

平成26年度除染技術選定・評価等業務

報告書

—環境省 平成26年度除染技術実証事業—

平成 27 年 1 月

公益財団法人原子力安全技術センター

リサイクル適性の表示：印刷用の紙にリサイクルできます。

この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料〔Aランク〕のみを用いて作製しています。

目次

| | |
|-------------------------------|----|
| 1. 目的 | 1 |
| 2. 業務の概要 | 3 |
| 3. 試験結果及び評価結果 | 6 |
| 3.1 土壌等除染除去物の減容化 | 6 |
| 3.2 汚染廃棄物の処理 | 9 |
| 3.3 除去物の運搬や一時保管・中間貯蔵等関連 | 12 |
| 4. まとめ | 19 |

付録 1 平成 26 年度除染技術実証事業概要書

付録 2 個別試験結果と評価詳細

付録 3 各技術のまとめ

表リスト

表 1-1 環境省 平成 26 年度除染技術実証事業の採択技術

表 2-1 技術助言実績

表 3-1 各技術のまとめ

1. 目的

本業務は、平成 26 年度除染技術実証事業（以下「実証事業」という。）に対する各者からの提案について、中立的・公平かつ除染技術に関して高い知見を有した立場から審査・選定の補助を行うとともに、実施に係る適切な助言を与えつつ、実証事業の結果等の取りまとめを行い、今後の除染や汚染廃棄物の処理、中間貯蔵等の事業に役立てることを目的とする。

具体的には、平成 23 年 11 月 11 日に定められた特別措置法⁽¹⁾及びその基本方針に基づき、今後の除染作業等に活用しうる技術の除染効果、経済性、安全性及び確実性等を評価・公表し、除染現場等で新技術が活用されやすい環境を整備することを目的に、以下の業務を遂行する。

- ① 除染技術実証事業における新技術の発掘として、平成 27 年 1 月から予定されている中間貯蔵施設への除去土壌等の搬入に向けて、除染や汚染廃棄物の処理の加速化が課題であり、そのためにも新技術の発掘と導入が必要である。
- ② 平成 26 年度除染技術実証事業についての基本的な考え方として、平成 23 年度に実施された内閣府の除染技術実証事業及びその後平成 25 年度まで環境省で実施された実証事業等、計 4 回の実証事業の成果を踏まえ、実際の除染現場等の課題やニーズに対応する技術又はさらに効果的な新技術の選定と実証の指導を行う。

この課題解決に必要な実証試験事業は主に以下の要件を満たしているものとする。

- ・ 除染、汚染廃棄物運搬、保管、処理を行う作業現場に実在する課題やニーズに対応する技術であること
 - ・ 実用の除染・汚染廃棄物処理技術として期待できること
 - ・ 他事業において実施中または終了したものでないこと
 - ・ 実証事業の実施場所を確保していること
 - ・ 除染電離則等に準じた放射線被ばく管理が行われること
- ③ 対象技術分野は以下の 5 項目とする。
 - ・ 除染作業効率化技術
 - ・ 土壌等除染除去物減容化技術
 - ・ 放射性物質に汚染された廃棄物の処理技術
 - ・ 除去物の運搬や一時保管、中間貯蔵等関連技術
 - ・ 除染支援等関連技術

これらを踏まえて環境省では、「平成 26 年度除染技術実証事業」を平成 26 年 2 月に公募し⁽²⁾、応募された 64 件の提案について、有識者により構成される評価委員会等において厳正な審査を行い、実証事業の対象案件として表 1-1 に示した 10 件の技術を採択した⁽³⁾。

本報告書は採択された 10 件の事業に対して、試験計画時・試験遂行時・成果の取りまとめ時の助言内容等の業務内容をまとめたものである。

表 1-1 環境省 平成 26 年度除染技術実証事業の採択技術

| 番号 | 事業分野 | 対象 | 実証テーマ名 | 所属機関名 |
|----|-------------------------|----------|---|--------------------------|
| 1 | 土壌等 減容化 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 |

2. 業務の概要

環境省が公募した実証事業に対する各者から応募された 64 件の提案について、公益財団法人原子力安全技術センターは以下の業務を遂行した。

なお、これらの業務は環境省の指導のもと、この分野で経験が豊富な独立行政法人日本原子力研究開発機構の協力・支援を得て実施した。

(1) 実証事業実施者の提案評価・選定の補助

環境省の公募に対する応募案件 64 件について、中立的・公平かつ高い知見を有した立場から審査・選定の補助を行った。また、審査・選定にあたり、環境省が指定した有識者により構成される評価委員会を開催し、その助言を得ながら、10 件の提案を採択した。

