ダム工学 **35**(1), 55–66, 2025

報 告

高滝ダムの土砂還元試験の取り組みとそれに伴う下流河川環境の変化

小林 真之[1] 鈴木 伴征[2] 大輪 洋介[3]

Effect and Influence of Downstream River in Sediment Replenishment Tests of Takataki Dam

Masayuki KOBAYASHI Tomoyuki SUZUKI Yousuke OOWA

本報告は，砂床河川である千葉県養老川に位置する高滝ダムで約 10 年間実施されてきた土砂還元試験における置土の工夫，環境モニタリング調査について報告する。置土については，施工時期・頻度・置土形状等の見直しを重ね，年間の土砂還元量を 1,500 ㎥から 10,000 ㎥に増加させた。モニタリング調査では，下流河川で魚類調査，物理環境調査，トレーサー追跡調査などさまざまな調査を継続的に実施した結果，影響は特に認められなかった。一方，砂分の堆積範囲の拡大に伴い，砂地を好む魚種の割合が増加する傾向が確認された。今後も土砂還元を推進することが望まれる。

キーワード: 砂床河川，土砂還元，ダム土砂管理，モニタリング調査，下流河川環境

1. はじめに

近年，ダム堆砂対策やダム下流河川の河川環境改善を目的として，さまざまな河川で置土による土砂還元が実施されている。長安口ダムでは，堆砂対策事業として平成 19 年の直轄移管以降で国内最大規模の年間 10～30 万 m^3 土砂還元を実施している[1)]。また阿木川ダムなどの河川環境改善を目的としているダムでは，100～1,000 m^3 オーダーの土砂還元を実施している[2,3)]。一般に置土量や置土形状は「下流河川土砂還元マニュアル（案）第 2 版」[3)] を参考に設定されるが，出水やダム放流の頻度，置土場のスペース，治水・利水上の制約等の個々のダムおよび下流河川の状況により決まることが多く，各事業者が試行錯誤の上，置土の量や形状を設定しているものと推察される。

また河川環境改善の効果としては，長安口ダム下流の那賀川で，瀬淵分布の多様度の向上に伴い魚類の多様度も向上する効果が確認されている[1,4)]。また阿木川ダムでは，平成 17 年度より河床構成材料の粗粒化を緩和するための土砂還元を実施し，片野・根岸ら[2)] が河床環境の改善のみならず生物群集や生物多様性の改善効果を定量的に示した。なお，河川環境改善に関する報告や研究については，礫河床での事例報告は多いが[1,2,4–6)]，河床材料の大半が砂分である“砂床河川”での土砂還元事例の報告は比較的少ない。

本報告では，堆砂対策の効果・影響を把握するため，高滝ダム下流の養老川で約 10 年間にわたって実施されてきた土砂還元試験や下流河川の環境モニタリング調査の結果について報告する。

2. 対象地および土砂還元試験の概要

2.1 養老川・高滝ダムの概要

養老川は千葉県夷隅郡大多喜町の清澄山系に発し，北西に流下して東京湾に注ぐ二級河川である。流域面積 245.9 km^2，指定延長 73 km の千葉県有数の河川であり，その流域面積は千葉県全体 5,146 km^2 の約 5%を占めている。

高滝ダムは，洪水調節および流水の正常な機能の維持，並びに農業用水や水道用水，工業用水の安定確保等を目的として平成元年に竣工した多目的ダムである。ダムの位置は，養老川の河口から約 35 km の中流に位置

[1]八千代エンジニヤリング株式会社 事業統括本部 国内事業部 水工部 技術第一課 シニアコンサルタント
[2]八千代エンジニヤリング株式会社 北日本支店 河川・水工部 部長
[3]八千代エンジニヤリング株式会社 事業統括本部 国内事業部 環境計画部 技術第三課 コンサルタント

し，流域面積は 107.1 km^2 と養老川全体の約 44%を占めている（図-1）。高滝ダムの総貯水容量は 14,300 千 m^3，有効貯水容量は 12,500 千 m^3 であり，県内最大規模の貯水量を有している。高滝ダムの洪水調節方式は一定率・一定量方式であり，計画高水流量は 1,110 m^3/s，洪水調節開始流量は 190 m^3/s，計画最大放流量は 500 m^3/s となっている。

2.2　高滝ダム・養老川の土砂管理上の課題

高滝ダムでは，年平均 10 万 m^3 の土砂が貯水池内に堆積し，既に計画堆砂量を超過しており，堆砂対策として「①貯水池内の堆積土砂の掘削」，「②本川および支川での 2 基の貯砂ダムによる貯水池への流入土砂の軽減」が行われている（図-2）。近年では年間 1～5 万 m^3 の堆砂除去を行っている。

一方，高滝ダム下流の養老川では，昭和 55 年～平成 20 年の河川横断測量を比較すると，ダム地点～安須橋にかけての中流部で河床低下が生じており（図-3），当該区間の土砂流出量は年平均 5 万 m^3 程度と推定されている。この要因としては，高滝ダム建設に伴う土砂移動の遮断や，同時期に行われた河道改修の影響により河川の流れ場が変化したことが可能性として考えられている。また河床低下に伴い，コンクリート護岸が被災するなどの被害が生じている。そのため，図-4 に示すように，護岸の復旧と併せて護床コンクリートを設置するなどの河床侵食防止対策が実施されている。

また第 7 回養老川流域懇談会（平成 24 年 3 月開催）

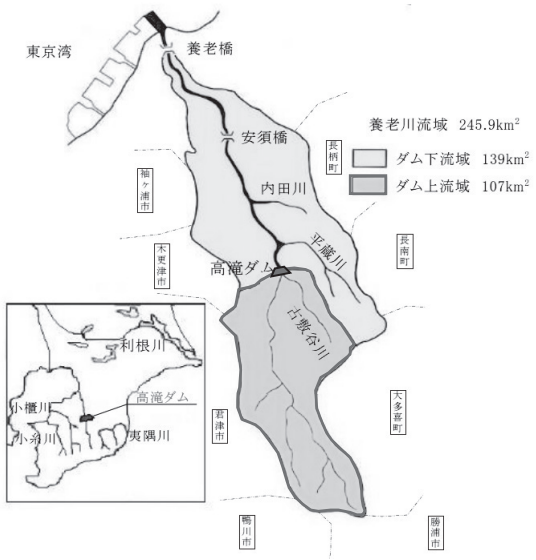


図-1　養老川流域と高滝ダムの位置図 [7)]

