

ダム堆砂の河川還元利用における 簡易処理手法に関する研究

STUDY ON PRIMARY TREATMENT OF DAM SEDIMENT REPLENISHING TO THE RIVER

角 哲也¹・久保田 明²・瀧上 吾郎³
・三反畑 勇⁴・吉越 一郎⁵・小高 志郎⁶

Tetsuya SUMI, Akira KUBOTA, Goro FUCHIGAMI, Isamu SANDANBATA,
Ichiro YOSHIKOSHI and Shirou KODAKA

¹正会員 工博 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂4)

²正会員 水資源機構 木津川ダム総合管理所 (〒518-0413 三重県名張市下比奈知2811-2)

³正会員 水資源協会 (〒103-0026 東京都中央区日本橋兜町22-6 マルカ日甲ビル2階)

⁴正会員 ハザマ 技術・環境本部 技術研究所 (〒305-0822 茨城県つくば市荻間515-1)

⁵正会員 ハザマ 土木事業本部 機電部 (〒105-8479 東京都港区虎ノ門2-2-5)

⁶正会員 前澤工業 開発本部 (〒332-8556 埼玉県川口市仲町5-11)

Water turbidity is one of the biggest problems in case of reservoir sediment replenishment to the river. Moreover, the processing of the nutrients contained in the collected sediment is also another crucial problem. The purpose of our study are; how to dredge sediment from reservoirs safely, and how to produce the appropriate grain sized material from the sediment which contain very fine sediments or nutrients. This paper reported that we apply the ejector pump to collect sediment, and adopted spiral classifiers for the sediment classification. We carried out field examination by setting up these devices near the dam reservoir. The result shows that our proposed method is effective to achieve the purpose of our study.

Key Words : *reservoir sediment, reservoir sediment replenishing to the river, spiral classifiers, ejector pump*

1. はじめに

ダム堆砂対策としての河川土砂還元¹⁾において最大の障害は土砂供給時の濁水の発生²⁾である。また、採取土砂に含まれる栄養塩の処理も重要な課題である。本報告は、このような濁水発生原因となる細粒土砂や栄養塩を一部含むダムの堆積土砂を対象に、貯水池から土砂を安定的に採取し、かつ、下流河川にそのまま還元可能な粒径材料を簡易に抽出するための分級処理手法についての検討を目的としている。今回の研究は、土砂採取にエジェクターポンプを、分級処理にスパイラル分級装置を採用している。これらを実際のダム湖において現地実験を行ってダム堆砂の河川還元手法について検討した。

2. 使用機器の特徴

(1) エジェクターポンプ

エジェクターポンプ(図-1,2参照)は、高圧水を管内に噴射することによって発生する負圧を吸引力とするポンプである³⁾。高圧水だけでは圧力変動による液体中の発泡現象が発生して吸引力を阻害するため、高圧水吐出口付近に空気を導入し高圧水を整流させ理想的な吸引力を得る工夫がされている。この、空気を導入することによる副次効果として、吸引した物体に対する高い攪拌・洗浄効果が発揮される。通常の排水ポンプはインペラー(羽車)を回転させることによって揚水力とするために、大塊やひも状の物体はポンプ内で詰まってしまうが、エ

