

報告

大井川流砂系における 総合的な土砂管理の取り組み

INTEGRATED SEDIMENT MANAGEMENT APPROACHES
FOR THE OIGAWA RIVER SEDIMENT SYSTEM

田方	俊輔	日本工営株式会社	流域水管理事業本部	河川計画部
秋田	麗子	日本工営株式会社	流域水管理事業本部	
流川	遥平	日本工営株式会社	名古屋支店	国土保全部
西脇	彩人*	国土交通省	国土技術政策総合研究所	土砂災害研究部 砂防研究室
高橋	正信*	国土交通省	中部地方整備局	富士砂防事務所

* 元 国土交通省 中部地方整備局 静岡河川事務所

1. はじめに
2. 第一版計画の概要
3. 第二版計画策定に向けた検討
4. 結論

1. はじめに

2. 第一版計画の概要

3. 第二版計画策定に向けた検討

4. 結論

1. はじめに

総合的な土砂管理とは、山地から海岸まで土砂が異動する場全体を「流砂系」という概念で捉え、流砂系一貫として、総合的に土砂移動を把握し、土砂移動に関する問題に対して、必要な対策を講じること。

総合的な土砂管理

国内では10の流砂系で計画が策定済み（令和8年3月時点）



背景図出典：総合土砂管理計画の策定状況について
(https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo/content/0_doshakanri_sakutei.pdf)

1. はじめに

2. 第一版計画の概要

3. 第二版計画策定に向けた検討

4. 結論

2. 第一版計画の概要

大井川流砂系は静岡県中部に位置する。南北に広い流砂系を持つのが特徴であり、脆弱な地質を有することから、土砂流入も多い。

- ・ 幹線流路延長 168km
- ・ 流域面積 1,280km²



図-1 流砂系図（領域区分図）

大井川流砂系の概要

大井川流砂系では、

- 上流ダム群の堆砂進行
- 河道内の河床上昇による流下能力の低下
- 海岸領域の侵食

など、様々な課題があった。

第一版 計画策定の 経緯

平成26年3月

大井川水系及び駿河湾総合的な
土砂管理の取り組み連携方針

平成29年3月

大井川流砂系総合土砂管理計画
【第一版】

上流部のモニタリング結果が乏しいため、
まずは先行して長島ダムより下流を対象とした
計画を立案

2. 第一版計画の概要

流砂系内は土砂移動形態，管理者，課題を考慮し，大きく以下に区分した。

第一版計画の概要

表-A 各領域での課題を引き起こすと考えられる粒径

領 域	課 題	多寡※	課題を引き起こす粒径群	粒径範囲	設定理由
土砂生産・流送領域	急激な土砂流出による土砂災害、森林荒廃等による土砂流出の増加	+	山地部から供給され、流出しにくい粒径	2～1000mm	河道の粒径範囲
	ダム機能の低下	+	ダムに堆砂して貯水容量を減少させる粒径	0.001～100mm	貯水池内の堆積土砂の粒径範囲
ダム領域	ダム上流河道の流下能力低下	+	ダム上流河道に堆砂する粒径	0.1～500mm	ダム上流河道の堆積土砂の粒径範囲
	洪水時の急激な土砂堆積	+	支川等から供給され、堆積している粒径	0.2～200mm	山地河道の粒径範囲
山地河道領域	塩郷堰堤上流の流下能力不足	+	塩郷堰堤より上流域に堆積している粒径	2～200mm	山地河道上流域の粒径範囲
	河口部の土砂堆積	+	河口部に堆積している粒径	0.1～100mm	0kの粒径範囲
扇状地河道領域 (山地河道，扇状地河道)	河道内の樹林化	+	砂州(の上部)を構成して植生基盤となる粒径	2mm以下	樹林化箇所の写真判読
	河岸侵食や護岸前面の洗掘	-	滞筋(の上部)を構成する粗粒土砂	8mm以上	河道の代表粒径
	港湾航路内の堆積	+	港湾内に堆積して浚渫している粒径	0.2mm以下	航路部の底質の粒径範囲
海岸領域	南防波堤前面の堆積	+	南防波堤南側に堆積して除去している粒径	0.1～20mm	堆積箇所の粒径範囲
	左岸での必要浜幅の不足	-	左岸の汀線付近を構成する主材料	6～40mm	侵食海岸の代表粒径
	沖合の侵食	-	沖合を構成する粒径	1mm以下	水深10m以深の粒径
	濁水(の長期化)	+	ウオッシュロード成分	0.1mm程度以下	一般値
全 般	濁水(の長期化)	+	ウオッシュロード成分	0.1mm程度以下	一般値

