

平成 30 年度
除去土壌等の減容等技術実証事業

報告書

平成 31 年 3 月

中間貯蔵・環境安全事業株式会社

平成 30 年度
除去土壌等の減容等技術実証事業

報告書

平成 31 年 3 月

中間貯蔵・環境安全事業株式会社

リサイクル適正の表示：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. 実証事業の目的と概要	1
(1) 目的	1
(2) 実証試験の要件	1
(3) 対象事業分野	2
2. 業務の概要	5
(1) 技術提案書の公募・受付	5
(2) 技術提案書の審査・選定・採択結果の公表	5
(3) 採択者との契約締結・技術的助言等	5
(4) 技術実証結果の評価	5
(5) 技術報告書等の作成	6
3. 採択技術	7
4. まとめと実装に向けた課題	8
(1) 採択事業者に対する技術的助言実績	8
(2) 個別事業の評価	9
(3) 実装に向けた課題	12

付録1 平成30年度除去土壌等の減容等技術実証事業 Web用概要書

付録2 個別試験結果と評価詳細 Web用報告書

付録3 各技術のまとめ

1. 実証事業の目的と概要

(1) 目的

平成23年3月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由来する放射性物質による環境の汚染に対応するため、「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」が施行された。本法に基づき、国及び地方自治体等は、除染及び汚染された廃棄物の処理等を講じるとともに、国は、除染や汚染廃棄物の処理、除染により生じた除去土壌等の減容化等に関する技術開発を推進することとされた。

また、福島県内において生じた除去土壌等については、今後、中間貯蔵施設に輸送され、その最終処分については、「福島復興再生基本方針」(平成24年7月13日閣議決定)等において、「中間貯蔵開始後30年以内に、福島県外で最終処分を完了するために必要な措置を講ずる」旨が明らかにされている。

これを更に明確化すべく、平成26年11月に成立した「日本環境安全事業株式会社法の一部を改正する法律」には、その内容が明記され、日本環境安全事業株式会社の社名が「中間貯蔵・環境安全事業株式会社(JESCO)」に変更されるとともに、その業務に、国等の委託を受けて中間貯蔵やこれに関する調査研究・技術開発を行う事業が追加されている。

本事業では、今後の除染や汚染廃棄物の処理及び中間貯蔵開始後30年以内の最終処分を見据えた除去土壌等の減容・再生利用等に活用し得る技術について実証試験を行い、その効果、経済性、効率性等について評価・広報することにより、効果的・効率的な除染を実施し、除去土壌等の減容・再生利用等の促進に資することを目的とする。

(2) 実証試験の要件

本事業は、その目的に照らし、以下の要件を満たしている実証試験であって、外部有識者による審査を経たものを対象とする。

- ①除染や汚染廃棄物の処理、除去土壌等の運搬・保管、中間貯蔵、減容・再生利用等を行う作業現場において、具体的な課題が存在し、又は今後想定され、それに応える技術提案であること。
- ②自ら又は第三者により、同じ原理や手法による本事業での実証試験が行われていないこと。
- ③施設内等で行い得るような規模の実証試験を想定するが、除染や汚染廃棄物の処理又は除去土壌等の運搬・保管、中間貯蔵、減容・再生利用技術としての活用が期待できること。なお、この場合の減容・再生利用技術としての活用には、基盤技術の開発を今後10年程度で完了するものを含む。
- ④国等が行う他事業において実施中又は終了したものではないこと（科学研究費助成事業（いわゆる「科研費」）を含む）。
- ⑤既に原理が解明されていること。
- ⑥同分野の一般的な方法との比較検討が行われるものであること。

