバー、IEA Hydro 執行委員会事務局、国内委員会、専門委員会のメンバーおよび経済産業省の皆様へ感謝の意を表す。

西内達雄

IEA Hydro Task 17 タスクマネージャー

2025 年 12 月

略語一覧

AI	Artificial Intelligence
HS	Hydropower Sustainability
HSS	Hydropower Sustainability Standard
ICT	Information and Communication Technology
IEA	International Energy Agency
IHA	International Hydropower Association
IoT	Internet of Things
東北電力	東北電力株式会社
東京電力	東京電力リニューアブルパワー株式会社
中部電力	中部電力株式会社
北陸電力	北陸電力株式会社
関西電力	関西電力株式会社
中国電力	中国電力株式会社
九州電力	九州電力株式会社
電源開発	電源開発株式会社
PLN	Perusahaan Listrik Negara インドネシアの国有電力会社

要旨

近年、気候変動に伴うリスクは世界共通の懸念事項となっており、自然災害リスクの増大への懸念が高まる中、水力発電事業者は水力発電設備の安全確保と電力の安定供給という役割を果たすことが不可欠である。

サブタスク 1:本章では、気候変動によって引き起こされる可能性のある自然災害に焦点を当て、水力発電事業者が参照すべき設計基準、実施すべき緩和策を検討した。気候変動が水力発電設備に与える影響を評価し、その安全性を確保し、災害リスクを軽減するための積極的な戦略を特定するために、技術文書と事例研究を収集・検討した。

サブタスク 2:本調査は、気候変動の影響下における水力発電設備の災害復旧プロジェクトにおけるレジリエンス強化に焦点を当てた。気候変動に起因する災害に関する情報収集のため、アンケート調査と文献調査を実施し、復旧プロセスにおけるレジリエンス強化策を特定・整理した。

サブタスク 3:本調査は、気候変動の状況下における貯水池の堆砂管理に焦点を当て、貯水池の有効容量を維持し、効率的な発電運用を確保することを目的としている。堆砂管理の方法と技術を検討するためにアンケート調査と文献調査を実施し、堆砂管理の問題の分析と評価を通じて優良事例を収集した。

気候変動に起因する災害に対する具体的な予防策や設計基準を特定することは困難であったが、災害復旧対策に関する文献調査を通じて、気候変動へのレジリエンス強化に向けた具体的な対策事例が示された。これらの事例は、水力発電設備のレジリエンス強化に向けた貴重な参考資料となると考えられる。

さらに、サブタスク 2 および 3 において、同河川沿いに位置する水力発電所や貯水池に焦点を当てることで、総合的な管理の観点から、関係者の合意に基づく防災、有効な発電能力の確保、環境保全の推進を目的とした「河川整備計画」や「総合土砂管理計画」の重要性を認識することができる。

これらの計画と連携し、気候変動へのレジリエンスを高めるための対策を検討していくことが重要であるといえる。

この報告書において、4.6 項に記載の以下事例は、非常に有意義かつ洞察に富んでいると考える。

- 黒部川の連携排砂について（国土交通省、関西電力）
- 耳川水系の総合土砂管理計画の事例（九州電力）

1 はじめに

1.1 背景

近年、気候変動によるリスクは世界共通の懸念事項となっている。水力発電所も例外ではなく、気候変動による洪水被害への対応のため、長期間の運転停止を余儀なくされる水力発電所もある。水力発電設備を守るためには、水力発電事業者は潜在的なリスクを分析し、リスクを可能な限り低減するための予防措置を講じるとともに、気候変動によって引き起こされる新たなリスクに対して、改修工事などの洪水被害軽減対策を事前に講じておく必要がある。

また、気候変動に伴う氷河の後退や集中的な降雨により、貯水池への土砂流入量が増加する懸念もある。そのため、水力発電事業者は、貯水池容量を確保するために、貯水池の堆砂管理の更なる最適化を図り、発電機能を維持することが求められている。

1.2 タスク 17 の目的

タスク 17 の主な目的は次のとおりである。

このタスクでは、気候変動によって引き起こされるリスクを特定し、洪水リスクや気候変動によって引き起こされるその他のリスクに対して水力発電事業者が講じることができる可能性のある対策を調査する。

調査対象は、日本および海外の水力発電事業者とし、水力発電設備に危険をもたらす可能性のある災害の事例を整理し、水力発電事業者が講じることができるリスク軽減策を特定した。本調査には、各国における洪水被害を受けた水力発電設備の事例が含まれており、対策によるリスク軽減効果の分析・評価に基づき、それらを整理・体系化している。

調査の成果は水力発電事業者にフィードバックされ、世界中で拡大する気候変動による洪水リスクの緩和に貢献することを期待する。

1.3 タスク 17 のサブタスク

タスク 17 は次の 3 つのサブタスクで構成される。

サブタスク 1：潜在的な自然災害と適切な対策

サブタスク 2：異常洪水による水力発電設備被害への減災対策

サブタスク 3：貯水池の堆砂管理

2 サブタスク 1：潜在的な自然災害と適切な対策

タスク 17「水力発電設備の気候変動レジリエンス強化策」のサブタスク 1 は、気候変動の影響によって引き起こされる潜在的な自然災害の概要と水力発電設備の安全確認のための設計基準およびその他の対策をまとめている。具体的な内容は以下のとおりである。

- 気候変動が水力発電所に及ぼす影響の特定
- 水力発電所の潜在的な気候変動リスクの概要
- 起こりうる影響の予測
- 気候変動の影響に対するレジリエンス強化
- 先制的な対策と革新的な設計基準
- 予防措置を実施した水力発電所の事例紹介

2.1 序論および概要

このサブタスクでは、気候変動によって引き起こされる可能性のある影響の概要を提示するとともに、水力発電事業者が予防戦略によって、どのように水力発電設備を保護できるかについて検討している。具体的には、気候変動の影響下においても、発電および運用の安全性に加え、すべての設備、工作物等の安全性と健全性について調査を行った。このサブタスクで記述するのは、気候変動の影響による被害が発生する前に講じることができる、あるいは講じべき対策であり、その目的は、深刻な気候変動の影響が発生した場合に、被害を最小限に抑える、あるいは回避することにある。

なお、水力発電所の電力およびエネルギー生成に対する気候変動の影響については、本報告書では取り扱わないものとする。

2.1.1 目的

サブタスク 1 の目的は以下のとおりである。

気候変動は、水力発電所に対して直接的または間接的な様々な影響を及ぼす可能性がある。激甚化する洪水は、最も顕著かつ直接的な影響の一つであるが、気候変動によって引き起こされる影響はその多岐にわたる。水力発電所の所有者および事業者は、潜在的なリスクを理解し、水力発電設備の安全性と電力の安定供給を確保するための適切な措置を講じなければならない。水力発電設備は、適切な設計基準に基づき、異常洪水にも耐えうる設計とする必要がある。

設計基準は、気候変動の影響を考慮した最新の水文解析に基づき、定期的に見直しおよび更新が行われている。現行の設計基準を評価するためには、水力発電設備の洪水に対する安全性を脅かすおそれのある気候変動に起因した災害の一覧を作成する必要がある。洪水時の安全性に影響を及ぼす潜在的な新たな災害としては、洪水流量の著しい増加に加え、新たな土砂崩れの可能性や泥流を伴う氷河湖の決壊などが挙げられる。水力発電設備の安全性を確認するためには、これらの潜在的な自然災害を予測することが不可欠である。

本報告書では、気候変動によって引き起こされる潜在的な自然災害を要約して列挙し、水力発電設備の安全性確認に向けた設計基準の評価およびその他の緩和策の評価を提示する。

2.1.2 作業範囲

作業範囲は、以下のとおりである。

- 気候変動に起因する潜在的な自然災害の概要では、気候変動によって引き起こされる可能性がある洪水流量の推定をはじめ、地滑りや氷河湖決壊洪水（GLOF）によって発生する突発的な段波（進行波）などの潜在的なリスクについても取り上げる。
- 上記の影響や自然災害に対する水力発電設備のレジリエンスを高めるための技術的対策と設計基準について記述し、評価を行う。本レビューでは、ダムや洪水吐等の重要な水路構造物や発電機器の改修工事や設計基準についても取り上げる。

2.1.3 活動内容

主な活動内容は以下のとおりである。

- 大学、研究機関、河川管理者、または電気事業者などが発行する文献をもとに、気候変動に起因する潜在的な影響や自然災害に関する技術情報を収集・文書化し、精査する。気候変動によって引き起こされる想定洪水流量の増加を評価するとともに、入手可能な場合は、気候変動シナリオに基づく洪水流量の増加についても文書化する。
- 気候変動の影響を考慮した水力発電設備の設計基準の見直しに関する文献収集を試みたが、得られた情報はごくわずかであった。しかし、文献調査等から、水力発電事業者が過去の被害に基づき様々なリスクを想定し、独自にリスク軽減策やレジリエンス強化策を実施している事例が明らかになった。詳細は、本報告書 3.5「個別アンケート調査・文献調査に基づく分析」を参照のこと。

2.2 文献レビュー

2.2.1 国際水力発電協会の「気候変動レジリエンスガイド」

2019年、国際水力発電協会（IHA）は、水力発電セクター向けに「気候変動レジリエンスガイド（Climate Resilience Guide）」と題した優れた報告書を発表した。この報告書は、大規模な水力発電プロジェクトを支援する国際金融機関の支援を受け、IHAの水力発電コミュニティをはじめとする多くの組織や専門家の積極的な関与のもと作成されている。

IHAとIEA Hydroは、重複を避けるために活動の調整をしており、相互に協力・支援し合っている。よって、本報告書において詳細の記載は避けることとするが、「気候変動レジリエンスガイド」をダウンロードして参考資料としてご利用いただくことを推奨する。

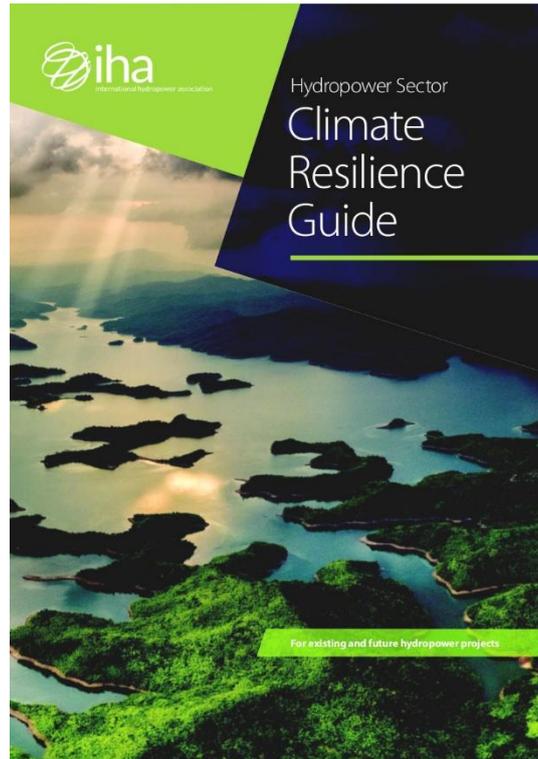


図 2-1 気候変動レジリエンスガイドの表紙、ダウンロード:

<https://www.hydropower.org/publications/hydropower-sector-climate-resilience-guide>

本報告書で提示する情報の一部は、IHA 報告書から引用し、追加情報や新たな視点を補足したものである。まずは、IHA 報告書の概要を示す。IHA ガイドで提示されている手法は、既存・新規を問わず、あらゆるタイプの水力発電プロジェクトに適用可能であり、対象範囲も限定されず、単独型のプロジェクトからカスケード型のプロジェクトまで幅広く適用可能である。また、その手法は段階的なステップで記述されている。

実施される各フェーズは次のとおりである。

- フェーズ 1：プロジェクトの気候リスクスクリーニング
- フェーズ 2：初期分析
- フェーズ 3：気候ストレステスト
- フェーズ 4：気候リスク管理
- フェーズ 5：監視評価と報告

各フェーズは、それぞれの目的と期待される成果の観点から記述され、その上で、各フェーズにおける具体的な手法が説明されている。

報告書の末尾には、考慮すべき最も重要な関連事項を列挙した一連の付録が添付されている。これらの情報は、調査対象となっている特定の水力発電所におけるチェックリストとして利用することができる。

報告書の付録 A では、水力発電計画の各構成要素に対する気候ストレス因子について記述されている。主な項目は以下のとおりである。

- 降水量と流量
- 気温
- 風
- 検討対象となる水力発電計画の具体的な構成要素：
 - 発電量（本書では、これ以上考慮されていない）
 - アクセス道路および現場事務所
 - ダムおよび付属設備（取水口、洪水吐、堆積物処理構造物を含む）
 - 貯水池
 - 発電所、放水路、開閉所
 - 水路（例：導水路など）
 - 電気機械設備
 - 送電線

ストレス因子と水力発電構成要素の各組み合わせについて、起こりうる影響が説明されており、その影響を評価するために使用できる指標および突発的で極端な事象から徐々に長期にわたるものまでのそれぞれの時間軸が記述されている。

報告書の付録Cでは、構造的および機能的な適応策の例を示している。ここでは、付録Aと同じ体系が用いられている。気候ストレス因子と水力発電計画の各組み合わせに対して、プロジェクトの構成要素に及ぼす潜在的な影響の例と、その構造的要素のレジリエンスを向上させるための潜在的な対策が示されている。

このガイドラインは、気候変動の影響、特に間接的な影響の現在および将来のすべての側面を網羅しているわけではないが、提供されているリストに新たな気候ストレス因子を追加することが容易にでき、それらを一般的な手法の中に組み込むことが可能である。

スイスを例に挙げると、過去数年間にわたり、気候変動で激甚化した大規模な洪水によって運ばれた流木（浮遊木質残骸）に関する研究が複数行われている。これらの流木は大規模な木材詰まり（ウッドジャム）を引き起こし、洪水吐の能力を低下させ、その結果、ダムの安全性にも深刻な影響を及ぼす可能性がある。この問題は、森林に覆われた集水域を持つ流れ込み式水力発電所と貯水式水力発電所の両方に関係する重要な問題である。

2.2.2 水力発電持続可能性同盟（HSA）の「水力発電の気候変動レジリエンスに関するガイド」

水力発電持続可能性同盟（HSA）は、2025年にIHAのメンバーであるAFRY社と共同で、水力発電セクター向けに「水力発電の気候変動レジリエンスに関するガイド（How to Guide Hydropower Climate Change Resilience）」と題した優れた報告書を発行した。

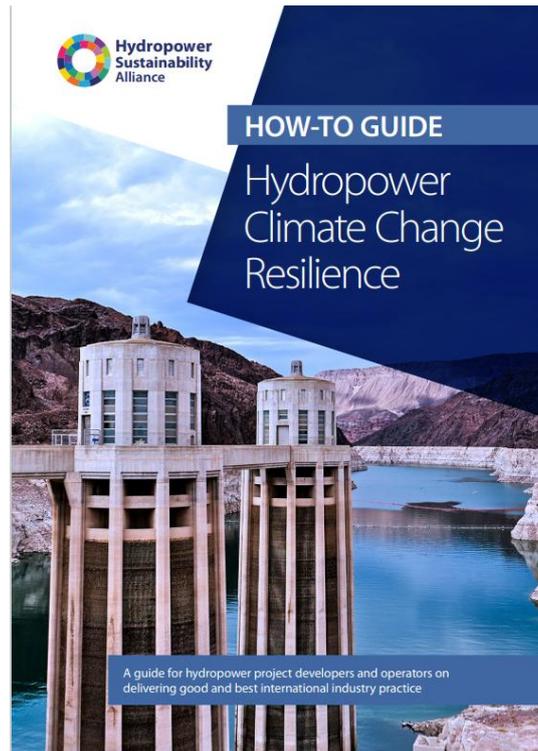


図 2-2 気候変動レジリエンスに関するガイドの表紙、ダウンロード:

<https://www.hydropower.org/publications/how-to-guide-on-climate-resilience>

この手引きは、IHA (2019) の既存のガイド「気候変動レジリエンスガイド」の改訂版である。このガイドは、水力発電持続可能性基準 (HSS-12) のパフォーマンス要件で定義されており、気候変動への耐性に関する業界の優れたベストプラクティスを満たす方法に関するガイダンスを提供することを目的としている。

このガイドは、HS 標準で示された概念をさらに発展させ、以下の目的を達成するためのプラットフォームを提供している。

- 開発者、所有者、または運営者が公式の HSS 評価に備えることを支援
- 開発者、所有者、または運営者を内部評価または自己評価を通じて指導
- HS トレーニングアカデミーが提供するトレーニング教材を改善
- HS 規格を国家ガイドラインや内部政策に採用するための地方規制当局や地域機関の制度的能力を強化

本書の第 4 章に記載されているステップ・バイ・ステップのガイダンスは、HSS の評価を受けるかどうかにかかわらず、水力発電プロジェクトの気候変動レジリエンスを個別に評価するためにも活用できる。

以前のガイダンス文書の主要な部分は、このハウツーガイドに統合されており、関連するデータソースへの参照が最新のものに更新されたほか、HSS を満たすすべてのプロジェクトに対し、気候変動レジリエンス評価および気候リスク管理を実施することが一般的な要件としても盛り込まれた。

以前のガイドから採用された主要な要素の一つは、気候変動レジリエンス評価のための段階的

アプローチであり、これにはボトムアップとトップダウンの要素を含む気候ストレステストが含まれる。このアプローチは、適応設計ソリューションを含むソフト対策およびハード対策の実施を通じて、費用対効果の高い気候リスク管理と段階的なレジリエンス構築を目指している。

また、このガイドは、気候リスク報告や企業のサステナビリティ報告の分野における他の既存のガイドラインについても言及している。具体的には、TCFD（気候関連財務情報開示タスクフォース）の提言や各経済圏で導入されている最新のタクソノミー規制などが含まれる。

このガイドは、プロジェクトの構想初期から詳細設計、建設、そして運用に至るまでのライフサイクルの各段階において、責任ある当事者が国際的な業界の良好慣行および優良慣行を満たすために従うべき手順とプロセスを提示している。さらに、耐用年数経過後の廃止措置や資源の循環性についても取り上げている。

なお、このガイドは以下の4つの章と8つの付録で構成される。

- 第1章 はじめに
- 第2章 水力発電における気候変動問題の理解
- 第3章：国際的な業界慣行の達成
- 第4章：戦略とアプローチ
- 付録1：参考文献
- 付録2：具体的な表
- 付録3：気候変動レジリエンス評価に必要な詳細レベルに関するガイダンス
- 付録4：不確実性の下での意思決定
- 付録5：ボトムアップアプローチに基づくストレステストの例
- 付録6：リスク登録簿とリスク適応マトリックスの例
- 付録7：高レベル統合地質災害評価の例
- 付録8：気候変動に関する国家および地域政策 - 例

さらに、ハウツーガイドは、個別の側面（評価、管理、適合性/コンプライアンス）と3つのライフサイクル段階（準備段階、実装段階、運用段階）を考慮して、水力発電持続可能性基準の一般的な構造を反映している。

2.3 気候変動の影響に対する予防的対策を実施した水力発電所の事例研究

IEA Hydro 内外の経験豊富な水力発電専門家に対し、気候変動の影響に対する予防的対策を講じた水力発電所に関する知見や経験があるか、個別の聞き取り調査が行われた。これらの専門家には、コンサルタント、研究者、多国間水力発電機関の代表者および多数かつ多様な水力発電資産を保有する水力発電事業者の主要な専門家が含まれている。その結果、気候変動の影響に特化した予防的対策が既に実施されている事例は、基本的には知られていないことが判明した。しかし、いくつかのケースでは、そうした対策に向けた調査が進行中であり、最終的には対策が実施されると推測される。以下に、そのような事例をいくつか紹介する。

2.4 水力発電全般における気候変動の影響への対策

水力発電所において、気候変動の影響に特化して実施された予防措置の事例は確認できなかった。そこで、本報告書では、計画中または既存の水力発電プロジェクトの気候変動に対するレジリエンスを強化するために、適応策の必要性を検討・調査する際のアプローチ事例を記載する。これは体系的な分析に基づくものではなく、本報告書の作成過程で特定された事例を収集したものである。

2.4.1 ヨーロッパアルプスにおける気候変動の影響

ヨーロッパアルプスで現在発生しており、かつ調査・検討が必要な気候変動の影響として、典型的な3つの側面がある。

- 流況の変化により、洪水や干ばつがより深刻化する傾向にある。
- 洪水により大量の流木が流れ込み、洪水吐を塞いで流水能力を低下させる可能性がある。
- 永久凍土の融解により、斜面や基礎岩盤が不安定化する。地滑り、落石、氷河の崩壊、雪崩が貯水池や山間の湖に衝突すると、ダムを越流させる可能性のある衝撃波が発生する可能性がある。
- 氷河の後退と土砂供給の増加傾向

河川流況の変化が発電量に及ぼす影響について、その「量」と「季節性」の両面から予測する研究は数多く存在する。しかし、この側面については、ここで提示する分析の対象外とする。

水力発電システムの特定の構成要素の健全性と安全性に脅威をもたらすその他の側面については、ヨーロッパアルプスをはじめとする地域における水力発電開発の初期から研究されてきた。これらは当初、気候変動の影響という観点からではなく、安全性および安定性に関する工学的で伝統的な側面として、山岳地帯の災害という観点から行われてきた。ヨーロッパアルプスにおける氷河融解は1850年代から続いているが、気候変動により、その変化と影響は著しく加速している。そのため、過去20年間、「気候変動」という側面は、この用語が存在する以前から既に確認されていたプロセスに付随するものであった。したがって、洪水や流下能力、斜面の安定性、貯水池への土砂流入といった現象が確認されることは、全く新しいことではない。気候変動はこれらの一部またはすべての側面を加速させており、問題に新たな側面をもたらしている。したがって、必ずしも新たな調査戦略や基準を確立する必要はないが、適用される基準は調整する必要があり、私たちが扱っているシステムが定常状態にあると仮定することはできない。

2.4.2 スイスおよびオーストリア

スイスでは、規制当局によりダムの安全点検を5年ごとに実施することが義務付けられている。この点検プロセスにおいて、気候変動の影響やその他の理由により、設計洪水量の再評価が必要と判断される可能性があり、その結果次第では、洪水吐能力の増強が必要となる場合がある。実際に再評価が必要と判断されたケースでは、既に複数の大規模ダムでこうした調査・対策の検討が進行中である。

同様に、ヨーロッパアルプスにおける典型的な気候変動の影響の一つである永久凍土の後退は、斜面の不安定化を引き起こす可能性がある。これにより、貯水池内への岩盤崩落による段波の発生や重要な水力発電インフラを直接脅かす地滑りを引き起こす恐れがある。こうした事象に関する調査も、現在さまざまな地点で進められている。

したがって、気候変動の影響に対するレジリエンスを強化するための適応は、スイスの規制当局によって管理されている現在進行中かつ継続的なプロセスである。

1963年に2,000人以上の死者を出したイタリアのヴァイヨントでは、貯水池周辺の斜面の不安定性に対する認識をさらに高めることとなった。ヴァイヨントでの災害後、大規模な地滑りが貯水池に突入した際の影響について、当時建設中だったゲパチュダムと貯水池（オーストリア）でのダム越水モデルの構築を含め、貯水池への大規模な地滑りを伴う斜面崩壊の影響がさらに詳細に調査された。それ以来、こうした不安定性は非常に慎重に検討されるようになっており、オーストリアのキュータイの新設ダムや揚水発電計画のための新設ダムと貯水池でも同様の調査が実施された。貯水池内への岩盤崩落によるダム越流の可能性について詳細な研究が行われ、そのような状況においてもロックフィルダムの安全性が確保されることが証明された。

スイスには貯水池の上流に氷河が多数存在し、氷河の一部が突然崩壊して大量の氷が急速に貯水池に流れ込み、段波を引き起こすリスクを検知するため、継続的な監視が行われている。具体例としては、モーヴォワザン（アクスポ、ジェトロ氷河）、マツマルク（アラリン氷河）、ラーゴ・ピアンコ（リパワ、カンブレナ氷河）などが挙げられる。

スイスのマッサ川では、アレッチ氷河の後退が原因で斜面の不安定が進んでおり、地滑りによって河川が堰き止められ、天然ダムが形成される恐れがある。このような天然ダムは、ひとたび満水になると越流し、最終的には（リビアのダルナで起きたような）ダム決壊による奔流を引き起こす可能性がある。このような波が下流のゲビデムダムと貯水池に与える影響については、すでに研究が進められている。このような状況では、天然ダムが決壊した際の奔流を貯留するために、貯水池の水位をあらかじめ下げておく必要がある。

現状は、潜在的な危険事象が特定・調査・分析され、可能な限り緊急時対応計画が策定されている。また、必要かつ可能な場合（建設中のダムなど）は、設計の調整が行われている。一方で、気候変動の影響に対するレジリエンス強化を主目的として、既存の水力発電所の構造を改修した事例は確認されていない。

過去20年間、貯水池の堆砂速度への関心が高まっているが、貯水池の堆積は常に進行している現象である。しかし、一部の貯水池は建設から50年以上経過し、堆砂がダム本体にますます近づいている現在、貯水池の堆積を観察、調査、定量化し、管理することがますます重要になっている。これは、新規貯水池の建設初期段階では、これほど高い関連性はなかったものであるが、氷河の後退が進むにつれて、多くの場合で浮遊粒子の流入速度が増加しており、少なくとも一部は気候変動に起因しているものと考えられる。

スイスのレパワー（Repower）社によるChlusプロジェクトでは、堆砂の運搬速度と量を評価するための詳細な調査が実施された。この調査で得られた知見に基づき、支流からの小規模二次取水口における沈砂池の設計が行われた。

2.4.3 高山地域の事例

ヒマラヤ、カラコルム、パミール、アンデスなどの流域の一部が氷河に覆われた高山地帯の水力発電所は、一般的な災害、とりわけ気候変動の影響に関して特別な注意を払う必要がある。地滑りによって引き起こされる洪水や多様な種類の突発洪水、特に氷河湖決壊洪水 (GLOF)、土石流、泥流によって引き起こされる洪水は、非常に大規模であり、発生源からはるか下流の河床に影響を及ぼす。従来、水文気象学および地質学または地質力学のベースラインデータは独立して調査されており、その空間的な調査範囲も限定的であることが多いのが実情である。しかし、泥流やGLOFなどの災害誘発のリスクは、気候変動の結果として増大している。これらは調査対象地点から数百キロメートル上流でも発生する可能性があるため、すべての水力発電プロジェクトにおいて、災害リスク管理の一環として総合的な地質災害評価 (IGA) が不可欠であると考えられるべきである。レイノルズ (2023) は、水力発電プロジェクトの初期計画段階から運転開始まで、あらゆる段階に適用可能な IGA の必要性と関連要素について述べている。より危険性の低い地域では、このアプローチを状況に応じて調整することも可能である。こうした分析の結果は、水力発電設備の設計改善、既存設備の改修、より優れたリスク管理計画、あるいは必要な保険適用範囲のより深い理解につながる可能性があり、レイノルズ (2023) の推奨事項を検討することを推奨する。

2.4.4 その他の国

本調査では、気象変動や関連事象に起因する異常洪水の事例を 47 件 (国内 37 件、海外 10 件) 記録した。詳細は、本報告書の 3.5 「個人アンケート調査・文献調査に基づく分析」を参照のこと。

2.4.5 気候変動によるその他の影響

気候変動の影響の中には、直接的な「洪水」や「地滑り」のように分かりやすいものだけでなく、間接的かつ潜在的であるために特定が困難なものが存在する。以下にいくつかの例を挙げる。

台風やハリケーンといった強力な影響を及ぼす気象パターンは、地球規模の循環パターンの変化により、従来の経路を変化させつつある。その結果、これまでこうした現象の影響を受けなかった地域が被害を受ける可能性があり、それゆえに自然システムおよび人工システムの双方が、そのような現象に耐えられるよう設計・整備されていない。例えば、ハリケーンの被害が頻繁に発生する地域の樹木や植生は、強風などの現象に耐えることができるのが通常である。しかし、新たな地域がこうした嵐に見舞われると、一部の植生は耐えることができず、根こそぎ倒されてしまう。その結果、極端な事象に「慣れている」地域で発生する規模をはるかに上回る、膨大な量の枯れ木や漂流物の発生につながる。

ダムやその他のインフラ設備には、多種多様なパラメータを継続的に監視し、構造物の挙動を監視する計測機器が備えられていることがよくある。気候変動の影響の一つとして、巨大なコンクリート構造物や天然の岩盤の温度が時間をかけてゆっくりと上昇する場合がある。コンクリート構造物のわずか 1 度の温度上昇でも、データ収集システムに記録される応力、ひずみ、または

たわみに顕著な変化が生じる。このような場合、その信号の原因がゆっくりと進行する温度上昇によるものなのか、あるいは構造物の異常を示唆する別の原因によるものなのかを判別することは、必ずしも容易ではないという課題がある。

2.5 結論

本調査は、水力発電所への気候変動の影響と予防的対策に関する技術文書および事例研究を収集・評価したもので、気候変動の影響が国や電力会社の規制や戦略において具体的に取り上げられている具体的な事例は見つからなかった。より予防的な対策が体系的に実施された後、将来の調査において検討可能な技術基準が整備されることを期待する。

3 サブタスク 2：異常洪水による水力発電設備被害への減災対策

サブタスク 2 では、気候変動を背景とした水力発電設備の災害復旧計画におけるレジリエンス強化に焦点を当てた。

3.1 サブタスク 2 の目的

気候変動による洪水被害リスクの増大が懸念される中、水力発電事業者は水力発電設備の安全確保と電力の安定供給のための対策を講じる必要がある。洪水被害の復旧工事においては、類似災害の予防対策も踏まえ、水力発電設備の復旧計画を策定し、早期に復旧することが求められる。計画の策定にあたっては、洪水被害の復旧工事において、被害の要因分析、設計・施工上の課題を踏まえ、経済性・施工技術等を考慮した調整を行う。

洪水被害の復旧は、豪雨などの外的要因による設備被害に対する事後保全工事であると同時に、将来の気候変動による被害を軽減するための予防保全も求められる。洪水被害を軽減するための予防保全として水力発電設備を更新する際には、将来の被害規模の拡大に備え、機能向上や安全性向上のための構造検討を行う。また、運転・保守における効率化・省力化の取り組み事例についても検証する。

これらの事例を収集することで、気候変動による洪水被害へのレジリエンスを高めるための対策を整理した。



図 3-1 九州電力川辺川第一発電所の浸水被害事例
(左：取水口の損傷、右：右岸斜面の拡大図)

3.2 調査方法

3.2.1 作業範囲

水力発電事業者が所有する水力発電設備（ダム、洪水吐、取水口、導水路、水槽・調圧水槽、水圧管路、発電所、屋外開閉所など）の洪水や土砂崩れによる被害および復旧工事の事例を対象

とした。

水力発電設備の更新工事においては、設備の健全性を維持するためのハード面（設備の更新・改造）のみならず、ソフト面（遠隔・自動制御、監視・巡回点検の強化）も調査対象とした。

これらの調査を通じて、設備の機能を維持し、気候変動による異常洪水に対する耐性を高めるための対策を整理した。

3.2.2 サブタスク2の取り組み

水力発電所の洪水被害復旧事例を収集し、復旧事例から得られた被害要因分析に基づき、経済性や施工技術を考慮した洪水被害復旧工事を分析・評価し、洪水被害復旧に関する調査、計画、設計、施工の課題を整理した。

洪水被害軽減のための水力発電設備の更新事例を収集し、水力発電事業者が水力発電設備の設計においてどの程度の洪水流量を想定していたか、また気候変動に対する水力発電設備更新計画において将来の洪水被害規模をどのように予測しようとしているかを調査し、水力発電設備の健全化に向けたハード面（設備の更新・改修）とソフト面（設備運用・保守の高度化）の課題を整理した。

上記の事例を収集することで、気候変動による洪水被害へのレジリエンスを高めるための対策を整理した。

事例収集はアンケート調査と文献調査を通じて行った。

3.2.3 アンケート調査と文献調査の方法

一般的なアンケート調査を通じて、日本における災害の現状や傾向を把握した。

水力発電事業者への個別アンケート調査や、日本の雑誌「電力土木」などの文献調査を通じて、気候変動による既存の水力発電設備の災害事例と復旧工事の事例を収集し、気候変動へのレジリエンス強化の観点から、復旧工事を分析・評価した。また、気候変動へのレジリエンス強化を目的とした復旧工事を、事例別、構造物の種類別に分類した。

3.3 分析・評価の考え方と手順

文献調査・アンケート調査を進めるに当たって、分析・評価の基本的な考え方と手順の整理を行った。

3.3.1 基本的な考え方の整理

サブタスク2で（異常洪水による水力発電設備への減災対策）のテーマにある異常洪水の考え方を整理した。

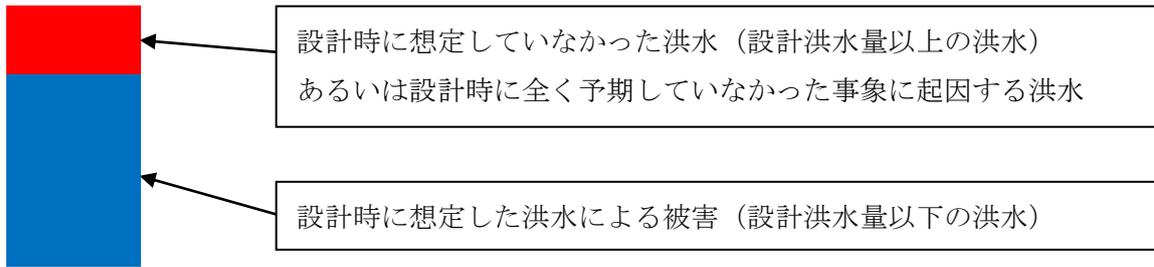


図 3-2 異常洪水の考え方

図 3-2 の赤い部分を異常洪水とみなす。気候変動によって引き起こされる異常洪水は以下のよう
に定義される。

- 計画洪水流量を超える洪水
- 全く予期していなかった事象に起因する洪水

3.3.2 気候変動による異常洪水による具体的な災害事例

図 3-2 の視点から、アンケート調査等に基づき、気候変動に起因すると考えられる異常洪水に
よる具体的な災害の事象を整理した。

表 3-1 異常洪水による具体的な災害

気候変動に起因する異常洪水	具体的な事象例
設計洪水量を超える洪水	①設計時の想定以上の洪水
予期せぬ箇所からの洪水あるいは土砂の流入	②上流からの土砂の流入 ③河川流域の斜面崩壊による河川のせき止め（水位上昇） ④水力発電設備周辺の予期せぬ場所からの大量出水、土砂流入 ⑤その他上流からの土砂流入

上記①～⑤より、具体的な事象、これらのリスクに対する対策、課題、想定される効果を整理
した。

3.3.3 分析・評価の手順

3.3.3.1 災害の整理

上記考え方を踏まえ、個別アンケート調査、文献調査事例に基づいた評価・分析を次のような
手順で整理して行くこととした。

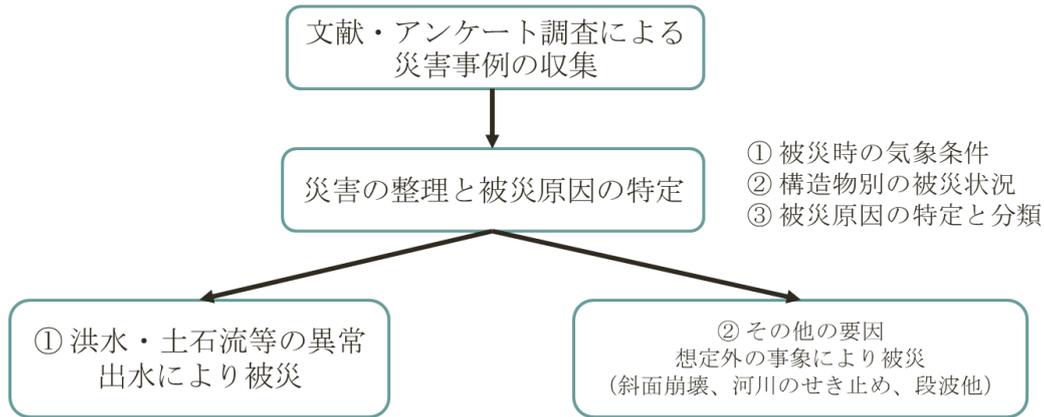


図 3-3 災害の整理

3.3.3.2 対策の整理

図 3-3 で整理された①、②の被害に対する対策工事を次の手順により強化を図っているか否かで整理する。

仮に気候変動への強化対策を含んでいれば、まさに気候変動へのレジリエンス強化対策であると言える。

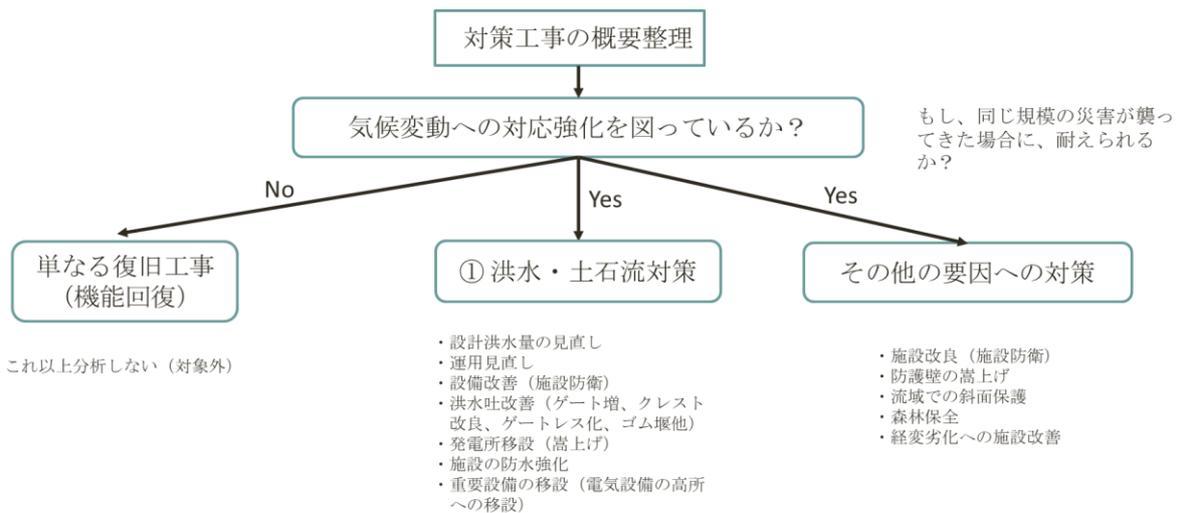


図 3-4 対策工事の考え方

3.4 日本の最近の災害

3.4.1 水力発電設備・洪水災害の一般的な傾向

水力発電設備・洪水災害の一般的な状況を把握するため、2021年10～12月にかけて水力発電事業者（5社）、電源開発および公営電気事業者を対象にアンケート調査を実施した。

3.4.2 アンケート調査の対象

(1) 対象期間

2000年4月から2019年3月までの過去20年間。

(2) 対象となる水力発電事業者

東北電力、東京電力、中部電力、関西電力、九州電力、電源開発、公営電気事業者

(3) 対象となる水力発電所

2020年3月31日時点における当該水力発電事業者が所有する全水力発電所の総数1,030か所を対象とした。

資源エネルギー庁包蔵水力表に記載の各社内訳数（多目的ダム等、他事業者との共同事業の発電所を除く、単独発電所（発電専用のダム・堰の発電所）とする）を対象とした。

表 3-2 調査対象となる発電所数

発電方式	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
貯水池式	1	3	6	3	5	15	5	38
調整池式	37	62	37	68	29	25	40	298
流れ込み式	153	86	146	76	104	1	102	668
揚水式	2	8	6	4	3	2	1	26
計	193	159	195	151	141	43	148	1,030

貯水池式 3.7%、調整池式 28.9%、流れ込み式 64.9%、揚水式 2.5%である。

3.4.3 一般アンケート調査の結果

3.4.3.1 洪水被害（土砂災害含む）を受けた発電所数

- 多目的ダム等、他事業者との共同事業の発電所を除く、単独発電所（発電専用のダム・堰の発電所）とした。
- 過去20年（2000年度～2019年度）以内とした。
- 電気関係報告規則に基づき報告した、電気保安年報記載（公営電気事業者の場合は電気保安統計記載）の洪水被害（土砂災害を含む）を起因とした水力発電所に限定した。

表 3-3 電気関係報告規則に基づき報告した電気保安年報記載の洪水被害（公営電気事業者の
場合は電気保安統計記載）

年度	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	合計
2000	0	0	13	N/A	0	0	0	13
2001	0	1	0	N/A	1	0	0	2
2002	0	0	0	N/A	0	0	0	0
2003	0	0	0	N/A	0	0	0	0
2004	0	1	0	N/A	1	0	0	2
2005	0	0	0	N/A	0	0	0	0
2006	0	2	0	N/A	0	0	0	2
2007	1	1	0	N/A	1	0	0	3
2008	0	0	0	N/A	1	0	0	1
2009	0	0	0	N/A	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	30	2	3	8	1	1	1	46
2012	0	0	1	0	0	0	0	1
2013	1	4	0	1	0	0	0	6
2014	0	0	0	1	1	0	0	2
2015	1	1	0	0	0	0	0	2
2016	3	0	0	0	0	0	0	3
2017	1	0	0	0	0	0	0	1
2018	0	1	0	1	0	0	0	2
2019	4	18	0	0	0	0	1	23
計	41	31	17	11	6	1	2	109

2000年から2019年（20年間）の水害発生件数は109件で、2011年に46件、2019年に23件と集中している。これを除くと、年平均は2.2件となっている。

2000年から2009年までは23件、2010年から2019年までは86件で、至近年に洪水被害が頻発・増加しているように見受けられる。

3.4.3.2 洪水被害（土砂災害含む）を受けた発電所における設備被害箇所・被害形態

被害箇所はダム/取水堰・洪水吐/土砂吐・取水口・沈砂池・導水路・調圧水槽/水槽・水圧管路・発電所・放水路・放水口等の土木設備に加え、屋外開閉所とし、発電所名は無記名として整理した。

洪水被害箇所・被害形態別では、堰堤、取水口、発電所、放水口が多い。

表 3-4 設備被害箇所

被害箇所	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
ダム/取水堰	22	8	9	0	0	0	0	39
洪水吐/土砂吐	0	3	0	2	0	1	0	6
取水口	28	10	3	0	2	0	0	43
沈砂池	2	1	2	0	0	0	0	5
導水路	3	5	6	3	3	0	0	20
調圧水槽/水槽	1	2	1	0	1	0	0	5
水圧鉄管	0	1	0	0	0	0	0	1
発電所	6	7	8	5	0	0	2	28
放水路	1	1	2	1	0	0	0	5
放水口	23	0	0	0	0	0	0	23
屋外開閉所	0	1	0	0	0	0	0	1
計	86	39	31	11	6	0	2	176

次に、被害箇所別に被災の形態を整理した。

「洪水による一部損壊」に該当する事例が多いが、この分類は、被災原因は特定されているものの、具体的にどの構造物が損傷したかが不明確な場合に使用されている。

表 3-5 ダム／取水堰における被害形態

被害携帯	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
洪水による一部損壊	22	0	0	0	0	0	0	22
堰堤一部損傷	0	0	3	0	0	0	0	3
堤体の損傷	0	8	0	0	0	0	0	8
堰堤上流護岸流失	0	0	1	0	0	0	0	1
堰堤土砂堆積	0	0	1	0	0	0	0	1
堰堤機器損傷	0	0	4	0	0	0	0	4
計	22	8	9	0	0	0	0	39

表 3-6 洪水吐／土砂吐における被害形態

被害形態	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
流木によるゲート損傷	0	0	0	2	0	0	0	2
ダム越流によるゲート損傷	0	0	0	0	0	1	0	1
エプロンとゲート敷等の損壊	0	3	0	0	0	0	0	3
計	0	3	0	2	0	1	0	6

また、取水口における被害形態に関する表を見ると、多くの事例が「土砂流入による閉塞」に関連していることがわかる。

表 3-7 取水口における被害形態

被害形態	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
洪水による一部損壊	11	0	0	0	0	0	0	11
降雨増水による損壊	0	0	0	0	2	0	0	2
擁壁や扉体等の損傷	0	8	0	0	0	0	0	8
土砂流入による閉塞	17	2	0	0	0	0	0	19
土砂堆積	0	0	1	0	0	0	0	1
機器損傷	0	0	2	0	0	0	0	2
計	28	10	3	0	2	0	0	43

表 3-8 沈砂池における被害形態

被害形態	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
洪水による一部損壊	2	0	0	0	0	0	0	2
擁壁の損壊	0	1	0	0	0	0	0	1
壁損傷	0	0	1	0	0	0	0	1
機器損傷	0	0	1	0	0	0	0	1
計	2	1	2	0	0	0	0	5

表 3-9 導水路における被害形態

被害形態	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
地盤崩壊による一部損壊	2	0	0	0	0	0	0	2
斜面崩壊による土砂流入 ／落石に伴う被害	0	0	0	0	2	0	0	2
流木、土砂による損壊	0	0	0	3	0	0	0	3
上部河川氾濫による流水 に伴う損壊	0	0	0	0	1	0	0	1
擁壁等の損壊	0	5	0	0	0	0	0	5
土砂流入による閉塞	1	0	0	0	0	0	0	1
機器損傷	0	0	6	0	0	0	0	6
計	3	5	6	3	3	0	0	20

表 3-10 調圧水槽/水槽における被害形態

被害形態	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
洪水による一部損壊	1	0	0	0	0	0	0	1
斜面崩壊による土砂流入、 損壊	0	0	0	0	1	0	0	1
機器損傷	0	0	1	0	0	0	0	1
擁壁等の損壊（余水路）	0	2	0	0	0	0	0	2
計	1	2	1	0	1	0	0	5

表 3-11 水圧管路における被害形態

被害形態	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
鉄管及び固定台の損壊	0	1	0	0	0	0	0	1
計	0	1	0	0	0	0	0	1

発電所における損傷に関する表を見ると、多くの事例が「浸水による電気設備故障」に関わるものであることがわかる。

表 3-12 発電所における被害形態

被害形態	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
浸水による電気設備故障	6	7	7	4	0	0	2	26
土砂崩落に伴う河川増水 による発電所損壊	0	0	0	1	0	0	0	1
ドラフト内土砂堆積	0	0	1	0	0	0	0	1
計	6	7	8	5	0	0	2	28

表 3-13 放水路における被害形態

被害形態	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
土砂流入による閉塞	1	0	0	0	0	0	0	1
流木、土砂による損壊	0	0	0	1	0	0	0	1
護岸の損壊	0	1	0	0	0	0	0	1
余水路減勢工損傷	0	0	1	0	0	0	0	1
余水路出口土砂堆積	0	0	1	0	0	0	0	1
計	1	1	2	1	0	0	0	5

表 3-14 放水口における被害形態

被害形態	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
土砂流入による閉塞	17	0	0	0	0	0	0	17
ゲートの損壊	6	0	0	0	0	0	0	6
計	23	0	0	0	0	0	0	23

表 3-15 屋外開閉所における被害形態

被害形態	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
基礎流出による損壊	0	1	0	0	0	0	0	1
計	0	1	0	0	0	0	0	1

