

第22回 国土技術開発賞 入賞

水底土砂の放射性物質を 原位置分級し浚渫する工法

水底土砂原位置分級工法

〔受賞者〕 あおみ建設株式会社

〔本稿執筆者〕 土木本部 技術開発部 よしはら とおる 吉原 到

以下に、第22回 国土技術開発賞で入賞した「水底土砂の放射性物質を原位置分級し浚渫する工法」を紹介します。

1. はじめに

東日本大震災で被災した福島第一原子力発電所から、放射性物質が広く飛散した。福島県内には、「ため池等」が大小合わせて3,000以上あると言われており、飛散した放射性物質は土粒子に吸着し、降雨とともにため池に集積し水底に堆積している。すでに、がれき撤去や道路除染などで放射性汚染土が大量に発生している中、土砂処分場の受け入れ能力にも限界がある。

そこで、放射性物質が底質の細粒分に多く吸着することに着目し、放射性物質濃度が低い粗粒分は、可能な限り原位置に残置し、放射性物質が突出して付着している細粒分のみを効率的に回収・除去することで、浚渫土量を削減できる浚渫技術の開発が急務であると考えた。

あおみ建設では、浚渫原位置で浚渫土を分級し細粒分のみを選択的に回収する浚渫方法を開発した。環境省が実施した平成25年度除染技術実証事業で技術の検証を受け、平成26年度より福島県と福島県土地改良事業団体連合会の指導のもと

「ため池等汚染拡散防止対策実証事業」に参画し、底質の放射性物質対策に活用できる工法として完成させた。

2. 開発における課題

「ため池等」に流入した放射性物質は、水底の表層部に堆積しており、その浄化には表層から10～30cm程度の薄層で土砂とともに除去する必要があるが、以下の課題があった。

- 一般的な浚渫工法（グラブ浚渫、バックホウ浚渫）では、30cm以下の薄層浚渫は困難である。
- 浚渫中に汚染が拡散すると、放射性物質が下流域へと拡散するおそれがあるため、浚渫中の汚濁発生を防止する必要がある。
- 放射性廃棄物の保管場所の受け入れ能力の観点から、発生土量をできる限り少なくするために、余掘りとともに浚渫土量そのものを少なくすることが望ましい。
- 福島県内のため池はアクセス道路が狭隘で、従来工法の浚渫装置を運搬する大型車は進入できないことが多い。そこで、小型車で運搬し、小型クレーンで組立が可能な、小型軽量機材が必要である。

上記課題克服のため、汚濁発生を極力避けた上で、浮泥とともに表層部の確実な回収ができ、小

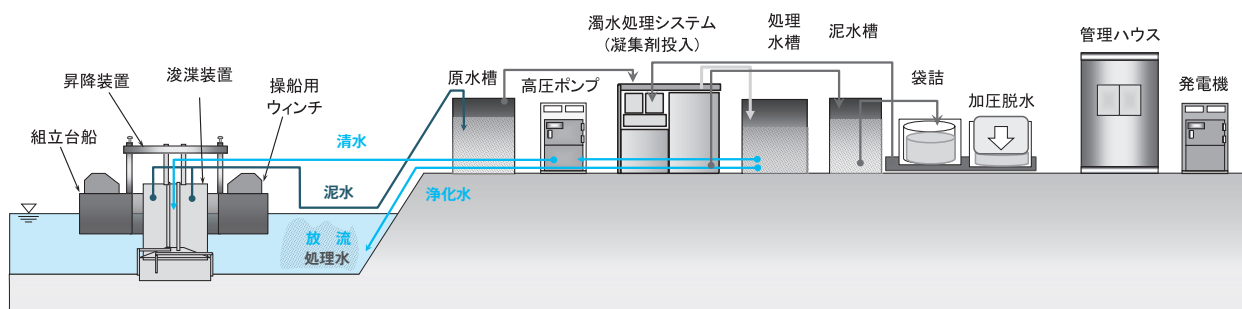


図-1 水底土砂原位置分級工法機材構成

型・中型トラックで搬入が可能な施工機材であること等を条件に新規開発したのが、「水底土砂原位置分級工法」である。図-1に機材の構成を示す。

3. 工法の概要と特徴

(1) 工法の概要

底面を開放した直方体の浚渫装置を水底面に貫入し、閉鎖空間を確保する。浚渫装置先端部に装備したウォータージェットで閉鎖空間内の水底土砂表層部を切削し、装置内の池の水とともにミキサーで攪拌すると、閉鎖空間全体が放射性物質を含んだ濁水となる。装置内の振動ふるいを通過した細粒分を含む濁水は、水中ポンプで陸上に送水し、濁水・脱水処理を経て汚染土として場外に搬出する。振動ふるいでは土粒子の粗細を分級しており、ふるいを通過しない粗粒分は、ミキサーを停止すると原位置で沈降・残置する。放射性物質は比表面積の大きい細粒分に多く吸着するため、