- ⑦実証事業の主たる実施場所を確保していること。
- ⑧実証の実施又はその成果の活用が新たな環境負荷の増大につながらないこと。
- ⑨単に既製の設備備品の購入や試験設備製作を目的とするものではないこと。
- ⑩他の経費で措置されるのがふさわしい設備備品等の調達に必要な経費を、本事業により賄うことを想定しているものではないこと。
- ⑪除染電離則又は除染電離則ガイドラインに準じた放射線被ばく管理が行われていること。
- ⑫除去土壌等の中間貯蔵施設への運搬、中間貯蔵施設事業、除去土壌等の最終処分や再生利用、除染や汚染廃棄物の処理等の事業に対する理解醸成のための手法の実証的検証も含む。

(3) 対象事業分野

①除去土壌等の減容・再生利用等技術

福島県内の除染により生じた除去土壌等の最終処分については、中間貯蔵開始後30年以内に、福島県外で完了するために必要な措置を講ずるとされており、最終処分の量を可能な限り低減するため、除去土壌等の減容、再生利用等の技術開発が必要となっている。

除去土壌についてはこれまでに、分級処理、化学処理、熱処理等の減容化に資する技術の実証を行い、焼却灰については洗浄処理（吸着材によるセシウム吸着等の減容化）や熔融等の熱処理による固化・不溶出化に資する技術の実証を行い、その技術的な効果・有効性は確認されてきている（「中間貯蔵除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略検討会」を参照）。

今後の課題は、30年先の最終処分を見据え、更に効果的・効率的な減容・再生利用等に資する技術の探索に加え、これらの処理を施した土壌や焼却灰の建設資材等への再生利用とそのための関係者・関係機関の理解の醸成が必要となる。

(ア) 減容技術

減容技術はこれまでに、分級処理、化学処理、熱処理等の実証を行ってきたが、分級処理では粘土分の割合が高いものについては効果的な処理が難しいこと、化学処理では薬剤の残留等環境面への対処が必要なこと、熱処理では相当量の反応促進剤が必要なこと、また、全ての技術について更なる処理コストの低減や減容処理で発生する濃縮物等の削減が必要である。

このため、高濃度の除去土壌等や減容処理後の濃縮物等に対する減容処理技術の開発及び改善、環境対応に資する技術を対象とする。

また、減容処理の効率化等に資する付帯技術（前処理（異物除去等）、水処理（洗浄水、吸着剤、脱水等）、加熱方法（熔融・焼成等）、溶媒・反応促進剤、等）も対象とする。

この他、これまでに本事業で実証が行われていない新たな原理・手法を用いて、更に効果的・効率的に減容処理を行う技術も対象とする。

(イ) 再生利用等技術

減容処理を進めていくためには、除去土壌、不燃物や焼却灰の減容処理で得られた浄化物を、再生資材や二次製品原料等（以下、再生利用品という。）として利用することが必要である。このため、二次製品化技術や再生利用品の粒度調整等の品質確保、均質化に向けた品質管理、添加物による品質調整、品質改良によるセシウム溶出特性の確認等に資する技術を対象とする。

また、これまでに実証された技術等を用いて、自治体や住民等の再生利用に係る関係者・関係機関等と連携し、再生利用の用途開拓、施工技術や要求品質の検証等までを含めた一連のプロセスの実証や理解醸成のための手法の実証的検証も対象とする。

(ウ) 減容処理後の濃縮物等の放射線管理に資する技術

中間貯蔵施設に一時保管された除去土壌等は減容処理を行い、浄化物は再生利用品として再生利用することが検討され、減容処理により生じた濃縮物等は中間貯蔵施設や最終処分場で管理することとなる。

このため、濃縮物等の管理を安全に行うための管理技術、放射線の封じ込め等に資する技術を対象とする。

②除去土壌等の輸送や中間貯蔵等の関連技術

中間貯蔵施設については、今後さらに、施設整備と除去土壌等の輸送が進められる予定であり、除去土壌等の輸送や中間貯蔵施設の施工、維持管理の安全性、確実性、効率性等を向上させるための技術を対象とする。