(2) 除染技術実証事業者の事業実施に係る助言

i) 試験要領書の作成支援

試験実施前の試験要領書は、試験の目的に沿った試験を確実に実施し、その結果得られるデータの特性を予測して妥当な試験を行うために必要である。

選定された 10 件の事業について、その実施計画・試験要領の策定及び実施にあたり、これまでの専門的知見を有効に活用しながら助言を行った。

また、放射能のデータ取得方法や測定方法、作業員の被ばく管理方法についても事前に十分説明して、試験要領書に反映した。これらの観点から各事業者と試験要領について十分な調整を行った。なお、実施計画・試験要領の策定にあたり、現地条件(試験対象物の入手、試験装置のユーティリティ確保、除去物(二次廃棄物)の保管等)への適合性・汎用性の有無、次項(3)に示す評価項目を適切に検証出来るものであるかを考慮した。

ii) 試験立会

試験の実施時には工場試験あるいは福島県内の現地試験時に立会い、試験の手順が試験要領書どおりとなっているか、また試料の採取方法が妥当であるか等の技術的な助言を行った。

iii) 技術助言の実績

上記 i) 及び ii) で各事業者に対して実施した技術助言の実績を表 2-1「技術助言実績」に示す。助言は、個別ヒアリング、現地立会、中間報告等の事業の節目で実施した。主要な助言の観点は、試験計画の妥当性、プロセスの測定方法、データの評価方法、放射性物質を扱う場合の留意点等である。

また、テレビやプレス取材に対しては、説明資料の作成や対応要領に対して助言すると共に、現地に職員を派遣する等の対応を行った。

(3) 除染技術実証結果の評価

各事業者が整理した試験結果に対して、以下の項目について助言した。

- ・ 効果(性能評価、除染効果、減容率、減量率等)
- ・ 安全性評価(作業員被ばく量等)
- ・ 作業人工、作業速度
- ・ コスト評価
- ・ その他必要な項目(除去物発生量、実用化の課題等)

試験の途中で評価委員を個別に訪問して助言を得るとともに、計2回の評価委員会を開催して評価した。

(4) 成果報告書の作成

本報告書は以下のとおりの構成としている。

- ・ 本文:原子力安全技術センターが実施した業務全体の遂行に関して取りまとめた事項で、上記(1)から(3)項までの業務内容をまとめたもの。
- ・ 付録 1:除染技術の実証事業を受託した各事業の概要(実施内容、結果)を各事業者が関係者の助言を受けてまとめたもので、これで事業の全体概要が把握できる。(別途、Web用概要版として公開予定)
- ・ 付録 2:各事業者が関係者の助言を受けて実施した事業内容の骨子をまとめたもので、これで事業内容の要旨が把握できる。(別途、Web用報告書として公開予定)
- ・ 付録 3:原子力安全技術センターが各事業の評価結果を一覧表にまとめたもの。

表 2-1 技術助言実績

(メール、電話による助言を除く)

| No. | 事業分野 | 対象 | 実証テーマ名 | 所属機関名 | 個別ヒアリング・試験要領 | 試験立会 | 中間報告 | その他 |
|-----|--------------------|----------|---|--------------------------|---|---------------------------|-------------------|---|
| 1 | 土壌等 減容化 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 | 8月27日 | 11月13日 | 11月13日、 11月25日 | |
| 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 | 7月31日、8月13日、 9月11日 | 8月7日、8月20日、 9月3日、9月24日 | 11月10日、 11月20日 | 9月3日NHK取材 9月11日アンケート打合せ 10月7日説明会(浪江) 10月26日説明会(福島) 11月2日説明会(二本松) 12月8日アンケート打合せ |
| 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 | 9月5日、 | 10月22日 | 11月10日 | 10月22日NHK等取材 |
| 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 | 8月12日、8月29日、 9月3日、9月4日、 9月12日、9月24日、 9月30日 | 10月15日、 10月30日 | 11月20日、 11月25日 | 10月30日フジサンケイ取材 |
| 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 | 7月29日 | 8月6日、 11月17日 | 11月25日 | |
| 6 | 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 | 8月7日 | 9月26日 | 11月10日 | |
| 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 | 9月2日、9月25日 | 10月7日 | 11月10日 | |
| 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月16日、 | 11月17日 | 11月25日 | |
| 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 | 9月8日 | 10月21日、 11月5日 | 11月25日 | |
| 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 | 8月21日、9月2日 | 9月17日 | 11月10日 | |

3. 試験結果及び評価結果

実証事業として採択された 10 件の事業の試験結果を以下に示す。各試験は基本的には福島県内において実施されたが、放射性物質を含まない試験については事業者の工場等で実施された。

3.1 土壌等除染除去物の減容化

3.1.1 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

(株式会社石垣)(付録 1-1 及び付録 2-1)