図-2　貯水池内の堆砂除去の様子
（境橋付近，2021 年 11 月撮影）

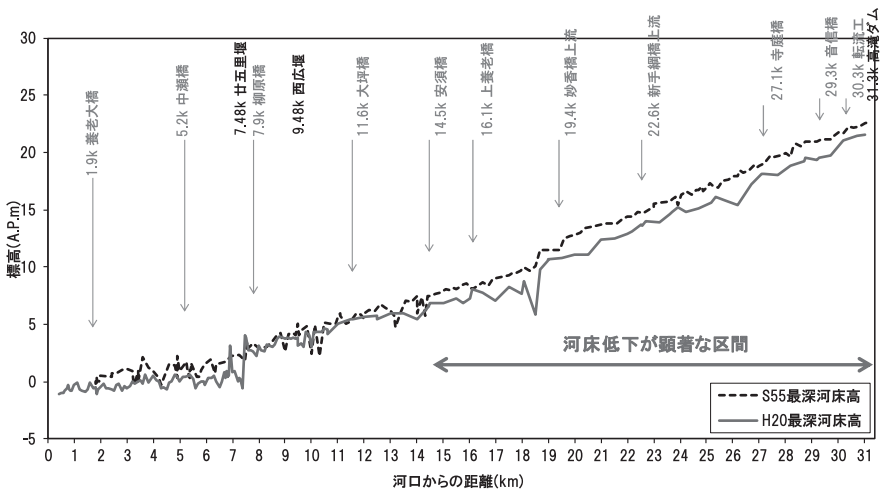


図-3　高滝ダム下流の河床低下状況

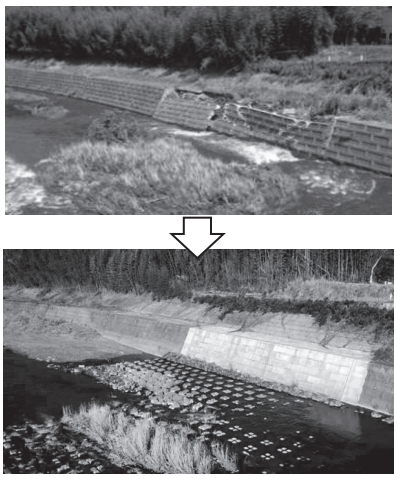


図-4　下流河川の護岸の被災および復旧状況

において，恒久的な堆砂対策の検討に際して，ダム下流への効果や影響を把握するため，年間 1 万 m^3 程度（平均年堆砂量の約 1 割）を目標土量とした土砂還元試験の実施が合意された[8)]。

2.3　高滝ダムにおける土砂還元試験の状況

高滝ダムでは，平成 24 年度よりダム下流に置土を行う土砂還元試験を実施している。高滝ダムの土砂還元試験における置土量を表-1 に，置土の設置イメージを図-5 に示す。

高滝ダムではダム直下の河道内の右岸側に，長さ 100 m 程度，幅 10 m 程度，高さ 2～4 m 程度の置土を設置している。高滝ダムの土砂還元試験では，年堆砂量の約 1 割に当たる年間 1 万 m^3 の土砂還元を目標として試験が実施され，平成 24 年度に 1,500 m^3 で開始して段階的に年間の置土量を増加させていき，令和 4 年度には目標とした年間 1 万 m^3 の置土による土砂還元を実施している。その間，置土が流出しづらい状況も確認されたため，形状や施工のタイミングの見直し等も実施している（詳細は 4.1 節にて述べる）。

ここで置土の流出状況の様子を図-6 に，ダム堆砂・置土材料とダム下流河川の河床材料の粒度分布の比較を図-7 に示す。ダム堆砂は，高滝ダムの粒径別堆砂量を算出した際の平均粒度を示す。養老川上流域の地質は凝灰質の砂礫層泥岩，砂質泥岩が主体となっているため，高滝ダムの堆砂はシルトや砂が主体，ダム下流河川の河床材料は砂分が主体となっている。高滝ダムの還元土砂も，貯水池上流の堆砂や貯砂ダムの掘削土砂を使用しており，砂分が主体となっている。

表-1　高滝ダムにおける土砂還元試験の実施状況

土砂還元試験年度	置土量 (m^3)	累積置土量 (m^3)
平成24年度	1,500	1,500
平成25年度	3,100	4,600
平成26年度	-	4,600
平成27年度	4,000	8,600
平成28年度	-	8,600
平成29年度	-	8,600
平成30年度	1,500	10,100
令和元年度	5,000	15,100
令和2年度	7,900	23,000
令和3年度	8,400	31,400
令和4年度	10,000	41,400

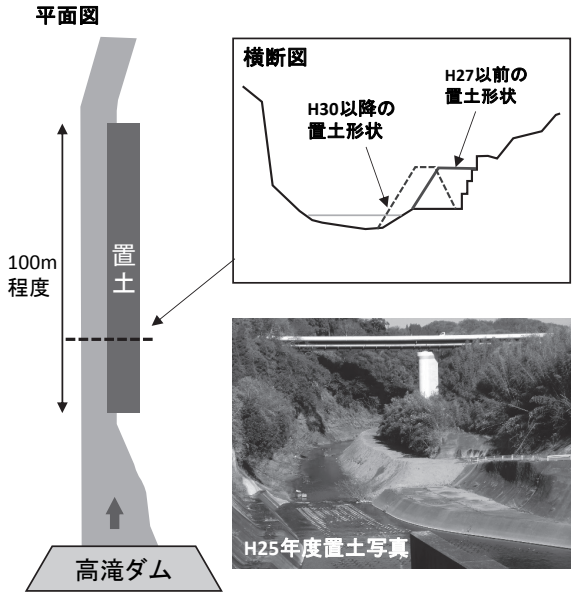


図-5　高滝ダムにおける置土の設置イメージ

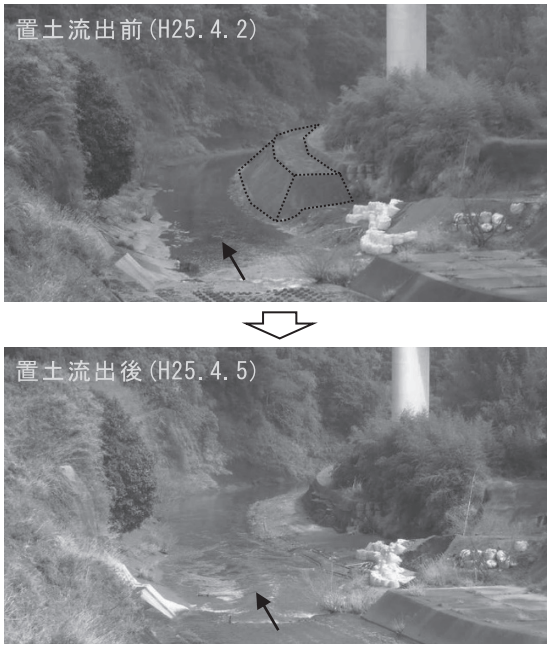


図-6　置土流出状況の様子
（平成 25 年 4 月撮影，平成 24 年度試験）

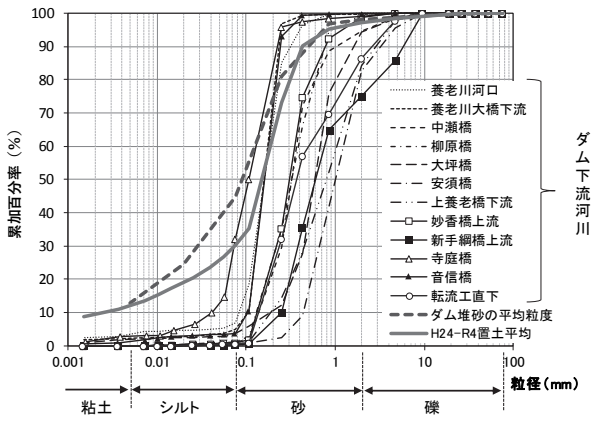


図-7　ダム堆砂・置土材料とダム下流河川の河床材料の比較

3.　モニタリング調査の概要

高滝ダムの土砂還元試験におけるモニタリング調査項目を表-2 に，主要な調査地点位置を図-8 に示し，以下に各調査項目における方法と主要な結果をまとめる。

3.1　置土流出量・性状調査

還元土砂の流出量を把握するため，置土設置地点において流出量調査を行っている。還元土砂の流出量は置土設置直後と置土流出後に置土をポールや巻き尺等により簡易測量し，その差分から流出量を算出するものである。置土の流出状況については 5.1 節にて後述する。