※量の多寡との関係性 +: 対象土砂が多いことで生じる課題、 -: 対象土砂が少ないことで生じる課題

土砂生産・流送領域から海岸領域まで，自然営力を活用しながら，
人為的な土砂輸送を含めて土砂移動の連続性を高める

基本理念

2. 第一版計画の概要

流砂系内に分布する様々な土砂を
課題や利用ニーズの把握を目的に
粒径集団として設定した。

表-1 粒径集団の設定

粒径集団	粒径範囲	概要
粒径集団 I	0.1mm未満	ダム領域のうち貯水池内に存在し、河道領域ではウオッシュロードとして取り扱われる0.1mm程度より細かい粒径群
粒径集団 I'	(0.05~0.1mm)	※海岸領域の中で、沖の地形を構成する粒径群
粒径集団 II	0.1mm~2mm	河道領域では河床の一部に存在し、砂州堆積物になるとともに、海岸領域では岸~沖を主として構成する粒径群
粒径集団 III	2mm~64mm	河道領域の河床主材料であるとともに、海岸領域では岸を構成する粒径群
粒径集団 IV	64mm以上	河道領域には存在するが、海岸領域にはほとんど確認されない大きな粒径群

このうち、粒径集団Iの中で、海岸領域の沖側の地形を形成する0.05~0.1mmの粒径については、海岸安定に寄与すると考えられる重要な粒径帯であるため、粒径集団Iの中に「I'」を細区分した。

