

1.5 新しい排砂技術

新しい排砂技術として、水位差を利用し基本的に動力が不要な水圧吸引式（Hydro-suction Sediment Removal System, 略してHSRS）、サンドポンプ吸引式、エジェクターポンプ吸引圧送式、自然調節式のシステムがあげられる。

HSRSは、貯水池上下流の水位差を利用して、吸引孔を持つ配管へ土砂を水と一緒に取り込み排出するもので、予め管を敷設しておく固定式と管を移動していく移動式に分けられる。これまでに、Hydro工法、マルチホールサクション（MHS）排砂管工法、SKY工法の3工法等が研究されてきた。特徴として、次の点があげられる。

- ・貯水池の水位を低下させる必要がない。
- ・エネルギーとして水位差を利用するため基本的に動力が不要である。
- ・吸引排除のエリアをしぼりこんで集中的に土砂排除ができる。
- ・パイプを用いるので濃度の制御を行いやすい。
- ・堆積土砂の特性に影響を受けやすい欠点がある。
- ・安定した機能の確保等の点で、今後のさらなる開発が必要である。

また、サンドポンプ吸引式として堆砂浚渫機、堆砂除去装置が、エジェクターポンプ吸引圧送式として特殊エジェクターポンプ工法が、自然調節式として益田川ダムの自然調節方式があげられる。

1.5.1 水圧吸引式

(1) Hydro工法

この工法は、円形管の下側にスロットをもった固定式のHydro-Pipeと、スロットをもったパイプをJ型に曲げて上方から吊り下げて稼働させる移動式のHydro-Jの2タイプがある。

Hydro工法の土砂吸引原理は、両タイプともスロットからの水流の流れ込みに土砂を巻き込んで吸引する仕組みになっている。図-1.5.1、図-1.5.2に示すとおり、吸引が始まれば周辺の土砂が崩壊するため、吸引部にさらなる土砂の供給が行なわれる。吸引部周辺が土砂崩壊で埋没したときには、さらに上流側から水を吸引し始め、土砂を巻き込みながら回復するため、閉塞を起こすことがない。

