

奥村式スラリー連続脱水処理システムの適用事例

－ダム湖堆積土処理分野・泥水シールド分野での適用－

Improvement in Performance of Continuation Slurry Dewatering System

- Application to Sediment in Storage Reservoirs and Excess Sludge from Slurry Shield -

戸澤清浩* 石橋則秀** 白石祐彰*** 安竹 馨****

要 旨

ダム湖堆積土や泥水式シールドの余剰泥水をスクリープレスを用いて連続的に脱水するシステムを開発し、実現場に適用した。砂防ダムの機能回復を目的とした浚渫工事では狭隘な用地に設備一式を設置し、粘土・シルト分可成なる泥水を脱水処理した。泥水式シールド工事ではフィルタープレス機と併用して稼働しながら本システムの検証を行っている。両現場ともスクリープレスの回転数を制御することによって脱水処理土の強度を調節でき、要求品質に対応できることが確かめられた。

キーワード：ダム湖堆積土、浚渫、泥水式シールド、余剰泥水、スクリープレス

1. まえがき

全国のダム湖では堆積土砂の増加によるダム機能障害が発生している。ダムの治水・利水機能の維持、貯水容量の確保、流砂系（流域の源頭部から海岸までの一貫した土砂の運動領域）を考慮した下流への土砂供給、堆積土の有効利用など、堆積土砂の効率的な処理方法の開発が急がれている¹⁾。

これに対し、筆者らは設備設置スペースの縮小化、連続的な処理による省力化・低コスト化、脱水処理土の品質向上・減容化が図れるスクリープレス（横型・縦型）を用いた「奥村式スラリー連続脱水処理システム」を開発した²⁾。

本システムの適用範囲を拡大するため、泥水シールド工法の種々の余剰泥水を対象に脱水性能を評価する実験を行い、性能を確認した。

本報では現場へ本システムを適用した次の施工例について報告する。

- ①砂防ダムの浚渫工事 石狩川砂防事業のうち
黒岳沢川第一号ダム除石工事
- ②泥水式シールド工法で発生する余剰泥水処理
寝屋川流域下水道飛行場南増補幹線（第3工区）
下水管渠築造工事

2. 奥村式スラリー連続脱水システム

2.1 システム概要

システムの全体構成を、図-1に示す。システムは、浚渫工部分と脱水処理工部分から構成される。浚渫工部分は、対象浚渫箇所の諸条件（堆積土の状況や土質・深度・地上までの移送条件・ダム運用上の管理条件による水位変動や作業時期など）により、最適工法を既存技術から選択する。脱水処理工部分は、浚渫工の諸条件に最適な組み合わせとなるようにスクリープレスのタイプとそれに応じた設備を選定する。

2.2 システムの特長

スラリー連続脱水処理システムの特長は、以下のとおりである。

- i. スクリュープレスの採用により、処理ヤードは天日乾燥に比べ 1/10 程度に、フィルタープレスに比べ 3/4 程度に小さくできる
- ii. フィルタープレスによる脱水方式に比べ連続処理が可能であり、効率化、省力化が図れ、コストが軽減される
- iii. 適当な前処理設備の選定により、幅広い土質に適用できるとともに処理土の再利用が可能である
- iv. 構造がシンプルなので、調節・点検箇所が少なく維持管理が容易である