3.4.4 水力発電設備・洪水災害の一般的な傾向

上記アンケート調査によれば、水力発電設備の災害については、一般的な傾向として次のようなことが推察される。

- (1) 2000年～2009年で報告が23件、2010年～2019年で86件となっており、2010年以降災害が毎年発生し、報告件数も増加している。

これは、2019年9月台風15号による大雨、暴風雨や、2011年7月新潟・福島豪雨の際の大きな被害の発生が、災害報告件数の増加原因であるように見受けられる。

- (2) 被害発生箇所は、取水口(43件)、ダム・取水堰(39件)、発電所(28件)、放水口(23件)が多く、次いで導水路(20件)と続いている。

各設備における、以下のような被害が大部分を占めている。

- 取水口における被害は、「土砂流入による閉塞」「洪水による一部損傷」
- ダム・取水堰における被害は、「洪水による一部損壊」
- 発電所における被害は、「浸水による電気設備故障」
- 放水口における被害は、「土砂流入による閉塞」

- (3) 上記(2)より洪水・土石流による被害は上流から下流の順で被害が集中する傾向にある。

上記の被害の詳細な状況を調査するため、文献調査を実施した。その結果は以下に示す。

3.5 個別アンケート調査・文献調査に基づく分析

3.3節で述べた基本的な考え方と手順に従い文献調査を実施し、分析・評価を行った。

3.5.1 災害の整理

文献調査により得られた国内27件、海外10件、および個別質問票調査により収集した国内10件の計47件の災害情報を収集し、災害発生時の気象状況、災害の状況、災害原因、被災地域について整理した。気候変動に起因する災害である47件全てについて、原因を分類した結果を表3-16に示す。

表 3-16 気候変動に起因すると考えられる災害の要因

①計画洪水流量を超える洪水	②予想外の箇所からの洪土砂流入	①+②の複合的災害	合計
26	3	18	47

災害発生時の気象状況、災害の状況・原因、被災地域の概要は、付録Aに示されている。

国内外文献調査および国内個別調査で検討した全47事例のうち、気候変動へのレジリエンス強化の要素が認められない事例が8事例確認されたため、本研究の対象から除外した。

したがって、残りの 39 事例を分析することで、気候変動に対するレジリエンス強化策についての知見を得ることができる。

付録 B には、全 39 事例の修復工事の概要と気候変動に対するレジリエンス強化の要素が示されている。

次に、発電タイプ別の被災状況を整理した。

表 3-17 構造物別被災状況（流れ込み式）

構造物	被害概要	発電所名
堰・ダム	①えん堤、取水堰、ダムの損傷	①永松、下台、犀川、熊川第一、島
	②浸水による機器故障	②称名川第二
	③土石堆積	③称名川第二
取水口	①取水設備の損壊	①川辺第一、湯之谷、羽根尾、玉野、佐見川、葛根田第二
	②土石堆積	②称名川第二
	③余水路地表部洗掘	③先達
導水路	①土石流による閉塞および損壊	①下台、太田川、熊川第一
鉄管	①鉄管法面の崩壊	①先達
	②水圧鉄管管理橋	②永松
発電所	①発電所冠水および浸水	①先達、湯之谷、早戸川、道志第四
	②水車に土砂流入	②太田川
	③土砂崩れによる全壊	③長殿
	④発電所の護岸損壊	④羽根尾
放水路	①護岸の一部損壊	①永松

表 3-18 構造物別被災状況（調整池式）

構造物	被害概要	発電所名
堰・ダム	①洪水吐ゲートの損傷	①滝
	②浸水によるダム管理設備の被災	②新菅原
取水口	①土砂流入による閉塞	①滝、宮下
	②取水設備の被災	②湯山
	③取水堰基礎部および護岸部の洗掘被災	③須川
発電所	①発電所の浸水および冠水	①新猪谷、山須原、大津、滝、新黒部川第二
	②護岸損壊	②大津
放水路	①土砂流入および堆積	①大津、滝
	②制水ゲート開閉装置の冠水	②新猪谷

表 3-19 構造物別被災状況（貯水池式）

構造物	被害概要	発電所名
発電所	①発電所冠水	①上椎葉、塚原
	②開閉所浸水	②上椎葉

3.5.2 復旧工事の概要と気候変動へのレジリエンス強化の要素

本節では、3.3 節で概説した方法に従い、各事例における復旧工事の概要を整理し、さらに気候変動へのレジリエンス強化対策を抽出するため、気候変動へのレジリエンス強化を図る際のアプローチを次の3点からスクリーニングし、そうしたアプローチが含まれている事例を気候変動へのレジリエンス強化を図っている事例として抽出した。

(気候変動へのレジリエンス強化を図る際のアプローチ)

- ① 将来の洪水リスクを想定し、見直しを行っているか？
- ② 水力発電設備について、将来のリスクを想定し、更新改造工事を行っているか？
- ③ 将来のリスクを想定し、運転・保守管理の見直しを行っているか？

上記結果を表 3-20 に示す。

表 3-20 気候変動に対するレジリエンス強化事例数

	①将来の洪水リスクを想定した見直し	②将来のリスクを想定した更新改造工事の実施	③運転・保守管理の見直し	④レジリエンス強化の要素なし(検討対象外)
国内	21	29	5	4
海外	4	3	1	4
合計	25	32	6	8

注:レジリエンス強化の要素については、複数回答を許容している。

3.5.3 レジリエンス強化策

前節で選別した 39 事例について、気候変動に対するレジリエンス強化策を災害原因(設計洪水量を越えた災害、予期しない出水・土石流による災害)別に整理した。その結果は付録 C に示す。また、気候変動に対するレジリエンス強化策を構造物別に再整理した結果を表 3-21 に示す。

表 3-21 気候変動へのレジリエンス強化対策

構造物	設計洪水量を越えた災害	予期しない出水・土石流による災害
全体	<ul style="list-style-type: none"> 設計洪水量の見直し（各河川固有の河川整備計画と整合させる） 計画堆砂勾配を設定（この条件での背水計算により道路、護岸等の対策を立案） 流入予測システムの導入 	<ul style="list-style-type: none"> 各河川固有の河川整備計画と整合した改修計画とする
調整池、貯水池	N/A	<ul style="list-style-type: none"> 河川整備計画と整合した調整池内の継続的な浚渫の実施 河川整備計画と整合した調整池内護岸、導流壁等の整備
取水設備（取水堰、取水ダム、取水口）	<ul style="list-style-type: none"> 取水堰の拡幅（流下能力の向上） 橋脚廃止、ピア廃止（流積拡大） 取水堰ゲートの廃止 → SR 合成起伏堰に変更（流下能力向上、流木対策、運用簡素化） 固定堰の廃止 → SR 合成起伏堰に変更（流下能力向上、流木対策、運用簡素化） 越流長の拡幅（流下能力向上） 取水ダム越流部摩擦部分を耐摩耗鋼板で強化（洗掘防止） 取水ダム水叩き部分の強化・破損防止（洗掘防止） 取水堰護岸の嵩上げ 各種操作盤を高所に移設（ゲート操作、測水用等） 固定堰の廃止 → ゴム布引製復帰堰に変更（流下能力向上、流木対策、運用簡素化） 取水口護岸の補強（大型ブロックを採用） 	<ul style="list-style-type: none"> 除塵機操作盤を高所に移設 チロリアン式取水口への改修（前面堆砂による取水不能防止） 制御機器の高所への移設 運転保守の見直し 取水制御機能のスリム化
洪水吐	<ul style="list-style-type: none"> ゲート巻き上げ室を高所に移設（操作盤機器の水没防止） 越流天端の切り下げ（流下能力向上） 洪水吐ゲートの廃止し、越流天端の嵩上げ、越流長延伸しゲートレス化（流下能力向上、流木対策） ピア廃止（流積拡大） 洪水吐ゲートの改良（中央 2 門を廃止し、越流部分を切り下げ、クレストローラーゲート 1 門を設置） 洪水吐ゲートの改良（中央 4 門を廃止し、越流部分を切り下げ、クレストローラーゲート 2 門を設置） ゲート操作盤の高所への移設 	<ul style="list-style-type: none"> 余水吐ゲートの改良 取水制御機能の簡素化 洪水吐ゲートの改良（中央を廃止し、越流部分を切り下げ、クレストローラーゲートを設置）
導水路・水路	<ul style="list-style-type: none"> 余水吐の補強（重力コンクリート擁壁に変更） 水圧管路の移設 	<ul style="list-style-type: none"> 水圧管路周辺の雨水排水処理能力強化 導水路に沿った沢水対策強化 水槽・余水路への土砂流入防止のため蓋を設置 周辺地山の崩壊防止のためのコンクリート擁壁の設置
発電所	<ul style="list-style-type: none"> 水密性向上（ウレタン樹脂材注入、防水扉の設置） ケーブルダクトの閉塞 冠水防護壁の設置（冠水防止） 敷高の嵩上げ 電源関連機器の上部階への移設（浸水防止） 屋外開閉所周辺に冠水防護擁壁設置 発電所進入路の整備 発電所の高所への移設 発電所建屋地下 3 階フロアに逆流防止弁を設置（浸水防止） 排水ピットの機能改善 変電所の嵩上げ 	<ul style="list-style-type: none"> 発電所防水壁の嵩上げ 発電所の防水対策強化（防水扉設置、浸水防止のための電動弁（給排気系）設置） 発電所上流に根固めブロック設置 発電所外壁補強（補強アンカー設置） 発電所進入路背面の斜面補強（グラウンドアンカー工）の実施 水密性向上（排水ポンプ出口の壁孔隙間を埋めた） 構造物周辺の排水処理能力の向上 換気扇開口部の閉塞（水の侵入防止） 換気ルートの変更（水の侵入防止）
放水口・放水路	<ul style="list-style-type: none"> 放水位の見直し 放水口ゲートの設置（発電所への浸水防止） 放水口防護壁の嵩上げ 導流壁の強化（減勢効果を高め下流の洪水被害の低減） 放水庭構造の見直し（越流しないような構造に改める） 放水庭の嵩上げ 放水口と下流発電所の取水口を直結させる（カスケードされた発電所の洪水被害の低減策） 放水池制水ゲート開閉装置の設置スラブの嵩上げ（操作盤の浸水防止） 放水路の移設 放水路の補強（転圧コンクリート上にさらに鉄筋コンクリートを敷設） 	<ul style="list-style-type: none"> 放水口開口部の暗渠化（土砂流入防止） 放水庭護岸の嵩上げ 放水口を出水土砂の影響を受けない下流の調整池内に移設し、放水路トンネルを建設

3.5.4 レジリエンス強化対策を実施する上での課題

ここでは、気候変動に起因する異常洪水による災害からの復旧対策を実施する上での課題の整理を行った。復旧対策を行う上で多くの水力発電事業者は、再び同様な災害を起こさないように気候変動へのレジリエンス強化を図っている。

また同時に水力発電事業者として、対策工事を実施する上で、最も経済的な方法で行うことが前提条件となっている。

具体的には、下記を慎重に検討した上での復旧対策となっている。

- ① 工事費の縮減
- ② 復旧工事期間の短縮
- ③ 発電事業に与える影響の最小化（発電減の最小化）

こうした前提条件を踏まえた上で、復旧対策の課題を計画段階と実施段階に分けて整理した。

(1) 復旧対策の計画段階での課題

対策工事を立案する上で、設計洪水量あるいは設計洪水位の見直しが必要な場合には、行政の進める河川整備計画等の上位計画と整合性を図る必要がある。また、見直された設計洪水量を安全に流下させるため、洪水吐、取水設備、導水路、発電所、放水路等についても適切な対策を立案する必要がある。

こうした対策の立案に当たっては、河川管理者のみならず、流域の地権者等、利害関係者も含めた委員会等を設立し、関係者からの合意を得た上で進められているものが、文献調査の中では多く見受けられた。

また、水力発電設備の中には、国立公園や観光地の中に位置するものがあり、こうした場合には、観光シーズンを避けた工事期間の設定し、景観や濁水、騒音、大気汚染防止など環境配慮を行った事例が見受けられた。

(2) 復旧対策の実施段階での課題

水力発電設備の多くは山奥に位置するため、インフラが未整備でアクセスや機材搬入が困難であったケースも見受けられた。さらに被災した後の復旧工事であるため、アクセス道路が流失していたり、斜面崩壊によりアクセス道路が寸断されたり、斜面崩壊防止を行ってからでないとアクセス困難なケースも見受けられた。

また、工事の実施に当たっては、十分な工事用地の確保が困難であるため、大型機械や重機が使用できなかったケースや、コンクリート打設のための長い配管が必要となったケースもあった。

一方、本来は設計洪水量を見直し、その結果に基づき水力発電設備自体を改造しなければならないケースで、既存の構造物の一部取り壊し改造が困難な事例も多く見受けられた。

こうした場合には、新たな設計洪水量が再度発生した場合に、再度同じ規模の被災を防止するため、周辺の遮水壁の嵩上げ、構造物自体の水密性の向上、操作盤等の電気系統の防水性能向上等による減災対策が実施されていた。

また、多くの事例において、復旧対策工事と同時に、河川環境の改善が同時に事例も多く散見された。

復旧対策工事を実施するにあたっての課題を表 3-22 に整理した。また、気候変動に対するレジリエンス強化策を実施する際のケース固有の課題を付録 D に示す。

表 3-22 レジリエンス強化対策と実施上の課題

対策工事のステージ	課題
1. 対策工事の計画立案	
① 行政との調整	河川整備計画との整合 <ul style="list-style-type: none"> 適用法令（河川法、環境影響評価法など）の遵守
① 地域との調整	地域利害関係者、地権者等からの合意（了解）の取り付け
2. 対策工事の実施	
① 立地条件に起因する課題（国立公園内、観光地等）	各種環境への対策が必要 <ul style="list-style-type: none"> 動植物・魚類等への配慮 濁水発生防止 騒音、大気汚染防止 交通問題（安全、渋滞、事故防止等の対策）
	施工時期（観光シーズン不可） <ul style="list-style-type: none"> 景観配慮等
	施工方法等への規制 <ul style="list-style-type: none"> 大型機械、重機等の利用制限
② 気象条件に起因する制約	施工時期 <ul style="list-style-type: none"> 出水時期（渇水期に工事を限定） 豪雪時期
③ 地形やインフラ整備状況による制約	インフラの未整備・アクセス困難
	工事用地がない、狭い <ul style="list-style-type: none"> 施工方法の制約、大型機械、重機等の利用制限
④ 被災状況による制約	アクセス道路の流失
	斜面崩壊の危険がある <ul style="list-style-type: none"> 斜面崩壊防止を図った上での復旧工事
⑤ 構造物改善の困難性	本来であれば設計洪水量を見直し、安全に流下させるような構造に改善すべきであるが、構造物によっては変更（取り壊し）が困難な事例もある。その場合、同規模な洪水が発生した場合にも、可能な限り災害が小さくなるよう、水密性の向上、防水壁の改善等による減災措置によらざるを得ない場合もある。
⑥ その他（廃材の活用）	工事で発生した砕石、残土の活用

3.6 個別アンケート調査と文献調査から得られた教訓

気候変動に対するレジリエンスを高めるための対策は表 3-21 に示すとおりである。様々な対策が検討されているが、気候変動による異常洪水によって生じる洪水量や洪水位にどう対処するか、このような異常洪水をいかに安全に排水するかが課題となる。

この問題に対処するには2つのアプローチが考えられる。

(1) 新たな異常洪水に対して構造物の改良により対応できる場合

構造物の改良により異常洪水に対して適切な対策を講じることができる。

(2) 様々な制約により構造物の改良が不可能な場合

水力発電設備の多くは、地形的制約、構造物の解体の難しさ、コスト制約などにより構造物の改良が困難な場合が多く、このような場合には、異常洪水を安全に排水することが困難である。再び同規模の異常洪水に遭遇すると、再び浸水被害が発生するが、このような洪水の影響を可能な限り最小限に抑えるための減災対策を実施することが極めて重要である。

サブタスク 2 の調査では、電気設備の浸水による被害（制御不能）の防止が減災対策として有効であることが示された。このことから、以下の点を考慮する必要があることがわかった。

- 洪水時の浸水を避けるため、発電所内のゲートやその他の電気機器の制御盤を高所に移設する
- 水力発電所設備への水の浸入を極力防止する（水密性の向上）
- 水力発電設備周辺の排水能力を高める

3.7 気候変動へのレジリエンス強化に貢献するその他の新技術および取り組みの紹介

気候変動に起因する水力発電設備へのリスクに対し、レジリエンス強化対策を文献調査等により抽出し整理した。本節では、文献調査の中では取り上げることはなかったが、様々な研究発表等を通じて、レジリエンス強化に資すると考えられる研究事例等を紹介する。

- アンサンブル予測雨量を用いた洪水時ダム操作における操作決定方法に関する研究^[5]。
洪水時のダム操作において利用される予測雨量は、一つの初期条件・境界条件等に基づく確定的な予測雨量が従来から用いられてきている。予測雨量の精度は予測技術の進展に伴い向上してきており、これからも向上することが期待される。しかしその一方で、予測誤差を完全に無くすことは難しく不確実性が不可避であると考えられるため、洪水時ダム操作における予測雨量の活用においても、従来の確定的な予測雨量に基いて操作を決定するのではなく、予測雨量の不確実性を考慮して操作を決定する必要がある。本研究では、洪水時のダム操作の中で、操作の実施判断において予測雨量が必要となる活用水位からの事前放流操作、洪水貯留準備水位からの事前放流操作及び特別防災操作を対象として、近年利用可能となりつつあるアンサンブル予測から得られる不確実性情報を考慮した操作決定方法を示す。その方法を用いて過去洪水についてダム操作シミュレーションを実施した結果、方法の適用性が概ね確認された。
- アンサンブル降雨予測情報の発電ダム貯水池高度運用への適用検討（特集 新技術・新工法）^[6]

既存の水力発電所の発電量増加策として、洪水時だけでなく平常時も含めた水系全体のダム貯水池の協調操作に長期アンサンブル降雨予測を活用することについて評価を行った。大井川ダム貯水池の運用シミュレーションを実施した結果、河川システムにおいては、従来の予測に基づく運用に比べて水力発電量が増加する可能性があることが確認された。

- ダム流入量予測の精度向上および発電運用最適化技術の高度化の取り組み^[7]

発電電力量を増加させるため、ダムへの流入量予測技術の高度化と、以下の技術を組み

合わせ発電運用の最適化に取り組んでいる。

気象観測、予測技術、積雪・融雪モデル、流出予測モデル、IoT 技術、最適化計算手法。

- ダム下流の洗掘現象のモニタリングに関連した下流河床水位測量の高度化に関する事例報告^[8]

ダム下流の河床は、礫でできており、流量、ダム下流の水位、ゲート操作の順序、旋回流の発生、そして上流からの土砂供給状況などによって大きく変化する。出水後の下流河床水位の高精度モニタリングは、洗掘状況を把握するための最も重要なデータである。モニタリングは、マルチビーム測量、シングルビーム測量、全地球航法衛星システム (GNSS) 測量、トータルステーション (TS) 測量、無人航空機による航空写真測量 (UAV)、河川状況の観測など複数の手法を組み合わせられて実施された。モニタリングは下流の水位変動下で実施された。
- カメラ・AI 技術を用いた導水路内部点検高度化の取り組み^[9]

水力発電所の水路トンネルの点検は、定期的にトンネル内の水を抜き、目視点検を実施することで行われた。近年、北陸電力は、スマートセーフティへの取り組みとして、最新の ICT・IoT 技術を活用し、巡回や点検といった保守管理業務の高度化・効率化を目指している。
- 河川管理者が検討する防災・減災対策 (10 大対策) ^[10]
 - あらゆる関係者により流域全体で行う「流域治水」への転換
 - 気候変動の影響を反映した治水計画等への見直し
 - 防災・減災のためのすまい方や土地利用の推進
 - 災害発生時における人流・物流コントロール
 - 交通・物流の機能確保のための事前対策
 - 安全・安心な避難のための事前の備え
 - インフラ老朽化対策や地域防災力の強化
 - 新技術の活用による防災・減災の高度化・迅速化
 - わかりやすい情報発信の推進
 - 行政・事業者・国民の活動や取組への防災・減災視点の定着

4 サブタスク 3: 貯水池の堆砂管理

気候変動は、一般的に貯水池に流入する堆砂の量を増加させている。サブタスク 3 では、環境への影響、費用対効果、技術を考慮し、上流域から下流域までの範囲で貯水池の堆砂の除去方法に焦点を当てた。

4.1 サブタスク 3 の目的

貯水池の堆砂管理は、発電用の有効貯水容量の確保や効率的な貯水池運用の観点から重要であり、上流からの土砂流入量の削減に加え、貯水池から堆砂を除去することが必要であり、貯水池への土砂流入量の増加に伴う土砂除去など貯水池堆砂管理のさらなる最適化が求められている。

排砂方法については、従来の貯水池浚渫、湖内輸送、ダム堤体内に埋め込まれた排砂ゲートからの排砂に加え、新たに排砂トンネルシステムが導入され始めている。しかし、排砂効率や下流域の環境影響を考慮する必要がある。これらの問題を解決するため、同一流域内の連携型ダムによる統合排砂が有効な対策として提案され、各ダムが統合的な管理・監視に基づき、複雑な運用を主体的に行っている事例を調査し課題解決事例を整理した。



図 4-1 電源開発 佐久間ダムの浚渫工事

4.2 調査方法

4.2.1 作業範囲

文献調査の範囲には、次の観点が含まれる。

- 土砂の供給源である上流域から環境影響の確認が必要な下流域までを対象とした貯水池堆砂管理に関する調査
- 貯水池の堆砂除去方法（貯水池浚渫、湖内輸送、フラッシングゲート、バイパストンネルなど）の調査

これらを分析、評価した後、実施上の課題と環境保全から考慮すべき点を検討した。また、堆砂管理の好事例を紹介した。

4.2.2 サブタスク3の取り組み

主な取り組みは次のとおりである。

- 貯水池の堆砂管理事例を収集し紹介する。
- 上流の土砂供給や土砂流入量を減らす対策と貯水池土砂の排出対策に関して、必要性、技術、下流の環境影響を考慮した貯水池の堆砂管理を分析・評価する。

これらの検討を通じて、堆砂管理の方法が体系化され、優れた事例を示した。

なお、調査は、アンケート調査と文献調査を通じて実施している。

4.2.3 アンケート調査と文献調査の方法

一般的なアンケート調査を通じて、日本における堆砂管理の一般的な方法や傾向を把握した。

水力発電所における堆砂管理手法を詳細に検討するため、電力会社への個別アンケート調査による事例収集と、国内の雑誌「電力土木」等の刊行物を中心とした文献調査を実施した。また、同誌に掲載されている海外の事例も収集した。

水力発電所における堆砂管理の必要性と方法を分析し、最後に、水力発電事業者が実施した堆砂管理を評価し、好事例を示した。

4.3 日本における最近の堆砂管理

4.3.1 一般アンケート調査の対象

(1) 対象期間

2000年4月から2019年3月までの過去20年間

(2) 対象となる水力発電事業者

東北電力、東京電力、中部電力、関西電力、九州電力、電源開発、公営電気事業

(3) 対象となる水力発電所

2020年3月31日時点における当該水力発電事業者が所有する全水力発電所の総数1030

か所を対象とした。

資源エネルギー庁包蔵水力表に記載の各社内訳数（多目的ダム等、他事業者との共同事業の発電所を除く、単独発電所（発電専用のダム・堰の発電所）とする）を対象とした。

表 4-1 調査対象となる発電所数

発電方式	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
貯水池式	1	3	6	3	5	15	5	38
調整池式	37	62	37	68	29	25	40	298
流れ込み式	153	86	146	76	104	1	102	668
揚水式	2	8	6	4	3	2	1	26
計	193	159	195	151	141	43	148	1,030

水力発電設備の総数は1,030で、流れ込み式が65%、調整池式が29%を占めている。貯水池式は38か所で、そのうち40%は電源開発が所有する。

4.3.2 一般アンケート調査の結果

4.3.2.1 堆砂管理が実施された水力発電設備

全1,030か所の対象発電所の内、223か所（21.6%）の発電所で堆砂管理が実施されている。発電方式別に整理すると、貯水池式8件（21.0%）、調整池式87件（29.1%）、流れ込み式125件（18.7%）、揚水式3件（11.5%）となっている。割合としては調整池式が29.1%で最も大きくなっている。

表 4-2 所有水力発電所のうち堆砂対策を実施している発電所数

発電方式	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
貯水池式	1	0	2	1	0	2	2	8
調整池式	17	16	18	10	3	7	16	87
流れ込み式	0	4	109	0	0	0	12	125
揚水式	1	1	0	1	0	0	0	3
計	19	21	129	12	3	9	30	223

4.3.2.2 堆砂管理の方法

次に、発電方式別に堆砂管理方法を整理した。

表 4-3 貯水池方式における堆砂管理方法

堆砂排除策	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
排砂ゲートによるフラッシング	0	0	0	1	0	0	0	1
浚渫、浚渫+敷地内運搬	0	0	0	0	0	0	2	2
浚渫+湖内輸送	1	0	0	0	0	0	0	1
浚渫+密度流排出	0	0	2	0	0	0	0	2
湖外搬出+湖内移動	0	0	0	0	0	1	0	1
湖外搬出	0	0	0	0	0	1	0	1
計	1	0	2	1	0	2	2	8

浚渫による堆砂管理が広く行われ、土砂の処理の可能性により湖内および湖外が行われている。

表 4-4 調整池方式における堆砂管理方法

堆砂排除策	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
排砂ゲートによるフラッシング	1	1	18	1	0	0	1	22
浚渫	15	7	0	0	0	0	0	22
浚渫+洪水吐ゲートによるフラッシング	0	0	0	0	0	0	3	3
浚渫+湖内輸送	0	0	0	9	0	0	0	9
浚渫+湖内輸送+排砂ゲートによるフラッシング	1	0	0	0	0	0	0	1
浚渫、浚渫+敷地内運搬	0	0	0	0	0	0	12	12
掘削	0	6	0	0	0	0	0	6
掘削+フラッシング	0	1	0	0	0	0	0	1
掘削+浚渫+サンドポンプ	0	1	0	0	0	0	0	1
湖外搬出	0	0	0	0	0	6	0	6
水位低下+湖外搬出	0	0	0	0	0	1	0	1
大型ゲートによる通砂	0	0	0	0	2	0	0	2
出水時の水位低下による通砂	0	0	0	0	1	0	0	1
計	17	16	18	10	3	7	16	87

表 4-5 流れ込み式における堆砂管理方法

堆砂排除策	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
掘削	0	4	0	0	0	0	0	4
浚渫+排砂ゲートによるフラッシング	0	0	0	0	0	0	5	5
浚渫、浚渫+敷地内運搬	0	0	0	0	0	0	7	7
排砂ゲートによるフラッシング	0	0	109	0	0	0	0	109
計	0	4	109	0	0	0	12	125

流れ込み式では、排砂ゲートによるフラッシングが広く行われている。

表 4-6 揚水式における堆砂管理方法

堆砂排除策	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力	九州電力	電源開発	公営	計
バイパス	0	0	0	1	0	0	0	1
浚渫	1	0	0	0	0	0	0	1
掘削+湖内移動	0	1	0	0	0	0	0	1
計	1	1	0	1	0	0	0	3

注：フラッシングとスルーシングは単一の方法として扱う。浚渫、掘削、湖外搬出、湖内移動も単一の方法として扱う。

表 4-7 発電方式と堆砂管理の方法

発電方式	フラッシング (スルーシング)	浚渫 (掘削)	土砂バイパス	計
貯水池式	1	7	0	8
調整池式	30	61	0	91
流れ込み式	114	16	0	130
揚水式	0	2	1	3
計	145	86	1	232

注：一つの発電方式で複数の堆砂管理を実施していることを許容してカウントした。

4.3.3 堆砂管理の一般的な傾向

アンケート調査結果からは、次のようなことが推察される。

- 流れ込み式では原則、貯水池・調整池が不要であることから、調査対象 668 件の内、543 件（81.3%）で、7 水力発電事業者中 4 水力発電事業者で、堆砂管理が全く行われていない。一方、東京電力および公営電気事業者では、対象となる 188 件の内 16 件（8.5%）において、掘削・浚渫あるいはフラッシングにより堆砂管理が実施されている。また、中部電力においては、対象となる 146 件の内、109 件（74.7%）で排砂ゲートによるフラッシングが行われている。
- 調整池式では浚渫（掘削）が一般的に行われており、次いで排砂ゲートによるフラッシングが行われている。
- 貯水池式においても浚渫（掘削）が一般的に行われており、次いで排砂ゲートによるフラッシングが行われている。
- 一般的には、排砂ゲートを有する水力発電設備では、まず排砂ゲートによるフラッシングを実施し、それでも排除できない堆砂を掘削、浚渫により除去しているように見受けられる。

こうした一般アンケート調査から推察される堆砂管理の傾向を踏まえ、さらに、堆砂管理の必要性、具体的な実施方法、実施上の問題点等を明確にするため、個別案件（主として調整池、貯水池を有する水力発電設備）を対象としたアンケート調査、文献調査に基づく分析を試みた。

4.4 個別案件アンケート調査・文献調査に基づく分析

前述の堆砂管理の一般的状況の把握で協力を頂いた水力発電事業者 5 社（水力発電事業者（5 社）、電源開発、公益事業者を対象に堆砂管理の目的、方法、その効果等に関する個別案件アンケート調査を実施し、8 件の回答を得ることが出来た。

（15 件の回答を得たが、内 7 件は下記の文献調査案件と重複したため、8 件としてカウントしている）

これらに加え、国内 20 件、海外 10 件について文献調査を実施した。さらに、他国で実施したアンケートからの回答 2 件を加え、結果として国内 28 件、海外 12 件の合計 40 件を対象に分析を試みた。

4.4.1 堆砂管理の必要性の整理

個別案件アンケート調査および文献調査に基づき堆砂管理必要性を整理した。

なお、堆砂管理の必要性については、次表に示す通り「法令順守」「災害対策」～「その他」までの項目に沿って整理したが、項目は重複回答を許容する形で整理を行っている。

表 4-8 堆砂管理の必要性

国	発電有効容量の確保	環境保全	災害対策	法令順守	その他	合計
日本	18	17	12	0	8	55
その他の国	12	8	1	2	4	27
合計	30	25	13	2	12	82

「防災」を除き、日本と他国との傾向に大きな違いは見られなかった。

堆砂管理の必要性については、「有効な発電能力の確保」（発電能力の維持）を理由に挙げたケースは30件（うち国内18件）で、次いで「環境保全」が25件（うち国内12件）と続く結果を得た。

「発電有効容量の確保」が最も多いという結果については、本調査が水力発電事業者を対象として実施していることから、ある意味当然であると言える。

環境保全については、ダム下流域の環境保全（生態系の保全）への配慮が最も多く、発電事業者が、ダムの下流域の環境に細かな配慮をしていることが伺える。

また、大量の土砂を流出する河川（大井川、天竜川等）のダムにおいては、土砂の移動を出来るだけ妨げない流砂系堆砂管理の必要性が述べられていた。

これらに続き、「災害対策」については、貯水池の上流域での堆砂（河床上昇）によるバックウォーターの影響による上流域の冠水を防止する目的が多く上げられていた。また治水機能を兼ねたダムにおいては、貯水容量の減少による洪水調整能力の低下防止も上げられていた。一方、諸外国の水力発電設備については、発電のみの機能であるため、防災面への配慮は言及されていない。中国の三峡ダムにおいては、貯水域の洪水防止とダム下流域の防災への配慮が言及されていた。

「その他」については、発電以外の利水、治水等の多目的ダムにおいて、その利水目的（上水、農業・工業用水等）のための能力維持が上げられていた。また堆砂の有効利用として骨材や盛り立て材料としての活用なども上げられていた。中国の三峡ダムに関しては、貯水池内の円滑な航行の確保についても言及されていた。

こうしたことから、堆砂管理の必要性については、（1）設備の目的とする能力を維持するため、（2）環境保全のためという認識が高いと考えられる。

次に、発電有効容量の確保について、具体的に懸念されている代表的な記述を抽出した。

- 貯水池機能の低下（貯水池容量の減少）（七ヶ宿ダムでの取組）
- 有効貯水容量内に堆砂が確認されていることに加え、利水放流設備付近の堆砂面も上昇している。（下久保ダムでの取組）
- 利水、治水を適切に実施するための機能の維持が求められている。（黒部川 出し平ダム 宇奈月ダム連携排砂）
- 数年後に計画堆砂容量になり、貯水機能に支障が出る。（小渋ダムでの取組）
- 恒久的な堆砂対策を実施し、治水・利水機能を維持していく必要がある。（矢作ダムでの取組）
- 取水口前面の土砂堆積の進行に伴い、水力発電設備の損傷を防止する。（名頃ダムでの取組）
- 大量の土砂が流入し、取水設備近くまで堆砂が進み、水力機械装置の摩耗を引き起こした。（ジラウドムでの取組（ブラジル））

- 台風等による斜面崩壊により貯水池の堆砂が進み、飲料水の供給、発電能力や洪水調整能力の低下が問題となっている。(曾文ダムでの取組 (台湾))
- ヒマラヤ山脈の侵食による堆砂が発電所の危機を摩耗させ、また貯水池の容量を減少させることが懸念された。(ナスパジャクリダムでの取組 (インド))
- 堆砂影響により、貯水池機能の低下が著しい。(東北電力 八久和発電所)
- 環境保全について、具体的にどのような点を懸念しているかについて、代表的なものを抽出すると次のようになった。
- 下流河川において土砂供給の減少に伴い生じている淵の深掘れや粗粒化 (底生動物、魚類等への影響) の改善 (津軽ダムでの取組)
- 下流河川の環境劣化 (宮ヶ瀬ダムでの取組)
- 河川環境の劣化 (真名川ダムでの取組)
- 下流河川の汚濁防止が求められている。(名頃ダムでの取組)
- 河川を流下する土砂はダム貯水池により、連続性が遮断されることから、河床低下、海岸侵食が進んでいる。(秋葉ダムの取組)
- 貯水池内の濁水長期化防止および貯水池内水質の改善 (奥吉野発電所の取組)

災害対策として代表的なものは、次の通りである。

- 2019 年の台風 19 号による流入土砂の堆積により貯水池上流域の河床が上昇し、浸水被害をもたらした。(雨畑ダムでの取組)
- 台風豪雨の際、貯水池上流部で土地冠水被害が頻発した。(佐久間ダムでの取組)
- 1988 年よりダム上流域の浸水被害防止のため堆砂除去を実施 (官民一体による奈良県天川村における長期的なダム堆砂処分地確保の取組み)
- 堆砂により貯水池上流の河床が上昇することによる上流域の洪水時の被害 (瀬戸石ダムでの取組)
- ダム貯水池の堆砂が被害拡大の原因の一つになっている。(耳川水系総合土砂管理計画)

事例名、現状の問題点、堆砂管理の目的および必要性について、事例ごとに整理した結果を付録 F に示す。

4.4.2 堆砂管理方法の整理

個別案件アンケート調査及び文献調査を通じて、堆砂管理の事例を調査し整理した。

流れ込み式の発電所においては、前項堆砂管理の一般的な傾向からも明らかになった通り、排砂ゲートによるフラッシング、スルーシングにより、流入する土砂を可能な限り自然河川に近い状態でそのまま流下させ機能回復を図ろうとする事例が多く見られる。しかし、実際には完全な機能回復が図れず、必要に応じ堆砂による障害の発生している箇所 (取水口呑口 (前面)、放水口はけ口など) の排砂を実施するため、掘削・浚渫等を併せて実施している。

一方、調整池、貯水池式においては、堆砂は有効貯水池容量を減らし、発電 (利水) 能力の低下の直接の原因となるので、様々な方法による堆砂管理 (排砂) が実施されている。

また多くの発電所あるいは貯水池において、複数の堆砂管理の方法により排砂が実施されている例が多い。

ここでは、具体的な堆砂管理の方法について、個別案件アンケート調査・文献調査（全 38 件）について整理を行った。以下その結果を示す。

表 4-9 堆砂管理の方法

国	掘削・浚渫	土砂還元	土砂パイパス	フラッシング	スルーシング	その他	合計
日本	22	8	3	8	6	4	51
その他の国	7	1	4	5	3	7	27
合計	29	9	7	13	9	11	78

(1) 掘削・浚渫

掘削による堆砂管理は、貯水池上流端に堆積した土砂を、水位の低下した渇水期に直接掘削して排砂する方法である。貯水池上流端に貯砂ダムを設け、上流からの土砂流入を防止し、蓄積させた土砂を掘削処理する方法もある。

浚渫は、貯水池の中に流入した土砂を浚渫により排除する方法である。

掘削・浚渫により排除された土砂は、土捨て場により搬出処理される湖外搬出、土捨て場が確保できない場合には貯水池の死水域に移送処理する湖内移送に分類されている。

個別案件調査・文献調査の中では最も件数の多い管理方法で、次のような事例があった。

- ・セヶ宿ダムでの取組（国土交通省）
- ・下久保ダムでの取組（水資源機構、群馬県企業局）
- ・雨畑ダムでの取組（日本軽金属）
- ・高瀬ダムでの取組（東京電力）
- ・美和ダムでの取組（国土交通省、長野県企業局）
- ・小渋ダムでの取組（国土交通省、長野県企業局）
- ・井川ダムでの取組（中部電力）
- ・佐久間ダムでの取組（電源開発）
- ・ジラウダムでの取組（ブラジル）（エレクトロノルテ）
- ・石門ダムでの取組（台湾）（台湾電力）
- ・マレーシアのキャメロンハイランド水力発電計画

(2) 土砂還元

掘削・浚渫された土砂を、ダム下流に置き土して、洪水時に流下させて、河川の土砂を自然に近い形で移動させる「土砂還元」と呼ばれる堆砂管理の方法も掘削・浚渫と併行して多く実施されている。次のような事例があった。

- ・津軽ダムでの取組（国土交通省、東北電力）
- ・下久保ダムでの取組（水資源機構、群馬県企業局）
- ・宮ヶ瀬ダムでの取組（国土交通省、神奈川県企業局）
- ・黒部川 出し平ダム 宇奈月ダム連携排砂（国土交通省、関西電力）
- ・真名川ダムでの取組（国土交通省、北陸電力） 他

(3) 排砂バイパス

分派堰により導入された洪水と土砂を、バイパストンネルを通じて下流河川に排出する排砂管理である。次のような事例があった。

- 美和ダムでの取組（国土交通省、長野県企業局）
- 小渋ダムでの取組（国土交通省、長野県企業局）
- 石門ダムでの取組（台湾）（台湾電力）
- ナスパジャクリダムでの取組（インド）（サトルジャルヴィエットニガム）
- パトリンドダムでの取組（パキスタン）（スター水力）
- スイスのいくつかのダムと貯水池（ソリス、ファッフェンスプルング、ルンカヘズ）

(4) フラッシング

洪水時に貯水池の水位が高い状態で、排砂ゲートから放流し、洪水と同時に貯水池内の堆砂を流下させる方法である。

一方、下流の河川環境を保全するため、洪水調節用の容量の水を数時間放流し河床を洗浄するための放流も、フラッシングと呼ばれている。次のような事例があった。

- 宮ヶ瀬ダムでの取組（国土交通省、神奈川県企業局）
- 黒部川 出し平ダム 宇奈月ダム連携排砂（国土交通省、関西電力）
- 真名川ダムでの取組（国土交通省、北陸電力）
- 一庫ダムでの取組（水資源機構）
- 曾文ダムでの取組（台湾）（台湾電力）
- アンゴストゥラダムでの取組（コスタリカ）（コスタリカ電力庁）
- バカルダムでの取組（インドネシア）（PLN）
- 中国の三峡ダム

(5) スルーシング（通砂）

洪水時に貯水池の水位を低下させ、排砂ゲート等を全開にすることにより、貯水池に流入する洪水及び土砂を本来の河川の状況に近い状態で、自然流下（通砂）させる方法である。次のような事例があった。

- 黒部川 出し平ダム 宇奈月ダム連携排砂（国土交通省、関西電力）
- 井川ダムでの取組（中部電力）
- 耳川水系総合土砂管理計画（九州電力）
- 石門ダムでの取組（台湾）（台湾電力）
- ナスパジャクリダムでの取組（インド）（サトルジャルヴィエットニガム）
- パトリンドダムでの取組（パキスタン）（スター水力）

(6) その他

ここでは、①掘削・浚渫等で発生した土砂を骨材や盛土用材料等として活用するケースや②洪水時にあらかじめ水位を低下させ、スルーシングにより通砂を促進させる運用ルールの工夫、

③細粒分の土砂を含む濁水をそのまま発電する運用等について、その他として分類した。特に②③は海外事例で多く見受けられる。次のような事例があった。

- セケ宿ダムでの取組（国土交通省）（骨材活用）
- 佐久間ダムでの取組（電源開発）（骨材活用）
- ジラウダムでの取組（ブラジル）（エレクトロノルテ）（発電、運用ルールの改善）
- アンゴストゥラダムでの取組（コスタリカ）（コスタリカ電力庁）（運用ルールの改善）
- ビンガダムでの取組（フィリピン）（アボイティズ・パワー）（運用ルールの改善）
- ボルゲナッハダム、オーストリア

個別案件アンケート調査及び文献調査による堆砂管理の事例を付録 G に示す。また、堆砂管理の手法を体系化し整理したものを図 4-2 に示す。

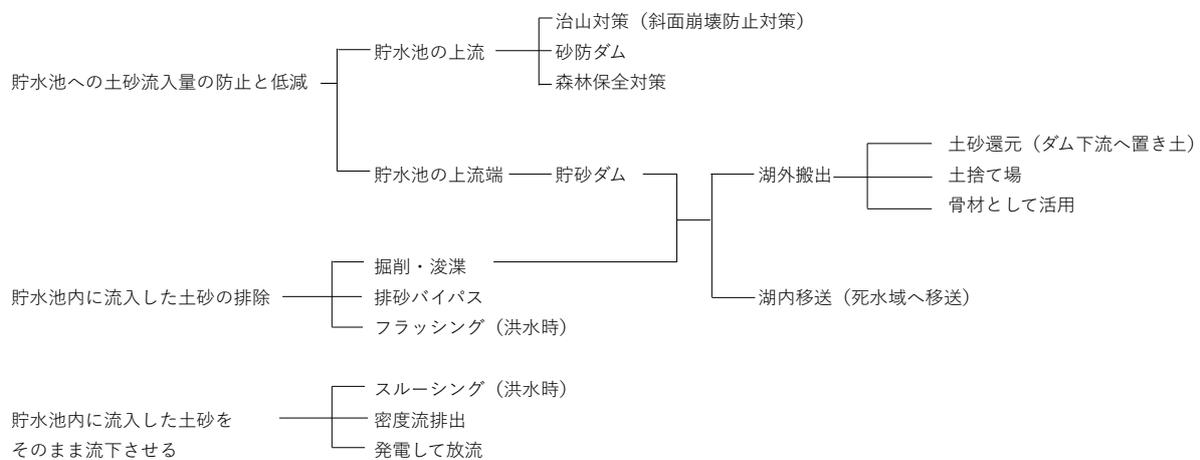


図 4-2 堆砂管理の体系化

4.4.3 堆砂管理の評価

個別アンケート調査および文献調査から、堆砂管理実施の評価についての整理を行った。対象は国内案件 28 件と海外案件 12 件の合計 40 件である。堆砂管理の評価については、必要性（堆砂管理の目的）と密接な関係を有しているため、必要性の表（表 4-8）と対応した形で表 4-10 のように整理した。また、同時に国内、海外の事例の比較も試みた。

表 4-10 堆砂管理の評価（全体）

必要性 (堆砂管理の目的)	発電有効容量の 確保	環境保全	災害対策	法令順守	その他	合計
効果があった	15	13	9	1	8	46 (56%)
効果なし	2	0	0	0	0	2 (2%)
効果不明 (監視中)	13	12	4	1	4	34 (42%)
合計	30	25	13	2	12	82
効果があった割合	50%	52%	69%	50%	67%	56%

表 4-11 堆砂管理の評価（国内）

必要性 (堆砂管理の目的)	発電有効容量の 確保	環境保全	災害対策	法令順守	その他	合計
効果があった	10	10	9	0	7	36 (66%)
効果なし	2	0	0	0	0	2 (4%)
効果不明（監視中）	6	7	3	0	1	17 (31%)
合計	18	17	12	0	8	55
効果があった割合	56%	59%	75%	—	88%	65%

表 4-12 堆砂管理の評価（海外）

必要性 (堆砂管理の目的)	発電有効容量の 確保	環境保全	災害対策	法令順守	その他	合計
効果があった	5	3	0	1	1	10 (37%)
効果なし	0	0	0	0	0	0 (0%)
効果不明（監視中）	7	5	1	1	3	17 (63%)
合計	12	8	1	2	4	27
効果があった割合	42%	38%	0%	50%	25%	37%

全体的な堆砂管理の評価については、今回の文献調査から、様々な目的で堆砂管理を実施している水力発電設備の約 6 割（56%）において、目的が達成出来ていることが伺える。残りの約 4 割の目的については、効果の判定を行うためには、更なるモニタリングの継続が必要であると言える。

国内と海外の事例を比較すると、表 4-11 に示すように、日本では効果があったと判断された事例の割合が 66%であるのに対し、表 4-12 に示すように、海外では 37%と高い割合となっている。日本の事例調査では、堆砂管理の有効性を評価するためのモニタリングが継続的かつ定期的に実施されており、これがより信頼性の高い有効性の評価に寄与していると考えられる。一方、海外の事例においては、モニタリングの実施状況の記述が不明瞭な事例が多く、その有効性についても明確な記述が見られなかったため、文献調査においては「効果不明」とせざるを得なかった。

「発電有効容量確保」については、効果があった地点と効果不明地点の割合はほぼ半分ずつだと言える。「効果不明」とする地点においては、堆砂の流入、流出の把握が難しく効果の判定には更なるモニタリングが必要であるとしている。

一方、効果があったとする地点は、貯水池上流端に貯砂ダムを構築し、堆積した土砂を下流に運搬し土砂還元するなど堆砂の流入・流出（搬出）を比較的容易に把握できているケースや発電所の機能維持（取水口前面や放水口の堆砂による埋没防止等）を目的とした地点での掘削・浚渫で確実な成果を上げているケースなどである。

国内と海外の事例を比較すると、有効と判断された事例の割合は、海外の 42%に対して国内は 56%と高くなっている。「発電有効容量確保」は堆砂管理において最も重要な課題であり、国内のみならず海外の水力発電事業者も大きな関心を持って取り組んでいることが伺えた。

「環境保全」については、全 25 件中半数を上回る 13 件（国内 10 件、海外 3 件）について、効果があったと評価している。環境保全については、ほとんどの地点で定期的に環境改善状況を把握するためのモニタリング調査の結果が公表されており、その中で貯水池下流域での環境改善状況を中心にその結果を反映させた。一方、効果不明とした地点の多くは、上流域から下流の海岸

までの河川全域の「土砂移動の連続性の確保」を目標としており、この目標の達成の可否を判断するためには、長期的視点からのモニタリングが必要であるとしている。(水力発電事業者の責任範囲を大きく超えている)