また置土材料の性状を把握するため，設置直後に置土の一部を採取して，粒度分布・強熱減量・栄養塩類（T-N, T-P）・有害物質[9]の室内分析を実施した。ここで高滝ダムの置土性状と全国ダムの堆砂性状の比較を表-3 に示す。高滝ダムの堆砂性状の数値はこれまでのモニタリング調査結果の上限と下限を表示しており，全国ダムの堆砂性状は既往論文[10]の堆砂肩より上流のボーリング調査結果の平均値を整理している。

粒度分布についてみると，高滝ダムの置土材料は砂分が 42～86%であり，堆砂性状の全国平均の 40%程度よりも多い。礫分は 0～8%であり，堆砂性状の全国平均の 10～30%よりも少ない。粘土・シルトに関しては，概ね堆砂性状の全国平均と同等の割合である。

強熱減量について見ると，高滝ダムでは 1.5～6.2%と，全国平均の 5～7.5%よりやや低い結果が見られた。栄

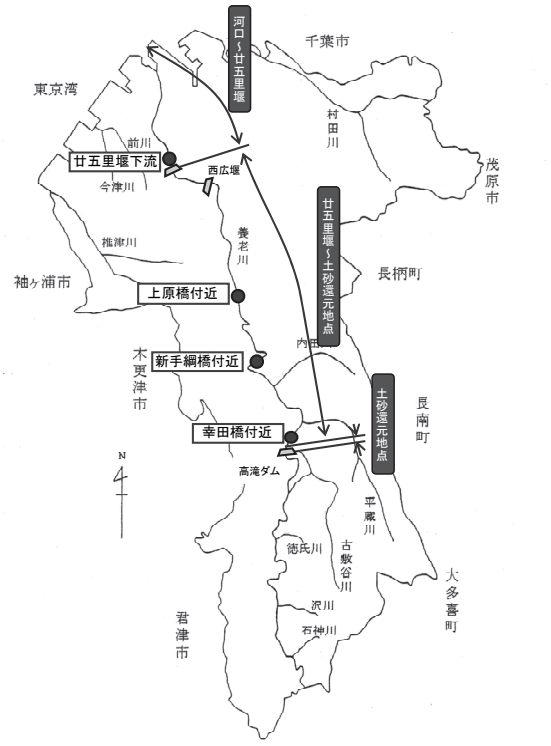


図-8　モニタリング調査の主要な調査地点

表-3　高滝ダムの置土性状と全国ダムの堆砂性状の比較

項目		高滝ダムの置土材料	全国ダム堆砂性状平均値[10]
粒度分布	粘土	5～22%	10～20%
	シルト	2～35%	20～30%
	砂	42～86%	40%程度
	礫	0～8%	10～30%
強熱減量		1.5～6.2%	5～7.5%
T-N		0.18～1.1 mg/g	1.0～1.5 mg/g
T-P		0.10～0.43 mg/g	0.4～0.6 mg/g

表-2　モニタリング調査項目

モニタリング項目	調査内容	調査地点	事前	事後調査							
			(H23)	1回目 (H24)	2回目 (H25)	3回目 (H25)	4回目 (H30)	5回目 (R1)	6回目 (R2)	7回目 (R3)	8回目 (R4)
置土量・性状	置土量・粒度分布・栄養塩(T-N、T-P)・有害物質	・置土地点	－	●	●	●	●	●	●	●	●
河川景観	定点景観写真 目視確認	・ダム地点～河口までの橋梁など主要な地点で10箇所程度	●	●	●	●	●	●	●	●	●
河川物理環境	瀬淵分布、河床材料の構成・分布、水深・流速	・幸田橋付近、新手綱橋付近、上原橋付近、廿五里堰付近	●	－	－	●	●	●	●	●	●
水　質	SS、濁度、T-N、T-P	・高滝ダム放流口 ・幸田橋 ・廿五里堰下流	●	●	●	－	－	－	－	－	－
取水施設等への土砂堆積	簡易測量 目視確認	・取水施設10箇所 ・海釣り施設1箇所	●	●	●	●	●	●	●	●	－
置土の流下距離(トレーサー追跡)	採取土砂に含まれるカラーサンドの含有率	・ダム地点～河口までの11箇所で河床堆積土砂を採取	－	●	●	●	－	－	－	●	●
魚類の生息状況	網等による捕獲	・幸田橋付近、新手綱橋付近、上原橋、廿五里堰付近	●	－	－	●	●	●	●	－	●

養塩類（T-N, T-P）についても，全国平均よりもやや低い傾向が見られた。

また有害物質については，これまでのモニタリング調査結果で基準値を上回る数値は検出されていない。

3.2　トレーサー追跡調査

還元土砂の流下状況を把握するため，各年度の最初の置土にカラーサンド（トレーサー材：図-9，図-10）を混入させ，還元土砂の追跡調査を実施した。カラーサンドは概ね置土の粒径と同程度の d=0.2～2 mm の二種類の規格の材料を使用し，各調査年度で色を変えて調査を行った（平成 24 年度：赤，平成 25 年度：青，平成 27 年度：緑，令和 3 年度：黄色，令和 4 年度：水色）。また，1 回当たりの置土量に対するカラーサンドの混入率は，平成 24, 25, 27 年度の試験では概ね 0.3%程度，令和 3, 4 年度の試験では置土量が増加したこともあり 0.1%程度となっている。

追跡調査に際しては，ダム直下～河口までの範囲で堰や頭首工などの土砂が堆積しやすい 11 箇所において，直接採取または採泥器により一定量の河床材を採取し，河床材に含まれるカラーサンドの含有量を分析した。分析では，河床材の乾燥重量 100 g 当たりに含まれるカラーサンドの数を目視で集計し，粒径や含有数を地点ごとに整理した。調査結果については 4.2 節で述べる。

3.3　水質調査

置土の流出による濁りや栄養塩類への影響を把握するため，水質調査を実施した。調査地点はダム放流口，置土地点直下流（幸田橋），養老川下流（廿五里堰）の 3 地点で実施し，出水時にバケツ採水を行った後，濁度・SS・T-N・T-P の室内分析を行った。各出水において 5 検体程度採水を行った。

出水時の SS 濃度および SS 負荷量（SS 濃度×流量）の最大値の比較を図-11 に示す。SS 濃度としては，置土による影響として，幸田橋で最大 100 mg/L 程度の濃度上昇が見られたものの，下流部では置土の有無に係らず，ピーク濃度 300～400 mg/L の SS 濃度が発生した。SS 負荷量としては，置土による増加は下流部における負荷量の増加と比較すれば，ほとんど認められなかった。下流部の SS 濃度および負荷量の増加は支川流入の影響が大きいと考えられ，置土流出に伴う下流河川への濁りの影響は小さいと考えられた。