*技術本部東京土木技術部 **東京支社機械部 ***技術研究所 ****技術本部関西土木技術部

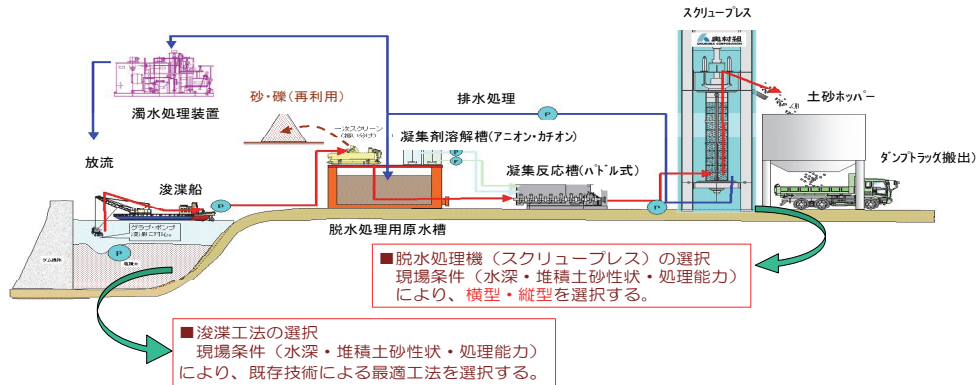


図-1 スラリー連続脱水処理システムの全体構成

- v. スクリュープレスは、低速回転（φ1,350mm：0.3rpm 程度）で、かつ駆動部が少ないため消耗品がほとんどなく、メンテナンス費用が少ない
- vi. スクリュープレス回転数が低速であり、騒音、振動が少ないために周辺環境へ及ぼす影響が少ない
- vii. 自動制御による連続運転が可能であり、運転管理人員を削減できる
- viii. 他の脱水機に比べ使用電力が少なく、約 15%程度のコスト軽減を見込める

2.3 スクリュープレスの構造

スクロープレスは、内部のテーパ状のスクリー軸が回転することでスラリーが移送され、外筒スクリーンとスクリー軸との間の容積が徐々に小さくなり、スラリーが圧縮・脱水され、脱水ケーキとして排出される。スクロープレスの構造を図-2に示す。

2.4 脱水品質自動制御システム

建設発生土利用基準³⁾では、発生土の処理区分はコーン指数により規定されている（表-1）。脱水処理土を所定区分に収めるためには強度の調整が必要である。

そこで脱水品質自動制御システムを開発した。これは脱水処理過程のスクロープレス出口開口量と脱水ケーキのコーン指数との間に相関関係があることを利用し、回転速度の制御によりコーン指数の調整を安定的に行うシステムである。脱水品質自動制御システムのイメージ

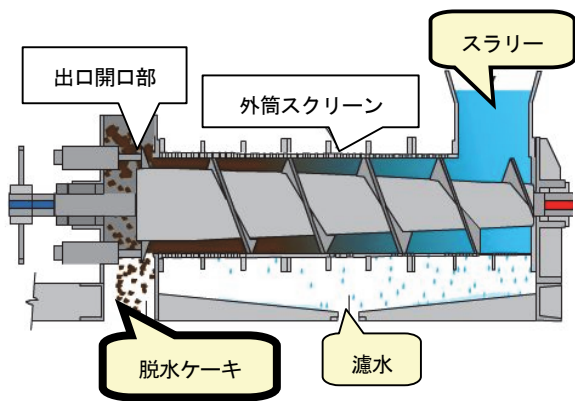


図-2 スクリュープレス構造

を図-3に示す。

本システムにより脱水ケーキの強度のばらつきが小さくなり、安定した脱水処理が可能になる。

3. 砂防ダムの浚渫工事

3.1 適用工事の概要

ダム湖には上流から河川水とともに土砂が流入し、それらが長期間にわたり堆積するため貯水容量が徐々に減少し、ダムとしての機能が損なわれる（写真-1）。

当該工事は、石狩川水系黒岳沢川の黒岳沢川第一号ダム（砂防ダム）のダム湖堆積土砂 29,400m³の撤去による機能回復が目的であった。撤去土砂のうち粒径の小さい粘土・シルト分からなる泥土 5,400m³については、運

表-1 建設発生土の処理区分³⁾

| 区分 | コーン指数 (kN/m ²) |
|----------|----------------------------|
| 第一種建設発生土 | — |
| 第二種建設発生土 | 800以上 |
| 第三種建設発生土 | 400以上 |
| 第四種建設発生土 | 200以上 |
| 泥土 | 200未満 |

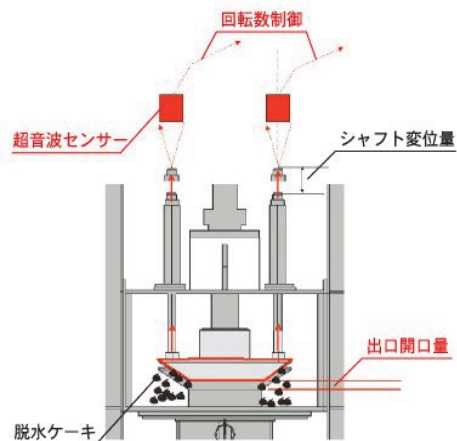


図-3 脱水品質自動制御システムのイメージ



写真-1 工事着手前の堆積状況

搬およびリサイクルするための脱水処理が課題となっていた。

広い用地が確保されていれば、通常、天日乾燥方式による脱水処理が採用されるが、当ダムは工事用地が狭隘なため、天日乾燥方式はもとより、機械脱水方式による一般的な「フィルタープレス機」の設置も困難であった。そこで、フィルタープレス機よりもさらにコンパクトな

