

新しい土砂輸送システム「砂嵐」によるダム貯水池の堆砂対策

天明 敏行^{*1}，吉越 一郎^{*2}

大矢 通弘^{*3}，角 哲也^{*4}

1. はじめに

ダムの堆砂による貯水容量の損失は世界中の深刻な問題の1つである。ダムの機能を維持し、その寿命を長くするために、ダム貯水池の堆砂を適切に処理する方策が求められている。特に近年の気候変動はアジア地域に局地的な豪雨をもたらしており、ダムや貯水池を含む周辺地域の安全性を確保する上でも堆砂処理は重要な役目として期待されている。

堆砂問題の対策としては、バイパストンネルや輸送管の建設による恒久対策がある一方、掘削や浚渫は貯水機能の延命化に対して簡易で即効性がある方法といえる。ダムサイトやその貯水池は一般的にアクセスが容易でない場所が多く、浚渫を行う際には、簡易でコンパクトな設備とすることが望ましい。

本文では、特殊エジェクターを用いた経済的かつシンプルな堆砂処理システム「砂嵐」の開発について述べ、本システムのダム貯水池への適用方法についての提案を行う。

2. 特殊エジェクター

特殊エジェクターはノズルから高圧水（駆動水）を噴出させ、そのエネルギーによって他の流体・気体・固体

を吸引搬送するものである。概要を図-1に示す。流体通過経路にインペラー等の回転部をもたないシンプルな構造であり、詰まりにくいことや管理が容易といった利点を有する。意図的に自動制御された最適空気量を外部から導入する点や、絞りのない内装管を用いて真空を発生させる点が特徴となっている。外部空氣の導入は配管揚程がある場合の吸引物搬送に有効であり、内装管の利用はその交換の容易性から管の磨耗対策として効果がある。また、駆動水の圧力とノズル径及び内装管の組合せにより、揚程力や揚水量（揚砂量）の調整が容易にできるという利点を有する。さらに、高圧水中に空氣を混入することにより、圧送中の洗浄、管閉塞の防止、再起動の容易性などの副次効果が見られる。

3. 海砂採取による現地実証試験

3.1 工事概要

本工事の海砂採取量は30万m³であり、この海砂採取に特殊エジェクターによる工法を採用している。当該地の海砂の品質は高く、砂に含まれる塩化物量はスプリンクラーにて1日散水すれば規格値内に抑えることができ、JIS認定工場の生コンプラントでコンクリート用骨材として使用できる。また、周辺における砂の需要も高い。骨材以外に埋戻し材としても利用価値は高く、採取した砂の大半は海岸埋立て用護岸のフィルター材として揚砂場から約5kmの地点へ直送して使われている。

3.2 海上システム

図-2及び写真-1に海上システムの模式図及び全景を示す。10m×24mの台船に特殊エジェクター本体、吸引部のベースマシンとしてのバックホウ、駆動用の高圧エンジンポンプ等を搭載している。台船は2本のスパッドにより位置を固定し、バックホウのアームに装着した吸引部（写真-2）を海底に下ろすことにより海砂を採