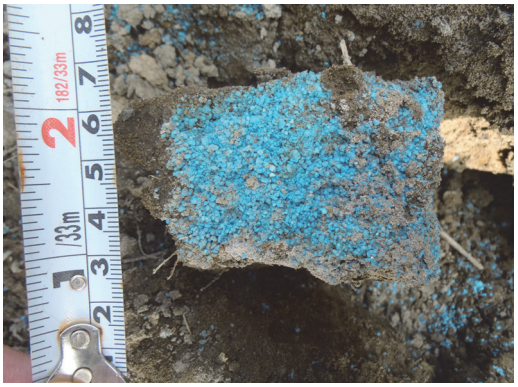


図-9　置土に混入させたカラーサンドの様子

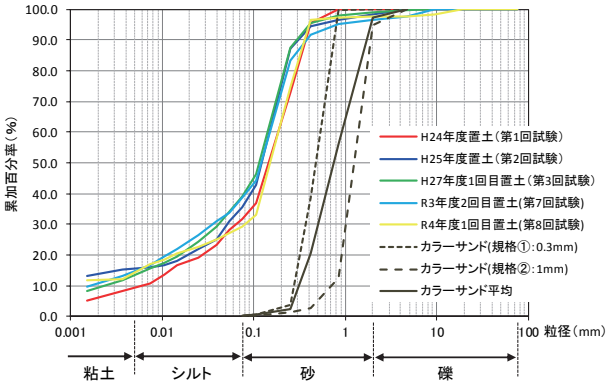


図-10　カラーサンドと混入させた置土の粒度分布

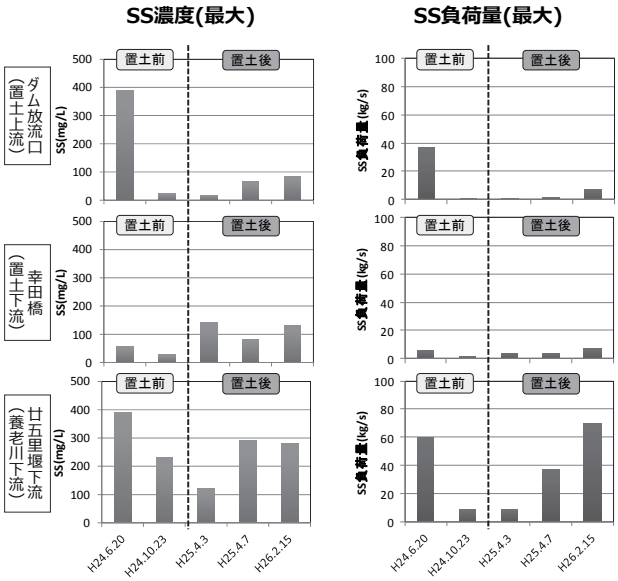


図-11　出水時の SS 濃度および SS 負荷量の最大値の比較

また栄養塩類についても，同様の分析を行ったところ，ダム放流口と置土地点下流（幸田橋）における T-N および T-P 負荷量の上昇は見られず，置土による影響は小さいことがわかった。

3.4　取水施設影響調査

置土による取水施設等への影響を確認するため，置土の影響が大きいと考えられる高滝ダム近傍の堰・取水施設の 11 施設および海釣り施設を対象として，施設の現状や土砂の堆積状況を確認する現地調査を実施した。

調査の結果，これまで計 7 回の調査で施設機能等に影響するような土砂の堆積は確認されていない。

3.5　河川景観調査

置土による河川物理環境の変化を確認するため，高滝ダム下流～下流域（上流：音信橋～下流：中瀬橋）の主要 13 地点において定点写真撮影を行った。調査結果の例を図-12 に示す。調査は各年度の置土流出前と流出後に実施している。

その結果，約 10 ヶ年のモニタリング調査において，土砂供給の変化に伴う砂州の拡大や河岸部での土砂の異常な堆積といった大きな変化は特に確認されなかった。なお，養老川流域では，令和元年に大規模な出水が発生しており，それに伴う砂州の減少といった景観変化も確認された。

3.6　河川物理環境調査

河川物理環境調査では，水生生物の生息環境を把握するため，ダム下流河川の幸田橋，新手綱橋，廿五里堰下流において瀬淵分布，河床材料の構成・分布，水深・流速を調査した。瀬淵分布および河床材料分布の調査においては，各調査地点で約 500 m 程度の区間における河床型の区分および河床材料の区分[10]を行った。調査の結果，瀬淵分布については大きな変化は見られなかったものの（図-13），河床材料分布については砂分の堆積範囲の拡大といった変化が見られた。詳細については 5.1 節で述べる。

3.7　魚類調査

土砂還元試験による水生生物への影響を把握するため，幸田橋，新手綱橋，上原橋（令和 4 年度のみ実施），廿五里堰において魚類調査を実施した。魚類調査では，タモ網，サデ網，定置網，延縄により魚類を捕獲し，魚種，個体数，代表個体の体長・体重の計測，写真撮影等を行った[11]。

平成 24 年～令和 4 年の期間に実施した計 6 ヶ年の調査で，全調査地点の合計で 8 目 12 科 32 種の魚類が確認された。経年的な魚類個体数や種数の変化については，最も土砂還元の効果・影響が見られると考えられる幸田橋地点の結果を 5.2 節で述べる。