海外の事例については、モニタリングが実施されているかどうか不明瞭な場合が多かったため、「有効」と明記されているもののみを「効果があった」とカウントし、明記されていないものは「効果不明」とした。

「災害対策」については、貯水池上流部の冠水防止を上げているが、貯水池上流部の貯砂ダムでの堆砂の掘削・浚渫および河床掘削により、上流地域の冠水防止に効果があると多くの地点で評価している。効果不明としている地点については、モニタリング中であり、現時点では評価不能としている。

最後に、「その他」については、土砂の有効利用として「骨材としての活用」を上げており、業者への引き取りを実際に実施していることから、効果ありとしている。また「発電所の運用ルールの変更」を上げた地点も海外地点を中心に2件あった。これらの地点では、運用ルールの変更の効果をモニタリング中であることから、効果不明として整理した。

堆砂管理の評価について、必要性毎に主な記述を抽出すると次のようになる。

(1) 「発電有効容量確保」について

- 連携排砂を効果的に実施する方法について模索が続いている。利水・治水機能維持という点では一定の効果をあげている。(黒部川 出し平ダム 宇奈月ダム連携排砂)
- 排砂管・放水管呑口については浚渫により機能を維持できている。(井川ダムでの取組)
- 堆砂管理により、堆砂量はほぼ横這いの状況(バランス状態)が続いている。(矢作ダムでの取組)
- 取水口前面の堆砂除去が適宜実施され、前面堆砂は除去され、当初目的を達成した。(名頃ダムでの取組)
- ダム上流の貯砂ダムにより堆砂の9割の流入が防止されている。残りの土砂も浚渫により除去されている。(ワムールダムでの取組(アイスランド))
- 土砂バイパストンネルは、中規模の洪水と大規模洪水の両方に効果的である。環境保全面でも良好な結果をもたらしている。(ソリスダムでの取組(スイス))
- 堆積管理により、貯水池への土砂の流入と堆積は大幅に抑制・減少した。(堆砂ダムと浚渫(キャメロン・ハイランド水力発電計画(マレーシア)))

(2) 「環境保全」について

- フラッシュ放流と土砂還元試験により、ダム下流河川の環境改善効果が確認されている。(宮ヶ瀬ダムでの取組)
- フラッシュ放流に加え土砂還元を実施している。この結果藻類の育成や魚類の生息環境の改善に寄与する結果が得られている。(真名川ダムでの取組)
- 環境保全面からは森林面積が大幅に増加している。(アンゴストゥラダムでの取組(コスタリカ))

- ダムへの土砂流入が抑制されており、年間堆砂量は大幅に減少しており、流入土砂量の90%近くがバイパストンネルを通過しているものと推測される。(関西電力 奥吉野発電所)
- 貯水池堆砂バランスは適切に保たれており、発電有効貯水容量が確保されていると共に、貯水池上流端河床の上昇による近隣への洪水被害の懸念はない。(東京都交通局 多摩川第3発電所)

(3) 「災害対策」について

- 上流からの土砂をほぼ計画通り安全に流下させることができている。(美和ダムでの取組)
- 背水影響に伴う洪水被害を及ぼさないための掘削の実施。この結果現在洪水位での土地冠水の問題がない状況を確保できている。(秋葉ダムでの取組)

(4) その他の事例について

- 2013～2016年の4ヶ年で約3万m³の採取を行い、約2万m³の骨材(砂)を供給した。(七ヶ宿ダムでの取組)
- 従来平均40万m³の骨材資源としての活用をベルトコンベアの設置により60万m³に拡大(雨畑ダムでの取組)

文献調査の対象となった40件について、土砂供給状況、年間排砂量、堆砂管理実施の効果(評価)、排砂を実施する上での課題を整理した結果を付録Hにまとめた。

4.4.4 堆砂管理実施上の課題

堆砂管理については、気候変動による異常洪水の発生等の気象リスクが増大する中において、益々その重要性が増している。

本節では、個別アンケート調査および文献調査から、堆砂管理実施する上で直面する課題について、河川管理者、地域の利害関係者との調整の必要性と個別事例のインフラ整備および環境面から整理した。

(1) 河川管理者、地域の利害関係者との調整の必要性

堆砂計画を立案し、実施していくためには、河川管理者が進める河川整備計画等の上位計画との整合性を図る必要がある。

また、同時に、地域の利害関係者、地域住民による委員会等を通じた、関係者間の合意形成を図った上で実施する必要がある。他方、堆砂管理は特に貯水池の下流の河川環境に影響を与えるので、定期的かつ継続的なモニタリングが必要となる。こうした一連の活動は、河川管理者、地域の利害関係者との合意の上に成り立つことになる。

(2) 堆砂管理におけるインフラ整備面からの課題

水力発電設備の調整池あるいは貯水池の位置する地点は山間部でインフラが未整備などこ

ろが多く、こうした事例から次表のような問題点が指摘されている。

表 4-13 貯水池堆砂管理におけるインフラ整備面からの課題

課題	対応事例
対応不可能な多量の土砂流入	上流における土砂流出防止工事等（森林保全、山間部の斜面崩壊防止、砂防工事）
除去した堆砂を処理できる容量を有する土捨て場の確保が困難	地権者と交渉し、十分な容量を有する土捨て場の確保、（土捨て場確保が困難な場合）、ダム下流河川への置き土、貯水池死水域への移送、骨材・路盤材としての活用
除去した堆砂を搬出するための道路が未整備	搬出路の新設・整備、（運搬すべき堆砂が多量の場合）ベルトコンベアの導入
公共道路への騒音・振動	公共道路の整備、交通規制、ベルトコンベアによる土砂搬出
限定的な洪水吐ゲートからの堆砂対策 放流のため、計画堆砂量以下にならない。	堆砂排出運用の見直し（貯水池の水位を下げたスルーシング）

対応事例については、こうした問題点に対して、現地で検討されている対応策を基に例として記述している。

多くの課題とその対応策は発電事業者のみで実施・解決することが出来ない内容であるため、地域の河川管理者、地権者、その他の利害関係者との調整・合意が不可欠である。

(3) 環境面の課題（排砂に伴うダム下流への環境配慮と軽減策）

また多くの事例で、環境影響を懸念し、軽減策等が検討されていることが明らかになったため、その大まかな内訳は表 4-14 に整理した。

表 4-14 排砂に伴うダム下流への環境影響と軽減策

環境影響内容	軽減策
濁水による下流への影響	堆砂対策放流は濁水対策として出水時に実施
下流への砂供給量減	下流で砂利採取を行っている事業者が、ダムから直接砂利採取を行うよう対応
景勝地への影響	土砂混じり貯留水の取水防止のための浚渫
へドロ化した堆砂の排出による魚類への影響	ダムの土砂堆積の低減 排砂時のSS濃度を抑制 自然流下時間・回数の増 河川から海岸までの堆砂管理
土砂の車両運搬時の騒音・振動	道路改修、長距離コンベアの建設等
生態系への影響	貯水池上下流での生態系影響のモニタリング

表 4-14 に記載した環境への懸念事項と軽減策については、その他多くの事例でも実施されており、比較的広く行われている軽減策であると言える。

4.5 個別アンケート調査と文献調査から得られた教訓

ダムおよびその貯水池は、洪水対策等の治水や発電、上水、農業用水等の利水機能を長期的に活用していくと共に国民共通の財産として、その機能や安全性を長期にわたって維持することが社会から求められている。その機能維持において、大きな課題となるのがダムおよびその貯水池の堆砂進行である。

貯水池の堆砂容量は、建設時にその当時の設計思想と想定される気象条件等に基づき設定されるが、近年の異常気象が激甚化・頻発化する昨今においては、想定を上回る堆砂の進行により、ダムおよびその貯水池が有する機能への支障が当初の想定よりも早く出現するケースがある。また、堆砂問題は、想定される計画以下の堆砂量であっても、貯水池内で局所的な堆砂の進行により、局所的な機能障害（例えば、取水設備の呑口における局所的な堆砂など）や浸水などの災害の原因となることもある。したがって、こうした場合も含め、ダム、貯水池の利水機能、安全性を長期的に維持するためには、継続性を考慮した堆砂管理が重要となる。

また、近年は、人々の暮らしが豊かになり、河川環境への関心が高まっており、流域の生態系の維持、改善および景観の回復 さらにはダムにより遮断された流砂系の回復も、といった観点から重要性が増している。

サブタスク 3 の調査では、堆砂管理がいかに困難か分かった。困難さと考慮事項を以下にまとめた。

- (1) 堆砂の管理は水力発電事業者だけでは実施できない。
- (2) 堆砂管理を円滑に実施するためには、以下の点を考慮する必要がある。
 - 堆砂管理計画は、河川管理者が管理する「河川整備計画」と整合をとる必要がある。
 - 堆砂管理計画を実施するにあたり、利害関係者、土地所有者、流域住民の合意を得ることが必要である。
 - 実施に当たっては、上流から下流、沿岸域に至るまでの流域全体の環境保全（動植物、魚類等の生息・生育状況、土砂移動等への配慮）に留意する必要がある。
 - 堆砂管理が環境に与える影響を常に把握するために、定期的かつ継続的にモニタリングを実施する必要がある。

4.6 優良事例の紹介

本節では、前節で得られた教訓を踏まえて実施された、堆砂管理の優良事例を 2 つ紹介する。これらの事例は公開情報に基づいている。

4.6.1 黒部川の連携排砂について（国土交通省、関西電力）

4.6.1.1 黒部川の特徴

黒部川は、立山連峰と後立山連峰に囲まれた急峻な山岳地形を持つ狭い流域を弓状に流れる河川で、この流域の東部には、標高 3,000 メートル級の後立山連峰がそびえ、降雨量が豊富なため、古くから水力発電が行われてきた。現在では、関西電力が 12 か所の水力発電所を運営し、約 90 万 kW の電力を供給している。

一方、豊富な降雨は黒部川で頻繁な洪水を引き起こす。また、黒部川は日本屈指の急流河川であり、洪水時には大量の土砂を運搬する。そのため、流域面積当たりの流出土砂量も多くなり、1985年に完成した出し平ダムでは、堆砂容量の確保が困難なため、当初から排砂計画が立てられた。



図 4-3 黒部川水系の水力発電所

4.6.1.2 関係者との合意形成の仕組みと体制

出し平ダムでは完成から6年の1991年に初回の排砂を実施されたが、この際に発生した濁水が下流3kmの海域まで拡散し、大きな社会問題となった。そこで、学識経験者、行政機関、関係団体などからなる「黒部川出し平ダム排砂影響検討委員会」が組織され、地域社会との共通理解を図るとともに、排砂の在り方が検討された。

1998年には「黒部川ダム排砂評価委員会」および「黒部川土砂管理協議会」が組織され、毎年出水時期に合わせた排砂が実施されるようになった。

表 4-15 黒部川ダム排砂評価委員会及び黒部川土砂管理協議会の構成

委員会名	目的	メンバー
黒部川ダム排砂評価委員会	排砂計画・環境調査の結果について審議・評価を行う	大学関係者、国立研究所関係者
黒部川土砂管理協議会	排砂計画・環境調査計画について協議・調整を行う。また実施後の経過、環境調査結果について審議・評価する。	市長、町長、林野庁、県庁、関西電力、国土交通省

4.6.1.3 連携排砂の実例

2006年に「黒部川水系河川整備基本方針」が策定され、続いて2009年には「黒部川水系河川整備計画」が策定された。この計画のもと、国土交通省は宇奈月ダムと連携して排砂を行う取り組みを開始した。出し平ダムと宇奈月ダムが協力して排砂を実施し、河川の掃流力を利用して効率的に堆積土砂を下流に排出する方法である。

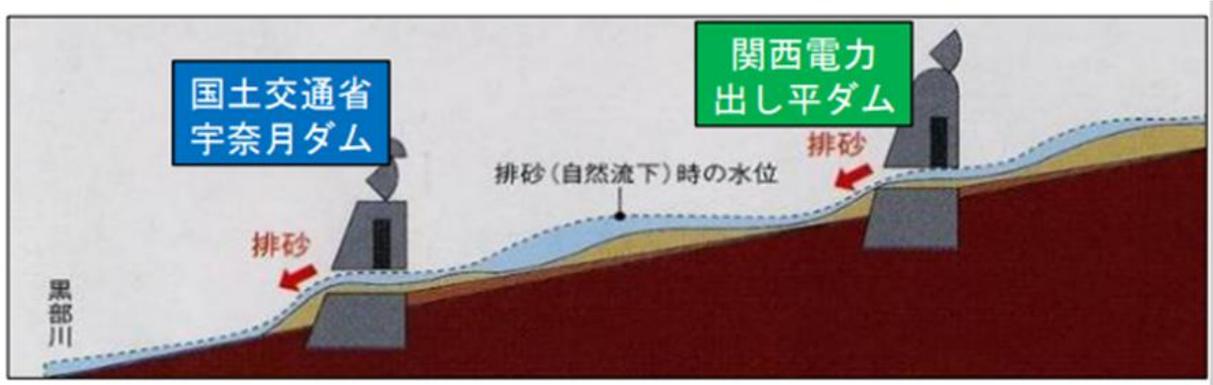


図 4-4 黒部川の連携排砂

2010年には、目標排砂量14万 m^3 に対して16万 m^3 の排砂が実施された。同年6月の連携排砂時の河川調査では、出し平ダムと宇奈月ダム直下の貯水池内が自然流下の状態になった直後、浮遊物質（SS）が一時的に高い値を示したが（最大でそれぞれ52,000 $\text{mg}/1$ 、14,000 $\text{mg}/1$ ）、数時間後には値が低減した。溶存酸素量（DO）についても大きな変化は見られなかった。

また、海域の底質調査結果では、定期的に調査を行っている地点で一部のデータが水産用水基準を超えることがあったが、恒常的なものではなく、全般的に大きな変動は見受けられなかった。2010年の連携排砂の環境調査結果について、「黒部川ダム排砂評議会」では「水質、底質および生物相の環境調査を見る限り、連携排砂・通砂によって一時的な環境の変化はあるものの、洪水時と比較して大きな影響は及ぼさなかった」との見解が示された。

このように、計画的な連携排砂は環境への影響を最小限に抑えつつ、効果的に堆積土砂を排出する取り組みとして評価されている。

こうした経緯を踏まえ、出し平ダムと宇奈月ダムの連携排砂は、出水時期に合わせて毎年実施されており、2023年における連携排砂計画、およびモニタリング計画を以下に示す。

表 4-16 2023 年連携排砂計画

項目	排 砂		通 砂	
	出し平ダム	宇奈月ダム	出し平ダム	宇奈月ダム
(1) 時期	・6月～8月でダム流入量が、出し平ダムで300m ³ /s、宇奈月ダムで400m ³ /sのいずれかを上回る最初の出洪水時に実施。 ^{※2} ・但し、上記期間のうち、融雪や梅雨等により流量の大きい時期に限り、出し平ダム流入量が250m ³ /sに達した場合においても実施する。なお、自然流下中の流入量が130m ³ /sを下回った場合は中止する。		・6月～8月で排砂後のダム流入量が、出し平ダムで480m ³ /s、宇奈月ダムで650m ³ /sのいずれかを上回る出洪水時にその都度実施。 ^{※2}	
(2) 排砂量	・目標排砂量約3.5万m ³ (令和5年5月の排砂シミュレーション) ^{※3} ・想定変動範囲約2.7万m ³ ～4.3万m ³ ^{※4}	・目標排砂量は、設定しない。	・自然の出洪水流を排砂ゲートを用いてその都度流下させる。	
(3) 方法	・自然流下方式		・自然流下方式	
(4) 時間	・排砂量が目標に達したことを計算により確認し完了(自然流下時間12時間以内) ^{※7}	・自然流下時間12時間以内 ^{※9}	・宇奈月ダム自然流下終了までに完了 ^{※7}	・自然流下時間12時間以内 ^{※9}
(5) 排砂・通砂前の措置	・出洪水の初期(ダム水位が高い)段階から排砂ゲートを開ける運用とする。	・出洪水の調節の後期(ダム水位が高い)段階から水位低下操作運用とする。	・同左 ^{※8}	
(6) 排砂・通砂後の措置	・排砂後、宇奈月ダムの排砂後の措置に必要な水容量が確保されるまでは、原則として発電取水を停止し、ダム流入量をそのまま放流する。 ^{※5 ※6}	・排砂後、ダムから400m ³ /s程度を一定時間(2～3時間程度)放流する。 ^{※5}	・通砂後、宇奈月ダムの通砂後の措置に必要な水容量が確保されるまでは、ダム流入量をダムおよび下流発電所から放流する。 ^{※5 ※6}	・通砂後、ダムから400m ³ /s程度を一定時間(2～3時間程度)放流する。 ^{※5}
(7) 土砂変質進行抑制策	・上記の排砂条件を満足する出洪水の発生がない場合は、9月1日から9月2日の間に土砂変質進行抑制策を実施する。 ^{※10}			

【特記事項】

- 大規模な土砂の流入等、不測の事態が発生した場合、また発生が予想される場合については、その対応について適宜協議していくこととする。
- 排砂・通砂の一連の操作終了が8月31日を超す場合であっても排砂・通砂を実施するものとする。
- 出し平ダムにおける目標排砂量については、当該年の排砂実施期間前の5月測量をもって決定する。なお、5月測量後に5月出水として既往最大規模程度の出水が発生した場合は、当面の間再測量を実施する。また、目標排砂量については、再測量結果がまとまるまでの間は5月測量結果による目標排砂量を暫定値として取り扱う。
- 過去のSS変動量より想定される排砂量の変動範囲。なお、1,000m³/sクラス以上の大出水や、二山波形等の稀な出水は、対象としない。
- 排砂・通砂後の措置については、試験的に本文記載の方法で実施するものとする。
- 出し平ダムの排砂・通砂後の措置は、最低3時間実施するものとする。なお、宇奈月ダムの排砂・通砂後の措置中に宇奈月ダム下流の発電所から放流を行う場合は、受水合口堰堤の取水に影響を与えないよう配慮するものとする。
- 両ダムの自然流下時間について重複時間を設けることを原則とするが、状況により、宇奈月ダム自然流下開始前に出し平ダム自然流下が完了できるものとする。
- ダム流入量が出し平ダム300m³/s、宇奈月ダム400m³/sのいずれかを上回る出水があった場合、細砂通過放流を実施する。この場合、両ダムとも貯水位を高水位で保持し、出し平ダムは主に排砂ゲート、宇奈月ダムは出洪水の調節終了後、水位低下ゲートを開ける。なお、細砂通過放流において通砂実施基準流量に達しない場合は、ダム流入量及びダム下流の濁度等を観察し、実施機関で適宜判断する。また、細砂通過放流中において通砂実施基準流量を上回る流量に達した場合には、従来の通砂に移行する。
- 宇奈月ダムから河口までのより自然に近い土砂動態を目指す。宇奈月ダム先行操作を試験的に実施する(自然流下時間は同試験に必要な時間とする)。また、自然流下中の流入量が少ないことが予想された場合には、2ダム間土砂移動操作に切りかえる場合がある。
- 土砂変質進行抑制策は、出し平ダム及び宇奈月ダムにおいて、排砂ゲートから80m³/s程度以上の放流により、堆砂面上に水の流れを作り、酸素を多く含んだ水を8時間程度供給することで、土砂変質進行を抑制する。

表 4-17 連携排砂とモニタリング実施計画

(凡例) ●:調査頻度 : 調査項目変更箇所

月		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
全体工程				<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 連携排砂・通砂期間 </div>									
				<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 出水が発生し多い時期 例年の梅雨明け 7月20日頃 </div>									
実施項目			定期調査	排砂・通砂中			定期調査		定期調査				
水質	ダム		●	● ※排砂・通砂の1日後			●						
	河川		●	● 排砂・通砂中および※1日後			●						
	海域		●	● 排砂・通砂中および※1日後			●						
底質	ダム		●				●						
	河川		●				●						
	用水路		●				●						
	海域		● (年度調査終了)				● (年度調査終了)						
水生生物	河川		●				●		●				
	海域		●				●						
測量	河川								●				
	ダム		●	● (排砂・通砂後速やかに実施)			●				●		

※排砂・通砂が終了した1日後の調査を基本とするが、ダムから超流しているなど、調査時の安全性が確保できない場合は、近々の調査可能日まで延期する場合がある。

4.6.1.4 連携排砂の評価

連携排砂については、毎年目標排砂量と比較して実施されているが、出し平ダムにおいては想定される変動範囲内で、計画通りに排砂できていることが確認されている。また、宇奈月ダムでも計画通りに排砂できていることが測量により確認されている。

一方、連携排砂に伴う環境調査では、河川や海域の水質、底質、水生生物への影響が監視された。前述の通り、2010年の調査結果では、連携排砂による一時的な環境変化が認められたが、次第に平常値に戻るため、洪水時と比較しても大きな影響はないと評価された。これにより、連携排砂が環境に及ぼす影響が極めて限定的であることが確認されている。

2010年以降も毎年、水質、底質、水生生物などの継続的かつ定期的なモニタリングが行われている。次図に連携排砂の実施計画から評価モニタリングまでの流れを示す。

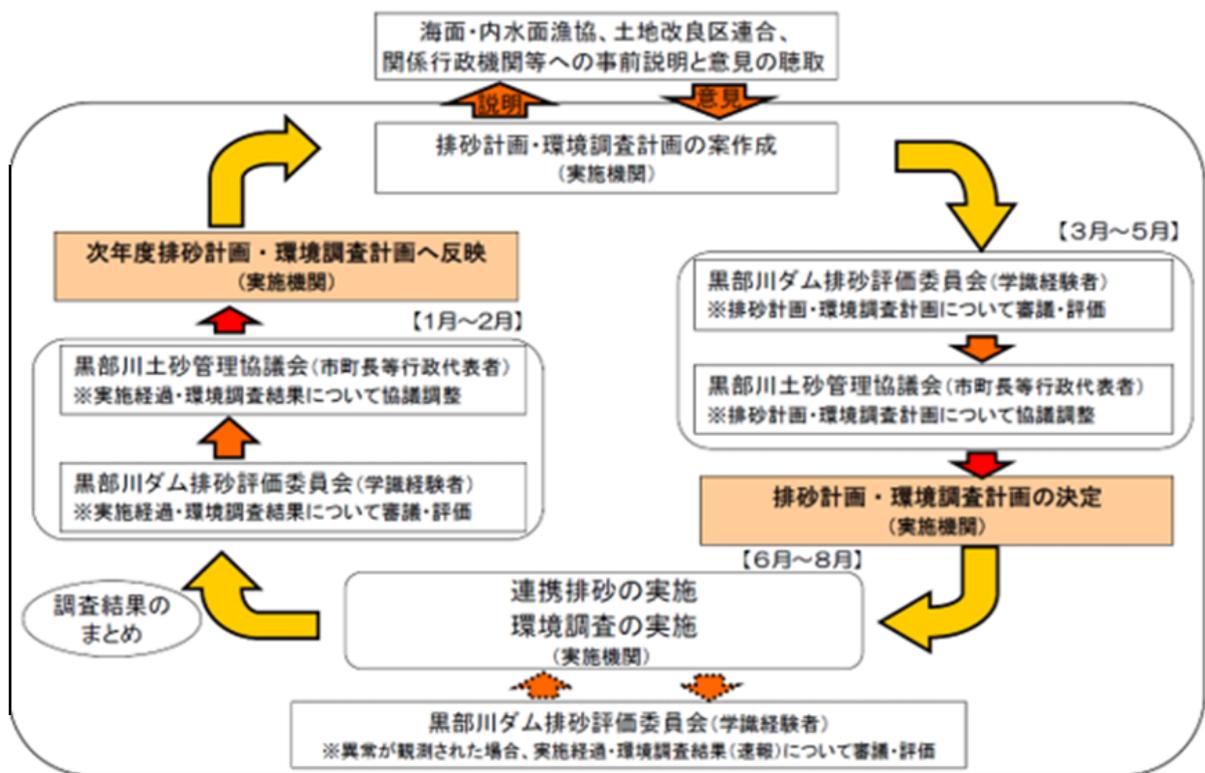


図 4-5 連携排砂の実施計画・評価モニタリングの流れ

4.6.1.5 連携排砂を実施する上での課題

- 環境保護の継続

連携排砂は、河川や海域の生態系に与える影響を最小限に抑えるため、継続的なモニタリングが不可欠。

- 地域社会との連携

排砂実施に伴う地域社会への情報提供や合意形成が重要である。ウェブサイトでの「連携排砂予報」の運用や、地域への情報発信を通じて理解を深める取り組みが継続されている。

- 技術的課題
効率的な排砂を実現するためには、より自然に近い排砂方法の工夫が求められる。
- その他の要望意見
黒部川土砂管理協議会等で議論され、解決の方法が模索されている。

4.6.2 耳川水系の総合土砂管理計画の事例（九州電力）

4.6.2.1 耳川水系の概要

耳川水系は宮崎県北部に位置し、7つの水力発電所を有する電源河川であり、九州電力の一般水力発電設備容量・発電量の2割以上を占めている。流域は急峻な山々と豊富な水量に恵まれ、約90年前から発電を継続している。また、河川全区間の約4割を九州電力のダム貯水池が占めており、設備が流域に与える影響軽減など、事業者としての責任が存在する。

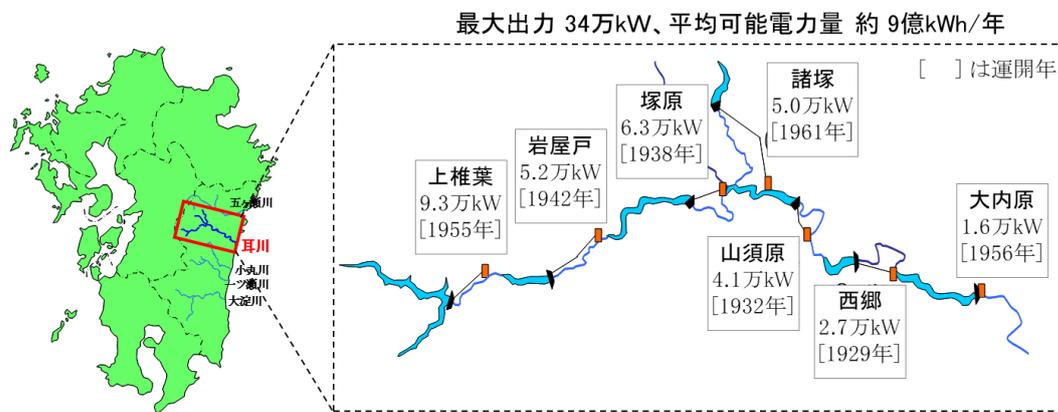


図 4-6 耳川水系の概要

4.6.2.2 2005年 台風14号災害の概要

2005年台風14号による記録的な大規模降雨に伴い、斜面崩壊（491か所）や浸水災害（浸水家屋424戸）が、流域の広範囲で発生した。

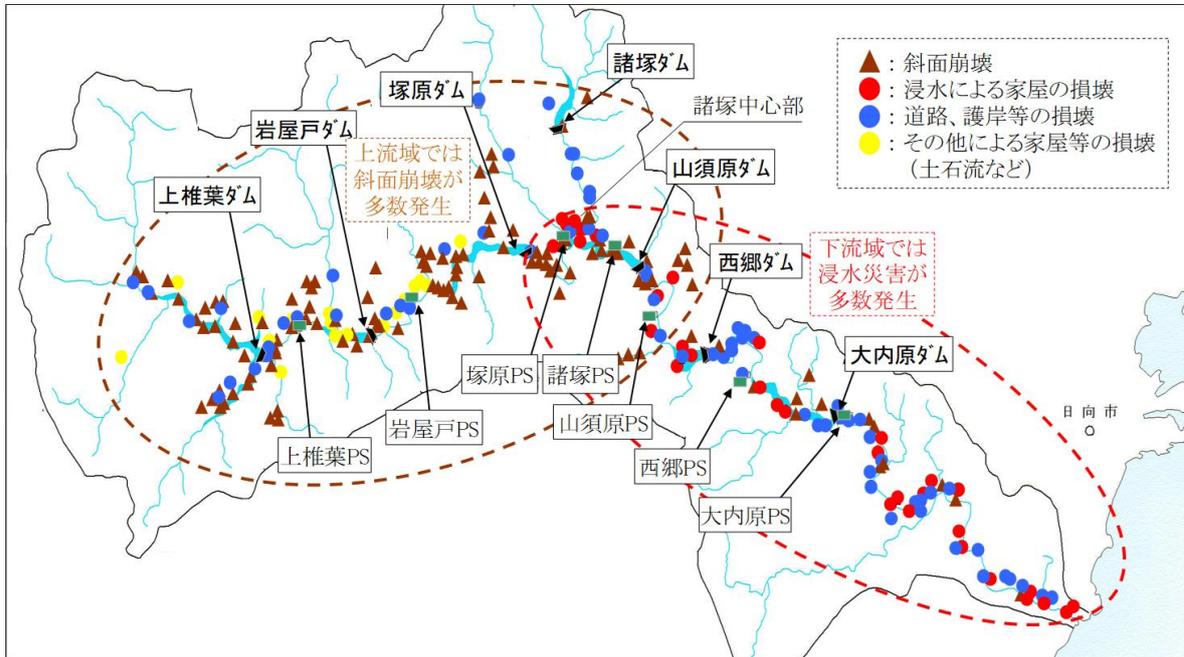


図 4-7 台風14号災害の概要

(1) 斜面崩壊

- 多数発生した斜面崩壊により、大量の土砂が河川に流入
- 1,060万 m³の土砂が河川に流入し、その約半分（520万 m³）がダム貯水池に堆積



塚原ダム下流の斜面崩壊状況



山須原ダム調整池内の斜面崩壊

図 4-8 斜面崩壊の状況

(2) 浸水災害

- 山須原ダム調整池上流の諸塚市中心部では、過去最大の70戸が浸水
- 4発電所が浸水により発電不能（上椎葉・塚原・山須原、西郷）
- 3ダムで越水、ダム管理所が浸水（塚原、山須原、西郷）



諸塚商店街の浸水状況



塚原発電所の浸水状況

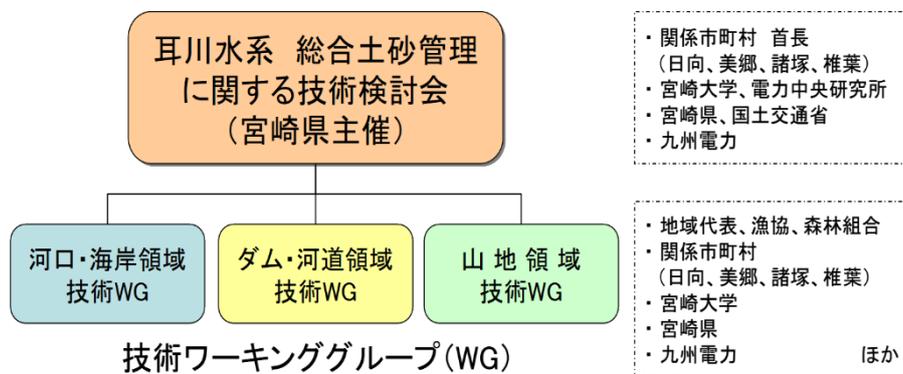
図 4-9 浸水災害の状況

4.6.2.3 耳川水系総合土砂管理

4.6.2.3.1 「耳川水系総合土砂管理に関する技術検討会」の設置

河川管理者である宮崎県は土砂に起因する様々な問題を、流域全体で正しく捉え、個々の問題に個別に対応するのではなく、流域関係者一体となって取り組むため、「耳川水系総合土砂管理に関する技術検討会」を設置した。(技術WGには、地域住民の代表、漁協関係者なども議論に参加)

上記により 2011 年 10 月に「耳川水系総合土砂管理計画」をとりまとめた。



※宮崎県資料を抜粋

図 4-10 技術検討会の構成

4.6.2.3.2 行動計画 (目標実現のための役割分担)

総合土砂管理を行うためには、関係者の連携強化に加え、各組織が主体的に課題解決に向けた行動を実施することが重要である。

このため、各領域の問題、課題に対する「目指すべき方向性」と、各組織が取り組むべき「行動計画」を定め、役割分担を明確化した。

表 4-18 目指すべき方向性と行動計画の一例

領域	目指すべき方向性	行動計画の一例	担当
山地	森林保全や治山・砂防の推進により、土砂・流木の排出抑制を目指す	・森林整備事業 ・間伐等促進事業 他（全 35 事業）	宮崎県 流域市町村
ダム	土砂移動の連続性を回復させ、ダムの適切な運用・管理により川の機能の再生を目指す	・ダム通砂運用 ・調整池内土砂移動 ・調整池内護岸補強	九州電力
河道	適切な河川管理により、安全・安心と生物多様を実現し、人と川が親しめるよう、川の機能の再生を目指す	・広域河川改修事業 ・土地利用一体型水防災事業 ・身近な水辺モニター 他（全 18 事業）	宮崎県 流域市町村
河口・海岸	水系一貫した土砂の適正管理による持続可能な河口・海岸領域の保全を目指す	・海岸漂着物地域対策推進事業 ・県単港湾	宮崎県

4.6.2.3.3 耳川水系総合土砂管理について

「評価・改善委員会」の設置

- ・ 計画策定、対策後、モニタリングを実施し、各領域の目標達成度を総合的に評価し、その結果に基づき、行動計画を改善することを継続的に繰り返す「順応的管理」を行うことが重要
- ・ この「順応的管理」を行うために、「技術検討会」に変えて 2012 年 7 月に「評価・改善委員会」を設置
- ・ 評価・改善委員会には、学識者・民間・行政・地域住民が参加



「評価・改善委員会(技術検討会メンバーに地域住民が参加)」にて評価

図 4-11 耳川水系総合土砂管理

4.6.2.4 九州電力行動計画の概要

4.6.2.4.1 耳川水系総合土砂管理



図 4-12 耳川水系総合土砂管理 九州電力行動計画の全体概要図

4.6.2.4.2 ダム通砂運用

ダム通砂運用は、貯水池に流入する土砂を洪水の掃流力を利用し、ダムゲートから通過させる運用で、ダムによって遮断されてきた河川本来の土砂の流れを取り戻すことを目的としている。

(1) 従来のダム運用

洪水時には、上流から流入する土砂がダム貯水池末端部に堆積し、水位が上昇する。これにより、周辺家屋の浸水リスクが増える。

(2) 土砂を流下させる運用（目指すべき姿）

台風などの大規模出水の際に、ダム貯水位を下げることで、上流から流入する土砂を自然本来の河川のように下流に流しやすくする。

ダムの通砂運用は、浸水リスクが比較的大きい下流3ダム（山須原、西郷、大内原）で実施した。

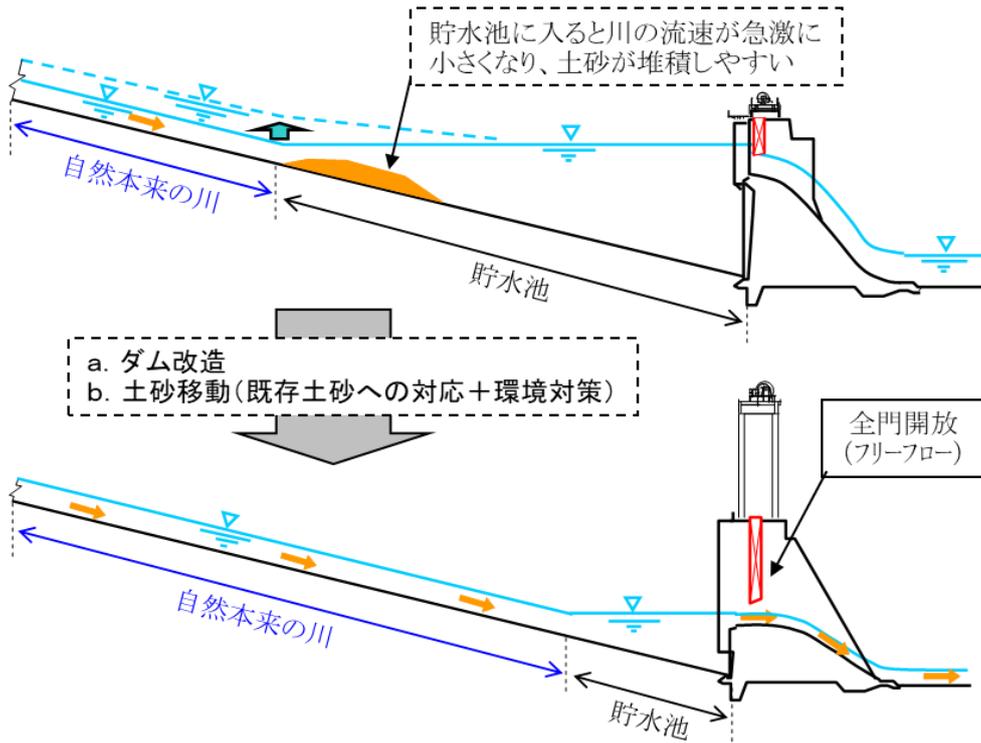


図 4-13 ダム通砂運用の概要

4.6.2.4.3 ダム通砂で期待される効果

ダム通砂運用により、治水、利水、環境面の効果を期待できる。

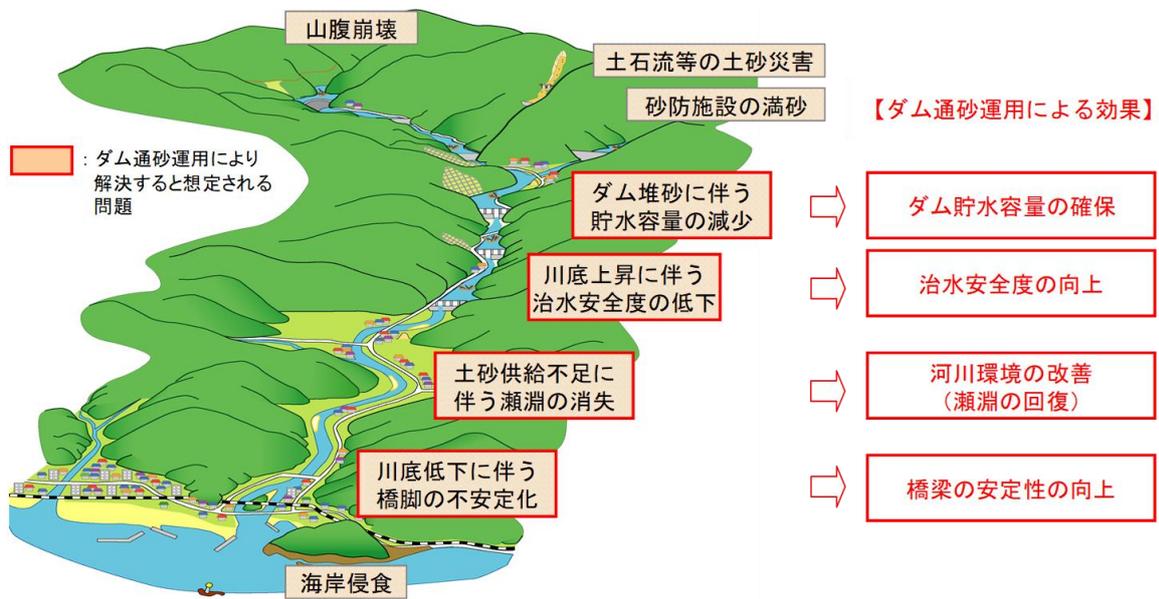


図 4-14 耳川流域における土砂に起因する諸問題とダム通砂運用による効果

4.6.2.4.4 ダム通砂で期待される効果（環境面）

- これまで、土砂がダムで捕捉され粗粒化していた河床材料が、ダム通砂により供給され、石・礫・砂などの様々な大きさに変化
- 砂州の拡大や明瞭な瀬・淵の形成により、自然本来の河川に近づく
- 洪水時に水だけでなく、土砂も流下するため、河床の石に付着した藻類の剥離が促進され、魚の餌となる新鮮な藻類が増加するなど、多様な生物環境が再生

このように、ダム堆積物の排出により、ダム下流の河川環境の改善が期待される。

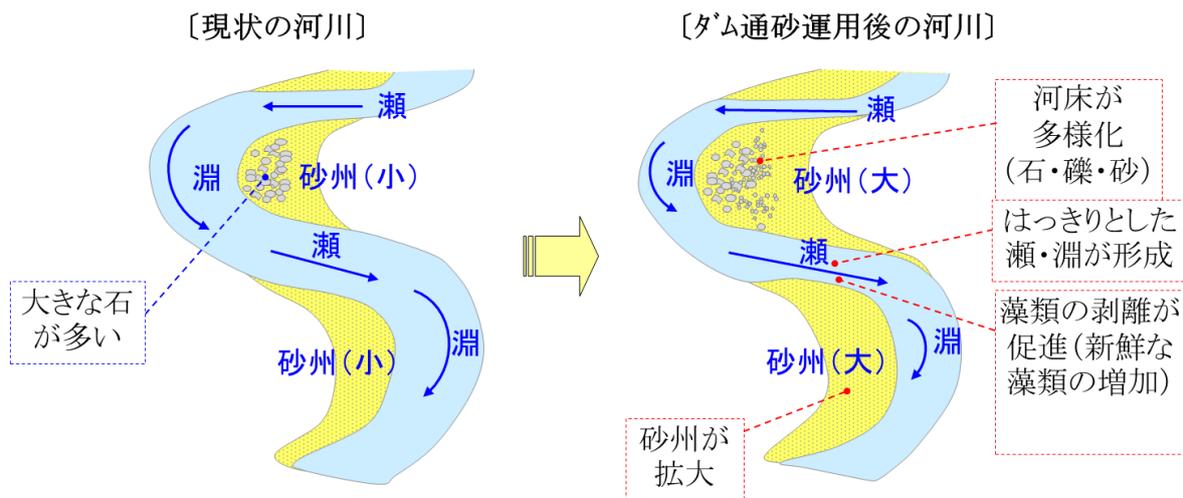


図 4-15 ダム通砂運用による河川の変化の予測

4.6.2.4.5 ダムの改造

- 山須原ダム及び西郷ダムの現在の構造では、洪水時に思うように土砂を通過させることができない。
- 既存のダムの高さを、構造的に問題ない範囲で部分的に切り下げる改造工事を実施



図 4-16 山須原ダム改修前後の様子

山須原ダムでは、既設ラジアルゲート 8 門のうち、中央 2 門を撤去後、越流天端を約 9m 切り下げて、ラジアルゲート 1 門を設置した。



図 4-17 西郷ダム改修前後の様子

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



図 4-18 大内原ダム

一方、大内原ダムは、ダム貯水位の低下が現在の設備で可能であり、そのままダム通砂運用ができるため、ダムの改造は行わない。

4.6.2.4.6 貯水池内の土砂移動（護岸補強）

諸塚町中心部では、治水効果を高めるため土砂の浚渫が行われた。

山須原ダムと西郷ダムの直上流域では、排砂作業により堆積土砂が急速に流出し、下流域の河川安全と環境へのリスクが懸念されていた。これを軽減するため、調整池内外の安全な場所へ土砂を事前に浚渫し、移動させた。

さらに、大内原ダム上流では、通砂時の水位低下により、河岸の不安定化が想定されるため、浚渫した土砂を用いて護岸を補強した。

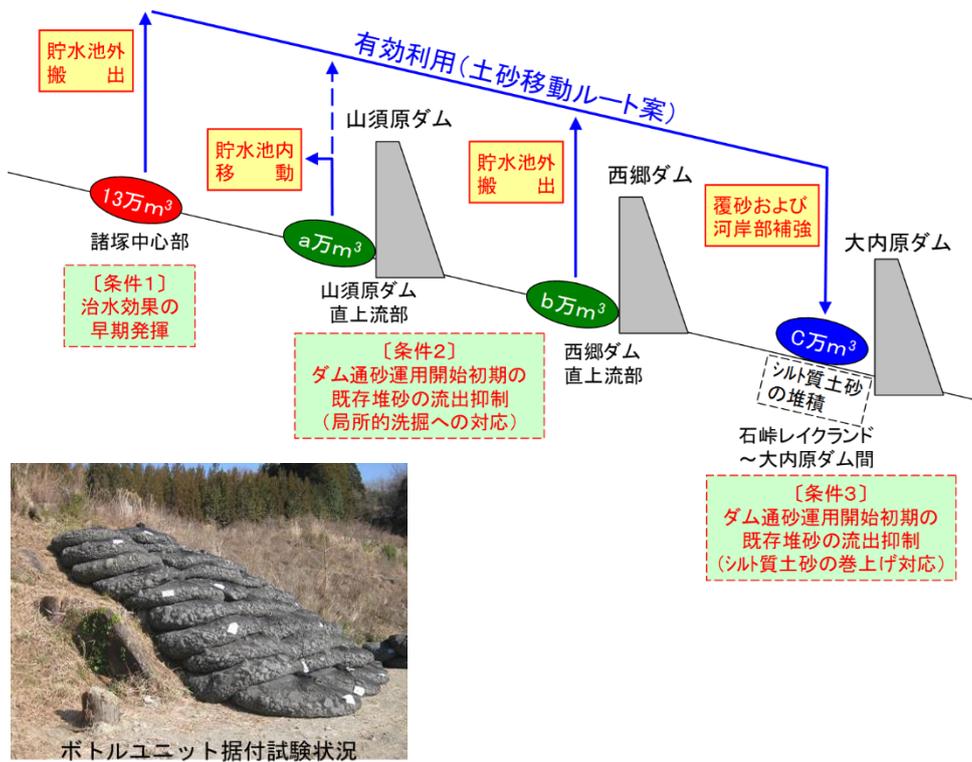


図 4-19 貯水池内の土砂移動

4.6.2.4.7 環境モニタリング

ダム通砂の影響評価のため、ダム通砂運用開始前から環境モニタリング調査を継続中。(ダム・河道域：2007年～、海域：2009年～)



図 4-20 ダム通砂運用による環境変化を把握するための調査

4.6.2.5 ダム通砂運用計画と実績

4.6.2.5.1 堆積物除去作業計画策定のための技術検討

ダム通砂に関する技術的な検討を行うため、ダム通砂に関係する学識者や専門家で構成する「耳川水系ダム通砂技術検討委員会（社内委員会）」を設置した。

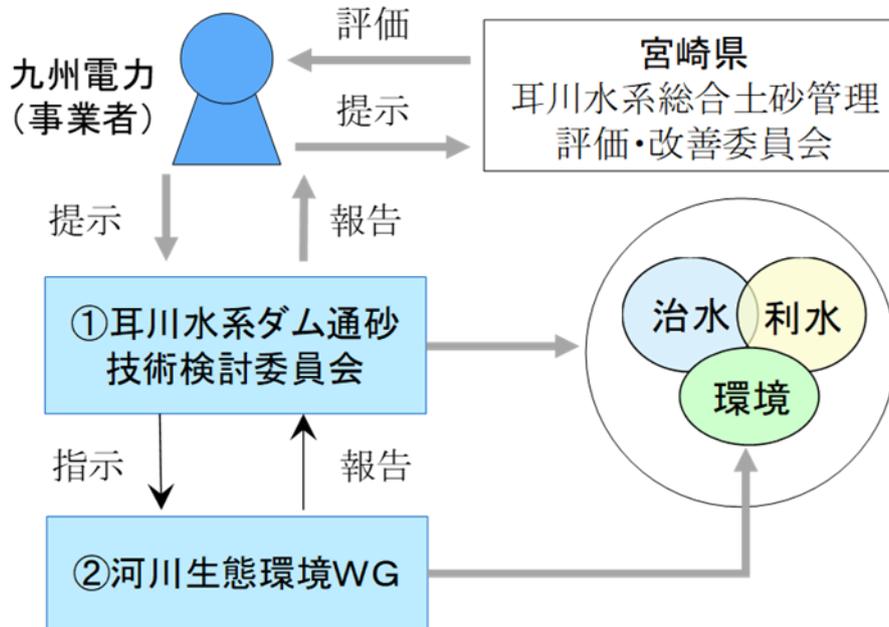


図 4-21 ダム通砂実施結果の評価の枠組みについて

表 4-19 耳川水系ダム排砂技術検討委員会

役割	メンバー
技術指導	京都大学 九州大学 土木研究所
技術協力	ダム技術センター 電力中央研究所
指導・助言	国土交通省 宮崎県

表 4-20 河川生態環境ワーキンググループ

役割	メンバー
技術指導	京都大学 九州大学 熊本大学
技術協力	電力中央研究所
オブザーバー	宮崎県

4.6.2.5.2 ダム通砂運用計画

- 西郷ダム改造工事が完了した 2017 年度から、西郷・大内原ダムで部分通砂を開始
- 山須原ダム改造工事が完了した 2021 年度以降、3 ダム連携通砂を実施