汚染度の低い粗粒分を残置することで、処分土量の削減を図っている。さらに、装置内の濁水に超音波を照射し粗粒分に付着する細粒分を剥離して、残置する粗粒分の放射線量の低下を図ることもできる（図-2）。

(2) 工法の特徴

本工法の特徴を以下に示す。

- 底面が開放された浚渫装置を浚渫対象の水底に根入れさせ、密閉された装置内で水底土砂をウォータージェットで切削するとともに、水と土砂をミキサーで攪拌混合し、土砂を分級して、細粒分のみを濁水として回収。
- 浚渫装置内に振動ふるいを装備し、比表面積が大きく放射性物質が多く吸着する細粒分のみ濁水として回収し、粗粒分を浚渫原位置に残置することで、処分土量の減容化を実現。
- 攪拌中に濁水に超音波を照射して粗粒分に付着する細粒分を引き剥がすことで、残留する放射性物質の減少を実現。

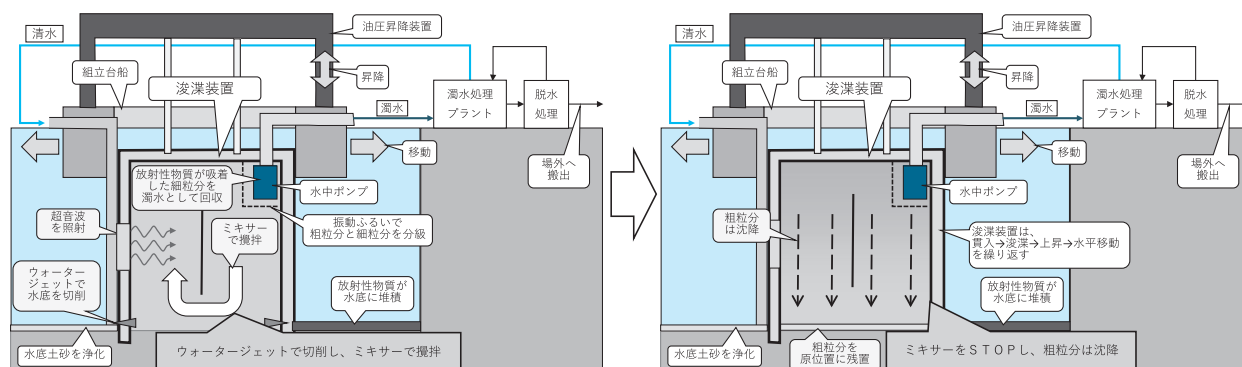


図-2 工法原理の概念図



写真－１ 浚渫時の装置周辺の状況



写真－２ 組立式台船進水状況

- 密閉空間内で浚渫するため、周辺に汚濁が拡散することはない（写真－１）。
- 施工機材は小型軽量で、機材搬入や機材組立作業を小型クレーン等で実施できるので、進入路が狭隘な場所でも施工可能。
- 最新の ICT 技術を活用した施工管理装置により、陸上の管理事務所からの遠隔操作による無人化施工を実現。
- センサーを活用し、出来形・品質管理記録を自動作成し、施工及び品質管理の効率化を実現。



写真－３ 機材配置状況

4. 使用機材

以下に、使用機材の詳細を示す。本工法で使用する機材の特徴は、ため池への進入路が狭いため大型車が進入できないことが多いことを鑑み、施工機材（浚渫船、濁水プラント、脱水処理設備）の重量を2t以下で構成していることである。このことにより、狭い進入路でも小型車で搬入が可能で、かつ小型クローラクレーンによる荷降ろし（写真－２）や組み立てが可能となった。写真－３に機材配置状況を示す。

○水上設備

- ・組立式台船（4m × 4m）（写真－４）
 - 4点遠隔操作ウィンチ装備
- ・ポンプ浚渫設備（4m²型）
 - 昇降装置（3t油圧リフト）
 - サンドポンプ×2