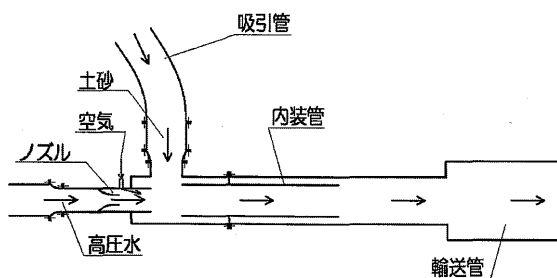


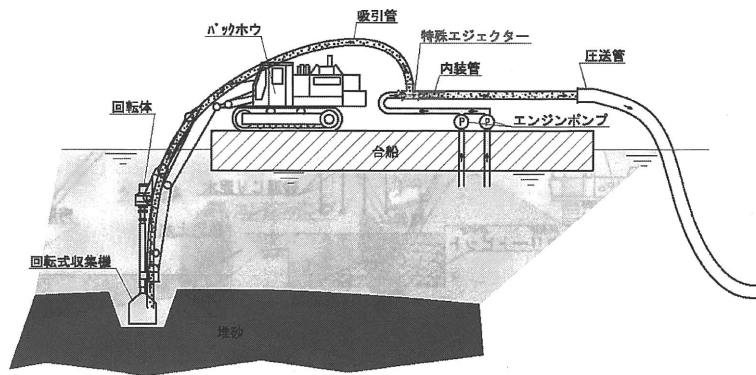
図-1 特殊エジェクター概要

^{*1} (株)間組 土木事業本部技術第三部 ダムグループ課長

^{*2} (株)間組 東北支店土木部 課長

^{*3} (株)間組 国際事業統括支店 部長

^{*4} 京都大学防災研究所 水資源環境研究センター 教授



図—2 海上システム模式図



写真—1 海上システム全景



写真—2 吸引部

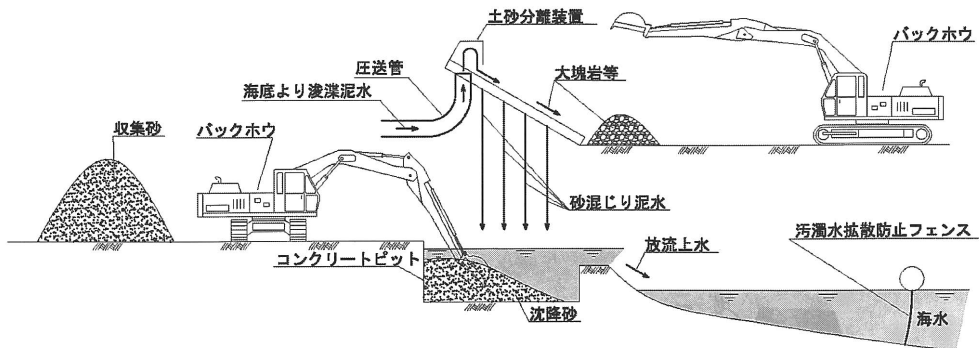
取る仕組みである。水面より7 mの深さ（水深3 mの場合、掘削深さは4 m）まで掘削可能である。吸引部の先端は回転式の攪拌翼で覆われ、海底砂を削りながら吸引する構造である。吸引した砂は、特殊エジェクター本体及び搬送管を通して、陸上部へ圧送され運搬台船が不要となり効率的である。ポンプシステムの仕様を表—1に示す。

表—1 ポンプシステムの仕様

項 目	仕 様 等
駆動水 (超高压ポンプ)	380PSのエンジンポンプ×2台（並列） 1台の最大吐出圧1.5MPa 5 m ³ /min
特殊エジェクター	ノズル内径φ58mm 内管φ200mm, φ250mm
超高压ポンプ用圧 送管	φ150mmフレキシブルホース 延長15m×2 集合管ほか：1式
土砂吸引管	フレキシブルホースφ250mm, 延長10m

3.3 陸上システム

図—3及び写真—3に陸上システムの模式図及び全景を示す。ふるい、沈砂池、シルトフェンス等からなる簡易なシステムのため、動力を要する土砂分離装置が不要となり効率的である。陸上部に圧送された砂は、搬送管の末端で吹き上げられてふるい分け機を通過する。ふるいにより大塊を除去した後、沈砂池に沈降した砂はバックホウにてかき揚げられ、山積みにして水分を抜いてから需要地へダンプトラックにて出荷される。沈砂池からのオーバーフロー水は、シルトフェンスを通した後、海へ還流される。写真—4に分級・水切り後の砂の状況を示す。