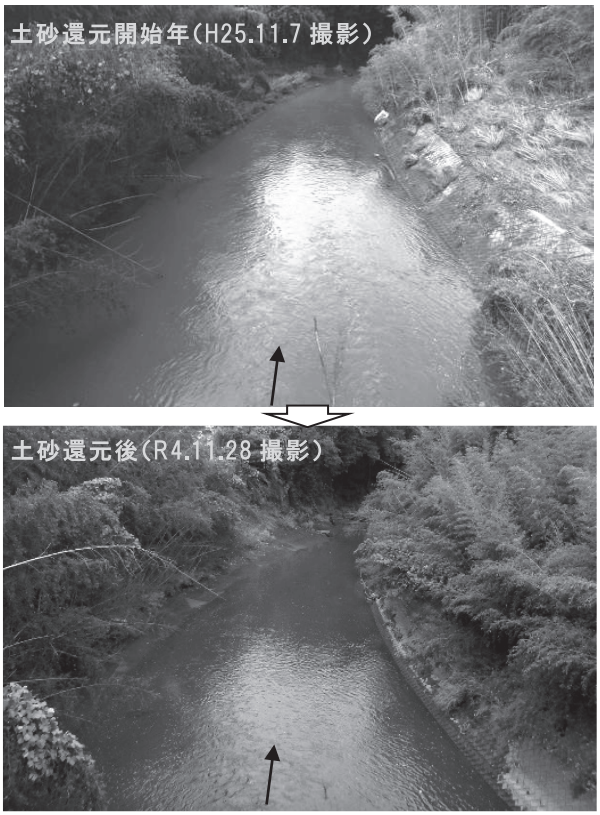


図-12　河川景観写真（幸田橋下流，29.05 k 近傍）

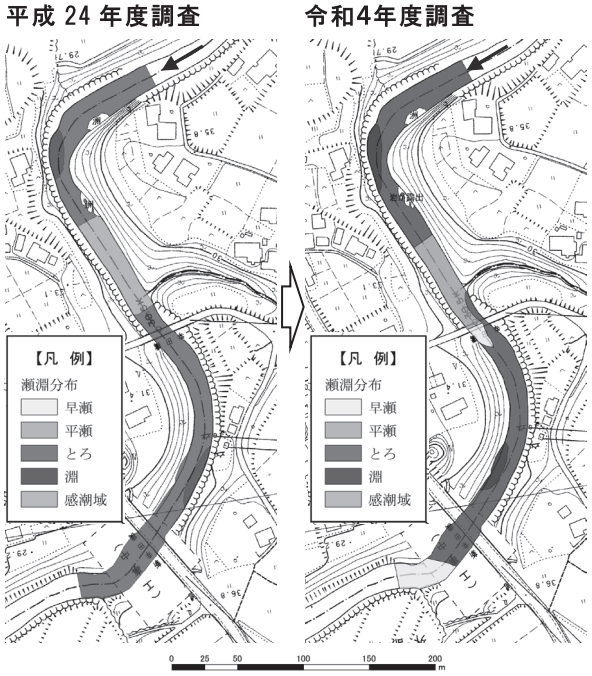


図-13　河川物理環境調査結果（幸田橋）

4. 置土流出に関する工夫および置土の流下状況

4.1 置土流出に関する工夫

過去の土砂還元試験において，高滝ダム下流での置土の設置概要と流出状況を図-14 に示す。平成 24 年度の土砂還元試験では，平常時の濁水発生リスクを軽減するため，右岸側の比較的比高の高い範囲に 1,500 m^3 を置土し，設置完了後間もなく発生した 60，110 m^3/s 規模の二つの出水（ダム放流）でほぼ全量が流出した。

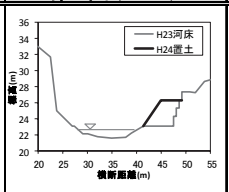
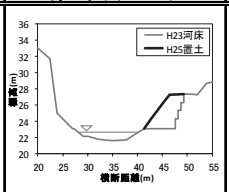
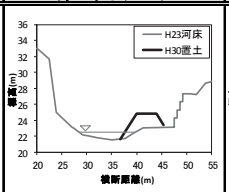
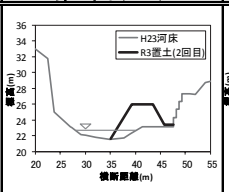
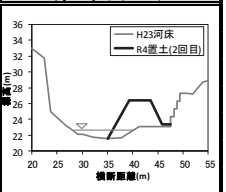
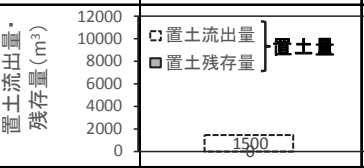
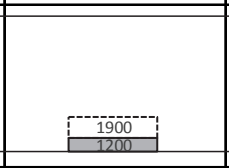
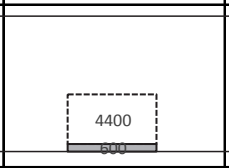
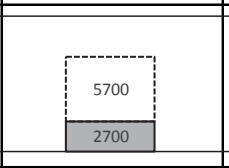
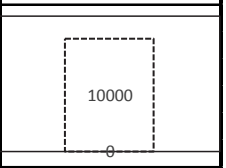
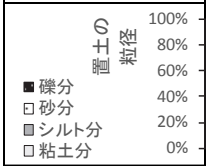
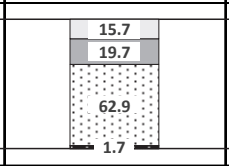
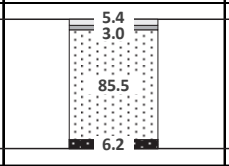
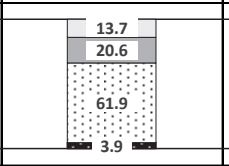
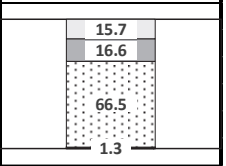
平成 25 年度試験では，前回試験の倍の 3,100 m^3 の置土を施工したが，出水の少ない 11 月に施工されたため，なかなか流出せず，翌年 6 月に 260 m^3/s 規模の出水が発生したものの，6 割程度しか流出しなかった。この要因としては，高滝ダムの置土材料（堆砂性状）にシルトや粘土分が多く含まれており，また出水までに期間が空いたため自然状態での圧密や固化が進行して，流出しづらい状況となったことが考えられた。

その後，平成 27～30 年度の試験では，置土の流出の促進を図るため，平常時の濁水発生に配慮しつつ，置土を河道の中央付近に張り出すと共に右岸側に通水部を設ける形状に徐々に変更し，現在の台形形状を基本形状とした。また置土の施工方法についても，以前は縦断的に層状に下層から上層に積み上げる施工が行われていたため，重機の往来により置土が転圧されるような状況であったが，その後，下流から上流に向かって段階的に置土を施工し，置土の上を重機が往来する回数を減らす施工方法に改善した。

令和元年度の試験では，置土の施工効率の向上のため，運搬機材を 4 t ダンプから 10 t ダンプに変更し，置土流出後直ぐに土砂を搬入できる工夫も行われた。

令和 3 年度には年間 8,400 m^3 の置土が主に 7～11 月の 2 回に分けて施工された。1 回目の置土は 300 m^3/s 規模の放流でほぼ全量が流出したが，2 回目の置土が設置完了したのは 11 月となり出水が少ない時期であったため，モニタリング期間中の置土の流出は 2 回目の置土量の 4 割程度にとどまった。置土の固化等が懸念されたが，その後の非出水期に発生した小出水等でほぼ流出した。これは設置形状や施工方法の工夫により，置土の固化が軽減されたためと考えられる。

令和 4 年度では，3～4 月と 7～8 月の 2 回置土が施工され，施工期間中に発生した出水でほぼ全量が流出し，目標としていた年間土砂還元量 1 万 m^3 に到達した。

項目	第1回（H24）	第2回（H25）	第5回（R1）	第7回（R3）	第8回（R4）
置土形状					
置土流出量・残存量（m^3）					
置土高(m)	3m程度	4m程度	2～3 m程度	2～3 m程度	3～4 m程度
置土施工回数(/年)	1	1	2	2	2
置土の粒径					
設置時期	出水期	非出水期	出水期	出水期・非出水期	出水期
設置から最初の出水まで経過日数	3日	79日	0日 （設置中に出水発生）	0日 （設置中に出水発生）	0日 （設置中に出水発生）
出水規模	110 m^3/s	260 m^3/s	1回目：76 m^3/s 2回目：542 m^3/s	1回目：305 m^3/s 2回目：69 m^3/s	1回目：98 m^3/s 2回目：109 m^3/s

※いずれもモニタリング期間中に確認できた内容であり、期間外での流出状況等は含んでいない。

図-14　高滝ダム下流での置土の設置概要と流出状況

4.2　トレーサー調査による還元土砂の流下状況

(1)　還元土砂の流下範囲

過去 5 回実施したトレーサー追跡調査結果を図-15 に示す。各試験では，当該時期に置土に混入させたトレーサー材の他，過去のトレーサー材についても分析した。

平成 24 年度試験（第 1 回，赤色カラーサンド）では，ダムピーク放流量 60，110 m^3/s 規模の出水で流出・流下したものと考えられ，ダム地点に近い寺庭橋・音信橋・転流工直下地点で多く確認されたほか，養老川中流～河口付近でも検出された。このことから，還元土砂が中小規模の出水でダム下流河道の広範に堆積しつつ，河口まで到達し得ることが示唆された。

