

平成26年度除染技術実証事業
概要書

平成26年度除染技術実証事業

平成27年1月



環境省

Ministry of the Environment

水・大気環境局

除染チーム

付録1-0-1

環境省 平成26年度除染技術実証事業

- 今後除染作業等に活用し得る技術を発掘し、除染効果、経済性、安全性等を確認するため、実証試験の対象となる除染技術を公募。（公募期間：平成26年2月24日～5月23日）
- 有識者により構成される委員会において厳正な審査を行い、下表の10社の技術提案について実証試験を実施。
- 平成26年12月中に結果をとりまとめ、試験結果の評価を実施。

No.	事業分野	対象	実証テーマ名	所属機関名
1	減容化 土壌等除染除去物の	泥水	ろ布走行式フィルタープレスを用いた放射線被ばく低減のための実証運転	株式会社石垣
2		土壌	放射性物質に汚染された土壌の洗浄実験及び洗浄後の土壌の再利用に向けた検証	株式会社日立機械
3		有機物	バイオコークス化による放射性物質に汚染された有機物の減容・安定化の実証と減容化による輸送効率の向上と安全性及び経済性の検証	中外炉工業株式会社
4	汚染廃棄物の処理	漁網等	熱分解法による「避難指示区域に残置された漁網等：処理困難廃棄物」の安全な処理方法	株式会社日本プラント建設
5		捕獲有害鳥獣	捕獲有害鳥獣の安全な減容化処理システムの実証	共和化工株式会社
6	除去物の運搬や一時保管・中間貯蔵等関連	施工	簡易的破碎方式による現地掘削土を用いた難透水土壤層の効率的施工技術	大成建設株式会社
7		運搬	福島県内除去土壌等の輸送に係るETC無線認証技術を活用した大量運搬管理システムの実証	阪神高速道路株式会社
8		破袋等	中間貯蔵施設におけるフレキシブルコンテナ破袋工程への非接触・高効率・省エネ型ウォータージェットカッターの適用技術実証	清水建設株式会社
9		破袋等及び腐敗水	作業員を必要としない大型荷下ろし・破袋設備及びフレキシブルコンテナ内腐敗水の浄化技術	株式会社大林組
10		土壌分別	除去土壌の濃度選別システムの実証	アレバ・エヌシー・ジャパン・プロジェクト株式会社

付録1-0-2

環境省 平成26年度除染技術実証事業 採択技術の紹介（実施者の事業内容）



公益財団法人 原子力安全技術センター

※当センターは、本事業の技術選定・評価等業務を受託しております。

No.1 ろ布走行式フィルタープレスを用いた放射線被ばく低減のための実証運転

実施者：(株)石垣

事業の概要

汚染土壌の分級処理等で発生する細粒土等をろ過脱水するためのフィルタープレス脱水工程において、作業員の被ばく低減に寄与することを目的に、自動運転が可能なるろ布走行式フィルタープレスを採用し、ろ布取り外し等をロボットで行うことにより、作業員の作業時間を短縮できることを確認するための実証を行う。

実施内容

- ろ布取り外しロボットの 実証確認
- 脱水運転時の作業員の作業時間実態調査
- 脱水にかかわる作業時間の短縮評価

事業の主な実施場所

神奈川県横浜市、香川県坂出市

技術概要

1. 試験フローと構成機器

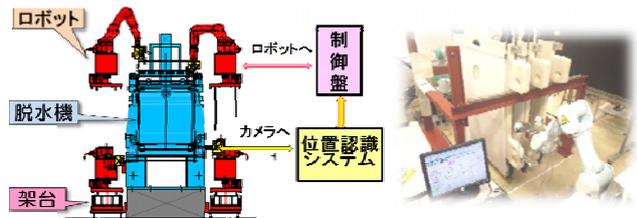
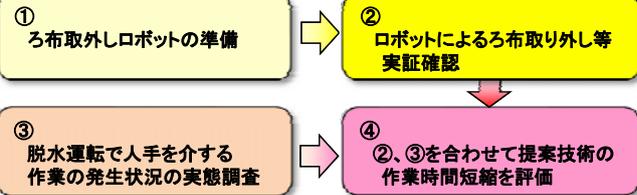


図1 試験フローと構成機器

写真1 ロボットによる取り外し

2. 試験目標

既存技術であるろ布固定式やろ布走行式(人介入型)と比較して提案技術では機側での作業時間が短縮されることを確認する。

3. 期待される効果

作業員の機側での作業時間を削減することで、被ばくリスク低減に寄与し長期間安定安全な脱水技術の確立が期待される。

付録1-1-1

結果

(1) ロボットによるろ布取り外し

i) 位置認識(MOS)システム

任意位置に固定したカメラで1000回の位置認識を行い、ばらつきを見た結果(表1)、標準偏差(σ)を見ると3 σ でX、Y方向は2mm以内、Z方向は3mm以内であり、位置認識システムとしては有効であった。ただし、夜間などで照明の主光源が変わると感度が低下し認識精度に影響した。

表1 MOS認識精度 [単位:mm]

	X	Y	Z
標準偏差	0.52	0.57	0.86
3 σ	1.56	1.71	2.58
平均	-2.1	-1.6	-5.2

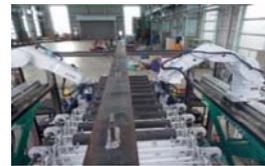


写真2 ろ布吊り上げ作業

ii) ロボットによるろ布取り外し

- ・ロボットでのろ布取り外し状況を写真2に示す。
- ・ロボットによるろ布の取り外しはすべてのろ布で実証できた。

表2 ロボット動作結果

・ロボットの動作結果は表2となり、対象物の把持動作の最大ズレは5mmで、設計値以内となり、対象物の把持は可能であった。ただし、下部ろ布芯金については、MOSの位置認識精度や把持寸法が短い関係で外しミスが発生する可能性が残る。

項目	動作	動作確認		測定値 (数値は右側、左側)		
		右	左	最大ズレ寸法(mm)		
				X方向	Y方向	Z方向
1	横行	○	○	-	-	-
2	リターンロール外し	○	○	1.5、1.5	2、3.5	3.5、4.5
3	リターンロール置き	○	○	-	-	-
4	下部ろ布芯金外し	○	○	2、2	3、2	3.5、5
5	ろ布を吊り上げ	○	○	2.5、2	3、3.5	3、5

(2) 作業時間実態調査と比較評価

3ヶ所の浄水場における機側での作業時間調査では、浄水場ごとに独自の点検を実施していた。調査結果と標準時間を加味して比較評価を行い、機側での年間作業時間としてまとめた結果を表3に示す。

表3 機側での年間作業時間

	ろ布固定式	ろ布走行式(人介入型)	ろ布走行式(ロボット型)
時間(hr/年)	269	146	61
比率(%)	100 <184>	54 <100>	23 <42>

- ・MOSシステムはX、Y方向に対してZ方向の精度が劣ったが対象物の位置認識には有効であった。また、照明の違いによる認識精度の低下については、専用光源を装備する等で設置環境の影響を抑制できると考える。
- ・ロボットによるろ布取り外しを実証できた。今後は、MOSシステムの更なる認識精度向上とロボットが対象物を取り外ししやすいようにフィルタープレスの専用設計をすることで、作業精度向上が可能と考える。
- ・機側での作業時間はろ布固定式対しろ布走行式(人介入型)は、54%に短縮され、ロボット型にするとさらに23%まで短縮される。また、ろ布走行式で人介入型からロボット型にすることで42%に削減され、提案技術の採用により被ばくリスクの大幅な低減につながることを期待できる。