「スクリープレス機」を組み込んだ奥村式スラリー連続脱水処理システムが採用された。脱水処理設備設置面積は258m²であった。工事概要を以下に記す。

- ・工事名：石狩川砂防事業のうち
黒岳沢川第一号ダム除石工事
- ・発注者：国土交通省 北海道開発局旭川開発建設部
- ・施工場所：北海道上川郡上川町層雲峡地内
- ・工期：平成19年7月24日～平成20年3月4日
- ・工事規模：浚渫（高含水比粘性土）・脱水処理工
V=5,800m³、掘削工（砂礫）V=24,000m³、仮設工1式

3.2 施工方法

システムを大別すると、浚渫工と脱水処理工に分類される。浚渫工は、砂防ダムのダム湖水深が1m程度であるため、泥上掘削機（0.7m³級）による浚渫を行い、脱水処理設備までポンプ圧送船を用いて圧送する（写真-2）。

脱水処理システムの配置平面図およびシステムフローを示す（図-4、図-5）。また、以下に脱水処理工の

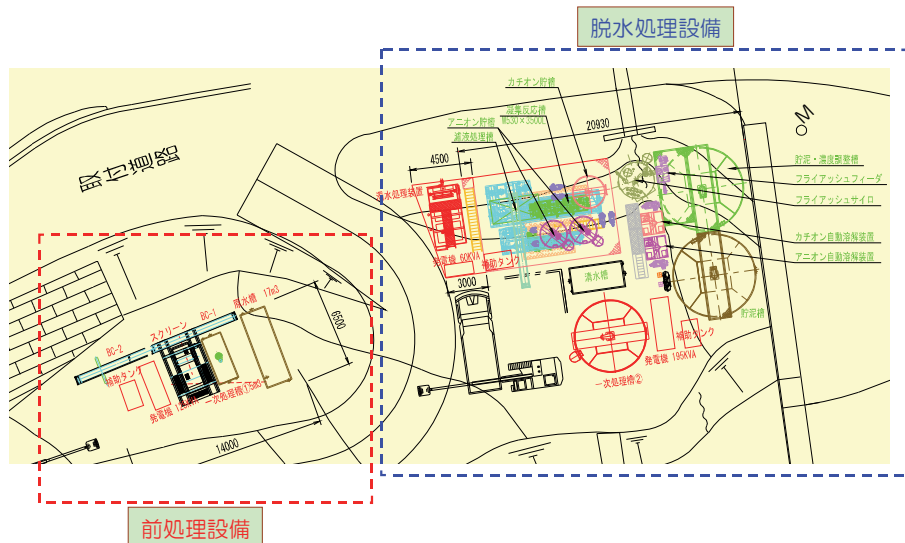


図-4 黒岳沢川第一号ダム除石工の脱水処理設備配置平面図

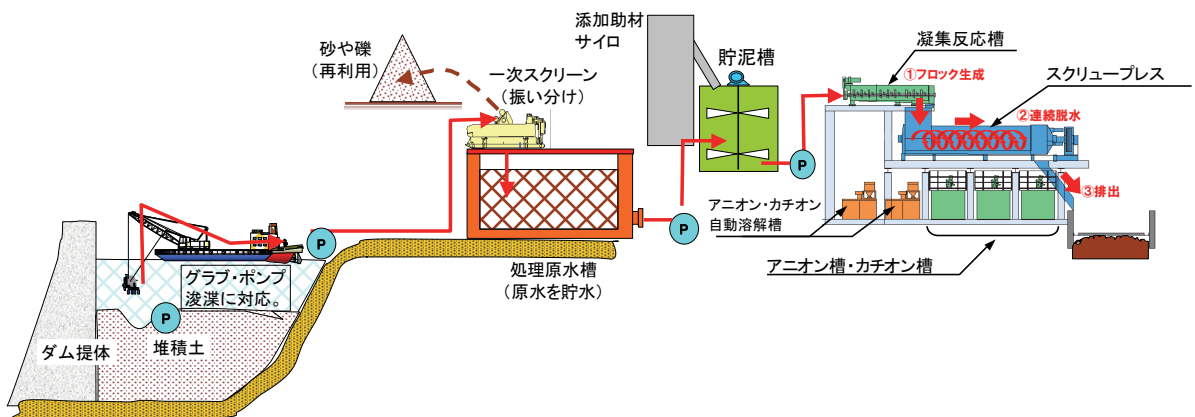


図-5 ダム湖堆積土処理工事のシステムフロー

手順を示す。

- i. 浚渫・圧送された高含水率の堆積土を一次ふるい分け設備を用いて礫や流木などの異物を除去し、貯泥槽に貯留する (写真-3)
- ii. 凝集助材(フライアッシュ)を添加した後、凝集反応槽において、高分子凝集剤(アニオン・カチオン系)を添加し、攪拌し、凝集フロックの形成とスラリー化を行う
- iii. スクリュープレス2基(横型φ1,000mm型および横型φ500mm型)へ凝集フロックを混在するスラリーを投入する(写真-4)