平成 25 年度試験（第 2 回，青色カラーサンド）と平成 27 年度試験（第 3 回，緑色カラーサンド）では，200～300 m^3/s 規模の出水で流出したものと考えられ，主に土砂還元箇所に近い養老川上流の調査地点で多く検出される一方，養老川中流～下流での検出量が平成 24 年度試験と比べて少なかった。これは，平成 24 年度試験では設置直後の出水で置土のほぼ全量が流出したのに対し，平成 25 年度，平成 27 年度の試験では年間の置土量が増えたことや置土の固化の影響で置土は徐々に流出した。このような流出過程の違いがカラーサンドの分布傾向に現れたものと推察される。また，過年度に混入した赤色カラーサンドも検出されており，一度河床に堆積した還元土砂が徐々に下流へ再移動している可能性も示唆された。

令和 3 年度試験（第 7 回，黄色カラーサンド）では，2 回目の置土にトレーサー材を混ぜて調査を実施したが，モニタリング期間中に発生した出水が 69 m^3/s と比較的小さく，置土流出量が少なかったため，還元箇所に最も近い新手綱橋地点より下流では検出されなかった。なお，過年度に投入したトレーサー材は妙香橋上流や新手綱橋地点などの養老川中流付近で多く検出された。これは，前回調査から 5, 6 年が経過しており，前年度の調査結果と同様に上流に堆積した還元土砂が再流下し堆積したものと推察される。

令和 4 年度試験（第 8 回，水色カラーサンド）では，1 回目の置土にトレーサー材を混ぜて流出後に調査を実施した。置土はダム放流量 100 m^3/s 未満の複数回の出水により流下しており，令和 3 年試験と同様に水色カラーサンドはダム直下～中流まで堆積が確認されたが，中流～河口で水色カラーサンドは検出されなかった。

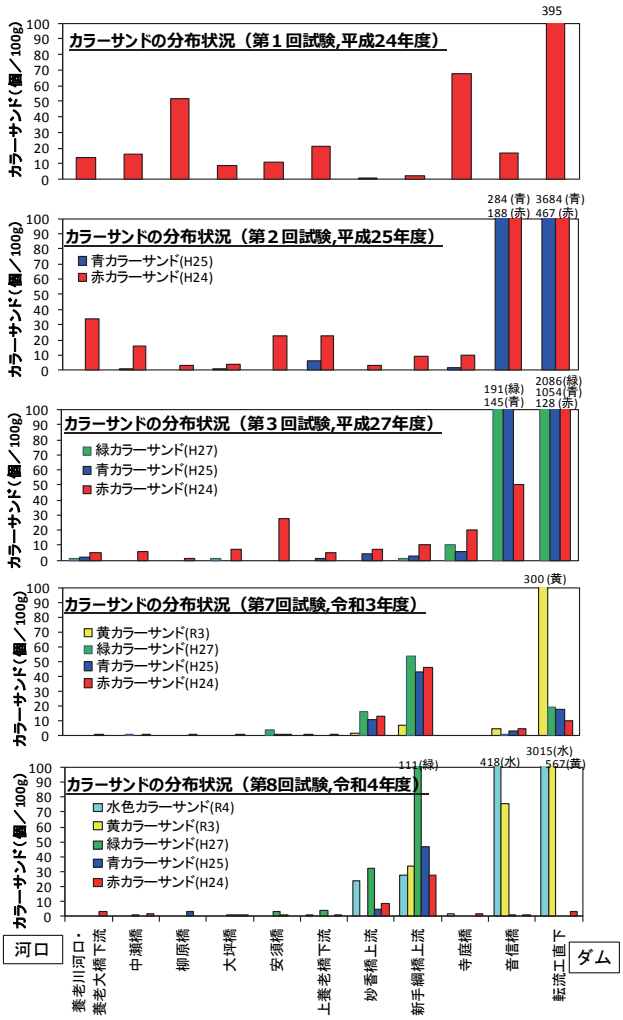


図-15　トレーサー追跡調査結果
（第 1～3 回，第 7 回，第 8 回試験）

令和 3 年度および令和 4 年度の試験で下流側の地点で黄色・水色のカラーサンドが検出されなかった要因としては，以下の可能性が考えられる。

① 令和元年 9 月に高滝ダム竣工後最大規模の出水が発生した影響で，過去に河床低下が顕著だった区間（ダム直下から下流約 15 km：図-3 参照）でさらに河床低下が生じた結果，第 7, 8 回の還元土砂の大半が同区間に捕捉された。

② 平成 27 年度以前と比較し置土量が多くなり，カラーサンドの混入率が小さかったことや，これまで還元した還元土砂の堆積や出水時の再移動により，以前と比べてカラーサンドを検出しづらい状況であった。

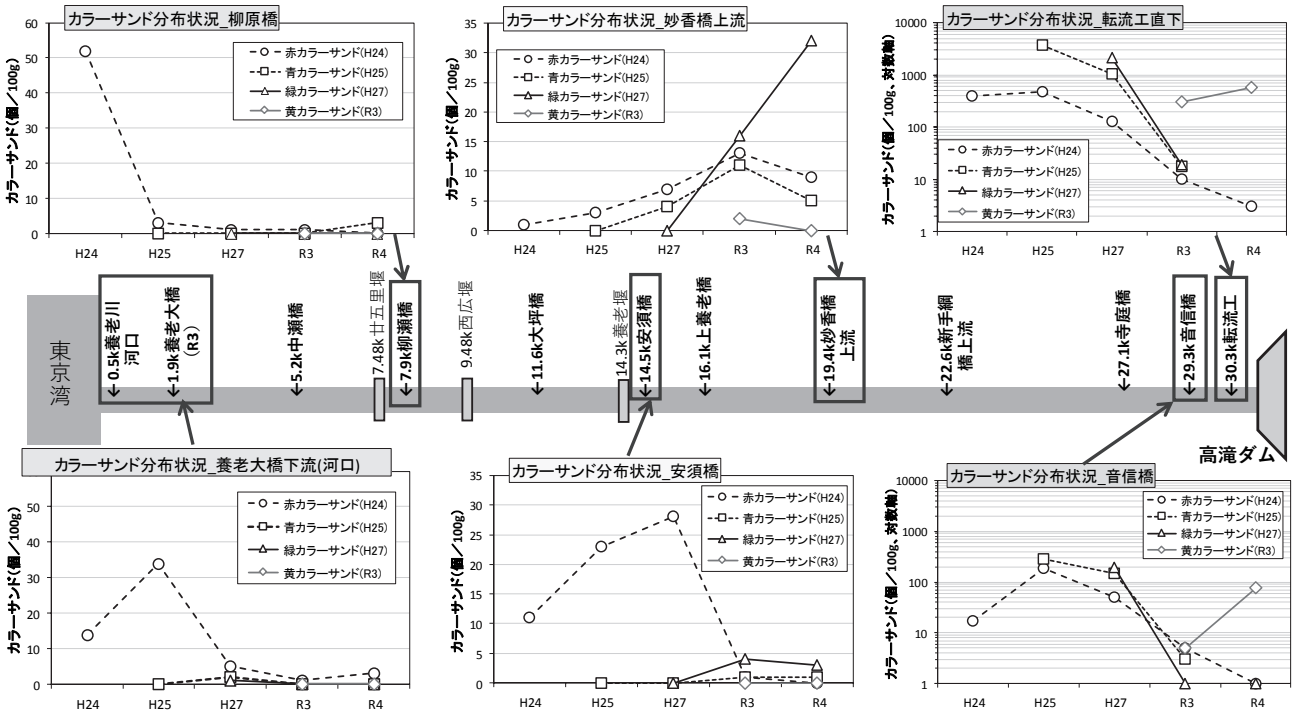


図-16　各地点におけるカラーサンド量の経年変化

(2)　経年的な置土の流下状況

各地点におけるカラーサンド量の経年変化を図-16 に示す。第 1～3 回試験で混入した赤色・青色・緑色のカラーサンドについて見ると，土砂還元点に近い養老川上流の地点（転流工直下，音信橋など）では，カラーサンドを混入した年度から経年的にカラーサンドの量が減少する傾向が見られた。