付録1-1-2

No.2 放射性物質に汚染された土壌の洗浄実験 及び洗浄後の土壌の再利用に向けた検証

実施者：(株)日立機械

事業の概要

汚染土壌を分級後、移動式の汚染土壌洗浄装置(アースセーバー)を用いた洗浄実験を行うとともに、低濃度となった洗浄後土壌の再利用の可能性を検討する。また、実証の見学会及び再利用に関する住民の意識調査を実施する。

実施内容

1、分級試験

汚染土壌を湿式分級機で分級し、アースセーバーにて洗浄を行い、洗浄効果を確認する。本試験を車載型の特性を活かし、浪江町内4か所を移動して実施する。

2、再利用に向けた検証

住民対象の見学会及び説明会を実施する。説明会では、洗浄後土壌の建設資材等への再利用品の紹介と住民アンケートを実施する。

事業の主な実施場所

福島県浪江町

技術概要

1. 試験フロー

① 表土剥ぎ



② 前処理



③ アースセーバーによる洗浄処理



④ 洗浄土の埋戻し・再利用

湿式振動型分級機で、5mm超と5mm以下の土壌に分級

5mm以下の土壌を水のみで除染



アースセーバー外観(車載型)

2. 試験目標

(1) 分級試験の検証

汚染土壌の放射能濃度の低減効果、洗浄後土壌を元の土地に戻した後の空間線量率の変化を確認する。

(2) 再利用に向けた検証

- ① 路盤材等への活用の地元ニーズ・需要を調査する。
- ② 地元関係者対象の見学会を開催し、洗浄後の土壌の再利用に関する意識調査を実施する。
- ③ 焼き固め、タイルやインターロッキング等の建築・土木用資材として適合するかを検証する。

3. 期待される効果

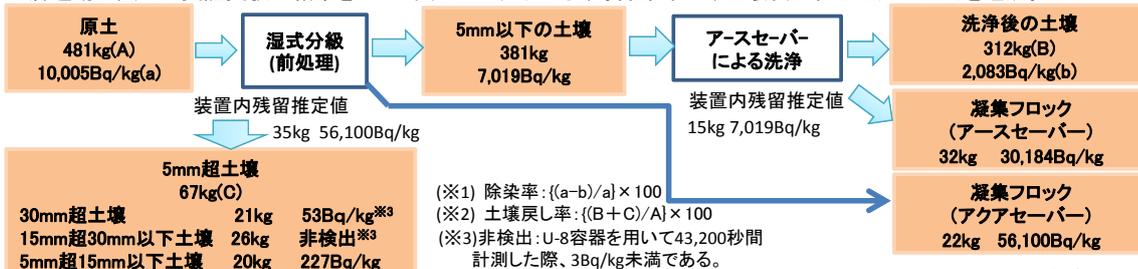
汚染土壌の減容及び洗浄後土壌の再利用の促進

付録1-2-1

結果

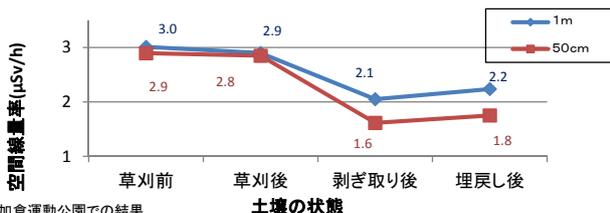
(2) 汚染土壌の放射能濃度の低減効果

加倉運動公園での実証実験の結果をフロー図にして以下に示す。除染率^{※1}、土壌戻し率^{※2}は共に80%を達成。



(1) 空間線量率の変化

①草刈前、②草刈後、③土壌剥ぎ取り後、④洗浄土埋戻し後のそれぞれにおいて、地上から50cm地点と1m地点での空間放射線線量率の測定を実施した。結果を以下のグラフに示す。



加倉運動公園での結果

(3) 現地ニーズの調査・把握

加倉運動公園での結果

地元自治会等に協力を要請し、住民の方々を対象とした説明会(一部の会場では装置見学を含む)を実施し、その中で洗浄後土壌の再利用に関するアンケートを実施した。

アンケートでは、①洗浄した土壌を汚染は少し残るが元の場所に戻してよいか、②公共工事の資材に活用することに賛成か、の2点を質問したところ、参加者からは再利用に前向きな意見が多く寄せられた。

(4) 再利用製品・方法の検証

- ・洗浄後土壌を用いて、焼き固め実験をし、外用建築資材として成型可能であることを確認した。
- ・砂質分の多かった加倉運動公園と浪江中学校の洗浄後土壌を用いてセメント固化実験を実施し、福島県の建築・土木工事におけるコンクリート骨材として使用できる条件(JISA5308のレディーミクストコンクリートの材料としての基準)を満たしていることを確認した。

・湿式分級及び移動式汚染土壌洗浄装置(アースセーバー)による洗浄で、約10,000Bq/kgの砂質汚染土壌を、約2,000Bq/kg程度にできることを確認。除染率及び土壌の戻し率はともに80%。
 ・洗浄後土壌の埋め戻した時の空間線量率は、土壌剥ぎ取り前よりも、低減したことを確認。
 ・本実証の説明会(一部の会場では装置見学を含む)に参加された方は本実証事業に興味を持たれた方が大半と考えられるが、アンケートの結果では汚染土壌の洗浄と洗浄後土壌の再利用に大きな賛同が得られた。これにより、今後も継続的に洗浄土壌の再利用に向けた将来的な可能性を追求していく必要があると考えられる。
 ・洗浄後の土壌(砂質分)は、建設・土木工事におけるコンクリート材料としての基準(JISA5308レディーミクストコンクリート基準)を満たしており、製品のコンクリートについても圧縮強度が十分であること(JISA1108コンクリートの圧縮強度試験方法で評価)が確認され、今後の復旧工事などにおいてコンクリート基礎や防潮堤の芯材に利用可能であることを確認できた。

No.3 バイオコークス化による放射性物質に汚染された有機物の減容・安定化の実証と減容化による輸送効率の向上と安全性及び経済性の検証

実施者：中外炉工業（株）

事業の概要

汚染バイオマス(樹木枝葉・草等)を用いてバイオコークス化(バイオマスを乾燥し加熱圧縮して石炭コークス並みの強度を持つバイオコークスを製造する)による減容化を行い、減容による輸送効率の向上、安全性および経済性を評価する。

実施内容

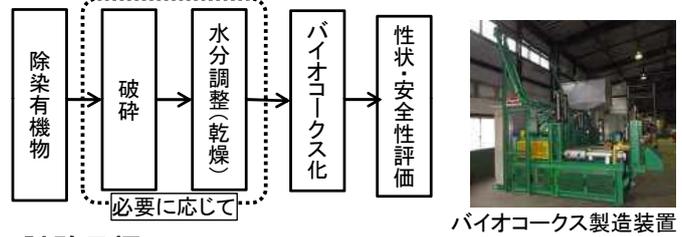
1. 除染物として収集されたバイオマスを原料としてバイオコークスを製造し、製造物の性状評価(密度、強度)を行う。
2. 処理システムの安全性(Csの溶出性)・有効性・経済性(初期投資コスト、設備運転維持コスト)を評価する。

