

これまでの取組の成果に係る参考資料

1. 除去土壌の再生利用等に関する IAEA 専門家会合
2. 福島県内除去土壌等の県外最終処分の実現に向けた再生利用等推進会議
3. 南相馬市仮置場における試験盛土造成実証事業
4. 飯舘村長泥地区における農地造成実証事業（環境再生事業）
5. 中間貯蔵施設内における道路盛土実証事業
6. 除去土壌の再生利用基準（案）のポイント
7. 復興再生利用に係るガイドライン（案）のポイント
8. 論点整理・論点に対する考え方（案）
9. 減容処理技術の評価基準及び評価結果
10. 生成物の再生利用に関する実証例
11. 除去土壌等の量と放射能濃度の設定
12. 除去土壌の埋立処分基準（案）のポイント
13. 最終処分される除去土壌及び廃棄物の分類
14. 複数の最終処分シナリオについて
15. 概略安全評価におけるケース分けの概要及び評価経路、評価結果
16. これまでの理解醸成等の取組
17. 理解醸成等の取組への参加者に対するアンケート結果
18. 全国的な WEB アンケート調査の結果



1. 除去土壌の再生利用等に関するIAEA専門家会合

除去土壌の再生利用等に関するIAEA専門家会合について

- 環境省の要請により、今後の除去土壌の再生利用と最終処分等に係る環境省の取組に対し、技術的・社会的観点から国際的な評価・助言等を行う目的で、国際原子力機関（IAEA）が除去土壌の再生利用等に関するIAEA専門家会合を令和5年度に計3回開催。
- 本年9月10日に、本会合の成果を取りまとめた最終報告書が伊藤環境大臣に手交され、IAEAから公表。
- IAEAの最終報告書の要旨（Executive Summary）において、以下の結論が述べられている。
 - 再生利用及び最終処分について、これまで環境省が実施してきた取組や活動はIAEAの安全基準に合致している。
 - 今後、専門家チームの助言を十分に満たすための取組を継続して行うことで、環境省の展開する取組がIAEA安全基準に合致したものになる。これは今後のフォローアップ評価によって確認することができる。
- 今後とも、継続的に取組状況をIAEAと共有するとともに、国内外へ情報発信していく。



長泥地区再生利用実証エリア現地調査
(2023年5月)



第3回IAEA専門家会合
(2024年2月)



グロッシーIAEA事務局長と伊藤環境大臣
(2024年3月)

背景・概要

- 福島県内の除染で発生した除去土壌等については、中間貯蔵開始後30年以内に、県外最終処分することとしている。最終処分量を低減するため、政府一体で、除去土壌等の減容・再生利用等に取り組んでいるところ。
- 本会合は、環境省の要請により、今後の除去土壌の再生利用と必要な最終処分等に係る環境省の取組に対し、技術的・社会的観点から国際的な評価・助言等を行う目的で、国際原子力機関（IAEA）が実施。計3回の会合を開催。
- 今年9月10日に、IAEAが本会合の成果をとりまとめた最終報告書を公表。

開催実績

- 第1回 令和5年5月8～12日 於：日本
- 第2回 令和5年10月23～27日 於：オーストリア（IAEA本部）
- 第3回 令和6年2月5～9日 於：日本

主な議題

- 除去土壌等の再生利用や最終処分、理解醸成等の取組の進捗状況
- 除去土壌等の再生利用と最終処分に関する安全性や基準の考え方
- 住民等とのコミュニケーションのあり方
- 国際的な情報発信のあり方
- IAEA安全基準との整合性



現地視察（第1回会合）
飯館村長泥地区実証事業施設内
ビニールハウスの花き栽培



第3回会合の様子

除去土壌の再生利用等に関する国際原子力機関（IAEA）専門家チーム



IAEA 職員

（第3回専門家会合（2024年2月）開催時）

- Ms. Anna Clark : 原子力安全・セキュリティ局 廃棄物・環境安全課長
- Mr. Gerard Bruno : 原子力安全・セキュリティ局 放射性廃棄物・使用済核燃料管理ユニット長
- Mr. Vladan Ljubenov : 原子力安全・セキュリティ局 廃止・修復ユニット長
- Ms. Chantal Mommaert : 原子力安全・セキュリティ局 廃止・修復ユニット 環境回復専門官
- Ms. Mathilde Prevost : 原子力安全・セキュリティ局 放射性廃棄物・使用済燃料管理ユニット調整官

国際専門家

- Mr. Jon Richards : 環境保護庁 地域放射線専門官、除染プロジェクトマネージャー（米国）
- Mr. Ray Kemp : 放射性廃棄物管理に関する英国委員会(CoRWM)委員、
環境中の放射線の医学的側面に関する英国委員会(COMARE)委員（英国）
- Ms. Shelly Mobbs : エデン原子力・環境有限会社 放射線防護・環境保護主任専門官（英国）
- Mr. Jörg Feinhal : 元DMT GmbH & Co. KG, 放射線防護・放射性廃棄物管理 主席技術者（ドイツ）
- 井上 正 氏 : 一般財団法人電力中央研究所 名誉アドバイザー（日本）

IAEA assistance to the Ministry of the Environment, Japan on 'volume reduction and recycling of removed soil arising from decontamination activities after the Accident of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station'

FINAL REPORT ON THE EXPERTS MISSION

- 要旨
- 第I章- はじめに
- 第II章- 3回の国際専門家会合の内容
- 第III章- 規制的側面
- 第IV章- 除去土壌の減容及び再生利用
- 第V章- 除去土壌及び廃棄物の最終処分
- 第VI章- 国民とのコミュニケーション及び利害関係者の関与
- 別添1：第1回専門家会合議題
- 別添2：第2回専門家会合議題
- 別添3：第3回専門家会合議題
- 別添4：専門家会合期間中の現地視察まとめ

<注意事項>

次ページ以降のスライドは、IAEAの報告書「IAEA assistance to the Ministry of the Environment, Japan on 'volume reduction and recycling of removed soil arising from decontamination activities after the Accident of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station」の要旨の一部及び各セクションの結論の翻訳である。この資料の正本はIAEAが配布した英語版である。

IAEAは、本翻訳の正確性、品質、信頼性又は仕上がりについていかなる保証も行わず、いかなる責任も負うものではない。また、本翻訳の利用により生じるいかなる損失又は損害に対して、これらが当該利用から直接的又は間接的・結果的に生じたものかを問わず、いかなる責任も負うものではない。

文法的な厳密さを追求することで難解な訳文等となるものは、分かりやすさを優先し、環境省にて本来の意味を損なうことのない範囲での意識等を行っている箇所もあり、補足した箇所は [] で表記している。

IAEA専門家会合最終報告書で示された結論（1）

要旨（Executive Summary）で示された全体的な評価

※わかりやすさの観点から、環境省にて一部意識している箇所があり、また、補足した箇所は [] で表記している。

- 3回の専門家会合を通じた環境省との包括的な議論に基づき、専門家チームは、これまで環境省によって行われてきた、除去土壌及び廃棄物の再生利用及び最終処分に関する取組や活動がIAEAの安全基準に合致しているとの結論に達した。これには、中間貯蔵施設の事業や実証事業が含まれる。
- 実証段階以降の除去土壌及び廃棄物の再生利用及び最終処分の実施に向けては、専門家チームが行った助言（例：再生利用及び最終処分の管理〔期間〕後の安全評価の実施や、環境省の規制機能の独立性の実証）を十分に満たす対応策を環境省が継続的に模索することで、除去土壌及び廃棄物の再生利用及び最終処分に対する環境省の展開する取組がIAEAの安全基準に合致したものになると確信する。このことは、今後の環境省の取組へのフォローアップ評価によって確認することができる。
- 3回の専門家会合の間、専門家チームは、環境省には、今後、技術的・社会的に実施すべきことが多くあることを認識した。専門家チームは、除去土壌の再生利用を実施し、2045年3月までの福島県外での最終処分を確実にするために取り組むべき課題を多く取り上げた。専門家チームは、この困難な目標を実現するために、引き続き最善の努力をするよう、環境省を促した。
- 専門家チームは、除染作業で発生した除去土壌を再生利用する取組が、福島県の復興・再生にも寄与していることに留意した。除去土壌の再生利用に関する先進的な取組から得られた知見は、他国が参考にできる有益なケーススタディである。IAEAとの協力も含め、国際的なフォーラム、出版物、メディアを通じた国際社会への普及が奨励される。
- IAEAは、除去土壌及び廃棄物の再生利用と最終処分のための日本の取組を、今も、また今後も、継続して支援していく。
- 結論として、除染活動で発生した除去土壌や廃棄物の管理に対する環境省の積極的な取組は、福島県内外における安全確保、公衆の健康の保護、環境の持続可能性促進に資するものである。専門家チームは、安全評価の精緻化、防護措置の最適化、明確な規制プロセスの確立、処分を必要とする放射性廃棄物の量を最小化するための技術開発及び再生利用への取組、利害関係者の関与に関する環境省の継続的な努力を奨励、賞賛する。継続的な協力、透明性、IAEA安全基準の遵守を通じて、日本は、除去土壌と廃棄物の長期的管理に向けて大きな前進を続けている。

第三章：規制的側面

（セクションⅢ.1 全体的なプロセス）

- 除去土壌及び廃棄物の再生利用と最終処分に関する技術開発戦略の8つのステップに沿って、規制的側面に関する検討について顕著な進展があった。
- 専門家チームは、環境省が、2024年度末までに、実証事業から得た知見と減容処理の選択肢に関する検討内容を評価・集約し、除去土壌及び廃棄物の想定量と放射能濃度を考慮した上で、再生利用に関する省令と技術ガイドライン、最終処分に関する省令を策定することに注目している。
- 環境省は、将来の政策に反映するために、適切な時期に、処理（減容）の選択肢に関する検討を完了すべきである。

（セクションⅢ.2 除去土壌の再生利用及び最終処分方法の正当化）

- 環境省が示した、除去土壌の再生利用及び最終処分の取組の正当化は、IAEA安全基準（SF-1、原則4）に合致している。
- 再生利用に適した除去土壌を特定することは、処分される放射性廃棄物の発生を最小化するためのIAEA安全基準（SF-1、原則7）に合致している。

（セクションⅢ.3 放射線防護における最適化の適用）

- 専門家チームは、放射線防護の最適化とは、経済的・社会的要因を考慮し、どの程度の防護と安全のレベルが、個人線量の大きさ、被ばくを受ける個人（作業員や公衆）の数、被ばくの可能性を合理的に達成可能な限り低くすることになるかを決定するプロセスであることを強調している。これは、単に線量を考慮するだけでなく、全体的な影響を考慮することを意味する。そのため、実際の状況（例：環境、技術、安全、社会、金銭面のコスト）を考慮し、全体的な影響ができるだけ小さくなる選択肢を決定することである。
- 追加被ばく実効線量年間1 mSvという線量基準は、除去土壌の再生利用における適切な基準であり、この年間1 mSvを満足するために、適切な管理のもとで再生土壌を使用することは適切である。
- 環境省の最適化に関する取組、つまり、線量基準である年間1 mSvを下回る線量の低減を目指すこと（例：覆土の使用）は、IAEA安全基準に合致している。専門家チームは、最適化の取組を通じて目指すべき線量水準は、地域住民や自治体などの利害関係者と相談して決定されると認識している。
- 環境省は、IAEA用語集に記載されているように、最適化は線量水準だけでなく、他の考えられる影響も考慮するものであることを文書で明確にすべきであり、それに沿って、環境省は、最適化とは、事業による公衆の線量が年間10 μ Svのオーダー以下でなければならないことを意味するものではないことを示すべきである。再生利用を行う構造物の設計において、より現実的な（サイト固有の）パラメータ値を考慮することにより最適化を裏付けることができるだろう。

第三章：規制的側面（続き）

（セクションⅢ.4 再生利用に関する省令及び技術ガイドラインの整備）

- 再生利用の全般的な安全評価は、十分に保守的であり、また、国際的に確立された手法と統合的な、スクリーニングレベルの導出方法は適切であることから、8,000Bq/kg以下の再生土壌を使用することにより、線量基準を十分に達成することができる。
- 環境省により提案されている除去土壌の再生利用のための制度（省令及び技術ガイドライン）の内容には、再生土壌の放射能濃度の設定、除去土壌の飛散・流出防止対策、空間線量率のモニタリング、事業の場所に関する情報の記録及び保存などが含まれ、建設及び維持管理期間中の安全を保証するために不可欠な要素を網羅している。
- 専門家チームは、再生利用事業の長期的な管理〔期間〕後の安全性について、環境省が既に、〔事業の〕実施前に、検討を開始していることに留意する。なぜなら、将来起こりえるシナリオに基づく線量を理解するためには、再生利用事業の、長期的かつ管理〔期間〕後の放射線学的な影響評価を行うことが重要だからである。これにより、いずれ、管理〔期間〕後の安全性を評価することが可能となるだろう。
- 技術ガイドライン及び／または協定では、どのような状況や事態が発生した場合に、建造物の管理者（公的機関等）が、計画された行動（例：修復措置の実施）を進める前に、環境省に報告し、環境省の助言、レビュー、同意を求める必要があるかを明確にする必要がある。この協定では、再生利用の建造物の安全性を保証するため、事業の場所の形状や利用に関する変更についての事前通知の手順が含まれるべきである。
- 環境省は、放射線防護上これ以上の管理が不要となる時点を検討する必要がある。環境省は、〔建造物の〕管理者や国民の受容性を考慮しつつ、慎重かつ段階的に、特別な管理の終了プロセスについて検討を進める必要がある。
- 〔事業の〕場所が特定された時点で、事業実施前に、他の利害関係者（建造物の管理者、施設管理者、土地所有者等）とともに、〔事業の実施〕場所固有の協定を作成すべきである。これらの協定には、事業の土壌受入基準（受け入れ可能な放射能濃度等）が含まれるべきである。
- 省令及び／または技術ガイドラインには、技術的な要件が含まれるべきであり、また、安全を保証するために必要な管理体制、管理上の要件（保管・掲示すべき記録など）、地域の自治体や地域社会とのコミュニケーションの重要性（事業の各段階におけるコミュニケーションに関する必要な情報の提供等）が記載されるべきである。
- 再生利用に関する国民や利害関係者との相談の重要性について、再生利用及び最終処分に係る地域の社会的受容性の確保方策に関するワーキンググループ（セクションⅥ.3参照）の助言も考慮に入れて、技術ガイドラインに明記されるべきである。
- 技術ガイドラインは、望ましくない事態が起こった場合の意思決定の手順を明確に示すべきである。

第Ⅲ章：規制的側面（続き）

（セクションⅢ.5 規制機能の独立性）

- 専門家チームは、事故後、規制者であり事業実施者でもある環境省の状況は適切であることに留意した。
- 今後、IAEAの基本安全原則（SF-1）に従って、規制機能は事業実施機能から独立させるべきである。これは、[事業の実施]場所の長期的な安全性の向上や、国民及び利害関係者の信頼の向上に役立つ可能性がある。したがって、環境省は、特別措置法に基づく省令に従って、再生利用及び最終処分を実施する前に、事業実施者と規制者の独立性を示すべきである。
- 意思決定手順を策定することにより、環境省が規制機能の独立性を示す重要なポイントを特定することが可能となるだろう。環境省内での管理体制の整備は、規制機能の事業実施機能からの独立性を示すための選択肢の一つとなりうる。環境省は、可能性のある選択肢を検討しており、さらに議論を進めるべきである。

第Ⅳ章：除去土壌の減容及び再生利用

（セクションⅣ.1 除去土壌の減容及び再生利用に関する全般的な取組）

- 除去土壌の減容と再生利用は、被災地の復興や再生のための持続可能なプロセスである。技術開発戦略及び工程表に沿って、全般的な進捗が見られる。
- 全般的な安全評価に基づく線量基準から導き出された一定の放射能レベル以下の再生土壌を使用するという取組は、IAEA安全基準（GSG-18）に合致している。
- 再生利用される資材は、関連するスクリーニングレベルを超えていないことを、指定された精度での測定により証明する必要がある。環境省は、測定結果と測定条件を記録すべきである。
- 放射性セシウム以外の関連放射性核種の寄与に関する分析結果は、放射性セシウムに着目することの妥当性を再確認するものであり、こういった科学的根拠に基づく知識を国民に説明し続けるよう努力することが重要である。

