

平成 26 年度福島県ため池等放射性物質対策公募技術実証事業
実施結果報告書

福島県農林水産部
平成 27 年 4 月

はじめに

東日本大震災に起因して発生した原子力発電所の事故により、農業用ため池等には、放射性物質が蓄積していることから、今回、水利用や施設管理に支障がある場合など、営農再開・農業復興の観点から放射性物質対策が必要なため池については、底質除去などの対策が実施可能となった。

このような中、本県ではため池等放射性物質対策技術を公募し、応募のあった技術から実用可能かつ効果的と判断されるものについて実証を行い、その結果を評価・公表することにより、「技術マニュアル」に則り市町村等による効果的・効率的な対策の推進が図られることを目的に、ため池等放射性物質対策公募技術実証事業を実施した。

本報告書は、当該事業において実証した4技術の結果を取りまとめたものである。

平成27年4月

平成26年度福島県ため池等汚染拡散防止対策公募技術実証事業採用技術

NO	申請者名 (所在地)	技 術 名 称
		技 術 概 要
1	一般財団法人 土木研究センター (東京都)	袋詰脱水処理工法
		透水性を有する袋に高含水のため池の軟弱な底質を詰めて脱水し、減容化するとともに、袋ごと運搬・積重ね・貯蔵・保管する工法。
2	初雁興業 株式会社 (埼玉県)	浚渫システム(底泥分級減容化工法)
		底質土を「分級スカート付攪拌ポンプ」で吸引して小型の水処理プラントと脱水機を使用し、ゴミ、砂、水、脱水土に分離回収する工法。
3	株式会社ダイセキ 環境ソリューション (愛知県)	多機能型シルトフェンスによる底泥流出防止と 表層水選択取水技術
		水位変化に追従し常に表層水を下流に流下させる機能を持つシルトフェンスのほか、上流に流入水の流速低下と底泥の巻き上げ防止の機能を持つふたつのシルトフェンスを配置し、放射性物質の流出を最大限抑止する工法。
4	東急建設 株式会社 (東京都)	貯留水の急速浄化排水と底泥固化による 放射性物質の流出防止技術
		濁度管理による貯留水排水の自動制御を行い、水処理を効率的に行うとともに、汚染汚泥の巻き上がり防止のため、底泥をセメントによって改良・固化する工法。

目 次

1 事業概要	1
2 技術実証結果	
実証技術一覧	2
【区分ア ため池等に蓄積する放射性物質を含む底質の効果的な除去及び減容化技術】	
①「袋詰脱水処理工法」	3
一般財団法人土木研究センター	
②「浚渫システム（底泥分級減容化工法）」	5
初雁興業株式会社	
【区分イ ため池等に蓄積する放射性物質を含む底質の流出防止技術】	
③「多機能型シルトフェンスによる底泥流出防止と表層水選択取水技術」	7
株式会社ダイセキ環境ソリューション	
④「貯留水の急速浄化排水と底泥固化による放射性物質の流出防止技術」	9
東急建設株式会社	

