

# 自然エネルギーを活用したダムからの土砂供給技術の開発 ～潜行吸引式排砂管の現場適用に向けた検討～

宮川 仁・宮脇千晴・石神孝之

## 1. はじめに

通常、河川では出水時に洪水量に見合った量と質の土砂が流下する。一方で、ダムが設置されると流入してくる水とともに土砂も併せて貯留され、多くは貯水池で沈降・堆積する。一方、ダムで土砂が捕捉されることにより、ダム下流の河床の粗粒化など河床環境への影響が懸念される。ダム下流の河床環境を考えると出水中にできるだけ自然に近い状態でダムからの放水量に見合った下流河川的环境にとって適切な土砂の量と粒径が供給され、流下することが望ましいと考えられる。

このような中、実用化されているダムからの土砂供給技術として、想定を超えて堆砂が進行しているダムでは土砂バイパスや排砂設備が整備されている。しかしながら、これらは貯水池運用の制約を受けるとともに、一般に大規模な施設となるため適用条件が限られる。また、以上の技術に比べると標準的な土木機械のみで簡便に実施できることなどから置土が多用されているが、具体的な工程は貯水池内での油圧ショベルによる堆砂の掘削→ダンプへの積込→ダム下流河川への運搬→積み下ろしという人手を介した単純作業の繰り返しであることから、現場条件によっては多くの労力や時間などがかかる。また、下流河川の水域のみならず高水敷など陸域環境にも影響を与える。

このため、貯水池や下流河川への影響を軽減でき、低コストで下流河川的环境改善に必要とされる土砂を必要とされる河道区間に供給可能とする効率的かつ効果的なダムからの新たな土砂供給技術の開発が求められている。

そこで、土木研究所では適切な量と粒径の土砂を制御し、低コストな土砂供給技術として「潜行吸引式排砂管」の開発を行っており、本技術の構築、実用化を目指している。

既報では実験施設での実験を紹介し、塵芥等を含まない土砂を対象とした潜行吸引式排砂管の有

効性について紹介したり。本稿では実際のダム貯水池における現地実験を通じて、既報において課題として提示した塵芥等が含まれる堆砂に対する「潜行吸引式排砂管」の適用性を含め現場適用に向けて確認した内容を中心に報告し、今後の検討課題等についても述べる。

## 2. 潜行吸引式排砂管の概要

### 2.1 貯水池のエネルギーを活用した土砂供給技術

貯水池の水位差によるエネルギーを活用した土砂供給技術とは、貯水池の水位と放流地点の水位差を利用して、貯水池内に設置された管路型の設備等により堆砂を吸引し、ダム下流等へ排出する技術である。「吸引口からの土砂の吸引」と「土層表層または土層内での土砂崩落による吸引口付近への土砂の供給」が連続して発生することが、土砂の吸引を成立させる条件である。この条件を適切に維持することが課題となっており、様々な技術開発が行われている<sup>2,3)</sup>。土木研究所ではこの技術の一手法として「潜行吸引式排砂管」の開発に取り組んでいる。

### 2.2 潜行吸引式排砂管の構造と運用イメージ

潜行吸引式排砂管の構造を図-1に示す。フレキシブル管をU字形に折り返し、一方を取水口とし、折り返し部（以下「吸引部」という。）の管底面に不透水性のシートを貼り、吸引部の管底面等と上流部の管底面に穴を設けて土砂の吸引口とする構造である。また、潜行吸引式排砂管の操作イメージを図-2に示す。まず、潜行吸引式排砂管