（セクションⅣ.2 除去土壌及び廃棄物の中間貯蔵）

- 福島県内の除染活動から生じた除去土壌及び廃棄物が中間貯蔵施設に搬入されることは理にかなっており、中間貯蔵施設にある除去土壌は、処理後、土壌貯蔵施設に適切に保管されている。測定結果により、除去土壌中の放射性セシウムの水への溶出量は、排水基準を大きく下回っていることが確認されている。

第Ⅳ章：除去土壌の減容及び再生利用（続き）

（セクションⅣ.3 減容技術）

- 減容技術としてこれまで開発されてきた 〔除去土壌の〕分級処理、〔除去土壌や焼却灰の〕熱処理、飛灰洗浄技術の有効性が確認された。
- 減容やその他の関連要素を考慮した上で、総合的に最も効果的な処理技術を特定するため、また、最終処分に送られる廃棄物の量と特性を決定するため、選択肢の検討を行われるべきである。

（セクションⅣ.4 再生利用の安全評価）

- 除去土壌の再生利用において、追加被ばく実効線量年間1 mSvという線量基準は適切な基準であり、この年間1 mSvの基準値を満たすため、適切な管理のもとで、再生資材化された土壌を使用することは適切である。
- 再生利用に関する全般的な安全評価は非常に保守的に行われており、除去土壌の飛散・流出防止を含む適切な管理のもとで、8,000Bq/kg以下の再生土壌を使用することにより、線量基準を十分達成することが可能である。
- 〔事業を実施する〕場所固有の安全評価は、〔放射線〕防護の最適化を裏付けるとともに、地域住民や自治体などの利害関係者が示す特定の懸念に対応するためにも有効になるかもしれない。
- 放射性セシウム以外の元素、例えばストロンチウム90、プルトニウム238等による放射線影響の評価は、国民の安心の観点から有用である。
- 環境省はすでに、再生利用事業の管理期間後の安全性について検討を開始している。〔再生利用〕事業の長期的な安全性を示すためには、再生利用事業の管理期間後の安全評価を行うことが重要である。
- 環境省は、特別な管理の期間を終了するために必要な決定事項を、いずれ明確にすべきである。この決定の考え方は文書化し、正確な詳細や基準は、関係省庁等の主要な利害関係者と相談しながら、将来的に策定することができる。

（セクションⅣ.5 農地盛土実証事業）

- 長泥地区の実証事業は、除去土壌の再生利用の観点から安全に実施されている。これは、除去土壌が如何に安全に再生利用されるかを長期的に理解するのに非常に有用である。また、国民の理解醸成に資する、長期的な安全性データを提供するための関連するモニタリングを行いながら、本事業が継続されることを推奨する。
- 福島県内における実証事業の経験により、環境省は除去土壌の再生利用に関する制度を構築することが可能になっている。
- 放射線学的観点からの実証事業の安全性は確認されており、制度（省令及び技術ガイドライン）の根拠となる必要な科学的知見は得られていると考えられる。
- 環境省の測定により、除去土壌中の放射性セシウムは水中にほとんど溶出しないことが確認された。

第Ⅳ章：除去土壌の減容及び再生利用（続き）

（セクションⅣ.6 道路盛土実証事業）

- 道路盛土事業については、今後のより実践的な大規模事業への適用のため、より長期にわたって構造物の安定性に関するデータをさらに蓄積していくために継続されるべきである。
- 放射線学的観点からの実証事業の安全性は確認されており、制度（省令及び技術ガイドライン）の根拠となる必要な科学的知見は得られていると考えられる。
- 環境省の測定により、除去土壌中の放射性セシウムは水中にほとんど溶出しないことが確認された。

第Ⅴ章：除去土壌及び廃棄物の最終処分

（セクションⅤ.1 除去土壌及び廃棄物の最終処分に関する全般的な取組）

- 最終処分の管理期間に関する一般的なセーフティケースの実施を含め、最終処分の選択肢の検討に重要な進展が見られる。環境省は、除去土壌及び廃棄物の低レベルまたは極低レベルの放射能を考慮した、感度分析を含む一般的な安全評価を開始している。将来に向けては、2045年3月までに福島県外での最終処分を実現するために取り組むべき課題が数多く存在する。
- [最終] 処分施設の設計の不確実性を低減するため、環境省は適切な段階で[最終処分] 場所に固有の感度分析を追加的に実施すべきである。
- 福島県外での最終処分に関する総合的な戦略及びスケジュールを環境省が明確にすべきだと提案する。
- 放射線防護の最適化の要件を満たすために、環境省は、最終処分施設の設計について、実施前の適切な時期に、様々な選択肢を検討すべきである。環境省は、安全面の要素に加え、社会面、環境面及び経済面の要素の観点から、様々な選択肢の価値を理解すべきである。
- 最終処分のために送られる除去土壌及び廃棄物は、IAEAの廃棄物分類体系（GSG-1）で定義されている、低レベル廃棄物、極低レベル廃棄物として取り扱うことができることから、環境省が示す、浅地中処分施設における最終処分の考え方は、IAEA安全基準に合致している。
- 8,000Bq/kgは、他の国の基準（例えばドイツ）と同じように導出されたレベルであり、IAEAの廃棄物分類[体系]（IAEA GSG-1）で定義されている、低レベル廃棄物と極低レベル廃棄物、または極低レベル廃棄物と規制免除廃棄物を区別するのに適している。
- 環境省の、除去土壌の減容と再生利用に関する取組は、現在及び将来世代の防護に関するIAEAの基本原則に沿ったものであるが、環境省は、安全面、社会面、環境面及び経済面の要素の観点から、様々な処理方法の選択肢におけるメリットとデメリットを理解すべきである。

第V章：除去土壌及び廃棄物の最終処分（続き）

（セクションV.2 放射能濃度の測定）

- 環境省は、処理前に掘り出した除去土壌について、十分な精度で〔放射能濃度を〕測定する予定である。
- 環境省は、処理後の土壌の〔放射能濃度の〕測定方法を既に開発しており、再生利用の場所または最終処分施設へ搬出する前の更なる測定において使用する予定である。

（セクションV.3 一般的な安全評価を含むセーフティケース）

- これまで〔最終〕処分施設の設計は、主に操業期間や管理期間を考慮して行われてきた。除去土壌及び廃棄物の埋立処分に関する省令に規定する、提案されている安全対策は、建設期間中及び管理期間中の安全を保証するための必須の要素を網羅している。
- 専門家チームは、操業・管理の安全性と一体的になった閉鎖後の安全性をもとに、最終処分施設の設計を行うことの重要性を強調している。専門家チームは、閉鎖後の安全性に関するセーフティケースと安全評価が開始されていることと、最終処分施設の設計開発を継続する中でさらに取り組まれていくことに注目している。
- 安全評価を含めて、最初から閉鎖後のセーフティケースを作成することで、除去土壌及び廃棄物の最終処分の長期的な安全性について、地域社会やその他の利害関係者に安心感を与えることになるだろう。
- 最終処分施設の開発において次の段階に進む前に、どのような状況や事態が発生した場合に、環境省の（最終処分施設の）事業実施機能が、環境省の規制機能に通知し、その助言、レビュー、同意を求める必要があるのかを明確にした具体的な文書が、いずれ作成される必要がある。
- 環境省は、〔最終〕処分の安全性のために、関連放射性核種の影響を引き続き検討していく。

第VI章：国民とのコミュニケーション及び利害関係者の関与

（セクションVI.1 国民とのコミュニケーション及び利害関係者の関与に関する全般的な取組）

- 環境省は、第1回専門家会合以降、国民と利害関係者の関与の分野で顕著な進展を見せており、事業の進展に伴い、引き続きその取組を発展させ、改善していくべきである。
- 再生利用と最終処分に関する日本の取組について、環境省が積極的に情報発信していることは高く評価できる。環境省と事業の長期的な安全性への信頼と信用を維持するためにも、継続する必要がある。
- 除去土壌の再生利用のため先進的な取組から得られた知見は、他国が参考とするための有益なケーススタディとして利用することができる。〔環境省と〕IAEAとの協力も含め、国際的なフォーラム、出版物、メディアを通じた国際社会への発信が奨励される。
- 公平性と透明性を考慮しつつ、JESCO法で定められた厳しいスケジュールを守るため、2025年度以降、環境省が最終処分場の特定・選定作業を加速させることが期待される。利害関係者参画プログラムの時期と実施への影響を理解し、対処する必要がある。

第VI章：国民とのコミュニケーション及び利害関係者の関与（続き）

（セクションVI.2 全国的な理解醸成の推進）

- 東日本大震災・原子力災害伝承館は、国民の理解醸成のための一つの優良事例であり、他の同様の広報センターも役立つだろう。
- 可能性のある最終処分の選択肢に関し、環境省が様々な選択肢間の結果とトレードオフ（例：低放射能・多量の処分と高放射能・少量の〔処分の〕選択肢との関係）を、国民と主要な利害関係者に明確にすることが重要である。
- 全てのコミュニケーションで、再生利用される土壌と最終処分される土壌との違いを明確に示すべきである。更に、再生利用は福島県内外で実施できる一方、JESCO法に規定されているとおり、再生利用に適さない物の最終処分は福島県外でのみ実施されなければならないことを丁寧に伝える必要がある。
- コミュニケーション全体を通じて一貫かつ慎重な単位の使用が、国民及び利害関係者の放射線安全に対する理解にとって重要である。これにより、提案されている安全対策の相対的な影響について理解を深めることができる。
- 除去土壌及び廃棄物の再生利用と最終処分の提案に関連する潜在的な便益を伝えるには、金銭面での検討だけでなく、復興や長期的な持続可能性への支援など、その他の要素も含めるべきである。
- 花き栽培を含む鉢植えのような取組は、除去土壌の安全性を日々身近に感じてもらうためのコミュニケーションツールとして有用である。このような取組の拡大は、除去土壌の再生利用への全国的な国民の受容性を高める一助とするために検討されるべきである。

（セクションVI.3 地域の社会的受容の推進）

- 専門家チームは、再生利用と最終処分のための、地域の利害関係者とのコミュニケーションや、地域共栄の方法について議論する新しいワーキンググループの設置により、利害関係者の関与が進捗していることを歓迎する。
- 環境省には、国民とステークホルダーの関与に関する戦略のマスタープランを引き続き策定することが期待される。最終処分に関するコミュニケーションと関与の方法は、除去土壌の再生利用とは異なる可能性がある。
- 環境省には、最終処分地選定に関する主要な「道筋」を明らかにし、国や事業者からの提案か、地方自治体や都道府県との連携か、どちらのルートを取るつもりなのかを説明することが期待される。これによって、パートナーシップの取り決めのメリットやデメリットを説明し、明確にすることができる。提案内容の長期的な安全性に対する国民の信頼を得るためには、主要な利害関係者や地域社会との関わりが不可欠である。
- 再生利用や最終処分の選択肢を検討する際には、早い段階からの、利害関係者の関与が重要である。環境省には、地域社会との対話を繰り返し、維持し、強化していくことが期待される。このような早い段階からの関与は効果的な情報発信の方法であり、環境省には、再生利用や福島県外での最終処分の選択肢に関する次の段階でも、このような早い〔段階からの〕機会を模索することが奨励される。



2. 福島県内除去土壌等の県外最終処分の実現に向けた再生利用等推進会議

福島県内除去土壌等の県外最終処分の実現に向けた再生利用等推進会議について



- 福島県内の除去土壌等の県外最終処分の実現に向けて、除去土壌の再生利用等による最終処分量の低減方策、風評影響対策等の施策について、政府一体となって推進するため、閣僚会議※を設置。第1回を12月20日に開催。

(※) 閣僚会議について

- ・ 会議の名称：福島県内除去土壌等の県外最終処分の実現に向けた再生利用等推進会議
- ・ 原子力災害対策本部決定により設置。議長：官房長官、副議長：環境大臣、復興大臣、構成員：内閣総理大臣を除く他の全ての国務大臣

- 第1回会議では、来年春頃までに「再生利用の推進」「再生利用等の実施に向けた理解醸成・リスクコミュニケーション」「県外最終処分に向けた取組の推進」に係る基本方針をとりまとめるとともに、来年夏頃のロードマップのとりまとめ及び各府省庁が一丸となって再生利用の案件を創出するべく、取組を進めていくよう、議長より検討指示。

＜第一回閣僚会議の様子＞





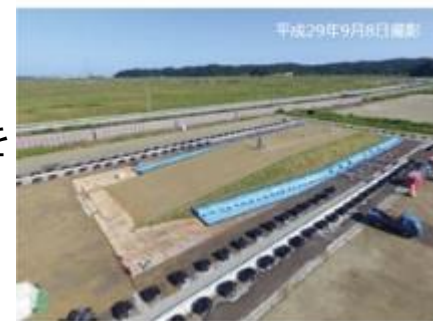
3. 南相馬市仮置場における試験盛土造成実証事業

2. 南相馬市における再生利用実証事業

(0) 概要

【事業概要】

- 福島県南相馬市の仮置場内で、再生資材化実証試験および試験盛土を施工
- 必要な飛散・流出防止対策を講じながら、再生資材化した除去土壌等を用いた盛土構造物を造成し、その後、一定期間盛土構造物のモニタリングを実施
- 盛土構造物は令和3年9月撤去



1. 再生資材化の実証 (2017年4月～)

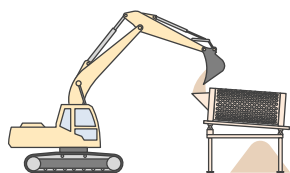
① 土のう袋の開封・ 大きい異物の除去

大型土のう袋を開封し、
大きな異物を分別・除去。



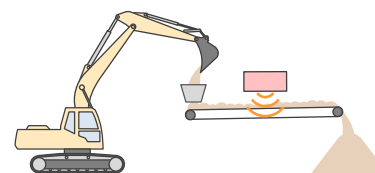
② 小さな異物の除去

ふるいでより小さな異物を
分別・除去。



③ 濃度分別

放射能濃度を測定し
土壌を分別。



④ 品質調整

盛土に利用する土壌の品質
を調整。(水分、粒度など)



2. 盛土の実証 (2017年5月～)