(ア) 除去土壌等の輸送技術

中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送の効率化等に資する技術を対象とする。

なお、技術提案に当たっては、仮置場から中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送については「中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送に係る検討会」や、関係機関からなる輸送連絡調整会議での地元からの意見を踏まえて「輸送基本計画（平成26年11月）」及び「輸送実施計画（平成28年3月策定、平成30年12月更新）」がとりまとめられていることから、これらの内容を踏まえた上で、その必要性、適用箇所、有効性等を示すこと。

(イ) 中間貯蔵・除染・廃棄物処理技術

中間貯蔵施設の受入分別、土壌貯蔵施設等については、順次整備を進めているが、施設の施工、維持管理の安全性、確実性、効率性を向上させるための技術を対象とする。放射能濃度を効果的・効率的に低減させる技術、作業の効率化や作業者の負担軽減に資する技術、除去土壌等の発生抑制等に資する技術等も対象とする。

また、単純な焼却が困難な処理困難物や放射能濃度が高いことを理由に保管等を余儀なくされている不燃混合物等も存在しているため、これらを環境上適正に処理（減容・再生利用等を含む）する技術も対象とする。

この他、中間貯蔵施設における保管方法についても対象とする。技術提案に当たっては「除去土壌等の中間貯蔵施設の案について（平成26年5月）」において具体的な構造・方法が示されていることから、これらの内容を踏まえた上で、その必要性、適用箇所、有効性を示すこと。

③中間貯蔵施設事業等に対する理解醸成

除去土壌等の中間貯蔵施設への運搬、中間貯蔵事業等、除去土壌等の最終処分や再生利用（以下、「中間貯蔵施設事業等」という。）及び除染や汚染廃棄物の処理等に対し、地域の方々をはじめとする様々な主体とのコミュニケーションを図り、中間貯蔵施設事業等に対する懸念や不安等に対し適切に対応することが重要であり、中間貯蔵施設事業等に対する理解醸成を図るための手法等について実証的検証を行う。

2. 業務の概要

今後の中間貯蔵施設事業や除去土壌等の減容等に活用しうる技術の効果、経済性、安全性等を評価し、成果を実際の事業に実装することを目的として、以下の業務を行った。

(1) 技術提案書の公募・受付

除去土壌等の減容等技術実証に係る技術提案について平成30年2月19日から3月30日まで公募を行った。公募した技術分野は下記のとおりである。

①除去土壌等の減容・再生利用等技術

(ア) 減容技術

(イ) 再生利用等技術

(ウ) 減容処理後の濃縮物等の放射線管理に資する技術

②除去土壌等の輸送や中間貯蔵等の関連技術

(ア) 除去土壌等の輸送技術

(イ) 中間貯蔵・除染・廃棄物処理技術

③中間貯蔵施設事業等に対する理解醸成

(2) 技術提案書の審査・選定・採択結果の公表

応募された15件の技術提案について、中立的・公平かつ専門的知見を有した立場から審査・選定を行い、採択結果の公表を行った。

特に審査・選定の基準として、有効性が科学的知見からも証明出来るか、現地条件（対象規模、ライフライン状況、作業状況）への適合性・汎用性があるか、費用対効果に優れているか等を考慮した。その、審査・選定においては、外部有識者（6名）から構成される委員会を開催し、5件の実証対象技術を選定していただいたうえで対象事業を決定した。

(3) 採択者との契約書締結・技術的助言等

採択した提案書について、その申請者（以下「事業者」という。）と実施計画を策定した。また、策定した実施計画を基に事業者から提出された見積書の金額が予定価格の範囲内であればその金額をもって契約金額とし、契約書を締結した。

実施計画策定への助言に当たっては、現地条件（対象規模、ライフライン状況、作業状況）への適合性・汎用性があるか、次項（4）に示す評価項目を適切に調査・検証した。

事業の実施に当たっては高い専門的知見を有した立場から検証・助言を行うとともに、現地調査として環境省監督職員と事業実施場所へ同行し、採択した事業の実利用に向けた課題抽出及びその対策の検討を行った。