1 事業概要

(1) 公募対象

ア ため池等に蓄積する放射性物質を含む底質の効果的な除去及び減容化技術

イ ため池等に蓄積する放射性物質を含む底質の流出防止技術

(2) 公募期間

平成 26 年 7 月 1 日 ～平成 26 年 7 月 25 日

(3) 応募件数

49 技術

ア 32 技術

イ 17 技術

(4) 実証技術

4 技術

(5) 実施期間

平成 26 年 11 月 28 日～平成 27 年 3 月 27 日

2 技術実証実施結果

技術実証の実施結果は表 1 のとおり

表1 平成26年度ため池等放射性物質対策技術実証実施結果

No.	区分	申請内容			実証結果		
		技術名称 申請者名	技術概要	技術のポイント	ため池放射性物質対策 技術マニュアル区分	実証された対策効果等	実用性の評価等
1	ア) 除去および減容化技術	袋詰脱水処理工法	<ul style="list-style-type: none"> 透水性を有する袋に高含水のため池の軟弱な底質を詰めて脱水し、減容化するとともに、袋ごと運搬・積重ね・貯蔵・保管する工法。 	<ul style="list-style-type: none"> 除去土壌の脱水 	i 底質除去	<ul style="list-style-type: none"> 底質除去や貯留水処理については、ほぼ想定通りの効果が実証されたが、掘削・吸引中の排水管理に注意が必要であった。 廃棄土の脱水減容化については、低温環境の影響で効果が想定より低かった。 経済的合理性は想定よりやや低かった。 <p>(1)底質の放射性セシウム ($^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$) 濃度 対策前：7,360 対策後：434 (3地点の平均値 Bq/kg-dry) 除去率：94%</p> <p>(2)地山に対する脱水減容化 地山土量：150.0 m³ 脱水土量：140.8 m³ 減容化率：6.1%</p> <p>(3)対策後の貯水の放射性セシウム (^{134}Cs、^{137}Cs) 濃度 ^{134}Cs ND (検出下限値0.8Bq/L) ^{137}Cs ND (検出下限値1.0Bq/L)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 排出土の池内保管が可能な条件下では袋の使用は有効であるが、広い作業ヤードが必要になるため適用できるため池は限られる。 袋脱水に使用する袋の材質はよい。粘土分まで分離可能である反面、低温環境下では脱水速度が遅くなる。よって、高温環境下でかつ排水に長時間が掛けられる条件下では実用可能である。
		一般財団法人土木研究センター (東京都)					
2	ア) 除去および減容化技術	浚渫システム (底泥分級減容化工法)	<ul style="list-style-type: none"> 底質土を「分級スカート付攪拌ポンプ」で吸引して小型の水処理プラントと脱水機を使用し、ゴミ、砂、水、脱水土に分離回収する工法。 	<ul style="list-style-type: none"> 底質の分級除去・減容化 	i 底質除去	<ul style="list-style-type: none"> 底質除去について、吸引能力不足等により処理が不十分となったが、分級性能や除去機能は実証された。 施工による貯水の濁度上昇は想定通りわずかであった。 経済的合理性はほぼ想定通りであった。 <p>(1)底質の放射性セシウム ($^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$) 濃度 対策前：3,467 対策後：1,518 (3地点の平均値 Bq/kg-wet) 除去率：56% ※ 但し、面的分布には除去効果が確認できない範囲あり。</p> <p>(2)搬出土の減容化 処理土量：45m³ 搬出土量：15.7m³ 減容化率：65%</p> <p>(3)対策後の貯水の放射性セシウム (^{134}Cs、^{137}Cs) 濃度 ^{134}Cs ND (検出下限値10Bq/L) ^{137}Cs ND (検出下限値10Bq/L)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 装置がコンパクトで低騒音であること、狭い場所でも施工可能であること、作業ヤードが小さくて済むことから、多くのため池で実用可能な技術である。 吸引能力を強化し施工管理精度を高めることで、多くのため池で実用可能な技術となる。
		初雁興業株式会社 (埼玉県)					
3	イ) 流出抑制技術	多機能型シルトフェンスによる底泥流出防止と表層水選択取水技術	<ul style="list-style-type: none"> 水位変化に追従し常に表層水を下流に流下させる機能を持つシルトフェンスのほか、上流に流入水の流速低下と底泥の巻き上げ防止の機能を持つふたつのシルトフェンスを配置し、放射性物質の流出を最大限抑止する工法。 	<ul style="list-style-type: none"> 懸濁水の流出防止 	C 水塊隔離 (汚濁防止フェンス)	<ul style="list-style-type: none"> 本技術については、大雨時の出水が発生した際に効果を検証する必要があるが、平成26年度の実証事業期間内に効果検証が可能な出水が発生しなかったため、平成27年度も引き続き効果の検証を行っていく。 	
		株式会社ダイセキ環境ソリューション (愛知県)					
4	イ) 流出抑制技術	貯留水の急速浄化排水と底泥固化による放射性物質の流出防止技術	<ul style="list-style-type: none"> 濁度管理による貯留水排水の自動制御を行い、水処理を効率的に行うとともに、汚染汚泥の巻き上がり防止のため、底泥をセメントによって改良・固化する工法。 	<ul style="list-style-type: none"> 汚染底泥の流出防止 濁水発生防止 	h 底質の原位置固定	<ul style="list-style-type: none"> 流出防止対策について、底泥をセメント系固化材で混合し固化することで、洪水時においても高濃度の底泥の巻き上がりや流出の防止を期待できることが確認された。 経済的合理性はやや想定以上であった。 <p>(1)施工後における放射性セシウムの溶出 JIS-K0058(養生期間3日)、環境省告示46号(養生期間3日)共に下記の値であった。 ^{134}Cs ND (<1Bq/L) ^{137}Cs ND (<1Bq/L)</p> <p>(2)検体の形状崩壊の有無 攪拌試験(200rpm 24時間) 改良前濁度 5,500 改良後濁度 <1</p>	<ul style="list-style-type: none"> バックホウによる施工が可能であり、多くのため池で実用可能な技術である。 底泥の放射性廃棄物の発生・搬出が少なく施工できるため、仮置場が確保できない場合に有利。
		東急建設株式会社 (東京都)					

