

ダム管理に携わる技術者必携

ダムの持続的管理のための

土砂管理への取り組み方

—ダム機能向上と環境改善に向けて—

令和8年4月

ダム土砂マネジメント研究会

一般財団法人 水源地環境センター



## まえがき

日本は地形が急峻で地質も脆弱であるため、一旦豪雨が発生すると山地から大量の土砂が流出してくる。生産された土砂の一部は溪床や溪岸に堆積するが、多くは河川へ流出して、ダムや堰などの横断工作物があれば、砂礫はそこに堆積する。堆積量が多いとダムの容量を減少させ、ダムの機能低下を生じさせるだけでなく、堆砂がダム貯水池の寿命の制約条件となる場合も出てくる。この際、ダム貯水池における堆積量が少なければ掘削・浚渫といった一般的な工法で十分対処できるが、堆積量が多い場合は、掘削・浚渫以外の堆砂対策によるダム貯水池の機能回復が必要となってくる。

堆砂対策の検討に当たっては、堆砂予測に基づいて、総合土砂管理の視点から見た排砂シナリオを含むダム土砂管理計画の策定を前提とした上で適切な堆砂対策を選定する必要がある。また、堆砂対策によるダムからの排砂が下流河川の物理・生物環境におよぼす影響についても評価し、実効的な対策を選択しなければならない。

このような背景から一般財団法人水源地環境センター（WEC）（以下「当センター」という。）は、2008年に「ダム堆砂対策技術ノート」を発行した。技術ノートではダム堆砂の実態を整理・分析するとともに、ダムの機能低下を防ぐための堆砂対策について取りまとめ、ダム機能の向上を図るためには堆砂にどう対処すべきかについて記述した。

技術ノートの発行以降、国内における堆砂対策の事例は増え、また、2018年に国土交通省から示された「ダム貯水池土砂管理の手引き（案）」（以下「国交省手引き」という。）や、2023年に当センターが示した「土砂バイパストンネル計画策定のための参考手引き（案）」など、堆砂対策に係る技術指針等も多く発行された。一方で、昨今の洪水等の災害の激甚化を受けて事前放流が行われるようになったり、カーボンニュートラルの観点から再生可能エネルギーのひとつである水力発電の重要性が高まったりと、ダムの容量や機能を適切に確保することが、これまで以上に必要になってきている。

以上を受けて今回、堆砂対策技術ノートを更新することとした。更新に当たっては、当センターが事務局を務める「ダム土砂マネジメント研究会」の技術的な指導・助言を得て、堆砂に係る基本情報のデータを更新するとともに、今回は特に堆砂対策の事例について、ダム管理の現場で行われている工夫や実施に当たっての留意点を多く掲載することで、ダム管理の関係者が堆砂対策の検討をする際に、より参照しやすいものとするように努めた。

なお、本資料の執筆に活用した資料・データ類は当センターで独自に収集したもの以外は国土交通省より提供していただいたものである。

最後に本資料が今後のダム堆砂対策の参考になるとともに、関係する技術者の参考となれば幸いである。

## ダム土砂マネジメント研究会

### 【委員名簿】

(敬称略、順不同)

(2025年3月現在)

#### ○委員長

角 哲也 京都大学 防災研究所 水資源環境研究センター  
ダム再生・流砂環境再生技術 研究領域 特定教授

#### ○委員

中川 一 京都大学 名誉教授  
藤田 裕一郎 岐阜大学 名誉教授  
松尾 直規 中部大学 名誉教授  
水草 浩一 国立研究開発法人土木研究所 河道保全研究グループ 上席研究員

#### ○オブザーバー

国土交通省水管理・国土保全局

#### ○事務局

一般財団法人水源地環境センター (WEC) 研究第二部

### 【研究会の経緯及び設立趣旨等】

- ・ ダム堆砂対策に関する当センターの自主研究会として2008年9月に設立。
- ・ ダムに関連する土砂管理を考えるに当たって重要となるダム堆砂対策を中心に検討を行う。
- ・ ダム堆砂対策で重要となる対策の効果・効率をアセットマネジメント管理の視点も踏まえて検討し、計画上の課題の解決につなげていく。
- ・ 2014年からは土砂バイパストンネルに特化した検討を行い、その成果を2023年3月に、「土砂バイパストンネル計画策定のための参考手引き(案)」として公表。

# 【目次】

まえがき

1. はじめに .....	1
1.1. 本資料の位置づけ .....	1
1.2. 本資料の構成 .....	1
1.3. 他の技術指針等との関係 .....	1
2. 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況 .....	3
2.1. 日本における堆砂の特徴 .....	3
2.1.1. 日本における土砂生産の特徴 .....	3
2.1.2. 気候変動対策とダム堆砂対策 .....	6
2.1.3. その他の土砂生産・流出要因 .....	8
2.2. 流砂形態別に見た土砂の挙動 .....	12
2.2.1. 土砂生産・流下プロセス .....	12
2.2.2. 流砂形態別の土砂の挙動 .....	13
2.3. ダム堆砂の形状と性状 .....	14
2.3.1. 堆砂の一般的な特徴 .....	14
2.3.2. 堆砂の事例 .....	16
2.3.3. 事前放流により予想される堆砂状況の変化 .....	22
2.4. ダム堆砂量とその推移 .....	23
2.4.1. ダム堆砂量の把握手法 .....	23
2.4.2. 堆砂特性の指標（堆砂率等） .....	26
2.4.3. 堆砂の時間的推移 .....	37
3. 堆砂対策の概要と対策選定の考え方 .....	40
3.1. 堆砂対策のこれまでの流れ .....	40
3.2. 堆砂対策の体系的な整理 .....	41
3.3. 対策選定の考え方 .....	44
3.3.1. 対策選定の流れ .....	44
3.3.2. 堆砂対策を選定するフローの提案 .....	46
3.3.3. 各対策を導入する際の適用性 .....	49
4. 堆砂対策の実際 .....	51
4.1. 掘削・浚渫 .....	51
4.1.1. 概要 .....	51
4.1.2. 工法 .....	52
4.1.3. 土量、運搬量 .....	54
4.1.4. 対策実施に向けた留意点 .....	55
4.2. 土砂バイパストンネル .....	56

4.2.1. 概要 .....	56
4.2.2. 美和ダムの土砂バイパストネル .....	59
4.2.3. 土砂バイパスの計画策定に係る手引き（案） .....	62
4.2.4. 設置効果 .....	63
4.2.5. 対策実施に向けた留意点 .....	65
4.3. 流水型ダム .....	70
4.3.1. 概要 .....	70
4.3.2. 流水型ダムにおける土砂動態 .....	73
4.3.3. 流水型ダムにおける堆砂容量の設定 .....	77
4.3.4. 益田川ダム .....	78
4.3.5. 対策実施に向けた留意点 .....	79
4.4. その他の堆砂対策 .....	80
4.4.1. 貯砂ダム .....	80
4.4.2. スルーシング・フラッシング .....	82
4.4.3. 密度流排出 .....	92
4.4.4. 水圧吸引工法 .....	95
4.5. ダムのアセットマネジメントとしての土砂管理 .....	98
4.5.1. 概要 .....	98
4.5.2. ダム群でのアセットマネジメントの事例（淀川水系木津川上流ダム群） .....	99
4.5.3. 超長期的な視点からのアセットマネジメント .....	100
4.6. 堆砂対策の経済性評価 .....	101
4.6.1. 概要 .....	101
4.6.2. 矢作ダムにおける計画段階の算定事例 .....	102
4.6.3. 便益／コスト分析の必要性 .....	103
4.7. 土砂の有効活用 .....	105
4.7.1. 堆砂区分と有効活用方法 .....	105
4.7.2. 有効活用状況 .....	107
4.7.3. 有効活用上の課題 .....	108
4.8. 下流河川への排砂特性の違い .....	109
<b>5. 下流河川への土砂還元（置き土） .....</b>	<b>110</b>
5.1. 概要 .....	110
5.2. 背景・経緯 .....	110
5.3. 国内における土砂還元（置き土）への取組 .....	111
5.3.1. 土砂還元（置き土）の実施目的 .....	111
5.3.2. 実施しているダム数と置き土の量の変遷 .....	112
5.3.3. 置き土の量や性状 .....	112
5.3.4. モニタリング調査の実施状況 .....	114

5.4. 土砂還元（置き土）の効果 .....	115
5.4.1. 粗粒化の改善.....	115
5.4.2. 河床低下などの河床の回復効果 .....	117
5.4.3. 生物の応答 .....	118
5.4.4. その他の効果.....	120
5.5. 実施に向けた留意点 .....	121
5.5.1. 事業の阻害要因と課題 .....	121
5.5.2. 還元土砂の置き方と量.....	122
5.5.3. 早期着手の必要性、有効性.....	122
<b>6. 排砂に伴う影響予測・評価.....</b>	<b>123</b>
6.1. 影響予測と評価の視点.....	123
6.1.1. 影響の考え方.....	123
6.1.2. 予測評価のデザイン .....	123
6.2. モニタリング項目 .....	124
6.3. モニタリングの事例 .....	125
6.3.1. 那賀川（置き土） .....	125
6.3.2. 耳川水系（ダム通砂） .....	131
6.3.3. 小渋ダム（土砂バイパス） .....	136
6.3.4. 松川ダム（土砂バイパス） .....	139
<b>7. 堆砂対策に係る新しい取組.....</b>	<b>142</b>
7.1. 土砂の分級.....	142
7.2. SIPにおけるスマートインフラマネジメントシステムの構築.....	144
7.3. ダム堆砂対策に係る産学共同研究 .....	148
7.4. 国際大ダム会議による取組 .....	148
<b>《参考資料集》 .....</b>	<b>149</b>
排砂工法実施ダム .....	149
堆砂に関する年表 .....	150



## 1. はじめに

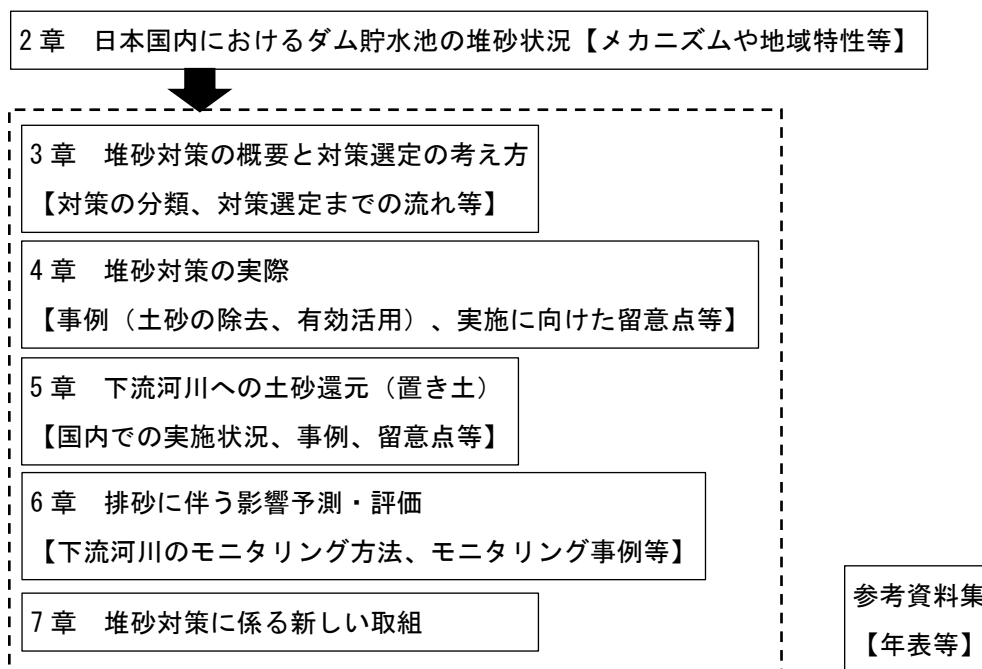
### 1.1. 本資料の位置づけ

ダム堆砂対策については本来、ダムが含まれる流域や地域において生産域から沿岸域に至るまでの総合的な土砂管理の一環として検討する必要があるが、本資料ではこのうち、ダムの運用・管理における堆砂対策を対象としている。また、ダム堆砂対策には、容量の設定等の計画段階から検討するものと堆積土砂の浚渫等の管理段階に入ってから検討するものがあるが、本資料では主に管理段階を対象としている。

なお、ダム堆砂対策には多様な技術者が関わっていくことになるが、本資料は中でも特に、堆砂対策の経験が比較的少ない技術者を主な読者と想定して取りまとめた。

### 1.2. 本資料の構成

本資料の構成は以下のとおりであり、最初に堆砂に係る基礎情報を説明し、次いで、堆砂対策の事例や実施に向けての留意点等を示した。また、除去した土砂の有効活用や環境改善が期待できる下流河川への土砂還元（置き土）、土砂還元に係る下流河川への影響のモニタリングについても事例等を整理した。最後に参考資料として堆砂に関する年表等を示した。



### 1.3. 他の技術指針等との関係

2025年2月現在、ダム堆砂対策に関しては多くの技術指針等が公表されていることから、それらについて、ダム堆砂対策検討や実施等の、どの段階で参考となるのかを表 1-1に整理した。表のとおり、本資料は主に、堆砂現象の基本的な部分の理解、堆砂対策の選定及び、選定した対策の詳細を検討する場面で活用できるものとなっている。

1 はじめに

表 1-1 ダムの堆砂対策検討の流れと各技術指針等との関係

	国土交通省が発行		国土交通省以外が発行			
	ダム貯水池土砂管理の手引き(案)	下流河川土砂還元マニュアル(案)第2版	総合土砂管理計画策定の手引き第1.0版	土砂バイパストンネル計画策定のための参考手引き(案)	ダムの堆砂対策技術ノート—ダム機能向上と環境改善に向けて—	【本資料】 ダム管理に携わる技術者必携 ダムの持続的 management のための土砂管理への取り組み方—ダム機能向上と環境改善に向けて—
堆砂検討等の主な流れ	2018年3月 国土交通省 主な内容 ・貯水池土砂管理のための調査・観測 ・堆砂対策の実施判断 ・記録の整理・蓄積 ・堆砂対策の検討(巻末資料)	2011年3月 国土交通省 主な内容 ・事前調査 ・目標の設定 ・置き土計画 ・モニタリング調査計画の策定 ・調査結果の分析・評価	2019年3月 一般財団法人 国土技術研究センター 主な内容 ・総合土砂管理計画のための調査 ・流砂系の現状と課題の把握 ・土砂管理目標の設定 ・土砂管理対策の検討 ・モニタリング計画 ・フォローアップ等	2023年3月 ダム土砂マネジメント研究会 一般財団法人 水源地環境センター 主な内容 ・土砂バイパストンネル(SBT)計画検討のための調査 ・SBT 計画検討(フロー、概略諸元、適用性評価、詳細検討) ・SBT の設計・管理に向けた留意点(設計、管理、モニタリング)	2008年3月 財団法人 ダム水源地環境整備センター 主な内容 ・堆砂の特徴 ・堆砂対策の事例 ・排砂に伴う影響予測・評価	2025年3月 ダム土砂マネジメント研究会 一般財団法人 水源地環境センター 主な内容 ・堆砂の特徴 ・堆砂対策の事例 ・置き土の事例 ・排砂に伴う影響予測・評価 ・堆砂対策に係る新しい取組
堆砂測量等	○	—	—	—	—	—
堆砂対策の実施判断	○	—	—	—	—	—
堆砂対策の選定	○	—	○	○	○	○
選定した対策の実施に向けた詳細検討	○	○	—	○	○	○
対策実施、効果検証(土砂活用含む)	○	○	○	○	○	○
(堆砂現象の勉強)	—	—	—	—	○	○
(堆砂対策の勉強)	—	—	—	—	○	○

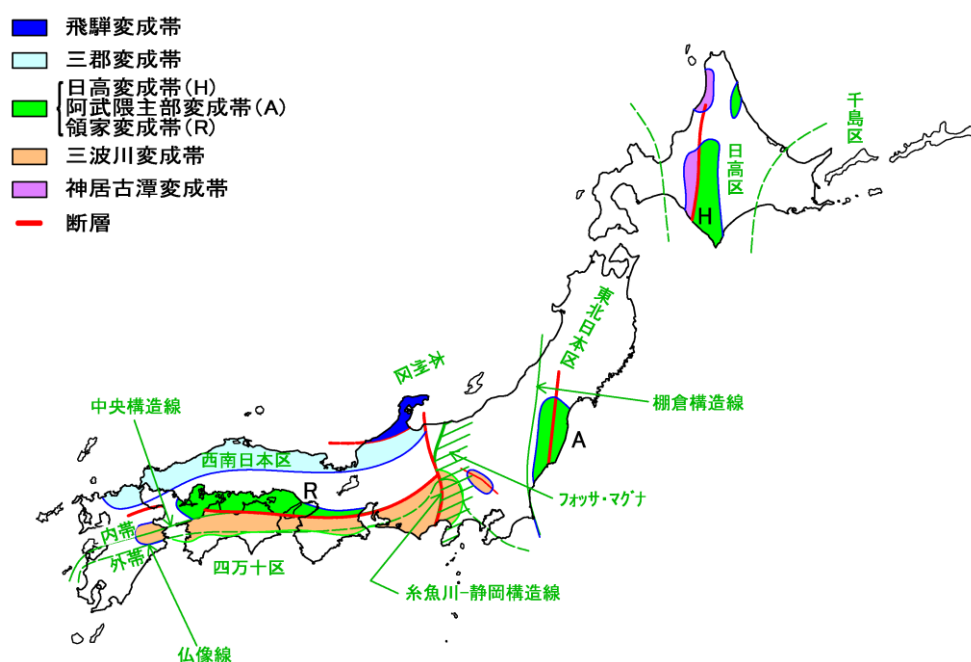
## 2. 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

### 2.1. 日本における堆砂の特徴

#### 2.1.1. 日本における土砂生産の特徴

我が国は国土の70%以上を山地及び丘陵地等によって占められている上、中央構造線、糸魚川・静岡構造線を始めとする断層が数多く分布しており（図 2-1）、これらの地域では斜面や山腹の崩壊が頻繁に発生し、地形図等では荒廃地域として表されている（図 2-2）。また、日本は年間平均降水量が1,700mm 程度と多い上、しばしば大型台風や集中豪雨に襲われるという特徴があり（表 2-1）、特に九州地方、四国地方及び南紀地方での豪雨が顕著である（図 2-3）。これらの地形や降雨条件等から、我が国は世界的に見ても土砂生産が盛んな特性を有している。

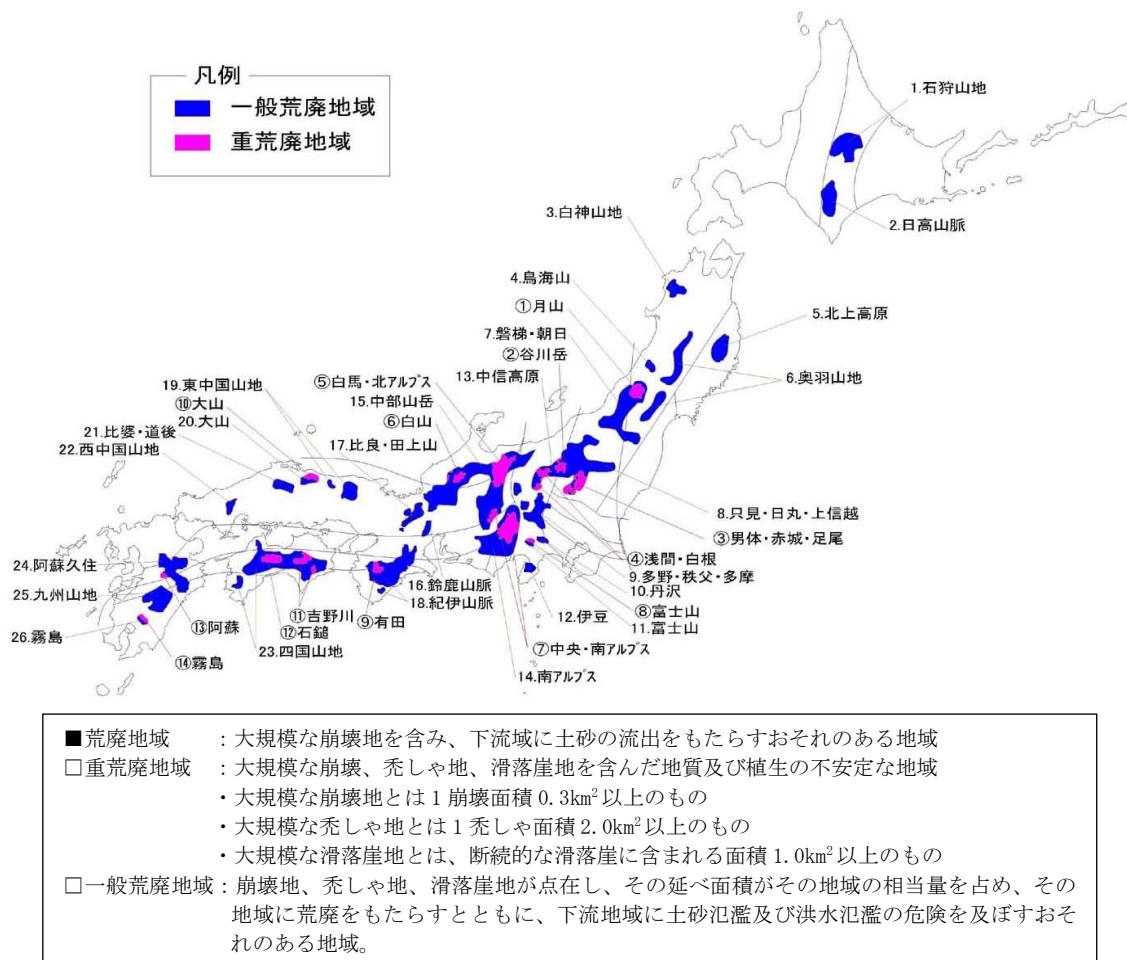
さらに、供用後10年以上（2021年時点）を経過し、かつ流域面積が50km<sup>2</sup>以上の国土交通省及び独立行政法人水資源機構管理ダム（以下「直轄・水機構管理ダム」という。）の全ダムを対象とした比堆砂量（堆砂量/流域面積/供用年数）をみると、比堆砂量700m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/年以上のダムの分布と、上記の荒廃地分布と豪雨発生分布がおおむね一致する傾向が確認できる（図 2-4）。



出典) 奈須紀幸. 地球の科学 II. (財) 放送大学教育振興会, 1987年, 170p.

図 2-1 構造線及び広域変成帯

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況



出典) 砂防便覧. 平成 15 年版, (社) 全国治水砂防協会, 2003, 678p. 一部加筆

図 2-2 重荒廃地域・一般荒廃地域の分布

表 2-1 最大降雨量一覧表

	時間雨量			日雨量		
	第1位	187.0mm	長与(長崎)	1982.7	1317.0mm	海川(徳島)
第2位	167.2mm	福井(徳島)	1952.3	1114.0mm	日早(徳島)	1976.9
第3位	162.0mm	浜津脇(鹿児島)	2001.9	1109.2mm	西郷(長崎)	1957.7
第4位	153.0mm	富士宮(静岡)	1972.8	1011.0mm	大台ヶ原(奈良)	1923.9
第5位	153.5mm	香取/佐原(千葉)	1999.10	979.0mm	繁藤(高知)	1998.9

注) 気象原因別に整理しているため、同じ気象原因で発生しているほかの極値もある。

本表は以下の文献の掲載情報を元に作成した。

国土庁. 国土統計要覧. 平成 12 年度版, 大成出版社, 2000, 518p.

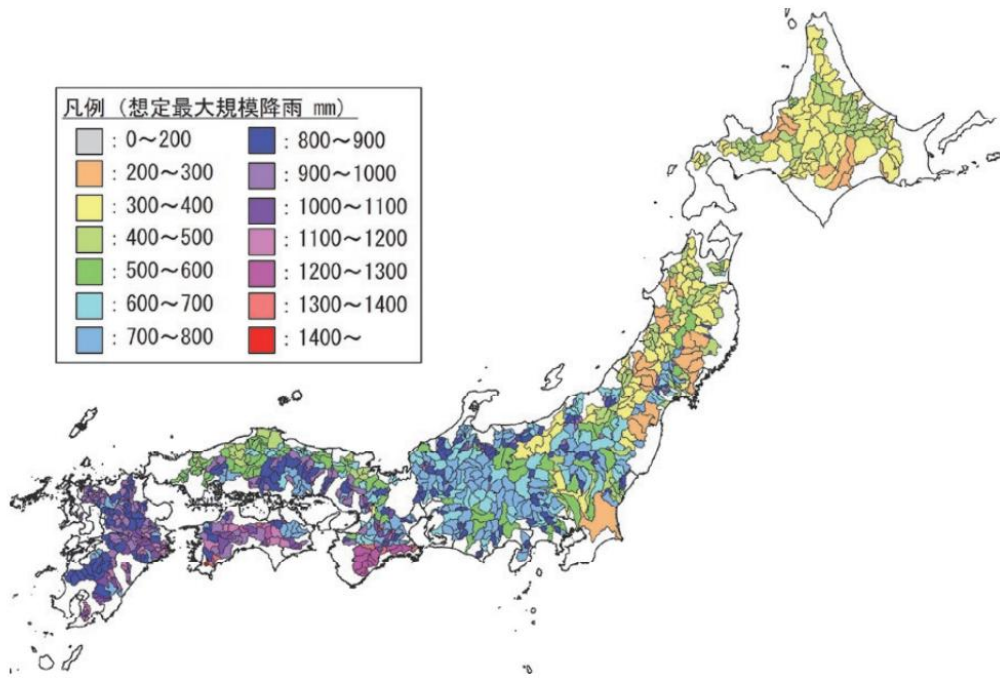
国土庁. 昭和 57 年度 国土数値情報整備調査, 1982.

末次忠司. 河川の減災マニュアル. 山海堂, 2004, 375p.

砂防学会監修. 砂防学講座第 5 巻 1 土砂災害対策—水系砂防(1)—. 山海堂, 1993, 132p.

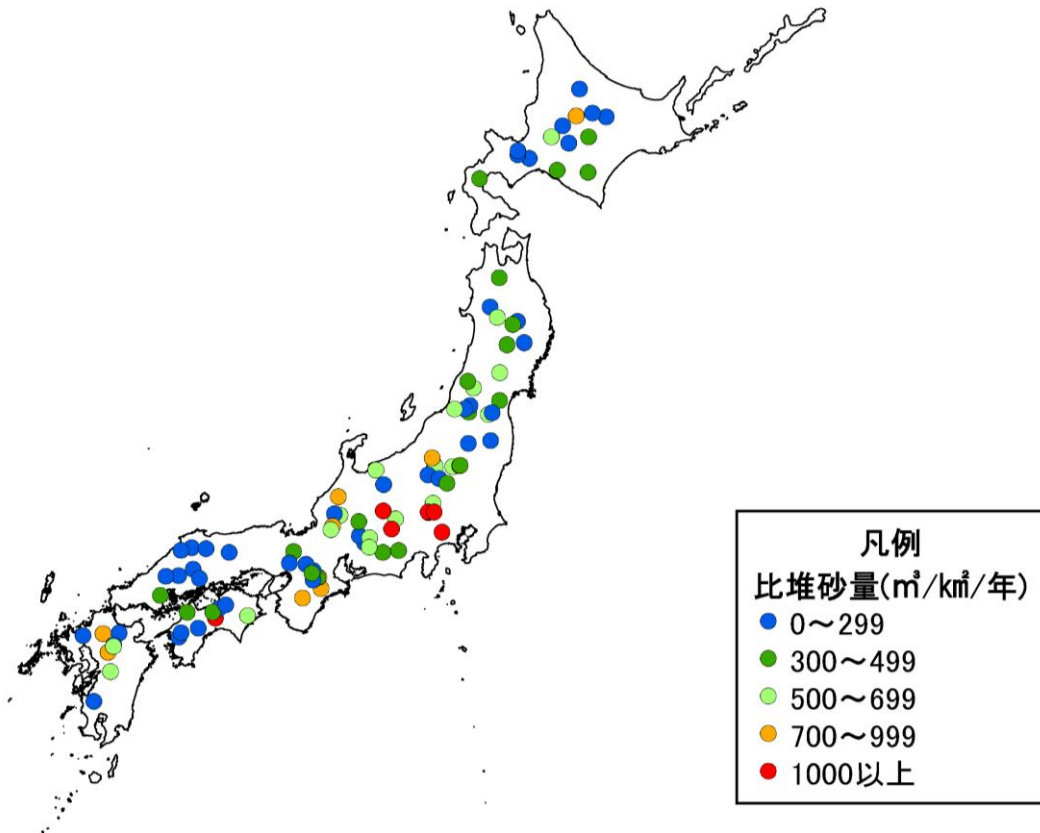
気象庁ホームページ. 気象庁. [https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/view/rankall.php?prec\\_no=&block\\_no=&year=&month=&day=&view=](https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/view/rankall.php?prec_no=&block_no=&year=&month=&day=&view=), (参照 2025-03-13).

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況



出典) 和泉ら. 総合的な水系内貯留能力評価に基づく流域治水方策検討手法に関する研究. 自然災害科学 149. 2024, Vol. 43, No. 1, p. 137-153.

図 2-3 全国の一級水系内の想定最大規模降雨（降雨継続時間 48 時間）



全国のダムの堆砂状況（令和 3 年度），国土交通省. <https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/river/content/001851204.pdf>, （参照 2025-03-13）. における堆砂状況データを用いて作成

図 2-4 ダム比堆砂量の分布

## 2.1.2. 気候変動対策とダム堆砂対策

## (1) 気候変動による降雨量・流量の将来変化

2020年7月の社会資本整備審議会答申「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について」には、「土砂・洪水氾濫については今後、気候変動により降雨強度が増加し、同時多発的な表層崩壊・土石流が発生しやすくなる。」、「気候変動による降雨量の増加等によって、洪水の流量が増加することに加えて、土砂生産量の変化や土砂移動についてもその量と質、それに伴う環境が変化する可能性があり、河道や海岸、ダム堆砂の変化の把握に努める必要がある。」等の記述がある。

これらに関連して、「気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言（令和3年4月改訂）」において、気温上昇のシナリオごとに降雨量変化倍率を全国の一級水系の治水計画で対象とする降雨に適用して試算した流量の変化倍率や洪水発生確率の変化倍率の全国平均値を表 2-2に示す。例えば、気温2℃上昇時における変化は、降雨量の変化倍率が1.1倍であるのに対して、流量の変化倍率は約1.2倍にまでなると評価されている。上記の外力変化にダムで対応するためには、事前放流の強化や洪水調節容量、放流設備の増強等の対策が必要とされるが、いずれの対策も貯水池内の堆砂を適切に管理することが前提となる。

表 2-2 降雨量、流量の変化倍率と洪水発生頻度の変化

気温上昇のシナリオ	降雨量の変化	流量の変化	発生頻度の変化
4℃上昇	1.3 倍	約 1.4 倍	約 4 倍
2℃上昇	1.1 倍	約 1.2 倍	約 2 倍

出典) 気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言 令和3年4月改訂, 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会. [https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/chisui\\_kentoukai/pdf/r0304/01\\_teigen.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/chisui_kentoukai/pdf/r0304/01_teigen.pdf), (参照 2025-03-13) .

## (2) 気候変動による貯水池土砂流入量の将来変化

気候変動に伴う降雨量の変化が土砂流出量に与える影響については、数多くの研究が実施されつつある（例えば、川越ら、木戸らなど<sup>※</sup>）。しかしながら、現時点では、ダムごとの将来の気候変動影響による流入土砂量の変化について、合理的に推定することは困難である。一方で、今後の堆砂対策の検討においては、将来の土砂流入量の変化を考慮することは非常に重要である。比較的簡易な方法で将来の流入土砂量を推定する手法としては、以下に示す統計手法である土砂量 $L$ と流量 $Q$ の相関式（ $L$ - $Q$ 式）を用いることが考えられる。具体的にはまず、これまでの実績流入量、堆砂量から、係数 $\alpha$ 、指数 $\beta$ を同定した上で、実績流入量に上記の流量変動倍率を考慮した将来流入量を設定することで、将来流入土砂量を推定することができる。なお、流量の指数 $\beta$ は一般的に2.0程度であると言われていることから、温暖化の進行とともに流入土砂量が急増することが懸念される。

$$L = \alpha Q^\beta$$

$L$ : 土砂量 (m<sup>3</sup>/s)、 $Q$ : 流量(m<sup>3</sup>/s)、 $\alpha$ : 流域特性に依存する係数、 $\beta$ : 指数(= 一般的に2.0程度)

※川越ら. 気候変動に伴う斜面崩壊に起因した土砂生産量の推計. 河川技術論文集. 2010, 第16巻, p. 77-82.

木戸ら. アンサンブル気候変動予測を用いた流出土砂量への影響評価. 土木学会論文集 B1 (水工学). 2022, Vol. 78, No. 2, p. I\_55-I\_60.

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

さらに、まだ不明な点はあるものの、気候変動による土壌の凍結融解発生の空間分布や植生及び動物の分布などの変化も、土砂生産・流出の変化を誘発する可能性がある。

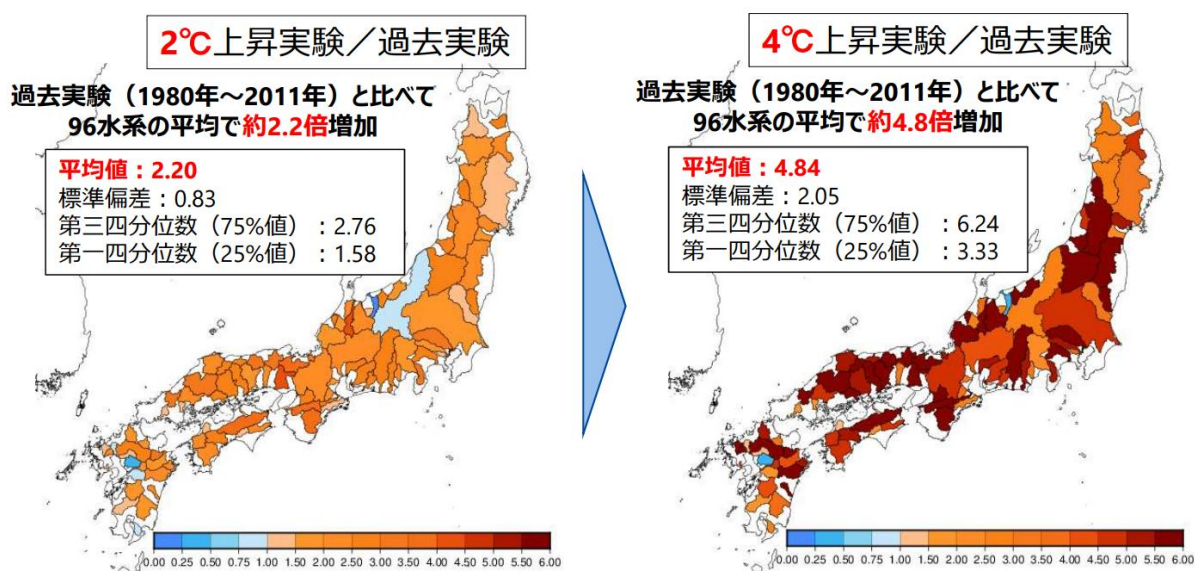
### (3) 気候変動による利水安全度への影響

地球温暖化の進行に伴い極端現象の変化が拡大すると予測されており、前述のとおり洪水外力が増大することに加えて、渇水に対するリスクも増大する。そのため、気候変動によるダム貯水池への影響については、治水面だけでなく利水面についても研究等が進められている。例えば、西村らは全国96の1級水系を対象に、地域気候モデルの出力を用いて流出解析（過去実験・将来実験）を行い、非超過確率1/10年の渇水流量以下となる年の発生頻度の変化を評価している（図 2-5）。これによると、96水系平均での非超過確率1/10年の渇水流量以下となる年の発生頻度は、2℃上昇実験の場合で2.20倍、4℃上昇実験の場合で4.84倍になると評価されている。この結果は河川の渇水流量を対象とした評価でありダムの利水安全度と単純比較ができるものではないものの、気候変動の影響によりダムの利水安全度は低下すると評価される一方で、渇水時のダムからの補給機能への期待も高くなると考えられる。

一般的にダムの利水容量は非超過確率1/10規模の渇水に対して、計画どおり利水補給した場合に必要な容量（利水計算による必要容量に対して余裕は考慮しない※）が設定されており、渇水規模の増大や利水容量内の堆砂は、ダムの利水安全度の低下に直結する。

以上のような気候変動の影響により流入土砂量の増加と渇水発生リスクの増加が想定される中においては、利水容量内の堆砂対策がこれまで以上に重要となる。

※一般的に洪水調節容量の設定では計算値に対して2割程度の余裕を考慮するのに対して、利水容量の設定では計算値に対する余裕は考慮しない。



出典) 西村ら. 気候変動による非超過確率1/10の渇水流量の発生頻度の変化の計算. 河川技術論文集, 2024, 第30巻, p. 363-368.

図 2-5 将来実験の渇水流量が過去実験 1/10 渇水流量以下となる年の発生頻度の倍率

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

### 2.1.3. その他の土砂生産・流出要因

#### (1) 大規模崩壊

土砂の生産・流出に関して、我が国においてこれまでの研究等で把握されている大規模崩壊の事例を表 2-3に示す。これまでで最大の山体崩壊は福島県の磐梯山で、水蒸気爆発により約15億 $m^3$ の山体が崩壊した(1888年)。豪雨・地震などによっても大規模な土砂崩壊が発生しており、崩壊土砂量は1億 $m^3$ オーダーである。豪雨等に伴う最大の土砂崩壊は、姫川支川浦川流域の稗田山(1911年)の1.5億 $m^3$ であり、これは全国の山地域からの1年分の土砂生産量に相当する。近年においても、熊本地震(2016年)や北海道胆振東部地震(2018年)等の大規模地震に起因する大規模斜面崩壊が発生している。

表 2-3 大規模崩壊の例

発生年	原因	発生場所	崩壊土砂量 ( $m^3$ )
1530~1702年	豪雨、地震	静岡県 大谷嶺 安倍川	$1.2 \times 10^8$
1792年	地震、水蒸気爆発	長崎県島原 盾山	$(1.1 \sim 4.8) \times 10^8$
1858年	地震	富山県 鷲山 常願寺川	$(2.7 \sim 4.1) \times 10^8$
1888年	水蒸気爆発	福島県 磐梯山 小磐梯	$1.5 \times 10^9$
1911年	台風性豪雨、地下水?	長野県小谷村 稗田山(姫川支川浦川流域)	$1.5 \times 10^8$
1984年	長野県西部地震	長野県王滝村 御嶽山(南斜面) 王滝川	$3.4 \times 10^7$
2005年	台風性豪雨	宮崎県 耳川	$2.2 \times 10^7$
2016年	熊本地震	熊本県 布田川活断層	$4.0 \times 10^7$
2018年	北海道胆振東部地震	北海道 夕張川 鶴川	$3.0 \times 10^7$

本表は、以下の文献の掲載情報を元に作成した。

奥田節夫. 大規模な崩壊・氾濫災害に関する研究. 昭和62年度特定研究 研究成果. 京大防災研究所年報, 1989, p. 97-115

稲垣秀輝. 2016年熊本地震による斜面土砂災害の特徴および活断層との関係とその後の豪雨災害. 応用地質. 2017, 第58巻, 第3号, p. 188-196.

梅田ら. 平成30年北海道胆振東部地震に伴う斜面崩壊. 応用地質. 2019, 第60巻, 第4号, p. 172-179. に一部加筆

山口ら. 2005年台風14号により発生した山須原ダム貯水池内斜面の崩壊. 第4回土砂災害に関するシンポジウム論文集. 2008.



図 2-6 大規模崩壊の例 (宮崎県耳川)

(2) 山火事

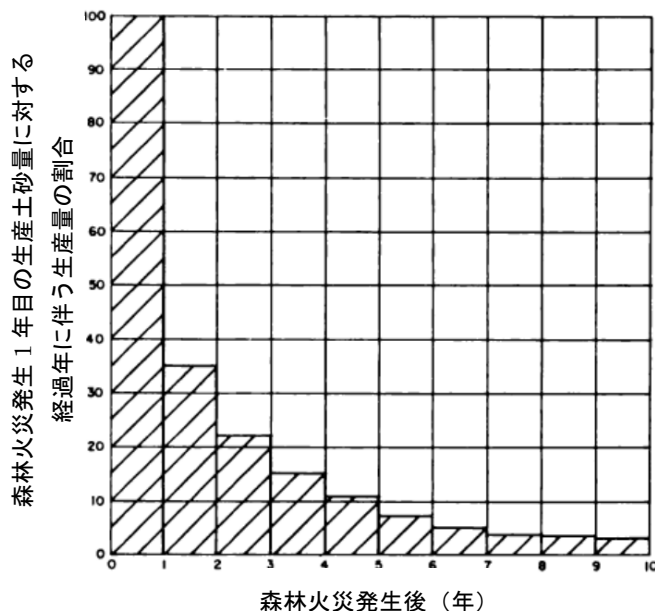
山火事もまた、土砂の生産に関係することがある。石井ら<sup>\*</sup>の報告による国内の事例を示す。広島県竹原市では、1994年8月に発生した山林火災が9日間に及び約4km<sup>2</sup>が焼失した。この山火事での焼失面積率は、内浜川流域で40%、大乘川流域で34%であり、火災により被害を受けた斜面では、焦げた幹が立ち枯れたまま残っていたり、表土層が露出していたりした。その後の植生回復状況としては、火災の1年後には谷筋に草本類が侵入し、4年後には谷筋に低木が生育するに至っている。このような状況の中、山火事が発生した地域において、砂防ダム上流域の焼失率に着目して砂防ダムの堆砂量をみると、山林火災直後は年超過確率の小さな降雨しか無かったにもかかわらず、上流域の焼失率が72%及び100%の砂防ダムには、同じ水系の上流域の焼失率が少なかった砂防ダムに比べて、明らかに多くの堆砂があった。

一方で海外に目を向けると、アメリカ西海岸では山林火災後の土砂・洪水氾濫による被害が頻発しており、例えば、森林火災発生後の1年目の生産土砂量は、その後の生産量に対して著しく多いことが報告されている（図 2-7）。また、2017年～2018年の冬には、カリフォルニア州で歴史上最大規模の山火事（Thomas Fire）がサンタバーバラ郡とベンチュラ郡で発生し（図 2-8）、2018年1月には、この山火事の跡地で降雨による土石流により大きな被害が生じた。

また、近年の気候変動の影響により山火事の発生頻度が増加しているとの報告も数多くなされている<sup>\*\*</sup>。さらに、山火事の発生により大量のCO<sub>2</sub>が排出され、温暖化を加速させる「負の連鎖」を引き起こすことにもなる。

<sup>\*</sup>石井ら. 山林火災により植生が変化した流域における土砂流出の実態. 砂防学会誌, 2000, Vol. 53, No. 1, p. 56-58.

<sup>\*\*</sup>例えば、<https://www.worldweatherattribution.org/analysis/wildfire/>

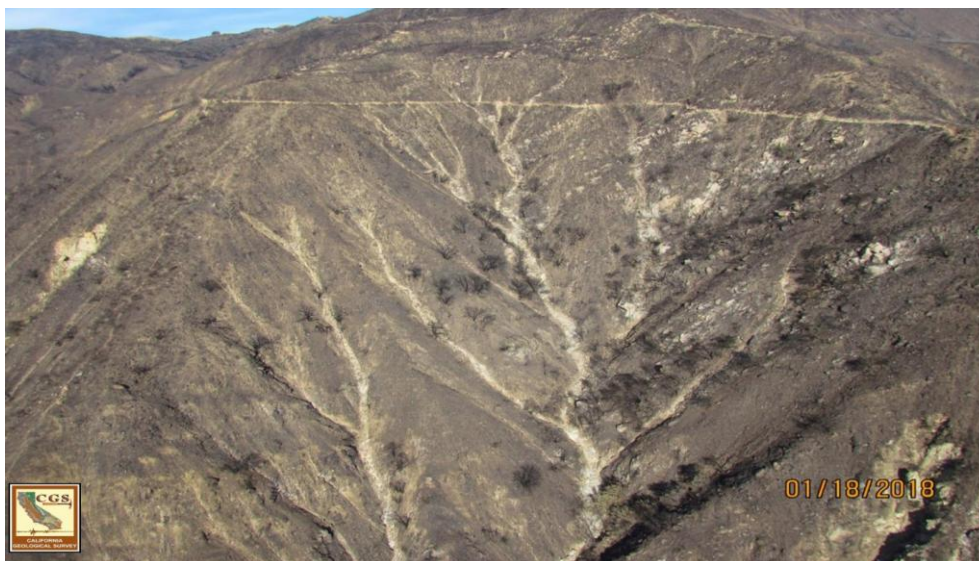


※アメリカ合衆国農務省森林局のレポートに基づく

出典) Tatum, Fred E. A new method of estimating debris-storage requirements for debris basins. US Army Engineer District, 1963. 一部加筆

図 2-7 森林火災発生1年目の生産土砂量に対する経過年に伴う生産量割合の変化

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

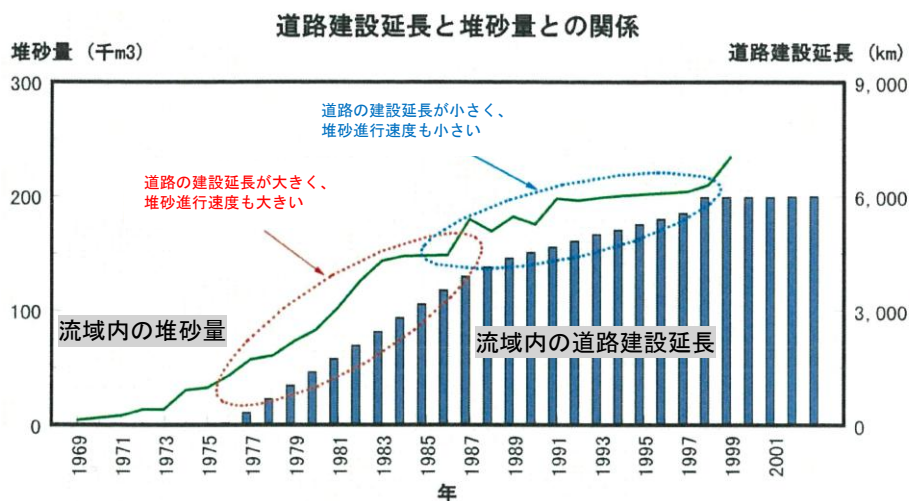


出典) 堀田ら. “米国西海岸における 森林火災後の土石流に関する報告 —研究面からの概観と学会としての取り組みの可能性—”. 国土交通省. [https://www.mlit.go.jp/river/sabo/working\\_group/190405/04shiryo2.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/sabo/working_group/190405/04shiryo2.pdf), (参照 2025-03-13).

図 2-8 森林火災 (Thomas Fire) 後の土砂生産源の状況

### (3) 人工改変

宅地造成や道路（林道）整備などの人工的な地形改変も流域からの土砂流出量に関係すると考えられる。今後は国内において大規模な開発が実施される可能性は低いものの、過去には流域内の道路整備の進捗と堆砂量の推移を分析し、高度成長期の道路建設がダムの堆砂進行に影響を与えた可能性が報告されている（図 2-9）。



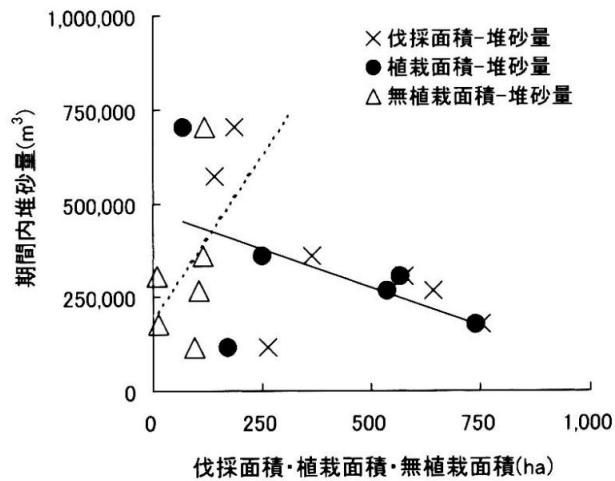
出典) 堆砂が計画を上回る速さで進行しているダムの原因調査結果, (財)ダム水源地環境整備センター, 2002, 170p. 一部加筆

図 2-9 流域内の道路建設延長と堆砂量の関係の整理例

(4) 林業

近年、密植と間伐による商用材の生産を目的としてきた我が国の森林は十分な手入れがなされず、荒廃が目立つようになりつつある。

伐採面積及び伐採後に植栽あるいは植栽しなかった面積とダムの堆砂量との関係を図 2-10に示す。立地の影響を受けやすい小面積の領域でバラツキは見られるものの、植栽面積と堆砂量には負の相関が、無植栽面積と堆砂量の関係には正の相関が確認されており、伐採後に無植栽状態のまま放置すると、流域からの土砂生産は活発化することが示唆される。



出典) 平松ら. 森林伐採や植栽面積の変化が流域の土砂生産状況に及ぼす影響. 砂防学会誌. 2002, Vol. 55, No. 4, p. 3-11.

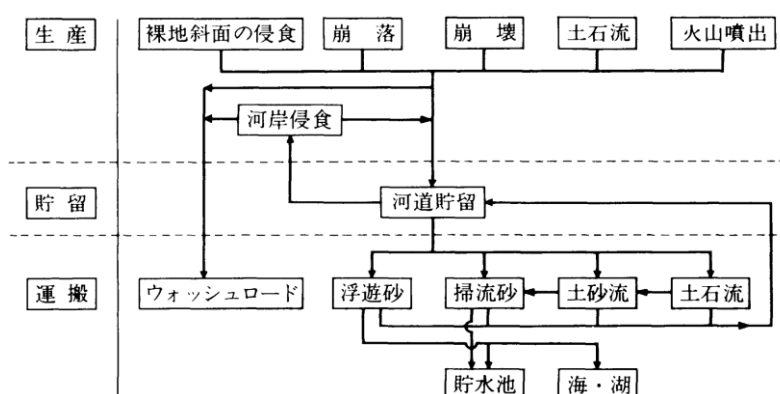
図 2-10 森林施業状態と期間内堆砂量との関係

## 2.2. 流砂形態別に見た土砂の挙動

### 2.2.1. 土砂生産・流下プロセス

土砂の生産・流下には図 2-11に示すように様々な形態がある。豪雨時の崩壊（崩落）により生産された土砂は、ウォッシュロードとして流下する一部を除いて滞留と運搬を繰り返しながら流出する。崩壊や土石流が発生するような豪雨時の生産土砂量は河道の輸送能力を大幅に上回っており、河道内（溪流内）に大量に堆積・貯留される。小流域ほど山腹崩壊土砂よりも溪床や溪岸の堆積物が流動（土石流）化して土砂供給源となる。河道内や溪流内に堆積した土砂は次の降雨・洪水により流下し、最終的にダム貯水池に流入する。そのため、豪雨が発生しなくても、ダム堆砂量が多くなる年がある。

土砂の生産・流下プロセスの概念図を図 2-12に示す。



出典) 芦田和男. 土砂の生産・流出現象と災害. 土木学会論文集. 1988, 第393号, II-9, p.21-32.

図 2-11 土砂の生産・流出のシステム

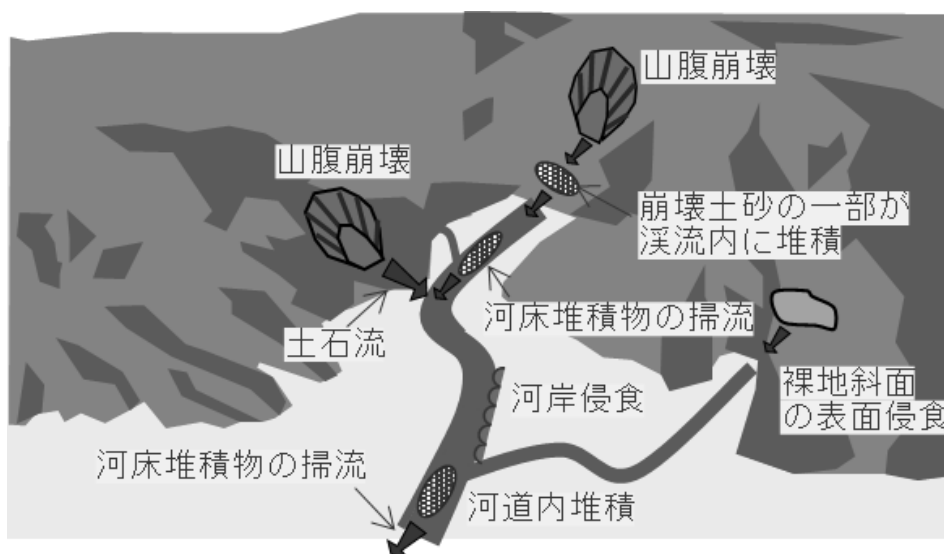


図 2-12 土砂の生産・流下プロセスの概念図

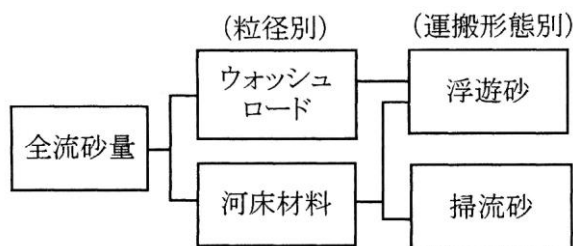
2.2.2. 流砂形態別の土砂の挙動

我が国の河川における流砂は、図 2-13と図 2-14に示すように、粒径別ではウォッシュロードと河床材料に、運搬形態別では浮遊砂と掃流砂に区分される。

ウォッシュロードはそのほとんどが、河床からの供給物を含まない（河床堆積物との交換がない）、河床材料よりも細粒の物質であり、その境界は0.1~0.2mm以下といわれる。

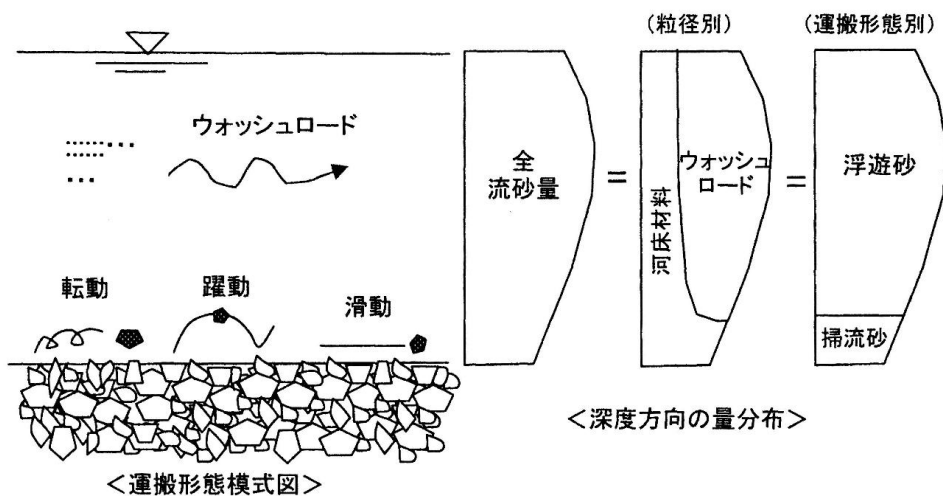
浮遊砂（ウォッシュロード含む）は水中に分散し懸濁状態で運搬されるのに対し、掃流砂は河床近傍を転動、躍動、あるいは滑動状態により運搬される。なお、櫻井ら<sup>\*</sup>の調査では、国内の主要ダムに流入した土砂の粒度構成を平均した結果は、礫：14%、砂：32%、シルト：34%、粘土20%であった。

<sup>\*</sup>櫻井ら. ダム貯水池の堆砂形態. 土木技術資料. 2003, Vol. 45, No. 03, p. 56-61.



出典) 大矢ら. ダム堆砂の性状把握とその利用法. ダム工学, 2002, 12 巻, 3 号, p. 174-187.

図 2-13 河川における流砂の分類



出典) 大矢ら. ダム堆砂の性状把握とその利用法. ダム工学, 2002, 12 巻, 3 号, p. 174-187.

図 2-14 河川における流砂の運搬形態模式図及び深度方向の量分布

ここでウォッシュロードについて補足する。ウォッシュロードは、上に示したような流砂の概念を示す代表的な図だけを見ると水中を漂って流下しているように見えるが、実際は、沈降に時間がかかるものの河床に堆積する。ダムにおいても、後に示す図 2-15にあるとおり、堤体直上流部分の堆積土砂の多くはウォッシュロードが占めている。

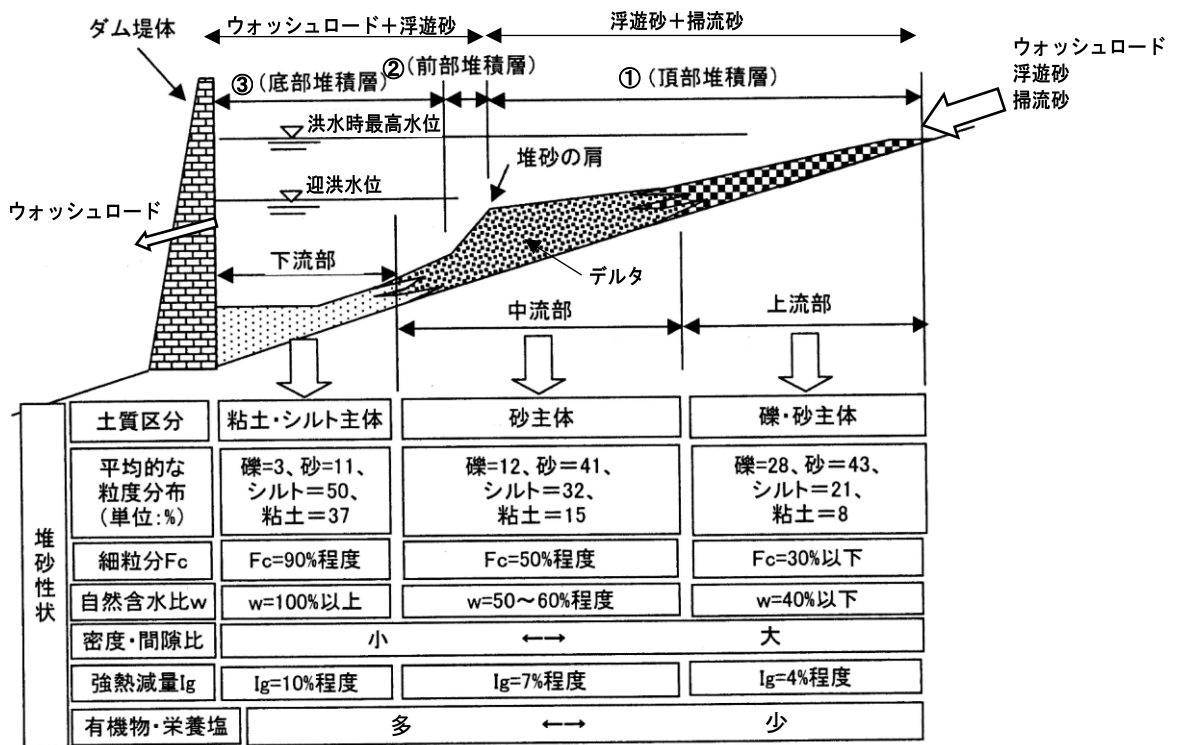
### 2.3. ダム堆砂の形状と性状

#### 2.3.1. 堆砂の一般的な特徴

##### (1) 堆砂形状の形成過程

河道を流下してきた石礫や砂礫は、ダム貯水池の湛水で流動が阻止されて貯水池上流側に堆積し、細粒分は掃流力が小さく河床高の低い（水深の深い）箇所から堆積する。小洪水時には貯水池上流側に堆積した砂礫が下流側へ移動するため、堆砂は貯水池下流側へ進行しやすい。一方、大洪水時により大量の土砂が流入すると、堆砂デルタは下流へ発達するとともに、デルタ高の上昇や背砂も顕著となる。堆砂量が多くなるとデルタや肩が明確となるが、デルタ形状、特に肩の位置は貯水位（主に迎洪水位：洪水調節時の初期水位）により決まる。すなわち、貯水位が大きく変動しなければ、デルタ肩は同じ高さで下流へ推移する。

ダム貯水池の堆砂特性を図 2-15に示す。貯水池内の堆砂領域は、①頂部堆積層、②前部堆積層、及び③底部堆積層に大別され、①及び②には河床を転動してきた掃流砂及び浮遊砂のうち比較的粒径の粗い土砂（0.1～0.2mm以上）が堆積している。ダム堤体の直上流部に水平に堆積した③の堆積物のほとんどは粒径が0.1mm以下のウォッシュロードであり、主に濁水の密度流により運ばれてきたものであることから、密度流堆積層とも呼ばれる。なお、密度流堆積層については、ある程度堆積が進むと、横断的に一様な堆砂高となる。

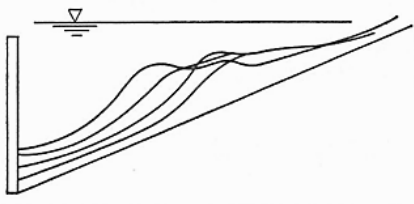
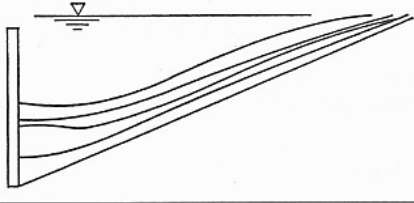
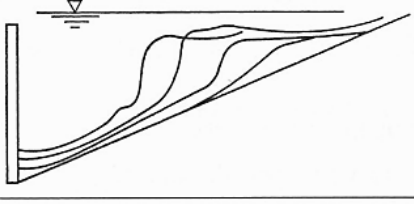
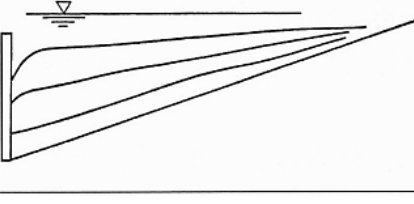


出典) 大矢ら. ダム堆砂の性状把握とその利用法. ダム工学, 2002, 12 巻, 3 号, p. 174-187. 一部加筆

図 2-15 ダム貯水池の堆積特性

(2) 堆砂形状の特性

貯水池の堆砂形状は図 2-16に示すとおり、日本国内各地の堆砂形状の調査結果から、貯水池の規模や流入土砂の粒度組成の違いにより4つの基本形に分類されている。

堆砂形状の基本形の分類	堆砂形状および堆砂過程	流入土砂の粒度組成	貯水池規模	貯水池の特徴
I 型		掃流砂・浮遊砂ともに多い	大	最上流に位置する流域に崩壊地が多く、土砂生産が活発 多目的ダムでは、デルタ層が低水位付近にある
II 型		掃流砂が少なく浮遊砂が多い	大	直上流に大規模な貯水池や緩勾配の区間がある
III 型		浮遊砂が少なく掃流砂が多い	大	堆砂の比較的初期の段階に現れる
IV 型		掃流砂と浮遊砂の堆積に区別がつかない	小	ダム付近まで著しく土砂が堆積している ダムに近づくほど、堆積層の厚さが増加している

出典 1) 芦田ら. 河川の土砂災害と対策. 森北出版, 1983, 260p.

出典 2) 角ら. ダムと環境の科学IV 流砂環境再生. 京都大学学術出版会, 2023, 504p.

