

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

はじめに

ダム貯水池における堆砂問題は、ダムの機能を適切に発揮させていく上で重要な課題である。一方下流河川においては、ダムによる土砂移動の不連続が、河床のアーマールコート化等を引き起こすなど、課題となっている例も見受けられる。

これらの対策の一つとしてダム貯水池に流入堆砂した一部を掘削後、ダム下流河道へ運搬仮置きし、洪水とともに仮置きした土砂を流下させる下流河川への土砂還元が試みられている。下流河川への土砂還元は排砂施設や土砂処分地等の大規模な施設を伴わず、経済性や実現性が比較的高いことから、近年、貯水池の堆砂対策や下流の河川環境の改善を目的として試験的に実施されている。

本マニュアルは、下流河川への土砂還元の普及と継続的な実施がなされることを目的として、同手法の基本的な考え方や具体的な事例等を示した技術検討参考資料であり、下流への土砂還元の具体的実施手順や、実施前後に必要な調査計画についての考え方を定めている。

今後もダム貯水池の機能維持（堆砂対策）や下流河川の環境への配慮の重要性は変わらないことから、本マニュアルを十分に活用し、下流河川への土砂還元を効果的・効率的に実施することを期待している。

なお、本マニュアルは、下流河川への土砂還元を実施している事例を踏まえて、現時点での知見を基に一般的な考え方としてとりまとめたものであり、今後とも事例の蓄積とともに調査研究を継続し、適宜見直しを行っていくこととしている。

本マニュアル（案）第2版は「総合的なダム堆砂対策技術検討委員会」（平成19年度～20年度）での審議結果をもとに作成した「マニュアル（素案）」に新たなデータ等を追加して第2版として取りまとめたものです。

「総合的なダム堆砂対策技術検討委員会」メンバー（敬称略、順不同）

道上 正規	（財）とっとり政策総合研究センター	理事長（委員長）
谷田 一三	大阪府立大学大学院理学系研究科	教授
角 哲也	京都大学大学院経営管理研究部	准教授
山本 晃一	（財）河川環境管理財団	河川環境総合研究所長
藤田 裕一郎	岐阜大学流域圏科学研究センター	教授
藤田 光一	国土交通省国土技術政策総合研究所	環境研究部 環境研究官
天野 邦彦	（独）土木研究所	水環境研究グループ 上席研究員
箱石 憲昭	（独）土木研究所	水工研究グループ 上席研究員
菖蒲 淳	国土交通省河川局	河川環境課 流水管理室長
勢田 昌功	国土交通省河川局	河川環境課 河川環境保全調整官
平井 秀輝	国土交通省河川局	治水課 河川整備調整官

（平成20年3月における役職）

～ 目 次 ～

第1章 総 則	1-1
1.1 目 的	1-1
1.2 内 容	1-3
1.3 用語の定義	1-6
1.4 適用範囲	1-6
第2章 事前調査(ダム下流河川における現状分析)	2-1
2.1 目 的.....	2-1
2.2 事前調査の内容	2-1
2.2.1 ダム及びダム流域の特性把握.....	2-2
2.2.2 ダム下流河川における現状分析.....	2-4
2.2.3 ダム供用に伴う課題の整理.....	2-8
第3章 目標の設定(目的の明確化)	3-1
3.1 検討内容.....	3-1
3.2 目標の設定.....	3-3
第4章 置き土計画	4-1
4.1 実施方針.....	4-1
4.2 置き土方法の基本的条件の整理.....	4-2
4.3 目的別の置き土方法.....	4-15
4.4 土砂還元に伴う河床変動の予測.....	4-20
4.4.1 河床変動予測の位置づけ	4-20
4.4.2 基本条件の設定(還元土砂のモデル化)	4-21
4.4.3 予測結果の評価.....	4-23
第5章 モニタリング調査計画の策定	5-1
5.1 調査目的	5-1
5.2 調査項目	5-1
5.3 置き土に関する調査内容.....	5-5
5.3.1 還元土砂の質	5-5
5.3.2 土砂流下状況	5-5
5.4 下流河川に関する調査内容.....	5-8
5.4.1 調査範囲.....	5-8
5.4.2 調査地点.....	5-11
5.4.3 調査頻度.....	5-13
5.4.4 下流河川の調査方法.....	5-15

第6章 調査結果の分析・評価	6-1
6.1 調査結果の分析・評価項目	6-1
6.2 安全性の分析・評価	6-1
6.3 土砂還元効果の分析・評価.....	6-2
6.4 今後の対応.....	6-5

第1章 総則

1.1 目的

本マニュアルは、下流河川土砂還元を実施するにあたって必要となる実施手順や実施前後に必要な調査計画について、基本的な考え方を定めるものである。

【解説】

水資源の保全、あるいは流砂系における総合的な土砂管理を実現するには、その要となるダム貯水池の適切な土砂管理が不可欠である。

ダムによる土砂移動の不連続や、貯水池内堆砂によるダム機能の低下といった課題を解決し、適切な土砂管理を図るため、日本各地のダムにおいて、様々な堆砂対策が検討・実施されている。

中でも、貯水池堆砂対策及びダム下流河川の環境改善に資する下流河川土砂還元は、多くの排砂量は期待できず堆砂が著しいダムの根本的解決になるものではないが、特別な設備を用いることなく実施できる手法であり、堆砂対策の取り掛かりとして注目され、多くのダムで採用されはじめている手法である。

本マニュアルは、今後多くのダムで実施されるであろう下流河川土砂還元の実施手順や実施前後に必要な調査計画について、基本的な考え方を定め、現場での検討の一助となることを目指すものである。

なお、本マニュアルで取り扱う「下流河川土砂還元」とは、ダム貯水池の堆砂対策及び流域土砂管理の一手法として、貯砂ダム堆積土の掘削あるいは貯水池内浚渫といった人工的排砂による掘削土砂を、人為的運搬によりダム下流河川に置き土し、自然または人工の出水により出水時の河道の掃流力により流出させる手法の総称である。

以降、枠内の本文には、基本的な考え方のポイントを記すものとし、【解説】には、本文を正しく解釈し、適切に運用するために必要な説明、背景などを記載する。

【参考】には、マニュアル策定の目的を達成するために有用であると考えられる資料を参考として記載する。

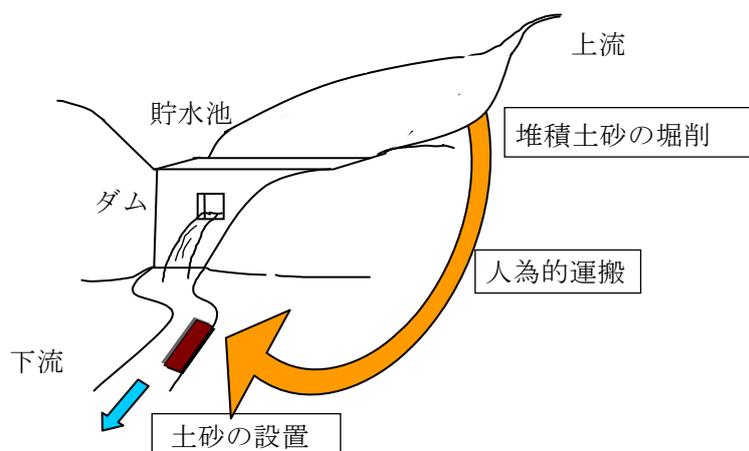


図1.1-1 下流河川土砂還元模式図

【参 考】 下流河川土砂還元の実施例（平成20年末現在）

表1.1-1 平成12年度からの実施事例一覧表（直轄、水機構、H20現在）

ダム名	所在地	管理者	竣工年 (年)	年間置き土量(m ³)								
				H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
二風谷	北海道	北海道開発局	1997			1,100	1,400	6,000	10,000	5,000	11,000	10,000
三春	福島県	東北地整	1997	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000	7,000	5,600	7,000	1,500
二瀬	埼玉県	関東地整	1961				13,300	11,700	5,400	5,300	11,600	8,100
川治	栃木県	関東地整	1983		3,400							
相俣	群馬県	関東地整	1959						200			
川俣	栃木県	関東地整	1966						200	1,600		2,100
宮ヶ瀬	神奈川県	関東地整	2001									200
手取川	石川県	北陸地整	1979									1,000
小渋	長野県	中部地整	1969									940
矢作	愛知県	中部地整	1970					2,000		4,000	10,000	4,000
蓮	三重県	中部地整	1991			100	1,000	500	400	2,000	2,000	2,000
長島	静岡県	中部地整	2001	25,000	20,000							
真名川	福井県	近畿地整	1977					220	200	200	980	100
土師	広島県	中国地整	1973								100	100
弥栄	広島県	中国地整	1990									1,000
長安口	徳島県	四国地整	1956					24,000	23,700	12,000	6,000	78,000
下久保	群馬県	水機構	1968				2,000	2,000	7,600		10,600	8,400
浦山	埼玉県	水機構	1999	1,000	600	700	6,900	18,700	25,100			4,000
阿木川	岐阜県	水機構	1990						600	1,200	1,200	1,200
室生	奈良県	水機構	1973							140	250	230
布目	奈良県	水機構	1991					190	540		720	720
比奈知	三重県	水機構	1998								100	
一庫	兵庫県	水機構	1983			190	300	600	600	1,000	2,000	2,100
富郷	愛媛県	水機構	2000							500	1,000	
秋葉	静岡県	(電源開発) 中部地整	1958	20,000	18,000				20,000		60,000	40,000
相模	神奈川県	神奈川県	1947	4,100	2,000					4,900	5,400	5,000
三保	神奈川県	神奈川県	1978	2,700	8,000	12,200	17,500	24,900	25,000	30,000	30,000	

(平成20年度アンケート調査結果より)

1.2 内容

本マニュアルは、下流河川土砂還元を実施する際に必要となる実施計画、モニタリング調査計画の基本的な考え方を示すものであり、その構成は、第1章総則、第2章事前調査、第3章目標の設定、第4章置き土計画、第5章モニタリング調査計画、第6章調査結果の分析・評価よりなる。

【解説】

マニュアルの構成は表1.2-1に示す通りであり、その概略的な内容を以下に示す。

1) 総 則（本マニュアルの適用）

本マニュアルは、貯水池堆砂対策及びダム下流河川の環境改善として有効な手法となる「下流河川土砂還元」の実施に適用するものとする。

2) 事前調査

当該河川及びダムにおいて、下流河川土砂還元の実施が有効であるかどうか（行うかどうか）を判断するために実施する調査であり、下流河道の粗粒化や河床低下等の分析・判断手法を示している。

3) 目標の設定（目的の明確化）

事前調査により下流河川土砂還元が必要または有効とされるダムでは、その目標を具体的に設定（目的の明確化）する必要がある。ここでは、下流河川土砂還元の実施目標の設定方法について示している。

4) 置き土計画

実施目標を達成するために必要となる置き土方法（地点、量、形状、質）を設定し、その仮置き形状等を検討する手法を示す。

5) モニタリング調査計画

前段で設定した目的別の調査項目を整理するとともに、置き土に関する調査方法（質、流下状況）と下流河川に関する調査方法（範囲、地点、頻度）について示している。

6) 調査結果の分析・評価

モニタリングの結果を踏まえ、土砂還元を実施した結果、当初の目標を達成できたか否かの判断を行う手法を示す。

表1.2-1 下流河川土砂還元マニュアル(案)の目次及びその概要

		内 容
1. 総 則	1.1 目 的	・マニュアルの目的
	1.2 内 容	・マニュアルの構成
	1.3 用語の定義	・「下流河川還元」、「事前調査」、など
	1.4 適用範囲	・貯水池堆砂対策、ダム下流河川の環境改善、および対策実施前における影響調査を目的とした「下流河川土砂還元」の実施に適用する
2. 事前調査	2.1 目 的	・調査の目的
	2.2 事前調査の内容	・調査内容
3. 目標の設定 (目的の明確化)	3.1 検討内容	・ダム建設に起因する下流河川における課題を整理する
	3.2 目標の設定	・目標設定の考え方 (目的の明確化)
4. 置き土計画	4.1 実施方針	・実施方針
	4.2 置き土方法の基本的条件の整理	・置き土方法 (地点、量、形状、質) に関する基本的条件を整理する
	4.3 目的別の置き土方法	・目的に応じて置き土方法を使い分ける
	4.4 土砂還元に伴う河床変動の予測	・置き土方法は、一次元河床変動計算結果も目安に設定する
5. モニタリング調査計画	5.1 調査目的	
	5.2 調査項目	・標準的な調査を全て実施するのではなく下流河川における影響の有無大小、還元土砂の質・量・時期・回数、実施ダムの立地(場所や集水面積)や運用(中小洪水の調節度合い平常時流況の平滑度合い)によって取捨選択する。
	5.3 置き土に関する調査内容	・目的、調査項目に応じた最低限必要な調査地点の提示と地点拡張の考え方を示す。
	5.4 下流河川に関する調査内容	・目的、調査項目に応じた最低限必要な時期、頻度の提示と、拡張の考え方を示す。
6. 調査結果の分析・評価	6.1 調査結果の分析・評価項目	・調査結果の分析・評価項目の整理
	6.2 安全性の分析・評価	・安全性の分析・評価手法
	6.3 土砂還元効果の分析・評価	・還元効果の分析・評価手法
	6.4 今後の対応	・置き土計画への反映手法

【参考】 下流河川土砂還元の検討・実施手順

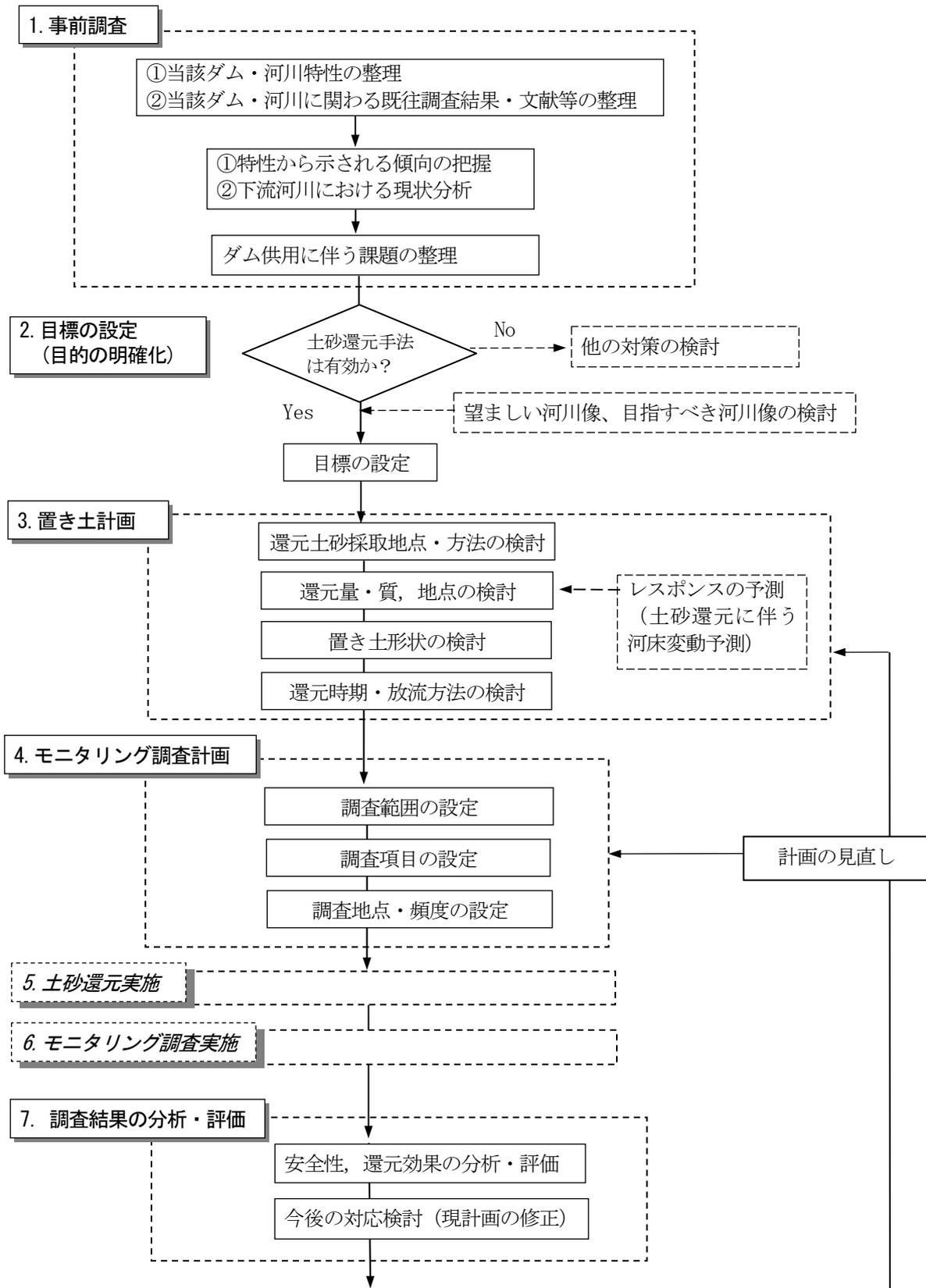


図1.2-1 下流河川土砂還元の検討・実施手順フロー

1.3 用語の定義

本マニュアルで使用される用語の定義は次のとおりである。

- **下流河川土砂還元**：ダム堆積土砂をダム下流の河川へ直接還元（供給）するダム排砂手法の一つ。本マニュアルでは、事前調査から効果の分析までの影響調査の一連をいう。
- **還元**：本来あるべきところに戻すという意味。
- **還元土砂**：ダム堆積土砂などダム下流の河川へ還元（投入）する土砂
- **事前調査**：ダム建設による環境変化に伴う下流河川域の変化を把握するための調査。
これにより、土砂還元の目的設定、モニタリング調査の範囲及び調査内容を検討するための基礎資料を得ることを目的とする。
- **置き土**：下流河川還元のために、河道内に投入（設置）した土砂
- **粗粒化**：河床構成材料の平均粒径が従前に対し大きくなる現象をいう。
- **フラッシュ操作**：弾力的管理等により確保した水量を利用し、流下量を増加させることで掃流力を確保する操作。

1.4 適用範囲

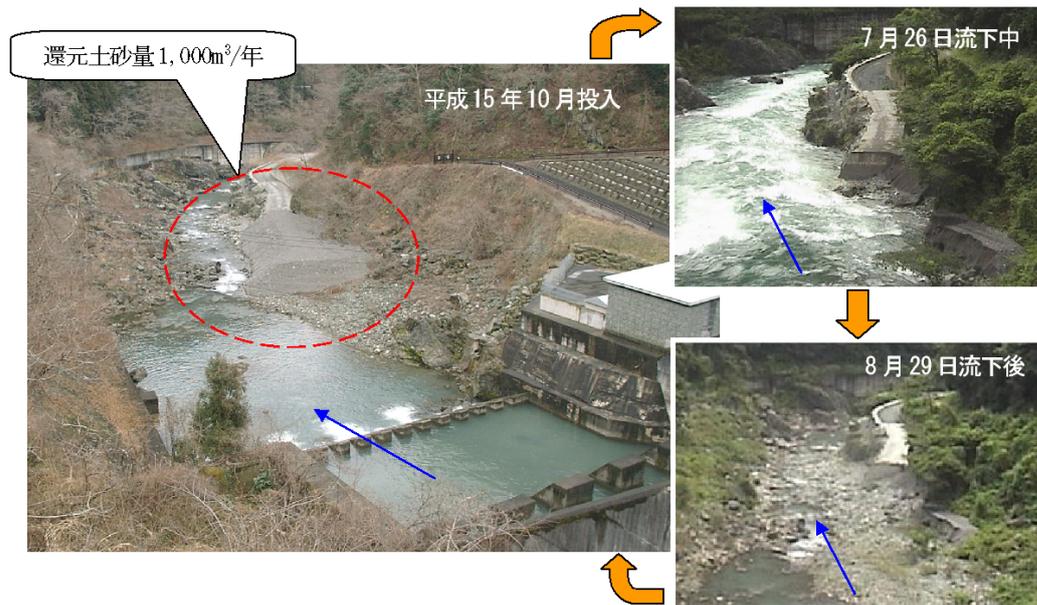
貯水池堆砂対策、ダム下流河川の環境改善、対策実施前における影響調査手法及び効果の分析までの一連の取り組みである「下流河川土砂還元」の実施に適用するものとする。

【参考】

■ 下流河川土砂還元の特徴

- ・多くの排砂量は期待できないものの、特別な設備を用いることなく実施できる（バイパスや排砂ゲートなどの施設が不要）
- ・調査結果を分析・評価しながら、当初の実施計画を見直すことが容易である（置き土量の調節による柔軟な対応が可能）
- ・土砂流下は中小規模の河川では環境改善に効果を発揮する（規模の小さい河川では、少量の還元土砂量で環境の改善が期待される）

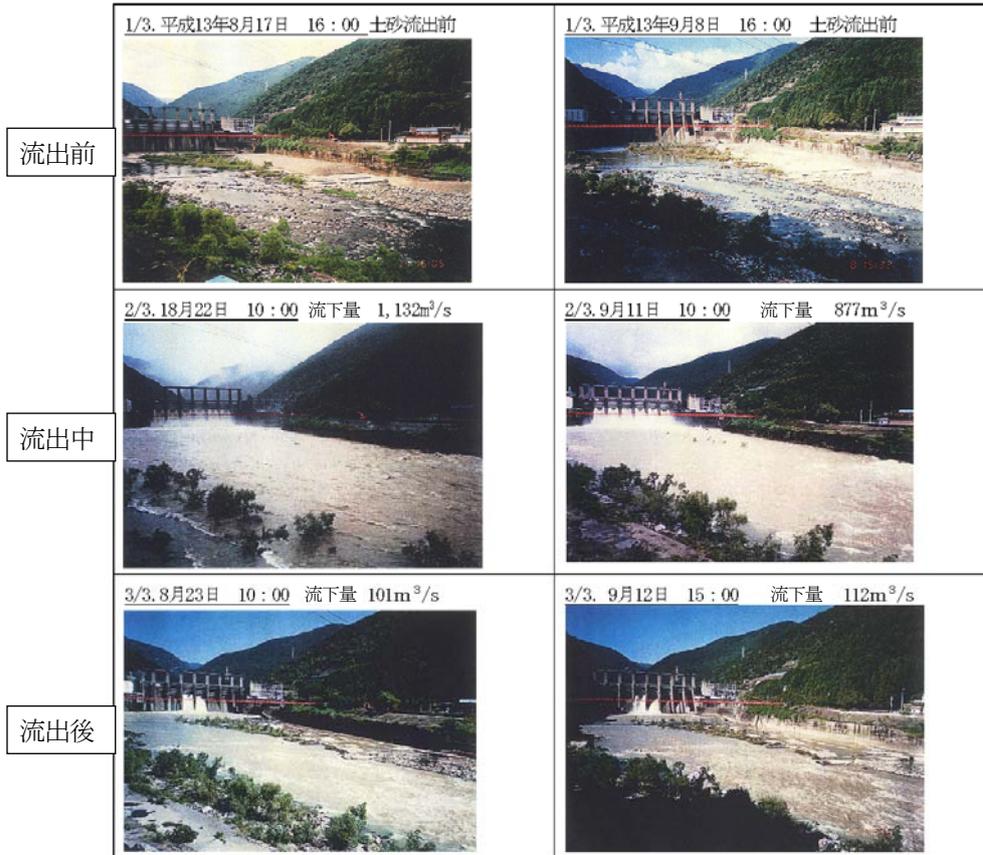
【下久保ダムにおけるダム直下の下流河川土砂還元】



【長島ダムにおける下流河川土砂還元】



【秋葉ダムにおける下流河川土砂還元】



【二風谷ダムにおける下流河川土砂還元】



第2章 事前調査（ダム下流河川における現状分析）

2.1 目的

事前調査は、土砂還元の目的設定、モニタリング調査の範囲及び調査内容などを検討するための基礎資料とするために実施する。

【解説】

下流河川土砂還元を実施する前に行う事前調査は、ダム建設による環境変化に伴う下流河川域の現状（及び課題）を把握・推定するための調査であり、これにより、土砂還元の目的設定、モニタリング調査の範囲及び調査内容の検討に必要な基礎資料を得ることを目的とする。

2.2 事前調査の内容

調査は原則として、既往調査結果・文献等の収集整理により実施し、①ダム及びダム流域、河川
の特性、②ダム下流河川における現状についてとりまとめる。

【解説】

ダム建設後における下流河川の状況と課題を把握するため、ダム流域の特徴とダム下流河川における課題について、既存の観測記録等の資料調査レベルでの整理を行う。

ダム及びダム流域の特徴を整理することにより、下流河川へ与える影響の種類や大きさを定性的に把握できる。

また、下流河川における課題は、ダム運用後、実際に生じている現象を整理し、当該ダム下流河川の望ましい姿、あるべき姿と対比することにより把握される。

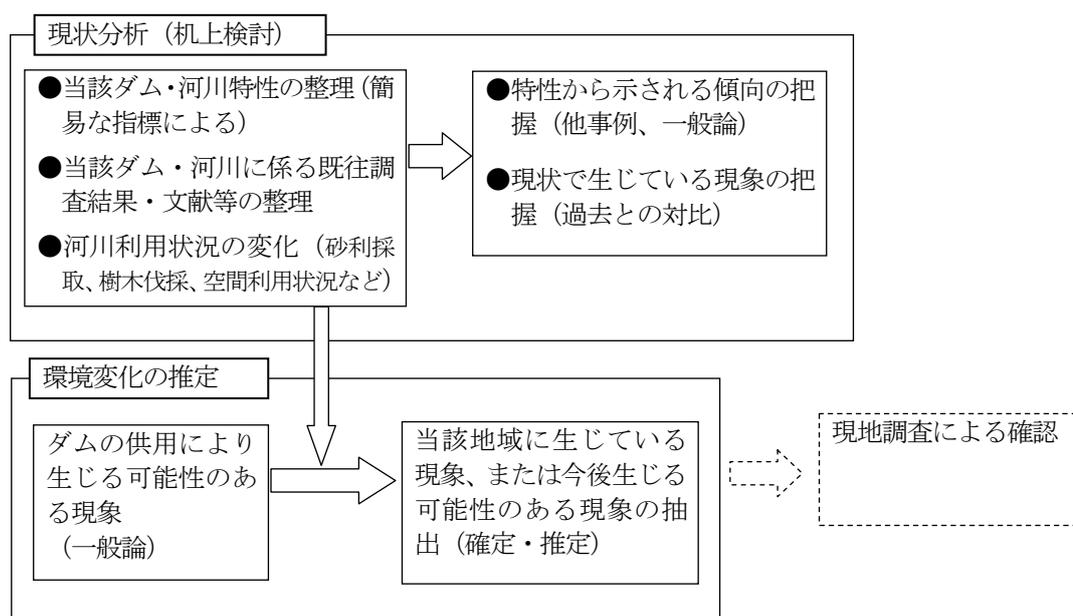


図2.2-1 事前調査の流れ

2.2.1 ダム及びダム流域の特性把握

ダム及びダム流域の特性については、ダム諸元・運用実績・地形図などをもとに、流況・流入土砂・立地条件・運用等についてとりまとめる。

【解説】

ダム諸元、運用実績などの資料に基づき、当該ダムの特徴を他ダムと比較するため、流況、生産土砂、立地条件、運用方法、河川の状況などを、簡易な指標・情報を用いて整理する。

また、これに先立ち、基礎資料を収集し、ダムによる流況変化、下流河道の砂利等の採取状況、上下流ダムや取水堰、床固め等の河川構造物の位置や諸元を整理しておく必要がある。

対象となるダム流域及び下流河川の状況について、必要に応じて、表2.2-1の項目を整理する。

表 2.2-1 ダム流域の特性把握の項目例

条件	項目	整理の目的	備考
流況	貯水池回転率	生産土砂のダムによる捕捉程度の推察	
	調節率（計画洪水）	下流河川流況の平滑程度の推察	
	流入量・流下量の差（低減率）		
生産土砂	実績比堆砂量	ダムによる土砂供給減少の影響程度の推察	
	土砂回転率（貯水池寿命）	貯水池寿命の推察	
立地条件	ダム立地河川・ダム流域面積比率	ダム立地河川に対する影響度（影響範囲）の推察	
	ダム立地河川・ダム流域河川延長比率		
運用	洪水調節方式 （一定率一定量、一定量、自然調節、その他）	運用方法からの土砂遮断程度、流況平滑程度の推察	
	貯水池運用方式 （オールサーチャージ方式、制限水位方式、併用方式）		