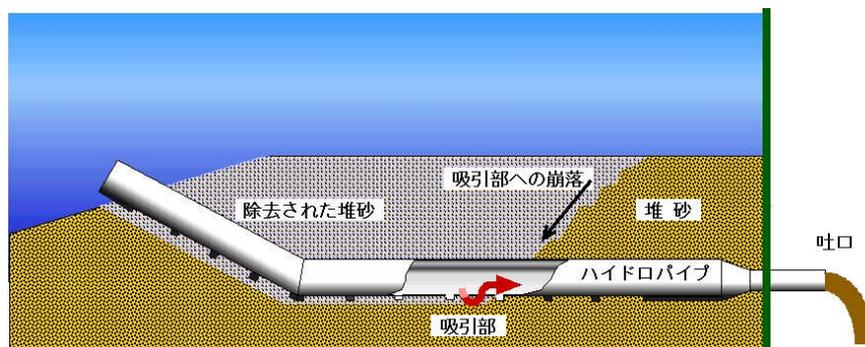


図-1.5.1 Hydro-Pipeの吸引原理³¹⁾

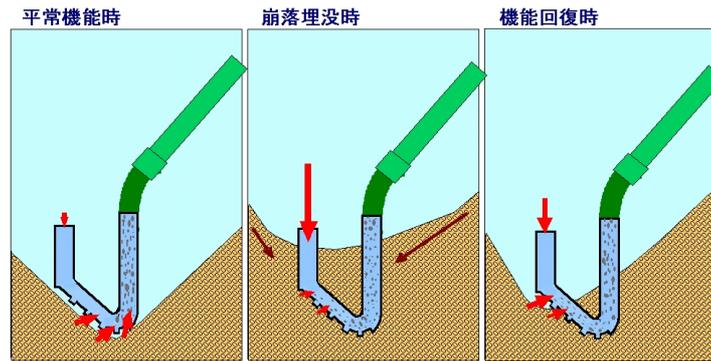


図-1.5.2 Hydro-Jの吸引原理³²⁾

■工法の特徴

- ・エネルギーとして上下流の水位差を用いる。
(湖内移送等水位差が確保できず、エジェクターポンプを用いた排砂の実績がある)
- ・設備が簡易で、ランニングコストが安価である。
- ・土砂の自然な流れ込みを利用しており、また管設備自体に可動部分を持たないため、管の閉塞などのトラブルが起こりにくい。
- ・稼働作業に熟練を必要としない。
- ・流木等土砂以外の雑物が多い箇所での機能向上について開発中である。
- ・2007年現在、複数箇所でも実用化に向けた実験工事が実施されている。
- ・図-1.5.3にHydro-Pipe工法(左)とHydro-J工法(右)の適用例を示す。
- ・図-1.5.4にHydro-Pipe工法、図-1.5.5にHydro-J工法の施工状況を示す。