(4) 技術実証結果の評価

実証事業の終了後、事業者に成果報告書を提出させるとともに、取りまとめた結果をもとに、下記の項目について既存技術などと比較検証し、評価を取りまとめた。

・効果（減容率 等）

- ・コスト（単位面積当たりのコスト、単体量当たりのコスト 等）
- ・作業人工、作業速度 等
- ・安全性評価（作業に伴う被ばく量評価 等）
- ・その他必要と認められる項目

評価に当たっては、上記（２）の委員会の外部有識者への個別ヒアリングを実施するとともに、（２）の外部有識者からなる委員会を開催し、その助言を得ながら行った。

（５）技術報告書等の作成

技術実証事業について、上記（４）で評価を行った結果を取りまとめるとともに、過去の技術実証事業の成果等を踏まえ、技術報告書の作成を行った。なお、（４）に掲げる項目のほか、実証事業の実用化にあたっての課題の抽出及びその他の課題の抽出についても検討の上、報告書に記載した。

なお、本報告書は、以下の構成としている。

- ①本文：JESCO 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）～（４）項までの業務内容をまとめたもの。
- ②付録１：除去土壌等の減容等技術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得てまとめたもので、これで事業の全体概要が把握できる。
（別途、「Web 用概要書」として JESCO ホームページで公表）
- ③付録２：各事業者が関係者の助言を得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 JESCO ホームページで公表）
- ④付録３：JESCO が各事業の評価結果を一覧表にまとめたもの。

3. 採択技術

以下に採択した5件の事業の一覧を示す。

表1 平成30年度除去土壌等の減容等技術実証事業の採択技術

No.	事業分野	対象	実証テーマ名	所属機関名
1	除去土壌等の減容・再生利用等技術	減容技術	粘土質を大量に含んだ汚染土壌の減容化技術の実証	早稲田大学
2		再生利用等技術	熱処理エネルギー縮減のための分級処理濃縮物のブリケット化	りんかい日産建設株式会社
3	除去土壌等の輸送や中間貯蔵等の関連技術	除去土壌等の輸送技術	中間貯蔵施設事業の輸送路における安全対策のための路面下空洞調査の実施	アジア航測株式会社
4	中間貯蔵施設事業等に対する理解醸成	—	次世代を担う人材への除去土壌等の管理・減容化・再生利用等の理解醸成	公益財団法人 原子力安全研究協会
5			除去土壌の再生利用等に関わる理解醸成のための課題解決型アプローチの実践	福島工業高等 専門学校

4. まとめと実装に向けた課題

(1) 採択事業者に対する技術的助言実績

採択された5事業者に対して、環境省の支援を受け、各事業者に対して業務計画書作成時、試験遂行時、現地立会い時、成果報告書作成時等に助言等を実施した。技術的助言を行った実績を表2に示す。

これらの成果を報告書としてまとめるとともに、その技術概要はJESCOのホームページで公開する「Web用概要書(付録1)」及び「Web用報告書(付録2)」として作成した。

表2 平成30年度除去土壌等の減容等技術実証事業の技術的助言実績

No	事業分野	対象	実証テーマ名	所属機関名	打合せ日 ¹⁾			現地調査
1	除去土壌等の減容・再生利用等技術	減容技術	粘土質を大量に含んだ汚染土壌の減容化技術の実証	早稲田大学	5/29 6/27 7/4	8/21 10/1 11/20	12/12 1/15 1/28	7/13 10/23 11/2
		再生利用等技術	熱処理エネルギー削減のための分級処理濃縮物のブリケット化	りんかい日産建設株式会社	5/28 6/5 6/25	7/2 11/12 12/5	12/20 1/15 1/25	9/21 10/24
3	除去土壌等の輸送や中間貯蔵等の関連技術	除去土壌等の輸送技術	中間貯蔵施設事業の輸送路における安全対策のための路面下空洞調査の実施	アジア航測株式会社	5/29 6/27 7/5	8/2 8/30 11/19	12/6 12/19 1/15	7/23 9/19 10/18
4	中間貯蔵施設事業等に対する理解醸成	—	次世代を担う人材への除去土壌等の管理・減容化・再生利用等の理解醸成	公益財団法人原子力安全研究協会	5/28 6/27 7/23	8/29 11/13	1/25	10/13 11/10 11/18-20 12/19 1/8
5			除去土壌の再生利用等に関わる理解醸成のための課題解決型アプローチの実践	福島工業高等専門学校	5/28 6/25 7/24	8/21 9/25 11/6	12/5 1/17	8/8 9/4 9/20 10/15・16 12/8