河川の状況	河床勾配
	河床構成材料
	流速・流量
	流入支川の状況
	河川構造物の位置・諸元

社会的状況	水域利用（利水、漁業）
	砂利採取

【参考】 指標例とその算出方法

- ① 貯水池回転率＝平均年総流入量 (m³) / 総貯水容量 (m³)
- ② 計画洪水調節率 (%) = 計画洪水波形の調節量 (m³/s) / 計画高水流量 (m³/s) × 100
- ③ 洪水流量低減率 (%)
 たとえば、(平均年最大流入量－平均年最大流出量) / 平均年最大流入量 × 100
- ④ 実績比堆砂量 (m³/年/km²) = 累積堆砂量 (m³) / ダム完成後の経過年数 / 流域面積 (km²)
- ⑤ 土砂回転率＝平均年流入土砂量 (m³/年) / 総貯水容量 (m³)
 貯水池寿命 (年) = 総貯水容量 (m³) / 平均年流入土砂量 (m³/年) = 1 / 土砂回転率
- ⑥ ダム立地河川・ダム流域面積比率；
 A₁ : ダム流域面積 (km²)、A₂ : 支川流域面積、A₃ : 本川流域面積
 ダム・本川流域面積比率 = A₁ / A₃ × 100
 ダム・支川流域面積比率 = A₁ / A₂ × 100 (本川立地の場合は値無し)
- ⑦ ダム立地河川・ダム流域河川延長比率；
 L₁ : ダム流域の基幹河川延長 (km)、L₂ : 支川延長、L₃ : 本川延長
 ダム・本川流域河川延長比率 = L₁ / L₃ × 100
 ダム・支川流域河川延長比率 = L₁ / L₂ × 100 (本川立地の場合は値無し)

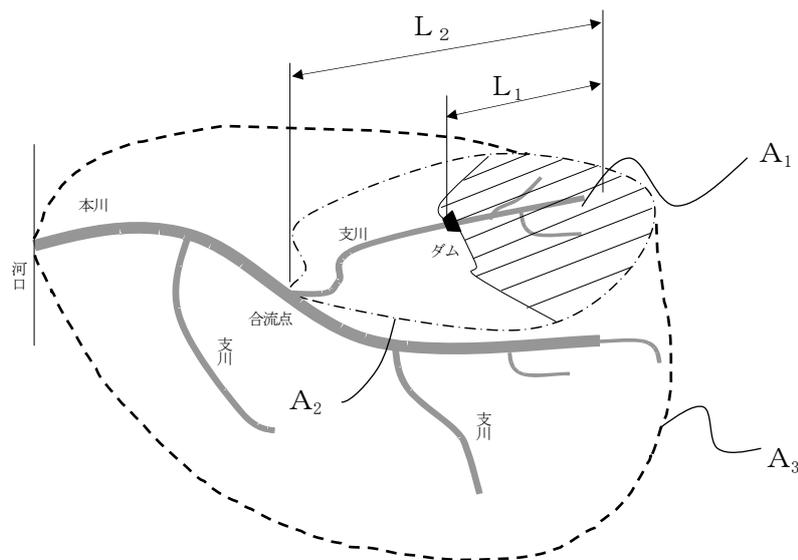


図2.2-2 立地条件の整理

2.2.2 ダム下流河川における現状分析

ダム下流河川における現状分析を行い、当該ダムにおいて、ダム供用後に生じている環境変化（レスポンス）についてとりまとめる。

【解説】

ダム下流河川における現状を、既往資料の整理並びに現地踏査などの概略調査により取りまとめ、当該ダム下流河川において生じている現象を整理する。

なお、ダム建設直後の下流河川データが重要となるため、ダム建設事業中より下流河川のデータ整理を管理メニューに含めることが望ましい。

整理に際しての着目項目は、以下のような項目が挙げられる。

1) 整理の着目項目

① 河道のレスポンス

- 河床低下の状況(基盤の露出等)

横断測量成果等の経年的な調査記録があれば、それらを参考に变化状況を整理する。水位観測所のH-Q式の変化による評価も可能である。

また、横断測量成果等の経年的調査記録がない場合、専門家による現地概査を実施し、河川管理施設の根固めなど構造物に着目した調査を行う。(参考 図2.2-3参照)

- 流路の固定化の状況

経年的な航空写真、河川台帳などを参考に变化状況(瀬・淵・州およびレキ河原状況)を整理する。(参考 図2.2-4参照)

- アーマーコート化(河床材料の粗粒化、大径礫の固定等)の状況

河床構成材料調査等の経年的な記録があれば、それらを参考に变化状況を整理する。

また、横断測量成果等の経年的調査記録が無い場合、専門家による現地概査を実施し現況の把握に努める。(参考 図2.2-5~6参照)

② 動植物・生態系のレスポンス

- 付着藻類の現存量及び種構成

ダム流下水の水質(SS、濁度)を調査し、濁りと付着藻類との定性的な関係により間接的な評価を行うことも可能である。ダム上流域及び支川との対比により評価する。

- 底生動物の現存量及び種構成

- 魚類の現存量及び種構成

現地概査により定性的な把握を行う。また、現地周辺住民や漁協等へのヒアリング調査によることも考えられる。(参考 図2.2-7参照)

- 河道内植生の面積及び群落構成

現地概査により定性的な把握を行う。

③ 景 観

現地概査により定性的な把握を行う。現地周辺住民等へのヒアリング調査によることも考えられる。

景観悪化の要因としては、付着藻類、シルティング、カビの発生などが挙げられるが、これらが、流況の変化（ダム完成後の流量の平滑化）によるものなのか、土砂の供給量の低下によるものなのか、その両者の影響が大きいのかといった点に着目する。

2) 整理にあたって参考となる資料

① 平成8年度以降管理に移行したダム

- 試験湛水に伴うモニタリング調査結果を収集整理

② その他の管理ダム

- 河川水辺の国勢調査結果
- ダム等管理フォローアップ制度に関連した検討結果
- その他下流河川に関連して実施された調査検討結果

3) 調査対象範囲

現地概査は、ダム下流河川のほか、必要に応じてダム上流河川、近傍河川についても実施する。

本川に設置されたダムの場合は、基本的に河口域までを対象とし、支川に設置されたダムの場合は、その支川が本川へ及ぼす影響の大きさを鑑みながら判断し、本川へ有意な影響を与えない場合は合流地点までとする。

大河川の上流部支川に位置し、本川への影響が小さいと判断される場合は、本川～支川の合流地点までを対象とする。

【参考】ダム供用後における下流河川の環境変化の整理例

1. 河床低下の調査事例（天竜川上流部における河床変化）

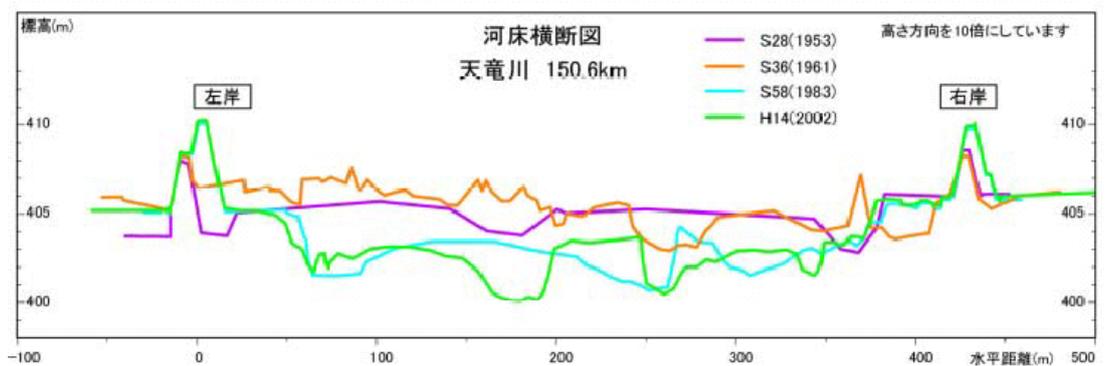
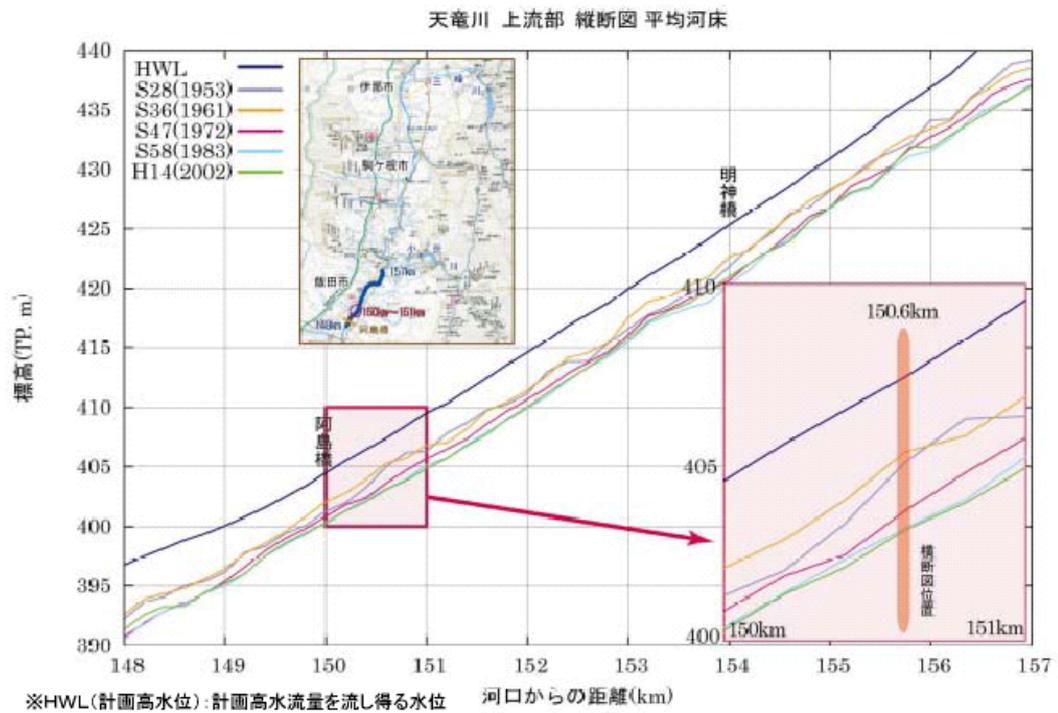


図2.2-3 天竜川上流部における河床変化（天竜川流域委員会HP）

2. 澗筋の固定化と樹林化の進行調査事例（天竜川における中州の固定化と樹林化の進行）

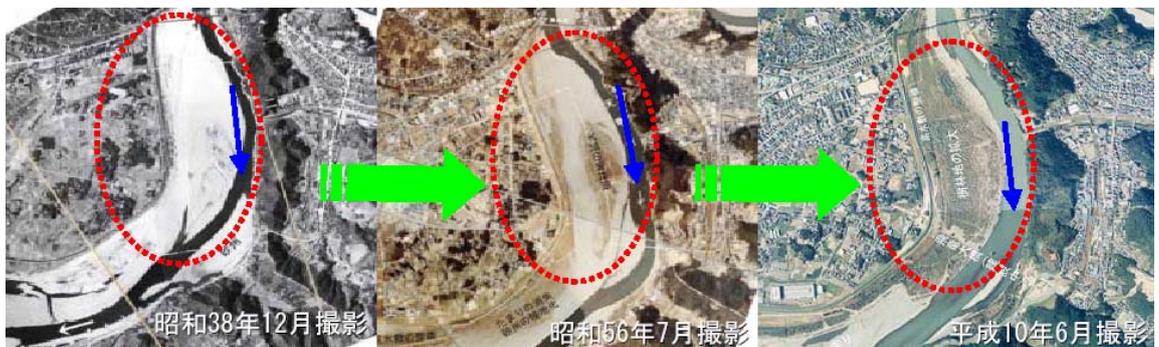


図2.2-4 天竜川における中州の固定化と樹林化の進行（鹿島基準点下流 野部地区 飛竜大橋）

3. 河床構成材料の粗粒化調査事例（三春ダム下流河川、秋葉ダム下流河川）

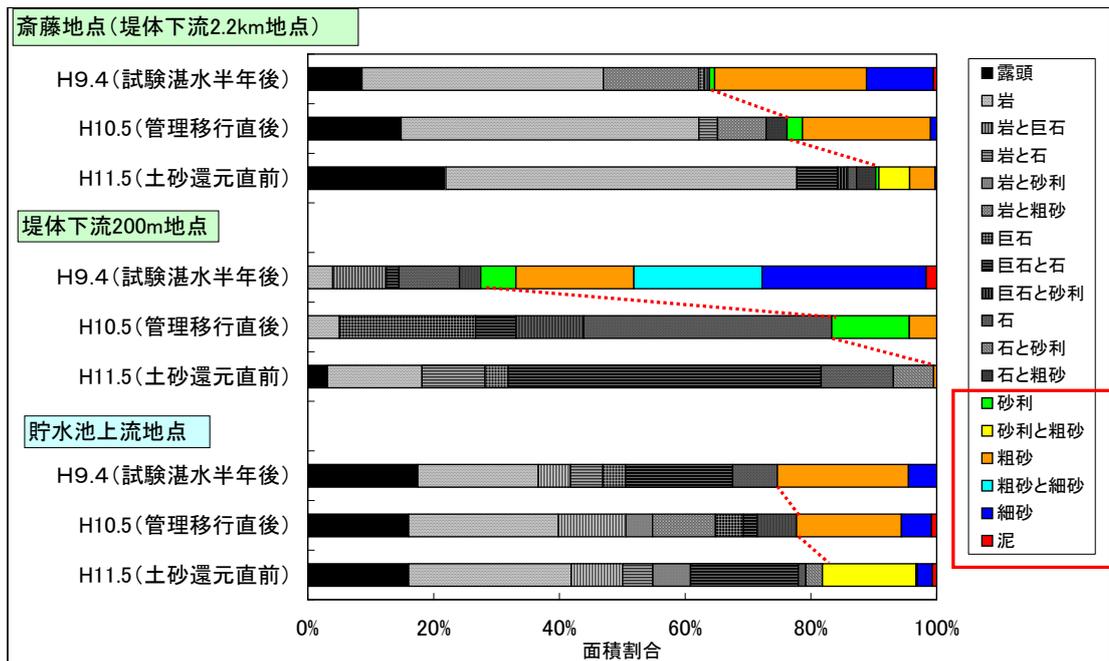


図2.2-5 三春ダム下流河川における河床構成材料の変化

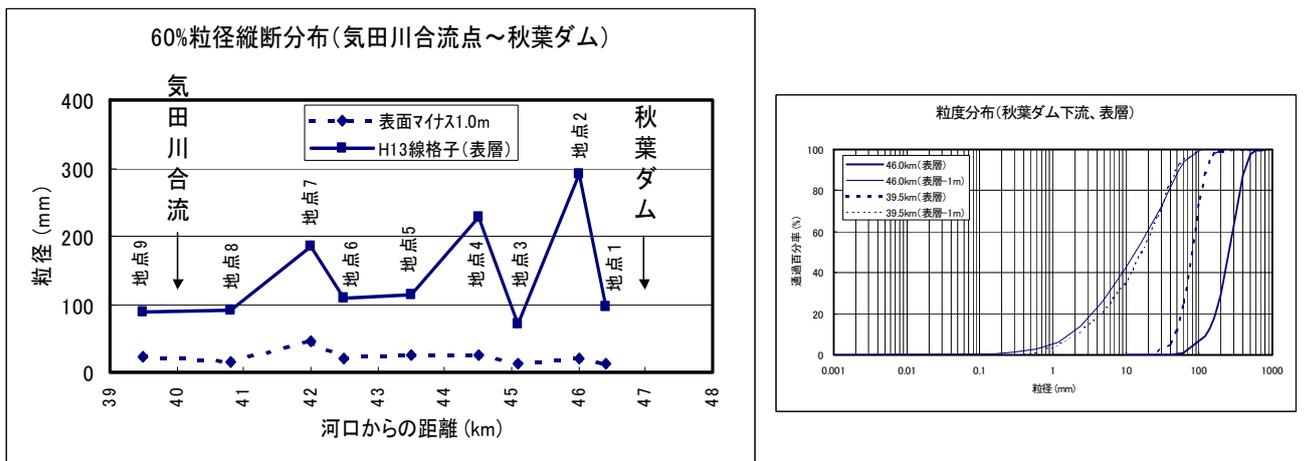


図 2.2-6 代表粒径(60%)粒径の縦断変化

4. 生物生息状況の調査事例（天竜川におけるアユの漁獲高の推移）

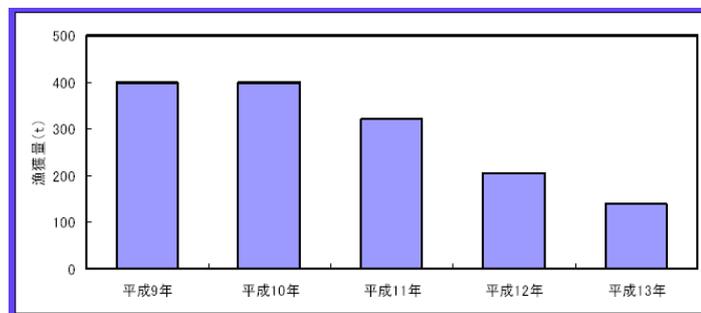


図2.2-7 天竜川におけるアユの漁獲高の推移

出典：第45～49次静岡県農林水産統計年報 水産編

2.2.3 ダム供用に伴う課題の整理

前節までの調査結果から、ダム供用に伴い発生していると考えられる下流河川における課題を抽出・整理する。

また、それらの課題に対して、土砂還元手法が効果的であるか概略的検討を行う。

【解説】

下流河川における課題の抽出に際しては、ダム供用に伴い発生していると考えられる影響の有無と程度を把握する。

- ・ダム及びダム流域、河川の特徴からみた課題
- ・下流河川の環境変化からみた課題

1) ダム及びダム流域、河川の特徴からみた課題

対象ダムの立地条件・運用実績・堆砂実績などの特徴から、ダムによる「流況の平滑化」「土砂移動分断」に伴う下流河川への影響という観点で課題を抽出・整理する。

表2.2-2 特性を示す指標の見方

条件	項目	整理の目的	指標の見方（一般的に想定される傾向）	
			大	小
流況	調節率（計画洪水）	・下流河川流況の平滑程度の推察	流況変化（平滑程度）：大	同：小
	流入量・流下量の差（低減率）			
生産土砂	貯水池回転率（ダム捕捉率）	・ダムによる土砂供給減少の影響程度の推察	供給土砂量の減少程度：大	同：小
	実績比堆砂量			
	貯水池寿命（1／土砂回転率）	・貯水池寿命の推察	堆砂対策の必要性：小（下流河川への着目度：大）	同：大（恒久対策検討必要）
立地条件	ダム立地河川・ダム流域面積比率※	・ダム立地河川に対する影響度（影響範囲）の推察	下流河川に対する影響度：大	同：小
	ダム立地河川・ダム流域河川延長比率※			

※ダム立地河川流域に対するダム流域の割合

【参考】ダム及びダム流域、河川の特性からみた傾向把握

1) ダム堆砂管理（内的要因）側からみた堆砂対策の効果推定（P2-3参照）

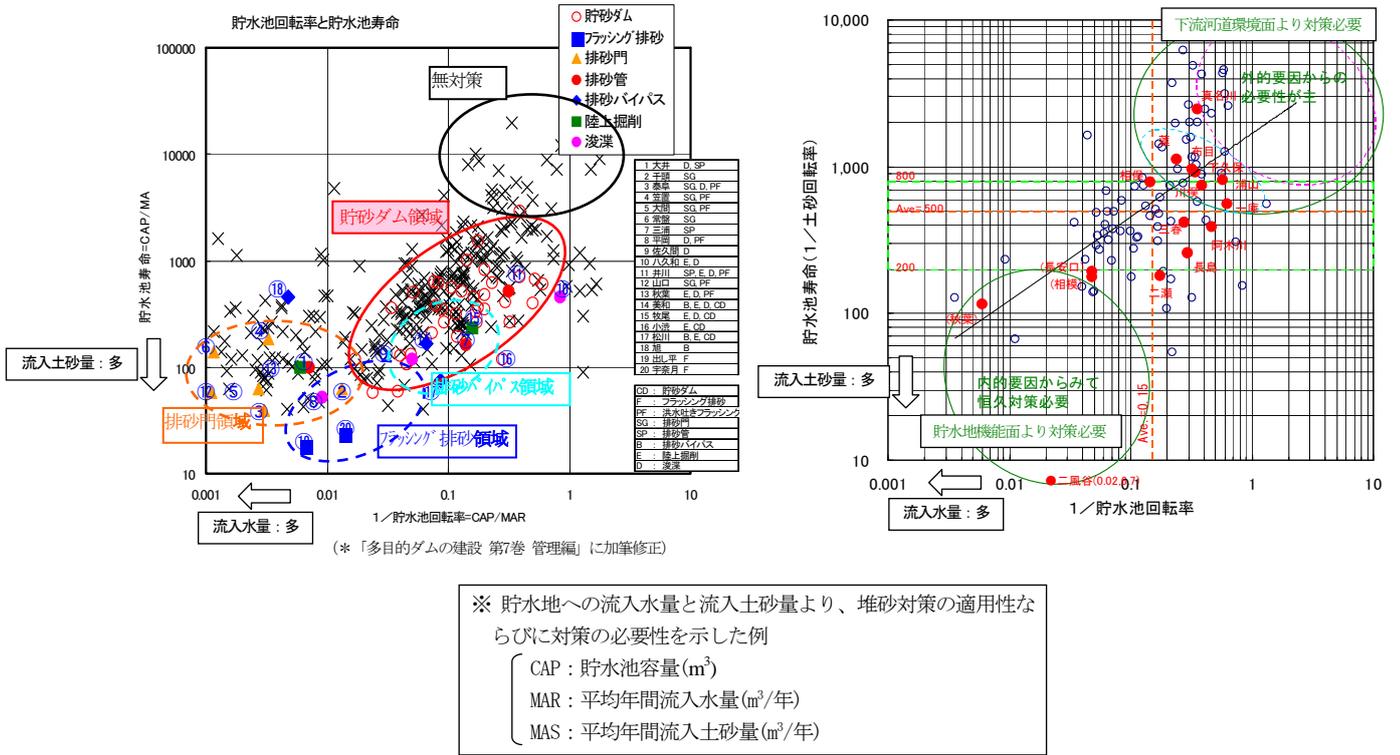


図2.2-8(1) ダム及びダム流域、河川の特性からみた傾向把握例

2) 当該ダムが下流河川に変化を及ぼす主要因の推察（P2-3参照）

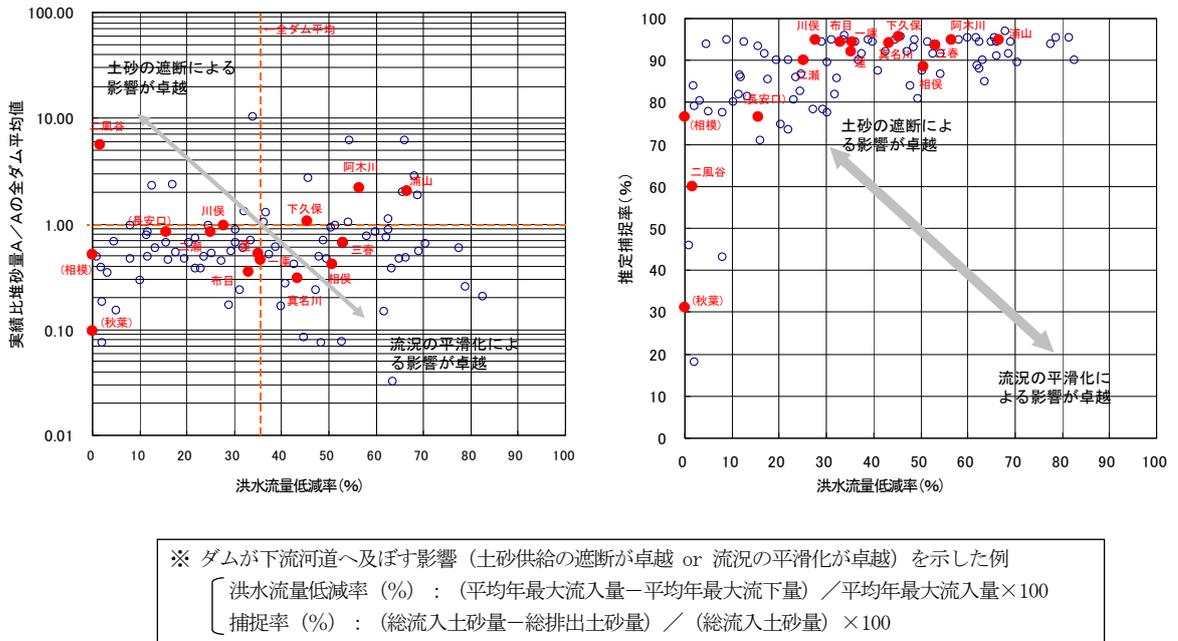
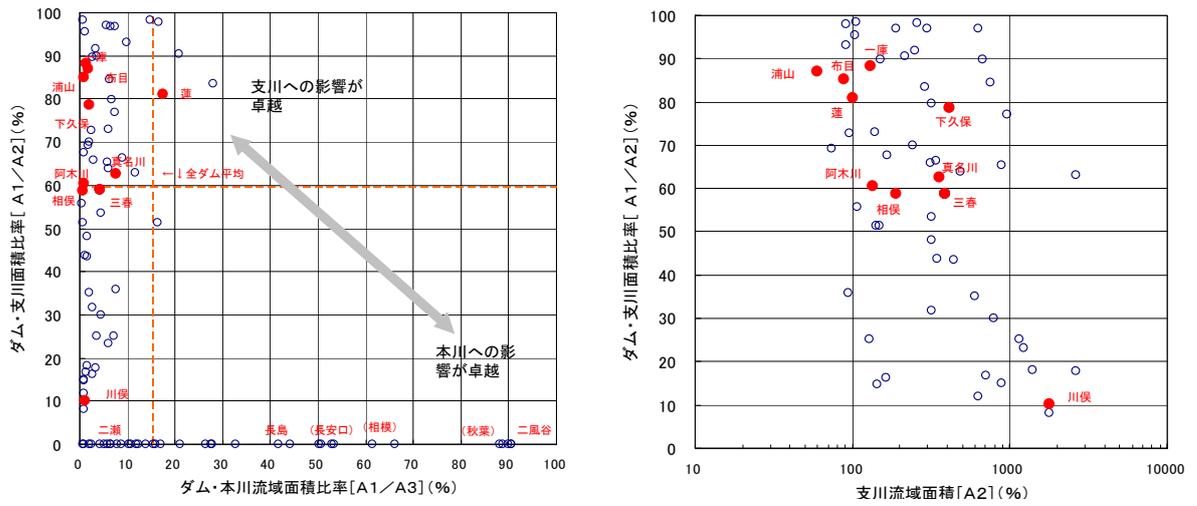


図2.2-8(2) ダム及びダム流域、河川の特性からみた傾向把握例

3) 当該ダムの河川への影響範囲（土砂還元効果の期待される範囲）の推察（P2-3参照）



※ 支川および本川へのダム設置の影響度合い（面積支配率）を整理した例（土砂還元の効果が得られる範囲の推定に利用）
 A 1 : ダム流域面積 (km²)
 A 2 : 支川流域面積
 A 3 : 本川流域面積

図2.2-8(3) ダム及びダム流域、河川の特徴からみた傾向把握例

2) 下流河川の環境変化からみた課題

「ダム下流河川において想定される影響」で例示するような、ダムが下流河川に与える問題点について、既往調査結果をもとに影響の有無・程度を把握する。

- 河床の変動(基盤の露出等)の状況
- 河床材料の粗粒化、大径礫の固定等(アーマーコート化)の状況
- 流路・中州の固定化の状況
- 瀬・淵の分布状況
- 付着藻類の現存量及び種構成の変化
- 底生動物の現存量及び種構成の変化
- 魚類の現存量及び種構成の変化
- 河道内植生の生育種、植物相及び面積の変化
- 河川景観の変化



影響の有無・程度、土砂還元による復元・影響緩和の可能性

表2.2-3 一般的な課題現象とその要因

	現象	要因
物理環境	河床の変動(基盤の露出)	土砂供給量の減少
	河床材料の粗粒化(砂礫の減少)	土砂供給量の減少 流況の平滑化(掃流力の低減)
	中州・流路の固定化	土砂供給量の減少 流況の平滑化(ピーク流量の低減→攪乱の減少)
	瀬・淵のダイナミクス縮小	土砂供給量の減少 流況の平滑化
生物・生態環境	河原の植生繁茂(乾性植物の増加)	(中州流路の固定化・冠水頻度の低下)
	河道内の樹林化	(中州流路の固定化・冠水頻度の低下)
	糸状藻類の発生	土砂供給量の減少 流況の平滑化(ピーク流量の低減→攪乱の減少)
	砂礫河床を主な生息環境とする魚類の減少	(河床材料の粗粒化)
	浮き石帯に生息する水生昆虫の減少	(河床材料の粗粒化・アーマーコート化)
	従来の瀬淵を生息場所とする生物の減少	(瀬・淵の単調化・ダムダイナミクス縮小)
景観	河川景観の悪化	物理環境・生物環境の変化