第一版計画の概要 粒径集団の設定

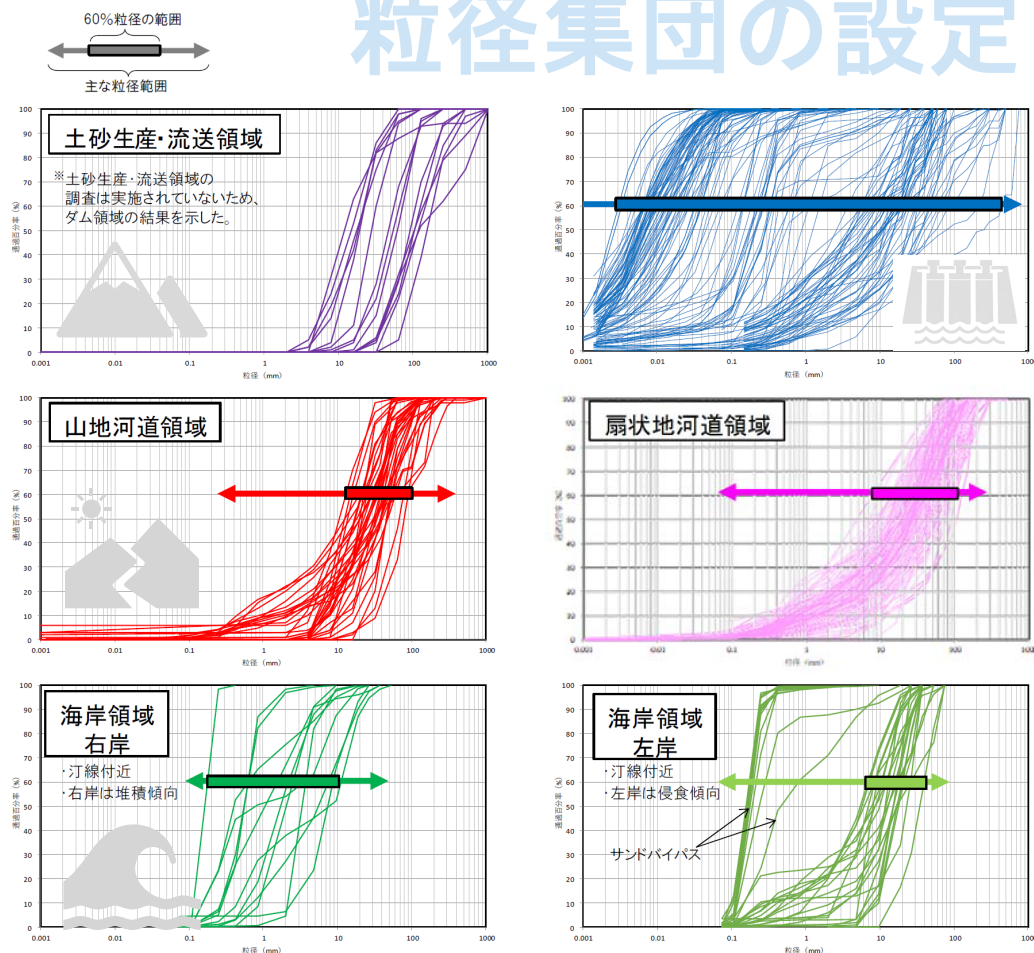


図-A 領域別の粒度分布重ね合わせ図（粒径加積曲線）

長島ダムより下流を対象に、土砂動態モデル（河道：一次元河床変動計算，海岸：等深線変化モデル）により、粒径集団別の通過土砂量の目標値を設定した。

第一版計画の概要

目標通過土砂量を満足させるための土砂管理対策として、以下を取り決めた。

- ・各領域で実施する対策
- ・河道の通過土砂量を増大させる対策
(土砂還元, 土砂流送しやすい河道断面)
- ・流砂系の土砂資源の活用を促す対策

第一版計画の概要 土砂管理対策の設定

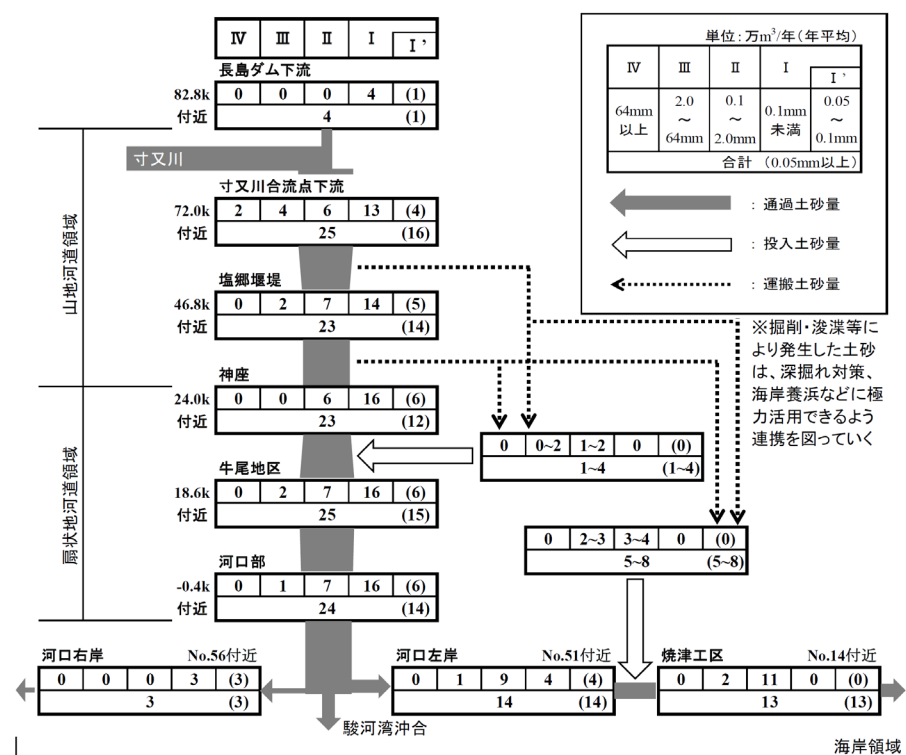


図-2 目標通過土砂量（第一版計画）

1. はじめに

2. 第一版計画の概要

3. 第二版計画策定に向けた検討

4. 結論

3. 第二版計画策定に向けた検討

長島ダムより上流を含めた第二版計画の策定に当たり、特に土砂生産・流送領域からの流入土砂量を評価するため、以下の検討を実施中である。



第二版計画の検討範囲（流砂系全体）

- ① 光学衛星画像を用いた崩壊地の分析
 - ② ダム堆砂を考慮した流入土砂量の推定
- により、土砂生産・流送領域からの流入土砂量を想定し、流砂系全体の土砂収支を算定

第一版計画の検討範囲

特に山地域のモニタリングデータが乏しく、相対的にデータが蓄積される長島ダムより下流を対象に計画策定

図-1 流砂系図（領域区分図）：再掲

3. 第二版計画策定に向けた検討

土砂生産・流送領域は
広大な面積を有し、
モニタリングに負荷がかかる

第二版計画策定に向けた検討 土砂生産・流送領域からの土砂流入の想定 光学衛星による崩壊地判読

光学衛星画像を活用し、崩壊地判読を実施し、
主要崩壊地状況の経年変化を整理した。

使用衛星：LandsatおよびSentinel-2

- ・ 流砂系内上流の畑薙第一ダム上流は、赤崩やボッチ薙等の大規模崩壊地を抱える
- ・ 1987～2020年の比較では、崩壊地の状況はほとんど変化していない
- ・ 荒廃地では植生回復が見られないこと、ダムの堆砂は経年的に進行していることから、崩壊地は深度方向の侵食が進行していることを示唆
- ・ また、2023年6月の降雨で崩壊が発生したことが確認された