図 2-16 ダム堆砂形状の類型

また、全国78ダム（供用後10年以上経過した直轄・水機構管理ダム）を対象に実施された、ダムの堆砂形状、外力及び流入土砂の性状などに着目して行われた既往検討によると、堆砂の形状については以下のような傾向があることが確認されている。

- ①通常の洪水ではデルタ前面（前部堆積層）が下流側へ進行する。
- ②大洪水時にはデルタ前面の進行に加えて、デルタ上面（頂部堆積層）に堆積して河床が上昇する。
- ③取水設備の建設等で貯水位を大幅に低下させると、その水位に対応して、デルタが再移動（デルタ下流側の堆砂高が低下）するなど、デルタ形状が変形する。

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

### 2.3.2. 堆砂の事例

#### (1) 大規模な洪水後の堆砂形状の変化

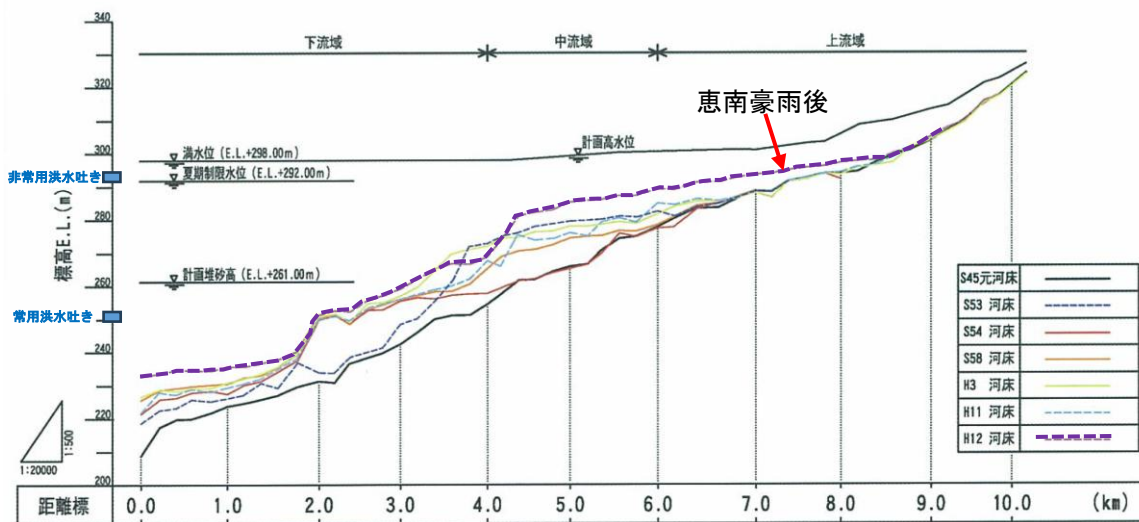
矢作ダムでは1978年（昭和53年）には計画堆砂高を超える明確なデルタ肩が3.7km辺りに出現しており、その後は出水に伴うと考えられる堆砂形状の変化が見られた。このような中、供用後の平均年堆砂量が約30万m<sup>3</sup>/年程度であったところ、2000年（平成12年）の恵南豪雨に伴う洪水では貯水池に約280万m<sup>3</sup>の土砂が堆積し、デルタ前面が約240m前進し、背砂は2km遡上した。加えて、デルタ上面も平均4m、最大で9mも上昇した（図 2-17、図 2-18）。



立っている人と堆積厚の比較により、洪水後に多くの土砂が堆積したことが分かる

出典) 国土交通省中部地方整備局矢作ダム管理所より提供

図 2-17 ダム堆砂の状況（矢作ダム貯水池 6.2k : 2000 (H12) 年洪水後）

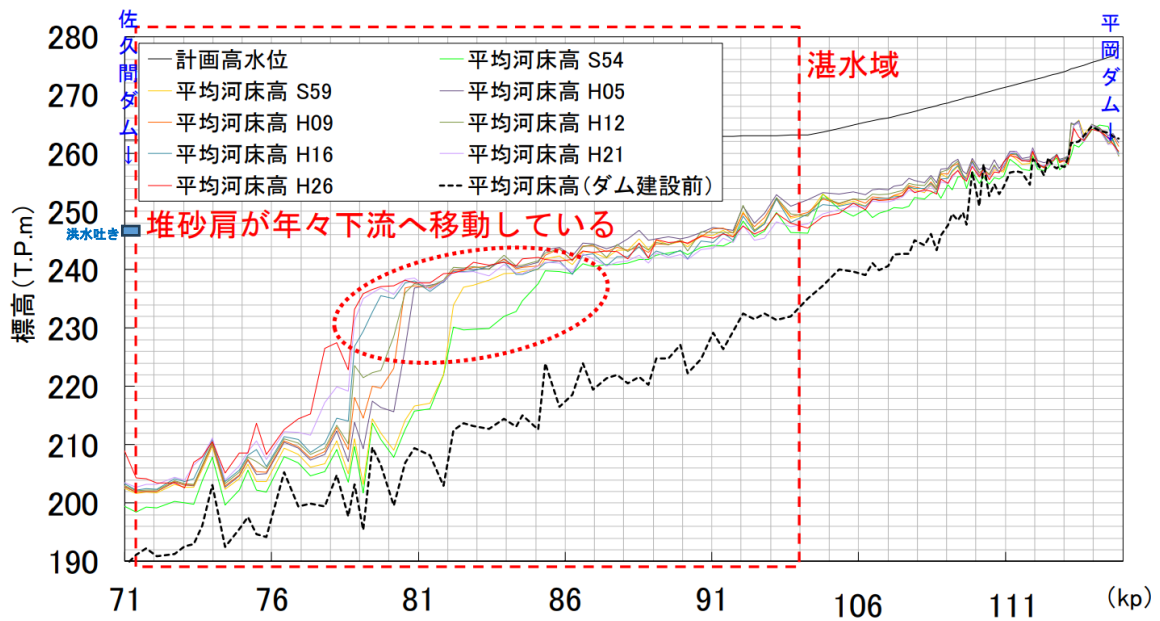


出典) 国土交通省中部地方整備局矢作ダム管理所. 矢作ダム 30 年のあゆみ. 2005. 一部加筆

図 2-18 矢作ダムの堆砂形状 恵南豪雨前後の比較など

(2) デルタ前面の長期的な移動傾向

堆砂デルタの長期的な挙動をみると、1956年に竣工した佐久間ダムではデルタ前面は年平均120～160mの速度で前進している（図 2-19）。また、佐久間ダムでは新豊根発電所の建設工事により貯水位を下げたため、デルタが再移動（デルタ下流の堆砂高の低下）するなど、流入土砂に加えて貯水位もデルタ地形を規定する要因となっている。



出典) 天竜川流砂系総合土砂管理計画【第一版】，平成30年3月，天竜川流砂系協議会. [https://www.cbr.mlit.go.jp/hamamatsu/river/dosha/pdf/tenryu\\_dosya\\_kanri-keikaku1.pdf](https://www.cbr.mlit.go.jp/hamamatsu/river/dosha/pdf/tenryu_dosya_kanri-keikaku1.pdf), (参照 2025-03-13). 一部加筆

図 2-19 佐久間ダムの堆砂形状

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

### (3) 堆砂デルタが形成される条件

貯水池内に形成される堆砂デルタの形状は一様ではない。基本的に、貯水池への土砂流入量が多い場合は明確な堆砂デルタが形成され、土砂流入量が少ない場合には、堆砂デルタは明確な形状とはならない。堆砂がある程度進行した直轄・水機構管理ダムを対象に、貯水池寿命・砂礫の割合からデルタ形成状況を見てみたところ（図 2-20）、土砂流入量以外の条件としては、流入土砂は相対的に細粒分が少なく（砂礫の割合が4割以上）、元河床勾配が急で、かつ貯水池寿命が600年程度以内のダムで、明確なデルタが形成される傾向にあることが分かる。明確なデルタが形成される例として、鳴子ダムの堆砂形状を図 2-21に示す。

一方、相対的に細粒分の流入土砂が多い場合や貯水池回転率が大きい場合には、元河床に平行に土砂が堆積しているケースが多い。上流にダムがある場合（藤原ダム、菅沢ダム（図 2-22）、大渡ダム）などは上流のダムで粗粒分が捕捉されるため、細粒分が卓越しやすくなる傾向がある。その他、段差形状を持った元河床地形に従った形状の堆砂デルタ（御所ダム、川治ダム）や、緩やかな勾配の堆砂デルタ（石手川ダム）などが形成される場合もある。

また、デルタ肩の位置（標高）は、洪水貯留準備水位や予備放流水位などの迎洪水位、低部放流設備の設置標高等に依存する。

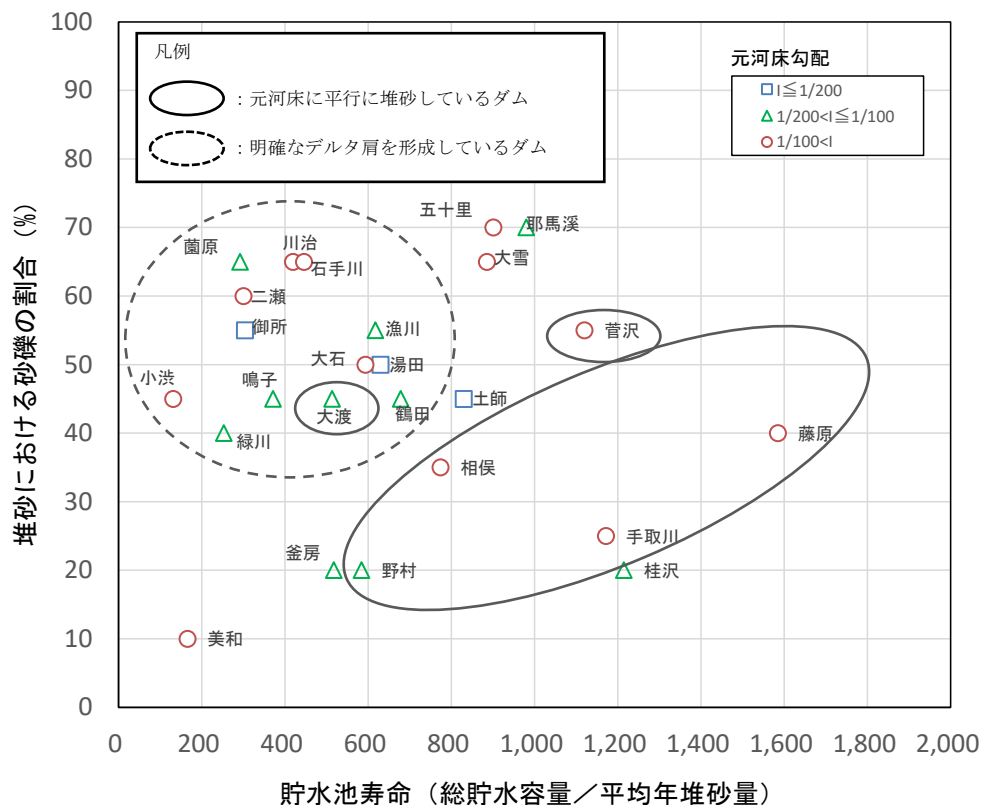
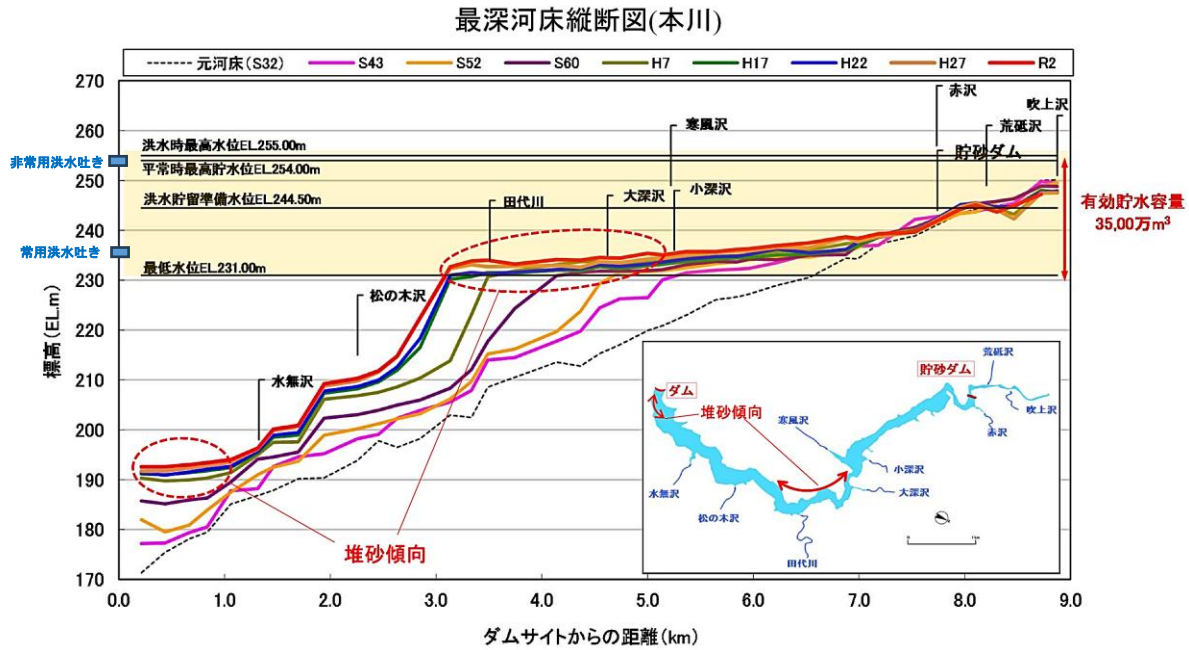


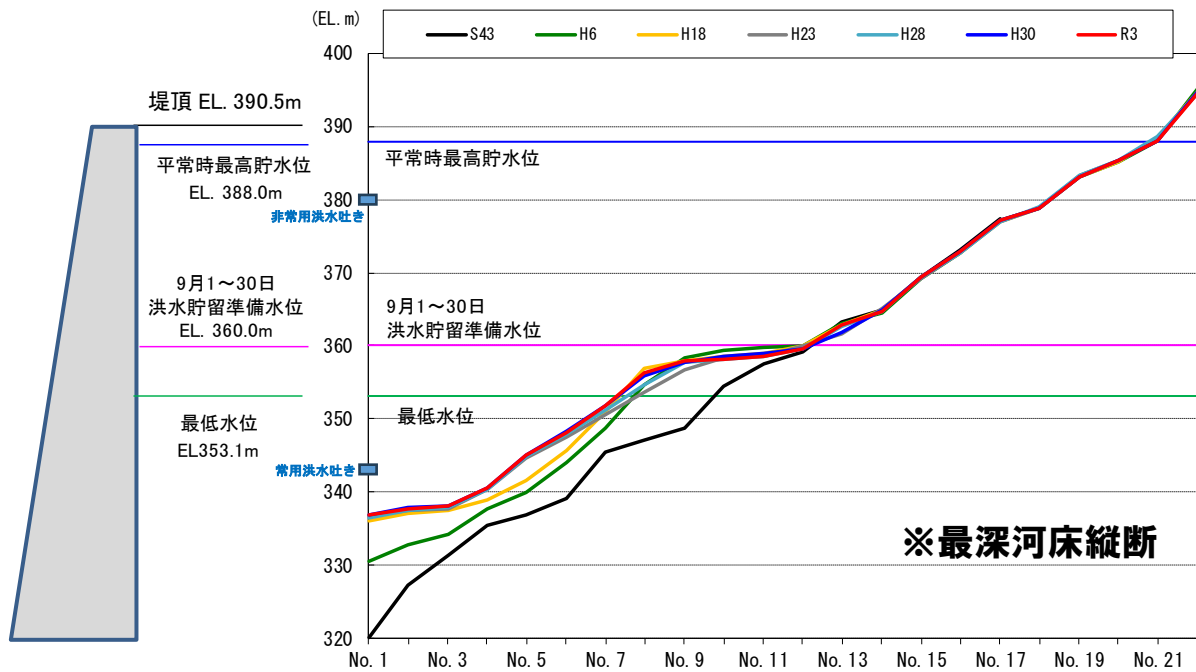
図 2-20 貯水池寿命・砂礫の割合から見たデルタ形成

2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況



出典) 令和3年度東北地方ダム管理フォローアップ委員会 鳴子ダム定期報告書(概要版), 令和4年2月18日, 国土交通省 東北地方整備局. [https://www.thr.mlit.go.jp/bumon/b00037/k00290/river-hp/kasen/damukann/R03/03naruko\\_hokoku\\_r3.pdf](https://www.thr.mlit.go.jp/bumon/b00037/k00290/river-hp/kasen/damukann/R03/03naruko_hokoku_r3.pdf), (参照 2025-03-13). 一部加筆

図 2-21 鳴子ダムの堆砂形状 (堆砂デルタが明確)

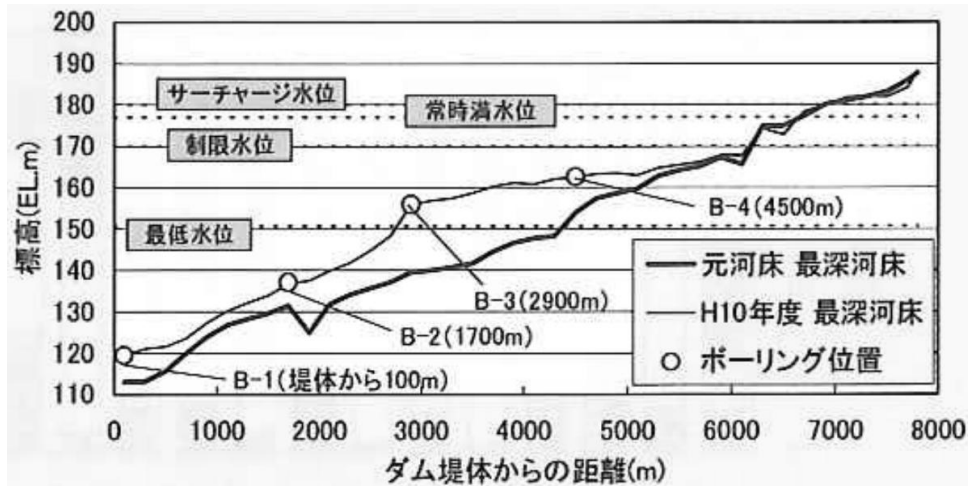


出典) 令和4年度中国地方ダム等管理フォローアップ委員会 菅沢ダム定期報告書(概要版), 令和4年12月9日, 国土交通省 中国地方整備局. <https://www.cgr.mlit.go.jp/hinogawa/sugesawa/pdf/230601dam-followup.pdf>, (参照 2025-03-13). 一部加筆

図 2-22 菅沢ダムの堆砂形状 (堆砂デルタが比較的小さく元河床に沿うように堆砂)

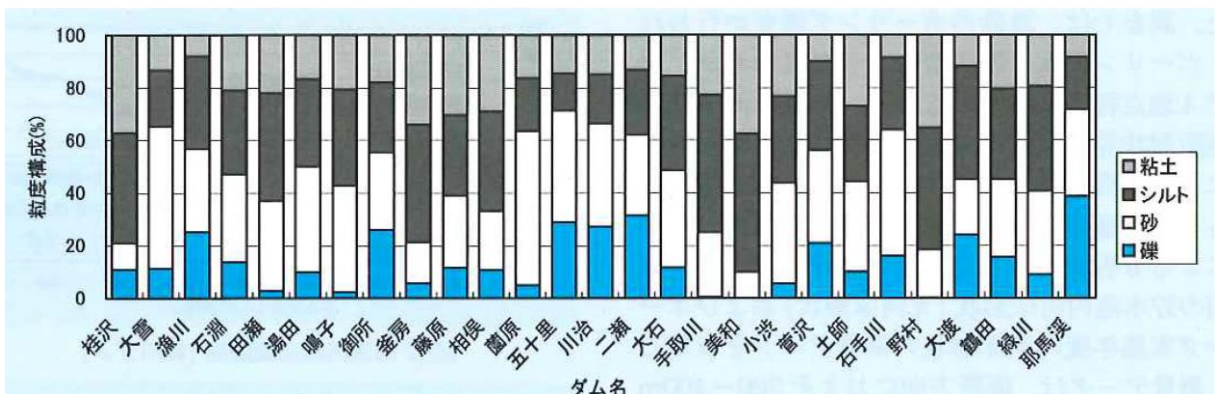
(4) 詳細な堆砂性状調査の事例

堆砂量は測量により把握されているが、同時にボーリング調査により詳細な堆砂性状が調査されているダムもある。ボーリング調査の実施位置は堆砂の縦断形状等を参考に設定されており、過去の実施事例では平均的に4地点程度である(図 2-23)。図 2-24は堆砂性状調査結果の例として、国内の主要ダムを対象にボーリング調査に基づく堆砂全体の粒度構成を示している。



出典) 櫻井ら. ダム貯水池の堆砂形態. 土木技術資料. 2003, Vol. 45, No. 03, p. 56-61.

図 2-23 最深河床高縦断図とボーリング調査位置の関係



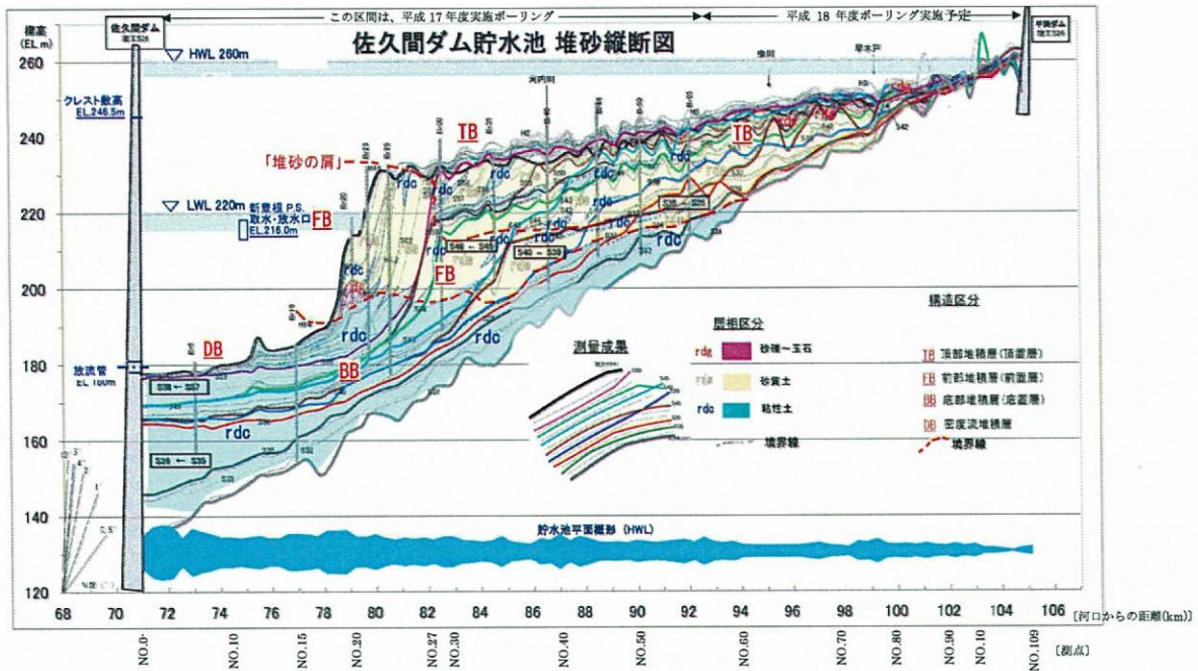
出典) 櫻井ら. ダム貯水池の堆砂形態. 土木技術資料. 2003, Vol. 45, No. 03, p. 56-61.

図 2-24 ボーリング調査に基づく堆砂全体の粒度構成

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

また、詳細な堆砂性状調査の結果から堆砂の形成過程と土砂の性状の関係が推定できる。

例として佐久間ダムの堆砂性状図をみると、佐久間ダム貯水池ではダム堤体に近い底部堆積層にウォッシュロードが堆積し、デルタには砂分が多く堆積している（図 2-25）。デルタ前面の前部堆積層にはウォッシュロードが被覆しており、デルタの前進に伴ってこの細粒分がデルタ内に取り残される結果、頂部堆積層は鉛直方向に互層の地質分布となったと考えられる。



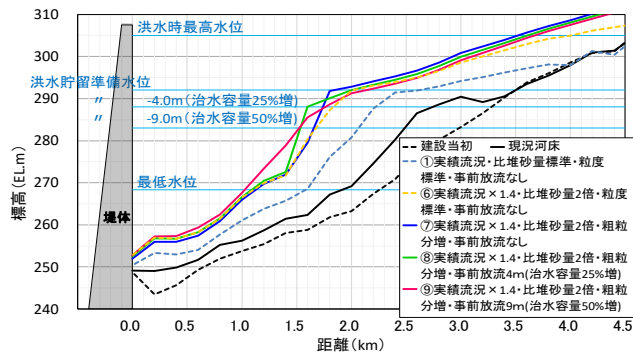
出典) 天竜川ダム再編事業環境検討委員会 第1回検討委員会資料, 平成18年7月5日, 国土交通省 中部地方整備局 浜松河川国道事務所. [https://www.cbr.mlit.go.jp/hamamatsu/dam/saihen/pdf/tenryu\\_kaigi3-1.pdf](https://www.cbr.mlit.go.jp/hamamatsu/dam/saihen/pdf/tenryu_kaigi3-1.pdf), (参照 2025-03-13).

図 2-25 堆砂性状図 (佐久間ダム)

2.3.3. 事前放流により予想される堆砂状況の変化

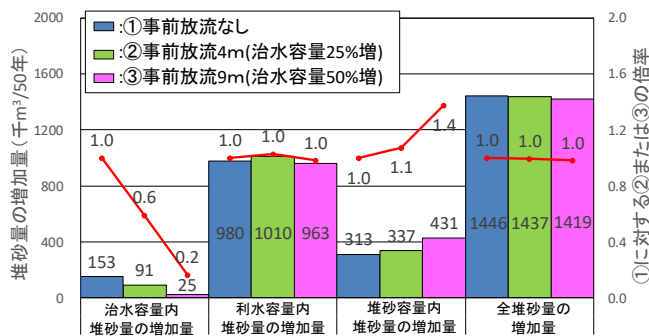
近年の豪雨災害の激甚化への対策の中で、洪水貯留準備水位以下の利水容量内などの貯留水を放流して一時的に洪水調節容量として活用する事前放流が改めて注目を浴びている。ここで、堆砂形状（特にデルタ肩等）は洪水調節時の貯水位（迎洪水位）の影響を大きく受けるため、事前放流により迎洪水位を低下させた場合、これまでとは形状が異なってくるのが想定される。この想定に対して、小島ら（2020）が事前放流を実施した場合の堆砂形状の変化を一次元河床変動解析により評価した結果、事前放流により洪水調節容量内の堆砂量は減少するものの利水容量内や堆砂容量内の堆砂量は逆に増加傾向となること、そしてこの傾向は、気候変動等により流入量や流入土砂量が増大した場合に顕著となることが確認された（図 2-26、図 2-27）。さらに、本成果は、特に気候変動への適応策として事前放流を実施した場合には、洪水調節容量を確保できる反面、利水機能低下が助長されてしまう可能性を示唆している。

なお、一般的に利水容量内に堆積した土砂の除去は高コストとなること、また、取水施設等の埋没を助長する可能性があることを踏まえると、今後積極的に事前放流を実施していく際には、必要に応じて、事前放流後の洪水初期において排砂や通砂を試みるなど、堆砂対策と一体となった施策が重要になると考えられる。



出典) 小島ら. 気候変動下における事前放流が貯水池内堆砂進行特性に与える影響. 土木学会論文集 B1 (水工学), 2020, Vo. 76, No. 2, p. I\_853-I\_858.

図 2-26 気候変動条件下で事前放流を実施した場合の堆砂形状変化



出典) 小島ら. 気候変動下における事前放流が貯水池内堆砂進行特性に与える影響. 土木学会論文集 B1 (水工学), 2020, Vo. 76, No. 2, p. I\_853-I\_858.

図 2-27 気候変動条件下で事前放流を実施した場合の区間別堆砂量の変化

## 2.4. ダム堆砂量とその推移

### 2.4.1. ダム堆砂量の把握手法

新設ダムの堆砂については1957年に計画論の観点から、国土交通省が示す河川砂防技術基準（案）計画編において、堆砂容量（100年分の堆砂量に相当する容量を貯水池内に確保）の考え方が打ち出された。既設ダムに関しては、ダム堆砂問題と河川法改正（1964）を受けて、1967年から多目的ダムと一部の利水ダム等を対象に堆砂量を調査・報告することとなった。1982年からは総貯水容量が100万 $\text{m}^3$ 以上の全ダムが調査対象となっている。

なお、ダム堆砂量とは、平常時最高貯水位以下の部分の土砂体積を指す。測定頻度は、ダムの堆砂状況に大きな変化がない場合、国土交通省所管ダムは1回/2年、利水ダムは1回/3年の頻度とすることができる。また、測量範囲は、貯水池全川の場合や貯水池上流の場合など、国土交通省所管ダムで2パターン、利水ダムで3パターンが国土交通省より示されている<sup>※</sup>。

ここで、国交省手引きでは、毎年の実績堆砂量に基づいた確率統計解析により今後の堆砂進行速度を予測することが示されているが、2年や3年に1回の測量では精度良く検討することが困難となることから、特に堆砂対策を検討する必要があるダムでは、堆砂測量を毎年実施することが望ましいとされている。

また、堆砂測量は縦断方向に400m間隔で行うように規定されている<sup>※※</sup>が、デルタ肩のような凸地形区間では測量結果に基づく堆砂量が少なく評価される場合がある。例えば、Aダムにおいて近年堆砂高に変化が見られた区間（おおむねデルタ肩のやや下流～堆砂上流端）で測量間隔が200mと400mの場合の堆砂量を比較すると、400m間隔の測量の方が、堆砂量が6%少なく評価された。

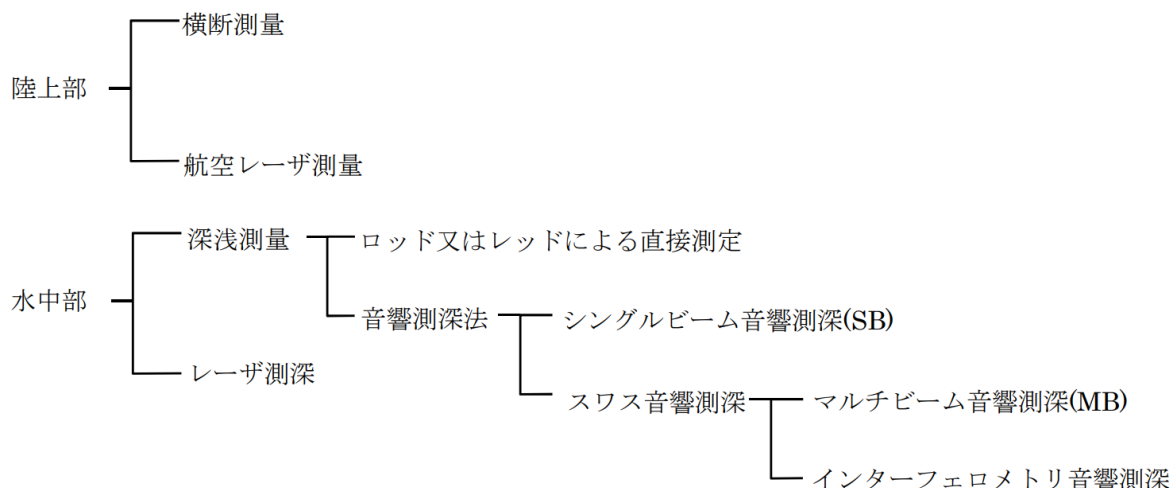
したがって、測量精度向上のために、凸地形区間では測量間隔を狭くする、又はマルチビーム（MB：ナローマルチビーム（NMB）を略した表現）やインターフェロメトリ音響測深（サイドスキャンソナー）などにより、面的に測量することを考える必要がある（図 2-28、表 2-4）。ただし、測量方法を切り替えた場合には、その精度の違いにより、これまでの堆砂傾向とは著しく乖離のある評価となる場合があるので、その点に留意する必要がある。

なお、調査・観測手法の詳細は国交省手引きを参考とされたい。

※ 国土交通省河川環境課長通知。ダムの堆砂状況の報告について。2001。

※※国土交通省。ダムの堆砂状況調査要領（案）。2005。

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況



出典) ダム貯水池土砂管理の手引き (案), 平成 30 年 3 月, 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課. [http://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/dam7/pdf/damtyosuichidosyakanritebikiH30.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/dam7/pdf/damtyosuichidosyakanritebikiH30.pdf), (参照 2025-03-13).

図 2-28 貯水池堆砂測量手法の分類

表 2-4 測量方法の特徴比較表

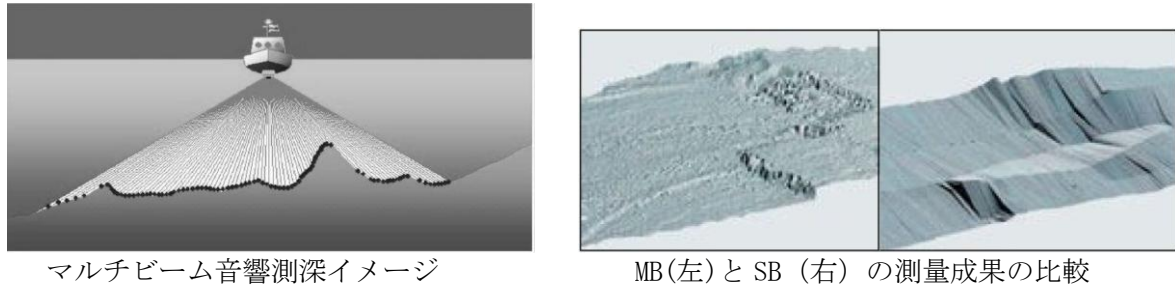
調査方法	重錘法 (レッド測量)	シングルビーム 音響測深(SB)	マルチビーム 音響測深(MB)	インターフェロメ トリ音響測深	レーザー測深
測深精度	○	○	◎	◎	◎
測深日数	○	◎	◎	◎	◎
測深 コスト	○	○	△	△	△
斜め方向 の測深	×	×	○	○	○
3次元の面 情報の生成	×	×	○	○	○
貯水池での 用途区分	狭い区域、湖底面 変状が少ない場 合向き、水深が浅 い場合向き	狭い区域、湖底面 変状が少ない場 合向き	広い区域、湖底面 変状、湖面形状の 変化が多い場合 向き	広い区域、湖底面 変状、湖面形状の 変化が多い場合 向き	広い区域、湖底面 変状が多い場合向 き(ただし、水質 のきれいな場所でも 水深 50m 程度)

◎…最適、○…適、△…可、×…不適

出典) ダム貯水池土砂管理の手引き (案), 平成 30 年 3 月, 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課. [http://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/dam7/pdf/damtyosuichidosyakanritebikiH30.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/dam7/pdf/damtyosuichidosyakanritebikiH30.pdf), (参照 2025-03-13).

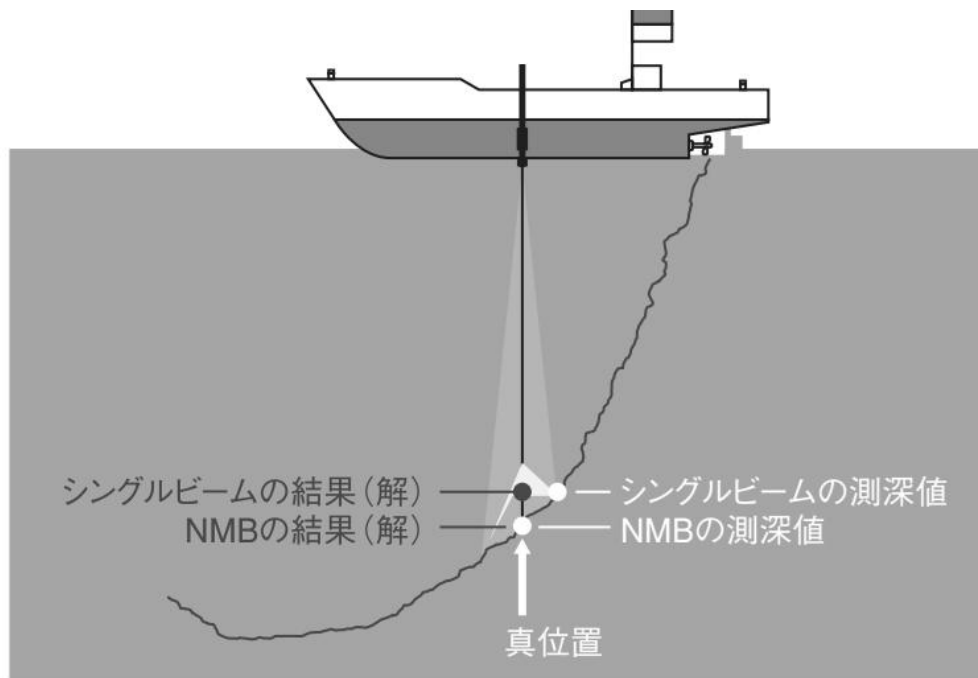
## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

参考として、マルチビームによる音響測深のイメージと、マルチビームとシングルビームの測量成果の比較を図 2-29 に示す。なお、図 2-30 に示すとおり、シングルビームの測深では照射範囲の最浅部を水深として採用するため、凹凸の大きな地形や斜面部では実水深よりも浅く測量されることに留意する必要がある。



出典) ダム貯水池土砂管理の手引き(案), 平成30年3月, 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課. [https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/dam7/pdf/damtyosuichidosyakanritebikiH30.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/dam7/pdf/damtyosuichidosyakanritebikiH30.pdf), (参照 2025-03-13).

図 2-29 測量方法のイメージ



出典) 末次ら. 堆砂測量手法の概要とその得失. リザーバー: 新しい時代の貯水池管理. 2008, p. 15-17.

図 2-30 斜面部における計測水深の違い

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

### 2.4.2. 堆砂特性の指標（堆砂率等）

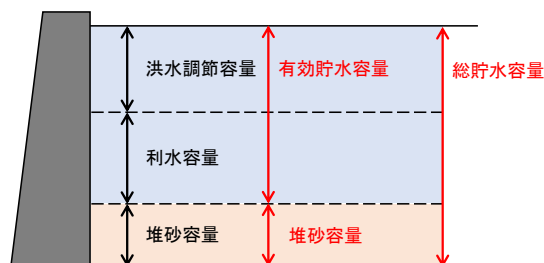
国土交通省が毎年公表している「全国のダムの堆砂状況」によると、2021年度現在、全ダム※（1,192ダム）の総堆砂量は約20億 $\text{m}^3$ （1ダムあたり平均約170万 $\text{m}^3$ ）である。このうち直轄・水機構管理ダム（127ダム）の総堆砂量は約5億 $\text{m}^3$ （1ダムあたり平均約380万 $\text{m}^3$ ）である。

なお、実際の堆砂量は掘削・浚渫量を加味する必要があるが、用いた資料にはこれらのデータは含まれていないため、以下では、掘削・浚渫量を除いた見かけ上の堆砂量により整理・分析している。

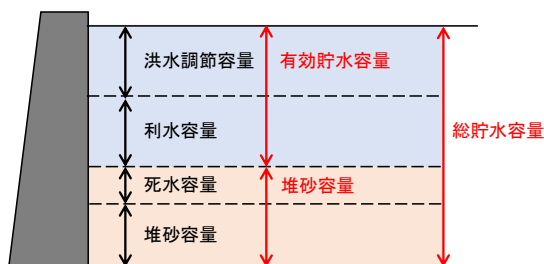
堆砂特性の指標となる堆砂率等について、その定義や国内ダムの特徴を次に示す。堆砂率等を定義する際の貯水池容量の考え方については図 2-31を参照されたい。

※国土交通省・水資源機構・自治体・利水専用（発電・灌漑・都市用水）ダム

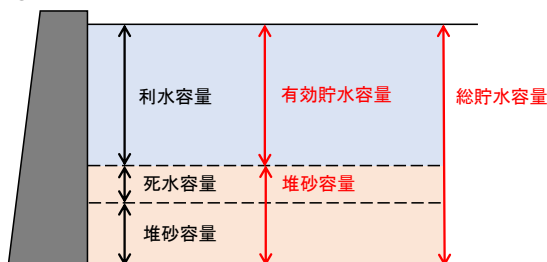
例①：多目的ダム（死水容量無し）



例②：多目的ダム（死水容量有り）



例③：発電ダム



堆砂容量には死水容量を含めない考え方もあるが、本資料では含めてデータを整理している

図 2-31 貯水池容量の考え方

#### (1) 堆砂量/総貯水容量×100【堆砂率①】

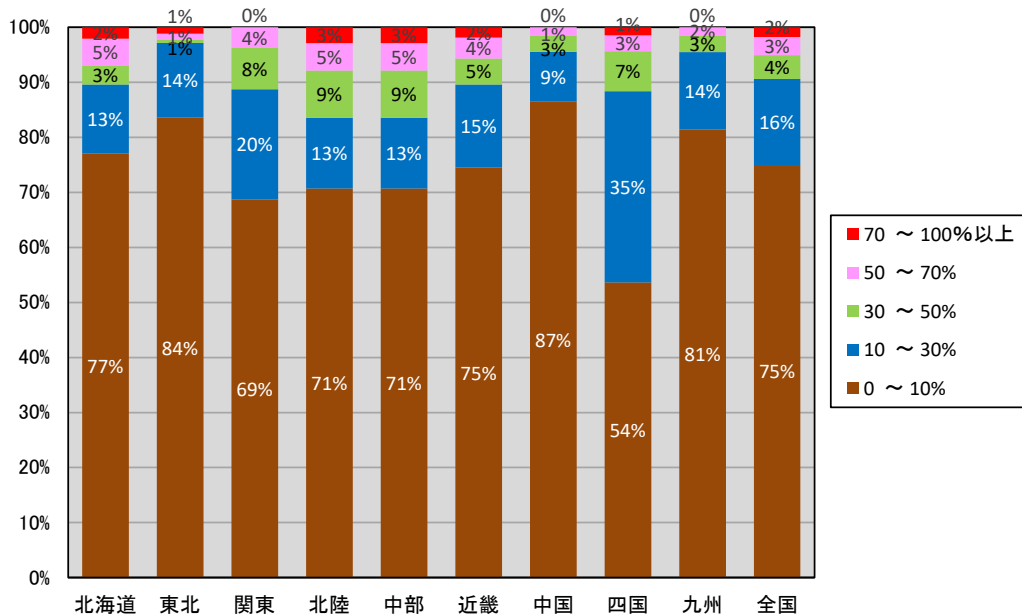
全堆砂率と呼ばれることもある（例えば岡野ら※）。総貯水容量に対して堆砂容量が小さいダムなどでは、堆砂量が堆砂容量を超過した場合においても、この堆砂率①は小さい値となる。そのため、この値が小さいからと言って、堆砂が進行していないとは言えないことに留意する必要がある。堆砂率①が1割未満のダムが約70%と多い一方で、堆砂率①が5割以上のダムが5%を占める。

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

地方別にみると、堆砂率①が30%以上のダムの割合は全国で9%であるのに対して、北陸地方と中部地方は17%と高い（図 2-32）。なお、直轄・水機構管理ダムに限ってみても、図 2-33に示すとおり、同じく北陸地方と中部地方に堆砂率①が高いダムが多い。

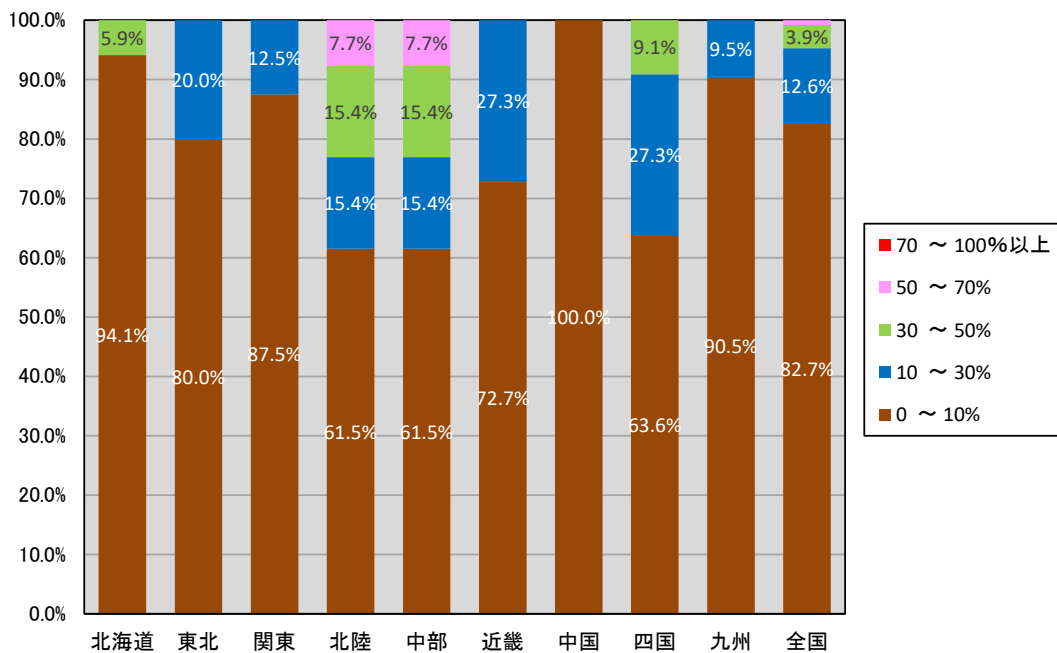
※岡野ら. ダム貯水池流入土砂量に基づく堆砂管理についての考察

—土砂生産量強度マップの開発の事例—. ダム工学. 2004, Vol.14, No.3, p.167-176.



全国のダムの堆砂状況（令和3年度），国土交通省. <https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/river/content/001851204.pdf>,（参照 2025-03-13）. における堆砂状況データを用いて作成

図 2-32 地方別の堆砂率①の分布（全ダム）



全国のダムの堆砂状況（令和3年度），国土交通省. <https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/river/content/001851204.pdf>,（参照 2025-03-13）. における堆砂状況データを用いて作成

図 2-33 地方別の堆砂率①の分布（直轄・水機構管理ダム）

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

また、堆砂率①が大きなダムの上位20位はすべて発電用ダムが占めている（表 2-5）。これは、発電用ダムの多くは流域面積に対する総貯水容量が小さいことや、発電用ダムでは取水設備が埋没しない範囲での堆砂進行は発電運用に大きな支障がなく大規模な堆砂対策の必要性が低いことなどから、結果として堆砂率①が大きくなっているためであると考えられる。

表 2-5 堆砂率①の大きなダム

順位	ダム名	管理者	水系名	河川名	完成年	堆砂率①(%)	
1	高橋谷	中部電力	木曾川	高橋谷川	1919	100.0	*
2	若土	富山県	神通川	山田川	1960	98.3	*
3	千頭	中部電力	大井川	寸又川	1935	97.5	
4	奥里	Jパワー	新宮川	滝川	1960	96.0	*
5	宮の元	九州電力	耳川	七ッ山川	1960	95.7	*
6	石徹白	Jパワー	九頭竜川	石徹白川	1968	94.0	*
7	雲川	北陸電力	九頭竜川	雲川	1957	93.3	
8	小屋平	関西電力	黒部川	黒部川	1936	93.2	
9	渋沢	東京電力	信濃川	中津川	1955	92.3	*
10	小原	北陸電力	九頭竜川	滝波川	1964	91.8	*
11	仙人谷	関西電力	黒部川	黒部川	1940	91.8	*
12	雨畑	日本軽金属	富士川	雨畑川	1967	91.7	
13	岩知志	北海道電力	沙流川	沙流川	1958	91.1	
14	黒又	東北電力	信濃川	黒又川	1926	90.3	
15	大間	中部電力	大井川	寸又川	1938	87.7	
16	平岡	中部電力	天竜川	天竜川	1951	86.0	
17	利賀	関西電力	庄川	利賀川	1943	84.9	*
18	川迫	関西電力	新宮川	熊野川	1940	84.8	*
19	西山	山梨県	富士川	早川	1957	84.4	
20	黒部（栃木）	東京電力	利根川	鬼怒川	1912	82.9	

全国のダムの堆砂状況（令和3年度），国土交通省．<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/river/content/001851204.pdf>，（参照 2025-03-13）． における堆砂状況データを用いて作成

注1） 総貯水容量100万m<sup>3</sup>以下のダム（\*）も含んでいる。

注2） 堆砂率①＝堆砂量／総貯水容量×100である。

最後に、全国的に見てダム堆砂は空間的に偏在しており、水系別の堆砂率①\*については、天竜川水系（40%）、那賀川水系（36%）、大井川水系（35%）、富士川水系（25%）、物部川水系（28%）における堆砂率が高く、これら5水系の堆砂量で全体の2割強に達する。

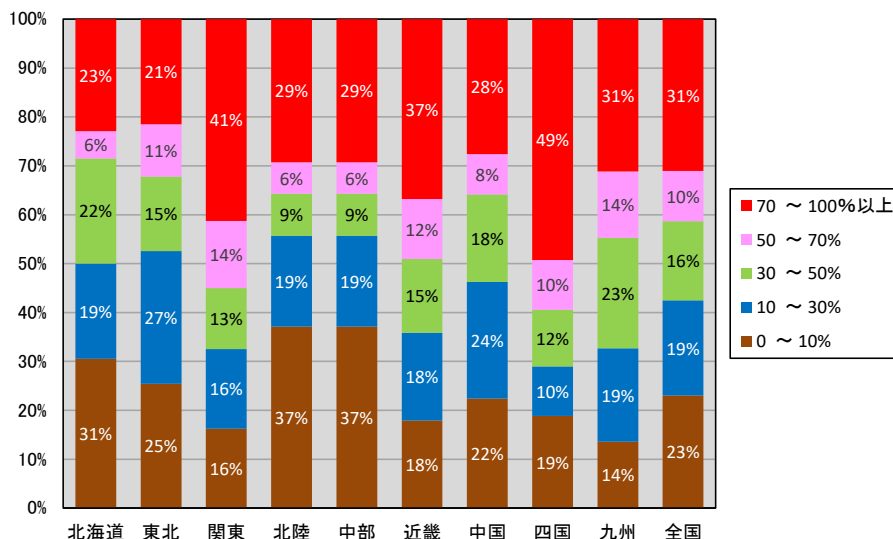
※水系別の堆砂率①及び堆砂量は、各水系にある全ダムの総貯水容量及び堆砂量を合計した値を基に算出した。（使用データは「国土交通省：全国のダムの堆砂状況（令和3年度）」）

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

### (2) 堆砂量/堆砂容量×100【堆砂率②】

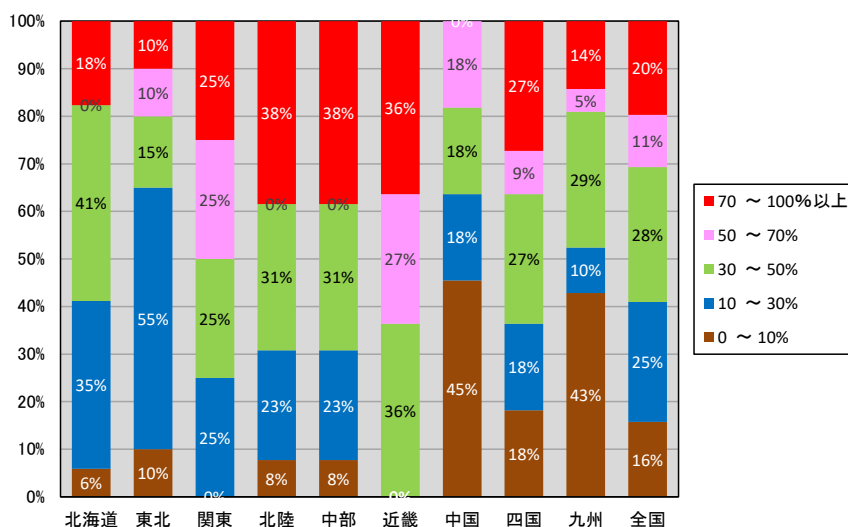
堆砂容量に対する堆砂量の割合(%)を表す。本資料では死水容量も堆砂容量に含めてデータを整理している。実際は堆砂容量外にも堆砂しているため堆砂容量内の堆砂とは異なる。直轄・水機構管理ダムで、堆砂率②が高いダムに丸山ダム(中部 515%)、桂沢ダム(北海道 215%)、柳瀬ダム(四国 185%)などがある。

参考として、堆砂率①と同様に堆砂率②についても地方別の分布を整理して図 2-34 と図 2-35 に示した。堆砂率①に比べて堆砂率②は、地域間の違いが少ない。



全国のダムの堆砂状況(令和3年度), 国土交通省. <https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/river/content/001851204.pdf>, (参照 2025-03-13). における堆砂状況データを用いて作成

図 2-34 地方別の堆砂率②の分布(全ダム)



全国のダムの堆砂状況(令和3年度), 国土交通省. <https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/river/content/001851204.pdf>, (参照 2025-03-13). における堆砂状況データを用いて作成

図 2-35 地方別の堆砂率②の分布(直轄・水機構管理ダム)

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

### (3) 堆砂量/有効貯水容量×100【堆砂率③】

堆砂容量内の堆砂は計画上の堆砂であり大きな問題とはならないが、治水・利水などの有効貯水容量内の堆砂はダム機能の低下を引き起こし、背砂は河床上昇を招く場合がある。この堆砂指標については各ダムのデータは公表されていないため、関連して、2023年度末時点における洪水調節容量内の堆砂状況が整理されている資料を図 2-36に示す。

洪水調節容量内に堆砂が見られるダムは、直轄、水機構管理及び道府県管理それぞれに見られるが、ほとんどのダムは、あらかじめ見込まれている余裕の範囲に収まっている。この余裕の範囲に収まっていないダムは、直轄では4ダム、水機構管理ダムでは1ダムであり、いずれのダムも堆砂対策を実施している。

洪水調節容量内の堆砂状況				
○洪水調節容量内に堆砂しているダムがあるが、ほとんどのダムは洪水調節容量に見込んである余裕の範囲に収まっている。 ○上記の余裕の範囲に収まっていないダムについても、既に堆砂対策を実施中もしくは対策に向けた検討に着手している。				
ダム管理者	国土交通省	水資源機構	道府県	合計
国土交通省所管ダム	105	25	445	575
洪水調節容量内に堆砂しているダム	58	16	252	326
洪水調節容量の余裕の範囲に収まっているダム	54	15	237	306
洪水調節容量の余裕の範囲に収まっていないダム	4	1	15	20
①堆砂対策を実施中のダム	4	1	14	19
①のうち、ダム再生事業で堆砂対策を実施中のダム	0	0	1	1
①のうち、緊急浚渫推進事業で堆砂対策を実施中のダム	—	—	11	11
②堆砂対策を検討中のダム	0	0	1	1

※ 上記は、令和5年度末時点で最新の測量結果に基づく堆砂状況であり、①～②の区分は令和6年7月末時点での対応状況を示したものである。内容については、今後の堆砂状況や堆砂対策の実施状況によって変わりうる。  
 ※ 国土交通省所管の575ダムのうち、8は集計の対象としていない（P5参照）。

出典) 国土交通省所管ダムの堆砂状況について、令和6年7月、国土交通省。 [https://www.mlit.go.jp/river/dam/taisa/taisha\\_joukyouR6.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/dam/taisa/taisha_joukyouR6.pdf), (参照 2025-03-13)。

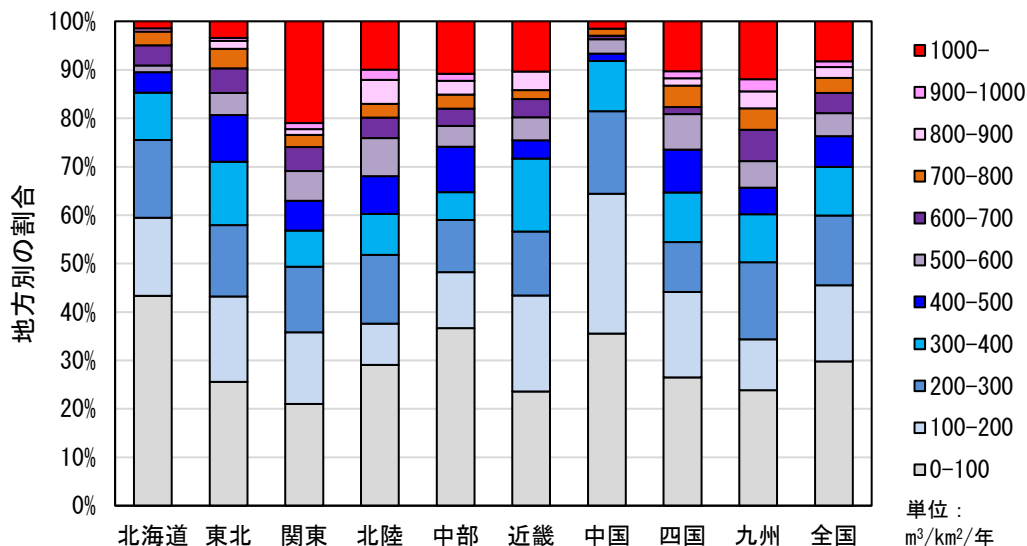
図 2-36 洪水調節容量内の堆砂状況

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

### (4) 堆砂量/流域面積/供用年数【比堆砂量】

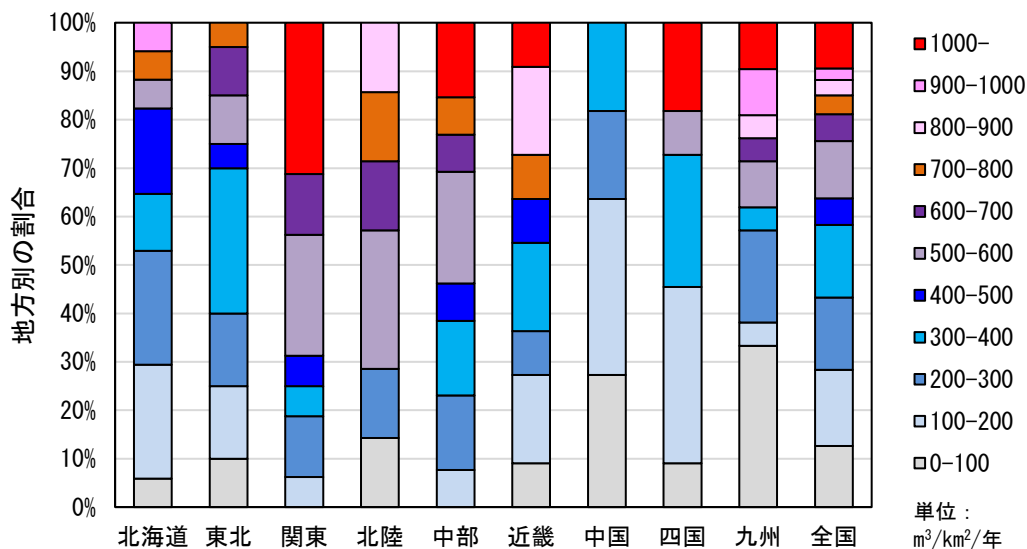
比堆砂量は流域スケールや供用年数によらずに堆砂の程度を比較できる指標である。

比堆砂量について地方別の分布を図 2-37 と図 2-38 に示す。グラフの区分で最大値である比堆砂量 1,000 $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ （流域 1 $\text{km}^2$  における年 1mm の侵食に相当する値）以上のダムをみると、全国平均と比べて特に関東地方の割合が高いことが分かる。



全国のダムの堆砂状況（令和 3 年度），国土交通省．<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/river/content/001851204.pdf>，（参照 2025-03-13）． における堆砂状況データを用いて作成

図 2-37 地方別の比堆砂量分布（全ダム）



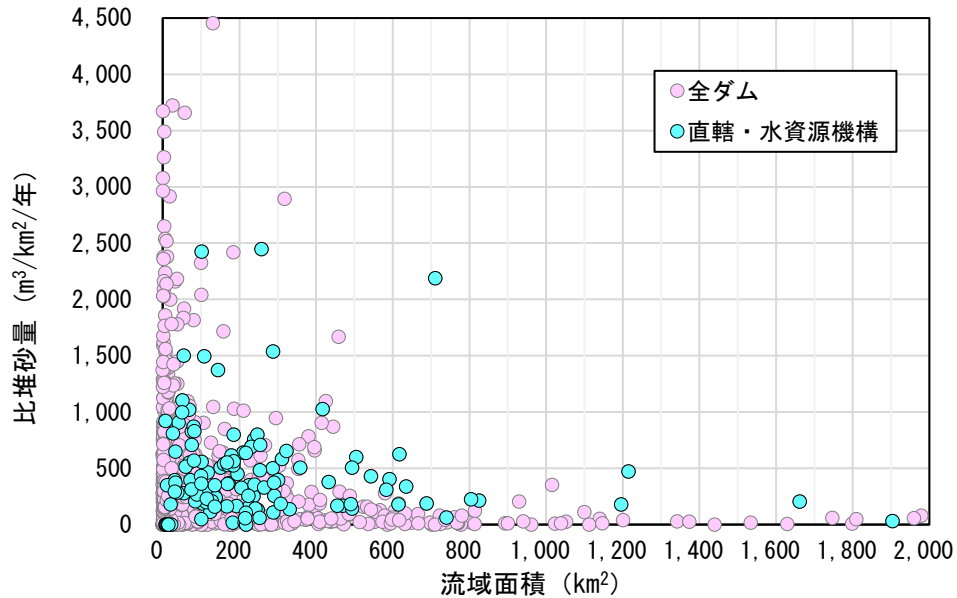
全国のダムの堆砂状況（令和 3 年度），国土交通省．<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/river/content/001851204.pdf>，（参照 2025-03-13）． における堆砂状況データを用いて作成

図 2-38 地方別の比堆砂量分布（直轄・水機構管理ダム）

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

また、全国のダムの流域面積と比堆砂量の関係を見ると（図 2-39）、流域面積と比堆砂量には明瞭な相関は見られないが、直轄・水機構管理ダムでは、流域面積が 500km<sup>2</sup> 以上のダムでは流域面積と比堆砂量は負の相関傾向が見られる。

なお、比堆砂量のみを見ると、100～500m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/年のダムが約 5 割ある一方で、1,000m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/年以上のダムも 1 割弱ある（直轄では川治ダム、八ッ場ダム、宮ヶ瀬ダム、小渋ダム、大滝ダム、柳瀬ダム、ななせダムなど）。



全国のダムの堆砂状況（令和 3 年度），国土交通省. <https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/river/content/001851204.pdf>,（参照 2025-03-13）. における堆砂状況データを用いて作成

図 2-39 全国のダムの流域面積と比堆砂量の関係

(5) 堆砂量/供用年数【年堆砂量】

堆砂特性を指標化する場合、これまでに述べた堆砂率等のように、貯水池規模などを表す容量や流域面積も使って堆砂特性を表す方が良いが、堆砂規模のみを示す場合は年堆砂量で表現する方法もある。図 2-40に比堆砂量及び年堆砂量が多いダムを示した。なお、ここで示したダムは、小規模ダムや変動の大きな初期堆砂を除くため、総貯水容量100万m<sup>3</sup>以上で供用年数10年以上のダム（比堆砂量については更に流域面積が100km<sup>2</sup>以上）を対象としている。

比堆砂量と年堆砂量が多いダムは重複するものもあるが、必ずしも一致しないことが分かる。なお、年堆砂量が多い上位10ダムのうち7ダムが中部地方のダムである。

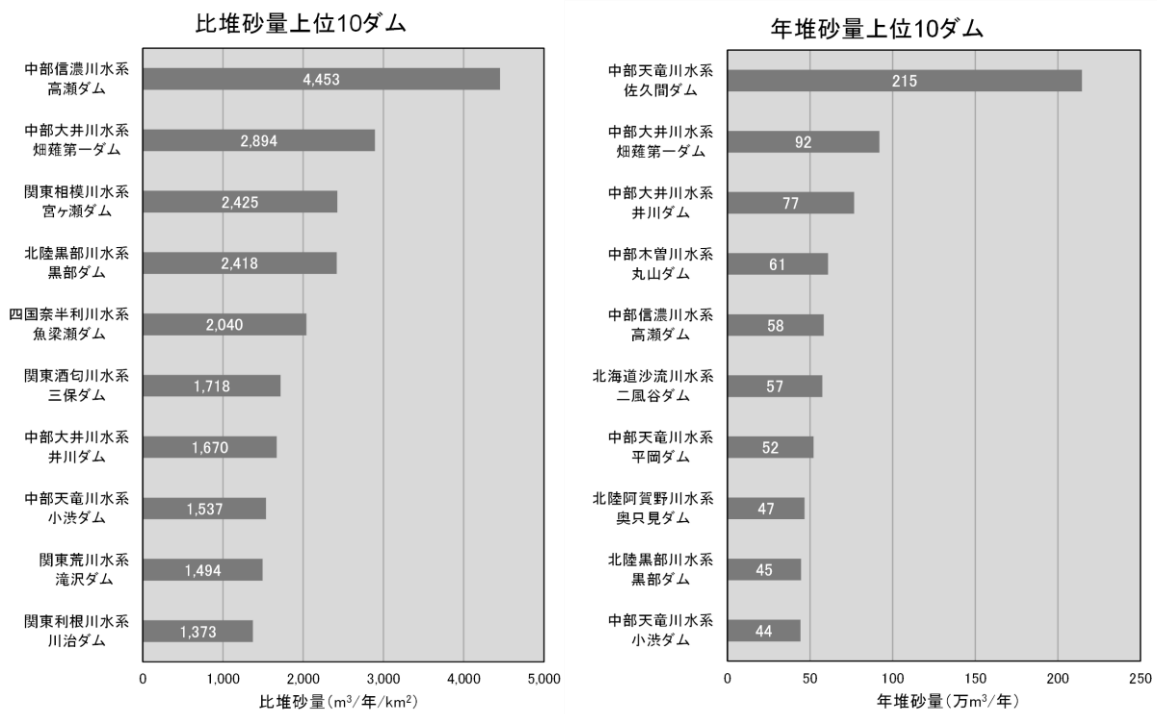


図 2-40 比堆砂量及び年堆砂量の大きなダム

(6) 堆砂量/堆砂容量×100/供用年数【堆砂進行速度】

堆砂進行速度は、堆砂率②（堆砂量/堆砂容量×100）に供用年数を加味したもので、例えば100年分の堆砂を堆砂容量としている場合、1%/年を超えると計画以上に堆砂が進んでいることを表す。堆砂進行速度が1%の場合、100年で堆砂容量分が溜まることになる（値が100%となる）が、あくまでも堆砂容量に対する堆砂量であり、貯水池全体が満砂になるわけではないことに注意することが必要である。