【参考】下流河川土砂還元実施ダムにおける下流河道の課題（H20アンケート調査結果）

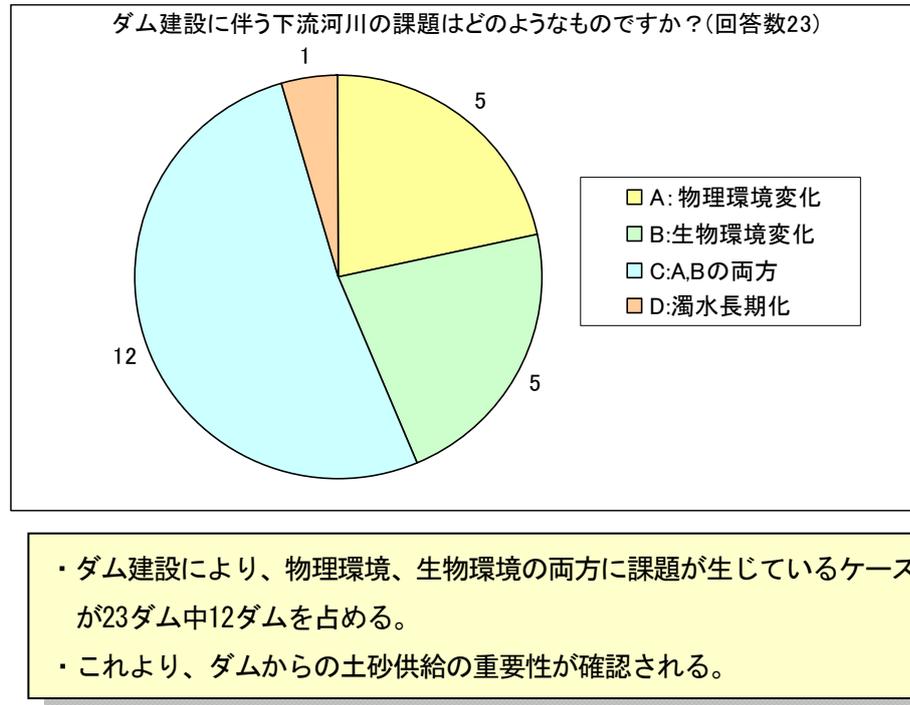


図2.2-9 下流河川土砂還元実施ダムにおける下流河道の課題（H20アンケート調査結果）

第3章 目標の設定（目的の明確化）

3.1 検討内容

事前調査結果（第2章）における当該ダムおよび下流河川において課題となる現象を踏まえ、現況の課題に対する具体的な目標の設定（目的の明確化）を行う。

【解説】

下流河川への土砂還元を適切に実施する際には、現況の課題および望ましい河川像を踏まえた目的の明確化が必要となる。下流河川土砂還元には、(A)ダムから排砂する堆砂対策、(C)土砂の流下による下流河川環境の改善、(B)両者の組合せの3つの目的がある他、(D)恒久的な堆砂対策を実施する前の排砂の影響評価としての役割もある。土砂還元は大規模な堆砂に対応できる堆砂対策ではないが、土砂流下は中小規模の河川では環境改善に効果を発揮する。

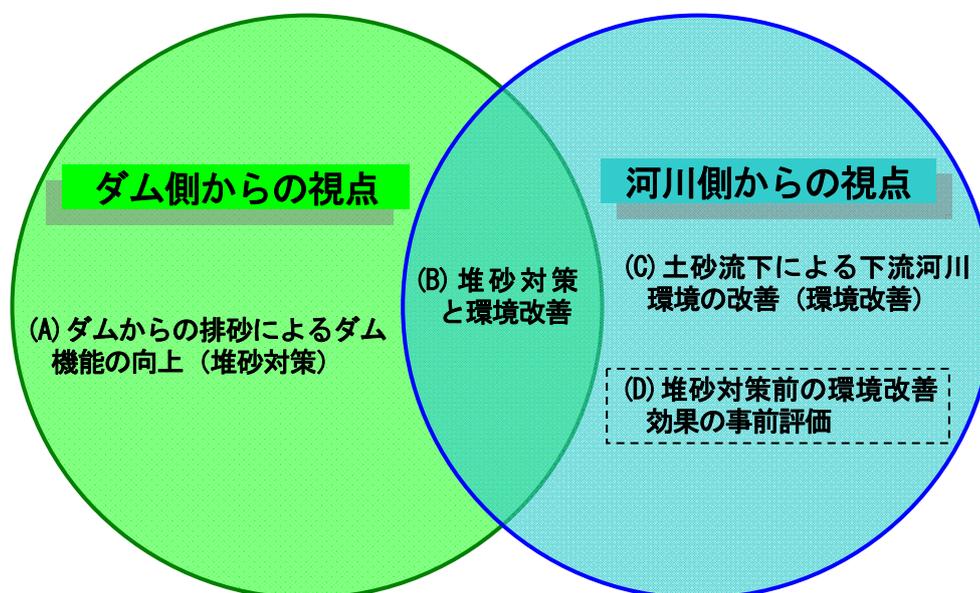


図3.1-1 下流河川土砂還元の目的

ここで、明確にされた目的の達成を長期的なものとするれば、実施に際しての具体的目標は検証可能な短期的目標と言える。

当該ダム及び下流河川における現況の課題は、前章の整理結果に基づいて検討を行うが、課題との認識がなされれば、その課題を克服することが目標となる。

また、望ましい河川像については、河川整備基本方針や河川整備計画にて示されるが、より具体的な整備に際しては、ダム建設前後の河床や生態系の状況を踏まえる必要がある。また、排砂に伴う河床上昇と計画河道達成のための河道掘削との折り合い等について検討するが、検討にあたっては、ダム管理者のみならず、河川管理者、流域住民、関係者等の合意が必要である。

ここで、ダム供用前の従前の河川状況に戻すべきであるかという議論や、ダム完成後、長期間経過しているダムでは、現状においてそれに適した生態系が構成されており、これを（現状の良い河川環境を残しながら）再構築すべきものであるかという議論も存在する。

ここでは、総合土砂管理の観点からは、「土砂移動の連続性の確保」が具体的目標となるが、目指すべき通過量（通過させるべき土砂量）は示されない。

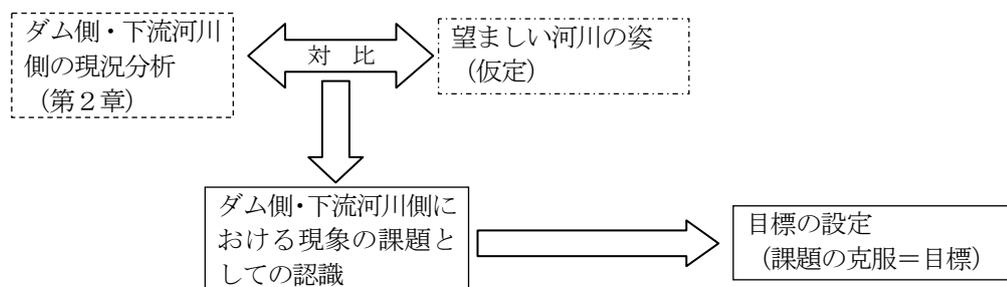


図3.1-2 目標設定の流れ

3.2 目標の設定

前項で整理した課題等を考慮し、土砂還元によって改善を図る項目・程度について目標を設定する。

【解説】

事前調査結果に基づいて、当該河川が置かれている現状を把握し、課題を抽出した上で、土砂還元を実施することにより改善を図ろうとする課題を明確にしておく必要がある。

ここで、現段階における土砂還元手法による下流河川環境の改善効果は、これまでの事例の還元量を考慮すると限定的であると言えるが、ゆえに目的を明確にすることで合理的な効果が得られる。

なお、目標の設定に際しては、必要に応じて関係機関と十分協議した上で、目標の設定内容について合意を図っておくことが望ましい。

【参考】

当該ダム及び河川の特性やダム下流河川における具体の課題を踏まえた目標設定の例を以下に示す。

表3.2-1 ダム及び下流河川の課題と目標（例）

		課 題	土砂還元の目標
ダム側	傾 向	・計画を上回る堆砂が予想される。	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム機能の延命化 ・副ダム機能の回復（副ダムの機能を回復させることで貯水池内の堆砂進行が軽減される）
	実現象	・堆砂が計画を上回り、ダム機能の低下をもたらしている。またはその懸念がある。	
下流河川側	傾 向	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂遮断の影響が流況の平滑化の影響よりも卓越している。 ・ダムによる直下流域への影響が大きい。 	（・土砂連続性の確保）
	実現象	・河床変動が構造物の洗掘を引き起こしている。	・河床変動の防止・改善
		<ul style="list-style-type: none"> ・河床材料の粗粒化あるいは河川形態の単純化による生息環境の変化により、魚種が変化または魚類が減少。（・下流の漁協等から生物環境改善の要望が強い。） 	<ul style="list-style-type: none"> ・河床材料の粗粒化の防止・改善（砂質河床の復元） ・生物環境の維持・改善
		・河川景観の劣化	・河川景観の維持・改善

* 土砂還元により、発電取水口等へ悪影響が及ぶ可能性がある場合には、十分調査を実施した上で設定するものとする。

表3.2-2 目標と具体的な要求（例）

	目 標	具体的な要求	
ダム側	<ul style="list-style-type: none"> ダム機能の延命化 (堆砂進行速度の鈍化を図る) 	<ul style="list-style-type: none"> 流入土砂量に対しなるべく多く排砂 堆砂の進行停止 (ダム完成後の流況の変化を考慮) 	
下流 河川側	<ul style="list-style-type: none"> 河床変動の防止・改善 (現状河床高を維持する。) 	<ul style="list-style-type: none"> 当該区間の河床を現状を維持できる程度の土砂を還元する。 	
	<ul style="list-style-type: none"> 河床材料の粗粒化防止・改善 (河床材料を上流や支川の材料に近づける。) 	<ul style="list-style-type: none"> 砂質河床の復元 → ダム建設後減少している砂の河床を復元する程度の砂利を還元する。 	
	<ul style="list-style-type: none"> 生物環境の維持・保全 (対象魚の生息環境を維持・保全し再生産のサイクルを確保) 	<ul style="list-style-type: none"> 維持・保全が可能となる程度の質・量を還元する。 	
	<ul style="list-style-type: none"> 河川景観の復元 (土砂混合による攪乱程度の上昇＝クレンジング効果) 	<ul style="list-style-type: none"> 擾乱の減少を緩和し、みお筋や砂州の変化を確認する。 	
	<ul style="list-style-type: none"> 悪影響を与えない。 副作用を最低限に抑える。 	<ul style="list-style-type: none"> 河床上昇により治水安全度に支障をきたさない程度の還元量。 (ダム完成後の流況の変化を考慮) 	

○下久保ダムにおける具体例

下久保ダムでは、ダム設置により生じたダム下流の無水区間のほとんどが国の名勝・天然記念物「三波石峡」に指定されているが、ダムによる土砂供給の遮断に起因する下流河川のアーマーコート化による攪乱の減少のため、景観の変化が課題となっており、地元からも景観復元が望まれている。このため、下久保ダム下流の景勝地三波石峡の「河川復元」、「清流の復活」を目的として「土砂還元」を実施している。



叢石橋



三波石峡の遊歩道

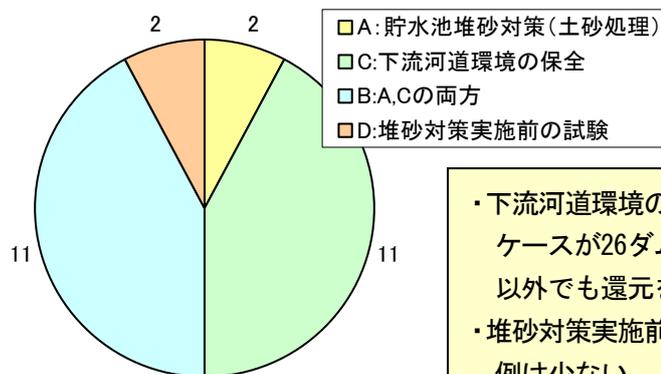
【参考】下流河川土砂還元の実施ダムにおける目的 (H20アンケート調査結果)

表3.2-3 下流河川土砂還元の実施ダムにおける目的

ダム名	所在地	管理者	竣工年 (年)	目的
二風谷	北海道	北海道開発局	1997	C
三春	福島県	東北地整	1997	C
二瀬	埼玉県	関東地整	1961	B
相俣	群馬県	関東地整	1959	B
川俣	栃木県	関東地整	1966	B
宮ヶ瀬	神奈川県	関東地整	2001	B
手取川	石川県	北陸地整	1979	B
小渋	長野県	中部地整	1969	D
矢作	愛知県	中部地整	1970	D
蓮	三重県	中部地整	1991	C
長島	静岡県	中部地整	2001	A
真名川	福井県	近畿地整	1977	C
土師	広島県	中国地整	1973	C
弥栄	広島県	中国地整	1990	C
長安口	徳島県	四国地整	1956	B
下久保	群馬県	水機構	1968	B
浦山	埼玉県	水機構	1999	A
阿木川	岐阜県	水機構	1990	B
室生	奈良県	水機構	1973	B
布目	奈良県	水機構	1991	B
比奈知	三重県	水機構	1998	C
一庫	兵庫県	水機構	1983	C
富郷	愛媛県	水機構	2000	C
秋葉	静岡県	(電源開発) 中部地整	1958	B
相模	神奈川県	神奈川県	1947	C
三保	神奈川県	神奈川県	1978	C

- A: 貯水池堆砂対策(土砂処理)
 C: 下流河道環境の保全
 B: A, Cの両方
 D: 堆砂対策実施前の試験

下流還元実施の目的は?(回答数26)



・下流河道環境の保全を目的として土砂還元を実施しているケースが26ダム中11ダムと半数近くあり、堆砂対策の目的以外でも還元を実施しているケースも多い。
 ・堆砂対策実施前の排砂影響評価試験として実施している事例は少ない。

第4章 置き土計画

4.1 実施方針

前章で設定した目的に応じて、置き土方法（地点、量、質、形状）を適切に設定するものとする。

【解説】

下流河川土砂還元は、多くの排砂量は期待できないものの、特別な設備を用いることなく実施できる手法であり、調査結果を分析・評価しながら、当初の実施計画を見直すこと（＝順応させていくこと）が容易であるといった柔軟な対応が可能となる。

このため、置き土方法は、調査結果を踏まえながら見直すことを前提とするが、実施に際しては、目的に応じた置き土方法を適切に設定する必要がある。

■ 実施目的

- A. ダムから排砂する堆砂対策
- C. 土砂の流下による下流河川環境の改善
- B. AとCの両方
- D. 恒久的な堆砂対策を実施する前の排砂の影響評価



実施目的に応じた
置き土方法（地点、量、質、形状）

4.2 置き土方法の基本的条件の整理

置き土は、採取地点、置き土地点、置き土の量と質、置き土形状、還元時期、ダム流下方法の各項目について基本的条件を整理し、ダム側と下流河川側の要求を踏まえて検討を行う。

【解説】

以下に、採取地点、置き土地点、置き土の量と質、置き土形状、還元時期、ダム流下方法の各項目に関する基本的条件を整理する。

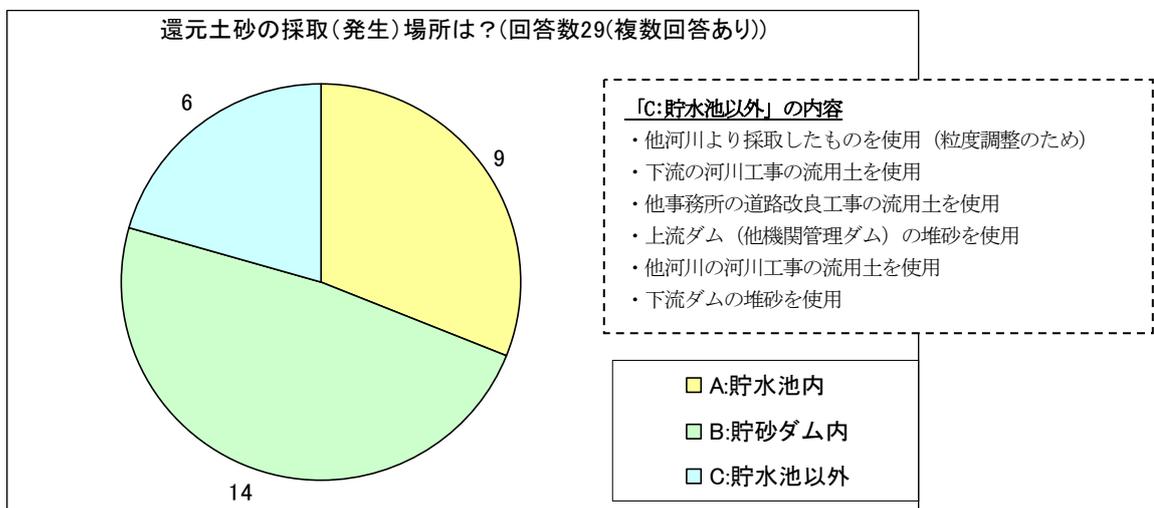
なお、ここで、ダム側の要求とは、ダム貯水池における堆砂管理の視点に立つものであり、下流河川側の要求とは、河川形態・河川環境の維持・保全の視点に立つものである。

(1) 採取地点

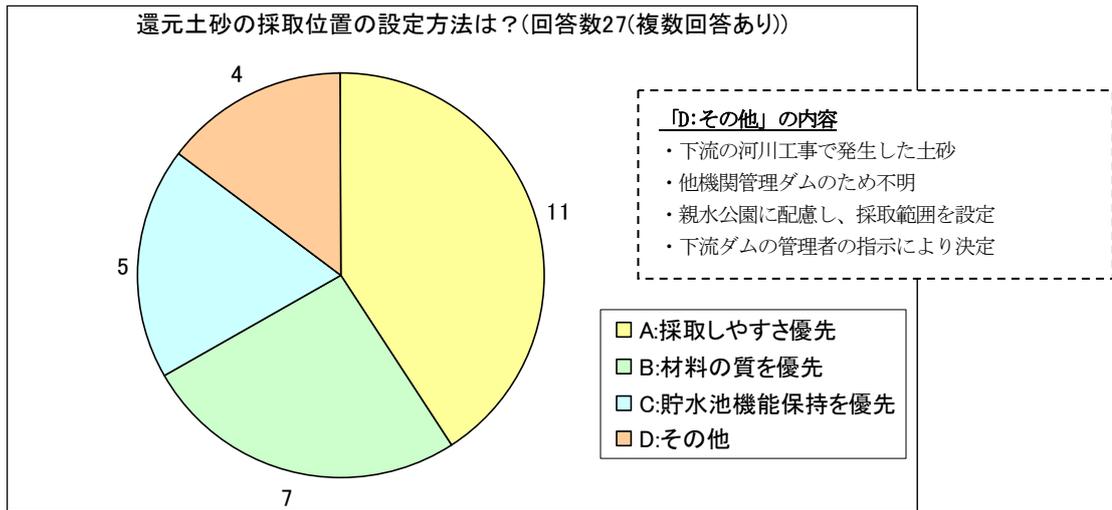
採取地点は、貯砂ダムを設置しているダムであればその上流側で設定することが望ましく、貯砂ダムを設置していないダムであれば、貯水池運用に支障を来さないように掘削時期の貯水位以上である場所とすることが望ましい。また、施工性を考慮して工事用道路等が整備されている箇所が適地であると考えられる。

選定におけるその他の視点としては、置き土の目的、粒度、運搬距離、施工ヤードの確保等があり、これらを総合的に勘案する必要がある。

【参考】採取地点に関するアンケート結果（H20アンケート調査結果）



- ・貯水池内または貯砂ダムから還元土砂が採取されているケースが29回答中23回答を占める。
- ・これらは、貯水池機能の保全（堆砂対策）の観点からも有利である。



- ・採取しやすさを優先して採取位置が設定されているケースが27回答中11回答を占める。
- ・目的に応じて採取位置が設定されているケース (BまたはC) は、27回答中12回答である。

【参考】 土砂採取の状況 (三春ダム)



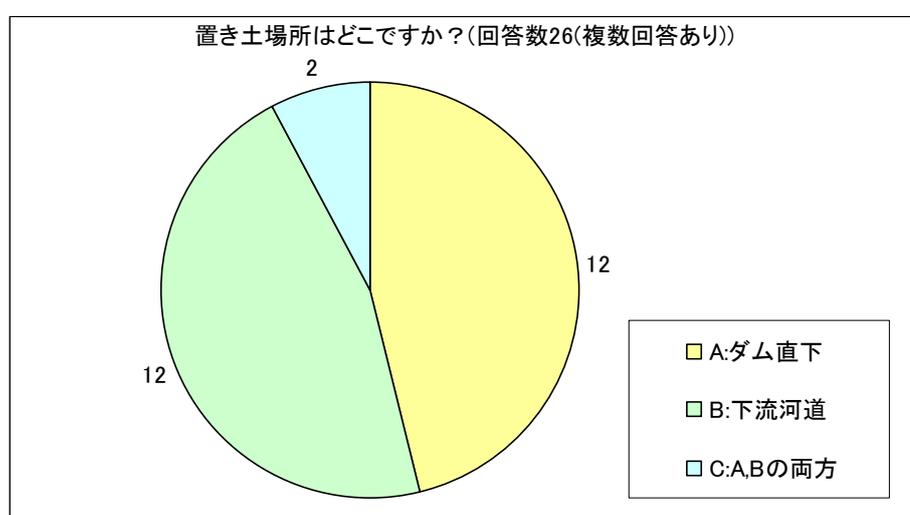
(2) 置き土地点

置き土地点は、土砂還元の影響が確認可能な地点とし、土砂の連続性および経済性の観点からできるだけダム直下流が望ましいと考えられる。ただし、あらかじめダム直下流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、置き土地点周辺の景観にも十分配慮する必要がある。

【参考】置き土地点に関するアンケート結果（H20アンケート調査結果）



- ・“ダム直下” および “下流河道” に置き土しているケースが約半数ずつを占める。

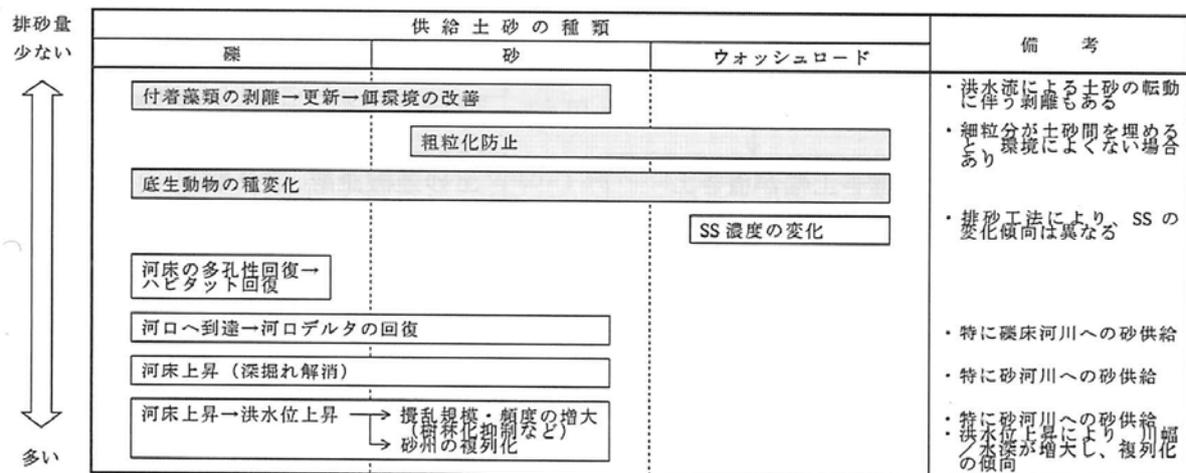
(3) 置き土量

還元土砂量は、ダムがない従前の河川に戻すという考え方においては、ダム堆積量と同値となることが望ましいと考えられる。しかしながら、ダムで洪水時に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。そのため、理想的な還元土砂量は、洪水調節量、頻度、河道形状等を勘案して適正な量を供給することが望ましい。

また、還元土砂量が少ないと、河床堆積量が少なく、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。

【参考】 供給土砂の量と種類（粒径）と物理・生物環境変化の関係

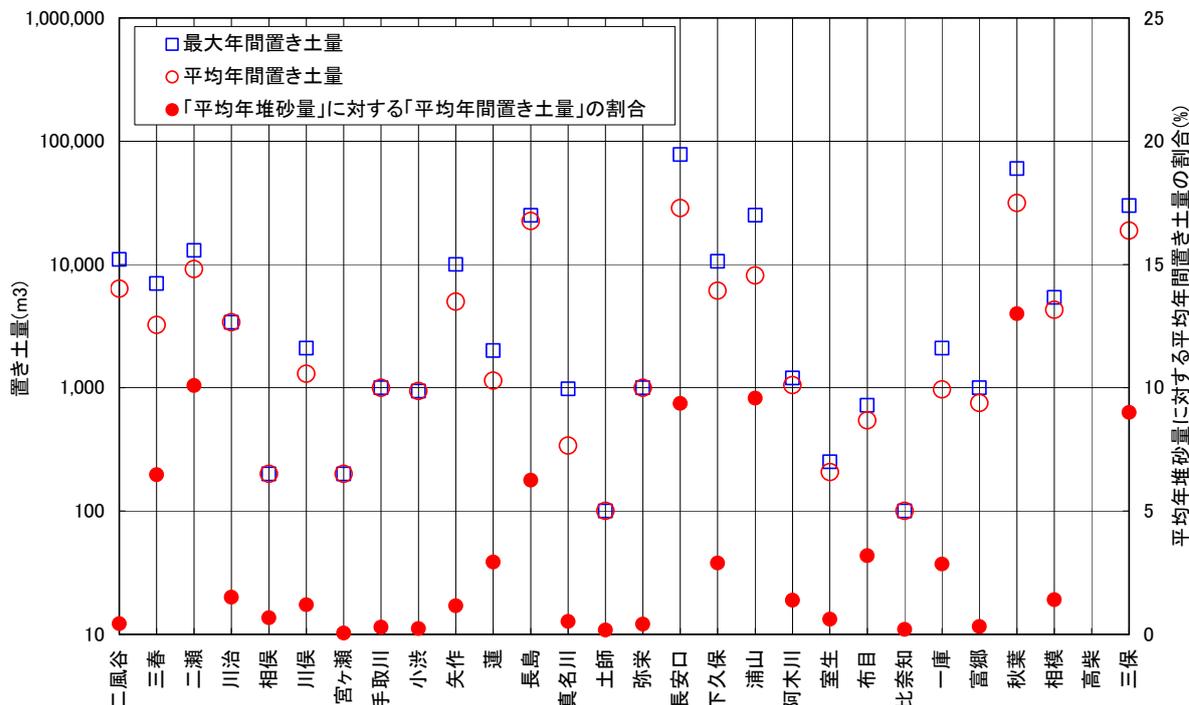


出典) 末次, 瀬戸, 箱石, 櫻井: 物理的な挙動に着目した土砂還元手法のあり方, 水利科学 No. 302, 2008

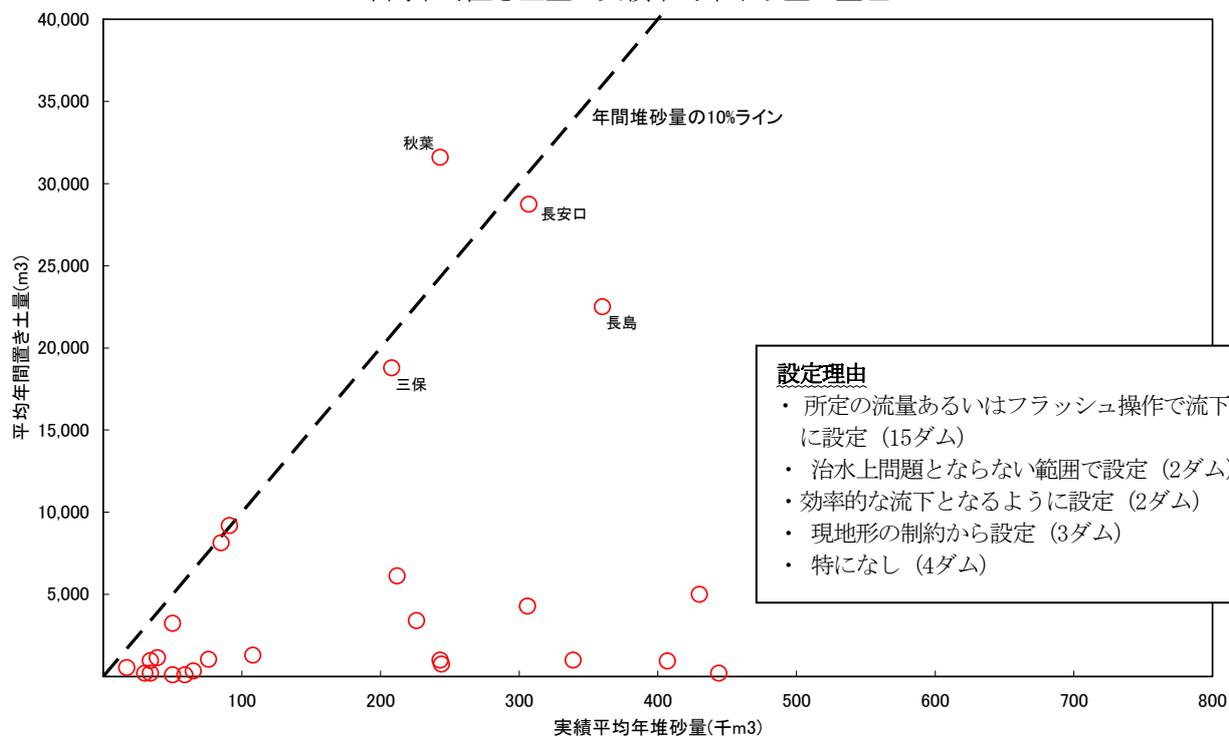
図4.2-1 土砂供給に伴う物理・生物環境変化

【参考】置き土量に関するアンケート結果（H20アンケート調査結果）

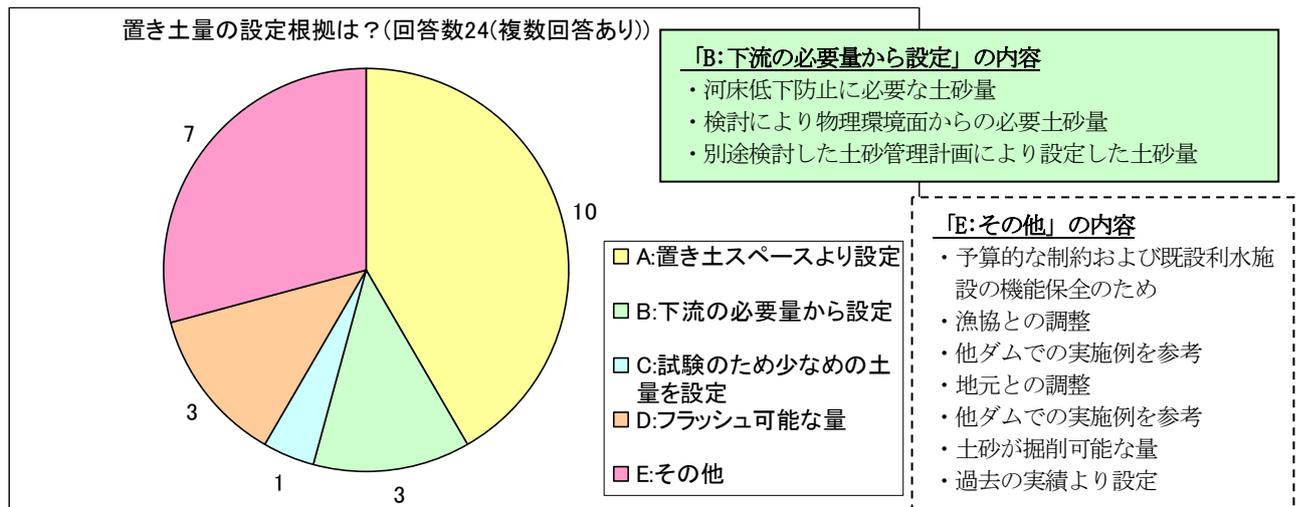
年間置き土量（最大値と平均値）と平均年堆砂量に占める割合の整理



年間平均置き土量と実績平均年堆砂量の整理



・ 年間置き土量は、
 [平均] 100～31,600m³
 [最大] 100～78,000m³
 と大きな幅がある
 ・ 平均年間置き土量の上限値は平均年堆砂量の10%程度である