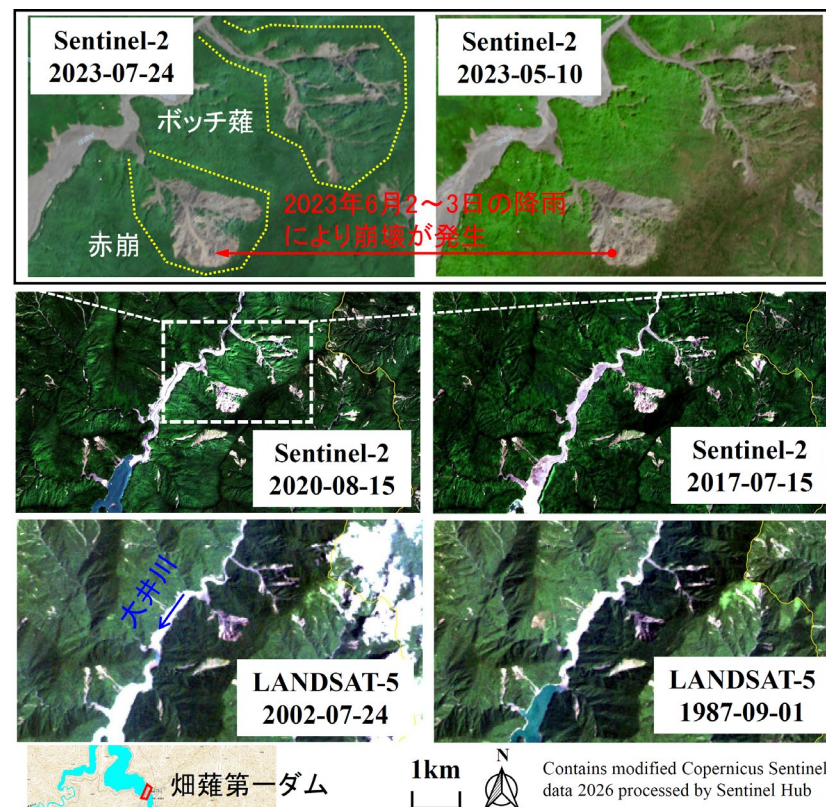


図-1 流砂系図（領域区分図）：再掲

3. 第二版計画策定に向けた検討

土砂生産・流送領域は
広大な面積を有し、
モニタリングに負荷がかかる

第二版計画策定に向けた検討

土砂生産・流送領域からの土砂流入の想定 光学衛星による崩壊地判読

より定量的に評価するため、崩壊地面積を算定した。

- 複数指標による崩壊地の抽出により、
酸化鉄比（閾値0.65）が妥当と確認

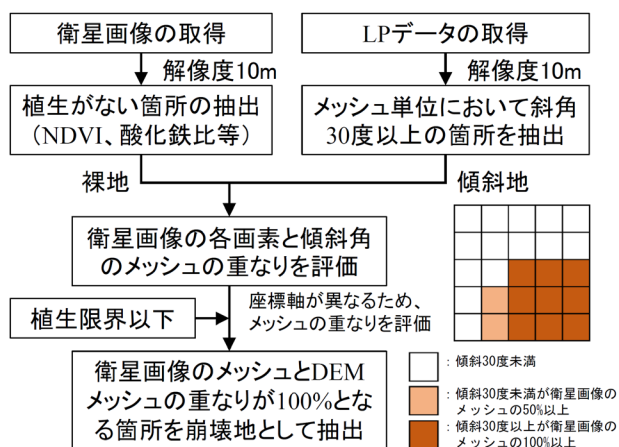


図-4 衛星画像を用いた崩壊地判読フロー

- 崩壊地は畑薙第一ダムより上流域および主要支川である寸又川流域の崩壊地面積率が高い傾向を確認した

表-2 NDVI および酸化鉄比による崩壊地算定結果

指標	閾値	榛原川流域			寸又川流域		
		崩壊地数	崩壊面積 (km ²)	崩壊面積率 (%)	崩壊地数	崩壊面積 (km ²)	崩壊面積率 (%)
NDVI	0.67	150	0.41	1.47	816	2.51	1.89
	0.70	166	0.47	1.70	892	2.82	2.13
	0.73	185	0.53	1.94	1028	3.24	2.45
酸化鉄比	0.60	233	0.68	2.48	1804	6.04	4.56
	0.65	171	0.51	1.87	1294	3.94	2.97
	0.70	155	0.40	1.44	951	2.79	2.11
航空写真判読		155	0.61	2.20	1007	3.12	2.36