【技術の概要】

袋詰脱水処理工法は、透水性を有する袋に高含水の粘性土や河川・湖沼などの軟弱な底質を詰めて脱水し、減容化する工法。

【期待する効果・特徴】

放射性物質を袋内に封じ込めるとともに減容化(地山に対して30～40%程度)の効果があり、袋ごと運搬・積重ね・貯蔵・保管する工法。

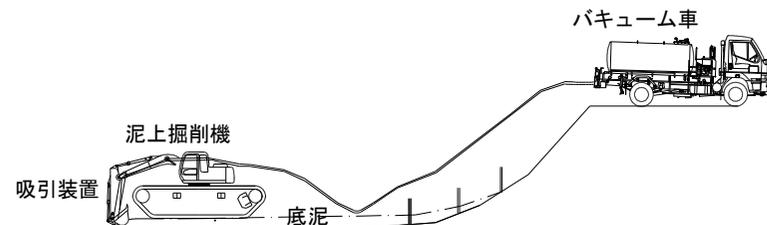
【実証の実施内容】

- ①バキューム車を用いて、放射性物質に汚染されたため池底質表面を吸引除去
- ②吸引した底質をバキューム車の排出装置で袋へ充填
- ③移動可能な含水比まで脱水・養生し、積重ねて仮保管
- ④脱水・養生後の袋をクレーンで池内外に移設・保管
- ⑤シート被覆や覆土を実施

【効果検証方法】

- ①放射性物質を含む底質の流出防止
排水に含まれる放射性物質濃度を測定し、ため池に放射性物質が流出していないことを確認
- ②地山に対して脱水減容化
池の中全部もしくは一部の面積と除去深さから、地山体積を算出。底質を袋詰脱水を行ったあとの体積と比較

【技術のイメージ】



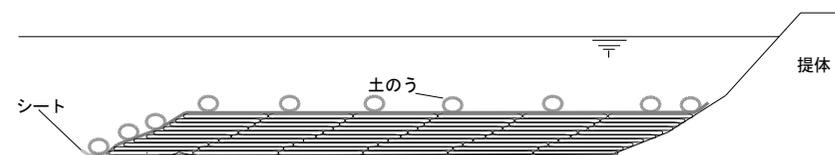
吸引・除去



充填



脱水・養生



ため池内での保管例

平成26年度福島県ため池等汚染拡散防止対策公募技術実証事業採用技術 -事後評価-
ア(除去・減容化)

技術名称：袋詰脱水処理工法
実施者：一般財団法人土木研究センター

内 容		
実証規模	ため池名[所在地]	沢口池(福島県田村市船引北移沢口)
	満水面積(m ²)	3,800m ²
	対策面積(m ²)	1,000m ²
	処理土量(m ³)	地山：150m ³
	処理水量(m ³)	-
経済的合理性	施工日数	14日
	コスト	2,563万円
総合評価	<ul style="list-style-type: none"> ・排出土の池内保管が可能な条件下では袋の使用は有効であるが、広い作業ヤードが必要になるため適用できるため池は限られる。 ・袋脱水に使用する袋の材質は良い。粘土分まで分離可能である反面、低温環境下では脱水速度が遅くなる。高温環境下でかつ排水に長時間が掛けられる条件下では実用可能である。 	
	<p>【実用性を高めるために改善が期待される事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・準備工と撤去工の作業の効率化が必要である。 ・作業時の濁水発生への対策と排水管理が必要である。 ・作業ヤードを縮小する脱水養生法を検討すれば実用性が高まる。 ・リターを分離しないで浚渫物の全てを袋に入れることは、脱水を促進する上ではプラスの効果があるが、池敷に長期間保管した場合には分解し放射性Csが溶出し易くなることが懸念されるため、リター除去やゼオライト混合等の対策が必要である。また、1年以上の監視を続ける必要がある。 	
	<p>【現地適用上の制約条件等】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2,000m²以上では機械式吸引、それ以下では人力による吸引が望ましい。 ・泥上掘削機の使用には500m²の組み立て用地と幅5mの進入路が必要である。 ・水深0～50cmが最適である。 ・クレーンの設置には幅6m以上必要である。 ・広い脱水処理ヤード(施工例では250m²)が必要である。 ・底質の粗粒分が95%以上であれば適用困難である。 ・低温環境下では脱水が進まないことに注意を要する。 	