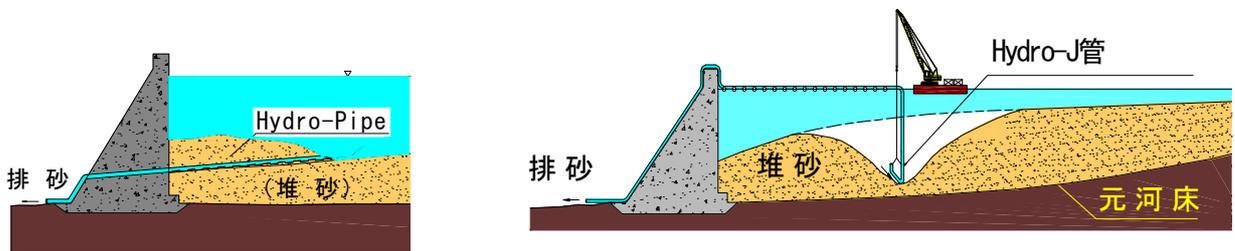


図-1.5.3 Hydro-Pipe工法(左)とHydro-J工法(右)の適用例³²⁾

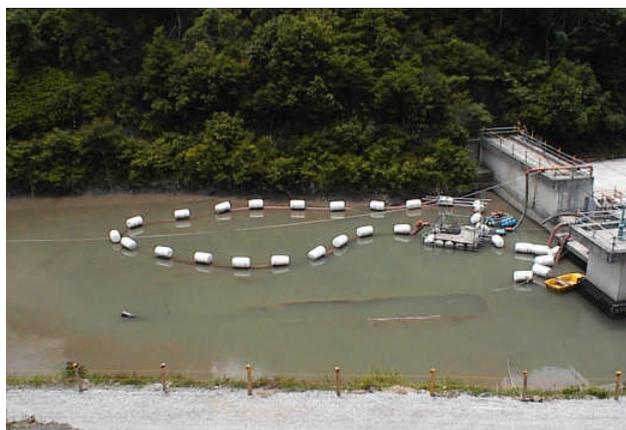


図-1.5.4 Hydro-Pipe工法稼働後の状況³²⁾



図-1.5.5 Hydro-J工法稼働状況³²⁾

(2) マルチホールサクション (MHS) 排砂管工法

図-1.5.6 に本工法の手順図、図-1.5.7 に MHS 工法 の概念図、図-1.5.8、図-1.5.9 に現場で行われた実証実験の状況写真を示す。

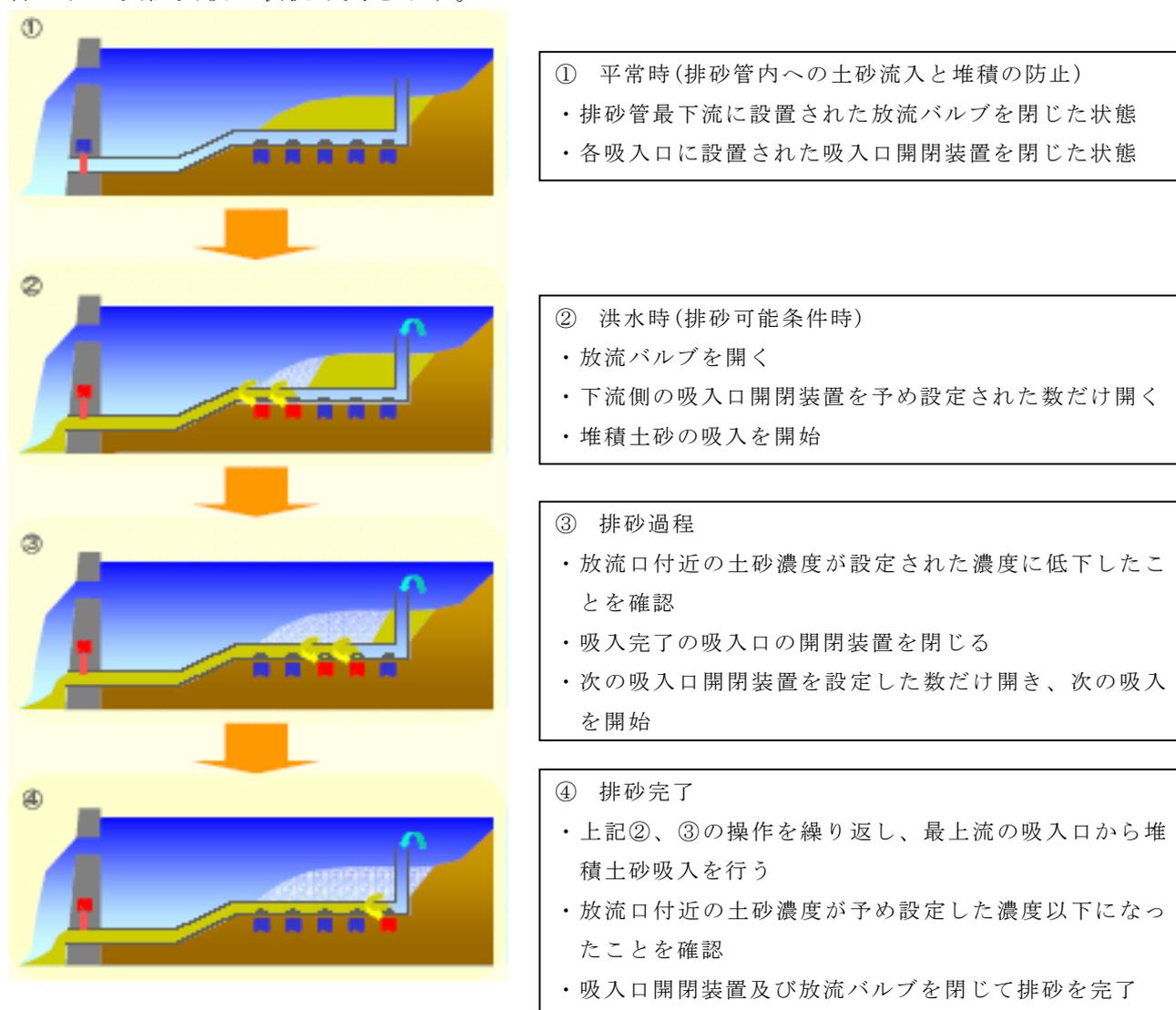