(1) 背景

土壌の分級処理等で発生する細粒土等をろ過脱水する装置としてフィルタープレスが用いられる場合があるが、処理対象土壌に放射能が含まれる場合はろ布交換時の作業員の被ばく低減が課題となる。

このため、ろ布交換を自動化することを目的として、ろ布走行式フィルタープレスを対象にろ布交換作業のロボット化の実証試験を行った。

(2) 技術の概要

ろ布固定式フィルタープレスのケーキ排出はスクレーパ方式が主体で、ケーキが厚いため、ろ過速度が小さくなる傾向にあった。これをろ布走行式にすることでケーキ厚さが薄い場合でもケーキ剥離が可能となり、より大きなろ過速度での運転が可能となる。さらにこのろ布の自動交換が可能となれば、作業員の被ばく低減等が可能となり、安全性の向上につながるため、ロボット技術を開発実証した。

ろ布自動交換用のロボットは、ロボット本体とロボット動作を制御する位置認識システム(Move On Sensing:MOS システム)及び制御盤で構成される。

フィルタープレス本体は 1,500 台以上の製作実績があるろ布走行式フィルタープレスを用いて、ろ布室は 1,000mm 角のものが 10 室から成るものを用いた。

MOS システムはろ布取外し部品の位置を画像認識するもので、2 台のカメラで対象物の三次元立体視を可能とする。

ロボットは多関節ロボットとし、AC サーボモーターで駆動する 6 軸の動作自由度を持つものを採用した。

(3) 試験結果及び評価結果

i) MOS システムの位置認識精度は X、Y 方向で 2mm 以内、Z 方向(奥行き)で 3mm 程度のばらつきがあったが、制御システムとしては有効であった。

ただし、画像認識する場合の照明の種類(光源の波長)により精度に影響を受けるため、予め対策が必要であることが判明した。

また、ロボットのサーボモーター作動時にノイズが発生して位置認識の精度が出ないことがあり、サーボモーターをオフにして位置認識をすることで今回は対応したが今後の改良点で

ある。

- ii) ロボットによるろ布の取外しについては自動動作が可能であることは確認できたが、ろ布の部品(芯金)の把持寸法を長くする等の改善が必要である。
- iii) 作業時間の改良の観点では、人手でろ布交換作業をする場合の作業時間に対して年間約 60%程度の削減効果が得られた。
- iv) コスト評価としては人手作業による年間経費に対して、ロボット化に必要な費用が影響して年間約 8,000 千円増加する試算結果となった。
- v) 本事業の所期の目的であるフィルタープレスのろ布交換作業の自動化が達成され、高線量土壌を含む排水を処理した場合に作業員の被ばく低減を図る手段を確認できた。今後大量の高線量土壌等を集中的に処理する際には、有効な技術と考えられる。

3.1.2 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 (株式会社日立機械)(付録 1-2 及び付録 2-2)

(1) 背景

放射性物質に汚染された土壌は除染により除去され、フレキシブルコンテナに収納されて、それぞれの仮保管場所あるいは仮置場等に保管されている。

これらの除去土壌をそれぞれの現場で移動式装置を用いて洗浄し、低濃度となった洗浄後土壌の再利用の可能性を検討した。

また、洗浄後の土壌の再利用にあたっては、住民の方々の理解が必要となるため、住民の方々に土壌の洗浄試験を見学いただくと共に、再利用に関する住民の意識調査を実施した。

(2) 技術の概要

装置は汚染土壌から 30mm 以上の草木等を除去する「土壌洗浄バックホウと洗浄水タンク」、30mm 以下の土壌をさらに粒径に応じて分級する「湿式分級機」、5mm 以下の土壌を洗浄する「土壌洗浄装置(アースセーバー)」、湿式分級機から排出される洗浄後水をろ過処理する「水処理装置(アクアセーバー)」で構成される。

このアースセーバーによる処理速度は土壌の質にもよるが1時間で2~3トンの処理が可能である。

これらの装置は移動式であり、主要機械は4トン車1台に積載したもとしている。試験場所は福島県内の4か所(加倉運動公園、浪江中学校、浪江東中学校、浪江町個人宅)を移動して、土壌洗浄試験を実施した。