①泥上掘削機による掘削



②バキューム車による吸引



③袋への充填



④保管場所への移設状況



⑤池敷きでの保管



⑥陸上での保管

浚渫システム(底泥分級減容化工法)

初雁興業株式会社

【技術の概要】

堆積土(ヘドロ)は攪拌ポンプで吸引し、小型の水処理プラントと脱水機を使用して、砂、有機物(ゴミ)、水、脱水土に分離回収するシステム。

【効果・特徴】

- ①砂礫の吸引抑制と堆積土の拡散防止
- ②凝集・脱水効果による堆積土の減容回収
- ③分離槽・傾斜管沈殿槽による排水の濁度低減
- ④堆積土の表層部を選択的に吸引除去

【実証の実施内容】

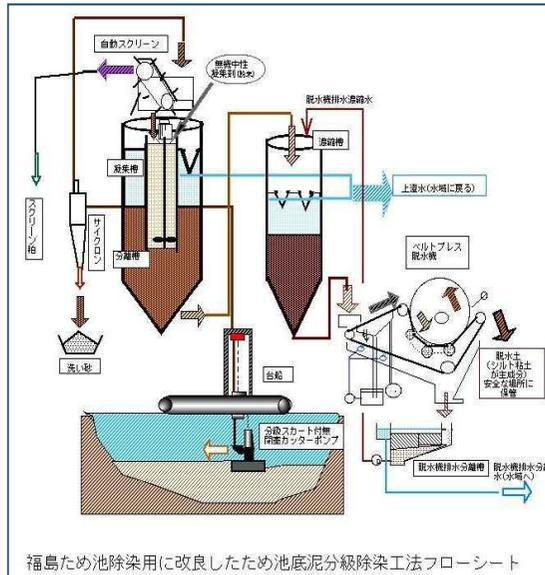
- ①吸引ポンプの深度管理により堆積土の表層部のみを吸引し、平均15cmの厚さで除去した。
- ②吸引ポンプに角型分級スカートを着装し、砂礫分の吸引を抑制すると共に、吸引時の底泥拡散を防止した。
- ③汲み上げた泥水は小型水処理プラントにより、砂、有機物(ゴミ)、水、濃縮泥水に分離し、濃縮泥水は脱水機と凝集剤の効果により、平均含水率51%に脱水減容した。
- ④脱水機の脱水ろ液及び洗浄水は傾斜管沈殿槽を通し、SS濃度を低減してから池に戻した。

【効果検証方法】

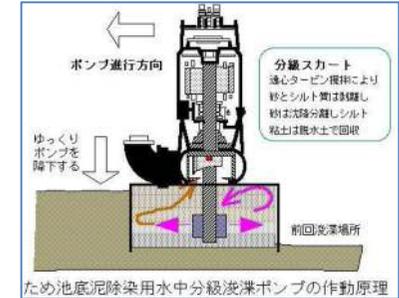
- ①砂礫分離サイクロンからの排砂量測定と作業中の吸引ポンプ側部の池水濁度測定
- ②堆積土の除去量確認と、排出物重量の測定および、放射能濃度測定
- ③排水の放射能濃度測定(セシウム134・137)
- ④事前の堆積土基準高を基にした、作業中のポンプ深度と平面(水平移動)管理