1) 打合せ内容: 実施計画の策定、実証試験の進捗状況確認、現地確認の事前打合せ、報告書の作成、等(メール、電話による助言除く)

(2) 個別事業の評価

採択された5事業について外部有識者から構成する委員会による評価を下記に示す。

①粘土質を大量に含んだ汚染土壌の減容化技術の実証

(早稲田大学)

- ・サイクロンの下部から回収された洗浄土の放射性物質濃度が低減できない原因としている有機物の回収を、サイクロンの後段に置いているが、事前にとる方法も検討するべきである。
- ・有機物が原因で放射性物質の低減化が困難であったと判断した根拠が弱い。
- ・有機物に放射性Csが付着すると容易には分離できない。顕微鏡で観察することで確認できたのではないか。
- ・土質が異なるため、神奈川県土壌で実施したベンチスケール試験の結果を、そのまま福島県土壌を使用した現地試験へ展開することには注意が必要であった。すなわち、本処理法はどんな土壌についても有効ではないと考えた方が良好だろう。
- ・現地試験においても分散剤の添加有無の比較試験を実施し、分散剤の効果を確認するべきである。
- ・洗浄土の回収率が高いデータもあれば、低いデータもある。土壌によって異なるのであろうが、処理設備の運転が難しいということも想定される。どんな土壌に対しても同じ設定が適用できる訳でなく、ふるい目やスクリーコンベア等々は都度設定する必要がある。
- ・分散剤の効果やふるいのサイズ、高压洗浄の圧力、流量等の変化に対する洗浄性能等の基礎的な試験データを蓄積するべきである。
- ・高压エジェクターによる土壌洗浄処理はこれまでも事例がある。今回の試験は分散剤を用いていることが特徴的であるのに、現地での分散剤有無の比較試験をしていないので、分散剤のメリットを明確に検証できていない。すなわち、どのような試験でも、比較のためのコントロール系の試験が必要である。
- ・いろいろな分散剤を使用した試験を行い、分散剤の種類による土壌への適合性を調査するべきではなかったか。
- ・りん濃度の問題から排水処理が必要なことが課題である。
- ・ヘキサメタリン酸ナトリウムは、土壌の分散剤として極めて一般的に使用されている薬剤である。分散剤の選定に関しては特異な技術とは言えない。

②熱処理エネルギー縮減のための分級処理濃縮物のブリケット化

(りんかい日産建設株式会社)

- ・分級後の細粒土を保管する場合に、減容化、減量化において評価できる技術であると考えられる。
- ・様々な土壌に対して試験をしているので信頼できるデータとなっている。脱水後の含水率37%は評価できる。
- ・分級実証においても高压脱水の採用が望まれる。
- ・熱処理でCsを分離する場合、ブリケット化すると表面積が小さく不利になり検討

が必要である。

③中間貯蔵施設事業の輸送路における安全対策のための路面下空洞調査の実施
(アジア航測株式会社)

- ・センサーの精度・信頼性等を定量的・統計的に明示する必要がある。
- ・定期的にデータを取り、経時変化等を分析し、前兆をとらえることも重要であり、予防保全ができるようにする必要がある。
- ・道路管理者や下水道管理者には役立つが、中間貯蔵施設に役立つかどうかは、整理が必要である。

④次世代を担う人材への除去土壌等の管理・減容化・再生利用等の理解醸成
(公益財団法人原子力安全研究協会)