○陸上設備

- ・施工管理室（ユニットハウス）
- ・ポンプ浚渫用陸上設備
 - 高圧ポンプ、発電機



写真－４ 浚渫船（4m²型）全景

振動ふるい×2

- ・水上配管 φ 100 mm（100 ～ 300 m）



写真-5 脱水処理設備

- ・濁水処理設備
 - 組立式 60 m³/h 処理機
 - 鋼製水槽
- ・脱水処理設備（写真-5）
 - 自然脱水併用加圧脱水設備
 - 4.9 t クローラクレーン

5. 施工管理

施工の効率化と施工管理及び記録の省力化を目的として、専用の施工支援システムを開発した。以下にその機能を紹介する。また、図-3に施工管理システムの構成を示す。

(1) 施工管理システムの構成

本システムは、浚渫船の船位誘導と施工の進捗を管理する船位誘導システム、及び施工機械全般を半自動で運転制御する遠隔施工用管理装置の2

つで構成されている。2つのシステムは管理事務所内に設置され、事務所内のオペレータは誘導画面を見ながらウィンチのリモコンを操作して、台船の位置を誘導する。管理事務所に RTK-GNSS 基地局、台船に RTK-GNSS 移動局を2台設置し、台船の位置及び向きをリアルタイムに把握できる。また、遠隔施工用管理装置により、浚渫装置の昇降、ミキサーや水中ポンプなど機器の操作、各センサーデータの取得と施工管理データの記録などを総合的に管理する。これらの機械類の制御や各種データの送受信は、事務所と台船間を無線 LAN で接続して、遠隔操作で行っている（写真-6）。

(2) 船位誘導システム

船位誘導システムは、RTK-GNSS を使用し、浚渫装置の平面位置と向きを高精度に誘導する。図-4に示す管理画面では、ため池の形状に合わせて、ため池全体を浚渫装置の施工単位である 2 m × 2 m のメッシュで自動的に区切り、画面上



写真-6 浚渫船遠隔操作の状況

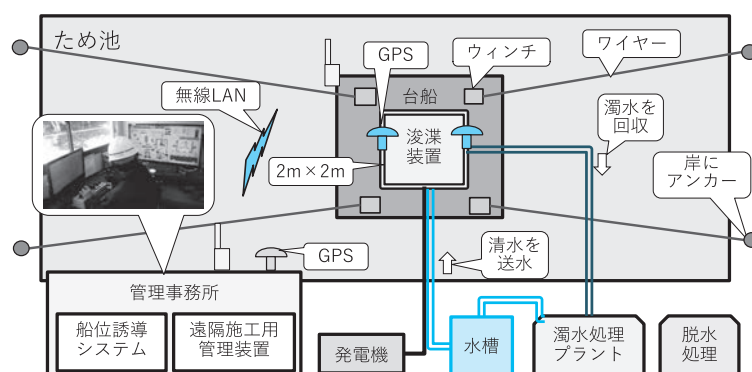
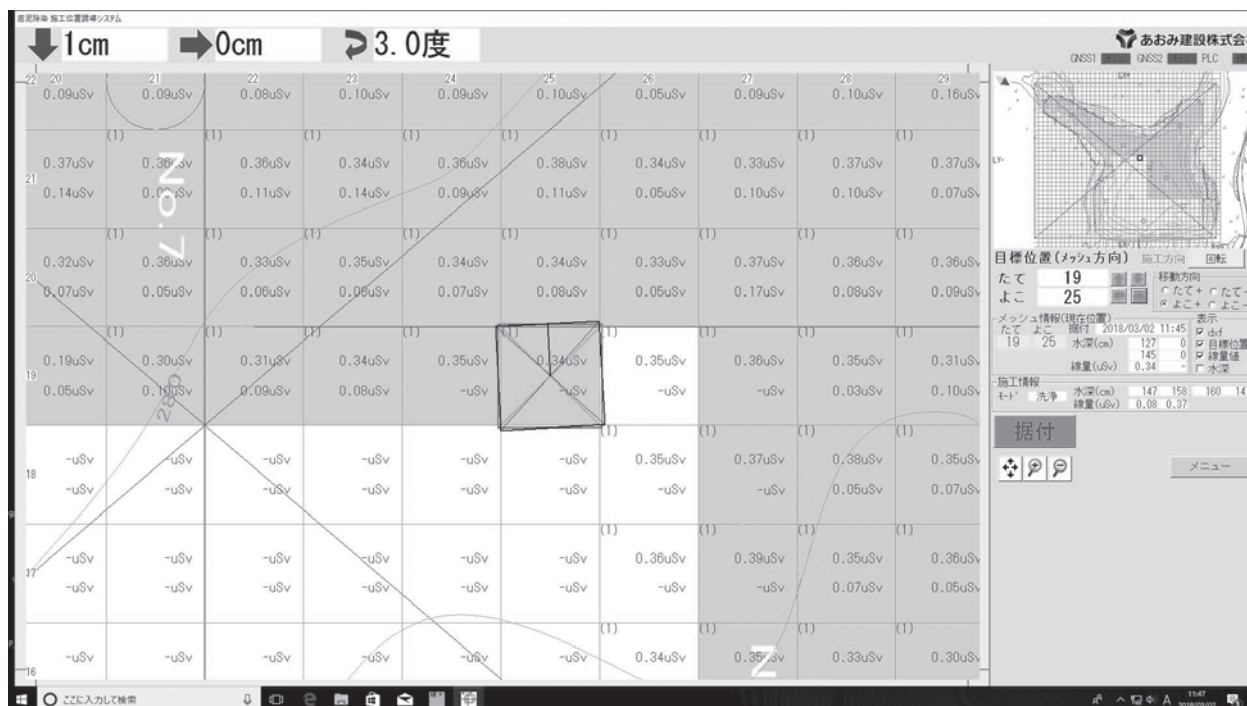