【技術のイメージ】

作業フロー図



角型分級スカートによるポンプ作動原理

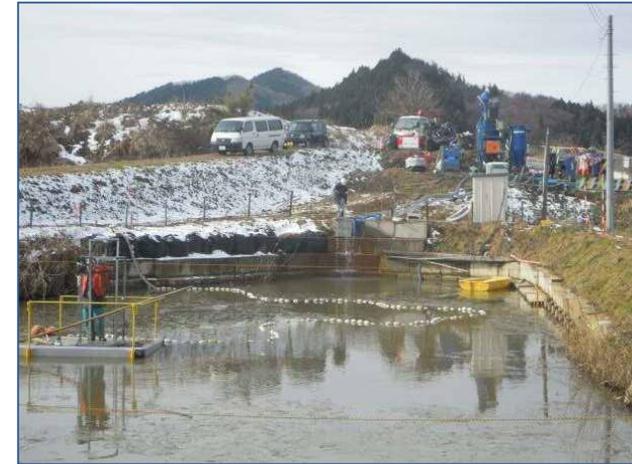


傾斜管沈殿槽分離状況



【施工条件等】

浚渫機材は4t車3台で運搬、プラントスペースは脱水土仮置き場を含めて30㎡程度で施工した。
本システムの施工条件は、現場に4t車が入ることが条件、作業半径は100m程度まで可能。
右写真は、実際の実証作業状況写真



平成26年度福島県ため池等汚染拡散防止対策公募技術実証事業採用技術 -事後評価-
ア(除去・減容化)

技術名称：底泥分級減容化工法

実施者：初雁興業株式会社

内 容		
実証規模	ため池名[所在地]	福島県岩瀬郡天栄村大里地内 (助五郎池)
	満水面積(m ²)	500m ²
	対策面積(m ²)	300m ²
	処理土量(m ³)	45m ³ (300m ² ×0.15m)
	処理水量(m ³)	600m ³ (8m ³ /h×5時間/日×15日)
経済的合理性	施工日数	18日間 (設置撤去3日間、対策工15日間)
	コスト	848万円
総合評価	<ul style="list-style-type: none"> ・装置がコンパクトで低騒音であること、狭い場所でも施工可能であること、作業ヤードが小さくて済むことから、多くのため池で実用可能な技術である。 ・実証データからは、必要な除去機能が確認されたが、対象ため池の状況を踏まえても、底泥の吸引能力不足等により全体としては処理が不十分であったと判断される。 	
	<p>【実用性を高めるために改善が期待される事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・吸引能力の向上と底泥吸引の施工管理方法等の改善を検討する必要がある。 ・底質中のCs分布や粒度分布に基づく最適な浚渫厚の設定方法について検討が必要である。 ・技術者の訓練など施工管理精度を確保する対策が必要である。 ・処理能力(日当たり処理)を向上させるため、分級スカートを大きくし、浚渫ポンプの能力を強化する方策の検討が期待される。 ・脱水機ろ布の効果的な洗浄方法を検討し、洗浄水の使用量(二次処理量)を少なくする改善策が必要である。 	
	<p>【現地適用上の制約条件等】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・4tユニック車が進入できる幅3m以上の進入路が必要である。 ・水深0.6m以上が必要である。 ・作業ヤードが水面から8m以内に確保できること。 	

実証作業全景(浚渫作業中)



地上プラント全景



底泥脱水、搬送



脱水機排水SS濃度管理



上澄水SS濃度管理



【技術の概要】

水位変化に追従し常に表層水を下流に流下させる機能を持つシルトフェンスのほか、上流に流入水の流速低下と底泥の巻き上げ防止の機能を持つシルトフェンスの計3種を配置し、放射性物質の流出を最大限抑止する工法。

【期待する効果・特徴】

汚染リスクの大きい池底部の影響の少ない表層水を安定的に取水できる。施工も容易で、放射性物質を含む底泥を掘り上げないので、施工時・保管時の接触リスクは最小限である。