直轄・水機構管理ダムで堆砂進行速度が速いダムを表 2-6に示す。二風谷ダムが4%と最も速いが、表に示していない供用年数が短い（10年未満）ダムには4%以上のダムもある。供用年数が短い（10年未満）ダムの堆砂進行速度が速くなる要因としては初期堆砂の影響等が考えられ、年数の経過とともにある程度堆砂進行速度は落ち着いていくものと想定されるが、継続的な堆砂測量によるモニタリングが必要である。

堆砂進行速度は総貯水容量を分母にとって示す場合もあり、この指標では中部地方のダム（0.41%/年）は全国平均（0.26%/年）の約1.6倍である。

表 2-6 堆砂率等の一覧表（直轄・水機構管理ダムで堆砂進行速度が上位 10 位のダム）

ダム名	水系名	完成年	堆 砂 率 等				
			堆砂率① (%)	堆砂率② (%)	堆砂進行速度 (%/年)	比堆砂量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年)	年堆砂量 (万 m <sup>3</sup> /年)
二風谷	沙流川	1997	44	96	4.0	473	57.4
滝沢	荒川	2007	4	45	3.2	1,494	16.2
宇奈月	黒部川	2000	33	68	3.2	626	38.6
浦山	荒川	1998	2	66	2.8	1,104	5.7
川治	利根川	1983	9	107	2.8	1,373	19.8
柳瀬	吉野川	1953	15	185	2.7	1,020	7.1
寺内	筑後川	1978	12	110	2.5	999	5.1
留萌	留萌川	2009	2	30	2.5	907	3.8
宮ヶ瀬	相模川	2000	3	52	2.5	2,425	24.6
長島	大井川	2001	6	47	2.3	428	23.3

全国のダムの堆砂状況（令和3年度），国土交通省。 <https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/river/content/001851204.pdf>，（参照 2025-03-13）。 における堆砂状況データを用いて作成

注 1) 対象ダムは下記の条件を満たすダムのうち、堆砂進行速度の上位 10 ダムとした。

- ・直轄・水資源機構管理ダム
- ・供用年数が 10 年以上（R3 末時点）

注 2) 各項目の算出方法は以下のとおりである。なお、堆砂量は掘削量を戻していない。

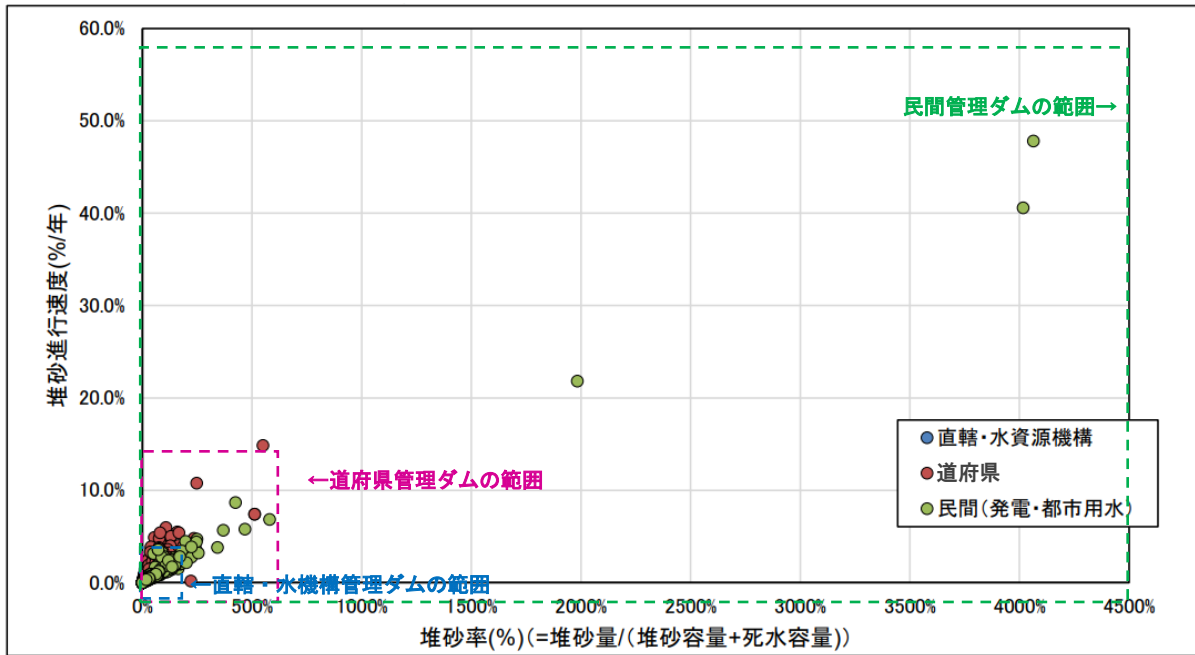
- ・堆砂率①：堆砂量/総貯水容量×100
- ・堆砂率②：堆砂量/堆砂容量×100
- ・堆砂進行速度：堆砂量/堆砂容量×100/供用年数
- ・比堆砂量：堆砂量/流域面積/供用年数
- ・年堆砂量：堆砂量/供用年数

注 3) 注 1 で示した条件を満たすダムについて、死水容量のあるダムは堆砂容量に死水容量を含めて、堆砂進行速度の順位付けを行っている。

注 4) 堆砂進行速度上位 10 ダムについて、いずれのダムも死水容量は無い。

堆砂率②と堆砂進行速度との関係を図 2-41～図 2-44に示す。堆砂率②が100%以内で堆砂進行速度が1%以内（計画以内）に収まっているダムも多いが、都道府県管理ダムや民間管理ダムの一部には、堆砂率②が著しく高く、進行速度が著しく速いダムが見られる。

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

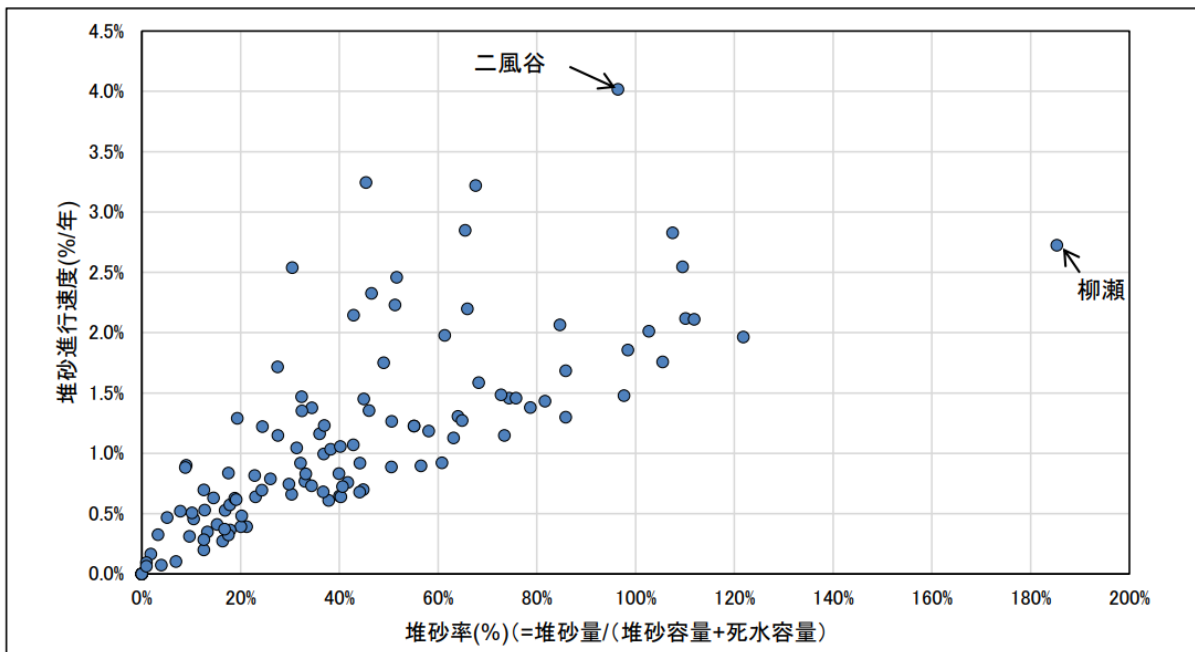


全国のダムの堆砂状況（令和 3 年度），国土交通省．<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/river/content/001851204.pdf>，（参照 2025-03-13）． における堆砂状況データを用いて作成

注 1）供用年数 10 年以上のダムを対象にして作成している。

注 2）堆砂率及び堆砂進行速度の算出にあたり，堆砂量に掘削量は戻していない。

図 2-41 堆砂進行速度と堆砂率②の関係（全ダム）



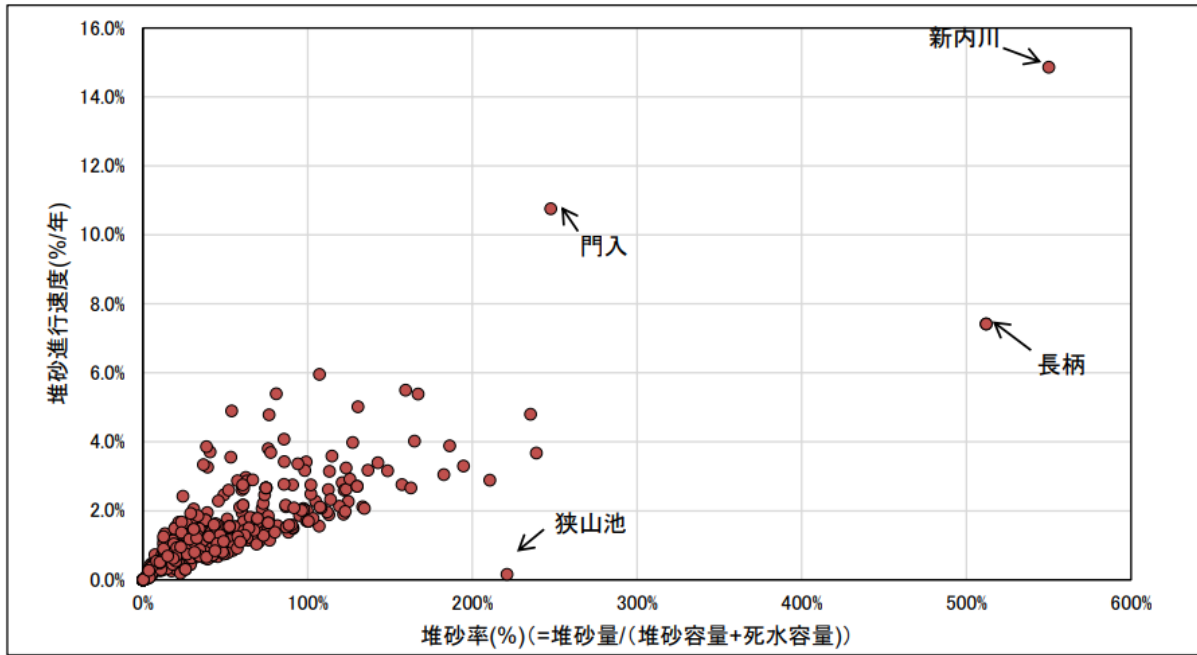
全国のダムの堆砂状況（令和 3 年度），国土交通省．<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/river/content/001851204.pdf>，（参照 2025-03-13）． における堆砂状況データを用いて作成

注 1）供用年数 10 年以上のダムを対象にして作成している。

注 2）堆砂率及び堆砂進行速度の算出にあたり，堆砂量に掘削量は戻していない。

図 2-42 堆砂進行速度と堆砂率②の関係（直轄・水機構管理ダム）

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

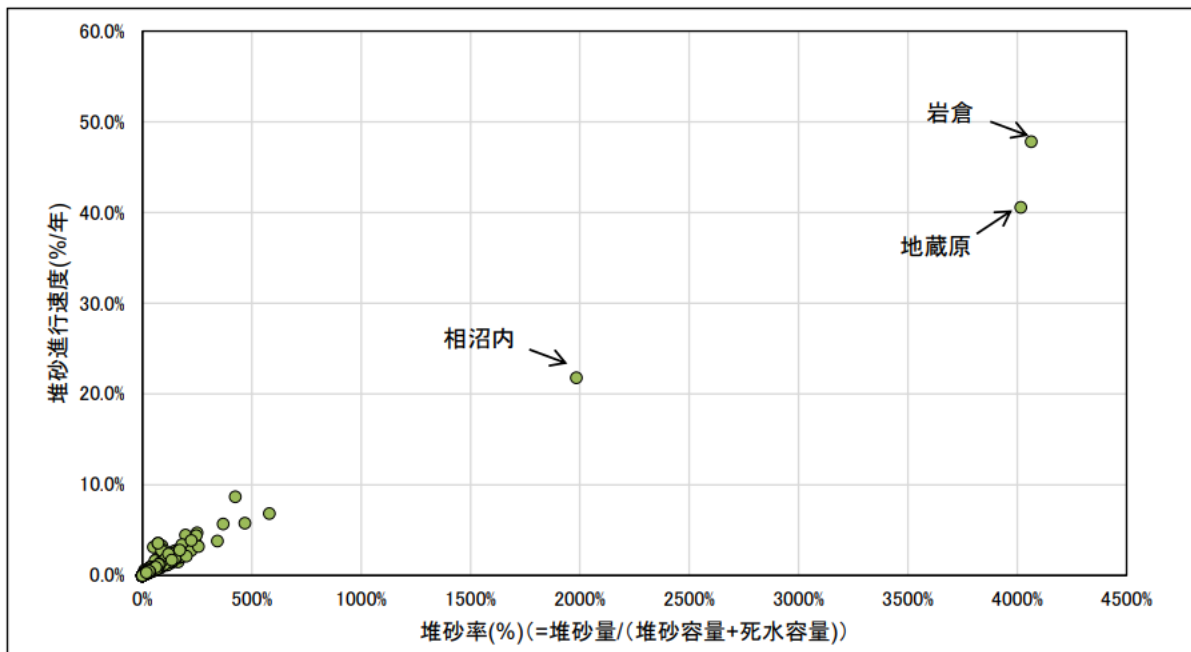


全国のダムの堆砂状況（令和3年度），国土交通省. <https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/river/content/001851204.pdf>,  
（参照 2025-03-13）. における堆砂状況データを用いて作成

注1）供用年数10年以上のダムを対象にして作成している。

注2）堆砂率及び堆砂進行速度の算出にあたり，堆砂量に掘削量は戻していない。

図 2-43 堆砂進行速度と堆砂率②の関係（道府県管理ダム）



全国のダムの堆砂状況（令和3年度），国土交通省. <https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/river/content/001851204.pdf>,  
（参照 2025-03-13）. における堆砂状況データを用いて作成

注1）供用年数10年以上のダムを対象にして作成している。

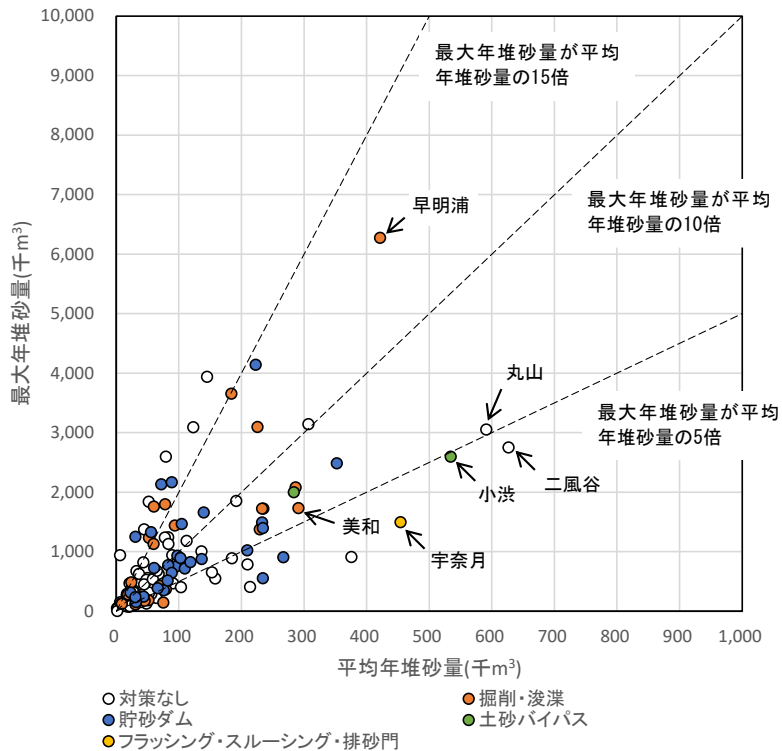
注2）堆砂率及び堆砂進行速度の算出にあたり，堆砂量に掘削量は戻していない。

図 2-44 堆砂進行速度と堆砂率②の関係（発電・都市用水ダム）

2.4.3. 堆砂の時間的推移

堆砂の進行過程をみると、いくつかの堆砂パターンに分類できる。最も多いパターンは一定速度で堆砂が進行するダムであるが、このパターンは堆砂量が少ないダムが多い。堆砂量が多いダムに着目すると、一つの堆砂パターンはダム建設段階での工事に伴う不安定土砂や斜面の切盛に伴う地形変化などにより供用開始直後に堆砂が多い「初期堆砂型」で、ほかの堆砂パターンとしては、出水に伴う「出水堆砂型」、数は少ないが地震に伴う「地震堆砂型」などがある。ここで、「初期堆砂型」は供用後5年以内に年堆砂量が堆砂容量の30%以上、「出水堆砂型」は供用後5年以降に年堆砂量が堆砂容量の20%以上あったダムと定義している。

堆砂量の変動について、最大年堆砂量と平均年堆砂量との関係は図 2-45のとおりである。最大年堆砂量は100万 $m^3$ 以下がほとんどで、平均年堆砂量が少ないダムを除くと、最大年堆砂量は平均年堆砂量の5~10倍以下のダムが多い。しかし、最大年堆砂量が平均年堆砂量の15倍を超えるダムもある。したがって、堆砂対策は基本的には平均年堆砂量を対象に検討を行うが、これを超える大規模堆砂が発生した場合の対応についても別途考えておく必要がある。



出典) ダムの堆砂対策技術ノート, (財)ダム水源地環境整備センター, 2008, 89p.

図 2-45 最大年堆砂量と平均年堆砂量との関係

## 2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

先に示した各々の堆砂パターンに属する主要なダムは以下のとおりである。

- ・初期堆砂型：四十四田ダム、横山ダム、阿木川ダム、天ヶ瀬ダム、漢那ダムなど
- ・出水堆砂型：二風谷ダム、芦別ダム、美和ダム、矢作ダム、柳瀬ダムなど
- ・地震堆砂型：牧尾ダム、一庫ダム、菅沢ダムなど

堆砂パターンごとの堆砂率②の経年変化を図 2-46～図 2-48に示す。図中の赤線は堆砂容量が100年分の堆砂量の場合の推移予想線を示している。

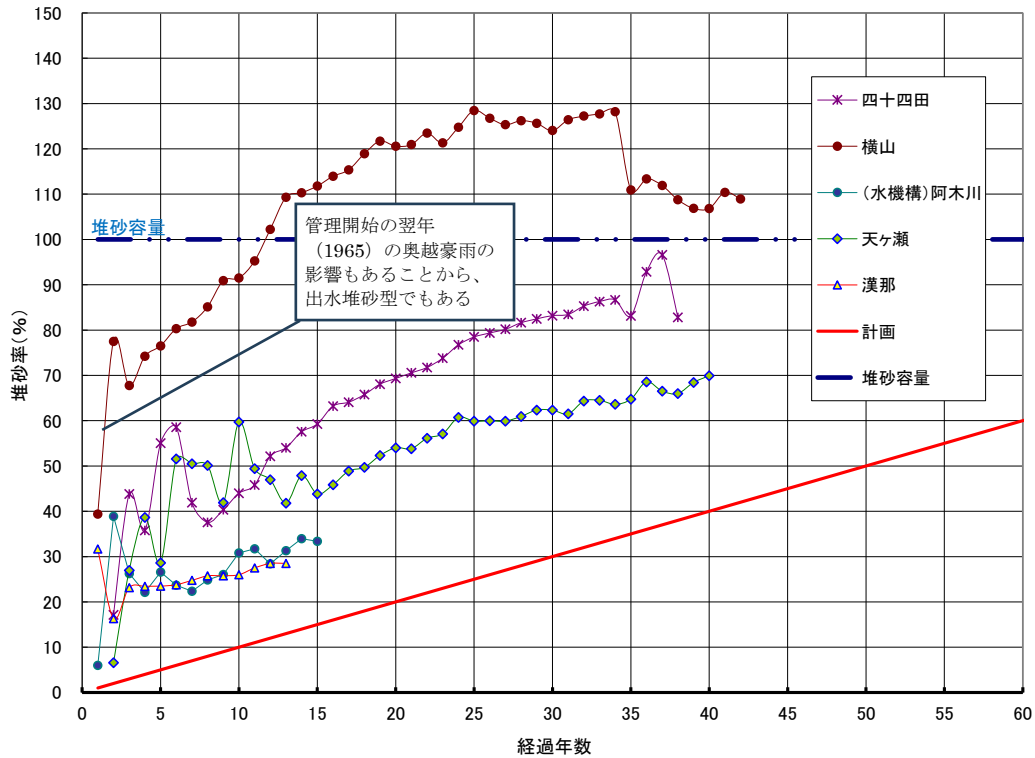


図 2-46 堆砂率②の経年変化（初期堆砂型）

2 日本国内におけるダム貯水池の堆砂状況

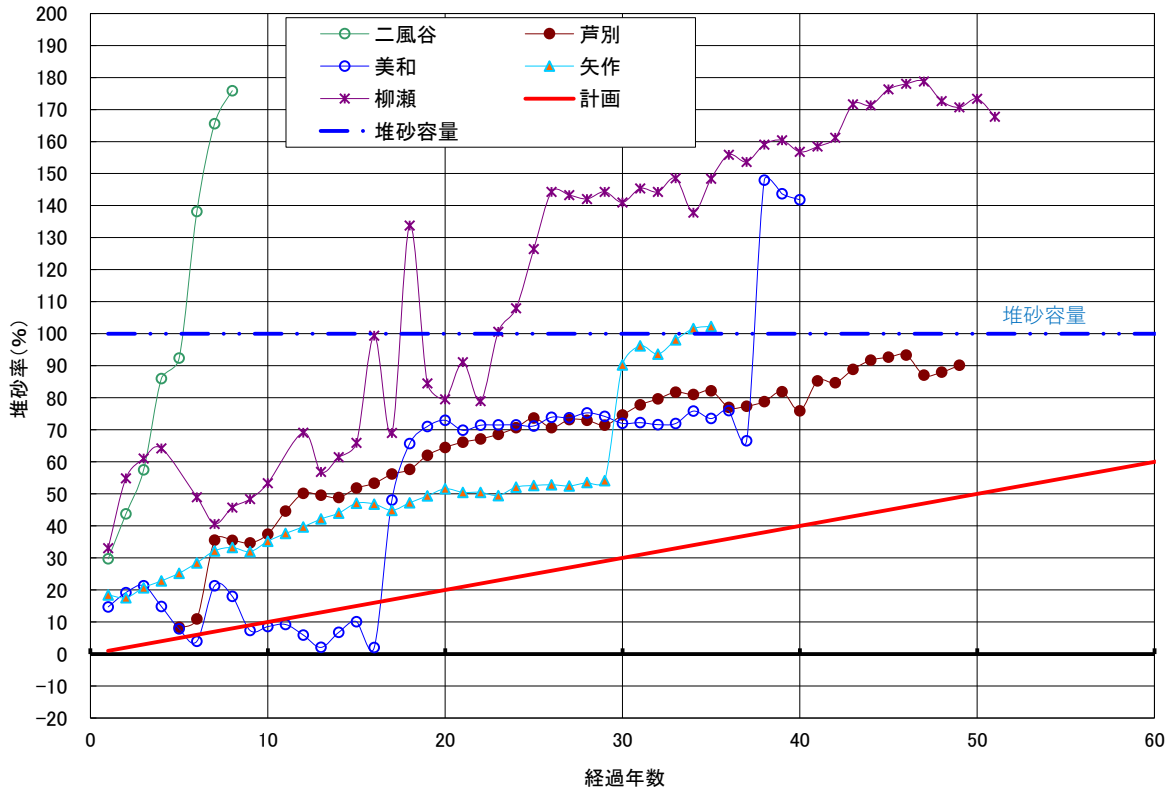


図 2-47 堆砂率②の経年変化（出水堆砂型）

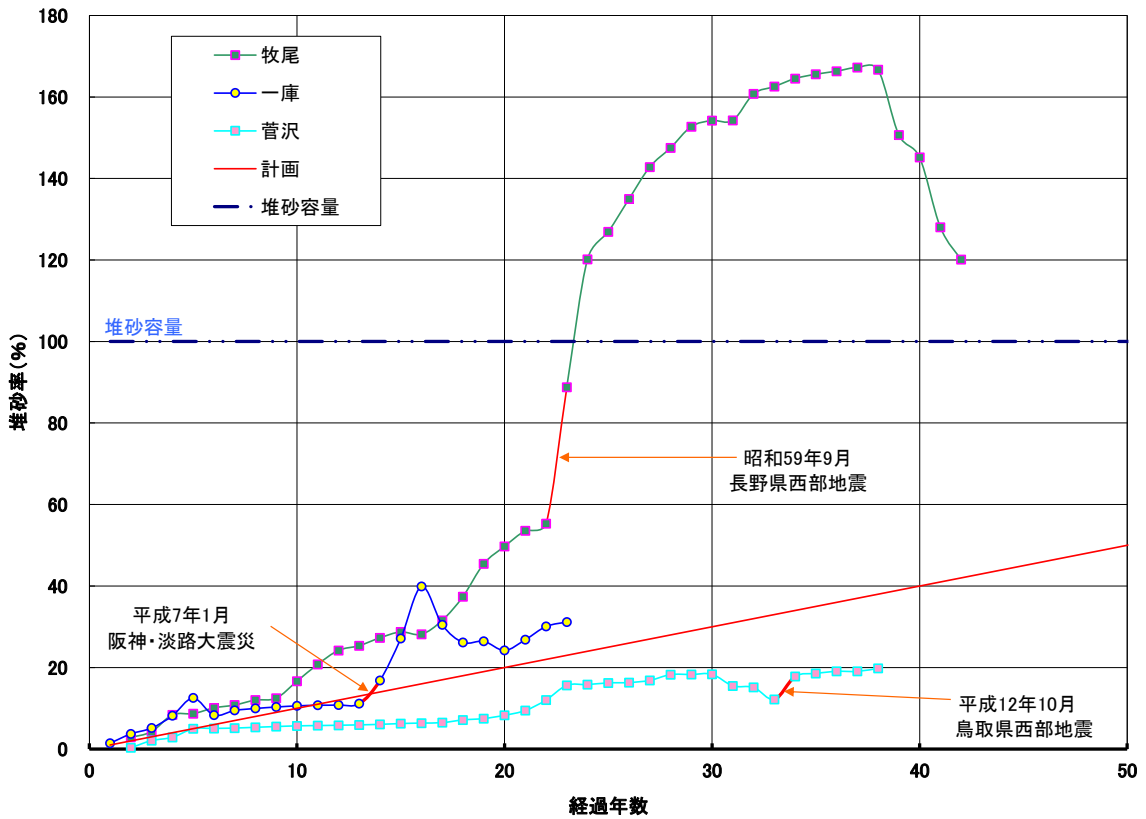


図 2-48 堆砂率②の経年変化（地震堆砂型）

### 3. 堆砂対策の概要と対策選定の考え方

#### 3.1. 堆砂対策のこれまでの流れ

ダムから堆積土砂を除去する対策技術としては従来、掘削・浚渫が多く採用されてきた。掘削はバックホウとダンプトラック（運搬）により、浚渫はポンプ浚渫・グラブ浚渫と土運船・ポンプ圧送（運搬）により行われていることが多い。

一方で、1970年代頃からは以下のような制度が始まっている。

- ・1979年～「貯水池保全事業」：貯砂ダム・土砂搬出路などの設置に関する事業で、当初建設省ダムが対象であったが、現在は道府県管理ダムも対象となっている。
- ・1987年～「特定ダム堆砂排除事業（ダムリフレッシュ事業）」：土砂の掘削・恒久的排砂施設の設置に関する事業。
- ・1992年～「災害復旧事業」：河川管理施設のダムを対象に、一定規模以上の洪水により堆砂量が一定規模に達した場合、洪水調節容量内の堆砂を除去できる。

災害復旧事業による洪水調節容量内の堆砂除去に先立って、当センターは、一連の堆砂の掘削・浚渫、運搬・輸送及び処分に関して、1993年に「ダム堆砂排除の手引き(案)」を作成した。

掘削・浚渫以外の個別ダムの堆砂対策では1991年に、出し平ダムでフラッシング排砂の運用が開始され、2001年からは宇奈月ダムとの連携排砂が始まった。また、土砂（排砂）バイパス※は水道用のダムに先例があり1905年に立ヶ畑ダム、1908年に布引五本松ダムで設置されている。本格的な設備としては1998年に旭ダム、2005年に美和ダム、2016年に小渋ダムと松川ダムで運用が始まった。

なお、先に述べたとおり、我が国では伝統的に掘削・浚渫が多いが、スイス、フランス、台湾などでは、貯水池規模が中規模以下の貯水池で土砂バイパスとフラッシング排砂が多く、中国の黄河や長江は比較的土砂の粒径が細かく、ダム貯水池が大きい場合には密度流排出を含むスルーリング排砂が行われている。

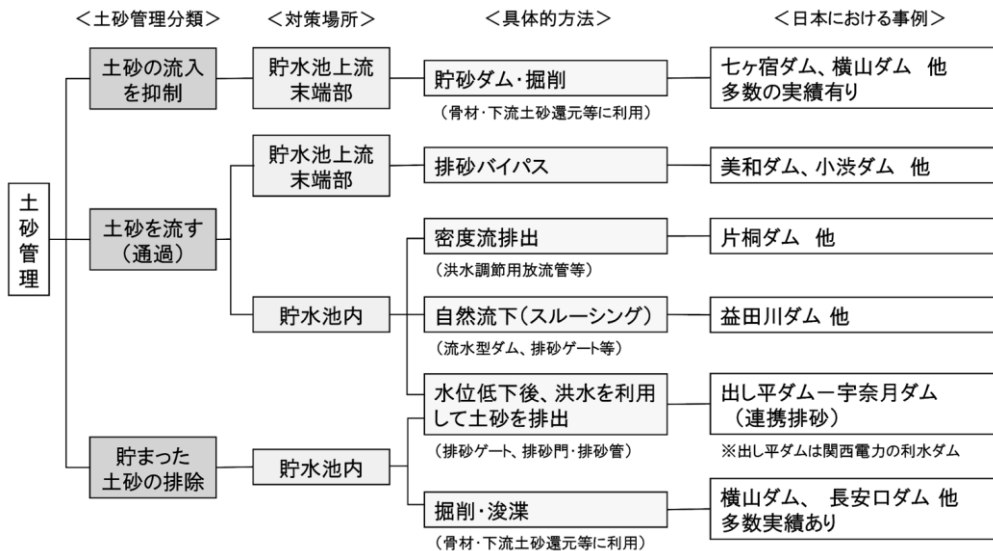
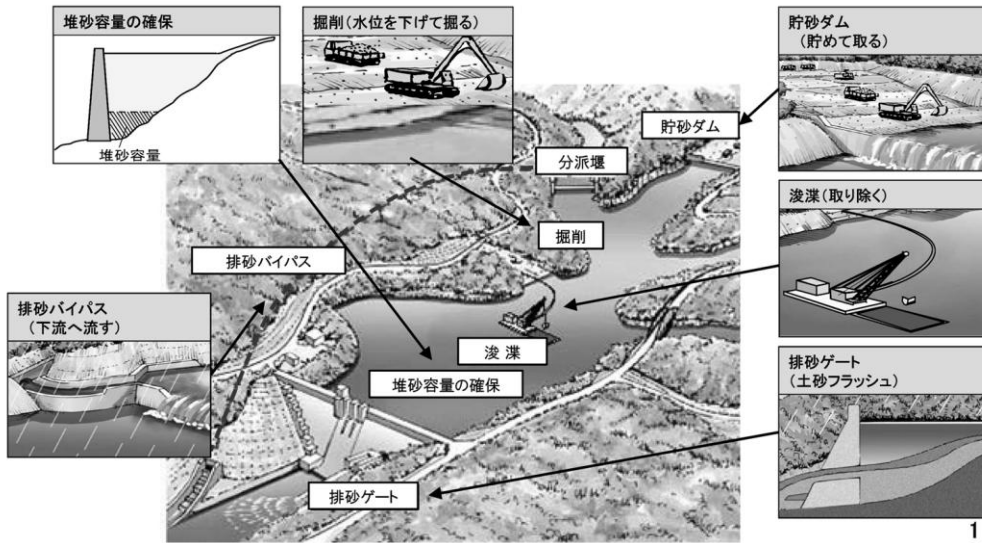
※土砂バイパスは排砂バイパスと表現することもあるが、本資料の本文では「土砂バイパス」としている。（一部、引用した図表内等は除く）

### 3.2. 堆砂対策の体系的な整理

堆砂対策には先に述べたとおり多くの種類があり、いくつかの技術資料の中で体系的に整理されている（図 3-1など）。また、各対策の概要は表 3-1のとおりである。

堆砂対策は、貯砂ダムのように土砂の流入を抑制する対策、土砂（排砂）バイパスのように流入してくる土砂を流す（通過させる）対策及び掘削や浚渫のように溜まった土砂を排除する対策に分類できる。

各工法の実施ダムは参考資料に示している。



出典) 主な堆砂対策, 国土交通省. <https://www.mlit.go.jp/river/dam/taisa/taisa3.pdf>, (参照 2025-03-13).

図 3-1 ダム貯水池堆砂対策の分類

### 3 堆砂対策の概要と対策選定の考え方

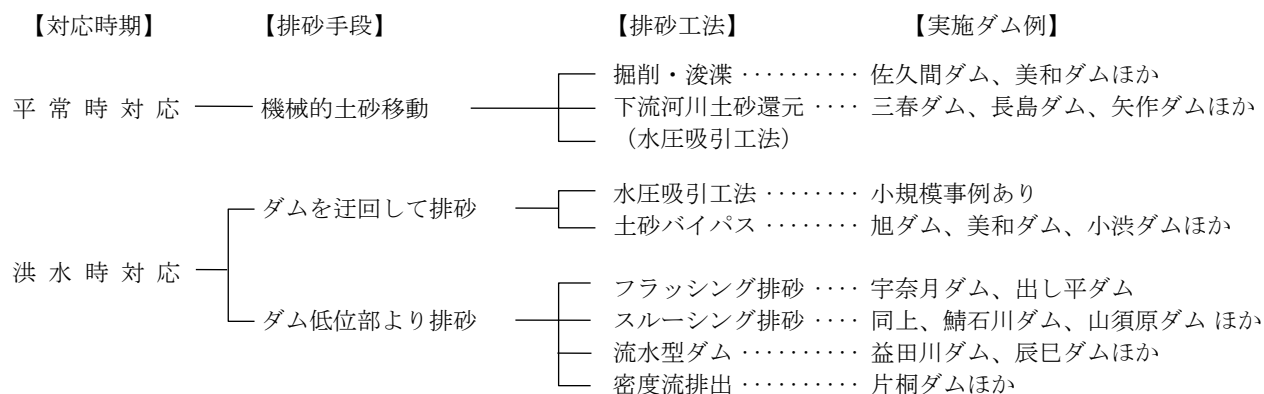
表 3-1 堆砂対策の概要

工法	工法の概要・特徴
砂防事業 樹林帯の整備 ①	砂防事業や治山事業により、山林からの土砂の流出を抑制する <長所>貯水池内への土砂流入量自体を低減可能 <短所>現在堆積している土砂には対応不可能、砂防堰堤等は大規模土砂流出時には効果が期待できるが、長期的な流出量の抑制は期待できない
貯砂ダム ①	貯水池上流端に貯砂ダムを設置することにより有効貯水容量内への土砂流入を抑制するとともに、貯砂ダム上流に堆積した土砂を比較的安価な陸上掘削により除去する <長所>貯砂ダム以外には大規模な設備、大規模な重機を必要としない <短所>細粒分の捕捉は困難である、貯砂ダム上流の堆積が進行した場合には捕捉効果が低下する、堆積した土砂は継続的に掘削除去する必要がある
土砂バイパス ①②	分派堰から分流した洪水・土砂を、トンネルを通じて、ダム下流の河道へ流下させる <長所>分派率に応じた流量見合いの流砂量を排砂できる <短所>トンネル建設費が高い、分派堰が必要、摩耗対策が必要、対象粒径によっては継続的なインバート補修が必要、場合によっては粗粒分を捕捉してトンネルへの流入を抑制するための貯砂ダムが必要
スルーシング (流水型ダム等) ②	貯水池に流入した土砂を洪水の掃流力を利用してゲートから通砂する(通過させる) <長所>ゲート操作により確実に排砂できる <短所>貯水位を下げる必要がある、排砂ゲートが必要、摩耗対策が必要、貯水池上流に堆積した土砂が十分に排砂されない場合がある
密度流排出 ②	密度流の発生にあわせて、流入濁水や底層に堆積した細粒分を低標高のゲート等から放流する <長所>タイミング良く放流すれば、細粒分を効率的に排砂できる <短所>密度流の発生が必要、低標高の放流管(ゲート)が必要、放流タイミングが難しい
フラッシング ③	貯水池に堆積した土砂を洪水の掃流力を利用してゲートから排砂する <長所>ゲート操作により確実に排砂できる <短所>貯水位を下げる必要がある、排砂ゲートが必要、摩耗対策が必要、貯水池上流に堆積した土砂が十分に排砂されない場合がある、自然河川に比べて大量の土砂が流下してしまう場合がある
土砂を吸引して排出 (水圧吸引工法) ③	水位差を利用して、サイフォンの原理で吸引した土砂を、排砂管を通じて下流へ流下させる(堆砂下に排砂管を設置する固定式と、台船上からの排砂管を通じて浚渫する移動式がある) <長所>省エネ、排砂濃度の調節ができる <短所>排砂性能が未確認、流木等による排砂管・吸砂口の閉塞・損傷
掘削・浚渫 ③	バックホウやグラブ浚渫船などにより堆砂を除去し、土砂はダンプトラックやポンプ圧送等により輸送する <長所>特別な設備を用いることなく土砂を除去できる <短所>排砂量は多くない、土砂を仮置きするスペースが必要、土砂の運搬に制約がある

工法の下に数字について： ①土砂の流入を軽減 ②流入してくる土砂を流す ③溜まった土砂の排除

### 3 堆砂対策の概要と対策選定の考え方

なお、2008年に当センターが発行したダム堆砂対策技術ノートでは、対応時期や排砂手段に着目した分類を示した。参考としてこの分類も、実施ダム例を追加して図 3-2に示す。



出典) ダムの堆砂対策技術ノート, (財)ダム水源地環境整備センター, 2008, 89p. 一部加筆

図 3-2 主要な排砂工法の分類と実施ダム

### 3 堆砂対策の概要と対策選定の考え方

#### 3.3. 対策選定の考え方

##### 3.3.1. 対策選定の流れ

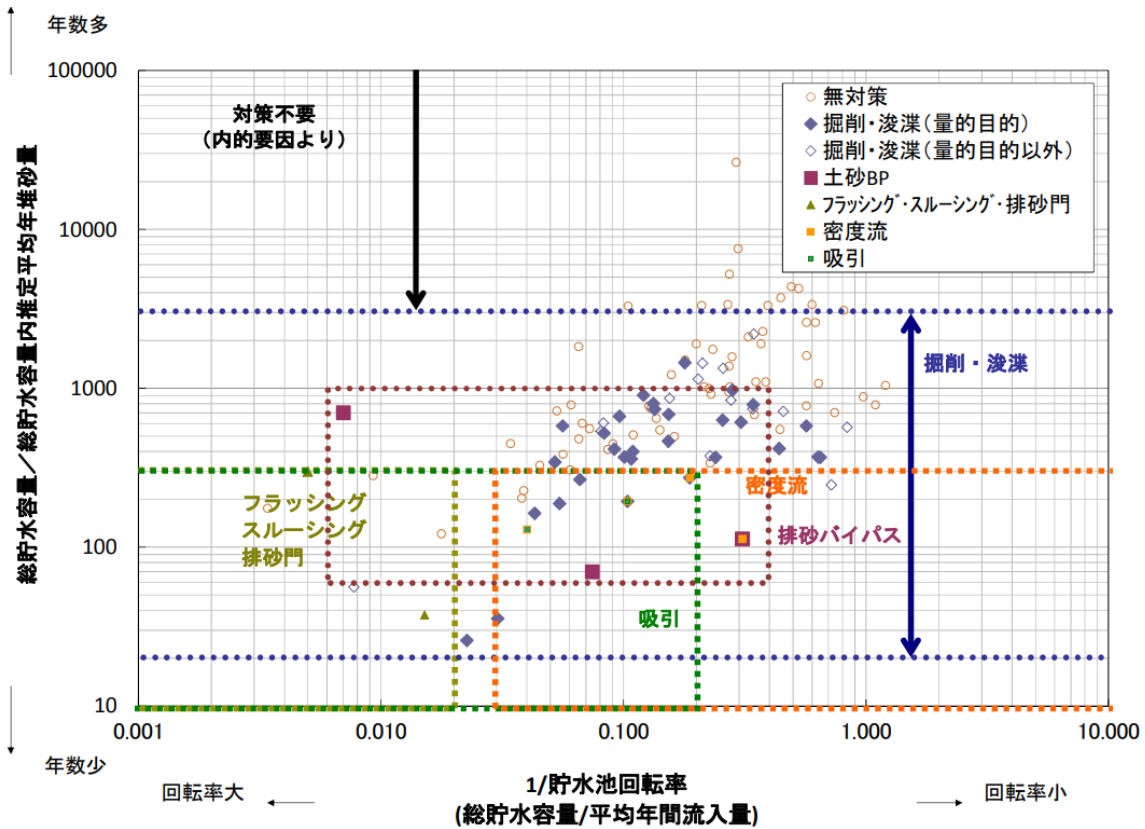
各ダムにおいてどの対策を選定するかについては国交省手引きを参考にする。ここでは手引きに示されている対策工法選定の概要（表 3-2）と、貯水池の回転率や貯水池規模に着目した堆砂対策工法の概略選定図（図 3-3）を示す。

表 3-2 堆砂対策工法の選定手順とその概要

手順	概要
<b>堆砂対策工法の 一次スクリーニング</b> 総貯水容量に対する堆砂量及び流入水量により適用性を概略選定	<ul style="list-style-type: none"> <li>一次スクリーニングでは、貯水池特性に応じた工法を判断する</li> <li>貯水池特性の指標は①「1/貯水池回転率」と②「総貯水容量/総貯水容量内推定平均堆砂量」を用いる</li> <li>①は総貯水容量に対する流入水量の特性、②は総貯水容量に対する堆砂量の特性を表している</li> <li>図 3-3 に示す、直轄・水機構管理ダムの堆砂対策の実施実績と、上記の貯水池特性(横軸:①、縦軸:②)の関係を整理した選定図より、堆砂対策工法の適用性を概略的に評価する</li> </ul>
<b>堆砂対策工法の 二次スクリーニング</b> 各工法に要求される制約条件を踏まえて適用性を判定	<ul style="list-style-type: none"> <li>二次スクリーニングでは、一次スクリーニングにより選定された工法に対して、各工法が要求する固有の制約条件から適用性を判断し、適用の可能性のある工法を選定する</li> <li>国内外の堆砂対策工法ごとのダム諸元(既設ゲートの設置位置等)、貯水池諸元(流域面積、貯水池延長等)、貯水池運用上(貯水池回転率、洪水調節操作等)の適用限界と対象ダムの諸元を比較し、適用性を評価する</li> <li>掘削・浚渫工法は、多くのダムで実績があり、工法適用の制約を受けにくいことから、どのダムでも適用可能と判断する</li> </ul>
<b>堆砂対策工法の 詳細比較</b> スクリーニングにて適用可能と判定された各工法について、単独あるいは組合せ案の比較検討を行い、最適案を選定	<ul style="list-style-type: none"> <li>一次・二次スクリーニングによって適用性があると判定された工法を対象に、「事業効果と経済性」、「排砂能力」、「社会資本の持続性」、「社会環境・河川環境への影響に対する対応可能性」の観点から詳細検討を行い、最適な対策工法、あるいは工法の組合せを決定する</li> <li>土砂バイパスやフラッシング・スルーシング等、ダム下流河川に対して土砂を排出する対策工法を選定する場合は、実験や数値シミュレーション等により、ダム下流河川への排砂の影響を十分評価する必要がある</li> <li>総合土砂管理の観点からも下流河川への土砂還元を実施することが望ましいと考えられる場合は、水系の特性や下流河川、海岸で必要とする土砂の量や性状(質)を踏まえ、堆砂対策工法の検討を行う必要がある</li> </ul>

出典) ダム貯水池土砂管理の手引き(案), 平成 30 年 3 月, 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課. [https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/dam7/pdf/damtyosuichidosyakanritebikiH30.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/dam7/pdf/damtyosuichidosyakanritebikiH30.pdf), (参照 2025-03-13). に掲載されている情報を元に作成

### 3 堆砂対策の概要と対策選定の考え方



※上記の密度流にプロットされているダムは、結果的に密度流となったダムであり、計画的には実施されていない。  
 ※吸引（機械的対策）を実施しているダムはなく、上記のプロットは計画段階のダムとなっている。

図の説明  
 ・排砂工法の適用性と貯水池特性などとの関係は、一つは貯水池回転率と貯水池寿命により表現される。ここで、貯水池回転率＝年間総流入水量／総貯水容量、貯水池寿命＝総貯水容量／年間総流入土砂量で、これらの指標は流入水量・土砂量と総貯水容量との相対関係を示している。  
 ・角(2005)によれば、各排砂工法の適用性は貯水池の回転率・寿命と関係が深く、1／回転率及び寿命の値が小さいほど、フラッシング排砂や排砂ゲートが有効となり、この値が大きくなると堆砂対策の必要性は少なくなる傾向にある。  
 出典)角哲也. 土砂管理で「千年ダム」の実現を. 季刊 河川レビュー. 2005, Vol.34, No.3, p.34-41.

出典)ダム貯水池土砂管理の手引き(案),平成30年3月,国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課. [https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/dam7/pdf/damtyosuichidosyakanritebikiH30.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/dam7/pdf/damtyosuichidosyakanritebikiH30.pdf), (参照 2025-03-13). 一部加筆

図 3-3 堆砂対策工法の概略選定図

### 3 堆砂対策の概要と対策選定の考え方

#### 3.3.2. 堆砂対策を選定するフローの提案

対策の選定は、国交省手引きを参考に行うことが基本となるが、これとは別に当センターでは、2008年に施設の排砂特性と貯水池・洪水特性を踏まえた排砂工法の選定フロー案を作成したため、参考としてこれを紹介する（図 3-4）。

選定に当たって採用しているパラメータは貯水池回転率・寿命のほか、貯水位の低下、流入土砂量及びその粒径、河床勾配、放流管標高などである。

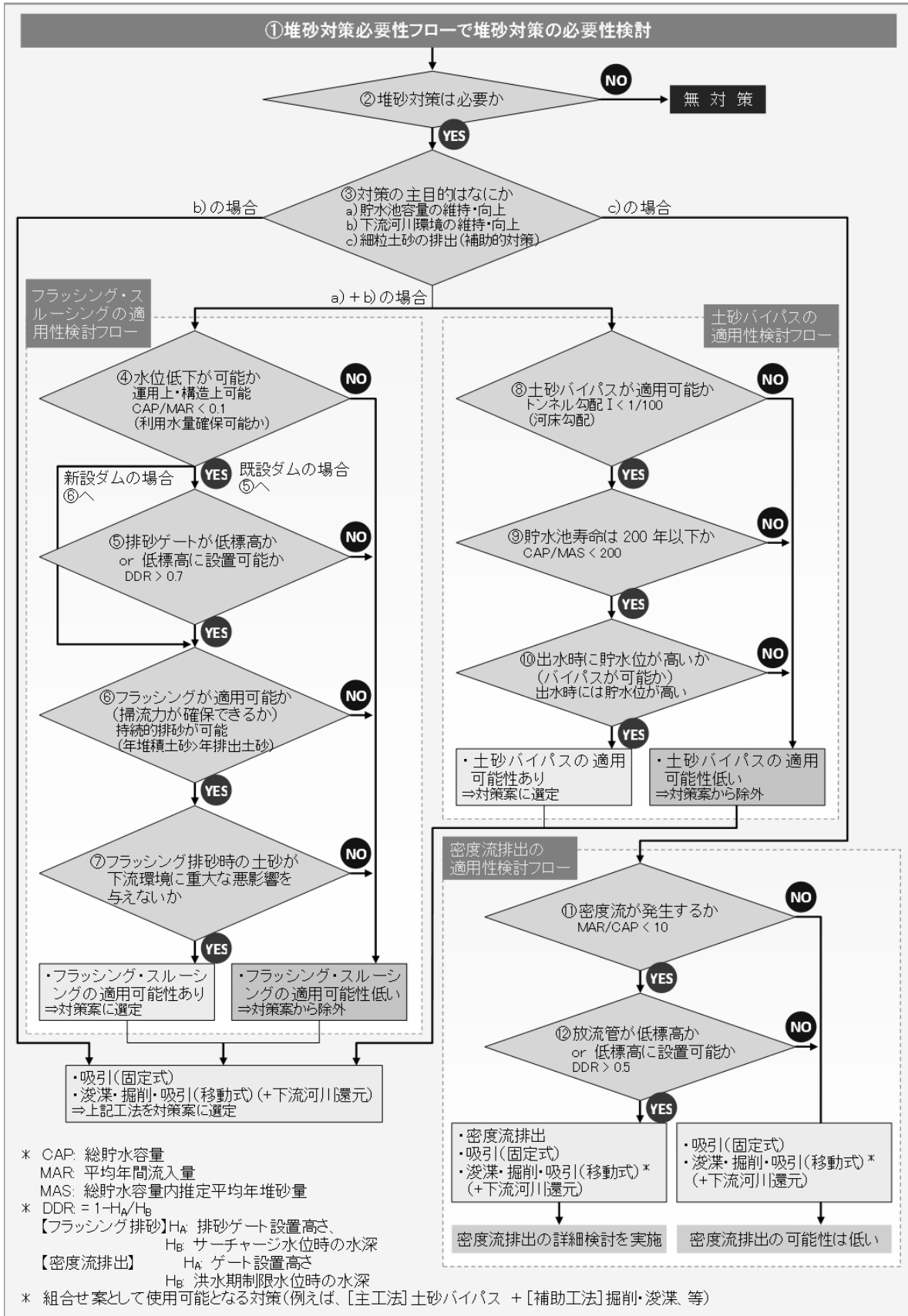
本フローはあくまでも対策の一次スクリーニングとして用いることを想定しており、実際には、選定されたいくつかの手法について、経済性や環境におよぼす影響等も含めて更に詳細な検討を行った上で選定する。

参考として、本フローを適用する際の留意点を以下に示す。

- ・特に必要排砂量が多いダムでは、複数の工法を組み合わせる必要がある。
- ・排砂手段（排砂ゲートからの排砂か、ダムを迂回した排砂か）や貯水位低下の可能性などに対して検討を行い、組合せが可能な工法群を念頭に置いておく必要がある。例えば、土砂バイパスと水圧吸引工法は組合せ可能だが、フラッシング排砂は土砂バイパスとは相容れない工法である。
- ・土砂バイパスの適用性評価については、2023年に当センターが発行した「土砂バイパストンネル計画策定のための参考手引き（案）」の中で土砂バイパストンネル計画の標準検討フローを提案しており、これを参考とする（図 3-5）。

今後は国内のダムにおける堆砂対策の選定状況等を踏まえて選定フローの妥当性を検証しながら、対策選定手法を提案していく予定である。

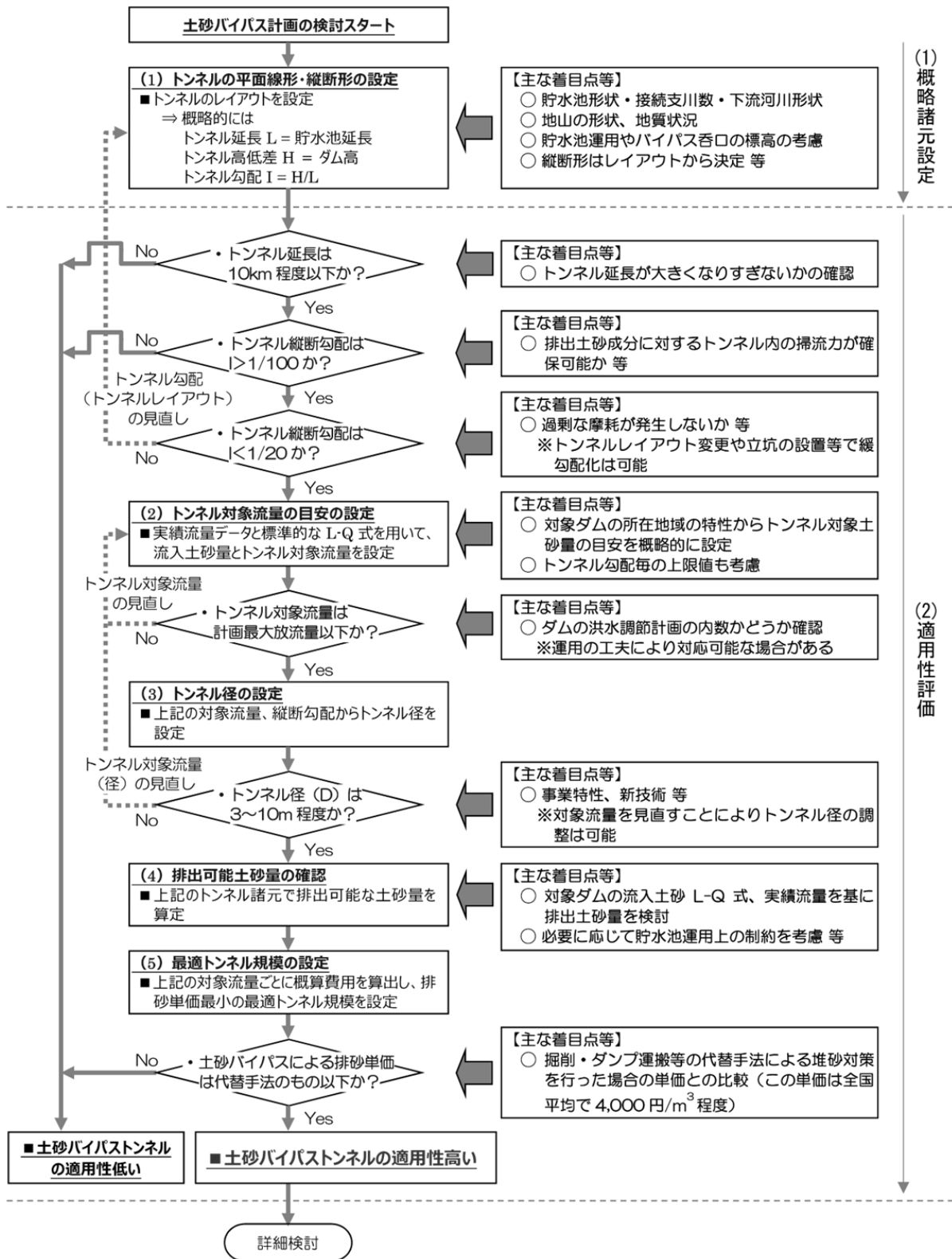
### 3 堆砂対策の概要と対策選定の考え方



出典) ダムの堆砂対策技術ノート, (財)ダム水源地環境整備センター, 2008, 89p. に一部加筆

図 3-4 当センターが提案する堆砂対策の選定フロー

### 3 堆砂対策の概要と対策選定の考え方



出典) 土砂バイパストンネル計画策定のための参考手引き (案) . ダム土砂マネジメント研究会・(一財)水源地環境センター, 2023, 131p.