⑤ 盛土の施工・ モニタリング

- ・ 試験盛土を施工。
(全体を新材で50cm覆土)
- ・ 空間線量などの測定を継続。

・ 盛土全体土量：約4,000t

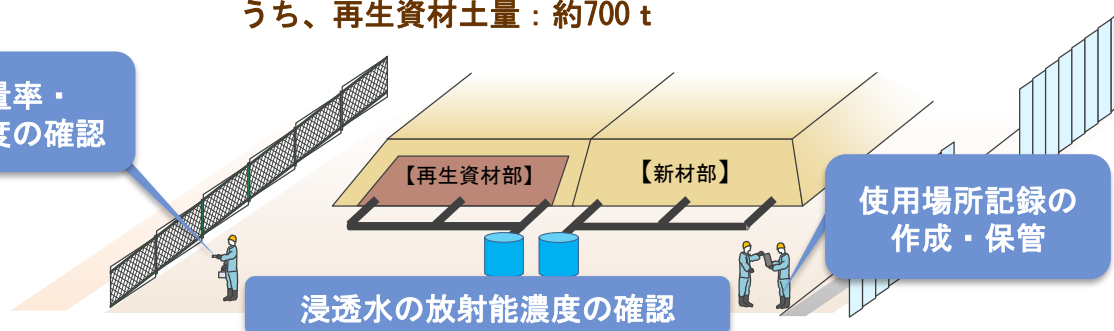
・ 平均放射能濃度771Bq/kg

うち、再生資材土量：約700t

空間線量率・
放射能濃度の確認

浸透水の放射能濃度の確認

使用場所記録の
作成・保管



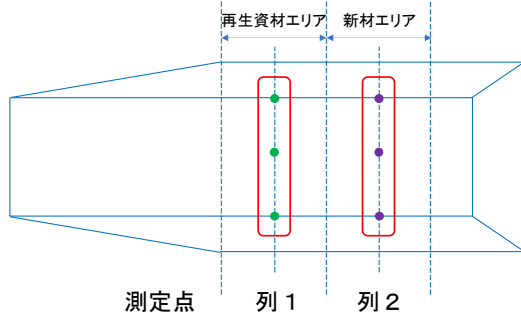
2. 南相馬市における再生利用実証事業

(1) 盛土周辺の空間線量率及び盛土浸透水の放射能濃度モニタリング結果

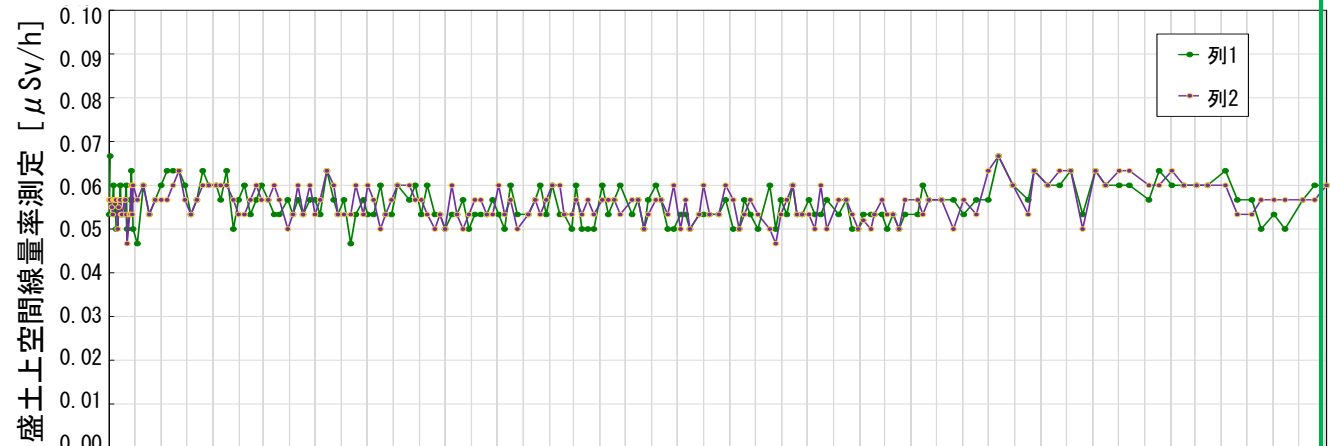
- 盛土周辺の空間線量率は、盛土完成後、大きく変動していない。
- 盛土浸透水は、すべて検出下限値未満。
- 大気中放射能濃度は、除去土壌搬入前から盛土完成以降、大きく変動していない。

盛土周辺の空間線量率

- 2017年8月末に盛土が完成。2017年9月以降、試験盛土の撤去工開始（2021年8月半ば）前まで、試験盛土上の空間線量率を右図の位置で測定。
- 再生資材エリア及び新材エリアの測定点の平均値の時系列をグラフ化（下図）。
- 空間線量率は概ねバックグラウンドの空間線量率と同等の $0.05\sim 0.07\ \mu\text{Sv/h}$ であり、その変動は、敷地境界における空間線量率（概ね $0.04\sim 0.09\ \mu\text{Sv/h}$ ）の範囲内である。
- 測定期間：2017年9月～2021年8月上旬



盛土における空間線量率の測定点



盛土の空間線量率時系列
(列1及び列2は、各々3箇所の測定点の平均値)

盛土浸透水について

- 浸透水の放射能濃度の測定はGe半導体分析器により実施。
- 2017年8月末に盛土が完成し、その後、2017年9月から2021年7月末まで上記の分析結果はすべて検出下限値未満。（検出下限値 Cs-134 : $0.2\sim 0.293\text{Bq/L}$ 、 Cs-137 : $0.2\sim 0.331\text{Bq/L}$ ）
- 再生資材を利用した盛土の浸透水中に含まれる放射性物質の濃度が、検出下限値未満であることを確認した。



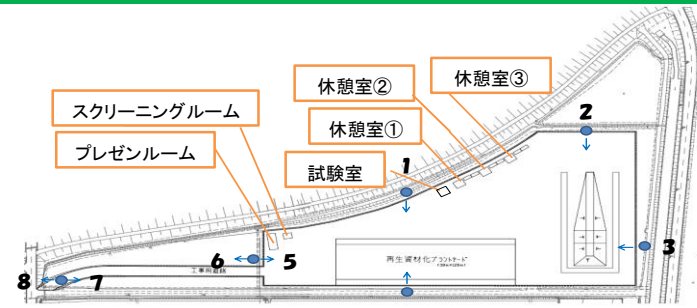
浸透水の集水設備の概観

2. 南相馬市における再生利用実証事業

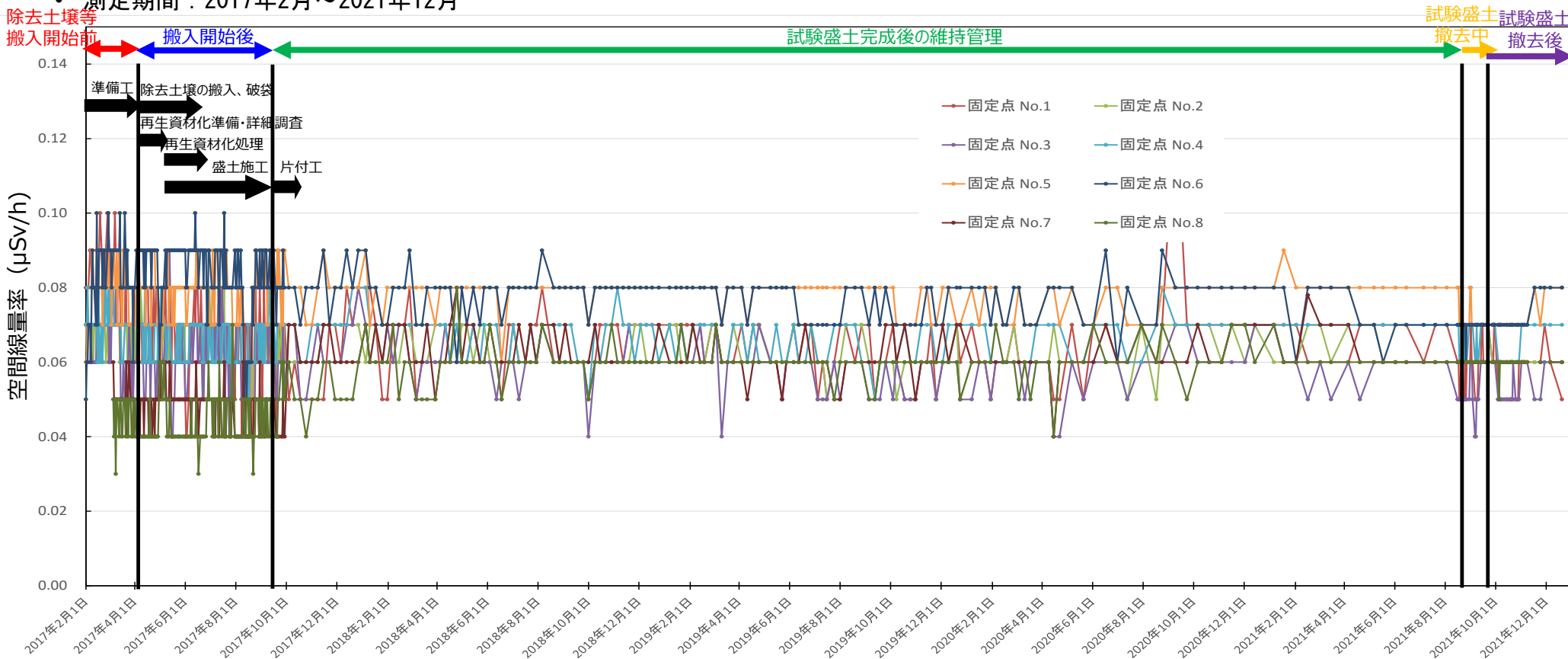
(2) 敷地境界における空間線量率モニタリング結果

【空間線量率】

- NaIシンチサーベイメータにより、6地点（のべ8方向）での測定を実施。
- 片付工を完了した2017年10月以降は測定頻度を週1度程度、2020年4月以降は測定頻度を月2度程度、試験盛土の撤去工を開始した2021年8月半ば以降は測定頻度を毎日（但し休工日を除く）として測定を実施。（いずれも測定位置は変更なし）
- 除去土壌搬入・破袋開始前から空間線量率の変動幅は概ね0.04~0.09 $\mu\text{Sv/h}$ である。2020年9月に固定点No. 1で0.13 $\mu\text{Sv/h}$ を示したが、それ以降、2021年8月半ばの試験盛土の撤去工開始以降も含め、他地点の測定値およびその後の固定点No. 1の測定値はこれまでと同じレベルで推移している。
- 測定期間：2017年2月~2021年12月



空間線量率の測定位置及び測定方向
(図は2017年8月までの実証ヤード平面図)



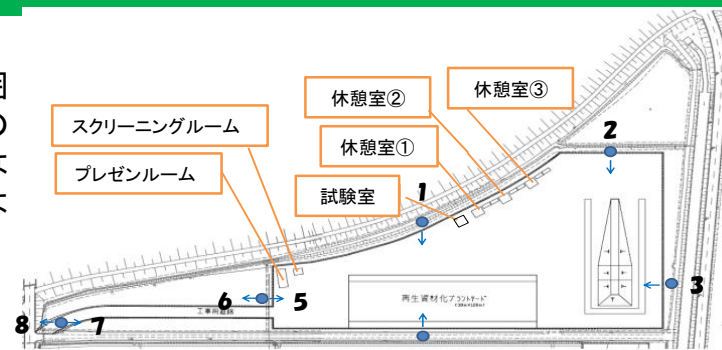
敷地境界 空間線量率

2. 南相馬市における再生利用実証事業

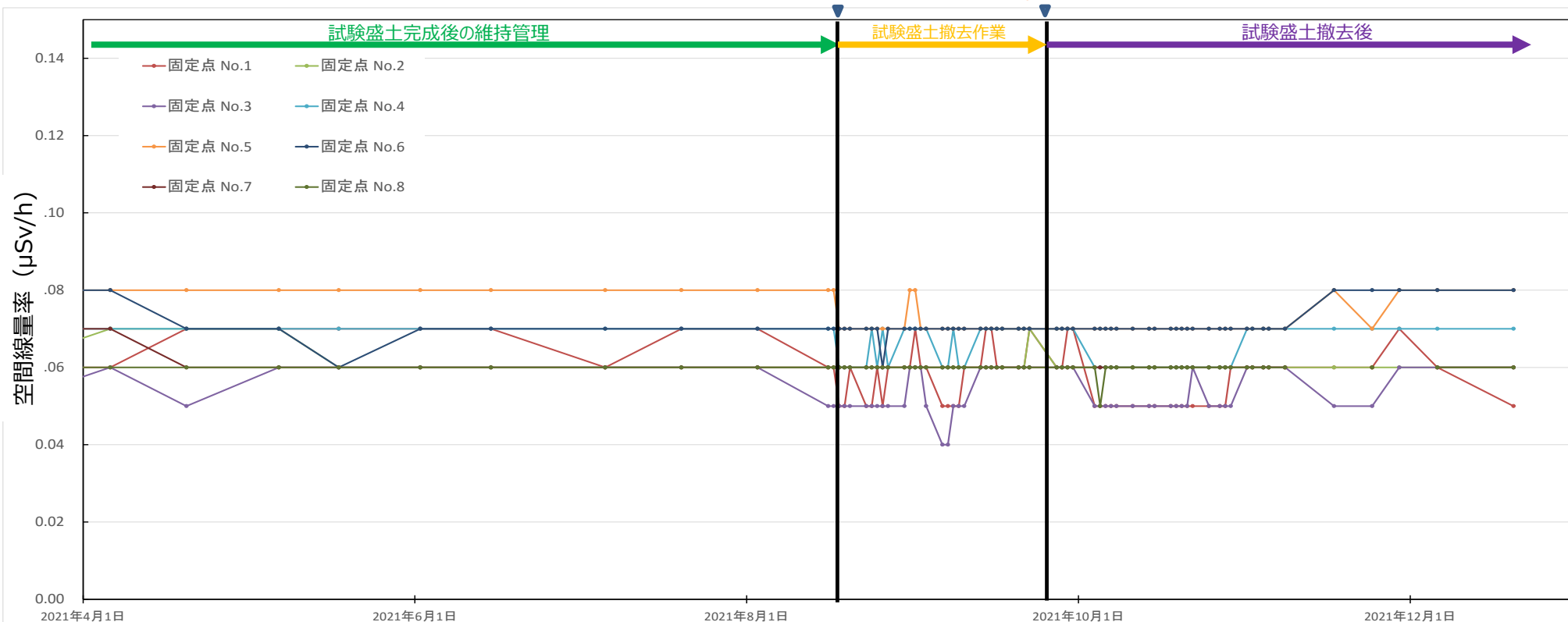
(3) 敷地境界における空間線量率（試験盛土撤去中・撤去後を拡大表示）

【空間線量率】

- 試験盛土完成後の維持管理期間中の空間線量率の変動幅は概ね $0.04 \sim 0.09 \mu\text{Sv/h}$ の範囲であり（但し、下図は2021年4月以降のみをグラフ化しているため $0.05 \sim 0.08 \mu\text{Sv/h}$ の範囲）、それに対して、試験盛土撤去中は $0.04 \sim 0.08 \mu\text{Sv/h}$ の範囲、試験盛土撤去後は $0.05 \sim 0.08 \mu\text{Sv/h}$ の範囲であり、試験盛土の撤去前／撤去中／撤去後を通じて大きくは変動していない。



空間線量率の測定位置及び測定方向
(図は2017年8月までの実証ヤード平面図)



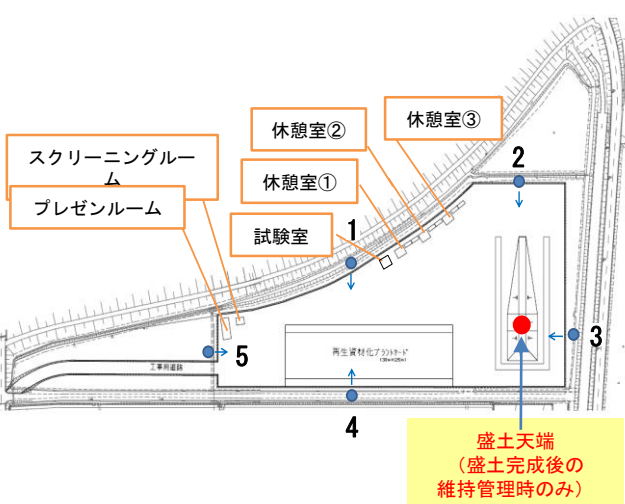
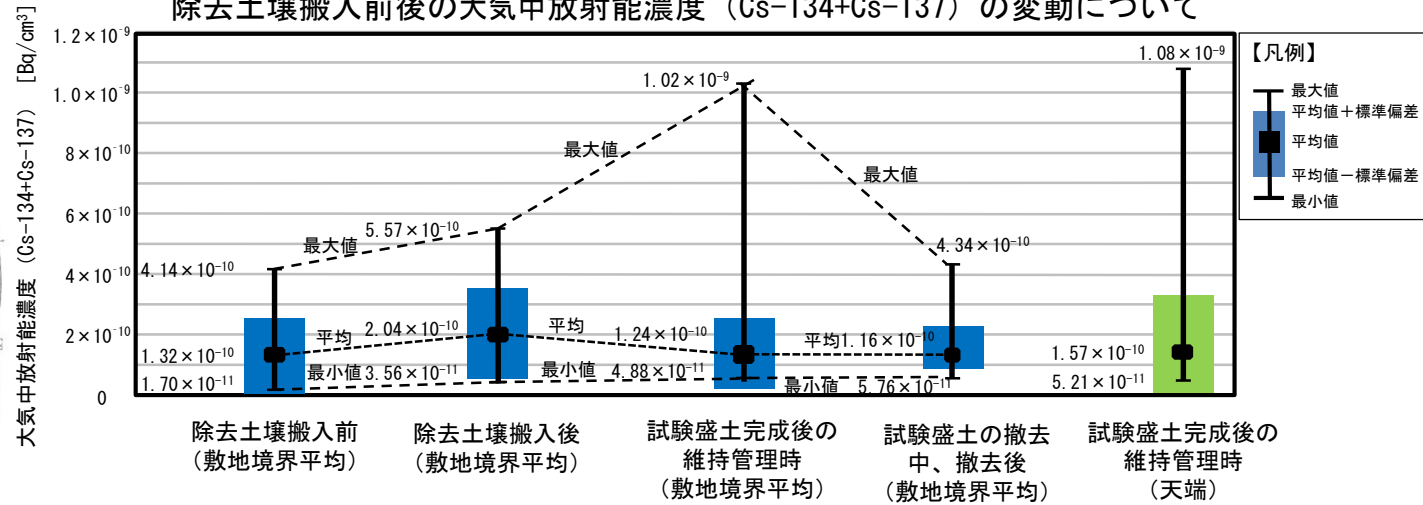
2. 南相馬市における再生利用実証事業