【実証の実施内容】

以下3種類のシルトフェンスおよびエプロンカーテンを設置し、濁水の流出抑制効果を検証する。

【技術のイメージ】参照。

- ①表層水選択取水式シルトフェンス
- ②標準型シルトフェンス
- ③沈床式シルトフェンス
- ④エプロンカーテン

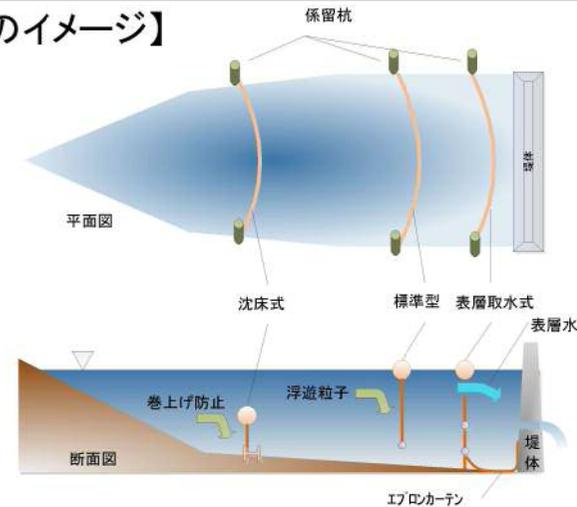


【効果検証方法】

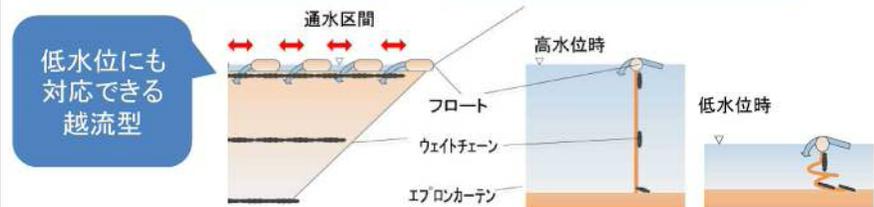
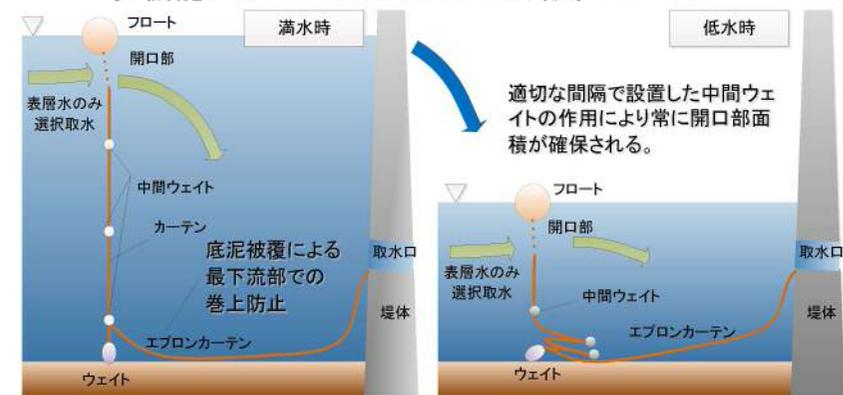
3種類のシルトフェンス設置後、継続して以下の検証を行う。

- ①連続観測出来る濁度計を設置し、実際の降水状況を利用して、濁水の抑制状況を確認する。
- ②表層水選択取水式シルトフェンスが水位に追従して機能することを確認する。