図 3-5 土砂バイパストンネル計画の標準検討フロー

### 3 堆砂対策の概要と対策選定の考え方

#### 3.3.3. 各対策を導入する際の適用性

各堆砂対策には各々に長所や短所があり、当該ダムの貯水池、堆砂、河道、流入量及び流入土砂量等の特性を踏まえながら、当該ダムに適した工法を選定していく必要がある。

排砂工法について各特性に対する適用性（適用条件）をまとめた表 3-3から分かるように、フラッシングや密度流排出などはダム・貯水池・堆砂特性と関係が深く、下流河川への土砂還元は河道・流入特性と関係が深い。また、場合によっては、関連する施設の建設や運用の変更により適用性を高めることも可能である。

表 3-3 排砂対策を適用するために必要な条件（適用性の整理）

	ダム・貯水池・堆砂特性	河道・流入特性	その他の特性
土砂バイパス	<ul style="list-style-type: none"> <li>洪水初期に排砂効率が低下するほどの貯留操作を必要としない（排砂に流入水量を十分使用できる）</li> <li>バイパストンネルに洪水を導流する施設（分派堰など）を建設できる</li> <li>大量の堆砂を排除することができる</li> <li>堆砂のうち、粗粒分を排砂対象に含んでいる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯水池への代表流入河川が複数ではない</li> <li>バイパスに土砂が堆積しない程度のトンネル勾配にすることができる</li> <li>トンネル建設が困難でない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>トンネル建設に多額の費用を要するため、経済性を確保する程度の排砂量がある</li> </ul>
スルーシング フラッシング	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯水池の運用上、貯水位を下げて支障が少ない</li> <li>排砂に伴って下流河道におけるSS濃度が高くないよう、排砂頻度を設定できる</li> <li>貯水池が、排砂のための掃流力を得られるような河床勾配を有している</li> <li>ダムの低標高に排砂ゲートがある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>排砂後、貯水位を回復するのに十分な流量（水量）が得られる</li> <li>継続的な堆砂管理が困難なほど、貯水池への流入土砂量が多くない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>摩耗対策をとることができる</li> </ul>
流水型ダム	<ul style="list-style-type: none"> <li>利水機能が不要である</li> <li>大きな洪水調節容量を必要としない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>利水機能が不要である</li> <li>大きな洪水調節容量を必要としない</li> <li>洪水吐きを閉塞するような巨礫が少ない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>摩耗対策をとることができる</li> </ul>
密度流排出	<ul style="list-style-type: none"> <li>密度流が発生しやすい（貯水池回転率が小さい、堆砂面勾配が大きい）</li> <li>堆砂デルタが堤体から離れていない</li> <li>ダムの低標高に放流管（ゲート）がある</li> <li>堆砂のうち、細粒土砂が排砂対象である</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>密度流がダム堤体付近へ到達することを予測できる</li> <li>密度流到達にあわせて、タイミングよく放流することができる</li> </ul>
掘削・浚渫	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯水位が低いか、水位を下げられる（掘削の場合）</li> <li>貯水池に台船等を入れることができる（浚渫の場合）</li> <li>土砂を仮置きするスペースがある</li> <li>発生する濁水が汚濁防止膜等で拡散を抑制できる程度である（浚渫の場合）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯水池への流入土砂量が多くない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘削・浚渫土を利用・処分することができる</li> <li>処分地への運搬に支障が少ない</li> </ul>
水圧吸引工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>洪水初期に排砂効率が低下するほどの貯留操作を必要としない（排砂に流入水量を十分使用できる）</li> <li>通常洪水時の堆砂高の変動がそれほど大きくない</li> <li>堆砂のうち、細粒土砂が排砂対象である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>排砂管・吸砂口を閉塞させる流木等が多くない</li> <li>トンネル建設が困難でない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>清水の導水により、排出濃度を調節することができる</li> </ul>

\*各対策の適用性を満たさない条件が、各工法の課題（すべての課題ではない）や適用限界となる。

\*経済的な適用性については別途検討が必要である。

## 4. 堆砂対策の実際

本章では堆砂対策の事例を紹介するとともに、各対策について技術的な特徴や課題、さらには、実施に当たっての留意点を示す。

なお、堆砂対策のうち、事例数が多い掘削・浚渫、最近国内で事例が増えつつある土砂パイパストンネル及び、堆砂対策だけが目的ではないが土砂のスルーシング対策の一種であり国内で事例が増えてきた流水型ダムについては詳述し、その他の対策については概要を示した。

### 4.1. 掘削・浚渫

#### 4.1.1. 概要

掘削・浚渫は最も多く使われている土砂の除去方法であり、貯水池内だけでなく、貯砂ダムなどの堆砂も対象となる。主な掘削・浚渫工法を図 4-1に示す。

掘削では陸上又は水深の浅い堆砂を対象として機械掘削を行い、浚渫では水深の深い堆砂も対象にグラブやポンプ等で浚渫を行っている。掘削・浚渫量は、例えば美和ダムでは約40年間で総堆砂量の約3割に相当する約550万 $m^3$ を除去し、佐久間ダムでは1980年代以降に毎年、約20～40万 $m^3$ の除去を行っている。



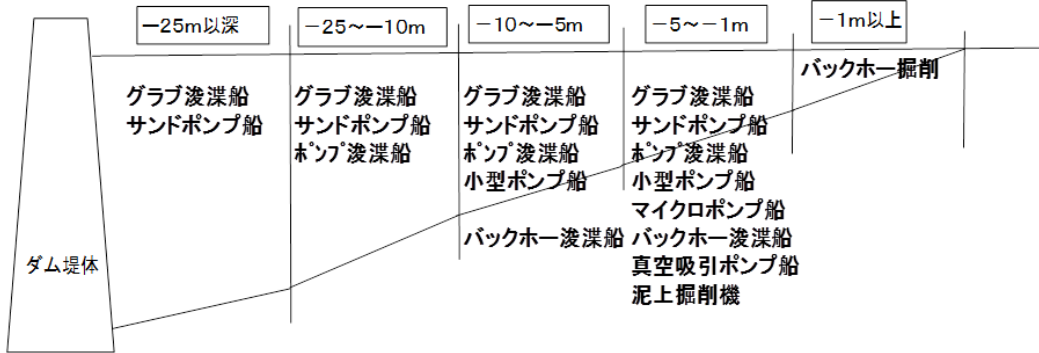
出典) 本多将人, “ダム堆砂対策工法の概要”, (一社)ダム水源地土砂対策技術研究会 平成 25 年度技術講演会, [https://doshaken.com/event/images/pdf/H26\\_presen2.pdf](https://doshaken.com/event/images/pdf/H26_presen2.pdf), (参照 2025-03-13)

図 4-1 主な掘削、浚渫工法

## 4 堆砂対策の実際

### 4.1.2. 工法

適用できる工法は、貯水池の水深や土砂の性状などにより異なる。例えば、水深が深い場合はグラブ浚渫船やサンドポンプ船が用いられる（図 4-2）。土砂の粒径が細かい場合、適用できる浚渫工法や除去した土砂の運搬方法は多いが、粒径が大きい場合は手法が限られ、浚渫工法ではグラブ浚渫やバックホウ型浚渫が用いられる。また、除去した土砂の運搬についてはダンプトラックや土運船が用いられる（図 4-3）。



出典) 本多将人. “ダム堆砂対策工法の概要”. (一社)ダム水源地土砂対策技術研究会 平成 25 年度技術講演会. [https://doshaken.com/event/images/pdf/H26\\_presen2.pdf](https://doshaken.com/event/images/pdf/H26_presen2.pdf), (参照 2025-03-20)

図 4-2 ダムにおける掘削・浚渫工法の適用水深

輸送・運搬方法	粒径 (mm)					
	0.005	0.075	0.25	2	75	
	粘土	シルト	細砂	粗砂	礫	大塊
グラブ浚渫船	●	●	●	●	●	●
バックホウ型浚渫船 (泥上掘削機含む)	●	●	●	●	●	●
大型ポンプ浚渫船	●	●	●	●	●	●
水中サンドポンプ船	●	●	●	●	●	●

輸送・運搬方法	粒径 (mm)					
	0.005	0.075	0.25	2	75	
	粘土	シルト	細砂	粗砂	礫	大塊
水搬工法 (スラリー輸送)	●	●	●	●	●	●
空気圧送	●	●	●	●	●	●
ベルトコンベアー輸送	●	●	●	●	●	●
ダンプトラック輸送	●	●	●	●	●	●
土運船	●	●	●	●	●	●

出典) 本多将人. “ダム堆砂対策工法の概要”. (一社)ダム水源地土砂対策技術研究会 平成 25 年度技術講演会. [https://doshaken.com/event/images/pdf/H26\\_presen2.pdf](https://doshaken.com/event/images/pdf/H26_presen2.pdf), (参照 2025-03-13)

図 4-3 浚渫工法及び運搬・輸送工法等の対象となる土質

#### 4 堆砂対策の実際

浚渫の主な方式やこれまでの実績を表 4-1に示す。表中の実績はいずれも非洪水時の適用実績である。

浚渫に関する吸引方式には表に挙げた一般的なインペラー（羽根車）方式ポンプのほか、エジェクター（ジェットポンプ）や混気ジェットポンプ（MJP）などがある。エジェクターは主に砂を対象とするが、キャビテーションが発生することがあるため、長距離輸送することは難しい。混気ジェットポンプは構造がシンプルでノズルの摩耗・故障が少ないものの、効率性からコストが割高となる場合がある。

浚渫では、堆積土をほぐしながら効率的に浚渫できるよう、先端にカッターなどを補助的に装備する方法があるが、沈木が作業に支障を来すことがある。小型ポンプ船やマイクロポンプ船などの先端回転式カッターは掘削力が大きい。真空吸引ポンプ船の平面ロータリー式カッターや水圧吸引工法などのサイドロータリー式カッターは、ロータリー部に障害物をかんで閉塞しやすい。

大型作業船は専用船であることがほとんどであるが、小型ポンプ船・グラブ浚渫船・バックホウ浚渫船には専用船と可搬式がある。台船が入れない貯水池では組立式鋼台船（ユニフロー）が用いられ、機械等を積み込んだ上で、バックホウ浚渫船、グラブ浚渫船、土運船などとして利用している。

表 4-1 浚渫の方式・実績

項目 浚渫船	浚渫原理	ほぐす方法	動かす方法	輸送方法*				適用実績の例
				①	②	③	④	
グラブ浚渫船	つかみ方式	バケットの爪	上下旋回方式		●	●	●	井川ダム、 岩知志ダム
サンドポンプ船	インペラー吸引	ジェット水	吊下旋回方式	●	●	●	●	佐久間ダム、 秋葉ダム
ポンプ浚渫船	インペラー吸引	カッター	スイング方式	●				佐久間ダム
小型ポンプ船	インペラー吸引	カッター	スイング方式	●				
マイクロポンプ船	インペラー吸引	カッター	スイング方式	●	●	●	●	高滝ダム、 布目ダム(副ダム)
バックホウ浚渫船	すくいあげ方式	バケットの爪	上下旋回方式		●	●	●	坂上ダム、 幌加ダム
真空吸引ポンプ船	真空吸引	カッター	スイング方式	●	●	●	●	鹿瀬ダム

\*輸送方式は①水搬工法、②土運船、③空気圧送、④ポンプ圧送である

## 4 堆砂対策の実際

### 4.1.3. 土量、運搬量

浚渫土量と各種工法の適用範囲を図 4-4に示す。

掘削・浚渫量は、例えばバックホウ浚渫船とグラブ浚渫船で1,000m<sup>3</sup>/日未満である。なお、貯水池周りでは排除した土砂を置くヤードが制限されることが多いため、必要に応じて、土砂受入れ地へダンプ等で直接搬送する必要がある。牧尾ダムのように地震に伴う堆砂の緊急除去のため、800台/日のダンプトラックを稼働させた例もあるが、実際には沿道環境に与える影響から稼働できるダンプ台数が限定され、この制約が排砂量を規定する場合もある。なお、土砂の運搬距離は一般的には20km未満が約8割と多い。例外的に天竜川の佐久間ダムにおいては、砂利採取業者がダム貯水池から約45km下流までの遠距離をダンプトラックで運搬した。

また、運搬コストは図 4-5に示すとおり距離にほぼ比例し、10km運搬で約2.5千円/m<sup>3</sup>、20km運搬で約4千円/m<sup>3</sup>である。

1日当り浚渫量	50m <sup>3</sup> ~	100m <sup>3</sup> ~	500m <sup>3</sup> ~	1000m <sup>3</sup> ~	3000m <sup>3</sup> 以上
バックホー掘削	●	●	●	●	●
バックホー浚渫船	●	●	●	●	
グラブ浚渫船	●	●	●	●	
サンドポンプ船	●	●	●		
小型ポンプ船			●	●	●
ポンプ浚渫船				●	●

出典) 本多将人. “ダム堆砂対策工法の概要”. (一社)ダム水源地土砂対策技術研究会 平成 25 年度技術講演会. [https://doshaken.com/event/images/pdf/H26\\_presen2.pdf](https://doshaken.com/event/images/pdf/H26_presen2.pdf), (参照 2025-03-13)

図 4-4 浚渫土量と各種工法の適用範囲 (1日あたり地山 8~6 時間)

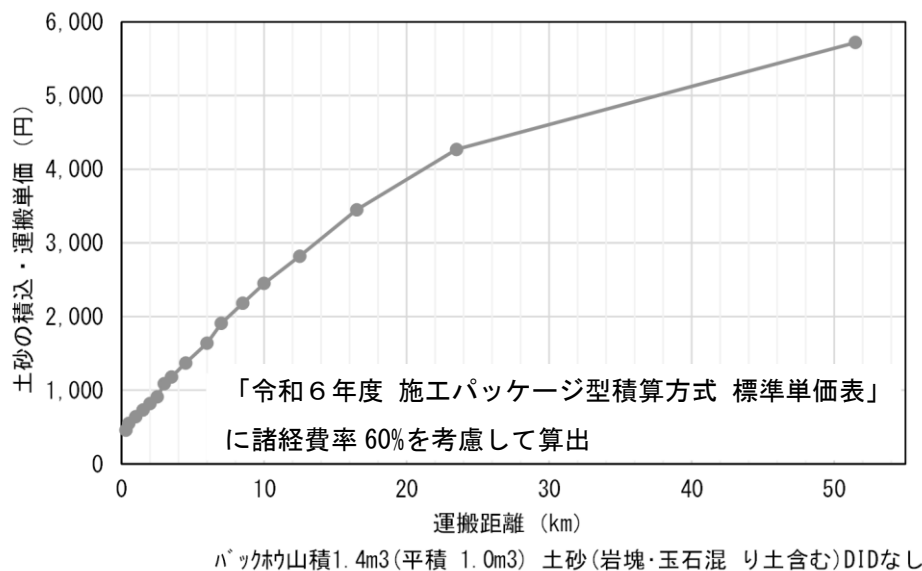


図 4-5 運搬距離とコストの関係

## 4 堆砂対策の実際

### 4.1.4. 対策実施に向けた留意点

掘削や浚渫の実施に当たっては以下のような留意点がある。

#### (1) 受け入れ先、処分先の確保

掘削・浚渫では、除去した土砂の処分が対策促進のボトルネックになることが考えられることから、掘削・浚渫量の計画検討においては、合わせて土砂の受け入れ先や処分先の検討をすることが必要である。

#### (2) 搬出ルート確保

受け入れ先、処分先の確保と類似する課題であるが、ダム貯水池周辺は道路が狭かったり集落があったりして、除去した土砂のダンプでの運搬が制限されることが考えられることから、周辺地域の実情にあった搬出量（ダンプ稼働台数）の設定や、土運船の活用等の検討が必要となる。

#### (3) 濁りへの対応

浚渫は水中作業となるため濁りが発生する。濁りの拡散を抑制するために、浚渫箇所の周囲を汚濁防止膜で囲うことが多いが、浚渫に当たってはこのように、当該ダム及び浚渫箇所の特徴を踏まえて、湖面やダム下流河川の利用者、利水者及び漁業者等への配慮が必要である。

#### (4) 水位変動への対応

治水目的のダム貯水池の場合は運用水位が決まっており一年を通して変動することから、対象ダムの水位運用ルールと土砂を除去する箇所の水位を考慮して、除去方法を検討することが必要である。

#### (5) 附帯設備付近での作業

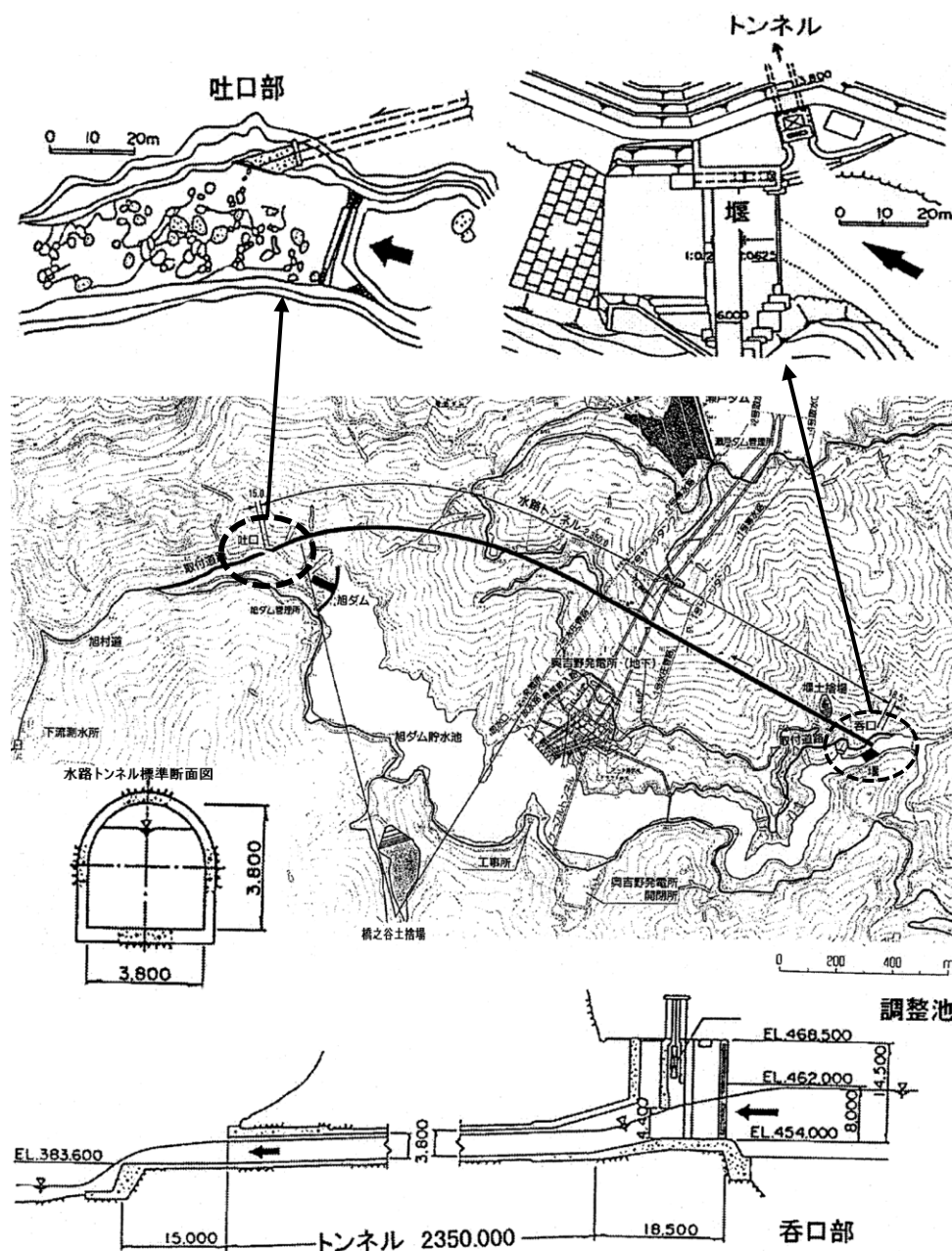
ダムにはゲートや曝気装置等の附帯設備が多く設置されているため、これら付近で浚渫を行う際には、設備を破損しないよう留意が必要であり、例えば、設備近くの浚渫が必要であればグラブ浚渫からポンプ浚渫に切り替える等の対応が必要である。

## 4.2. 土砂バイパストンネル

### 4.2.1. 概要

土砂バイパスは、分派堰により導流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へ排出する工法で、ある程度粒径の大きな土砂も排砂対象とすることができる。1998年に関西電力株式会社の旭ダム、2005年に国土交通省の美和ダムで運用が始まった。本工法の実例に、1905年にダム建設と合わせて土砂バイパスが整備された立ヶ畑ダム、1900年に竣工した我が国最古のコンクリートダム（水道用ダム）である布引五本松ダムの放水路隧道（実質的な土砂バイパスであり1908年に完成）がある。

施設の例として、旭ダムの土砂バイパスの概要図を図 4-6に示す。



出典) 片岡幸毅, 旭ダムの排砂バイパスについて, 貯水池土砂管理国際シンポジウム ワークショップ論文集, 2000.

図 4-6 土砂バイパス施設の概要 (旭ダム)

#### 4 堆砂対策の実際

国内における土砂バイパスを設置しているダム（調査、工事中を含む）の位置を図 4-7に、国内の土砂バイパスの諸元を表 4-2に示す。

施設の諸元は、建設・計画中のものも含めると、国内のトンネルの勾配は1/25～1/100、径（高さ又は幅）は2.9～7.95m、設計流量は120～370m<sup>3</sup>/sの範囲内にある。バイパストンネルの設計はトンネル河川に準じており、例えば旭ダムでは設計流量（計画流量）流下時は8割水深相当で15%の空断面を上乗せして設計され、美和ダムでは設計流量流下時の断面に約2割の空断面を上乗せした設計を行っている。なお、バイパスの対象とする土砂はダムにより異なり、例えば旭ダム・小渋ダムではウォッシュロード～掃流砂、松川ダムではウォッシュロード～浮遊砂（計画以上の洪水では掃流砂も流入）である。

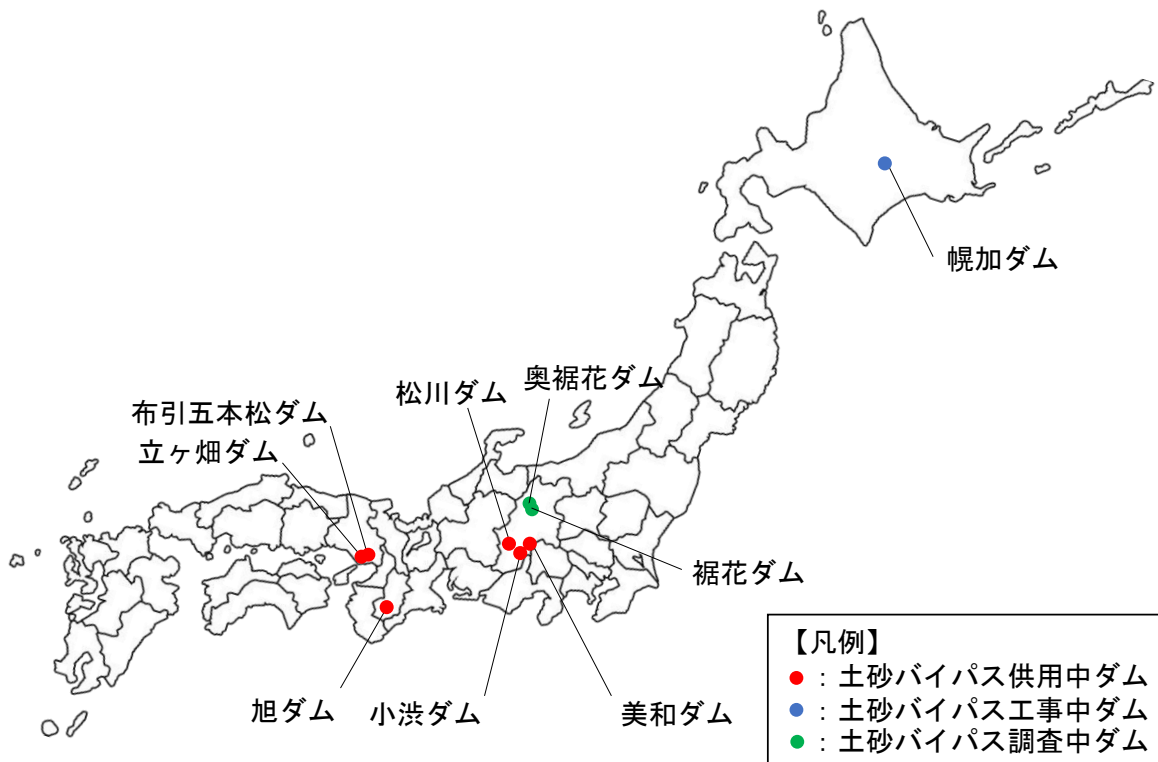


図 4-7 土砂バイパスを設置・検討しているダムの位置図

#### 4 堆砂対策の実際

表 4-2 土砂バイパスの構造・水理諸元（日本国内の事例）

項目・諸元		布引五本松ダム	立ヶ畑ダム	旭ダム	美和ダム
水系名、河川名		生田川、生田川	新奏川、石井川	新宮川、旭川	天竜川、三峰川
管理者		神戸市	神戸市	関西電力(株)	国土交通省
土砂バイパスの完成年		1908年	1905年	1998年	2005年
トンネル諸元	形状	幌型	不明	幌型	馬蹄形
	高さ	2.9m	不明	3.8m	2r=7.8m
	幅	2.9m	不明	3.8m	
	延長	258m	不明	2,350m	
縦断勾配	1/75	不明	1/35	1/100	
設計水理量	最大流量	不明	不明	140m <sup>3</sup> /s	300m <sup>3</sup> /s
	流速	不明	不明	11.4m/s	10.8m/s

項目・諸元		松川ダム	小渋ダム	幌加ダム
水系名、河川名		天竜川、松川	天竜川、小渋川	十勝川、幌加川
管理者		長野県	国土交通省	電源開発(株)
土砂バイパスの完成年		2016年	2016年	建設中
トンネル諸元	形状	幌型	馬蹄形	幌型
	高さ	5.2m	2r=7.95m	4.5m
	幅	5.2m		4.7m
	延長	1,417m	3,999m	272m
縦断勾配	1/25	1/50	1/30	
設計水理量	最大流量	200m <sup>3</sup> /s	370m <sup>3</sup> /s	120m <sup>3</sup> /s
	流速	15.0m/s	15.8m/s	15.8m/s

下記に示す文献を参考にして作成

- ・大堀ら．排砂バイパストンネル事例の分析(スイス, 台湾, 日本)．水源地環境技術研究所所報．2016, p. 29-34.
- ・大八木ら．幌加発電所幌加調整池通砂バイパストンネル計画～持続可能な土砂管理へのシフト～．電力土木．2023, No. 425, p. 34-38.
- ・萩原ら．幌加発電所幌加調整池通砂バイパストンネル設備の設計．電力土木．2023, No. 426, p. 47-51.

#### 4 堆砂対策の実際

海外の事例をみると（表 4-3、表 4-4）、我が国の事例よりもやや急なトンネル勾配（1/18.8）のTsengwenダム（台湾）などがある。

表 4-3 土砂バイパスの構造・水理諸元（スイスの事例）

項目・諸元		Egschi	Palagnedra	Pfaffenspuring	Rempen
土砂バイパスの完成年		1976年	1977年	1922年	1986年
トンネル諸元	形状	円形	馬蹄形	馬蹄形	馬蹄形
	高さ	2r=2.8m	6.2m	4.7m	3.4m
	幅		6.1m	4.8m	3.4m
	延長	360m	1,760m	282m	450m
	縦断勾配	1/38.5	1/50	1/33.3	1/25
設計水理量	最大流量	50m <sup>3</sup> /s	250m <sup>3</sup> /s	220m <sup>3</sup> /s	80m <sup>3</sup> /s
	流速	10.0m/s	13.0m/s	14.0m/s	12.0m/s

項目・諸元		Runcahez	Solis
土砂バイパスの完成年		1962年	2012年
トンネル諸元	形状	幌型	幌型
	高さ	3.8m	4.4m
	幅	4.5m	4.7m
	延長	572m	968m
	縦断勾配	1/71.4	1/52.6
設計水理量	最大流量	110m <sup>3</sup> /s	170m <sup>3</sup> /s
	流速	9.0m/s	11.0m/s

表 4-4 土砂バイパスの構造・水理諸元（台湾の事例）

項目・諸元		Shihmen		Nanhua	Tsengwen
土砂バイパスの完成年		2012年	計画中	2018年	2017年
トンネル諸元	形状	不明	幌型	馬蹄形	馬蹄形
	高さ	不明	8.0m	9.5m	9.5m
	幅	不明	9.0m	9.5m	9.5m
	延長	不明	3,685m	1,287m	1,235m
	縦断勾配	不明	1/34.9	1/54.1	1/18.8
設計水理量	最大流量	380m <sup>3</sup> /s	600m <sup>3</sup> /s	1,000m <sup>3</sup> /s	995m <sup>3</sup> /s
	流速	不明	10-20m/s	24.5m/s	18-30m/s

大堀ら．排砂バイパストンネル事例の分析（スイス，台湾，日本）．水源地環境技術研究所所報．2016，p. 29-34．を参考に作成

#### 4.2.2. 美和ダムの土砂バイパストンネル

直轄ダムの多目的ダムで最初に土砂バイパスを設置した美和ダムについて詳述する（図 4-8、図 4-9）。

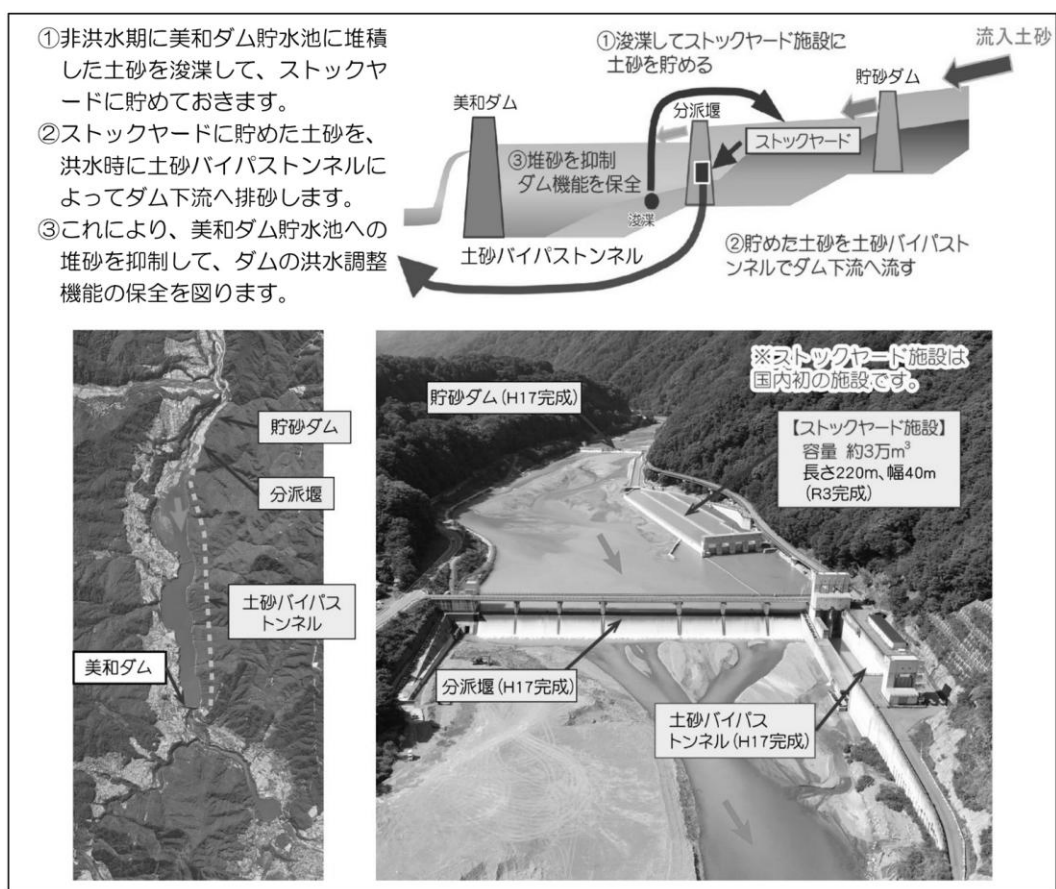
美和ダムは天竜川水系三峰川にある。過去約50年間で約2,100万m<sup>3</sup>が堆砂したことを受けて約550万m<sup>3</sup>の土砂を維持掘削した。しかし、依然として貯水池内に大量の堆砂が進んだことから、1989年より美和ダム再開発事業により洪水調節機能の強化を目的とした約200万m<sup>3</sup>の掘削を実施するとともに、堆砂対策としてウォッシュロードを下流へ排砂する目的で土砂バイパスが建設され、2005年より試験的に供用開始された。

美和ダムでは上流からの流入土砂のうち、粗粒分は貯砂ダムと呑口近くのトラップ堰で捕捉され、細粒分は分派堰により導流後にバイパストンネル（延長約4km）を通じてダム下流へ排出される。バイパスへの流入施設として分派堰が選定されたのは信頼性及び維持管理のしやすさ

#### 4 堆砂対策の実際

からである。吐口は当初5地点が候補となっていたが、トンネル延長が最も短く、経済性に優れたダム直下へのルートが選定された。吐口では階段状の水路と半円状の減勢工により減勢している。

土砂バイパスを試験的に供用開始した後は湖内堆砂対策の検討を行い、分流堰の上流の、土砂バイパスの呑口の前に国内初の施設であるストックヤードを設置した。本施設の容量は約3万m<sup>3</sup>で、分流堰より下流の貯水池内で浚渫した土砂をストックヤードに投入し、土砂バイパストンネルで美和ダム堤体よりも下流へ流すようになっている。ストックヤードは2021年に完成後は試験運用を行い、2024年から本運用が開始されている。



出典) 2023年度(令和5年度)事業概要, 令和5年4月, 国土交通省 中部地方整備局 三峰川総合開発工事事務所. <https://www.cbr.mlit.go.jp/mibuso/jigyo/images/09gaiyou/2023gaiyou.pdf>, (参照 2025-03-13).

図 4-8 美和ダムの堆砂対策の概要 (1)

## 4 堆砂対策の実際

**(1) 堆砂掘削（平成 17 年度完成）**

美和ダム貯水池の有効容量のうち約 200 万 m<sup>3</sup> の堆積土砂を掘削しました。掘削土砂は、地域の圃場整備事業など地域の基盤整備に有効活用しました。

堆砂掘削の状況



市野瀬地区圃場整備



**(3) -1 貯砂ダム（平成 17 年度完成）**

洪水とともに流下した粗い土砂を堰き止め（沈降させ）、非洪水期に掘削・搬出します。



**(2) 利水容量の一部振替（令和元年度完了）**

利水容量（発電）のうち 280 万 m<sup>3</sup> を治水容量に振替え、洪水調節機能の強化を行いました。

**(3) -2 分派堰（平成 17 年度完成）**

洪水時に貯砂ダムを通過した細かい土砂が混ざった水を堰き止め、土砂バイパストンネルに導きます。



**(3) -3 土砂バイパストンネル（平成 17 年度完成）**

洪水とともに細かい土砂を、土砂バイパストンネルを使い、ダムの下流に流し、ダムを迂回させることでダム湖に土砂が堆積しないようにします。

(呑口)



(吐口)



令和元年 10 月 土砂バイパストンネル

**(4) スtockヤード施設（令和 3 年度完成）**

洪水時に分派堰を越えてダム湖に流入・堆積した細かい土砂を浚渫して一時的に貯めておくStockヤードや導水路、取水ゲート、排砂ゲートを施工し、令和 3 年 5 月に完成しました。令和 3 年 6 月から試験運用を開始し、Stockヤードに貯めた土砂を土砂バイパストンネル運用時にダム下流へ排砂します。



令和 3 年 6 月時点 

出典) 2023 年度（令和 5 年度）事業概要，令和 5 年 4 月，国土交通省 中部地方整備局 三峰川総合開発工事事務所。 <https://www.cbr.mlit.go.jp/mibuso/jigyo/images/09gaiyou/2023gaiyou.pdf>，（参照 2025-03-13）。

図 4-9 美和ダムの堆砂対策の概要（2）

## 4 堆砂対策の実際

### 4.2.3. 土砂バイパスの計画策定に係る手引き（案）

土砂バイパスは貯水池堆砂対策及びダム下流環境改善の恒久施策として有力な工法であると考えられ、実際に国内での建設事例も増えてきているが、一方で施設の計画や設計は個別ダムで状況に応じて行っていることを受けて、当センターでは、学識経験者等から構成される「ダム土砂マネジメント研究会」の指導・助言を得ながら、2023年に「土砂バイパストンネル計画策定のための参考手引き（案）」を取りまとめた。

本手引き（案）では土砂バイパストンネル計画検討に必要な調査と計画検討の要点や流れを示したほか、設計、管理及び運用後のモニタリングに向けた留意点も整理してある。実際に土砂バイパストンネルの検討に携わる際には、本資料を参照いただきたい。

土砂バイパストンネル計画策定のための  
参考手引き（案）

令和5年3月

ダム土砂マネジメント研究会  
一般財団法人 水源環境センター

土砂バイパストンネル計画策定のための参考手引き（案）

目 次

1. 総 則	1
1.1 目 的	1
1.2 内 容	2
1.3 適用範囲	4
1.4 用語の定義	5
1.5 土砂バイパストンネルに期待される効果	6
2. 土砂バイパストンネル計画検討のための調査	9
2.1 ダムの特性把握	9
2.2 対策必要量の把握	10
3. 土砂バイパストンネル計画検討	14
3.1 土砂バイパストンネル計画の標準検討フロー	14
3.2 土砂バイパストンネルの概略諸元（平面形）設定	16
3.3 土砂バイパストンネルの適用性評価	18
3.4 個別ダムでの詳細検討（土砂バイパストンネルの効率化）	37
【参考資料】	
I. 土砂バイパストンネルの設計・管理に向けた留意点	参-1
1-1. 土砂バイパストンネル設計に向けた留意点	参-1
1-2. 土砂バイパストンネル管理に向けた留意点	参-16
1-3. 土砂バイパストンネル運用後のモニタリングに向けた留意点	参-23
II. 土砂バイパストンネルによるダム機能向上に向けた検討	参-27
III. 【参考】 将来の気候変動影響を考慮する場合の検討	参-28
IV. 参考文献	参-30

## 4 堆砂対策の実際

### 4.2.4. 設置効果

#### (1) 美和ダム 貯水池への土砂流入の抑制

美和ダムでは、2005年のバイパス完成後の2006年から2021年の16年間で20回以上、土砂バイパスの運用を行い、約85.3万 $m^3$ 土砂をダム下流へバイパスするとともに、分派堰・貯砂ダムにおいて砂利や砂など約198万 $m^3$ を捕捉している（表 4-5、図 4-10）。

これらの土砂は堆砂対策事業を実施していない場合には美和ダムへ流入していたもので、事業により約283.3万 $m^3$ （年平均 約18万 $m^3$ ）の土砂流入を防いだと評価されている（図 4-10）。

表 4-5 土砂バイパス施設試験運用の概要

洪水名	洪水の最大流量	バイパスの試験運用状況				
		最大放流量	放流時間	総放流量	最大SS濃度	排砂量
平成18年7月洪水	366 $m^3/s$	242 $m^3/s$	約 47 時間	2,298.9 万 $m^3$	12,200 $mg/l$	15.0 万 $m^3$
平成19年7月洪水	166 $m^3/s$	136 $m^3/s$	約 35 時間	755.3 万 $m^3$	2,810 $mg/l$	1.4 万 $m^3$
平成19年9月洪水	568 $m^3/s$	264 $m^3/s$	約 48 時間	1,661.7 万 $m^3$	20,200 $mg/l$	15.5 万 $m^3$
平成20年6月洪水	105 $m^3/s$	30 $m^3/s$	約 6 時間	46.1 万 $m^3$	1,000 $mg/l$	0.03 万 $m^3$
平成22年6月洪水	145 $m^3/s$	57 $m^3/s$	約 14 時間	262.4 万 $m^3$	1,880 $mg/l$	0.3 万 $m^3$
平成22年7月洪水	229 $m^3/s$	199 $m^3/s$	約 146 時間	3,674.6 万 $m^3$	12,100 $mg/l$	8.0 万 $m^3$
平成23年5月洪水(1)	293 $m^3/s$	205 $m^3/s$	約 51 時間	1,474.6 万 $m^3$	8,270 $mg/l$	4.3 万 $m^3$
平成23年5月洪水(2)	141 $m^3/s$	102 $m^3/s$	約 27 時間	621.0 万 $m^3$	1,940 $mg/l$	0.5 万 $m^3$
平成23年9月洪水(1)	218 $m^3/s$	178 $m^3/s$	約 87 時間	2,276.8 万 $m^3$	9,990 $mg/l$	6.0 万 $m^3$
平成23年9月洪水(2)	317 $m^3/s$	215 $m^3/s$	約 25 時間	767.8 万 $m^3$	7,230 $mg/l$	2.2 万 $m^3$
平成24年6月洪水	128 $m^3/s$	74 $m^3/s$	約 28 時間	392.2 万 $m^3$	3,000 $mg/l$	0.4 万 $m^3$
平成25年9月洪水	224 $m^3/s$	179 $m^3/s$	約 25 時間	367.0 万 $m^3$	3,540 $mg/l$	0.8 万 $m^3$
平成27年9月洪水	194 $m^3/s$	99 $m^3/s$	約 5 時間	132.0 万 $m^3$	2,820 $mg/l$	0.3 万 $m^3$
平成28年9月洪水	66 $m^3/s$	34 $m^3/s$	約 17 時間	136.1 万 $m^3$	420 $mg/l$	0.04 万 $m^3$
平成29年10月洪水(台風21号)	337 $m^3/s$	130 $m^3/s$	約 32 時間	715.0 万 $m^3$	6,100 $mg/l$	1.7 万 $m^3$
平成29年10月洪水(台風22号)	76 $m^3/s$	40 $m^3/s$	約 23 時間	206.4 万 $m^3$	439 $mg/l$	0.05 万 $m^3$
平成30年7月洪水	307 $m^3/s$	197 $m^3/s$	約 48 時間	2,072.9 万 $m^3$	8,790 $mg/l$	5.0 万 $m^3$
平成30年9月洪水(台風21号)	330 $m^3/s$	213 $m^3/s$	約 14 時間	668.3 万 $m^3$	6,320 $mg/l$	2.1 万 $m^3$
平成30年9月洪水(台風24号)	288 $m^3/s$	235 $m^3/s$	約 20 時間	1,019.2 万 $m^3$	6,080 $mg/l$	2.2 万 $m^3$
令和元年10月洪水(台風19号)	887 $m^3/s$	203 $m^3/s$	約 9 時間	359.2 万 $m^3$	24,900 $mg/l$	3.2 万 $m^3$
令和2年6月15日洪水	118 $m^3/s$	39 $m^3/s$	約 6 時間	42.1 万 $m^3$	2,260 $mg/l$	0.1 万 $m^3$
令和2年6月20日洪水	39 $m^3/s$	29 $m^3/s$	約 20 時間	121.9 万 $m^3$	438 $mg/l$	0.03 万 $m^3$
令和2年7月1日洪水	435 $m^3/s$	231 $m^3/s$	約 44 時間	1,943.1 万 $m^3$	6,340 $mg/l$	6.7 万 $m^3$
令和2年7月3日洪水	351 $m^3/s$	182 $m^3/s$	約 64 時間	1,877.4 万 $m^3$	6,830 $mg/l$	6.7 万 $m^3$
令和3年7月3日洪水	221 $m^3/s$	156 $m^3/s$	約 54 時間	847.0 万 $m^3$	10,620 $mg/l$	2.9 万 $m^3$
令和3年8月洪水	280 $m^3/s$	230 $m^3/s$	約 276 時間	6,208.0 万 $m^3$	—	13.1 万 $m^3$
合計	—	—	約 895 時間	24,739.0 万 $m^3$	—	85.3 万 $m^3$

※合計値は令和3年8月洪水を除く

出典) 2023 年度 (令和 5 年度) 事業概要, 令和 5 年 4 月, 国土交通省 中部地方整備局 三峰川総合開発工事事務所. <https://www.cbr.mlit.go.jp/mibuso/jigyo/images/09gaiyou/2023gaiyou.pdf>, (参照 2025-03-13).



出典) 2023 年度 (令和 5 年度) 事業概要, 令和 5 年 4 月, 国土交通省 中部地方整備局 三峰川総合開発工事事務所. <https://www.cbr.mlit.go.jp/mibuso/jigyo/images/09gaiyou/2023gaiyou.pdf>, (参照 2025-03-13).

図 4-10 美和ダムのバイパス運用を含む堆砂対策施設の設置効果

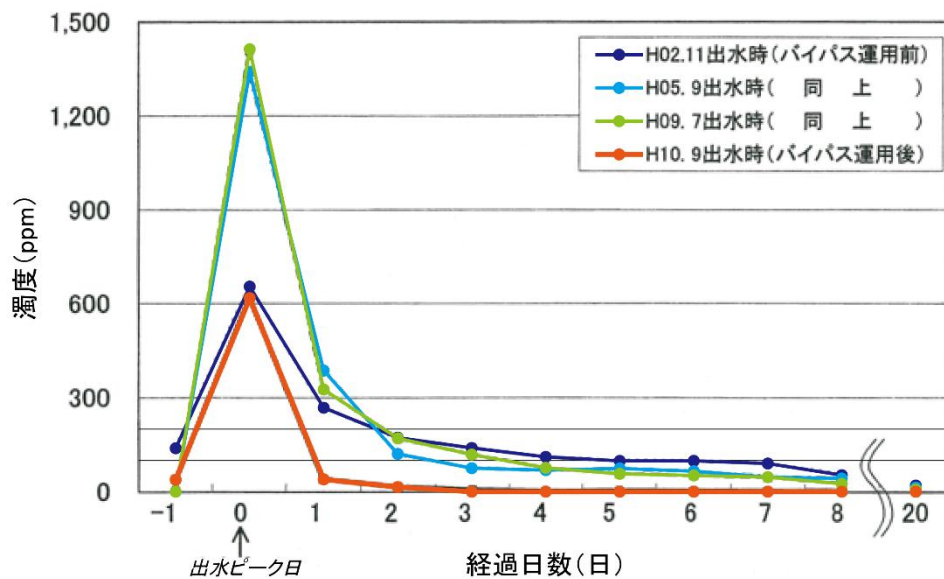
#### 4 堆砂対策の実際

##### (2) 旭ダム 濁水長期化の改善

土砂バイパスによる濁水長期化の改善効果について、旭ダムへの流入ハイドロが類似した1990年11月洪水（供用前）と1998年9月洪水（供用後）の、ダム下流約1.6km地点における濁水データを比較したところ、ピーク濃度は変わらなかったものの、供用前では100ppm以上が1週間継続したのに対して、供用後ではピーク翌日には50ppm以下となる改善効果が見られた（図4-11）。これは、洪水ピーク付近の排砂により減水期の濁度が軽減された結果である。また、土砂バイパスにより流入土砂の8～9割が下流河川へ迂回できたと推定され、その結果、ダム貯水池における堆砂の進行を抑制し、かつ下流河川の河床低下を防止できた。

さらに、下流環境のモニタリング（河床断面測量、河床粒度、瀬と淵、生物（生息環境、付着藻類、底生生物、魚類など）の結果、下流河川への土砂供給により、露出していた河床の巨礫が中小の礫で覆われ、河相の回復や河川環境の変化がみられたことが報告されている（例えば橋本 2001\*）。

※橋本徳昭. ダムにおける新たな土砂管理・環境保全技術 ダムと自然の共生：旭ダムバイパス放流設備の運用. 土木学会誌. 2001, 第86巻, 5号, p.59-61.



出典) 片岡幸毅. 旭ダムの排砂バイパスについて. 貯水池土砂管理国際シンポジウム ワークショップ論文集. 2000. に一部加筆

図 4-11 土砂バイパス建設前後の濁度変化（旭ダムの下流 約 1.6km 地点）

## 4 堆砂対策の実際

### 4.2.5. 対策実施に向けた留意点

土砂バイパストンネルの実施に向けた留意点は「土砂バイパストンネル計画策定のための参考手引き（案）」の参考資料1として、設計段階、管理段階及び運用後のモニタリングについて解説しているため、詳しくはこちらを参照されたい。

ほかの河川構造物と比較した場合の土砂バイパストンネルの課題、すなわち対策実施に向けての留意点は、水ではなく土砂を流すことへの対応であり、具体的には摩耗対策である。

摩耗対策ではバイパストンネルの計画時に、流下物が集中して流下しないよう、トンネルの線形をなるべく直線にしたり、トンネル底面を平坦（フラットインバート）にしたりするよう計画する。また、バイパストンネルに礫や流木が大量に流入すると、閉塞したり損傷を受けるため、分流堰上流の貯砂ダムで礫を捕捉したり、トンネル（特に呑口付近の鋼製ライニング等）の摩耗対策を講じ、流木に対しては呑口付近に流木止めを設置する必要がある。土砂バイパスは実績が少なく、土砂水理については不明な点が多いが、掃流砂も流下対象としている旭ダムと小渋ダムでは大規模な摩耗の発生が報告されている。

また、土砂バイパストンネルの摩耗量予測については、石橋式<sup>\*</sup>、アウエル式<sup>\*\*</sup>等が提案されているものの、現時点では十分な予測精度は確保できていないことから、今後は国内外の事例等から摩耗量を精度よく予測する手法の確立が望まれる。

※ 石橋毅. ダム排砂設備の流下砂礫による摩耗・損傷に関する水理学的研究.  
土木学会論文集. 1983, Vo. 334, p. 103-112.

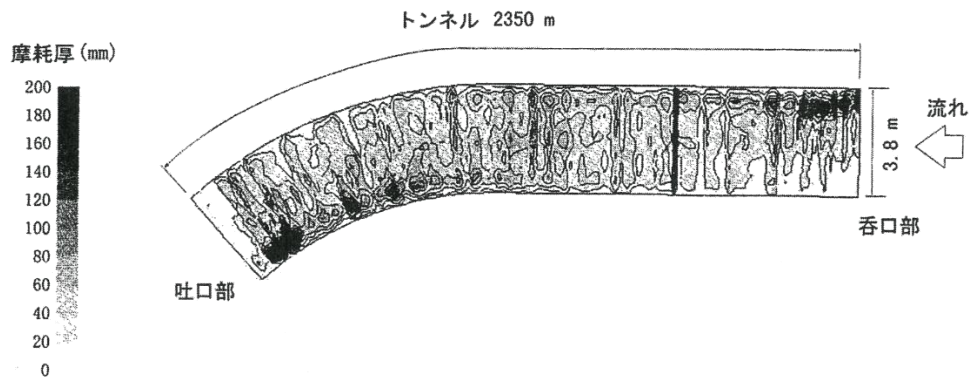
※※ Auel, C., Albayrak, I., Sumi, T., and Boes, R.M. . Sediment transport in high-speed flows over a fixed bed. 2: Particle impacts and abrasion prediction. Earth Surface Processes and Landforms. 2017, Vol. 42, No. 9, p. 1384-1396.

以降に、主要ダムにおける摩耗対策の実施状況を示す。

#### 4 堆砂対策の実際

##### (1) 旭ダムにおける摩耗対策

旭ダムの土砂バイパスの対象には掃流砂を含み、旭ダム上流の河床材料の粒径は平均約5cm、最大約30cmと粗い。また、電力中央研究所の予測モデルにより4cm/年の摩耗量と予測されたことから、摩耗対策としては呑口の約20m区間に鋼板が施されているほか、インバート（底壁）部で少し強度の高いコンクリートが施されるとともに10cmのコンクリート余裕代がとられている。なお、供用後7年間で、平均1～7cm/年（局所的には20cm）の摩耗が生じた（図 4-12）。



バイパストンネル摩耗量調査結果（1999年12月，トンネルインバート部）

出典）片岡幸毅．旭ダムの排砂バイパスについて．貯水池土砂管理国際シンポジウム ワークショップ論文集，2000．

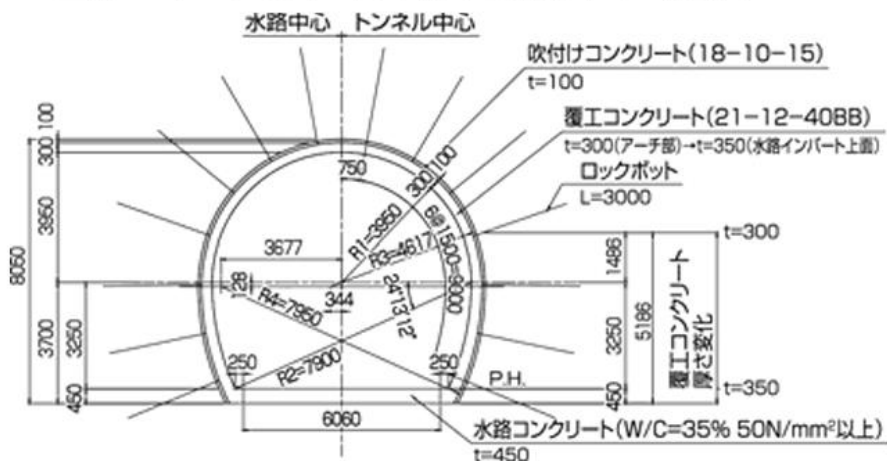
図 4-12 バイパストンネルの摩耗状況（旭ダム）

(2) 小渋ダムにおける摩耗対策

小渋ダムの土砂バイパストンネルは2016年に完成し、同年9月から試験運用を開始した。インバートはフラットインバートとし、高強度コンクリート（50N/mm<sup>2</sup>）を採用した上で10cmの余裕厚を確保していた（図 4-13）。しかしながら、2020年に長時間に渡り土砂バイパストンネルを連続運用した結果、約180万m<sup>3</sup>の土砂をバイパスしたのと引き換えに、トンネル施設に大規模な損傷（呑口部の鋼製ライニングのめくれ、インバートコンクリートの流失等）が発生した（図 4-14の右側の写真、図 4-15）。損傷の原因として、呑口トランジション部の構造変化点が弱部となったこと、図 4-14の左側の写真のような粒径500mm以上の巨礫がトンネル内に流入したことなどが考えられた。

上記の大規模損傷に対して、2020年11月～2023年5月にかけて、大規模補修工事（呑口部の鋼製ライニング区間の延長、インバートコンクリート強度の増加、増し厚等）が実施された。（図 4-16）。

土砂バイパストンネル標準断面図（一般部）



出典) 小渋ダム土砂バイパス事業概要【直轄堰堤改良事業】，平成 28 年 12 月 2 日，国土交通省 中部地方整備局 天竜川ダム統合管理事務所. [https://www.cbr.mlit.go.jp/tendamu/dam/bypas/index\\_files/index2\\_data/ver20170222.pdf](https://www.cbr.mlit.go.jp/tendamu/dam/bypas/index_files/index2_data/ver20170222.pdf)，（参照 2025-03-13）。

図 4-13 小渋ダム土砂バイパストンネル標準断面図【当初】



R2.7洪水でバイパスへ混入した土砂

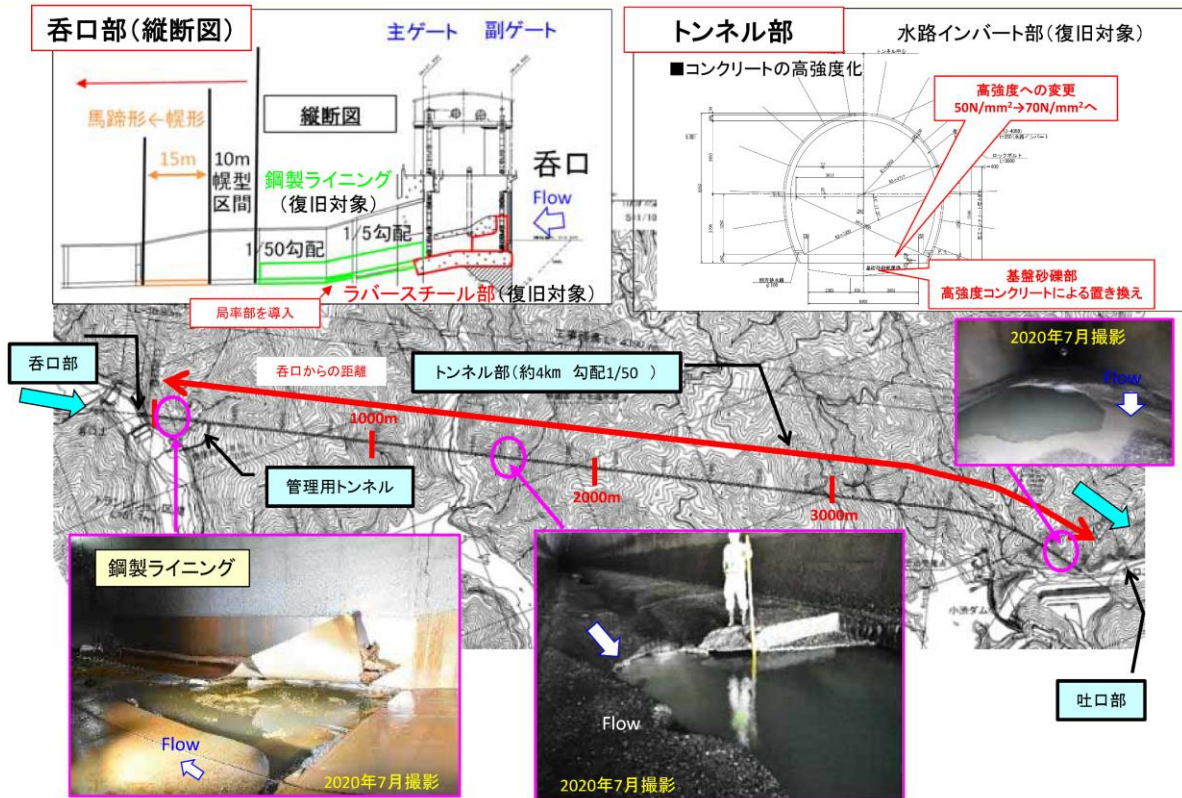


バイパストンネル内の摩耗状況

出典) 第 10 回 小渋ダム土砂バイパストンネルモニタリング委員会 説明資料，令和 4 年 4 月 28 日，国土交通省 中部地方整備局 天竜川ダム統合管理事務所. [https://www.cbr.mlit.go.jp/tendamu/dam/pdf/monitoring/102\\_siryu\\_20220428.pdf](https://www.cbr.mlit.go.jp/tendamu/dam/pdf/monitoring/102_siryu_20220428.pdf)，（参照 2025-03-13）。

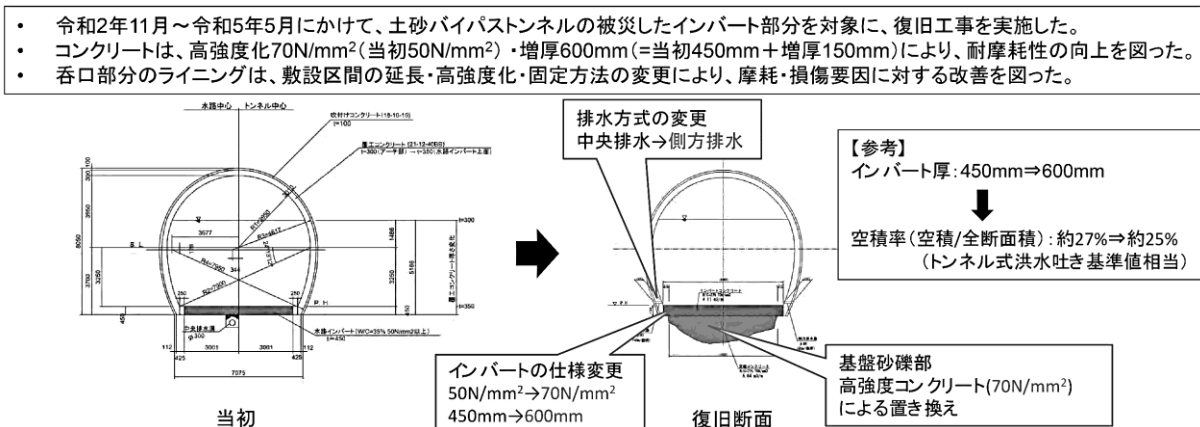
図 4-14 巨礫の流入とインバートの損傷状況（小渋ダム）

#### 4 堆砂対策の実際



出典) 第10回 小渋ダム土砂バイパストンネルモニタリング委員会 説明資料, 令和4年4月28日, 国土交通省 中部地方整備局 天竜川ダム統合管理事務所. [https://www.cbr.mlit.go.jp/tendamu/dam/pdf/monitoring/102\\_siryou\\_20220428.pdf](https://www.cbr.mlit.go.jp/tendamu/dam/pdf/monitoring/102_siryou_20220428.pdf), (参照 2025-03-13).

図 4-15 土砂バイパストンネルの主な復旧工事箇所 (小渋ダム)



出典) 第12回 小渋ダム土砂バイパストンネルモニタリング委員会 説明資料, 令和6年3月12日, 国土交通省 中部地方整備局 天竜川ダム統合管理事務所. [https://www.cbr.mlit.go.jp/tendamu/dam/pdf/monitoring/122\\_siryou\\_20240312.pdf](https://www.cbr.mlit.go.jp/tendamu/dam/pdf/monitoring/122_siryou_20240312.pdf), (参照 2025-3-13).

図 4-16 土砂バイパストンネルの復旧工事内容 (小渋ダム)

(3) その他のダムにおける摩耗対策

美和ダムも他ダムと同様に摩耗対策としてインバートで10cm、アーチ（上壁）と側壁で5cmの覆工余裕厚が見込まれている。先例である布引五本松ダムの呑口・吐口は石張りライニングで、中間部は素掘りのまま露岩している。

(4) 大粒径捕捉施設について

小渋ダムでは、大粒径の土砂がバイパストンネル内に流入したことが大規模損傷の要因の一つと考えられることから、呑口上流側で大粒径の土砂を効率的に捕捉するための対策が検討されている（図 4-17）。



出典) 第12回 小渋ダム土砂バイパストンネルモニタリング委員会 説明資料, 令和6年3月12日, 国土交通省 中部地方整備局 天竜川ダム統合管理事務所. [https://www.cbr.mlit.go.jp/tendam/dam/pdf/monitoring/122\\_siryou\\_20240312.pdf](https://www.cbr.mlit.go.jp/tendam/dam/pdf/monitoring/122_siryou_20240312.pdf), (参照 2025-3-13).

図 4-17 小渋ダムにおける大粒径土砂の捕捉対策の検討例

### 4.3. 流水型ダム

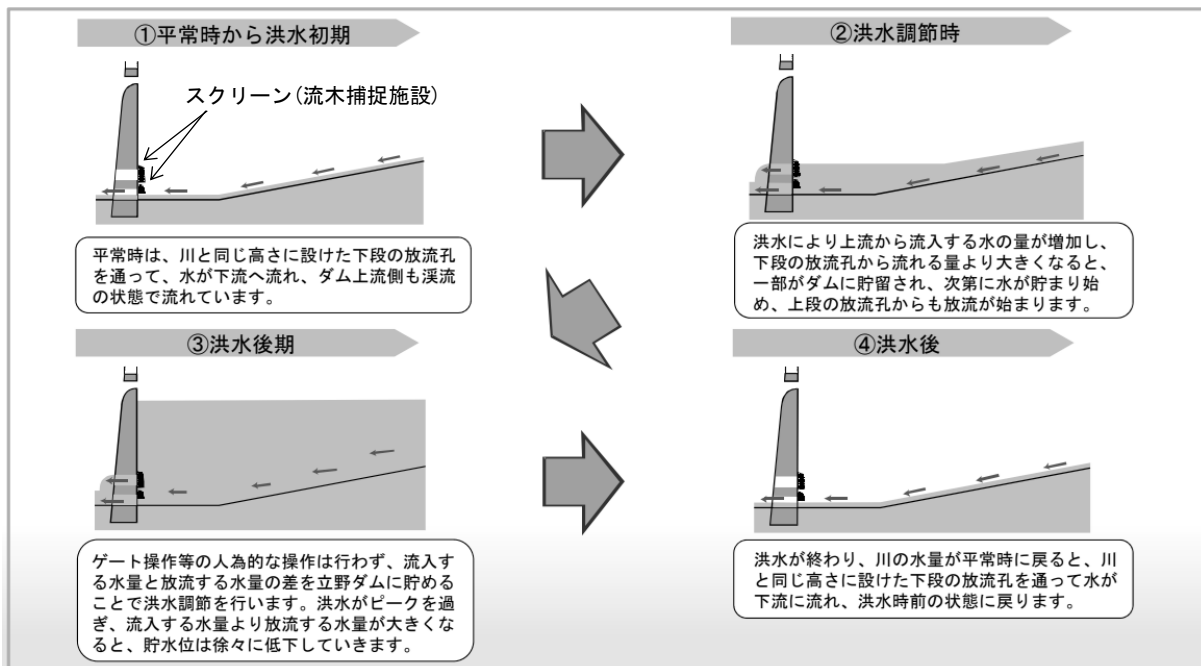
スルーシング排砂の一種に、利水容量を持たない治水に特化した流水型ダムがある。流水型ダムは、堆砂対策だけではなく事業費縮減や河川連続性の確保も採用する目的となるが、近年、国内で事例が増えてきたことから、本資料で取り扱うこととした。

#### 4.3.1. 概要

流水型ダムは放流口（洪水吐き）を低い位置に設置し、平常時は水を貯めない構造で、ダムというより狭窄部による洪水貯留施設（遊水ダム）に近い。機能の概要を図 4-18に示す。

計画堆砂量は100年間の堆砂量（貯水池内に形成される最も高い河床高相当の堆砂量）に、計画洪水に伴って一時的に堆積する量を加えて設定されているが、通常のダムに比べると多くない。また、環境面においては、放流口（洪水吐き）を通じて魚の遡上が可能、貯水池湛水が少なく水質問題を引き起こさない、とされている。

なお、近年、流水型ダムの国内事例が増加に伴い、各ダムに必要な洪水調節機能に応じて、放流口（洪水吐き）を複数段設置したり、洪水調節用のゲートを設置するなどの新たな型式の流水型ダムも増えて来ており、型式ごとに土砂移動特性が異なる可能性があることから、今後、データの蓄積、分析等が望まれる状況にある。



出典) 立野ダム事業概要, 令和3年11月, 国土交通省九州地方整備局立野ダム工事事務所. [https://www.qsr.mlit.go.jp/tateno/site\\_files/file/dam/2111jigyogaiyo%20.pdf](https://www.qsr.mlit.go.jp/tateno/site_files/file/dam/2111jigyogaiyo%20.pdf), (参照 2025-03-13). 一部加筆

図 4-18 流水型ダムの機能の概要（立野ダムの例）

#### 4 堆砂対策の実際

計画中と工事中を含む国内の流水型ダムの位置図を図 4-19に、諸元等を表 4-6と表 4-7に示す。表 4-6のとおり国内の大規模な先行事例としては島根県の益田川ダムがあり2005年に完成した。

流水型ダムの先例には、国内では島根県の笹倉ダム（農地防災ダム）、海外ではオーストリアやスイスに事例がある。国内では益田川ダム建設以降、西之谷ダム、辰巳ダム、浅川ダム、最上小国川ダム、玉来ダムなどの都道府県管理ダムが建設された。直轄では2022年に平取ダム（融雪期のみ流水型運用）、2024年に立野ダムが完成し、管理が開始された。

なお、2020年7月豪雨で甚大な被害の出た熊本県内の球磨川水系では、支川の川辺川に流水型ダムの建設を計画中である。

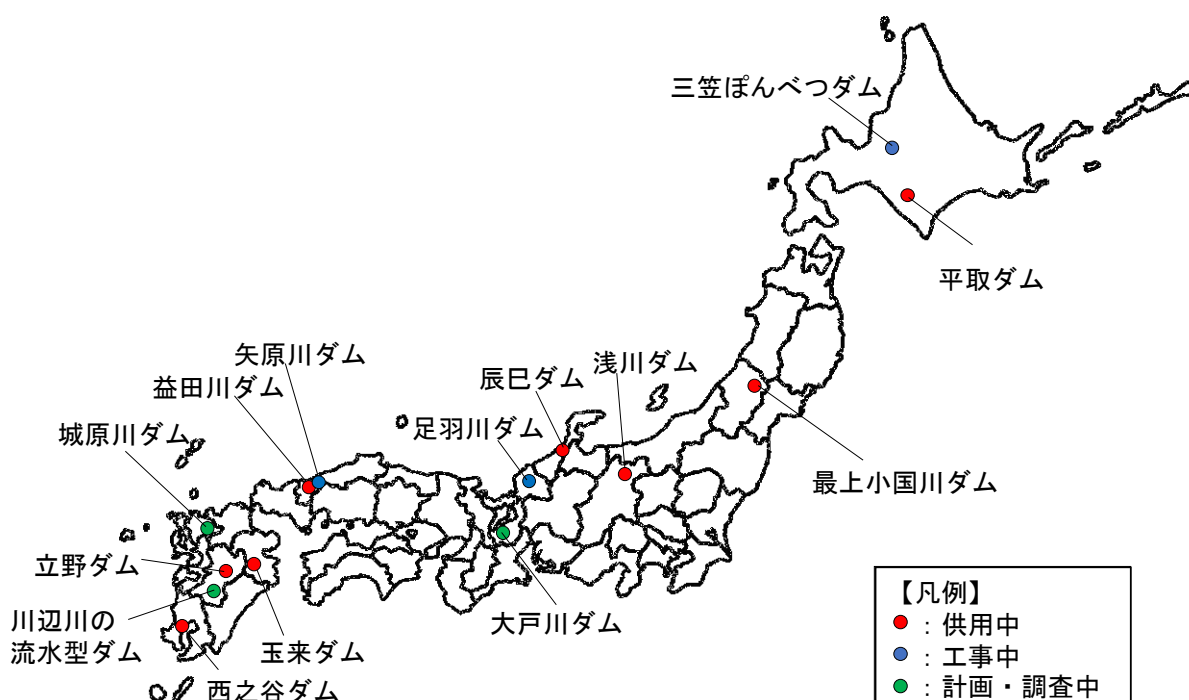


図 4-19 流水型ダムの位置図

#### 4 堆砂対策の実際

表 4-6 国内の流水型ダムの諸元等の一覧【完成済み・工事中】

項目・諸元		益田川ダム	辰巳ダム	西之谷ダム	浅川ダム
水系名、河川名		益田川、益田川	犀川、犀川	新川、新川	信濃川、浅川
管理者		島根県	石川県	鹿児島県	長野県
完成年		2005年	2013年	2013年	2017年
ダム諸元	ダム高	48.0m	47.0m	21.5m	53.0m
	総貯水容量	6,750,000m <sup>3</sup>	6,000,000m <sup>3</sup>	793,000m <sup>3</sup>	1,100,000m <sup>3</sup>
	有効貯水容量	6,500,000m <sup>3</sup>	5,800,000m <sup>3</sup>	718,000m <sup>3</sup>	1,060,000m <sup>3</sup>
	堆砂容量	250,000m <sup>3</sup>	200,000m <sup>3</sup>	75,000m <sup>3</sup>	40,000m <sup>3</sup>
河床部 洪水吐き 諸元	幅×高さ×門数	4.45m×3.40m×2	2.90m×2.90m×2	1.90m×1.60m×1	1.30m×1.45m×1

項目・諸元		最上小国川ダム	玉来ダム	平取ダム*	立野ダム
水系名、河川名		最上川、最上小国川	大野川、玉来川	沙流川、額平川	白川、白川
管理者		山形県	大分県	国交省 北海道開発局	国交省 九州地整
完成年		2020年	2022年	2022年	2024年
ダム諸元	ダム高	41.0m	52.0m	55.0m	87.0m
	総貯水容量	2,300,000m <sup>3</sup>	4,090,000m <sup>3</sup>	45,800,000m <sup>3</sup>	10,100,000m <sup>3</sup>
	有効貯水容量	2,100,000m <sup>3</sup>	4,000,000m <sup>3</sup>	44,500,000m <sup>3</sup>	9,500,000m <sup>3</sup>
	堆砂容量	200,000m <sup>3</sup>	90,000m <sup>3</sup>	1,300,000m <sup>3</sup>	600,000m <sup>3</sup>
河床部 洪水吐き 諸元	幅×高さ×門数	1.70m×1.60m×2	3.75m×3.75m×2	4.60m×4.60m×1	5.00m×5.00m×3

項目・諸元		足羽川ダム	三笠ぼんべつダム	矢原川ダム
水系名、河川名		九頭竜川、足羽川	幾春別川、奔別川	白川、白川
管理者		国交省 近畿地整	国交省 北海道開発局	島根県
完成年		工事中	工事中	工事中
ダム諸元	ダム高	96.0m	52.0m	51.3m
	総貯水容量	28,700,000m <sup>3</sup>	8,620,000m <sup>3</sup>	7,000,000m <sup>3</sup>
	有効貯水容量	28,200,000m <sup>3</sup>	8,500,000m <sup>3</sup>	6,700,000m <sup>3</sup>
	堆砂容量	500,000m <sup>3</sup>	120,000m <sup>3</sup>	300,000m <sup>3</sup>
河床部 洪水吐き 諸元	幅×高さ×門数	公表されていない	1.30m×1.50m×1	2.30m×2.30m×2

※融雪期のみ流水型運用

表 4-7 国内の流水型ダムの諸元等の一覧【調査中・計画中】

項目・諸元		大戸川ダム <sup>出典1</sup>	城原川ダム <sup>出典2</sup>	川辺川の流水型ダム <sup>出典3</sup>
水系名、河川名		淀川、大戸川	筑後川、城原川	球磨川、川辺川
管理者		国交省 近畿地整	国交省 九州地整	国交省 九州地整
完成年		調査中	調査中	計画中
ダム諸元	ダム高	約 67.5m	約 60.0m	107.5m
	総貯水容量	22,100,000m <sup>3</sup>	3,550,000m <sup>3</sup>	約 130,000,000m <sup>3</sup>
	有効貯水容量	21,900,000m <sup>3</sup>	3,500,000m <sup>3</sup>	検討中
	堆砂容量	200,000m <sup>3</sup>	50,000m <sup>3</sup>	
河床部 洪水吐き 諸元	幅×高さ×門数	5.00m×5.00m×2	公表されていない	5.00m×6.00m×2 5.00m×5.00m×1

以下の文献の掲載情報をもとに作成

大戸川ダム事業ホームページ, 国土交通省 近畿地方整備局 大戸川ダム工事事務所. <https://www.kkr.mlit.go.jp/daido/gaiyo/about/jigyoo.html>, (参照 2025-03-13).