図-1.5.6 本工法の手順図¹⁷⁾

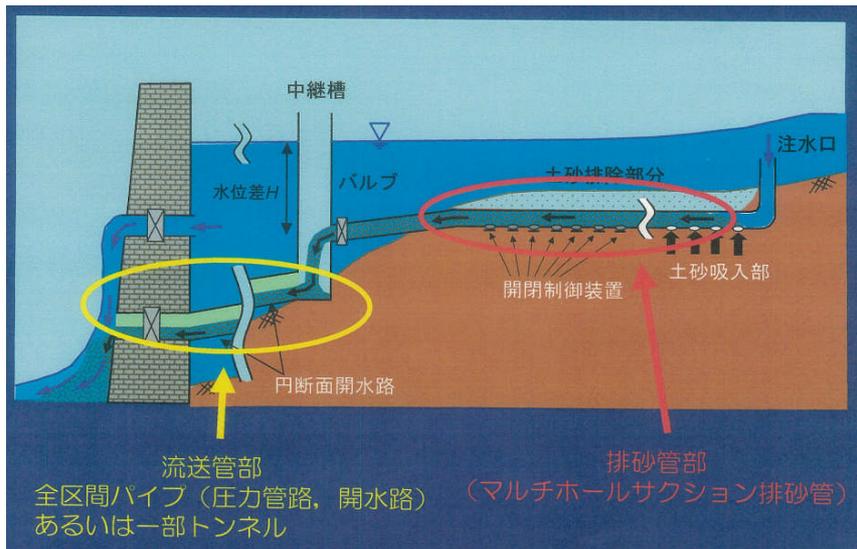


図-1.5.7 MHS 工法概念図¹⁷⁾



図-1.5.8 MHS 工法実証実験施設全景¹⁸⁾



図-1.5.9 吐出状況¹⁸⁾

(3) SKY 工法(信州大学 S:国土交通省 K:吉川建設 Y)

この工法は、吸引ヘッドの昇降によって輸送管内に脈動流を生成するとともに、湖底に定常的サイクルで接離させることで、堆積土砂が高濃度で混合された流れと低濃度で混合された流れを交互に発生させるプラグ流を得ることを特徴としている。粘性土の多いダム貯水池で実証実験を行った実績がある。工法の概念を図-1.5.10、図-1.5.11に示す。