(4) 大気中放射能濃度モニタリング結果

【大気中放射能濃度】

- ダストサンプラーにより吸引・捕集したダストを、Ge半導体検出器分析により放射能濃度測定。
- 基本的に1週間連続吸引したダストを1検体とし、検出下限値が概ね $5 \times 10^{-11} \text{Bq/cm}^3$ 程度以下となるよう、Ge半導体検出器による分析時間数を設定。
- 片付工終了後の2017年10月以降の試験盛土維持管理時は、測定を1ヶ月1検体とし、また、採取場所に盛土天端の再生材エリア中央（図中赤丸）を追加。
- 試験盛土の撤去工を開始した2021年8年半ば以降は、測定を基本的に1週間（但し、施工日である5日間）あたり1検体とした。
- 敷地境界では、大気中放射能濃度は除去土壤搬入前から盛土完成以降、2021年8年半ばの試験盛土の撤去工開始以降も含め、大きくは変動していない。また、盛土天端では、敷地境界における測定結果と同程度である。

除去土壤搬入前後の大気中放射能濃度 (Cs-134+Cs-137) の変動について



大気中放射能濃度用ダスト採取位置及び吸引方向 (図は2017年8月までの実証ヤード平面図)

大気中放射能濃度の測定結果 (検出下限値を超える測定値の範囲)

測定箇所	時期	Cs-134濃度 [Bq/cm³]	Cs-137濃度 [Bq/cm³]
敷地境界	搬入前 (2017年4月以前)	$2.25 \times 10^{-11} \sim 4.70 \times 10^{-11}$	$1.70 \times 10^{-11} \sim 3.67 \times 10^{-10}$
	搬入後盛土完成前 (2017年5月～8月)	$2.80 \times 10^{-11} \sim 6.27 \times 10^{-11}$	$3.56 \times 10^{-11} \sim 5.98 \times 10^{-10}$
	試験盛土完成後の維持管理時 (2017年9月～2021年8月上旬)	$2.34 \times 10^{-11} \sim 9.81 \times 10^{-11}$	$2.35 \times 10^{-11} \sim 9.71 \times 10^{-10}$
盛土天端	試験盛土の撤去中、撤去後 (2021年8年半ば～2021年12月上旬)	$2.56 \times 10^{-11} \sim 3.84 \times 10^{-11}$	$3.02 \times 10^{-11} \sim 3.96 \times 10^{-10}$
	試験盛土完成後の維持管理時 (2017年9月～2021年8月上旬)	$2.50 \times 10^{-11} \sim 9.43 \times 10^{-11}$	$2.24 \times 10^{-11} \sim 1.01 \times 10^{-9}$



4. 飯舘村長泥地区における農地造成実証事業 (環境再生事業)

飯舘村長泥地区における農地造成実証事業(環境再生事業)の概要

- 除去土壌を用いて農地を造成し、安全性等の確認を行う実証事業。
(飯舘村内の除去土壌を活用し、異物除去等の工程を経て再生資材化)
- 地元住民、有識者等を構成委員(事務局：環境省・飯舘村)とする協議会を設置し、2024年3月までに16回開催。協議会の御意見等を事業に反映。

【事業の経緯】

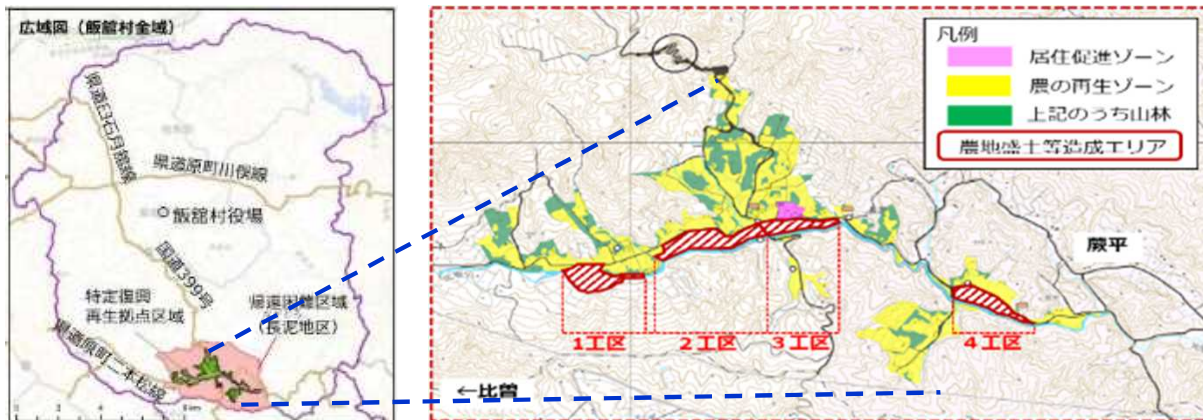
- 2018年より飯舘村長泥地区の農地造成実証事業(環境再生事業)を開始。
- 2021年4月に、農地のかさ上げ材として除去土壌を用いる4つの工区(約22ha)のうち2・3・4工区において、大規模な農地盛土造成に着手。
- 2023年4月に、2工区、3工区については、除去土壌を用いた盛土と一層目の覆土が概ね完了。今後は、作土による二層目の覆土等を実施予定。
- 2023年5月に、4工区については、盛土が完了。
(除去土壌を用いた盛土と作土等による覆土を含む)
- 1工区は工事発注に向けた調査・設計を実施中。

◆事業の位置付け

飯舘村特定復興再生拠点区域復興再生計画(平成30年4月20日 内閣総理大臣認定)

環境省による環境再生事業の展開を図るために必要な用地として一部を活用し、実証事業により安全性を確認した上で、造成が可能な農用地等については、再生資材で盛土した上で覆土することで、農用地等の造成を行い、農用地等の利用促進を図る。

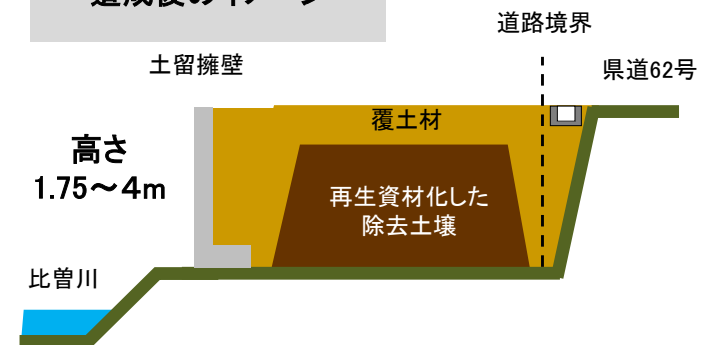
【飯舘村長泥地区】



飯舘村長泥地区
2工区、3工区農地盛土造成状況



造成後のイメージ



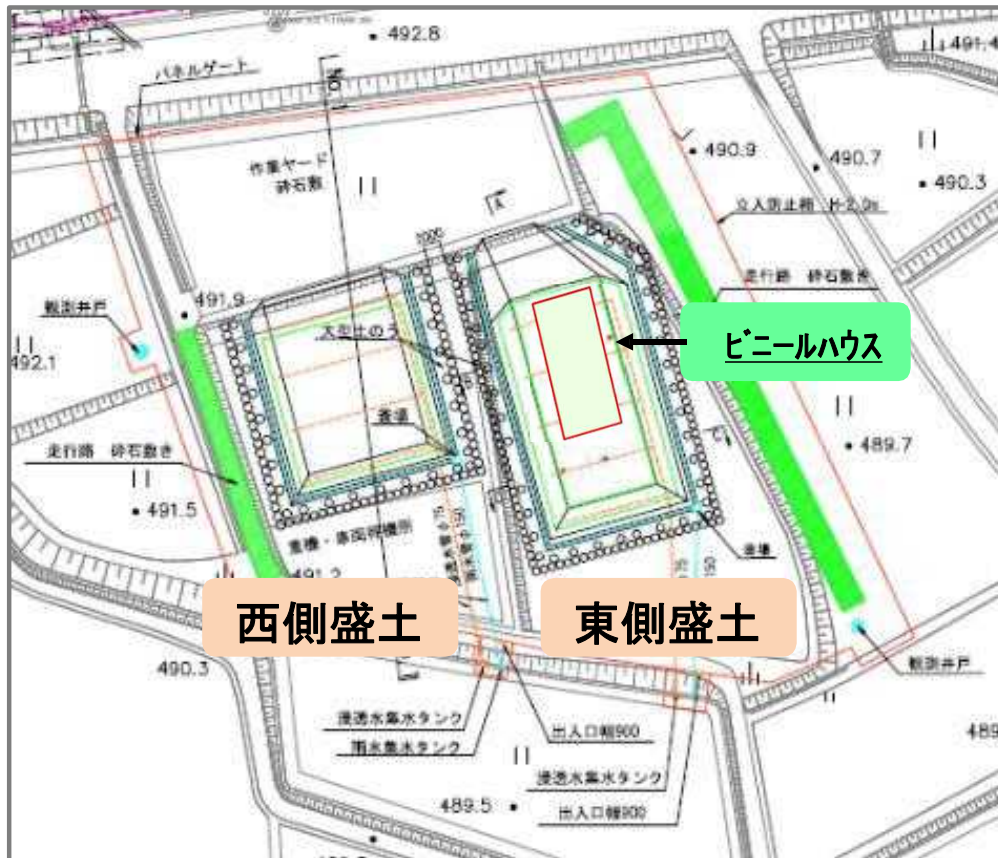
再生資材化工程



栽培実験の概要について

2工区内に2つの盛土を造成し、食用作物、花き類及び資源作物等の栽培実験を行い、放射性セシウムの移行等に関する科学的知見を得ると共に、また、覆土材の有無による安全性や生育性の比較を行った。

なお、盛土は2022年3月に撤去。



栽培実証ヤード全体平面図

覆土材: 厚さ50cmで再生資材を被覆

再生資材: 厚さ90cm(西側)、150cm(東側)

栽培実証ヤード断面図

西側盛土 (19.3m × 15.1m)

- 3区画でジャイアントミスカンサスを継続栽培 (2019年6月より栽培)
- 9区画で、単年度で収穫できる下記の食用作物及び花き類を選定し栽培

作目) [春～夏] カブ、キュウリ、ズッキーニ等
 [秋～冬] レタス、ダイコン等
 [春～冬] アジサイ、リンドウ(花き)

東側盛土 (26.4m × 11.3m)

- ビニールハウスにおいて、花き類を栽培
 品種) トルコギキョウ、カスミソウ等
- 盛土南側に再生資材のみのほ場を設置し、覆土材の有無による安全性や生育性を比較 (覆土あり、覆土なしの区画を設定)

作目) キャベツ、インゲン、サツマイモ

《再生資材の平均放射能濃度》

西側盛土: 2,400Bq/kg (再生資材 281m³)

東側盛土: 2,100Bq/kg (再生資材 521m³)

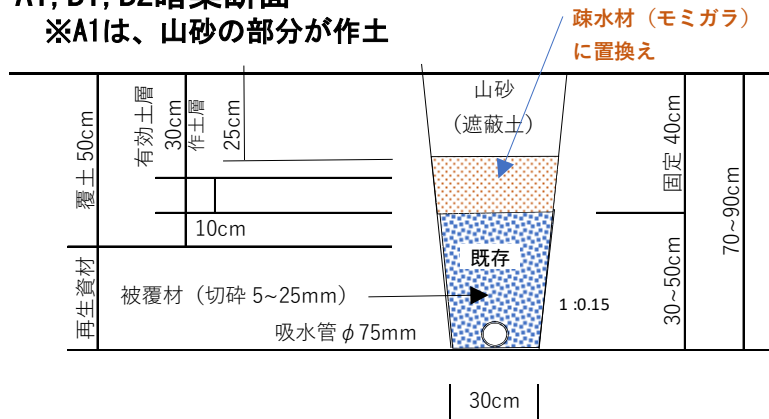
2023年度2工区水田試験エリア①での試験

○水田試験エリア①（2工区）

- 難透水層をモミガラに置換え透水性を改善し、3年目の水田試験を実施。稲わらすき込み回数の違いの検証も行った。（下図中のB1、B2）
- 難透水層をモミガラ置換えや弾丸暗渠を施工することで透水性を改善し、令和3年度、令和4年度に水田として使用した区画を畑地に転換。排水性の良否、作物の生育上の問題点等の試験を行った。栽培作物は、ダイズ、飼料用トウモロコシを選定。（下図中のA1、A2）

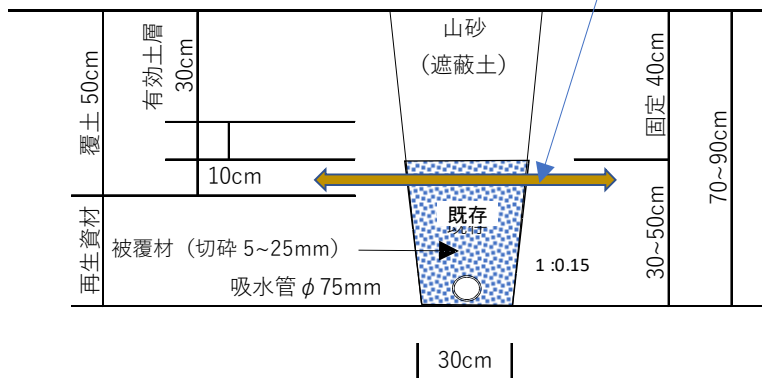
A1, B1, B2暗渠断面

※A1は、山砂の部分が作土



A2暗渠断面

弾丸暗渠 (モミガラ入)



水田試験エリア①平面図



A2 トウモロコシ



A1 トウモロコシ



A2 ダイズ



A1 ダイズ



B2, B1水稻

生育状況写真
(2023年7月)

作物	選定理由/提案品種
ダイズ	<ul style="list-style-type: none"> • 大豆は湿害により発芽率が低下する作物。水はけ改善の効果の確認に適。 • 品種は、福島県で収量・品種特性に優れ、生産増加中の「里のほほえみ」。
飼料用トウモロコシ	<ul style="list-style-type: none"> • 家畜飼料としての需要が増大。様々な支援策。安定的に高い収益性。 • 長泥行政区長はじめ多くの住民から、栽培の要請。 • 品種は、収穫量と収穫時水分安定性の観点から「ゴールドデントKD641」。