妙香橋や安須橋などの養老川中流の地点においては，平成 27 年以前の置土に混入した赤色・青色・緑色のカラーサンド量が令和 3 年度以降に増加する傾向が確認された。置土材料は細砂～中砂が主体で高滝ダム下流の河床材料と同程度の粒径であるため（図-7），置土の一部は浮遊砂的な移動形態で河口まで到達したものと推察される。しかし，ダム下流には堰の湛水区間や蛇行部が多数存在するため，置土は上中流部にも捕捉され，一度堆積した後は出水規模に応じ，数年の時間スケールで徐々に流下すると推察される。

養老川下流の調査地点においては，初年度に混入した赤色のカラーサンドが減少傾向にあるが，その他年度に混入したカラーサンドはわずかに確認されているものの，大きな変化は見られなかった。これは，平成 25 年度以降の還元土砂の大半が下流部まで流下しておらず，平成 24 年度の還元土砂だけが徐々に海域へ流出したか，あるいは支川からの流出土砂によって希釈された可能性が考えられる。

本報告で示した一連の土砂還元試験では，平成 24 年度の最初の試験だけが河口部までカラーサンドの顕著な分布が確認され，平成 25 年度以降の試験結果と異なる傾向が認められたが，試験期間において河道特性や洪水の発生状況に顕著な変化はなく，置土の設置時期や性状（特に粘土含有率）の差異が出水時における置土の流出形態や流出率に影響を及ぼし，それが河川区間における還元土砂の流下範囲に現れたものと推察される。また，図-3 で示したように高滝ダム下流河川はダム建設後，上流からの土砂供給が大きく減少した影響もあり，中流部では 2 m 前後の河床低下が生じた。そのため，中流部に捕捉された還元土砂は一度堆積すると再移動の機会は少なく，このような河道特性も還元土砂の経年的な変動に現れていると推察される。

5.　下流河川環境の変化

本章では最も土砂還元の効果・影響が現れていると考えられる幸田橋地点の経年変化について考察する。

5.1　物理環境の変化

高滝ダムから約 2.3 km 下流に位置する幸田橋地点の河床材料の経年変化を図-17 に示す。土砂還元を開始し

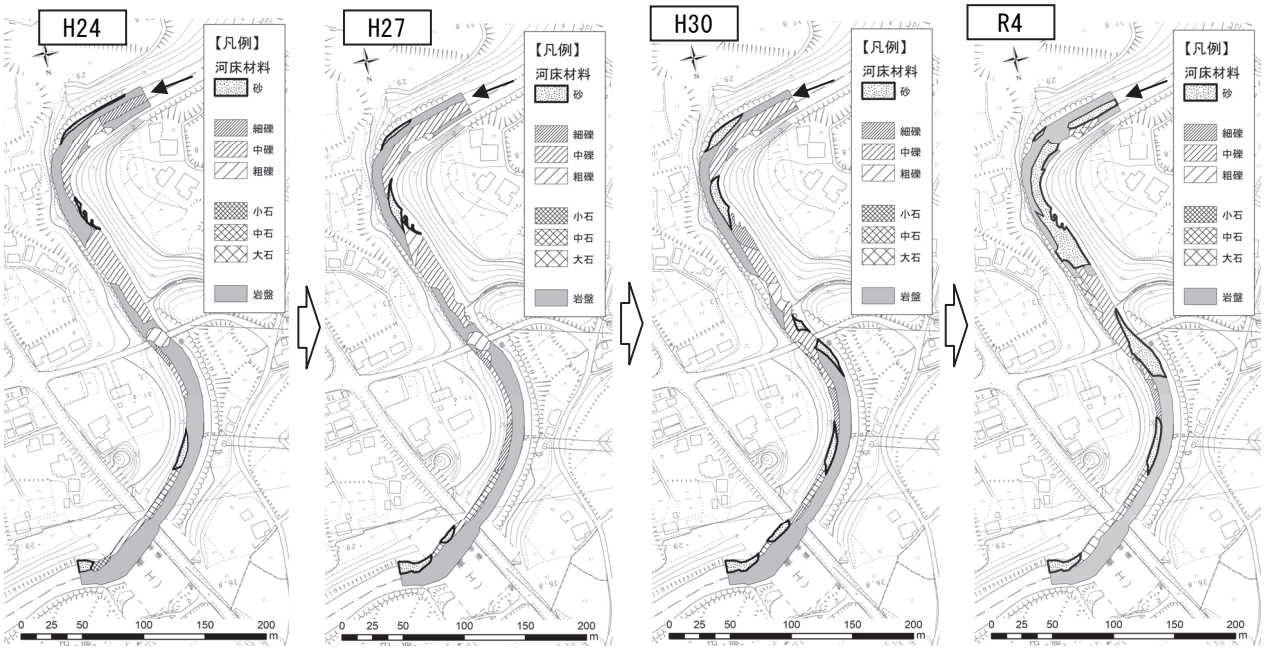


図-17　物理環境調査（河床材の分布状況）の経年変化（幸田橋）

た平成 24 年からの河床材料の変化を見ると，湾曲河道の内湾部や水裏部付近において経年的に砂分の堆積範囲が拡大傾向にある。特に調査範囲の上流の左岸側について見ると，礫質の河床から砂の河床に変化が見られ，砂の堆積範囲が拡大していることがわかる。幸田橋地点～高滝ダム間では大きな支川流入はなく，高滝ダム下流から流下した置土の一部が，掃流力の低下しやすい河道の内湾部等で経年的に堆積したと考えられる。