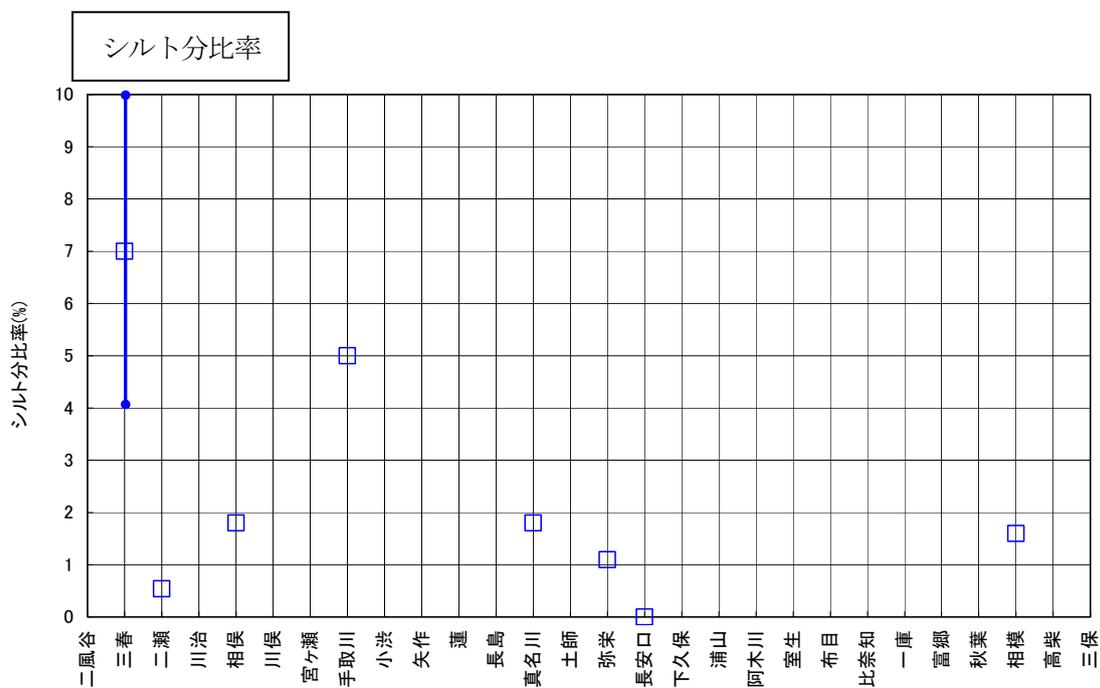
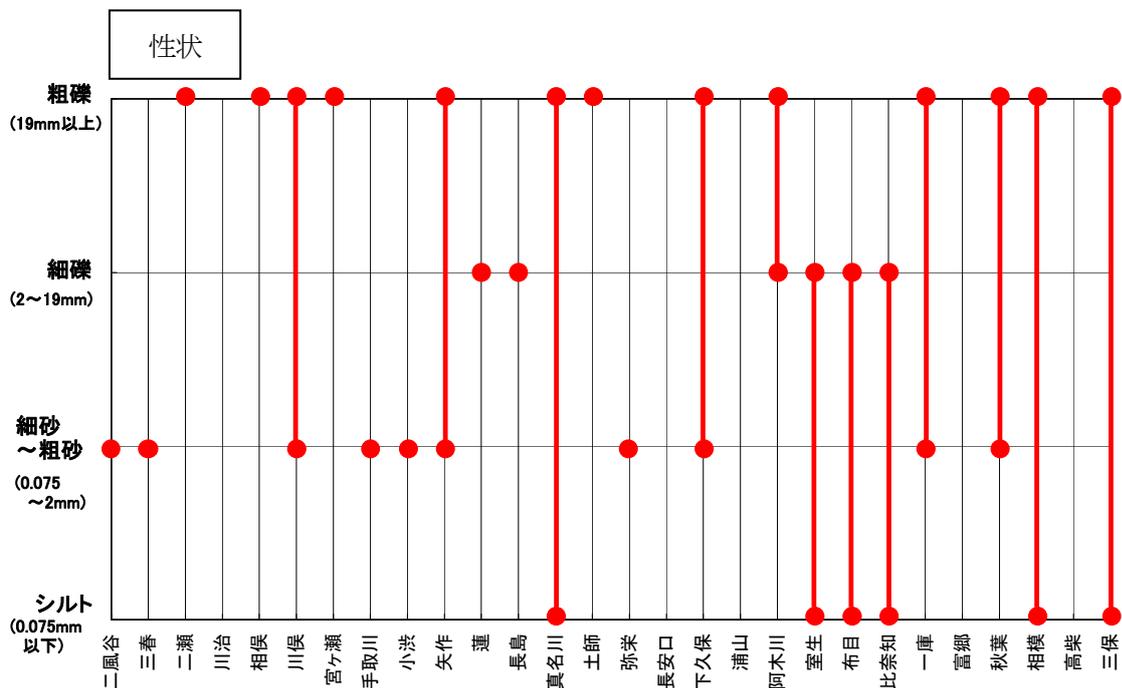
- ・置き土のスペースより設定されているケースが24回答中10回答を占める
- ・下流河道への土砂供給の観点から土砂量を設定されているケース (B) は24回答中3回答である。
- ・置き土量の設定根拠は、各ダムで異なる。

(4) 置き土性状

置き土の性状(質)は、ダム側の視点からは排砂対象粒度を、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。ただし、還元土砂の流出により濁度が高くならないよう、細粒分を少なくしている場合が多い。具体的には、土砂の連続性確保、作業性、経済性の観点から、ダムに流入する土砂そのものをダム下流地点へ還元することが、ダムによる土砂の連続性遮断を緩和する方法であり、望ましいと考えられる。ただし、還元地点におけるダム建設後の河床変動に顕著な傾向(上昇傾向等)がみられる場合、あるいは土砂流出による濁水が問題視されるような場合には、採取した土砂の分級等により必要な粒径範囲のみを仮置きする。また、洪水により掃流されにくい大粒径の土砂はスケルトンバケットにより取り除いておくことも考える。

また、あらかじめ貯水池上流とダム下流河道の土砂の粒度構成を把握し、下流河道に不足している粒度について補完する意味合いから当該粒径集団に着目した還元を行うことも場合によっては考えられる。

【参考】置き土性状に関するアンケート結果 (H20アンケート調査結果)



- ・還元土砂は、「砂~粗礫」がメインとなる。
- ・シルト分比率は、概ね2%以下である。

(5) 置き土形状

置き土の下面高さは濁度が発生する流量が流下する時の水位以上とする。上面高さは流出頻度・置き土量から1次設定し、堆砂対策の排砂ハイドロの特性にあわせ、ハイドロが先鋭な場合は上面高さを低く、ハイドロが扁平な場合は上面高さを高くするように設定する。なお、1箇所において複数のハイドロ形状に対応するためには、置き土形状を複断面形とすることが考えられる。

仮置き土砂の天端高が高く設定流量時に水没しない場合においても側岸侵食作用によって土砂は流送されるが、流下土砂量は水没した場合に比べて少ない。

なお、社会・環境的な制約のために、置き土場所が限定される場合、数地点を仮定して、その場所が掃流力、地形条件などから見て妥当かどうかを判定する方法もある。

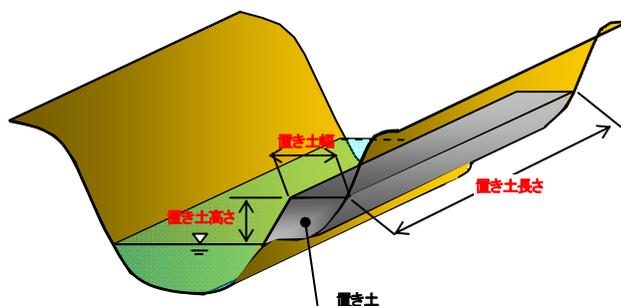
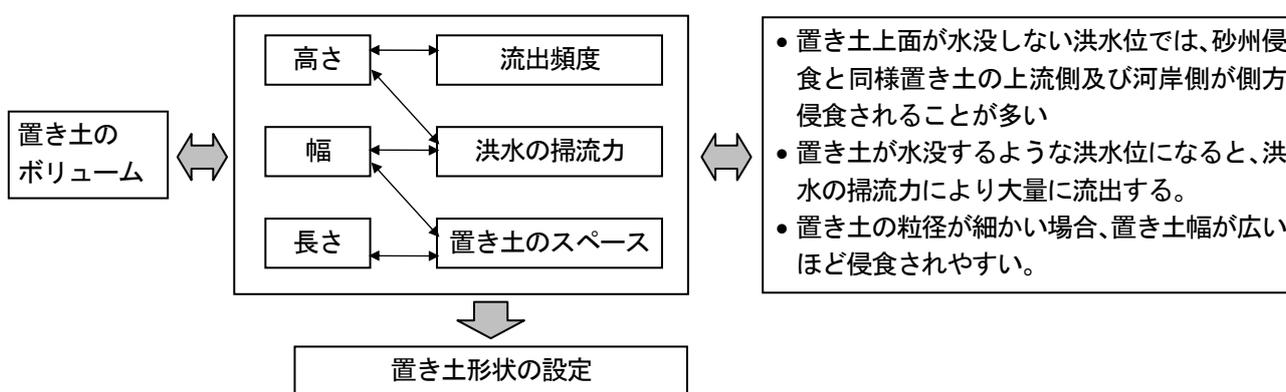
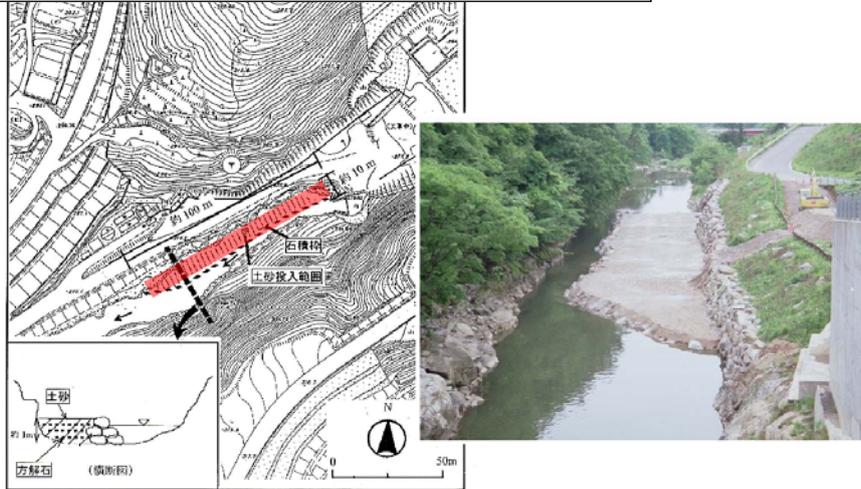


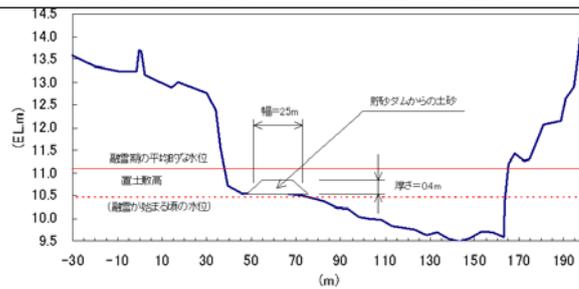
図4.2-2 置き土形状に関する基本的条件

【参考】置き土の様子（三春ダム、二風谷ダム、蓮ダム、長安ロダム、二瀬ダム、）

三春ダム事例（投入時期；H11.5、置き土砂量；1,000m³）



二風谷ダム事例（投入時期；H15.2、置き土砂量；500m³×2箇所）



蓮ダム事例（投入時期；H14.6、置き土砂量；100m³）

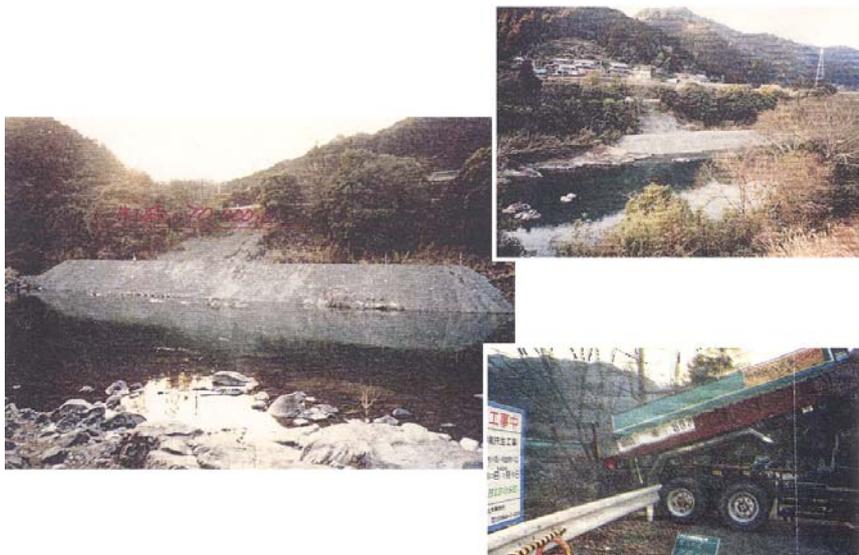


水面下40cmに平らに整形（厚み10cm）

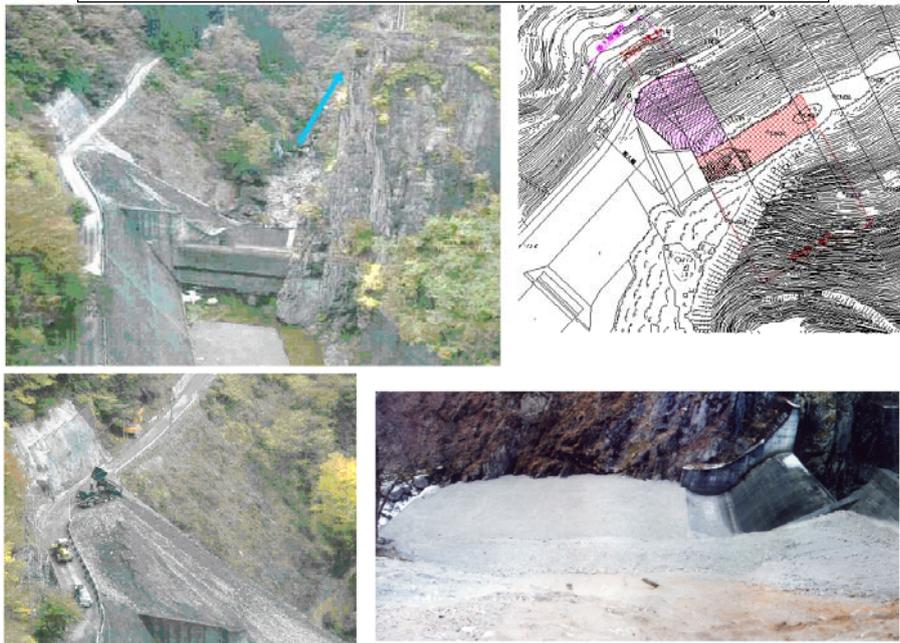


投入した土砂の状況（左：上流側、右：下流側）

長安口ダム事例（投入時期；H3～7の1～3月、還元土砂量；①地点1, 500m³、②地点2, 500m³）



二瀬ダム事例（投入時期；H15. 10～12、還元土砂量；13, 000m³）



【参考】置き土形状を複断面形とした事例（矢作ダム）

置き土形状は、

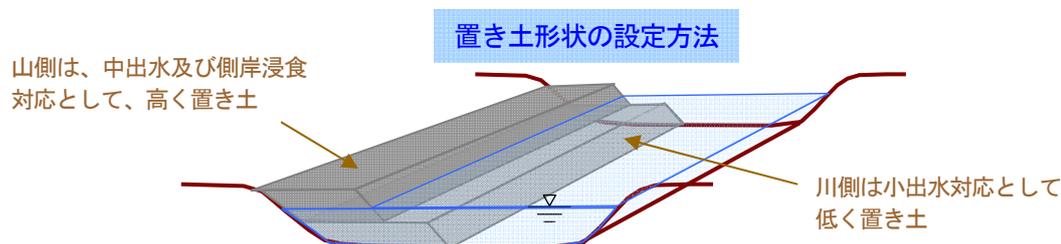
- ① 矢作ダムにおいて吸引排砂を行った時の流出パターンに近い形とすること
(恒久的な堆砂対策（吸引排砂）を実施した場合に近い状態の土砂流出とする）
- ② 3ヶ年で排砂時の現象が外挿可能となる程度のインパクトを与えること
- ③ 土砂投入量の目標に近づけること

に着目して、

小出水（1/1程度） → $\Delta Q_s/Q$ の値を大きくする。

中出水（1/2以下） → 側岸浸食及び全体投入量を増加することをねらう。

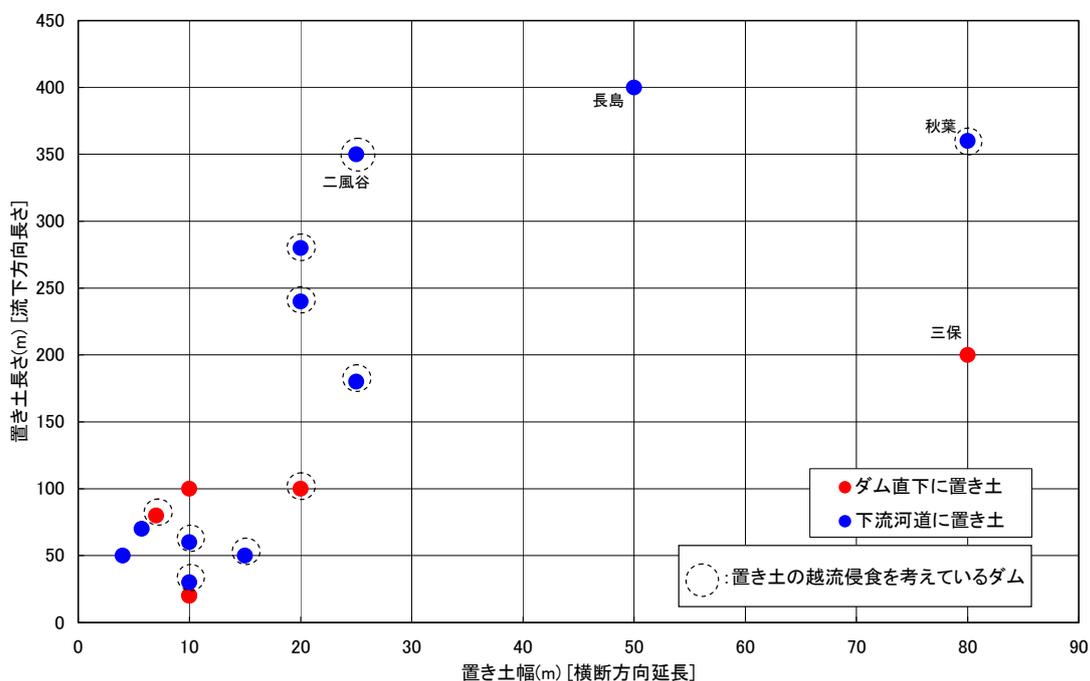
こととし、横断方向に2段階に土砂を置く形状（川側を低く、山側を高く）とする。



置き土の流出状況		
	流出前	土砂流出後
上流端から		
中流部から		
仮置土砂の施工直後 (H19. 10. 23 撮影)		6月28～29日の出水により仮置土砂 4,000m ³ /s の約7割が流出 (H20. 7. 2 撮影)
対岸から		
上流から		
仮置土砂流出前 (H20. 6. 24 撮影)		仮置土砂の下段部分がなくなり、仮置土砂 6,000m ³ /s の約2割が流出 (H20. 7. 2 撮影)

【参考】置き土形状に関するアンケート結果（H20アンケート調査結果）

置き土形状の整理（置き土幅と置き土長さの関係）



- ・幅の最大値は80m程度、長さの最大値は400m程度である。
- ・ダム直下に置き土をしている場合には、概ね幅20m×長さ100m以内の規模の置き土となっている。※ 置き土規模：ダム直下<下流河道の傾向がある

(6) 還元時期

土砂還元は、目標設定に従って実施されるべきものであるため、効果の確認が可能な時期が設定される。なお、掘削、運搬、置き土にあたっては、地元の理解を得ながら実施する。

なお、還元時期は生態系、例えば置き土下流に生息する魚類の産卵時期等に配慮する。

(7) 流下方法

一般的に考えられる流下方法は、以下のとおりである。

- ① 自然出水による方法
- ② 人工出水（フラッシュ操作）による方法

①の自然出水による方法は、土砂を流下させるための水を確保する必要がなく、出洪水時の流量が比較的大きいときに土砂の流下を期待するものである。

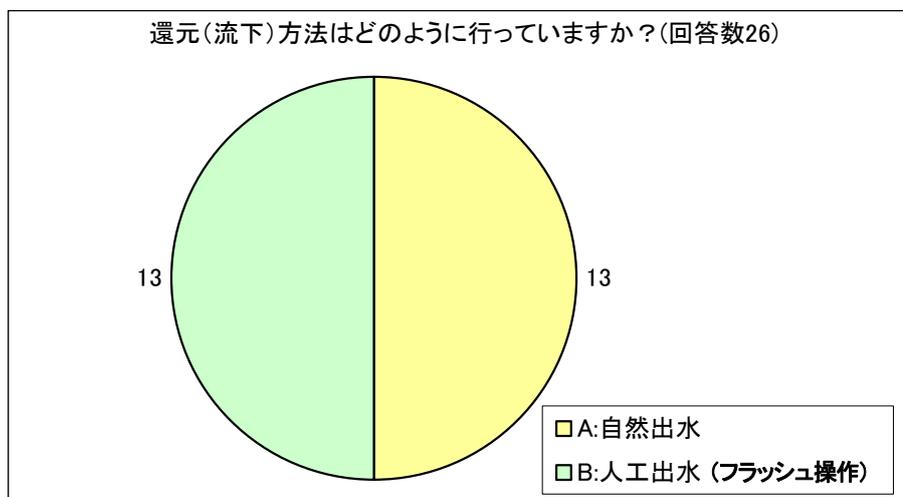
一方、②の人工出水による方法は、あらかじめ土砂を流下させるための水を弾力的管理等の実施により貯水池内に確保しておき、事前に期日を設定して操作し、土砂を流下させるものである。

なお、各放流方法のメリット・デメリットとしては下記の事項が考えられ、流下方法については、個々のダム の事情等を勘案して実施するものとする。

表4.2-1 各放流方法のメリット・デメリット

	① 自然出水による方法	② 人工出水（フラッシュ操作）による方法
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂を流下させるための水を確保する必要がない。 ・特別なダム操作が必要ない。（操作規則通りの運用でよい。） 	<ul style="list-style-type: none"> ・最大流下量は事前に設定されている。（治水上の安全性が確保できる。） ・事前にモニタリング等の計測体制の準備が可能である。 ・流量に応じた土砂の量及び質をあらかじめ設定しているため効率がよい。 ・ダム管理者と河川管理者等が連携して河川環境改善に資する姿勢を社会にアピールできる。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・流下時期やモニタリング等の計測時期が確定できず、的確な情報と事前に綿密な体制の整備が必要である。 ・想定規模以上の出水が発生しない場合には、置き土が流下されない可能性がある。 ・想定以上の流量の場合、弊害が発生する可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・流況が良くない場合は、所定の流水の確保が困難である。 ・自然出水と完全に分離することはできない。（自然出水は避けられない。） ・自然出水時とは異なるタイミングで濁水が発生するため、河川景観や水質の悪化の可能性がある。

【 参 考 】 流下方法に関するアンケート結果（H20アンケート調査結果）



・ 自然出水による方法と人工出水（フラッシュ操作による方法で同数の事例がある。

4.3 目的別の置き土方法

実施目的に応じて、置き土方法を設定する。

【解説】

下流河川土砂還元の実施目的に応じて置き土方法を設定するものとする。

置き土方法として決定すべき項目として、置き土地点、置き土量、置き土性状（粒径）、置き土形状（高さ、長さ、幅）等がある。これらの項目の決定に際しては、各項目それぞれが相互関連していることを念頭に、必要に応じてフィードバックすることが重要である。