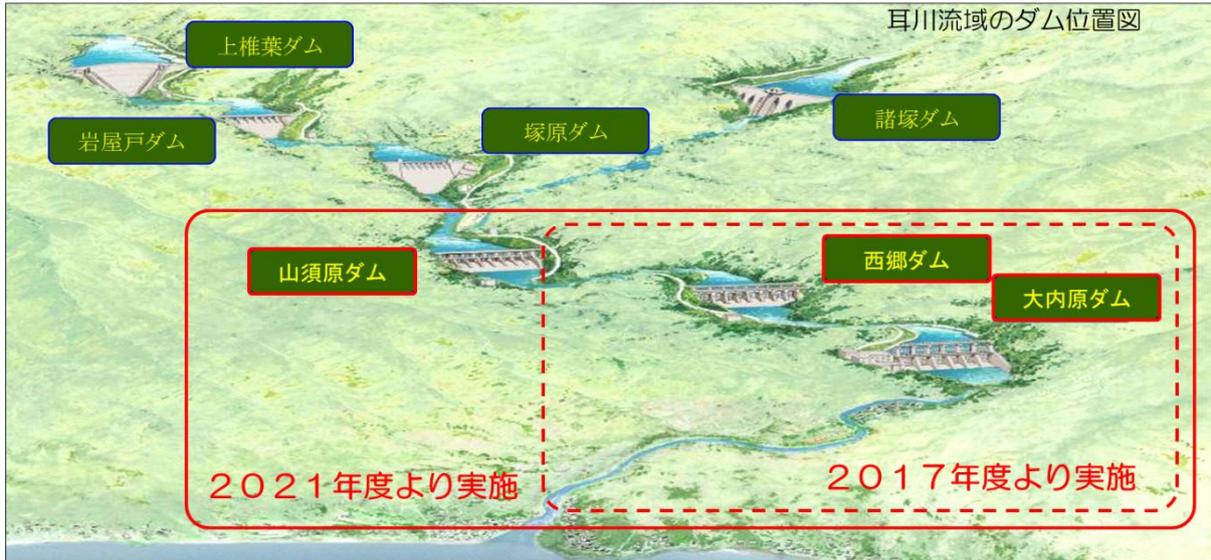


図 4-22 耳川流域のダム位置図

4.6.2.5.3 ダム通砂運用実績

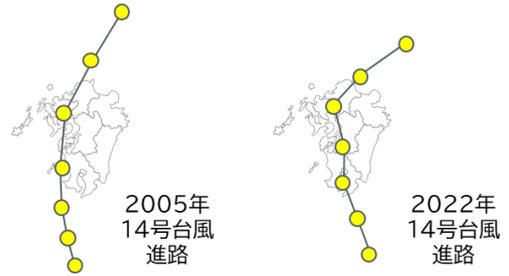
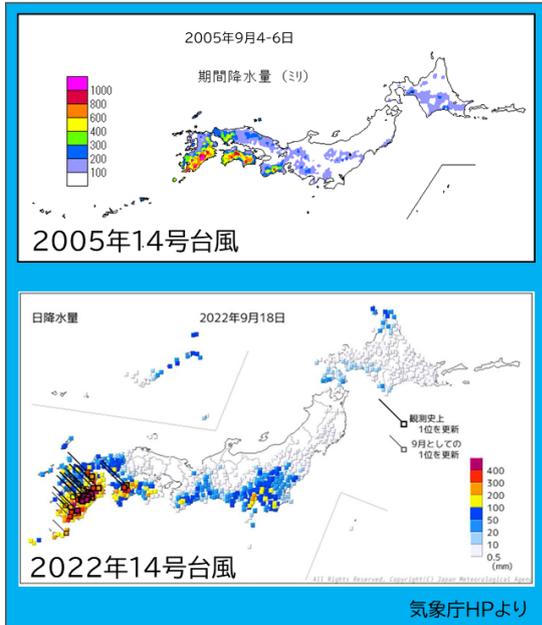
- 2017年のダム通砂開始以降、5回のダム通砂を実施
- 2ダムによる部分通砂は3回、3ダム連携通砂は2回
- 山須原ダム改造工事完了の翌年である2022年に初回の3ダム連携通砂を実施したが、当該出水規模は、耳川水系総合土砂管理の発端となった2005年台風14号と同規模の洪水

表 4-21 ダム通砂運用の実績

方式	ダム通砂開始日	最大流入量到達日	ダム通砂終了日	最大流入量 (m ³ /s)			ダム通砂状態の時間 (時間)		
				山須原	西郷	大内原	山須原	西郷	大内原
部分通砂	2017/9/14	2017/9/17	2017/9/19	1,558	1,517	1,670	-	20	75
	2018/9/27	2018/9/30	2018/10/2	1,440	1,482	2,102	-	41	75
	2020/9/5	2020/9/7	2020/9/9	1,975	2,757	2,534	-	50	81
3ダム連続通砂	2022/9/16	2022/9/18	2022/9/22	3,613	4,907	5,847	65	64	135
	2023/8/5	2023/8/10	2023/8/12	2,069	2,159	2,675	65	67	153

4.6.2.5.4 3ダム連携通砂運用の実績 (2022年9月台風14号)

- 2005年の大水害に匹敵する雨と流量が、2022年の台風出水でも確認
- 両方とも14号台風であり、進路もよく似ていて九州山地の西側を通ったため、反時計回りの雲が九州山地にぶつかり、山地の東側である宮崎県・大分県で高い降水量を記録



神門観測所 アメダスデータ (気象庁HP)	2005年	2022年
日最大	628 mm	695 mm
7日間積算	1,348 mm	1,195 mm
大内原ダム	2005年	2022年
最大流入量	5,454 m ³ /s	5,847 m ³ /s

ほぼ同レベルの出水

図 4-23 台風 14 号の進路と降水量



図 4-24 3 ダム連携通砂の様子

表 4-22 3 ダム通砂運用の通過土砂量 (2022 年 9 月台風 14 号)

	山須原ダム	西郷ダム	大内原ダム
通砂土砂量	587,000 m ³	731,000 m ³	1,117,000m ³

4.6.2.5.5 ダム通砂運用等の効果 (治水安全度の向上)

2005 年台風 14 号で浸水被害のあった諸塚中心部は、ダム通砂運用、嵩上げ、土砂移動により、大規模な浸水被害を免れた。



図 4-25 ダム通砂運用等の効果

4.6.2.5.6 ダム通砂運用の効果（河川環境改善）

ダム下流では、河床材料の多様化や瀬・淵の明瞭化が認められた。

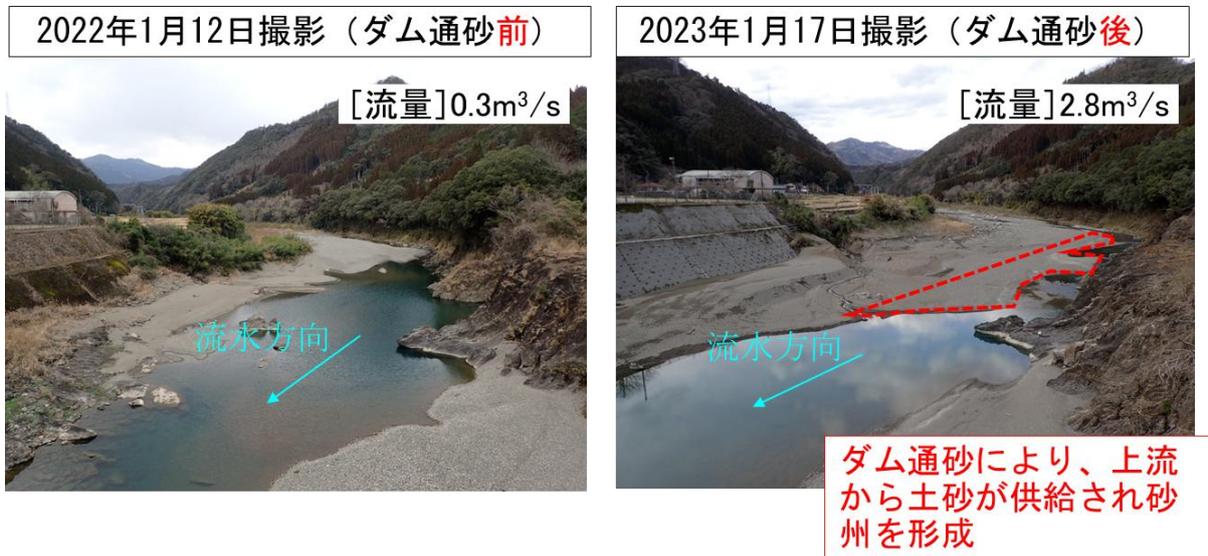


図 4-26 西郷ダム下流 1 km の状況比較

4.6.2.6 まとめ

- 耳川で実施している産（当社）、官（国、県、流域市町村）、学（学識経験者）、民（地元住民、漁協）一体での取り組みは、全ての関係者が問題を正しく捉え、合意形成を図る上で、非常に有効な取り組み

- 3 ダム連携通砂運用により治水、環境の観点から期待される効果を確認
 - ① 治水：ダム上流の貯水池内の一部で治水安全度の向上（土砂の移動による河床の低下）を確認
 - ② 環境：山須原ダム、西郷ダム、大内原ダムの下流河川において、様々な大きさの土砂の移動が確認され、通砂前と比べ、瀬・淵の変化が見られた。
- 今後も、モニタリングを継続し、必要に応じて計画を見直しつつダム通砂運用を継続する。

5 参考文献

- [1] BAFU (Hrsg.) 2021: Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2101: 134 p.
- [2] HSA 2025: “How to Guide Hydropower Climate Change Resilience” published by the Hydropower Sustainability. Download from <https://www.hydropower.org/publications/how-to-guide-on-climate-resilience>
- [3] IHA 2019: Climate Resilience Guide, published by the International Hydropower Association. Download from <https://www.hydropower.org/publications/hydropower-sector-climate-resilience-guide>
- [4] Reynolds J.M. 2023: The role of integrated geohazard assessments in disaster risk management. Hydropower and Dams 1/2023, pp. 43-56.
- [5] 猪俣秀次「水文・水資源学会誌 第34巻第1号」2021年1月
- [6] 中部電力「電力土木 第428号」2023年11月
- [7] 関西電力「電力土木 第409号」2020年9月
- [8] 電源開発「電力土木 第396号」2018年7月
- [9] 北陸電力「電力土木 第430号」2024年3月
- [10] 国土交通省「総力戦で挑む防災・減災プロジェクト 主要施策」(https://www.cbr.mlit.go.jp/mie/river/conference/ryuiki-chisui/file/r20819_sankou-02.pdf) 2025年2月

付録 A : 災害状況の整理 (気象状況、被災の概要、被災箇所、被災要因)_サブタスク 2

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路		
2-1	「東北電力(株)関川水系発電所(15発電所)上越水害における関川水系発電設備の被災と復旧」 東北電力 関川水系発電所(新潟県)	7.11 水害と呼ばれ、発電所のある上越地方においては、梅雨前線の影響によって同日夜から24時間で総雨量300mmを超える集中豪雨が発生した。姫川・関川流域では、洪水・土砂崩れ等が発生した。	平成7年7月11日から12日にかけて新潟県上越地方を襲った、いわゆる「7・11水害」による東北電力の設備被害としては、合計15箇所の発電所が水没や冠水、あるいは損傷するなど、その被害は新潟支店管内の水力発電所総出力(46箇所、251,961kW)の約60%が失われるという、水力発電設備被害としては、過去最大規模のものとなった。	○	○			○		取水堰の流失、取水口の損壊、発電所の水没・冠水、護岸の倒壊	洪水
2-2	「永松発電所の復旧」 東北電力 永松発電所(新潟県) (3.3MW、流れ込み式・水路式)	気象庁気象研究所の調査によると今回の「新潟・福島豪雨」では上空5,800m付近の気温が-6℃前後に下がる上空の低温と下層の水蒸気量の増加という豪雨の条件がそろった時間が長く、降り始めから9時間で500mmを超えるような豪雨となったことが判明している。雨量グラフから日雨量で、100mmを超える日が3日間続いていた。	平成23年7月新潟・福島豪雨によって損傷を受けた松発電所の土木構造物(えん堤一部損壊、放水口護岸一部損壊、水圧鉄管管理橋脚地頭沈下、発電所水没が発生した。	○			○	○	○	えん堤一部損傷、放水口護岸一部損壊、水圧鉄管管理橋脚地頭沈下、発電所水没	洪水
2-3	東北電力 宮下発電所(福島県) (94MW、調整池式・ダム水路式) 洪水被害事例	平成23年7月28日から30日にかけて、新潟県と福島県会津地方を中心に豪雨となり、24時間雨量の降水量が局所的に400mmを超え、大雨が長期化して3日間の合計で700mmに達し、この豪雨により河川の氾濫や土砂崩れが発生した。 *累計雨量(711.5mm) : 気象庁観測所	平成23年7月新潟・福島豪雨により、阿賀野川水系の水力発電所で発電所の冠水や設備の流出、大量の土砂・塵芥が取水口・放水口を塞ぐなどの被害が発生し、水力発電所の停止により供給力として約100万kWの影響が生じた。		○	○		○	○	取水口(土砂流入による閉塞) 導水路(土砂流入による閉塞) 放水口(土砂流入による閉塞) 発電所の冠水	洪水+ 土砂災害
2-4	「先達発電所の豪雨災害の復旧概要」 東北電力 先達発電所(秋田県) (5.3MW、流れ込み式・水路式)	平成25年8月9日、日本海から湿った空気が流れ込んだことで大気の状態が非常に不安定となり、秋田県中央東部および北部に局地的に猛烈な雨が降り、先達発電所近傍の鏝畑地点の時間最大降水量は88mm、日最大降水量は278mmと観測史上最大となった。	平成25年8月9日、秋田県で明け方から屋過ぎにかけて県中央東部および北部に局地的に猛烈な雨が降り、先達発電所近傍で「大規模土石流災害」が発生し甚大な被害を受けた。		○	○	○	○		水圧鉄管西側法面崩壊(崩壊斜面長120m、幅30~40m) 水圧鉄管東側法面崩壊(崩壊斜面長20m、幅5~10m) 余水路地表部洗掘(延長192m) 水車発電機冠水(水深2.5m) 水路に土砂が流れ込み、あふれた水が発電所に流れ込み冠水させた。	洪水+ 土砂災害

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路		
2-5	東北電力 下台発電所（秋田県） （0.34MW、流れ込み式・水路式） 洪水被害事例	東北地方に暖かく湿った空気が流れ込み、大気の状態が不安定となった。秋田県では明け方から昼前にかけて、これまでに経験したことが無いような猛烈な雨が降った所があった。 *時間最大雨量（68mm）：気象観測所	H25年8月、低気圧の影響により出水となり、大館市での3時間降雨量が126mmに達した。これに伴い、河川の増水により取水堰の一部を洗掘および地山崩落による水路損壊をした。	○		○		○		取水堰（越流部洗掘） 導水路開渠（周辺地山崩落による土砂流入、損壊） 導水路暗渠（土被り流失、損傷） 発電所冠水	洪水＋土砂災害
2-6	「犀川水力発電所えん堤改修工事」 中部電力 犀川発電所（長野県） （1.7MW、流れ込み式・水路式）	特定の出水が原因ではない事例である。改修前、犀川えん堤は蛇籠構造の固定堰と老朽化した小規模な排砂ゲートを有していた。排砂ゲートの放流能力が不足していたため、出水時に蛇籠えん堤の上部を流水が越流し、えん堤流失が多発していた。	犀川水力発電所えん堤は、改修前、蛇籠構造の固定堰と老朽化した排砂ゲートを有していた。排砂ゲートは放流能力が小さく、出水時は、固定堰越流水により蛇籠えん堤流失が多発していた。そこで、えん堤の一部と鋼製ゲートを撤去し、大規模なSR合成起伏堰（SR堰）を導入した。	○						えん堤流失	洪水
2-7	「天神えん堤の改修工事（SR堰）」 中部電力 天神発電所（岐阜県） （0.6MW、流れ込み式・水路式）	平成16年10月20日の台風23号によって宮川流域が浸水等の被害を受けた。	平成16年10月20日の台風23号により、天神水力発電所が位置する神通川水系宮川の流域では浸水被害が発生した。その対応の一環として、天神えん堤付近では計画流量に対して流下能力が不足するため、河床掘削等の河川改修が実施されることになった。この河川改修に伴い、天神えん堤を固定堰から可動堰（SR合成起伏堰）へ変更し、水位一定制御が可能な構造にすると共に、魚道を改築し遊上能力向上を図ることになった。	—	—	—	—	—	—	設備への被害はなかったが、今後の出水軽減（気候変動によるレジリエンス強化）目的とした改修。	洪水
2-8	「大井川ダム 清水化バイパス設置工事」 中部電力大井川発電所（静岡県） （68.2MW、調整池式・ダム水路式）	特定の取水・土砂災害が本工事の原因ではない。	中部電力大井川ダム地点では、出水時の大井川上流崩壊地等に起因する濁水が導水路を通じて大井川ダム湖へ流入し、最大3.49m ³ /sの河川維持流量放流水等として河川へ流出していたことから、大井川ダム直下流の河川水がこの濁水の影響を受ける場合が多かった。そこで、当社は地元の川根本町からの河川環境改善要望に応え、新たな濁水対策設備として、濁水流入前の清澄な河川水を取水して大井川ダム直下流へ放流するための取水堰やバイパス水路等から成る清水化バイパス設備を構築した。	—	—	—	—	—	—	地元の川根本町からの河川環境改善要望に応え、新たな濁水対策として改修工事を実施した。	洪水＋土砂災害

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路		
2-9	「島発電所水路改修工事報告」 中部電力 島発電所（岐阜県） （1.8MW、流れ込み式・水路式）	平成 12 年 9 月 11 日～12 日にかけて東海地方に発生した集中豪雨とこれによる河川の出水による被害であった。 9 月 11 日未明から 12 日早朝にかけて降り注いだ降雨により、矢作川沿川では、所によって時間雨量 60mm を超える雨量を観測し、1 日の降水量は 400mm を超えた。 建設省上矢作雨量観測所の記録を用いて 2 日雨量を評価すると、500 年に 1 度の確率の雨量であった。本河川流域ダムでは、最大流入量 3,218m ³ /s を記録していたが、これは計画高水流量(2,300m ³ /s)の約 1.4 倍であり、ダム設計洪水量 2,900m ³ /s をも上回っていた。	平成 12 年 9 月 11 日～12 日にかけて東海地方に発生した集中豪雨とこれによる河川の出水による被害であった。この改修工事は、上流に位置する上村（かみむら）発電所放水路と島発電所取水口を連絡水路により直結化し、既設島取水えん堤は撤去するという工事である。	○						既設島取水えん堤の護岸が流出、土石、流木の堆積が発生。	洪水
2-10	「称名川第二発電所 雑穀谷取水ダム水叩工改修工事の概要」 北陸電力 称名川第二発電所（富山県） （8.1MW、流れ込み式・水路式）	平成 16 年 7 月 18 日の豪雨の状況は、称名川本川取水口地点で 63mm/hr、161mm/24hr（時間雨量、24 時間雨量とも 50 年確率雨屋に相当）。平成 17 年 6 月 30 日の豪雨の状況は、42mm/hr、214mm/24hr（24 時間雨量は 200 年超確率雨量に相当）であり、いずれも雑穀谷取水ダム前面及び取水庭の土石堆積、ゲート巻上機室の浸水による自動制御機器故障により取水不能となった。 雑穀谷取水ダムの設計洪水水位が 1.5m（ダム天端からの水位）であるのに対し、被災時の水位は平成 16 年が 6.0m、平成 17 年が 5.5m であったことを痕跡から確認しており、非常に大きな土石流が発生した。平成 17 年 6 月 30 日の 24 時間雨量は、214mm であり、1/200 年超確率雨量相当であった。	称名川第二発電所雑穀谷取水ダムは、上流域の山腹崩壊が著しく、平均河床勾配 1/5 という急流河川に位置している。平成 16、17 年と 2 年続けて豪雨出水による土石堆積・浸水被害を受け、取水不能となった。近年、取水設備上流域は山腹崩壊の進行が著しいため、今後も同様の被害が発生すると判断し、安定した取水を確保することを目的として取水波備の改良工事を実施した。また、出水により取水ダム水叩エが流出し、基礎河床も洗掘を受けていることから、取水ダムの安定に影響を及ぼさないよう水叩エの機能回復を目的に改修工事を行った。	○	○					雑穀谷取水ダム前面及び取水庭の土石堆積、ゲート巻上機室の浸水による自動制御機器故障	洪水＋土砂災害設計を上回る洪水（想定）
2-11	「新猪谷発電所 放水路改良工事報告」 北陸電力 新猪谷発電所（富山県） （33.5MW、調整池式・ダム水路式）	平成 16 年 10 月に発生した台風 23 号は秋雨前線を巻き込んで本州中部地方内陸を横断し、神通大橋地点（富山市中心部）で観測史上最大となる 6,400m ³ /s を記録し、神通川水系の各発電所に冠水や設備の流出など甚大な被害をもたらした。	神通川水系の新猪谷発電所放水路では、平成 16 年 10 月 21 日の台風 23 号による異常出水で放水口制水ゲート開閉装置・制御盤が冠水し、更に開口部から放水路へ土砂や塵芥が大量に流入し、通水不能となる災害が発生した。					○	○	①放水口制水ゲート開閉装置が冠水 ②発電所本館の水没（放水口から流入した水により水没）	洪水

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路		
2-12	関西電力 長殿発電所（奈良県） （16.2MW、流れ込み式・水路式） 洪水被害事例	記録的な大雨により県内の各地において土砂崩れが発生し、その数は約1,800箇所とも言われている。十津川村宇宮原地区山腹の大規模な深層崩壊は、この崩壊地点の約1km上流に長殿発電所が位置し、河川に突入した崩落土砂により発生した段波が、大きなエネルギーを有した状態で発電所地点まで遡上し、発電所を襲い全壊させることとなったと推定された。 * 累計雨量（1,652mm・72時間）	平成23年8月31日から9月4日にかけて紀伊半島に豪雨と大出水をもたらした台風12号の影響により、台風の中心から東側に位置した紀伊半島では総降水量が広い範囲で1,000mmを超える豪雨となった。関西電力（株）奈良電力部管内の水力発電所においても多数被害を受けた。					○		発電所下流の土砂崩れが河川に突入し、発生した段波が遡上し発電所を直撃したことで全壊した。	洪水
2-13	「北御所えん堤の取水制御機能を絞り込んだ災害復旧」 中部電力 中御所発電所（長野県） （10.2MW、流れ込み式・水路式）	平成15年4月の集中豪雨に起因する土石流によって、中御所水力発電所の取水えん堤の一つである北御所えん堤が被害を受けた。	中部電力（株）中御所水力発電所は、新中御所、北御所、新黒川の3えん堤より合計4(m ³ /s)を取水し、最大出力10,200kWで発電する流れ込み式水力発電所である。その取水設備の一つである北御所えん堤は平成15年4月の集中豪雨に起因する土石流によって被害を受け取水不能となった。		○					中御所水力発電所の取水えん堤の一つである北御所えん堤が損壊。	洪水＋土砂災害
2-14	九州電力 川辺川第一発電所（熊本県） （2.6MW、流れ込み式、水路式） 洪水被害事例	・ 事象発生までの累計雨量は345mm（75時間）でこの間の最大時間雨量は46mm。 ・ 6月の月間雨量689mmは、至近10か年の6月度平均の465mmを大きく上回っており、30日間の降雨量は933mmで梅雨期での過去最大。 * 時間最大雨量（46mm）	ピーク到達後の流入量の減少とともに放流操作を継続していたが、放流操作中に取水口方向で火花を確認した直後、ゲート操作が不能となり、取水設備が破損していることを確認。また、破損事象以降、ゲート及び管理橋が落下する等被害が拡大した。最大流入量は設計洪水量（2,124m ³ /s）の約4割、既往最大流量（1,539m ³ /s）の約5割で大きな出水ではなかった。		○					取水口（呑み口部本体、スクリーン、制水門、巻き揚げ機含む）の損壊 魚道破損 右岸（取水口下流部）の斜面崩壊	洪水

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路		
2-15	「上椎葉発電所本復旧工事の設計・施工」 九州電力 上椎葉発電所（宮崎県） （93.2MW、貯水池式・ダム水路式）	各ダム地点（7箇所）の出水状況は、台風14号以前の既往最大流入量を更新したのが全7ダム、ダム設計洪水流絨を超えたのが5ダム（上椎葉ダム、諸塚ダムを除く）である。山須原ダム、西郷ダム、大内原ダムのような流域の中流から下流に位置するダムでは、総降水量が比較的多かったため、洪水の規模がより大きくなっている。台風の勢力については、台風が大型で、発達した雨雲が広範囲に分布していたため、台風が離れている段階から、1時間に50ミリ前後という非常に激しい雨が降り始めた。さらに、濃密な雨雲を伴ったまま九州へ接近、上陸した。台風14号に伴う大雨は、一般に「集中豪雨」といわれる1時間80-100ミリというような猛烈な雨を伴わなかったが、連続的に1時間40ミリ前後の激しい雨が長時間にわたって降り続き、結果として総雨量が非常に多くなったというのが特徴である。	上椎葉発電所（最大出力93,200kW）は耳川水系発電所群の最上流に位置し、水力発電所の基幹的な位置を占める発電所である。当発電所は昭和30年に運転開始以来50年を経て水車・発電機の老朽化が進んでいた。					○		①1、2号水車発電機（45,000kW）…冠水 ②220kV配開、6kV直配…浸水 ③1号主要変圧器（220kV/110kV/11kV）…損壊 ④発電所進入道路流出 ⑤放水口 土砂堆積	洪水＋土砂災害
2-16	電源開発 滝発電所（福島県） （92MW、調整池式・ダム式） 洪水被害事例	平成23年7月26日未明より、新潟県上空付近に停滞していた前線に、南の太平洋高気圧からの暖かく湿った空気と北のオホーツク海高気圧からの冷たく湿った空気が流れ込み前線の活動が活発化した。このため、平成23年7月27日から30日にかけて、新潟県中越地方から福島県志津地方を中心に多量の雨を降らせた。河川流入量は滝ダム設計洪水量5,100m ³ /sを超え、6,615m ³ /sを記録した。 *72時間雨量（700mm）、時間最大雨量（69.5mm）：AMeDAS只見観測所	平成23年度7月28日から30日にかけて新潟県中越地方および福島県会津地方で発生した前線性の豪雨（「平成23年7月新潟・福島豪雨」。以下「豪雨」という。）により、阿賀川水系只見川流域では公共施設をはじめ民家や農地などが甚大な被害を受けた。当社でも、同流域に位置する6カ所の水力発電所が被害を受けた。そのうち滝発電所においては、洪水吐ゲートの損傷、取水口から放水庭までの流路への土砂流入、発電所下流護岸損傷等の被害をうけた。また、発電所が冠水し予備電源を含めたすべての電源が喪失した。電源喪失原因は、発電所敷地以上の標高に達した河川水が屋外開閉所のケーブルダクト貫通口から流入し、ケーブルトンネルを通じて発電所内へ浸水したことによる。	○	○			○	○	洪水吐ゲート（扉体および戸当たりの損傷） 発電所（浸水、常用電源・予備電源喪失） 取水口・放水口（土砂流入）	洪水

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路		
2-17	黒部川水系猫又地区における河床上昇対策 関西電力 新黒部川第二発電所（富山県） （74.2MW、調整池式・ダム水路式） 洪水被害事例	平成7年の梅雨は東北から九州までの広い範囲で大雨となり、7月平年値の150%から200%の降水量を記録した。7月8日から12日にかけて活発な前線が日本海から北陸地方に停滞、黒部川流域で500mm近い期間雨量（7/10～7/12）、50mmを超える時間雨量を観測し、黒部川として昭和44年8月以来の大洪水となり、発電設備に甚大な被害をもたらした。	平成7年7月の水害で発電所が冠水するなどの被害を受けた黒部川中流部の猫又地区は、河床が復旧後も土砂堆積により約10m上昇し、放水口の埋没が頻発し、発電支障（溢水電力量）が顕在化してきた。					○		発電所および作業員用合宿所の冠水。黒部鉄道鉄橋の土砂による埋没。	洪水＋土砂災害
2-18	「平成26年8月豪雨による太田川発電所土木設備の被害と復旧対策の概要」 中国電力 太田川発電所（広島県） （16.4MW、流れ込み式・水路式）	広島市では、8月19日夜から8月20日未明にかけて不安定な大気の状態がバックビルディング形成をもたらし、広島市の南西から北東にかけて延びた線状降水帯により局地的に猛烈な豪雨が発生した。この豪雨は、1時間降水量、3時間降水量および24時間降水量が各雨量観測所において観測史上1位の値を更新し、広島市安佐南区・安佐北区では数多くの土石流を引き起こし、死者76名に及ぶ大きな災害をもたらした。 今回の災害は、非常に強い雨が極めて短時間かつ局所的に集中して降ったことに加えて、先行雨量の影響が大きいとされている。大きな土石流が発生した広島市安佐北区三入東では、先行雨量として災害発生2ヶ月前から1週間前までの間に累積雨量493mmを記録している。	平成26年8月19日夜から20日未明にかけて発生した未曾有の集中豪雨とこれによる大規模な土石流により、中国電力の太田川発電所では甚大な被害を受けた。水槽・余水路・放水路は土石流の流入により閉塞され、発電停止を余儀なくされるとともに水槽周辺では土石流等により大きな侵食を受けた。			○		○	①水槽 (1) 水槽内の2/3程度が土石により閉塞 (2) 水槽右岸上流の山脚工下流、右積みの1部が崩壊 (3) 水槽左岸地山が広範囲に亘って流出（約2万m ³ ） (4) 水槽進入路の1部が流出 ②余水路 (1) 余水路開渠部（横越流部）の半分が土石で閉塞 (2) 余水路管渠部の大部分が土石で閉塞 (3) 余水路空気孔頂部で管渠部閉塞に伴う越水を確認 ③発電所 (1) 発電所基礎には損傷なし (2) 水車に少量の土砂が流入 (3) 発電所敷地内は1.0～1.5m程度の土砂が堆積 (4) 屋外変電所敷地は一時浸水したが大きな被害なし ④発電所建屋 (1) 余水路管渠部の閉塞時に空気孔頂部から噴出した土石により建屋壁面（ガラス含む）が破損 ⑤放水路 (1) 放水路の全線に土砂が堆積（余水路合流部から下流100mでは約2.9m、その他は全線に亘り0.2～0.4m） ⑥その他周辺施設	土石災害	

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路		
2-19	九州電力 新菅原発電所（宮崎県） （7.5MW、調整池式、ダム水路式） 洪水被害事例	台風5号は平成19年8月2日に宮崎県に上陸し、大分県を北上した。上陸時の中心気圧は965hPaで、台風の北側に広がる非常に発達した雨雲が宮崎県・大分県境に停滞し、局地的に猛烈な豪雨となり、時間雨量50mm以上が4時間継続し、この間の最大時間雨量が126mmを記録した。	ダムでは、ダム設計洪水流量（700m ³ /s）を大きく上回り、洪水吐きゲート3門を全開としていたが、水位上昇に伴いオリフィス状態となった。（推定流量1,310m ³ /s）また、堤体非越流部（右岸）と遮水壁（左岸）の両岸から越水する事象となり、ダム管理所浸水、ダム管理設備（受電設備、予備発電装置、除塵機、水位計等）が被災した。	○						取水関連設備の損壊・浸水	洪水
2-20	「須川発電所上野川取水堰復旧工事の設計・施工」 東京電力 須川発電所（静岡県） （6MW、調整池式・水路式）	平成22年9月の台風9号の影響により、上野川取水堰が位置する静岡県駿東郡では、日雨量490mmを記録し、観測史上最大の日雨量となった。被災後、上野川取水堰跡地における洪水痕跡に基づく流量推定では、洪水流量は129m ³ /sとなり、計画洪水流量37m ³ /sを大幅に上回った。	平成22年9月8日に上陸した台風9号の影響により、静岡県東部及び神奈川県西部にまたがる東京電力神奈川支社（現：東京電力リニューアブルパワー株式会社 松田事業所）内の水力発電施設は甚大な被害を受けた。中でも、須川発電所の上野川取水堰は、計画洪水流量の3倍を超える流量が流入し、下流の河床保全工の侵食、取水堰基礎及び左岸護岸の洗掘が発生した。取水堰の安定性に重大な影響を及ぼす被害であったため、取水堰の安定性確保のため、緊急復旧工事を実施した。	○						この降雨の影響により、上野川取水堰の河床保全工及び左岸護岸が流失した。また、河川が平常状態に戻った際に、取水堰基礎付近に新たな洗掘が確認された。被災箇所は、盛土、エプロン工、護岸、取水施設、排砂設備、付帯施設等。	洪水

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路		
2-21	中部電力 湯山発電所（静岡県） （24.1MW、調整池式・ダム水路式） 洪水被害事例	<p>気象の概況（気象庁情報 10月24日 15:00 現在） 9月13日21時に日本の南海上で発生した台風第15号は、南大東島の西海上を反時計回りに円を描くようにゆっくり動き、速度を速めつつ四国の南海上から紀伊半島に接近した後、21日14時頃に静岡県浜松市付近に上陸し、強い勢力を保ったまま東海地方から関東地方、そして東北地方を北東に進んだ。台風は、その後21日夜遅くに福島県沖に進み、22日15時に千島近海で温帯低気圧に変わった。</p> <p>台風第15号が、南大東島の西海上にしばらく留まり、湿った空気が長時間にわたって本州に流れ込んだことと、上陸後も強い勢力を保ちながら北東に進んだことにより、西日本から北日本にかけての広い範囲で、暴風や記録的な大雨となった。9月15日0時から9月22日9時までの総降水量は、九州や四国の一部で1,000mmを超え、多くの地点で総降水量が9月の降水量平年値の2倍を超えた。24時間雨量 320mm、時間最大雨量 44mm：自社観測所 ダム 放流（流入量 1,046m³/s、放流量 1,035.1m³/s）</p>	<p>2011年9月20日、台風15号の影響により東海地方に大雨が降り、大間川えん堤近傍の千頭ダムの自社雨量観測所では累計雨量が483mmに達し、湯山発電所下流に位置する大間ダムでは既往最大流量1,548.5m³/sを記録した。これに伴い、大間川で洪水、大規模な斜面崩壊が発生し、湯山発電所の取水堰および取水口の取水設備（巻上装置、自動制御装置ほか）、除塵設備、放流警報設備に被害が生じた。排砂ゲートおよび取水口ゲート等が操作不能になり、発電機停止となった。</p>	○						<p>大間堰堤の主要設備は、堰堤本体を除いてほぼ全壊する被害を受けた。 見張所建屋、自動制御版等水没取水堰の損壊 取水口設備（取水口ゲート、取水庭排砂門、除塵機、各種水位計、水路制水門、水路排砂門等）の流木および浸水による損壊</p>	洪水（洪水痕跡から判断すると設計洪水量を越えていると推察される）
2-22	「久婦須川第二発電所 久婦須第二ダム改良工事の概要」 北陸電力 久婦須川第二発電所（富山県） （3.8MW、調整池式・ダム水路式）	<p>上流の山地荒廃により堆砂が進んだことに加え、平成11年9月15日の台風16号による出水によって、ダム貯水池内に大量の土砂が流入し満砂状態となり、取水はもとより沈木の堆積により排砂も不能となった。</p>	<p>久婦須川第二発電所の久婦須第二ダムは、平成11年9月の台風による出水によって、ダム貯水池内に大量の土砂が流入し満砂状態となり、取水はもとより沈木の堆積により排砂も不能となった。ダム上流域は山地荒廃が進んでおり、現状設備のままでは発電能力の回復が困難なことから、抜本的なダム改良工事を行い、運用管理の合理化を図ることとした。</p>							<p>設備の損傷ではないが、出水により、満砂状態となったことにより、取水はもとより、沈木の堆積によって排砂もできなくなった。（洪水による施設の被災というより、堆砂が進行し発電に支障が生じていたことから、ダムの改良工事を行って、運用管理の合理化（発電能力の回復）を図った。</p>	洪水＋土砂災害

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路		
2-23	「本名発電所ダム下流減勢工改良工事の概要」 東北電力 本名発電所（福島県） （78MW、調整池式・ダム式）	気象庁気象研究所の調査によると今回の「新潟・福島豪雨」では上空 5,800m 付近の気温が-6℃前後に下がる上空の低温と下層の水蒸気量の増加という豪雨の条件がそろった時間が長く、降り始めから9時間で500mmを超えるような豪雨となったことが判明している。（設計洪水量を超える洪水が発生した）	平成 23 年 7 月新潟福島豪雨により、本名ダムの設計洪水量を超えた出水がダム下流域までおよび田畑の浸水等の甚大な被災を及ぼした。そこで、今後同規模な出水が発生した場合に、ダム下流域に及ぼす影響を大幅に軽減させるために、鋼管矢板による導流壁設置工事を実施した。本工事は主として、ダウンザホールハンマによる鋼管矢板壁打込み、LIBRA 工法による仮設構台の組立であった。						○	本発電所設備自体に損傷はなかった。	洪水
2-24	「平成 17 年台風 14 号に伴う被害復旧（山須原ダム）」 九州電力 山須原発電所（宮崎県） （41MW、調整池式・ダム水路式）	出水規模は、中流域における総雨量が比較的大きかったことから、中～上流域に位置する山須原ダム、西郷ダム、大内原ダムで大きくなっている。台風 14 号については、台風が大型で、発達した雨雲が広範囲に分布していたため、台風が離れている段階から、1 時間に 50 ミリ前後という非常に激しい雨が降り始めた。さらに、濃密な雨雲を伴ったまま九州へ接近、上陸した。台風 14 号に伴う大雨は、一般に「集中豪雨」といわれる 1 時間 80-100 ミリというような猛烈な雨を伴わなかったが、連続的に 1 時間 40 ミリ前後の激しい雨が長時間にわたって降り続き、結果として総雨量が非常に多くなったというのが特徴である。	台風 14 号の集中豪雨による出水は既往最大流量を更新し、耳川水系 7 ダムのうち 5 つのダムの設計洪水量を超えた。（上椎葉、諸塚ダムを除く）山須原ダムにおいては 4110m ³ /s で設計洪水量 3387m ³ /s を超えた。この出水により発電所が冠水し、発電不能となった。またダム貯水池・調整池内においても大規模な斜面崩壊が発生した。平成 15 年から 17 年の 3 年間に於いて、斜面崩壊面積が 3～10 倍の拡大し、年間堆砂量は 2～20 倍に急増した。さらにこの斜面崩壊で膨大な流木が発生し、1 つの台風で年間平均の 1.5 倍の量に達した。						○	①1～3 号水車発電機の冠水 ②110kV 配電・開閉所の浸水 ③導水路内土砂堆積 ④放水口土砂堆積 ⑤調整池内における斜面大規模崩壊の発生した。	洪水＋土砂災害
2-25	「平成 17 年台風 14 号に伴う被害復旧（西郷ダム）」 九州電力 西郷発電所（宮崎県） （27.1MW、調整池式・ダム水路式）	山須原ダム、西郷ダム、大内原ダムのような流域の中流から下流に位置するダムでは、総降水量が比較的多かったため、洪水の規模がより大きくなっている。台風 14 号については、台風が大型で、発達した雨雲が広範囲に分布していたため、台風が離れている段階から、1 時間に 50 ミリ前後という非常に激しい雨が降り始めた。さらに、濃密な雨雲を伴ったまま九州へ接近、上陸した。台風 14 号に伴う大雨は、一般に「集中豪雨」といわれる 1 時間 80～100 ミリというような猛烈な雨を伴わなかったが、連続的に 1 時間 40 ミリ前後の激しい雨が長時間にわたって降り続き、結果として総雨量が非常に多くなったというのが特徴である。	台風 14 号の集中豪雨による出水は既往最大流量を更新し、耳川水系 7 ダムのうち 5 つのダムの設計洪水量を超えた。（上椎葉、諸塚ダムを除く）西郷ダムにおいては 4,940m ³ /s で設計洪水量 3572m ³ /s を超えた。この出水により発電所が冠水し、発電不能となった。またダム貯水池・調整池内においても大規模な斜面崩壊が発生した。平成 15 年から 17 年の 3 年間に於いて、斜面崩壊面積が 3～10 倍の拡大し、年間堆砂量は 2～20 倍に急増した。さらにこの斜面崩壊で膨大な流木が発生し、1 つの台風で年間平均の 1.5 倍の量に達した。						○	①1 号水車発電機の冠水 ②66KV 配電・開閉所の浸水 ③2 号水車発電機の発電停止（導水路等の土砂堆積）	洪水＋土砂災害

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路		
2-26	「霞沢発電所大正池取水堰改良工事の概要」 東京電力 霞沢発電所（長野県） （39MW、流れ込み式・水路式）	洪水流量の規模については明確な記録がないが、河川流量が排水能力（約61m ³ /s）を超えると、盛土堰の天端から水が越流し、自然決壊が発生する状況が定期的に発生していた。 また、過去10年間の平均では、年間約2回、決壊が発生していた。（洪水流量が計画洪水流量を超過していたと考えられる。）	霞沢発電所取水堰は、信濃川水系桂川最上流に位置する大正池に盛土と取水堰によって建設された取水施設。現在の大正池の排水能力は、取水ゲート、排砂ゲート、排水ゲートにより約61m ³ /sで、河川流量がこの能力を超えると、堰の天端から水が越流し、自然決壊が発生する。過去10年間で平均して年間約2回崩壊が発生していることに留意する必要がある。	○						霞沢発電所の取水堰となる盛土堰堤の流出（この盛土堰堤により観光地大正池の水位が維持されている）	洪水
2-27	「平成29年8月停滞前線による葛根田第二発電所水害復旧工事」 東北電力 葛根田第二発電所（岩手県） （5.1MW、流れ込み式・水路式）	平成29年8月24日～25日にかけて東北地方北部に停滞した前線の通過に伴い2日間の総雨が200mmを超える激しい降雨が発生した。 （設計洪水量を越えたか不明）	東北電力（株）葛根田第二発電所は、平成29年8月24日から25日にかけて東北地方北部に停滞した前線の影響により、取水設備や沈砂池などの土木設備に甚大な被害を受け、発電不能となった。	○		○				①取水口上流護岸の損壊 ②見張所の流失 ③取水口上屋の一部損壊 ④取水口自動制御装置の被害 ⑤スクリーン流出 ⑥沈砂池余水路の損壊と水路内への土砂流入	洪水
2-28	電源開発 長山発電所（高知県） （38.5MW、調整池式・ダム水路式） 洪水被害事例	平成23年7月の台風6号の通過に伴って、当時の周辺地域の累計雨量は1,000mmを超え、河川流入量は平鍋ダム設計洪水量1,000m ³ /sを超え、1,700m ³ /sを記録した。	平鍋ダムの約500m上流右岸の支流（平鍋大谷）において大規模な斜面崩壊が発生し、土石流となって調整池内に流入し、段波を生じダムを越流した。この時の越流の状況は平鍋ダムのゲート操作員の目視ITVモニターにより、越流した段波はダム天端より約2mの高さに達し、越流時間は数十秒であったことが確認された。この越流により洪水吐ゲートの制御機器が浸水し、機能不全となった。			○				洪水吐ゲート制御機器の浸水による洪水吐ゲートの機能不全	洪水＋土砂災害
2-29	東北電力 湯之谷発電所（新潟県） （0.72MW、流れ込み式・水路式） 洪水被害事例	気象庁気象研究所の調査によると今回の「新潟・福島豪雨」では上空5,800m付近の気温が-6℃前後に下がる上空の低温と下層の水蒸気量の増加という豪雨の条件がそろった時間が長く、降り始めから9時間で500mmを超えるような豪雨となったことが判明している。雨量グラフから日雨量で、100mmを超える日が3日間続いた。 *累計雨量（453mm）：自社観測所	平成23年7月新潟・福島豪雨によって取水堰、発電所護岸の損壊、発電所浸水により電気設備が被災した。	○					○	取水堰（洪水による一部損壊） 発電所（浸水による電気設備故障） 発電所護岸一部損壊	洪水

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因	
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路			
2-30	東京電力 羽根尾発電所（群馬県） （13MW、流れ込み式・水路式） 洪水被害事例	令和元年10月に台風19号が10月11日から12日にかけて、吾妻川上流域に多量の雨を降らせた。吾妻川上流にある田代（気象庁）観測所では、時間最大44mm、累計442mmを観測する大雨が降り、羽根尾取水ダムへ大量の水および土石が流れ込んだ。 *24時間雨量(442mm)、時間最大雨量(44mm)：田代気象庁観測所	令和元年10月、台風19号の影響により関東甲信地方に大雨が降り、吾妻川上流の上流部で洪水および土砂災害が発生した。羽根尾発電所においてもダムの堤体、取水口側壁および発電所（変電所）護岸が甚大な被害を受けた。	○					○		取水ダム堤体破損、 取水口側壁破損、 発電所（変電所）護岸損壊	洪水
2-31	東京電力 熊川第一発電所（群馬県） （2.7MW、流れ込み式・水路式） 洪水被害事例	令和元年10月に台風19号が10月11日から12日にかけて、熊川上流域に多量の雨を降らせた。熊川上流にあるハイロン（国交省）観測所では、最大時間雨量47mm、累計517mmを観測する大雨が降り、熊川取水ダムへ大量の水および土石が流れ込んだ。水槽余水路地点においても大雨が降り、周辺観測所の堂光原（国交省）観測所で時間最大雨量47mm、24時間雨量511mmを観測し、ハイロン（国交省）観測所では24時間雨量（517mm）、時間最大雨量（47mm）を観測した。	令和元年10月、台風19号の影響により関東甲信地方に大雨が降り、熊川の上流部で洪水が発生した。熊川第一発電所においても取水ダム堤体が損傷を受けたとともに、水槽余水路周辺の沢が増水し、余水路側壁は沢水による背面地山の流出や土石流の衝突により破損した。	○		○					ダム堤体破損、 水槽余水路側壁破損	洪水（水槽付近からの予期しない出水と土石流の流出）
2-32	東京電力 大津発電所（群馬県） （2.2MW、調整池式・ダム式） 洪水被害事例	令和元年10月の台風19号の影響により、10月11日から12日にかけて吾妻川上流域及び球磨川上流域で多量の雨が降った。吾妻川上流域の田代観測所（気象庁）では、最大時雨量44mm、総雨量442mmを記録した。また、球磨川上流域の広論観測所（国交省）では、最大時雨量47mm、総雨量517mmを記録し、大津ダムへの流入量はピーク時で1,198m ³ /sとなった。（ピーク流入量が計画洪水流量を上回ったと推定される。）	令和元年10月、台風19号による豪雨は関東甲信地方を襲い、吾妻川上流域及び球磨川流域で浸水被害が発生した。大津発電所では、ダム下流域及び発電所の防護壁が流失し、発電所自体も濁水や土砂で浸水するなど、甚大な被害が発生した。						○	○	ダム下流・発電所護岸損壊、 発電所（建屋、電気設備）浸水（全壊と推定）、 放水口土砂堆積	洪水