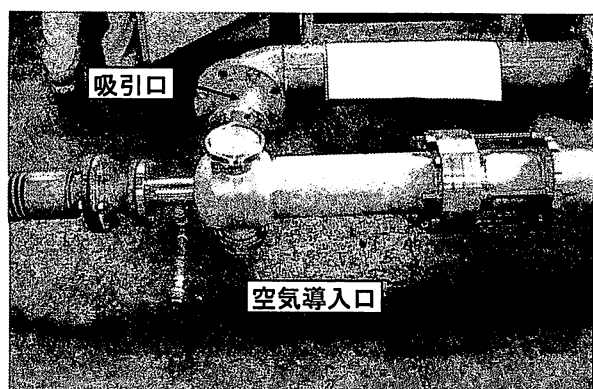


図-1 エジェクターポンプ

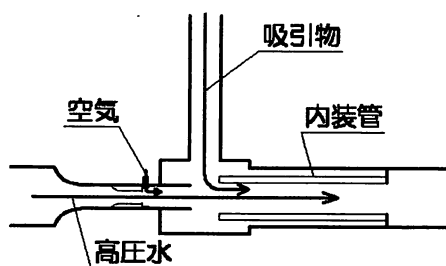


図-2 エジェクターポンプの概念図

ジェクターポンプは内装管の径以内であれば管内の阻害要素がなく、これらを問題なく吸引・搬送することが可能である。また、吸引された物体は高圧水と混合して搬出されるために比較的長距離の搬送に耐えられる仕組みになっている。

今回の研究では、エジェクターポンプの高い吸引・搬送能力がダム貯水池の堆積土砂を安全に採取し運搬する能力に、また副次効果の攪拌能力が栄養塩等の洗浄効果にそれぞれ役立つことに注目し採用した。エジェクターポンプの能力は製造工場にて予備実験を実施し、最適吸引力となる高圧水圧力、流量及び空気量を選定している。

(2) スパイラル分級装置

スパイラル分級装置（図-3参照）は、泥水中の砂分を沈降分離させて回収するコンパクトな装置である⁴⁾。下部が円錐状になった円筒容器内を隔壁で螺旋状に仕切って流路（図-4参照）とし、その流路の底部に傾斜した底板（スリット付き図-5参照）を設けて、底板上に砂分を沈降させる。傾斜した底板の上に堆積した砂分は、スリットを通して容器の下部に落下して貯留する。そして、容器の底に貯まった砂分はスクリュウコンベアによって容器の外に排出される。今回の研究では分級回収する砂を、スパイラル分級装置の流路長によって砂回収用（流路長短め）と細砂回収用（流路長長め）の2種類を回収できるように、スパイラル分級装置を2種類連結したものを使用した。なお、スパイラル分級装置も予め実際のダム堆砂を使用して製造工場において分級性能や栄養塩除去性能を確認した。