表-3 流域ごとの崩壊地面積率

崩壊地抽出流域	流域面積 (km ²)	崩壊地数	崩壊面積 (km ²)	崩壊面積率 (%)
大井川本川流域				
1 畑薙第一ダム上流	169.6	1610	6.56	3.87
2 井川ダム～畑薙第一ダム	67.4	269	0.40	0.59
3 長島ダム～井川ダム	45.9	171	0.32	0.70
4 寸又川	132.4	1294	3.98	3.01
5 榛原川	27.6	171	0.52	1.87
6 流域全体	1162.0	8289	27.34	2.35

3. 第二版計画策定に向けた検討

流砂系内には15基のダムがある。
ダムの堆砂量より、
日本大ダム会議土砂管理分科会が示す手法*
により、流入土砂量を推定した。

算定対象は流砂系内で相対的に規模の大きなダム：
畑薙第一ダム、井川ダムおよび長島ダム

- ・ 畑薙第一ダムにおいて設定した流入土砂量式と下流部において実施された採水調査結果の比較より、概ね流砂系内の流入土砂を表現する。
- ・ 全国平均の流入土砂量よりはるかに土砂量が多い。

*流入土砂量と流量の関係を

$Q_{si} = a_i \cdot Q^{\beta_i}$ と仮定し、各ダムでの粒径ごとの堆砂実績量から捕捉率を考慮した上で、誤差が最小となる係数 a 、 β を設定する方法