図-3 施工管理システムの構成



図－４ 船位誘導システム 管理画面 ※図中のグレーメッシュ（既施工）は、実際には緑で表示されています。

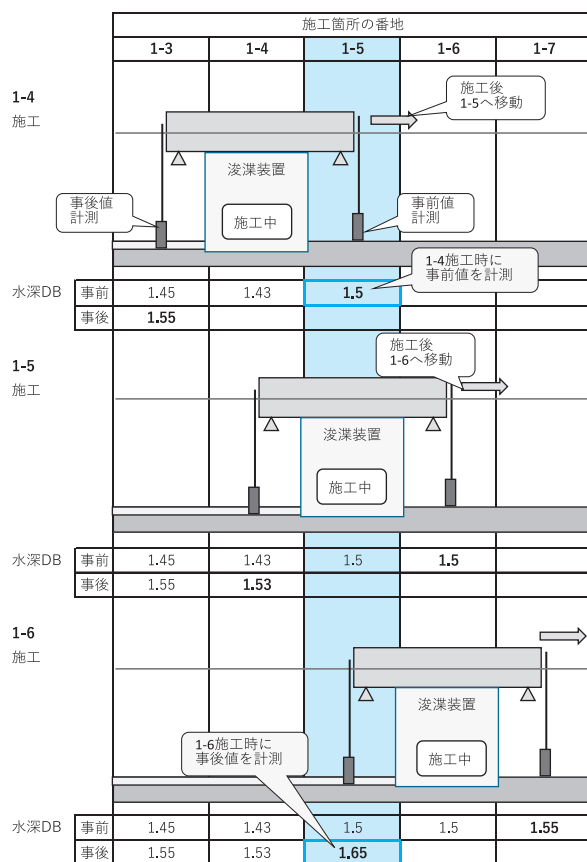
にリアルタイムに表示される平面位置を見ながら、台船に搭載した４台のウィンチを遠隔で操作して施工位置へ誘導する。画面右上には、ため池全体図における概略の位置が示される。メッシュには番地を振り、施工箇所の管理に活用している。未施工は白、既施工は緑で表示し、施工の進捗を視覚的に把握する。また、遠隔施工用管理装置と連動して計測データを取り込み、水底土砂の施工前後の放射線量を画面表示し、再施工などの判断に活用している。