- iv. 設定した強度の脱水処理土が、スクリュープレス排出口から排出され、土砂置場に貯蔵される



写真-2 泥上掘削機による浚渫作業状況



写真-3 前処理設備 (左: 振動スクリーン、右: ハイメッシュスクリーン)

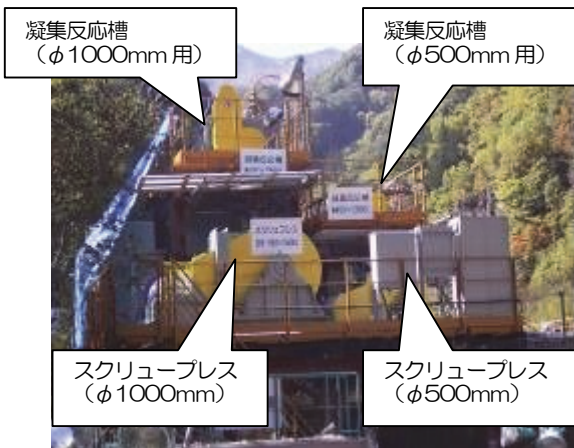


写真-4 凝集反応槽とスクリュープレス

- v. 土砂置場より、転用先にダンプトラックにて搬出する
- vi. スクリュープレスより排出される脱水後の濾水は、濁水処理設備にて処理しダム湖へ放流する

なお、高分子凝集剤は、アニオン KP209H、カチオン AP335C をそれぞれ 1.8g/kg、2.4g/kg、凝集助材としてフライアッシュを 53.3g/kg 使用した。(添加量は、凝集剤・凝集助材重量 g/浚渫土乾燥重量 kg を表す。)

3.3 適用実績

一次ふるい分けされた浚渫土の含水率および比重、そして脱水処理土の含水率およびコーン指数の測定を1日に1~9回行った。一次ふるい分けされた浚渫土の含水率は69~98%、比重は1.01~1.24がほとんどであった。

特記仕様書にて土砂転用先での脱水処理土の必要強度はコーン指数が 300kN/m² 以上とされていた。浚渫土量 5,800m³ (脱水処理土量 2,300m³) を脱水処理した結果、平均コーン指数 364.1kN/m²、平均含水比 29.8%となった。スクリュープレス (φ1,000mm) による脱水処理土のコーン指数および含水率のヒストグラムを図-6および図-7に示す。

平成19年9月21日~10月14日におけるスクリュープレス (φ1,000mm) の回転数と脱水処理土量の変化を図-8に示す。コーン指数を 300kN/m² 以上に保つために回転数を増減させており、回転数の増減にともない脱