Q_s ：流入土砂量， Q ：流量， a 、 β ：係数であり、添字の i は粒径階

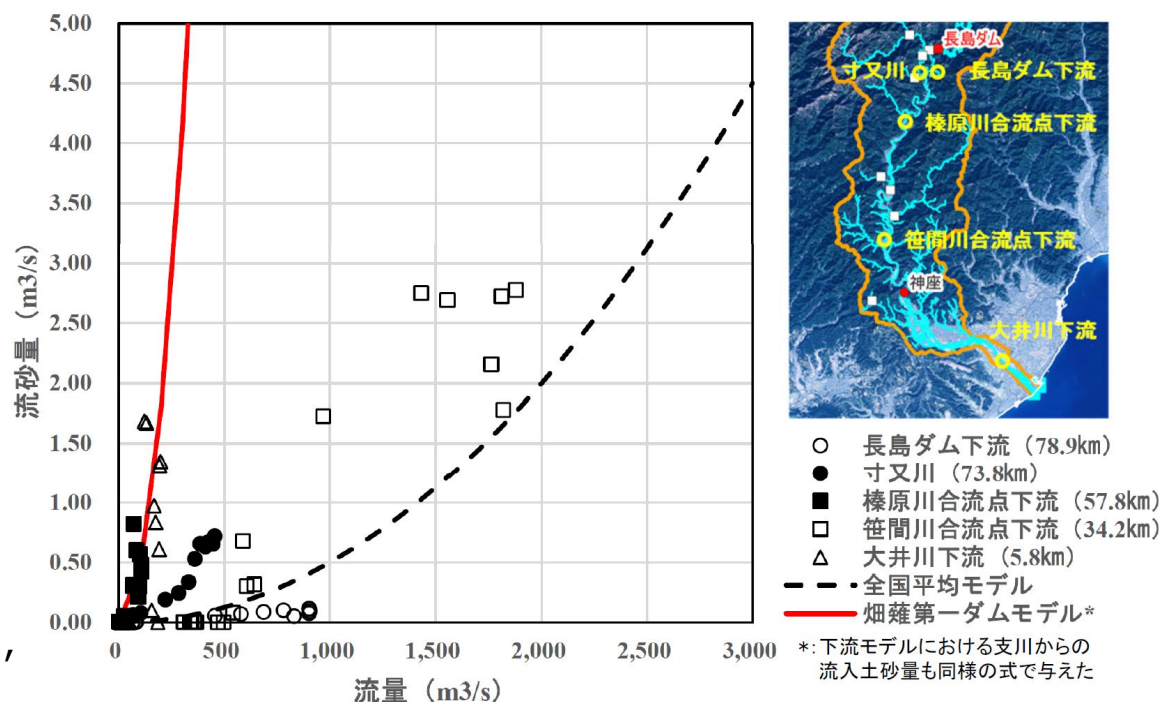


図-5 採水調査結果と算定した Q_s - Q 式の関係

3. 第二版計画策定に向けた検討

第二版計画策定に向けた検討 流砂系全体の土砂収支の把握

表-4 計算条件一覧

項 目		設定値		
計算条件				
計 算 手 法	水理計算：一次元不定流計算 河床変動計算：一次元河床変動計算(混合粒径) 計算断面の取り扱い：一般断面			
流 砂 量 式	掃流砂量式：芦田・道上式 浮遊砂量式：芦田・道上式			
交 換 層 厚	0.5m			
粒 径 区 分	18区分(シルト～礫)			
境界条件	上流モデル①	上流モデル②	上流モデル③	下流モデル
計 算 範 囲	畑薙第一ダム ダム堤体～13.0k	井川ダム ダム堤体～14.7k	長島ダム ダム堤体～14.1k	河口～長島ダム (約83km)
対 象 支 川	小流域で6分割	小流域で8分割	小流域で10分割	主要9支川
再 現 期 間	2004～2022年	2004～2022年	2004～2022年	2004～2022年
初 期 河 道	2004年測量	2004年測量	2004年測量	扇状地：2004年測量 山 地：2003～2004年測量
初 期 河 床 材	2011年調査結果	1988年調査結果	2014年調査結果	2000年、2002年、2021年の 調査結果を用いて 調査測線間を補間
上流端流量	畑薙第一ダムの 実績流入量	畑薙第一ダムの 実績放流量	井川ダムの 実績放流量	長島ダムの実績放流量
支 川 流 量	流域面積比で 流量配分	畑薙第一ダム放流量と 井川ダム流入 量の差分を流域面 積比で流量配分	井川ダム放流量と 長島ダム流入量の 差分を流域面積比 で流量配分	神座地点の観測流量と長島 ダム放流量の差分を流域面 積比で流量配分
下流端水位	畑薙第一ダムの 実績貯水位	井川ダムの 実績貯水位	長島ダムの 実績貯水位	等流水位 ただし、平均潮位 (T.P.+0.16m)は下回らない
上 流 端 流入土砂量	掃流砂：平衡給砂* 浮遊砂：土砂管理 分科会の方法による 給砂量式	上流モデル①の 通過土砂量を設定	上流モデル②の 通過土砂量を設定	上流モデル③の 通過土砂量を設定
支 川 流入土砂量	土砂管理分科会の 方法による給砂量 式を流域面積で案 分	土砂管理分科会の 方法による給砂量 式を流域面積で案 分	土砂管理分科会の 方法による給砂量 式を流域面積で案 分	畑薙第一ダムで設定した給 砂量式
粗 度 係 数	0.045	0.045	0.050	扇状地：0.033～0.036 山 地：0.040
河 道 掘 削 砂 利 採 取	流砂系外搬出しなし	砂利採取を反映	貯砂ダム地点の 掘削を考慮	河道掘削、砂利採取を考慮 ただし、砂利採取は詳細な データがないため、感度分析 で設定