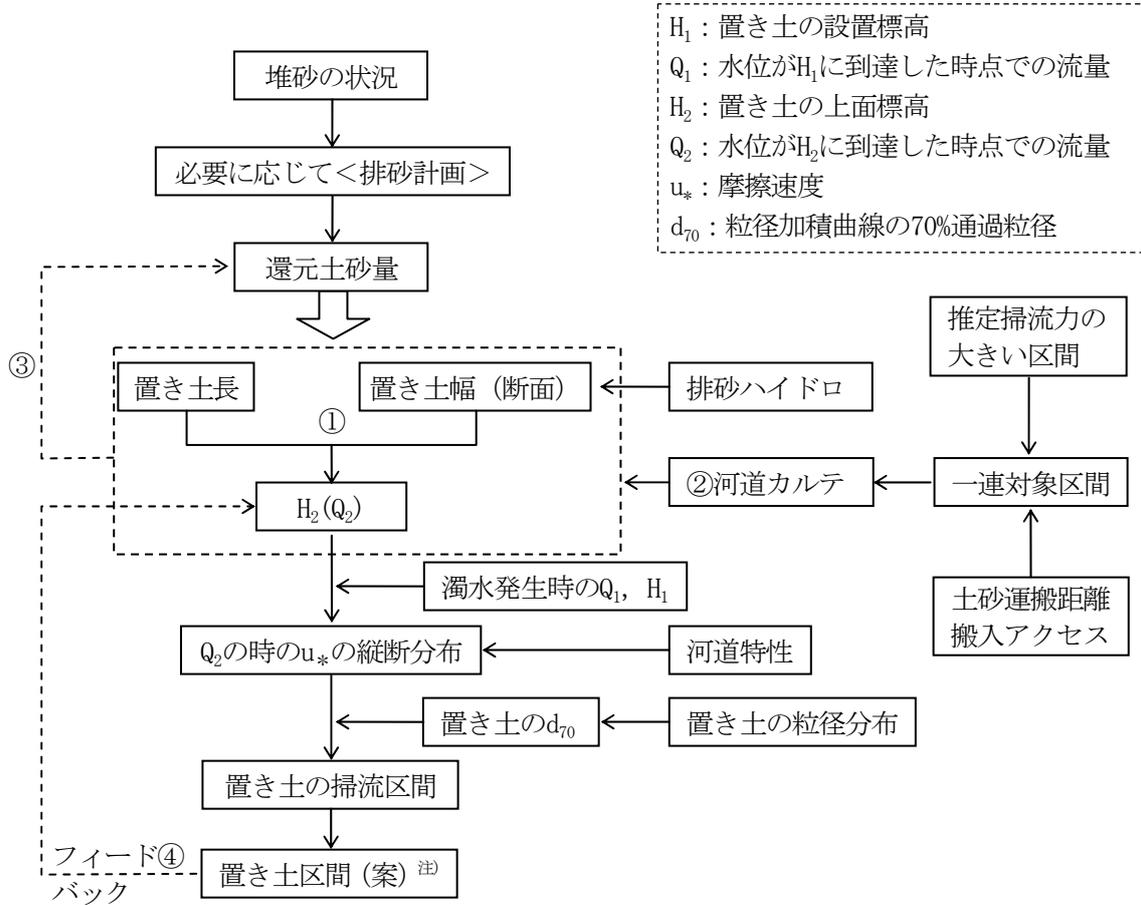
なお、設定に際しては、次頁以降の図4.3-1～4に示す「置き土方法の検討フロー」を参考とする。

表4.3-1 目的別の置き土形状等検討フロー対応表

実施目的	検討フロー
A：ダムから排砂する堆砂対策	検討フローⅠ
B：AとCの組合せ（堆砂対策＋環境改善）	
C：土砂の流下による下流河川環境の改善	検討フローⅡ
D：恒久的な堆砂対策を実施する前の排砂の影響評価	検討フローⅢ

【検討フロー I 還元土砂量を前提とした還元土砂形状等の決定】

(目的 : A. 堆砂対策 or B. 堆砂対策+環境改善)

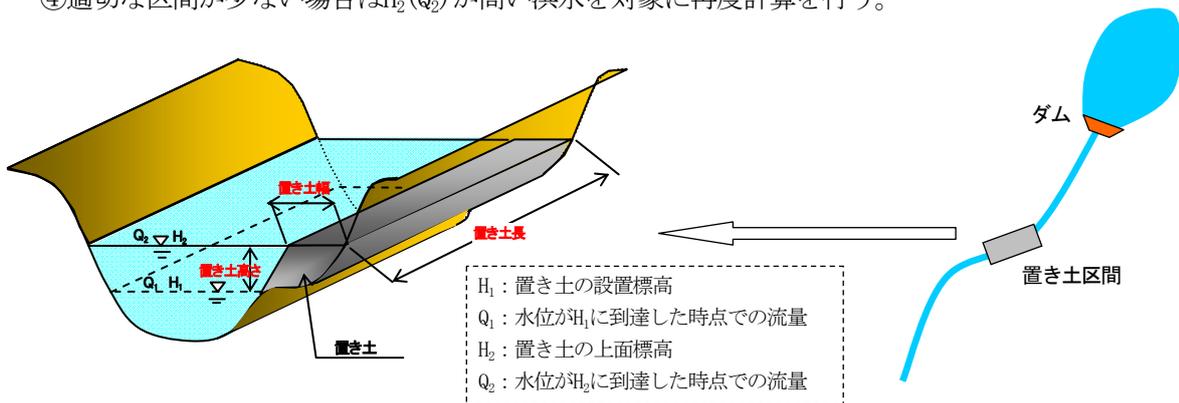


注) 決定した掃流区間を河道カルテに記載して置き土区間を設定する。

図4.3-1 検討フロー I 還元土砂量を前提とした還元土砂形状等の決定

【留意事項】

- ①河道カルテ等に基づき、置き土の上面標高 H_2 、長さ、幅の3者の関係より求める。
- ②上記フローで用いる河道カルテ例は次頁のとおりである。
- ③置き土長はモニタリングの観点より400m以内、置き土幅は流水阻害の観点より置き土標高の川幅の3割以内とする。これらの条件を満足できない場合は還元土砂量を見直す。
- ④適切な区間が少ない場合は $H_2(Q_2)$ が高い洪水を対象に再度計算を行う。



【河道カルテのイメージ】

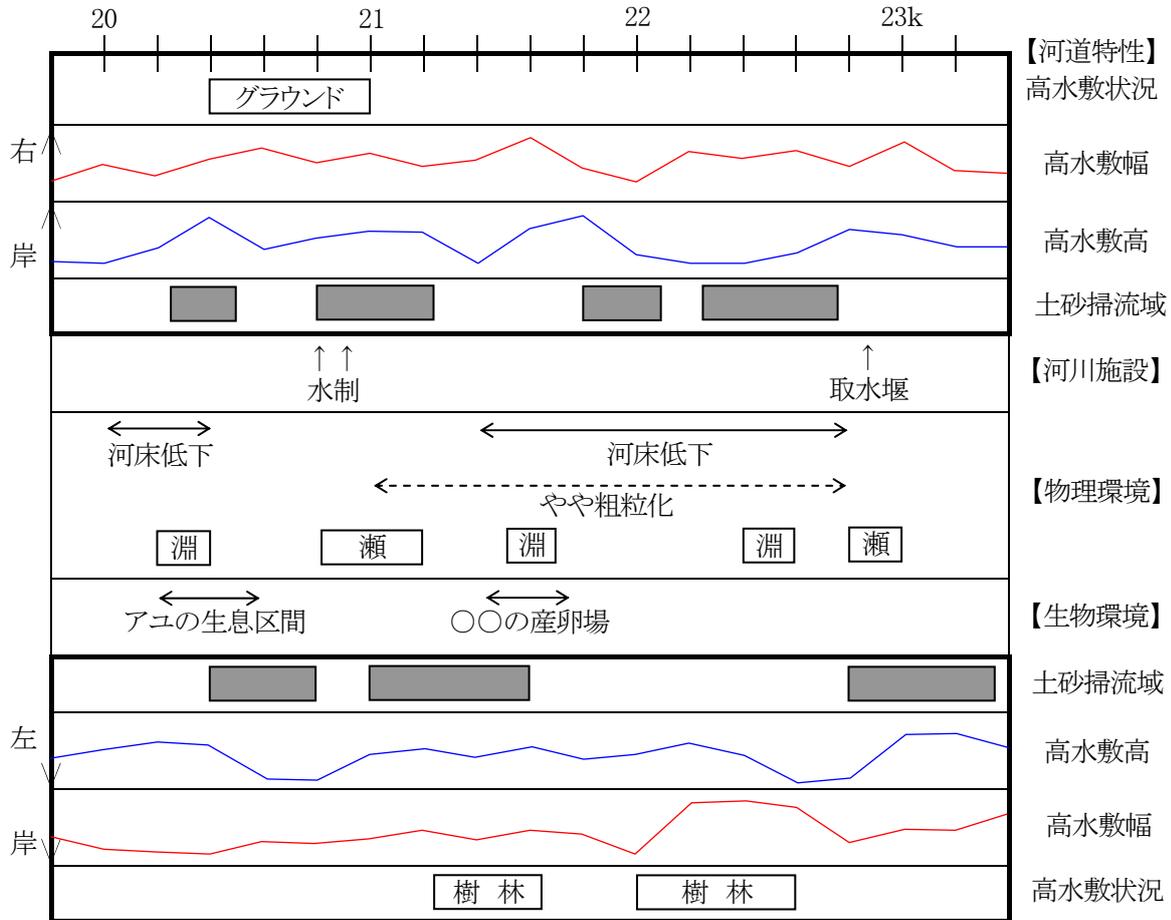
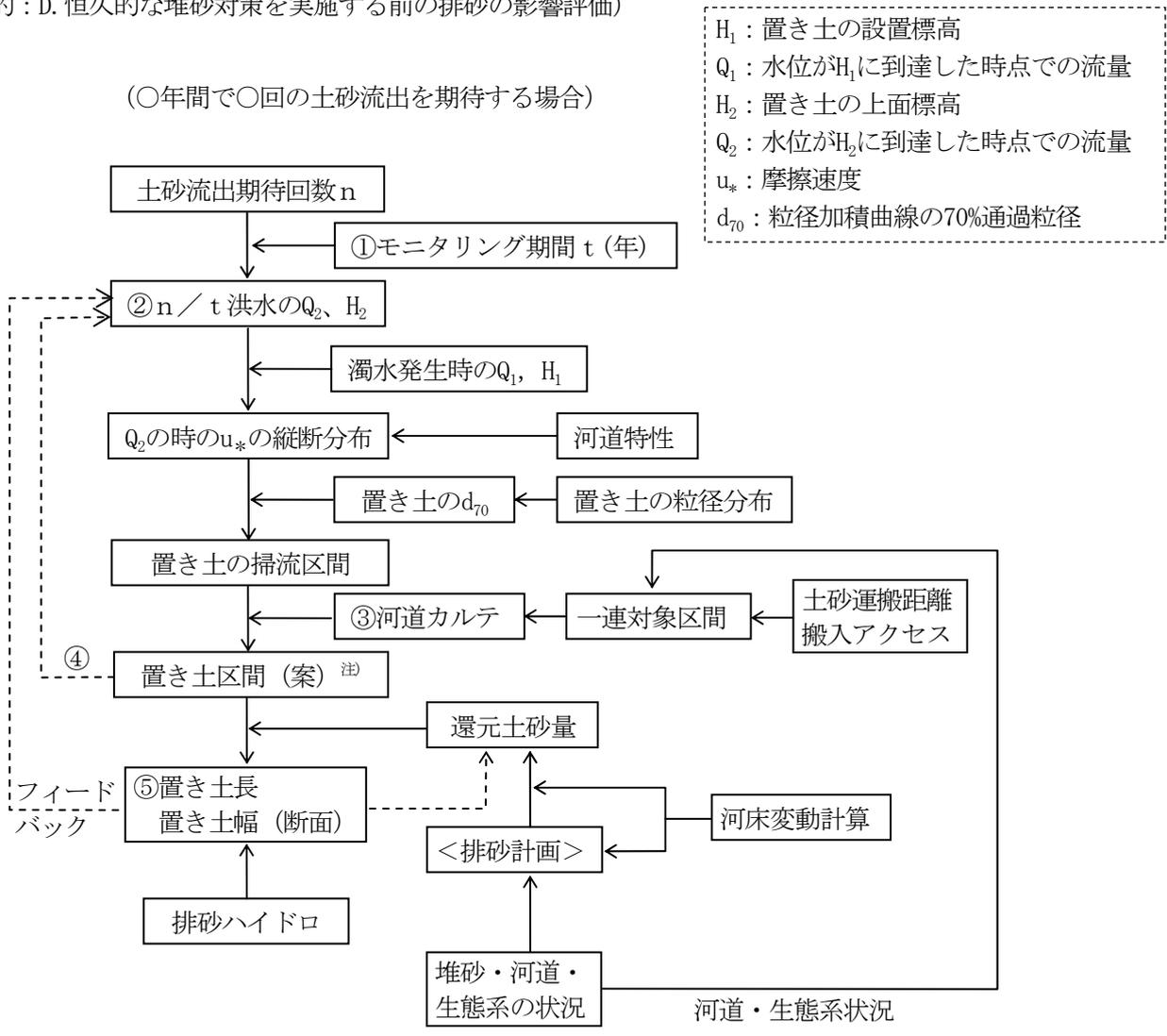


図4.3-2 河道カルテ例（土砂還元用）

- ※ 土砂の掃流域を対象に、河道特性（河川施設、高水敷幅・高さ、等）、物理環境（河床低下、粗粒化、等）、生物環境（魚類の産卵場、等）などを考慮して、土砂還元区間を設定する
- ※ 河岸・河床等に土砂を置く場合は上図の”高水敷”を河岸または河床に置きかえて記載する。

【検討フローⅢ 還元頻度の設定を前提とした還元土砂形状等の決定】

(目的：D. 恒久的な堆砂対策を実施する前の排砂の影響評価)



注) 決定した掃流区間を河道カルテに記載して置き土区間を設定する。

図4.3-4 検討フローⅢ 還元頻度の設定を前提とした還元土砂形状等の決定

【留意事項】

- ①モニタリング期間を変えて試行錯誤的に求める方法もある。
 n 、 t が不確かな場合は検討フローⅠで決定してもよい。
- ②置き土高さ $H_2 - H_1$ より H_2 を設定する方法もある。
- ③河道カルテ例は検討フローⅠと同様である。
- ④適切な区間が少ない場合は $H_2 (Q_2)$ を高く設定して再度計算を行う。
- ⑤置き土長はモニタリングの観点より400m以内、置き土幅は流水障害の観点より置き土標高の川幅の3割以内とする。この条件を満足でない場合は $H_2 (Q_2)$ を見直すか、または還元土砂量を見直す。

4.4 土砂還元に伴う河床変動の予測

4.4.1 河床変動予測の位置づけ

還元土砂が下流河川に与える影響を把握するため、必要に応じて、河床変動計算により河床変動の予測を行う。これにより、河道閉塞（上昇）の確認を行うとともに、還元土砂量や投入場所を検討する基礎資料を得る。

【解説】

還元土砂量が比較的多い場合や、下流河川において、堰堤、取水堰などの河川構造物、流下能力への懸念がある場合、必要に応じて、事前に河床変動計算による予測を行い、土砂還元による河床変動をある程度予測しておくことが望ましい。

さらに、ダムがない場合における当該河川の河床低下等の状況、さらに、実現象に対してダムによる河床低下の検証などの基礎資料を得ることができる。

土砂還元のための調査・検討として、河川の土砂の流動状況を表現できる河床変動計算による河道モデルの構築が試みられており、土砂還元における実測データを基礎資料として、検証計算を行いつつ、モデルの精度を高めていく必要がある。

下流還元は初期投資が低く抑えられるとともに、運用しながらの方針変更も簡易であることを踏まえると、予測計算結果の利用は、条件を変更する試行的な計算により、以下のような初期計画の設定の目安を得ることが主な目的となる。

- ・ 目的達成のための還元土砂量・粒度の目安を得る。 → 還元土砂量・粒度の設定
- ・ 目的達成のための還元地点の目安を得る。 → 還元地点の設定
- ・ 河床変動の大きな地点の目安を得る。 → 観測地点の設定
- ・ 粒度変化の大きな地点の目安を得る。 → 観測地点の設定

4.4.2 基本条件の設定（還元土砂のモデル化）

土砂還元の現象は、数値計算上の土砂還元時の境界条件として適切に設定する必要がある。

【解説】

土砂還元の還元状況の計算モデルへの反映は、大別すると以下の2通りが考えられる。

- 1) 置き土量に相当する断面積分を計算モデルの河床高に反映する方法（土砂の一括投入を想定）



図4.4-1 還元土砂の供給方法

- 2) 流量見合いで仮置き土砂を時系列的に供給する方法（逐次投入）

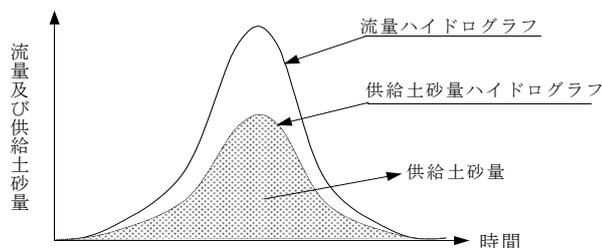


図4.4-2 仮置き土砂量時系列

ここで、下流河川土砂還元実施後の河川の安全性を評価する上では、1)の方法の方がより厳しい条件となることが推察される。（下表参照）

表4.4-1 還元土砂のモデル化手法の違いによる一般的傾向

モデル化手法	1)	2)
河床上昇高	大	小
河積を侵す量	大	小
水位上昇量	大	小
実運用との整合性	△	○
総合評価	◎	△

なお、現在、土木研究所において、置き土浸食モデルが検討されており^{*)}、必要に応じて、これらのモデルを使用し、置き土を河床変動モデルに反映させるものとする。

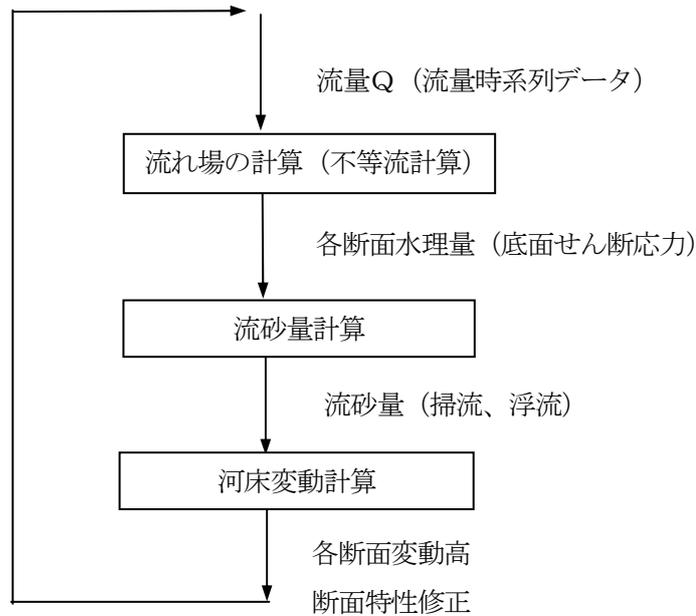
*) 土木研究所における置き土浸食モデルに関する文献

- ・星野公秀・泉倫光・櫻井寿之・箱石憲昭：置土侵食実験における先端および側方侵食量式の提案，土木学会第62回年次学術講演論文集，2006.
- ・泉倫光・星野公秀・櫻井寿之・箱石憲昭：ダム下流置土の簡易侵食モデルの構築，土木学会第62回年次学術講演論文集，2006.
- ・櫻井俊之，星野公秀，福島雅紀，箱石憲昭：三春ダム直下における置土侵食の平面2次元河床変動解析，土木学会第63回年次講演会講演概要集，2008.

【参考】河床変動計算の概要

河床変動計算は、「河川砂防技術基準(案) 調査編 (1997年：建設省河川局監修、(社)日本河川協会編)」第14章 流送土砂調査 2.4 河床変動計算に準拠して行う。

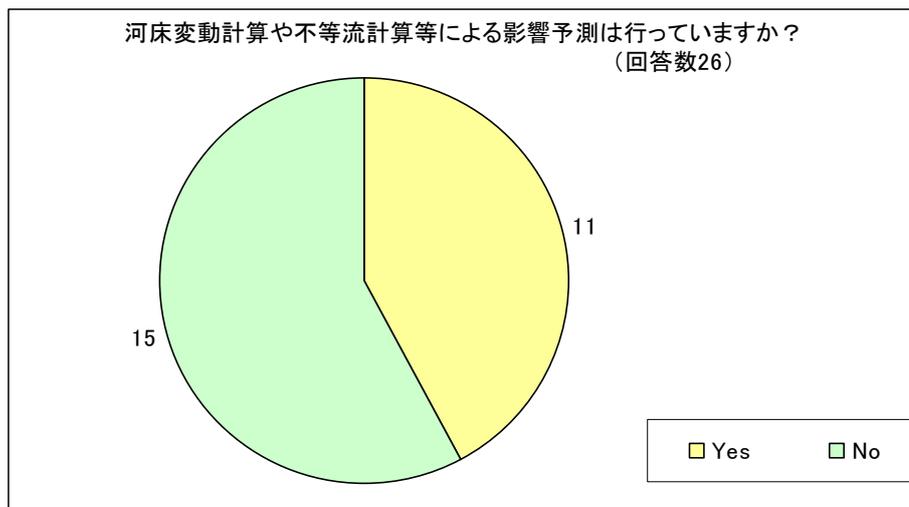
河床変動計算は、大別して、①不等流計算、②流砂量計算、③変動量計算の3部分によって構成され、その流れは下図の通りである。すなわち、ある流量 Q に対して、不等流計算により各断面の水理量を求め、さらにこれを用いて流砂計算を行って、各断面の流砂量を計算し、流砂量の断面間の差分で各断面の変動高を求めるものである。



アウトプット：任意地点の河床変動量、土砂移動量、粒径分布、(水深、流速、流量)

図 4.4-3 河床変動計算フロー

【参考】河床変動計算に関するアンケート調査結果 (H20アンケート調査結果)



河床変動計算や不等流計算による影響予測を実施しているケースが26ダム中11回答を占める。

4.4.3 予測結果の評価

設定した還元土砂量や投入場所による土砂還元方法により、河道に悪影響を及ぼさないことを確認する。

【解説】

河床変動計算の目的は、土砂還元による将来的な河道閉塞（上昇）の確認を行うとともに、還元土砂量や投入場所を検討する基礎資料を得ることである。これを踏まえ、予め設定した土砂還元土砂量や投入場所による土砂還元方法により、河道に悪影響を及ぼさないことを確認するとともに、課題が生じることか推定された場合には、悪影響を及ぼさない還元土砂量や投入箇所を試行的に検討し、適切な還元方法とするための基礎資料を得る。

また、実際の下流土砂還元の実施効果を踏まえ、河床変動計算モデルのキャリブレーションを行い、計算精度向上を図ることも重要である。

【参考】

- 1) 三春ダムにおける河床変動計算例

表4.4-2 三春ダム下流河川土砂還元の際しての一次元河床変動計算の概要

調査項目	実績	目的・設定根拠
予測項目	・河床変動予測	・下流河道の河床変動予測 ・還元土砂による影響予測 (土砂還元条件設定基礎資料)
予測手法	・1次元河床変動計算	
予測検討範囲	・大滝根川の三春ダムから阿武隈川本川合流点まで	御代田水位・流量観測所、阿久津水位流量観測所の観測記録より、三春ダム建設に伴う阿武隈川本川への影響は、小さいと判断されることによる。
モデルの作成(同定)	平成8年度測量結果を参考に河道縦断モデルを作成し、平成14年度測量結果を基にモデルを同定	
計算条件	・流量資料：ダム放流量H9～H14（6年間）繰返し ・断面：200m間隔（H8、H14測量） ・河床粒度分布：代表粒径10種類(26.5mm以下) 平成11年実施の河床材料調査結果 ・還元土砂：前貯水池堆積土	
予測検討ケース	(H11, 12) ・ダム無しの場合、・ダム有りの場合(H14) ・ダム直下投入量：500, 1000, 2000, 3000m ³ /年 ・途中河道供給：6.4kp地点(500, 1000m ³ /年)、4.0kp地点(1000m ³ /年) ・土砂投入のない状態で平成14年から56年後 ・土砂投入の状態で平成14年から50年後	
予測検討結果	(H11, 12) ・河床変動の幅はダム無しの方が大きい。 ・ダム有りでは河床低下傾向にあり、粒度も粗粒化傾向にある。 (H14) 土砂投入量および投入位置は、 ・ダム直下：500m ³ /年～1,000m ³ /年 ・4.0KP付近：1,000m ³ /年 これを継続的に実施する必要がある。	目標：平成14年度測量の河床状況（河床上昇量を指標）を維持する。

図一

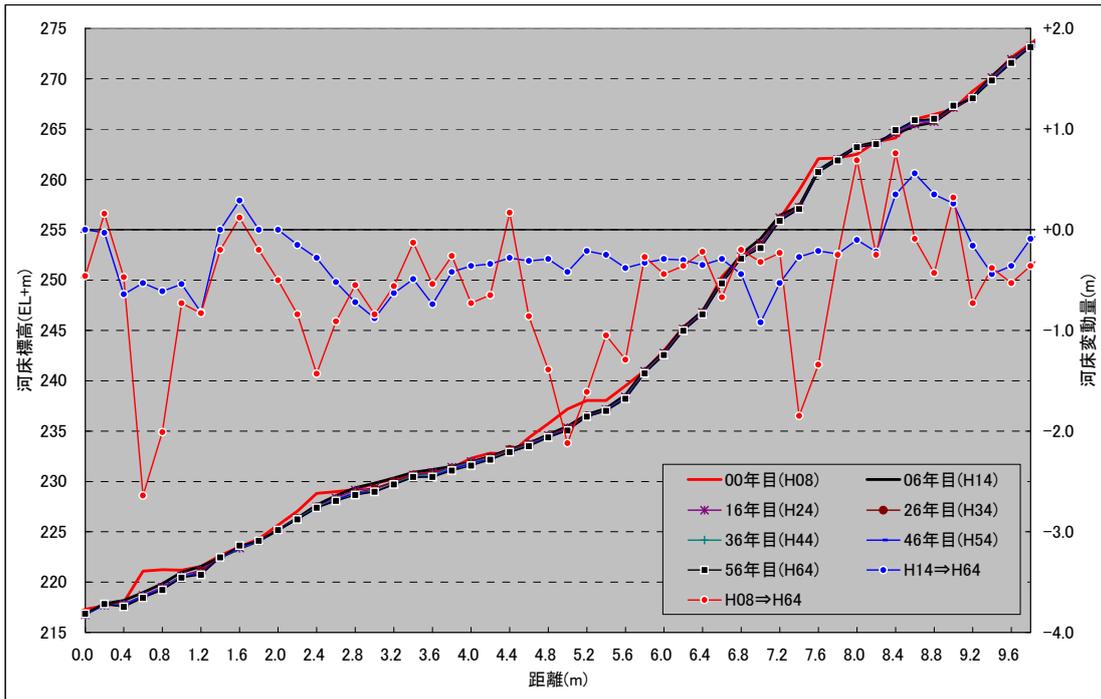


図4.4-4 河床変動計算による予測結果（ダム直下500m³/年、4.0KP付近1,000m³/年）

2) 長島ダムにおける河床変動計算例

長島ダムでは、以下の条件により一次元河床変動モデルを設定し、まず仮置き実験結果を追跡している。（よく現象を表していると言える）。

また、実験地点に計画規模の140,000m³を毎年仮置きする場合について、長島ダム完成後の60年間の河床変動をシミュレーションしており、現在行われている砂利採取を止めても1990年の実績河床を上回ることはならず還元できることを確認している。

表4.4-3 長島ダム下流河川土砂還元の際しての一次元河床変動計算の概要

項目	還元実験想定影響域 シミュレーション	ダム完成後還元広域長期 シミュレーション
計算モデル	定常不等流標準逐次計算法 混合砂礫・非結合モデル	
対象区間	本川 41.2~46.8km 昭和橋~塩郷堰堤	本川 -0.4~81.2km 河口~大井川ダム
河道形状	2000年2月, 10月, 2001年11月測量成果 50~400mピッチ	区間ごとに最新年度の測量成果, 50~400mピッチ
流量時系列	塩郷堰堤実績放流量100m ³ /s以上は時間流量, その他は日流量を使用	1965年~96年の実績流量を長島ダム調節後に修正し, 繰り返す(2回)。神座500m ³ /s以上は時間流量, その他は日流量を使用
流砂量式	掃流砂: 芦田・道上式, 浮遊砂: 芦田・道上式	
粒度分布	塩郷堰堤直上流部土砂 全河川区間を19区分したうちの1区間	全河川区間を19区分し, 各区間で代表分布(12粒径区分)を設定
上流端供給土砂量	流送能力の55%	長島ダムからは掃流砂・浮遊砂ともゼロ