事業の主な実施場所

福島県川俣町

技術概要

1. 試験フロー



2. 試験目標

- (1) 比重1.2以上に成型し、フレキシブルコンテナ解袋前に比べて1/6以下に減容化させる。
- (2) 装置のリース費用、ランニングコスト、人件費を含めて1トン当たり5万円以下で処理する。
- (3) 製造したバイオコークスの性状・安全性評価を行い、安定保管に係る安全性を検証する。

3. 期待される効果

- (1) 減容化による輸送等の効率化
- (2) 発酵、発火、荷くずれ、Csの溶出等の抑制による保管の省力化
- (3) 輸送時等の方が一の事故時の放射性物質の飛散抑制

付録1-3-1

結果

○製造物の性状評価、安全性



減容化物(バイオコークス)
Φ104x75Hの円柱形状

表1 除染収集物の減容化物の物性

	草	枝葉
減容化物平均比重	1.34	1.21
圧縮強度 MPa	19	14

バイオコークス化し強度他の品質を満たす内部基準となる1.2を超える減容化物を得た。

表2 土砂混合原料減容化物の物性

	0 wt%	5 wt%	15wt%	25wt%
土砂混入率	0	5	15	25
製造可否	可	可	可	否
平均比重 ton/m ³	1.20	1.20	1.26	-
圧縮強度 MPa	22.6	23.9	19.9	-
落下強度 SI ₂₅	99.9	99.8	99.7	-

前処理(処理物の選別、破碎、乾燥)後の原料の土砂混入率が15%までであれば強度の優れた成型物の製造が可能である。

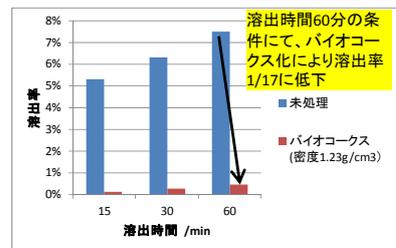


図1 セシウム137の水への溶出性

表3 コスト評価

A. 減容化処理費用(①+②)	万円/ton	7.0
①初期投資コスト	万円/ton	2.3
②設備運転維持コスト	万円/ton	4.7
B. 運搬費用(⑤×⑦)	万円/ton	0.9
③運搬物重量	ton/台	3.0
④運搬フレキシブルコンテナ個数	袋/ton	0.8
⑤4トンダンプ単価	万円/台/日	6
⑥積載フレキシブルコンテナ数	袋/台	5
⑦必要トラック数(④÷⑥)	台/ton	0.15
合計費用(A+B)	万円/ton	7.9

1tonの除染物を処理した場合の試算の結果、処理費用7万円、搬送費用0.9万円となり、処理と運搬を合わせると7.9万円となった。

○処理システムの有効性・経済性

本実証事業で得たデータを基に実機プラントで除染収集物を処理する場合の処理物の重量、体積の変化とコスト評価
除染収集物には土砂等の異物が混入しているため異物を選別除去後に減容化処理する。



処理原料内異物混入率*	25%	乾燥後かさ密度※	0.1
処理原料水分	50%	減容化後かさ密度※	0.7
処理原料かさ密度※	0.2	乾燥後水分	5%
土砂かさ密度※	1.25		

*かさ密度はフレキシブルコンテナに充填時のもの(単位ton/m³) †処理原料内の異物は減容化処理に不適な25%であるため選別工程にて除去し、減容化処理実施する。

処理前1袋(処理前フレキシブルコンテナ)の除染収集物が本システムでの減容化により1/6(0.8袋、処理後フレキシブルコンテナ①、②)になる推計結果となった。

- 1) 除染有機物をバイオコークス化するに当たり土砂混入率の制限、異物がある場合にはその除去が必要であることがわかった。
- 2) 土砂の混入率が15wt%までであれば、強度他の品質を満たす基準となる比重1.2を超える成型物の製造が可能であることを確認した。
- 3) 1)の条件を満たせば本減容化処理によりフレキシブルコンテナ解袋前に比べて1/6以下に減容化が可能になる見通しを得た。
- 4) 減容化した試料と未処理の試料のセシウムの溶出性を測定し、溶出時間が60分の条件にて溶出量が1/17に抑えることができることがわかった。
- 5) 除染収集物を本システムで減容化後中間貯蔵施設へ運搬した場合、図2の条件下で除染物1トン当たり7.9万円の費用がかかることが試算された。
- 6) 前述のとおりバイオコークス化により、処理前に比べて体積は1/6になり、強度とセシウムの不溶性に優れた固形物となるため、より簡便・効率的に運搬・保管が行えると考えられる。
- 7) 上記に加え、バイオコークスは有機物の腐敗や発酵を抑制する効果が既に確認されているほか、成型品は放射性物質の管理を適切に行うことで焼却炉の燃料として活用可能である。そのため、本技術は、仮置場に保管されている除染有機物について、その地域での焼却が困難な場合には、中間貯蔵施設への輸送及び輸送後の焼却を前提とした中間処理として有効と考えられる。

付録1-3-2

No.4 熱分解法による「避難指示区域に残置された魚網等：処理困難廃棄物」の安全な処理方法の実証 実施者：(株)日本プラント建設

事業の概要

放射性物質に汚染され、かつ、鉛等有害物質を含有する漁網や農業用塩化ビニール類を窒素雰囲気下での熱分解反応により減容化し、生成する有害元素を固定化する技術の実証を行う。また、鉛は中間保管施設の遮蔽体等への再利用の可能性を検証する。

実施内容

1. 鉛等有害物質を含有する漁網を熱分解装置で減容・減量し、含有されていた鉛を回収する。
2. 農業用塩化ビニール類を熱分解装置で減容・減量する。
3. 漁網処理回収鉛の物性を評価する。

事業の主な実施場所

福島県浪江町

技術概要

1. 試験フロー



2. 試験目標

- (1) 熱分解処理による漁網から鉛等の回収処理が安全かつ適切に処理できることを検証する。
- (2) 農業用塩化ビニール類等の混合災害廃棄物を熱分解し安全かつ適切に減容できることを実証する。
- (3) 回収した鉛が中間保管施設の遮蔽体等に再利用できる可能性を評価する。

3. 期待される効果

- (1) 漁網や農業用塩化ビニール類の減容による廃棄物量の低減。
- (2) 処理困難廃棄物の安全な処理による環境負荷の低減。

付録1-4-1

結果

1. 漁網から鉛の回収に関する技術の実証結果

	熱処理前				熱処理後				備考
	重量(Kg)	容積(L)	放射能濃度(Bq/Kg)	放射能(Bq)	重量(Kg)	容積(L)	放射能濃度(Bq/Kg)	放射能(Bq)	
1. 魚網(1) 鉛有 太い	8.69	13.03	2,027	17,600	3.12 (鉛3.02)	5.77	410	1,280	有
2. 魚網(2) 鉛無	5.37	8.57	653	3,510	0.07	0.05	24,800	1,740	無
3. 魚網(3) 鉛有 落葉	16.42	34.5	413,000	6,770,000	8.18	12.30	248,000	2,030,000	有
	魚網 10.44		魚網 417				鉛 23,780		
	落葉 5.98		落葉 1,132,000				炭素 941,000		

漁網(1)鉛有 処理前後状況



2. 処理困難廃棄物に関する熱分解処理技術の実証結果

	熱処理前				熱処理後				備考
	重量(Kg)	容積(L)	放射能濃度(Bq/Kg)	放射能(Bq)	重量(Kg)	容積(L)	放射能濃度(Bq/Kg)	放射能(Bq)	
5. 農業用塩化ビニール類	2.78	37.11	2,310	6,420	0.30	0.05	44,600	13,400	99%減容している
6. 災害混合廃棄物	6.20	32.62	394,000	2,440,000	2.26	10.90	3,100,000	7,010,000	木材・竹+ジュース+落葉の混合試料
	木材 2.56		木材 143,000						
	樹脂 1.56		樹脂 6,970						
	落葉 2.08		落葉 990,000						