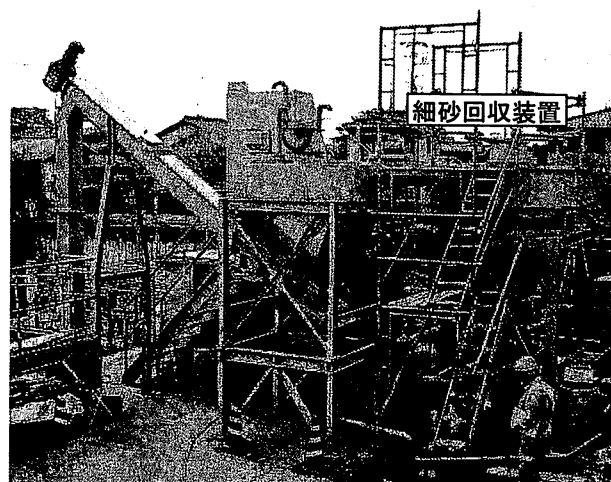


図-3 スパイラル分級装置

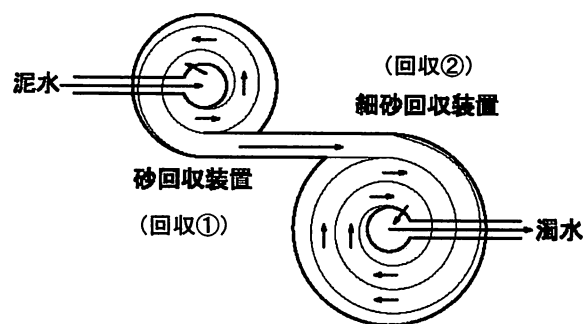


図-4 スパイラル分級装置の流路のイメージ

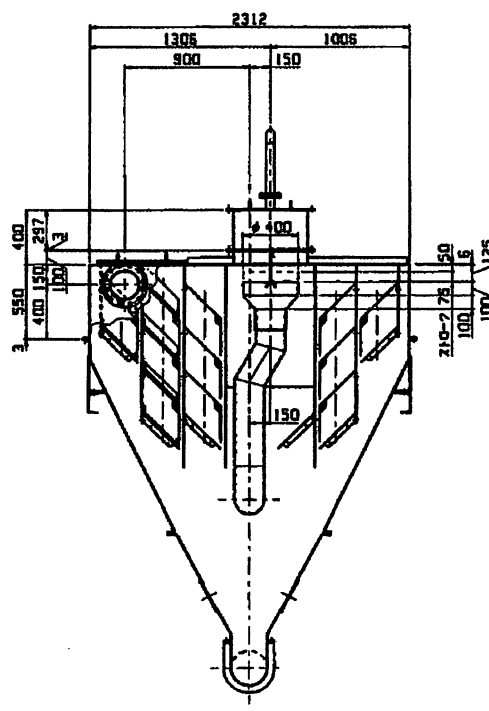


図-5 スパイラル分級装置の底板（スリット）配置例

3. 布目ダムでの現地実験概要

(1) 実験場所

実験は、木津川水系（図-6参照）布目ダムの副ダム直近の広場（桐山さざなみ公園、図-7参照）に堆砂処理プラントを設置して実施した。以下にダム諸元を示す。

名 称：布目ダム

所 在 地：奈良県奈良市北野山町

河 川：淀川水系布目川

有効貯水容量：15,400,000 m³

ダム管理者：（独）水資源機構

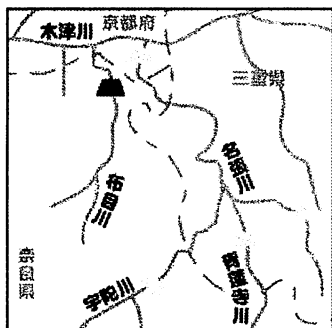


図-6 布目ダムの位置

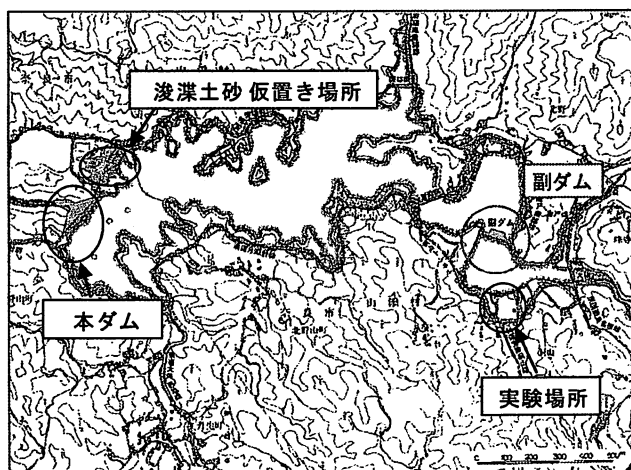


図-7 布目ダムの概要と実験場所

(2) 使用ダム堆砂

布目ダムでは、定期的に副ダムの堆砂浚渫が実施されている。浚渫方法は、副ダム水位低下時のバックホウによる浚渫と、マイクロポンプ浚渫船による水位を保ったままの浚渫が実施されている。浚渫土砂は天日乾燥後に本ダム右岸側（図-7参照）に運搬・仮置きされる。

図-8に年度別浚渫位置図を、また、図-9, 10に粒度試験結果を示す。これらより、バックホウ浚渫のみによる場合は粒径0.1mm以下の含有率は概ね10～40%の範囲にあるが、ポンプ浚渫が行われた場合は粒径0.1mm以下の含有率が90%近いものもある結果となっている。

今回の実験では、下流河川にそのまま還元可能な粒径材料を簡易に抽出するための分級処理手法の開発を目的としているため、粒径0.1mm以下の含有率が概ね10～30%の範囲にあるバックホウ浚渫土砂（平成12年度、図-9参照）を仮置き場所より採取し、副ダム周辺の広場に運搬して分級簡易処理手法の現地実験を実施した。

ここで、図-9に示す粒径0.1mm以下の含有率が概ね10%未満の土砂（H12-2, 3）を「細かめ堆砂」、また30%程度の土砂（H12-1）を「細かめ堆砂」と呼び、それぞれ代表的な特性を有する浚渫土として実験に使用した。