*貯水池より上流を上流端境界とするため、掃流砂は平衡給砂で与えた

算定した流入土砂量式を基に、
土砂動態モデル（一次元河床変動計算）による
流砂系全体の土砂収支を算定した。

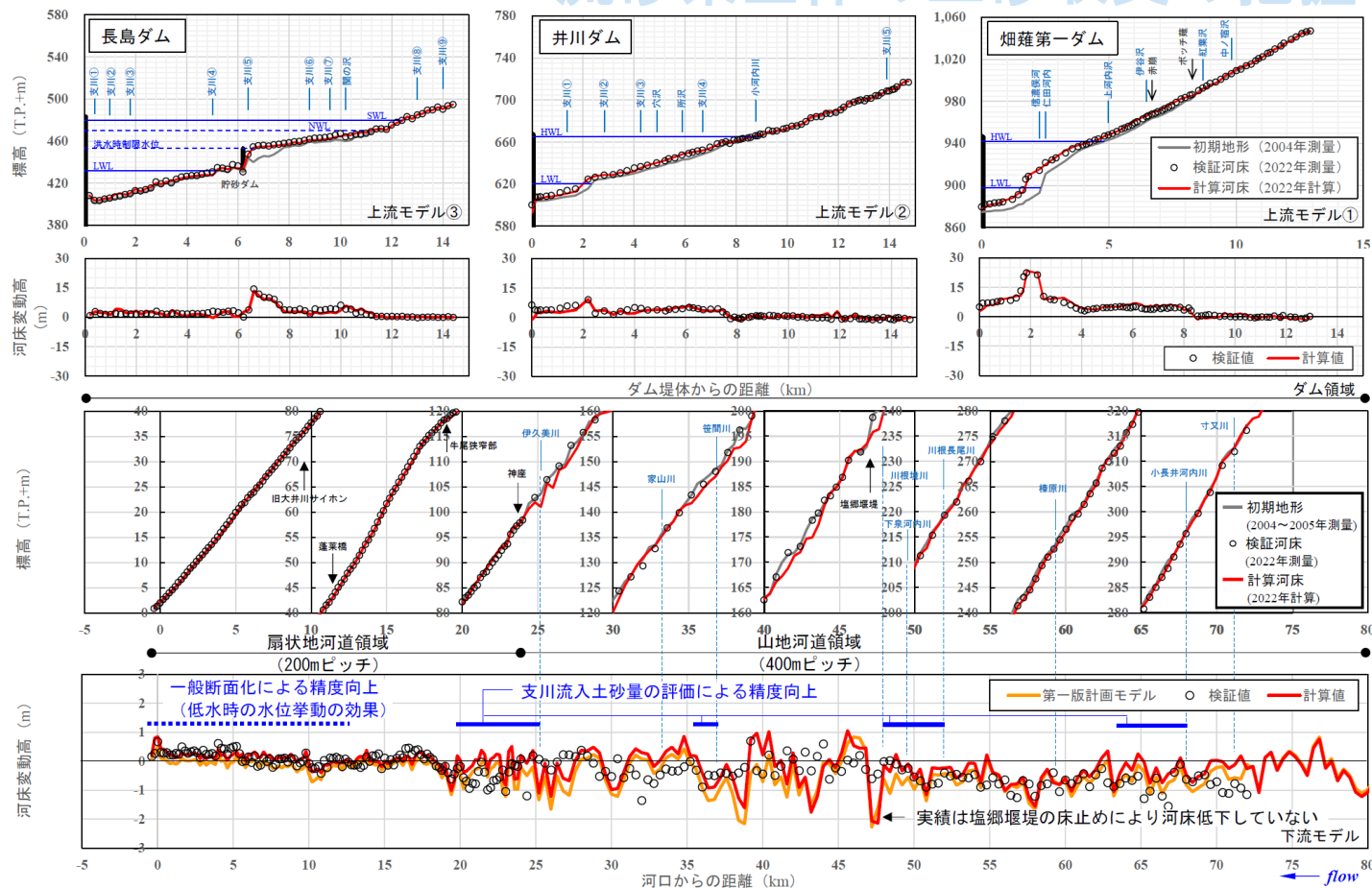
- ・ 計算モデルはダム領域を上流モデル、長島ダムより下流の河道区間を下流モデルと称し、河口までを一連で計算した。
- ・ 各区間の下流端での流出土砂量を下流側のモデルの上流端境界に与えることで、モデル間を接続した。
- ・ 第一版計画においては、掃流幅に見合う平均河床高を用いた矩形断面にて計算したが、第二版計画のモデルでは、測量断面の横断形状に基づく一般断面にて河床高を計算するモデルに改良した。
- ・ 計算領域最上流の畑薙第一ダム区間の大規模崩壊地は、河岸堆積土としてモデル化した。

3. 第二版計画策定に向けた検討

第二版計画策定に向けた検討 流砂系全体の土砂収支の把握

- ダム領域では堆砂の形状をよく評価できる。

- 河道領域では局所的に計算河床高を過大もしくは過少に評価する箇所があるが、第一版計画モデルより全般的に再現性が向上し、河道領域の河床変動は概ね捉えられる結果となった。



第二版計画策定に向けた検討
算定した。流砂系全体の土砂収支の把握

以上の検討結果より、
流砂系全体の土砂収支を算定した。

- ・ 長島ダム建設後の平均的な挙動では、粒径集団I'以上の粒径帯で、概ね河口から31m³/年程度の土砂が流出することが確認された。
- ・ 山地河道領域では大きな粒径集団が、扇状地河道領域では細かな粒径集団の輸送量が多いなど、区間ごとに差異が生じた。
- ・ 土砂輸送量は第一版の計画値を上回り、流入土砂量の条件設定が土砂収支に大きく影響を及ぼすことが確認された。