例) 農業用塩化



3. 回収鉛の放射能濃度

漁網(1) (鉛有)	放射能濃度(Bq/Kg)		漁網(3) (鉛有)	放射能濃度(Bq/Kg)	
	処理前	処理後		処理前	処理後
篩分別			篩分別		
		鉛 52		鉛 23,780	
		炭素 36,000		炭素 941,000	
水洗浄	2,030	鉛 86	水洗浄	413,000	鉛 2,045
		炭素 -		炭素 -	



4. 結果と考察

- 1) 熱分解処理により、鉛含有の漁網から鉛粒を回収できることを確認した。また、繊維分のほとんどは残渣とならず、ガス化したことを確認した。
- 2) 塩化ビニール類の熱処理では、最大約99%の減容化率、約89%の減量化率を確認した。
- 3) 放射能濃度の低い漁網(1)から回収した鉛粒については、乾式の篩分別では、鉛の放射能濃度は52Bq/kgであった。一方、水を用いた洗浄では、鉛の放射能濃度が86Bq/kgとなり、いずれの場合もクリアランスレベル(100Bq/kg)を下回る結果で、再利用の可能性があることを確認した。ただし、漁網(3)+セシウム汚染の落葉試料により放射性セシウムを有する試料から回収した鉛粒については、水洗浄により一定の濃度低下はあったものの、水洗浄のみではクリアランスレベル以下とはならなかった。
- 4) 熱分解装置内の汚染測定、タール液・排気ガスの測定結果では放射性セシウムは検出限界以下であることが確認された。そのため放射性セシウムは気体へ移行していないと考えられる。
- 5) 熱分解処理後の残渣炭化物は微量であり、今回は助燃材等としての再利用の可能性は見出せなかった。また排ガスでも、濃度的に燃料利用等の可能性は見出せなかった。
- 6) 漁網や農業用塩化ビニール類、処理困難廃棄物を安全に処理できる可能性が確認された。

付録1-4-2

事業の概要

放射能汚染された有害捕獲鳥獣及び埋設鳥獣の高熱生物処理技術を実証する。
本技術の効率性、処理物の保管上の安全性、被焼却性等を検証する。

実施内容

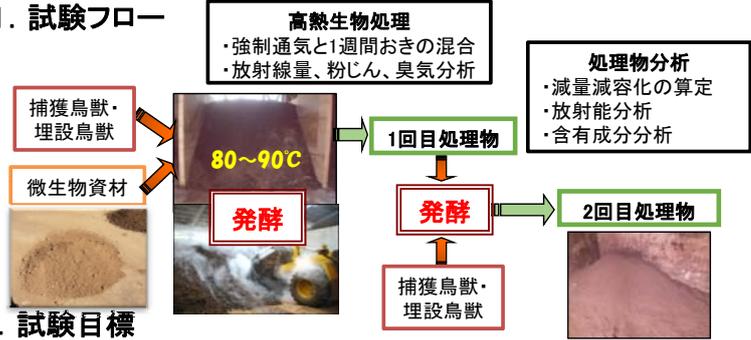
1. 捕獲鳥獣、埋設鳥獣の高熱生物処理を2回の連続処理で行う。
2. 放射性物質の移行状態を検証する。
3. 処理時の環境影響(放射線量、粉じん、臭気等)を評価する。
4. 処理物の微生物資材としての循環利用性を評価する。(含有成分分析、放射性物質の溶出試験、微生物叢の確認等)

事業の主な実施場所

福島県南相馬市

技術概要

1. 試験フロー



2. 試験目標

- (1) 捕獲鳥獣または埋設鳥獣の連続処理が可能であること、処理物の保管上の安全性があること、かつ最終処理(焼却)可能な処理物を得ることを検証する。
 - (2) 処理時の粉じん、臭気および放射線量に対する影響評価を行い、作業時の安全対策マニュアル作成のためのデータを得る
3. 期待される効果
- (1) 鳥獣埋設処理の問題点(埋設地の不足、環境衛生面の悪化)を解決できる。
 - (2) 処理物をフレキシブルコンテナで仮保管することにより、資材費や処理物の保管スペースが少なくて済む。
 - (3) 様々な放射能汚染動物処理への応用が可能となる。

付録1-5-1

結果

表1. 減容・減量効果

試験材料	回数	実証前			実証後			減容・減量効果		
		容積 [m³]	重量 [kg]	乾重量 [kg]	容積 [m³]	重量 [kg]	乾重量 [kg]	減容率 [%]	減量率 [%]	減量率乾 [%]
捕獲鳥獣(a)	1回目	0.85	0.85	0.22						
(a) + 資材		13.20	10.82	7.01	10.95	7.20	5.51	17	33	21
捕獲鳥獣(a)	2回目	0.85	0.86	0.21						
(a) + 資材 ※1		16.22	11.06	7.23	12.54	8.20	6.74	23	26	7
埋設鳥獣(b)	1回目	8.60	11.20	7.53						
(b) + 資材		25.50	25.60	16.93	21.10	17.98	14.62	17	30	14
埋設鳥獣(b)	2回目	8.81	11.45	9.31						
(b) + 資材 ※2		28.44	26.25	18.09	21.12	20.46	16.67	20	22	8

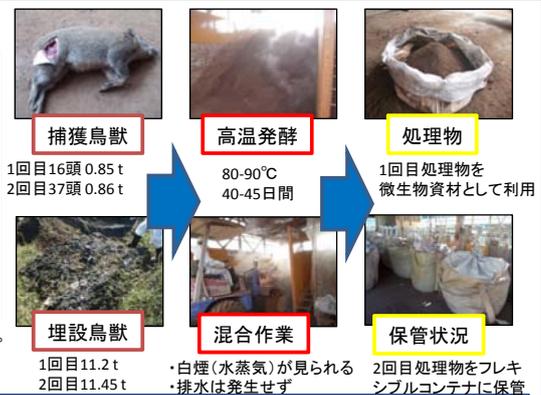
※1 1回目での捕獲鳥獣量が少なかった影響により、容積確保のために微生物資材2tを追加投入した。また、水分調整のため水1tを追加。
※2 1回目処理物17.98tのうち、10.8tを循環利用し、7.18tを余剰分として保管した。また、水分調整のため水4tを追加。

表2. 捕獲鳥獣、埋設鳥獣および処理物中の放射性物質

	投入物 (a)		処理物 (b)		b/a [%]
	[Bq]	[Bq]	[Bq]	[Bq]	
捕獲鳥獣1回目処理物	806,489	828,000			102.7
捕獲鳥獣2回目処理物	1,196,566	1,025,000			85.7
埋設鳥獣1回目処理物	3,032,081	3,092,560			102.0
埋設鳥獣2回目処理物	3,955,721	3,662,340			92.6

表3. 処理物の成分

試験材料	水分	灰分	可燃分	高位発熱量	低位発熱量
	[%]	[%]	[%]	[kJ/kg]	[kJ/kg]
捕獲鳥獣	23.63	44.22	32.15	5,710	4,440
埋設鳥獣	15.87	60.84	23.29	4,930	4,010