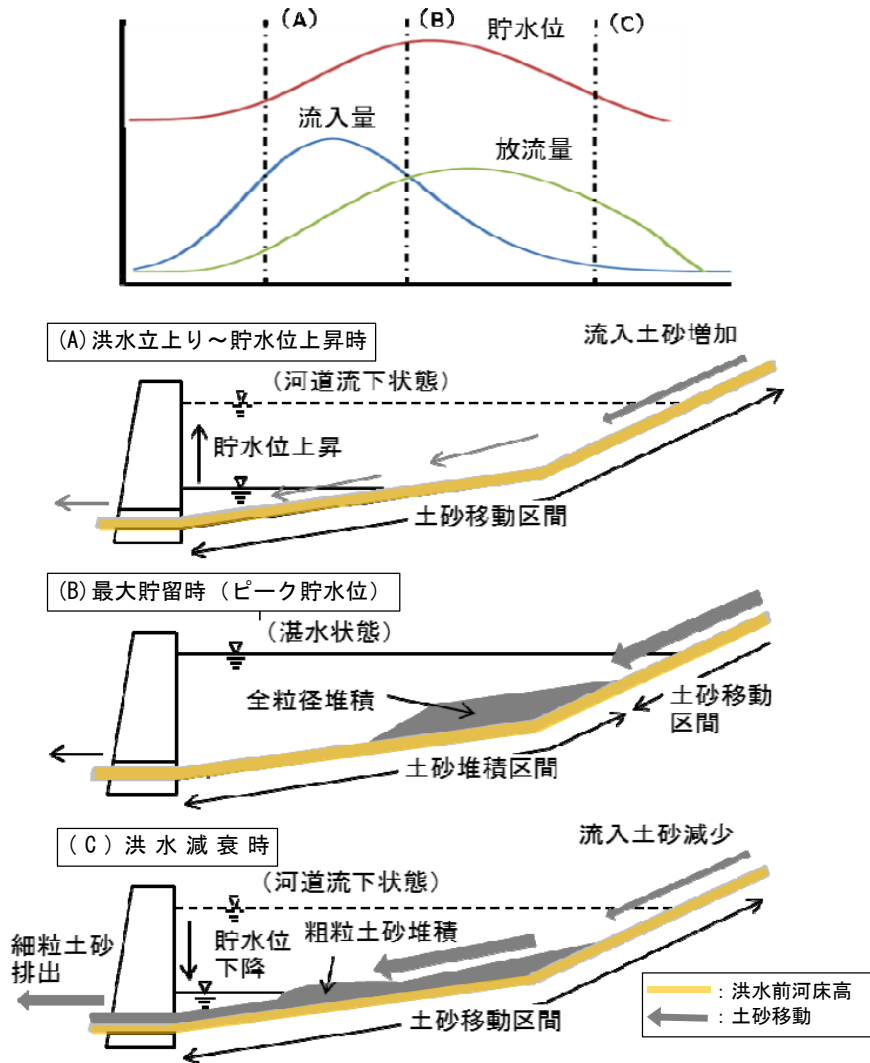
佐賀河川事務所ホームページ, 国土交通省 九州地方整備局 佐賀河川事務所. [https://www.qsr.mlit.go.jp/saga/about/joubarugawa/joubarudamu\\_info/mokuteki\\_yakuwari.html](https://www.qsr.mlit.go.jp/saga/about/joubarugawa/joubarudamu_info/mokuteki_yakuwari.html), (参照 2025-03-13).

川辺川ダム砂防事務所ホームページ, 国土交通省 九州地方整備局 川辺川ダム砂防事務所. [https://www.qsr.mlit.go.jp/kawabe/dam/kawabe\\_dam/keikaku/mokutekisyogen.html](https://www.qsr.mlit.go.jp/kawabe/dam/kawabe_dam/keikaku/mokutekisyogen.html), (参照 2025-03-13).

4.3.2. 流水型ダムにおける土砂動態

流水型ダムにおける貯水池内の土砂流入・堆積・排出過程は、以下及び図 4-20に示すようなプロセスを辿る。なお、一般的に、流水型ダムの土砂捕捉率は10～20%と推定されている。

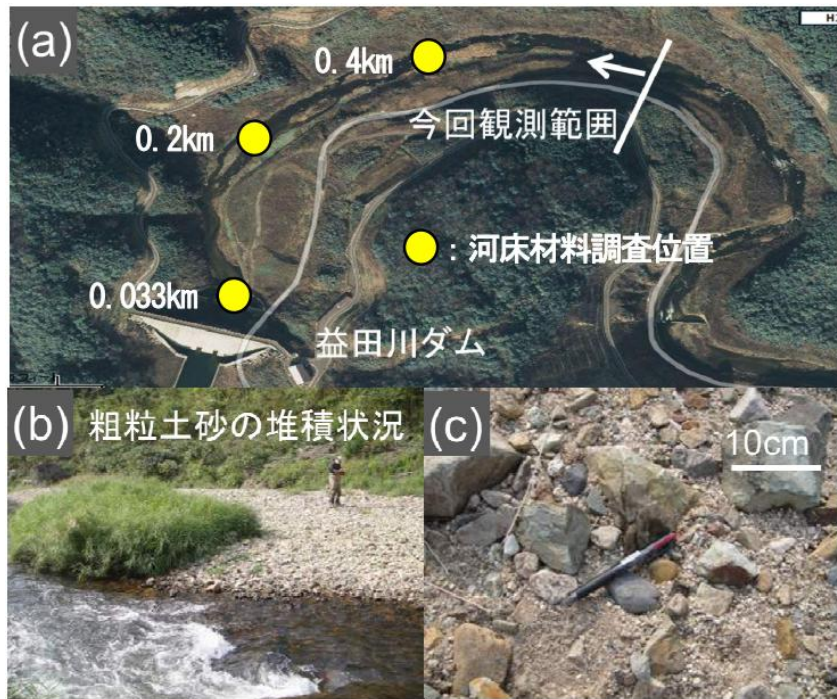
- (A) 通常状態から洪水ハイドログラフが立ち上がってくると、上流河道よりさまざまな粒径の土砂が湛水地内に流入し、更に流量が増加すれば、ダム底部に設置された放流口（洪水吐き）によって洪水流量がカットされて湛水が開始され、上流河道と湛水地部で土砂掃流力のギャップが生じて土砂堆積が始まる。特に大きな洪水時には一時的に堆砂量が増大するものと考えられる。
- (B) 洪水ピーク後には、湛水された水の排水が開始される。
- (C) 回復した掃流力によって一時的に堆積した土砂の再移動が始まりダム下流に自然排砂される。なお、このタイミングでは上流河道からの供給流量が減少しており、細粒土砂は排出されるものの、一定規模以上の粗粒土砂は排出されずに湛水地内に取り残される可能性がある（図 4-21）。



出典) 角ら. IC タグを用いた流水型ダム貯水池内における土砂移動特性の把握. 土木学会論文集 B1 (水工学). 2012, 68 巻, 4 号, p. I\_1171-I\_1176 一部加筆

図 4-20 流水型ダムの土砂流入・堆積・排出過程

#### 4 堆砂対策の実際



出典) 角ら. IC タグを用いた流水型ダム貯水池内における土砂移動特性の把握. 土木学会論文集B1 (水工学). 2012, 68 巻, 4 号, p. I\_1171-I\_1176

図 4-21 益田川ダム貯水池内における粗粒土砂の堆積状況

#### 4 堆砂対策の実際

また、流水型ダムの土砂移動に関して、白井らはオーストリアと日本の流水型ダムを対象に、洪水調節地や下流河川の河床材料について調査している（表 4-8）。堤体直上流の河川の河床材料（①）と堤体直下流の河川の河床材料（②）について調査し、①を横軸に、②を縦軸として図 4-22に示すように整理した上で、①と②が同様のダムでは土砂の連続性は確保されており、①と②が異なるダムでは土砂の連続性が確保されていない可能性があると評価している。

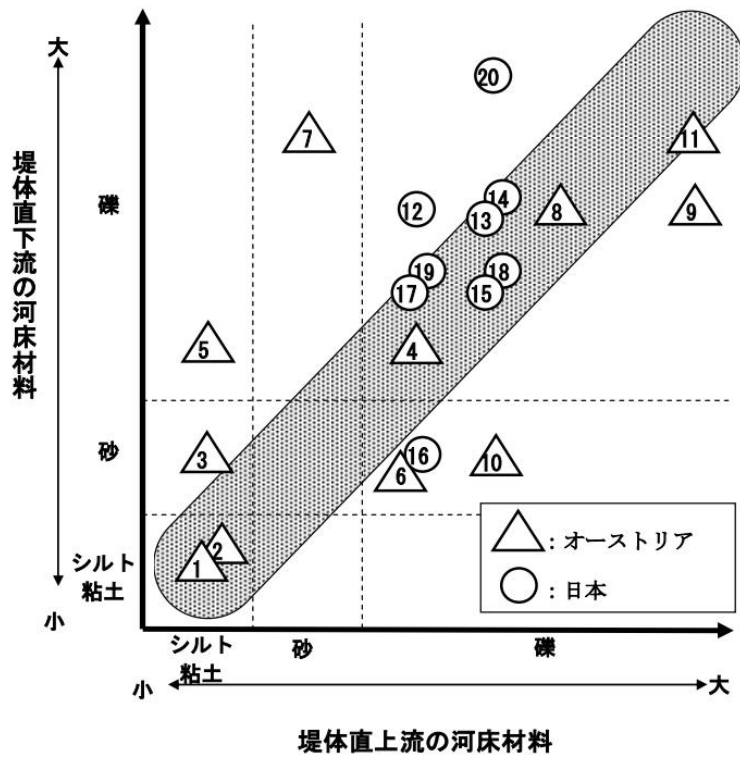
このような連続性の違いは、堤体直上流の洪水調節地の地形と下流河川の河床勾配の関係性や、放流設備の呑口敷高及び減勢工の形状等によるものと推定されている。

表 4-8 オーストリアと日本国内の流水型ダムの河床材料の概況

番号	ダム名	洪水調節地		減勢池	下流河川	
		主な材料	砂・シルトの堆積	堆積物の性状	主な材料	砂・シルトの堆積
1	Bärndorfbach	シルト	あり (シルト)	シルト	シルト	あり (シルト)
2	Dobelbach	シルト	あり	シルト	シルト	あり
3	Felberbach	シルト	あり	シルト	砂	あり
4	Gabriachbach-1	2cm未満の礫	あり	礫・砂	2cm未満の礫	あり
5	Gabriachbach-2	シルト	あり	シルト	2cm未満の礫	あり
6	Labuchbach	2cm未満の礫	あり	礫・砂	砂	あり
7	Lafnitz -Reinbergwiesen	砂	あり	礫・砂	10~20cmの礫	少ない
8	Lafnitz -Waldbach	5~10cmの礫	あり	礫・砂	5~10cmの礫	少ない
9	Ligistbach	10~20cmの礫	あり	礫・砂	5~10cmの礫	あり
10	Sauhaltbach	2~5cmの礫	あり	砂・シルト	砂・シルト	あり
11	Stulneggbach	20cm以上の礫	あり	礫・砂	10~20cmの礫	あり
12	益田川	2cm未満の礫	あり	礫・砂	5~10cmの礫	あり
13	外柵沢	2~5cmの礫	あり	礫・砂	5~10cmの礫	あり
14	レン滝	2~5cmの礫	あり	礫・砂	5~10cmの礫	あり
15	河内	2~5cmの礫	あり	礫・砂	2~5cmの礫	あり
16	松尾	2cm未満の礫	あり	礫・砂	砂	あり
17	小匠	2cm未満の礫	あり	礫・砂	2~5cmの礫	あり
18	嵯峨谷	2~5cmの礫	あり	礫・砂	2~5cmの礫	あり
19	大峠	2cm未満の礫	あり	礫・砂	2~5cmの礫	あり
20	高尾野	2~5cmの礫	あり	礫・砂	20cm以上の礫	あり

出典) 白井ら. オーストリアと日本の流水型ダムの比較. ダム工学. 2011, 21 巻, 4 号, p. 272-277.

4 堆砂対策の実際



図内の番号は表 4-10 の番号に対応している

出典) 白井ら, オーストリアと日本の流水型ダムの比較. ダム工学. 2011, 21 巻, 4 号, p. 272-277.

図 4-22 流水型ダム の 堤体直上流 と 直下流 の 河床材料

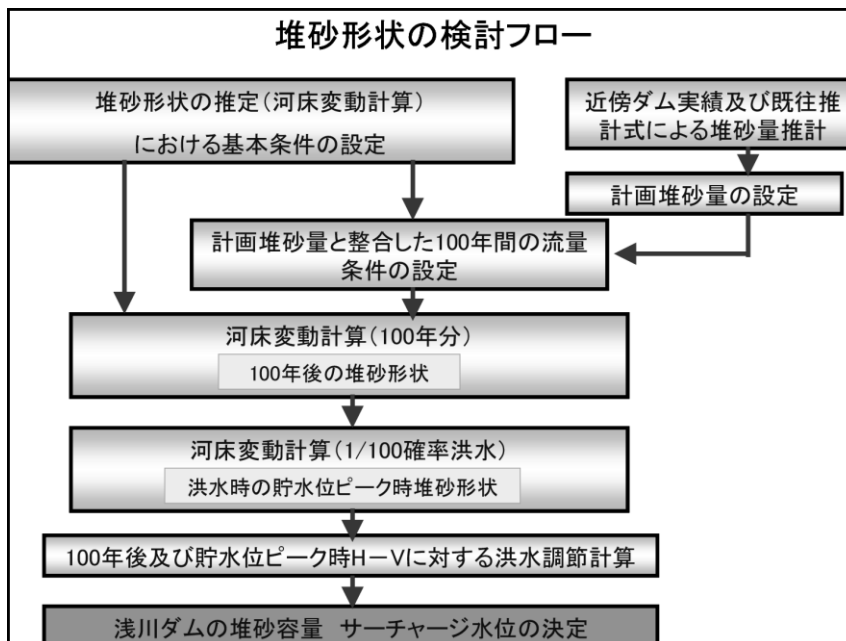
## 4 堆砂対策の実際

### 4.3.3. 流水型ダムにおける堆砂容量の設定

流水型ダムの堆砂容量の設定は通常の貯留型ダムとは異なり、土砂の流下を考慮して、下記の手順で設定することが一般的である。

- ① 貯留型ダムと同様の考え方に基ついて「計画堆砂量」を設定
- ② 上記の計画堆砂量を境界条件（100年間の流入土砂量）として、100年間分の河床変動解析を行い100年後の堆砂形状を推定
- ③ ②で推定した100年後の堆砂形状を初期河床として、計画規模（1/100年確率）洪水を対象とした河床変動解析を実施し、洪水中に最高貯水位を記録した時点の堆砂形状における貯水池内堆砂量を、流水型ダムの計画堆砂量とする

例として、浅川ダムにおける堆砂容量及び堆砂形状の検討フローを図 4-23に示す。



出典) 浅川ダム (治水専用ダム) の施設の概要について, 長野県. [https://www.pref.nagano.lg.jp/asakawa/ji-gyo/kyogikai/documents/setumeipp1\\_1.pdf](https://www.pref.nagano.lg.jp/asakawa/ji-gyo/kyogikai/documents/setumeipp1_1.pdf), (参照 2025-03-13)

図 4-23 流水型ダムの堆砂容量・堆砂形状の検討フロー

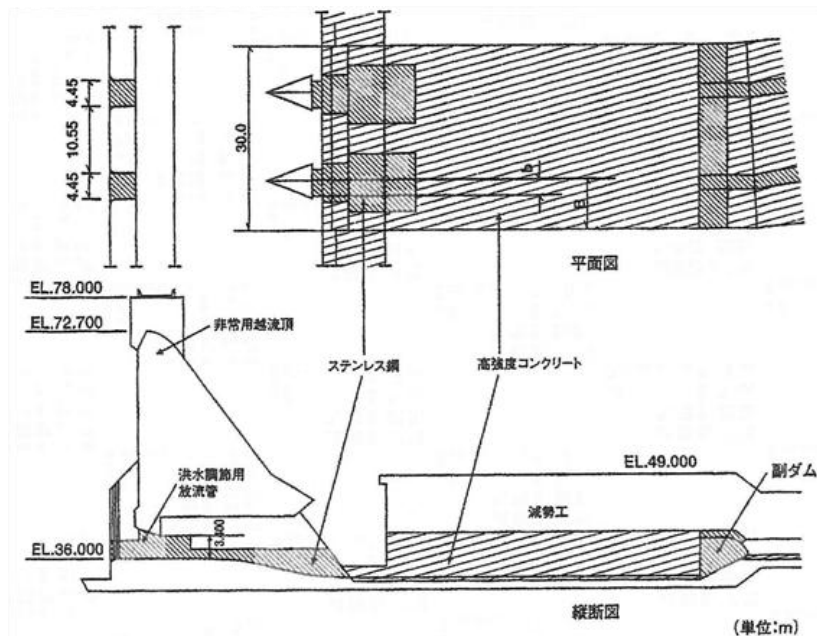
## 4 堆砂対策の実例

### 4.3.4. 益田川ダム

国内で大規模な流水型ダムの事例である益田川ダムの特徴を述べる。

益田川ダムは山陰水害（1983）を契機に、不特定用水を上流の農業用ダムに移し、洪水調節専用ダムに計画を見直したもので、自然調節方式により流入量 $950\text{m}^3/\text{s}$ に対してダム下流の流量を $570\text{m}^3/\text{s}$ に調節する。頂部に非常用洪水吐きを設け、流水に合わせて土砂も通過させる低部の常用洪水吐き（ゲートレス高圧放流管）にはステンレス鋼によるライニング、ダム上流面と減勢工には高強度コンクリートによる摩耗・損傷対策を施している（図 4-24）。この対策は流砂・流木に対する摩耗だけでなく、約 $20\text{m}/\text{s}$ の高流速に伴うキャビテーションによる損傷防止対策にもなっている。

参考として、ほかの流水型ダムにおける損傷対策とその効果をみると、台湾の谷関ダムでは粒径 $10\sim 20\text{mm}$ の砂礫が流下したにもかかわらず、厚さ $19\text{mm}$ のステンレス鋼を設置した洪水吐きには特に損傷は見られなかった。



出典) 柏井条介. 洪水調節ダムのフラッシング操作と施設. 貯水池土砂管理国際シンポジウム ワークショップ 論文集. 2000.

図 4-24 益田川ダムの構造

## 4 堆砂対策の実際

### 4.3.5. 対策実施に向けた留意点

流水型ダムでは、流木などによる常用洪水吐きの閉塞と洪水末期の濁水制御で、スクリーンによる流木の流入防止、維持管理（流木、ゴミの除去）、管理用の進入路などについて検討する必要がある。常用洪水吐きが閉塞しないようにするには、流木対策を実施する、断面を十分とる、閉塞を考慮してゲートを2門設置するなどの対策がある。

益田川ダムでは常用洪水吐きに流木止め設備を設置しているほか、その上流には仮締切堤を改造した流木捕捉工が設置されている（図 4-25）。流木捕捉工は網場と比較して、経済性と維持管理を勘案して採用された。また、ゲート諸元は益田川ダムが高さ3.4m×幅4.45m×2門で、笹倉ダムが高さ2.0m×幅1.5m×2門と小規模ゲートであるが、何れも2門のゲートを有している。また、西之谷ダムでは、洪水吐きは1門であるものの、スクリーンを呑口範囲だけでなくダム天端高まで配置する全面スクリーンとすることで、水位低下時に流木が沈降した場合でも放流経路が確保できるよう工夫されている（図 4-26）。



出典) 中村壽浩. 益田川ダムの設計と施工. 島根県提供資料.

図 4-25 益田川ダムの流木捕捉施設



出典) 中村ら. 西之谷ダムの貯水池地形の変遷と土砂管理手法に関する考察. 河川技術論文集, 2024, 第30巻, p. 125-130.

図 4-26 西之谷ダムの全面スクリーン

#### 4.4. その他の堆砂対策

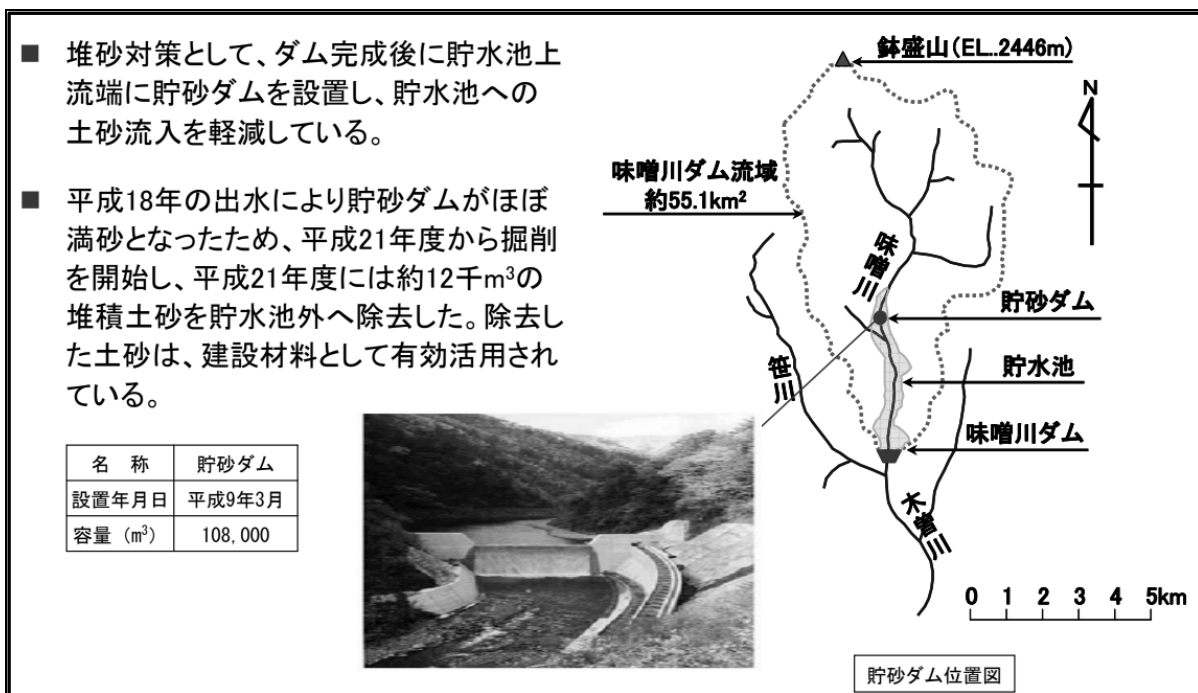
##### 4.4.1. 貯砂ダム

貯砂ダムは、直轄・水機構管理ダムにおいては35ダムに52基が設置されている（2024年8月現在 当センター調べ）。

貯砂ダムを設置することで、貯水池へ流入してきた掃流砂を効果的に捕捉でき、貯水池における堆砂進行を抑制することができる。ただし、貯砂ダムは、同じく流入土砂を抑制する山腹工や樹林帯整備とは異なり、河道内に流入してきた（生産されてしまった）土砂を貯留する対策であることから、堆積した土砂の採取と搬出が必要であり、実際に多くの貯砂ダムにおいて、堆積土砂が採取・搬出されている。

代表的なものを挙げると、小渋ダムは全国に先駆けて1977年に貯砂ダム（高さ10m、堆砂容量15.3万m<sup>3</sup>）を建設した。味噌川ダム（木曾川）の貯砂ダムにはイワナやアマゴなどの溪流魚に配慮した魚道が設置されており（図 4-27）、長島ダム（大井川）には大規模な貯砂ダム（高さ31m、堆砂容量約180万m<sup>3</sup>）がある（図 4-28）。

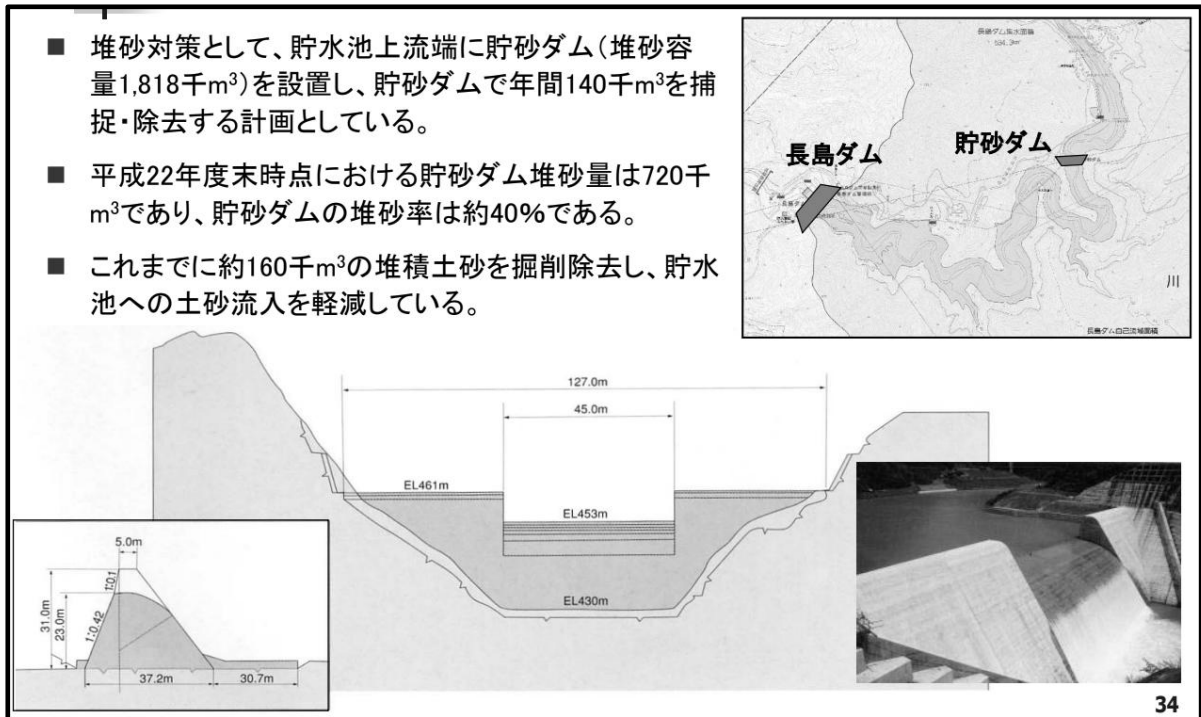
貯砂ダムはコンクリートブロックを積み重ねたものもあるが、重力式コンクリートダムによる固定堰型式が多く、容量はダム堆砂容量の1%程度である。なお、貯砂ダムは、「河川砂防技術基準（案）設計編 砂防施設的设计」を根拠に設計されている（砂防ダムの設計に準じている）ものが多い。



出典) 平成 22 年度 第 1 回中部地方ダム等管理フォローアップ委員会 味噌川ダム 定期報告書【概要版】，独立行政法人 水資源機構 中部支社. [https://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/dam\\_followup/pdf/h22\\_misogawa-dam.pdf](https://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/dam_followup/pdf/h22_misogawa-dam.pdf), (参照 2025-03-13).

図 4-27 味噌川ダムの貯砂ダムの状況

#### 4 堆砂対策の実際



出典) 平成 23 年度中部地方ダム等管理フォローアップ委員会 長島ダム 定期報告書【概要版】，平成 23 年 11 月，国土交通省 中部地方整備局. [https://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/dam\\_followup/pdf/h23\\_nagashima-teiki.pdf](https://www.cbr.mlit.go.jp/kawatomizu/dam_followup/pdf/h23_nagashima-teiki.pdf), (参照 2025-03-13).

図 4-28 長島ダムの貯砂ダムの状況

## 4 堆砂対策の実際

### 4.4.2. スルーシング・フラッシング

#### (1) 概要

スルーシングとフラッシングは、洪水時に貯水位を下げて、洪水の掃流力により排砂ゲートを通じて排砂する工法である。スルーシングは貯水池への流入土砂を通砂する（流入土砂を通過させる）のに対して、フラッシングは、貯水池内の堆積土砂を排砂する点が異なっている。ただし、後述する出し平ダムや宇奈月ダムのように、同じダムでも洪水時運用の過程でフラッシングからスルーシングに移行する場合もある。

本工法は貯水位を低下させて低標高の排砂ゲートより排砂することが条件となるので、利水需要が大きなダムや、低標高にゲートがない（設置できない）ダムで採用するのは困難である。現在、本工法が採用されているのは黒部川の出し平ダム（関西電力株式会社）と宇奈月ダム（北陸地方整備局）、耳川の西郷ダム、山須原ダム、大内原ダム（いずれも九州電力株式会社）などである（図 4-29）。



図 4-29 スルーシング・フラッシングを実施しているダム

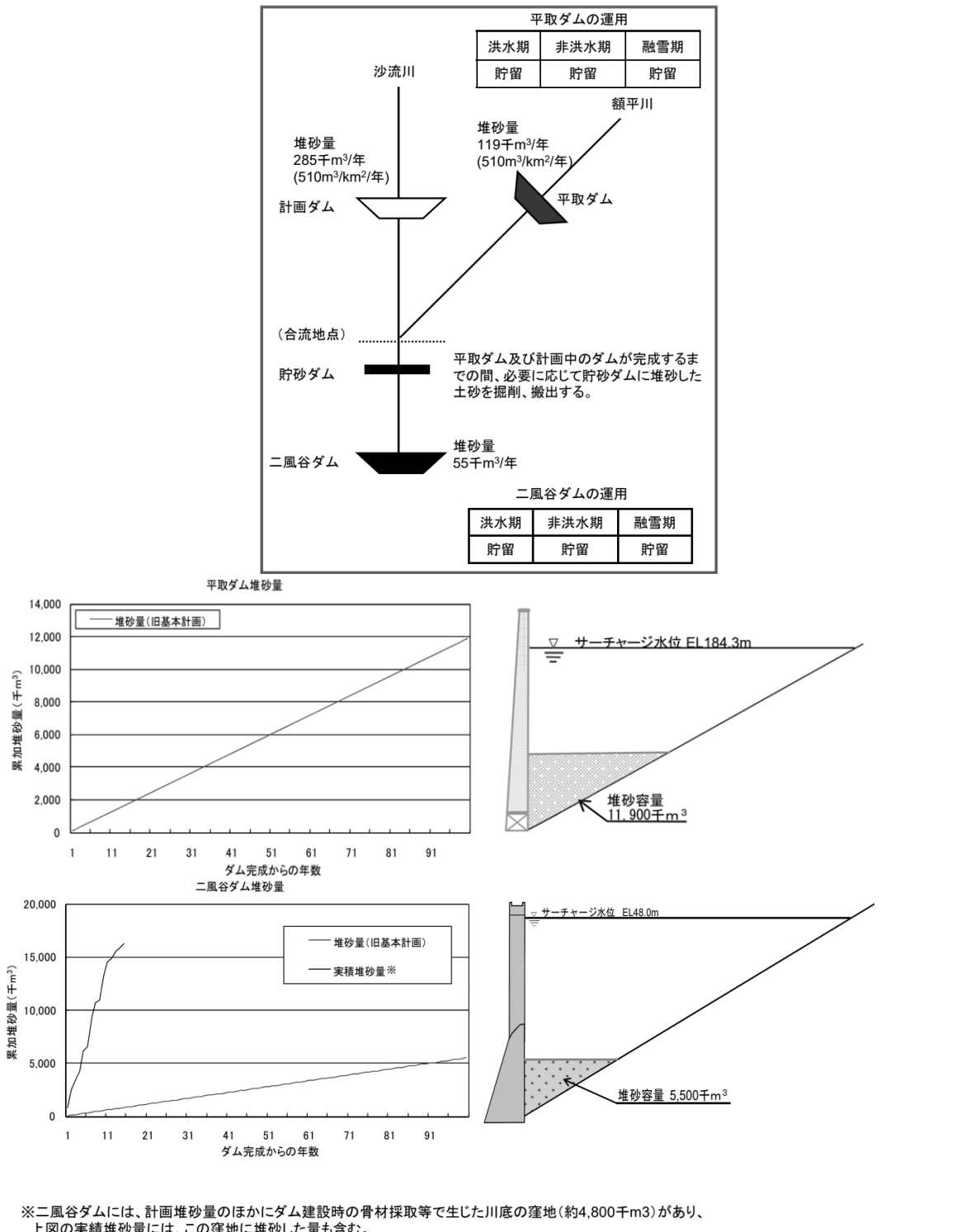
主な事例について特徴を示す。

宇奈月ダムは利水・発電目的も有するが、日平均流入量が $93\text{m}^3/\text{s}$ と多く、短期間での利水容量（貯水位）の回復が可能であったため、本工法は有効となった。耳川水系では、国内初の既設ダムの切り下げ工事を西郷ダム、山須原ダムの2ダムで実施し、西郷ダムの工事完了後の2017年度から通砂運用を開始している。北海道沙流川水系では、大規模洪水の発生等により二風谷ダムの堆砂が著しく進行したため、上流に新設する平取ダムも合わせた、洪水調節容量、利水容量及び堆砂容量の見直しを実施している（図 4-30）。その際、二風谷ダムの堆砂容量の設定については、下流河川の河床高付近に設置されているオリフィスゲートからの通砂を考慮した上で次元河床変動解析を実施し、傾斜堆砂を前提とした堆砂容量の設定が行われている。

なお、本工法では土砂バイパスと同様に、排砂関連設備の摩耗対策を講じる必要がある。

#### 4 堆砂対策の実際

- ・二風谷ダムの堆砂形状・堆砂量等に係わるデータ、流量等の水文データを使用し一次元河床変動計算により、湛水開始100年後の貯水池内堆砂形状から求めた堆砂量より、堆砂容量を算出した。
- ・現在の河川整備基本方針では、二風谷ダムと平取ダムの2ダムで対応することとしており、旧計画で見込んでいた計画ダムはない。また、貯砂ダムは固定河床として扱い一次元河床変動計算を行った。



出典) 沙流川水系総合開発事業平取ダムの検証にかかる検討 補足説明資料, 平成 24 年 12 月”. 国土交通省 北海道開発局. [https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/tisuinoarikata/dai28kai/dai28kai\\_ref1-2.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/tisuinoarikata/dai28kai/dai28kai_ref1-2.pdf), (参照 2025-03-13).

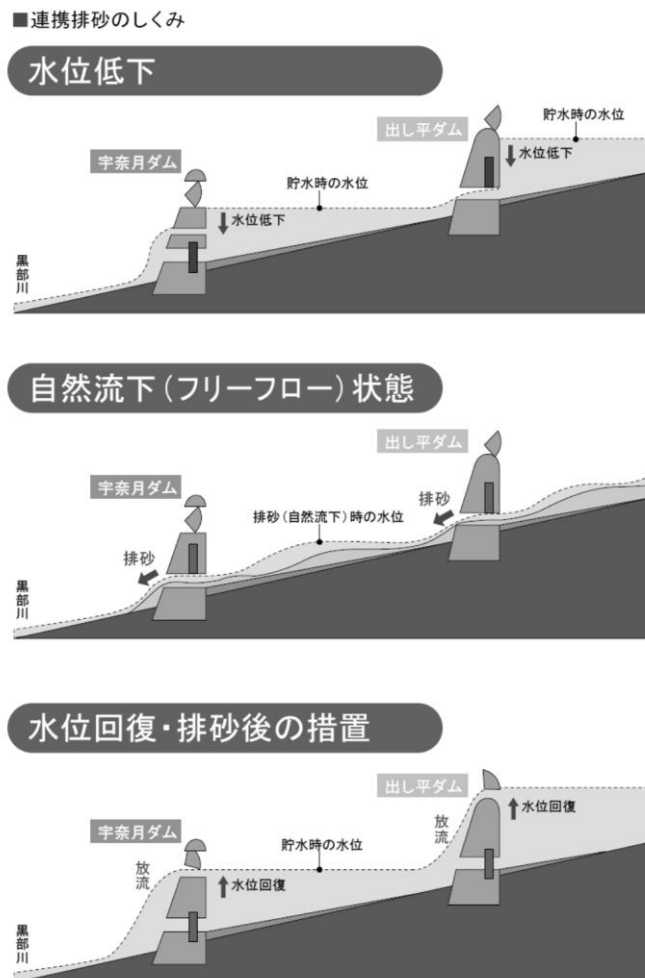
図 4-30 二風谷ダム・平取ダムの堆砂容量の設定

## (2) 黒部川の事例

## 1) 出し平ダム・宇奈月ダムの連携排砂

出し平ダムでは1991年12月に我が国で最初にフラッシング排砂の運用を実施した。この排砂では約300万 $m^3$ の大量の堆砂が対象となり、土砂とともに堆砂の中に含まれる樹木・木の葉・腐食土等の有機物が排出された。流量が少ない12月に行われたことと有機物の影響により、排出された水の濁りは高濃度となり、環境に影響を及ぼしていると指摘された。

その後、2001年6月からは約7km下流の宇奈月ダムとの連携排砂を始めた（図 4-31）。連携排砂の手順は、基準流量を超えた段階（出し平ダム300 $m^3/s$ 、宇奈月ダム400 $m^3/s$ の何れかを上回ったとき）で両ダムの水位を低下させ、洪水の掃流力により出し平ダムの堆積土砂を、宇奈月ダムを経て下流へ流下させるもので、排砂・通砂終了後は排砂ゲートを閉めて水位を回復させる。また、出し平ダムでは1995年から下流河川に堆積した微細土砂を掃流するため、上流からの流水を一定時間放流（すすぎ放流）している。なお、この連携排砂では、イワナの生息条件からDO（溶存酸素）4mg/L以下が中止基準となっている。



出典) 黒部川 宇奈月ダム・出し平ダムの連携排砂について、国土交通省 北陸地方整備局 黒部河川事務所. [https://www.hrr.mlit.go.jp/kurobe/jigyo/panf/panf\\_dl/pdf/haisa7\\_8.pdf](https://www.hrr.mlit.go.jp/kurobe/jigyo/panf/panf_dl/pdf/haisa7_8.pdf), (参照 2025-03-13).

図 4-31 黒部川における連携排砂のイメージ図

#### 4 堆砂対策の実際

出し平ダム及び宇奈月ダムにおける排砂設備、摩耗対策等は表 4-9のとおりである。

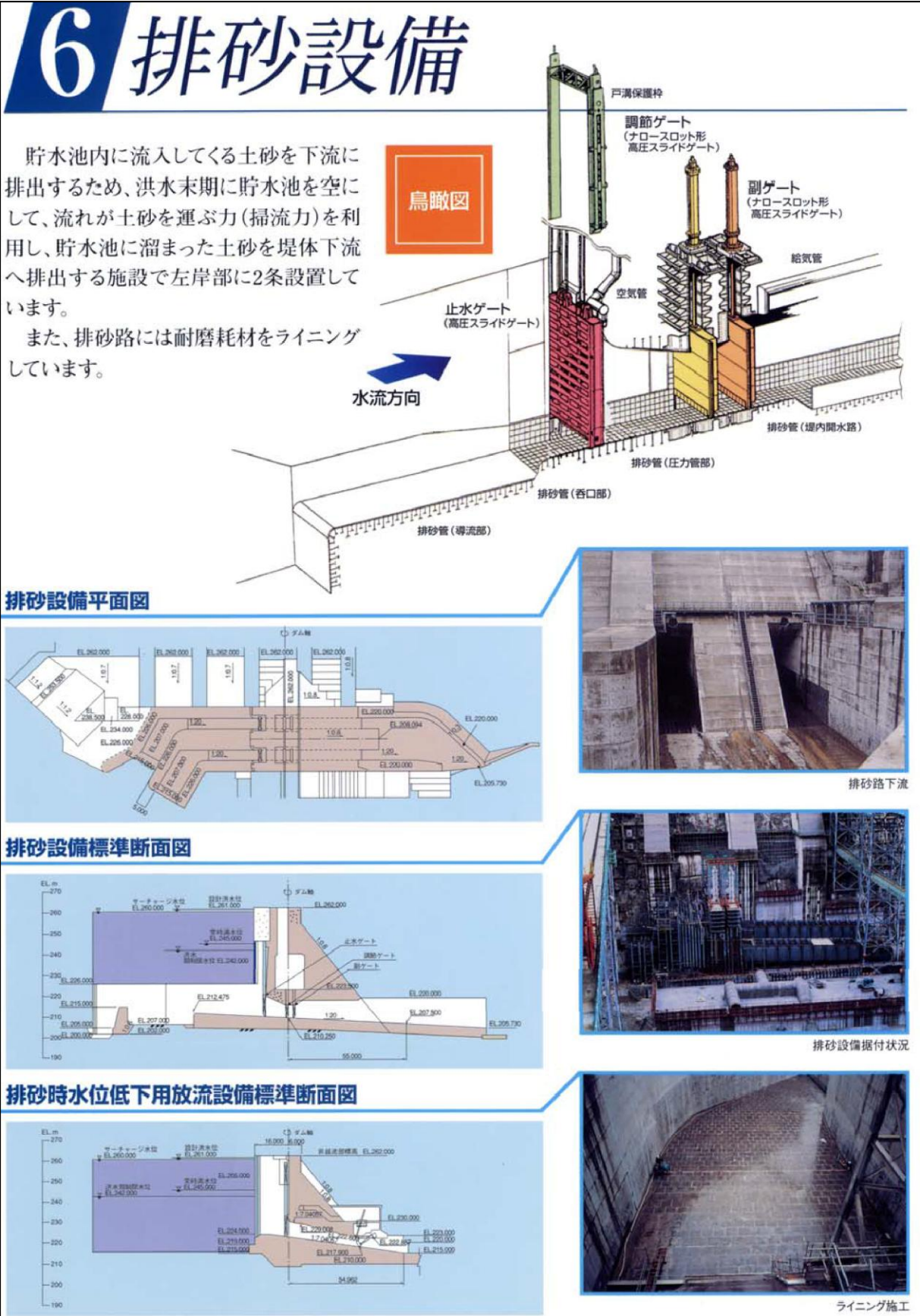
出し平ダムには将来の維持補修を考慮して2条の排砂路が設置されていて、各条に3門のゲートがある。上流側が保守点検用、中間が流水・流砂遮断用、下流側が止水・非常用である。上流側及び中間のゲートは全開しており排砂時のみ中間のゲートで流量調節を行い、逆に下流側ゲートは全閉しており排砂時のみゲート操作を行う。下流側ゲートは止水性を高めるために戸溝の凹凸のないラジアルゲートが採用されている。

宇奈月ダムの排砂施設の構造等を図 4-32に示す。堤体の上部に常用洪水吐きゲート、中間に水位低下用ゲート、下部に排砂ゲートが設置されている。水位低下用ゲート（1条）は掃流力を得るために貯水位を低下させるのに使用される放流設備で、排砂ゲート（2条、各3門）は上流側が止水ゲート、中間が調節ゲート、下流側が副ゲートである。排砂は中間の調節ゲートで調節し、副ゲートはこのバックアップ施設である。

排砂路は土砂が流下しやすいように勾配がつけられ、土砂流下に対する排砂路の摩耗対策として、出し平ダム・宇奈月ダムの排砂路には鋼製ライニングが施されている。

表 4-9 連携排砂に係る排砂設備等

	出し平ダム	宇奈月ダム
距離標	約 26K	約 19K
管理者	関西電力株式会社	国土交通省
排砂設備	2条。1条につき3門 ・上流側 スライドゲート ・中間 ローラーゲート ・下流側 ラジアルゲート	2条。1条につき3門 ・上流側 高圧スライドゲート ・中間 〃 ・下流側 〃
排砂路	・幅 5m×高さ 5m ・勾配 1/30	・幅 5m×高さ 6m ・勾配 1/20
摩耗対策	・排砂路の底面及び側壁の一部に鋼鉄ライニング ・呑口部に高マンガン鋼（下部） ステンレスクラッド鋼（上部）	・排砂路に鋼鉄ライニング ・整流板にステンレスクラッド鋼



出典) UNAZUKI, 国土交通省 北陸地方整備局 黒部河川事務所. [https://www.hrr.mlit.go.jp/kurobe/jigyo/panf/panf\\_d1/pdf/una\\_dm\\_2.pdf](https://www.hrr.mlit.go.jp/kurobe/jigyo/panf/panf_d1/pdf/una_dm_2.pdf), (参照 2025-03-13).

図 4-32 宇奈月ダムの排砂設備

#### 4 堆砂対策の実際

##### 2) 下流河川における濁りのモニタリング事例

黒部川では連携排砂に伴う環境への影響を把握するため、各地点で水質、底質、水生生物等の調査を行っている。

宇奈月ダム の操作開始流量は排砂が $400\text{m}^3/\text{s}$ 、通砂が $650\text{m}^3/\text{s}$ で、堆砂を初期フラッシュする排砂時にかなりの濁りが発生する。排砂量が $10\text{万m}^3$ 以上の洪水を対象に宇奈月ダム直下（山彦橋）におけるSSの最大値をみると、連携排砂前は $9,400\sim 52,100\text{mg/L}$ 、連携排砂後は $2,500\sim 77,000\text{mg/L}$ と、濁りでは連携排砂運用前後に大きな違いはないものの、DOについては、連携排砂前は水産用水基準（サケ、マス、アユ）である $7\text{mg/L}$ 以下の場合があったが、連携排砂後はおおむね $7\text{mg/L}$ 以上であった（図 4-33、表 4-10）。

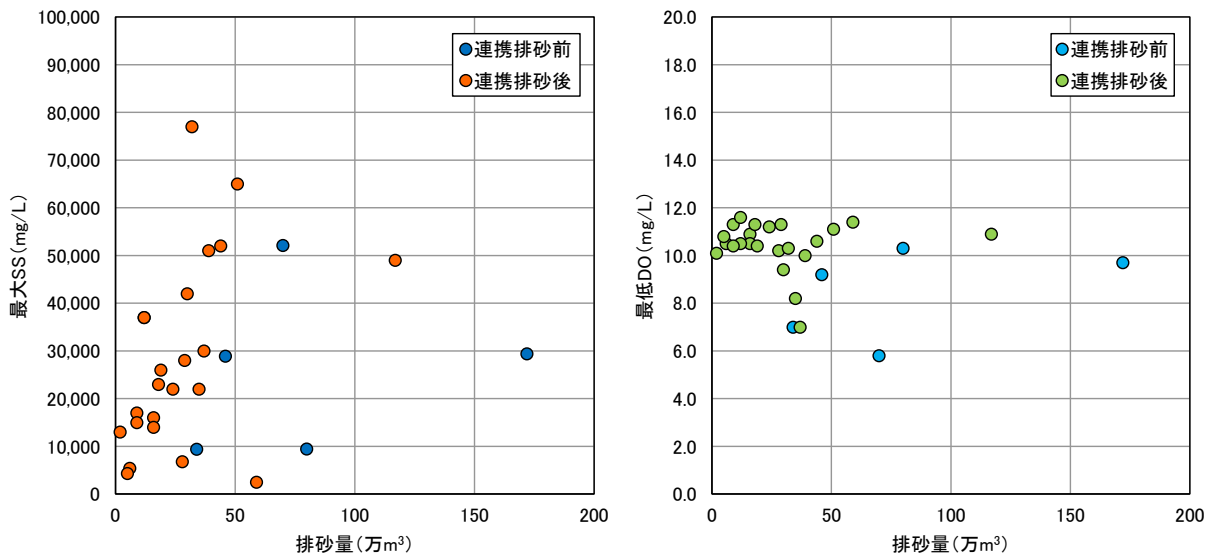


表 4-12 のデータをグラフで表している

図 4-33 連携排砂の運用前後における排砂量と SS 及び DO の関係（宇奈月ダム直下 山彦橋）

#### 4 堆砂対策の実際

表 4-10 排砂及び連携排砂時のSS及びD0の観測結果（宇奈月ダム直下 山彦橋）

年月	操作	排砂量 (万 m <sup>3</sup> )	最大 SS (mg/L)	最低 D0 (mg/L)
1995.10	排砂	172	29,400	9.7
1996.6	排砂	80	9,470	10.3
1997.7	排砂	46	28,900	9.2
1998.6	排砂	34	9,400	7.0
1999.9	排砂	70	52,100	5.8
2001.6	連携排砂	59	2,500	11.4
2002.7	連携排砂	6	5,400	10.5
2003.6	連携排砂	9	17,000	11.3
2004.7	連携排砂	28	6,800	10.2
2005.6	連携排砂	51	65,000	11.1
2006.7	連携排砂	24	22,000	11.2
2006.7	連携通砂 <sup>※1</sup>	16	16,000	10.9
2007.6	連携排砂	12	37,000	11.6
2008.6	連携排砂	35	22,000	8.2
2009.7	連携通砂	37	30,000	7.0
2009.7	連携通砂	2	13,000	10.1
2010.6	連携排砂	16	14,000	10.5
2010.7	連携試験通砂	5	4,300	10.8
2011.6	連携排砂	39	51,000	10.0
2012.6	連携排砂	44	52,000	10.6
2013.6	連携排砂	18	23,000	11.3
2014.7	連携排砂	32	77,000	10.3
2015.7	連携排砂	19	26,000	10.4
2016.6	連携排砂	30	42,000	9.4
2018.6	連携通砂 <sup>※2</sup>	117	49,000	10.9
2019.6	連携排砂	29	28,000	11.3
2020.6	連携排砂	12	37,000	10.5
2021.7	連携排砂	9	15,000	10.4

出典) 第57回黒部川ダム排砂評価委員会 資料-2-② 令和4年9月土砂変質進行抑制策及び8月連携排砂(中止)に伴う環境調査結果について(経年データ・データ集), 令和5年1月26日, 国土交通省 北陸地方整備局 黒部河川事務所. <https://www.hrr.mlit.go.jp/kurobe/57iinkai/image/pdf/s2-2.pdf>, (参照 2025-03-13). の掲載情報を元に作成

注1) 連携試験通砂～連携通砂の過程における範囲で示している。

注2) 連携排砂1回目(6月)及び連携排砂2回目(7月)の過程における範囲で示している。

### (3) 耳川の事例

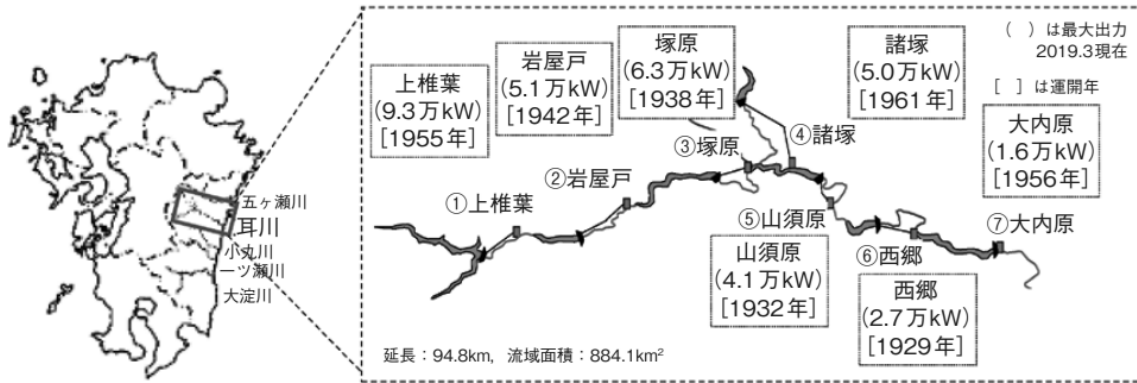
耳川水系では2005年の台風14号が襲来した際には甚大な浸水被害が発生したり、山地斜面が崩壊して大量の土砂や倒木が流れ込んだりしたことも受け、近年の豪雨に伴う斜面崩壊増加によるダム貯水池への土砂堆積と浸水リスクの増加への対応が課題となっていた。これに対して、河川管理者（宮崎県）、地元自治体、地元住民及び九州電力株式会社が一体となって、2011年に流域の土砂の適切な管理による河川の安全確保と環境保全の実現などを目的とした「耳川水系総合土砂管理計画」を策定し、同計画の中で、ダム貯水池へ流入する土砂を下流に通砂させるダム通砂運用が中核的な事業として位置づけられた。

ここで、耳川水系では九州電力株式会社が8つのダムと7つの水力発電所を所有管理しているが（図 4-34）、集落が点在する下流域の3ダムのうち西郷ダムと山須原ダムは既設の構造では越流天端が高いため水位を十分に低下させることができず、湛水した状態で土砂が流入して湛水域に堆砂してしまうこと、また、台風14号の出水では耳川水系の複数のダムでダム越水が発生したこともあり洪水吐きの放流能力の増強も課題であったことから、西郷ダムと山須原ダムにおいては国内初の既設ダムの洪水吐き切り下げ工事を2011年に開始し、西郷ダムの主要工事が完了した2017年から西郷ダムと大内原ダムの2ダム連携通砂運用を開始し、山須原ダムの工事が完了した2021年以降は山須原ダム、西郷ダム、大内原ダムの3ダム連携した通砂運用が本格的に開始されている（図 4-35～図 4-37）。なお、通砂運用に先立ち、大内原ダム上流に堆積していたシルト分の流出による濁りを抑制するために河道から除去した粗い土砂で覆砂をしたり、通砂運用のために水位を下げることで流速が上がるため、流れで洗掘されないように河岸を補強している。耳川におけるダム通砂の取組については、例えば次の資料に詳細が記されており参考になる。

- ・角ら、ダムと環境の科学Ⅳ 流砂環境再生。京都大学学術出版会、2023、504p.
- ・九州電力株式会社耳川水力整備事務所。いい耳川を目指して。2024.

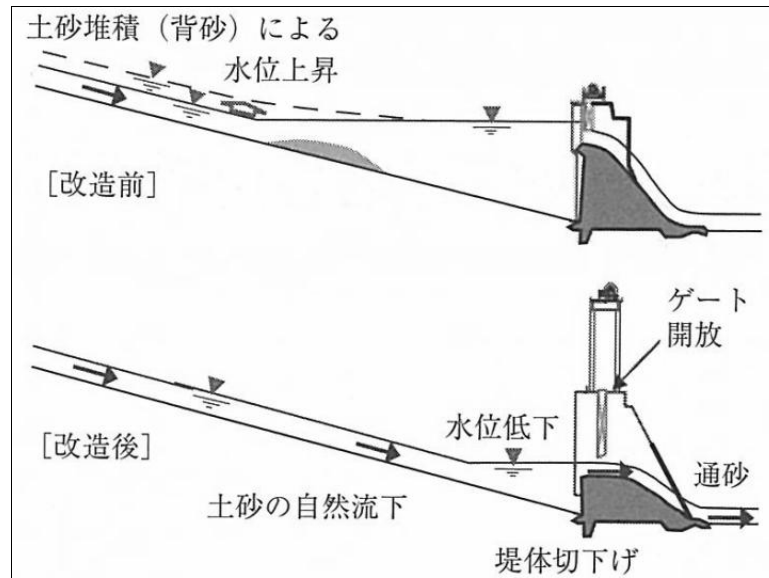
3ダム連携での通砂運用による下流河川の環境への影響については現在、九州電力株式会社を中心となり調査検討を行っている。環境への影響についてはまだ十分に把握、評価されていないものの、これまでダムで捕捉されていた土砂が下流域に供給されることで、多様な生物生息環境が再生するなどの環境面での効果が期待されている。

#### 4 堆砂対策の実際



出典) 中山浩章. 九州電力が地域とともに耳川水系の発電所で取り組むダム通砂運用. 電気現場. 2020, Vol. 59, No. 695, p. 58-61.

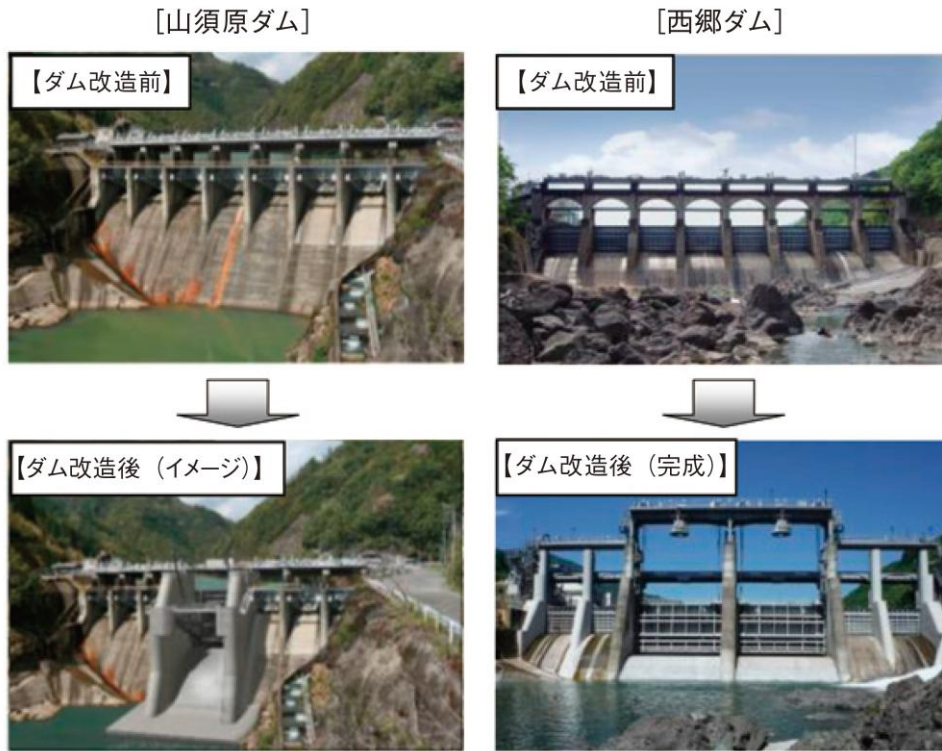
図 4-34 耳川水系のダム及び水力発電所 位置図



出典) 角ら. ダムと環境の科学IV 流砂環境再生. 京都大学学術出版会, 2023, 504p.

図 4-35 耳川のダム改造とダム通砂

#### 4 堆砂対策の実際



山須原ダム:改造前(ゲート8門)⇒中央2門を撤去+9.3m 切り欠き+大型ゲート1門設置  
 西郷ダム :改造前(ゲート8門)⇒中央4門を撤去+4.3m 切り欠き+大型ゲート2門設置

出典) 中山浩章, 九州電力が地域とともに耳川水系の発電所で取り組むダム通砂運用. 電気現場. 2020, Vol. 59, No. 695, p. 58-61.

図 4-36 山須原ダム・西郷ダムの改造状況



出典) 中山浩章, 九州電力が地域とともに耳川水系の発電所で取り組むダム通砂運用. 電気現場. 2020, Vol. 59, No. 695, p. 58-61.