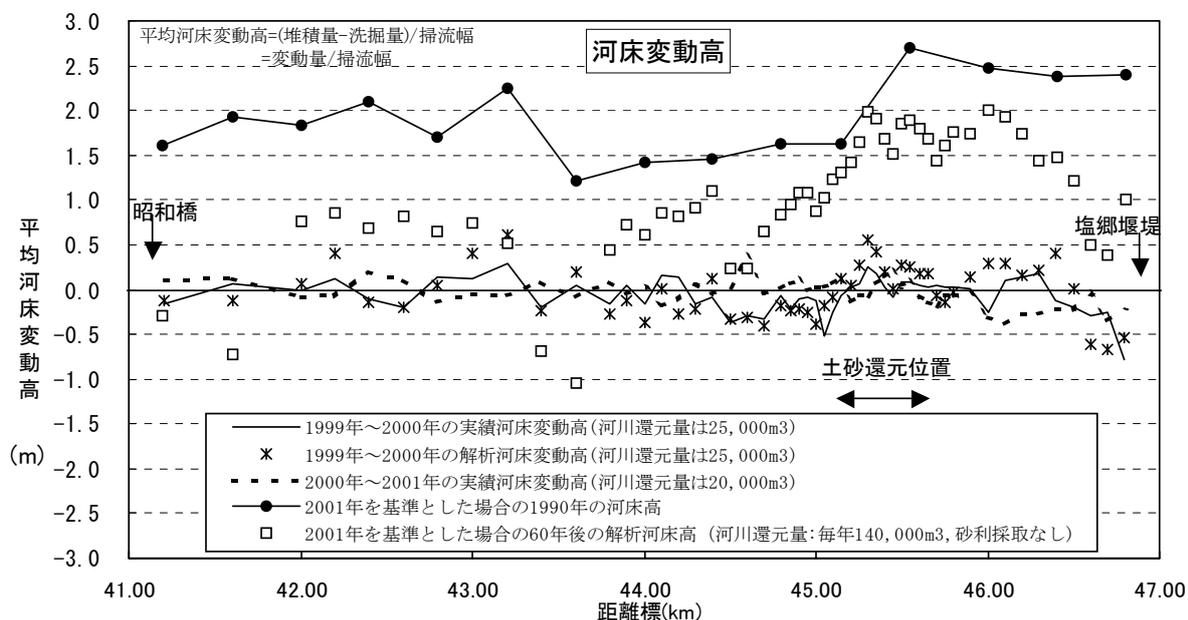


図4.4-5 河床変動計算による予測結果

第5章 モニタリング調査計画の策定

5.1 調査目的

下流河川土砂還元の実施に際してのモニタリング調査は、土砂還元に伴って生じる環境影響を把握するためのものであり、目標に掲げた改善効果の検証ならびに土砂還元に伴う悪影響の監視を主な目的として実施する。

【解説】

排砂に伴う環境影響把握を目的としたモニタリング調査は、その項目、方法、分析・評価手法などの点で、研究段階にあり、データの蓄積や新たな試みが重要な課題となっている。特に生物生態環境への影響については十分な知見が得られていない状況であり、調査・研究の継続的推進が強く望まれているところである。

したがって、本マニュアルで示した内容についても、現在における知見であり、今後、調査事例の蓄積および研究成果とともに、適宜更新していくべきものである。

なお、調査は、置き土の流出による影響を把握できるように、事前調査および事後調査の両方を実施するものとし、季別の生態系変化を把握するため、事前調査は遅くとも、置き土する1年前より実施するものとする。

5.2 調査項目

調査項目は、実施目的を踏まえ、下流河川における影響の有無・大小、還元土砂の質・量・時期・回数、実施ダムの立地(場所や集水面積)や運用(中小洪水の調節度合い、平常時流況の平滑度合い)より設定する。

【解説】

下流河川土砂還元モニタリング調査項目は、当該ダムの実施目的および還元土砂の量と質を踏まえた上で適宜設定する方針とする。

下流河川土砂還元手法では、目的に応じた粒度に限定して、還元(置き土)することが可能であり、これが本手法のメリットの一つであるといえる。

したがって、土砂採取場所に、どのような性状の土砂が堆積しているかを把握し、どのような性状の土砂を還元させるかを判断する必要がある。そのためには、事前に少なくとも粒度および有害物質の調査を実施しておく必要がある。

土砂流下状況調査は、置き土した還元土砂の流下状態を把握するための調査であり、下流河川で生じる環境の変化と還元土砂の関連を評価する上での基礎資料となる。その際、環境に影響をおよぼした要因が排砂によるものか、洪水(規模、流況)によるものかを分析しておくことが重要である。

置き土地点の置き土の流下状況(侵食状況)については、定期的または出水時における写真撮影と簡易測量により、その流下過程および流下量を把握しておくことが必要である。

置き土地点から下流域の流下土砂についても、その移動距離と量を把握することは重要であり、砂

質以上の粗砂等を還元する場合には、トレーサー追跡試験を実施することが望まれる（浮遊砂、ウオッシュロード成分を主体として還元する場合には、調査費用、精度の面で課題が多く不適となる）。

下流河川の状況調査は、下流河川土砂還元に係るモニタリング調査内の主要な部分であり、下流土砂還元を実施することによる課題に対する改善効果の確認と、悪影響・副作用の監視の2つの目的に大別される。

物理環境のうち河道形状把握のためには、既往の河川横断形状との比較ができる測線での河川横断測量が必要となる。測量成果は、河床変動計算による予測を行う場合の基礎資料としても必要となる。

また、河床堆積などの治水上の問題を生じさせていないかを監視する目的がある。

河床材料の変化については、最低限簡易な方法として現地概査（専門家による目視・写真撮影）を実施する必要がある。土砂還元を行うと、粗粒化した河床材料が細粒化する場合があるので、土砂流出前後の河床材料調査を行うことが重要である。

水質調査は、土砂還元による濁水がどのレベルで発生するのかを監視する目的で、濁度・SSの測定は最低限必要である。濁度とSSに明確な関係が見いだせれば項目の省略が考えられる。

なお、今後の置き土流出の予測のために、上記の土砂流出モニタリングとともに、流出時の水理量も調査しておくことが重要である。

表5.2-1にモニタリング調査項目を示す。本表は標準的な調査項目を示したものであり、当該ダムの実施条件、実施後の状況、データの蓄積状況などを踏まえ、調査項目は適宜簡略化できるものである。

1) 置き土に関する項目

①置き土の性状

下流河川土砂還元の実施に先立ち、還元土砂の性状が適切なものか（目的応じた粒径か、有害なものを混じっていないか等）を確認しておく必要がある。性状把握は、基本的に、粒度試験と有害物質の調査を行うものとする。なお、調査結果を踏まえ、適宜、採取場所の変更等のフィードバックを行うことも重要である。

なお、河川別、目的別に求められる性状は異なるため、河川特性および実施目的を十分踏まえた上で設定する。

②置き土の流下状況

置き土の流下状況は、還元効果を把握する上で重要な調査項目となる。調査項目は、目視および簡易測量の実施を基本とし、下流河川への影響把握が重要となる場合には、必要に応じて、定点撮影（写真、ビデオ）やトレーサー追跡を設定するものとする。

2) 下流河川に関する項目

①物理環境

物理環境の調査項目は、目視、関連施設の巡視を基本とし、下流河川への影響把握が重要となる場合には、必要に応じて、河川横断測量、写真撮影、河床材料粒度分布、セグメント分類、瀬・淵・砂州調査（動態・分布）、河川地形マップ及び河床材料マップ、を設定するものとする。

②生物環境

生物環境の調査項目は、下流河川への影響把握が重要となる場合には、必要に応じて、付着藻類、底生動物、魚類・産卵場、植生を設定するものとする。

③その他

上記以外の調査項目として、流況および水質の調査項目を基本とする。必要に応じて、底質、景観の調査項目を設定するものとする。

表5.2-1 調査対象別のモニタリング調査項目の整理

調査対象	調査項目		留意点
置き土	性状	粒度試験	・土砂還元の基本となる重要項目のため、 <u>全てのケースで標準的に実施する</u>
		有害物質（成分分析）	〃
	流下状況	目視	・調査実施が容易な一方で有意な情報が得られるため、 <u>全てのケースで標準的に実施する</u>
		定点撮影（写真、ビデオ）	〃
		簡易測量	・還元土砂の流出量の把握が必要な場合に実施する
トレーサー追跡	・還元土砂の下流河川における流送過程を把握する必要がある場合に実施する（特に砂質以上の場合）		
下流河川	物理環境	河川横断測量	・還元土砂量が多く、下流の河床変動が懸念される場合に実施する
		写真撮影	・調査実施が容易な一方で有意な情報が得られるため、 <u>全てのケースで標準的に実施する</u>
		河床材料粒度分布	・直接的な影響把握のため、 <u>全てのケースで標準的に実施する</u>
		瀬・淵・砂州調査（動態・分布）	・下流河川環境の改善を目的として実施する場合に実施する
		河川地形マップ及び 河床材料マップ	〃
		目視	・調査実施が容易な一方で有意な情報が得られるため、 <u>全てのケースで標準的に実施する</u>
		関連施設の巡視	〃
	生物環境	付着藻類	・土砂還元のインパクトが現れやすい項目のため、 <u>全てのケースで標準的に実施する</u>
		底生動物	〃
		魚類・産卵場	・還元土砂量が多く、影響が懸念される場合に実施する
		植生	〃
	その他	流況	・土砂還元の基本となる重要項目のため、 <u>全てのケースで標準的に実施する</u>
		水質（SS・濁度など）	・直接的な影響把握のため、 <u>全てのケースで標準的に実施する</u>
		底質	・還元土砂量が多く、影響が懸念される場合に実施する
景観		〃	

注) 当該ダムにおける実施条件、実施後の状況、データの蓄積状況などを踏まえ、調査項目は適宜簡略化できるものである。

5.3 置き土に関する調査内容

5.3.1 還元土砂の質

還元土砂については、粒度分布および土質の調査を基本とする。

(1) 粒度分布

還元土砂の粒度分布は、下流河川土砂還元を実施する上で重要な基礎資料であり、測定は、JIS A 1102, JIS A 1204に従って行うものとする。

採取地点・採取方法については、「河川砂防技術基準（案） 調査編（1997年：建設省河川局監修、（社）日本河川協会編）」に準拠。第9章 河口調査 2.6 底質材料調査を参照のこと。

(2) 土質

還元土砂として、直接下流河道へ還元した場合に、濁水やその他の現象を発生させ、かつそれが、下流河道に対して有害であることが懸念される場合には必要に応じて、有機物含有量調査、水溶性成分含有量調査などの土質調査を行い、詳細な成分を把握する。

有機物含有量調査、水溶性成分含有量調査は、「土質試験法（地盤工学会）」に準拠して行う。

5.3.2 土砂流下状況

置き土の流下状況についても調査することを基本とする。

(1) 置き土の流下状況

還元地点における還元土砂の流下状況の把握は、還元土砂が下流河道へ与えた影響を分析する上で、重要な要素であるため、これを把握しておく必要がある。

また、置き土の流下状況のモニタリング結果は、必要に応じて、前述4.4の還元土砂のモデル化へも反映を行うものとする。

1) 写真・ビデオ撮影

還元土砂の流下状況の把握とは、流量と流下土砂量の関係を時系列的に把握することであるが、写真撮影による定点観測、ビデオ撮影観測等により、簡易的手法により行う。

流下土砂量は、砂杭や格子などを予め還元土砂内に設置しておき、撮影記録から、撮影時の水位、流量と合わせて判別する。また、洪水時における置き土の流出をモニタリングできるよう、置き土内にブイを入れたり、洗掘センサーを配置する。また、ビデオ等により流出状況の撮影を計画する。

2) 簡易測量

出水により土砂が流下した場合、出水後に、簡易な測量を行って、流出土砂量を概算する。

(2) 流下土砂の状況

還元地点から流下した土砂の移動範囲を把握することを目的として実施する。粒径毎に移動距離が異なることや複数年に渡って実施する場合には年毎の土砂が混在することに留意する必要がある。

試験方法は、トレーサー材を予め還元土砂に混入しておき、経時的なトレーサーの移動を把握することで移動距離、移動量などを推定するトレーサー追跡試験を基本とする。

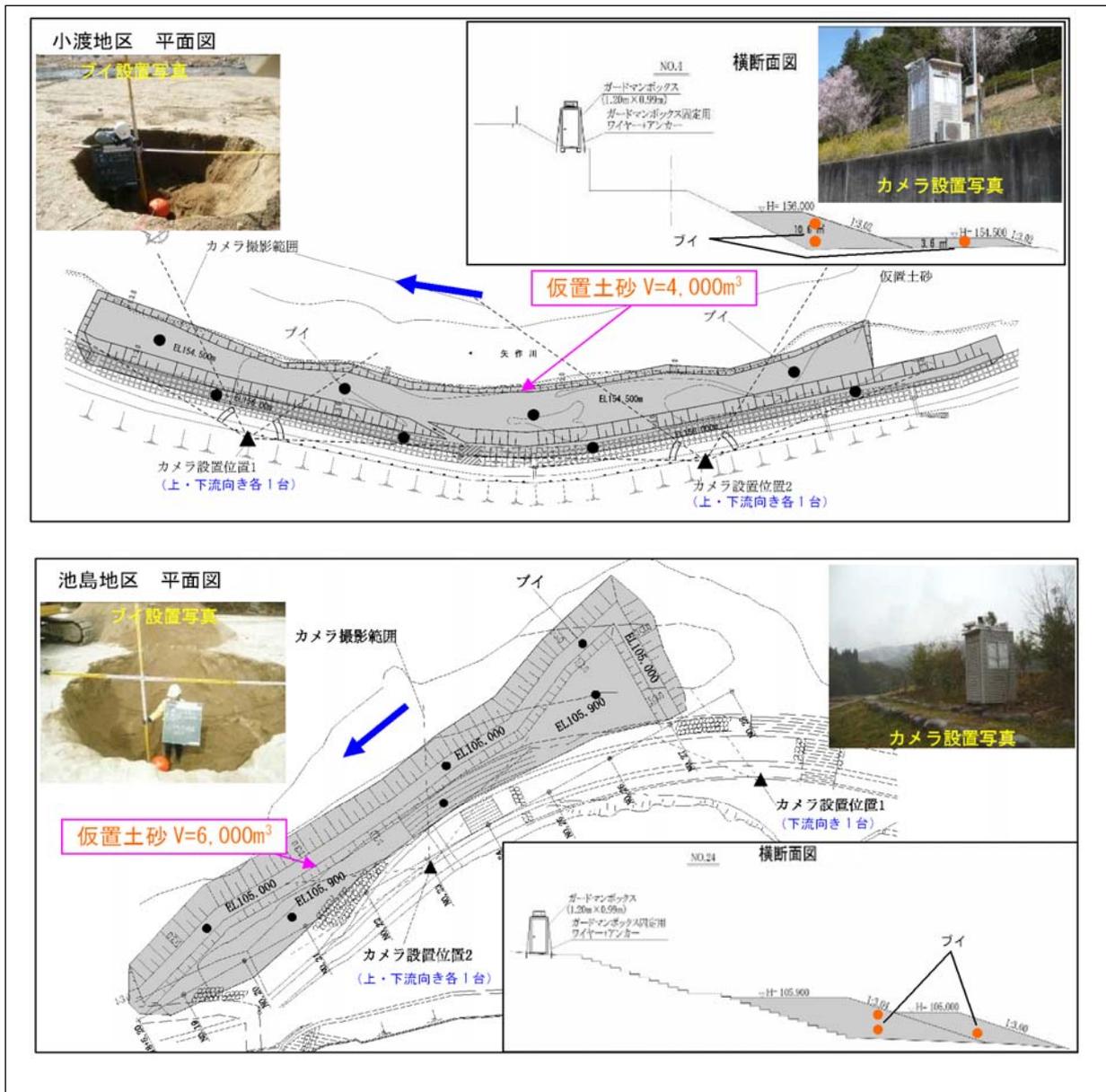
混合しておくトレーサー材としては、次のものが考えられる。

- ・還元土砂と同じ土砂を用いる場合：還元土砂を代表する粒径のものを着色して混合。
- ・還元土砂（河床材料）とは異なる物質を用いる場合：当該流域には存在せず、後の判別・鑑定が容易で、比重、粒度などが類似している岩石などを混合する。

【参考】ブイ標識および自動撮影カメラによる土砂流下状況モニタリング事例（矢作ダム）

出水時に土砂の流下状況をリアルタイムに記録するため、自動撮影するカメラビデオとブイ標識が設置されている。

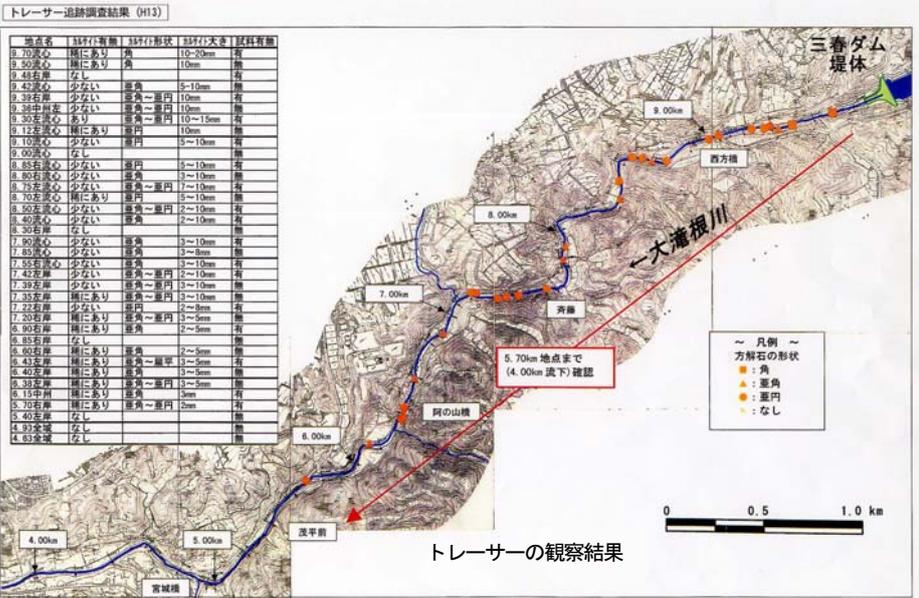
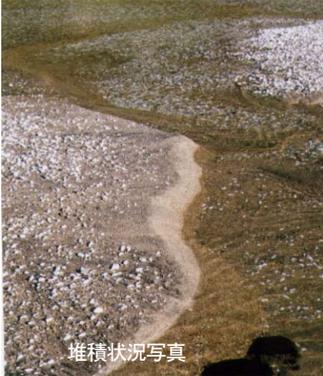
ブイおよびカメラの設置状況



【参考】 三春ダム下流河川還元試験における調査時期と頻度

表5.3-1 トレーサー追跡試験の概要（三春ダム調査事例）

調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・トレーサー追跡調査
調査地点・時期	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂還元地点～赤沼地点 ・3年間投入実施（色を変え識別） ・H11. 6, H12. 11, H13. 11, H14. 11
目的	<ul style="list-style-type: none"> ・投入した土砂の流下範囲を追跡するため
調査方法および評価方法	<ul style="list-style-type: none"> ・調査範囲を踏査し、還元土砂に予め混入した方解石の流下状況を把握する。 ①仮置場で重機により堆積土と混合 ②河道に投入 ③目視または希塩酸による化学反応により流下状況を追跡。 ・仮置き場での混合状況
	<ul style="list-style-type: none"> ・トレーサー：方解石（カルサイト） ・方解石の採用理由：三春ダム下流河川には殆ど分布しておらず鑑定が容易。溶解が少なく水質に影響を与えない。入手が容易、安価。 ・トレーサーの量（投入割合）：100m³（10%） ・トレーサーの比重2.71（石英2.65、長石2.56） ・トレーサーの粒度分布：4～20mm （還元土砂：95%以上が1～4mm） （混入量、粒度の設定根拠については詳細不明）
調査・整理状況	<ul style="list-style-type: none"> ・現地踏査による目視または希塩酸による化学反応により流下状況を追跡（方解石観察結果） ・水中、中州、河岸。河床の表面だけでなく、石の下や中州を掘り返しながら、方解石の有無、大きさ、形状について観察。



5.4 下流河川に関する調査内容

5.4.1 調査範囲

モニタリング調査を実施する範囲は、土砂還元の影響範囲及び目標に対する改善効果が確認できる範囲の両面を総合的に勘案して適切に設定する。

【解説】

ここで、土砂還元の影響範囲とは、還元した土砂の到達域で、かつ有意な影響が想定される範囲である。また、目標に対する改善効果が確認できる範囲とは、土砂還元による改善を期待する範囲を最低限網羅する範囲である。

(1) 影響範囲の推定による設定

ダムによる下流河川への影響が既往調査によって把握されている場合はその影響範囲、影響が把握されていない場合は、ダムの立地条件等から影響範囲を想定して調査範囲を設定する。

なお、影響範囲を踏まえた調査範囲の設定では、モニタリング調査を行いながら、その調査結果に基づく調査範囲の見直しを行っていくことが前提となる。

【参考】

表5.4-1には、ダムの立地条件に応じた調査範囲の考え方を示すとともに、表5.4-2には、前出のダム・河川流域面積比率および延長比率について、土砂還元実績ダムにおける値を示した。

表5.4-1 調査範囲の考え方

ケース	調査範囲の考え方
支川に立地 (その支川の本川に対する支配率が大き、かつ支川内のダム流域の支配率が大き)	・本川合流地点まで (・土砂の連続性が絶たれている施設の直上流まで)
本川に立地 (ダム流域の支配率が大き)	・原則として河川全域 ・ダム流域面積の3倍(3A)となる地点まで (環境影響評価法に基づく水環境の調査予測範囲。あくまでも目安)
本川に立地 (ダム流域の支配率が小)	・主要な支川(土砂供給が多い支川)が合流してくる地点まで
他の河川構造物が存在 (貯留ダムが下流に存在)	・土砂の連続性が絶たれている施設の直上流まで ・貯留ダムの背水区域まで(満砂していないことが条件)

表5.4-2 実施ダムにおける調査範囲とダムの立地条件

ダム名	調査範囲	ダム・本川流域面積比率 (%)	ダム・支川流域面積比率 (%)	ダム・本川流域河川延長比率 (%)	ダム・支川流域河川延長比率 (%)
		A_1/A_3	A_1/A_2	L_1/L_3	L_1/L_2
二風谷ダム	本川	90.0	—	81.3	—
三春ダム	支川	4.2	58.9	15.6	79.0
二瀬ダム	本川	8.8	—	12.5	—
蓮ダム	支川	17.6	81.0	11.2	68.8
真名川ダム	支川	7.6	62.7	8.6	24.1
浦山ダム	支川	1.8	87.0	7.8	84.9
一庫ダム	支川	1.4	88.3	31.7	82.6
下久保ダム	支川	1.9	78.5	16.7	68.8
秋葉ダム	本川	88.2	—	77.6	—
相模ダム	本川	60.5	—	55.9	—
長安口ダム	本川	56.6	—	48.4	—

(2) 目標による設定

土砂還元によって改善を図ろうとする項目・内容について、その効果を評価する地点を設定し、その地点を包括するよう調査範囲を設定する。

なお、目標を考慮した調査範囲の設定では、改善効果について確認・評価できることが必要であるが、そのために、近傍や他支川に類似の河川が存在する場合には、参照河川（あるいは目標河川）として、併せて調査対象とすることが望ましい。

【参考】 調査範囲の考え方（ダム直下に置き土することを前提とした場合）

1) 当該ダムが支川に位置する場合

本川に対する支川流域規模（面積・河川延長。表5.4-2参照）や支川に対するダム流域規模の割合を踏まえて、影響度を勘案する必要があるが、一般的には本川の合流点までとすることが考えられる。

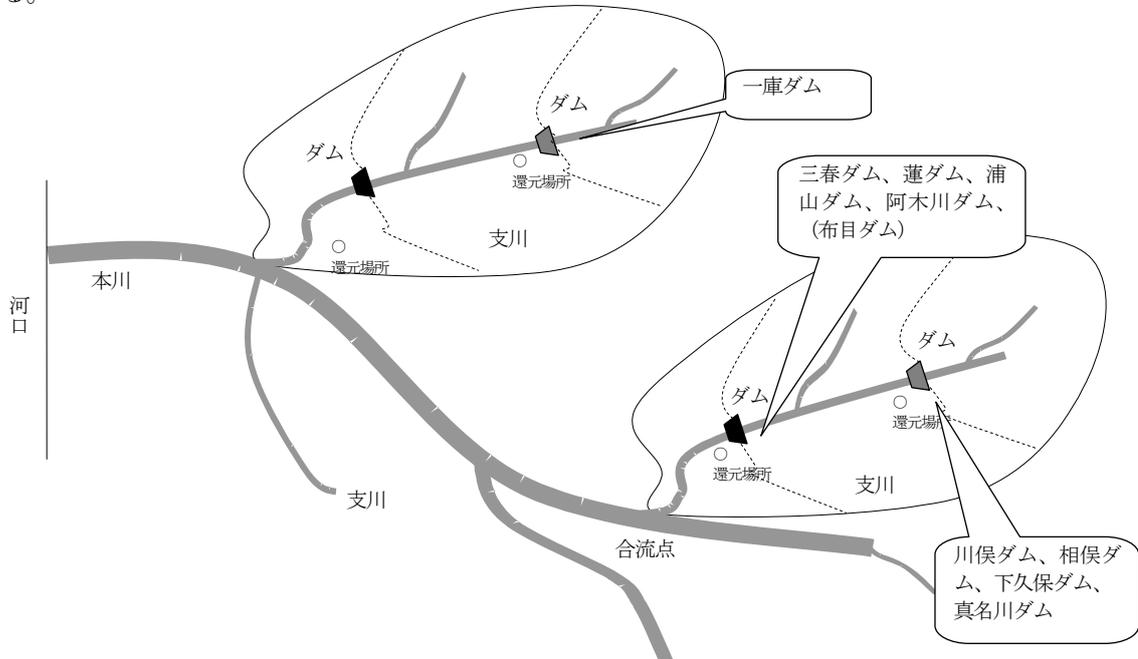


図5.4-1 調査範囲の考え方（その1）

2) 当該ダムが本川に位置する場合

ダム流域と下流域の流域規模（面積・河川延長）割合にもよるが、下流に規模（土砂供給量）の大きい支川がある場合は、その合流地点までとすることが考えられる。また、当該ダムが本川下流部に位置する場合、本川残留域（河口まで）までを調査対象範囲として設定する必要がある。状況によっては、海域まで対象が広がることも想定される。

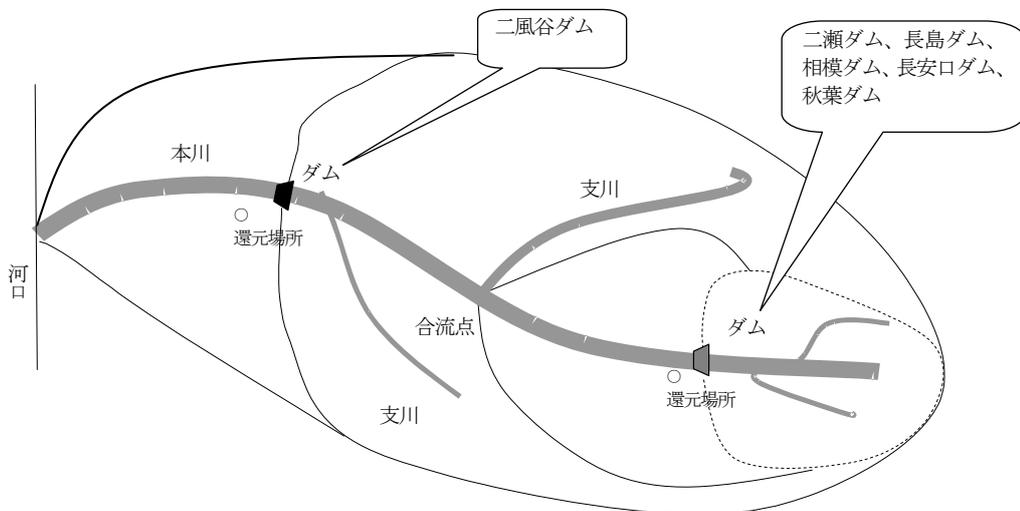


図5.4-2 調査範囲の考え方（その2）

5.4.2 調査地点

調査地点は、還元土砂の量や質、土砂還元の目的、調査目的、調査範囲などを総合的に勘案して、効果的、効率的な地点を設定する。

【解説】

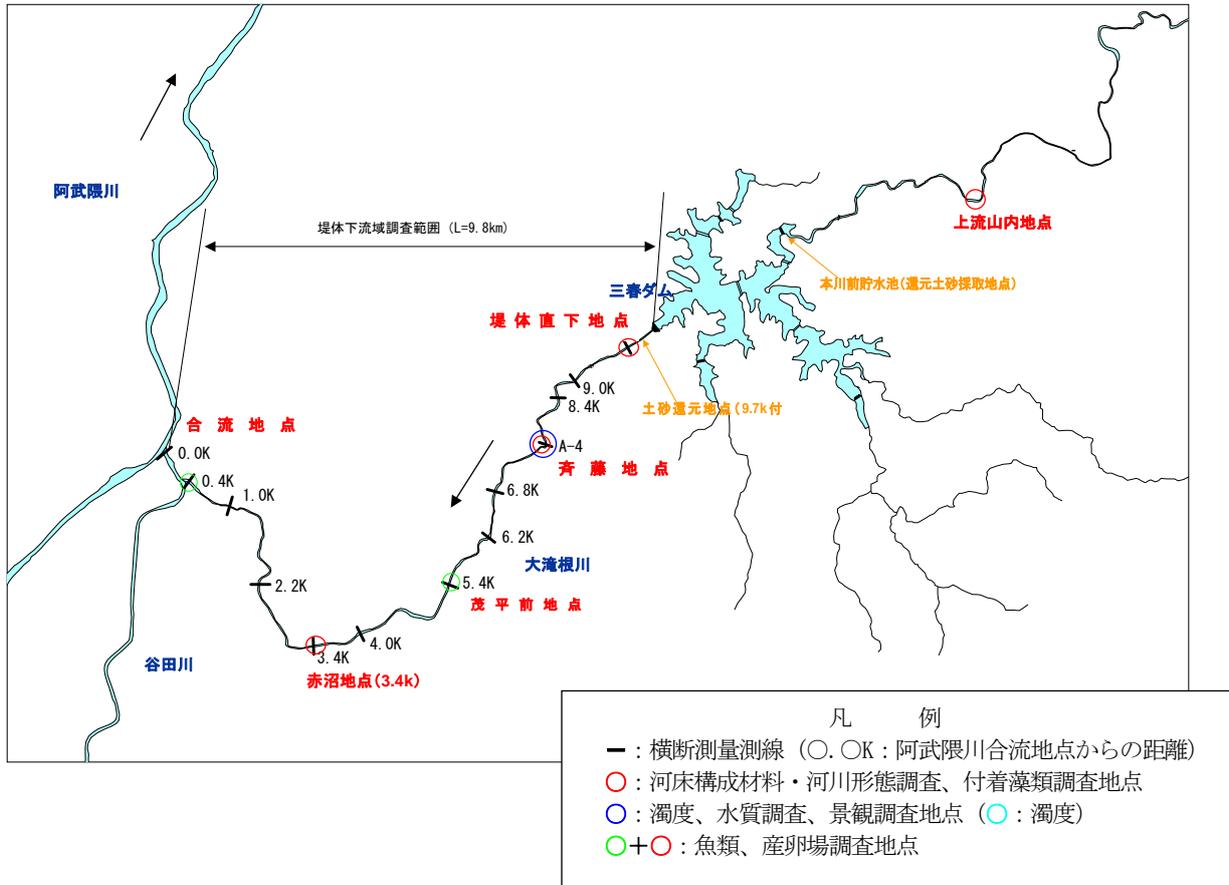
調査地点は、土砂還元の影響を受ける地点と、(類似の特性を有する) 影響を受けないレファレンス地点において設定することが望ましい。下表に示すものを標準的な地点とし、還元土砂の量や質、土砂還元の目的、調査範囲に応じて適宜地点を追加する。