【減容・減量効果(表1)】

- 捕獲鳥獣は微生物資材とともに分解され、減量効果を確認した
- 埋設鳥獣では捕獲鳥獣と同等程度の効果が確認できた
- 埋設鳥獣に混在する土壌の影響を長期的循環利用において検証する必要がある

【放射性物質マスマランス(表2)】

- 放射性物質は処理物に残留し、粉じんへの移行は見られなかった
- 処理物濃度は捕獲鳥獣で125 Bq/kg、埋設鳥獣で179 Bq/kgであった

【処理物の特性・安全性】

- 処理物のごみ質分析の結果から焼却可能であることが示された(表3)
- 処理物は低水分で灰分が高く、低位発熱量が約4,000[kJ/kg]であり、火災等の危険性は低い(表3)
- 腐敗鳥獣由来の病原菌(破傷風菌、ボツリヌス菌、豚丹毒菌等)は死滅した

【環境評価】

- 混合作業時の発酵槽の粉じん(最大16.93[mg/m³])等対策を講じる必要あり

- 本技術により、捕獲鳥獣・埋設鳥獣はともに分解されたことを確認できた。
- 処理物は2回の連続処理での温度推移等から、連続処理の資材として利用可能であることが示された。ただし課題として、捕獲鳥獣との混合比率や埋設鳥獣に混入する土壌の影響により処理物発生量が変動することを留意し、長期的な循環利用する際はバランスをとる必要がある。
- 捕獲鳥獣の放射性物質は鳥獣個体ごとに差が見られたが、本技術によって処理物内に安定化されることにより、安全性の高い保管ならびに焼却等の処理も可能であることが示された。

No.6 簡易的破碎方式による現地掘削土を用いた 難透水土壤層の効率的施工技術

実施者：大成建設（株）

事業の概要

中間貯蔵施設造成時に現場で発生する脆弱な破碎性泥岩を、中間貯蔵施設の難透水土壤層に適用するため、実施工を模擬した試験を行い、施工した難透水土壤層の遮水性能、力学特性、施工コスト等の評価を行う。

実施内容

1. 実施工模擬試験及び要求性能実証試験により、実規模レベルで所定の要求性能を満足する難透水土壤層が構築できることを確認
2. 複数実施パターンの中から、最も実用的かつ効率的なベントナイト混合土の製造・施工パターンを選定
3. 既存技術とのコスト比較

事業の主な実施場所

- ・宮城県名取市(実施工模擬試験)
- ・神奈川県横浜市(各種室内試験)

技術概要

1. 試験フロー



実施工模擬試験



簡易破碎：バケツ式破碎機



混合土の製造：移動式ユックプラント



転圧破碎：振動ローラ



要求性能実証試験

2. 試験目標

- (1) 良質な母材を用いた既存技術と同等の施工品質の達成
- (2) 実用的かつ効率的なベントナイト混合土の製造・施工条件の抽出
- (3) 歩掛りの取得とコスト評価

3. 期待される効果

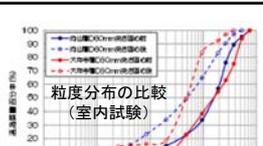
- (1) 実用的かつ効率的な実施工技術の提案
- (2) 既存技術(購入砂とベントナイト10%の混合土想定)に対するコスト削減

付録1-6-1

結果

地質の類似性の確認

本試験に用いた泥岩(向山層)と中間貯蔵サイトの大年寺層について、「地質年代」「物理・化学的特性」「力学性状」の観点から、類似性を検証

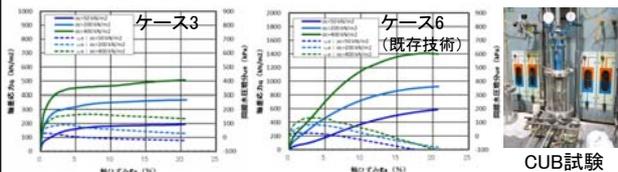


文献調査・室内試験

本技術の中間貯蔵サイトへの適用妥当性を確認した

難透水土壤層の要求性能達成の確認

・泥岩にベントナイトを5%以上配合したケース1~5で透水係数 $10^{-8}m/sec$ 以下を満足した
 ・上記ケースでは残留応力が維持され急激なひずみ軟化は生じず、既存技術と同等の力学特性を有した



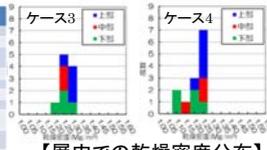
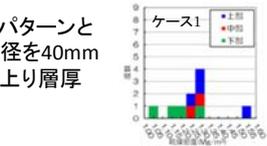
【変形追随性・力学安定性の確認の一例】

実用的かつ効率的なベントナイト混合土の製造・施工パターンの選定

・各項目の総合評価の結果、最適パターンとして、一次破碎後の泥岩の最大粒径を40mm以下、ベントナイト混合率を5%、仕上り層厚を12.5cmとしたケース3を選定した

【各ケースの総合評価結果】

項目	5%		10%		0%	
	12.5	12.5	17	12.5	12.5	12.5
ケース名	3	3	4	5	6	
製造施工	◎	◎	◎	◎	◎	◎
要求性能	◎	◎	◎	◎	◎	◎
歩掛り	◎	◎	◎	◎	◎	◎
総合評価	◎	◎	◎	◎	◎	◎



【層内での乾燥密度分布】

コスト評価

・本技術を土壤貯蔵施設Ⅱ型(Bタイプ)の難透水土壤層及び覆土の構築に適用した場合、既存技術に対する全工事費の削減率は30%となった

適用土量 (千m ³)	破碎性泥岩の再利用率	コスト削減率			合計
		表土剥ぎ取り費	材料費	残土処理費	
1,131	17%	0%	-48%	-16%	-30%

※ベントナイト混合率：既存技術10%、本技術5% ※層厚：難透水土壤層50cm、覆土50cm
 ※材料費：購入砂(¥3,500/m³)、ベントナイト(¥40,000/m³)、破碎性泥岩(簡易破碎費：¥1,150/m³)
 ※土量換算係数を0.9、掘削土量のうち50%が破碎性泥岩、※残土処理費¥1,500/tと仮定し試算
 (実証試験結果より、ベントナイト混合土製造、締固め転圧は既存技術と同等と仮定)

・泥岩(向山層)を母材とした場合、ベントナイト5%以上の混合土で、中間貯蔵施設の土壌貯蔵施設に求められる所定の遮水性(透水係数 $10^{-8}m/sec$ 以下)、変形追随性及び力学安定性(既存技術と同等)を満足した。
 ・泥岩にベントナイトを5%以上混合したケース1~5の方が、泥岩単体のケースGよりも施工中及び施工後の力学安定性、変形追随性の観点から優位であった。中でも最大粒径40mm以下、ベントナイト5%、仕上り層厚12.5cmのケース3が最適パターンであることを確認した。
 ・難透水土壤層等の工事費について、ケース3と既存技術をコスト比較した結果、コスト削減率は合計30%となった。
 なお、使用機械、施工方法、規模等の前提条件が変わる場合には、モデル施工等の実施により同様の評価を実施する必要がある。