2023年度4工区水田試験エリア②での試験

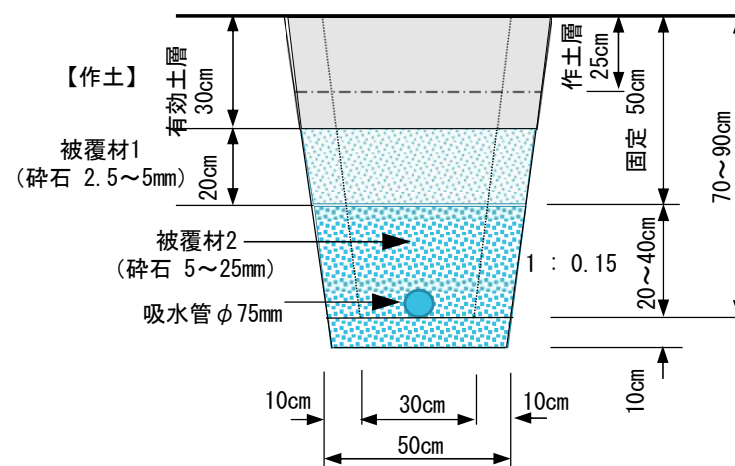
○水田試験エリア②（4工区）

水田における機能を確認するため、盛土が完了した実用規模の水田において改良した暗渠構造及び配置により試験を実施。

水田試験エリア②平面図



暗渠断面



- : 暗渠 (吸水管)
- : 暗渠 (集水管)
- : 水閘



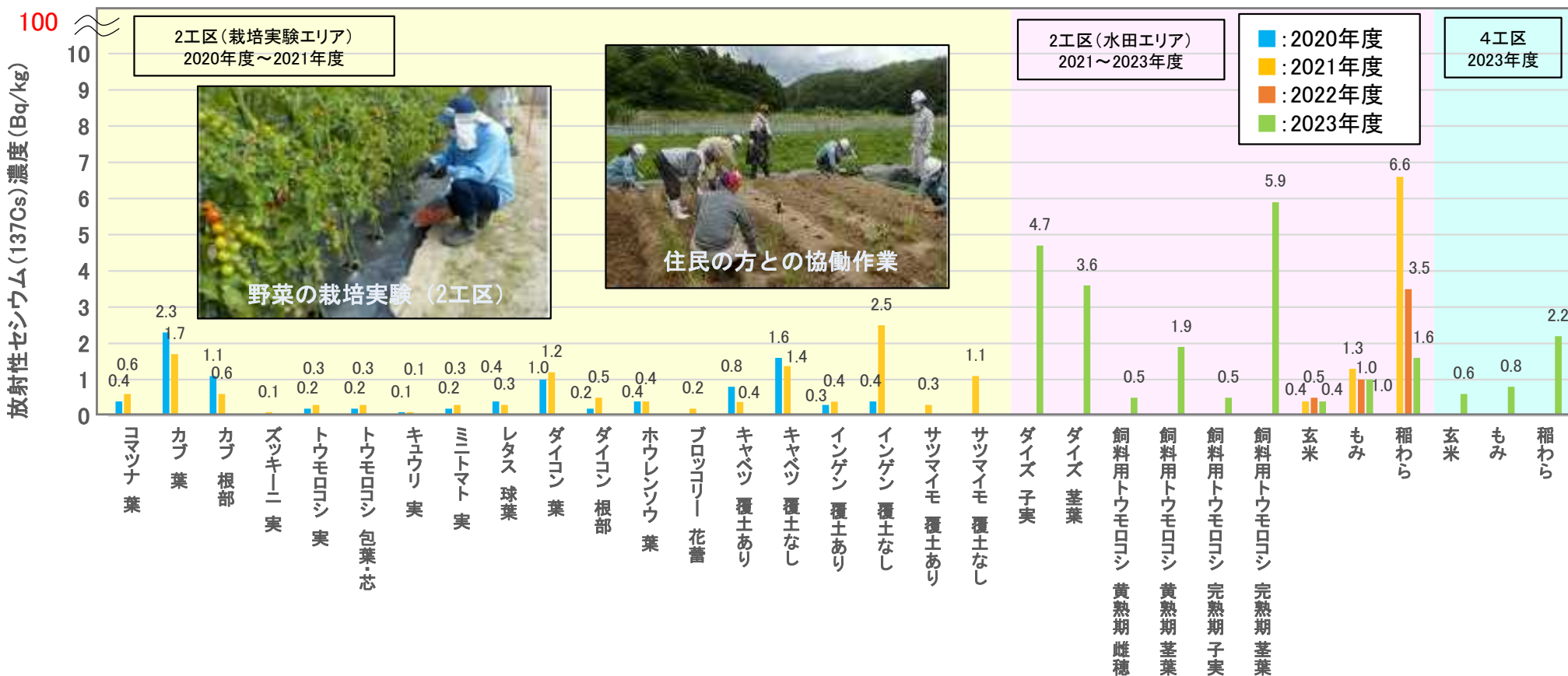
地元住民と共同で植付け作業
(2023年5月23日)



生育状況
(2023年9月6日)

栽培作物の放射能濃度

収穫した食用作物の放射性セシウム濃度を測定した結果、0.1～4.7Bq/kgであり、一般食品の放射性セシウム濃度の基準である100Bq/kgを大きく下回った。



本データの放射能濃度は、ゲルマニウム半導体検出器(※)を用いて測定。

※福島県の緊急時環境放射線モニタリングの分析手順では、測定時間2,000秒、検出下限値を概ね5～10Bq/kgとしているが、上記は、測定時間54,000秒、検出下限値を0.05～1.4Bq/kgで測定。

- 上記作物のうち、ダイズ子実と飼料用トウモロコシ完熟期子実は水分15%の重量で換算、ダイズ茎葉と飼料用トウモロコシ完熟期茎葉は水分0%の重量で換算。
- 玄米・もみは、含水率15%換算値、稲わらは乾物(水分0%)換算値。
- 玄米、もみは、農産物規格規定(平成十三年二月二十八日 農林水産省告示第二百四十四号)を参照し水分15%とし、稲わらは水分0%とした。
- その他は、収穫時の水分の重量で計測。

令和5年度 2工区・4工区での水田試験結果(1)

第5回再生利用WG資料2—1 抜粋

- 現場透水性試験の結果は、いずれも基準値の範囲内。
- 地耐力試験は、「代かき時の地耐力」では基準値の範囲内だが、「耕耘、収穫時の地耐力」では一部基準値を下回る結果。
これは、測定数日前の降雨の影響で田面表面が軟弱な状態であったことに起因。確認のため、コンバインによる刈取り前に再試験を実施した。
(なお、これまで農業用機械を使った作業で問題は生じていない。)

試験項目	基準値等 (※1)	2工区 (水田試験エリア①)		4工区 (水田試験エリア②)					
		B2 (稲わらすき込み2回)	B1 (稲わらすき込み1回)	402-1 (水稻植付け、暗渠あり)		402-2 (植付けなし、暗渠なし)			
現場透水性試験	$10^{-4} \sim 10^{-5} \text{cm/sec}$	透水係数 10^{-5}cm/sec のオーダーで基準値の範囲内	透水係数 10^{-5}cm/sec のオーダーで基準値の範囲内	透水係数 10^{-5}cm/sec のオーダーで基準値の範囲内		透水係数 10^{-5}cm/sec のオーダーで基準値の範囲内			
地耐力試験 (コーン指数)	0.39N/mm ² 以上 (最小値0.2N/mm ² 以上)	<u>(耕耘、収穫時の地耐力)</u>		<u>(耕耘、収穫時の地耐力)</u>		<u>(耕耘、収穫時の地耐力)</u>		<u>(耕耘、収穫時の地耐力)</u>	
		北側 南側		北側 南側		北側 中間 南側		北側 中間 南側	
		0cm	0.06 0.06	0cm	0.06 0.06	0cm	0.06 0.06 0.06	0cm	0.06 0.06 0.06
		5cm	0.08 0.13	5cm	0.17 0.13	5cm	0.67 0.59 0.54	5cm	0.49 0.54 0.54
10cm	0.08 0.13	10cm	0.16 0.12	10cm	0.53 0.62 0.57	10cm	0.75 0.77 0.56		
15cm	0.11 0.43	15cm	0.14 0.17	15cm	0.48 0.47 0.46	15cm	0.56 0.56 0.55		
20cm	0.76 0.78	20cm	0.78 0.79	平均	0.44 0.43 0.41	平均	0.46 0.48 0.37		
25cm	0.78 0.78	25cm	0.78 0.78						
平均		平均							
(0~15cm)	0.08 0.19	(0~15cm)	0.13 0.12						
(10~25cm)	0.43 0.53	(10~25cm)	0.42 0.47						
<u>(代かき時の地耐力)</u>		<u>(代かき時の地耐力)</u>		<u>(代かき時の地耐力)</u>		水稻植付けをしなかったため、湛水状態の計測なし。			
北側 南側		北側 南側		北側 中間 南側					
15cm	0.00 0.00	15cm	0.00 0.00	15cm	0.06 0.06 0.11				
20cm	0.04 0.02	20cm	0.04 0.06	20cm	0.20 0.25 0.33				
25cm	0.19 0.12	25cm	0.51 1.03	25cm	0.28 0.30 0.37				
30cm	1.05 1.92	30cm	0.66 1.03	30cm	0.31 0.33 0.37				
平均	0.32 0.51	平均	0.30 0.53	平均	0.21 0.24 0.29				

*1:農林水産省 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説、計画「ほ場整備(水田)」(案)
:「最小透水土層の透水係数が、 $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{cm/s}$ の範囲にあることが望ましい。」地耐力試験結果は0.39以上が目標、最小値は0.2以上であること。」



5/12 施肥・耕うん



5/17 代かき



5/23 植付け



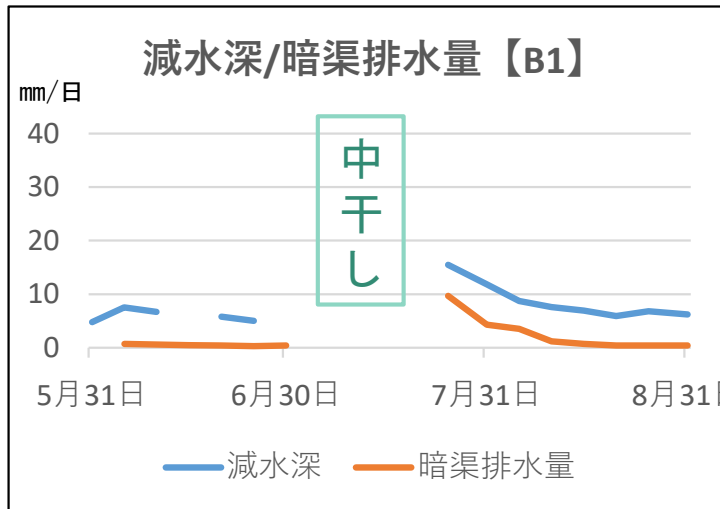
7/19 中干しによる
田面亀裂の様子

※402-1区画の作業状況

2023年度 2工区・4工区での水田試験結果(2)

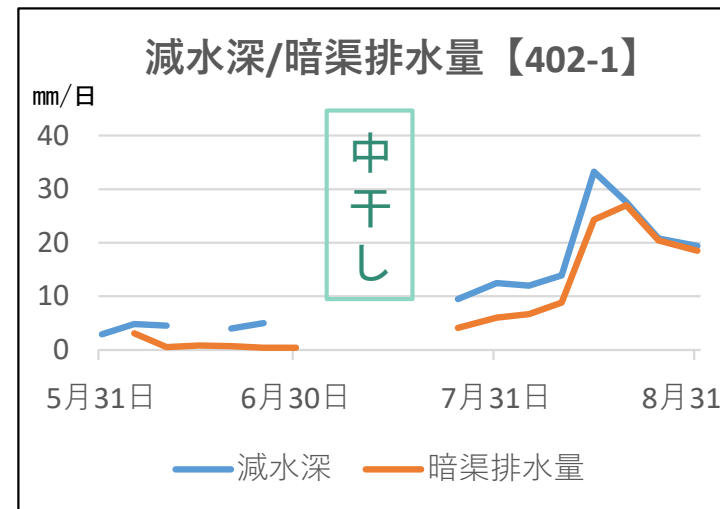
- 2工区のB1、B2における中干し後の排水性は、**減水深の基準値内まで改善されていることを確認**。亀裂の目詰まりにより徐々に排水効果減少。亀裂の効果を持続させるための検討が必要（例えば、**間断灌漑**など）。
- 4工区では、中干しによる亀裂の発達が良く、**減水深の基準を上回る効果を確認**。水閘の開度調節による減水深の制御を実施

※「減水深：10-20mm/日（福島県水田土壌改良基準）、全国平均18mm/日」「暗渠排水量 20-30mm/日（農水省目標値）」



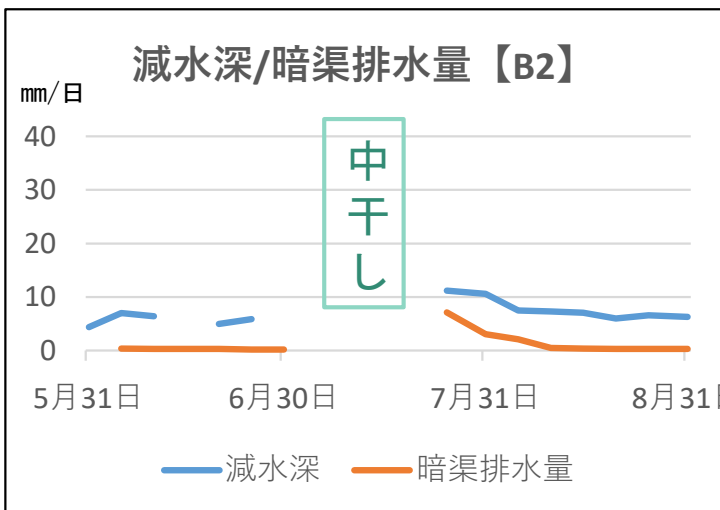
【中干し前】
(減)6mm
(暗)0.4mm
ほぼ一定。

【中干し後】
● 中干し直後、排水性改善。
(減)15.5mm
(暗)9mm
● その後徐々に減少。



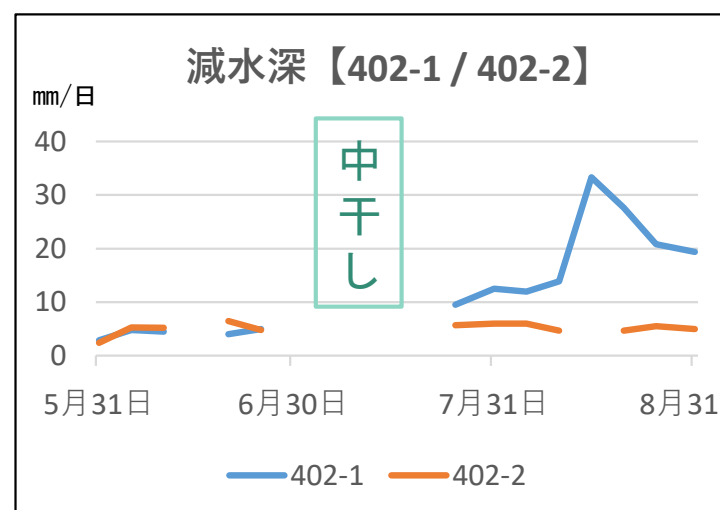
【中干し前】
(減)5mm
(暗)0.6mm
ほぼ一定。

【中干し後】
● 水閘1-2cm開で制御。
● (減)10-30mmの維持が可能。



【中干し前】
(減)6mm
(暗)0.4mm
ほぼ一定。

【中干し後】
● 中干し直後、排水性改善。
(減)11.2mm
(暗)7mm
● その後徐々に減少。



【中干し前】
402-1（暗渠あり）
402-2（暗渠なし）
の両区画とも、
減水深は5mm程度

【中干し後】
● 402-2は、中干し前と同程度。

令和5年度2工区での転換畑試験結果

第5回再生利用WG資料2—1 抜粋

①排水性改良の効果検証

- 現場透水性試験: 10^{-4} cm/secオーダーの透水係数も得られ、昨年度 (10^{-5} cm/sec) と比較して透水性は改善傾向
- 地耐力試験 : 水田における地耐力基準 (最小値 0.2N/mm^2 以上) を満足 (刈取りに汎用コンバインの使用が可能)
- 暗渠排水量 : A1については、畑における暗渠排水量の基準 ($10\sim 50\text{mm/日}$) を満足
- 地表面排水 : A1,A2ともに地表面排水は、1日以内排除を満足



暗渠被覆材直上部の難透水層をモミガラに置換え、あるいは弾丸暗渠設置による排水性の改良について効果を確認

試験項目	基準等 (※1)	A2 [山砂 (遮へい土)] (弾丸暗渠)	A1 [水田土壌] (暗渠改修/モミガラ)
現場透水性試験	—	(北側) 3.1×10^{-5} cm/sec (南側) 5.4×10^{-4} cm/sec	(北側) 5.0×10^{-5} cm/sec (南側) 3.5×10^{-4} cm/sec
地耐力試験	—	(北側) 0.21 N/mm ² (南側) 0.23 N/mm ² ※深さ10-25cm平均	(北側) 0.27 N/mm ² (南側) 0.25 N/mm ² ※深さ10-25cm平均
暗渠排水量	(畑) 10-50 mm/日	2~4mm/日 ※ 総雨量 (2日~4日間雨量) が50mmを超えた場合の、暗渠排水量を畑面の水位変化として表示。	12~21mm/日
地表面排水	1日以内	地表面残留水は、1日以内で排除を確認	

* 農林水産省 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説、計画「暗渠排水」、技術書
9. 計画暗渠排水量の基準値、表9-1
「計画暗渠排水量 畑: $10\sim 50\text{mm/日}$ 」「畑: 地表水1日以内排除」