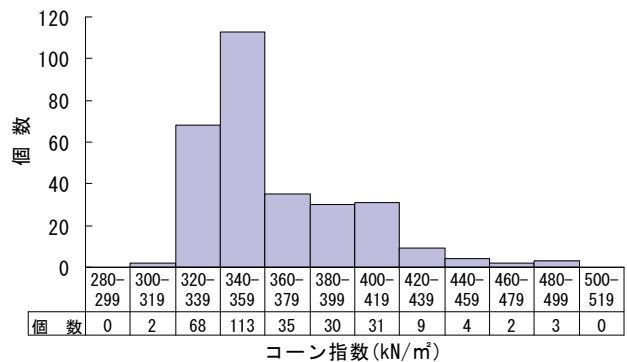


図-6 脱水処理土のコーン指数

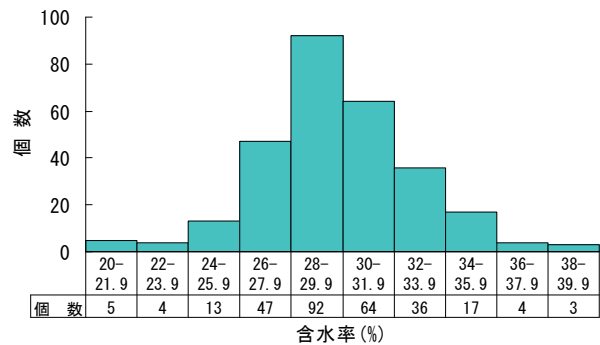


図-7 脱水処理土の含水率

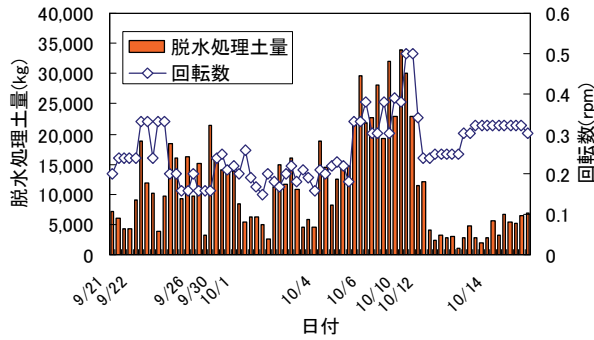


図-8 回転数と脱水処理土量の変化

水処理土量も増減している。

今回の適用から本システムの性能として連続脱水処理が安定して行えること、処理土は所要強度以上に調整されそのばらつきが小さいことが確認された。また、回転数が大きくなると浚渫土が圧縮・脱水される時間が短くなるが、脱水品質自動制御システムによって要求品質を満足しながら脱水処理土量を増加できることが確かめられた。

4. 泥水式シールド工法で発生する余剰泥水処理

4.1 泥水式シールドでの余剰泥水処理

泥水式シールド工法は、掘削土を振動ふるいなどの分級装置により粒径別に分級し、0.075mm以上の砂・礫分と、0.075mm未満のシルト・粘土分を含んだ余剰泥水に分離する。砂・礫分は、建設残土として処分される場合と建設発生土利用基準に準じて再利用される場合がある。

余剰泥水は、一般に無機性凝集剤（PAC：ポリ塩化アルミニウム）によりフロックを形成し、加圧脱水機（フィルタープレス機）により脱水処理され、固形汚泥（脱水ケーキ）となり産業廃棄物扱いで処理される。ただし、余剰泥水の処理においても建設発生土利用基準における第3種建設発生土区分の所定強度（コーン指数400kN/m²以上）を確保し、再利用の条件が整えば、処理コストの低減につながり、全体工事費の軽減に大きく寄与する。

加圧脱水機（フィルタープレス機）の場合、バッチ式の間欠的な運転のため、脱水ケーキの所定強度の管理を連続的に行うことは極めて困難である。一方、スクリープレス機は、連続脱水処理と同時に所定強度の管理が可能である。その優位性を確認するために泥水式シールド工事へ適用した。

4.2 適用工事の概要

本システムを適用したのは、都市部での下水道管渠築造工事である。工事概要を以下に記す。

- ・工事名：寝屋川流域下水道飛行場南増補幹線（第3工区）下水管渠築造工事

表-2 飛行場南増補幹線で使用する脱水設備概要

| 種別 | 規格寸法 (スクリー径) | 配置台数 | 処理能力※ |
|-----------|--------------------------------|------|-----------------------|
| フィルタープレス | 11.0m ³ 容積 高圧薄層式 | 1 | 20.1m ³ /h |
| 横型スクリープレス | φ1350mm型 | 1 | 17.0m ³ /h |