また、住民説明会とアンケート調査は 3 か所(福島市、二本松市、浪江町個人宅)で行った。

(3) 試験結果及び評価結果

i) 空間線量率の土壌洗浄前後での変化に関して、草刈り後の値と、そこから土壌をはぎとり土壌洗浄装置で洗浄後に元の土地に戻した場合で、ある程度の低減効果が得られた。

ii) 土壌除染率・戻し率

砂質土の汚染土壌を洗浄した場合、除染率は約 80%であった。この場合の元の土壌に対して、洗浄後に戻した土壌の土壌戻し率は 80%となった。

なお、土壌の性質により除染率、土壌戻し率が変わる可能性があるので注意を要する。

iii) コスト評価

土壌の性質で異なるが平均 23 万円/t かかることが試算された。

iv) 住民説明会とアンケート結果

福島県内の避難住民を対象に、土壌洗浄装置の運転状況を見学いただくと共に、本事業の説明会及び洗浄後の土壌の再利用に関するアンケートを実施した。その結果、この説明会に参加された方々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、延べ 87 人の方々のアンケート結果では、汚染土壌の洗浄と洗浄後の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。

v) 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では、将来的に、洗浄後の土壌の再利用に関する住民の理解が進むと共に、洗浄後土壌の公共工事などでの再利用の仕組みを整えば、中間貯蔵施設に搬入する土壌量を削減できる可能性を確認できた。

3.1.3 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

(中外炉工業株式会社)(付録 1-3 及び付録 2-3)

(1) 背景

除染に伴い大量の放射性セシウム含有有機物が発生し仮置場に保管されている。これらは嵩比重が小さいため膨大な容積となっており、現地での焼却処理が困難な場合には、中間貯蔵施設への運搬が必要となるが、それまでの保管等で新たな課題の発生が懸念される。

除染に伴い発生する有機物を高比重、高圧縮強度、耐候性を有するバイオコークス化^(注1)することで減容化を行い、減容による輸送の効率化・安定性等を確認するための実証試験を行った。

(2) 技術の概要

バイオコークス化の装置は1ユニット当たり重量1.2トン程度のコンパクトな装置で、汚染樹木、枝、葉を原料押し込み時間が約5分、面圧20MPa(総荷重16トン)の力で圧縮成型・減容化するとともに約200℃で加熱し、高比重、高圧縮強度、耐候性を有するという特徴があるバイオコークスを製造する。

(3) 試験結果及び評価結果

- i) 土砂の混入率が15wt%以下、かつ含水率10～15%程度であれば、落下強度や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り、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以下に減容化できる見通しを得た。
- ii) 減容化した試料と未処理の試料のセシウム¹³⁷の溶出性を測定し、溶出時間が60分の条件にて溶出率を1/17に抑えることができた。
- iii) 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¹³⁷の不溶性に優れる固形物となるため、より簡便・効率的に運搬・保管が行えることが確認できた。
- iv) 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、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。
- v) 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での焼却も可能である。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。

3.2 汚染廃棄物の処理

3.2.1 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)(付録1-4及び付録2-4)

(1) 背景

注1 バイオコークスはバイオマス固形燃料であり、光合成由来の植物性廃棄物から保有するエネルギーの損失が殆どなく製品化され、エネルギー利用と石炭コークス代替として利用が期待できる。

東日本大震災による災害が発生し、海岸に打ち上げられた漁網や農業用ビニールハウスのシート等が回収・保管されている。これらの漁網は津波により被害を受けたものや、放射能で汚染されたものが混在し、さらに鉛を含有しているため、処理できずにそのまま保管あるいは埋設処分されているのが現状である。

本事業ではこの鉛含有漁網を窒素雰囲気下で熱分解して漁網の主成分である有機物を分解し、鉛を分離回収する処理技術の実証試験を行った。

この技術が完成すれば、全国に存在する漁網廃棄物を安全に処理・処分ができ、この分野の課題解決にも役立つものと考えられる。

(2) 技術の概要

本技術は漁網等の被処理物を熱分解炉に投入し、窒素濃度が 99%以上、かつ、温度を約 400℃に加熱して主成分である有機物を約2時間かけて分解・炭化して炭化物とし、共存する鉛等と共に残渣物として回収するものである。

熱分解炉で発生した分解ガスはガス冷却装置で冷却された後に、中和槽でカセイソーダにより中和され、大気に放出される。

漁網等に付着していた放射性セシウムは環元性雰囲気のため気相に移行せず、有機物の分解残渣物とともに、運転終了後に炉外に搬出される。

(3) 試験結果及び評価結果

i) 鉛を含有しない漁網を熱分解処理した結果、処理前の重量 5.37kg に対して処理後は 0.07kg となった。この場合の減重率は 99%であった。

この時の放射能は処理後の炭化物中に濃縮されていた。

ii) 鉛を含有した漁網を熱分解処理した結果、鉛を除く処理前の重量 5.67kg に対して処理後の鉛を除いた重量は 0.1kg となった。この場合の減重率は 98%であった。これにより、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。

iii) 漁網から回収した残渣から水洗浄で鉛と炭化物を分離したところ、鉛粒の放射能濃度はクリアランスレベル(100Bq/kg)を下回る結果となった。ただし、漁網に高濃度のセシウムを負荷した試験の場合は、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。

iv) 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。

v) 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ため、この残渣炭化物の処理方法の確立が今後の課題である。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。