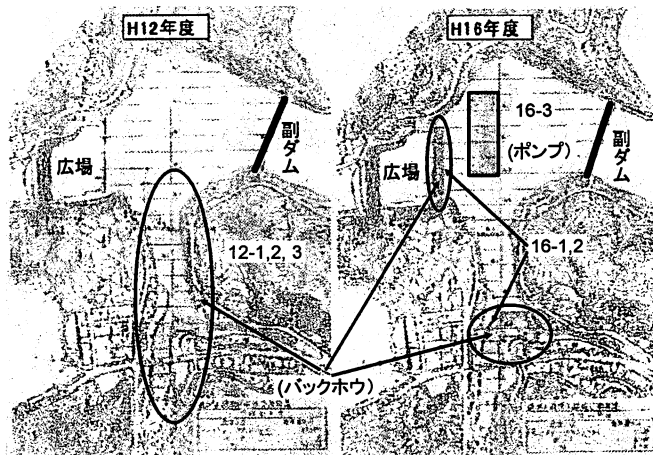


図-8 布目ダム副ダム年度別浚渫位置図

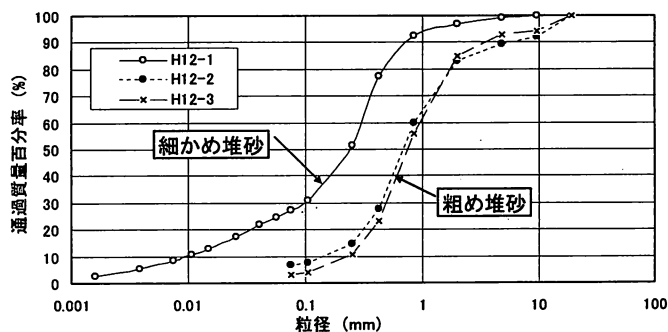


図-9 粒度試験結果（H12年度浚渫土砂）

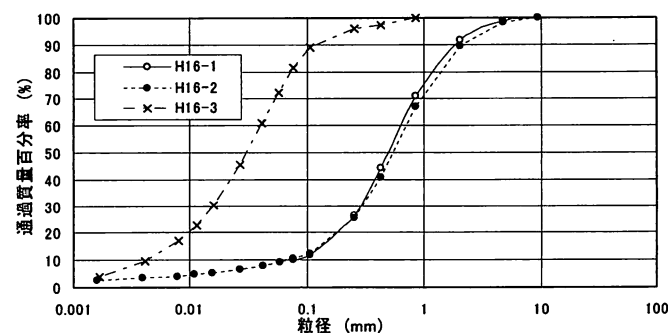


図-10 粒度試験結果（H16年度浚渫土砂）

(3) 実験手順

実験手順を以下に示す(図-11参照)。

- ① 副ダムの浚渫土砂を、本ダム直下の浚渫土砂仮置き場所からダンプトラックで運搬し、処理プラントの近くに仮置きし、定量供給機に投入する。
- ② 揚砂装置からエジェクターポンプで吸引した浚渫土砂をスパイラル分級装置(砂回収装置、図-4参照)に送る。揚砂装置には定量の清水を供給する。
- ③ エジェクターポンプによって送られた泥水をスパイラル分級装置で処理し、沈降分離した砂分を取り出して仮置きする。〔回収①〕
- ④ 砂分を分級した後の泥水は、細砂汚水沈殿装置(細砂回収装置)へ送り細砂分を沈殿除去する。分離した細砂は振動ふるいで脱水処理する。〔回収②〕
- ⑤ 細砂汚水沈殿装置からの排水は、沈殿池および水路を締め切った仮池にて細粒分をある程度沈殿除去した後副ダムに放流する。

図-11に堆砂処理実験の性能確認運転フローを、図-12に現地設置状況を示す。図-11フロー図中の(ア)～(エ)は土砂の調査箇所を、(A)～(F)は給・排水の調査箇所を示す。なお、1台目のスパイラル分級機(砂回収装置)によって回収された土砂を回収①(または回収砂)、2台目(細砂回収装置)によって回収された土砂を回収②(または回収細砂)と呼ぶ。