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路		
2-33	中部電力 玉野発電所（愛知県） （0.55MW、流れ込み式・水路式） 洪水被害事例	2011年9月13日21時に日本の南海上で発生した台風第15号は、南大東島の西海上を反時計回りに円を描くようにゆっくり動き、速度を速めつつ四国の南海上から紀伊半島に接近した後、21日14時頃に静岡県浜松市付近に上陸し、強い勢力を保ったまま東海地方から関東地方、そして東北地方を北東に進んだ。台風は、その後21日夜遅くに福島県沖に進み、22日15時に千島近海で温帯低気圧に変わった。台風第15号が、南大東島の西海上にしばらく留まり、湿った空気が長時間にわたって本州に流れ込んだことと、上経後も強い勢力を保ちながら北東に進んだことにより、西日本から北日本にかけての広い範囲で、暴風や記録的な大雨となった。9月15日0時から9月22日9時までの総降水量は、九州や四国の一部で1000ミリを超え、多くの地点で総降水量が9月の降水量平年値の2倍を超えた。24時間雨量383.5mm、時間最大雨量68mm：多治見気象庁観測所	2011年9月21日、台風15号の影響により東海地方に大雨が降り、近傍の気象庁観測所（多治見観測所）では9/19~9/21の累計雨量が496.0mmに達した。これに伴い、庄内川で洪水が発生し、下流に位置する玉野発電所の取水堰および取水口・沈砂池・導水路の取水設備（巻上装置、機側盤、自動制御装置ほか）の被害が生じた。排砂ゲートおよび取水口ゲート等が操作不能になり、発電機停止となった。これら被害に対する復旧工事のための発電機停止を余儀なくされ、89日の営業運転停止となった。	○		○				取水堰・取水口・沈砂池・導水路（流木および浸水による取水設備の損壊）	洪水
2-34	中部電力 佐見川発電所（岐阜県） （0.33MW、流れ込み式・水路式） 洪水被害事例	気象の概況（気象庁情報10月24日15:00現在） 9月13日21時に日本の南海上で発生した台風第15号は、南大東島の西海上を反時計回りに円を描くようにゆっくり動き、速度を速めつつ四国の南海上から紀伊半島に接近した後、21日14時頃に静岡県浜松市付近に上陸し、強い勢力を保ったまま東海地方から関東地方、そして東北地方を北東に進んだ。台風は、その後21日夜遅くに福島県沖に進み、22日15時に千島近海で温帯低気圧に変わった。台風第15号が、南大東島の西海上にしばらく留まり、湿った空気が長時間にわたって本州に流れ込んだことと、上経後も強い勢力を保ちながら北東に進んだことにより、西日本から北日本にかけての広い範囲で、暴風や記録的な大雨となった。9月15日0時から9月22日9時までの総降水量は、九州や四国の一部で1000ミリを超え、多くの地点で総降水量が9月の降水量平年値の2倍を超えた。24時間雨量283.5mm、時間最大雨量30.5mm：金山気象庁観測所	2011年9月20日、台風15号の影響により東海地方に大雨が降り、近傍の気象庁観測所（金山観測所）では9/19~9/21の累計雨量が307.5mmに達した。これに伴い、佐見川で洪水が発生し、下流に位置する佐見川発電所の取水堰および取水口の取水設備（巻上装置、自動制御装置ほか）の被害が生じた。排砂ゲートおよび取水口ゲート等が操作不能になり、発電機停止となった。これら被害に対する復旧工事のための発電機停止を余儀なくされ、132日の営業運転停止となった。	○					取水堰・取水口（流木および浸水による取水設備の損壊）	洪水	

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路		
2-35	九州電力 塚原発電所（宮崎県） （67.05MW、貯水池式、ダム水路式） 洪水被害事例	山須原ダム、西郷ダム、大内原ダムのような流域の中流から下流に位置するダムでは、総降水量が相対的に多くなるため、洪水の規模がより大きくなっている。台風の勢力については、台風が大型で、発達した雨雲が広範囲に分布していたため、台風が離れている段階から、時間に50ミリ前後という非常に激しい雨が降り始めた。さらに、濃密な雨雲を伴ったまま九州へ接近、上陸した。台風14号に伴う大雨は、一般に「集中豪雨」といわれる1時間80～100ミリというような猛烈な雨を伴わなかったが、連続的に1時間40ミリ前後の激しい雨が長時間にわたって降り続き、結果として総雨量が非常に多くなったというのが特徴である。電力土木 2008.5 平成17年台風14号に伴う耳川水系の被害状況参照	平成17年9月の台風14号の出水では、河川周辺で多数の山腹崩壊が発生した（約470箇所）。発生場所としては、山須原発電所よりの上流河川の右岸側で中～大規模な崩壊が発生している。特に、塚原ダム上流5,000mの右岸及び塚原ダム下流500mの右岸では、大規模な崩壊が発生し河道閉塞（天然ダム）現象が発生した。 宮崎県 耳川水系総合土砂管理計画【基本的な考え方】参照					○		① 1～4号水車発電機（15,650KW）の冠水 ② 5号水車発電機（490KW）の冠水 ③ 放水口土砂堆積 ※一般事項③には該当しない発電所 発電所（河川増水による浸水）	洪水＋土砂災害
2-36	神奈川県企業庁 早戸川発電所（神奈川県） （0.072MW、流れ込み式、水路式） 洪水被害事例	令和元年の台風19号により、多量の雨を降らせた。放水路付近に土砂が堆砂したことで河床水位が上昇し、発電所内に侵入した水を排水するための穴から河川水が逆流した。	令和元年10月、台風19号接近の影響により関東地方に大雨が降り、流域内の早戸観測所では12日累計雨量が766mmに達した。これに伴い、早戸川で洪水が発生し、早戸川発電所が、発電所冠水による電源喪失等の被害が生じた。水車発電機室に設置している排水ポンプの出口は、計画洪水位より高い位置にあることから、電源が喪失した際にも自然排水するよう、壁孔の隙間はあえて閉塞していなかった。堰堤下流には放水口を塞ぐほどの大量の土砂が堆砂しており、下流河道部も河床上昇が認められることから、水位上昇は土砂堆積によるものと推定される。このことから土砂堆積に伴う河床上昇により堰堤下流の水位が上昇し、排水ポンプ出口より河川水が流入したためと推定される。これにより、発電機が運転不可能となり、これら被害に対する復旧工事のための発電停止を余儀なくされ、16ヵ月間の営業運転停止となった。					○		発電所浸水による電気設備故障	洪水土砂の堆積

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路		
2-37	神奈川県企業庁 道志第四発電所(神奈川県) (0.059MW、流れ込み式、水路式) 洪水被害事例	令和元年の台風 19 号により、多量の雨を降らせた。 * 24 時間雨量 (269.2mm)、 時間最大雨量 (39.8mm) : 道志流域観測所	平成 23 年 9 月、台風 15 号接近の影響により関東地方に大雨が降り、道志流域では累計雨量が 269.2mm に達した。これに伴い、道志第 4 発電所背面及び第 2 発電所水圧鉄管に沿って流下した雨水が排水施設の能力を超えて流出し、道志第 4 発電所の換気扇等の開口部から浸水したことで、発電所冠水による電源喪失等の被害が生じた。これにより、復旧工事のための発電停止を余儀なくされ、18 ヵ月間の営業運転停止となった。					○		発電所浸水による電気設備故障	洪水
2-38	Flood Damage of Oroville Dam オロビルダム洪水吐修理プロジェクト (米国)	2016~2017 年の雨季はカリフォルニアにおいて、降水記録最大の雨を記録した。大雨によってフェザー川から記録的な流入量があり、洪水吐から放水した。2 月の洪水吐からの放流は 1,400m ³ /s となった。	2016~2017 年の雨季はカリフォルニアにおいて、降水記録最大の雨を記録した。大雨によってフェザー川から記録的な流入量があり、洪水吐から放水した。2 月の洪水吐からの放流は 1,400m ³ /s となり、そこで異常に気が付き、コンクリート基礎において深さ 12m 以上ある陥没穴が発見された。しかしさらに雨が続き、余水吐を使用し続けなくてはならず、損傷は拡大した。非常用洪水吐もあったが、非常用洪水吐を使用した場合、送電線に影響を与える恐れがあったため、使用を極力避けた点も、損傷した放水路を使用し続けた原因であった。補修 1 年目は一時的な補強を行い、2018 年から、本格的な補強に入り、転圧コンクリート上に、鉄筋コンクリートを敷く等の工事を行い、補修を実施した。			○				余水吐のコンクリート基礎部の洗掘	洪水
2-39	Upper Bhote Koshi in Nepa アッパーボテコシ発電所 (ネパール)	本発電所は、2014 年 8 月以降、災害によって 3 件、連続して発電所に損傷を負った。 ①大雨による地すべり ②上流ダムが大雨の影響(6 月の平均以上の降雨による高流入量)により決壊。	本発電所は、2014 年 8 月以降、災害によって 3 件、連続して発電所に損傷を負った。 ①大雨による地すべりにより、天然ダムが形成され、送電鉄塔が損傷し、新たな送電鉄塔建設の為、6 ヵ月運転中断。 ②2015 年の地震(マグニチュード 6.7、7.3 等)により地すべりが発生。発電所への土砂流入、水圧鉄管の損傷が発生 ③上流ダムが大雨の影響(6 月の平均以上の降雨による高流入量)により決壊。ダムの損傷、取水口、余水吐、ゲート、発電所水没等、全設備にわたって被害を受けた。	○	○	○		○		①送電鉄塔が損傷 ②ダムの損傷、取水口、余水吐、ゲート、発電所水没等	洪水+ 土砂災害

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路		
2-40	Callahuanca Hydroelectric Power Plant の復旧 カラファンカ水力発電所の復旧(ペルー)	the 2017 Coastal Niño により、ペルーを含む南米北部では大雨に見舞われた。2017 年の 1 月～3 月の積算雨量は約 550mm となり、1997 年～2017 年の中で 3 番目の降雨量であった。発電所近くの町、バルバブランカにおいて、120 軒の家屋が失われている。	Callahuanca Hydroelectric Power Plant はペルー-Rimac 川水系 Santa Eulalia 川にある水力発電所である。本発電所はエルニーニョ現象による、集中豪雨によって、導水路の損傷・水車発電機機器の被害によって発電所停止をせざるを得なかった。報告の中では、施設の改修ではなく、復旧を行い、機器については発電機・水車、変圧器、制御機器について、全更新を行った。			○		○		本発電所では土砂崩れにより影響 ①水車・発電機・制御機器・変圧器などに被害 ②上流発電所からの導水路は土砂崩れの影響	土砂災害
2-41	Back online of the Thomson hydroelectric station トムソン水力発電所の復旧(米国)	2012 年 6 月 19 日から 24 時間の間に、セントルイス流域に約 10 インチの雨が降り、6 つのトムソン水力発電所の水車発電機を水没させ、トムソン貯水池を越え、ダムの上の堤防の一部を越流した。結果として、約 2 年の発電停止に至った。	米国ミネソタ州最大の水力発電所である 120MW のトムソン・プロジェクトは、約 2 年間続いた深刻な洪水により甚大な被害を受けた。2012 年 6 月 19 日から 24 時間の間に、セントルイス流域に約 25cm の雨が降り、トムソン水車 6 基が冠水し、トムソン貯水池から水があふれ、取水池の土堤の一部が決壊した。ミネソタ・パワーとその請負業者は、連邦エネルギー規制委員会 (FERC) と協議の上、22 ヶ月にわたる修復プロジェクトに着手し、取水池の設計と再建、発電所と 6 基のタービンの清掃、修理、改修を行った。					○		①水車発電機の水没 ②overtopping (越流) Thomson Reservoir ③取水堤の損傷	洪水
2-42	Flood-damaged Lower Modi-1 hydro project ローワーモディ第 1 水力発電所復旧(ネパール)	2021 年、7 月初旬の大雨、洪水は全土に渡り死者が出るほどの災害であった。ネパール中央部のポカラ市は 203.3mm の雨を記録し、カスキ地区の近くの Lumle は 147.5mm を記録した。	Lower Modi-1 hydro power project は洪水によって 300m の水路損傷を受けたが、早期の復旧工事によって、早急に運転再開に至った事例である。			○				水路の損傷	洪水＋土砂災害
2-43	Halton Luna Hydro Power Project ハルトン・ルナ水力発電所の洪水被害(英国)	2015 年 12 月、イングランド北部は 2 度の大規模な洪水に見舞われ、一部の地域では前例のないほどの豪雨と洪水に見舞われた。英国の 24 時間、36 時間、48 時間の降雨量はそれぞれ 341.4mm、401.4mm、405.2mm と、観測史上最大を記録した。	2014 年運転開始の発電所であったが、2015 年 12 月 5 日土曜日北ランカシャーでは壊滅的な洪水が発生し、ルーン川は急速に上昇し、今まで観測した水位よりも約 1.5m 高い水位まで上昇した。発電所は水没し、大量の土石が発電設備、魚道に堆積した。					○		①魚道・発電所への土砂の流入 ②発電所の冠水	洪水＋土砂災害
2-44	Flood damage of Kulekhani Hydro クリカニ水力発電所の洪水被害(ネパール)	1993 年 7 月に時間降雨量 80mm、日降水量 540mm の豪雨によって大洪水が発生し、洪水、土石流の被害が発生した。	1993 年 7 月に時間降雨量 80mm、日降水量 540mm の豪雨によって大洪水が発生し、水圧鉄管や頭首工等が甚大な被害を受け発電不能となった。土石流で流された水圧鉄管を地下式にした恒久対策、マンドウ川の頭首工に関しては仮復旧作業を実施し、1993 年 12 月に発電が再開された。		○		○			水圧鉄管や頭首工等の甚大な損傷	洪水＋土砂災害

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路		
2-45	Rehabilitation of The Tenom Pangi Hydropower Project テノンパンギ水力発電所の復旧(マレーシア)	1988年9月の集中豪雨(月間雨量250.1mmを記録)の際にパダス川で発生した洪水が発生した。	テノンパンギ発電所は、マレーシア国サバ州の西海岸地区(コタ・キナバル市を中心に同州全体の発電量の約4割を消費)に電力を供給する基幹発電所として1984年に運転を開始した同州唯一の大型水力発電所であり、州都コタ・キナバル市から南に120kmのテノム市郊外パダス川沿いに位置している。発電キャパシティは66MW(22MW×3基)で、運転開始時には西海岸地区におけるピーク時電力需要123.1MWの5割強をカバーしていた。しかしながら、88年9月の集中豪雨(月間雨量250.1mmを記録)の際にパダス川で発生した洪水により発電用取水口周辺の施設等(塵芥除去、垂直ゲート等)が損傷し、同水力発電所の運転に支障を来す。これにより、計画外の運転停止による電力供給停止が余儀なくされ、電力の安定供給がかなわなくなった。このような状況を打破し原状回復すべく、緊急かつ適切な復旧を実施することが喫緊の課題であった。	○						塵芥除去、垂直ゲートの損傷	洪水
2-46	Rainbow Falls Plant Restoration レインボーフォール水力発電所の復旧(米国)	この被害は2021年に発生したハリケーン・アイリーンによって引き起こされた。アイリーンは広範囲にわたる破壊と少なくとも49人の死者を出した。米国全体の被害額は約135億ドルと推定されており、アイリーンは米国史上最も被害額の大きいハリケーンの一つとなっている。さらに、カリブ海地域とカナダでの金銭的損失はそれぞれ8億3000万ドルと1億3000万ドルで、合計で約142億ドルの損害となった。	2011年8月下旬、ハリケーン・アイリーンはニューヨーク州東部を猛烈な雨と強風で襲い、レインボーフォールズ水力発電所を浸水させた。この発電所はオーセイブル川沿い、シャンプレーン湖の上流5.5マイル、アディロンダック公園の北東端に位置している。地元の公益事業会社が運営している。発電所、ダム、その他の周辺インフラは大きな被害を受け、ハリケーン直後から数年にわたる復旧・復興活動が開始された。複数の専門分野にわたるチームが技術の垣根や会社の枠を超えて協力し、2020年には復旧作業を完了した。その結果、今後数十年にわたって稼働し続ける最新の設備が完成した。現在、この発電所の発電能力は2.6MWで、一般家庭の約1,775世帯に相当するクリーンでローカルな再生可能エネルギーを生産している。					○		①発電所の水没 ②ダムの洪水吐表面の洗掘 ③ダム東西の橋台の両方で、相間隔離発生	洪水

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	被災時の気象概要	電力設備の被災概要	被災箇所						具体的な被災内容	被災の原因
				取水設備	洪水吐	水路系	鉄管	発電所	放水路		
2-47	Restoration of Moco-Moco hydropower station モコモコ発電所の改修（ガイアナ）	2003年に発生した大雨による、土砂崩れが本事例の原因である。	<p>1997年5月に稼働を開始した、流れ込み式水力発電所として開発されたモコモコ水力発電所は、ガイアナ国、リージョン9のモコモコクリークに位置している。モコモコクリークは、カヌク山脈の北から始まり、レセムの南1kmにあるガイアナとブラジルの境界河川であるカクツ川に合流するアマゾン川水系の支流である。モコモコクリークの全長は26km、落差は約400mである。</p> <p>水力発電プロジェクトとして開発されたクリークの区間の長さは約1.5kmであり、落差は約225mである。このプロジェクトの目的は、レセム、行政本部、および周辺の村に電力を供給することであった。</p> <p>2003年7月5日に突然の大雨が発生し、2003年7月6日に地すべりが発生し、水圧鉄管が損傷した。この水圧鉄管の損傷により、ジェット形で水が流出し、支柱などが破損し、取水ロケットが閉じられ、発電が停止された。運転開始のめどが立たなかったため、そのままになっていた。近年改修が決定し、既設設備を流用し、土砂災害リスクの低いところに設備を建設する計画を進行中である。</p>				○			水圧鉄管の損傷（水圧鉄管の破損による水の噴出）	

付録B：復旧工事の概要と気候変動へのレジリエンス強化対策の要素_サブタスク2

No.	事例名	被災の原因	復旧工事の概要	気候変動へのレジリエンス強化要素 (今後の洪水対策で考慮すべき点)	対策工事のポイント・問題点
2-1	「東北電力 関川水系発電所(15発電所)上越水害における関川水系発電設備の被災と復旧」 東北電力 関川水系発電所(新潟県)	洪水	国より「関川災害復旧助成事業」として指定され助成を受けた。想定の変更あり、施設更新改造あり、河川管理施設等構造令に準拠するため、下記内容を実施した。 ・計画高水流量の見直しによる機能回復として、堰堤背面への腹付けによる堤体安定度の回復、既設護岸の高上げ等 ・河川法線の変更に伴う既設構造物の機能回復として、川幅拡幅による取水堰堤の拡幅、排砂路・余水路の接続・取付工 ・計画河床低下による既設工作物の機能回復として、既設護岸の根継ぎ工設置、連絡水路の付け替え ・河川動植物の環境保全対策として、既設魚道の改修等保守管理の変更なし。	今後の洪水リスクの想定：設計洪水量の見直し、新潟県で実施する河川改修計画の計画高水流量とした。 発電施設の更新・改造計画：河川改修・設備改修の実施(流下能力の拡大) 運転・保守管理の見直し：なし	現場付近へのアクセス道路が存在せず、しかも上越国立公園内に位置していた。コンクリート打設が困難であることから、ブツマイスター社の超高圧送ポンプを使用した。(配管延長1,620m)
2-2	「永松発電所の復旧」 東北電力 永松発電所(新潟県) (3.3MW、流れ込み式・水路式)	洪水	えん堤一部損傷、放水口護岸一部損壊、水圧鉄管管理橋脚橋脚地頭沈下、発電所水没の復旧工事を実施。	今後の洪水リスクの想定：設計洪水量の見直し 発電施設の更新・改造計画：水圧鉄管管理橋の途中の橋脚廃止(流積拡大による流下能力向上)	水圧鉄管管理橋の施工では安全性、コスト面から引き込みレール工法を採用した。
2-3	東北電力 宮下発電所(福島県) (94MW、調整池式・ダム水路式)	洪水＋土砂災害	工事が本川に隣接する場所になるので、仮締め切りを設置し地盤改良も行って、安全性を確保した。 土砂排除工法は、混気ジェットポンプ(MJP工法)およびエアリフト工法を採用した。	今後の洪水リスクの想定：土砂供給量の増大、継続的な堆砂対策として、ダム調整池内の継続的な浚渫の実施。 発電施設の更新・改造計画：発電所防水壁のかさ上げ、河川整備計画と協調した調整池内護岸・導流壁等の整備、調整池内の浚渫増量、毎正時のダム情報に関するウェブサイトでの公表。 運転・保守管理の見直し：降雨量・流入量予測の高度化	取水口～放水路に至るまで広い範囲で、土砂塵芥等による被害が発生した。
2-4	「先達発電所の豪雨災害の復旧概要」 東北電力 先達発電所(秋田県) (5.3MW、流れ込み式・水路式)	洪水＋土砂災害	水圧鉄管西側法面崩壊(水圧鉄管法面)：地山補強土工法を選定し、吹付砕工―鉄筋挿入工併用とした。 水圧鉄管西側法面復旧(崩壊上部法面)：山補強土工法を選定し、吹付砕工―鉄筋挿入工併用とし、吹付砕工の下部法面については植生基材吹付とした。 水圧鉄管東側沢水対策：既設余水路を利用し、沢水対策設備を新たに建設した。	今後の洪水リスクの想定：なし 発電施設の更新・改造計画：水圧鉄管、発電所周辺の雨水処理能力強化、導水路に沿って法面保護強化、沢水対策強化 運転・保守管理の見直し：なし	
2-5	東北電力 下台発電所(秋田県) (0.34MW、流れ込み式・水路式)	洪水＋土砂災害	①取水ダムは洗掘の補修として、コンクリート補修。 ②除塵機は沈砂池周辺の立木を除去するとともに除塵機操作盤を2m高い取水口詰所内に設置。 ③導水路開渠は土砂除去。 ④1号水路橋については、土砂・流木の除去を実施。 ⑤3号暗渠は復旧方針として、山腹崩落個所の転石浮石などを除去し法面の安定化を図る。また、土石流が導水上を流下する場合に備え床版を設置するとともに導水路護岸保護のため擁壁を設置する改修を実施。 ⑥4号暗渠は崩壊法面の安定化対策を実施し、既設導水を撤去し同断面(内空)に復旧する。	今後の洪水リスクの想定：なし 発電施設の更新・改造計画：施設周辺の法面保護強化、余水路の流下能力強化(発電所への冠水防止)除塵機制御盤を高所に移設 運転・保守管理の見直し：なし	

No.	事例名	被災の原因	復旧工事の概要	気候変動へのレジリエンス強化要素 (今後の洪水対策で考慮すべき点)	対策工事のポイント・問題点
2-6	「犀川水力発電所えん堤改修工事」 中部電力 犀川発電所（長野県） (1.7MW、流れ込み式・水路式)	洪水	工事ではえん堤の一部と鋼製ゲートを撤去し、SR堰を設置した。工事内容は下記の通り。 ・えん堤排砂門撤去〔幅3m×2門〕 ・えん堤一部撤去〔57m〕 ・上流護床工設置〔5m〕 ・下流護床工設置〔19m〕 ・SR合成起伏堰設置〔1門(7ユニット)、純径間35m×有効高2.95m〕	今後の洪水リスクの想定：なし 発電施設の更新・改造計画：堰堤の一部の鋼製ゲートを撤去しSR堰に変更 運転・保守管理の見直し：なし	
2-7	「天神えん堤の改修工事(SR堰)」 中部電力 天神発電所（岐阜県） (0.6MW、流れ込み式・水路式)	洪水	天神堰堤はコンクリート造の固定堰であり、取水時に堰堤近傍の河川上昇の一要因となることから、可動堰への変更が求められていた。 そこで、えん堤形式については、SR合成起伏堰とゴム堰を比較し、水位一定制御が可能である点や、土砂・金属ごみなどに高いSR合成起伏堰を採用した。 また、魚道の改築を実施し、環境にも配慮した。	今後の洪水リスクの想定：1,800m ³ /s洪水想定から、将来を見据えて2,200m ³ /sとした、 発電施設の更新・改造計画：固定堰からSR合成起伏堰へ変更、同時に魚道の改築も実施し、環境にも配慮。 運転・保守管理の見直し：なし	
2-8	「大井川ダム 清水化バイパス設置工事」 中部電力大井川発電所（静岡県） (68.2MW、調整池式・ダム水路式)	洪水＋土砂災害	大井川ダム湖の最上流側で長島ダム直下流に近い位置に取水堰および取水口を設置し、この取水口から大井川ダム直下流までバイパス水路トンネルとして、取水堰、取水口、水路（開渠・暗渠・トンネル部を含む）を建設した。	今後の洪水リスクの想定：なし 発電施設の更新・改造計画：取水口からダム直下流までバイパス水路トンネルを建設した。（濁水対策に寄与） 運転・保守管理の見直し：なし	地元の川根本町からの河川環境改ざん要望に応じて、新たな濁水対策としてバイパス水路トンネルを建設した。
2-9	「島発電所水路改修工事報告」 中部電力 島発電所（岐阜県） (1.8MW、流れ込み式・水路式)	洪水	この改修工事は、上流に位置する上村（かみむら）発電所放水路と島発電所取水口を連絡水路により直結化し、既設島取水えん堤は撤去するという工事であった。	今後の洪水リスクの想定：発電所水路系の改善（後述の通り） 発電施設の更新・改造計画：上流の上村発電所の放水口と島発電所の取水口を連絡水路により直結化し、洪水リスクの影響を受けない構造とした。 運転・保守管理の見直し：なし	
2-10	「称名川第二発電所 雑穀谷取水ダム水叩工改修工事の概要」 北陸電力 称名川第二発電所（富山県） (8.1MW、流れ込み式・水路式)	洪水＋土砂災害	復旧に当たっては、出水被害状況及び上流域の河川状況から、取水口への土石流入を防止し、流水の安定した河川中央部から取水するため、既設取水ダム上流の河川横断方向にチロリアン式取水口（水平スクリーン）を新設し、取水庭上部をコンクリートスラブで覆い、既設取水口へ直結する構造とした。 また、動力及び監視制御機器等の浸水を防止するため、ゲート巻上機室は、取水ダム天端より7m高い位置（既設巻上機室より4m嵩上げ）に移設することとした。これは、平成16、17年被害時の水位上昇を考慮したものである。 取水ダムの越流部や水叩部の摩耗、洗掘対策として、施工性・経済性等を総合的に勘案し、耐摩耗鋼板を採用することとした。	今後の洪水リスクの想定：なし 発電施設の更新・改造計画：チロリアン式取水口に改修（前面堆砂による取水不能防止）ゲート巻き上げ機室の嵩上げ（動力、監視制御機器の浸水防止） 取水ダムの越流部水叩部の摩耗、洗掘対策として耐摩耗鋼板を設置。 運転・保守管理の見直し：なし	
2-11	「新猪谷発電所 放水路改良工事報告」 北陸電力 新猪谷発電所（富山県） (33.5MW、調整池式・ダム水路式)	洪水	復旧工事として、発電所の水車・発電機に対しては分解点検手入れなどの原形復旧を行った。 放水池では、防水壁の嵩上げ、放水池制水ゲート開閉装置スラブの嵩上げを実施した。 放水口では、放水口制水ゲート四方水密化の実施、開閉装置の移設、放水口開口部からの土砂流入対策としての蓋渠化を実施した。	今後の洪水リスクの想定：水害の未然防止を目的として、平成17年度から管内115か所の全水力発電所について、発電所ごとの特性を考慮して3つの重要度に分類し、高水位の見直しを実施。 発電施設の更新・改造計画：当発電所の防水壁の嵩上げの実施、放水池制水ゲート開閉装置の設置場所の嵩上げ、放水口の改良（制水ゲート水密化、開閉装置移設、開口部の暗渠化） 運転・保守管理の見直し：なし	

No.	事例名	被災の原因	復旧工事の概要	気候変動へのレジリエンス強化要素 (今後の洪水対策で考慮すべき点)	対策工事のポイント・問題点
2-12	関西電力 長殿発電所（奈良県） （16.2MW、流れ込み式・水路式）	洪水	復旧計画にあたり、(1)設計洪水水位、発電放水水位の検討 (2)発電所基礎形式（地盤改良）、(3) (1)に基づいた発電所本体設計、(4)放水口ゲート設計、(5)進入路設計等を実施した。	今後の洪水リスクの想定：電力中央研究所と連携の上、気候変動の影響を予測・検討中である。設計洪水水位の見直し、発電所敷高を約4m嵩上げ。放水口の構造改良（土留め壁を設けた放水庭構造に改めた）放水水位を2.5m高く設定。 発電施設の更新・改造計画：発電所の防水対策の強化（防水扉の設置、浸水防止のための電動弁（給排気系）設置。発電所基礎の地盤改良。発電所上流に根固めブロック設置。 運転・保守管理の見直し：現状、計画なし。	大規模な改修工事で殆ど新設工事
2-13	「北御所えん堤の取水制御機能を絞り込んだ災害復旧」 中部電力 中御所発電所（長野県） （10.2MW、流れ込み式・水路式）	洪水＋土砂災害	上流域には未だ多くの崩壊地が存在するため、比較的小規模な出水でも土石流が再発し、再度の被害を受ける可能性が非常に高い。そこで、被災の再発可能性と復旧工事費および収益性を検討して、取水の制御機能を絞り込んだ経済的な復旧計画を立案および実施した。復旧工事の概要は(1)水路自動制御装置類取替（制御機能のスリム化）、(2)巡視路橋設置、(3)堰堤上流左岸防水壁設置、(4)建物関係の修繕を実施した。	今後の洪水リスクの想定：なし 発電施設の更新・改造計画：制御機器の高所への移設 運転・保守管理の見直し：取水制御の見直し（制御機能のスリム化）	
2-15	「上椎葉発電所本復旧工事の設計・施工」 九州電力 上椎葉発電所（宮崎県） （93.2MW、貯水池式・ダム水路式）	洪水	被害状況調査の結果、水車・発電機及び変圧器については、2号主要変圧器及び2号発電機が当面、継続使用可能であることが判明した。複数の復旧案の比較検討の結果、早期の運転再開による溢水電力軽減のため、2号機については洗浄・乾燥、一部損壊部品を取替、暫定的に運転再開（仮復旧）し、2号暫定運転開始後1、2号水車・発電機を順次更新（本復旧）する計画とした。また、発電所の浸水については、発電所下流の溪流からの土石流が耳川本線をせき止め、それに伴い河川水位が上昇し、発電所下流側の防水壁を越流して発電所建屋に流れ込んだことから、防水壁の嵩上げを実施した。	今後の洪水リスクの想定：特になし 発電施設の更新・改造計画：発電所外壁補強（補強アンカー設置） 発電所防水壁の嵩上げ、発電所進入路の背面の不安定斜面对策（グラウンドアンカー工）を実施。 運転・保守管理の見直し：特になし 平成17年台風14号による集中豪雨、広範に発生した斜面崩壊を契機として、河川管理者が中心となった「耳川水系総合土砂管理計画」が策定され、さらに貯水池の通砂促進を目的としたダム通砂運用計画が策定された。	SubTask3にも関連あり
2-16	電源開発 滝発電所（福島県） （92MW、調整池式・ダム式）	洪水	①洪水吐ゲート損傷個所の撤去、交換 ②取水口、ケーシングの土砂排除 ③ドラフト放水庭の土砂排除 ④発電所の冠水対策（ケーブルダクト貫通孔へのウレタン系樹脂材の挿入、ケーブルトンネルと発電所の仕切り扉を防水扉化、系統電源関連機器を上部階へ移設） ⑤発電所進入路の整備	今後の洪水リスクの想定：特になし 発電施設の更新・改造計画：特になし 運転・保守管理の見直し：特になし	
2-17	黒部川水系猫又地区における河床上昇対策 関西電力 新黒部川第二発電所（富山県） （74.2MW、調整池式・ダム水路式）	洪水＋土砂災害	猫又地区に堆積した土砂は出し平ダム湛水池まで運搬するとともに、国・県・地元自治体・当社により構成された「黒部川災害復旧対策関係機関連絡黒二発電所：調整会議（H7水害に対する関係機関の災害復旧を効率的に進めるために発足）」にて決定された出し平ダムの緊急排砂を3回行い対処した。 また、黒二発電所の放水庭の護岸をH7水害時の洪水位まで嵩上げするとともに、土砂堆積しても放水できるよう従来の放水口の上段にも放水口を設け、河床の状況により運用できるようにした。 新黒二発電所：放水路トンネル	今後の洪水リスクの想定：黒部第2発電所の放水庭護岸を嵩上げ、放水口の高所への移設、新黒部第2発電所の放水口を出水土砂の影響を受けない下流の出し平ダム湛水池内に移設し、放水路トンネルを付け替えた。 発電施設の更新・改造計画：水車発電機の取り換え 運転・保守管理の見直し：特になし	

No.	事例名	被災の原因	復旧工事の概要	気候変動へのレジリエンス強化要素 (今後の洪水対策で考慮すべき点)	対策工事のポイント・問題点
2-18	「平成26年8月豪雨による太田川発電所土木設備の被害と復旧対策の概要」 中国電力 太田川発電所（広島県） (16.4MW、流れ込み式・水路式)	土砂災害	①災害復旧対策：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として蓋掛けを実施。 ②周辺地山補強：発電再開後の設備の安全確保に資する水槽周辺地山の補強としてコンクリート擁壁を設置。	今後の洪水リスクの想定：特になし 発電施設の更新・改造計画：水槽。余水吐きの改良、周辺地山補強 運転・保守管理の見直し：特になし	
2-19	九州電力 新菅原発電所（宮崎県） (7.5MW、調整池式、ダム水路式)	洪水	・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」を採用し、ゲートレスダムとした。 【電力土木 2013.5 自然環境変化に適応した小規模ダムのゲートレス化（西畑ダム）参照】 ダム管理設備等、甚大な被害を受けたため、ダム放水能力確保のため、ゲートレスダムに改造を行った。この改造で、ダム設計洪水流量は700m ³ /sから、1,310m ³ /sと増加した。	今後の洪水リスクの想定：改修工事にあわせ、ダム設計洪水流量を見直し（既往最大）、既往の洪水吐ゲートを撤去して越流天端の嵩上げ、越流長の延伸してゲートレス化した。 発電施設の更新・改造計画：被害にあった洪水量を確認の上、改修を決定している。 越流天端の嵩上げにより堆砂が進むことが想定できるので、排砂ゲートを設置した。 運転・保守管理の見直し：特になし	
2-20	「須川発電所上野川取水堰復旧工事の設計・施工」 東京電力 須川発電所（静岡県） (6MW、調整池式・水路式)	洪水	被災した取水堰は、翌年の出水期前（平成23年6月）までに取水堰の安全性を確保するよう原型復旧を基本とした。さらに、翌年の渇水期（平成23年11月）より現行基準（河川砂防技術基準等）に基づく恒久対策を実施した。なお、この恒久対策は度重なる出水や降雪の影響により竣工までに2年を要した。取水堰基礎部の洗掘箇所を中心としたコンクリート充填を行うと共に、見直した設計洪水量を流下させた場合に取水堰並びに地山の安定が保たれるよう、取水堰上下流に護岸を構築すると共に下流には水叩きをコンクリートと布団籠を併用した洗掘防止対策を施した。恒久対策として、既存の取水堰の下流にコンクリート重力式の新たな取水堰を建設し、さらに水叩き、護岸も新設した。	今後の洪水リスクの想定：設計洪水量の見直し、既往最大流量（129m ³ /s）とした。 発電施設の更新・改造計画：恒久的な対策として既存の取水堰の下流に新たな重力式の取水堰を建設し水叩き、護岸と共に新たに整備した。 運転・保守管理の見直し：特になし	
2-21	中部電力 湯山発電所（静岡県） (24.1MW、調整池式・ダム水路式)	洪水	水路制御設備や維持管理用の油脂類を補完する見張所の床面標高を嵩上げた。またケーブルダクト等の配線を高所に変更。取水設備の自動制御盤および機側盤、放流警報装置、所内盤の取り替え、取水口制水門巻上機分解手入れ、除塵機の部品取替えを実施した。	今後の洪水リスクの想定：設計洪水位の見直し 発電施設の更新・改造計画：見張所建屋の嵩上げ、ケーブルダクトを含む制御設備等の高所への変更と防水能力強化、 運転・保守管理の見直し：特になし	
2-22	「久婦須川第二発電所 久婦須第二ダム改良工事の概要」 北陸電力 久婦須川第二発電所（富山県） (3.8MW、調整池式・ダム水路式)	洪水＋土砂災害	既設管理橋・ピアの撤去（越流幅の拡大） 排砂ゲートの大型化、沈砂地の設置工事を実施した。	今後の洪水リスクの想定：洪水吐の管理橋を支えるピアの撤去。 流木滞留防止 発電施設の更新・改造計画：排砂ゲートの大型化 運転・保守管理の見直し：特になし	ピアの切断工法の選定（本体を傷めない工法）・切断されたピアのブロックの活用（土留めブロックとして活用）・コンクリート廃材の路盤材としての活用
2-23	「本名発電所ダム下流減勢工改良工事の概要」 東北電力 本名発電所（福島県） (78MW、調整池式・ダム式)	洪水	ダム下流域に及ぼす影響を大幅に軽減させるために、鋼管矢板による導流壁設置工事を実施した。本工事は主として、ダウンザホールハンマによる鋼管矢板壁打込み、LIBRA工法による仮設構台の組立であった	今後の洪水リスクの想定：ダム下流の導流壁を改良することにより、洪水の減勢効果を高め、下流域の洪水被害を低減させることを目的としている。 発電施設の更新・改造計画：特になし 運転・保守管理の見直し：特になし (発電所よりも、地域的な配慮事例)	渇水期に限った河川内工事となるため大幅な工期の短縮が求められた。

No.	事例名	被災の原因	復旧工事の概要	気候変動へのレジリエンス強化要素 (今後の洪水対策で考慮すべき点)	対策工事のポイント・問題点
2-24	「平成 17 年台風 14 号に伴う被害復旧(山須原ダム)」 九州電力 山須原発電所(宮崎県)(41MW、調整池式・ダム水路式)	洪水+土砂災害	崩壊土の排土の上、地質・勾配ごとに、法面で想定される事象(ダム水位の変化、地下水の変化、自身の影響)を考慮し、法面保護工を実施した。 水車・発電機についても冠水後の復旧を行った。 ダム改造は、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ている。山須原ダムについては、既設の洪水吐の中央 2 門を撤去した後、堤体の越流天端を 9.3m 切り下げて、クレストラジアルゲート 1 門を新設する。また、既設開閉装置を約 0.3m 下流側に移動する。	平成 17 年台風 14 号による集中豪雨、広範に発生した斜面崩壊を契機として、河川管理者が中心となった「耳川水系総合土砂管理計画」が策定され、さらに貯水池の通砂促進を目的としたダム通砂運用計画が策定された。山須原ダム・西郷ダムについては現行の構造では通砂運用に必要な水位低下を行うことができないためダムの改造を実施することとなった。また流木対策についても、森林の荒廃を防止するため森林整備計画に取り組んでいる。 今後の洪水リスクの想定：排砂計画の見直しダムの改造 発電施設の更新・改造計画：ゲートの変更 運転・保守管理の見直し：排砂計画の見直しによる運用計画の変更	SubTask3 にも強い関連在り
2-25	「平成 17 年台風 14 号に伴う被害復旧(西郷ダム)」 九州電力 西郷発電所(宮崎県)(27.1MW、調整池式・ダム水路式)	洪水	ダム改造は、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ている。西郷ダムについては、既設の洪水吐の中央 4 門を撤去し、越流天端を 4.3m 切り下げて、クレストローラーゲート 2 門を新設した。また、既設開閉装置を 2m 嵩上げた。	平成 17 年台風 14 号による集中豪雨、広範に発生した斜面崩壊を契機として、河川管理者が中心となった「耳川水系総合土砂管理計画」が策定され、さらに貯水池の通砂促進を目的としたダム通砂運用計画が策定された。山須原ダム・西郷ダムについては現行の構造では通砂運用に必要な水位低下を行うことができないためダムの改造を実施することとなった。また流木対策についても、森林の荒廃を防止するため森林整備計画に取り組んでいる。 今後の洪水リスクの想定：排砂計画の見直し、ダム改造 発電施設の更新・改造計画：ゲートの変更・嵩上げ実施 運転・保守管理の見直し：排砂計画の見直しによる運用計画の変更	SubTask3 にも強い関連在り
2-26	「霞沢発電所大正池取水堰堤改良工事の概要」 東京電力 霞沢発電所(長野県)(39MW、流れ込み式・水路式)	洪水	既設堰堤基礎コンクリートを流用した上で、対応策を経済比較し、ゴム引布製起伏堰を建設した。また、観光地であるため、景観への影響の低減を行った。	今後の洪水リスクの想定：ゴム引布製起伏堰の設置(数値に言及は無いが、設計洪水量を超えた洪水も安全に流下させる) 発電施設の更新・改造計画：維持流量の放流設備として階段式魚道を採用した。(環境面も配慮した) 運転・保守管理の見直し：なし	対応策を経済比較している。 観光シーズンを避けて冬期の施工。(11月~6月) 国立公園内の工事(騒音等)
2-27	「平成 29 年 8 月停滞前線による葛根田第二発電所水害復旧工事」 東北電力 葛根田第二発電所(岩手県)(5.1MW、流れ込み式・水路式)	洪水	復旧に当たっては、上流に位置する葛根田第 1 発電所とのシリーズ発電の特徴を生かし、早期の運転再開と被害拡大防止を図ることを優先し、応急復旧を行った。 本復旧では、取水口護岸工事は大型ブロック積護岸を実施、沈砂池余水路を重力コンクリート擁壁に変更し施工した。	今後の洪水リスクの想定：取水口護岸、余水吐等の補強 発電施設の更新・改造計画： 運転・保守管理の見直し：特になし	
2-28	電源開発 長山発電所(高知県)(38.5MW、調整池式・ダム水路式) 洪水被害事例	洪水	・洪水吐ゲート制御機器の水密化、嵩上げ	今後の洪水リスクの想定：被災時のダム水位は満水位より約 1m 低かったため、満水位時に再発することを想定した対策を実施。 発電施設の更新・改造計画：特になし 運転・保守管理の見直し：特になし	

No.	事例名	被災の原因	復旧工事の概要	気候変動へのレジリエンス強化要素 (今後の洪水対策で考慮すべき点)	対策工事のポイント・問題点
2-29	東北電力 湯之谷発電所（新潟県）（0.72MW、流れ込み式・水路式）	洪水	洪水吐ゲート、木製角落しを撤去し、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良。	今後の洪水リスクの想定：設計洪水量見直し 350m ³ /s→530m ³ /s（新潟県河川整備計画流量）洪水吐ゲートの廃止（ゲートレス化）とダム改良（越流部の嵩上げ） 発電施設の更新・改造計画： 運転・保守管理の見直し：計画堆砂勾配を設定（この河川の計画勾配に基づいた背水計算に基づいてダム上流の道路、護岸、温泉設備等に対策を講じた。）	
2-30	東京電力 羽根尾発電所（群馬県）（13MW、流れ込み式・水路式）	洪水＋土砂災害	取水ダム堤体および発電所（変電所）護岸の復旧においては、河川内に仮締切を構築し、コンクリートによる原形復旧を実施した。 ・取水口側壁の復旧については、工期短縮を図るため、コンクリート二次製品を利用したコンクリートによる原形復旧を実施。	基本的には早期復旧を目指した。当時の気象状況から判断すると既往最大流量を上回る洪水に見舞われたものと想定できる。 今後の洪水リスクの想定：放水口ゲート設置による浸水防止対策 発電施設の更新・改造計画：地下3階フロアに逆流防止弁を設置（浸水防止対策）排水ピットの機能改善 運転・保守管理の見直し：特になし	
2-32	東京電力 大津発電所（群馬県）（2.2MW、調整池式・ダム水路式）	洪水	・ダム下流及び発電所の護岸の復旧においては、河川の流量が多く仮締切および河川内の仮設道路の施工が困難であることから、仮締切および足場を設けずに施工可能である埋設型枠を用いることとし、コンクリートにより原形復旧を実施。 ・発電所（建屋、電気設備）については、リブレースによる復旧を計画中（放水口に堆積した土砂についても併せて搬出を計画）	今後の洪水リスクの想定：設計洪水量を730m ³ /sより既往最大1,200m ³ /sに見直し 発電施設の更新・改造計画：発電所嵩上げ建屋防水壁の設置 運転・保守管理の見直し：特になし	
2-35	九州電力 塚原発電所（宮崎県）（67.05MW、貯水池式、ダム水路式）	洪水	・設備の老朽化を踏まえて総合更新を実施 ・洪水量の見直しと合わせ老朽化したゲートの更新 ・H17年の浸水被害を踏まえ、総合更新工事にあわせて発電所を別位置に移設（水圧管路以降発電所、放水路を移設）	今後の洪水リスクの想定：設計洪水量の見直し 老朽化したゲートの更新 発電施設の更新・改造計画：発電所を高所に移設 水圧管路の移設・放水路の移設（堆砂防止対策） 運転・保守管理の見直し：特になし	殆ど新設工事となることから環境アセスメントが必要となった。
2-36	神奈川県企業庁 早戸川発電所（神奈川県）（0.072MW、流れ込み式、水路式）	洪水	排水ポンプ出口の壁孔隙間を埋める。	今後の洪水リスクの想定：特になし 発電施設の更新・改造計画：排水ポンプ出口の壁孔隙間を埋める（水密性の向上） 運転・保守管理の見直し：特になし	
2-37	神奈川県企業庁 道志第四発電所（神奈川県）（0.059MW、流れ込み式、水路式）	洪水	・雨水の排水経路を確認し、必要な通水断面を確保するように改修した。 ・換気扇開口部の閉口、及び換気ルートを変更した。 ・予防保全として発電所構造天端を1.7m嵩上げた。	今後の洪水リスクの想定：洪水位調査の実施排水系統の見直し 換気扇開口部（水の侵入）の閉塞、換気ルートの変更 発電施設の更新・改造計画：洪水位調査を行い、新たな設計洪水位に耐えられる構造物に改造し、構造天端を1.7m嵩上げた。 運転・保守管理の見直し：特になし	
2-38	Flood Damage of Oroville Dam オロビルダム洪水吐修理プロジェクト（米国）	洪水	補修1年目は一時的な補強を行い、2018年から、本格的な補強に入った。第2段階の補強として、主余水吐の上部シュートの730フィート以上を解体し、鉄筋コンクリートによる再建や緊急放水路の基部への補強ローラー圧縮コンクリートパットレスの構築が行われた。	今後の洪水リスクの想定：放水路の補強（転圧コンクリートの上にさらに鉄筋コンクリートを施工し補強した。） 発電施設の更新・改造計画：特になし 運転・保守管理の見直し：特になし	