一方、クリアランスレベル以下となった鉛については遮へい体等への再利用の可能性を見出すことができた。

- vi) これらにより、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。今後の課題としては、鉛含有漁網や塩化ビニール等処理困難廃棄物の性状や処理量に応じて、窒素ガス供給速度や供給時間等の最適化が必要となる。また、実際の熱分解処理を計画する場合は、洗浄プロセスの導入の検討が必要となる。さらに、熱分解処理物の取り出し時や鉛回収時の洗浄処理時など、放射能を含有する炭化物による外部被ばくや内部被ばくを低減するための装置や手順の確立が実機適用時は必要となる。
- vii) 漁網は、放射能で汚染されたもののほか、放射能で汚染されていない漁網も全国に発生している。それらについて、この処理技術を適用することにより、埋め立て処分量の低減や鉛の回収・リサイクル等にも貢献する可能性があると考えられる。

3.2.2 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) (付録 1-5 及び付録 2-5)

(1) 背景

福島県では 2013 年度だけで約 6,000 頭の有害鳥獣が県内で捕獲されたが、有害鳥獣の多くは食肉等への利用が厳しく制限されているため、各自治体では焼却や埋設等による処理を余儀なくされている。焼却処理は作業面や技術面、処理コスト面から実施が困難であるため、集中的に埋設処理が実施されているが、埋設場所の逼迫、放射性汚染物質の管理、埋設死体の腐敗による環境汚染リスク等の問題が深刻化している。

これらの状況を踏まえて、鳥獣埋設処理の問題点(埋設地の不足、環境衛生面の悪化)を解決することができる高熱生物処理による減容化の実証試験を行った。

(2) 技術の概要

高熱生物処理は、80-90℃の超高温かつ好気条件下で活発に働き、あらゆる有機性廃棄物を発酵分解する好気性好熱菌群を利用して、衛生的かつ迅速に有機性廃棄物を減容減量化する技術である。

発酵分解過程で分解有機物は微生物のエネルギーに利用され、そのとき熱が激しく発生し発酵温度は 80℃以上となるため分解酵素の活性をさらに高め、最終的に有害鳥獣の体成分は二酸化炭素や水蒸気、アンモニア等の無害もしくは処理可能なガスとして放出される。

(3) 試験結果及び評価結果

- i) 捕獲鳥獣ならびに埋設鳥獣の高熱生物処理を実施した結果、両者はいずれも約 30 日で

分解されることを確認した。

- ii) 2回の繰り返し処理における高温化の達成、好気性好熱菌群の増殖の確認等により、処理物が循環利用可能であることが示された。
- iii) 捕獲鳥獣は微生物資材とともに分解され、2回目の処理でも23%の減容率、26%の減量率を確認した。また、埋設鳥獣でも捕獲鳥獣と同等程度の効果が確認できた。
- iv) 処理物濃度は捕獲鳥獣で125 Bq/kg、埋設鳥獣で179 Bq/kgであったが、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。
- v) 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。低位発熱量が約4,000[kJ/kg]であった。
- vi) 捕獲鳥獣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の変動するので、長期的な循環利用を行う場合はこれらについて最適条件になるようバランスを取る必要がある。
- vii) 捕獲鳥獣や埋設鳥獣が本技術によって衛生的に減容処理され、処理物について焼却等の処理も可能なことが示された。ただし、多くの繰り返し処理を行う場合は放射能の蓄積に留意する必要がある。

3.3 除去物の運搬や一時保管・中間貯蔵等関連

3.3.1 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)(付録 1-6 及び付録 2-6)

(1) 背景

中間貯蔵施設の土壌貯蔵施設を建設する場合膨大な量の現地掘削土が発生する一方、収容した除去土壌等からの汚染物質の外部漏洩を防止する難透水土壤層等の構築にも膨大な良質土質材料の調達が必要となる。

このため、現地で発生する脆弱な破碎性泥岩の破碎性を活かし、簡易な一次破碎と転圧時の破碎効果により母材を改質し、難透水土壤層に転用する実証試験を行った。

(2) 技術の概要

本技術は、脆弱な現地掘削土の破碎性を逆手に取って活用することにより、簡易な一次破碎から転圧破碎により粒度分布を改善し、転圧破碎効果により密な骨格構造を形成し母材そのものを改質することにある。

既存技術では、あらかじめ粒度調整した良質な母材(購入砂)を用いることが多いが、本技

術では、施工プロセスを通じて母材の粒度が自ずと改善されるため、事前に粒度調整する必要がなく、現地掘削土を手間とコストを掛けずに転用することが可能となる。また、少量のベントナイトと混合することにより、空隙の間詰め効果が得られ、高い遮水性、変形追随性、力学安定性が効果的に付与される。