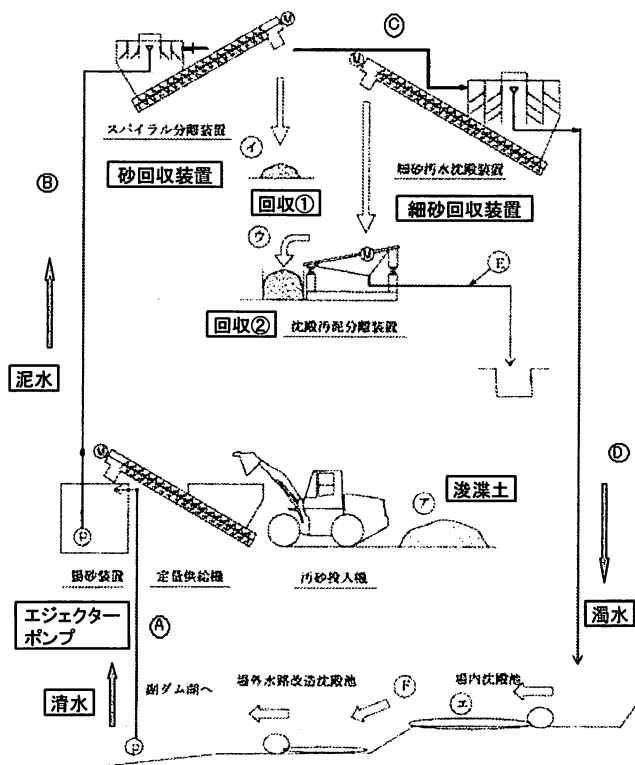


図-11 堆砂処理システムの性能確認実験運転フロー

4. 実験結果

(1) 実験概要

処理装置の運転日数は延べ12日間(2007.9)で、その間に155.5m³のH12浚渫土(図-9参照)を処理して108.5m³の砂を回収した。内訳としては、細かめ堆砂の定常運転10日間で浚渫土118.5m³を処理し、その他に細かめ堆砂の多量投入実験と粗め堆砂の定常運転を1日ずつ実施した。

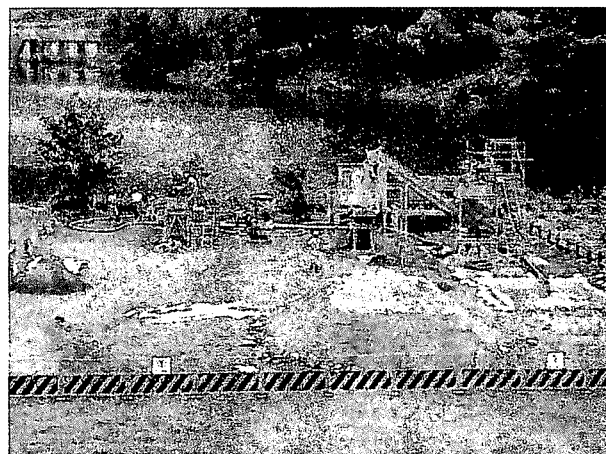


図-12 堆砂処理システムの現地設置状況

(2) 処理装置の性能

砂の処理能力(処理速度)としては、細かめ堆砂の定常運転では平均2.8m³/hr、細かめ堆砂の多量投入では4.5m³/hr、粗め堆砂の定常運転では4.2m³/hrであった。

砂の回収率(2つの砂回収装置で採取したものは、細かめ堆砂では72%(回収①52%、回収②20%)、粗め堆砂では85%(回収①74%、回収②11%)であった。細かめ堆砂の多量投入では回収率が49%(回収①36%、回収②13%)に低下している。

定常運転においては、細かめ堆砂の処理速度は粗め堆砂に比べて遅かった。これは、細かめ堆砂は粗め堆砂よりも粘性が高く付着しやすい性状であるため、定量供給装置のスパイラル羽根の回転とともに円周方向に移動し易く軸方向への送り効率が低下したのが主原因と考えられる。なお、細かめ堆砂を多量投入したケースでは、粗め堆砂のケースと同程度の土砂投入速度が達成できたが、砂の回収率が49%まで低下した。このことから、本処理システムを適切に運転するためには、投入土砂の粒度及び有機物含有量などに応じて投入量を適宜調整する必要がある。