(3) 計測器による出来形管理の仕組み

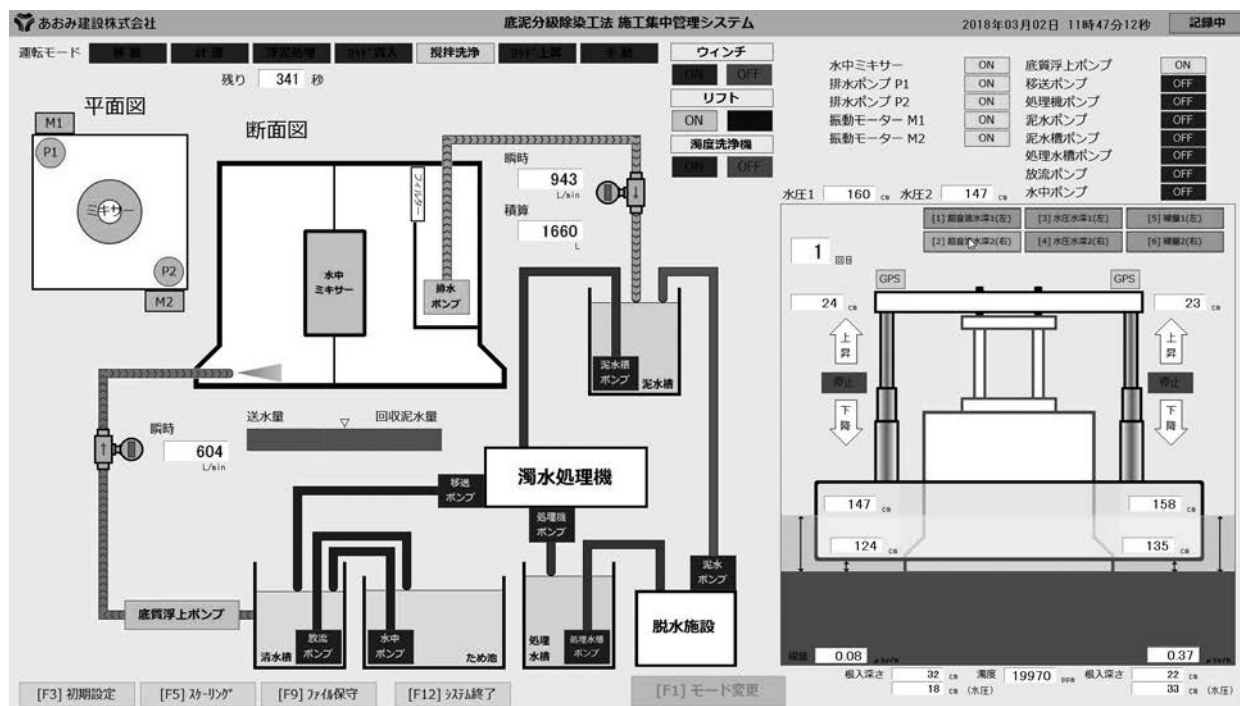
浚渫装置は施工箇所を密閉して施工するため、施工中に水深の変化や放射線量を計測することが困難である。

そのため、船腹の両側より計測器を下ろし、１つ前の施工箇所ですべて事前に水深と線量を計測し、該当箇所を施工した後、次の箇所の施工時に事後の水深と線量を計測している（図－５）。

このように、施工と同時に施工前後の出来形・品質管理を自動化し、施工管理の効率化と手戻りの防止による品質確保に役立っている。



図－５ 事件事後の計測の仕組み



図－6 遠隔施工用管理装置 管理画面

(4) 遠隔施工用管理装置

管理装置は、機器の自動運転制御及び各種施工管理の記録を行う。浚渫装置の施工サイクルは、移動－計測－浚渫装置貫入－攪拌洗浄－浚渫装置上昇を繰り返し、そのモードの遷移に合わせて、浚渫装置内のミキサーや水中ポンプ、振動ふるいなどの機器のON/OFFや運転時間を自動的に制御している。

また、浚渫装置貫入量や装置内濁水の濁度など、各センサーの自動測定などを一括して管理している。この管理装置により、船の誘導と浚渫装置の昇降操作はオペレータが操作しているが、その他の操作はほぼ自動化され、機器の異常検知やリアルタイムの計測値に基づく浚渫装置貫入量の調整など、高度な施工管理と省力化が実現した(図－6)。