図 4-37 西郷ダムにおける通砂の実施状況 (2017年)

## 4.4.3. 密度流排出

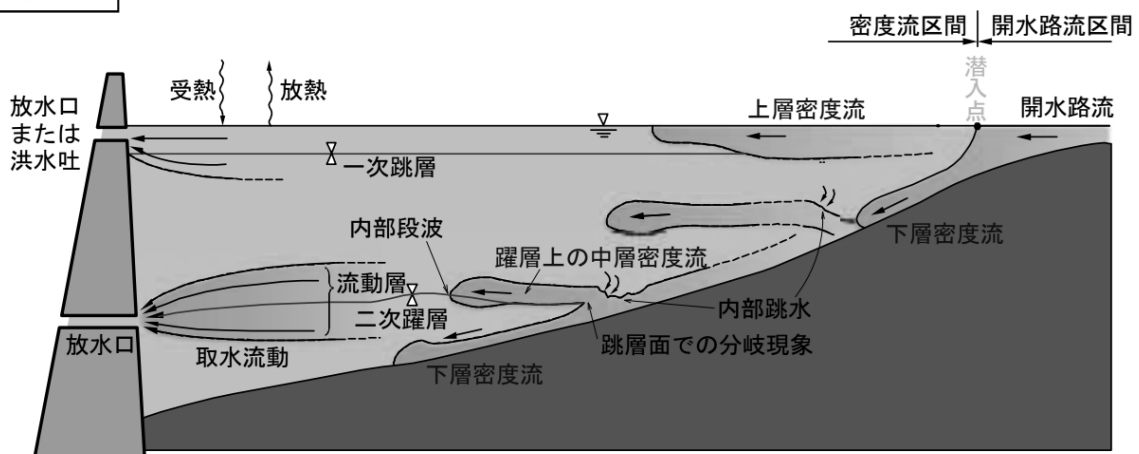
密度流は一般的には塩水と真水、濁水と清水など、密度の異なる流体の運動において、密度の大きい流体塊が密度の小さい流体の下を流れる現象を言う。

ダム貯水池における密度流の挙動イメージを図 4-38に示す。ダム貯水池では、その成層の状態にもよるが、濁水を含んで密度が大きくなった河川水が貯水池に流入すると、貯水池の水との密度差により、濁水密度流として貯水池中底層に貫入するようになる場合がある。濁水密度流は貯水池内の当密度付近の深度に貫入することから、湖底付近の水密度よりも濁水密度流の密度が大きい場合には、河床勾配（又は堆砂デルタ前面）に沿って流下する下層密度流となり、水温躍層が形成されている場合には、当密度層付近に貫入する中層密度流となって拡散することなく流下する。

多くの濁質は流動途中で清水と混合して希釈されたり沈降したりするので、通常、濁水密度流はダム到達以前に消滅する。しかし、堆砂デルタが前進し、ダム堤体までの距離が短くなると、濁水密度流がダムへ到達する可能性が高くなるので、このダム到達を予測して、貯水位を低下させたり、低標高の洪水吐きゲートをタイミングよく操作したりすれば、濁水密度流や底層に堆積した細粒分を排砂することができる。

これまでに中国など海外では数多くの密度流排出が行われてきたが、我が国において計画的に実施されたのは片桐ダムなどである。片桐ダムは、堤体上流のカーテンウォール（高さ約27m、幅7.42m）を用いて底層の濁水を上層に誘導し、高標高のオリフィスから放流する方式である。なお、カーテンウォールでは濁水が堤体近くに到達する必要があることから、大規模な貯水池にはあまり適していない。

## 密度流排出



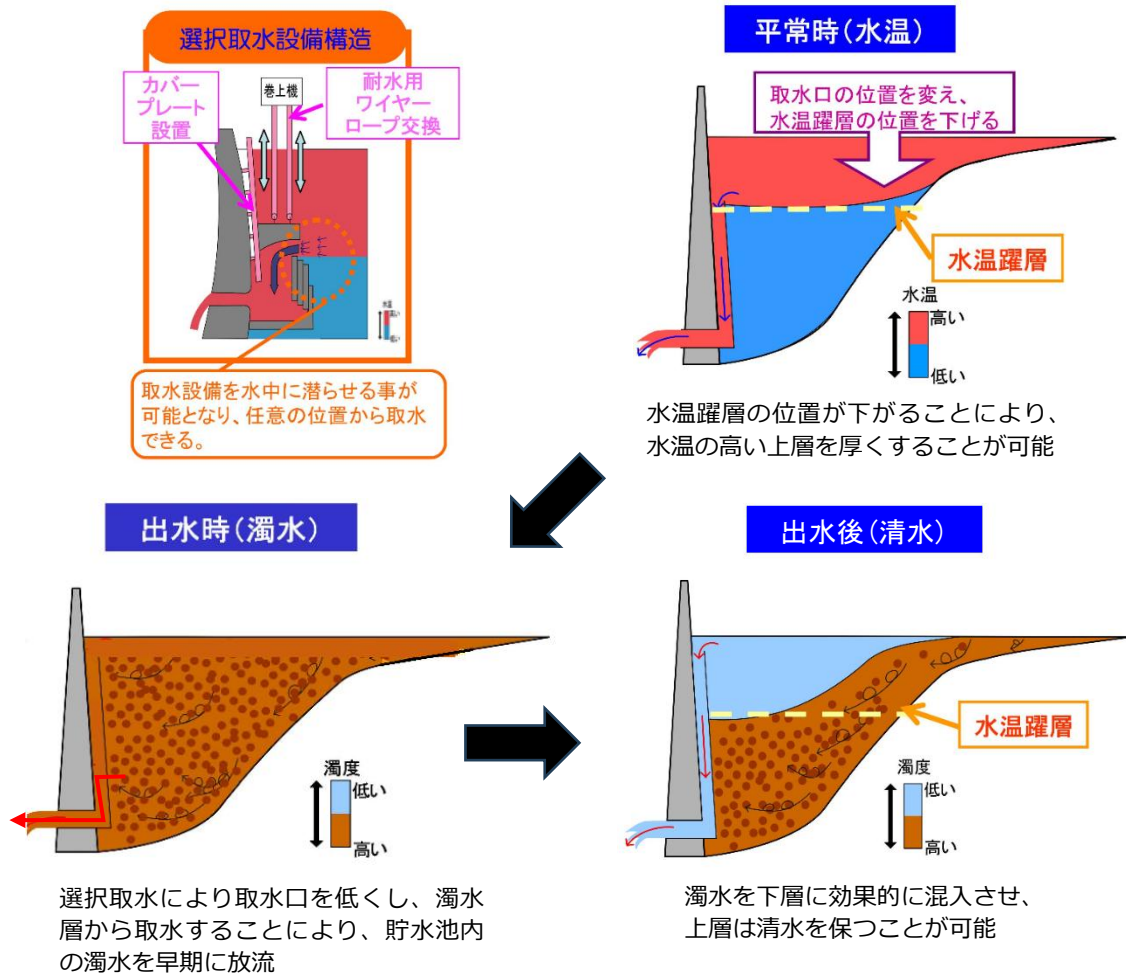
出典) ダム貯水池土砂管理の手引き (案), 平成 30 年 3 月, 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課. [http://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/dam7/pdf/damtyosuichidosyakanritebikiH30.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/dam7/pdf/damtyosuichidosyakanritebikiH30.pdf), (参照 2025-03-13).

図 4-38 密度流排出に関する密度流の挙動

#### 4 堆砂対策の実際

片桐ダムとは異なり結果的に密度流排出となった事例は、密度流を誘導する方法でみると洪水調節用放流管（小渋ダム、二瀬ダム、木川ダム）や選択取水設備（矢作ダム）などがある。また、洪水発生後の濁水長期化が問題となり、選択取水設備を設置しているダム（早明浦ダム、矢作ダム、川治ダム等）では、貯水池底部に発生した密度流（濁水層）を選択取水設備により積極的に排出し、上層の清水を極力温存するなどの運用がされている（図 4-39）。

ただし、このような選択取水設備により密度流を排出する場合においては、堆砂対策として有意となるほどの排砂量は期待できない場合が多い。



出典) 川治ダム貯水池水質保全事業事後評価資料, 平成 23 年 3 月 11 日, 国土交通省 関東地方整備局. [https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr\\_content/content/000037874.pdf](https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000037874.pdf), (参照 2025-03-13). を一部編集

図 4-39 選択取水設備による密度流（濁水）の排出

#### 4 堆砂対策の実際

一方、当センターは小渋ダムを対象にSS観測データの分析を行い、粒径0.075mm以下の細粒土砂が密度流となって流下し、ダム堤体に到達することを明らかにした。

2004年10月20日洪水の観測結果をみると（図 4-40）、放流水のSSピークは流入水のSSピークより約7時間遅れて発生した。流入水の最大粒径はおおむね10mm程度であり、流入地点では粒径10mm程度の土砂が浮遊状態で流下していることが確認された。放流水の粒径は放流水のSSピーク付近で粗いものの、放流水に含まれた最大粒径は0.075mm程度と流入水よりも明らかに小さかった。これらのことから貯水池に流入した濁水は貯水池内で分級（沈降）され、粒径0.075mm以下の細かい土粒子が密度流となって堤体まで運ばれてきたものと考えられる。

なお、密度流排出の検討に当たっては密度流の流下予測が重要であるが、シミュレーションを行う場合、粒径0.02mm以下の微細土砂の巻き上げ、沈降過程を考慮した河床変動解析が必要となる。微細土砂はフロックを形成して沈降したり、粘着力により侵食や巻き上げに対する抵抗が生じたりするため、これらをモデル化して河床変動量を計算することが可能であるが、モデルの妥当性にはまだ検討を要するところもあり、今後の課題である。

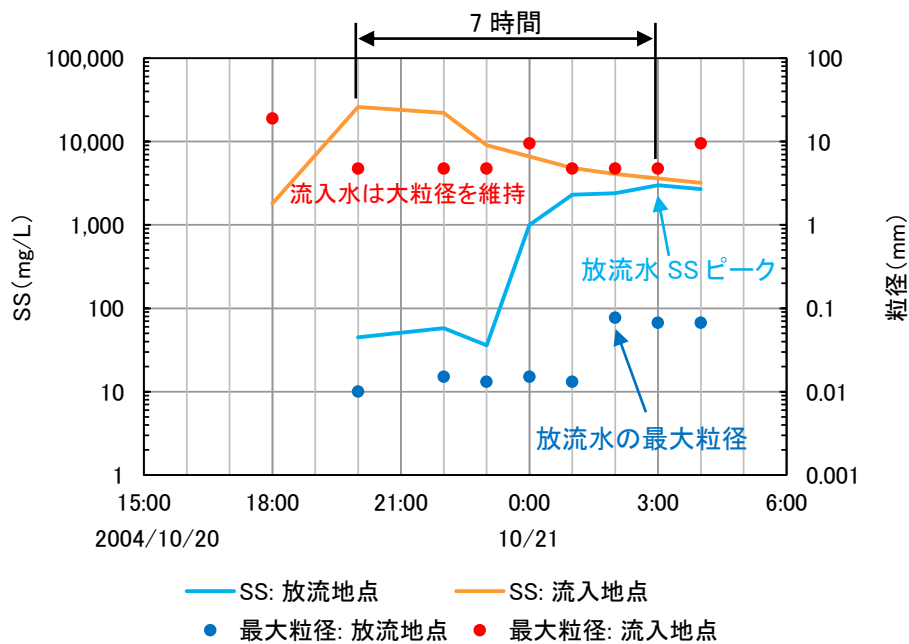


図 4-40 小渋ダムにおける洪水時の放流水及び流入水の SS 及び粒径の経時変化

## 4.4.4. 水圧吸引工法

## (1) 概要

水圧吸引工法（HSRS<sup>※</sup>）はサイフォンの原理で水位差を利用して排砂管内に水流を発生させ、負圧吸引により排砂管底部の吸砂口から土砂を吸引して下流河川等へ排砂する工法である（図4-41）。ポンプ等の動力を用いる必要がないためランニングコストが少なくすむメリットがある。

実ダムの実験槽や室内で実証実験が行われているが、実験規模はそれほど大きくない。

※HSRSは水位差吸引土砂排出システム(Hydro-suction Sediment Removal System)であるが、本資料では水圧吸引工法と略して表現している。

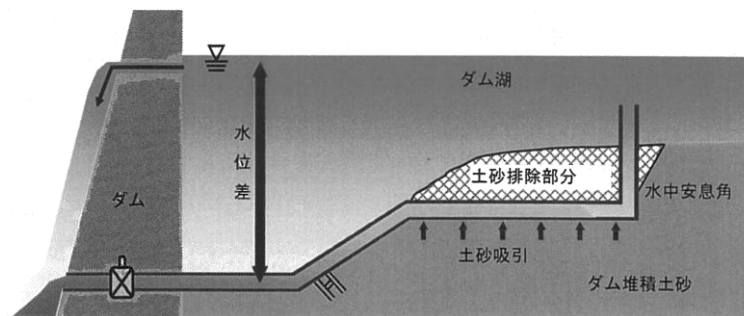


図 4-41 水圧吸引工法の模式図

## (2) 工法の適用性や課題

各工法の適用性や課題等は表4-11～表4-12のとおりである。水圧吸引工法のうち、MHS工法とHydro工法は排砂管の上流端から流入する流水で生じる負圧により、排砂管底部の吸砂口から土砂を吸引して排砂する工法である。両工法には堆砂下に排砂管を設置する固定式（MHS工法、Hydro-Pipe）と台船上からの排砂管を通じて浚渫する移動式（Hydro-J）などがある。

固定式は排砂管の設置・閉塞、排砂施設への集砂など、移動式は洪水時の台船の安全な係留（作業員の安全確保）などが課題である。固定式は解決すべき多くの課題を有するものの、排砂能力が確認でき、かつ土砂・流木による排砂管の閉塞等が回避できれば、洪水時における確実な排砂が期待できる。なお、工法にもよるが、固定式では排砂設備上に土砂を移送させる必要があることを踏まえると、固定式と移動式を組み合わせることも考えられる。

これらの水圧吸引工法の排砂性能（最大排出濃度）は工法や条件により異なるが、既往の実験結果等によると、堆砂がシルトの場合は最大で10%（管内流速がやや遅い場合）、砂質土の場合は2～5%程度である。したがって、対策施設の対象となることが多い砂質土では、安全側を見て2%程度で設定しておくことが望ましい。例えば、流量 $100\text{m}^3/\text{s}$ により2%濃度で排出すると、 $2\text{m}^3/\text{s}$ （ $7,200\text{m}^3/\text{h}$ ）の土砂を排出できる。ほかの水圧吸引工法であるシート排砂工法は排砂管となるパイプが水流により浮き上がらないように、また、堆砂面の低下に安定的に追従できるようにパイプ下にシートが敷設されている。ほかのSY工法、ダムドレのサイフォン排砂システムはいずれも洪水時に稼働させる移動式工法であり、洪水時に作業船を安全に係留できるかどうか大きな課題である。

表 4-11 水圧吸引関連工法の一覧表(1)

工法の名称	マルチホールサクション (MHS) 排砂管工法	ハイドロ (Hydro) 工法 ハイドロー-pipe	ハイドロー-J
開発者	(財)ダム水源環境整備センター、ダム水源土砂対策技術研究会	宏和エンジニアリング、青木あすなる建設	
排砂工法の種類	吸引(サイフォン原理)	吸引(サイフォン原理)	
固定式/移動式	固定式	固定式	移動式
排砂時期	洪水時 非洪水時に集砂(堆砂状況による)	洪水時	非洪水時
模式図			
排砂の原理	排砂管の上流端から流入する流水の動水負圧により、堆砂下に設置した排砂管下部の吸砂口から土砂を吸引して排砂する。吸引により、堆砂はパイピング現象による浸透破壊を起こす。吸砂口を制御する開閉制御装置、堆砂を崩す高圧水噴射装置あり	排砂管の上流端から流入する流水の動水負圧により、堆砂下に設置した排砂管下部のスリットから土砂を吸引して排砂する。先端の排出管の管径を排砂管より狭くして高流速により排出する。上流側から早期に土砂流入しないよう蛇籠・鉄板等を設置する *排砂管の流入端が下流側となる	J字管の先端から流入する流水の動水負圧により、堆砂におしつけたJ字管底部の吸引口から土砂を吸引して排砂する
特徴・適用性	<ul style="list-style-type: none"> <li>シルト質土及び砂質土が対象</li> <li>吸砂口は離散型</li> <li>濃度は真体積濃度で2~5%</li> <li>バルブ操作で水量(濃度)を調節できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>未固結の粘性土~砂礫が対象</li> <li>吸砂口は連続型スリット(排砂管全長にわたって吸引できる)</li> <li>取水管によって水量(濃度)を調節できる</li> <li>実験では10%濃度で排出(シルト)</li> <li>堆砂厚が厚いほど経済的に排砂</li> <li>排砂管は1:10の縦断勾配</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>吸込口の移動操作が必要</li> <li>未固結の粘性土~砂礫が対象(10cmほどの礫も排砂可能)</li> <li>水深50m程度は使用可能</li> </ul>
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>排砂性能の確認: 排砂能力、粘性・固結土砂の吸引</li> <li>洪水で流されないよう、基礎と固定バンドなどで排砂管固定</li> <li>排砂管のメンテナンス: 潜水点検・確認又は貯水位低下</li> <li>土砂・流木・ゴミによる吸砂口・排砂管の閉塞: ゴミ等は集砂時に除去</li> <li>開閉制御装置、高圧水噴射装置等の操作系統の安定性</li> <li>バルブの開閉</li> <li>施設の設置に期間を要する</li> <li>排砂量あたりの単価が高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>土砂・流木・ゴミによる吸砂口・排砂管・排出管の閉塞: 下流側の吸砂口から土砂流入すると、排砂管・排出管が閉塞する場合あり</li> <li>水理設計手法が不明: 特許との関係</li> <li>排砂領域に土砂が堆積するかどうか</li> <li>土砂がショートカットして流入</li> <li>バルブの開閉</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>洪水時に排砂できない</li> <li>排砂性能の確認: 排砂能力、粘性・固結土砂の吸引</li> </ul>
実験	<ul style="list-style-type: none"> <li>美和ダム シルト/排砂管φ30cm、吸引口φ13.4cm、堆砂厚1m、輸送管路長40m、水位差4m/約15分で50m³排出</li> <li>室内実験 砂質土(0.007mm)/排砂管φ5.2cm、吸引口φ2.3cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ジムラック水力発電所(ネパール) d<sub>50</sub>=0.15mm(0.075~0.3mm)/管径φ15cm、排出管11cm、輸送管路長30m又は45m、スリット幅3cm、水位差2~2.1m/26分で7m³排出</li> <li>和歌山県加太 平均粒径0.62mm(最大4.8mm)/管径φ25cm、排出管φ15cm、スロット15cm×30cm、輸送管路長13m、水位差6m</li> <li>室内実験(大型水槽) 砂/管径φ10cm、排出管φ7.5cm、堆砂厚60cm、排砂延長10m、輸送管路長7m、水位差1.3m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>佐久間ダム 砂礫(最大13cm)/管径φ25cm、排出管φ20cm、水深20m</li> <li>和歌山県加太 粘性土+礫交じり砂(最大8cm)/管径φ25cm、排出管15cm、スロット15cm、輸送管路長95m</li> <li>ジムラック水力発電所(ネパール)</li> </ul>
特許ほか	特許登録「水中堆積物の吸引搬送装置及びその吸引方法」	ノルウェー(トム・ヤコブセン)の特許: 基本特許とハイドローJ NETIS登録	
備考	「マルチホールサクション(MHS)排砂管工法技術マニュアル」あり 発表論文多数あり		

\* 会員企業(開発時点): 大本組、株木建設、国土総合建設、五洋建設、佐伯建設、大旺建設、東亜建設工業、東洋建設、徳倉建設、本間組、みらい建設工業、吉田組、りんかい建設、若築建設

表 4-12 水圧吸引関連工法の一覧表(2)

工法の名称	シート排砂工法	SY 工法	ダムドレ サイフォン排砂システム
開発者	(独) 土木研究所、IHI	信州大学、吉川建設	ダムドレ
排砂工法の分類	吸引 (サイフォン原理)	吸引 (サイフォン原理)	吸引 (サイフォン原理)
固定式/移動式	固定式	移動式	移動式 (浚渫作業船で掘削・浚渫)
排砂時期	洪水時 非洪水時に集砂	洪水時 非洪水時に集砂	洪水時
模式図			
排砂の原理	堆砂面上に切欠 (上流側の排砂管下部) を入れたパイプと水密シートを敷設し、堆砂面に張り付かせながら、パイプからの吸引により水と一緒にパイプを通じて排砂する。パイプは柔軟な素材でシートとともに排砂に伴う堆砂面の低下に追従する	排砂管先端の吸引ヘッドを上下させて流れ (脈動流) を作るとともに、堆砂に挿入して、土砂を吸引し排砂する。吸引ヘッド横につけたチゼルによりヘッドをはねあげると清水が流入する仕組みである	
特徴・適用性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・粘性のない砂が対象</li> <li>・吸込口は上流側のみの連続型スリット</li> <li>・堆砂量が少ないダム (数万 m<sup>3</sup>/年) が対象</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・吸込口の移動操作が必要</li> <li>・ウォッシュロードが対象</li> <li>・水深 26m</li> <li>・高濃度ほど排砂量は多くなるが、排砂管の閉塞が起こる可能性がある</li> <li>・安定的に排出できる最大濃度は約 10% である</li> <li>・改良されたヘッドにより砂礫の吸引も可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・吸込口の移動操作が必要</li> <li>・実験では 13cm の礫も排砂できた</li> <li>・濃度は 5~10% を想定</li> <li>・水深 20m 程度 (ラダーの制御限界) は使用可能</li> <li>・大規模な掘削・浚渫には適さない</li> <li>・粘性土、圧密土、ゴミの種類に応じて掘削装置 (カッター等) を選定</li> </ul>
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・排砂能力の確認</li> <li>・堆砂面の低下に対して、パイプ・シートが安定的に追従できるか</li> <li>・堆砂面へのシートの確実な敷設</li> <li>・土砂移動によるシートの埋没</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水時に湖上で作業員は操作を行わないが、施設は湖上にある</li> <li>・洪水時における作業船の安全な係留</li> <li>・吸引ヘッドの上下には動力が必要</li> <li>・排砂量あたりの単価が高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水時に湖上で作業を実施する</li> <li>・洪水時における作業船の安全な係留</li> </ul>
実験	<ul style="list-style-type: none"> <li>・室内実験 粗砂 (平均 1.3mm)、細砂 (平均 0.3mm)、粘性土 (美和ダム底泥) の 3 ケース/パイプ径 φ 10.16cm、水深 30cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・美和ダム (実験槽) ダム堆砂/吸引管 φ 15cm、輸送管路長 100m と 150m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ウオノギリダム (インドネシア) 礫 (最大 13cm)、竹 (最長 60cm)、ビニールの排除、圧密土への対応</li> <li>・泰阜ダム下流で実験</li> </ul>
特許ほか	特許登録「水底堆積土砂の輸送方法及びその装置」	特許登録: SK 工法「貯水場所の堆積物搬出機構及び貯水場所の堆積物搬出方法」、SKY 工法「堆積物搬出機構及び堆積物搬出方法」	特許登録「大容量貯水池の浚渫作業方法及び浚渫作業システム」NETIS 登録
備考	発表論文多数あり	台船移動のための自動制御検討	ダムドレが小島組 (KOJIMA サイフォン排砂システム) から技術継承

4.5. ダムのアセットマネジメントとしての土砂管理

4.5.1. 概要

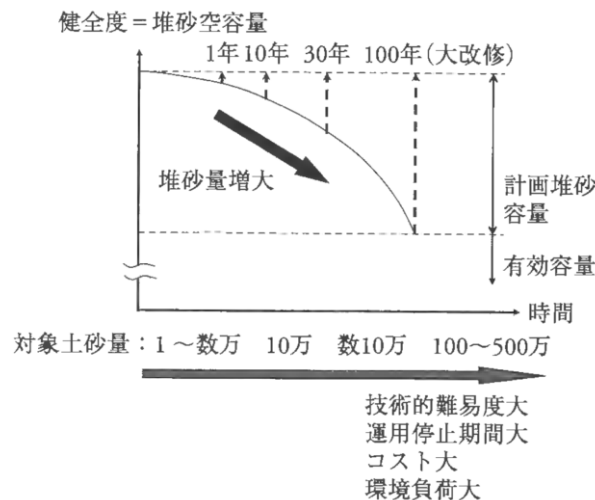
一般に、ダムでは計画上の堆砂容量として100年分の容量をあらかじめ設けていることから、ダム建設から100年間、堆砂についてはメンテナンスフリーと勘違いされがちであるが、実際には100年の経過を待たずに土砂管理が必要であり、様々な堆砂対策が実施されている。また、表4-13に示すとおり、ダムの機械や電気設備は耐用年数が20年前後と短いものが多いこともあり計画的に維持管理が進められていることを踏まえると、ダムの長寿命化を実現させるための最大の課題は「ダム堆砂」であり、ダムのライフサイクルコストを考える上では堆砂対策が重要となっている。

さらに、図4-42に示すとおり、堆砂は時間経過とともに量が増えるだけでなく対策コストや技術的難易度が上がると想定されることから、早期にダムの堆砂対策に本格的に取り組むことが重要である。

表 4-13 更新期間によるダムの施設区分とマネジメントの重点

更新期間	施設等	マネジメントの重点	備考
短期 数年～数十年	機械設備 電気設備 建築物	点検、整備、補修 更新のトータル費用の低減	サービス水準向上 技術革新対応
長期 数十年～数百年	貯水池（堆砂）	長寿命化 ライフサイクルコストの低減	適切な対策をすれば 更新時期は延びる
超長期 （不明）	ダム堤体	点検 維持管理費用の低減 リスクアセスメント	適切な管理をすれば 更新が超長期不要となり 更新費用の現在価値が 評価できない
偶発的	貯水池法面 地すべり 地震対応等	点検 緊急時対応	一定レベルまでは 建設時に対応

出典) 小林ら. 堆砂対策に着目したダムにおけるアセットマネジメントの適用性検討. 河川技術論文集. 2007, 第13巻, p. 65-68. 一部加筆

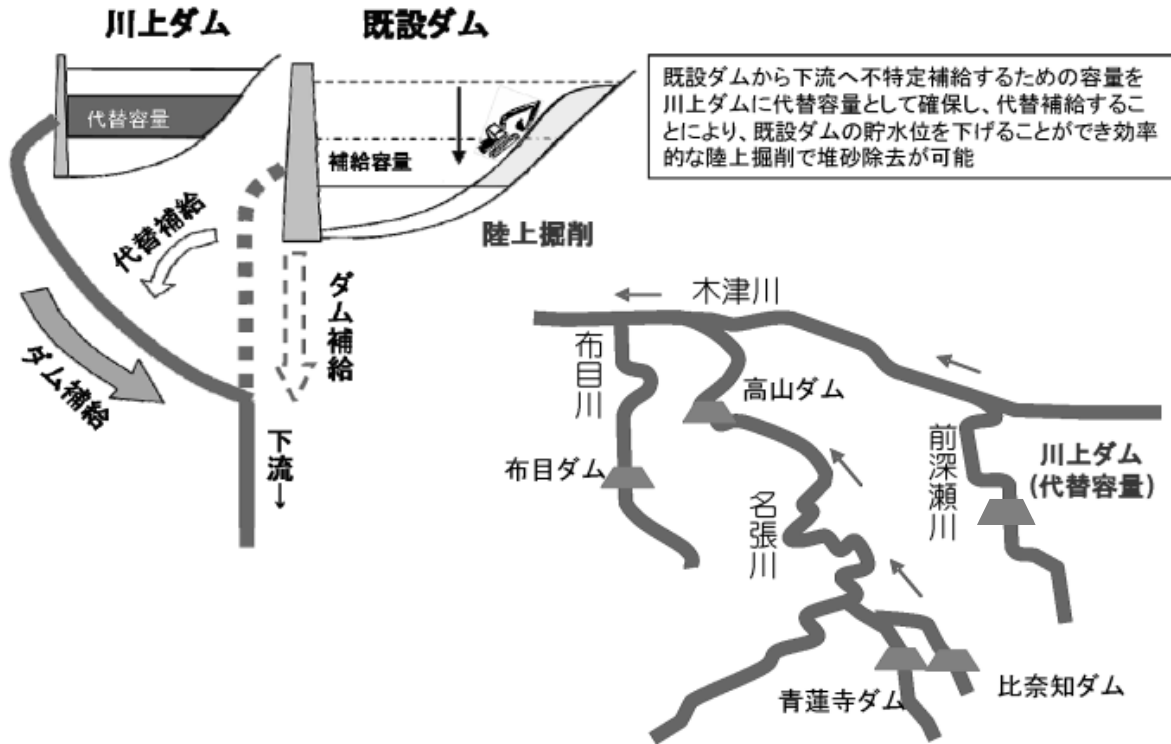


出典) 角ら. ダムと環境の科学IV 流砂環境再生. 京都大学学術出版会, 2023, 504p.

図 4-42 堆砂による劣化曲線及び対策難易度

4.5.2. ダム群でのアセットマネジメントの事例（淀川水系木津川上流ダム群）

ダムの土砂管理におけるアセットマネジメントをダム群で実施している例としては、淀川水系木津川上流ダム群での対策が挙げられる（図 4-43）。ここでは既設ダム群（高山ダム、青蓮寺ダム、布目ダム、比奈知ダム）が比較的近接した位置にある特徴を活かし、ダム群全体でのライフサイクルコスト低減が行えるよう、新設する川上ダムに確保する「既設ダムの堆砂除去のための代替補給容量（長寿命化容量）」を活用したダム堆砂対策をローテーションで実施する計画が進められている。



出典) 川上ダム建設所ホームページ，独立行政法人 水資源機構 川上ダム建設所. <https://www.water.go.jp/kansai/kawakami/kihonjoho/faq/index.htm>, (参照 2025-03-13). の図に一部加筆

図 4-43 木津川上流ダム群のローテーション掘削の概念図

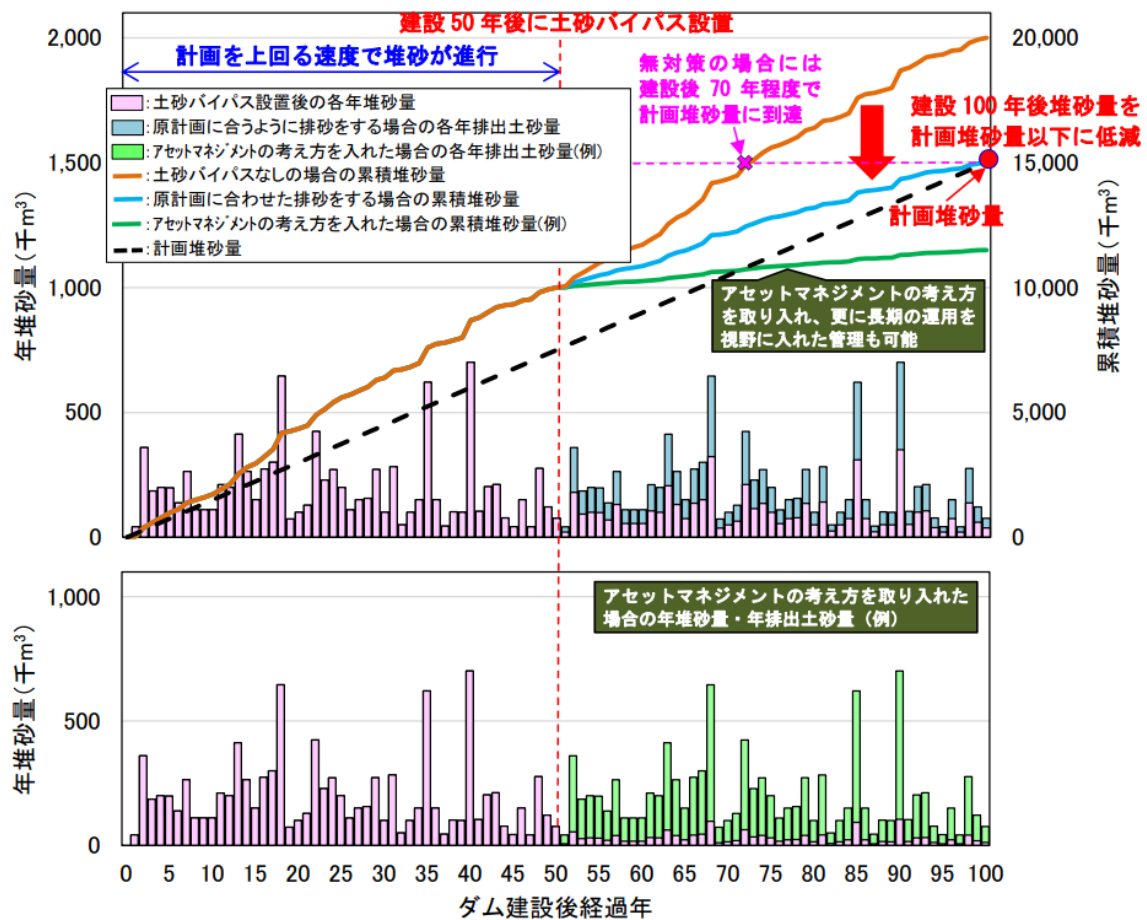
## 4 堆砂対策の実際

### 4.5.3. 超長期的な視点からのアセットマネジメント

これまで実施されてきたダム堆砂対策の多くは、計画を上回る速度で堆砂が進行している既設ダムを対象に、ダム建設100年後に堆砂容量が満杯になると推定されるレベルに堆砂量をコントロールすることを目標としてきた（図 4-44 水色のライン）。

一方で、我が国の既設ダムの多くはすでに建設後数十年が経過しており、ダムによっては、ダム建設100年後以降も貯水池機能を維持することを堆砂対策の目標とすることの必要性が高まってきている。

どのような戦略を採用して堆砂対策を進めるべきかについては、当該ダムの実状に合わせて検討を行う必要があるが、より長期にわたり堆砂容量が満杯にならないレベルで堆砂量をコントロールする堆砂対策（図 4-44 緑のライン）についても検討することが望ましい。



出典) 土砂バイパストンネル計画策定のための参考手引き (案) . ダム土砂マネジメント研究会・(一財)水源地環境センター, 2023, 131p.

図 4-44 アセットマネジメントの考え方を取り入れた堆砂量コントロール  
(土砂バイパストンネルによるダム貯水地機能延命化のイメージ)

## 4.6. 堆砂対策の経済性評価

## 4.6.1. 概要

ダムの長寿命化を考える場合、施設の維持管理について経済的な観点からも評価する必要がある。経済性評価の対象としては、ダム堤体や関連施設の維持・更新はもちろんであるが、長期的には堆砂対策コストが大きなウェイトを占める可能性があることから、堆砂対策についても早い段階で経済性評価を行っておくことが必要である。

各堆砂対策に伴うコスト項目及びコスト（例）を表 4-14と表 4-15に示した。初期投資としての排砂ゲートやバイパストンネルの建設には多額の建設費を要するとともに、長期的にはトンネル摩耗対策費などのランニングコストが大きい。ただし、貯水池や河道が湾曲している場合は土砂バイパスが有利となる場合がある。また、1条あたりではフラッシングの排砂ゲートはバイパストンネルよりも安価であるが、排砂ゲートは複数設置する場合も多く、単純に比較できないことに留意が必要である。維持管理費には施設の補修・摩耗対策費だけではなく、容量（利水）損失や減電に対する補償費などが含まれる場合がある。

表 4-14 堆砂対策に伴うコスト項目

	建設費	維持管理費
土砂バイパス	トンネル掘削、減勢工、ゲート	トンネル・減勢工・ゲートの補修・摩耗対策費
フラッシング	排砂ゲート	排砂ゲート及び周辺設備の補修・摩耗対策費、減電補償費
貯水排除掘削（水位低下掘削）	必要に応じて水位低下設備	掘削、減電補償費、容量（利水）損失補償費

表 4-15 堆砂対策のコスト（例）

	初期投資*（施設建設）	ランニングコスト	特記事項
掘削	—	掘削：2,500 円/m <sup>3</sup>	運搬（距離 10km 程度）・敷き均しを含めたコストで、距離が長くなると更に高くなる
浚渫	—	浚渫：20,000 円/m <sup>3</sup>	—
貯砂ダム＋掘削	貯砂ダム建設 54 億円/基	掘削：2,500 円/m <sup>3</sup>	貯水池上流に設置した貯砂ダムの土砂を掘削する
フラッシング	排砂ゲート建設 101 億円/条	摩耗対策、減電補償 2,200 万円/年	—
土砂バイパス	土砂バイパス建設 約 132 億円/条	トンネル摩耗対策 1.21 億円/年	—
貯水排除掘削（水位低下掘削）	—	掘削：2,500 円/m <sup>3</sup> 補償：7,500 万円/年	貯水位を完全に低下させ、堆砂を掘削によりすべて排除する。減電・利水容量損失への補償が必要

\*初期投資には用地及び補償費が必要な場合もある。

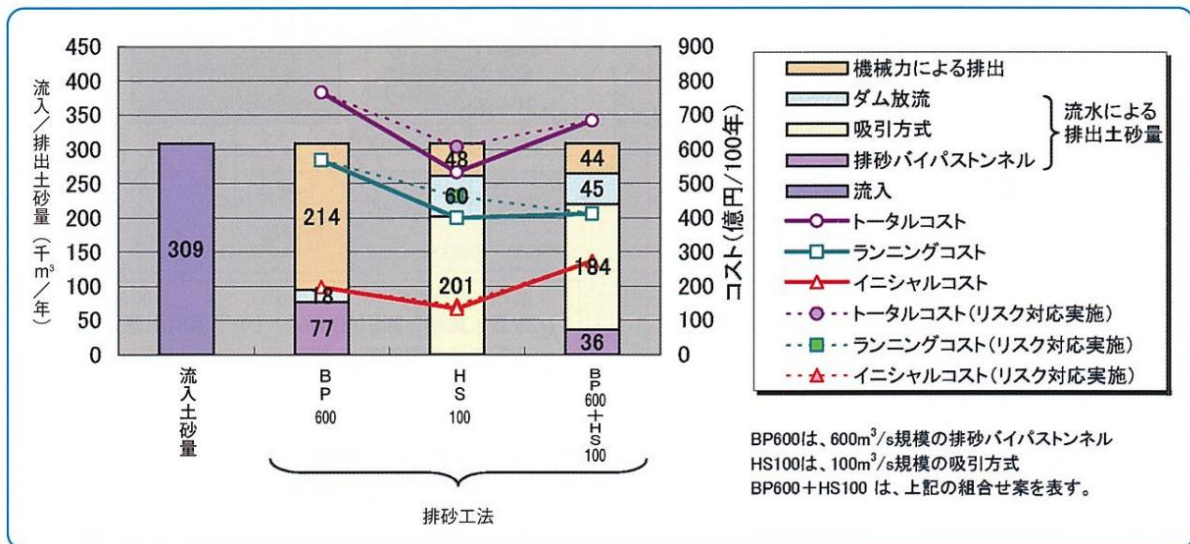
出典) 森川一郎. 淀川水系ダム群の長寿命化検討. ダムのアセットマネジメントを考える シンポジウム論文集. 2007. に一部加筆

## 4 堆砂対策の実際

### 4.6.2. 矢作ダムにおける計画段階の算定事例

堆砂対策のコスト（建設投資、ランニングコスト）を計画段階で算定した平成19年度時点での矢作ダムの検討事例を紹介する（図 4-45）。この事例では算定された施設排砂量より必要排砂量を求め、排砂等に必要な総費用及び排砂量あたりの総費用を算定している。ここで、総費用＝施設の建設費＋維持管理費／年×100年であり、また、総費用、排砂コントロール、工法の確実性を含めて、現地適応性について評価している。

矢作ダムは利水需要のために貯水位が低下していることが多く、仮に土砂バイパス（図中のBP）を設置しても洪水に伴う土砂が効率的にバイパストンネルへ流入しにくい。そのため、流況の影響をあまり受けずに排砂できる水圧吸引工法（図中のHS）が有利であり、かつトンネル径を小さくできることから経済性が高いことが分かった。すなわち、必要排砂量約30万m<sup>3</sup>/年に対して、土砂バイパス単独では十分排砂できず、また、土砂バイパスと水圧吸引工法を組み合わせた案よりも、水圧吸引工法単独の方が低コストとなる。さらに、本検討では、水圧吸引工法が流木やゴミ等で機能しなくなったり、排砂管上に集砂されなかったりするリスクをバックアップする浚渫費（非洪水期における移動式水圧吸引工法又は浚渫）についても試算しているが、これらのリスク費を含めても水圧吸引工法単独の方のコストが低いという結果であった。なお、この水圧吸引工法の排砂規模100m<sup>3</sup>/sは、排砂量ごとの水圧吸引設備のコストと水圧吸引工法で排砂できない堆砂を浚渫で排除するコストを合計したコストが最も低くなる規模として選定された。



出典) 平成19年度 矢作ダム堰提改良技術検討委員会 第1回委員会資料説明資料, 平成19年10月4日, 国土交通省 中部地方整備局 矢作ダム管理所. <https://www.cbr.mlit.go.jp/yahagi/03-match/committeeH17-21/H19/pdf/1-shiryou-2.pdf>, (参照 2025-03-13).

図 4-45 排出土砂量とコストによる工法検討

## 4 堆砂対策の実際

### 4.6.3. 便益／コスト分析の必要性

先に示した矢作ダムの算定事例に見られるように、堆砂対策のコスト評価は行われているが、本来、堆砂対策が経済的に妥当なものであるかどうかは、便益／コストで評価する必要がある。しかしながら、堆砂対策に伴う便益には以下に示した様々な項目が考えられ、いまだ十分な評価はなされていない。

さらに、堆砂対策としての掘削・浚渫、排砂に伴う便益評価を行う前には排砂シナリオ（案）を策定しておくことが重要である。すなわち、排砂サイクルとして、従前の掘削・浚渫のように「排砂を少しずつ頻繁に行う」か、貯水排除掘削（又は水位低下掘削）のように「排砂を数十年間隔で一気に行う」かなどについてシナリオを設定しておき、シナリオごとに便益／コストの分析を行い、経済性評価を実施することが重要である。

#### 【便 益】

- ・洪水調節容量の維持 → 河川改修事業費の増加抑制、又は被害軽減期待額の維持
- ・利水容量の維持 → 利水安全度の維持（農水、水道水、河川維持）  
→ 発電収入の維持  
→ 環境維持用水の維持
- ・排除した土砂の有効利用 → 砂利業者からの採取料収入  
→ 他事業への転用（コンクリート骨材、盛土材等）  
→ 客土利用、レンガ材利用
- ・下流河川の河床上昇 → 護岸・基礎の深掘れ対策費の軽減  
→ （攪乱による樹林流失に伴う）樹林伐採費の軽減
- ・海岸線の回復 → 突堤・防波堤等の基礎洗堀対策費の増加抑制、国土面積の維持
- ・生息・生育環境の改善 → 漁獲量等の増加
- ・水質改善 → 水質浄化費の軽減、漁獲量等の増加
- ・下流域の景観改善 → 景観改善による集客増加

#### 【コスト】

\* ライフサイクルコスト＝建設費＋ランニングコスト（維持管理費＋堆砂対策費）

ダムの耐用年数期間を対象に、利子率を考慮して現在価値化する

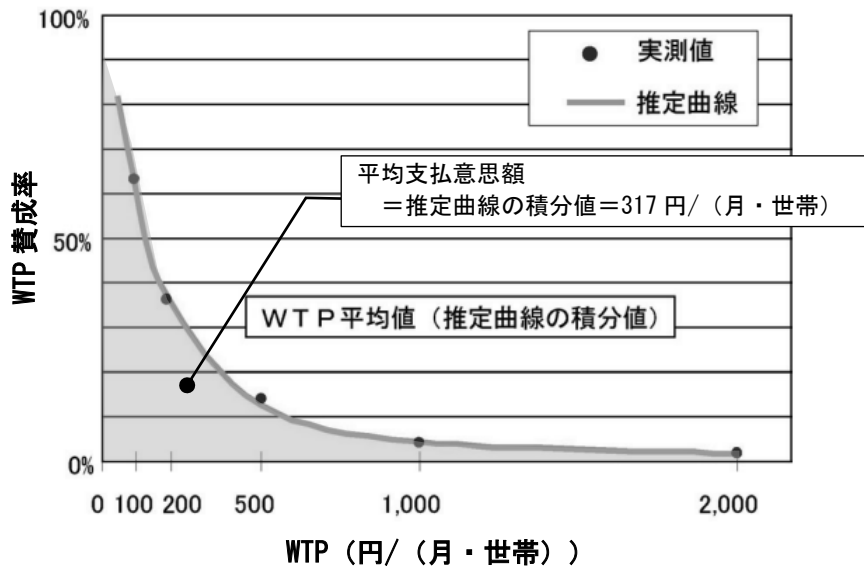
- ・建設費：排砂施設（含 関連施設）の建設費
- ・維持管理費：排砂施設の維持管理費：電気代、補修費（摩耗ほか）、損耗費
- ・堆砂対策費：必要に応じて掘削・浚渫費：堆砂対策で除去できない堆砂への対応  
下流河川土砂還元の場合、掘削・運搬・盛立費

ここで、堆砂対策により河川等の環境改善効果が期待できる場合には仮想的市場評価法（CVM：Contingent Valuation Method）により評価することも可能である。CVMの適用に際しては、国土交通省の事業評価で標準指定されている方法<sup>\*\*</sup>等により住民の支払意思額（WTP：Willingness To Pay）を求めることができる。富田ら<sup>\*\*</sup>は、矢作川流域を対象に、矢作ダムに

#### 4 堆砂対策の実際

土砂バイパストンネル設置により期待される環境改善効果として、ヨシ原の回復、砂河原の回復、水遊び場の創出、生態系の保全とした場合のCVMによる支払意思額を試算している。この結果によると、CVMによる支払意思額は317円/(月・世帯)であり(図 4-46)、年便益は、「CVMによる支払意思額 317円」×「豊田市域の世帯数 153,539世帯」×「12ヶ月」より5.84億円と評価されている。

- ※ 公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針(共通編),平成20年6月,国土交通省. <https://www.mlit.go.jp/tec/hyouka/public/shishin.pdf>, (参照 2025-3-13).
- 仮想的市場評価法(CVM)適用の指針,平成21年7月,国土交通省. <https://www.mlit.go.jp/tec/hyouka/public/090713/cvmshishin/cvmshishin090713.pdf>, (参照 2025-03-13).
- ※※ 富田ら. 河川における総合土砂管理の経済評価 -矢作川におけるダム長寿命化と環境改善を組み合わせた費用便益評価-. 河川技術論文集. 2010, 第16巻, p. 529-534.



出典) 富田ら. 河川における総合土砂管理の経済評価 -矢作川におけるダム長寿命化と環境改善を組み合わせた費用便益評価-. 河川技術論文集. 2010, 第16巻, p. 529-534. 一部加筆

図 4-46 矢作川流域での堆砂対策による環境改善に対する支払意思額

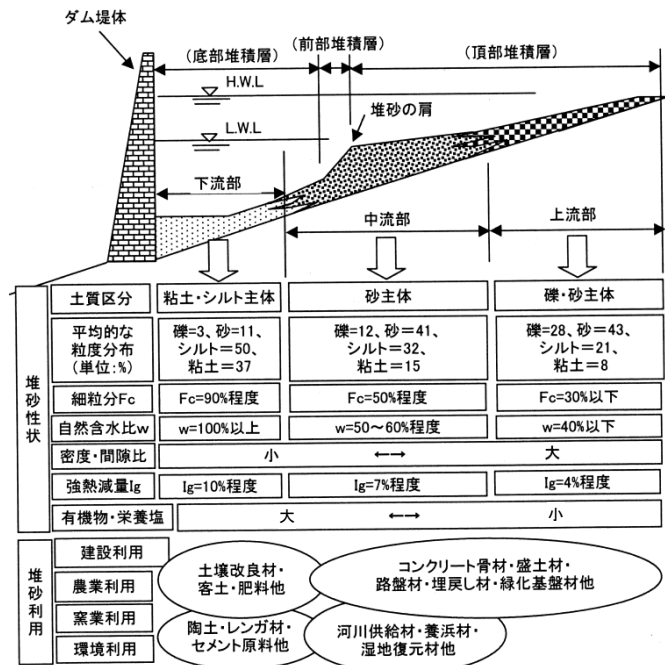
### 4.7. 土砂の有効活用

#### 4.7.1. 堆砂区分と有効活用方法

ダム貯水池の堆砂排除はダムの機能向上及びそれに伴う便益の増大だけでなく、除去した土砂を有効活用することで処分コストを抑制できる場合もあることから、堆砂対策が持続可能なものとなり得る。

ダム堆砂は貯水池内の堆積場所により、上流部（礫・砂主体）、中流部（砂主体）、下流部（粘土・シルト主体）の3つに区分でき、平均的な性状及びそれらの性状を踏まえた利用方法については、大矢らにより図 4-47に示すとおり整理されている。

一方で、掘削・浚渫した土砂はそのまま多用途に利用できるわけではなく、土砂の性状と利用目的の関係に応じて適切な処理方法を選定する必要があり、処理レベルは、表 4-16と図 4-48に示すとおり3区分ができる。



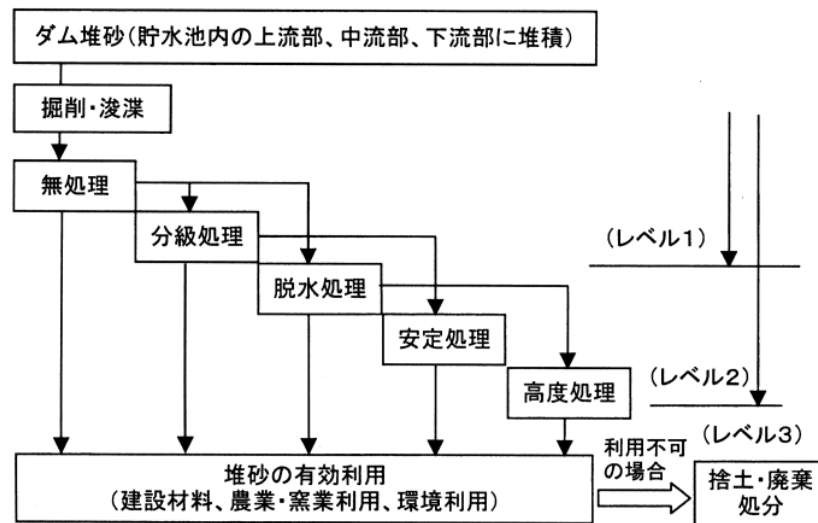
出典) 大矢ら. ダム堆砂の性状把握とその利用法. ダム工学, 2002, 12 巻, 3 号, p. 174-187.

図 4-47 ダム堆砂性状と考えられる利用法

4 堆砂対策の実際

表 4-16 利用可能性から捉えた処理レベル

処理レベル	概要	主な材料特性
レベル1	・ほとんどそのまま利用可能（簡単な粒度調整程度の処理で済む）	・貯水池上流部（貯砂ダム上流等）に堆積する粗粒材
レベル2	・そのままは利用不可であるが処理を施すと利用可能（通常は脱水処理、及び安定処理、場合によっては高度処理まで必要）	・中下流部に堆積する細粒分を含む土砂 ・細粒分や有機物の含有状況等によりレベル2～レベル3が混在
レベル3	・利用不可能（捨土・廃棄処分を検討すべき）	・重金属等有害物質を含む場合は基本的にはレベル3



出典) 大矢ら. ダム堆砂の性状把握とその利用法. ダム工学, 2002, 12巻, 3号, p.174-187.

図 4-48 ダム堆砂利用のための処理フロー

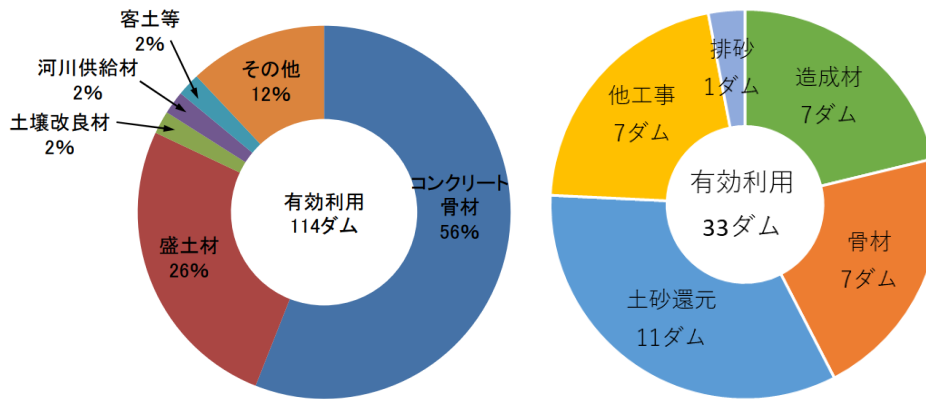
## 4 堆砂対策の実際

### 4.7.2. 有効活用状況

1997年～1999年度に実施された580ダムを対象にした調査結果をみると、堆積土砂の採取を行っているのは25%の147ダムであった。このうち114ダムで採取土砂の有効利用が行われ、その利用実態はコンクリート骨材が最も多く約60%、次いで盛土材が約25%、土壌改良材、河川供給材及び客土等がそれぞれ2%であった（図 4-49 左側のグラフ）。

一方で、治水を目的とする直轄・水機構管理ダムについて「ダムフォローアップ制度」に基づいた定期報告書（2018年度までの資料）をもとに採取土砂の活用状況を整理した結果を図 4-49の右側のグラフに示す。これらを比較すると、20年前には多かった骨材利用をしているダムの割合が減少し、土砂還元（河川供給）を実施するダムの割合が増加していることが確認できる。

なお、土砂還元（河川供給）による下流河川の環境改善事例については、後述する「下流河川への土砂還元（置き土）」の中で紹介する。



出典) (一社)ダム工学会維持管理研究部会. ダム堆砂の有効活用に関する事例研究. ダム工学. 2022, Vol. 32, No. 1, p. 1-7.

図 4-49 採取土砂の活用状況

(左: H9～H11 調査・全 580 ダム 右: H30 調査・全 119 ダム)

## 4 堆砂対策の実際

### 4.7.3. 有効活用上の課題

ダム工学会維持管理研究部会により事例調査に基づいて整理されている活用方法ごとの課題を表 4-17に示す。これらの課題については、今後の技術開発や新たな制度設計などにより解決していくことが望まれる。

表 4-17 堆砂の活用事例と各方法の個別の課題

活用方法	概要	個別の課題	事例
①骨材	<ul style="list-style-type: none"> <li>堆砂の物性値（比重・吸水率・粒径）が骨材に適する場合で需要地が近い場合に活用される。</li> <li>水中部は浚渫船、陸上部ではバックホウにより施工され、運搬は主にダンプトラックにより行われている。</li> <li>貯砂ダムやストックヤードから骨材業者が直接採取・運搬するケースが多い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運搬距離が長いと割高となる。運搬距離は 20 km 未満が多い。</li> <li>ダム周辺の骨材需要が少ない。</li> <li>廃棄土砂の捨土先がない。</li> <li>異物(木片・ビニール等)の処理。</li> </ul>	多数（佐久間ダム等）
②盛土材(埋立地)	<ul style="list-style-type: none"> <li>盛土の需要がある場合や骨材に使用できない場合、盛土材、圃場整備事業、陸砂利採取跡地の埋土や下水道の埋戻し材等に活用される。</li> <li>ストックヤードから利用者が直接運搬するケースが多い。一部のダムでは、近傍盛土予定地まで運搬、捨土している例もある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>活用のため、地域の公共事業との連携などの取組みが必要。</li> <li>堆砂の使用時期が異なることが多いため、仮置場が必要になる。</li> <li>掘削した土砂の性状の把握が重要。</li> </ul>	多数（布目ダム・湯田ダム等）
③土壌改良材	<ul style="list-style-type: none"> <li>堆砂は、一般に肥沃で農耕用として良質なケースが多い。</li> <li>堆肥などを加えた生育実験で良好な結果を得ているダムもある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>含有物に関して厳しい条件が課されるなど、制約や課題も多く、限られた実績にとどまる。</li> </ul>	柳瀬ダム
④土砂還元	<ul style="list-style-type: none"> <li>河床洗掘や海岸浸食の復元目的で、堆砂を河川内に置土し、洪水時に下流に流下させるもの。</li> <li>置土位置、置土方法など試行しながら行うことが多い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>濁水、河床上昇、下流ダム等の堆砂、水生生物等の河川環境への影響に留意することが必要。</li> </ul>	多数（長安口ダム・矢作ダム等）
⑤その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>家畜飼料への活用：鉄・カルシウムやマグネシウムを含有する細粒分を滅菌処理し、飼育素材にブレンドして活用。</li> <li>陶土への活用：細粒土を瓦や煉瓦等の陶磁器材料として活用の試行。（下久保・一庫・早明浦ダムの瓦・煉瓦への活用）</li> <li>セメント原料への活用：堆砂の粘土分の活用</li> <li>建設発生土マッチングシステムが H27 年から試行中</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>試行段階にとどまっているものが多い。</li> <li>試行中のマッチングシステムは公共工事、民間工事の発注者とも認知度がまだ低い。</li> </ul>	

出典) (一社)ダム工学会維持管理研究部会. ダム堆砂の有効活用に関する事例研究. ダム工学. 2022, Vol. 32, No. 1, p. 1-7.

建設発生土マッチングシステム：正式名称は「建設発生土の官民有効利用マッチングシステム」。建設発生土の有効利用・適正処理の促進強化を図るためのもの。事前登録制。あらかじめ各工事における搬出予定又は搬入希望の土砂の情報（量、土質等）を登録した上で、システム内で利用調整がされる。

## 4.8. 下流河川への排砂特性の違い

本章で説明してきた堆砂対策の多くは、除去した土砂を堤体下流へ還元させているが、還元される土砂の特性は還元方法により異なり、おおむね表 4-18のように整理できる。堆砂対策や除去した土砂の処分の検討に当たっては、この違いも考慮した上で、地域にあった堆砂対策や土砂処分を検討することが望ましい。

なお、表の内容は当センターのこれまでの経験に基づくイメージであることから、今後は各ダムのデータを多く収集、分析して、排砂特性の違いを明らかにしていきたい。

表 4-18 還元方法別の下流河川への排砂特性の違い（イメージ）

土砂還元手法 排砂特性	土砂バイパス トンネル	スルーシング フラッシング	置き土	密度流排出（選択取水設備 からの濁水放流も含む）
排砂量	多い	多い	密度流排出 よりは多い	少ない
土砂の粒径	小～中	小～大	小～大	小
排砂量や粒径の 人為的な調節	比較的困難	比較的困難	比較的容易	置き土よりも困難

## 5. 下流河川への土砂還元（置き土）

下流河川への土砂還元は、ダム下流河川の自然環境の回復や河床低下の軽減等も目的とした取組であるが、下流河川への土砂還元は、ダムから除去した土砂の適切な処分や有効活用方法の一つであり堆砂対策との関わりが深いことから、本資料でも取り上げることとした。

なお、土砂バイパス、スルーシング及びフラッシング等の堆砂対策においてもダム下流に土砂を還元させているが、ここでは、ダム貯水池から除去した土砂をダム堤体より下流に投入する“置き土”のみを取り扱った。

### 5.1. 概要

ダムが出来ると、貯水池による土砂流下スピードの低下や堤体による堰き止めにより、ダム堤体より下流への土砂供給量が減少し、その結果、下流河川の粗粒化に代表される自然環境の劣化や、河床低下や河川構造物の安定性が低下するなどの問題が生じる河川がある。これらの問題を軽減させるために、ダム下流に土砂を供給する“置き土”により、洪水時に土砂を河道へ拡散させる対策が取られる。この置き土の材料にはダム堆積土砂を活用する 경우가多く、この場合は土砂還元という名称が用いられることが多い。

### 5.2. 背景・経緯

1997年の河川法改正後、1998年7月の河川審議会の総合政策委員会総合土砂管理小委員会の報告により、土砂管理上の問題が顕在化している流砂系において、土砂の量及び質に関する流砂系一貫したモニタリングを組織的・体系的に実施することが示された。これを受け「土砂移動モニタリングガイドラインマニュアル（案）」が策定され、さらに、1999年3月の河川審議会答申「新たな水循環・国土管理に向けた総合行政のあり方について」を踏まえ、流砂系総合土砂管理研究会において「流砂系総合土砂管理計画策定の手引き（案）調査編・計画編」が策定された。この手引き（案）に基づき、2000年度から三春ダムや長島ダム、浦山ダムをはじめ各ダムで、下流河川への土砂還元試験が試行されるようになった。

これらのダムの土砂還元に関する試験結果や知見を踏まえた「総合的なダム堆砂対策技術検討委員会（平成19～20年度）」における審議結果を基に、2008年に「下流河川土砂還元マニュアル（素案）」が策定された。その後は新たなデータ等が追加されて2011年3月に「下流河川土砂還元マニュアル（案）第2版（国土交通省河川局河川環境課）」（以下「土砂還元マニュアル」という。）が策定され、現在はこの土砂還元マニュアルに基づいて、下流河川への土砂還元（置き土）やモニタリングが実施されている。

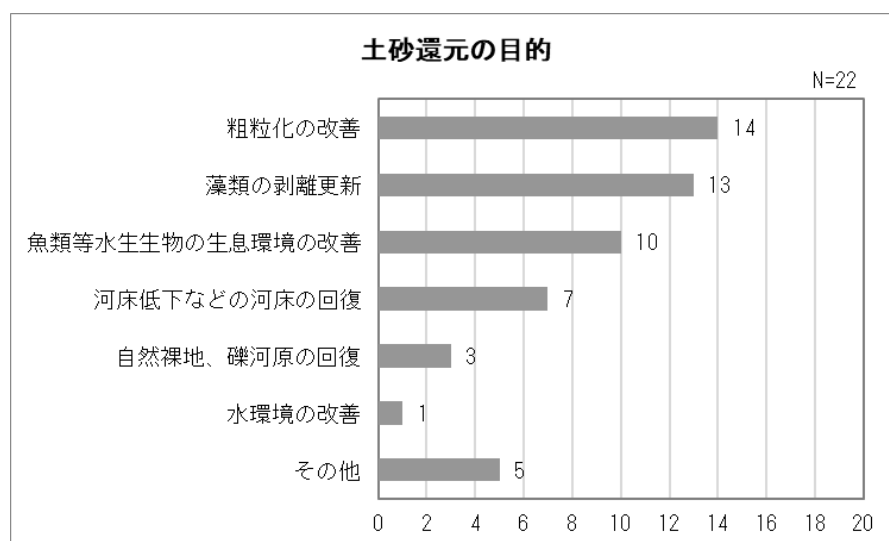
## 5 下流河川への土砂還元（置き土）

### 5.3. 国内における土砂還元（置き土）への取組

国内における土砂還元（置き土）への取組について、国土交通省が2024年3月に示した、「国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて」を参考に説明する。本資料に掲載してある情報は、2019年3月時点でとりまとめたものである。

#### 5.3.1. 土砂還元（置き土）の実施目的

これまでに下流河川への土砂還元を実施している直轄・水機構管理ダム（22ダム）の環境改善の目的は、粗粒化の改善が14ダム、藻類の剥離更新が13ダム、魚類等水生生物の生息環境の改善が10ダムであった（図 5-1）。



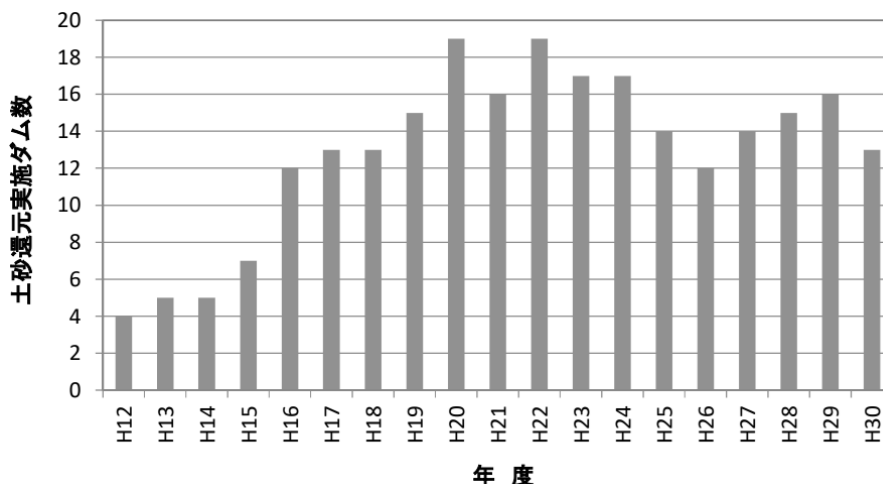
出典) 国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて，令和6年3月，国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課.