表5.4-3 標準的な調査地点

調査項目		標準的な調査地点
還元土砂	粒度組成 土質	土砂採取地点(仮置き場地点)
土砂流下状況	置き土	置き土地点
	流下土砂	土砂の流下移動が想定される範囲
下流河川の状況	河道	河床高・河床材料などの変化が想定される地点 レファレンス地点
	流況	①置き土地点直下流 ②支川・本川合流点前
	水質	
	底質	
	動植物	①河床高・河床材料などの変化により、動植物の生息・生育環境に影響が想定される地点 ②保護すべき動植物が生息・生育する地点
	景観	景観の変化が想定される地点

※ダム建設以前の状況を把握するため、または、目標河川の参考とするため、近傍河川、他支川において、参照河川が設定可能であれば、それらの河川においても同様の調査を行うことが望ましい。

【 参 考 】 三春ダム下流河川還元試験における調査位置図



地点名		選 定 理 由
下流	赤沼地点 (3.4K)	比較的大きな中州が発達しており、かつ水位観測所が隣接しているため水環境との因果関係を把握することができる。
	齊藤地点 (7.6K)	右岸側に比較的大きな河川敷きが広がっており、試験湛水開始前から調査を実施している。
	堤体直下地点 (-200m)	堤体に隣接した中州が発達しており、試験湛水開始前から調査を実施している。
上流	山内地点	堤体下流域と比較的類似した河床勾配をもった地点であり、試験湛水開始前から調査を実施している。下流の調査地点に対するコントロール地点として設置する。

図5.4-3 三春ダム下流河川還元試験における調査位置図

5.4.3 調査頻度

調査頻度は、還元土砂の量や質、土砂還元の目的、調査目的、調査範囲を総合的に勘案して、効率的、効率的な頻度を設定する。

【解説】

調査頻度は、下表に示すものを標準的な頻度とし、還元土砂の量や質、土砂還元の目的に応じて適宜頻度を増やす。置き土の流出による影響を把握できるよう、事前に環境調査を行う計画とする。季節別の生態系の変化を把握するため、事前調査は遅くとも、置き土する1年前より実施する必要がある。

なお、データの蓄積等により調査目的が達成されれば頻度を見直すこととする。

表5.4-4 標準的な調査頻度（例）

調査項目		標準的な調査頻度		
		実施前調査	定期調査	出水(放流)毎調査
還元土砂	粒度組成 土質	土砂還元前1回	—	—
土砂流下状況	置き土	土砂還元時1回	洪水期前後各1回	洪水(フラッシュ操作含む)毎直後(回数限定)
	流下土砂	—	洪水期前後各1回	洪水(フラッシュ操作含む)毎直後(回数限定)
下流河川の状況	河道	土砂還元前1回	1回/1~5年	置き土流下後
	流況			洪水(フラッシュ操作含む)
	水質			置き土流下前・洪水(フラッシュ操作含む)のピーク時・置き土流下後の3回
	底質			置き土流下後
	動植物			置き土流下後
	景観			置き土流下後

【 参 考 】 三春ダム下流河川還元試験における調査時期と頻度

表5.4-5 三春ダム下流河川還元試験における調査時期と頻度

環境要素	予測評価項目	調査・観測対象項目	第3回 土砂還元		
			平成14年度		
			調査・観測地点	調査時期(頻度)	
			ダム直下～本川合流点	平成11年5月～6月	
① 河川(沿岸域)の形状への影響	河川形状変化	・横断測量	・堤体直下～阿武隈川合流起点 (10km区間)約1km毎13測線	・5/20～21、11/18～20 ・フラッシュ操作期間前後	
		・トレー追跡調査	・投入地点～赤沼地点	・11/7～8 ・フラッシュ操期間後(1回)	
		・河川概査(州、瀬・淵調査)(粒度試験、比重)(河川全景空中写真)	・投入地点～阿武隈川合流点 —	(・H11.5/26, 6/2, 4, 11) ・実験前、1～3次の実施後(計4回)	
	堆砂土の質(粒径)変化	・河床構成材料調査 ・河川形態調査 ・河川水深調査	・山内地点(上流) ・堤体直下(200m) ・斉藤地点(7.6k) ・赤沼地点(3.4k)	・実施前5/17, 21 ・実施後11/20～22(計2回)	
		流況	・流量、流速、水位	・斉藤地点	・水位6/1～11/30
	河床材料変化(産卵環境)	・浮き石割合 ・透水性試験	・堤体直下 ・谷田川合流点 ・茂平前(計3箇所)	・5/24, 6/12, 7/2, 7/6実施前後 ・8/28～9/1実施前後 ・11/27～12/1 同上	
		・トラップ試験	・堤体直下、赤沼 谷田川合流点	・9/27, 11/29実施中	
② 水質への影響	水質変化	・濁度 ・SS ・水温	・斎藤地点 (・西方地点: ダム管理所観測点)	・濁度、水温:6/1～11/30	
		・COD ・クロロフィルa ・フェオフィチン	・斉藤地点 + (pH, EC)	・8/2, 8/9, 8/23, 8/30, 9/13 ・実施前、中、後	
		・DO ・BOD ・pH	—	—	
	景観	・景観調査	・山内地点(上流) ・堤体直下地点 ・斉藤地点 ・赤沼地点、計4地点	・8/2, 8/9, 8/23, 8/30, 9/13 ・実施前、中、後	
③ 生物への影響	動物の生息場所への影響	動物の種類・数の変化	—	—	
	魚介類の生息、場所への影響	魚介類の種類と数の変化	・魚類調査 ・産卵場の調査	・基準4地点 ・茂平前地点5.4k付近 ・谷田川合流地点0.4k ・5/21～23 ・6/12, 13 ・7/1 ・7/7, 8	
	植物の生育場所への影響	植物の種類と数の変化	・植生調査(州)	(・河川概査の一環)	—
	底生動物・付着類の生息・生育場所への影響	底生動物変化	・生物相の把握 ・調査箇所環境	—	—
		付着藻類の変化	・付着藻類調査 付着物のクロロフィルa, 強熱減量の分析試験	・山内地点(上流) ・堤体直下地点 ・斉藤地点 ・赤沼地点、計4地点	・8/9, 8/23, 8/30, 9/13各直前・直後 ・9/19前、9/21後
		・植生指標	・堤体直下・赤沼地点	・9/19前、21後	

5.4.4 下流河川の調査方法

下流河川における、河道の状況、流況、水質、底質、動植物、景観に対して、適切な方法により調査を実施する。

【解説】

以下のとおり、調査を実施するものとする。

(1) 物理環境調査

一般に河道は流水によって運ばれ堆積した土砂により構成されており、出水があればこれらの土砂は再び流送され、上流から流送されてくる土砂に置き換えられる。よって、河川地形は河床高が変化しやすい箇所（淵、川幅が狭くなっている区間の上流部など）や砂州周辺を特に注意深く調査する。

1) 河川横断測量

河床変動量調査においては、縦横断測量調査が基本となる。

「河川砂防技術基準（案）調査編（1997年：建設省河川局監修、（社）日本河川協会編）」第14章 流送土砂調査 2.2 縦横断測量調査を参照して実施する。また、洪水時に堆積した細粒土砂は、その後掃流力により除去され、土砂堆積厚及びその影響が異なってくるので、環境調査と同時にリング法等による土砂堆積厚の調査も行っておく。

なお、恒久的排砂施設による影響を調べるための土砂還元では、実際の排砂量と差があるので、河床変動計算とダム建設前の河川環境調査も含めて影響を類推（外挿）する。

2) 写真撮影

写真撮影による調査では、滯筋や砂州の変化などが平面的、視覚的に捉えられる。なお、空中写真撮影の実施は特に効果が高い。

「河川砂防技術基準（案）調査編（1997年：建設省河川局監修、（社）日本河川協会編）」第21章 測量 第4節 空中写真測量を参考として実施する。

3) 河床材料調査

① 河床材料

河床材料調査は、河道を構成する砂礫の物理的性質のうち、流砂の移動量や河床変動などに最も関係する粒度分布、比重、沈降速度、空隙率などの調査を行うものである。

調査方法は、「河川砂防技術基準（案）調査編（1997年：建設省河川局監修、（社）日本河川協会編）」に準拠。第14章 流送土砂調査 第4節 河床材料調査を参照して実施する。

② 河床構成材料の構成

河床を構成する岩盤・砂礫・砂の面的な分布状況を把握する。

現地における目視（視覚分類）や写真撮影による概査により、情報図として取りまとめ把握する。

③ 礫の分布形態

河床に分布する礫の堆積形態（浮き石・はまり石等）を現地における視覚分類により把握する。

河床に分布する礫は、その堆積形態から、大きく「浮き石」と「はまり石」に大別できる。これらの違いは、粒径の違いと堆積形状および形成される間隙の大小により分類される。

これらの礫の状態は、水域生物の生息に直接関係する。

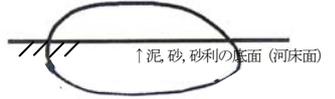
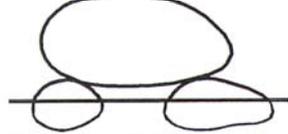
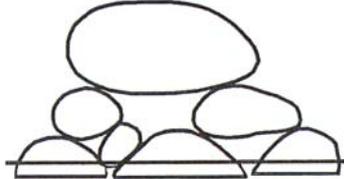
物理的分類	生物学的分類	礫の状態
はまり石 ↑	はまり石	 ↑ 泥、砂、砂利の底面（河床面）
	載り石	
↓ 浮き石	浮き石 (小隙間)	
	浮き石 (大隙間)	

図5.4-4 礫の状態

出典：棲み場所の生態学（竹門ほか、1995）より改写

4) セグメント分類

河床形態を把握する一般的な指標としてセグメント分類を把握する。河道特性把握の単位スケールとして、「セグメント区分」の考え方が多く用いられている。

セグメントは地形区分や河床構成材料、河床勾配等を分類の指標として設定され、河道の物理的な特徴を表す分類方法である。

表5.4-6 各セグメントとその特徴

	セグメントM	セグメント1	セグメント2		セグメント3
			2-1	2-2	
地形区分	山間地		扇状地		デルタ
河床材料の代表粒径 d_R	さまざま	2cm以上	3cm~1cm	1cm~0.3mm	0.3mm以下
河岸構成物質	河床河岸に岩が出てることが多い。	表層に砂、シルトが乗ることがあるが薄く、河床材料と同一物質が占める。	下層は河床材料と同一、細砂、シルト、粘土の混合物。		シルト・粘土
勾配の目安	さまざま	1/60~1/400	1/400~1/5000		1/5000~水平
蛇行程度	さまざま	曲がりが少ない	蛇行が激しいが、川幅水深比が大きいところでは8字蛇行または島の発生。		蛇行が大きいものもあるが小さいものもある。
河岸侵食程度	非常に激しい	非常に激しい	中、河床材料が大きいほうが水路はよく動く。		弱、ほとんど水路の位置は動かない。
低水路の平均深さ	さまざま	0.5~3m	2~8m		3~8m

出典：沖積河川学（山本晃一著）

5) 瀬・淵・砂州調査(動態・分布)

河道に形成される瀬・淵の分布状況を把握する。また必要に応じ、瀬・淵の大きさ（深さ）の把握を行う。

河道においては、先に示したセグメントの分類項目により、流れの速い区間やトロ場といった場が形成される。これらは一般に瀬や淵と称される。瀬や淵は一般に生物の生息場として重要な役割を果たす場合が多いので、この位置及び大きさを整理する。

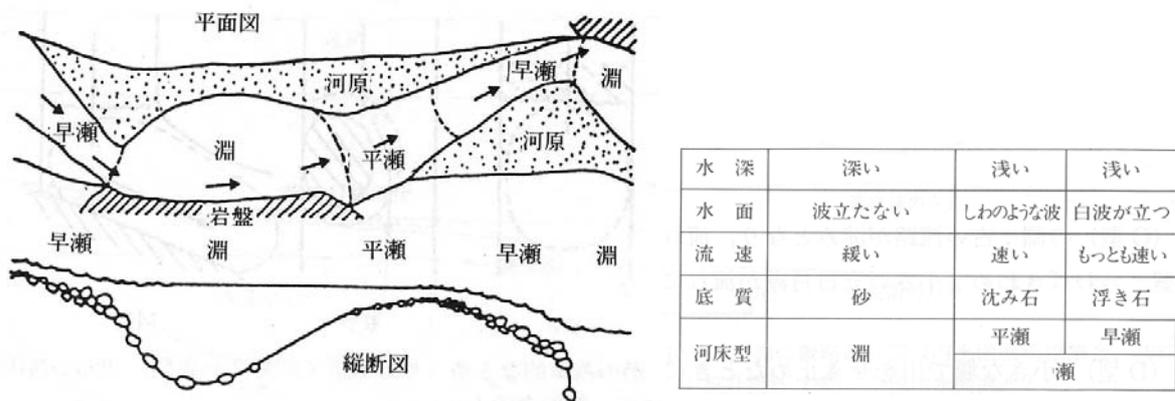


図5.4-5 淵・平瀬・早瀬の模式図とそれぞれの特徴

出典：河川生態環境工学（玉井他, 1993 東京大学出版）

6) 河川地形マップ及び河床材料マップ

土砂供給に伴う河川地形（河床高など）の変化を「河川地形マップ」として整理する。「河川地形マップ」では、早瀬、平瀬、淵の範囲と代表的な地点の水深を示しておく。また、土砂供給に伴う河床材料の変化を「河床材料マップ」として整理する。

① 実施手順

- a. 調査範囲の設定
- b. 現地踏査に基づく「河川地形マップ」、「河床材料マップ」及び縦断図の作成
- c. 土砂還元実施前の評価範囲とリファレンス範囲（ダム無し河川）のマップの対比
 - 現況におけるダム下流環境のダム建設に伴う変化状況の把握
- d. 土砂還元実施後と実施前の評価範囲におけるマップの対比
 - 土砂還元実施による効果、影響の把握

② 実施内容と留意点

a. 調査範囲の設定

事前調査、現地概査に基づき、ダム下流の「評価対象範囲」と、上流もしくは類似河川（支川）の「リファレンス範囲」を選定する。

河床変動計算による予測を行っているダムでは、その結果に基づき、推定影響範囲・効果確認範囲を包括するよう設定することが望ましい。

表5.4-7 調査範囲の目安

ダムの立地条件	ダム下流の「影響評価対象範囲」	リファレンス範囲
支川に立地	・ダム地点から本川合流地点まで (・土砂の連続性が絶たれている施設の直上流まで)	下流河川と類似すると推定される、ダム上流域およびダムのない他支川
本川に立地 (ダム流域の支配率が大)	・原則として下流河川全域 ・ダム流域面積の3倍(3A)となる地点まで(環境影響評価法に基づく水環境の調査予測範囲。あくまでも目安)	
本川に立地 (ダム流域の支配率が小)	・主要な支川(土砂供給が多い支川)が合流してくる地点まで	
他の河川構造物が存在 (貯留ダムが下流に存在)	・土砂の連続性が絶たれている施設の直上流まで ・貯留ダムの背水区域まで(満砂していないことが条件)	

b. 現地踏査に基づく「河川地形マップ」及び「河床材料マップ」の作成

「河川地形マップ」の作成

土砂供給に伴う河川地形（河床高など）の変化を平面図および縦断面図に整理する。

「河床材料マップ」の作成

河床材料マップとは、河床を構成する材料を、巨石（岩盤）、粗石、粗礫、細礫・中礫、中砂・粗砂、細砂、粘土・シルトに分類して、平面的な分布を把握するために整理する情報図である。

専門家による現地概査により、現地での視覚分類、写真判読などにより実施する。

粒径区分は下記のようにし、当該河川範囲の主な粒径を判断し、平面図上に記載する。

表 5.4-8 粒径区分

河床材料の名称	粒 径(mm)
巨礫（岩盤）	256以上
大礫	64～256
中礫	16～64
小礫	2～16
中砂・粗砂	0.25～2
細砂	0.062～0.25
粘土・シルト	0.062以下

調査時期と頻度

「評価対象範囲」、「リファレンス範囲」において、土砂還元の実施前、流下後でそれぞれ作成する。経年的な効果の確認のためには、年に1回の割合で、継続的に実施することが、望ましい。

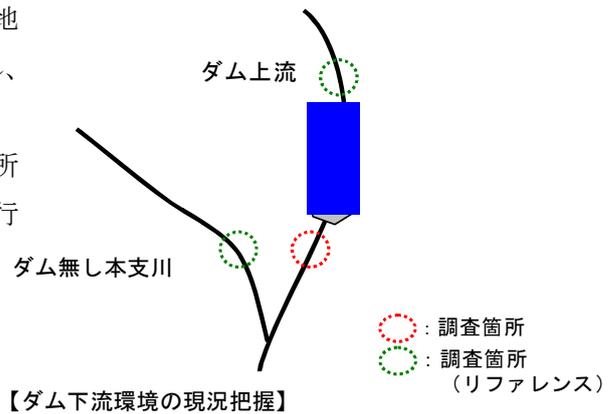
表 5.4-9 調査時期と頻度の目安

調査段階	目的	時期	頻度	調査箇所
i) 還元前の事前調査	ダム建設に伴う下流河川の変化を把握	土砂還元実施前	1回	・下流の「評価対象範囲」 ・「リファレンス範囲」
ii) 土砂還元効果の調査	土砂還元実施による効果、影響を把握	土砂還元実施後で、還元土砂の流下後	1回/年 (土砂還元を毎年実施の場合)	・下流の「評価対象範囲」 ・「リファレンス範囲」

c. ダム下流付近とリファレンス範囲（ダム無し河川）のマップの対比

土砂還元の影響を受けた地点と、リファレンス地点におけるモニタリング調査結果を比較・検討し、時空間的变化を把握する。

これにより、ダム建設の影響と推定される局所的・全体的な粗粒化傾向、細粒化傾向の評価を行う。

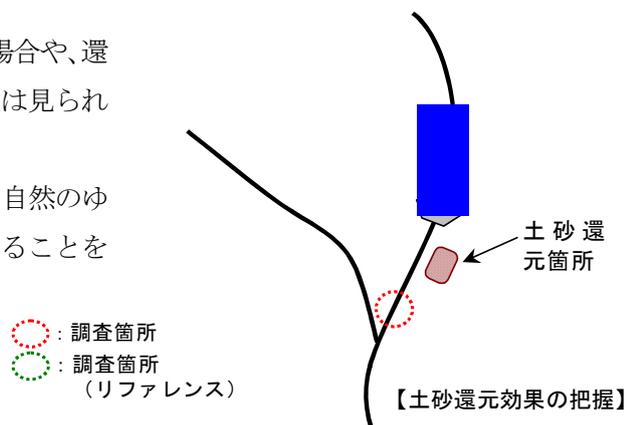


d. ダム下流付近における土砂還元実施前・後のマップの対比

土砂還元実施による効果、影響を視覚的に把握するため、ダム下流付近における土砂還元実施前・後のマップの比較を行う。

河川規模に対して還元土砂量が少ない場合や、還元頻度が少ない場合は、短期間での変化は見られないことも考えられる。

また、変化が生じた場合でも、それが、自然のゆらぎではなく、土砂還元の効果・影響であることを評価する必要がある。



【参考】河床材料マップおよび河道縦断面図の作成例

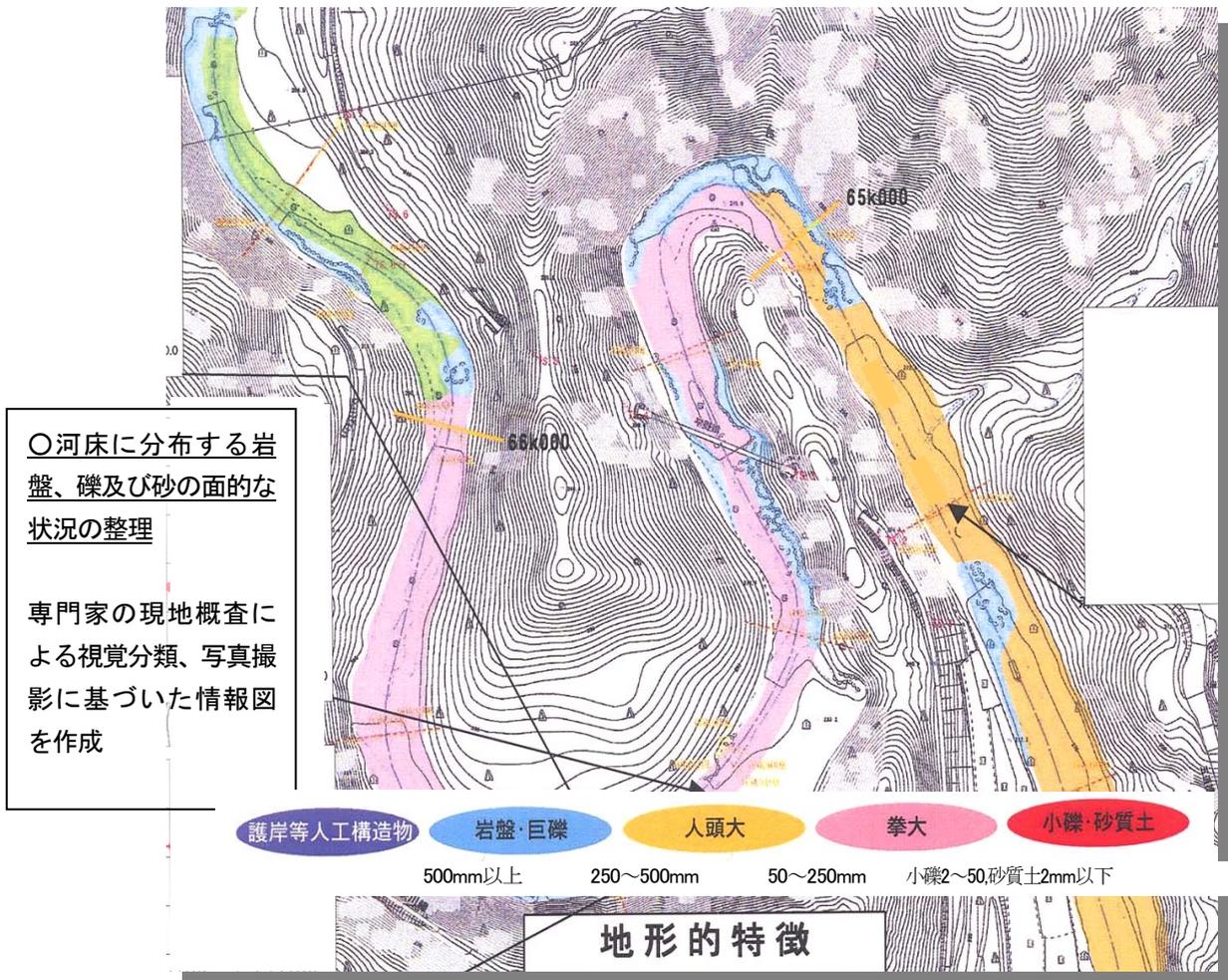


図5.4-6 河床材料マップの作成例

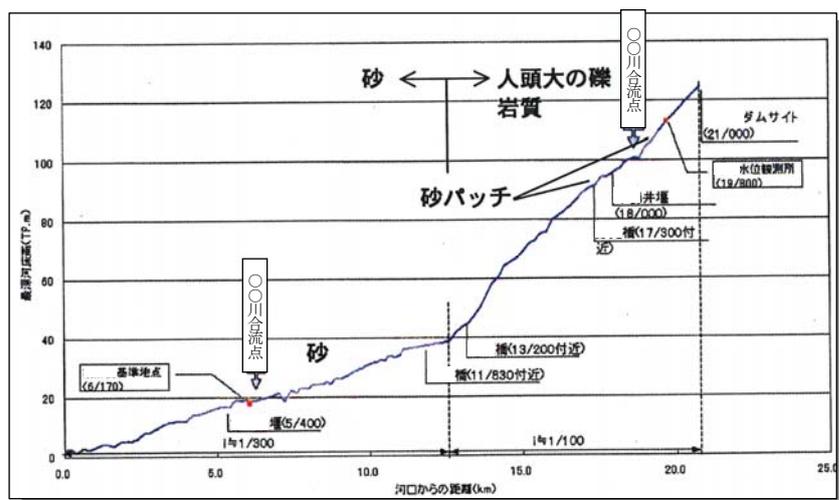


図5.4-7 河道縦断面図の作成例

(2) 生物環境

調査する生態系の対象種は貴重種・代表種とともに、土砂の影響を受けやすい種とするが、特に直接的な影響を受ける付着藻類や底生動物を中心に調査する（例えば、土砂還元により、礫依存の底生動物主体から砂依存の底生動物主体に変化する）。

1) 付着藻類（種構成・現存量）

一般的に、従来の付着藻類に関する調査は、「平成18年度版 河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル（河川版） 国土交通省河川局河川環境課」に準拠して実施する。ただし、この調査手法では、土砂還元による付着藻類のクレンジング効果を定量的に把握することが困難であるため、必要に応じて、後述する三春ダムにおける付着藻類の調査方法事例等を参考にするものとする。

なお、付着藻類やPOM（粒状有機物）は礫の表面だけでなく、礫間も調査するものとし、洪水や排砂による剥離状況を調査すると同時に、剥離後の更新（回復）過程を調査する。

2) 底生動物（種構成・現存量）

「平成18年度版 河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル（河川版） 国土交通省河川局河川環境課」に準拠。調査は、砂のたまり方が①多い所、②少ない所、③ない所の影響を対象に実施する。なお、表層だけでなく、生息環境を左右する河床の間隙にも着目する。調査した底生動物は出現種について生活型の分類を行う。

3) 魚類（種構成・現存量、産卵床）

種構成・現存量については「平成18年度版 河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル（河川版） 国土交通省河川局河川環境課」に準拠。産卵床については、調査地点において目視及び潜水観察等により確認を行う。

4) 植生（植物相・群落組成及び面積）

「平成18年度版 河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル（河川版） 国土交通省河川局河川環境課」に準拠。

また、必要に応じて、冠水箇所（水際）の植生変化を密に調査するものとする。

(3) その他

1) 流況

① 水位

「河川砂防技術基準(案) 調査編 (1997年：建設省河川局監修、(社)日本河川協会編)」に準拠。 → 第2章 水位調査

② 流量

「河川砂防技術基準(案) 調査編 (1997年：建設省河川局監修、(社)日本河川協会編)」に準拠。 → 第3章 流量調査

2) 水質

① 濁り (濁度・SS)

「河川水質試験方法(案) [1997年版] 試験方法編 (1997年：建設省河川局監修、建設省建設技術協議会水質連絡会・(財)河川環境管理財団編)」に準拠。ただし、細粒土砂の粒度も調査する必要がある場合は、自動採水装置を用いて観測を行うものとし、観測したSSは流量データとともに、時間的な変化状況を整理する。

② 生活環境 (pH・BOD・COD・DO・大腸菌群数)