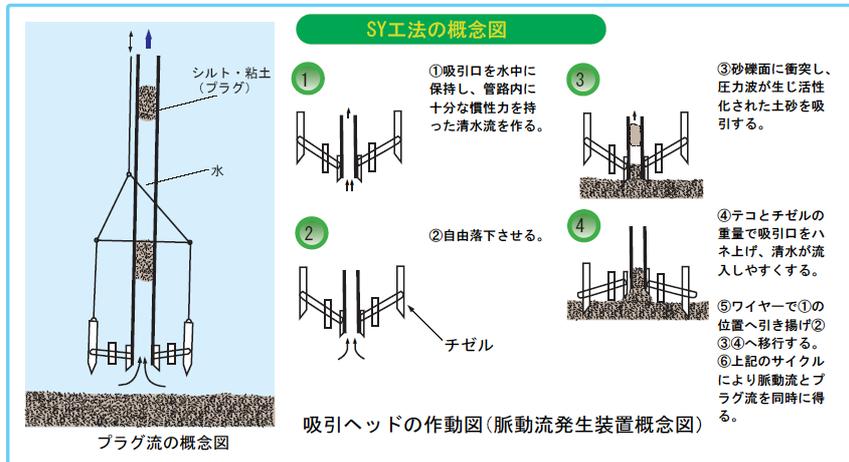


図-1.5.10 SKY 工法の概念図¹⁹⁾

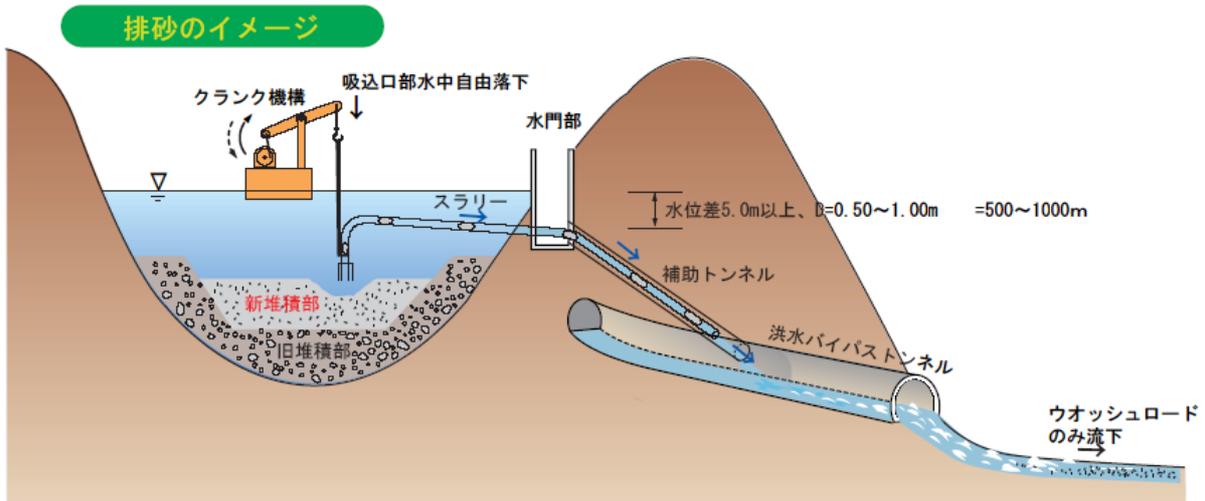


図-1.5.11 SKY 工法排砂システムのイメージ¹⁹⁾

(4) サイフォンによる移動式排砂工法 (大林組)

■ 技術 (工法) 概要

上流貯水池と排砂管下流端との水位差により、サイフォンの原理を利用して貯水池内の土砂を水とともに吸引し、下流に排出するものであり、化石燃料等をほとんど使用しない工法である。土砂吸引部をあらかじめ貯水池に埋設する固定式と吸引箇所を台船で移動する移動式がある。吸引部は上下移動が可能な構造となっており、それにより排砂能力を制御する。また、河床堆積物の状態に応じて補助掘削機 (サイドカッター) を取り付け、土砂を切り崩しながら吸引することも可能である。

■技術（工法）の特徴など

- ・動力に化石燃料などをほとんど使用しないことで運転コストが低い。
- ・構造が簡易である。
- ・排砂管内に流下を阻害するものがないため、ゴミ詰まりに伴うトラブルが発生しにくい。
- ・適用条件として、配管径と配管長さから決まる圧力損失により、配管の最高地点と貯水池水面との高低差が概ね 7m 以下であること。

■施工実績

矢作ダム管理所（国土交通省中部地方整備局）が排砂工法の一つの手法として実証実験を公募し、「サイフォンによる移動式排砂工法」として大林組が共同実験を行った。実験設備の概要図を図-1.5.12に示す。実験の目的は、当該工法の矢作ダムへの適用性および設備機能の確認と設計に必要な諸定数の推定である。実験は、平成 24 年 12 月 1 日から平成 25 年 1 月 10 日の期間で実施した。実験設備は、矢作ダム貯水池内の既設貯砂ダムを利用して設置し、実験は実機レベルの $\phi 600$ 大口径排砂管（延長 $L=47.0\text{m}$ ）を使って、水位差 4.5m で実施した。