- ・参加者に原子力系の学生がいないので議論が難しい。放射線のことが分かる学生にも参加してもらったらどうか。
- ・若い人が福島の復興に関与するのはよい取組であるが、将来的に福島のためになるのか確認が必要。どのようなところに就職するかなどフォローしてほしい。
- ・一方、毎年新しい学生が入ってくるので、学生が正しい判断をできるようにケアすることにウェイトを置いてほしい。
- ・福島県外にターゲットを当てるのはよい取組である。福島県民からすると、県外の人に詳しく知ってほしいというよりも、そもそもこのような現状があるということを知ってほしいのだと思う。その意味では、T型でいえば、縦棒ではなく横棒を重視し、特定のグループを対象とするのではなく、できるだけ多くの人に現状を知ってもらうことが必要ではないか。
- ・中学生向けの副読本があるが、それを使って教えられる先生がいない。先生に理解してもらうためのコースがあれば、影響範囲が広がってよい。
- ・再生利用、二十数年後の最終処分を受け入れてもらうためには、地域に根付く人達がこの問題をどのように理解するかが重要であり、福島だけではなく、各地で理解醸成活動が行われることが必要。実際、高レベル放射性廃棄物では各地で意見交換会を開催している。例えば、福島で(将来的に)住民シンポジウムを開催してみてもどうか。
- ・このプログラムと福島高専の取組が他と違うのは持続性である。予算がなくなっても終了とまらない仕組みを3年以内に作ってほしい。

⑤除去土壌の再生利用等に関わる理解醸成のための課題解決型アプローチの実践
(福島工業高等専門学校)

- ・福島県内での理解醸成に向けた取り組みとして、地域との連携を意識して進めており、当初の目的を達成していると考えられる。高専の教育プログラムに組み込むなどして、講義やフィールドワークに参加する学生数を増やす工夫が必要である。
- ・学生は、毎年入学し、卒業していくので、どのように継続していくかが一つの課

- 題である。学んだ学生から次の学生に教えていく仕組みも必要と考える。
- 地域住民との対話の機会がもう少し多いほうが良かった。
 - さまざまな取り組みをされているのは評価できるが、受講している学生は同一ではない。一連の人材育成メニューが人材育成のどの部分に関わるのか、それらを総合してどのような人材が育成できるのか、全体的なカリキュラム構造の明確化が求められるように思われる。
 - 理解醸成をしたい対象（県内の当事者なのか、県外の傍観者なのか）についても明確化したほうがよりよいプログラム作成に役立つものと思われる。

(3) 実装に向けた課題

実証テーマは、平成27年度までは除染を主な対象技術として応募していたが、平成28年度から中間貯蔵施設事業に関する内容を主なテーマとして公募を行った。さらに、平成30年度は、対象事業分野に「中間貯蔵施設事業等に対する理解醸成」を追加し、中間貯蔵施設事業等に対する理解醸成を図るための手法等についての実証的検証もテーマとした。また、本年度より複数年度（原則として3年以内）の提案も対象とした。

平成30年度に採択された5件の事業は、除去土壌等の減容・再生利用等技術が2件、除去土壌等の輸送や中間貯蔵等の関連技術が1件、中間貯蔵施設事業等に対する理解醸成が2件である。このうち、理解醸成の2件が複数年度（2件とも3年）の提案である。

これまでの実証事業の成果及び外部有識者で構成される委員会等での意見等を踏まえ、今後の実証事業の実施においては、中間貯蔵施設事業や除去土壌の減容・再生利用に、より即応性のある技術を深めていくことが望まれる。

また、平成31年度以降は、実証試験の実施場所として、中間貯蔵施設区域内に整備する技術実証フィールド（仮称）が利用可能であることから、それを踏まえた実証テーマの選定を検討する必要がある。

今年度実施された実証事業を通して得られた成果については、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継続的検討が必要であると考えられる。

また、過去の実証事業で実施されたテーマについて、現状の活用状況等について引き続き確認していくことも必要である。