上記の「①濁り」と同様。

③ 富栄養化 (T-N・T-P・Chl. a・TOC・フェオフィチン)

上記の「①濁り」と同様。

④ その他 (水温・電気伝導度)

上記の「①濁り」と同様。

3) 底質

① 有機物 (強熱減量・COD・T-N・T-P・TOC・ORP)

「改訂版 底質調査方法とその解説 (昭和63年：環境庁水質保全局水質管理課編) もしくは「土壌養分分析法 (昭和45年：土壌養分測定法委員会編)」に準拠。

② 有害物質 (硫化物・2価鉄・その他)

上記の「①有機物」と同様。

③ 粒度試験

前項「(1) 物理環境調査」の「(3) 河床材料調査」と同様。

④ 河床礫、巨石などの汚れ

各調査地点において、目視により河床礫・巨石などの汚れの状態について記録を行う。また必要に応じて写真撮影も行う。

4) 景観調査

景観調査は、「河川砂防技術基準(案) 調査編 (1997年：建設省河川局監修、(社)日本河川協会編)」 第18章 河川環境調査 第3節 景観調査を参照して実施する。

【 参 考 】 三春ダムの調査事例

表5.4-10 河川概査調査の概要（三春ダム調査事例）

調査・観測項目	・河川概査
調査地点・時期	・土砂還元地点（9.7K付近）から阿武隈川合流点まで ・H11（放流前後）のみ
目 的	
調査方法および評価方法	<ul style="list-style-type: none"> ・州の調査：縦断方向長さ3mを越える州を対象に形状（拡大・縮小）、高さ（堆砂・侵食）を把握。代表地点で粒度、比重試験。 ・植生の調査：州の植生を調査票に整理。 河岸の代表的植生（ツルヨシ、ヤナギ類）は1/5,000平面図に整理。 ・瀬・淵の調査：瀬および淵の分布を1/5,000平面図に整理。
調査・整理状況	<ul style="list-style-type: none"> ・概査区間を以下のように分割 A区間：10.0～7.1km、B区間：7.1～4.6km C区間：4.6～1.38km、D区間：1.38～0.0km

表5.4-11 全景空中写真撮影の概要（三春ダム調査事例）

調査・観測項目	・河川全景空中撮影												
調査地点・時期	・土砂還元地点（9.7K付近）から阿武隈川合流点まで（H12のみ） ・放流の前後												
目 的	・空中写真により砂礫堆等の変遷を把握する。												
調査方法および評価方法	<ul style="list-style-type: none"> ・高度約2kmからセスナにより撮影し、砂礫堆や河川敷の変遷の状態等を把握。 ・以下の6区間に分割して撮影。 <table border="1" style="float: right; margin-left: 20px;"> <tr> <td>A区間</td> <td>堤体付近～8.0km 付近</td> </tr> <tr> <td>B区間</td> <td>9.5km 付近～6.8km 付近</td> </tr> <tr> <td>C区間</td> <td>7.0km 付近～4.0km 付近</td> </tr> <tr> <td>D区間</td> <td>5.4km 付近～2.2km 付近</td> </tr> <tr> <td>E区間</td> <td>4.0km 付近～1.0km 付近</td> </tr> <tr> <td>F区間</td> <td>2.2km 付近～阿武隈川合流点付近</td> </tr> </table>	A区間	堤体付近～8.0km 付近	B区間	9.5km 付近～6.8km 付近	C区間	7.0km 付近～4.0km 付近	D区間	5.4km 付近～2.2km 付近	E区間	4.0km 付近～1.0km 付近	F区間	2.2km 付近～阿武隈川合流点付近
A区間	堤体付近～8.0km 付近												
B区間	9.5km 付近～6.8km 付近												
C区間	7.0km 付近～4.0km 付近												
D区間	5.4km 付近～2.2km 付近												
E区間	4.0km 付近～1.0km 付近												
F区間	2.2km 付近～阿武隈川合流点付近												
調査・整理状況	<p>（拡大版の写真により判定）</p>												
	写真-3.3.1 A区間の空中写真（フラッシュ操作前）												

表5.4-12 河床構成材料調査の概要（三春ダム調査事例）

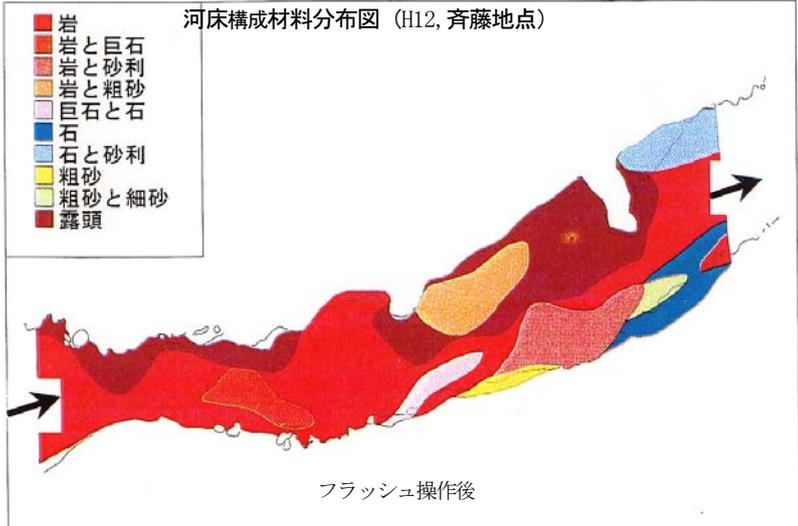
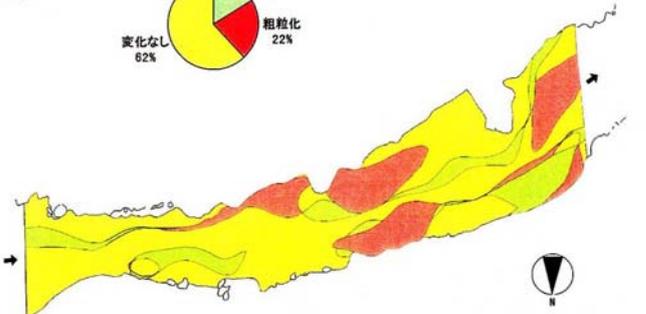
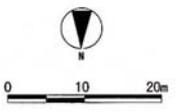
調査・観測項目	<ul style="list-style-type: none"> 河床構成材料 																		
調査地点・時期	<ul style="list-style-type: none"> 山内地点・堤体直下地点・斉藤地点・赤沼地点（以上計4地点） 事前H9.4、H10.5 放流期間前5月、後11月 																		
目的	<ul style="list-style-type: none"> 代表地点における河床構成材料および河川形態、水深の分布状況の変化を追跡する。 河床構成材料は底生生物の生息環境と密接な関係がある。 																		
調査方法および評価方法	<ul style="list-style-type: none"> 各地点において、流路長40～50m、流路幅15～20mの範囲で河床構成材料分布図を作成。 調査地点に5m間隔の測線（縦断）を設置1m間隔（横断）で河床構成材料を測定。（測点付近で判断） 表-1 河床構成材料の区分（水生昆虫と河川形態（谷田・竹門, 1993）をもとに作成） <table border="1" data-bbox="502 660 869 907"> <thead> <tr> <th>底質の名称</th> <th>粒 径 (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>露頭※</td> <td>500<</td> </tr> <tr> <td>岩</td> <td>500<</td> </tr> <tr> <td>巨石</td> <td>250～500</td> </tr> <tr> <td>石</td> <td>50～250</td> </tr> <tr> <td>砂利</td> <td>4～50</td> </tr> <tr> <td>粗砂</td> <td>1～4</td> </tr> <tr> <td>細砂</td> <td>0.125～1</td> </tr> <tr> <td>泥</td> <td><0.125</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="909 817 1407 884">※500mm以上の基盤岩の露頭部、もしくは一枚岩が広く河床を覆っているものを「露頭」と区分</p>	底質の名称	粒 径 (mm)	露頭※	500<	岩	500<	巨石	250～500	石	50～250	砂利	4～50	粗砂	1～4	細砂	0.125～1	泥	<0.125
底質の名称	粒 径 (mm)																		
露頭※	500<																		
岩	500<																		
巨石	250～500																		
石	50～250																		
砂利	4～50																		
粗砂	1～4																		
細砂	0.125～1																		
泥	<0.125																		
調査・整理状況	<p data-bbox="662 963 1029 996">河床構成材料分布図（H12, 斉藤地点）</p>  <p data-bbox="798 1433 957 1467">フラッシュ操作後</p> <p data-bbox="534 1534 614 1568">凡 例</p> <ul data-bbox="534 1568 614 1635" style="list-style-type: none"> 細粒化 粗粒化 変化なし  <p data-bbox="742 1590 933 1713"> 細粒化 16% 粗粒化 22% 変化なし 62% </p> <p data-bbox="566 1971 893 2004">※フラッシュ操作期間前後での変化</p> 																		

表5.4-13 河川形態・水深調査の概要（三春ダム調査事例）

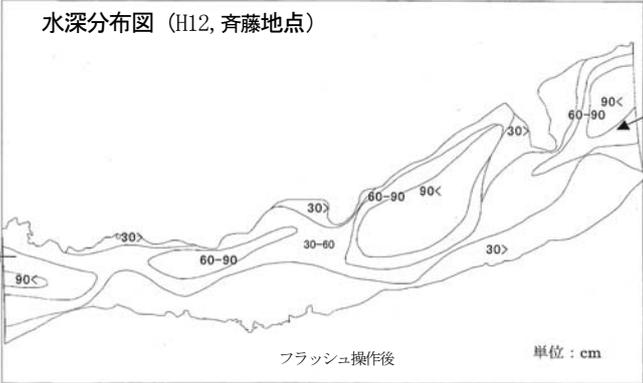
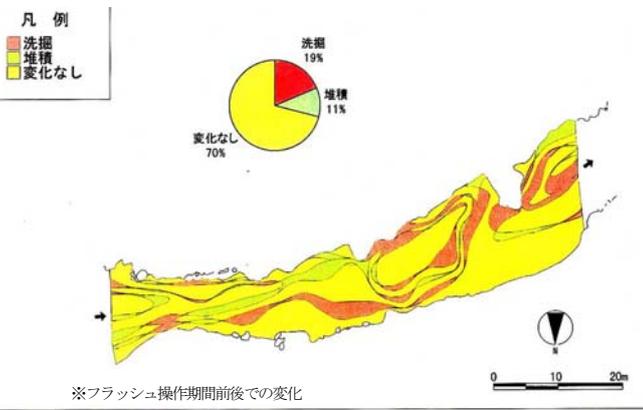
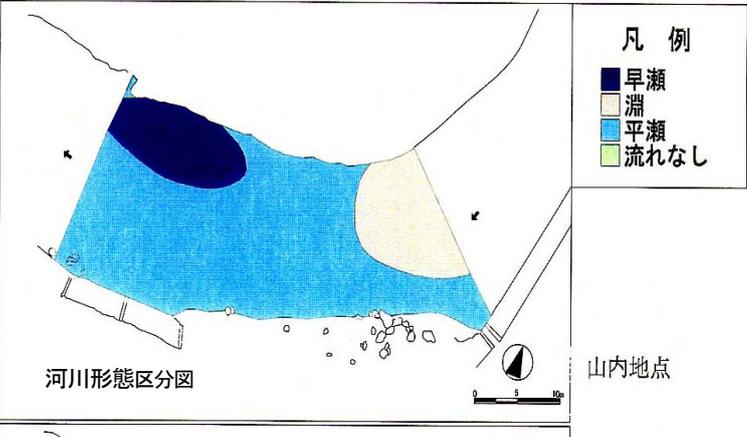
調査・観測項目	<ul style="list-style-type: none"> 河川形態調査 河川水深調査
調査地点・時期	<ul style="list-style-type: none"> 山内地点・堤体直下地点・斉藤地点・赤沼地点（以上計4地点） 事前H9.4、H10.5 放流期間前5月、後11月
目的	<ul style="list-style-type: none"> 代表地点における河床構成材料および河川形態、水深の分布状況の変化を追跡する。 河床構成材料は底生生物の生息環境と密接な関係がある。
調査方法および評価方法	<ul style="list-style-type: none"> 範囲、測線は、河床構成材料と同じ。 河川形態区分：平瀬・早瀬・淵（測点付近で判断） 水深分布区分： ①30cm未満 ②30～60cm ③60～90cm ④90cm以上 の4段階（測点で計測）
調査・整理状況	<div style="text-align: center;"> <p>水深分布図（H12, 斉藤地点）</p>  <p>フラッシュ操作後 単位: cm</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> 洗濯 (Red) 堆積 (Yellow) 変化なし (Green)  <p>洗濯 19% 堆積 11% 変化なし 70%</p> <p>※フラッシュ操作期間前後での変化</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>河川形態区分図</p>  <p>山内地点</p> </div>

表5.4-14 濁度・水温調査の概要（三春ダム調査事例）

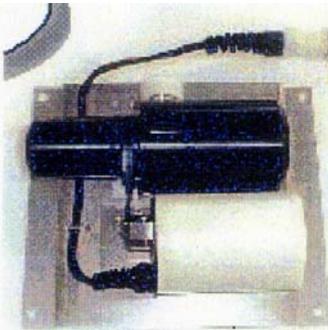
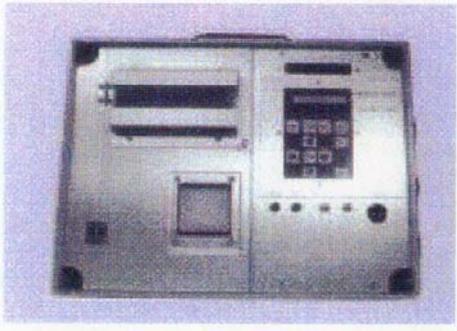
調査・観測項目	・濁度・水温															
調査地点・時期	・斎藤地点 ・フラッシュ操作前・中・後（30分間隔連続）															
目的	・土砂還元が及ぼす水環境への影響を把握するため。															
調査方法および評価方法	（濁度：現地） ・自動記録濁度計（CTIサイエンス製C105F型、水温センサー付）を河床に設置し、測定間隔30分（一部期間10分）の連続観測 ・カオリン標準液で校正															
調査・整理状況	<p style="text-align: center;">表-3.6 C105F型精密自記水温・積分球濁度計の仕様</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>測定方式</th> <th>測定範囲</th> <th>精度</th> <th>最小表示</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水温</td> <td>半導体</td> <td>-5～+50℃</td> <td>±0.2℃</td> <td>0.1℃</td> </tr> <tr> <td>濁度</td> <td>積分球</td> <td>0～500 mg/L</td> <td>±2%</td> <td>0.1 mg/L</td> </tr> </tbody> </table> <p>注）濁度の計測値の表示は700mg/Lまで</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">濁度計</p>	項目	測定方式	測定範囲	精度	最小表示	水温	半導体	-5～+50℃	±0.2℃	0.1℃	濁度	積分球	0～500 mg/L	±2%	0.1 mg/L
項目	測定方式	測定範囲	精度	最小表示												
水温	半導体	-5～+50℃	±0.2℃	0.1℃												
濁度	積分球	0～500 mg/L	±2%	0.1 mg/L												

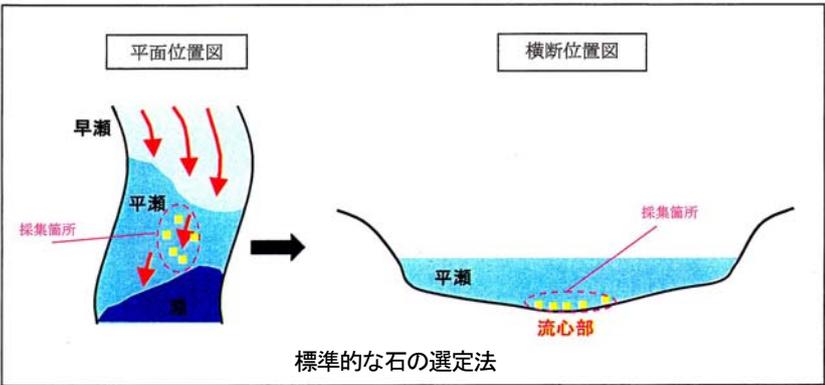
表5.4-15 SSその他水質調査の概要（三春ダム調査事例）

調査・観測項目	・SS濃度・COD・クロロフィルa・フェオフィチン・pH
調査地点・時期	・斎藤地点（・西方地点：管理所観測点） ・フラッシュ操作の直前、放流中、放流の直後
目的	・土砂還元が及ぼす水環境への影響を把握するため。
調査方法および評価方法	（SS） ・放流のピーク時、放流の原則3日後（通常放流時）に河川水を採取し、環境庁告示第59号に従って、室内分析を行う。 ・放流量が1.2～1.8m ³ /s程度で独立する「よどみ」において、現地採水。
調査・整理状況	 <p style="text-align: center;">水質計測状況</p>

表5.4-16 魚類・魚類産卵場調査の概要（三春ダム調査事例）

調査・観測項目	<ul style="list-style-type: none"> ・魚類調査 ・魚類産卵場の調査
調査地点・時期	<ul style="list-style-type: none"> ・山内地点・堤体直下地点・斉藤地点・赤沼地点・茂平前地点5.4K付近 ・谷田川合流地点0.4K
目的	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂還元が及ぼす魚類への影響を把握するため。
調査方法および評価方法	<p>(魚類調査)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・投網, タモ網, セルビンを用いて魚介類を捕獲。種別の個体数、体長計測、写真撮影 ・投網：2種類の目合い、各地点10回 ・タモ網：各地点2人で30分 ・セルビン：サナギ粉を使用し30分仕掛けた <p>(産卵場調査)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・箱めがね、タモ網、素手により河床に卵があるか確認。 ・産卵場の状況を撮影、浮石割合、水深流速の調査
調査・整理状況	 <p>魚類捕獲状況</p>

表5.4-17 付着藻類調査の概要（三春ダム調査事例）

調査・観測項目	<ul style="list-style-type: none"> ・付着藻類調査 (付着物のクロロフィルa, 強熱減量の分析試験)
調査地点・時期	<ul style="list-style-type: none"> ・山内地点・堤体直下地点・斉藤地点・赤沼地点（以上計4地点） ・フラッシュ操作の直前・直後
目的	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂還元が及ぼす付着藻類への影響を把握するため。 ・フラッシュ操作による掃流効果を把握するため
調査方法および評価方法	<ul style="list-style-type: none"> ・標準的な石（10-30cm）を5つ選定し、表面の付着物を5×5cmブラシでこすり取り、付着物のクロロフィルa, 強熱減量の分析試験。 ・種同定、現存量 ・AI値、濁度指数についても算出。
調査・整理状況	 <p>標準的な石の選定法</p>

第6章 調査結果の分析・評価

6.1 調査結果の分析・評価項目

下流河川土砂還元の実施にあたっては、その安全性と目標に対する改善効果を確認するために、実施年度毎に調査結果の分析・評価を行う。さらに分析・評価を踏まえ、必要に応じて土砂還元の実施計画およびモニタリング調査計画の見直し（順応化）を図り、継続的な効果発現に努める。

【解説】

下流河川土砂還元は、貯水池の堆積土の一部を下流河川に還元することにより、堆積土砂を効率的に処理するとともに、ダムが無ければ本来補給されるべき下流河川に対し、土砂に起因する環境の保全を目的としていることから、実施後には下記事項の安全性と改善効果を分析・評価することが必要である。分析評価の項目は以下に示すものを基本とする。

- 1) 安全性の分析・評価
- 2) 土砂還元効果の分析・評価
 - ・改善効果の分析・評価
 - ・目的の妥当性
 - ・下流河川土砂還元の実施計画の妥当性
 - ・モニタリング調査計画の妥当性
- 3) その他（各ダムで必要に応じて項目設定）

6.2 安全性の分析・評価

実施した下流河川土砂還元について、下流河川における安全性の観点から、モニタリング調査結果等の分析・評価を行う。

【解説】

下流河川土砂還元の実施結果に基づく、安全性の分析・評価の項目は以下に示すものを基本とする。

- ・下流河道における土砂堆積に伴う治水安全度への影響
 - ・下流河道における利水・治水施設への影響
 - ・下流河道における濁水による影響
 - ・その他、実施時における想定外の事態
- （予め、これらに配慮して還元土砂量を少量、または質を粗砂に設定した場合について対象とする）

【参考】

表6.2-1 実施例にみる土砂還元前の懸念と還元後の問題

土砂還元前の懸念	<ul style="list-style-type: none">・ダム直下流の中州に、昆虫の貴重種が確認されている。(河川水国調査) そのためもあり、流下能力が不足するが、河道掘削が行えない状況にある。・漁協との調整が難航(人工的な濁水として反対。)・下流河川の流下能力不足が懸念。・下流に発電あるいは逆調節ダムがあり、そこへの堆砂が懸念。・取水堰取水口の閉塞が懸念。・元々濁水の長期化という課題があるダムで、土粒子が非常に細かい。このため土砂の採取や還元時に濁水を発生させる恐れがある。
実施時の問題	<ul style="list-style-type: none">・置き土場所を整地した際、整地箇所車両が乗り入れられ、キャンプが行われた。
土砂還元後の問題	<ul style="list-style-type: none">・土砂還元地点下流に水道取水口があり、流下した土砂が閉鎖してしまった。・土砂還元時に濁水を出してしまい、水道事業者に注意された。・還元土砂は流下したが、還元直下の河床で土砂が堆積し、後日河床整理要望が地元自治体からなされたため、河床整理を実施した。(但し、土砂還元による影響かどうかは明らかではない。)

6.3 土砂還元効果の分析・評価

下流河川土砂還元の目標に対するダム下流の「河川環境の保全」の効果について、モニタリング調査結果等から分析・評価する。

【解説】

1) 土砂還元による効果の分析・評価

土砂還元の効果の分析・評価は、実施計画に従った土砂還元とモニタリング調査が前提であることから、まず、計画に従って実施できているか確認し、評価を行う。

効果については、調査の結果から、想定した改善効果が現れているか分析・評価を行う。なお、生物を活用目的の対象にしており、年変動の影響やフラッシュ操作などと土砂還元による効果が分離できない場合は、正確な評価が行えない場合もあり、その旨を記す。

また、安全性についても調査結果を分析し、弊害の発生の有無、状況等をまとめ、評価を行う。

以上について整理した例を表6.3-1に示す。

既往の土砂還元実施事例のうち、生物環境の改善に関する目的で最も多かった魚類の生息場の環境改善について例示した。

表6.3-1(1) 土砂還元による効果の分析・評価(1/2)

ダム名	〇〇ダム	実施年度	平成16年度	頁	1 / 2	
目 標	・魚類（アユ）の餌環境の改善					
A欄 還元土砂の実施状況						
実 施 要 領	分析項目	計 画	実 績	概 要	評 価	
	還元時期	3月下旬	3月下旬	アユの放流前に餌となる付着藻類を更新させるため、3月下旬に土砂還元を実施した。	○	計画通り実施できた。
	還元場所	〇〇ダム下流2km	〇〇ダム下流2km		×	
	還元土砂量	3,000m ³	1,500m ³			
	還元方法	自然出水に伴う還元	3～4月の融雪出水			
	還元土砂の流下状態	置き土地点より下流約3km程度	置き土地点より約2.8km下流		アユの主要な生息場所である区間を流下させた。	○
調 査 計 画	調査項目	1 標準項目に係る調査	計画通り実施		○	計画通り実施できた。
		2. 魚類調査（種類、個体数、全長、体長、個体重量、胃の内容物）	胃の内容物調査だけ実施せず、はみ跡調査を加えた。		×	胃の内容物調査は実施しなかったが、はみ跡調査を行った。定性的な状況が確認できた。
		3. 付着藻類調査	計画通り実施		○	計画通り実施できた。
	調査地点	還元場所下流の1地点(約500m下流)	計画通り実施	土砂還元場所から500m下流の1地点で実施した。	○	計画通り実施できた。
	調査時期	土砂還元前・還元後	土砂還元前・還元後	還元前(3/15)、還元後(7/10)に実施した。	○	計画通り実施できた。

表6.3-1(2) 土砂還元による効果の分析・評価(2/2)

ダム名	〇〇ダム		実施年度	平成16年度	頁	2 / 2
B欄 土砂還元目的の達成度						
モニタリング調査結果	分析項目	目標	調査結果の概要		評価	
	付着藻類の剥離・更新状況	礫に付着している藻類のフラッシュ	礫に付着していた藻類の剥離・更新が進んでいる様子が確認できた。		◎	サンプリング対象とした礫に付着した藻類の約30%の剥離・更新が確認された。
	アユの採餌状況	アユの採餌行動の活発化	アユのはみあとの拡大が確認された。		○	はみ跡が広がったことが確認できた。
	総合評価		採餌行動については定量的な評価ができなかったが、付着藻類の剥離・更新効果が確認でき、還元効果は達成できたと判断できる。		◎	
C欄 土砂還元実施に伴う安全度						
モニタリング調査結果	分析項目	弊害となる場合	実績		評価	
	濁度	土砂還元により25mg/l以上になる。	還元開始時にやや高く10mg/l、降雨時に20mg/l程度になった。		○	還元開始時に一時上昇したが、25mg/l以上になることはなかった。
	その他	想定していなかった弊害が発生した。	土砂還元について苦情が上がることはなく、濁度以外についても弊害の発生は確認されなかった。		◎	弊害は発生しなかった。
	総合評価		弊害の発生は確認されなかった。		◎	

欄	A	B	C
◎	計画以上であった	目標に十分達した	弊害が発生しなかった
○	計画通りであった	概ね目標に達した	軽微な弊害で止まった
×	計画通りでなかった	目標に達しなかった	弊害が発生した

2) 土砂還元目的・土砂還元実施方法・調査計画の妥当性

土砂還元の結果から、設定した目的、実施方法、調査計画の妥当性を以下の項目に留意して確認し、課題を抽出する。課題については6.4で今後の対応方針を検討する。

表6.3-2 目標、実施方法、調査計画の妥当性についての検討項目と検討例

事項	検討項目	結果	課題の有・無	課題
目的	目的に設定したダム下流河川の課題が発生していた。	例) ダム下流の止水域には有機物が浮遊していた。	有・ <input checked="" type="checkbox"/>	なし
		例) 活用期間は当該地の対象魚の遡上期間であり、適切であった。	有・ <input checked="" type="checkbox"/>	なし
実施方法	①フラッシュ操作が実施できた。	例) 計画していた活用期間のうち5割程度実施できた。	<input checked="" type="checkbox"/> ・無	例) 活用容量が不足していた。
	②フラッシュ操作パターンが適切であった。	例) 腐敗したよどみ水を流掃するためフラッシュ操作20m ³ /s、1時間を隔週実施した。 フラッシュ操作実施によりよどみ水は流掃できたが、1週間経つとよどみ水が腐敗し、異臭を放っていた。	有・ <input checked="" type="checkbox"/>	なし
	③実施流量が適切であった。		有・ <input checked="" type="checkbox"/>	なし
	④実施頻度が適切であった。		<input checked="" type="checkbox"/> ・無	例) 設定した実施頻度が不足していた。
	⑤弊害が起きなかった。	例) フラッシュ操作により下流河川の水温が10℃程度低下した。	<input checked="" type="checkbox"/> ・無	例) 流下水が低温であった。
調査計画	①調査項目は適切であった。	例) 操作実施前・中・後に3回実施した。	有・ <input checked="" type="checkbox"/>	なし
	②調査時期は適切であった。	例) 操作実施前と実施中の調査間に出水があり、フラッシュ操作による効果を把握できなかった。	有・ <input checked="" type="checkbox"/>	例) 調査間隔はとくに長くなり課題は見当たらない。天候による問題であり、やむをえない。
	③調査回数は適切であった。	例) フラッシュ操作実施前・中・後に3回実施し、効果が確認できた。	有・ <input checked="" type="checkbox"/>	なし
	④調査手法は適切であった。	例) 魚類の遡上状況を確認するため、遡上阻害断面の水量の調査、魚類調査を行った。魚類調査で潜水目視確認を行ったが、フラッシュ操作による濁りが強く確認できなかった。	<input checked="" type="checkbox"/> ・無	例) 調査手法が適切でなかった。
	⑤調査地点は適切であった。	例) 調査地点は活用目的に設定した課題が発生している箇所であった。	有・ <input checked="" type="checkbox"/>	なし

6.4 今後の対応

土砂還元の実施年毎に、調査結果の分析・評価結果に基づき、次年度以降の土砂還元を実施するにあたり改善が必要と考えられる課題を整理し、今後の対応方針について検討する。

【解説】

「6.2 安全性の分析・評価」、「6.3 土砂還元効果の分析・評価」において、実施年毎に当該ダムおよび河川における土砂還元に伴う安全性および土砂還元効果の課題が抽出される。

次年度以降に実施する土砂還元では、これら課題を克服する実施方法や調査方法の検討を行って、反映させていくことが重要である。

そもそも、下流河川土砂還元は、その手法の当該ダムおよび河川への試行的な順応化を目指す手法であり、重要なことは現場の状況変化に対応していくことである。