(3) 試験結果及び評価結果

- i) 破砕性泥岩(向山層)はバケット式破砕機を用いた簡易な破砕でも、移動式ユニットプラントを用いたベントナイト混合過程においても破砕され、粒度が改善された。転圧による破砕効果は、一次破砕後の最大粒径が大きいほど、層厚が厚いほど得られにくく、ベントナイト混合率が小さいほど大きいことが確認できた。
- ii) 破砕性泥岩(向山層)を母材とした場合、ベントナイト混合率 5%以上の混合土で、透水係数が $10^{-10} \sim 10^{-11}$ m/sec オーダーを示しており、遮水性の要求性能である透水係数 10^{-8} m/sec 以下を満足する結果が得られた。また、変形追随性及び力学安定性要求性能も満足することが確認できた。
- iii) 難透水土壤層及び覆土の施工に掛かる費用について、上記と既存技術を用いたコストを比較した結果、既存技術に対するコスト削減率は 30%となった。
- iv) この技術を実用化する場合は強度や耐震性等についての検討も必要である。

3.3.2 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)(付録 1-7 及び付録 2-7)

(1) 背景

中間貯蔵施設への除去土壌等輸送については、広範囲にわたる福島県内の各地から大量の除去土壌等を輸送するものであり、輸送に関する情報を一元的に把握し、排出量・輸送ルート等の調整や輸送物の全数管理、輸送車両の運行管理等の統括管理を実施することが必要である。

そのため、福島県内の除去土壌等を一時管理している仮置場から中間貯蔵施設に安全・安心かつ正確に効率よく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、その有効性を検証する実証試験を行った。

(2) 技術の概要

ETC アンテナと ETC 車載器間の認証で車両情報を入手し、排出現場から処分場所までの車両管理を実施する。GPS 位置管理システム(汎用車載端末)と連動させ、定期的に管理者側に現在の走行位置を送信し、走行位置を特定する。

個別容器管理は、輸送物に貼り付けられた QR コードを読み取り、車両情報と ETC モバイルシステムで連動させることにより固体管理を可能とする。

(3) 試験結果及び評価結果

- i) 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を約 25 分から約 5 分^(注2)に短縮ができることが確認できた。
- ii) 仮置場、検問所、中間貯蔵施設の出入口での入退域管理者の縮減が可能であることを確認できた。
- iii) 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できた。
- iv) ETC システムは大量の車両運行管理の実績もあり、実用化された技術で信頼性も高いと考えられる。また、電波が届かない箇所の対応でも今後は通信速度が速くなることでより効率的な輸送管理ができるようになることも期待できる。

3.3.3 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)(付録 1-8 及び付録 2-8)

(1) 背景

福島県内の除染に伴う除去土壌等は最大 2,800 万 m³と推計され、フレキシブルコンテナに充填されている。中間貯蔵施設における処理フローでは、フレキシブルコンテナを破袋して内容物を取り出し、必要に応じて除去土壌から草木等を分離するまでを破袋工程としている。

そこで、中間貯蔵施設における安全で効率の良いフレキシブルコンテナ破袋システムの構築に資するため、ウォータージェット破袋設備にフレキシブルコンテナ搬送設備等を組み込み高速・連続処理する実証試験を行った。

(2) 技術の概要

ウォータージェットカッター^(注3)により非接触でフレキシブルコンテナ底面のみを切開し袋材と分離して内容物を取り出す破袋設備に、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、破袋後取り出した土壌

注2 GPS バーコードシステムでの所要時間は合計 1,492 秒(約 25 分)に対して、ETC システムでは合計 312 秒(約 5 分)であった。

注3 ウォータージェットカッターとはノズル(径 0.36mm)から高圧水(240MPa)を噴射して被処理物を切断するもの。

について振動篩による篩い分け設備並びに破砕機を組込み、破袋から草木等の分離処理までシステム化した。

(3) 試験結果及び評価結果

- i) 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、当初想定した 300t/h(毎分 6 袋)の連続破袋処理が実施できることが確認された。
- ii) 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かった。
- iii) 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が確認された。
- iv) 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間蔵施設で適用する上での課題として挙げられる。

3.3.4 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)(付録 1-9 及び付録 2-9)

(1) 作業員を必要としない大型荷下ろし・破袋設備

i) 背景

福島県内の除染に伴う除去土壌等は最大 2,800 万 m³と推計され、フレキシブルコンテナに充填されている。中間貯蔵施設における処理フローでは、フレキシブルコンテナを破袋して内容物を取り出し、必要に応じて除去土壌から草木等を分離するまでを破袋工程としている。