図 5-1 土砂還元（置き土）の実施目的

## 5 下流河川への土砂還元（置き土）

### 5.3.2. 実施しているダム数と置き土の量の変遷

2000年度から2018年度までの間に、直轄・水機構管理ダムのうち、延べ31ダムにおいて何らかの形で土砂還元（置き土）が実施されてきた。年度ごとの土砂還元（置き土）実施ダム数の推移を図 5-2に示す。継続して土砂還元を実施しているダムが大半を占めるが、試行的に実施したが現在は中断しているダムもあり、年度ごとの実施ダム数には変動がみられる。

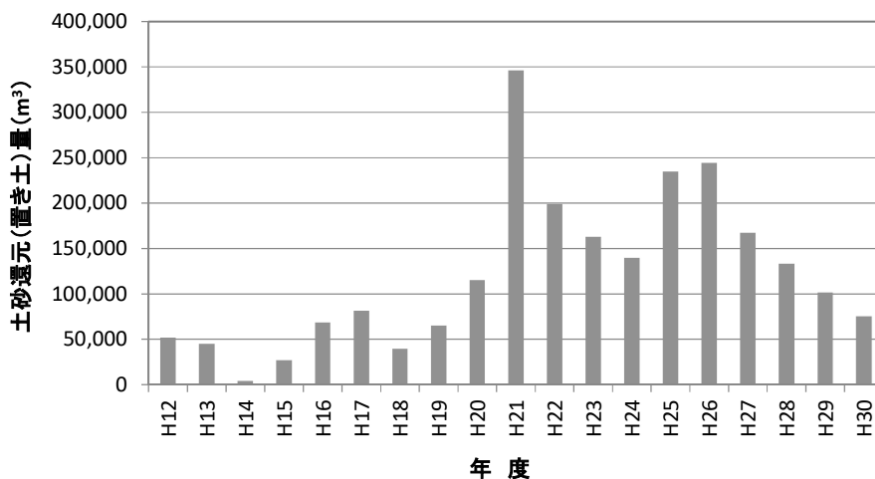


出典) 国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて、令和6年3月、国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課。

図 5-2 土砂還元（置き土）実施ダム数の推移

### 5.3.3. 置き土の量や性状

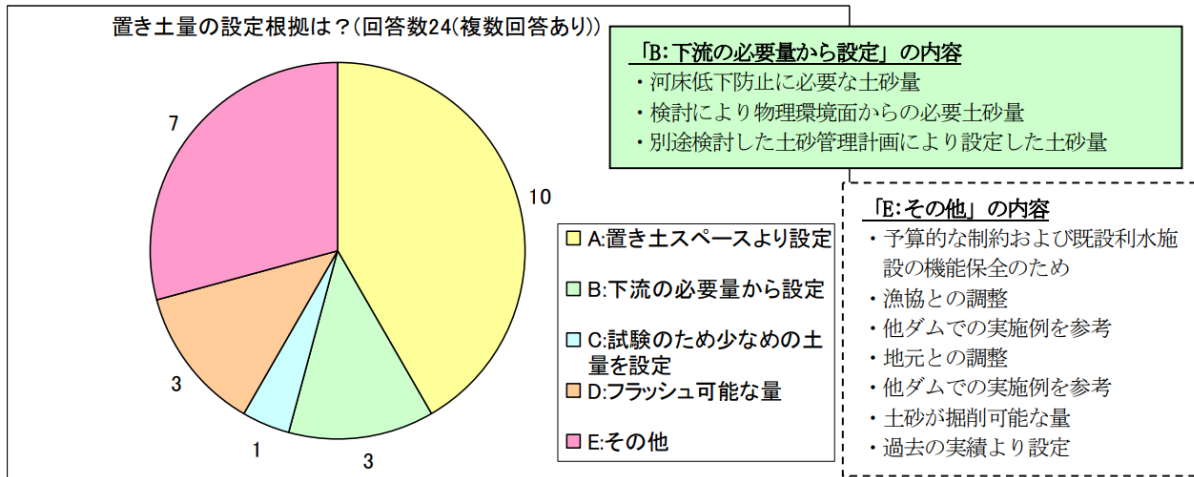
土砂還元（置き土）量の合計には、年度ごとの変動がみられる（図 5-3）。土砂還元（置き土）量の設定根拠について、土砂還元マニュアルに掲載されているアンケートの結果をみると、下流河川の必要量から設定している事例は少なく、ダム下流河道内のスペースの制約から設定されている事例が多い（図 5-4）。



出典) 国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて、令和6年3月、国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課。

図 5-3 土砂還元（置き土）量の推移

## 5 下流河川への土砂還元（置き土）

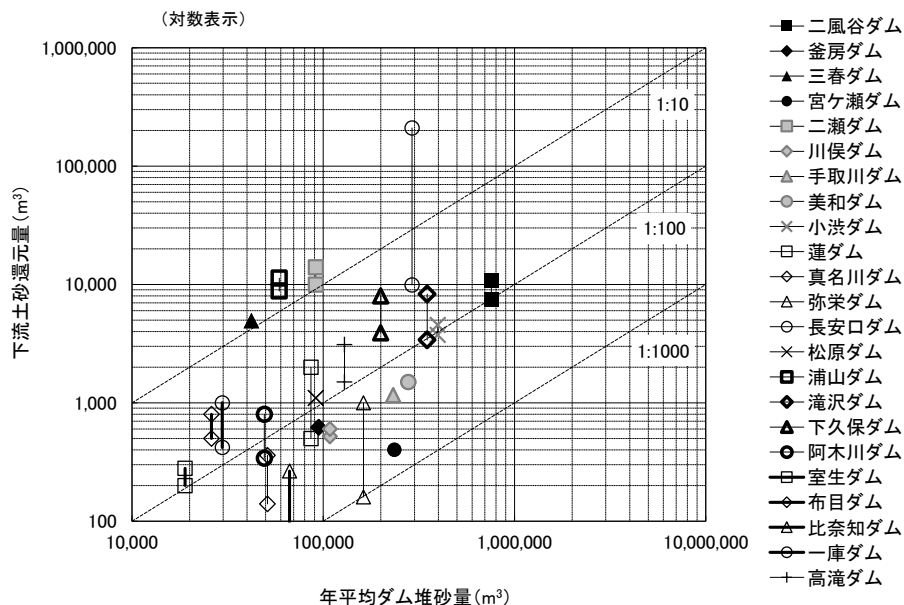


出典) 下流河川土砂還元マニュアル(案) 第2版, 平成23年3月, 国土交通省 河川局 河川環境課. [https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/kasen/pdf/kangen\\_manual.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kasen/pdf/kangen_manual.pdf), (参照 2025-03-13).

図 5-4 土砂還元（置き土）量の設定根拠

次に、直轄・水機構管理の23ダムにおける、年平均堆砂量と置き土量の関係を示す（図 5-5）。グラフにおいて横軸の年平均堆砂量はダムの管理開始から2014年度までの期間の値、縦軸の土砂還元（置き土）量は2010～2014年度の各年度における実績の最大値及び最小値を示している。

年間の土砂還元（置き土）量はダムによって大きく異なるが、上限値は年平均堆砂量の10%程度となっている。なお、長安ロダムは年平均堆砂量が多いこともあり、他ダムと比較して置き土量が極めて多い。



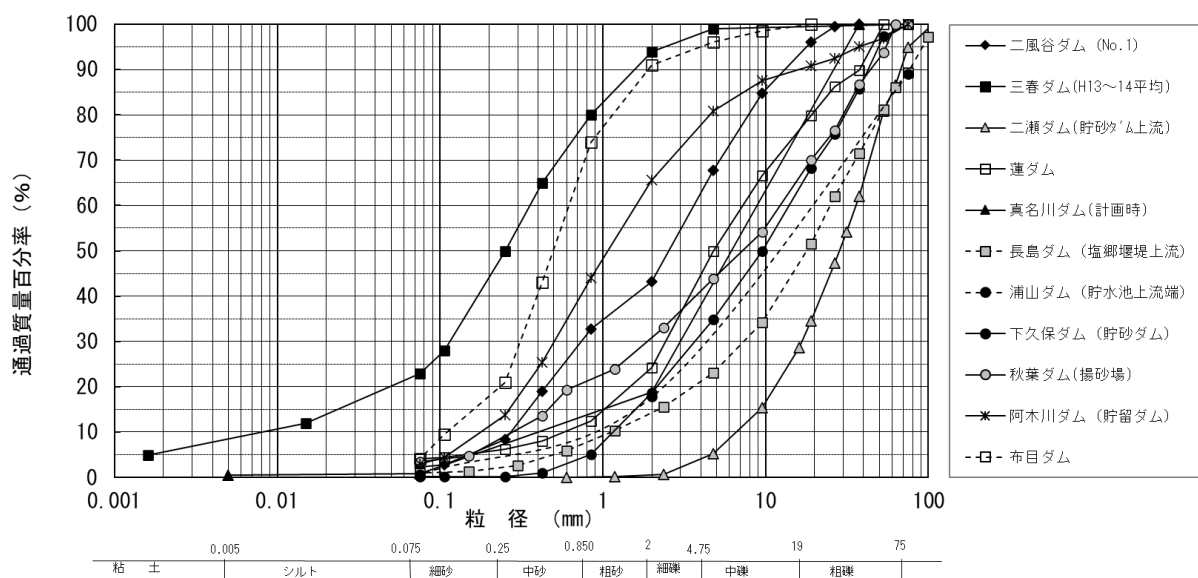
出典) 国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて, 令和6年3月, 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課.

図 5-5 年平均ダム堆砂量と土砂還元（置き土）量の関係

## 5 下流河川への土砂還元（置き土）

最後に、置き土を実施している11ダムにおける還元土砂の粒度分布を図 5-6に示す。ほとんどのダムにおいて、砂や礫を中心とした土砂を流下させている。これは、還元土砂に貯砂ダムや貯水池上流端付近に堆積した土砂を利用している場合が多いことや、下流河川の河床の改善において必要とされるのは、粘土やシルトのような細粒分よりも、河床に堆積して水生動物の産卵床等を形成するような砂礫であることが多いためであると考えられる。

なお、土砂還元マニュアルによると、投入する土砂の性状は、ダム側の視点からは掘削等による除去対象の粒度を基本とし、下流河川側の視点からはあるべき河道を形成するのに必要な粒度を基本とする、とされている。



出典) 国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて，令和6年3月，国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課。

図 5-6 還元土砂の粒度分布

### 5.3.4. モニタリング調査の実施状況

土砂還元による改善効果を把握するためにモニタリング調査を実施しているダムは12ダムで、調査項目は河床材料、粒度分布、横断測量といった物理環境と、糸状藻類、付着藻類、底生動物、魚類等の生物が対象となっている。

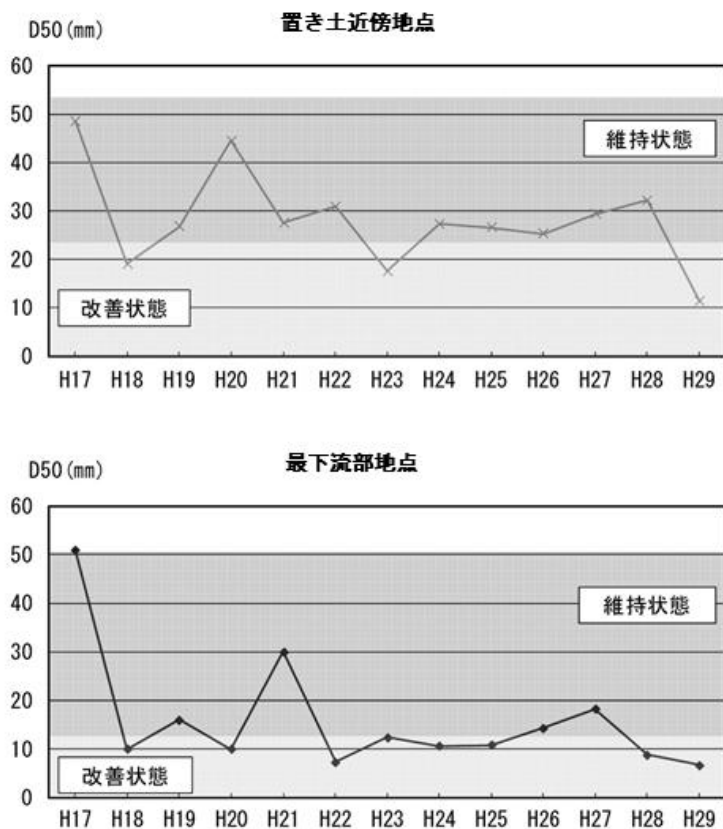
下流河川のモニタリングについては「6 排砂に伴う影響予測・評価」で詳細に述べる。

## 5.4. 土砂還元（置き土）の効果

## 5.4.1. 粗粒化の改善

多くのダムで土砂還元による粗粒化の改善効果が確認されている。以下に具体例を示す。

二風谷ダムでは、ダム建設以前（1992年）の平均粒径を評価指標として、土砂還元による改善状況の評価している。置き土の継続的实施により、粒径は改善状態（ダム建設以前の平均粒径）あるいは、それに近い状態になっている。特に、置き土近傍地点よりも最下流部地点で細粒土砂が堆積しやすく、改善効果が高い結果となっている（図 5-7）。



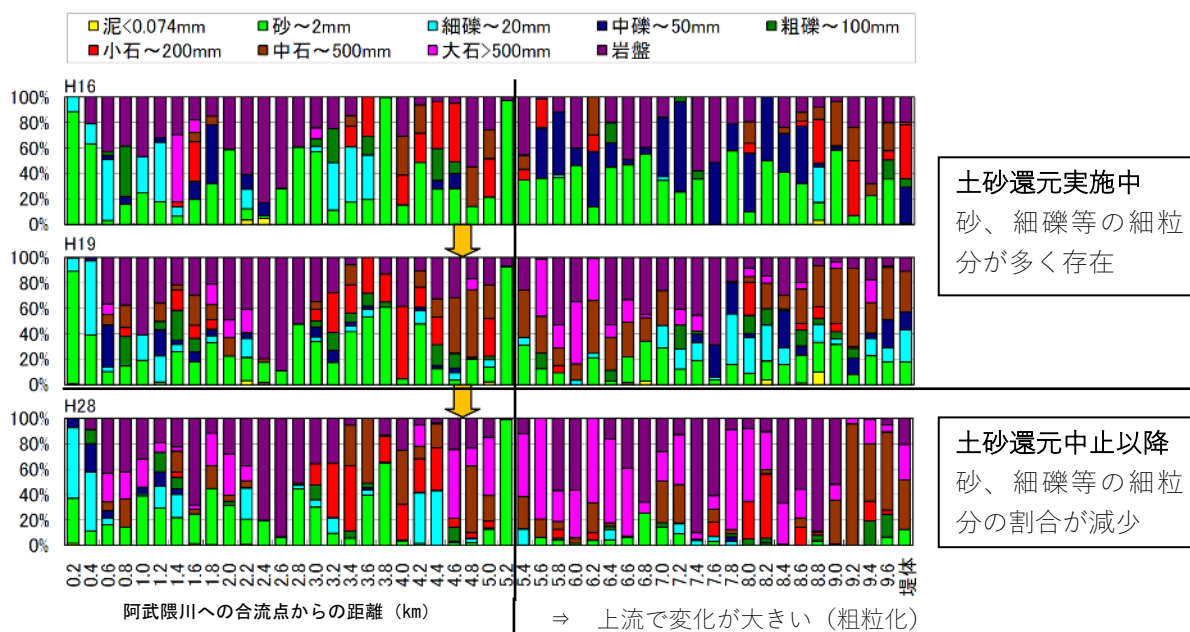
- ・維持状態：粗粒化が改善されていないままの状態
- ・改善状態：ダム建設以前の状態（粗粒化していない状態）
- ・土砂還元の実施により、ダム建設以前の状態（改善状態）となることが多くなっている。

出典) 国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて，令和6年3月，国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課。

図 5-7 二風谷ダム下流河川における代表粒径の経年変化

## 5 下流河川への土砂還元（置き土）

三春ダムでは、1999～2010年にかけて土砂還元を実施したところ、ダム下流に砂や細礫等が多く分布するようになった。ただし、2011年の東日本大震災以降は土砂還元を中止しており、中止以降は特に堤体に近い上流側で砂や細礫の割合が減少している（図 5-8）。このことは、粗粒化改善効果を持続させるためには、土砂還元の継続実施が必要であることを示唆している。



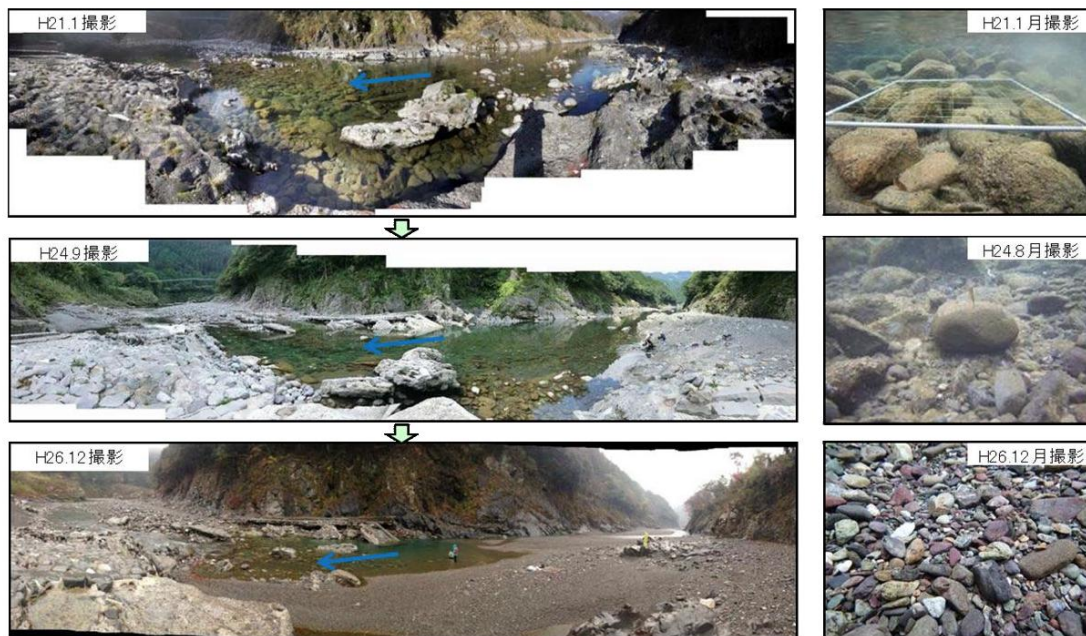
出典) 国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて、令和6年3月、国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課。 に一部加筆

図 5-8 三春ダムにおける河床材料の経年変化

## 5 下流河川への土砂還元（置き土）

### 5.4.2. 河床低下などの河床の回復効果

長安口ダムでは年間置き土量が約12万 $\text{m}^3$ /年と、ほかのダムと比べて1オーダー多く、河床の回復効果が極めて大きい（図 5-9）。なお、還元する土砂量を多くする場合、河道の流下能力不足や横断構造物への影響等、ダム下流河川の管理上の問題となることもあることに留意する必要がある。



出典) 国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて，令和6年3月，国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課.

図 5-9 長安口ダム下流の河川景観と河床材料の経年変化：小計橋（60.3～60.5k）

下久保ダムの下流でも河床の回復効果が見られている（図 5-10 左の写真）。また、同じ箇所を撮影した左右の写真の比較から分かるように、還元した土砂は同じ場所に留まらないことが多い。



出典) 国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて，令和6年3月，国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課.

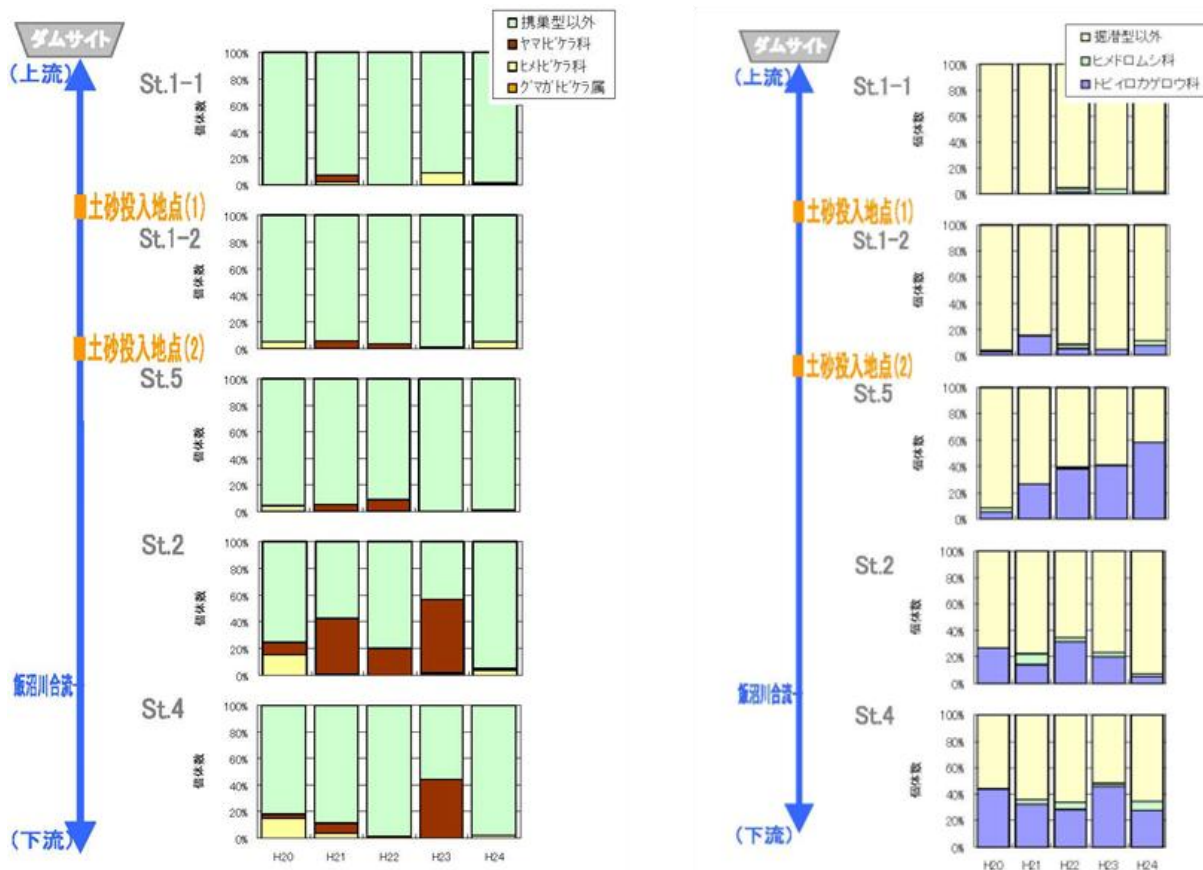
図 5-10 下久保ダム下流河川における土砂還元による景観変化

## 5 下流河川への土砂還元（置き土）

### 5.4.3. 生物の応答

#### (1) 底生動物

阿木川ダムの下流では、細粒分で巢を作る携巢型の割合が土砂投入地点に近い2地点（St. 1-2、St. 5）における経年変化は不明瞭であるものの、下流の2地点（St. 2、St. 4）では経年的に増加する傾向が見られた（図 5-11 左側の図）。また、細粒分に潜る掘潜型は、土砂投入地点より上流のSt. 1-1と比べ、土砂投入地点より下流において経年的に増加する傾向が見られた（図 5-11 右側の図）。



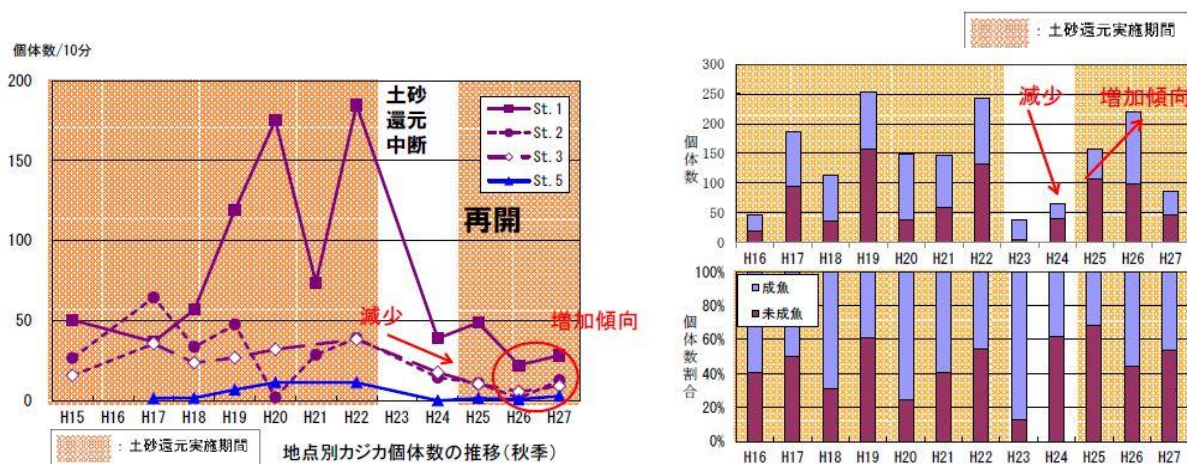
出典) 国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて，令和6年3月，国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課。

図 5-11 阿木川ダム下流河川における底生動物指標種の経年変化

## 5 下流河川への土砂還元（置き土）

### (2) 魚類

二瀬ダムでは図 5-12に示すとおり、土砂還元実施後はカジカ个体数が増加傾向となった。なお、土砂還元を中断するとカジカの个体数が減少したことから、魚類生息環境の改善効果を持続させるためには、土砂還元の継続実施が必要であると考えられる。



出典) 国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて、令和6年3月、国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課。

図 5-12 二瀬ダム下流河川におけるカジカ个体数の経年変化

### (3) 付着藻類

真名川ダムで置き土とフラッシュ放流の実施前後に付着藻類の光合成色素の減少率を調べたところ、置土の上流に比べて置土の下流のほうの減少率が高かったことから、置き土により付着藻類の掃流効果が高くなったことが分かった（表 5-1）。

表 5-1 置き土地点における付着藻類の変化（上表：置き土の上流、下表：置き土の下流）

土砂投入上流地点におけるクロロフィル a 量・フェオフィチン量変化

分析項目	上流①		上流②		上流③		上流④		上流⑦		上流⑧		上流⑩		上流側合計	
	事前	事後	事前	事後	事前	事後	事前	事後	事前	事後	事前	事後	事前	事後	事前	事後
クロロフィルa ( $\mu\text{g}/100\text{cm}^2$ )	454	422	528	636	272	272	796	732	1158	258	860	189.6	508	440	4,576	2,950
減少率	7.0%		-20.5%		0.0%		8.0%		77.7%		78.0%		13.4%		36%	
フェオフィチン ( $\mu\text{g}/100\text{cm}^2$ )	N.D	N.D	54.4	30	4.2	N.D	N.D	8.6	97.2	5.8	N.D	23.6	31	8	186.8	76
減少率	-		44.9%		-		-		94.0%		-		74.2%		59%	

土砂投入下流地点におけるクロロフィル a 量・フェオフィチン量変化







分析項目	下流①		下流③		下流⑤		下流⑥		下流⑦		下流⑧		下流⑨		下流⑩		下流側合計	
	事前	事後	事前	事後	事前	事後	事前	事後	事前	事後	事前	事後	事前	事後	事前	事後	事前	事後
クロロフィルa ( $\mu\text{g}/100\text{cm}^2$ )	1174	818	438	181.6	876	304	342	384	384	320	962	93	224	358	332	128.2	4732	2587
減少率	30.3%		58.5%		65.3%		-12.3%		16.7%		90.3%		-59.8%		61%		45%	
フェオフィチン ( $\mu\text{g}/100\text{cm}^2$ )	N.D	3.6	18.2	24	21.4	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	10.6	5.8	7.4	1	12.8	N.D	70.4	34.4
減少率	-		-31.9%		-		-		-		45.3%		86.5%		-		51%	

出典) 国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて、令和6年3月、国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課。

## 5 下流河川への土砂還元（置き土）

### 5.4.4. その他の効果

下久保ダムの下流には、国指定の名勝及び天然記念物である三波石峡（さんばせききょう）という峡谷がある。かつて銘石は黒ずんでいたが、下久保ダムによる土砂還元の実施後、クレンジング効果によって峡谷の岩石が磨かれ、景観の向上に寄与している（図 5-13）。

	S50代(土砂掃流前)	H22フラッシュ放流前	H29台風21号後
袖石(そでいし)			
絹掛石(きぬかけいし)			

出典) 国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて，令和6年3月，国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課.

図 5-13 三波石峡の景観の改善状況

## 5 下流河川への土砂還元（置き土）

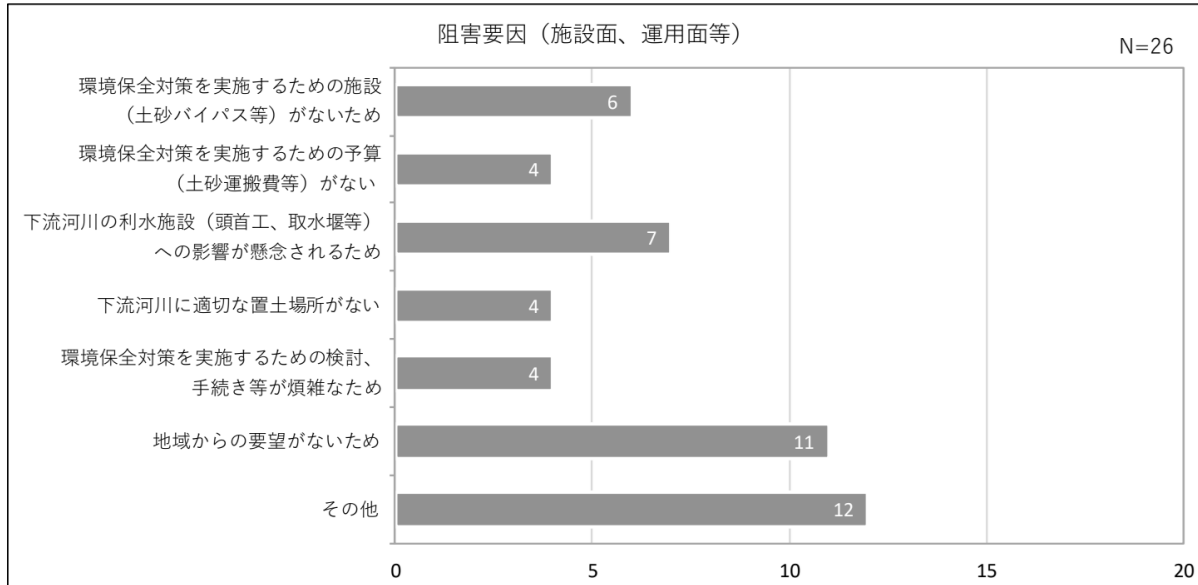
### 5.5. 実施に向けた留意点

#### 5.5.1. 事業の阻害要因と課題

国土交通省が2024年3月に示した「国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて」では、ダム管理者等へのアンケートの成果として、下流河川土砂還元（置き土）の阻害要因や課題を整理している。

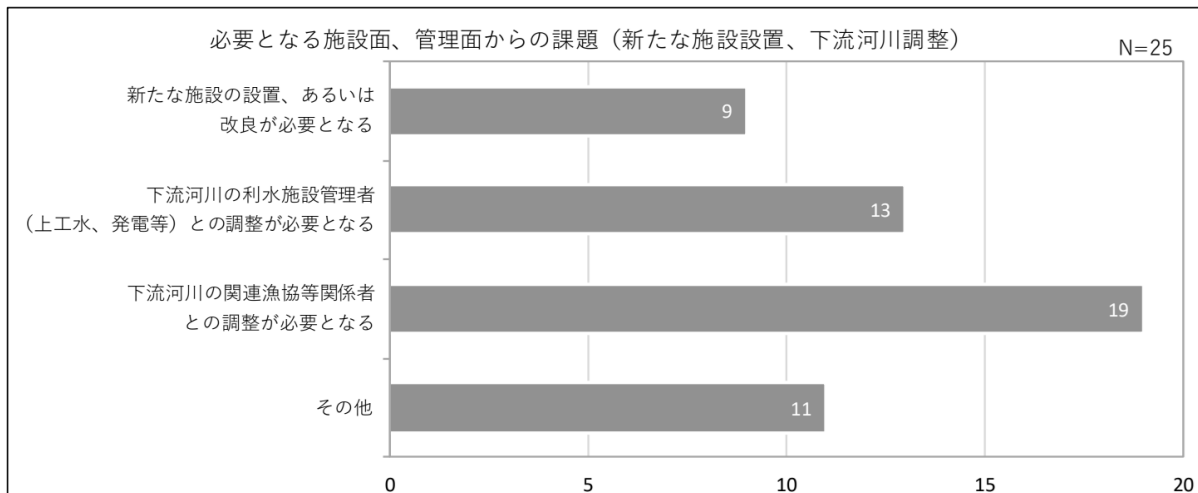
阻害要因で最も多いのは「地域からの要望がない」であり、次いで、「下流の利水施設への影響が懸念されること」であった（図 5-14）。

一方で課題は、下流の漁業や利水関係者との調整が最も多かった（図 5-15）。



出典）国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて，令和6年3月，国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課。

図 5-14 土砂還元（置き土）の阻害要因



出典）国土交通省及び水資源機構管理ダムにおける土砂還元（置き土）の取り組みについて，令和6年3月，国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課。

図 5-15 土砂還元（置き土）に必要な施設面・管理面からの課題

## 5 下流河川への土砂還元（置き土）

### 5.5.2. 還元土砂の置き方と量

下流河川で置き土を行うに当たっては、置き土の量と投入場所を決める必要がある。このことについて、土砂還元マニュアルに示されている内容の要点を示す。

#### (1) 土砂の置き方

置き土場所は土砂還元の影響が確認可能な地点とし、土砂の連続性及び経済性の観点から、できるだけダム直下が望ましいと考えられる。ただし、あらかじめダム直下に土砂を還元するヤードやモニタリング可能な地形条件を有しているか等の確認を行うことが必要である。

また、置き土場所は、掃流されやすいことを考えるとダム直下がよいが、土砂の影響を見たい動植物の生息・生育場所に配慮するとともに、還元土砂量が多い場合は中下流域での置き土を考えたり、土砂搬送のためのアクセスを考慮して選定する。なお、置き土場所周辺の景観にも十分配慮する必要がある。

#### (2) 置き土の量

還元土砂量は、ダムが無い従前の河川に戻すという考え方においては、ダム堆積量と同じとなる。しかし、ダムが洪水調節を実施するため、従前に比べて下流河道の流量及び掃流力の低減は避けられないことから、ダム堆積量と同じでは過大となると考えられる。そのため還元土砂量は、洪水調節量、頻度、河道形状等を勘案して適正な量を決定していくことが望ましい。また、還元土砂量が少ないと影響が判別しにくいので、他ダム・河川の実績から設定するか、堆砂対策の事前検討では、最終的に恒久的排砂施設による排砂量の1～2割以上となるよう、段階的に増量する計画とする。

今後は、影響・効果を見たい対象に対して、所定の変化量が得られる土砂量かどうかを土砂流出モデルと河床変動計算により予測することや（洪水規模によっても変化量は異なる）、モニタリングを継続的に実施し、目標の達成に必要な量と弊害の発生が生じない量のバランスをとりながら、現実的な還元土砂量を設定することが望ましい。

### 5.5.3. 早期着手の必要性、有効性

土砂還元は下流河川の地形や河床材料の状態をダム建設前の状態に近づけることができ、また、ダムから除去した堆積土砂の有効活用先となることを踏まえると、土砂還元は早期に検討、実施される方がよいと考えられるが、実際には問題が顕著化してから取り組むダムが多い。

しかし、建設後には多くのダムで下流河川への土砂供給量が減少して下流河川の地形や河床材料の状態が変化していく可能性があることを踏まえれば、ダムの計画段階や運用開始の早い段階で、貯水池内の堆積土砂対策と合わせて土砂還元も検討していくことが望ましい。さらには、土砂供給の減少に伴う河川環境の変化や河床低下は、ダム運用から時間が経つほど顕著になり、また、回復させるのが技術面やコスト面で難しくなると推測されることから、早期着手が有効であると考えられる。

## 6. 排砂に伴う影響予測・評価

土砂バイパスや下流河川への置き土等による排砂は下流河川の物理・生物環境を変化させると考えられることから、排砂に当たってはモニタリング調査を行う必要がある。実際に、これまでで紹介してきたように、堆砂対策の現場ではモニタリングを行っていることが多い。

### 6.1. 影響予測と評価の視点

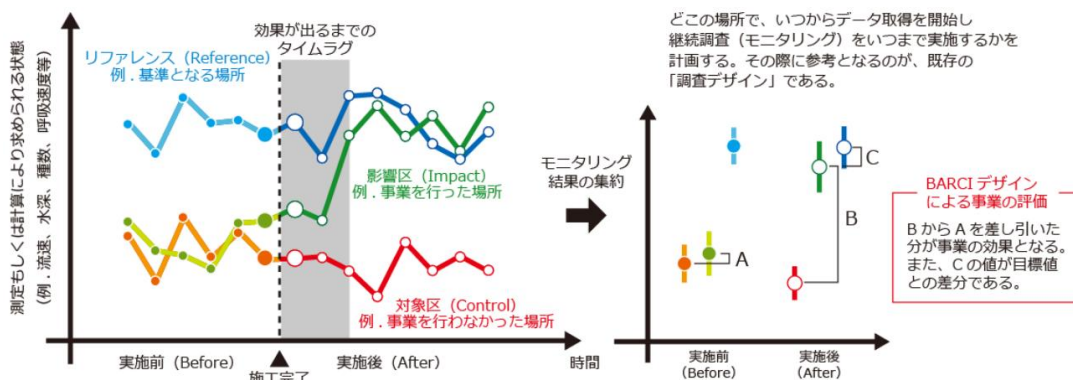
#### 6.1.1. 影響の考え方

排砂に伴う下流河川の変化には、糸状性藻類の剥離や粗粒化の改善等の好ましい変化（環境改善効果）と、濁りの長期化や取水施設の閉塞等の好ましくない変化とに大別される。いずれにしても影響予測と評価を実施していくには、現地特性と採用する排砂対策の特性を踏まえて、排砂が下流河川の環境に与える影響の仮説を設定することが必要になる。なお、環境改善効果を目的とする場合は、それと合わせて改善目標を設定することになる。

#### 6.1.2. 予測評価のデザイン

影響予測と評価のためには、適切なモニタリング時期と地点を配置することが必要であり、BARCIデザインの概念を参考とする場合が多い（図 6-1）。

これは、インパクトを発生させる前後（BA Before-After）という時間軸と、インパクトの影響の有無（CI Control-Impact）及び良好な環境が見られて基準や目標となるような参照地点（Reference）という空間軸に着目して調査時期と調査地点を配置することで、インパクトの影響を推定する方法である。



出典) 大川における多自然川づくり-Q&A 形式で理解を深める, 令和2年3月, 国土交通省. [https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/kankyo/tashizen/pdf/05\\_01Q9-1.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyo/tashizen/pdf/05_01Q9-1.pdf), (参照 2025-03-13).

図 6-1 BARCI デザインに基づくモニタリング結果の整理イメージ

なお、参照地点 (R) を設けない BACI デザインという方法もある。例えば、下流河川土砂還元のモニタリングで考えると、流入河川が C、下流河川が I として、この2地点において土砂還元の前後 (BA) のタイミングでモニタリング調査を行い、下流河川の調査結果を調査前後及び流入河川の値と比較することで、土砂還元による変化 (効果) を推定することとなる。

## 6 排砂に伴う影響予測・評価

### 6.2. モニタリング項目

モニタリング項目は地域特性や採用する堆砂対策により異なり、また、排砂による影響が特に懸念される項目や、逆に改善効果を期待する項目については、詳細にモニタリングを行う必要がある。

モニタリング調査の実施方法については次に挙げる資料に例示されている。

- ・下流河川土砂還元マニュアル（案） 第2版，平成23年3月，国土交通省 河川局 河川環境課. [https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/kasen/pdf/kangen\\_manual.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kasen/pdf/kangen_manual.pdf), (参照 2025-03-13).
- ・ダム弾力的管理試験の手引き（案），平成15年4月，国土交通省 河川局 河川環境課. [https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/dam5/pdf/danryokukanri\\_tebiki.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/dam5/pdf/danryokukanri_tebiki.pdf), (参照 2025-03-13).
- ・土砂バイパストンネル計画策定のための参考手引き（案）. ダム土砂マネジメント研究会・（一財）水源地環境センター，2023，131p.

上記の資料に掲載されている情報等を参考に整理すると、モニタリング項目やモニタリング手法はおおむね表 6-1のとおり集約できる。

表 6-1 排砂に伴う影響予測・評価のためのモニタリング項目

区分	調査項目	モニタリング内容・手法
物理環境	河道形状	横断測量、植生、写真撮影、航空写真（ALB、LP）、瀬淵構造、州や干潟の分布
	河床材料 粒径	粒径加積曲線、写真撮影
	河床材料 面分布	面格子法、線格子法、写真撮影
	景観	写真撮影、水面幅
	土砂移動	トレーサ追跡調査、写真撮影、濁度計 ロードセル付堆砂ピット、ハイドロフォン
水質	濁り	濁度計、SS分析、写真
	水温	データロガーによる連続観測
	水質	水質計、室内分析（pH、BOD、DOなど）
生物	付着藻類	種構成、現存量、強熱減量、写真撮影
	底生動物	種構成、現存量
	魚類	種構成、現存量、行動

### 6.3. モニタリングの事例

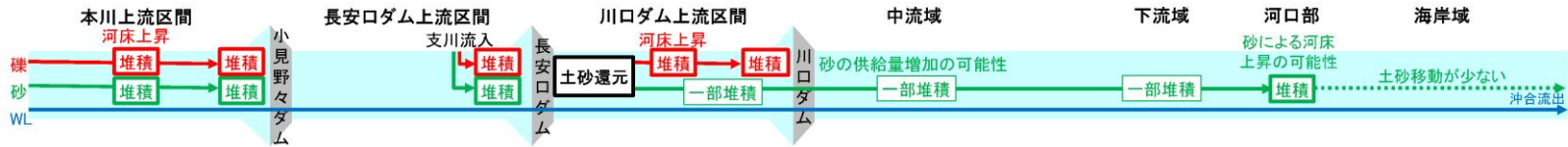
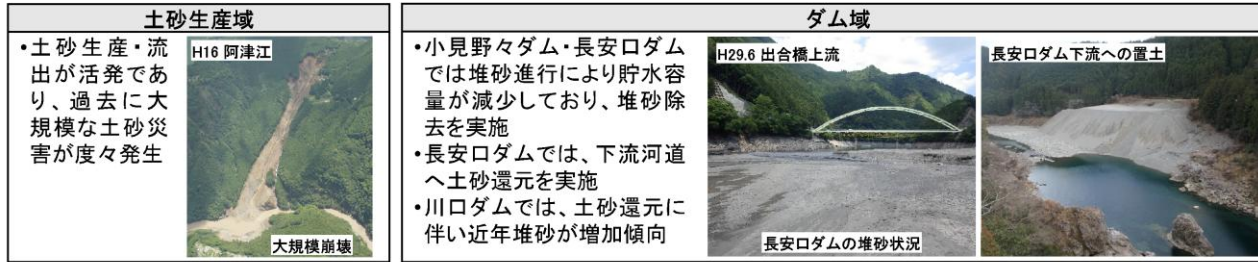
#### 6.3.1. 那賀川（置き土）

##### (1) 那賀川における取組の概要

長安ロダムのある那賀川水系では、総合土砂管理計画の策定に向けて2016年2月に「那賀川流砂系における総合的な土砂管理の取組 連携方針」を策定した。2018年3月には当面5カ年程度のモニタリング計画「那賀川における総合土砂管理計画に向けた取り組み 中間とりまとめ」を策定し、計画に基づき土砂動態に係るモニタリングを行ってきた。今後は2022年度までに得られた知見と確認された課題を受けて、2024年以降の5年間のモニタリング計画を検討し、モニタリングを継続していくようである。

那賀川における土砂動態に関する課題を図 6-2に示す。土砂生産域では土砂生産・流出が活発であることが課題であり、それを受けてダム域では、小見野々ダムと長安ロダムが堆砂進行により貯水容量が減少しており堆砂除去が課題である。なお、長安ロダムより下流にある川口ダム上流区間では、長安ロダムからの土砂還元により河川環境の改善が見られる反面、堆積土砂が増加傾向にあることが課題である。

那賀川水系における総合土砂管理計画検討の進め方を図 6-3に示す。土砂管理計画の検討は長期的な視点で取り組まれており、当面は総合土砂管理計画の策定に向けて土砂還元等による変化や効果のモニタリングを行っていき、計画策定後は管理基準に基づくモニタリングの継続、更にもその先では、戦略的な計画に基づいて総合土砂管理を本格的に実施していく予定とされている。

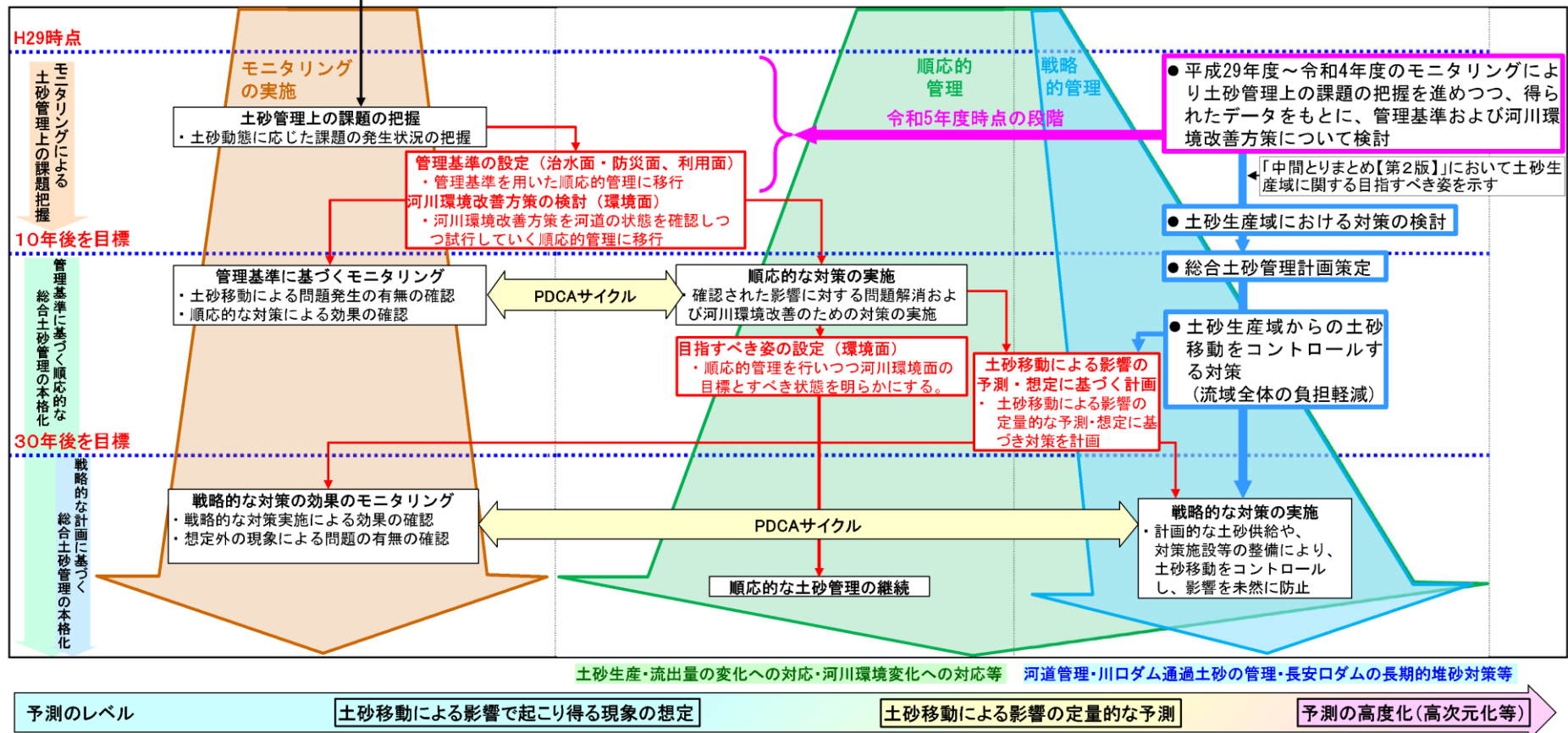


河道域					海岸域
本川上流区間	長安ロダム上流区間	川口ダム上流区間	中流域	下流域	
<ul style="list-style-type: none"> <li>河床上昇傾向</li> </ul>   <p>小見野々ダム上流4.0k(助大橋)における河床上昇</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>露岩化・粗粒化</li> </ul>   <p>長安ロダム上流16.8k付近における河床状況</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>土砂還元による土砂供給量増加に伴い、淵環境が主体だった河道に土砂が堆積することで砂州が形成され、河川環境改善が見られる。</li> </ul>   <p>川口ダム上流区間における河床状況(河口から60.5k付近)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>露岩化・粗粒化</li> </ul>   <p>中流域における河床状況(河口から31.3k付近 丹生谷橋)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>近年は河床高は安定しているものの、局所洗掘・二極化等の課題がある。</li> <li>河口砂州は近年形成されていない。</li> </ul>   <p>下流域における河床状況(河口から7.0k付近および河口部)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>那賀川海岸・中島港海岸は、離岸堤と突堤に囲まれた海岸となっている。</li> <li>今津・坂野海岸では海岸侵食が進行し、大規模突堤を整備中</li> </ul>   <p>海岸の状況(中島港海岸および坂野海岸)</p>

出典) 那賀川の総合土砂管理に向けた取り組み 中間とりまとめ 更新内容について, 令和6年3月7日, 那賀川総合土砂管理検討協議会. <https://www.skr.mlit.go.jp/na-kagawa/committee/pdf/dam-reservoir/20240307/siryoul.pdf>, (参照 2025-03-13).

図 6-2 那賀川における土砂動態に関する課題

平成30年3月「那賀川における総合土砂管理計画に向けた取り組み 中間とりまとめ」  
 現状と課題の整理：各領域の土砂動態の現状と土砂管理上の課題の整理  
 モニタリング実施内容のとりまとめ：各領域の土砂動態の把握状況や土砂動態変化と課題発生状況等を踏まえた当面（5年程度の期間）のモニタリング実施内容



出典) 那賀川の総合土砂管理に向けた取り組み 中間とりまとめ 更新内容について、令和6年3月7日、那賀川総合土砂管理検討協議会。 <https://www.skr.mlit.go.jp/na-kagawa/committee/pdf/dam-reservoir/20240307/siryoul.pdf>, (参照 2025-03-13)。

図 6-3 那賀川における土砂管理計画検討の進め方

## (2) 那賀川のモニタリングで得られた知見

2017年度～2022年度のモニタリングで得られた知見や、下流河川への影響の予測や評価に向けて確認された課題の要点を表 6-2に示す。

モニタリングの実施により土砂動態の予測に用いるモデルの精度向上が図れたほか、瀬淵の多様化や魚類相の多様化などの環境改善効果を確認することができた。また、これまでには出水に伴うデータの取得状況が決して十分でないことが課題とされている。

モニタリングで得られた知見のうち、魚類に関する環境改善効果に関する詳細なデータ等を次ページ以降に示す（図 6-4、図 6-5）。

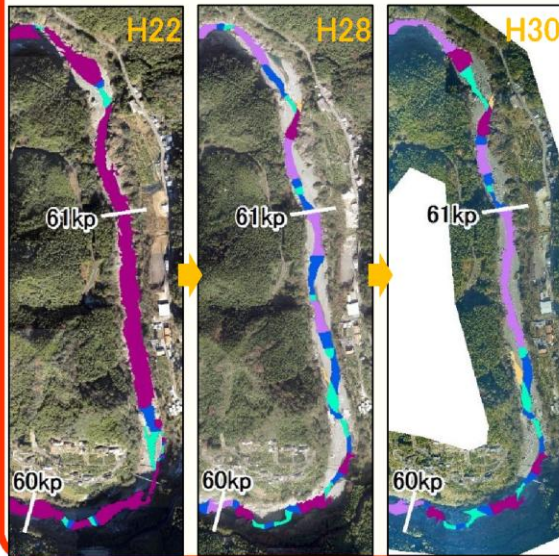
表 6-2 那賀川におけるモニタリングで得られた知見の概要

モニタリングの目的	モニタリングにより達成した事項	今後の課題
河道域における土砂移動モデル（一次元河床変動計算モデル）の構築	モニタリングデータの活用により、モデルの予測精度が向上	出水に伴うデータが不足しているため、今後は出水時のデータを取得することで、モデルの精度を更に向上させる
海岸域における土砂移動予測モデル（等深線変化モデル）の構築	モニタリングデータの活用により、モデルの予測精度が向上	出水や高い波高による河口テラス形状変化や海岸地形変化に関するデータが不足しているため、今後はそれらを取得することで、モデルの精度を更に向上させる
河川環境の改善状況及び物理環境変化と生物環境の関係の確認	土砂還元に伴い瀬淵の多様化、それによる魚類の多様化傾向を確認	大規模出水に伴う河床材料の変化に係るデータが不足しているため、今後はそれらを取得することで、河床材料と魚類の関係を把握する
	土砂還元により砂礫が増加し、アユの産卵に適した環境の創出を確認	—
	土砂還元により河床材料の粒度分布が多様化し、陸上昆虫の種類・個体数が増加する傾向を確認	—

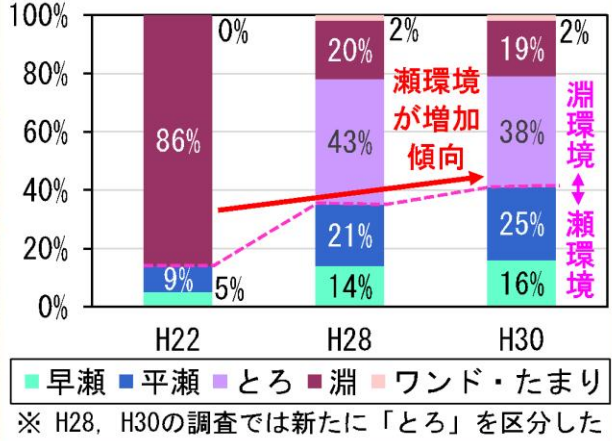
出典) 那賀川の総合土砂管理に向けた取り組み 中間とりまとめ 更新内容について, 令和6年3月7日, 那賀川総合土砂管理検討協議会. <https://www.skr.mlit.go.jp/nakagawa/committee/pdf/dam-reservoir/20240307/siryoul.pdf>, (参照 2025-03-13). の掲載情報を元に作成

**モニタリングにより得られたデータ（瀬淵分布調査）**

平成22年時点では淵環境が卓越する単調な河道であったが、土砂還元により砂州が形成されて瀬環境が増加し、瀬淵が多様に分布する河道に変化した。



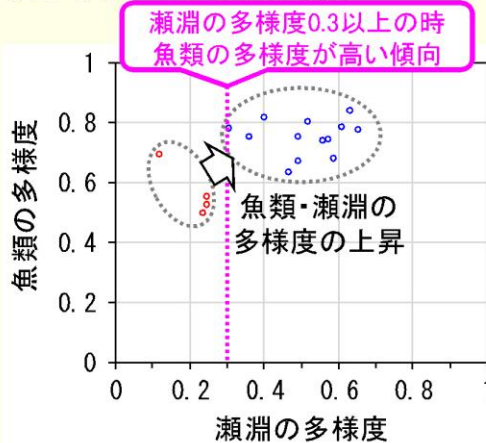
川口ダム上流区間における瀬淵分布の変化



**物理環境変化と生物環境の関係の確認（瀬淵分布と魚類の関係）**

(H21～H28のデータをもとに、H30～R4に分析を実施)

川口ダム上流区間では、土砂還元により瀬淵分布が多様化するとともに、魚類の多様度が増加傾向であることが確認された。



**多様度の算定式**

$$1 - \lambda = 1 - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$$

$$0 \leq 1 - \lambda < 1$$

1-λ : Simpsonの多様度指数

瀬淵の多様度で用いたデータ

S: 3 (早瀬・平瀬・淵)

N<sub>i</sub>: 早瀬・平瀬・淵ごとの合計面積

N: 対象区間の全面積

魚類の多様度で用いたデータ

S: 種数

n<sub>i</sub>: 種毎の個体数

N: 全個体数

※魚類の多様度は、H28は1kmピッチ範囲の調査結果から算出、H22は各調査範囲の調査結果から算出

※瀬淵の多様度は、1kmピッチ範囲の瀬淵面積から算出




**モニタリングにより達成した事項**

**瀬淵の多様化による魚類の多様化傾向の確認**


出典) 那賀川の総合土砂管理に向けた取り組み 中間とりまとめ 更新内容について, 令和6年3月7日, 那賀川総合土砂管理検討協議会. <https://www.skr.mlit.go.jp/nakagawa/committee/pdf/dam-reservoir/20240307/siryoul.pdf>, (参照 2025-03-13).

図 6-4 那賀川のモニタリングにより得られた知見（瀬淵分布、魚類）

### モニタリングにより得られたデータ(産卵場調査・流下仔魚調査)






産卵場の状況



アユ仔魚


河床の状況



アユの卵

川口ダム上流区間では、平成29年に新たなアユの産卵場が確認され、平成30年の流下仔魚調査により1cm~2cm程度に育ったアユ仔魚の個体が確認された。

川口ダム上流区間(49.5k付近)における流下仔魚調査結果



調査日	個体数/濾水量 (個体数/m³)
10/18	0
10/25	0
11/1	50
11/8	40
11/15	60
11/22	140
11/29	180
12/6	200
12/13	30

### 物理環境変化と生物環境の関係の確認(アユの産卵場に適した物理環境)

川口ダム上流区間では、土砂還元前は河床の砂礫が不足し粗粒化した状況であったが、砂礫の増加により新たに創出されたアユの産卵場では、主に細礫~中礫で構成されるアユの産卵場に適した河床材料が確認された。

物理環境項目		アユの産卵場に 適した目標値※		川口ダム上流区間 H29調査結果	
				50k上流	50k下流
河床材 料の粒 度組成	細礫相当	5~20mm	40%	54%	32%
	中礫相当	20~50mm	40%	35%	50%
	粗礫相当	50~100mm	20%	11%	17%
	小石以上	100mm以上	0	0	1%
礫層厚(mm)		100(150~200以上が望ましい)		230	307
水深(cm)		30~50		13.0	16.4
流速(cm/s)		50~70		56.8	67.1
その他	①礫層厚	50mm以下は不適		○	○
	②瀬の延長	150m程度が望ましい		○	○
	③周辺環境	近傍に淵等の緩流部が必要 (産卵待機の休息場として)		○	○

□: 適合値    □: 概ね満足    ※出典:「アユを育てる川仕事」高橋勇夫・古川彰

### モニタリングにより達成した事項 土砂還元によるアユ産卵に適した環境の創出状況の確認

出典) 那賀川の総合土砂管理に向けた取り組み 中間とりまとめ 更新内容について, 令和6年3月7日, 那賀川総合土砂管理検討協議会. <https://www.skr.mlit.go.jp/nakagawa/committee/pdf/dam-reservoir/20240307/siryoul.pdf>, (参照 2025-03-13).

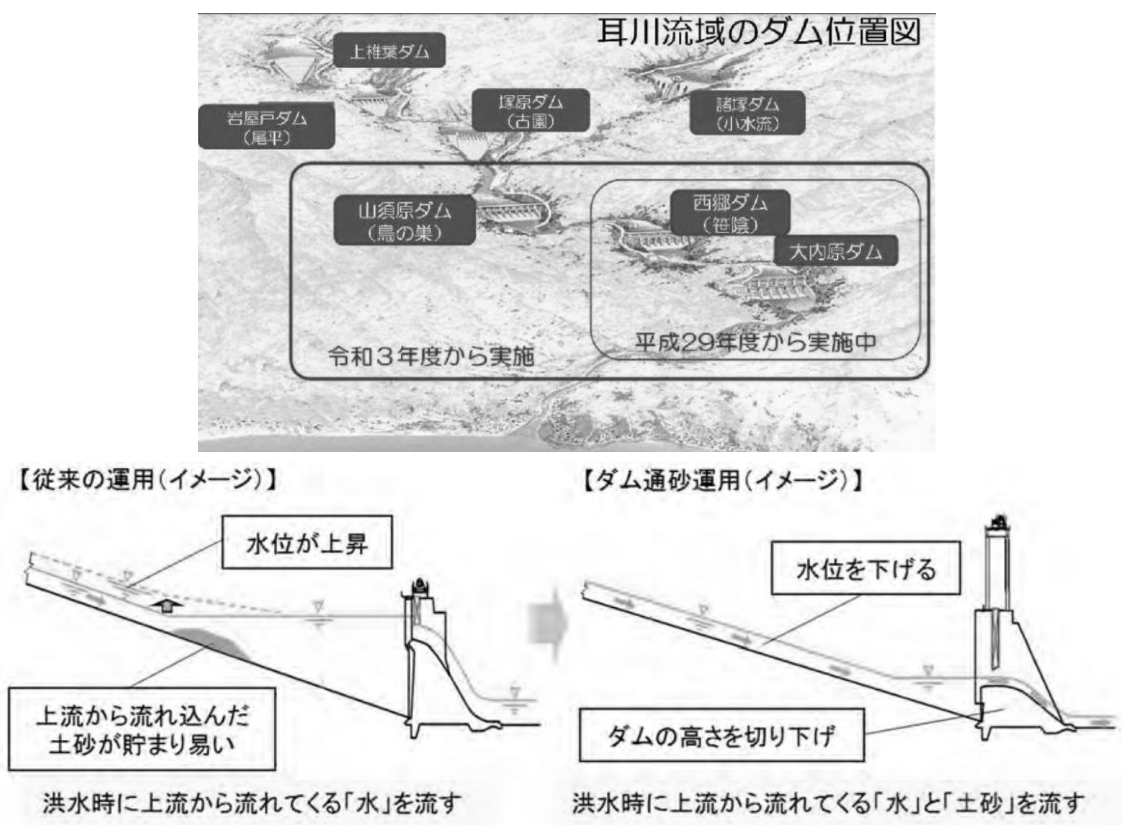
図 6-5 那賀川のモニタリングにより得られた知見(アユの繁殖)

## 6.3.2. 耳川水系（ダム通砂）

## (1) 耳川水系における取組の概要

耳川水系は総合土砂管理計画が策定されている（2011年10月策定、2015年7月・2024年3月変更）。耳川にあるダムのうち下流側の西郷ダムと山須原ダムは改造を行い、下流の大内原ダムと合わせて、流入土砂を下流へ自然流下させるダム通砂を行っている（図 6-6）。

また、耳川水系総合土砂管理計画の策定後は、総合土砂管理を継続させるための手法として、地域住民を加えた「耳川水系総合土砂管理に関する評価・改善委員会」を設置しており、更に委員会内には、地域住民や関係者から幅広く意見を聞くためのワーキンググループも設置して意見交換を行っている。



出典) 耳川水系総合土砂管理に関する評価・改善委員会 第2回中間報告書, 令和6年3月, 宮崎県. [https://www.pref.miyazaki.lg.jp/documents/4360/4360\\_20240325165042-1.pdf](https://www.pref.miyazaki.lg.jp/documents/4360/4360_20240325165042-1.pdf), (参照 2025-03-13) .