②転換畑作物の生育状況(1年目)

- ダイズ及びトウモロコシともに現地の生育状況から順調と考えている(基準等はなし)。
- 福島県相双農林事務所と協同で生育調査を実施中。(収穫量調査も実施予定)

※ ダイズは、A1,A2とも同程度の生育状況。
※ トウモロコシは、A1,A2に生育差があったが、子実の数、大きさは、同程度の生育状況。



9/12 トウモロコシ(A2)



9/12 トウモロコシ(A1)



8/31 ダイズ(A2)



8/31 ダイズ(A1)



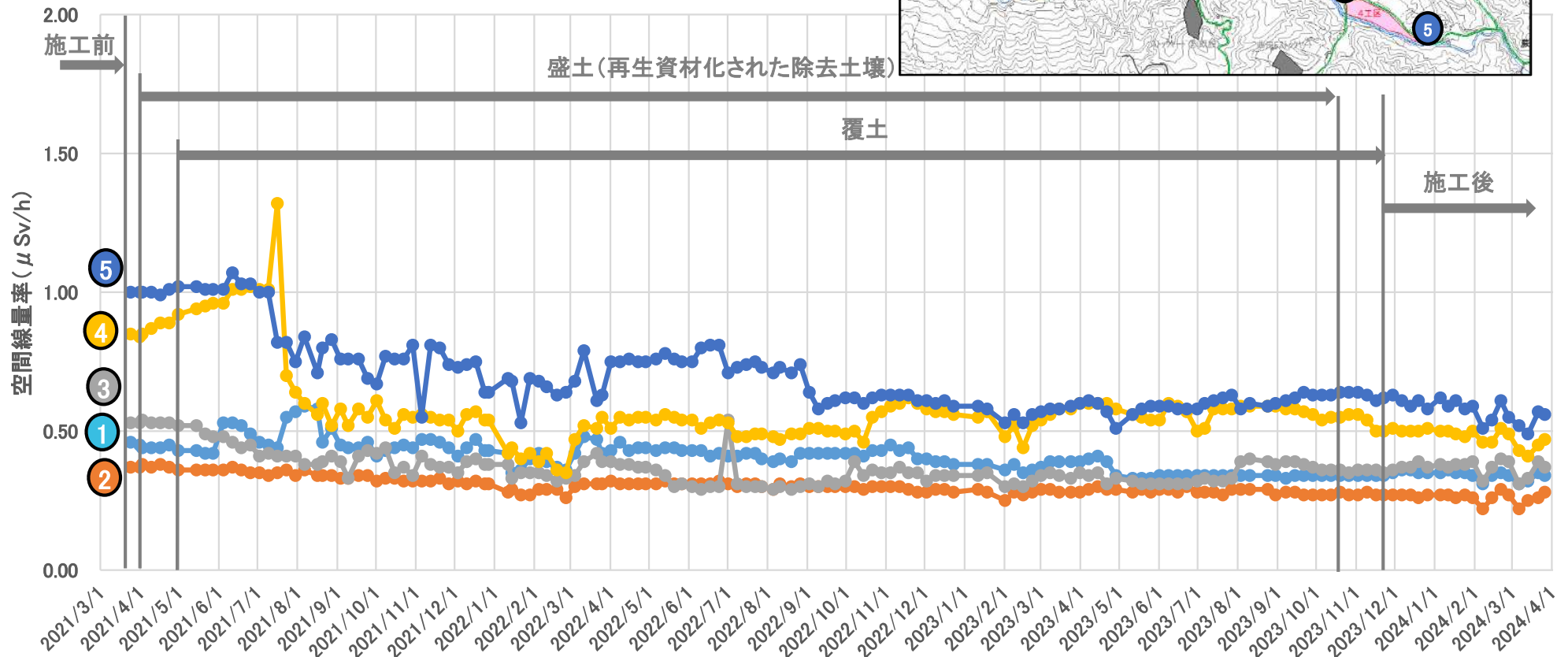
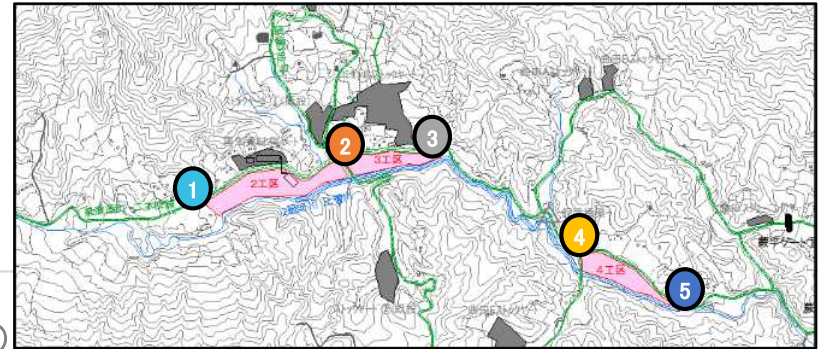
8/31 トウモロコシ子実生育状況



9/5 ダイズ着莢状況

空間線量率測定

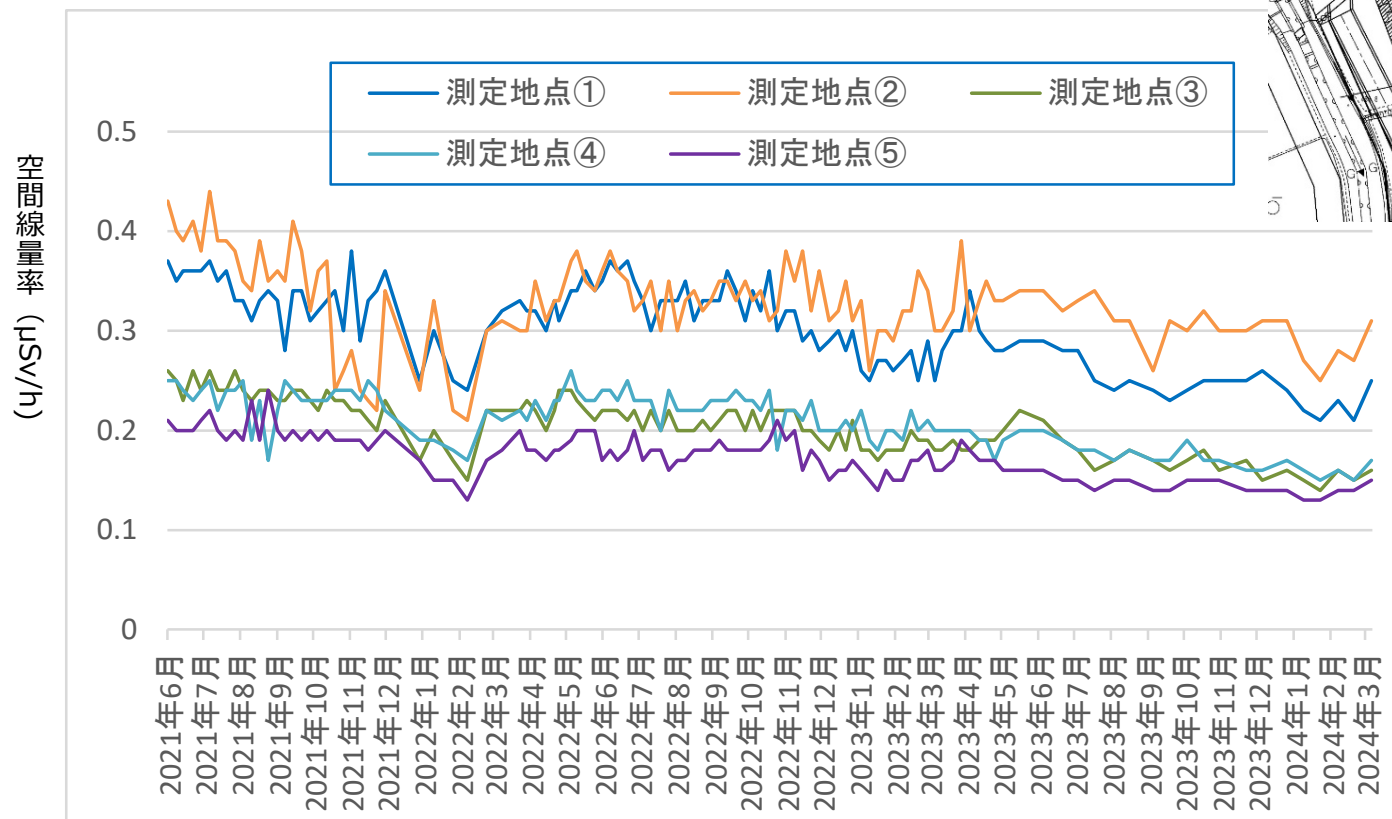
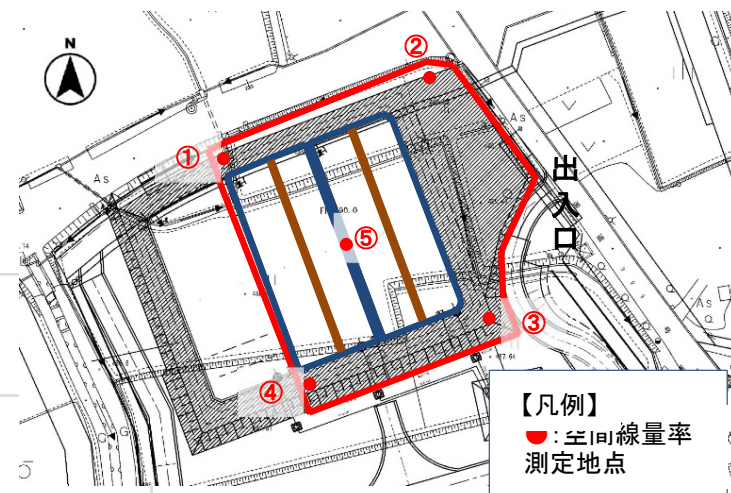
○施工前、施工中及び施工後における境界部の空間線量率は、0.22～1.32 μ Sv/hで推移したが、施工後は施工前の数値以下で推移。



測定位置		測定期間	測定頻度	測定結果
周辺環境	施工前	2021年3月24日～2021年3月28日	1回/週	0.37～1.00 μ Sv/h
	施工中	2021年3月29日～2023年11月21日		0.25～1.32 μ Sv/h
	施工後	2023年11月22日～2024年3月26日		0.22～0.63 μ Sv/h

水田試験時の空間線量率

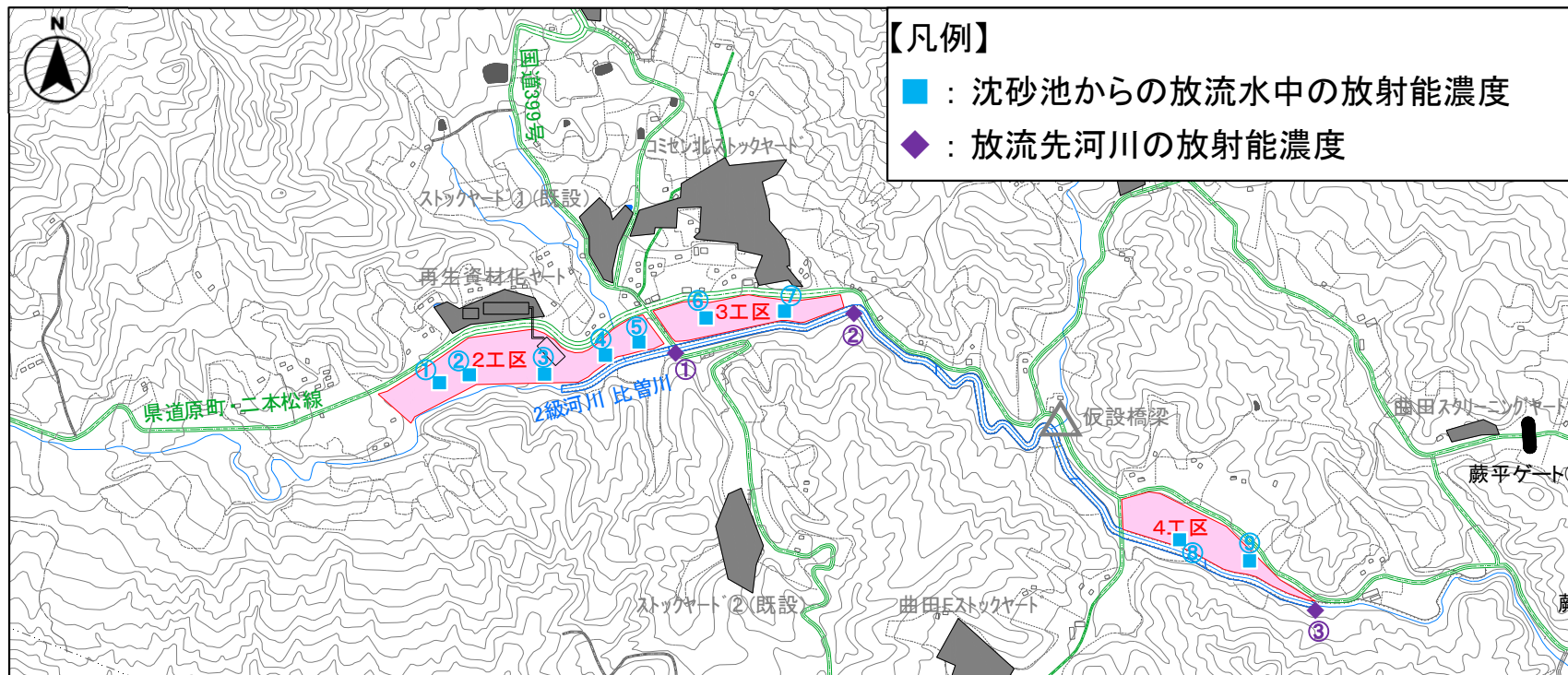
○水田試験を実施している期間における空間線量率は、
0.13~0.44 $\mu\text{Sv/h}$ で推移。



主な測定項目	測定期間	結果の概要	測定頻度
空間線量率	2021年6月17日~2024年3月22日	0.13~0.44 $\mu\text{Sv/h}$ の範囲であった。	週1回、2023年6月以降月2回

放流水中の放射能濃度①

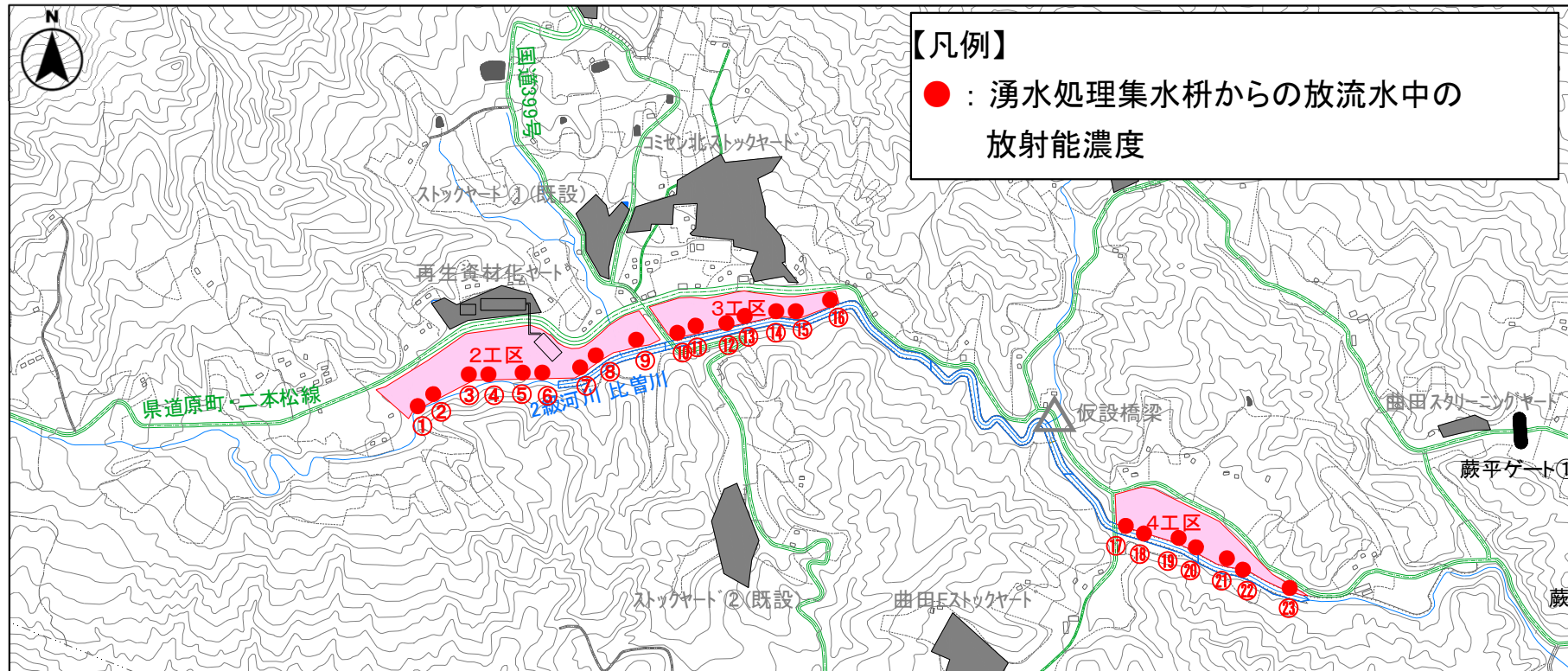
○農地造成している期間における沈砂池(盛土に設置)からの放流水中の放射能濃度を測定し、安全性を確認している。