そこで、玉掛け・クレーン作業を排した作業員を必要としない大型荷下ろし・破袋設備を試作しその性能を検証する実証試験を行った。

ii) 技術の概要

ダンプトラック等に積載されたフレキシブルコンテナまたは大型土のう袋等をエプロンフィーダにダンプアップし、栈付き急傾斜コンベヤを介して破袋機投入部まで揚重し、自動的、連続的に破袋機に投入、破袋する。

また付帯設備として、大型破袋機の刃に巻き付く破袋後のフレキシブルコンテナの切れ端や紐部などを取り除く切れ端除去カッタ、及び相対して回転している大型破袋機の刃により破砕できず噛み込むような異物が混入された際に、排出することができる機構、異物排

出ゲートを装備した。

iii) 試験結果及び評価結果

- ① 大型破袋システムにより投入から揚重、破袋及び排出並びに破袋片の除去及び異物排出までの全過程を、玉掛け等作業員を介する作業なしに完遂できることを確認した。
- ② 大型破袋システムの破袋能力は、耐候性大型土のう袋(3年対応)においておよそ 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、ポリエチレン二重内袋付き耐候性大型土のう袋において 264～300m³/h となった。
- ③ 異物として想定した最大 400mm 程度のコンクリガラ・石はほぼ破碎することが可能であった。破碎することができなかった岩や鋼材は異物排出機構により別ルートに排出され、排出にかかる時間は 1 回当たり 2 分であった。

(2) フレキシブルコンテナ内腐敗水の浄化技術

i) 背景

仮置場で長期保管されている間にフレキシブルコンテナの一部には雨水や融雪水が浸透し、水が溜まっているものがあり、土砂、草木等の有機物を含む場合、フレキシブルコンテナ内部で腐敗し、水質が悪化しているため特別措置法の基準を満たした水質に処理してから下水道または公共用水域へ放流する必要がある。

そのため、仮置場で処理可能な簡易かつ小規模な水処理設備について実証試験を行った。

ii) 技術の概要

フレキシブルコンテナ内腐敗水を手し、室内試験において凝集沈殿試験を実施し、COD(化学的酸素要求量:有機物の一指標)、放射性セシウム等の除去効果を確認する。凝集沈殿した処理水は、活性炭によるカラム吸着試験を実施し、残留する COD の除去効果を確認する。

続いて、室内試験のデータをもとに車載可能な小型の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、処理効果を確認する。なお、凝集剤は、1 種類の薬剤のみで凝集沈殿が可能となる天然由来凝集剤(商品名:パインスブロック)を使用する。比較する凝集剤としては、濁水処理等で一般的に使用されている PAC(ポリ塩化アルミニウム)とし、高分子凝集剤を併用した。

仮置場で処理可能な簡易かつ小規模な水処理設備とするため、凝集剤は、高分子凝集剤等の助剤が不要であり pH にほとんど影響しない天然由来系凝集剤を使用した。

iii) 試験結果及び評価結果

① 放射能濃度の低減効果

試験に使用した天然由来系凝集剤(バイノスブロック)は一般的な凝集剤である PAC と効果は同程度であることを確認した。小型化を図った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、処理水は放流基準を満たすことを確認した。

② COD の除去効果

パイロットプラントによる模擬腐敗水(COD:160mg/L)の連続処理試験では、放流基準(90mg/L 以下)を満たせることを確認した。

③ 大腸菌の除去効果

パイロットプラント試験では、模処理水は 99%除去されていることを確認した。

④ 減容・減量化の効果

フレキシブルコンテナ内腐敗水量 40m³を処理すると仮定した場合、発生する沈殿汚泥量は、バイノスブロックでは 17.4kg-dry、一般的に使用されている PAC では 18.8kg-dry と約 7%削減、活性炭量は、バイノスブロックでは 186kg-dry、PAC では 229kg-dry と約 19%削減される試算結果となった。

⑤ 課題としては、明確な評価をするためにも放射性セシウム濃度が高いフレキシブルコンテナ内腐敗水による実証が必要である。

3.3.5 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 1-10 及び付録 2-10)

(1)背景

中間貯蔵施設の基本計画では、除去土壌の放射性セシウム濃度(以下、放射能濃度)により、土壌貯蔵施設を I 型と II 型に分ける計画となっており、全体貯蔵量の約半分を占めると想定されている 8,000Bq/kg を超える土壌は II 型への貯蔵が計画されている。II 型は I 型と比較して建設費、管理費とも割高となることが予想されるため、II 型への貯蔵量削減が望まれている。そのため、汚染土壌選別装置により約 40L 単位で放射能濃度を測定し、8,000Bq/kg で放射能濃度選別を行う実証試験を行った。