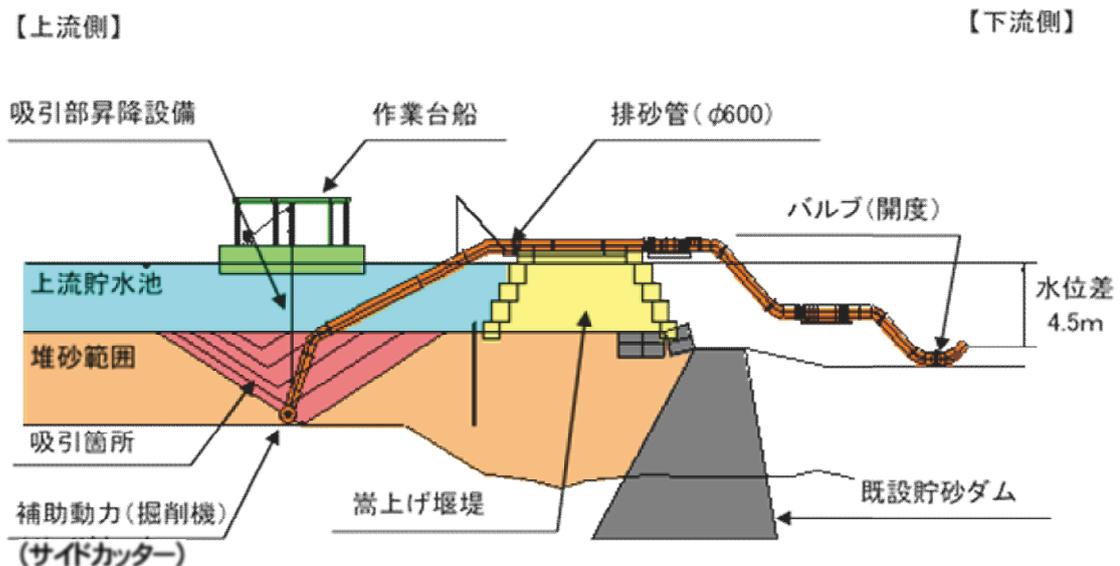


図-1.5.12 実験設備概要図

実験は吸引対象土砂、バルブ開度（管内流速）、補助掘削機の有無や吸引操作（オペレーション）に着目し、表-1.5.1の5ケースを実施した。

表-1.5.1 実験ケース一覧表

実験ケース	吸引対象土砂	バルブ開度	実験目的
ケース①	現況河床堆積土砂	100%	・現況河床堆積土砂を吸引した時の吸引特性調査 ・補助掘削機の有無による影響確認
ケース②	採取土砂	100%	・採取土砂を吸引した時の吸引特性調査 ・補助掘削機の有無による影響確認
ケース③	採取土砂	100%	・オペレーションによる最適排砂濃度の確認 ・排砂濃度の違いによる吸引特性調査
ケース④	採取土砂	50, 75, 100%	・管内流速を変化させた時の吸引特性調査
ケース⑤	採取土砂 (塵芥混入)	100%	・塵芥を混入させた時の吸引特性調査

図-1.5.13～図-1.5.15 に実験状況の全景、作業台船、補助掘削機を示す。



図-1.5.13 実験状況全景

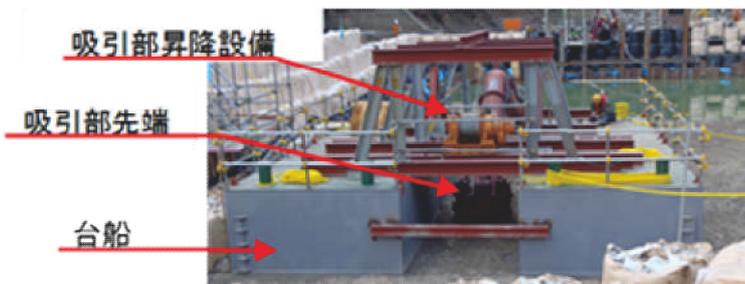


図-1.5.14 作業台船



図-1.5.15 補助掘削機

実験により以下の結果を得た。

- ・実績として概ね管内流速 3.8m/s、排砂土砂濃度 2.7%で排砂した。
- ・時間当たり吸引土量は最大 76.7m³/h(1時間 31分で土砂 116.3m³吸引)であった。
- ・排砂面形状は整った円錐形で、斜面の勾配もほぼ一定となった(図-1.5.16)。
- ・吸引、排出した最大の礫は長径 30cm、短径 12cmであった(図-1.5.18)。
- ・塵芥による吸引阻害の影響はなく、補助掘削機で弾かれ、柔らかいものは破碎されて小さくなって排出された。長さ 1m 程度の沈木は問題なく排出した(図-1.5.17)。
- ・土砂濃度 4.3%で管内堆砂の傾向がみられたが、吸引部を引き上げ、水だけ吸引(管内フラッシュ)することで管内堆積土砂を消し去り、吸引機能を回復することができた。
- ・補助掘削機を作動させた場合と作動させない場合では、作動させた場合のほうが吸引効率は向上した。

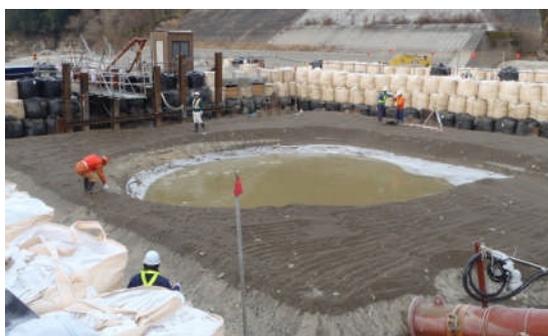


図-1.5.16 掘削状況(貯水池の水を抜いて撮影) 図-1.5.17 排出された沈木



図-1.5.18 排砂状況(沈砂池の水を抜いて撮影)