No.	事例名	被災の原因	復旧工事の概要	気候変動へのレジリエンス強化要素 (今後の洪水対策で考慮すべき点)	対策工事のポイント・問題点
2-39	Upper Bhote Koshi in Nepal アッパーボテコシ発電所(ネパール)	洪水＋土砂災害	現状復旧の方針である。	今後の洪水リスクの想定：特になし 発電施設の更新・改造計画：水圧鉄管を落石から保護するため、コンクリートによる保護、落石防護柵の設置を実施 運転・保守管理の見直し：特になし	
2-41	Back online of the Thomson hydroelectric station トムソン水力発電所の復旧(米国)	洪水	洪水吐の再構築、発電所の復旧として、発電所機器の交換、水車の清掃、水圧鉄管の交換、変電所の改修をこれを期に実施した。	今後の洪水リスクの想定：設計洪水量の見直し 発電施設の更新・改造計画：浸水防止のための変電所の嵩上げ 運転・保守管理の見直し：特になし	
2-44	Flood damage of Kulekhani Hydro クリカニ水力発電所の洪水被害(ネパール)	洪水＋土砂災害	応急的な復旧工事の後3年度、実施されることとなった改修工事 (1)ダム取水口の改良(スローピング・インテイク建設) (2)マンドゥ頭首工の保護工の設置 (3)ダムに流れ込むクリカニ川の上流部とダム湖に流入する河口部における砂防ダム建設 (4)発電所で貯水位を監視するためのテレメータリング・システムとダム放流に関する警報設備の建設 (5)運営・管理用車輛の購入 (6)第一発電所からダムの中の運営・管理用道路建設等を実施し、水害対策を本格的に実施した。さらに水圧管路の埋設化が実施された。	今後の洪水リスクの想定：改修工事にて土砂流入などのリスクを想定した。 発電施設の更新・改造計画：水圧鉄管を地下埋設式に改良、砂防ダムの導入等、多数実施 運転・保守管理の見直し：特になし	
2-45	Rehabilitation of The Tenom Pangi Hydropower Project テノンパンギ水力発電所の復旧(マレーシア)	洪水	損傷個所の復旧や、洪水以外でも損傷や不具合の起きていた設備の修繕作業を実施した。	今後の洪水リスクの想定：特になし 発電施設の更新・改造計画：特になし 運転・保守管理の見直し：洪水予測として流入予測システムの導入など実施	
2-46	Rainbow Falls Plant Restoration レインボーフォール水力発電所の復旧(米国)	洪水	洪水吐の修繕、水没復旧を実施。電気盤を水没しない高さに据え付けなおした。また、エブロン表面が粗くなり、水流に悪影響を及ぼすことを考慮し、補修した。	今後の洪水リスクの想定：今後の洪水を考慮し、以下のシステムを導入した。 ・堰に対し、暗渠排水システムを導入 ・制御システム、開閉装置、計量盤、変圧器は、水車発電機の床から新しく建設された構造用鋼の中二階に設置した。 発電施設の更新・改造計画：特になし 運転・保守管理の見直し：特になし	
2-14	九州電力 川辺川第一発電所(熊本県)(2.6MW、流れ込み式、水路式)	洪水	経済性に優れ、放流操作が確実で管理の省力化が図れるゴム引き布製起伏堰(ゴム堰)に改造し、復旧。しゃ水工に関しては、浸透経路長の確保等観点だけでなく、構造物基礎の流動及び洗掘による吸出し防止の目的から、上流側に加えて下流側にも鋼矢板を基礎岸まで打設 【電力土木 2010.3 川辺川第一発電所取水設備等の破損事象とその対策 参照】	今後の洪水リスクの想定：特になし 発電施設の更新・改造計画：特になし 運転・保守管理の見直し：特になし 災害の原因が設備の構造的な問題(基礎部分が岩着していない)また当日の流量も異常に多いとは言えないことから、本課題の検討対象とはしない。	図 3-3 に示す調査対象外
2-31	東京電力 熊川第一発電所(群馬県)(2.7MW、流れ込み式・水路式)	洪水	・取水ダム堤体の復旧においては、河川内に仮締切を構築し、コンクリートによる原形復旧を実施。 ・水槽余水路側壁については、早期復旧のため足場の仮設が不要となる埋設型枠を用いることとし、コンクリートにより原形復旧を実施。	基本的には早期復旧を目指した。(レジリエンス強化なし) 今後の洪水リスクの想定：特になし 発電施設の更新・改造計画：特になし 運転・保守管理の見直し：特になし	図 3-3 に示す調査対象外

No.	事例名	被災の原因	復旧工事の概要	気候変動へのレジリエンス強化要素 (今後の洪水対策で考慮すべき点)	対策工事のポイント・問題点
2-33	中部電力 玉野発電所（愛知県） (0.55MW、流れ込み式・水路式)	洪水	堰の排砂門および取水口制水門、沈砂池排砂門、水路排砂門の巻上機分解手入れ、機側盤および分電盤の部品取替え（リレー等）取替実施した。	今後の洪水リスクの想定：特になし 発電施設の更新・改造計画：特になし 運転・保守管理の見直し：特になし	図 3-3 に示す調査対象外
2-34	中部電力 佐見川発電所（岐阜県） (0.33MW、流れ込み式・水路式)	洪水	堰の排砂門および取水口制水門巻上機分解手入れ、機側盤および除塵機の部品取替え（電磁開閉器他）取替実施した。また、同設備の自動制御装置の部品取替（トランス他）を実施した。	今後の洪水リスクの想定：特になし 発電施設の更新・改造計画：特になし 運転・保守管理の見直し：特になし	図 3-3 に示す調査対象外
2-40	Callahuanca Hydroelectric Power Plant の復旧 カラファンカ発電所の復旧（ペルー）	土砂災害	情報収集した内容は、発電所設備の復旧と、それに伴い、前述の機器を更新した事例である。	今後の洪水リスクの想定：特になし 発電施設の更新・改造計画：特になし 運転・保守管理の見直し：特になし	図 3-3 に示す調査対象外
2-42	Flood-damaged Lower Mod-i hydel project ローワーモディ第 1 水力発電所復旧（ネパール）	洪水＋土砂災害	洪水吐の再構築、発電所の復旧と併せて、発電所機器の交換、水車の清掃、水圧鉄管の交換、変電所の改修を実施した。	今後の洪水リスクの想定：特になし 発電施設の更新・改造計画：特になし 運転・保守管理の見直し：特になし	図 3-3 に示す調査対象外
2-43	Halton Luna Hydro Power Project ハルトン・ルナ水力発電所の洪水被害（英国）	洪水＋土砂災害	土砂の排出、発電機の修理（取り換え）が行われた。	今後の洪水リスクの想定：特になし 発電施設の更新・改造計画：特になし 運転・保守管理の見直し：特になし	図 3-3 に示す調査対象外
2-47	Restoration of Moco-Moco hydropower station モコモコ発電所の改修（ガイアナ）		本発電所については運転開始への目途が立っていなかったことから、長期にわたって発電所運転停止の状態となっていた。 そのため、発電所を改修することとなった。特に水圧鉄管については、地質調査実施後に土砂災害リスクの少ない箇所への設備の導入を検討する。	今後の洪水リスクの想定：特になし 発電施設の更新・改造計画：特になし 運転・保守管理の見直し：特になし	図 3-3 に示す調査対象外

付録 C : 気候変動へのレジリエンス強化対策の事例別整理_サブタスク 2

No.	事例名	実際に採用した対策	
		設計洪水量を超える洪水	予期しない出水 and/or 土石流
2-1	「東北電力 関川水系発電所(15 発電所)上越水害における関川水系発電設備の被災と復旧」 東北電力 関川水系発電所 (新潟県)	設計洪水量の見直し (河川整備計画に整合) ・護岸の嵩上げ ・取水堰堤の拡幅 ・排砂路、余水路の接続	—
2-2	「永松発電所の復旧」 東北電力 永松発電所 (新潟県) (3.3MW、流れ込み式・水路式)	設計洪水量の見直し ・水圧鉄管管理橋の河川横断部の橋脚の廃止 (流積の拡大)	—
2-3	東北電力 宮下発電所 (福島県) (94MW、調整池式・ダム水路式)	—	・発電所防水壁の嵩上げ ・河川整備計画と協調した調整池内護岸、導流劈等の整備 ・調整池内の継続的な浚渫の実施
2-4	「先達発電所の豪雨災害の復旧概要」 東北電力 先達発電所 (秋田県) (5.3MW、流れ込み式・水路式)	—	・水圧鉄管、発電所周辺の雨水排水処理能力の強化 ・導水路に沿った沢水対策強化
2-5	東北電力 下台発電所 (秋田県) (0.34MW、流れ込み式・水路式)	—	・発電所施設周囲ののり面保護強化 ・除塵機操作盤を高所に移設
2-6	「犀川水力発電所えん堤改修工事」 中部電力 犀川発電所 (長野県) (1.7MW、流れ込み式・水路式)	(特定の洪水被害ではないが、恒常的に越流被害が発生していたためここに整理) ・堰堤の鋼製ゲートを廃止し、SR 合成起伏堰へ変更	—
2-7	「天神えん堤の改修工事(SR 堰)」 中部電力 天神発電所 (岐阜県) (0.6MW、流れ込み式・水路式)	設計洪水量の見直し ・コンクリート造固定堰を SR 合成起伏堰に変更	—
2-8	「大井川ダム 清化バイパス設置工事」 中部電力大井川発電所 (静岡県) (68.2MW、調整池式・ダム水路式)	—	—
2-9	「島発電所水路改修工事報告」 中部電力 島発電所 (岐阜県) (1.8MW、流れ込み式・水路式)	・既存の堰堤の撤去 ・上流の上村発電所放水口と島発電所の取水口を連絡水路により直結化した。(洪水リスクの低減)	—
2-10	「称名川第二発電所 雑穀谷取水ダム水叩工改修工事の概要」 北陸電力 称名川第二発電所 (富山県) (8.1MW、流れ込み式・水路式)	・ゲート巻き上げ室の高所への移設(浸水防止) ・取水ダムの越流部水叩部の摩耗、洗掘防止対策として、耐摩耗鋳鋼板を設置 ・上流の上村発電所放水口と島発電所の取水口を連絡水路により直結化した。(洪水リスクの低減)	・チロリアン式取水口の改修(前面堆砂による取水不能防止)
2-11	「新猪谷発電所 放水路改良工事報告」 北陸電力 新猪谷発電所 (富山県) (33.5MW、調整池式・ダム水路式)	・設計洪水量の見直し ・放水口の防水壁の嵩上げ ・放水口制水ゲート開閉装置スラブの嵩上げ	・放水口開口部の暗渠化(土砂流入防止)
2-12	関西電力 長殿発電所 (奈良県) (16.2MW、流れ込み式・水路式)	・設計洪水位の見直し ・発電所敷高の嵩上げ ・放水位の見直し ・放水庭の構造変更と敷高の嵩上げ (ほぼ全壊で殆んど新設工事)	・発電所の防水対策強化(防水扉設置、浸水防止のための電動弁(給排気系)設置) ・発電所上流に根固めブロック設置
2-13	「北御所えん堤の取水制御機能を絞り込んだ災害復旧」 中部電力 中御所発電所 (長野県) (10.2MW、流れ込み式・水路式)	—	・制御機器の高所への移設 ・運転保守の見直し ・取水制御機能のスリム化
2-15	「上椎葉発電所本復旧工事の設計・施工」 九州電力 上椎葉発電所 (宮崎県) (93.2MW、貯水池式・ダム水路式)	—	・発電所外壁補強(補強アンカー設置) ・発電所防水壁の嵩上げ ・発電所進入路背面の斜面の補強(グラウンドアンカー工)の実施
2-16	電源開発 滝発電所 (福島県) (92MW、調整池式・ダム式)	・発電所の冠水対策(ケーブルダクト貫通孔へのウレタン系樹脂材の挿入、ケーブルトンネルと発電所の仕切り扉を防水扉化、系統電源関連機器を上部階へ移設) ・屋外開閉所周辺に冠水防護壁設置	—

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	実際に採用した対策	
		設計洪水量を超える洪水	予期しない出水 and/or 土石流
2-17	黒部川水系猫又地区における河床上昇対策 関西電力 新黒部川第二発電所（富山県）（74.2MW、調整池式・ダム水路式）	—	<ul style="list-style-type: none"> ・黒部第2発電所の放水庭護岸を嵩上げ ・新黒部第2発電所の放水口を出水土砂の影響を受けない下流の出し平ダム湛水池内に（高所へ）移設し、放水路トンネルを付け替えた。
2-18	「平成26年8月豪雨による太田川発電所土木設備の被害と復旧対策の概要」 中国電力 太田川発電所（広島県）（16.4MW、流れ込み式・水路式）	—	<ul style="list-style-type: none"> ・水槽、余水路への土砂の流入を防止するため蓋掛けを実施 ・周辺地山の崩壊防止のためコンクリート擁壁を設置
2-19	九州電力 新菅原発電所（宮崎県）（7.5MW、調整池式・ダム水路式）	<ul style="list-style-type: none"> ・設計洪水量の見直し ・洪水吐ゲートを撤去し、越流天端の嵩上げ、越流長を延伸しゲートレス化した。 	—
	「西吉野第二発電所黒淵ダムにおける清流バイパスの計画・設計及び施工」 電源開発 西吉野第二発電所（奈良県）（13.1MW、調整池式・ダム水路式）	図3-4に示す調査対象外	—
2-20	「須川発電所上野川取水堰復旧工事の設計・施工」 東京電力 須川発電所（静岡県）（6MW、調整池式・水路式）	<ul style="list-style-type: none"> ・設計洪水量の見直し ・既存の取水堰の下流に新たな重力式の取水堰を設置し、付随する水叩き、護岸と共に整備を行った。 	—
2-21	中部電力 湯山発電所（静岡県）（24.1MW、調整池式・ダム水路式）	設計洪水位の見直し <ul style="list-style-type: none"> ・見張所（水路制御設備、維持管理備品の保管）の嵩上げ ・ケーブルダクトを含む制御設備等を高所へ移設 ・防水能力向上 	—
	「佐久間貯水池の出水時の垂下型濁水防止膜の効果」 電源開発 佐久間発電所（静岡県）（350MW、貯水池式・ダム水路式）	図3-4に示す調査対象外	—
	「尾鷲第一発電所 坂本ダム表面取水設備設置計画の概要」 電源開発 尾鷲第一発電所（三重県）（40MW、貯水池式・ダム水路式）	図3-4に示す調査対象外	—
2-22	「久婦須川第二発電所 久婦須第二ダム改良工事の概要」 北陸電力 久婦須川第二発電所（富山県）（3.8MW、調整池式・ダム水路式）	—	<ul style="list-style-type: none"> ・洪水吐の管理協を支えるピアの撤去（流木滞留防止） ・排砂ゲートの大型化
2-23	「本名発電所ダム下流減勢工改良工事の概要」 東北電力 本名発電所（福島県）（78MW、調整池式・ダム式）	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム下流の導流壁の改良により減勢効果の向上（下流の洪水被害の低減を目的とする） ←地域への配慮 	—
2-24	「平成17年台風14号に伴う被害復旧（山須原ダム）」 九州電力 山須原発電所（宮崎県）（41MW、調整池式・ダム水路式）	平成17年台風14号による集中豪雨、広範に発生した斜面崩壊を契機として、河川管理者が中心となった「耳川水系総合土砂管理計画」が策定され、さらに貯水池の通砂促進を目的としたダム通砂運用計画が策定された。山須原ダムについては現行の構造では通砂運用に必要な水位低下を行うことができないためダムの改造を実施することとなった。また流木対策についても、森林の荒廃を防止するため森林整備計画に取り組んでいる。 <ul style="list-style-type: none"> ・既存の洪水吐の中央の2門を撤去し、堤体天端を9.3m切り下げて、クレストローラーゲート1門を設置した。 	—

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	実際に採用した対策	
		設計洪水量を超える洪水	予期しない出水 and/or 土石流
2-25	「平成 17 年台風 14 号に伴う被害復旧 (西郷ダム)」 九州電力 西郷発電所 (宮崎県) (27.1MW、調整池式・ダム水路式)	平成 17 年台風 14 号による集中豪雨、広範に発生した斜面崩壊を契機として、河川管理者が中心となった「耳川水系総合土砂管理計画」が策定され、さらに貯水池の通砂促進を目的としたダム通砂運用計画が策定された。西郷ダムについては現行の構造では通砂運用に必要な水位低下を行うことができないためダムの改造を実施することとなった。また流木対策についても、森林の荒廃を防止するため森林整備計画に取り組んでいる。 ・既設の洪水吐の中央 4 門を撤去し、越流天端を 4.3m 切り下げて、クレストローラーゲート 2 門を新設した。また、既設開閉装置を 2m 高上げた。	—
2-26	「霞沢発電所大正池取水堰堤改良工事の概要」 東京電力 霞沢発電所 (長野県) (39MW、流れ込み式・水路式)	・ゴム布引製起伏堰の設置 (数値に言及は無いが、設計洪水量を超えた洪水も安全に流下させる)	—
2-27	「平成 29 年 8 月停滞前線による葛根田第二発電所水害復旧工事」 東北電力 葛根田第二発電所 (岩手県) (5.1MW、流れ込み式・水路式)	・取水口護岸の補強 (大型ブロックを採用) ・余水吐の補強 (重力コンクリート擁壁に変更)	—
2-28	電源開発 長山発電所 (高知県) (38.5MW、調整池式・ダム水路式)	・洪水吐ゲート制御機器の水密性の向上、嵩上げ	—
2-29	東北電力 湯之谷発電所 (新潟県) (0.72MW、流れ込み式・水路式)	設計洪水量の見直し ・洪水吐ゲートの廃止 (ゲートレス化) ・越流部の嵩上げ 運転・保守管理の見直し ・計画堆砂勾配を設定 (この条件での背水計算により道路、護岸等の対策を立案した)	—
2-30	東京電力 羽根尾発電所 (群馬県) (13MW、流れ込み式・水路式)	・放水口ゲート設置による浸水防止 ・発電所建屋地下 3 階フロアに逆流防止弁を設置 (浸水防止対策) ・排水ピットの機能改善	—
2-32	東京電力 大津発電所 (群馬県) (2.2MW、調整池式・ダム水路式)	設計洪水量の見直し ・発電所の嵩上げ ・発電所建屋防水壁の設置	—
2-35	九州電力 塚原発電所 (宮崎県) (67.05MW、貯水池式、ダム水路式)	設計洪水量の見直し ・老朽化したゲートの更新 ・発電所を高所に移設 ・水圧管路の移設 ・放水路の移設 (堆砂防止)	—
2-36	神奈川県企業庁 早戸川発電所 (神奈川県) (0.072MW、流れ込み式、水路式)	—	・発電所の水密性向上 (排水ポンプ出口の壁孔隙間を埋めた)
2-37	神奈川県企業庁 道志第四発電所 (神奈川県) (0.059MW、流れ込み式、水路式)	設計洪水量の見直し ・構造物の嵩上げ	・施設周辺の排水系統の見直し ・換気扇開口部の閉塞 ・換気ルートの変更
2-38	Flood Damage of Oroville Dam オロビルダム洪水吐修理プロジェクト	・放水路の補強 (転圧コンクリートの上にさらに鉄筋コンクリートを施工し補強した。	—
2-39	Upper Bhote Koshi in Nepal アッパーボテコシ発電所 (ネパール)	—	・水圧鉄管を落成から防止するため、コンクリートによる保護 ・落石防護柵の設置を実施
2-41	Back online of the Thomson hydroelectric station トムソン水力発電所の復旧 (米国)	・設計洪水量の見直し ・浸水防止のための変電所の嵩上げ	—
2-44	Flood damage of Kulekhani Hydro クリカニ水力発電所の洪水被害 (ネパール)	—	・改修工事にて土砂流入などのリスクを想定 ・水圧鉄管を地下埋設式に改良 ・砂防ダムの導入
2-45	Rehabilitation of The Tenom Pangli Hydropower Project テノンパンギ水力発電所の復旧 (マレーシア)	・洪水予測として流入予測システムの導入	—
2-46	Rainbow Falls Plant Restoration レインボーフォール水力発電所の復旧 (米国)	—	・堰に対し、暗渠排水システムを導入 ・制御システム、開閉装置、計量盤、変圧器は、水車発電機の床から新しく建設された構造用鋼の中二階に設置

付録D：気候変動へのレジリエンス強化対策の課題整理（事例別）_サブタスク2

No.	事例名	課題（問題点）	詳細説明
2-1	「東北電力 関川水系発電所(15 発電所) 上越水害における関川水系発電設備の被災と復旧」 東北電力 関川水系発電所（新潟県）	国立公園内での施工方法への制限（立地条件による施工方法への制限）およびアクセスの困難性（アクセス道路がなかった）	高沢発電所については、標高約 900m の急峻山間地にあるため、現場へのアクセス道が無く、しかも国立公園の内部に位置し、再運開が急務であったことから、新たに進入路を設置することは工期面から困難となり、本工事に必要なコンクリート総打設量約 6,500m ³ 打設する方法が重要課題であった。結論として、配管延長 1,620m の長距離圧送を実施した。
2-2	「永松発電所の復旧」 東北電力 永松発電所（新潟県） (3.3MW、流れ込み式・水路式)	豪雪地帯での工事（安全管理等）	水圧鉄管管理橋の施工では安全性、コスト面から引き込みレール工法を採用した。
2-3	東北電力 宮下発電所（福島県） (94MW、調整池式・ダム水路式) 洪水被害事例	取水口～放水路に至るまで広い範囲で、土砂塵芥等による被害が発生した。	適切な土砂排出方法を場所によって検討した。
2-4	「先達発電所の豪雨災害の復旧概要」 東北電力 先達発電所（秋田県） (5.3MW、流れ込み式・水路式)	斜面崩壊の防止（危険地域）	水圧鉄管西側法面崩壊（水圧鉄管法面）については凝灰岩の上層に崖土堆積物が確認されており、岩級区分は CL クラスであるが風化傾向であり、さらに拡大が懸念された。
2-5	東北電力 下台発電所（秋田県） (0.34MW、流れ込み式・水路式) 洪水被害事例	地山崩壊の防止した上での復旧工事	—
2-6	「犀川水力発電所えん堤改修工事」 中部電力 犀川発電所（長野県） (1.7MW、流れ込み式・水路式)	観光スポット（白鳥の飛来地）	—
2-7	「天神えん堤の改修工事(SR 堰)」 中部電力 天神発電所（岐阜県） (0.6MW、流れ込み式・水路式)	環境配慮（魚類の回遊）流下能力の向上（SR 合成起伏堰への変更）	—
2-8	「大井川ダム 清美化バイパス設置工事」 中部電力大井川発電所（静岡県） (68.2MW、調整池式・ダム水路式)	地元の川根本町からの河川環境改善要望に応じて、新たな濁水対策としてバイパス水路トンネルを建設した。	バイパス水路（トンネル部）には、既設トンネル（大井川鉄道井川線トンネル、旧井川線トンネル（現在は遊歩道））との近接区間が 2 区間存在するため、既設トンネルを損傷させないため対策を行い実施した。
2-9	「島発電所水路改修工事報告」 中部電力 島発電所（岐阜県） (1.8MW、流れ込み式・水路式)	堰排砂門ピアに流木が引っ掛かり、洪水流下を阻害し、周辺の洪水被害を拡大したとして、堰堤の抜本的な改善を求められた。	—
2-10	「称名川第二発電所 雑穀谷取水ダム水叩工改修工事の概要」 北陸電力 称名川第二発電所（富山県） (8.1MW、流れ込み式・水路式)	工事現場までのアクセス道路なし。ヘリコプターによる敷材の空輸。コンクリート造から鉄骨造への変更。（輸送費、仮設備費の低減を図った）・雪解け時期と出水時期による施工時期の制限（7～11月）・国立公園内の工事	—
2-11	「新猪谷発電所 放水路改良工事報告」 北陸電力 新猪谷発電所（富山県） (33.5MW、調整池式・ダム水路式)	記載なし	—
2-12	関西電力 長殿発電所（奈良県） (16.2MW、流れ込み式・水路式) 洪水被害事例	大規模な改修工事で殆ど新設工事	—
2-13	「北御所えん堤の取水制御機能を絞り込んだ災害復旧」 中部電力 中御所発電所（長野県） (10.2MW、流れ込み式・水路式)	水路自動制御装置類の復旧に費用を要することから、最低限の取水機能を復旧させる計画に改め、装置費用の低減に努めた。	—
2-15	「上椎葉発電所本復旧工事の設計・施工」 九州電力 上椎葉発電所（宮崎県） (93.2MW、貯水池式・ダム水路式)	発電所へのアプローチ道路が流出した。発電所から水車発電機の搬出が出来ないことから、工事期間中モノレールを設置した。	—
2-16	電源開発 滝発電所（福島県） (92MW、調整池式・ダム式) 洪水被害事例	記載なし	—

No.	事例名	課題（問題点）	詳細説明
2-17	黒部川水系猫又地区における河床上昇対策 関西電力 新黒部川第二発電所（富山県）（74.2MW、調整池式・ダム水路式） 洪水被害事例	国立公園内での工事、掘削土砂の処理（適地が遠く仮設備が必要となった）	—
2-18	「平成 26 年 8 月豪雨による太田川発電所土木設備の被害と復旧対策の概要」 中国電力 太田川発電所（広島県）（16.4MW、流れ込み式・水路式）	水槽へのアクセス道路が流失	—
2-19	九州電力 新菅原発電所（宮崎県）（7.5MW、調整池式・ダム水路式） 洪水被害事例	構造物の設計変更が必要となった。	洪水吐き形状やダム設計洪水流量の変更を伴うこと、ダム下流河川の地形が複雑であることから、水理模型実験を実施した。
2-20	「須川発電所上野川取水堰復旧工事の設計・施工」 東京電力 須川発電所（静岡県）（6MW、調整池式・水路式）	記載なし	—
2-21	中部電力 湯山発電所（静岡県）（24.1MW、調整池式・ダム水路式） 洪水被害事例	記載なし	—
2-22	「久婦須川第二発電所 久婦須第二ダム改良工事の概要」 北陸電力 久婦須川第二発電所（富山県）（3.8MW、調整池式・ダム水路式）	・ピアの切断工法の選定（本体を傷めないワイヤーソーイング工法を採用） ・切断されたピアのブロックの活用（土留めブロックとして活用） ・コンクリート廃材の路盤材としての活用	—
2-23	「本名発電所ダム下流減勢工改良工事の概要」 東北電力 本名発電所（福島県）（78MW、調整池式・ダム式）	渇水期に限った河川内工事となるため大幅な工期の短縮が求められた。	—
2-24	「平成 17 年台風 14 号に伴う被害復旧（山須原ダム）」 九州電力 山須原発電所（宮崎県）（41MW、調整池式・ダム水路式）	構造物の設計変更が必要となった。	—
2-25	「平成 17 年台風 14 号に伴う被害復旧（西郷ダム）」 九州電力 西郷発電所（宮崎県）（27.1MW、調整池式・ダム水路式）	構造物の設計変更が必要となった。	仮締切の仮設ゲートとして SR 堰を採用し、堰高を検討した。堰高の検討は下記事項を考慮した。 ①発電機トラブル等で取水不能となった場合にダムの放流までの時間（2 時間）を確保する保安容量（空容量）に相当する水深 ②発電（転流）に必要な水深 堰高 4.0m の SR 堰は、現行の設計指針上限（3.0m）を超える国内最大の高さとなるとともに、国内初のダブルチューブ方式の採用となる。このため、ダム及び SR 堰の専門家、国、宮崎県、当社で構成する「SR 堰技術検討委員会」を設置し、現行の SR 堰（シングルチューブ方式）に準じて設計検討を進めるとともに、ダブルチューブ方式の技術的課題を審議した。具体的には、袋体形状・上下袋体膨張速度、袋体の応力分布、上下袋体接続部の構造の妥当性を試験等により確認した。なお、この試験では有水状態での状況までは確認できなかったことから、現地での試験運用の状態を検証、確認し、委員会に報告することとしている。
2-26	「霞沢発電所大正池取水堰改良工事の概要」 東京電力 霞沢発電所（長野県）（39MW、流れ込み式・水路式）	国立公園内の観光スポット	経済性の比較に基づき対策を決定した。国立公園内での工事のため、観光シーズンを避けるため、冬季（11 月～6 月）に施工した。エプロン、表石（リップラップ）、防護壁など、地域産の石材を活用することで景観に配慮した。
2-27	「平成 29 年 8 月停滞前線による葛根田第二発電所水害復旧工事」 東北電力 葛根田第二発電所（岩手県）（5.1MW、流れ込み式・水路式）	記載なし	—
2-28	電源開発 長山発電所（高知県）（38.5MW、調整池式・ダム水路式） 洪水被害事例	記載なし	—
2-29	東北電力 湯之谷発電所（新潟県）（0.72MW、流れ込み式・水路式） 洪水被害事例	豪雪地帯での工事（安全管理等）	—

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	課題（問題点）	詳細説明
2-30	東京電力 羽根尾発電所（群馬県） （13MW、流れ込み式・水路式） 洪水被害事例	記載なし	—
2-32	東京電力 大津発電所（群馬県） （2.2MW、調整池式・ダム水路式） 洪水被害事例	記載なし	—
2-35	九州電力 塚原発電所（宮崎県） （67.05MW、貯水池式、ダム水路式） 洪水被害事例	記載なし	—
2-36	神奈川県企業庁 早戸川発電所（神奈川県） （0.072MW、流れ込み式、水路式） 洪水被害事例	記載なし	—
2-37	神奈川県企業庁 道志第四発電所（神奈川県） （0.059MW、流れ込み式、水路式） 洪水被害事例	記載なし	—
2-38	Flood Damage of Oroville Dam オロビルダム洪水吐修理プロジェクト	記載なし	—
2-39	Upper Bhothe Koshi in Nepal アッパーボテコシ発電所（ネパール）	記載なし	—
2-41	Back online of the Thomson hydroelectric station トムソン水力発電所の復旧（米国）	記載なし	—
2-44	Flood damage of Kulekhani Hydro クリカニ水力発電所の洪水被害（ネパール）	記載なし	—
2-45	Rehabilitation of The Tenom Pangi Hydropower Project テノンパンギ水力発電所の復旧（マレーシア）	記載なし	—
2-46	Rainbow Falls Plant Restoration レインボーフォール水力発電所の復旧（米国）	北東アメリカでは珍しいダムと発電所の同時改修のため、請負業者間の調整は困難であった。	—

付録 E : 設備の概要_サブタスク 2

事例名	発電所名	詳細データ											
		実施事業者	所在地/国	発電方法	発電所の種類	流域面積 (km ²)	ダムの種類	ダムの高さ (m)	ダム名	河川名	河川水系名	最大出力 (MW)	運転開始年
2-1 上越水害における関川水系発電設備の被災と復旧	関川水系発電所 (15 発電施設)	東北電力	新潟県	ダム水路式	流れ込み式	合計 1,140	N/A	N/A	N/A	関川	関川水系	合計 154.96	1906 ~ 1939
2-2 永松発電所の復旧	永松発電所	東北電力	新潟県	ダム水路式	貯水池式	19.9	N/A	N/A	N/A	伊佐沢川	信濃川水系	3.3	1946
2-3 (浸水被害例) 宮下発電所	宮下発電所	東北電力	福島県	ダム水路式	貯水池式	2,467	重力式コンクリート	53	宮下	只見川	阿賀野川水系	94	1946
2-4 先達発電所の豪雨災害の復旧概要	先達発電所	東北電力	秋田県	ダム水路式	流れ込み式	60.4	N/A	N/A	N/A	先達川	雄物川水系	5.3	1948
2-5 (浸水被害例) 下台発電所	下台発電所	東北電力	秋田県	ダム水路式	流れ込み式	104.9	N/A	N/A	N/A	岩瀬川	米代川水系	0.34	1922
2-6 犀川発電所	犀川発電所	中部電力	長野県	ダム水路式	流れ込み式	1330	重力式コンクリート	5.8	犀川堰堤	犀川	信濃川水系	1.7	1923
2-7 天神えん堤の改修工事 (SR 堰)	天神発電所	中部電力	岐阜県	ダム水路式	流れ込み式	457.7	N/A	N/A	N/A	宮川	神通川水系	0.6	1924
2-8 大井川ダム清水化バイパス設置工事	大井川発電所	中部電力	静岡県	ダム水路式	貯水池式	537	重力式コンクリート	33.5	大井	大井川	大井川水系	68.2	1936
2-9 島発電所水路改修工事	島発電所	中部電力	岐阜県	ダム水路式	流れ込み式	78.7	N/A	N/A	N/A	N/A	多萩川水系	1.8	1927
2-10 雑穀谷取水ダム水叩工改修工事	称名川第二発電所	北陸電力	富山県	ダム水路式	流れ込み式	30.8	N/A	N/A	N/A	称名川	常願寺川水系	8.1	1960
2-11 新猪谷発電所放水路改良工事	新猪谷発電所	北陸電力	富山県	ダム水路式	貯水池式	762	重力式コンクリート	56	新猪谷	高原川	神通川水系	33.5	1964
2-12 (浸水被害例) 長殿発電所	長殿発電所	関西電力	奈良県	ダム水路式	流れ込み式	157.4	N/A	N/A	N/A	十津川	新宮川水系	15.3	1937
2-13 北御所えん堤の取水制御機能を絞り込んだ災害復旧	中御所発電所	中部電力	長野県	ダム水路式	流れ込み式	23	N/A	N/A	N/A	中御所	天竜川水系	10.2	1980

事例名	発電所名	詳細データ											
		実施事業者	所在地/国	発電方法	発電所の種類	流域面積 (km ²)	ダムの種類	ダムの高さ (m)	ダム名	河川名	河川水系名	最大出力 (MW)	運転開始年
2-14 (浸水被害例) 川辺川第一発電所	川辺川第一発電所	九州電力	熊本県	ダム水路式	流れ込み式	360.3	ゴム堰	5.8	川辺川第一取水堰	川辺川	球磨川水系	2.6	1937
2-15 上椎葉発電所復旧工事	上椎葉発電所	九州電力	宮崎県	ダム水路式	貯水池式	279.6	アーチ式	110	上椎葉	耳川	耳川水系	93.2	1955
2-16 (浸水被害例) 滝発電所	滝発電所	電源開発	福島県	ダム式	貯水池式	1,978.8	重力式コンクリート	46	滝	只見川	阿賀野川水系	92	1961
2-17 (洪水被害例) 河床上昇対策工事 新黒部川第二発電所	新黒部川第二発電所	関西電力	富山県	ダム水路式	貯水池式	404.8	重力式コンクリート式	51.5	小屋平	黒部川	黒部川水系	74.2	1936
2-18 平成26年8月豪雨による太田川発電所の復旧工事	太田川発電所	中国電力	広島県	ダム水路式	流れ込み式	894	重力式コンクリート	2	芳山川	太田川、吉山川	太田川水系	16.4	N/A
2-19 (浸水被害例) 新菅原発電所	新菅原発電所	九州電力	宮崎県	ダム水路式	貯水池式	51	重力式コンクリート	17.8	西畑	綱の瀬川	五ヶ瀬川水系	7.5	1958
2-20 上野川取水堰復旧工事	須川発電所	東京電力	静岡県	ダム水路式	貯水池式	29.2	N/A	N/A	N/A	須川	酒匂川水系	6	1912
2-21 (浸水被害例) 湯山発電所	湯山発電所	中部電力	静岡県	ダム水路式	貯水池式	178	重力式コンクリート式	64	仙頭	N/A	大井川水系	24.1	1935
2-22 久婦須川第二発電所 久婦須第二ダム改良工事	久婦須川第二発電所	北陸電力	富山県	ダム水路式	貯水池式	41	重力式コンクリート	18.5	久婦須川第二	久婦須川	神通川水系	3.8	1941
2-23 本名発電所ダム下流減勢工改良工事	本名発電所	東北電力	福島県	ダム水路式	貯水池式	2142	重力式コンクリート	51.5	本名	只見川	阿賀野川水系	78	1954
2-24 平成17年台風14号に伴う被害復旧(山須原ダム)	山須原発電所	九州電力	宮崎県	ダム水路式	貯水池式	1,197.2	重力式コンクリート	29.4	山須原	耳川	耳川水系	41	N/A
2-25 平成17年台風14号に伴う被害復旧(西郷ダム)	西郷発電所	九州電力	宮崎県	ダム水路式	貯水池式	1,295.6	重力式コンクリート	19.9	西郷	耳川	耳川水系	27.1	1929
2-26 霞沢発電所大正池取水堰堤改良工事	霞沢発電所	東京電力	長野県	ダム水路式	流れ込み式	115.4	N/A	N/A	N/A	梓川	信濃川水系	3.3	1928
2-27 平成29年8月停滞前線による葛根田第二発電所水害復旧工事	葛根田第二発電所	東北電力	岩手県	ダム水路式	流れ込み式	101	ゾーン型ロックフィル	N/A	N/A	葛根田川	北上川水系	5.1	1953

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

事例名	発電所名	詳細データ											
		実施事業者	所在地/国	発電方法	発電所の種類	流域面積 (km ²)	ダムの種類	ダムの高さ (m)	ダム名	河川名	河川水系名	最大出力 (MW)	運転開始年
2-28 (浸水被害例) 長山発電所	長山発電所	電源開発	高知県	ダム水路式	貯水池式	233.4	重力式コンクリート	38	平鍋	奈半利川	奈半利川水系	37	1960
2-29 (浸水被害例) 湯之谷発電所	湯之谷発電所	東北電力	新潟県	ダム水路式	流れ込み式	80	N/A	N/A	N/A	佐梨川	信濃川水系	0.72	1925
2-30 (浸水被害例) 羽根尾発電所	羽根尾発電所	東京電力	群馬県	ダム水路式	流れ込み式	353.6	N/A	N/A	N/A	吾妻川	利根川水系	1.3	1925
2-31 (洪水被害の例) 熊川第一発電所	熊川第一発電所	東京電力	群馬県	ダム水路式	流れ込み式	63.7	N/A	N/A	N/A	熊川	利根川水系	2.7	1922
2-32 (浸水被害例) 大津発電所	大津発電所	東京電力	群馬県	ダム水路式	貯水池式	451	重力式コンクリート	19.55	大津	吾妻川	利根川水系	2.2	1931
2-33 (浸水被害例) 玉野発電所	玉野発電所	中部電力	愛知県	ダム水路式	流れ込み式	440.2	重力式コンクリート	8.79	玉野	庄内川	庄内川水系	0.55	1921
2-34 (浸水被害例) 佐見川発電所	佐見川発電所	中部電力	岐阜県	ダム水路式	流れ込み式	56.7	N/A	N/A	N/A	佐見川	木曾川水系	0.33	1928
2-35 (洪水被害の例) 塚原発電所	塚原発電所	九州電力	宮崎県	ダム水路式	貯水池式	545.4	重力式コンクリート	87	塚原	耳川	耳川水系	67.05	1938
2-36 (洪水被害の例) 早戸川発電所	早戸川発電所	神奈川県企業局	神奈川県	ダム水路式	流れ込み式	18.3	重力式コンクリート	7.27	早戸川	早戸川	相模川水系	0.072	2018
2-37 (洪水被害の例) 道志第四発電所	道志第四発電所	神奈川県企業局	神奈川県	ダム水路式	流れ込み式	112.5	重力式コンクリート	32.8	道志	道志川	相模川水系	0.059	2010
2-38 オロビルダムの洪水吐修理プロジェクト (米国)	ハイアット発電所、サーマリト転流ダム発電所、サーマリト揚水発電所	カリフォルニア州水資源局	カリフォルニア州、米国	ダム水路式、揚水式	貯水池式	9,340	土盛り	230	オロビルダム	フェザー	サクラメント川水系	819	1968
2-39 アッパーポテコシ (ネパール)	コシ発電所	ポテコシ電力会社	ネパール	ダム水路式	流れ込み式	2,132	N/A	N/A	N/A	ポテコシ川	コシ川水系	45	2001
2-40 カラファンカ発電所 (ペルー)	カラファンカ発電所	ENEL、ペルー	ワロテリ州、ペルー	N/A	流れ込み式	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	リマック川水系	84.17	1938

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

事例名	発電所名	詳細データ											
		実施事業者	所在地/国	発電方法	発電所の種類	流域面積 (km ²)	ダムの種類	ダムの高さ (m)	ダム名	河川名	河川水系名	最大出力 (MW)	運転開始年
2-41 トムソン発電所の復旧 (米国)	トムソン発電所	N/A	ミネソタ州、米国	ダム式	流れ込み式	23,710	重力式コンクリート、アーチ式	N/A	トムソンダム	サンルイス	サンルイス川水系	N/A	1907
2-42 ローワーモディ第1水力発電所復旧 (ネパール)	ローワーモディ第1発電所	ユナイテッド・モディ・ハイドロパワー株式会社	N/A	ダム水路式	貯水池式	575	N/A	N/A	N/A	モディ・コラ	ガンダキ川水系	10	2012
2-43 ハルトン・ルナ水力発電所の洪水被害 (英国)	ハルトン・ルナ発電所	ハルトン・ルン発電所	北部ランカシャー州、英国	ダム水路式	流れ込み式	N/A	N/A	N/A	N/A	ルーン	ルーン川水系	0.16	2015
2-44 クレカニ水力発電所の洪水被害 (ネパール)	クレカニ第1発電所	ネパール電力公社	クレカニ、マクワンプル	ダム水路式	貯水池式	126	岩石充填	114	クレカニ	クレカニ	ガンジス川水系	60	1982
2-45 テノンパンギ水力発電所の復旧 (マレーシア)	N/A	サバ電力 SDN. BHD.	サバ州、マレーシア	ダム水路式	流れ込み式	7815	N/A	N/A	N/A	パダス	クローカー山脈河川システム	66	1982
2-46 レインボーフォール水力発電所の復旧 (米国)	レインボーフォールズ発電所	ニューヨーク州電力ガス公社	ニューヨーク州クリントン郡、米国	ダム水路式	流れ込み式	N/A	N/A	N/A	N/A	オーサブル	N/A	2.6	1926
2-47 モコモコ発電所の復旧 (ガイアナ)	モコモコ発電所	ガイアナエネルギー庁	地域9、ガイアマ	ダム水路式	流れ込み式	N/A	N/A	3	N/A	モコモコ	アマゾン川システム	0.5	1997

付録F：堆砂管理の必要性の整理_サブタスク3

No.	事例名	発電所名	事業者名	所在地	発電方式	現状の問題点	堆砂管理の目的	堆砂管理の必要性と基本方針				
								法令順守	災害対策	発電有効容量確保	環境保全	その他
3-1	津軽ダムでの取組	津軽発電所	ダム：国土交通省 発電所：東北電力	青森県中津軽郡 西目屋村	貯水池式	津軽ダム下流河川において土砂供給の減少に伴い生じている淵の深掘れや粗粒化（底生動物、魚類等への影響）	劣化した河床の回復（淵の深掘れや粗粒化の改善）				○	
3-2	七ヶ宿ダムでの取組	七ヶ宿ダム発電所	国土交通省東北地方整備局	宮城県刈田郡七ヶ宿町	貯水池式	貯水池機能の低下（貯水池容量の減少）	貯水池機能の確保（容量の維持）・東日本大震災の復旧・復興工事で不足する生コン用骨材（砂）を有効活用			○		○
3-3	下久保ダムでの取組	下久保発電所 下久保第二発電所	ダム：水資源機構 発電所：群馬県企業局	群馬県多野郡神流町ほか	貯水池式（下久保） 流れ込み式（下久保第二）	貯水池機能の低下（貯水池容量の減少） 有効貯水容量内に堆砂が確認されていることに加え、利水放流設備付近の堆砂面も上昇している。	貯水池機能の確保（容量の維持）		○		○	○
3-4	雨畑ダムでの取組	角瀬発電所	日本軽金属	山梨県南巨摩郡早川町	貯水池式	令和元年の台風19号による流入土砂の堆積により貯水池上流域の河床が上昇し、浸水被害をもたらした。	貯水池上流地域の浸水被害の防止		○	○		○
3-5	宮ヶ瀬ダムでの取組	愛川第一発電所	ダム：国土交通省 発電所：神奈川県企業庁	神奈川県相模原市	貯水池式	下流河川的环境劣化	下流河川の環境保全と貯水池機能の維持			○	○	

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	発電所名	事業者名	所在地	発電方式	現状の問題点	堆砂管理の目的	堆砂管理の必要性と基本方針				
								法令順守	災害対策	発電有効容量確保	環境保全	その他
3-6	黒部川 出し平ダム・宇奈月ダム連携排砂	新柳河原発電所(出し平) 音沢発電所(出し平) 出し平発電所(出し平) 宇奈月発電所(宇奈月)	ダム：関西電力(出し平) 国土交通省(宇奈月) 発電所：関西電力	富山県黒部市	調整池式(宇奈月) 流れ込み式(出し平)	利水、治水を適切に実施するための機能の維持が求められている。(黒部川は流量が多く河川勾配が急であることから洪水被害が頻発すると同時に、流出土砂の多い河川でもあり、これらの土砂を下流まで排出することが求められている。)	利水、治水ダムの機能の維持			○	○	○
3-7	真名川ダムでの取組	真名川発電所	ダム：国土交通省 発電所：北陸電力	福井県大野市	貯水池	河川環境の劣化	河川環境の保全を目的。フラッシュ放流(50m ³ /s)に河川土砂還元(ダム貯水池内の堆砂を採取し、下流河川へ運搬・置土)を組み合わせることで、フラッシュ放流の効果を増大させる。				○	
3-8	高瀬ダムでの取組	新高瀬川発電所	東京電力	長野県大町市	揚水式	高瀬ダム貯水池には、毎年約75万m ³ の土砂が流入しており、そのうち約20%が掘削され、ダンプトラックで仮置場へ運搬される。しかし、この状況が継続すると、将来的に洪水調節機能や発電能力といったダム・貯水池の機能が維持できなくなる可能性がある。	ダムの洪水、発電等の機能の回復・維持			○		
3-9	美和ダムでの取組	美和発電所	ダム：国土交通省 発電所：長野県企業局	長野県伊那市	調整池式	天竜川上流部の洪水氾濫	洪水調整機能の強化		○			
3-10	小洪ダムでの取組	小洪第一発電所 小洪第二発電所 小洪第三発電所	ダム：国土交通省 発電所：長野県南信 発電管理事務所	長野県下伊那郡 松川町	調整池式(小洪第一、第二) 流れ込み式(小洪第三)	2015年時点で堆砂率89%に達し、数年後に計画堆砂容量になり、貯水機能に支障が出る懸念があった。	ダム貯水池への堆砂を軽減させる。		○		○	