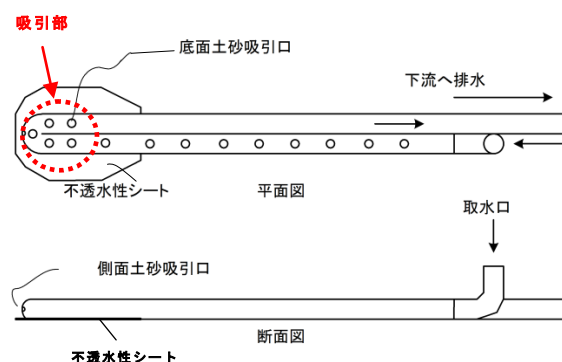


図-1 潜行吸引式排砂管の構造

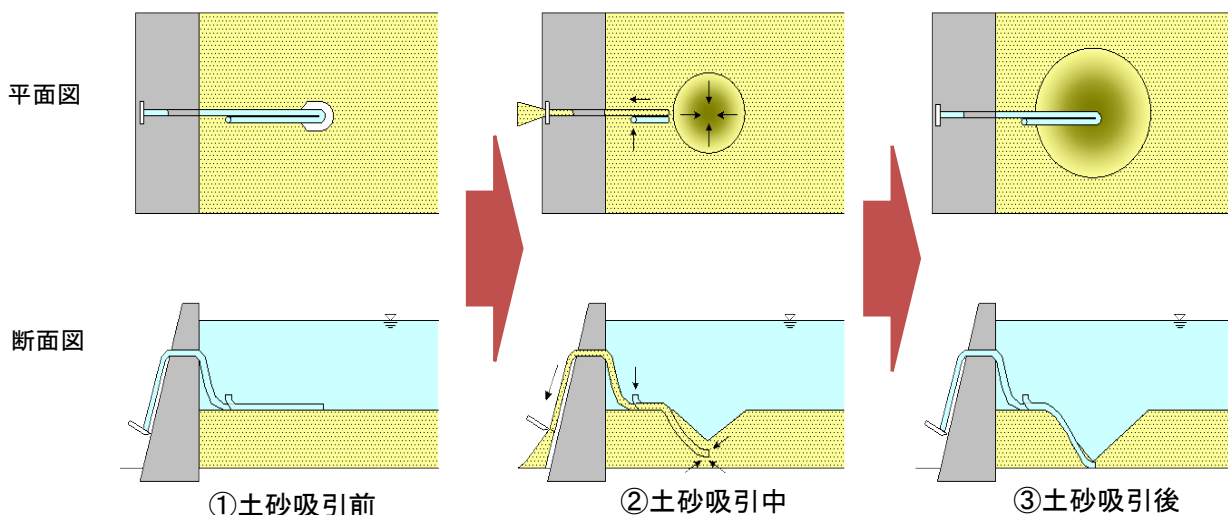


図-2 潜行吸引式排砂管の操作イメージ

を堆砂の表面に設置し、排砂管下流のゲートを開くことにより、堆砂を吸引・放流する。堆砂はすり鉢状に崩れながら吸引され、排砂管の吸引部は堆砂に潜行していく。吸引部が底面に達した後も吸引部と上流部の管底面に設置された穴から土砂を吸引し続け、最終的には再び堆砂の表面に現れ、排砂後は管の回収が可能となるという仕組みにより排砂を行う。また、現時点で想定している「潜行吸引式排砂管」の実際のダムにおける運用イメージの例を図-3に示す。まず①非洪水期に貯水池の堆砂を浚渫等により潜行吸引式排砂管が吸引可能な土砂に分級し、放流口付近に運搬する。②洪水期前に、運搬した堆砂の上に潜行吸引式排砂管を設置し、③出水時にダムからの放流量に応じた量の土砂を吸引・放流する。④非洪水期になったら、排砂管を撤去しメンテナンスを行う。このような仕組みであれば簡便に土砂供給が可能となると考えられる。さらに排砂管を複数系統設置できれば、浚渫時に分級する粒径を変えて運搬し、それぞれの排砂管で吸引・放流する。これにより、放流する土砂の粒径分布をある程度コントロールできるようになり、より自然の洪水に近い形態での下流への土砂供給が可能となると考えられる。

### 2.3 潜行吸引式排砂管の開発経緯

潜行吸引式排砂管の開発は土木研究所水理実験施設のほか、国土技術政策総合研究所や京都大学の施設を借用して実施した水理実験を通じて、吸引部形状や材質等に関する改良を重ねつつ管径60mm管、管径100mm管、管径200mm管と規模も大きくしながら検討を進めた。これまでの検討