(2)技術の概要

8,000Bq/kg 超に区分されるフレキシブルコンテナを対象に、除去土壌に混じった草木の根や大きい石などの異物を分別し、土塊をほぐす装置(ふるい装置の一種であるロールスクリーン)で前処理を行う。その後、汚染土壌選別装置により約 40L 単位で放射能濃度選別を行った。

汚染土壌選別装置はベルトコンベアを主体に、土壌投入部、放射線検出部及び土壌選別部で構成され、放射線検出部には容積 25L の大型プラスチックシンチレータを 2 台備えることにより、ベルトコンベア上の土壌汚染とベルトコンベア自体の汚染、あるいはバックグラウン

ド放射線を切り分けて計測した。

(3) 試験結果及び評価結果

- i) ロールスクリーン(目幅 20mm, 50mm)による異物分別試験の結果、土壤の含水率が 16%と高い場合は目幅 20mm では土壤の団粒化により分別が困難であった。目幅 50mm の場合は汚染土壤選別装置に適用可能な分別が出来ることが確認され、処理能力はロールスクリーン(50mm)、汚染土壤選別装置ともに、最大約 100t/h であることが確認できた。また、汚染土壤選別装置により 8,000Bq/kg 以下に選別した土壤の放射能濃度を 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)。
- ii) 選別濃度 8,000Bq/kg に対し、誤差を考慮した選別しきい値 7,100Bq/kg で選別した結果、濃度区分 L(1~3 μ Sv/h、11,000~33,000Bq/kg)の除去土壤から約 37%(重量補正後)が低濃度側(8,000Bq/kg 以下)に選別された。
- iii) ロールスクリーンについては含水率の増加により処理能力が低下することが試験の結果で判明したので、今後、求められる処理能力や土壤性状に応じて適切な条件を設定する必要がある。汚染土壤選別装置システム(CSSU)ではベルトスケールで測定した土壤重量をリアルタイムで放射能濃度計算に反映する土壤重量補正機構の組み込みが必要である。

4. まとめ

環境省の「平成26年度除染技術実証事業」に対して応募された64件の提案について、有識者により構成される評価委員会等において厳正な審査を行い、実証事業の対象案件として10件の技術が採択された。

この採択された10件の事業に対して、環境省殿及び独立行政法人原子力研究開発機構殿の指導と支援を受け、各事業者に対して試験計画書作成時の助言、試験遂行時の助言と立会、成果報告書等作成時の助言等を実施した。

この実証事業では以下の3種類の事業分野に分類された技術を実証した。

- ・ 土壌等除染除去物の減容化
- ・ 汚染廃棄物の処理
- ・ 除去物の運搬や一時保管・中間貯蔵等関連

各技術の実証内容を以下に示す。

① 土壌等除染除去物の減容化

- ・ 泥水を対象としたフィルタープレスのろ布自動交換(ロボット化)が可能である。
- ・ 土壌の水洗浄により放射能濃度を下げ、再利用の可能性がある。
- ・ 汚染された有機物をバイオコークス化により減容して取扱性の向上を図る。

② 汚染廃棄物の処理

- ・ 放射能で汚染された鉛含有漁網を安全に処理して鉛を分離回収する。
- ・ イノシン等の有害鳥獣を高熱微生物処理により安全に減容化処理が可能である。

③ 除去物の運搬や一時保管・中間貯蔵等関連

- ・ 中間貯蔵施設の施工時に現地掘削土を用いて難透水性土壌に改良が可能である。
- ・ 除去土壌等の運搬にETC無線認証技術の活用が可能である。
- ・ フレキシブルコンテナの破袋にウォータージェットカッターの適用が可能である。
- ・ 作業員を必要としない大型荷下ろし、破袋設備の成立性確認とフレキシブルコンテナ内腐敗水の浄化技術を実証する。
- ・ 簡易測定された除去土壌を精度よく濃度選別するシステムを確認する。

なお、今回の実証事業を通して得られた成果を、用途や対象物に応じて単独としての利用のみならず、総合的かつ有効的なシステムとして組み合わせて利用していく等の検討が重要であると考えられる。

これらの成果を報告書としてまとめると共に、その技術概要は環境省のホームページで公開可能なようにWeb概要書及び報告書として作成した。

以上

参考文献

- 1) 平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H23/H23HO110.html>
- 2) 「平成26年度除染技術実証事業」の対象技術の募集及び「平成25年度除染技術実証事業」の評価結果について(お知らせ)
<http://www.env.go.jp/press/17787.html>
- 3) 「平成26年度除染技術実証事業」の対象技術の選定結果について
<http://www.env.go.jp/press/18340.html>