付録1-6-2

No.7 福島県内除去土壌等の輸送に係るETC無線認証技術を活用した大量運搬管理システムの実証 実施者： 阪神高速道路株式会社

事業概要

仮置場から中間貯蔵施設までの除去土壌等を輸送する手法として、ETC無線認証技術を活用した運搬管理システムを実証し、有効性を検証する。

実施内容

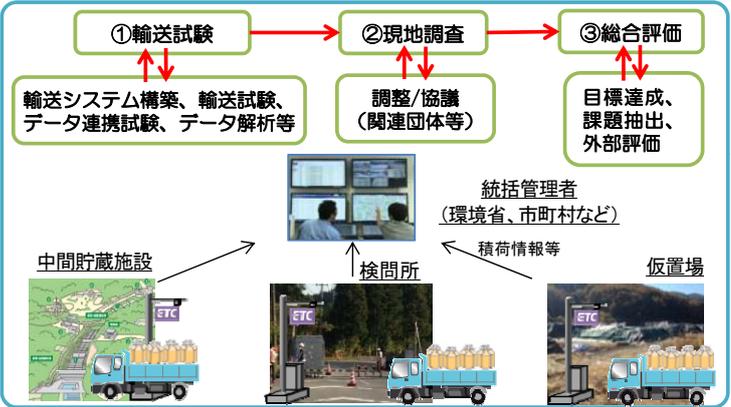
- ETC無線認証を活用した運搬管理システムによる処理・確認時間短縮効果の実証
- 仮置場等の電波環境によるシステムの適用性の検証
- 汎用車両運行管理システムとETCシステム併用による車両運行管理方法の検証

主たる実施場所

大阪府大阪市 福島県内

技術概要

1. 試験フロー



2. 試験目標

- 仮置場での受け渡し確認時間の短縮効果の検証
- 入域管理区域での車両確認時間の短縮効果の検証
- 中間貯蔵施設搬入時の受入確認時間の短縮効果の検証

3. 期待される効果

- 仮置き場、入域管理区域、中間貯蔵施設の入退の効率的な車両管理
- 除去土壌等の輸送システムの本格実施に向けた技術的課題の抽出

付録1-7-1

結果

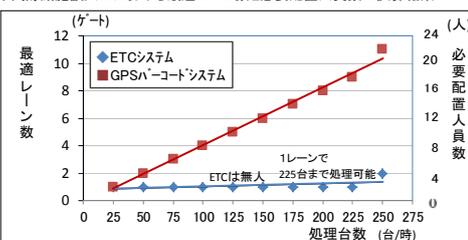
(1) ETC無線認証を活用した運搬管理システムによる処理・確認時間短縮効果の実証

システムの動作に起因するサイクルタイムの比較

(単位:秒) 中間貯蔵施設入口における最適レーン数と必要配置人員数の試算結果

	仮置場			検問所	中間貯蔵施設		
	入口	積込作業場	出口		入口	積込作業場	出口
ETCシステム	2	163	2	6 ^{※1}	2	131	6 ^{※1}
GPSバーコードシステム (ETCシステムを1とした時間比率)	54 (27.9)	576 (3.5)	312 (162.3)	※2	68 (35.3)	432 (3.3)	50 (8.0)

注)表中の数値は、20回の計測データの平均値を示す。
 ※1:検問所及び中間貯蔵施設出口においてはシステムによる認証に加えて監視モニターを用いた顔及び車両の空荷の目視確認を行っている。
 ※2:機能なし



※最適レーン数とは入口での滞留車両を3台未満に必要なレーン数を示す
 必要配置人員数は1レーンあたり2名が必要と設定



(2) 仮置場等の電波環境によるシステムの適用性の検証



(3) 汎用車両運行管理システムとETCシステム併用による車両運行管理方法の検証



○ETCシステムは、フレキシブルコンテナと車両の紐付が可能であり、仮置場、検問所、中間貯蔵施設入口での車両の自動認証ができることを確認し、許可車両情報や搬入物情報の確認時間の短縮ができることを確認した。(輸送の円滑化)

○仮置場、検問所、中間貯蔵施設の入出口での入退域管理者の縮減が可能であることを確認した。

(入退域管理者の縮減とそれによる作業者の被ばくの低減)

○汎用車両システム(GPS)と併用することで、渋滞等交通状況を考慮した運行管理が可能であることを確認した。(安心・安全な運行管理)

※課題:仮置き場や主要道路の一部で通信不能区間の対応。対策として運用面での対応、衛星電話等の活用検討が必要。

□一部課題は残るが、ETCシステムは、福島県内の除去土壌等の大量輸送における、安全・確実で有効なシステムであると考えられる。

付録1-7-2

No.8 中間貯蔵施設におけるフレキシブルコンテナ破袋工程への非接触・高効率・省エネ型ウォータージェットカッターの適用技術実証

実施者：清水建設（株）

事業の概要

中間貯蔵施設において想定される除去土壌等の破袋工程（破袋・内容物排出・草木等の分離）について、ウォータージェットカッターを用いた非接触方式のシステムを構築し、実証する。

実施内容

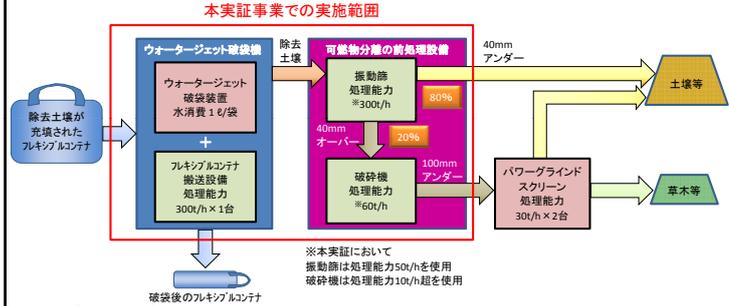
1. ウォータージェット破袋設備に、フレキシブルコンテナの整列、内容物の排出、破袋後の袋材回収を連続的に行うフレキシブルコンテナ搬送設備を組み込みシステム化する。
2. 破袋により排出された除去土壌を振動篩によって草木等の混入が少ない土壌分と多い土壌分に分別し、草木等の多い土壌分は破砕機によって可燃物分別処理が可能な粒径に整える。

事業の主な実施場所

福島県富岡町

技術概要

1. 試験フロー



2. 試験目標

フレキシブルコンテナ搬送設備の組込みによる連続破袋状況を把握し、処理能力300t/hの実現性を確認。また、可燃物分離の前処理設備の導入によって、破袋から草木等の分離処理までのシステム成立性を確認する。

3. 期待される効果

- (1) 非接触かつ高速・連続的な破袋・分別処理による、中間処理施設での運転コストの低減
- (2) 機械化による作業員の被ばく低減と作業の安全性向上

付録1-8-1

結果

① ウォータージェット破袋設備とフレキシブルコンテナ搬送設備を組み合わせたシステム化の実証。



【搬送・破袋システムのイメージ】



- ・連続破袋を実証し、システム化を確認した。
- ・6袋/minの連続破袋を確認し、処理能力300t/hの破袋効率を実現した。
- ・切削水の漏えいがなく、汚染水の発生がないことが確認できた。
- ・6重袋の破袋が可能であることを確認した。



写真-1 6重袋の破袋

② 破袋設備から草木等の分離処理までの全体システムの成立性の確認。

【前処理設備の効果：宅地除染土壌】



宅地除染土壌及び農地除染土壌を使用して、草木等の混入が少ない土壌と多い土壌に篩分けし、多い土壌については、分離処理可能な100mm以下に粒径を整えることができた。