【技術のイメージ】



多機能シルトフェンスシステムの設置イメージ

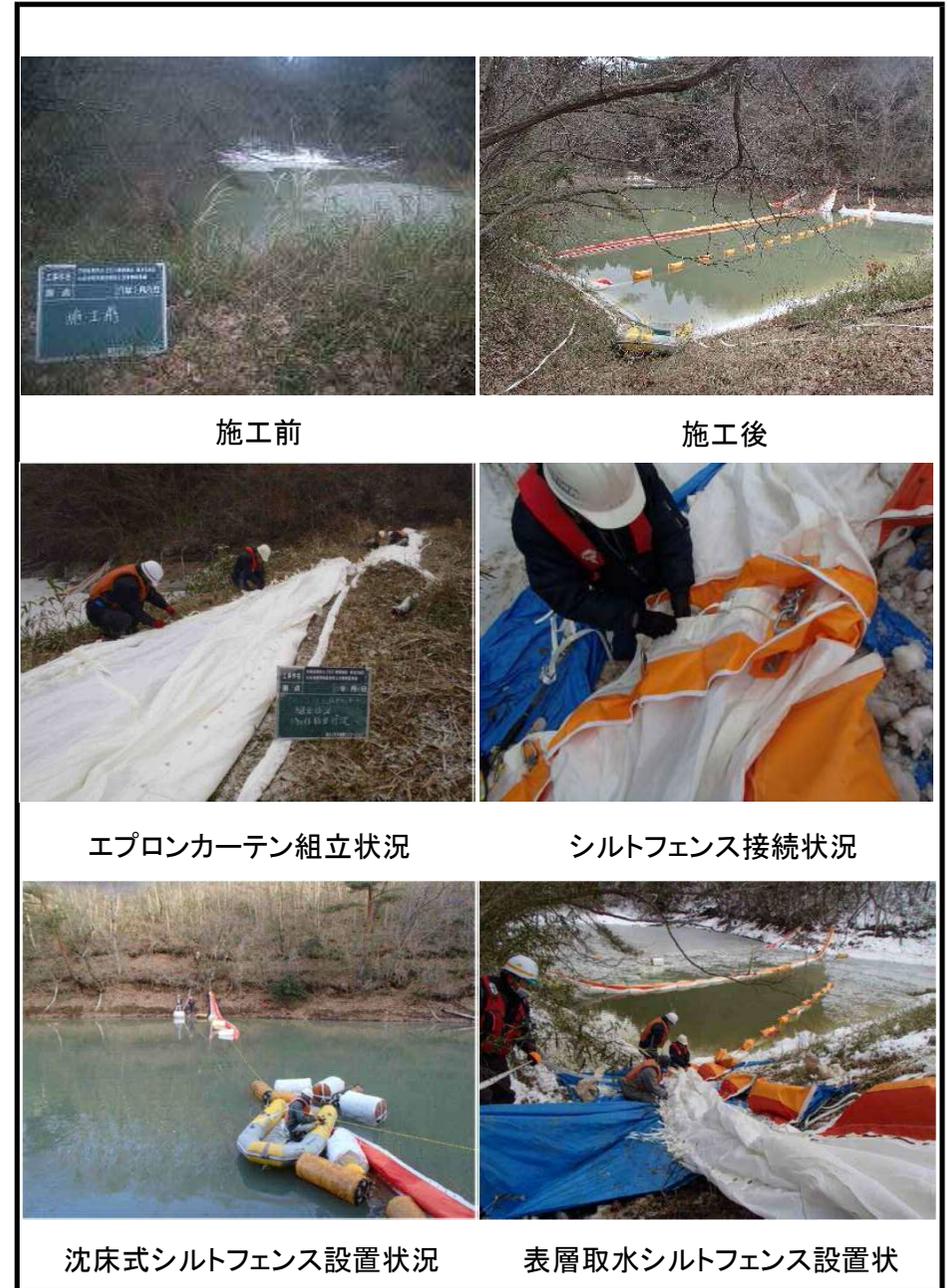


表層取水選択取水シルトフェンスの機能

平成26年度福島県ため池等汚染拡散防止対策公募技術実証事業採用技術 -事後評価-
イ(流出防止)

技術名称：多機能シルトフェンスによる底泥流出防止と表層水選択取水技術
実施者：(株)ダイセキ環境ソリューション

内 容		
実証規模	ため池名[所在地]	住吉沼 [福島市大波地内]
	満水面積(m ²)	4,000m ²
	対策面積(m ²)	2,620m ²
	処理土量(m ³)	該当無し
	処理水量(m ³)	該当無し
経済的 合理性	施工日数	14日
	コスト	1,426万円 (参考：満水面積当り3,565円/m ²)
総合評価		
備考	本技術については、大雨時の出水が発生した際に効果検証をする必要があるが、平成26年度の実証事業期間内に効果検証が可能な出水が発生しなかったため平成27年度も引き続き効果の検証を行っていく。	



施工前

施工後

エポロンカーテン組立状況

シルトフェンス接続状況

沈床式シルトフェンス設置状況

表層取水シルトフェンス設置状況

【技術の概要】

本技術は、汚染底泥の巻き上がり防止のため、底泥をセメント系固化材によって固化するものである。なお、貯留水が残留する場合には、下流部に放射性物質を流下させないよう適切な水処理を実施し、急速に排水を行う。

【期待する効果・特徴】

- ①底泥をセメント改良により固化処理するため、放射性物質を外部に流出しない。
- ②フロート式の取水装置により、下層の濁水を巻上げず取水できる。
- ③水処理装置は高い処理能力を有し、急速浄化排水が可能である。

【実証の実施内容】

表層固化した底泥から放射性物質の溶出がない適正なセメント量で施工するために室内試験により配合量を決定する。
また、施工後に品質確認のため、現地から採取した試料からセシウムの溶出が排水基準値以下であることを確認する。

【効果検証方法】

表層固化終了後、施工後に所定材令を経過した改良地盤の改良効果を把握するため、現地から試料を採取し、セシウムの溶出試験を行い、排出基準以下であることを確認する。
また、溶出試験時に試験体の形状が崩壊しないことを確認する。