(3) 投入・回収土砂の特性

細かめ堆砂の10回(10日間)の粒度試験結果(浚渫土→回収①、②)は、図-13に示すようにほぼ同一であった。一方、粗め堆砂(浚渫土)は図-14に示すように

0.1mm以下の細粒分の含有率がもともと10%程度であったが、回収①、②ともに0.1mm以下がさらに減少している。なお、細かめ堆砂を多量に投入した場合には、先に示したように砂の回収率は49%に低下したが、粒度は正常運転とほぼ同じであった(図-13の9/25)。

図-15には強熱減量試験の結果を示す。細かめ堆砂(浚渫土)に含まれる有機分は6%程度であるが、回収①で2%程度、回収②で4%程度に低下している。なお、粗め堆砂(浚渫土)では有機分が2.5%程度と最初から少なめであるため、回収砂ではその値がわずかに下がる程度である。

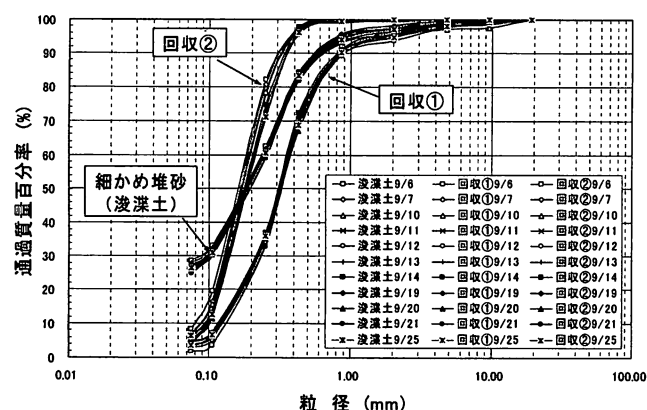


図-13 粒度分布(「細かめ堆砂」の全データ)

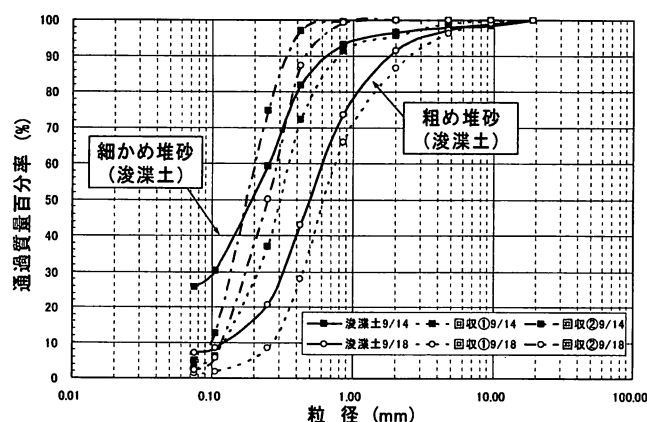


図-14 粒度分布(「細かめ堆砂」と「粗め堆砂」の比較)

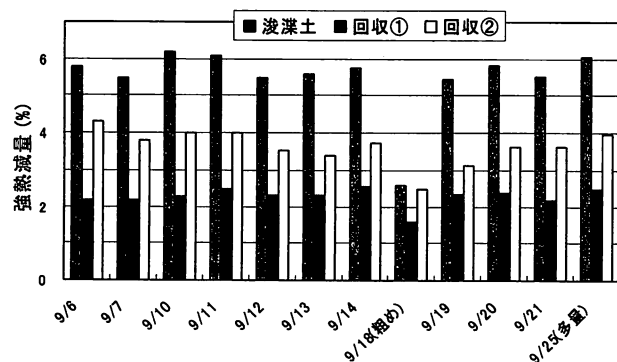


図-15 強熱減量試験結果

(4) 溶出試験による土砂の性状

浚渫土、回収①、回収②について、それぞれプラスチック製容器に土砂200ccと清水1000ccを入れ、5分攪拌した後に得られた懸濁水の水質分析(溶出試験)を行った。SS、濁度、COD、窒素、リンの分析結果を図-16～図-20に示す。