粒径分布	40mm以下	40mm~100mm	100mm以上
宅地除染土壌	94.6	5.4	0.0
農地除染土壌	97.6	2.4	0.0

- ・フレキシブルコンテナ搬送設備とウォータージェット破袋設備を組み合わせることによって、300t/h(毎分6袋)の連続破袋処理が実施できることを確認した。
- ・破袋で使用する切削水は、フレキシブルコンテナ内の土壌中に吸収されるため、切削水による汚染された排水が発生しないことが確認できた。
- ・農地除染土壌、宅地除染土壌を充填したフレキシブルコンテナを破袋し、その土壌を振動篩、破砕機で処理することによって、可燃物分離処理設備で処理可能な100mmアンダーの性状に整えることができ、破袋設備から草木等の分離処理までの全体系へのシステム成立性を確認した。
- ・ウォータージェットノズル制御の高度化や、様々な状態のフレキシブルコンテナ(破損状態、小型土のう袋が詰め込まれている状態など)に対する対応等が実際の中間貯蔵施設で適用する上での課題として挙げられる。

【評価のまとめ】

	項目	評価	備考
①	破袋性能	○	2重・3重・6重・アルミ内袋、ランニング型、クロス型は破袋可能
	破袋効率	○	処理能力300t/hを確認
	切削水発生量	○	使用水量:1.3ℓ/袋 切削水の排水は発生しない
②	破袋・前処理の全体システムの成立性	○	破袋・篩分け・破砕によるシステムを実証
	前処理設備の処理効果	○	破袋処理後の粗粒分100mm以下

【確認された主な課題】

	項目	対策
①	破損状態、小型土のう袋が詰め込まれているフレキシブルコンテナへの対応	フレキシブルコンテナそのものや小型土のうが分離できず土壌に含まれてしまうため、後工程での除去が必要。
	積込バルコンにフレキシブルコンテナを載せる積込機の能力不足	積込機能力 約2.4袋/台・min 3台の積込で対応可能。 6/2.4=2.5(袋/台・min)≒3台
	フレキシブルコンテナを完全に切削できない時の対応	切れ残し時に発生する除去土壌の残留物は、破袋後の工程で別途処理する必要がある。
	フレキシブルコンテナの位置ズレにより、×字型切れ目がずれる。	ウォータージェットノズルの制御を高度化することにより対応可能。(例)フレキシブルコンテナの位置解析等)
	積込時、玉掛作業時の作業員の被ばく対策	積込時は、重機側に遮蔽対策を行うことで対応可能。玉掛作業をシステム化して対応。

付録1-8-2

No.9 作業員を必要としない大型荷下ろし・破袋設備及びフレキシブルコンテナ内腐敗水の浄化技術

実施者：(株)大林組

事業の概要

1. 除去土壤等の迅速かつ安全な荷下ろし・破袋システムを確立するため、作業員を必要としない荷下ろし・破袋技術を実証する。
2. 除去物に含まれる腐敗水を適切に処理のため、腐敗水の浄化技術を実証する。

実施内容

1. フレキシブルコンテナ等をダンプアップにより荷下ろし、移送する専用コンベヤと、連続的に破袋する大型破袋機を試作しその性能を確認する。
2. 仮置きされたフレキシブルコンテナに含まれる有機物・放射性セシウムを含んだ腐敗水を放流可能なレベルに浄化する小型の水処理システムの効果を実証し、評価する。

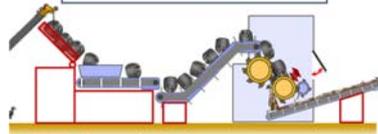
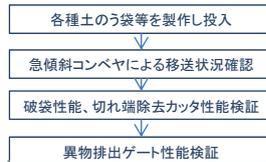
事業の主な実施場所

広島県福山市、福島県本宮市

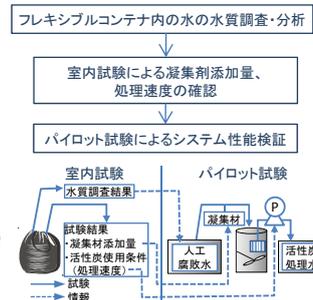
技術概要

1. 試験フロー

(1) 荷下ろし・破袋技術



(2) 腐敗水浄化技術



2. 試験目標

- (1) 大型破袋システム全体の性能の検証と単位時間当たりの処理能力を測定し歩掛を取得する。
- (2) 腐敗水の組成を把握し、小型化した浄化設備により処理水が放流基準を満足することを確認する。

3. 期待される効果

- (1) 作業員を必要としない荷下ろし・破袋により、作業員の削減と被ばく量が低減でき、工事費も削減できる。
- (2) 小型で移動可能な浄化システムにより、仮置場からフレキシブルコンテナを搬出する前に腐敗水を処理し、運搬時及び破袋時等の安全性を確保できる。

付録1-9-1

結果

① 荷下ろし・破袋技術

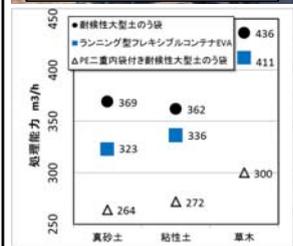
投入→揚重→破袋→排出、並びに破袋片の除去、異物排出を含む全過程を玉掛け等作業員を介する作業無しに完遂できることを確認した。



試作した大型破袋システム



破袋結果例



袋の種類によらず破袋結果は良好であった。



石の破砕例

処理能力は、内容物の種類によって●耐候性大型土のう袋で362~436m³/h、■ランニング型フレキシブルコンテナで323~411m³/hとなった。

400mm程度のガラ、石の多くは破砕された。破砕できないものは異物排出装置により遠隔操作で排出できることが確認された。

② 腐敗水浄化技術

②-1 室内試験

採取したフレキシブルコンテナ内腐敗水の凝集沈殿試験を行った結果、採用した天然由来凝集剤は、一般的な凝集剤であるPAC(ポリ塩化アルミニウム)と高分子凝集剤を使用した従来の処理と同程度の処理能力が得られることを確認した。高分子凝集剤を添加する設備や水槽が不要となり

凝集沈殿試験の結果例

項目	フレキシブルコンテナ内腐敗水	凝集沈殿処理水	
		天然由来凝集剤 400mg/L	PAC 400mg/L
SS (mg/L)	485	52	15
COD _{Mn} (mg/L)	440	130	160
Cs-134 (Bq/L)	4.9	3.9	3.3
Cs-137 (Bq/L)	13	11	12
大腸菌群数 (MPN/100mL)	23	8	17

小型化に有効であると判断された。

②-2 パイロットプラント試験

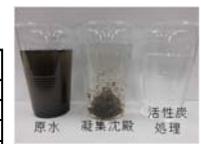
処理量1.5m³/hの簡易な小型パイロットプラントを試作し、模擬腐敗水による連続処理試験を実施した結果、処理水のCOD(有機物濃度の指標)等の放流基準を満たすことを確認した。

パイロット試験の結果例

項目	原水	処理水	放流基準	判定
pH	(-)	7.2	5.8~8.6	○
SS (mg/L)	1,200	<4	60	○
COD _{Mn} (mg/L)	160	6.3	90	○
大腸菌群数 (MPN/100mL)	68,000	49	300,000	○



パイロット試験装置



処理の状況

① 荷下ろし・破袋技術

破袋性能: 袋及び内容物の種類によらず良好な破袋性能を発揮した。

安全性: 投入→揚重→破袋→排出、並びに破袋片の除去、異物排出までの全過程を玉掛け等作業員を介する作業無しに完遂できることを確認した。延べ作業員は玉掛け等を必要とする従来工法と比較して93%削減できる。排出された破袋後の袋と内容物の分離は、次工程で分離装置(トロンメル等)により実施する。