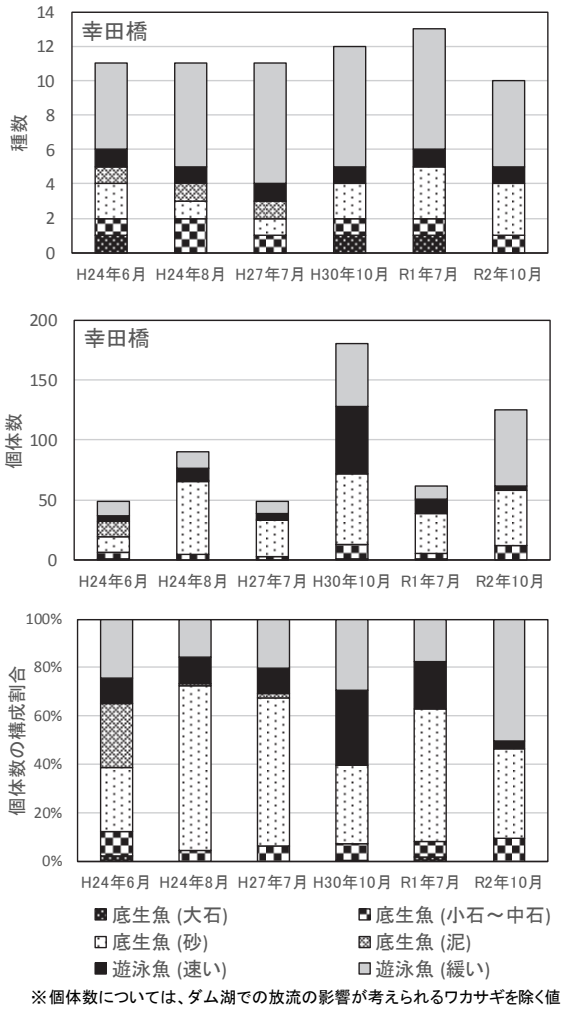
また現地調査時の目視確認によれば，経年的に砂の堆積が見られる箇所でも，堆積厚が増加し水深が浅くなる等の河床の変化が確認された。このことから，面的な砂の堆積範囲の拡大（河床材料の変化）のみならず，河床低下の回復にも寄与していると考えられる。

5.2　生物環境の変化

幸田橋地点の魚類の種数・個体数・構成割合の経年変化を図-18 に示す。

種数について見ると，10～13 種程度確認されており，経年的な大きな変化は見られなかった。土砂還元実施前の平成 24 年 6 月とそれ以降で，ワカサギなどの貯水池から流下した魚種を除くと，土砂還元後大きく個体数が減少するような影響は確認されなかった。

構成割合について見ると，経年的に泥を好む底生魚の割合が減少傾向にあり，変わって緩流域を好む遊泳



※個体数については、ダム湖での放流の影響が考えられるワカサギを除く値

図-18　幸田橋の魚類調査結果
（種数・個体数・構成割合）

魚，砂河床を好む底生魚の割合が増加傾向になっている。これは土砂還元により河床に砂分が供給され，砂河床を好む底生魚が増加した可能性が考えられる。

緩流域を好む遊泳魚について見ると，種数や個体数の割合が増加傾向にある。これは，カワムツなど緩流域を好む遊泳魚は砂礫河床を産卵場として利用することから，産卵場が増加したことによる確認種・個体数の増加といった現象が見られていると考えられる。

なお，令和元年 9 月に台風 15 号による大規模出水があったが，翌年の令和 2 年 10 月の調査時で確認種数・個体数・構成割合に大きな変化は確認されなかった。

6. おわりに

本報告では，平成 24 年度～令和 4 年度の約 10 年間に実施された高滝ダムの土砂還元試験の取り組みやモニタリング調査結果を報告した。

置土の流出に関する工夫に関しては，PDCA サイクルにより置土形状・施工時期・施工方法等を逐次見直し，年間の土砂還元量を増加させたプロセスを示した。

モニタリング調査では，トレーサー追跡調査で還元土砂の到達範囲や経年的な流下状況について示した。砂分が主体であるものの河床に堆積する量も多いと推察され，今後の土砂還元の継続・促進により，ダム下流で進行している河床低下の抑制に寄与することが期待される。なお，河道地形の定量的な変化は把握できていないことから，今後河川横断測量等を実施し，河床変動状況を把握することが望まれる。

また河川物理環境調査で経年的に砂分の堆積範囲の拡大が確認され，魚類調査で砂地を好む魚種の割合が増加するなど，河川環境の変化も確認された。ダム下流の経年的な河床低下を勘案すると，土砂還元による流砂量の増加によりダム竣工前の物理環境に戻りつつあるものと考えられる。

現時点の土砂還元量は高滝ダムの年平均堆砂量の約 1 割に留まっている。養老川の河床低下の改善やダムの堆砂対策の観点からは，今後還元土砂量を増加させていくことが必要と考えられる。一方，養老川の下流河道では，養老川水系流域治水プロジェクト[12)]の一環で河道掘削・堆積土の撤去等を計画していることから，還元土砂の下流への堆積に伴う流下能力等への影響について検討していくことが必要と考えられる。今後，モニタリング試験や追加調査・検討を進め，継続的な土砂還元に向けた土砂還元計画・モニタリング計画を策定していくことが望まれる。

本成果は平成 24 年度～令和 4 年度に実施された高滝ダム堆砂対策検討業務（土砂還元試験のモニタリング調査業務）の成果の一部である。高滝ダム管理事務所からは資料・データの提供にご協力いただいた。関係者に対し，ここに謝意を表する。

参考文献

1） 那賀川総合土砂管理検討協議会：第 6 回那賀川総合土砂管理技術検討会資料，2023
2） Katano, I., Negishi, J.N., Minagawa, T., Doi, H., Kawaguchi., Y. and Kayaba, Y.: Effects of sediment replenishment on riverbed environments and macroinvertebrate assemblages downstream of a dam., *Scientific Reports*, Article number: 7525, 2021
3） 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課：下流河川土砂還元マニュアル（案）第 2 版，2011
4） 青木朋也：土砂還元による河川環境の改善効果－中間報告－，*RIVER FRONT*，**88**，2019
5） 恩田千早，角 哲也：発電用ダムにおける下流土砂還元の効果評価および持続性確保に向けた課題，土木学会論文集 B1（水工学），**74**（5），I_853–I_858，2018
6） 国土交通省 東北地方整備局 三春ダム管理所：三春ダムにおける土砂還元と底生動物の変遷，沿岸環境関連学会連絡協議会，第 18 回ジョイント・シンポジウム，2007
7） 千葉県 高滝ダム管理事務所：令和 4 年度事業概要，2022
8） 千葉県：第 7 回養老川流域懇談会資料・議事録，2012
9） 環境省：海洋汚染防止及び海上災害の防止に関する法律施行令第 5 条第 1 項に規定する埋立場所等に排出しようとする金属等を含む廃棄物に係る判定基準を定める省令，昭和 48 年総理府令第 6 号，1976
10） 大矢通弘，角 哲也，嘉門雅史：ダム堆砂の性状把握とその利用法，ダム工学，**12**（3），174–187，2002
11） 国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課：河川水辺の国勢調査 基本調査マニュアル［河川版］（魚類調査編），2016
12） 東京湾南部圏域流域治水協議会：養老川水系 流域治水プロジェクト（令和 6 年 3 月 21 日），2024

（2024 年 8 月 19 日 受理）

This report describes the results of an environmental monitoring study and the development of a sediment supply test downstream of a multi-purpose dam located in the Yoro River, Chiba Prefecture, which is a sand-bed river, that has been conducted for about 10 years. The annual sediment supply volume was increased from 1,500 m^3 to 10,000 m^3 by reviewing the timing, frequency, shape, etc. of sediment placement in the river channel. In monitoring surveys, various surveys were continuously conducted in the downstream river, and no particular impact was observed. On the other hand, it was confirmed that the proportion of fish species that prefer sand beds tended to increase with the expansion of the distribution range of sand content.
Key words : sand-bed river, sediment replenishment, dam sediment management, monitoring survey, downstream river environment