主な測定項目	測定期間	結果の概要	測定頻度
沈砂池からの放流水中の放射能濃度	2021年4月1日～2024年3月26日	測定データの約97%が検出下限値(1Bq/L)未滿。検出されたデータの最大値は19Bq/Lであり、基準(Cs134の濃度(Bq/L)/60(Bq/L)+Cs137の濃度(Bq/L)/90(Bq/L)≤1)を下回った。	放流の都度
放流先河川の放射能濃度	2021年4月27日～2024年3月5日	全て検出下限値(1Bq/L)未滿であることを確認した。	月1回

放流水中の放射能濃度②

○農地造成している期間における湧水処理集水枡(擁壁と河川の間)に設置された集水枡からの放流水中の放射能濃度を測定し、安全性を確認している。



主な測定項目	測定期間	結果の概要	測定頻度
湧水処理集水枡からの放流水中の放射能濃度	2021年12月1日～2024年3月25日	測定データの約99%が検出下限値(1Bq/L)未滿。検出されたデータの最大値は7.7Bq/Lであり、基準(Cs134の濃度(Bq/L)/60(Bq/L)+Cs137の濃度(Bq/L)/90(Bq/L)≤1)を下回った。	週1回

地下水中の放射能濃度

○農地造成している期間における地下水中の放射能濃度を測定し、安全性を確認している。



主な測定項目	測定期間	結果の概要	測定頻度
地下水監視孔(井戸)中の放射能濃度	2022年2月15日 ~ 2024年3月5日	測定データの約99%は検出下限値(1Bq/L)未滿。検出されたデータの最大値は2.6Bq/Lであり、基準(Cs134の濃度(Bq/L)/60(Bq/L)+Cs137の濃度(Bq/L)/90(Bq/L)≤1)を下回った。	月1回

空气中的放射能濃度

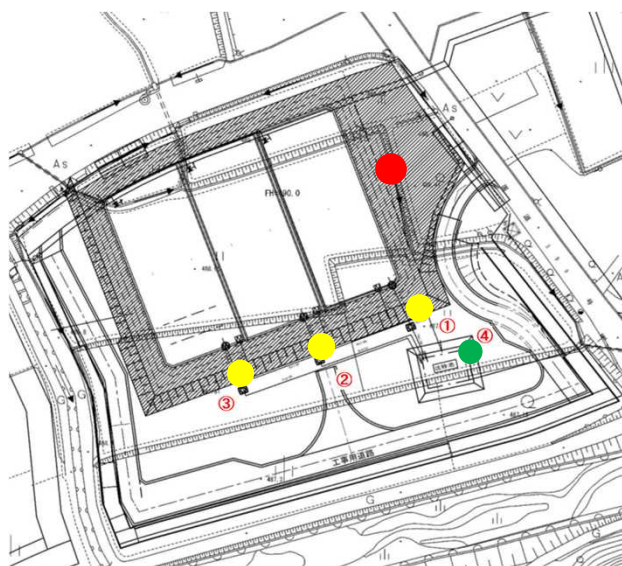
○農地造成している期間における空气中的放射能濃度を測定し、安全性を確認している。



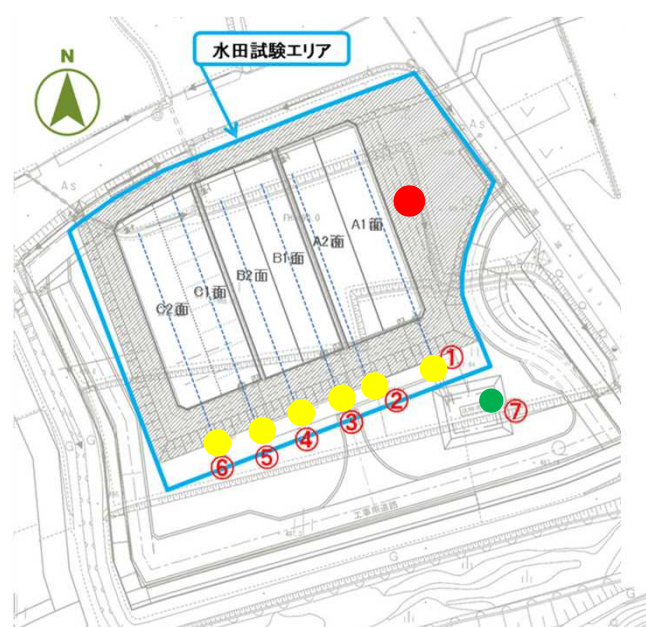
主な測定項目	測定期間	結果の概要	測定頻度
空气中的放射能濃度	2021年9月22日～2024年3月19日	全て検出下限値 (Cs134: 1.0×10^{-7} Bq/cm ³ , Cs137: 1.0×10^{-7} Bq/cm ³) 未満であることを 確認した。	月1回

水田試験時の放流水中の放射能濃度と空気中の放射線濃度

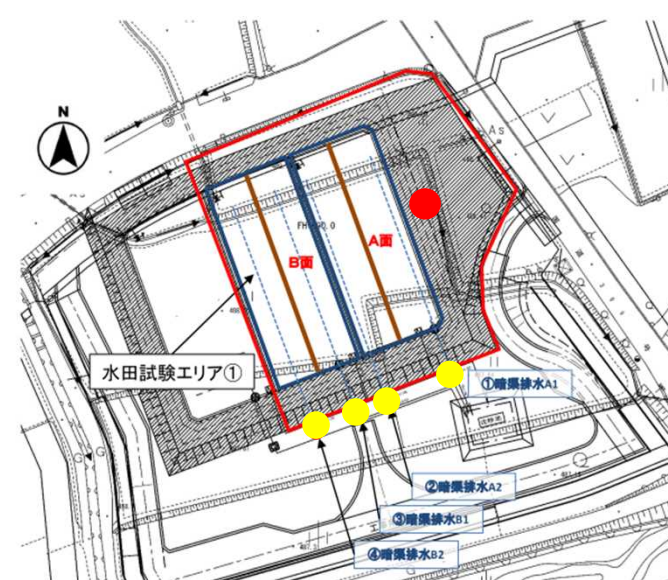
○水田の試験を実施している期間における沈砂池からの放流水、暗渠排水、空気中の放射能濃度を測定し、安全性を確認している。



2021年度測定場所



2022年度測定場所



2023年度測定場所

【凡例】

● : 沈砂池からの放流水中の放射能濃度 ● : 暗渠排水中の放射能濃度 ● : 空気中の放射能濃度 --- : 再生資材盛土部に設置した有孔埋設管

主な測定項目	測定期間	結果の概要	測定頻度
沈砂池からの放流水 及び暗渠排水中 放射能濃度	2021年6月18日～2021年10月18日 2022年4月30日～2022年12月27日 2023年5月9日～2024年3月7日	全て検出下限値(1Bq/L)未満であることを確認した。	放流毎
空気中の放射能濃度	2021年6月24日～2024年3月8日	全て検出下限値未満(Cs134: 1.0×10^{-7} Bq/cm ³ 、 Cs137: 1.0×10^{-7} Bq/cm ³)であることを確認した。	月1回



5. 中間貯蔵施設内における道路盛土実証事業

道路盛土実証事業の概要

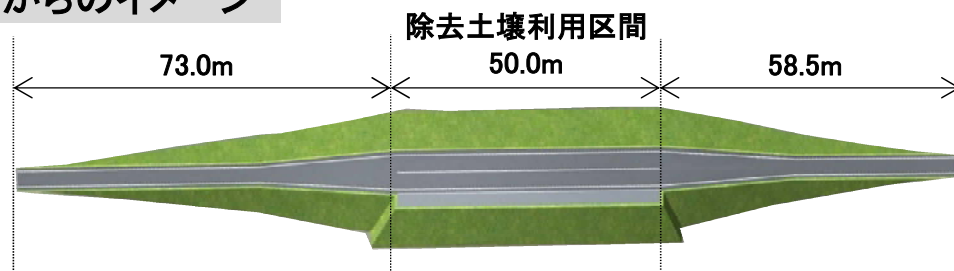
(1) 実施目的

○中間貯蔵施設用地を活用し、道路盛土への利用について実証事業を実施。放射線や沈下量等のモニタリングを通じた放射線に対する安全性や構造物の安定性のほか、走行試験を通じて使用性の確認を行った。

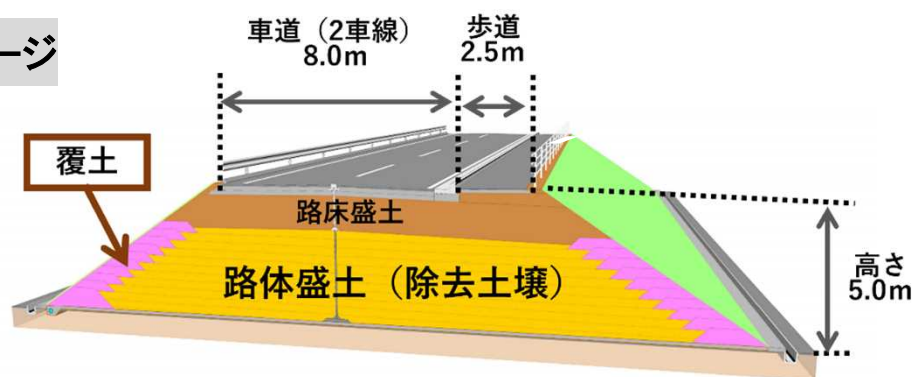
(2) 事業概要

- 実施場所 中間貯蔵施設内
- 構造物の種類 一般的な道路規格として、3種2級(交通量4千~2万台/日)の歩道付きの構造
- 放射能濃度が平均約6,400Bq/kgの除去土壌を約2,700m³使用

上方からのイメージ



構造イメージ



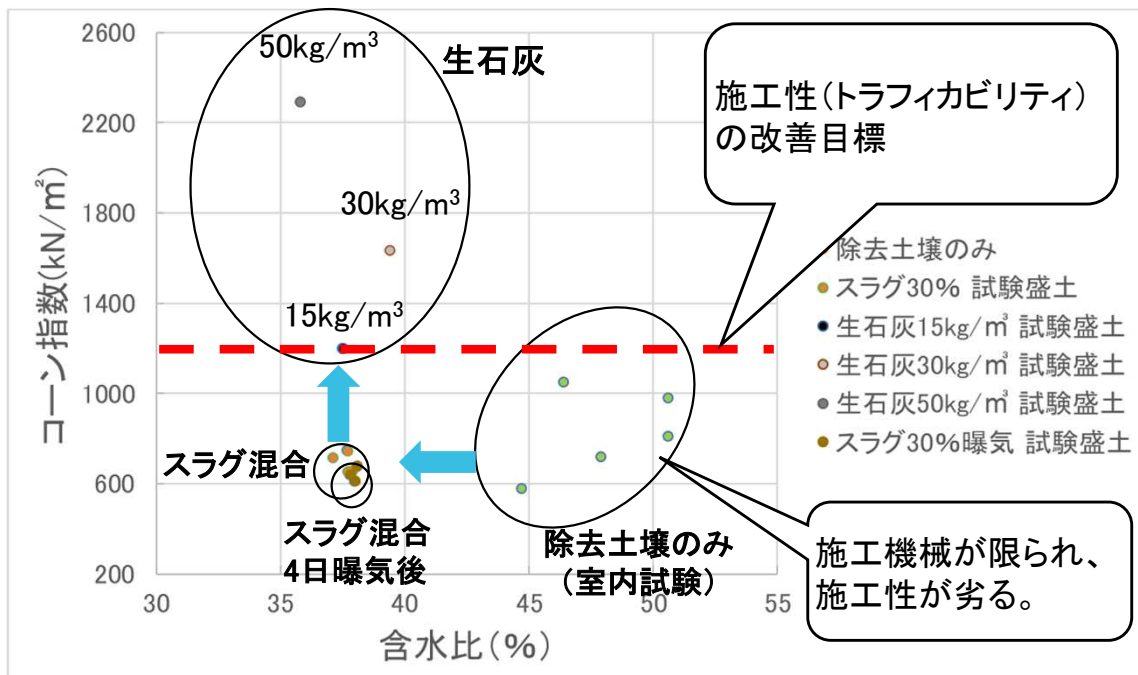
(3) 盛土の施工期間

2022年10月3日~2023年10月3日

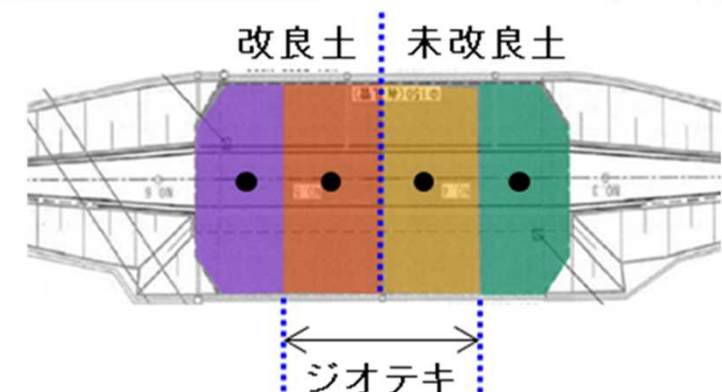
※2023年1月から2023年3月までは、除去土壌の品質調整に係る検討を実施。

品質調整

- 道路盛土実証事業では比較のため4つの区分(「改良土」、「改良土+ジオテキ」、「未改良土+ジオテキ」、「未改良土」)を設定した。
- 改良土: 施工性(トラフィカビリティ)を改善するため、コーン指数1,200kN/m²以上を目標として品質調整※を実施した除去土壌。
- 改良土+ジオテキ: 改良土をジオテキスタイルで補強。
- 未改良土+ジオテキ: 除去土壌をジオテキスタイルで補強。
- 未改良土: 除去土壌。
- ※品質調整の内容
 - ・重量比で30%のスラグ、15kg/m³の生石灰を添加。