※脱水前数量を基準とした処理能力である。

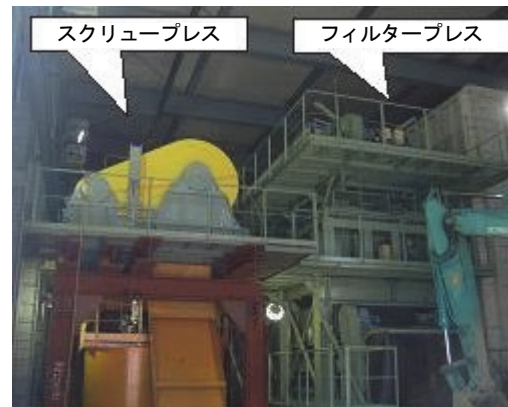


写真-5 脱水機（スクリープレスとフィルタープレス）の配置

※飛行場南増補幹線と略称する。

- ・発注者：大阪府東部流域下水道事務所
- ・施工場所：大阪府八尾市太田3丁目
～大阪市平野区長吉長原東2丁目
- ・工期：平成17年3月23日
～平成20年9月28日
- ・工事規模：泥水式シールド工法
管渠延長 L=1,963.7m、シールド機外径φ7,160mm、セグメント外径φ7,000mm、仕上り内径φ6,000mm、急曲線 R=35m、勾配 i=0.6‰、立坑築造工、地盤改良工

4.3 設備の変更

本工事の泥水処理設備のうち、0.075mm以下の細粒分を含む余剰泥水の脱水処理設備として計画されていたフィルタープレス機（高圧薄層式 20.1m³/h×2基）のうち、1基分をスクリープレス機（17.0m³/h 横型 φ1,350mm×7,000mm）に変更した。

泥水式シールド工事で広く採用されているフィルタープレス機と併用して運転を行うことで、スクリープレス機の性能を評価した。

スクリープレス機の仕様を表-2に示す。また、写真-5にスクリープレスおよびフィルタープレスの配置状況を示す。泥水シールド工事に用いるスラリー連続脱水システムは図-4、図-5に示したダム湖堆積土砂処理工事の脱水処理設備とほぼ同様である。

4.4 適用実績

余剰泥水脱水処理時の処理条件および運転条件を表-

表-3 泥水の性状と運転条件

| | |
|-----------|-----------|
| 泥水の比重 | 1.23 |
| 泥水の含水比 | 245% |
| 凝集剤：アニオン | AP335C |
| 凝集剤：カチオン | KP208BM |
| 回転数 (rpm) | 0.15~0.30 |



写真-6 スクリュープレス排土部 (脱水後)



写真-7 脱水ケーキ用土砂ピット状況

3に示す。スクリュープレス排土部と土砂ピット部における脱水ケーキ排出状況（コーン指数 345.7kN/m²、含水比：65.1%）を写真-6および写真-7に示す。図-9にスクリュー回転数と脱水ケーキ強度（コーン指数）との関係を示す。シールド工事においても脱水処理過程において、スクリュープレス機のスクリュー回転数と脱水土の強度（コーン指数）との関係について相関関係が認められる。スクリュー回転数を大きくすると、脱水処

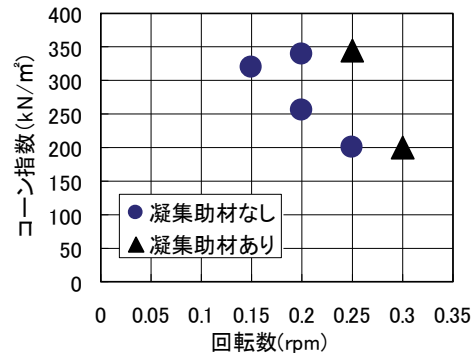


図-9 スクリュー回転数とコーン指数の関係

理量は増大するけれども、コーン指数が低下することがわかる。

ダム湖堆積土砂の場合と同様に、スクリュー回転数を管理し運転することで、脱水処理後のケーキの強度を調節でき、脱水ケーキの再利用が可能な技術であることが実証された。

5. あとがき

奥村式スラリー連続脱水処理システムを砂防ダムの浚渫工事、泥水式シールド工法における余剰泥水処理に適用しその有効性を確認した。環境問題がクローズアップされる中で軟弱土砂や建設汚泥の効率的な脱水処理が可能な減容化技術としてハード・ソフトの両面から性能を向上させ適用範囲の拡大を図るとともに、さらなる低コスト化を目指す所存である。

【参考文献】

- 1) 柏井条介、「堆砂対策によるダム貯水池の持続的利用」、月刊土木技術資料、Vo1. 47、No. 1、pp. 46~51、2005. 1
- 2) 石橋則秀、戸澤清浩、白石祐彰、福士健太郎、「奥村式スラリー連続脱水システムの開発」、奥村組技術研究年報、No. 32、pp. 25-30、2006. 7
- 3) 国土交通省、「発生土利用基準について」、通達、2004. 3