SSは、浚渫土と比較して回収①および回収②はそれぞれ約15%、約10%に低下している。(図-16)

濁度もSSと同様の結果を得た。(図-17)

有機物の指標であるCODは、回収①の時点で浚渫土の約20%に低下している。(図-18)

窒素含有率は、浚渫土と比較して回収①および回収②はそれぞれ約20%、約15%に低下している。(図-19)

リン含有率は、浚渫土と比較して回収①、回収②はそれぞれ約20%、約10%に低下している。(図-20)

これらの分析結果より、投入した浚渫土に含まれていた栄養塩類などは、回収①の時点で大幅に除去されていることが確認できた。これは、エジェクターによる土砂洗浄効果が期待通りに発揮された結果と考えられる。

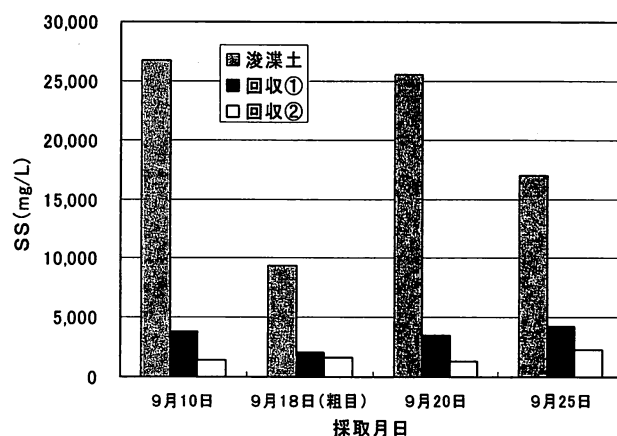


図-16 SSの変化

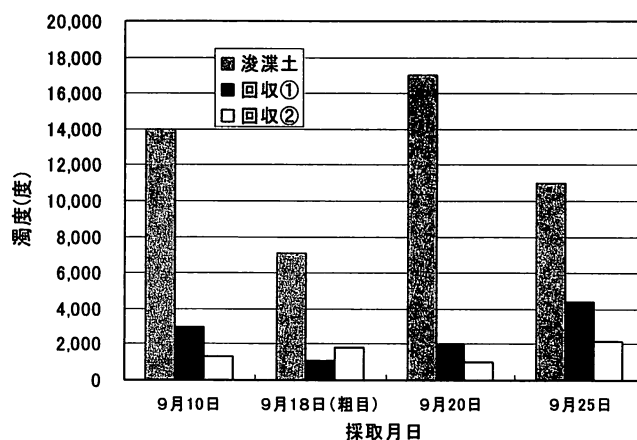


図-17 濁度の変化

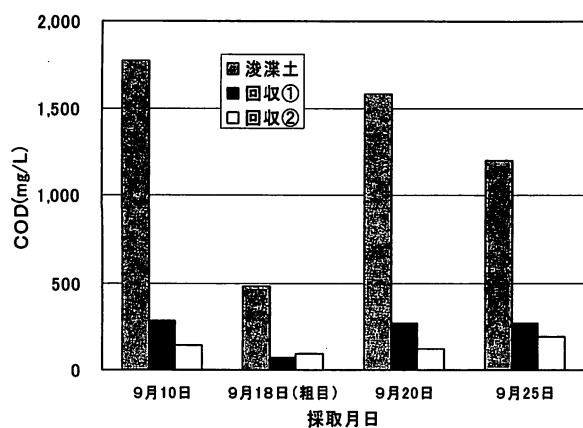


図-18 CODの変化

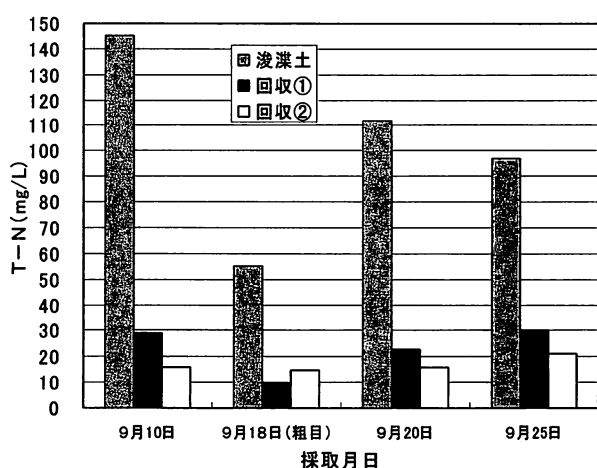


図-19 窒素の変化

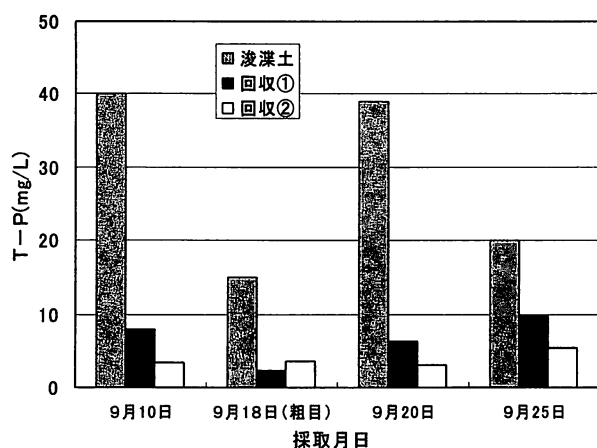


図-20 リンの変化

5. まとめ

今回の実際のダム堆砂を用いた実機レベルでの現地処理実験により以下の成果を得た。

① 処理性能

土砂の粒径、有機物含有量により多少の変動はあるものの、スパイラル分級装置により概ね3～4m³/hrの土砂を処理し、砂および細砂を合わせて70～80%の砂を回収することができる。

② 分級効果