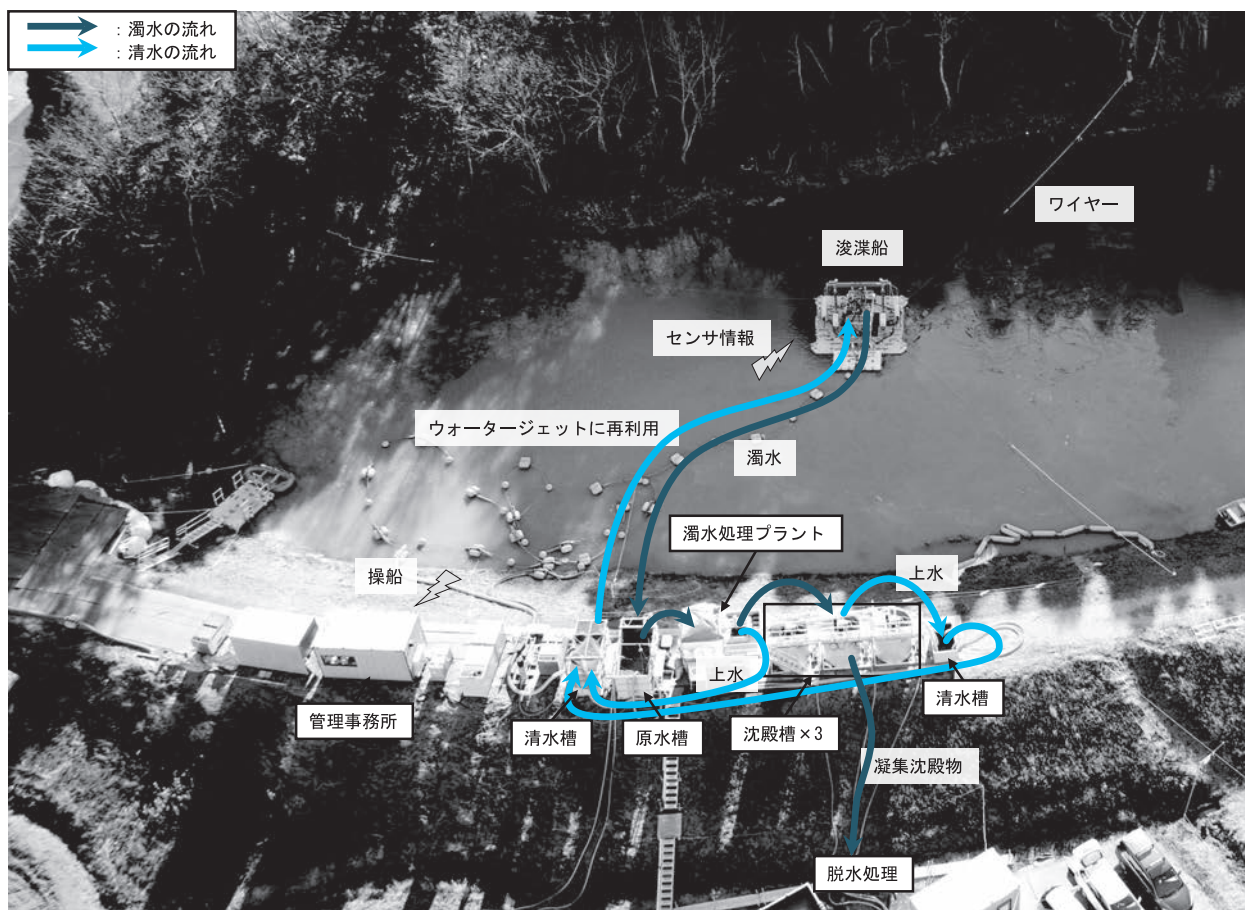
また、遠隔操作による施工で、台船上の無人化も実現している。計測した施工管理記録はデータベース化し、自動的に集計して運転管理日報として出力することができるので、施工管理作業の大幅な削減が達成できる。

6. 施工実績

表－1に、福島県実証事業以降の施工実績を示す。

表－1 施工実績一覧

年度	場所	施工数量
H26 年度	飯館村 A 池	1,472 m ²
	飯館村 B 池	1,742 m ²
H29 年度	南相馬市 C 池	6,576 m ²
	南相馬市 D 池	2,208 m ²
	南相馬市 E 池	2,404 m ²
	南相馬市 F 池	6,576 m ²
H30 年度	南相馬市 G 池	6,840 m ²
	福島市 H 池	2,696 m ²
	郡山市 I 池	27,792 m ²
R 元年度	富岡町 J 池	9,148 m ²
	本宮市 K 池	3,004 m ²
	郡山市 L 池	1,588 m ²
R 2 年度	本宮市 M 池	4,308 m ²



浚渫状況と設備一覧

7. おわりに

本工法は、福島県での放射性物質対策を目的に開発したものである。農業用ため池の除染対策として本工法が適用され、福島復興に寄与するこ

とができれば幸いである。

また、本工法の「原位置で分級して、細粒分のみを浚渫する」、「汚濁を拡散させない浚渫」、「ICT 施工」という特徴を生かし、悪臭や有害物質の堆積などの課題がある閉鎖性水域の環境改善対策として、幅広い活用を図っていく予定である。