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	発電所名	事業者名	所在地	発電方式	現状の問題点	堆砂管理の目的	堆砂管理の必要性と基本方針					
								法令順守	災害対策	発電有効容量確保	環境保全	その他	
3-11	井川ダムでの取組	井川発電所	中部電力	静岡県静岡市葵区	貯水池式	洪水や土砂崩れによる多大な土砂生産・流出が生じることで土砂災害や森林荒廃が生じるのみでなく、下流ではダム堆砂が著しく進行し、更なる災害の原因となる。	1：土砂災害、洪水災害、高潮災害から地域を守る「防災機能」を維持・確保する。 2：森・川・海をなす「水・物質循環」や「生物の生息・生育環境」を維持・保全する。 3：流水の利用を行う「利水機能」を維持・確保する。（「大井川流砂系総合土砂管理計画」基本的な考え方より）		○	○	○		
3-12	佐久間ダムでの取組	佐久間発電所	電源開発	静岡県浜松市	貯水池式	ダム完成から年平均約 240 万 m ³ の土砂（搬出土砂量含む）が堆積している。平成 26 年時点で約 12,600 万 m ³ の土砂が堆積し、概ねダム完成時の死水容量（約 12,100 万 m ³ ）に相当する量の堆砂が進行している。 また、過去に発生した洪水により貯水池の上流部で土地冠水等の被害が発生しており、土地冠水被害の解消を図る必要がある。 出典：天竜川流砂系総合土砂管理計画【第一版】	ダム・貯水池機能の維持 上流域冠水対策		○	○			
3-13	横山ダムでの取組	横山発電所	ダム：国土交通省 発電所：中部電力	岐阜県揖斐郡揖斐川町	貯水池式	揖斐川流域は木曾三川の中で最も降水量が多く、根尾谷断層等の断層がいくつもあり、脆弱な地質で、そのため、横山ダム上流域では大雨による大規模な崩落が度々発生している。ダム完成後 57 年経過した堆砂状況は、総堆砂量は 7,870 千 m ³ 、堆砂率 78.7%となっており、当初計画よりも進行しているが、堆砂対策及び徳山ダム供用開始により、近年は有効容量内への堆砂は見られず、容量を確保できている。	貯水池の治水（洪水調整）機能の確保を目的として、掘削により土砂を継続的に除去している。		○				

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	発電所名	事業者名	所在地	発電方式	現状の問題点	堆砂管理の目的	堆砂管理の必要性と基本方針				
								法令順守	災害対策	発電有効容量確保	環境保全	その他
3-14	矢作ダムでの取組	矢作第一発電所	ダム：国土交通省 発電所：中部電力	愛知県豊田市	貯水池式	流域の地質は、中生代の白亜紀から新生代にかけて生成された花崗岩類が広がり、表層の花崗岩はマサ化し壊しやすいことから流出土砂量が多く、典型的な砂河川を呈している。矢作ダムの貯水池では1988年に貯砂ダムを設置し、堆積土砂の掘削を行う等堆砂対策を実施しているが、計画以上に堆砂が進行し、2012年度の時点で堆砂量は計画堆砂容量に対して約103%に達しており、有効貯水容量を侵している。したがって、恒久的な堆砂対策を実施し、矢作ダムの治水・利水機能を維持していく必要がある。	堆砂対策として、2005年度に「矢作ダム堰堤改良事業」が採択され、ダム機能や河口を含む下流域の物理・生物環境の改善や維持を図ることになった。治水機能維持するため上流に堆砂ダムを設けて、掘削を行っている。また環境面においては、流砂環境を回復し、適度な攪乱を与え、アユ等の生育や産卵に適した河床環境を維持する必要がある。加工海岸領域においては、干潟・浅場を保全・創出していくことが重要と考えられている。			○		
3-15	官民一体による奈良県天川村における長期的なダム堆砂処分地確保の取組み	和田発電所 川合発電所	関西電力	奈良県吉野郡天川村	調整池式	運用開始から約80年を経て、ダム上流域の山地荒廃により調整池内の体制土砂が増加し、1988年よりダム上流域の浸水被害防止のため堆砂除去を実施しているが、土砂処分て出来た土捨て場が飽和状態になり、新たな土捨て場が求められた。	ダム上流域の浸水被害の防止、ダムの利水容量の確保		○	○		
3-16	一庫ダムでの取組	一庫発電所	水資源機構	兵庫県川西市	貯水池式	貯水池内で発生する水質問題（淡水赤潮、アオコ）対策：浅層曝気装置の設置	ダムの治水、利水機能の維持				○	
3-17	名頃ダムでの取組	名頃発電所	四国電力	徳島県三好市	調整池式	名頃発電所取水口前面の土砂堆積の進行に伴い、発電設備の損傷防止および下流河川の汚濁防止が求められている。	発電設備の損傷防止および下流河川の汚濁防止			○	○	
3-18	長安口ダムでの取組	日野谷発電所（徳島県企業局） 蔭平発電所（四国電力）	ダム：国土交通省 発電所：徳島県企業局（日野谷） 四国電力（蔭平）	徳島県那賀郡那賀町	調整池式（日野谷） 揚水式（蔭平）	ダム流域北部の破碎帯からの土砂供給により貯水池の堆砂が進み、貯水池機能の低下	長安口ダムでは、河川整備計画の整備期間を念頭に30年後の有効貯水容量を確保することおよび土砂移動の連続性を回復して、河川環境の復元させることを目的として、堆砂管理（陸上掘削と土砂還元）を実施している。			○	○	○

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	発電所名	事業者名	所在地	発電方式	現状の問題点	堆砂管理の目的	堆砂管理の必要性と基本方針					
								法令順守	災害対策	発電有効容量確保	環境保全	その他	
3-19	瀬戸石ダムでの取組	瀬戸石発電所	電源開発	熊本県葦北郡芦北町	調整池式	貯水池の堆砂進行による河床上昇によって、洪水時に土地冠水被害を助長する恐れがある。	通砂／排砂運用による上流域冠水対策		○				
3-20	耳川水系総合土砂管理計画	山須原発電所 西郷発電所 大内原発電所	九州電力	宮崎県東臼杵郡美郷町	調整池式（山須原、西郷）貯水池式（大内原）	耳川水系において発生する洪水被害は、ダム貯水池の堆砂が被害拡大の原因の一つになっている。	流域全体の土砂に起因する様々な問題・課題を解決する。①山地領域においては、治水、砂防の連携により土砂・流木の流出を抑制する。②ダム領域においては、土砂移動の連続性を回復させ、ダムの適切な運用・管理により川の機能の再生を目指す。③河道領域においては、安全・安心と生物の多様性を実現し、川の再生機能を目指す。		○	○	○		
3-21	ジラウダムでの取組（ブラジル）	ジラウ発電所（3,750MW）	エレクトロノルテ	Rondônia（ブラジル）	流れ込み式	2014年に歴史的な洪水に見舞われ、大量の土砂が流入し、川の地形が変化し、取水設備近くまで堆砂が進んだ。また、水力機械装置の摩耗を引き起こした。	円滑な発電の実施（取水を妨げる土砂の堆積を取り除く）機器の摩耗の低減、洪水防止。			○	○	○	
3-22	石門ダムでの取組（台湾）	石門発電所	台湾電力	桃園市（台湾）	貯水池式	台風がもたらす洪水により堆砂が進行して、地域への水供給の信頼性が低下している。	貯水池機能の確保（容量の維持）			○	○		
3-23	曾文ダムでの取組（台湾）	曾文発電所	台湾電力	嘉義県（台湾）	貯水池式	台風等による斜面崩壊により貯水池の堆砂が進み、飲料水の供給、発電能力や洪水調整能力の低下が問題となっている。	貯水池機能の確保（容量の維持）			○			

No.	事例名	発電所名	事業者名	所在地	発電方式	現状の問題点	堆砂管理の目的	堆砂管理の必要性と基本方針				
								法令順守	災害対策	発電有効容量確保	環境保全	その他
3-24	アンゴストウラダムでの取組（コスタリカ）	アンゴストウラ発電所	コスタリカ電力庁	ツリアブラ（コスタリカ）	流れ込み式	上流に位置するカチ水力発電所と連携した排砂を実施しないと20年後に貯水池が堆砂により失われてしまう。	貯水池機能の確保（容量の維持）	○		○	○	○
3-25	ワムールダムでの取組（アイスランド）2018年着工	ワムール発電所	ランスウォーカージョン	セールフォス（アイスランド）	流れ込み式	膨大な堆砂が氷河の地山の侵食により生産されるので、貯水池への流入を防止する必要がある。	貯水池機能の確保（容量の維持）			○	○	○
3-26	ナスパジャクリダムでの取組（インド）	ナスパジャクリ発電所	サトルジャルヴィエツニガム	ヒマチャル プラデシュ州（インド）	流れ込み式	ヒマラヤ山脈の侵食による堆砂が発電所の危機を摩耗させ、また貯水池の容量を減少させることが懸念された。	堆砂による様々な水力機器の摩耗防止と貯水池の容量確保			○	○	
3-27	バカルダムでの取組（インドネシア）	バカル発電所	ピーエルエヌ	南スラウェシ（インドネシア）	流れ込み式	バカルダムの集水域は土砂崩壊が激しく年間の堆砂量は76万m ³ と推定され、貯水池の容量の確保とタービン等の摩耗による損傷が問題となっている。	貯水池の容量維持・確保			○		
3-28	バトリンドダムでの取組（パキスタン）	バトリンド発電所	スター水力	ムザファラバード市（パキスタン）	流れ込み式	バトリンドダムではヒマラヤから流下するクナル川は土砂の供給が極めて大きいことから堆砂問題が最重要課題となっている。	貯水池の機能の維持と水車などの損傷の低減			○		
3-29	ビンガダムでの取組（フィリピン）	ビンガ発電所	アポイティズ・パワー	ベンゲット州（フィリピン）	流れ込み式	当初設計では堆砂管理が十分に考慮されていなかったため、貯水池は短期間で堆砂により容量を失った。2008年にアポイティズ・パワーが当該発電所を買収したが、堆砂管理が最大の課題になっている。	貯水池機能を回復させ、安定した発電事業を実現する。			○		

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	発電所名	事業者名	所在地	発電方式	現状の問題点	堆砂管理の目的	堆砂管理の必要性と基本方針				
								法令順守	災害対策	発電有効容量確保	環境保全	その他
3-30	ソリスダムでの取組（スイス）	シルス発電所 ローテンブル ネン発電所	チューリッヒ電力	グリソン州（スイス）	調整池式	ソリスダムは、スイスアルプスのシリーズ発電計画の一環として 1986 年に建設された。2012 年までに、その総貯水容量は、堆積土砂のために約 50%まで減少した。	貯水池の機能の維持するために、2013 年 5 月に土砂バイパストンネルの運用が開始された。併せダム下流の環境保全を目的とした。			○	○	
3-31	キャメロン・ハイランド水力発電所群での取組（マレーシア）	Kampung Raja P/S、Kuala Terla P/S、他全 5 発電所	Tenaga Nasional Berhad (TNB)	マレーシア・Pahag 州	流れ込み式	流域の土壌侵食の程度は増加しており、自然植生の破壊が環境と施設の発電/運用に与える影響は深刻な懸念となっている。	貯水池の機能維持、発電所の機械部品の損傷防止、貯水池の環境保全			○	○	
3-32	三峡ダム（中国）での取組	三峡発電所	China Yangtze Power Co., Ltd	中国、Yichang、Hubei Province	貯水池式	プロジェクトの安全で安定した効率的な運用には、堆積物の管理とモニタリングが重要であると認識	貯水池の寿命延長、貯水池エリアの浸水防止、ダムエリアの船舶航行および発電機の運転、および下流の減災を目的として実施している。	○	○	○	○	○
3-33	秋葉ダムでの取組	秋葉第一発電所 秋葉第二発電所 秋葉第三発電所	電源開発	静岡県浜松市	調整池式（秋葉第一、秋葉第二、秋葉第三）	ダム完成から年平均約 33 万 m ³ の土砂（搬出土砂量含む）が堆積している。平成 26 年時点で約 1,200 万 m ³ の土砂が堆積している。また、過去に発生した洪水により道路の冠水等の被害が発生しており、土地冠水被害の解消を図る必要がある。 出典：天竜川流砂系総合土砂管理計画【第一版】	ダム・貯水池機能の維持 上流域冠水対策		○	○		
3-34	東北電力 八久和発電所（山形県） 60.3MW、貯水池式・ダム水路式、堆砂管理事例	八久和発電所	東北電力	山形県鶴岡市	貯水池式	八久和発電所取水口はダムから上流へ 3.6km 離れており、貯水池の上流部に位置することから、堆砂影響を受けやすく、安定取水のために 1973 年から浚渫工事を継続している。この堆砂影響により、至近では取水可能な水深（有効利用水深）が 10m 程度となり、貯水池機能の低下が著しい。	発電有効容量確保のために実施			○		

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	発電所名	事業者名	所在地	発電方式	現状の問題点	堆砂管理の目的	堆砂管理の必要性と基本方針				
								法令順守	災害対策	発電有効容量確保	環境保全	その他
3-35	東北電力 本名発電所（福島県） 78MW、調整池式・ダム式、堆砂管理事例	本名発電所	東北電力	福島県金山町	調整池式	平成23年新潟・福島豪雨出水にともない、大量の土砂が流入し、本名ダムでは堆砂率が37.7%となった。至近5年平均で約5万m ³ /年の浚渫を実施しているが、堆砂量は至近5年平均で34万m ³ /年の増加となっている。	発電有効容量確保のために実施			○		
3-36	東京電力 霞沢発電所（長野県） 39MW、流れ込み式・水路式、堆砂管理事例	霞沢発電所	東京電力	長野県松本市	調整池式	大正池は、1928年に開渠した当初の貯水容量が71万m ³ だった。しかし、上流域や焼岳からの土砂の年間流入により、1976年には9分の1の約8万m ³ まで減少した。その後、専門家による環境影響調査に基づき、1977年から貯水容量確保のため、本格的な浚渫工事が行われている。必要な貯水容量を確保するため、年間約2万m ³ の土砂浚渫が行われているが、近年の集中豪雨による大量の土砂流入により、貯水容量は減少傾向にある。また、上流域からの土砂による河床上昇は、大正池を含む上高地地域全体で問題となっている。河床上昇対策は、環境省が主導し、関係省庁、都道府県、市、企業が連携して取り組む「上高地ビジョン」の一環として実施される。	発電有効容量確保のために浚渫工事を実施			○		
3-37	中部電力 畑薙第一発電所（静岡県） 86MW、貯水池式・ダム水路式、堆砂管理事例	畑薙第一発電所	中部電力	静岡県静岡市	混合揚水式	畑薙第一ダムにおける流入土砂量は年間約90万m ³ （2020年度時の堆砂率49%）であり、ダムへの流入土砂量が非常に多く、山間部の立地条件から掘削・浚渫時の土砂運搬が困難であることから、抜本的な系外搬出は難しい。畑薙第一ダム貯水池は井川ダム貯水池と同様に下流域の利水補給を担っており、発電不可時に備えダム底部放流設備を有している。ダム底部放流設備の機能を維持するため、放水管呑口前面の浚渫（湖内移動）を実施するとともに、出水時に放水管放流を実施している。	ダム底部放流設備の機能維持のための堆砂対策					○

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	発電所名	事業者名	所在地	発電方式	現状の問題点	堆砂管理の目的	堆砂管理の必要性と基本方針				
								法令順守	災害対策	発電有効容量確保	環境保全	その他
3-38	関西電力 奥吉野発電所(奈良県) 1206MW、揚水式・ダム水路式、堆砂管理事例	奥吉野発電所	関西電力	奈良県十津川村	純揚水式	旭ダムの排砂バイパスは、出水時にダムに流入する土砂をトンネルへ迂回させてダム下流に直接に排出するものであり、貯水池内の濁水長期化および堆砂軽減に顕著な効果があることが確認されている。また、貯水池内水質および下流河川において環境が良化している。	濁水長期化と堆砂削減のために実施。			○	○	
3-39	山梨県企業局 西山発電所(山梨県) 18.8MW、調整池式・ダム式、堆砂管理事例	西山発電所	山梨県企業局	山梨県早川町	調整池式	早川水系における土砂流出量は非常に多く、S34年度以降ダムの計画堆砂量を上回っている。堆砂率127%の対策として、非洪水期には貯水池の定期的な浚渫、及び洪水期には堆砂対策放流（フラッシング放流）を行うことにより貯水池堆砂バランスは保たれている。貯水池の堆砂状況は毎年測量により確認を行っており、洪水期背水による上流部水位上昇の懸念はないことを確認している。	発電有効容量確保、景観保全等を目的として実施。			○	○	
3-40	東京都交通局 多摩川第3発電所(東京都) 16.4MW、調整池式・ダム式、堆砂管理事例	多摩川三発電所	東京都交通局	東京都青梅市	調整池式	白丸調整池の総貯水量に対する全堆砂率は32.0%であり、近年横ばいで推移している。上流の山体崩壊により土砂の流入量が多い時期もあったが、近年の流入量は安定している。排砂はダム流入部付近及び上流水川発電所放水口の確保のため土砂が堆積し、災害の危険性があると判断された場合に浚渫工事を行っている。また、排砂管理ではないが、台風時等大規模出水時にゲートを開放し、河川状態にして放流することによる自然排砂を行っている。	発電有効容量確保、災害防止、環境保全等、水川発電所放水口確保のために実施。		○	○	○	○

付録 G : 堆砂管理の方法の整理_サブタスク 3

No.	事例名	発電方式	事業者と水系			堆砂管理			堆砂管理の方法						
			ダム高さ (m)	水系名	事業者名	基本方針	概要	特徴	掘削・浚渫	土砂還元	土砂バイパス	フラッシング	スルーシング	その他	
3-1	津軽ダムでの取組	貯水池式	97.2	岩木川	ダム：国土交通省 発電所：東北電力	河床低下、河床構成材料の粗粒化の改善	・土砂還元(ダム下流河川への置き土)	2か所の貯水池保全施設(砂防(貯砂)ダム)		○					
3-2	七ヶ宿ダムでの取組	貯水池式	90.0	阿武隈川	国土交通省東北地方整備局	貯水容量の確保 東日本大震災の復興工事で不足する生コン骨材としての供給	・掘削(貯砂ダムを設置し掘削を実施。掘削した砂利を骨材として有効利用)	貯水池上流端に貯砂ダム(沈砂池)あり	○						○
3-3	下久保ダムでの取組	貯水池式 (下久保) 流れ込み式(下久保第2)	129.0	利根川	ダム：水資源機構 発電所：群馬県企業局	骨材利用 下流河川環境の改善	・掘削 ・浚渫 ・土砂還元(ダム下流河川への置き土)	原石山跡地を土捨て場になっている。	○	○					
3-4	雨畑ダムでの取組	貯水池式	80.5	富士川	日本軽金属	早期に令和元年の台風19号による浸水、土石流被害の解消 将来的な貯水池機能の確実な発揮	・掘削(ダンプトラックおよびベルトコンベアによる土砂搬出)	2019年8月台風第10号及び10月の19号で豪雨により上流に被害を与えた。	○						
3-5	宮ヶ瀬ダムでの取組	貯水池式	156.0	相模川	ダム：国土交通省 発電所：神奈川県企業庁	貯水容量の確保 ダム下流の環境保全	・フラッシュ放流 ・土砂還元(ダム下流河川への置き土)			○		○			

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	発電方式	事業者と水系			堆砂管理			堆砂管理の方法					
			ダム高さ(m)	水系名	事業者名	基本方針	概要	特徴	掘削・浚渫	土砂還元	土砂バイパス	フラッシング	スルーシング	その他
3-6	黒部川 出し平ダム 宇奈月ダム連携排砂	調整池式 (宇奈月) 流れ込み式 (出し平)	出し平: 76.7 宇奈月: 97.0	黒部川	ダム:関西電力(出し平) 国土交通省(宇奈月) 発電所: 関西電力	利水・治水機能の維持 下流河川の河床低下防止 海岸侵食の進行抑制	・フラッシュ放流 ・スルーシング	連携排砂による運用				○	○	
3-7	真名川ダムでの取組	貯水池式	127.5	九頭竜川	ダム: 国土交通省 発電所: 北陸電力	河川環境の改善	・フラッシュ放流 ・土砂還元(ダム下流河川への置き土)		○		○			
3-8	高瀬ダムでの取組	揚水式	176.0	信濃川	東京電力	堆砂により貯水池が複数の区域に分断されるリスクを軽減する。	・機械式掘削	高瀬ダムでは、堆砂量が計画を大幅に上回っている。下流の仮置き場へ堆砂を搬出するため、新たな土砂輸送トンネルとベルトコンベアの設定が検討されている。高瀬ダム、七倉ダム、大町ダムの3つのダムが同水系の上流域に位置しており、これらのダムの貯留能力は洪水調節に活用される。	○					
3-9	美和ダムでの取組	調整池式	69.1	天竜川	ダム: 国土交通省 発電所: 長野県企業局	ダム機能の保全	・掘削(貯砂ダム内) ・排砂バイパス(胡内に流入した土砂を分派堰で排砂バイパスを使って湖外に搬出)	貯砂ダム、分派堰と排砂バイパストンネルにより排砂	○		○			

No.	事例名	発電方式	事業者と水系			堆砂管理			堆砂管理の方法					
			ダム高さ(m)	水系名	事業者名	基本方針	概要	特徴	掘削・浚渫	土砂還元	土砂バイパス	フラッシング	スルーシング	その他
3-10	小洪ダムでの取組	調整池式 (小洪第一、第二) 流れ込み式(小洪第三)	小洪ダム :105.0	天竜川	ダム：国土交通省 発電所：長野県南 信発電管理事務所	貯水池への土砂流入の抑制 土砂移動の連続性確保	・掘削(貯砂ダム内) ・排砂バイパス	貯水池上流端に貯砂堰、分派 堰を設け、貯砂堰で砂利採取 し有効利用、それ以外の粗粒 分と細粒分は全てバイパス トンネルで下流に排出される。 呑口躯体形状は、ゲート操作 の煩雑化防止に配慮した自然 調節による分派量になるよ う、オリフィス2門、クレスト 2門を有した複雑な形状とな っており、摩耗対策として呑 口周辺をラバースチールと鋼 製ライニングで、トンネル全 体のインパートは高強度配合 コンクリートで施工してい る。	○		○			○
3-11	井川ダムでの取組	貯水池式	103.6	大井川	中部電力	放流施設の埋没防止	・浚渫(排砂管、放水管前面の浚渫、浚渫土袋詰めにして死水 域に沈設) ・河床整形(貯水池上流端での河 床上昇(上流部への洪水被害) を防止するため、土砂の死水 域への引き込み)	流入土砂が極めて大きいた め、「大井川流砂系総合土砂管 理計画検討委員会」を設立し 流域で検討	○				○	
3-12	佐久間ダムでの取組	貯水池式	155.5	天竜川	電源開発	ダム・貯水池機能の維持 上流域冠水対策	・浚渫(浚渫船による貯水池内 での土砂移動) 浚渫した土砂を 貯水池下流部の有効容量以下 (死水域)に移動。 ・掘削(砂利掘削)：上流部河川 敷でバックホウにより土砂を 掘削し、湖外の土捨て場処 理。浚渫船による貯水池外へ の移動、砂利業者が採取。 ・水位低下運用：出水時におい てダムの水位を低下させ貯水池 中・上流域を自然河川状況に して、堆積土砂を貯水池下流 部に移動。	国土交通省と共同し、下記の 土砂管理を実施することを計 画している。 ・浚渫した土砂を、貯水池内 の揚砂場に輸送する。 ・揚砂場からダム直下のスト ックヤードまでベルトコン ベアで輸送し、置土する。	○					

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	発電方式	事業者と水系			堆砂管理			堆砂管理の方法						
			ダム高さ(m)	水系名	事業者名	基本方針	概要	特徴	掘削・浚渫	土砂還元	土砂パイパス	フラッシング	スルーシング	その他	
3-13	横山ダムでの取組	貯水池式	80.8	木曾川	ダム：国土交通省 発電所：中部電力	ダム機能(特に防災操作容量)の回復	・掘削(貯砂ダム)	貯水池端に貯砂ダムを設け、堆砂を掘削処理	○						
3-14	矢作ダムでの取組	貯水池式	100.0	矢作川	ダム：国土交通省 発電所：中部電力	ダム機能の維持	・浚渫 ・掘削	恒久的な堆砂対策(土砂パイパストンネル設置)の検討が進んでいる。	○						
3-15	官民一体による奈良県天川村における長期的なダム堆砂処分地確保の取組み	調整池式	川迫ダム:36.5 九尾ダム:26.5	新宮川	関西電力	ダム上流域の浸水被害の防止 ダム利水容量の確保	・掘削		○						
3-16	一庫ダムでの取組	貯水池式	75.0	淀川	水資源機構	河川環境の改善	・フラッシュ放流 ・掘削 ・土砂還元(重機による直接投入)		○	○		○			
3-17	名頃ダムでの取組	調整池式	37.0	吉野川	四国電力	土砂混じり貯留水の取水防止のための浚渫	・浚渫(取水口前面の堆砂をポンプ浚渫、濁水防止)		○						
3-18	長安ロダムでの取組	調整池式(日野谷) 揚水式(蔭平)	85.5	那賀川	ダム：国土交通省 発電所：徳島県企業局(日野谷) 四国電力(蔭平)	有効貯水容量の確保	・掘削(貯水池上流端の貯砂ダムの土砂を除去、ダム直下に置き土、長期的にはベルトコンベアによる輸送・土砂還元)(予定) ・土砂還元(ダム下流河川への置き土)	・選択取水設備の設置(濁水対策と温かい水の取水) ・洪水吐を2門増設(放流能力の向上)	○	○					

No.	事例名	発電方式	事業者と水系			堆砂管理			堆砂管理の方法					
			ダム高さ(m)	水系名	事業者名	基本方針	概要	特徴	掘削・浚渫	土砂還元	土砂バイパス	フラッシング	スルーシング	その他
3-19	瀬戸石ダムでの取組	調整池式	26.5	球磨川	電源開発	通砂／排砂運用による上流域冠水対策	<ul style="list-style-type: none"> 掘削(砂利掘削) フラッシング スルーシング 		○			○	○	
3-20	耳川水系総合土砂管理計画	調整池式(山須原、西郷) 貯水池式(大内原)	山須原ダム:29.4 西郷ダム:20.0 大内原ダム:25.5	耳川	九州電力	森林保全や治山・砂防の推進による土砂・流木の流出抑制 土砂移動の連続性の回復	<ul style="list-style-type: none"> スルーシング 山須原ダム:既設ラジアルゲート8門のうち、中央2門を撤去後、越流天端を約9m切り下げて、ラジアルゲート1門を新設 西郷ダム:設ローラーゲート8門のうち、中央4門を撤去後、越流天端を約4m切り下げて、ローラーゲート2門を設置 大内原ダム:現行構造で対応(改造なし) 	H17年台風第14号の被害を教訓に平成23年10月に「耳川水系総合土砂管理計画」を策定し、河川の土砂移動の連続性確保(通砂)が問題解決の重要な要素であると位置づけた。					○	
3-21	ジラウダムでの取組(ブラジル)	流れ込み式	62.0	アマゾン川	エレクトロノルテ	社会経済的および生物物理学的環境、発電設備、および発電運用への影響回避とマデイラ川の自然土砂還元	<ul style="list-style-type: none"> 吸引浚渫 タービンの耐摩耗性コーティングの実施(濁水のタービン通過) ダム運用ルールの変更(貯水池端のデルタ(堆砂)形成防止) 	・若干の濁水も発電に使用	○					○
3-22	石門ダムでの取組(台湾)	貯水池式	133.1	淡水河	台湾電力	貯水容量の確保	<ul style="list-style-type: none"> 流域管理による土砂生産量の削減(砂防ダムの建設) スルーシング(濁流) 掘削・浚渫・排砂トンネルも提案 	<ul style="list-style-type: none"> 多目的ダム(濁度で取水制限が発生) 乾季には水需要が増加し、給水制限を実施 	○		○		○	○
3-23	曾文ダムでの取組(台湾)	貯水池式	134.0	曾文川	台湾電力	貯水容量の確保、多目的ダムであるため、農業、工業、上水用の水も確保。(乾季は水量が不足し給水制限を実施している)	<ul style="list-style-type: none"> フラッシング(濁流放流) 貯水池上流端貯砂ダムでの掘削 取水口付近での浚渫 取水口付近でのトンネルによるフラッシング(検討中) 		○			○		

No.	事例名	発電方式	事業者と水系			堆砂管理			堆砂管理の方法						
			ダム高さ(m)	水系名	事業者名	基本方針	概要	特徴	掘削・浚渫	土砂還元	土砂バイパス	フラッシング	スルーシング	その他	
3-24	アンゴストウラダムでの取組（コスタリカ）	流れ込み式	38.0	レベンタゾン川	コスタリカ電力庁	上流貯水池の堆砂管理策の実施 必要最低限の容量確保による電力の安定供給	<ul style="list-style-type: none"> 流域管理による土砂生産量の削減 フラッシング ダム運用ルールの変更（フラッシングの方法の工夫） 				○			○	
3-25	ワムールダムでの取組（アイスランド）	流れ込み式	120.0	ショウルス川	ランスウォーカージョン	貯水池の延命 氷のカバーを容易に形成する池運用 植生回復のための流域管理	<ul style="list-style-type: none"> 流域管理による土砂生産量の削減（上流砂防ダムで流入防止） 貯水池上流での堆砂トラップ（砂防ダムでの堆砂除去） 掘削 	<ul style="list-style-type: none"> 貯水池上流での土砂生産の削減 氷河の融解と風による侵食防止 	○						○
3-26	ナスバジャクリダムでの取組（インド）	流れ込み式	62.5	インダス川	サトルジャルヴィエトニガム	将来的な貯水容量の維持 ・土砂負荷が高い状況で、安定的に安全に発電を行う。	<ul style="list-style-type: none"> 貯水池上流での堆砂トラップ 排砂バイパス スルーシング フラッシング ダム運用ルールの変更（タービンを通過するシルト負荷の制限の変更） 発電所施設内にシルト除去施設を設置 タービンを通過する土砂負荷が高いことから、ランナー、ガイドベーン等をプラズマコーティング実施。 	<ul style="list-style-type: none"> ヒマラヤの融雪中の高い土壌侵食は、大きな土砂負荷、特に石英粒子をもたらす、プラントの技術機器に深刻な損傷を与える可能性がある。 発電所施設内にシルト除去施設を設置。 	○		○	○	○	○	
3-27	バカルダムでの取組（インドネシア）		16.5	サダン川	ピーエルエヌ	現状レベルの貯水容量の確保	<ul style="list-style-type: none"> フラッシング（圧力式） 掘削・浚渫 	本来なら水位を下げ、ゲートを全開にしてスルーシングにより排砂すべきだが、バカルの電力供給の重要性から水位を下げた運用は実施困難な状況。不足分は浚渫で排砂としている。				○			
3-28	パトリンドダムでの取組（パキスタン）	流れ込み式	43.5	ジェルム川	スター水力	貯水容量の管理	<ul style="list-style-type: none"> 排砂バイパス スルーシング 掘削 堆砂対策の最適化 	韓国政府による CDM 事業	○		○		○		

No.	事例名	発電方式	事業者と水系			堆砂管理			堆砂管理の方法						
			ダム高さ(m)	水系名	事業者名	基本方針	概要	特徴	掘削・浚渫	土砂還元	土砂バイパス	フラッシング	スルーシング	その他	
3-29	ピンガダムでの取組 (フィリピン)	流れ込み式	107.4	アグノ川	アポイティズ・パワー	長期的な発電運用を確保するため、土砂流入と流出量をバランスさせ、堆砂の影響を安定化	・ダム運用ルールの変更(堆砂対策の最適化)	設計時に堆砂への検討が不足していた。							○
3-30	ソリスダムでの取組 (スイス)	調整池式	61.0	ヒンタールハイン川	チューリッヒ電力	有効貯水容量の維持 貯水池で捕捉した土砂の下流供給(下流河川の環境配慮)	・排砂バイパス				○				
3-31	キャメロン・ハイランド水力発電所群での取組 (マレーシア)	流れ込み式	40	Sg. Telom川とSg. Bertam川他	Tenaga Nasional Berhad (TNB)	貯水池の有効容量の確保・維持、発電所の機械部品の損傷防止、貯水池の環境保全	・土砂還元(ダム下流河川への置き土)	取水口前に沈砂池設置、貯留堰の設置と掘削・浚渫	○						
3-32	三峡ダム(中国)での取組	貯水池式	185	長江	China Yangtze Power Co., Ltd	①有効貯水容量の確保 ②環境保全 ③法令順守	洪水期や放水期において、必要に応じ、以下を実施 ①土砂還元 ②フラッシング	—		○		○			
3-33	秋葉ダムでの取組	調整池式 (秋葉第一、秋葉第二、秋葉第三)	89.0	天竜川	電源開発	ダム・貯水池機能の維持 上流域冠水対策	浚渫船により土砂を浚渫し、調整池の湖岸に設置された揚砂場に引き揚げ、基本的に全量を有効利用(骨材、河川内置土、養浜材料)。	秋葉調整池での堆砂対策は、昭和53年より土捨場への湖外搬出、湖内移送、砂利採取業者の浚渫・掘削による骨材利用を実施してきた。しかし、湖外での近傍土捨場の枯渇、湖内移送における調整池内での土捨て場所の減少もあり、平成10年度より、左記の堆砂管理に移行した。また、国交省と共同し、佐久間ダムから流下した土砂が溜まらないよう、洪水時に貯水池の水位を下げ、河川に近い状態にして流水の力によって土砂を流下させることを計画している。	○	○					○

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	発電方式	事業者と水系			堆砂管理			堆砂管理の方法					
			ダム高さ(m)	水系名	事業者名	基本方針	概要	特徴	掘削・浚渫	土砂還元	土砂バイパス	フラッシング	スルーシング	その他
3-34	東北電力 八久和発電所（山形県） 60.3MW、貯水池式・ダム水路式 堆砂管理事例	貯水池式	97.5	赤川	東北電力	発電有効容量確保のために実施	八久和発電所取水口はダムから上流へ3.6km離れており、貯水池の上流部に位置することから、堆砂影響を受けやすく、安定取水のために1973年から浚渫工事を継続している。この堆砂影響により、至近では取水可能な水深（有効利用水深）が10m程度となり、貯水池機能の低下が著しい。	グラブ浚渫後に資水域へ圧送により湖内移動しているが、現行の浚渫では、堆砂の進行を食い止められていない。	○					
3-35	東北電力 本名発電所（福島県） 78MW、調整池式・ダム式 堆砂管理事例	調整池式	51.5	阿賀野川	東北電力	発電有効容量確保のために実施	平成23年新潟・福島豪雨出水にともない、大量の土砂が流入し、本名ダムでは堆砂率が37.7%となった。至近5年平均で約5万m ³ /年の浚渫を実施しているが、堆砂量は至近5年平均で34万m ³ /年の増加となっている。		○					

No.	事例名	発電方式	事業者と水系			堆砂管理			堆砂管理の方法					
			ダム高さ(m)	水系名	事業者名	基本方針	概要	特徴	掘削・浚渫	土砂還元	土砂バイパス	フラッシング	スルーシング	その他
3-36	東京電力 霞沢発電所（長野県） 39MW、流れ込み式・水路式 堆砂管理事例	調整池式	大正池取水ダム	信濃川	東京電力	発電有効容量確保のために浚渫工事を実施	大正池調整池の容量は、上流域および焼岳などからの土砂流入により年々堆砂が進行し、昭和3年当初約71万m ³ であった調整池容量が、昭和51年には1/9の約8万m ³ まで減少した。 その後、調整池の容量確保を目的に、有識者による環境への影響調査を踏まえ、昭和52年から本格的に浚渫工事を実施している。 年間約20,000m ³ の堆砂に対し、毎年約20,000m ³ の浚渫を行い、必要な調整池容量の確保を行っているが、近年の豪雨による大量の土砂流入により、調整池容量は減少傾向にある。 大正池を含め、上高地一帯では、上流域からの土砂流入により河床の上昇が問題視され、環境省を筆頭に、関係省庁、県・市、企業による「上高地ビジョン」と称した活動の中の一部として河床上昇対策を実施することとしている。	洪水時にゴム堰を倒伏し土砂を流下させることも併用しながら、堆砂した土砂を浚渫することを継続中	○				○	
3-37	中部電力 畑薙第一発電所（静岡県） 86MW、貯水池式・ダム水路式 堆砂管理事例	混合揚水式	125	大井川	中部電力	ダム底部放流設備の機能維持のための堆砂対策	畑薙第一ダムにおける流入土砂量は年間約90万m ³ （2020年度時の堆砂率49%）であり、ダムへの流入土砂量が非常に多く、山間部の立地条件から掘削・浚渫時の土砂運搬が困難であることから、抜本的な系外搬出は難しい。畑薙第一ダム貯水池は井川ダム貯水池と同様に下流地域の利水補給を担っており、発電不可時に備えダム底部放流設備を有している。ダム底部放流設備の機能を維持するため、放水管呑口前面の浚渫（湖内移動）を実施するとともに、出水時に放水管放流を実施している。		○			○		

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	発電方式	事業者と水系			堆砂管理			堆砂管理の方法					
			ダム高さ(m)	水系名	事業者名	基本方針	概要	特徴	掘削・浚渫	土砂還元	土砂バイパス	フラッシング	スルーシング	その他
3-38	関西電力 奥吉野発電所（奈良県） 1,206MW、揚水式・ダム水路式 堆砂管理事例	純揚水式	旭ダム 86.1 瀬戸ダム 110.5	新宮川	関西電力	濁水長期化と堆砂削減のために実施	旭ダムの排砂バイパスは、出水時にダムに流入する土砂をトンネルへ迂回させてダム下流に直接に排出するものであり、貯水池内の濁水長期化および堆砂軽減に顕著な効果があることが確認されている。また、貯水池内水質および下流河川において環境が良化している。	貯水池上流端に設置した堤高13.5m×堤長45.0mの堰から取水し、2,350mのバイパストンネルを通じて旭ダム下流へ濁水を放流するバイパス排砂設備として1998年より運用を開始			○			
3-39	山梨県企業局 西山発電所（山梨県） 18.8MW、調整池式・ダム式 堆砂管理事例	調整池式	40.4	西山	山梨県企業局	発電有効容量確保、景観保全等を目的として実施	早川水系における土砂流出量は非常に多く、S34年度以降ダムの計画堆砂量を上回っている。堆砂率127対策として、非洪水期には貯水池の定期的な浚渫、及び洪水期には堆砂対策放流（フラッシング放流を行うことにより貯水池堆砂バランスは保たれている。貯水池の堆砂状況は毎年測量により確認を行っており、洪水期背水による上流部水位上昇の懸念はないことを確認している。	毎年供給される土砂に対して浚渫と堆砂対策放流を行い、堆砂量の収支バランスを維持している。洪水吐ゲートからの堆砂対策放流（フラッシング）を実施している。	○			○		

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	発電方式	事業者と水系			堆砂管理			堆砂管理の方法						
			ダム高さ(m)	水系名	事業者名	基本方針	概要	特徴	掘削・浚渫	土砂還元	土砂バイパス	フラッシング	スルーシング	その他	
3-40	東京都交通局 多摩川第3発電所（東京都） 16.4MW、調整池式・ダム式 堆砂管理事例	調整池式	白丸調整池	多摩川	東京都交通局	発電有効容量確保、災害防止、環境保全等、氷川発電所放水口確保のために実施	白丸調整池の総貯水量に対する全堆砂率は32.0%であり、年横ばいで推移している。上流の山体崩壊により土砂の流入量が多い時期もあったが、近年の流入量は安定している。排砂はダム流入部付近及び上流氷川発電所放水口の確保のため土砂が堆積し、災害の危険性があると判断された場合に浚渫工事を行っている。また、排砂管理ではないが、台風時等大規模出水時にゲートを開放し、河川状態にして放流することによる自然排砂を行っている。貯水池堆砂バランスは適切に保たれており、発電有効貯水容量が確保されていると共に、貯水池上流端河床の上昇による近隣への洪水被害の懸念はない。	堆砂対策については、上流部流れ込み付近で堆砂量が増加し、災害の危険性があると判断された場合は、湛水域上流部の浚渫工事を行うことを基本としている。	○					○	

付録 H : 堆砂管理の効果と評価_サブタスク 3

No.	事例名	堆砂管理の概要	土砂供給			堆砂管理による年間排砂量	堆砂管理実施の効果(評価)	排砂を実施する上での課題(留意事項)
			供給ソース	堆積物種類	現状供給量想定			
3-1	津軽ダムでの取組	・土砂還元(ダム下流河川への置き土)	N/A	N/A	N/A	一回当たり 220m ³ を設置土砂量として実施している。	<p>コウモリボックスの施設改良を行った結果、順調に利用個体数は増加。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・移植・監視した植物は良好な生育が図られている。 ・貯水池各横断工作物は、哺乳類の移動経路として機能し始めている。 ・魚道調査の結果、魚道機能は維持されていることが分かり、エゾウグイの遡上が確認されたことから、大川が新たな生息・産卵場として利用されることが期待される。ほぼ満足できる成果を得ている。 	全国的に絶滅の危機にある魚種が多く生息する川
3-2	七ヶ宿ダムでの取組	・掘削(貯砂ダムを設置し掘削を実施。掘削した砂利を骨材として有効利用)	N/A	N/A	(堆砂は計画堆砂量を下回る水準、貯砂ダム内での掘削を継続実施)	H25~28 の4ヶ年で約3万 m ³ の採取を行い、約2万 m ³ の骨材(砂)を供給した。	堆砂対策として、貯砂ダムを設置している。堆砂量は計画値を下回っている。適切な貯水位の維持を行うことで治水容量を確保し、調節効果を発揮している。	堆砂は計画堆砂量を下回る水準であるが、貯砂ダム内での掘削を継続実施する必要あり
3-3	下久保ダムでの取組	・掘削 ・浚渫 ・土砂還元(ダム下流河川への置き土)	脆弱な部分を多く内在する地質を有し、かつ地形が急峻な上流域		計画値を上回る(2.2 倍の堆砂速度)脆弱な部分を多く内在する地質を有している	N/A	堆砂対策として、掘削、浚渫、土砂還元を実施しているが、計画値を上回る(2.2 倍の堆砂速度)速度で、堆砂が進行している。これは、脆弱な部分を多く内在する地質を有し、かつ地形が急峻な上流域が土砂の供給源になっていることに起因している。	脆弱な部分を多く内在する地質を有し、地形も急峻で土砂供給量が大。
3-4	雨畑ダムでの取組	・掘削(ダンプトラックおよびベルトコンベアによる土砂搬出)	N/A	N/A	土砂の生産が国内でも顕著に多く堆砂量が膨大。昭和57・58年の2年連続の洪水により総計土砂流入量 370万 m ³ が流入。	ダム下流への堆積土砂を運搬するベルトコンベアを50万 m ³ より150万 m ³ に増強。従来平均40万 m ³ の骨材資源としての活用を60万 m ³ に拡大。	2020年末に向け、ダム貯水池からダム下流へ堆積土砂を運搬する、現状約50万 m ³ /年の能力の隧道コンベアを設備の改造等により約150万 m ³ /年に増強より実施している。現在実施効果をモニタリング中。	ヘドロ化した堆砂の排出による漁業への影響

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	堆砂管理の概要	土砂供給			堆砂管理による年間排砂量	堆砂管理実施の効果(評価)	排砂を実施する上での課題(留意事項)
			供給ソース	堆積物種類	現状供給量想定			
3-5	宮ヶ瀬ダムでの取組	・フラッシュ放流 ・土砂還元(ダム下流河川への置き土)	N/A	N/A	計画堆砂量を上回っている。H24年までの堆砂量 286 万 m ³ 、計画堆砂に対する堆砂量 26.8%。堆砂は主として河川流入部(貯水池上流端)で見られる。	掘削により貯水容量の確保を図りつつ、監視を続けている。	フラッシュ放流と土砂還元試験により、ダム下流河川的环境改善効果が確認されている。簡易ブロック設置による貯砂ダムの効果により堆砂量の著しい進行は見られない。	下流の環境改善
3-6	黒部川 出し平ダム 宇奈月ダム連携排砂	・フラッシュ放流 ・スルーシング	上流域の 마사 状に風化した大崩壊地	N/A	N/A 黒部川は、全国でも有数の流出土砂の多い河川	所定の流量を越えた洪水時に排砂・通砂を実施する。目標排砂量約 28 万 m ³ (出し平ダム) 宇奈月ダムにおいては特に目標値は設定されていない。	黒部川の最下流部に位置する関西電力の出し平ダム、国土交通省の宇奈月ダムにおいて、ダムに堆積する土砂を下流に排出できるよう 2001 年より出水に合わせ連携排砂を実施している。利水・治水機能維持という点では一定の効果をあげている。連携排砂を効果的に実施する方法について模索が続いている。出し平ダムについては土砂収束に達し流入する土砂の殆ど全てを下流に放流出来している。宇奈月ダムについては堆砂速度が低下している。	ヘドロ化した堆砂の排出による魚類への影響 ダムの土砂堆積の低減 排砂時の SS 濃度を抑制 自然流下時間・回数の増 河川から海岸までの土砂管理
3-7	真名川ダムでの取組	・フラッシュ放流 ・土砂還元(ダム下流河川への置き土)	N/A	N/A	1979 年の管理開始から 2017 年まで 38 年が経過し、総堆砂量は 2,237 千 m ³ (2016 年時点) であり、計画堆砂量(20,000 千 m ³) に対する堆砂率は約 11.1%となっている。有効貯水容量の堆砂量は 476 千 m ³ で、有効貯水容量(95,000 千 m ³) の約 0.5%となっている。	フラッシュ放流 (30~50m ³ /s) を実施。計画な堆砂排除は実施していない。	堆砂量は計画の範囲内で安定的に推移している。引き続き監視中。一方、ダム直下流の環境保全を図るため、フラッシュ放流に加え土砂還元を実施している。この結果藻類の育成や魚類の生息環境の改善に寄与する結果が得られている。また河川礫の洗浄効果が確認できた。 ・藻類の剥離に効果的であることを確認。	