浚渫土の種類によらず、回収された砂は分級効果により濁水発生の原因となる0.1mm以下の含有率を概ね10%以下に低下させることができる。これにより、濁水対策などに配慮した良質な河川還元材料をダム堆砂から簡易に回収することが可能となる。

③ 栄養塩洗浄効果

1台目のスパイラル分級機（砂回収用）で回収された土砂のCOD、窒素含有率、リン含有率は、投入した浚渫土の10%～20%程度に低下させることができた。これは、主にエジェクターポンプによる洗浄効果によると考えられる。

④ 総合評価

一般に、ダム堆砂には濁水および富栄養化の原因となる微細粒分や栄養塩が多く含まれており、エジェクターポンプによる土砂の洗浄効果およびスパイラル分級装置による分級効果は、ダム堆砂浚渫土における濁水および栄養塩対策として有効である。

今回、現地で実際に機械を設置して性能試験を実施したことで、堆砂吸引から分級までの一連の処理の有効性およびシステム導入の実現性を確認することができた。

今後は、処理された土砂の河川還元方法や還元時の土砂性状および河川環境に対する影響について、実際に処理された土砂を用いた水理模型実験や現地土砂還元実験により評価していく予定である。

参考文献

- 岡野真久, 菊井幹男, 石田裕哉, 角哲也: ダム貯水池堆砂とそのダム下流河川還元についての研究, 河川技術論文集, 第10巻, 191-196, 2004
- 角哲也, 早瀬学, 大矢通弘: 細粒分を多く含むダム堆砂を河川還元する場合の環境影響の把握, 河川技術論文集, 第11巻, 297-302, 2005
- 大矢通弘, 早瀬学, 稲垣夏郎, 角哲也: ダム堆砂の湖内移送を目的とした特殊エジェクターの基本性能実験, 土木学会, 第60回年次学術講演会, 2-100, 2005
- 大矢通弘, 吉越一郎, 小高志郎, 角哲也: ダム堆砂の河川還元を目的とした土砂分離実験, 土木学会, 第61回年次学術講演会, 2-235, 2006

(2008. 4. 3受付)