【技術のイメージ】

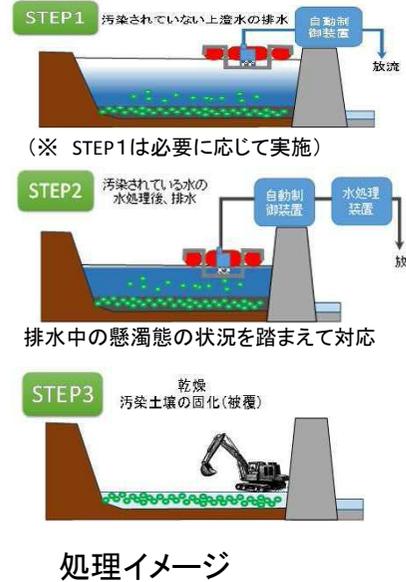


写真 取水装置

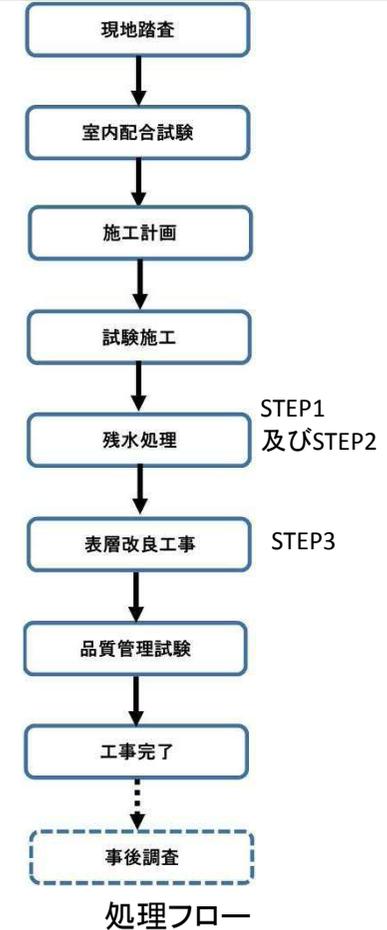


写真 水処理装置例

平成26年度福島県ため池等汚染拡散防止対策公募技術実証事業採用技術 -事後評価-
イ(流出防止)

技術名称：貯留水の急速浄化排水と底泥固化による放射性物質の流出防止技術
実施者：東急建設株式会社

内 容		
実証規模	ため池名[所在地]	福島県南相馬市鹿島区寺内地内（鷹ノ巣ため池）
	満水面積(m ²)	2,000m ²
	対策面積(m ²)	2,000m ²
	処理土量(m ³)	改良土量 1,000m ³
	処理水量(m ³)	1,500m ³
経済的合理性	施工日数	14日
	コスト	3,800万円
総合評価	<ul style="list-style-type: none"> バックホウによる施工が可能であり、多くのため池で実用可能な技術である。 底泥をセメント系固化材で混合し固化することで、洪水時においても高濃度の底泥の巻き上がりや流出の防止を期待できることが確認された。 底泥の放射性廃棄物の発生・搬出が少なく施工できるため、仮置場が確保できない場合に有利である。 	
	<p>【実用性を高めるために改善が期待される事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> 底泥の土質性状（有機分、含水状態等）に対応して、所定の強度発現が可能な固化材を使用する。 固化後に放射性セシウムと六価クロムの溶出量が基準値を超過しないように、施工前に固化材の適切な配合量を求める試験を実施する。 貯留水のpHの変化についてモニタリングが必要。 セメント改良後にバックホウが走行すると表面が削られるため、走行場所をできるだけ限定し敷鉄板を使用する。 取水口周りの処理をどうするか検討を要する。 	
	<p>【現地適用上の制約条件等】</p> <ul style="list-style-type: none"> 放射性物質を含む底泥を撤去せずに、セメント混合により現地に残地させることが可能なため池であること（底質土が大量に貯まっていて浚渫により貯水容量の改善が必要な状態のため池には不適）。 底泥の含水率が低い方がよいので、降雨の少ない時期の施工が望ましい。 水処理装置の設置場所40㎡とため池の上部にバックホウ等の置き場が必要であり、また進入路の幅は3m以上必要である。 	



施工前



施工中(セメント系固化材の混合状況)



施工後