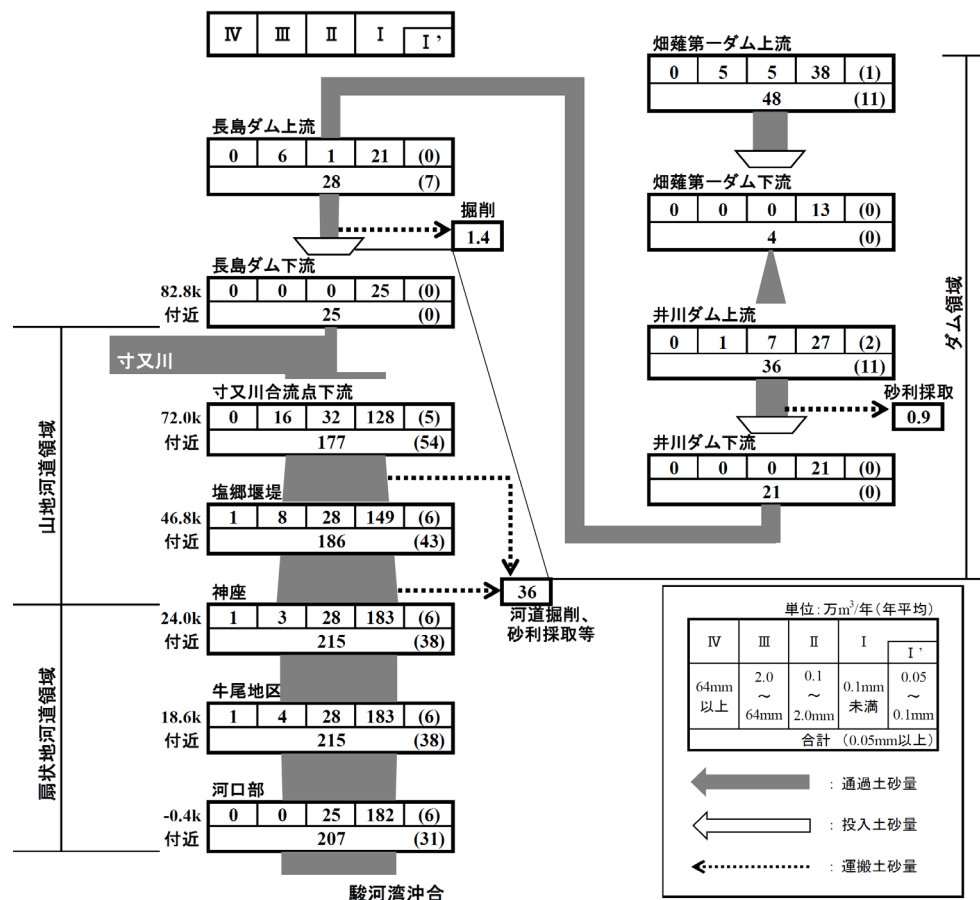


図-8 第二版計画で算定した現在の土砂収支

1. はじめに

2. 第一版計画の概要

3. 第二版計画策定に向けた検討

4. 結論

主な結論を以下に示す.

- 流砂系内の崩壊地の面的分布を光学衛星画像を用いて分析した. 本流砂系では, 酸化鉄比 (閾値0.65) による算定が妥当であることを示し, 上流の畑薙第一ダム, 支川の寸又川流域に多くの崩壊地が分布していることを示した. なお, 大規模崩壊地が多い特徴より, 解像度の粗い無償の衛星画像からも判断が可能であった.
- ダム地点の実績堆砂量より流入土砂量を推定し, 土砂動態モデルの精度向上を図った. この条件設定は土砂収支に大きな影響を与えることを示した.

総合土砂管理計画の推進には各事業者の協力が必要不可欠であり, 土砂に関する諸問題を「自分事」として捉えてもらうことが重要である. 今後も各事業者と連携の上, 調査を推進し, 検討を進めていく所存である.

大井川流砂系の総合的な土砂管理は, 大井川流砂系協議会の事業者らによる日頃の配慮や協力, データ提供等を基に進めている. また, 大井川流砂系総合土砂管理計画検討委員会 (委員長: 名古屋大学戸田祐嗣教授) による技術的な助言を頂いた. ここに記して感謝の意を表す.

- 1) 河川審議会総合政策委員会総合土砂管理小委員会：流砂系の総合的な土砂管理に向けて報告，1998.
- 2) 大井川流砂系協議会：大井川流砂系総合土砂管理計画【第1 版】，2020.
- 3) 江口 毅, 三浦房紀：衛星リモートセンシングを用いた地震および豪雨による斜面崩壊発生個所の早期発見手法，土木学会論文集F6（安全問題），Vol.72, No.1, 11-20, 2016.
- 4) 土砂管理分科会報告書—貯水池の土砂動態と土砂制御工法—，大ダム，2010.
- 5) 原田大輔, 江頭進治：中山間地河川における豪雨時の土砂流出評価法，土木学会論文集B1（水工学），Vol.77, No.2, I 601-I 606, 2021.

以上