(5) 潜行吸引式排砂管(土木研究所)

■土砂吸引のイメージ

潜行吸引式排砂管における土砂吸引のイメージを図-1.5.19に示す。このイメージの特徴は、中央上図が示すように、排砂時において左側の初期状態とは異なり、管が堆砂面下に埋没することを想定している。実験に用いた管の吸引部の写真を図-1.5.20、図-1.5.21に示す。

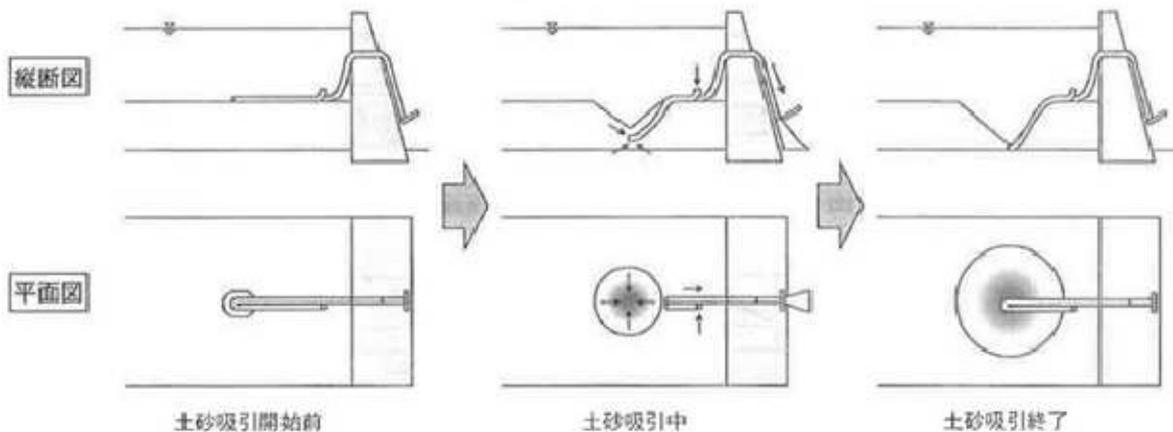


図-1.5.19 潜行吸引式排水管のイメージ⁴²⁾



図-1.5.20 実験に用いた管の折返し部⁴²⁾

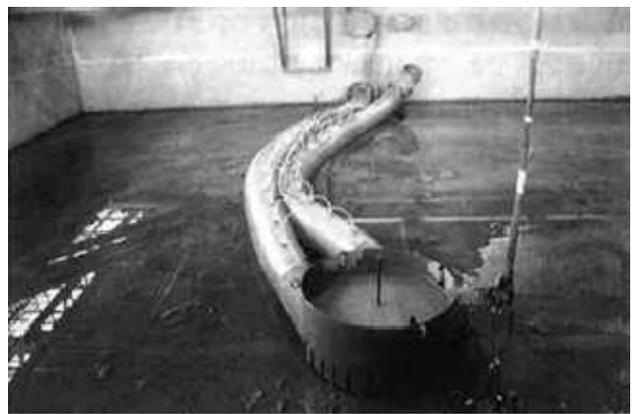


図-1.5.21 実験に用いた管を上流側から撮影⁴²⁾

■システムの構造

システムは、管と流量調節施設から構成される。ただし、管はU字形状にし、土砂の吸引口は堆砂面下に埋没しないように管の先端に設けている。

■現地実験の結果と今後の見通し

高滝ダム貯水池内の日竹貯砂ダムにおいて、2013年11月に、管径200mmの模型を用いた実験を実施した。実験結果の水量時系列を図-1.5.22に示す。実験開始から約15分間は土砂の吸引・排砂が順調に進んだ後、管内流速が低下して吸引・排砂も停止した。その後、管内流速は回復したが、吸引・排砂は停止したままで回復しなかった。この原因を調査した結果、吸引部付近に厚さ10cm程度の葉の層が広く分布していることがわかった。ただし、その上に堆積している礫分はないので、砂分が約8割を占めるダム貯水池内の自然堆砂には本システムが有効に機能すると考えられる。