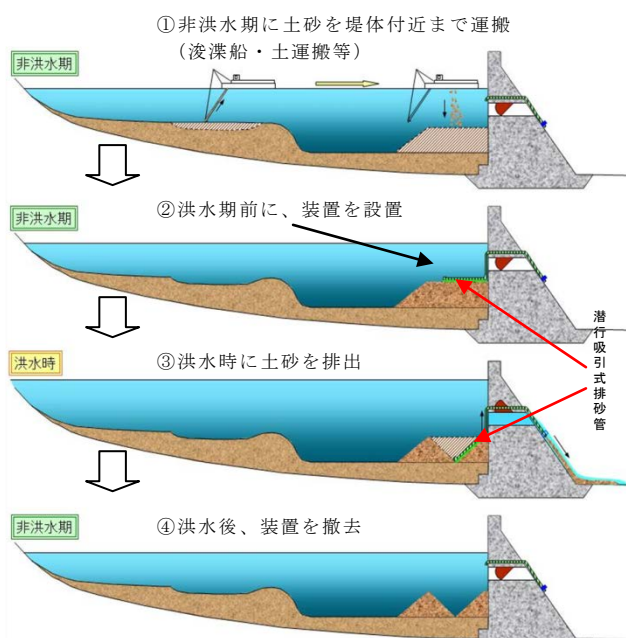


図-3 運用イメージ例(堤体前面に土砂運搬する場合)

により、塵芥を含まず、粘着性のない砂礫について土砂吸引・排砂が十分可能であることを確認した<sup>4)</sup>。なお、以上の検討において、平成25年7月には平成22年度までに提案した「潜行吸引式排砂管」が、平成26年8月にも吸引部の改良形状が特許登録された。以上から本技術の有効性は確認されたため、実用化に向けて実際のダム堆砂を対象とした検討が必要となり、現地実験を実施した。

## 3. ダム貯水池内における現地実験

### 3.1 管径200mm管による現地実験

平成25年度に千葉県高滝ダム貯水池内の日竹貯砂ダム(実験時の水位差約1.6m)において自然堆砂(表層粒径は砂分が8割程度)を対象とし

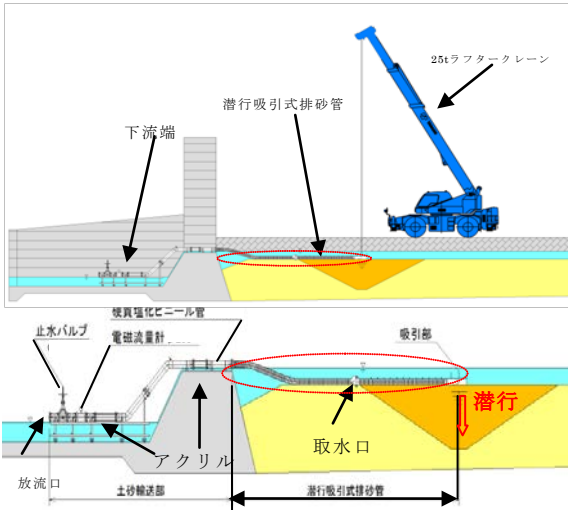


図-4 実験装置全体図および詳細図



写真-1 実験装置全景（実験中の状況）

た管径200mm管による現地実験を実施した<sup>5)</sup>。貯砂ダム上流約20m～30mの位置（水深30cm以上）で堆積していた土砂をサイフォン構造により貯砂ダムを越えて下流へ土砂供給する実験施設（図-4，写真-1）を構築した。なお、排砂管を円滑に設置・移動・撤去できるように25tラフタークレーンも用意した。また、吸引部（重量約200kg）は写真-2に示すとおり堆砂への吸着性を高めるため、底面に円形のゴムシートを設置する一方で、ゴムの巻き込みによる吸引口の閉塞を防止する観点から、ゴムを鋼板で挟む構造とし、塵芥への対応としてスクリーンを設置した。吸引口は吸引部の底面と上流管の底面に直径100mmの穴を計13個設置した。実験では、既往実験でも取得してきた水理量等の収集のほか、実用化に向けた課題を解決するため①小落差での自然堆砂に対する吸引能力、②排砂管の可動性といった現地特有の課題も調査した。

その結果、写真-3に示すように、土層表層の土砂崩落による吸引口付近への土砂の供給が連続して発生し、すり鉢状に土砂が排出される現象が見られた。また、排砂管の設置・撤去は比較的簡便に行うことができ有用な知見が得られた。一方で、



写真-2 管径200mm管吸引部



写真-3 土砂吸引状況



写真-4 吸引を阻害した塵芥層



写真-5 管径 300mm 管

堆砂中の巨礫により吸引困難となったケースやスクリーンを撤去した実験では吸引部が写真-4に示す塵芥層に接着し、吸引困難となるケースも生じ潜行吸引式排砂管の塵芥等への対応能力に関する課題が明らかとなった。また、施設の実用化にはリアルタイムで水理量等が情報管理できるようにシステム化する必要性も明らかとなった。