図 6-6 耳川水系におけるダム通砂の概要

6 排砂に伴う影響予測・評価

(2) 耳川水系におけるモニタリングの概要

耳川水系におけるモニタリングは水系の広い範囲で実施され、対象項目も多岐に亘っている。このうち、ダム通砂を行っているダム域では表 6-3のようなモニタリングを行っている。

モニタリングはダム通砂による河川域及び貯水池内の環境への影響に加えて、ダムの機能が維持されているのかも確認している。また、経年変化からは“改善の方向性”を、基準(値)との比較からは“改善の状態”を評価している(表 6-4)。

表 6-3 耳川水系(ダム域)におけるモニタリング調査の概要

区分(総合土砂管理上の問題・課題)	モニタリング項目	
ダム機能	貯水池末端部の治水安全度	ダム堆砂
	利水容量	ダム堆砂
	取水口機能の維持	ダム堆砂
	放流設備機能、利水設備機能の維持	流木処理実績、写真観測
生物生息生育環境の変化	水質、魚類、底生動物、付着藻類 ヒアリング、漁獲量(内水面)	
生物生息空間の連続性	河床材料、底生動物、魚類	

出典) 耳川水系総合土砂管理に関する評価・改善委員会 第2回中間報告書, 令和6年3月, 宮崎県.  
[https://www.pref.miyazaki.lg.jp/documents/4360/4360\\_20240325165042-1.pdf](https://www.pref.miyazaki.lg.jp/documents/4360/4360_20240325165042-1.pdf), (参照 2025-03-13).  
 の掲載情報を元に作成

表 6-4 耳川水系総合土砂管理に関する評価・改善委員会における評価方法

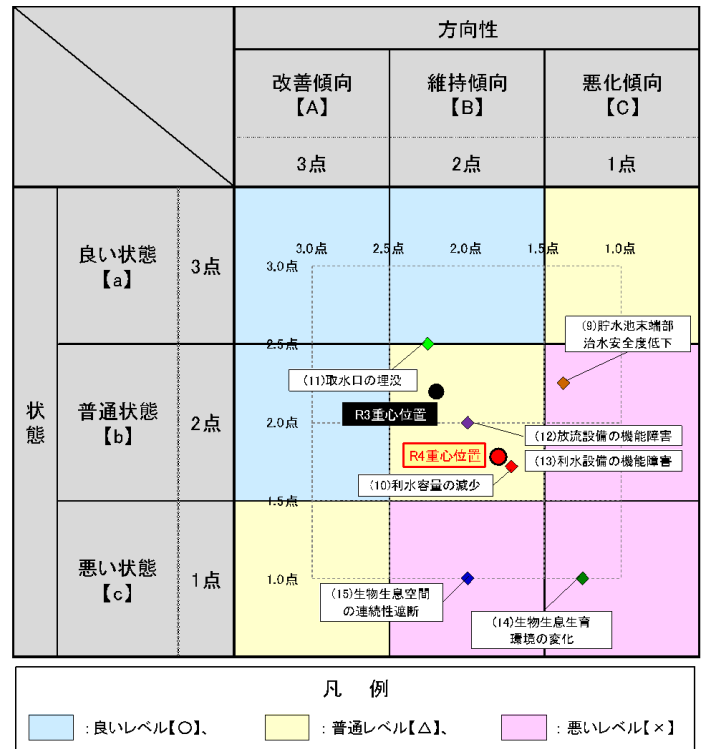
<p><b>方向性評価</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>至近3年間データとの比較により、モニタリング結果の変化状況(方向性)を評価する。</li> <li>至近3年間データとの比較が適切でないと考えられる項目はトレンド評価又は単年度比較を行う。</li> <li>評価のランク区分は、改善傾向「A」、維持傾向「B」、悪化傾向「C」とする。</li> </ul>	
<p><b>状態評価</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>基準値(目標値)との比較により状態を評価する。</li> <li>基準値がないものは、基準年データとの比較により状態を評価する。</li> <li>評価のランク区分は、良い状態「a」、普通状態「b」、悪い状態「c」とする。</li> </ul>	

出典) 耳川水系総合土砂管理に関する評価・改善委員会 第2回中間報告書, 令和6年3月, 宮崎県.  
[https://www.pref.miyazaki.lg.jp/documents/4360/4360\\_20240325165042-1.pdf](https://www.pref.miyazaki.lg.jp/documents/4360/4360_20240325165042-1.pdf), (参照 2025-03-13).  
 の掲載情報を元に作成

(3) 耳川水系のモニタリングで得られた知見

2022年度のモニタリングの評価結果を図 6-7に、モニタリングで得られた知見を表 6-5に、魚類と河床材料についての詳細な調査及び評価の結果を図 6-8と図 6-9に示す。

図 6-7に示すとおり、本事業で設定した評価手法によるモニタリング結果の評価では、“環境に係る項目（図内の(14)と(15)）”について、方向性では維持・悪化傾向、状態は悪い状態となっているものの、表 6-5に示す個々の事象をみると、ダム通砂により河床材料の多様化やアユ産卵可能箇所増加などの変化が確認されている。



注1) グラフは問題・課題ごとの評価結果をプロットしている。  
 注2) 重心位置は、これらの評価結果の総合的な位置付けを示したものである。

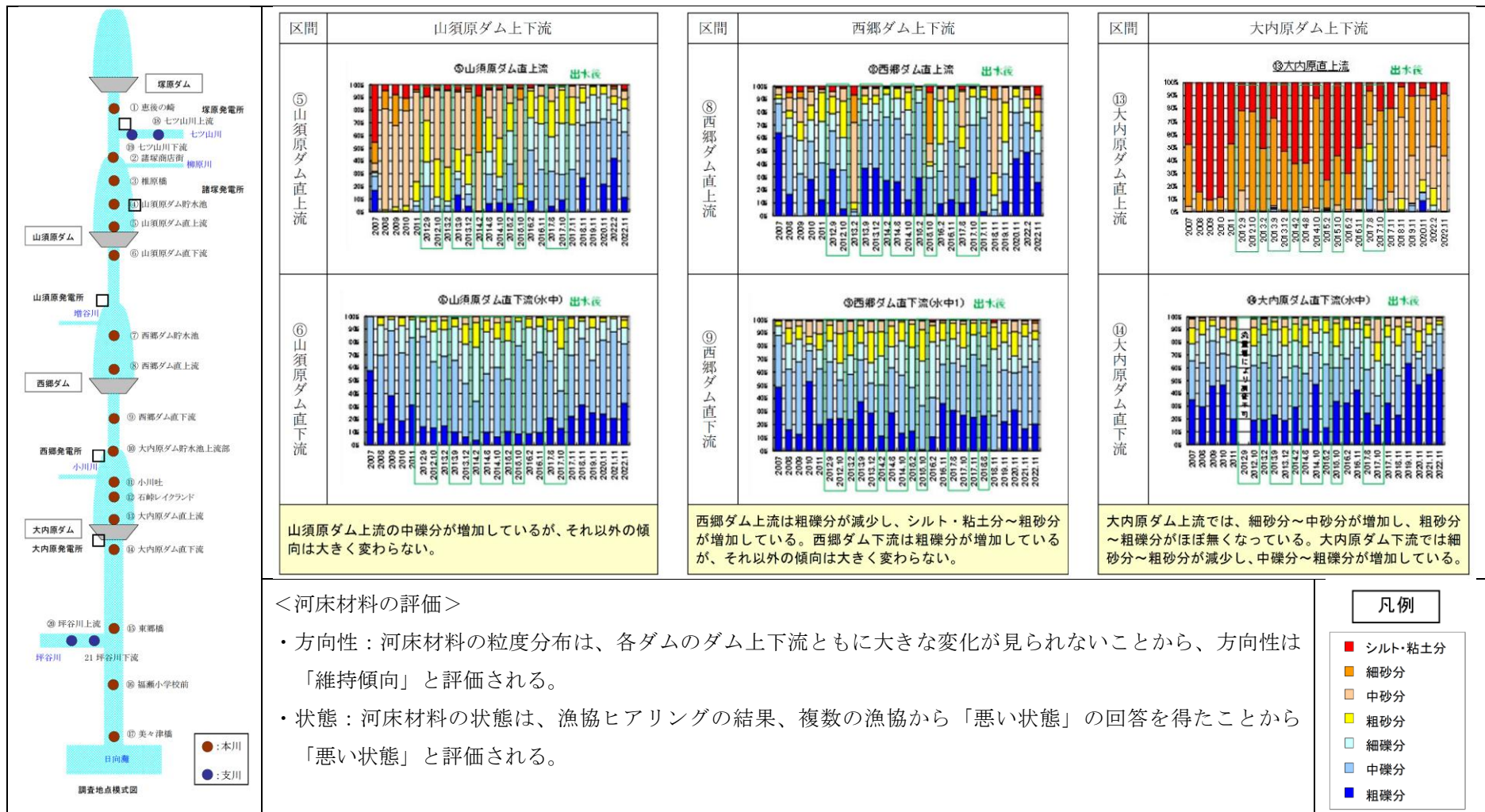
出典) 耳川水系総合土砂管理に関する評価・改善委員会 第2回中間報告書, 令和6年3月, 宮崎県. [https://www.pref.miyazaki.lg.jp/documents/4360/4360\\_20240325165042-1.pdf](https://www.pref.miyazaki.lg.jp/documents/4360/4360_20240325165042-1.pdf), (参照 2025-03-13).

図 6-7 耳川水系（ダム域）におけるモニタリング結果の評価（2022年度）

表 6-5 耳川水系（ダム域）におけるモニタリングで得られた知見（2022年度）

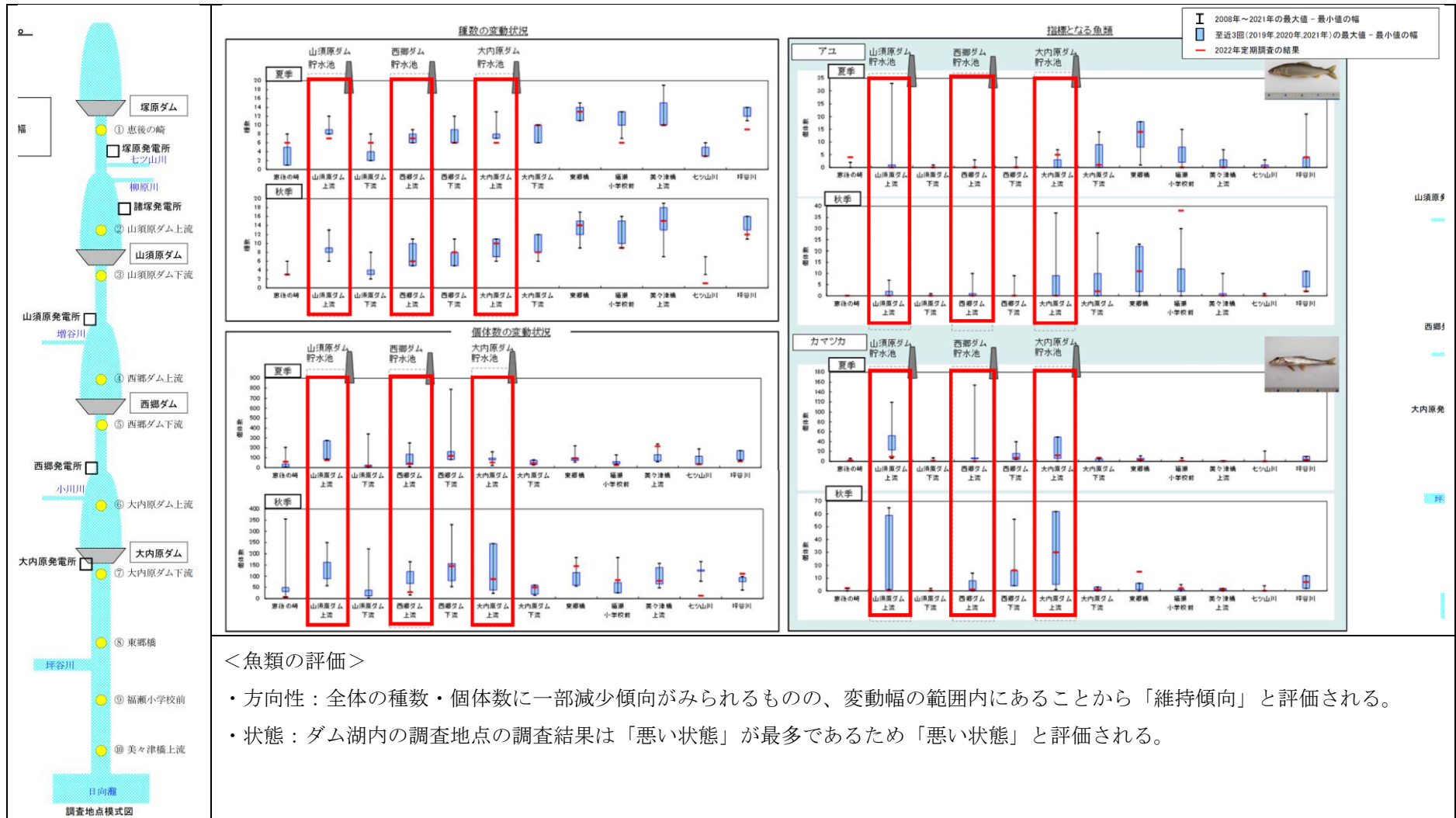
	ダム通砂により予想される効果など	2022年度のダム通砂実施後の変化
治水	貯水池上流河道の治水安全度の確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>ダム貯水池内の一部地点で治水安全度の向上を確認</li> <li>下流河道の治水安全度はおおむね維持傾向</li> </ul>
環境	上流からの土砂供給による河床再生 <ul style="list-style-type: none"> <li>瀬と淵の維持・再生</li> <li>生物生息生育環境の再生</li> <li>多様なハビタットの保全</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>山須原ダム下流は、上流からの砂礫の供給により河床材料が多様化及び瀬淵の変化を確認</li> <li>西郷ダム下流では、上流から砂礫が供給され、通砂前と比べ瀬・淵の変化を確認</li> <li>生物生息環境についてはアユの産卵可能箇所数が増加している可能性がある（今後も継続してデータを注視）。</li> </ul>
利水	利水機能の再生・維持	<ul style="list-style-type: none"> <li>利水機能に与えた影響は小さい</li> </ul>

出典) 耳川水系総合土砂管理に関する評価・改善委員会 第2回中間報告書, 令和6年3月, 宮崎県. [https://www.pref.miyazaki.lg.jp/documents/4360/4360\\_20240325165042-1.pdf](https://www.pref.miyazaki.lg.jp/documents/4360/4360_20240325165042-1.pdf), (参照 2025-03-13) の掲載情報を元に作成



出典) 耳川水系総合土砂管理に関する評価・改善委員会 第11回 山地・ダム・河道・河口海岸ワーキンググループ 問題・課題評価資料【ダム領域】，令和6年3月14日，宮崎県。 の掲載情報を元に作成

図 6-8 生物生息生育環境の変化に係るモニタリング結果の例（生物生息空間の連続性遮断 河床材料）



<魚類の評価>

- ・方向性：全体の種数・個体数に一部減少傾向がみられるものの、変動幅の範囲内にあることから「維持傾向」と評価される。
- ・状態：ダム湖内の調査地点の調査結果は「悪い状態」が最多であるため「悪い状態」と評価される。

出典) 耳川水系総合土砂管理に関する評価・改善委員会 第11回 山地・ダム・河道・河口海岸ワーキンググループ 問題・課題評価資料【ダム領域】，令和6年3月14日，宮崎県。 の掲載情報を元に作成

図 6-9 生物生息生育環境の変化に係るモニタリング結果の例（生物生息環境の変化 魚類）

## 6 排砂に伴う影響予測・評価

### 6.3.3. 小渋ダム（土砂バイパス）

小渋ダムの土砂バイパストンネルは2016年に完成し、同年9月から試験運用が開始された。しかし、先にも述べたとおり、2020年7月の出水でトンネルが大規模に損傷し、2023年5月に復旧工事が完成し、2023年6月に運用を再開した。

このような背景の中、ダム下流河川に対するインパクトや環境変化については、試験運用前、試験運用期間中及びバイパス運用休止期間（復旧工事中）に環境モニタリング調査が実施されてきた。なお、本章のテーマと直接関係はないが、小渋ダムの土砂バイパストンネルでは、構造に関するモニタリングとして、呑口部、トンネル内及び吐口部について、土砂堆積状況やコンクリートの損傷状況について詳細な観測を行っている。

環境モニタリングについては、2024年3月に開催された第12回小渋ダム土砂バイパストンネルモニタリング委員会の説明資料として公表されているため、その概要を説明する。

小渋ダムにおける下流河川の環境モニタリングには以下のような特徴が見られる。

- ・土砂バイパスのほか下流河川の環境に影響を与えることが想定される要素も合わせてインパクトレスポンスのフローを作成して、このフローを元にモニタリング項目を設定している（図 6-10）。
- ・自然環境について、ほかの河川で行われているような生物相（魚類、底生動物、付着藻類等）のモニタリングに加えて、予め設定した保全対象種（例 礫河原に生育する重要種 ツツザキヤマジノギク）を対象としたモニタリングを実施している。

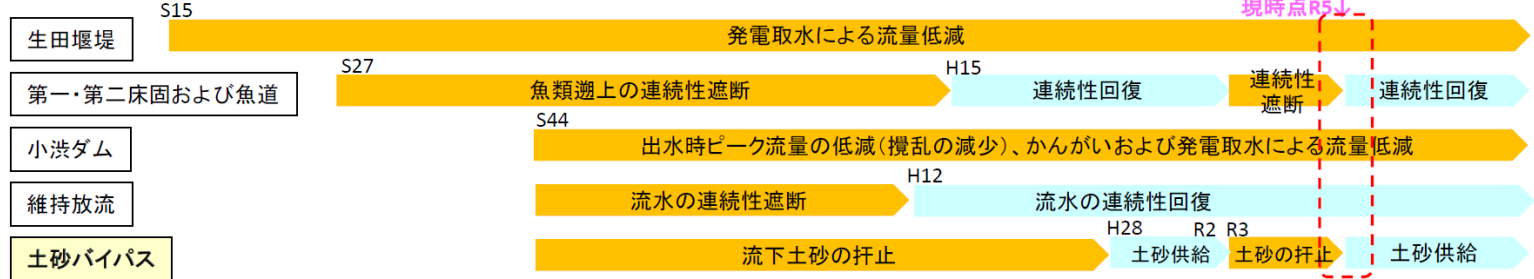
また、下流河川の環境モニタリングからは、次のような知見が得られている（表 6-6）。

表 6-6 小渋ダム下流の環境モニタリング調査結果からのバイパスの評価

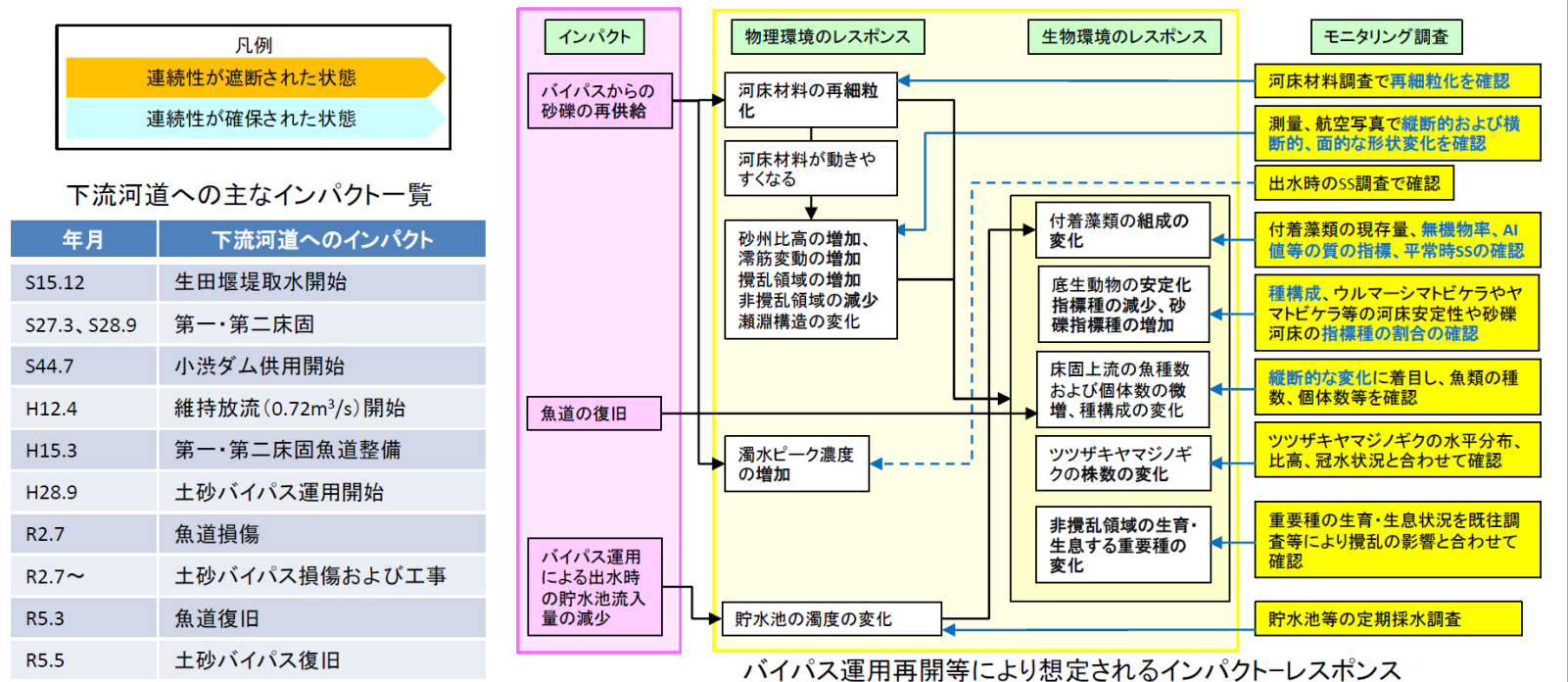
項目		バイパスの評価（考察）
物理環境	河道形状	・ダム下流河道における攪乱の増加に寄与
	河床材料	・ダム下流河道における粗粒化の抑制、細粒化に寄与
	河川景観	・自然裸地を増加させた
	水質	・ダム上流と下流での浮遊砂の連続性確保に一定量寄与
生物環境	付着藻類	・土砂バイパスの運用による明確な影響は確認されず
	底生動物	・河床材料の細粒化が底生動物の種組成の変化に寄与
	魚類	・河床材料の変化が礫河床や礫間を好む種の増加に寄与（図 6-11）
	陸域植生	・保全対象種のツツザキヤマジノギクが消失（ただしバイパス運用によるものではなく植生遷移と規模の大きな出水が続いた影響）
	陸域重要種	・ツツザキヤマジノギクやカワラニガナ等の河原性の重要種への影響は現時点で明確になっていない

出典) 第12回 小渋ダム土砂バイパストンネルモニタリング委員会 説明資料, 令和6年3月12日, 国土交通省 中部地方整備局 天竜川ダム統合管理事務所. [https://www.cbr.mlit.go.jp/tendamu/dam/pdf/monitoring/122\\_siryou\\_20240312.pdf](https://www.cbr.mlit.go.jp/tendamu/dam/pdf/monitoring/122_siryou_20240312.pdf), (参照 2025-3-13). の掲載情報を元に作成

■ これまでにダム下流河道が受けてきたインパクトを整理し、バイパス運用におけるインパクト-レスポンスの仮説を立てた。



インパクトと下流河道の物理環境のレスポンスの時系列変化



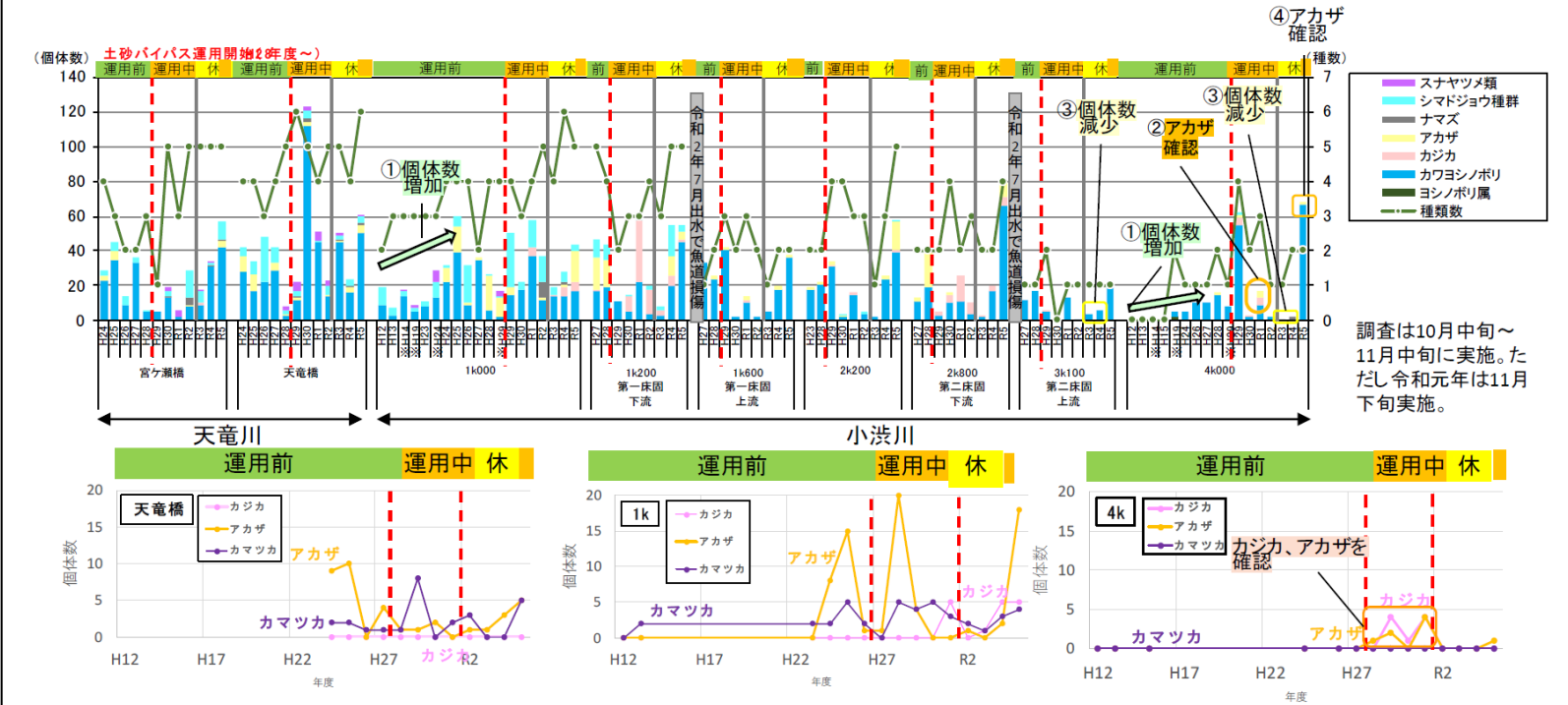
出典) 第12回 小渋ダム土砂バイパストンネルモニタリング委員会 説明資料, 令和6年3月12日, 国土交通省 中部地方整備局 天竜川ダム統合管理事務所. [https://www.cbr.mlit.go.jp/tendamu/dam/pdf/monitoring/122\\_siryou\\_20240312.pdf](https://www.cbr.mlit.go.jp/tendamu/dam/pdf/monitoring/122_siryou_20240312.pdf), (参照 2025-3-13). の掲載情報を元に作成

図 6-10 小渋ダムの土砂バイパストンネル運用等により想定される下流河川におけるインパクト-レスポンス

【底生魚】

※令和2年7月出水で第1・第2床固の魚道が損傷し遡上ができなくなったが、令和5年3月に復旧した。

- **運用前(H26-H28)** ①H12から調査している1.0k、4.0k地点では、H12~28にかけて徐々に個体数が増加しており、H12の維持放流開始、H15の床固魚道整備の効果が背景にあると考えられる。
- **運用中(H28-R2)** ②4.0k地点において礫間を好む底生魚のアカザが新たに確認された。バイパスからの土砂供給により、これら底生魚の生息に適した浮き石河床が増加した影響と考えられる。
- **休止中(R3-R4)** ③運用休止中のR3~R4は4.0k地点でアカザは確認されなかった。また、3.1k、4.0k地点で個体数が減少した。床固の魚道の損傷\*が影響していると考えられる。
- **運用再開(R5)** ④バイパス休止中に4.0k地点で確認されなかったアカザが、R5モニタリング調査で再び確認された。4.0k地点までカワヨシノボリなどの個体数が増えた。魚道が復旧したことにより、遡上した可能性がある。



調査は10月中旬～11月中旬に実施。ただし令和元年は11月下旬実施。

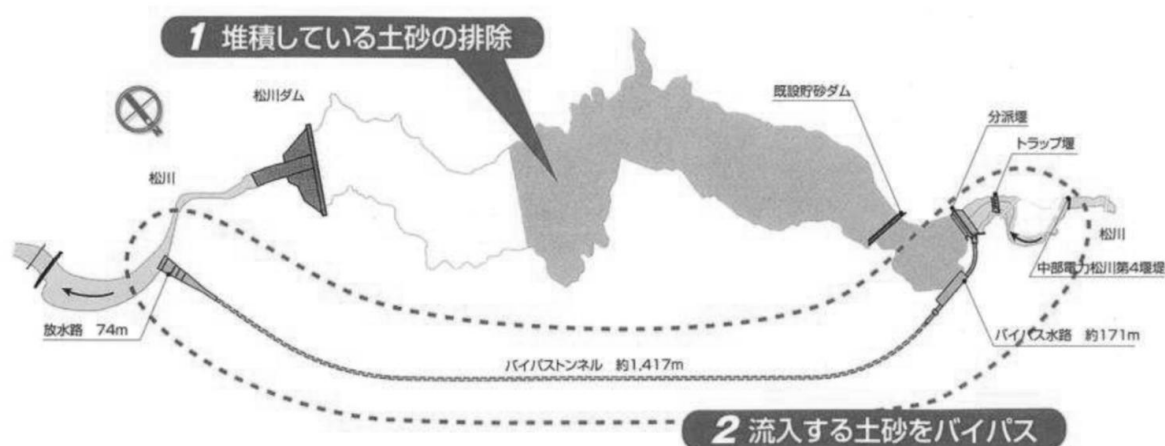
出典) 第12回 小渋ダム土砂バイパストンネルモニタリング委員会 説明資料, 令和6年3月12日, 国土交通省 中部地方整備局 天竜川ダム統管理事務所. [https://www.cbr.mlit.go.jp/tendamu/dam/pdf/monitoring/122\\_siryou\\_20240312.pdf](https://www.cbr.mlit.go.jp/tendamu/dam/pdf/monitoring/122_siryou_20240312.pdf), (参照 2025-3-13). の掲載情報を元に作成

図 6-11 小渋ダムの下流河川のモニタリング調査結果 (底生魚)

## 6.3.4. 松川ダム（土砂バイパス）

松川ダムでは1983年の台風により大量の土砂流入があり、その後も山地崩壊のために計画を上回る土砂が流入して貯水池運用に支障をきたしていたことから、松川ダム再開発事業の一貫として2016年3月に土砂バイパスが建設された。建設後には試験運用を行っており、その間、河川環境への影響評価を目的として各種モニタリングを実施してきた。

関連して、天竜川水系は2018年に総合土砂管理計画が策定されたが、松川ダムのある上流域については対象外になっており、2024年3月時点、計画が検討されている段階である。



出典) 第1回 松川ダム堆砂対策検討委員会 説明資料, 平成 29 年 6 月 29 日, 飯田建設事務所 松川ダム管理事務所. <https://www.pref.nagano.lg.jp/matsukawadamu/bypass/documents/setumeishiryou-4.pdf>, (参照 2025-03-13)

図 6-12 松川ダム再開発事業のイメージ図

松川ダムのモニタリング成果は、2024年3月に開催された第5回松川ダム堆砂対策検討委員会資料として公表されているため、その概要を説明する。

モニタリング項目と、モニタリング調査結果の総括を表 6-7に示す。松川ダムの土砂バイパストンネルの試験運用における下流河川のモニタリング項目は、水質、生物環境、物理環境及び土砂収支であり、下流河川の環境変化については以下のような知見が得られた。

- ・バイパス放流中はSS濃度が高いことから、バイパス放流で懸濁物質成分が下流河川に供給されている。一方で、分派堰・トラップ堰では砂礫分を捕捉している。
- ・魚類相や付着藻類相については、バイパス運用による顕著な変化が認められなかった。
- ・底生動物相を示す指標のうち造網型係数や優占種をみると、バイパス放流により下流の河川環境が、ダム上流の環境に近づく傾向が認められる（表 6-8）。
- ・下流河川において砂分の一時的な堆積等の変化が見られたが、バイパス運用による変化かどうかは不明。

6 排砂に伴う影響予測・評価

表 6-7 松川ダムの土砂バイパストンネル試験運用時に実施されたモニタリング調査結果の総括

モニタリング項目		令和5年の調査実施状況		過年度からのモニタリング調査結果の総括 ●: バイパス放流による変化が認められた項目 △: バイパス放流によるものか不明であるが、変化が認められた項目 ×: 顕著な変化は認められなかった項目
		実施年月	回数	
水質 (河川)	・現地採水調査	R05.06、11	2回	● バイパス放流の有無により同一流量時のSS濃度が異なり、バイパス放流中の方が濃度が高いことを確認した。
	・観測機器による連続観測 (水温・濁度)	連続観測	連続観測	× 出水中にはダム上下流の水温差が小さくなる傾向や濁度が上昇する傾向が確認されたものの、バイパス放流を行っていない時にも同様な変化が起きていることを確認した。
生物環境 (河川)	・魚類	R05.06、08	2回	× 顕著な変化は認められなかった。
	・底生動物	R05.12	1回	● 造網型係数や優占種に関して、バイパス放流の効果と考えられる変化(ダム上下流の河川環境が近づく傾向)が認められる。
	・付着藻類	R05.06、07、08、09	4回	△ 大規模出水後に種構成の変化がみられる地点や調査回はあるものの、それがバイパス放流の影響・効果であるかは不明。
物理環境 (河川)	・河川横断測量	R03河道掘削工事の測量成果を入手		× 顕著な変化は認められなかった。
	・河床材料調査	R05.12	1回	△ 大規模出水後に一時的な砂分の堆積等の変化はみられるものの、時間が経つともとの状態に戻っていることを確認したが、バイパス放流の影響・効果であるかは不明。
	・河川情報図	—	—	× バイパス放流による顕著な影響や変化は認められなかった。(H30.02が最後の調査)
	・井堰堆積状況	R05.12	1回	× バイパス放流による顕著な影響や変化は認められなかった。
	・水位・流量	連続観測	連続観測	基礎データとして活用。
	・航空写真撮影	—	—	△ 一部で土砂の堆積等は見られるものの、大規模な変化は認められなかった。これがバイパス放流の影響・効果であるかは不明。
	・定点写真撮影	—	—	△ 一部で土砂の堆積等が見られる地点もあるものの、これがバイパス放流の影響・効果であるかは不明。
バイパス 施設管理	・バイパストンネル摩耗量調査	R05.12	1回	● トンネル内では最大で10cm程度の深さの摩耗・損傷が発生していることを確認した。
	・バイパストンネル内の水位・ 流速の計測	—	—	調査実績なし。
	・バイパス流量観測	連続観測	連続観測	バイパス流量データを連続的に取得。基礎データとして活用。
	・濁度観測	連続観測	連続観測	× バイパス放流の有無によらず、出水中には濁度が上昇する傾向を確認した。
	・定点写真撮影	毎日1回撮影	毎日	分派堰、バイパス水路、バイパストンネル吐口の状況を確認。現地状況を確認するために活用。
土砂収支	・流砂量観測	R05.06、11	2回	● バイパス放流により、SS成分がダム下流河川へ供給されていることを確認した。
	・分派堰上流の堆積量調査	—	—	● 分派堰・トラップ堰上流に堆積している土砂量や粒度分布を調査し、砂礫分の堆積を確認した。
	・貯水池ボーリング	—	—	バイパス前後のデータがそろっていないため、バイパス放流による影響を評価するにはデータ不足。
天竜川本 川への影 響評価	・河川横断測量	—	—	バイパス前後のデータがそろっていないため、バイパス放流による影響を評価するにはデータ不足。
	・航空写真撮影	—	—	バイパス前後のデータがそろっていないため、バイパス放流による影響を評価するにはデータ不足。

出典) 第5回 松川ダム堆砂対策懇談会 説明資料, 令和6年3月22日, 飯田建設事務所 松川ダム管理事務所. <https://www.pref.nagano.lg.jp/matsukawadamu/bypass/documents/kaigishiryout2.pdf>, (参照 2025-03-13)

表 6-8 松川ダムの土砂バイパストンネル試験運用時に実施されたモニタリング調査結果（底生動物）

捕獲湿重量の優占種(冬季)					
年度	St. C	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4
2013	タニヒラタカゲロウ 匍匐型	カミムラカゲラ 匍匐型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型
2014	Nippotiipula亜属 掘潜型	トビケラ目(蛭)	ホソバマダラカゲロウ 匍匐型	ナミヒラタカゲロウ 匍匐型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型
2015	オオカクツトビケラ 携巣型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型	ヤマトビケラ属の一種 携巣型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型
2016	カガシホ属 掘潜型	シマトビケラ属 造網型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型
2017	クロカリゲラ科の数種 匍匐型	ツリガハカガシホの一種 掘潜型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型
2018	エシタカゲラ属の数種 匍匐型	エシタカゲラ属の数種 匍匐型	シロスシマトビケラ 造網型	ココガロウ 遊泳型	オオクマダラカゲロウ 匍匐型
2019	ヒメフタオカゲロウ属 遊泳型	シロハコカゲロウ 遊泳型	オオクマダラカゲロウ 匍匐型	オオクマダラカゲロウ 匍匐型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型
2020	ヒメフタオカゲラ属 匍匐型	オオマダラカゲロウ 匍匐型	ウルマーシマトビケラ 造網型	アシマダラフユ属 固着型	ウルマーシマトビケラ 造網型
2021	ヒゲナガカワトビケラ 造網型	オオマダラカゲロウ 匍匐型	ウルマーシマトビケラ 匍匐型	ナミヒラタカゲロウ 匍匐型	シロハコカゲロウ 遊泳型
2022	ヒメフタオカゲラ 匍匐型	ウルマーシマトビケラ 造網型	カミムラカゲラ 匍匐型	ナミヒラタカゲロウ 匍匐型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型
2023	カミムラカゲラ 匍匐型	カミムラカゲラ 匍匐型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型	ヒゲナガカワトビケラ 造網型

捕獲個体数の優占種(冬季)					
年度	St. C	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4
2013	デンマクエリスリカ属 掘潜型	デンマクエリスリカ属 掘潜型	デンマクエリスリカ属 掘潜型	デンマクエリスリカ属 掘潜型	ニセハネリスリカ属 掘潜型
2014	シロハコカゲロウ 遊泳型	ユスリカ亜科 掘潜型	ユスリカ亜科 掘潜型	ユスリカ亜科 掘潜型	ユスリカ亜科 掘潜型
2015	ココガロウ属類 遊泳型	エリスリカ亜科 掘潜型	エリスリカ亜科 掘潜型	エリスリカ亜科 掘潜型	エリスリカ亜科 掘潜型
2016	ミヤマタニガケラ属 匍匐型	マルツツトビケラ 携巣型	シロハコカゲロウ 遊泳型	シロハコカゲロウ 遊泳型	フタハコカゲロウ 遊泳型
2017	クロカリゲラ科の数種 匍匐型	マルツツトビケラ属 携巣型	フタハコカゲロウ 遊泳型	シロハコカゲロウ 遊泳型	エリスリカ亜科 掘潜型
2018	エリスリカ亜科 掘潜型	エシタカゲラ属の数種 匍匐型	エリスリカ亜科 掘潜型	エリスリカ亜科 掘潜型	ユスリカ亜科 掘潜型
2019	ヒメフタオカゲロウ属※ シロハコカゲロウ ヒゲユスリカ属 アシマダラフユ属	シロハコカゲロウ 遊泳型	オオクマダラカゲロウ 匍匐型	シロハコカゲロウ 遊泳型	シロハコカゲロウ 遊泳型
2020	ヒメヒラタカゲロウ属 匍匐型	ヒメヒラタカゲロウ属 匍匐型	アシマダラフユ属 固着型	アシマダラフユ属 固着型	アシマダラフユ属 固着型
2021	シロハコカゲロウ 遊泳型	シロハコカゲロウ 遊泳型	シロハコカゲロウ 遊泳型	シロハコカゲロウ 遊泳型	シロハコカゲロウ 遊泳型
2022	アミカワゲラ科 匍匐型	ウルマーシマトビケラ 造網型	フタハコカゲロウ 遊泳型	ナミヒラタカゲロウ 匍匐型	アシマダラフユ属 固着型
2023	アミカワゲラ科 匍匐型	カミムラカゲラ 匍匐型	シロハコカゲロウ 遊泳型	キタマルヒメトコムシ属 匍匐型	アシマダラフユ属 固着型

※4種が同数であった。

- 優占種について経年変化を整理した結果、湿重量と個体数のいずれについても、バイパス試験放流開始前はある特定の種や生活型が複数の地点で優占している状態であったのに対し、近年では地点によって優占する種や生活型が異なり、多種多様な生物が優占種として現れるように変遷してきている。
- 具体的には、当初は、湿重量ではヒゲナガカワトビケラといった造網型の大型種が優占する地点が多かったのに対し、近年では匍匐型のマダラカゲロウやヒラタカゲロウが優占する地点が現れるようになり、清冽な河川の指標とされることもあるカワゲラ目が優占する地点も見られるようになってきている。
- 造網型が優占する場合でも、ヒゲナガカワトビケラのみならず、シマトビケラが優占する地点も近年では見られていることから、バイパスにより土砂(特に砂分)が供給されたことによる効果と考えられる。
- 個体数についても、同様に、当初は掘潜型のユスリカ科がほとんどの地点で優先していたのに対し、近年では遊泳型のココゲロウや、固着型のブユ、匍匐型のカゲロウ類等、多様な種が優占種として現れるように変遷してきている。

※一般に、ヒゲナガカワトビケラはダム下流河川で優占種として現れることの多い造網型の種である。

出典) 第5回 松川ダム堆砂対策懇談会 説明資料, 令和6年3月22日, 飯田建設事務所 松川ダム管理事務所. <https://www.pref.nagano.lg.jp/matsukawadamu/bypass/documents/kaigishiryu2.pdf>, (参照 2025-03-13)

## 7. 堆砂対策に係る新しい取組

堆砂対策に係る新技術はNETIS（新技術情報提供システム）等でも数多く紹介されており、堆砂対策を検討する上では、NETIS等を参考にすることも有効である。ここでは、当センターの取組を中心に、堆砂対策を推進するための技術開発等の概要を紹介する。

### 7.1. 土砂の分級

ダムに堆積した土砂の除去においては、除去した土砂の処分量や処分コストが課題となることがあり、課題の解決にはダムに堆積した土砂の有効活用の幅を拡げたり、埋立による最終処分量を減容させたりすることが必要となり、それには、除去した土砂を性状別（粒径別）に分級することが有効である。

このような背景から、一般社団法人ダム水源地土砂対策技術研究会（土砂研<sup>※</sup>）と当センターは共同してダム堆砂分級工法の開発を進めている。この分級システムは、汎用性の高い個々の装置を組み合わせ、一連のシステムとして分級品質と作業効率を高めることに重点を置いたものである（図 7-1）。



図 7-1 矢作ダムで実施された分級実験のプラント全景（2023 年度）

現地実験の結果、細粒分の除去に加え、栄養塩・有機物の分離効果を認めることができた。今後、本技術を実際のダムの維持管理に活用していくには、各ダムの特性（地域条件、土砂性状等）に応じた分級工法の設定、分級コストの縮減及び、分級工法を採用した場合の堆砂対策全体の費用対効果の分析などが課題である。

なお、分級に係る実験結果等は多くの論文で公表されているため参考とされたい<sup>※※</sup>。

※ 2025 年 3 月現在の会員（五十音順）：

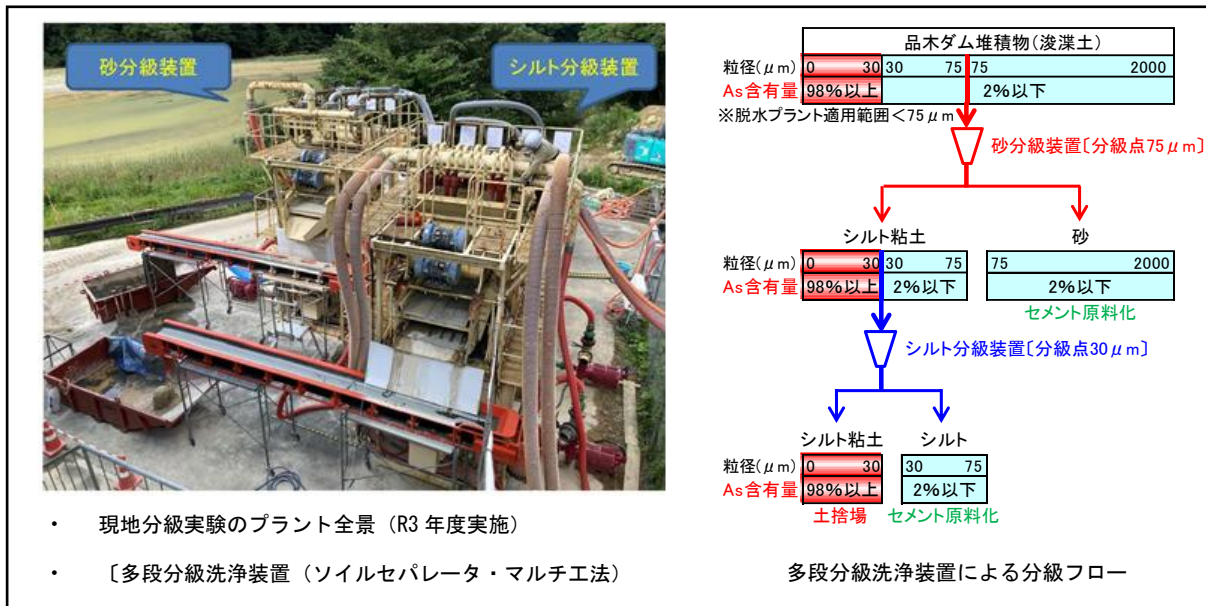
あおみ建設株式会社、株式会社大本組、五洋建設株式会社  
東亜建設工業株式会社、東洋建設株式会社、株式会社本間組、株式会社吉田組  
りんかい日産建設株式会社、若築建設株式会社

※※一般社団法人ダム水源地土砂対策技術研究会 HP

<https://www.doshaken.com/dissertation/index.html>

## 7 堆砂対策に係る新しい取組

また、ダム堆積土砂の分級処理への取組が公表されている資料として、品木ダムの定期報告書が挙げられる。品木ダムにおいてはダム堆積物の重金属低減対策として分級実験が行われたことがある（図 7-2）。



出典) 第31回関東地方ダム等管理フォローアップ委員会 品木ダム 定期報告書の概要, 令和5年2月2日, 国土交通省 関東地方整備局. [https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr\\_content/content/000853920.pdf](https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000853920.pdf), (参照 2025-03-13).

図 7-2 品木ダムで実験に用いられたソイルセパレータ・マルチ工法の機械と分級フロー

## 7.2. SIPにおけるスマートインフラマネジメントシステムの構築

内閣府の施策であるSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)第3期の14課題の一つである「スマートインフラマネジメントシステムの構築」において、水中掘削・浚渫の遠隔化や堆砂性状モニタリング技術の開発に取り組んでいる。

### SIPとは

<p><b>概要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・内閣府総合科学技術・イノベーション会議が司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野を超えたマネジメントにより、科学技術イノベーション実現のために創設した国家プロジェクト。</li> <li>・国民に真に重要な社会的課題や、日本経済再生に寄与できるような世界を先導する課題に取り組む。</li> <li>・各課題を強力にリードする10名のプログラムディレクター(PD)を中心に産学官連携を図り、基礎研究から実用化・事業化、すなわち出口までを見据えて一貫通貫で研究開発を推進。経済成長の原動力であり、社会を飛躍的に変える科学技術イノベーションを強力に推し進めていく。</li> <li>・第1期(2014年～2018年度)、第2期(2018年～)に続き、2023年からは第3期として、Society 5.0の実現を目指す14の課題に取り組んでいる。</li> </ul> <p><b>堆砂対策との関係 課題：スマートインフラマネジメントシステムの構築</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・第3期において、堆砂対策は、サブ課題A”革新的な建設プロセスの開発“の中の、研究開発テーマa-2”人力で実施困難な箇所ロボット等による無人自動計測・施工技術開発“として、表に示すように、水中掘削・浚渫の遠隔化や堆砂性状モニタリング技術の研究開発を行っている。</li> </ul>		
研究開発テーマ	研究開発内容	
a-2:人力で実施困難な箇所のロボット等による無人自動計測・施工技術開発	目標	○無人化施工及びモニタリング技術の開発・実証により、友人では実施困難な効果的対策の実現を目指す。
	実施内容	○ダム現場ならびに火山災害現場における計測や施工の無人化技術を確立する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ダム堤体付近の土砂を洪水時に下流に排出する技術の開発</li> <li>・ダム堆砂対策における作業用建設機械操縦の遠隔化及び自動化</li> <li>・ダム堆砂対策における水中掘削・春節の遠隔化</li> <li>・農業用ダムを対象とした低コスト堆砂モニタリング・遠隔春節技術開発</li> <li>・ダムの土砂管理に関するモニタリング技術の高度化</li> <li>・ダムにおける3次元堆砂測量技術の遠隔化・自動化</li> <li>・ダム貯水池の堆砂状況モニタリング技術</li> <li>・ダムにおける流砂量計測技術の高精度化</li> </ul> <p>(ダムに関係するものを抜粋)</p>



サブ課題A：革新的な建設生産プロセスの構築  
**(a-2-1) 人力で実施困難な箇所のロボット等による無人自動計測・施工技術開発（ダム堆砂対策）**



**研究開発の概要**

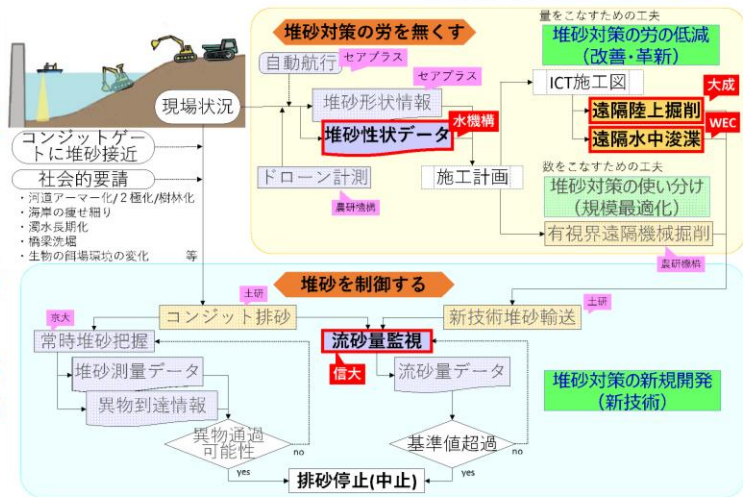
**[概要]** 人の進入が困難な現場として**ダム貯水池**をとりあげ、3次元堆砂測量技術と、遠隔・省力施工技術を組み合わせた、高速で効率的な堆砂対策技術を開発する。



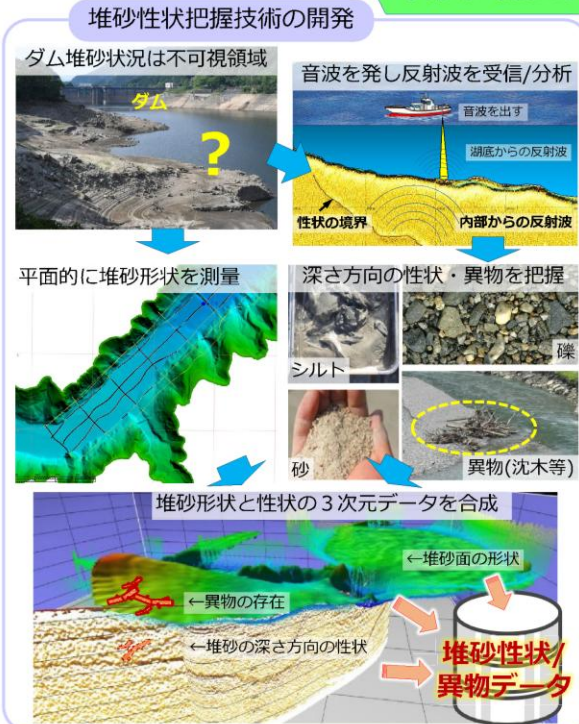
**[問題点と解決方法]**

- 従来主なダム堆砂対策となっている**陸上掘削は施工時期が限定され低作業効率**
- ダムの多くが僻地に立地しており担い手不足から熟練建機**オペレータの老齢化や不足が深刻化**

⇒掘削作業効率化のため**3次元計測と遠隔化・自動化技術**を開発して**有機的に融合**



**代表技術要素～堆砂計測～**



**流砂量監視技術の開発**



SIP-ICAS Project

**[連絡先]** 研究開発責任者 永谷圭司 (keiji@ieee.org)  
 Web : <https://sip-icas-project.org/> →



出典) スマートインフラマネジメントシステムの構築シンポジウム 2024 ポスターより引用

図 7-3 SIP サブ課題 (a-2-1) における技術開発内容の紹介ポスター(1)



サブ課題A：革新的な建設生産プロセスの構築  
**(a-2-1) 人力で実施困難な箇所のロボット等による  
 無人自動計測・施工技術開発（ダム堆砂除去）**



代表技術要素～堆砂除去～



**【実現した場合の社会の変化】**

堆砂対策技術の「改善・革新」「新技術開発」「規模最適化」により、3次元堆砂測量に係る費用および堆砂除去の作業人数を各半減させ、「堆砂対策の労を無くす」だけでなく「堆砂を制御する」ことで「堆砂を資源にすること」。

**社会実装の考え方**

- 提供財**  
 高精度堆砂測量技術，リアルタイム堆砂面把握技術，遠隔陸上掘削・水中浚渫技術，堆砂輸送および洪水吐き排砂技術
- 想定ユーザー**  
 全国のダム管理者および河川管理者
- ユーザーに提供する利便性・価値**  
 堆砂測量や堆砂除去作業の**負担（コスト，作業手間）の軽減**とダム**機能の確保・延命**
- 社会実装する者**  
 全国のダム管理者（国（国土交通省，農林水産省），水資源機構，都道府県，市町村，電力会社，土地改良区，その他）

**開発者からのメッセージ**

邪魔者扱いのダム堆砂が河道や海岸の保全ツールとして社会に役立つ未来を実現させるべく技術を開発します



SIP-ICAS Project

[連絡先]

Web : <https://sip-icas-project.org/> →



出典) スマートインフラマネジメントシステムの構築シンポジウム 2024 ポスターより引用

図 7-4 SIP サブ課題 (a-2-1) における技術開発内容の紹介ポスター (2)

## 7 堆砂対策に係る新しい取組

このうち当センターでは、東亜建設工業株式会社の協力を得ながら、水中掘削・浚渫の遠隔化を目的に遠隔操縦型浚渫機の開発を進めている(図 7-5)。

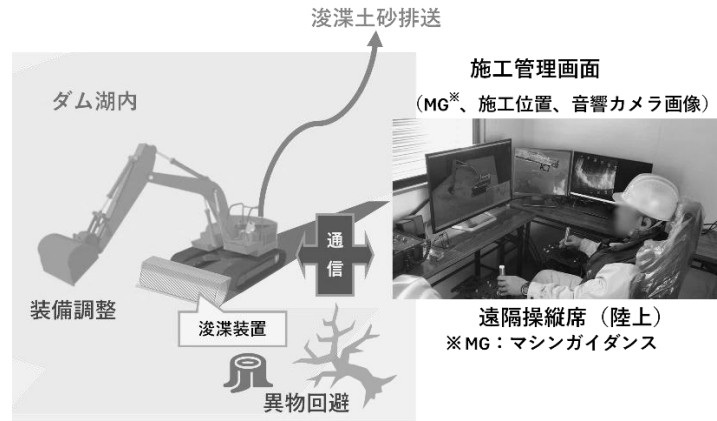
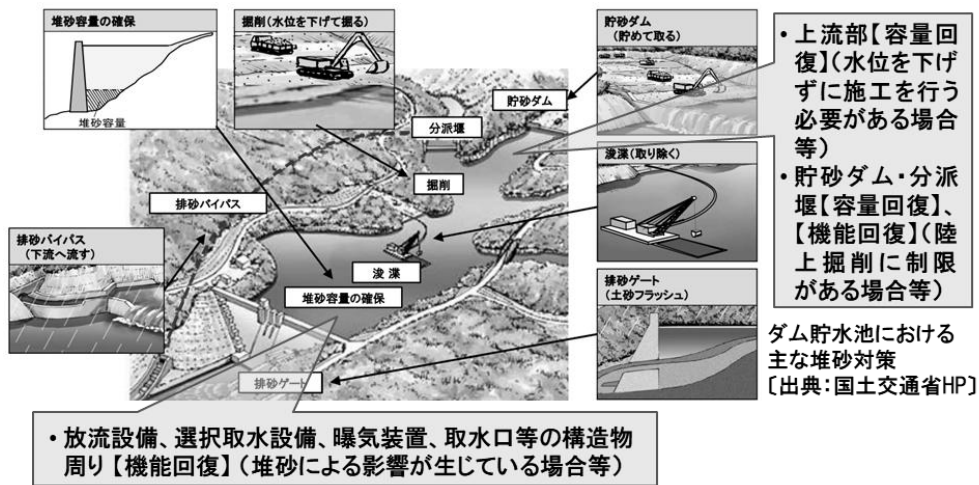


図 7-5 遠隔操縦型浚渫機の開発イメージ

この遠隔操縦型浚渫機は、従来の掘削・浚渫機械と比較して、処理量等では及ばないものの、図 7-6に示すような、構造物周りの土砂除去や水位を維持した状態での土砂除去等、従来の工法では対応が困難であった箇所の土砂除去に有効であると考えられる。



出典) 主な堆砂対策, 国土交通省. <https://www.mlit.go.jp/river/dam/taisa/taisa3.pdf>, (参照 2025-03-13). 一部加筆

図 7-6 ダム貯水池における遠隔操縦型浚渫機の活用場面のイメージ

### 7.3. ダム堆砂対策に係る産学共同研究

京都大学防災研究所は2024年4月に、気候変動下で激甚化する豪雨災害に備えたダムの洪水調節機能の強化や、国産の再生可能エネルギーとして改めて評価が高まっている水力発電の拡大に向けた既存ダムのハード・ソフトの様々な再生技術を開発し、国内外のプロジェクトへ実装を進めるための研究開発拠点（京都大学防災研究所水資源環境研究センター産学共同研究部門ダム再生・流砂環境再生技術研究領域<sup>※</sup>）を設置した。ここでは、「治水」と「利水」のWIN-WINをもたらすためのダムを「賢く」、「増やして」使うための「ダム再生技術」、さらには、ダムを「永く」使うと同時に、河川や海岸環境の改善のためにダムから効果的に土砂を下流に供給する「流砂環境再生技術」について、関連する国の大型プロジェクトとも連携して研究開発を推進するとともに、若手技術者の育成にも取り組まれることになっている。

当センターもこの研究領域に参加している。取組はまだ始まったばかりであるが、今後はほかの参画機関と協力しながら、ダムの堆砂対策や総合土砂管理に貢献できる研究開発を進めていく予定である。

※ダム再生・流砂環境再生技術開発プロジェクト HP

<https://damupgrading.dpri.kyoto-u.ac.jp/>

### 7.4. 国際大ダム会議による取組

国際大ダム会議（International Commission on large dams ICOLD<sup>※</sup>）には2025年2月時点で38の技術委員会が設置されており、貯水池の堆砂を取り扱う技術委員会（ICOLD Technical Committee on Sedimentation of Reservoirs）が2023年から2026年の活動期間を設けて活動している。

関連して2022年にはBulletin（彙報） Sediment Bypassing and Transfer（土砂のバイパスと移送）が発行された。内容は土砂生産、土砂輸送の連続性、土砂バイパストンネルの設計及び土砂移送であり、記載内容については、雑誌「大ダム」に要約が掲載されている<sup>※※</sup>。

※ 国際大ダム会議 HP <https://www.icold-cigb.org/GB/icold/icold.asp>

※※角ら. ICOLD 技術委員会 新刊 Bulletin(彙報)の概要紹介 J. 貯水池堆砂委員会 彙報概要 "Sediment Bypassing and Transfer" (No.193). 2022, 大ダム, No.260, p.49-58.

《参考資料集》

排砂工法実施ダム

排砂工法はダム貯水池又は貯砂ダムの堆砂を機械的に掘削・浚渫する人工的排砂と、洪水の営力等を活用して排砂する水理的排砂に分類している。下流河川への土砂還元（置き土）は両者の特性を有する工法である。

工 法		代 表 ダ ム 事 例	
人工的排砂	掘削	川治ダム、川俣ダム、小渋ダム、阿木川ダム、美和ダム、牧尾ダム、玉川ダム、長安ロダム、二瀬ダム、蓮ダム ほか多数	
	浚渫	佐久間ダム、秋葉ダム、井川ダム、美和ダム、矢作ダム、岩知志ダム、高滝ダム、坂上ダム、幌加ダム、鹿瀬ダム、品木ダム ほか多数	
	貯砂ダム	川俣ダム、五十里ダム、小渋ダム、二瀬ダム、阿木川ダム、湯田ダム、下久保ダム、矢作ダム、長島ダム、釜房ダム、漁川ダム、高柴ダム、蓮ダム、美和ダム、白川ダム、品木ダム、横山ダム、石手川ダム、猿谷ダム、松原ダム、草木ダム、岩屋ダム、味噌川ダム、日吉ダム、浦山ダム ほか	
人工・水理的排砂	下流河川土砂還元（置き土）	二瀬ダム、秋葉ダム、三春ダム、相模ダム、浦山ダム、長島ダム、二風谷ダム、蓮ダム、一庫ダム、下久保ダム、矢作ダム、真名川ダム、長安ロダム、阿木川ダム、川俣ダム、相俣ダム、川治ダム、天ヶ瀬ダム、室生ダム、布目ダム	
水理的排砂	フラッシング	宇奈月ダム、出し平ダム	
	スルーシング	宇奈月ダム、出し平ダム、鯖石川ダム、山須原ダム、西郷ダム、大内原ダム	
	流水型ダム	益田川ダム、辰巳ダム、西之谷ダム、浅川ダム、最上小国川ダム、玉来ダム、立野ダム	
	土砂バイパス	旭ダム、美和ダム、小渋ダム、松川ダム	
	密度流排出	片桐ダム、（小渋ダム、矢作ダム、二瀬ダム、木川ダム）	
	水圧吸引	—	
	単管排砂	井川ダム	局所的対応
	排砂ゲート	千頭ダム、小屋平ダム、今渡ダム、仙人ダム、宇奈月ダム、出し平ダム、猿谷ダム、木屋川ダム、小牧ダム ほか多数	

\* 供用中のダム（除 小規模施設）で、建設中や計画中のダムは除外している

堆砂に関する年表

年	ダム堆砂に係る事柄
1951 1957	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中谷宇吉郎が文藝春秋でダム堆砂進行を警告</li> <li>・河川砂防技術基準（案）に多目的ダムの堆砂容量の設定が記載される</li> <li>・比堆砂量に関する田中の式</li> <li>・土木研究所による流砂量式</li> </ul>
1961 1967	<ul style="list-style-type: none"> <li>・泰阜ダムの堆砂により、長野県飯田市の川路・龍江・竜丘地区が浸水</li> <li>・多目的ダムと一部の利水ダム等を対象に堆砂量の調査・報告</li> </ul>
1972 1979	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大洪水によりダムで堆砂進行</li> <li>・貯水池保全事業：貯砂ダム・土砂搬出路などの設置に関する事業</li> </ul>
1982 1983 1987 1989	<ul style="list-style-type: none"> <li>・総貯水容量 100 万 m<sup>3</sup> 以上の全ダムを対象に堆砂量の調査・報告</li> <li>・大洪水によりダムで堆砂進行</li> <li>・大洪水によりダムで堆砂進行</li> <li>・特定ダム堆砂排除事業（ダムリフレッシュ事業）：土砂の掘削・恒久的排砂施設の設置に関する事業</li> <li>・ダム水源地土砂対策技術研究会（土砂研） 発足</li> <li>・（財）ダム水源地環境整備センター（WEC）の設立</li> <li>1989 ・WEC が「ダム貯水池の堆砂対策シンポジウム」を主催</li> <li>・美和ダム、小渋ダムなどで再開発事業（排砂による貯水池容量の増大）の開始</li> </ul>
1991 1992 1993 1995 1998 1999	<ul style="list-style-type: none"> <li>・出し平ダムのフラッシング排砂開始</li> <li>・災害復旧事業で河川管理施設のダムを対象に、一定規模以上の洪水により堆砂量が一定規模に達した場合、洪水調節容量内の堆砂を除去</li> <li>・WEC「ダム堆砂排除の手引き(案)」「ダム堆砂解析技術資料」</li> <li>・WEC「ダム堆砂対策技術資料」</li> <li>1998 ・河川審議会総合土砂管理小委員会からの報告「流砂系の総合的な土砂管理に向けて」</li> <li>・旭ダムの排砂バイパス運用</li> <li>1999 ・流砂系総合土砂管理計画策定の手引き</li> </ul>
2000 2001 2003 2005 2006 2008 2008 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>2000 ・「貯水池土砂管理国際シンポジウム」の開催</li> <li>2001 ・出し平ダムと宇奈月ダムの連携排砂</li> <li>・総務省行政評価局の「水資源開発施設の有効利用・堆砂対策の推進」に関する監察</li> <li>・ダム土砂管理推進検討会の開始</li> <li>2003 ・第3回世界水フォーラム（流域一貫の土砂管理セッション）の開催</li> <li>・WEC が土砂生産量強度マップを提案</li> <li>2005 ・WEC「河川土砂還元試験に係る環境調査マニュアル（第1次案）」</li> <li>・国土交通省の美和ダムの土砂バイパス運用</li> <li>・天竜川ダム再編事業環境検討委員会</li> <li>2006 ・シンポジウム「貯水池土砂管理の現状と将来」の開催</li> <li>・国内初の大規模な流水型ダムである益田川ダムの供用開始</li> <li>2008 ・土木学会水工学委員会環境水理部会が「置き土シンポジウム」を開催（WEC は後援）</li> <li>2008 ・WEC「ダム堆砂対策技術ノート ―ダム機能向上と環境改善に向けて―」</li> <li>2010 ・日本大ダム会議土砂管理分科会「貯水池の土砂動態と土砂制御工法」</li> </ul>
2011 2018 2019 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>2011 ・国土交通省河川局河川環境課「下流河川土砂還元マニュアル（案）第2版」</li> <li>2018 ・国土交通省水管理・国土保全局河川環境課「ダム貯水池土砂管理の手引き（案）」</li> <li>2019 ・国土技術研究センター「総合土砂管理計画策定の手引き 第1.0版」</li> <li>2020 ・ダム工学会維持管理研究部会「ダム貯水池の堆砂および濁水に関する調査報告」</li> </ul>
2021 2023 2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>2021 ・耳川水系 3ダム（西郷ダム、大内原ダム、山須原ダム）連携での通砂運用開始</li> <li>2023 ・WEC「土砂バイパストンネル計画策定のための参考手引き（案）」</li> <li>2024 ・美和ダムで国内初の湖内ストックヤードを運用開始</li> </ul>



一般財団法人 水源地環境センター 研究第二部

---

〒102-0083 東京都千代田区麴町2-14-2 麴町NKビル  
TEL 03 3263 9978 FAX03 3263 9922