No.	事例名	堆砂管理の概要	土砂供給			堆砂管理による年間排砂量	堆砂管理実施の効果(評価)	排砂を実施する上での課題(留意事項)
			供給ソース	堆積物種類	現状供給量想定			
3-8	高瀬ダムでの取組	<ul style="list-style-type: none"> 掘削工事 経済性・環境性に優れた「砂防ダムで堆積物を捕捉・掘削し、ベルトコンベアを用いて貯水池外へ搬出する」案を選定した。(高瀬ダム貯水池上流域に砂防ダムを設置し、堆積物を掘削した後、ベルトコンベアを用いて大町ダム下流域(2029年完成予定)へ搬出する。) 	ダム上流の大規模崩壊地	礫(17.8%) 砂(53.9%) シルト(18.5%) 粘土(9.9%)	ダム・貯水池上流域には大規模な崩壊地が存在し、年間75万m ³ の堆積物が流入している。このうち、7割は可搬性の砂礫。	現在、高瀬ダム貯水池に流入する沼地において、年間15万m ³ の土砂を掘削により運搬している。今後は、流入土砂のうち23万m ³ を掘削に代えてベルトコンベアで運搬し、残りの52万m ³ は貯水池に堆積させる予定。	洪水調整に関しては、高瀬、七倉、大町ダムが連携して実施している。高瀬ダムに流入する年間75万m ³ の内23万m ³ を土砂輸送トンネル(ベルトコンベア)で処理することにより、貯水池機能の60年の延命を図る。	ダムの上流地域に大規模崩壊地が存在する。
3-9	美和ダムでの取組	<ul style="list-style-type: none"> 掘削(貯砂ダム内) 排砂バイパス(胡内に流入した土砂を分派堰で排砂バイパスを使って湖外に搬出) 	脆弱な地質(中央構造線が南北に走る複雑な地質構造)を有する上流域	N/A	年間68.5万m ³ が流入	貯水池上流端の貯砂ダムで16万m ³ を捕捉し、砂利として搬出利用。貯砂ダムを通過した細粒分の内39.9万m ³ はバイパスと通じて流下。残り12.6万m ³ はダム内排砂ゲートを通じて流下。残りは浚渫により分派関手前のストックヤードに戻して、洪水時にバイパスを通じて流下させている。	上流からの土砂をほぼ計画通り安全に流下させることが出来ている。バイパス放流による生物への影響等の環境への影響については、継続的に調査されている。	下流河川の生物への影響
3-10	小渋ダムでの取組	<ul style="list-style-type: none"> 掘削(貯砂ダム内) 排砂バイパス 	脆弱な地質(中央構造線が南北に走る複雑な地質構造)を有する上流域	掃流砂(17%) 浮遊砂(17%) ウォッシュロード(64%)	年間15.1万m ³ の流入が想定されている。	貯水池上流端の分派堰で粗粒土砂の殆どを捕捉し、砂利として搬出。残りはバイパストンネルを通じて放流。貯水池の堆砂を年間流入土砂の20%まで抑えることが出来ている。	バイパストンネルを通じての排砂により年間の流入土砂量の20%まで減少させることが出来ている。	下流環境への影響
3-11	井川ダムでの取組	<ul style="list-style-type: none"> 浚渫(排砂管、放水管前面の浚渫、浚渫土袋詰めにして死水域に沈設) 河床整形(貯水池上流端での河床上昇(上流部への洪水被害)を防止するため、土砂の死水域への引き込み) 	地殻変動や風化を受けた脆弱な地質に加え、降水量が多い上流域	N/A	H29年2月に大井川流砂系総合土砂管理計画検討委員会が発足し、R2年6月大井川流砂系総合土砂管理計画(第1版)が策定され、「大井川流砂系」として、土砂生産・流送領域から海岸領域まで、自然営力を活用しながら、人為的な土砂輸送を含めた土砂移動の連続性を高める方策が検討されている。	井川ダムや畑薙第一ダムでは貯水池の堆砂により河床上昇が顕著である。井川ダムにおける流入土砂量は年間約80万m ³ (2020年度時の堆砂率32%)であり、ダムへの流入土砂量が非常に多く、山間部の立地条件から掘削・浚渫時の土砂運搬が困難である。井川ダム貯水池はダム底部放流設備の機能維持のため、排砂管・放水管呑口前面の浚渫(湖内移動)を実施している。また出水時に排砂管放流も行っている。なお、貯水池上流端河床上昇により浸水が懸念される場合は、重機により河床掘削・土砂移動を実施している。	「大井川流砂系総合土砂管理計画」に基づき実施されており、委員会では詳細にモニタリングされている。排砂管・放水管呑口については浚渫により機能を維持できている。またダム上流域の浸水についても河床掘削により、防止できている。	排砂管放流の際は、ダム下流域の生態系への環境影響に配慮してモニタリングを行いながら実施している。極めて多量の流入土砂を搬出するには、山間部の一般道の抜本的な整備が必要である。

No.	事例名	堆砂管理の概要	土砂供給			堆砂管理による年間排砂量	堆砂管理実施の効果(評価)	排砂を実施する上での課題(留意事項)
			供給ソース	堆積物種類	現状供給量想定			
3-12	佐久間ダムでの取組	<ul style="list-style-type: none"> ・浚渫(浚渫船による貯水池内での土砂移動) 浚渫した土砂を貯水池下流部の有効容量以下(死水域)に移動。 ・掘削(砂利掘削)：上流部河川敷でバックホウにより土砂を掘削し、湖外の土捨て場に処理。浚渫船による貯水池外への移動、砂利業者が採取。 ・水位低下運用：出水時においてダムの水位を低下させ貯水池中・上流域を自然河川状況にして、堆積土砂を貯水池下流部に移動。 	天竜川山間部(中央構造線をはじめとする多くの断層が通り、急峻な地形と破碎・変成作用を受けた脆弱な地質構造により土砂生産が活発)	N/A	土砂流入量：約240万m ³ /年 出典：天竜川流砂系総合土砂管理計画【第一版】	土砂掘削量約25万m ³ /年 出典：天竜川流砂系総合土砂管理計画【第一版】	上流域の冠水被害を防除。	湖内移送による死水容量の低減
3-13	横山ダムでの取組	<ul style="list-style-type: none"> ・維持掘削を継続中。(貯砂ダムでの掘削は平成22年まで行われていた) 	脆弱な地質に加え、降水量が多い上流域	N/A	掘削処理により、比較的安定している。	計約14.3千m ³ /年の土砂を継続的に除去	堆砂量は、徳山ダムの供用開始以降(平成20年)毎年1万m ³ の土砂の掘削により、堆砂量の進行を抑制し、有効貯水容量を確保できている。	定期的な水質調査のモニタリングを実施する必要がある。
3-14	矢作ダムでの取組	<ul style="list-style-type: none"> ・浚渫 ・掘削 	ダム上流の崩壊地	N/A	矢作川は、その源を中央アルプス南端の長野県下伊那郡大川入山(標高1,908m)に発し、愛知・岐阜県境の山岳地帯を貫流して三河湾に注ぐ、流域面積約1,830km ² の一級河川で、流域の地表は花崗岩がマサ化して崩壊しやすく、降雨時等に多量の土砂が流出する。	平成23～29年度に約8.3万m ³ /年を掘削	堆砂管理により、堆砂量はほぼ横這いの状況(バランス状態)が続いている。 ダム機能の維持のため、引き続き貯水池の堆砂対策を行っていく必要があり、矢作ダムにおける土砂バイパス案など、早期に恒久堆砂対策が検討されている。	下流の河川環境改善水系における流砂系の健全化(冷濁水対策として選択取水設備をダム堤体に、濁水対策フェンスを貯水池の2か所に設置し対策をしている。)
3-15	官民一体による奈良県天川村における長期的なダム堆砂処分地確保の取組み	<ul style="list-style-type: none"> ・掘削 	ダム上流での深層崩壊	N/A	2011年9月の台風12号により九尾ダム湛水池に約295千m ³ の土砂が堆積した。	湛水池に流入した土砂を除去し、新土捨て場に搬入した。	関西電力の川迫・九尾ダムの恒常的な土捨て場確保と、天川村の災害土砂撤去による復旧復興に目的が一致したことで、事業は成功した。	公共道路への騒音・振動や安全な土砂運搬のための通行規制、渋滞防止の実施。

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

No.	事例名	堆砂管理の概要	土砂供給			堆砂管理による年間排砂量	堆砂管理実施の効果(評価)	排砂を実施する上での課題(留意事項)
			供給ソース	堆積物種類	現状供給量想定			
3-16	一庫ダムでの取組	<ul style="list-style-type: none"> ・フラッシュ放流 ・掘削 ・土砂還元(重機による直接投入) 	N/A	N/A	土砂流入量 2.9 万 m ³ /年	1.4 万 m ³ /年ダム下流への土砂還元を継続	河床の粗粒化の改善がみられる。そのほかの環境条件については、モニタリングを実施中。堆砂量は計画堆砂量と同程度	下流の河川環境改善(河床の粗粒化、魚類・底生動物の生息域の減少、河川生物の餌となる藻類の繁茂、アユなど魚類の数の減少)
3-17	名頃ダムでの取組	<ul style="list-style-type: none"> ・浚渫(取水口前面の堆砂をポンプ浚渫、濁水防止) <p>名頃ダムは放流が多く、除去対象土質性状がシルト系粘性土・砂質土ということと、湖底の障害物(流木等)も極めて少ないことにより吸引に適しており、ポンプ浚渫工法を採用した。土砂を含む吸い上げられた水を配管輸送し、土捨て場で水分を脱水(ばっ気)およびセメント混合固化処理して土捨て場内に埋め立て処理している。</p>	N/A	シルト・粘土(約 40%)	土砂流入量 1 万 m ³ /年	工事期間中、泥水 800m ³ /日(土砂 40m ³ /日)を処理した。	取水口前面の堆砂除去が適宜実施され、前面堆砂は除去されている。当初目的を達成した。今後は堆砂除去時期を定めて適宜実施する予定。	景勝地への影響(強制排砂工法の選択)
3-18	長安口ダムでの取組	<ul style="list-style-type: none"> ・掘削(貯水池上流端の貯砂ダムの土砂を除去、ダム直下に置き土、長期的にはベルトコンベアによる輸送・土砂還元)(予定) ・土砂還元(ダム下流河川への置き土) 	ダム流域北部の破砕帯	礫(31%) 砂(43%) シルト・粘土(26%)	土砂流入量 26.7 万 m ³ /年	上流で土砂を捕捉し、ダム下流に置き土(土砂還元)、H19 年から 26 年までの土砂の除去量は 127 万 m ³ で内 14 万 m ³ は有効利用され残り 113 万 m ³ は土砂還元された。14.1 万 m ³ /年	概ね土砂収支はバランスしている。	現状の堆砂対策の土砂の運搬方法がダンブ運搬であり、地域住民や環境への配慮から運搬量には限界がある。下流の河川環境改善。
3-19	瀬戸石ダムでの取組	<ul style="list-style-type: none"> ・掘削(砂利掘削) ・フラッシング ・スルーシング 	N/A	N/A	N/A	土砂掘削量：約 3 万 m ³ /年 通砂/排砂運用による土砂流下：約 3 万 m ³ /年	通砂/排砂運用による堆砂量の減少	下流河川への環境影響

No.	事例名	堆砂管理の概要	土砂供給			堆砂管理による年間排砂量	堆砂管理実施の効果(評価)	排砂を実施する上での課題(留意事項)
			供給ソース	堆積物種類	現状供給量想定			
3-20	耳川水系総合土砂管理計画	<ul style="list-style-type: none"> ・スルーシング 山須原ダム:既設ラジアルゲート8門のうち、中央2門を撤去後、越流天端を約9m切り下げて、ラジアルゲート1門を新設 西郷ダム:設ローラーゲート8門のうち、中央4門を撤去後、越流天端を約4m切り下げて、ローラーゲート2門を設置 大内原ダム:現行構造で対応(改造なし) 	流域上流部に分布する断層と破砕帯道路開設による不安定斜面	N/A	2005年9月の台風14号の出水では、河川周辺で多数(470か所)の中～大規模崩壊が発生した。塚原ダム上流5,000mの右岸、下流500m右岸では大規模な崩壊が発生し河道閉塞現象が発生した。この時崩壊した土量は2,270万m ³ で河川に収入した分は1,050万m ³ と見積られている。	ダムの通砂運用により土砂移動の連続性が回復傾向にある。	<ul style="list-style-type: none"> ①山須原ダム、西郷ダムにおいてはダム高さを切り下げる改造を実施 ②大内原ダムにおいては運用改善により通砂を実現した。生物の多様性については、環境モニタリングを実施中。 	下流の河川環境改善
3-21	ジラウドムでの取組(ブラジル)	<ul style="list-style-type: none"> ・吸引浚渫 ・タービンの耐摩耗性コーティングの実施(濁水のタービン通過) ・ダム運用ルールの変更(貯水池端のデルタ(堆砂)形成防止) 	2014年の歴史的な洪水	砂(29%) シルト(54%) 粘土(17%)	マデイラ川は、アマゾン川流域全体の土砂負荷の約半分を占めている。	N/A	N/A	ジラウドムへの支流流域の約70パーセントはブラジル領土外に位置しており、堆積物データのモニタリングが困難
3-22	石門ダムでの取組(台湾)	<ul style="list-style-type: none"> ・洪水吐トンネル2条増設 ・流域管理による土砂生産量の削減(砂防ダムの建設) ・スルーシング(濁流) ・掘削・浚渫 ・排砂トンネルも提案 	風化が激しく非常に侵食されやすい地質を有する上流域	細砂 シルト 粘土	3.53Mm ³ /年	タービン、洪水吐からの排砂:0.47Mm ³ /年 浚渫・掘削による排砂:0.32Mm ³ /年	N/A 2021年までに完成すべく排砂関連プロジェクトを実施中。排砂ゲート、洪水吐、トンネル洪水吐、発電により年間堆砂量の55%を除去、掘削、浚渫、排砂トンネルにより残りの45%を排砂する計画	
3-23	曾文ダムでの取組(台湾)	<ul style="list-style-type: none"> ・フラッシング(濁流放流) ・貯水池上流端、貯砂ダムでの掘削 ・取水口付近での浚渫 ・取水口付近でのトンネルによるフラッシング(検討中) 	風化地質と非常に急な地形を有する上流域	砂 シルト 粘土	5.61Mm ³ /年	年間15万トンの掘削、50万トン取水口付近の浚渫では貯水池容量の維持は困難であることから排砂トンネルを計画。	年間15万トンの掘削、50万トン取水口付近の浚渫では貯水池容量の維持は困難である。	

No.	事例名	堆砂管理の概要	土砂供給			堆砂管理による年間排砂量	堆砂管理実施の効果(評価)	排砂を実施する上での課題(留意事項)
			供給ソース	堆積物種類	現状供給量想定			
3-24	アンゴストラダムでの取組(コスタリカ)	<ul style="list-style-type: none"> 流域管理(森林管理)による土砂生産量の削減 フラッシング ダム運用ルールの変更(フラッシングの方法の工夫) 	急な斜面と年間6,000mmを超える降水量の多い流域	細砂 シルト	N/A	年2回貯水池を空にするフラッシングを実施しているが、貯水池の容量の損失を減少させるには不十分	貯水池容量の減少を抑える点では不十分であり、浚渫など追加措置の必要あり。環境保全面からは森林面積が大幅に増加している。	ホテアオイの蔓延によりボートが一部地域に到達できなくなり、貯水池容量の把握(測量)が困難な場所が発生している。
3-25	フムールダムでの取組(アイスランド) 2018年着工	<ul style="list-style-type: none"> 流域管理による土砂生産量の削減(上流砂防ダムで流入防止) 貯水池上流での堆砂トラップ(砂防ダムでの堆砂除去) 掘削 	氷河の融解と風による侵食	N/A	5万m ³ /年	流入する土砂の殆どが除去されている。	ダム上流の貯砂ダムにより堆積物の9割の流入が防止されている。残りの土砂も浚渫により除去されている。	浚渫された土砂は耕作地で利用されている。
3-26	ナスバジャクリダムでの取組(インド)	<ul style="list-style-type: none"> 貯水池上流での堆砂トラップ 排砂バイパス スルーシング フラッシング ダム運用ルールの変更(タービンを通過するシルト負荷の制限の変更) 発電所施設内にシルト除去施設を設置 タービンを通過する土砂負荷が高いことから、ランナー、ガイドベーン等をタングステンコーティング実施。 	融雪による土壌侵食と脆弱な地質と急な地形を有する流域	N/A	N/A (43万トン/年)	N/A	N/A 貯水池上流での貯砂ダムによる堆砂トラップ、排砂バイパス、スルーシング、フラッシング、堆積物を集中あるいは再配分する運用ルールの変更等の方法により排砂管理を実施していくとしている。	
3-27	パカルダムでの取組(インドネシア)	<ul style="list-style-type: none"> フラッシング(圧力式) 掘削・浚渫 	N/A	砂 シルト 粘土	98.8万トン/年	N/A 十分な排砂が実施されていない。(流量が200m ³ /sを超える場合スルーシングを行うべきだが、水位低下が困難なため、圧力フラッシングを実施している)	パカル水力発電所は、その地域の電力供給に大きく貢献しており、発電所の一時的な停止を伴うため、ドローダウンやスルーシングの実施が困難になっている。土砂を除去するための追加措置として、圧力フラッシングと機械的掘削・浚渫を実施している。	
3-28	パトリンドダムでの取組(パキスタン)	<ul style="list-style-type: none"> 排砂バイパス スルーシング 掘削 堆砂対策の最適化 	ヒマラヤ山脈から流下するクナル川が年間4,000万トンに相当する土砂を運搬する。	砂 シルト	428万トン/年	N/A	当初計画には含まれていなかった排砂バイパスを追加で設置した。	

No.	事例名	堆砂管理の概要	土砂供給			堆砂管理による年間排砂量	堆砂管理実施の効果(評価)	排砂を実施する上での課題(留意事項)
			供給ソース	堆積物種類	現状供給量想定			
3-29	ピンガダムでの取組 (フィリピン)	・ダム運用ルールの変更(堆砂対策の最適化)	台風による大規模な洪水と地震の相乗効果による地滑り	巨礫 砂利	台風による大規模な洪水と自身の相乗効果による地滑り		N/A	台風による大規模な洪水と自身の相乗効果による地滑り
3-30	ソリスダムでの取組 (スイス)	・排砂バイパス	N/A	N/A	8万m ³ /年	年間の堆積物の約3分の2がトンネルを通じて排出されている。	土砂バイパストンネルは、中規模の洪水と大規模洪水の両方に効果的である。年間土砂流入量の2/3がバイパストンネルを通過しており、環境保全面でも良好な結果をもたらしている。	限られたデータで操作を実行する必要があることから、オペレータにとっては操作が複雑になる。
3-31	キャメロン・ハイランド水力発電所群での取組(マレーシア)	取水口前に沈砂池設置、貯留堰の設置と掘削・浚渫	キャメロンハイランド地域での広範な森林伐採と無差別な土地の開発	N/A	1960年代以来、Sg. Telom川とSg. Bertam川の浮遊した堆積物の量はそれぞれ20倍と17倍に増加。1963年の運用開始以来、リングレット貯水池は堆積により総貯水量の約53%を失い、現在の推定値は約3.5~4.0百万立方メートルに達している。	1970年代半ばから1990年代初頭にかけて行われた除砂作業は、リングレット貯水池への1.5百万立方メートル以上の堆積物の侵入と蓄積を防いだ。新しいテロム・デサンダーとハブ・シルト・リテンション・ウィアの完成およびその後の除砂作業により、過去数年間においてもリングレット貯水池に少なくとも1.5百万立方メートル以上の堆積物の蓄積を防いだ。	リングレット貯水池への堆積物の流入と蓄積は、著しく抑制され、減少した。	<ol style="list-style-type: none"> リングレット貯水池のリングレット寄りに、リングレット川に別の堆積物貯留堰を建設し、貯水池への堆積物の流入をさらに減少させる。 貯水池の一部の失われた貯水容量を回復するために、貯水池の除砂の実現可能性を調査する。 将来の開発において、流域管理計画を実施し、土壌保全の義務を課す。
3-32	三峡ダム(中国)での取組		嘉陵江が主要な堆積物供給源	N/A	三峡ダムの貯水池における堆積物は主に金沙江、嘉陵江、烏江などの河川から供給されており、中でも嘉陵江が主要な堆積物供給源となっている。	洪水期や放水期において積極的に土砂削減の調整を実施。	洪水期における砂の排砂効率が向上し、貯水池エリアの土砂堆積の分布が改善している。	貯水池に入る堆積物は三峡ダムの中で均等に分布していない。貯水池エリアにおける堆積物の分布調整は、プロジェクトの運用にとって重要な課題。下流域の環境保全が必要。

No.	事例名	堆砂管理の概要	土砂供給			堆砂管理による年間排砂量	堆砂管理実施の効果(評価)	排砂を実施する上での課題(留意事項)
			供給ソース	堆積物種類	現状供給量想定			
3-33	秋葉ダムでの取組	浚渫船により土砂を浚渫し、調整池の湖岸に設置された揚砂場に引き揚げ、基本的に全量を有効利用(骨材、河川内置土、養浜材料)。	天竜川山間部(中央構造線をはじめとする多くの断層が通り、急峻な地形と破碎・変成作用を受けた脆弱な地質構造により土砂生産が活発)	N/A	土砂流入量: 約 48 万 m ³ /年 (年平均堆砂量 33 万 m ³ /年 + 年平均土砂掘削量 15 万 m ³ /年) 出典: 天竜川流砂系総合土砂管理計画【第一版】	砂掘削量 15 万 m ³ /年 出典: 天竜川流砂系総合土砂管理計画【第一版】	実績堆砂量は横ばいとなり、河床高は概ね維持。	
3-34	東北電力 八久和発電所(山形県) 60.3MW、貯水池式・ダム水路式 堆砂管理事例	八久和発電所は、山形県の月山(標高 1,984m)にその源を発する一級河川赤川水系梵字川の中流域に位置する貯水池式発電所である。昭和 33 年に営業運転開始をした。本事例は八久和ダム(総貯水容量 42.78 百万 m ³)における堆砂管理事例である。	八久和発電所の取水口はダムから上流 3.6km 離れた貯水池上流に位置するため堆砂の影響を受けやすく、安定した取水可能な水深を確保が脅かされている。	N/A	深淺測量実測による砂供給量の把握、および数値計算による堆砂予測を実施。	堆砂影響を受けやすく、安定取水のために 1973 年から浚渫工事を継続している。	グラブ浚渫後に資水域へ圧送により湖内移動しているが、現行の浚渫では、堆砂の進行を食い止められていない。	N/A
3-35	東北電力 本名発電所(福島県) 78MW、調整池式・ダム式 堆砂管理事例	本名発電所は、阿賀野川水系只見川の中流域に位置する調整池式水力発電所である。昭和 29 年に営業運転開始をした。本事例は本名ダム(総貯水容量 - m ³)における堆砂管理事例である。	堆砂量の増加は、平成 23 年新潟・福島豪雨出水等に伴う上流部の崩壊地拡大によるもの、また、上流ダムからの排砂と思われる。	N/A	洪水+土砂災害		至近 5 年平均で約 5 万 m ³ /年の浚渫を実施しているが、堆砂量は至近 5 年平均で 34 万 m ³ /年の増加となっている。	浚渫量の恒常的な不足。当該地点は急峻な山間部に立地しており、安定的な土砂置き場の確保が課題となっている。
3-36	東京電力 霞沢発電所(長野県) 39MW、流れ込み式・水路式 堆砂管理事例	霞沢発電所は、信濃川水系梓川の上流部に位置する総貯水容量 714,700m ³ (流域面積 115.4km ²)の大正池調整池から取水し、本田沢などの各溪流から補給取水して無圧隧道をもって水槽に導水する。最大出力 39,000kW の水路式発電所である。本事例は大正池取水ダムにおける堆砂管理事例である。	調整池の土砂量は年平均約 2 万 m ³ だが、2020 年及び 2021 年の豪雨により上流域からの流入土砂量が増加した。大正池上流域では河床上昇による問題が生じており、大正池に流入する土砂量が多いことが分かっている。	N/A	洪水+土砂災害	調整池(貯水池)の必要容量を確保するため、毎年約 20,000m ³ の浚渫を行っているが、近年の豪雨による多量の土砂流入により、調整池(貯水池)の容量は減少傾向にある。	大正池には毎年約 20,000m ³ の土砂が堆積するため、調整池(貯水池)の容量を確保するため、毎年約 20,000m ³ の浚渫工事を行っている。河川流入量が 60m ³ /s に達すると、ゴム堰を落として貯水池を川状にすることで、上流からの土砂を流している。河床に堆積した土砂の排出・運搬は行われているものの、目立った効果は得られていない模様。洪水時にはゴム堰が崩落し、土砂が流されるとともに、堆積土砂の浚渫が継続されている。	浚渫した土砂については、社有の土捨て場に運搬処理しているが、有効利用の引受先が見いだせないため、土捨て場が満砂となった後の土砂搬出先の確保に苦慮している。

No.	事例名	堆砂管理の概要	土砂供給			堆砂管理による年間排砂量	堆砂管理実施の効果(評価)	排砂を実施する上での課題(留意事項)
			供給ソース	堆積物種類	現状供給量想定			
3-37	中部電力畑薙第一発電所（静岡県） 86MW、貯水池式・ダム水路式 堆砂管理事例	畑薙第一発電所は、大井川水系大井川川の上流部に位置する総貯水容量 107Mm ³ の畑薙第一ダムの直下に設置された最大出力 86,000MW のダム式水力発電所である。大井川の流路延長は 168km に及び、大井川本川に数多くの発電所が建設されている。畑薙第一発電所は、1962 年に営業運転開始をした。本事例は畑薙第一ダムにおける堆砂管理事例である。	貯水池の年間堆砂量は 90 万 m ³ /年で近年の堆砂量はこれまでと同程度である。流入土砂の要因は大井川上流部の崩壊地由来によるものと思われる。貯水池内の堆積物の大半は、洪水期に流入する掃流砂と浮遊砂であり、貯水池の上流部および中流部に堆積している。また、ダム近傍はウオッシュロードが堆積している。	掃流砂＋浮遊砂＋ウオッシュロード	土砂災害	放水設備の呑み口前面に堆積したウオッシュロードを浚渫し下流に排出している。	放水設備の機能を維持出来ている。畑薙第一ダム貯水池は下流地域の利水補給を担っており、発電不可時に備えダム底部放流設備を有している。その機能を維持するため、呑み口前面の浚渫を実施するとともに、定期的に短時間の放水管放流を実施し、放水管前面に堆積しているウオッシュロードを排出する。放水管放流は下流河川が濁っている時期を選定して実施している。	極めて多い流入土砂を搬出するには、山間部の一般道の抜本的な整備が必要である。加えて、下流河川搬出には井川ダムおよび長島ダム（国交省）を迂回する必要がある。物理的（運搬出来る土量）・環境的（運搬に伴う騒音）な大きな課題がある。ダム下流域の生態系への環境影響。
3-38	関西電力 奥吉野発電所（奈良県） 1206MW、揚水式・ダム水路式 堆砂管理事例	奥吉野揚水発電所の下池ダムである旭ダムは、表面取水設備によりダム下流の水質保全に努めてきたが、濁水長期化および急激な堆砂進行に対して抜本的な対策として排砂バイパス設備を構築し、運用を行っている。本事例は旭ダムにおける堆砂管理事例である。	貯水池堆砂量は S53～63 年間で 24 千 m ³ であったが、H1 年以降に急激に増加し、H7 年時点で 620 千 m ³ となり、計画堆砂量の 1/4 に達した。堆砂シミュレーションでは約 10 年後に取放水口の前面まで堆砂が進行し、揚水運用に支障をきたすことが懸念された。	N/A		流入土砂量の 90%近くがバイパストンネルを通過しているものと推測	（堆砂軽減効果） H10 年以降の貯水池堆砂形状は殆ど変化していない。ダムへの土砂流入が抑制されており、年間堆砂量は大幅に減少しており、流入土砂量の 90%近くがバイパストンネルを通過しているものと推測される。 （濁水長期化軽減効果） ダム上下流の 5ppm 以上の濁度を観測された日数は、バイパス運用前は年平均 51 日であったのに対し、運用後は 7 日と低減しており、濁水長期化に対する効果が確認できる。 魚類調査、底生生物調査、付着藻類調査等の結果からは河川環境が良好な方向に変化している。	継続的なモニタリング調査を実施する必要がある。 排砂バイパス運用後の下流河床に大きな変化は見られず、一部で河床低下が生じていた区間も安定的に推移している。一方で、侵食されている部分もあり、自然河川のように土砂の侵食・堆積・移動が繰り返されており、運用による下流河川形状の再構築が進んでいるものと考えられる。

No.	事例名	堆砂管理の概要	土砂供給			堆砂管理による年間排砂量	堆砂管理実施の効果(評価)	排砂を実施する上での課題(留意事項)
			供給ソース	堆積物種類	現状供給量想定			
3-39	山梨県企業局 西山発電所(山梨県) 18.8MW、調整池式・ダム式 堆砂管理事例	西山発電所は、富士川水系早川上流部に位置する総貯水容量 2,400 千 m ³ の西山ダムを取水口とし約 5km 下流に設置された最大出力 18.8MW のダム水路式水力発電所である。山梨県企業局では早川水系において7つの発電所を運転している。西山発電所は、昭和32年に営業運転開始をした。本事例は西山ダム(総貯水容量 2,382 百万 m ³)における堆砂管理事例である。	浮遊砂量測定や上流部斜面崩壊および洪水輸送に伴う土砂量算定は行っていない。 浚渫および堆砂対策放流を毎年行っているが堆砂量は横ばいであるため、大雨に伴う上流部の崩壊地拡大によるものと推測される。	N/A	洪水+土砂災害	N/A	浚渫は、非洪水期に貯水池水位を低下させ、通常の重機により実施している。作業期間及び日搬出量に制限がある中での実施となっているが効果は感じている。堆砂対策放流(フラッシング放流)は、早川は降雨による急激な量が上昇する河川であり、に数回出水に伴う取水不能なることを利用し、洪水吐ゲートからの堆砂対策放流を、H27年度より試行している。こうした貯水池の定期的な浚渫、及び洪水期には堆砂対策放流(フラッシング放流)を行うことにより貯水池堆砂バランスは保たれている。	洪水吐ゲートからの放流のため、計画堆砂量以下にはならない。 ・濁水発生による影響 下流への砂供給量減について、浚渫は通常ダム下流側で砂利採取を行っている事業者が、ダムから直接砂利採取を行うため、影響は少ないと考えている。濁水発生による影響について、堆砂対策放流(フラッシング放流)は洪水時のみに実施しているため、対策実施が起因となることはない。浚渫は非洪水期に貯水位を下げた河川水に影響を及ぼさないように実施している。
3-40	東京都交通局 多摩川第3発電所(東京都) 16.4MW、調整池式・ダム式 堆砂管理事例	多摩川第三発電所は、多摩川水系多摩川にある総貯水容量約90万 m ³ の白丸調整池ダムから約5km下流に設置されたダム水路式の水力発電所である。また、白丸発電所は、白丸ダム直下にある維持流量を活用したダム式発電所である。多摩川の流路延長は138km、流域面積は1,240km ² に及び、多摩川本流には4か所の発電所が建設されている。(当局3か所、東京発電1箇所)多摩川第三発電所は昭和38年に白丸発電所は平成12年に営業運転を開始した。本事例は白丸調整池ダム(総貯水容量 0.892 百万 m ³)における堆砂管理事例である。	貯水池への流入する土砂の年間の平均堆砂量は、8,100m ³ 程度あるが、近年は大規模出水によるダムからの放流による排砂により増減を繰り返している。上流斜面については近年大規模な崩落は発生しておらず安定している。貯水池内の堆積物の大半は、洪水期に流入する掃流砂と浮遊砂であり、貯水池全体に堆積している。	掃流砂+浮遊砂	洪水	排砂はダム流入部付近及び上流河川発電所放水口の確保のため土砂が堆積し、災害の危険性があると判断された場合に浚渫工事を行っている。また、排砂管理ではないが、台風時等大規模出水時にゲートを開放し、河川状態にして放流することによる自然排砂を行っている。	必要時の浚渫と放流による自然排砂により、近年は土砂供給量と排砂量がバランスしている。排砂は、排砂によるダム下流域の生態系への環境影響に配慮して、大規模出水時の自然排砂を優先して行っている。しかし、貯水池水位を低下させることによる減電に伴う営業への影響があることからダムへの湛水については、タイミングを図りながら実施している。貯水池堆砂バランスは適切に保たれており、発電有効貯水容量が確保されていると共に、貯水池上流端河床の上昇による近隣への洪水被害の懸念はない。	排砂は排砂によるダム下流域の生態系への環境影響に配慮し大規模出水時の自然排砂を優先して実施している。

付録 I : 設備概要_サブタスク 3

事例名	3-1 堆積物管理 津軽ダム	3-2 堆積物管理 七ヶ宿ダム	3-3 堆積物管理 下久保ダム	3-4 堆積物管理 雨畑ダム	3-5 堆積物管理 宮ヶ瀬ダム	
発電所名	津軽発電所	七ヶ宿ダム発電所	下久保発電所 下久保第二発電所	角瀬発電所	愛川第一発電所	
詳細データ	実施事業者	ダム：国土交通省 発電所：東北電力	国土交通省	ダム：水資源機構 発電所：群馬県企業局	日本軽金属	ダム：国土交通省 発電所：神奈川県企業局
	所在地/国	青森県中津軽郡西目屋村	宮城県刈田郡七ヶ宿町	群馬県多野郡神流町	山梨県南巨摩郡早川町	神奈川県相模原市
	発電方法	ダム式	ダム式	ダム式	ダム水路式	ダム式
	発電所の種類	貯水池式	貯水池式	貯水池式 (下久保) 流れ込み式 (下久保第二)	貯水池式	貯水池式
	流域面積 (km ²)	172	236.6	322.9	99.7	213.9
	ダムの種類	重力式コンクリート	中央コア型ロックフィル	重力式コンクリート	アーチ式	重力式コンクリート
	ダムの高さ (m)	97.2	90	129	80.5	156
	ダム名	津軽	七ヶ宿	下久保	雨畑	宮ヶ瀬
	河川名	岩木川	白石川	神流川	雨畑川	中津川
	河川水系名	岩木川水系	阿武隈川水系	利根川水系	富士川水系	相模川水系
	最大出力 (MW)	8.5	3.6	15MW (下久保) 0.27MW (下久保第二)	13	24
運転開始年	2016	1992	1968 (下久保) 2001 (下久保第二)	1967	1997	

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

事例名	3-6 黒部川 出し平ダム 宇奈月ダム連携排砂	3-7 真名川ダムの土砂管理	3-8 高瀬ダムの土砂管理	3-9 美和ダムの土砂管理	
発電所名	新柳川原発電所 音沢発電所 出し平発電所 宇奈月発電所	真名川発電所	新高瀬川揚水発電所	美和発電所	
詳細データ	実施事業者	出し平ダム：関西電力 宇奈月ダム：国土交通省 発電所：関西電力	ダム：国土交通省 発電所：北陸電力	東京電力	ダム：国土交通省 工場：長野県 EB
	所在地/国	富山県黒部市。	福井県大野市	長野県大町市	長野県伊那市
	発電方法	水路式（新柳ヶ原） ダム水路式（音沢） ダム式（宇奈月市山子平）	ダム水路式	ダム水路式	ダム式
	発電所の種類	調整池式（新柳ヶ原、音沢、宇奈月） 流れ込み式（出し平）	貯水池式	揚水式	調整池式
	流域面積（km ² ）	461.2（山子平） 617.5（宇奈月）	223.7	131	311.1
	ダムの種類	重力式コンクリート	アーチ式	中央コア型ロックフィル	重力式コンクリート
	ダムの高さ（m）	宇奈月：97 山子平：76.7	127.5	176	69.1
	ダム名	宇奈月 出し平	真名川	高瀬	美和
	河川名	黒部川	真名川	高瀬川	三峰川
	河川水系名	黒部川水系	九頭竜川水系	信濃川水系	天竜川水系
	最大出力（MW）	41.2MW（新柳原） 124MW（音沢） 0.54MW（山子平） 20MW（宇奈月）	14	1,280	12.2
	運転開始年	1993（新柳原） 1985（音沢） 2014（出し平） 2000（宇奈月）	1977	1979	1958

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

事例名	3-10 小洪ダムの土砂管理	3-11 井川ダムの土砂管理	3-12 佐久間ダムの土砂管理	3-13 横山ダムの土砂管理	3-14 矢作ダムの土砂管理	
発電所名	小洪第一、第二、第三発電所	井川発電所	佐久間発電所	横山発電所	矢作第一発電所	
詳細データ	実施事業者	ダム：国土交通省発電所：長野県南信発電管理事務所	中部電力	電源開発	ダム：国土交通省発電所：中部電力	ダム：国土交通省発電所：中部電力
	所在地/国	長野県下伊那郡松川町	静岡県静岡市	静岡県浜松市。	岐阜県揖斐郡揖斐川町	愛知県豊田市
	発電方法	ダム式（第一、第三） ダム水路式（第二）	ダム式	ダム水路式	ダム式	ダム式
	発電所の種類	調整池式（第一、第二） 流れ込み式（第三）	貯水池式	貯水池式	貯水池式	貯水池式
	流域面積（km ² ）	288	459.3	4156.5	471	504.5
	ダムの種類	アーチ式	中空重力式コンクリート	重力式コンクリート	中空重力式コンクリート	アーチ式
	ダムの高さ（m）	105	103.6	155.5	80.8	100
	ダム名	小洪	井川	佐久間	横山	矢作
	河川名	小洪川	大井川	天竜川	揖斐川	矢作川
	河川水系名	天竜川水系	大井川水系	天竜川水系	木曾川水系	矢作川水系
	最大出力（MW）	3（第一） 7（第二） 0.55（第三）	62	350	70	60
	運転開始年	1969（第一、第二） 2000（第三）	1957	1956	1964	1970

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

事例名	3-15 官民連携による長期的なダム堆砂処分地確保	3-16 一庫ダムの土砂管理	3-17 名頃ダムの土砂管理	3-18 長安口ダムの土砂管理	3-19 瀬戸石ダムの土砂管理	
発電所名	和田発電所 川合発電所	一庫発電所	名頃発電所	日野谷発電所 影平発電所	瀬戸石発電所	
詳細データ	実施事業者	関西電力	水資源機構	四国電力	ダム：国土交通省 発電所：徳島県企業局（日野谷）、 四国電力（影平）	電源開発
	所在地/国	奈良県吉野郡天川村	兵庫県川西市	徳島県三好市	徳島県那賀郡那賀町	熊本県葦北郡芦北町
	発電方法	ダム水路式	ダム式	ダム水路式	ダム水路式	ダム式
	発電所の種類	調整池式	貯水池式	調整池式	調整池式（日野谷） 揚水式（影平）	調整池式
	流域面積（km ² ）	120.4（和田） 30.6（川合）	115.1	21.2	582.9	1629.3
	ダムの種類	重力式コンクリート	重力式コンクリート	重力式コンクリート	重力式コンクリート	重力式コンクリート
	ダムの高さ（m）	九尾：26.5 川迫：36.5	75	37	85.5	26.5
	ダム名	九尾（和田） 川迫（河合）	一庫	名頃	長安口	瀬戸石
	河川名	天の川	一庫大路次川	祖谷川	那賀川	球磨川
	河川水系名	新宮川水系	淀川水系	吉野川水系	那賀川水系	球磨川水系
	最大出力（MW）	2.1（和田） 7（河合）	1.9	1.3	62（日野谷） 46.5（影平）	20
	運転開始年	1937（和田） 1940（河合）	1983	1961	1955（日野谷） 1968（影平）	1958

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

事例名	3-20 耳川水系総合土砂管理計画	3-21 ブラジルのジラウダムにおける堆砂管理	3-22 台湾の石門ダムにおける堆砂管理	3-23 台湾の曾文ダムにおける堆砂管理	3-24 コスタリカのアンゴストゥラダムにおける堆砂管理	
発電所名	山須原発電所 西郷発電所 大内原発電所	ジラウ発電所	石門発電所	曾文発電所	アンゴストゥラ発電所	
詳細データ	実施事業者	九州電力	エレトロノルテ	台湾電力	台湾電力	コスタリカ電力庁
	所在地/国	宮崎県東臼杵郡美郷町	ブラジルのロンドンニア州	台湾の桃園市	台湾の嘉義県	コスタリカのツリアブラ
	発電方法	ダム水路式（山須原、西郷） ダム式（大内原）	ダム式	ダム式	ダム式	ダム水路式
	発電所の種類	調整池式（山須原、西郷） 貯水池式（大内原）	流れ込み式	貯水池式	貯水池式	流れ込み式
	流域面積（km ² ）	598.6（山須原） 647.8（西郷） 741（大内原）	972710	763.4	481	1,463
	ダムの種類	重力式コンクリート	盛土、コンクリート重力複合	ロックフィル	アース式	重力式コンクリート
	ダムの高さ（m）	山スバル 29.4 西郷 20 大内原 25.5	63	133.1	128	38
	ダム名	西郷 山須原 大内原	ジラウ	石門	曾文	アンゴストゥラ
	河川名	耳川	マデイラ	大漢溪	曾文	レベタゾン
	河川水系名	耳川水系	アマゾン	淡水河	曾文	レベタゾン
	最大出力（MW）	41（山須原） 27.1（西郷） 16（大内原）	3,750	90	50	177
	運転開始年	1932（山須原） 1929（西郷） 1956（大内原）	2013	1964	1973	1960

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

事例名	3-25 アイスランドのクヴァンムルダムにおける堆砂管理	3-26 インドのナスパジャクリダムにおける堆砂管理	3-27 インドネシアのパカルダムにおける堆砂管理	3-28 パキスタンのパトリンドダムにおける堆砂管理	3-29 フィリピンのビンガダムにおける堆砂管理	
発電所名	クヴァンムル発電所	ナトパ・ジャクリ発電所	パカル発電所	パトリンド発電所	ビンガ発電所	
詳細データ	実施事業者	ランスウオーカージョン	サトルジャルヴィエットニガム	PLN	スター水力	アポイティズ・パワー)
	所在地/国	アイスランドのセルフオス町	インドのヒマチャル プラデシュ州	インドネシアの南スラウェシ州	パキスタンのムザファラバード市	フィリピンのベンゲット州
	発電方法	ダム水路式	ダム水路式	ダム水路式	ダム水路式	ダム水路式
	発電所の種類	流れ込み式	流れ込み式	流れ込み式	流れ込み式	流れ込み式
	流域面積 (km ²)	7,300	49,820	1,080	2,429	936
	ダムの種類	ゾーン型ロックフィル	重力式コンクリート	重力式コンクリート	重力式コンクリート	ゾーン型ロックフィル
	ダムの高さ (m)	120	185	16.5	26	107.4
	ダム名	クヴァンムル	ナトパ・ジャクリ	パカル	パトリンド	ビンガ
	河川名	シヨールスアウ	サトレジ	ママサ	クナール	アグノ
	河川水系名	シヨールスアウ	インダス	サダン	ジェルム	アグノ
	最大出力 (MW)	93	1,500	126	150	140
	運転開始年	N/A	2003	1991	2017	1960

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

事例名	3-30 スイスのソリスダムにおける堆砂管理	3-31 マレーシアのキャメロンハイランド水力発電所群での取組	3-32 中国三峡ダムにおける堆砂管理	3-33 秋葉ダムでの取組	
発電所名	シルス発電所 ローテンブルンネン発電所	カンボン・ラジャ発電所 クアラ・テルラ発電所、 ロビンソンフォールズ発電所 ハブ発電所 スルタン・ユスフ発電所	三峡発電所	秋葉第一・第二・ 第三発電所	
詳細データ	実施事業者	チューリッヒ電力	テナガ・ナショナル・ベルハド (TNB)	長江電力	電源開発
	所在地/国	スイスのグリソン州	マレーシアのパハン州	中国湖北省夷陵区三斗坪	静岡県浜松市
	発電方法	ダム水路式	カンボン・ラジャ、クアラ・テルラ、ロビンソン滝、ハブ：ダム・スルタン・ユスフ：ダム水路式	ダム式	ダム水路式
	発電所の種類	調整池式	カンボン・ラジャ、クアラ・テルラ、ロビンソン・フォールズ、ハブ：流れ込み式、スルタン・ユスフ：ボンダーージュ	調整池式	調整池式
	流域面積 (km ²)	900	カンボン・ラジャ 30.8、クアラ・テルラ 43.3、ロビンソンフォールズ 21.4、ハブ 132.7、スルタン・ユスフ 183.4	1,000,000	4,490
	ダムの種類	アーチ式	コンクリートおよびロックフィル	重力式コンクリート	重力式コンクリート
	ダムの高さ (m)	61	40	185	89
	ダム名	ソリス	スルタン・アブ・バカルダム	三峡ダム	秋葉
	河川名	アルブラ	Sg. ベルタム	揚子江	天竜川
	河川水系名	ヒンターライン	Sg. ベルタム	長江流域	天竜川水系
	最大出力 (MW)	26 (シルス) 38 (ローテンブルンネン)	カンボン・ラジャ 0.8MW、クアラ・テルラ 0.5MW、ロビンソン・フォールズ 0.9MW、ハブ 5.5MW、スルタン・ユスフ 100 MW	22,500	秋葉第一 47.2MW 秋葉第二 35.3MW 秋葉第三 46.9MW
	運転開始年	1986	カンボン・ラジャ 1964 クアラ・テルラ 1964 ロビンソン・フォールズ 1959 ハブ 1964、スルタン・ユスフ 1963	2003	秋葉第一 1958 秋葉第二 1958 秋葉第三 1991

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

事例名	3-34 八久和発電所 堆砂管理例	3-35 本名発電所堆 砂管理例	3-36 霞沢発電所 堆砂管理例	3-37 畑薙第一発電 所堆砂管理例	3-38 奥吉野発電所 堆砂管理例	
発電所名	八久和発電所	本名発電所	霞沢発電所	畑薙第一発電所	奥吉野発電所	
詳細データ	実施事業者	東北電力	東北電力	東京電力	中部電力	関西電力
	所在地/国	山形県鶴岡市	福島県金山町	長野県松本市	静岡県静岡市	奈良県十津川村
	発電方法	ダム水路式	ダム式	ダム水路式	ダム水路式	ダム水路式
	発電所の種類	貯水池式	調整池式	流れ込み式	貯水池、混合揚水式	揚水式
	流域面積 (km ²)	148.4	2142	115.4	318	39.2
	ダムの種類	重力式コンクリート	重力式コンクリート	ゴム管堰	中空重力式コンクリート	アーチ式
	ダムの高さ (m)	97.5	51.5	4.45	125	86.1
	ダム名	八久和	本名	大正池	畑薙1号	旭
	河川名	梵字川	只見川	梓川	大井川	上：瀬戸谷川 下：旭川
	河川水系名	赤川水系	阿賀野川水系	信濃川水系	大井川水系	新宮川水系
	最大出力 (MW)	60.3MW	78MW	39MW	86MW	1,206MW
	運転開始年	1958	1952	1927	1962	1978

※本報告書は、刊行時点で最新かつ実態に即した内容に見直されており、英語版報告書と一部内容が異なる。

事例名	3-39 西山発電所 堆砂管理例	3-40 玉川第三発電所 堆砂管理例	
発電所名	西山発電所	多摩川第三発電所	
詳細データ	実施事業者	山梨県企業局	東京都交通局
	所在地/国	山梨県早川町	東京都青梅市
	発電方法	ダム水路式	ダム式
	発電所の種類	調整池式	調整池式
	流域面積 (km ²)	192	134
	ダムの種類	重力式コンクリート	重力式コンクリート
	ダムの高さ (m)	40.4	30.3
	ダム名	西山	白丸
	河川名	早川	多摩川
	河川水系名	富士川水系	多摩川水系
	最大出力 (MW)	18.8MW	16.4MW
	運転開始年	1957	1963