### 3.2 管径300mm管による現地実験

平成26年度も同現場において同様の実験施設で、巨礫も対応できるようにより現実的な規模として写真-5に示す管径300mm管（吸引部重量約700kg、スクリーンを除く管径200mm管と相似形状）による現地実験を実施した<sup>6)</sup>。貯砂ダム上流約10m～20mの位置（水深30cm以上）で堆積していた土砂を下流へ土砂供給する実験を行った。実験では前述の課題を解決するため、土砂濃度計





写真-6 リアルタイムでの情報一元化の仕組み

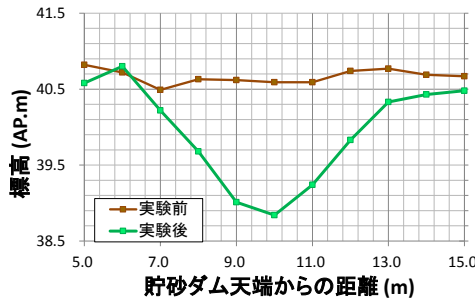


図-5 実験前後の縦断河床形状



写真-7 排出土砂のサンプル

測を除き計測は機械化するとともに、リアルタイムで排砂管の挙動や水量等が把握可能となるよう、無線LAN等を活用し陸上のパソコン上で監視可能な仕組み（写真-6）も構築した。

実験は、実験前後の縦断方向の河床計測結果から直径約3.5m、深さ約1.7mのすり鉢状の堆砂面が形成（排砂量約21.3m<sup>3</sup>、平均土砂濃度約1.7%）される（図-5）など、過年度と同様、土砂が吸引、下流へ排出される現象が見られた。また、排出土砂の質は微細粒子から吸引口の大きさ（150mm）程度の礫まで幅広い粒径が吸引でき（写真-7）、本技術の自然堆砂への一定の有効性が確認された。一方、実用化に向けてリアルタイム

での土砂濃度計測の仕組みの開発や適切な量と粒径の制御のための吸引性能の向上の仕組みの検討の必要性などが課題として明らかとなった。

#### 4. まとめ

以上の現地実験を通じて、実際のダム貯水池内の堆砂に対して本技術が一定の効果をもつもの、適用限界も確認された。今後、実用化に向けて①塵芥等吸引困難な物体への対応の改善、②適切な量と粒径の制御のための吸引性能の向上の検討、③更なる現地実験により現場適用を促す取組が必要であると考えられる。堆砂が課題となっているダムにおいて有効な対策となるよう、引き続き本技術の改良を進めてまいりたい。

#### 謝 辞

現地実験では、千葉県河川整備課、市原土木事務所、高滝ダム管理事務所、加茂土地改良区、養老川漁業協同組合の皆様にご多大なご協力をいただいた。ここに、謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 宮川仁、櫻井寿之、箱石憲昭：貯水池のエネルギーを活用した排砂技術の開発、土木技術資料、第56巻、第2号、pp.22～25、2014
- 2) 前田圭介、庄路友紀子、太田誠二：鉛直二重管吸引工法による排砂実験およびその排出土砂濃度の推定方法、河川技術論文集、Vol.21、pp.83～88、2015
- 3) 櫻井寿之：ダムにおける土砂供給（排砂）技術はどこまで進んでいるのか、平成26年度河川研究セミナー講演録、pp.130～142、2014
- 4) 宮川仁：室内実験と現地実験による潜行吸引式排砂管の開発、大ダム、No.230、pp.38～44、2015
- 5) 箱石憲昭、宮川仁、櫻井寿之：潜行吸引式排砂管の現地実験、ダム技術、Vol.337、pp.21～35、2014
- 6) 宮川仁、宮脇千晴、櫻井寿之、石神孝之、箱石憲昭：潜行吸引式排砂管の現地排砂実験による実用化に向けた検討、河川技術論文集、Vol.21、pp.189～194、2015

宮川 仁



土木研究所水工研究グループ  
水理チーム 主任研究員  
Masashi MIYAKAWA

宮脇千晴



土木研究所水工研究グループ  
水理チーム 総括主任研究員  
Chiharu MIYAWAKI

石神孝之



土木研究所水工研究グループ  
水理チーム 上席研究員  
Takayuki ISHIGAMI