処理速度: 破袋能力は耐候性大型土のう袋で362~436m³/h、ランニング型フレキシブルコンテナ(EVA)において323~411m³/hとなった(内容物の種類により異なる)。コスト: 1,000m³/hで3年間稼働する場合、フレキシブルコンテナ等の荷下ろし等に玉掛け作業を必要とする従来工法と比較して48%~65%程度のコスト低減効果があると試算された。

② 腐敗水浄化技術

2トラック1台で運搬できる簡易で小型のシステムで処理できることを確認した。これにより、狭い場所での作業、分散している各仮置場での水処理と分離汚泥等の現地処理が可能となる。課題としては、実際に発生した腐敗水で連続処理し、CODや放射性セシウムの除去効果を確認する必要がある。但し、使用した天然由来凝集剤は、道路除染の洗浄水処理に実績がある。また、既存の仮設水処理設備で処理した場合と比較して、20%程度のコスト低減効果があると試算された。

付録1-9-2

No.10 除去土壌の濃度選別システムの実証

実施者：アレバ・エヌシー・ジャパン・プロジェクト（株）

事業の概要

実用規模相当の除去土壌の濃度選別システムを用いた土壌選別試験を行い選別精度、処理速度等の性能を確認する。また、濃度選別の前処理として異物除去、土壌のほぐし等をロールスクリーンで行った場合の土壌特性別の処理能力等を把握する。

実施内容

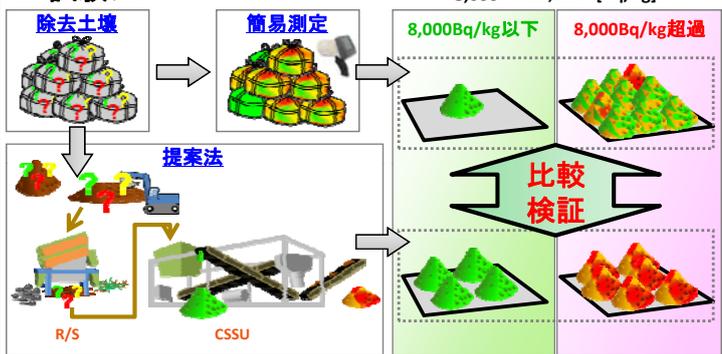
除去土壌フレキシブルコンテナの一時保管場所から、簡易測定による放射能濃度が8,000Bq/kg超過のフレキシブルコンテナを選抜し、濃度毎に3区分する。それぞれの濃度区分の土壌を、ロールスクリーン(R/S)と汚染土壌選別装置(CSSU)を組合せたシステムで選別し、分離できる低濃度土壌の割合を検証する。また、R/Sで異物を除去した結果、土壌が減容化される割合を検証する。

事業の主な実施場所

福島県富岡町

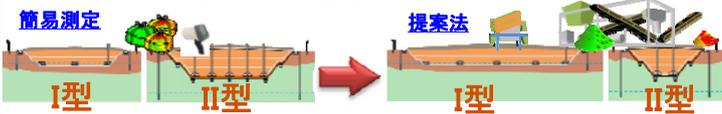
技術概要

1. 試験フロー



2. 試験目標

- (1)濃度選別可能な土壌の前処理条件の確認
 - (2)有機物の除去による減容化率の把握
 - (3)簡易測定で8,000Bq/kg超過に区分される除去土壌から、本システムで8,000Bq/kg以下へ選別される割合
- ### 3. 期待される効果
- 8,000Bq/kg超の土壌を保管するⅡ型貯蔵施設の縮小による全体事業コストの削減



付録1-10-1

結果

(1) 濃度選別可能な土壌の前処理条件・処理能力

R/S(巾幅20mm, 50mm)による異物分別によりCSSUに適用可能な土壌が得られることが確認され、処理能力はR/S(50mm)、CSSUともに、最大約100t/hであることが確認できた。また、CSSUにより8,000Bq/kg以下に選別した土壌の放射能濃度をGe半導体検出器と比較測定した結果、測定値の誤差の平均は7.2%であった(n=19)。

機器・条件	処理速度(t/h)*1		CSSUへの適用性(異物分別)	結果・考察
	含水率13%	含水率16%		
R/S (20mm,傾斜17°)	49	処理不能	含水率13%は適用可	草木根が効率的に軽量物側へ分別された。φ30mm程度の石も効率的に除去できたが、そのうち比較的小径は軽量物側へ分別された。含水率が高い場合、土壌の団粒化により分別が困難であった。
R/S (50mm,傾斜20°)	95	44	適用可	草木根が効率的に軽量物側へ分別された。草木根からの土壌分離がR/S(20mm)より効率的。比較的小径の石も重量物側へ分別された。含水率が高い場合も分別できたが、付着による処理速度の低下が見られた。
CSSU	100	61*2	—	土壌供給時の落下、堆積による圧縮が生じ、土壌のかさ密度が変動し誤差要因となったことから、重量補正の組込みが不可欠であることが分かった。

*1重機投入の待ち時間を除いた実測最大処理速度。

*2改質により処理可能となった。改質なしには土壌の形成が困難で、正しい濃度選別ができなかった。

(2) 有機物の除去による減容化率の把握

実証試験に用いた土壌は中学校のグラウンド表土で草木根の混入が少なく、減容化率は0.3%と低かった。



写真1 R/S(50mm)による異物分別

写真2 R/S(50mm)による異物分別結果(左:土壌,中:軽量物,右:重量物)

(3) 濃度選別試験

簡易測定で1~3μSv/h(11,000~33,000Bq/kg)の除去土壌に適用した場合、8,000Bq/kg以下に選別された割合は37%であった。3μSv/h以上のフレキシブルコンテナからは、8,000Bq/kg以下の土壌が得られなかった。

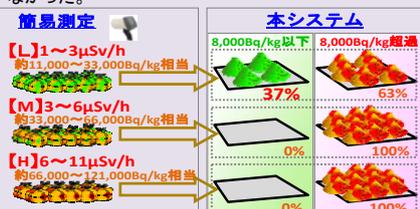
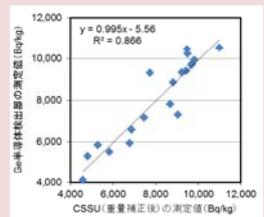


写真3 CSSUによる濃度選別

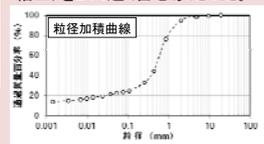
●CSSU選別精度の確認

CSSUで選別した土壌について、Ge半導体検出器による測定値と比較し、精度の確認を行った。下図の通り十分な相関が確認され、決定係数0.86であった。



●使用した土壌の性状

使用した除去土壌(グラウンド表土)は礫まじり細粒分質砂であった。粒径加積曲線から0.075mm以下の細粒分(シルトと粘土)を24%近く含む砂だった。



R/SとCSSUを組合せたシステムの有効性を確認

■実利用に向けた課題

- ・高含水率土壌や粘性土対応のためには、R/S、CSSU共に機械装置の改善が必要である。事前の土壌改質による対応もあるが、改質時の土壌混合による放射能濃度の均一化を招かない方法が必要である。
- ・R/Sについては、スクリーンへの付着土壌除去機構が必要である。
- ・CSSUシステムへの土壌重量補正機構組込みが必須である。
- ・100t/hの処理速度の活用には、除去土壌フレキシブルコンテナの破袋からシステムへの土壌供給までをシームレスに遂行する必要がある。

付録1-10-2