図—3 陸上システム模式図



写真—3 陸上システム全景



写真—4 分級後の砂

4. 貯水池での試験施工

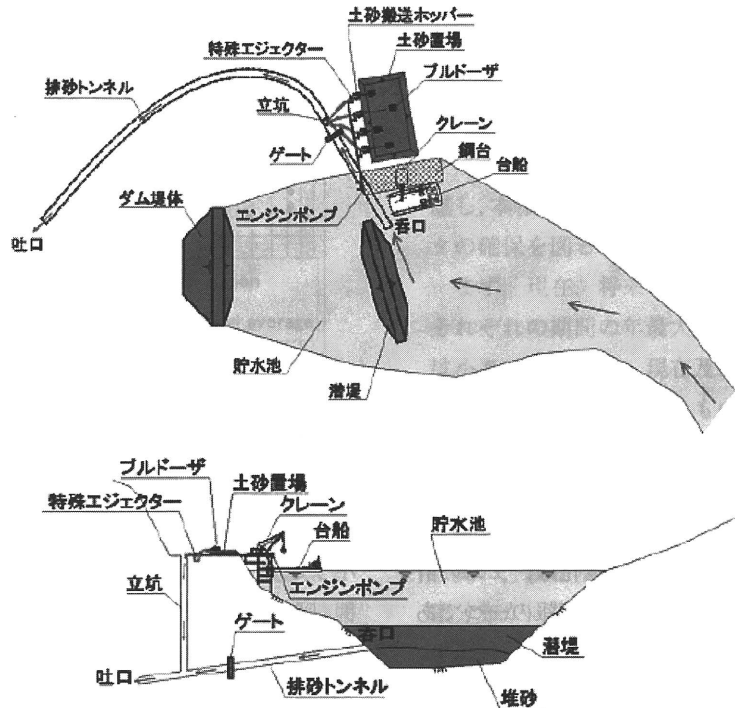
航路浚渫と同様のポンプシステムを用いて、ダム貯水池内の堆砂の吸引・輸送試験を行った。ダム堆砂は最大

粒径が150mmであり、粒径5mm以下の細粒分の比率は約30%であった。

本システムを用いた堆砂の除去、輸送方法としては、直接吸引する方法と一旦掘削してからホoppaを介して輸

表—2 試験結果

ケース	内管径 (mm)	性能等	土 砂 粒 度		
			50mm以下	100mm以下	150mm以下
a	φ 200	施工能力 (m³/h)	55	46	—
		水量 (m³/min)	20.2	20.2	—
		含土砂率 (%)	4.3	3.7	—
	φ 250	施工能力 (m³/h)	67	63	55
		水量 (m³/min)	20.5	20.5	20.5
		含土砂率 (%)	5.1	4.8	4.3
b	φ 200	施工能力 (m³/h)	86	55	—
		水量 (m³/min)	8.57	8.57	—
		含土砂率 (%)	14.3	9.6	—
	φ 250	施工能力 (m³/h)	120	120	100
		水量 (m³/min)	8.5	8.5	8.5
		含土砂率 (%)	19.0	19.0	16.3



図—4 ダム貯水池への適用例

送する方法があり、以下の3ケースについて輸送試験を実施した。いずれのケースにおいても土砂は分級により最大粒径150mm, 100mm, 50mmとしたものを使用した。

- ・ケースa：貯水池の底から直接土砂を吸引する方法
- ・ケースb：特殊エジェクターにホッパーから土砂を投入する方法
- ・ケースc：陸上の土砂を直接吸引する方法

また、各最大粒径の土砂に対して特殊エジェクターの内管の直径を200mm, 250mmとして試験を実施した。

試験結果を表—2に示す。最も効率のよいのはケースbであり、ケースcについては、ほとんど吸引することができなかった。

5. ダム堆砂処理技術への応用

ダム堆砂に関する恒久対策としてのバイパストンネルや輸送管の建設は、ダムによって堰き止められた土砂を元の河川へ自然に還元する望ましい方法であるといえる。ここでは、特殊エジェクターを用いた「砂嵐」システムをダム堆砂の恒久対策に適用する場合の一例を示す。

図—4はモデルケースとしてダム貯水池の規模が比較的大きく、堆砂量も多い貯水池を想定している。全体システムは潜堤、浚渫、土砂の仮置き、バイパストンネルへの投入設備などから構成される。洪水時にはバイパストンネルを開けることにより、ダムの近傍まで掃流されてきた粒径の比較的小さい土砂が河流へ供給される。これとともに仮置きした上流部の土砂を積極的にバイパスへ輸送することにより、下流河川に必要な比較的大きな砂分を供給することが可能となる。

6. ま と め

航路浚渫とダム貯水池での試験施工を通じて、特殊エジェクターを用いた堆砂輸送システム「砂嵐」がダム貯水池の土砂管理に適用できる可能性のあることがわかった。また、本システムを用いたダム堆砂処理の恒久対策の一例を提案した。実際のダム貯水池における水位や土質等の条件に合わせたシステムの詳細設計が必要と考えられるが、本工法がダム堆砂対策の一つとして流砂系の総合土砂管理の一助となることを期待する。