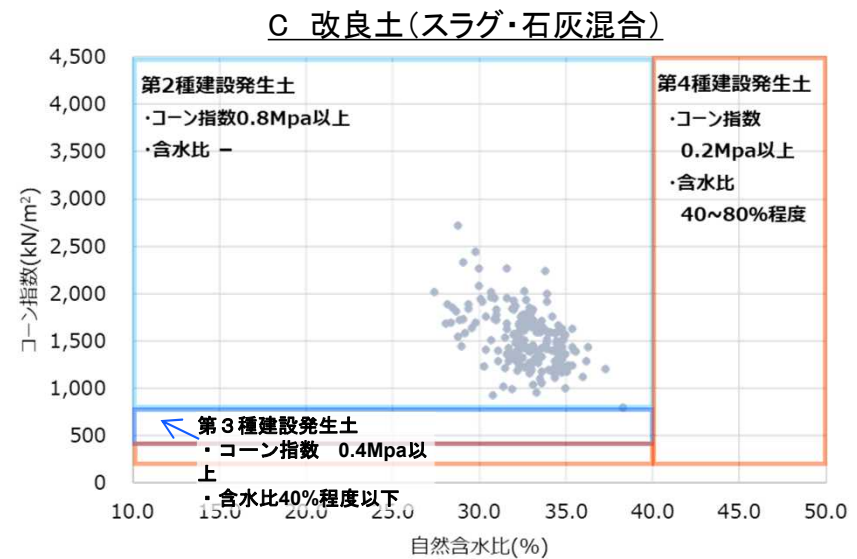
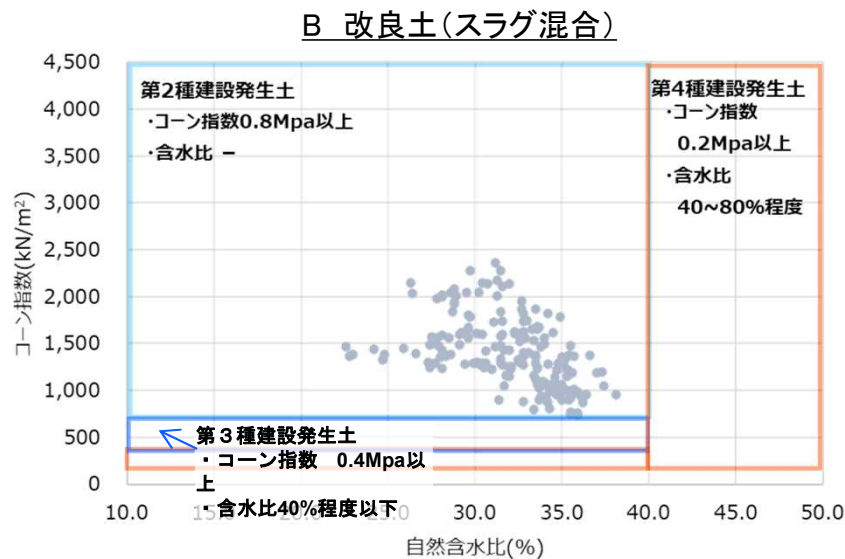
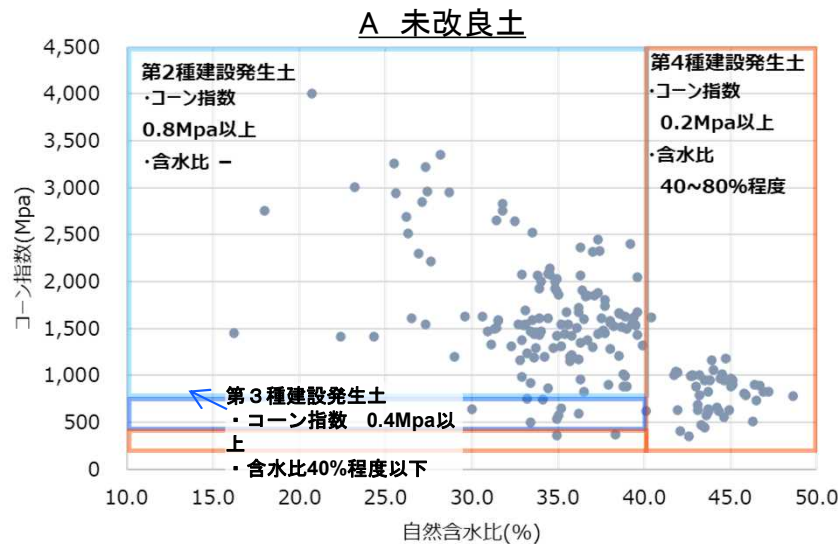


- : 改良土
- : 改良土+ジオテキ
- : 未改良土+ジオテキ
- : 未改良土
- : 沈下板設置位置



品質調整結果

- 実証盛土に使用した除去土壌と同じ土壌で、品質試験用に確保していた土壌を使用。
- この土壌を用いて、A未改良土、B改良土(スラグ混合)、C改良土(スラグ・石灰混合)それぞれ用意し、含水比とコーン指数を計測。
- 未改良土では第4種建設発生土相当の試料もみられたが、品質調整により第2種建設発生土相当に収斂。



【参考】土質区分

(出典; 道路土工—盛土工指針(平成22年度版))

解表 4-6-2 土質区分基準⁵⁾

区分 (周土交通指令) ⁵⁾	細区分 ^{2), 3), 4)}	コーン 指数 q_c ⁵⁾ (kN/m ²)	土質材料の工学的分類 ^{6), 7)}		備考 ⁸⁾	
			大分類	中分類 土質 (記号)	含水比 (測山) w_p (%)	掘削方法
第1種建設発生土 (砂、礫及びこれら に準ずるもの)	第1種	-	礫質土	礫(G), 砂礫(SG)	-	
	第1種改良土 ⁶⁾		砂質土	砂(S), 礫質砂(SG)		
第2種建設発生土 (砂質土、礫質土及 びこれらに準ずるもの)	第2a種	800 以上	礫質土	細粒分まじり礫(GP)	-	*排水に考慮するが、降水、浸出地下水等により含水比が増加すると干渉される場合は、1ランク下の区分とする。
	第2b種		砂質土	細粒分まじり砂(SF)		
	第2種改良土		人工材料	改良土(I)		
第3種建設発生土 (通常の施工性が確保される粘性土及びこれに準ずるもの)	第3a種	400 以上	砂質土	細粒分まじり砂(SF)	-	*水中掘削等による場合は、2ランク下の区分とする。
	第3b種		粘性土	シルト(II), 粘土(C)		
	第3種改良土		人工材料	改良土(II)		
第4種建設発生土 (粘性土及びこれに 準ずるもの (第3種建設発生土を除く))	第4a種	200 以上	砂質土	細粒分まじり砂(SF)	-	
	第4b種		粘性土	シルト(II), 粘土(C)		
粘土 ^{1), 4)}	粘土a	200 未満	砂質土	細粒分まじり砂(SF)	-	
	粘土b		粘性土	シルト(II), 粘土(C)		
	粘土c		高有機質土	高有機質土(Pt)		

- * 1) 国土交通省令(建設業に属する事業を行う者の再生資源の利用に関する判断の基準となるべき事項を定める省令 平成13年3月29日 国交令59号、建設業に属する事業を行う者の指定廃棄物に係る再生資源の利用の促進に関する判断の基準となるべき事項を定める省令 平成13年3月29日 国交令60号)においては区分として第1種~第4種建設発生土が規定されている。
- * 2) この土質区分基準は工学的判断に基づく基準であり、発生土が産業廃棄物であるか否かを決めるものではない。
- * 3) 表中の第1種~第4種改良土は、土(粘土を含む)にセメントや石灰を混合し化学的安定処理したものである。例えば第3種改良土は、第4種建設発生土または粘土を安定処理し、コーン指数400kN/m²以上の性状に改良したものである。
- * 4) 含水比低下、粒度調整等の物理的な処理や高分子系や無機材料による水分の土中への固定を主目的とした改良材による土質改良を行った場合には、改良土に分類されないため、処理後の性状に応じて改良土以外の細区分に分類する。
- * 5) 所定の方法でモールドに締め固めた試料に対し、コーン penetrometer で測定したコーン指数。
- * 6) 計画段階(掘削前)において発生土の区分を行う必要があり、コーン指数を求めるために必要な試料を得られない場合には、土質材料の工学的分類体系(〔註〕地盤工学会)と備考欄の含水比(測山)、掘削方法から級別の区分を決定し、掘削後所定の方法でコーン指数を測定して発生土の区分を決定する。
- * 7) 土質材料の工学的分類体系における最大粒径は75mmと定められているが、それ以上の粒径を含むものについて本基準を参照して区分し、適切に利用する。
- * 8) 砂及び礫と同等の品質が確保できているもの。
- * 9) 港湾、河川のしゅんせつに伴って生じる土砂その他これに類するものは廃棄物処理法の対象となる廃棄物ではない。(廃棄物の処理及び清掃に関する法律の施行について 昭和46年10月16日 環監43 厚生省通知)
- ・地山の掘削により生じる掘削物は土砂であり、土砂は廃棄物処理法の対象外である(建設工事等から生じる廃棄物の適正処理について 平成13年6月1日 環監276 環境省通知)
- ・建設汚泥に該当するものについては、廃棄物処理法に定められた手続きにより利用が可能となる。

解表 4-6-3 道路盛土等の適用用途標準⁹⁾

区分	適用用途		工物物の埋戻し		土木構造物の裏込め		道路用盛土	
	評価	留意事項	評価	留意事項	路床		路体	
					評価	留意事項	評価	留意事項
第1種建設発生土 (砂、礫及びこれらに準ずるもの)	第1種	礫質土	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意
		砂質土	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意	◎	最大粒径注意 粒度分布注意
第2種建設発生土 (砂質土、礫質土及びこれらに準ずるもの)	第2種改良土	改良土	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意
		礫質土	◎	最大粒径注意 細粒分含有率注意	◎	最大粒径注意 細粒分含有率注意	◎	最大粒径注意
		砂質土	◎	最大粒径注意 細粒分含有率注意	◎	最大粒径注意 細粒分含有率注意	◎	最大粒径注意
第3種建設発生土 (通常の施工性が確保される粘性土及びこれらに準ずるもの)	第3種改良土	改良土	◎		◎		◎	
		砂質土	○		○		○	施工機械の選定注意
第4種建設発生土 (粘性土及びこれらに準ずるもの)	第4種改良土	改良土	○		○		○	施工機械の選定注意
		砂質土	○		○		○	施工機械の選定注意
		粘性土	△		△		△	
粘土	粘土a	改良土	△		△		△	
		砂質土	△		△		△	
		粘性土	△		△		△	

- ◎: そのままで使用が可能なもの。留意事項に使用時の注意事項を示している。
- : 適切な土質改良(含水比低下、粒度調整、付加機能・補強、安定処理等)を行えば使用が可能なもの。
- △: 評価が○のものと比較して、土質改良にコスト及び時間により必要なもの。
- ×: 良質土との混合等を行わない限り土質改良を行っても使用が不適なもの。

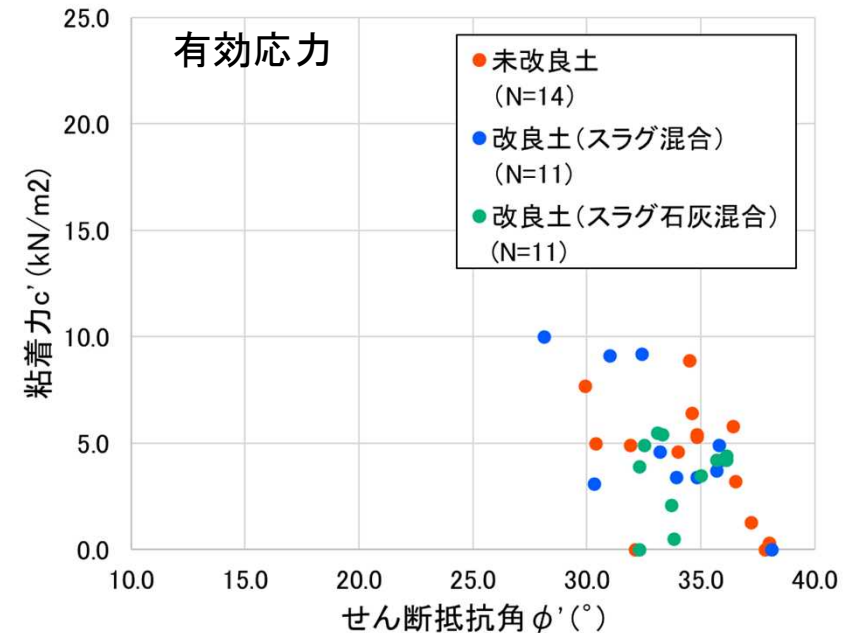
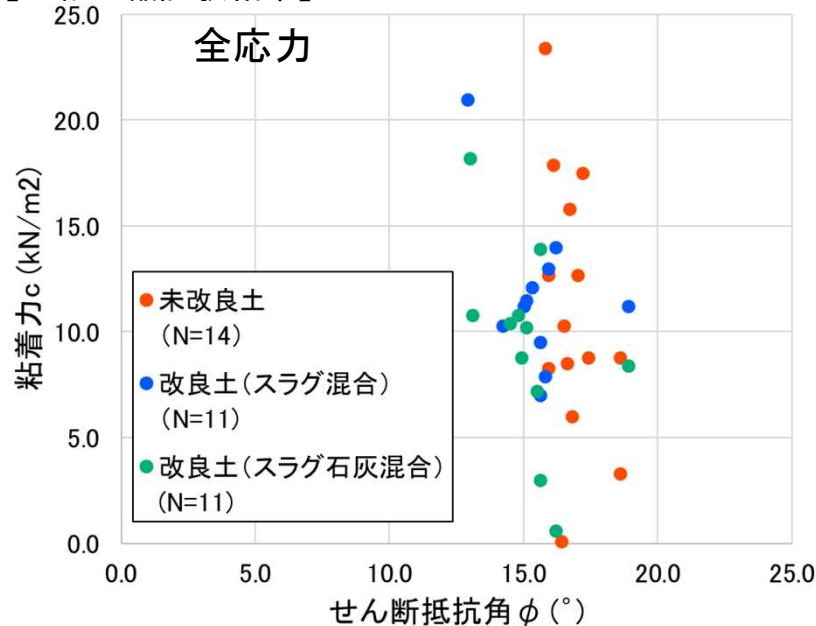
土質改良の定義
 含水比低下: 水切り、天日乾燥、水位低下掘削等を用いて、含水比の低下を図ることにより利用可能となるもの。
 粒度調整: 利用場所や目的によっては細粒分あるいは粗粒分の付加やふるい選別を行うことで利用可能となるもの。
 機能付加・補強: 固化材、水や軽質材等を混合することにより発生土に流動性、塑性等の付加価値を付けることや、補強材等による発生土の補強を行うことにより利用可能となるもの。
 安定処理等: セメントや石灰による化学的安定処理や高分子系の無機材料による水分の土中への固定を主目的とした改良材による土質改良を行うことにより利用可能となるもの。

- 留意事項**
- 最大粒径注意: 利用用途先の材料の最大粒径、または1層の仕上げり厚さが規定されているもの。
 - 細粒分含有率注意: 利用用途先の細粒分含有率の範囲が規定されているもの。
 - 粒度分布注意: 浸出液や土粒子の流出等の点で問題があり、利用場所や目的によっては粒度分布に注意を要するもの。
 - 施工機械の選定注意: 選定圧等の点で問題があるため、掘削等の施工機械の接地圧に注意を要するもの。

三軸圧縮試験結果

- 試験の種類 : CU-bar試験。
- 締固め度90%となる密度に再構成した供試体により試験を実施
- 三軸圧縮試験の結果、粘着力 c 、 c' 及びせん断抵抗角 ϕ 、 ϕ' の中央値は以下の通りであった。
 【粘着力 c 】: 未改良土9.6 (kN/m²)、改良土(スラグ混合)11.2(kN/m²)、改良土(スラグ石灰混合)10.2(kN/m²)
 【せん断抵抗角 ϕ 】: 未改良土16.7°、改良土(スラグ混合)15.6°、改良土(スラグ石灰混合)15.1°
 【粘着力 c' 】: 未改良土5.0(kN/m²)、改良土(スラグ混合)4.2(kN/m²)、改良土(スラグ石灰混合)4.2(kN/m²)
 【せん断抵抗角 ϕ' 】: 未改良土34.7°、改良土(スラグ混合)33.9°、改良土(スラグ石灰混合)33.7°

【三軸圧縮試験結果】



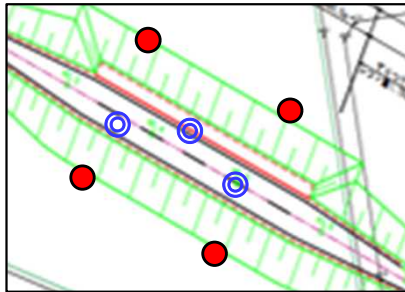
全応力	未改良土		改良土(スラグ混合)		改良土(スラグ石灰混合)	
	粘着力 c (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)	粘着力 c (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)	粘着力 c (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)
最大値	23.4	18.6	21.0	18.9	18.2	18.9
最小値	0.1	15.8	7.0	12.9	0.6	13.0
平均値	11.0	16.8	11.7	15.5	9.3	15.2
中央値	9.6	16.7	11.2	15.6	10.2	15.1
標準偏差	6.0	0.9	3.5	1.4	4.6	1.5

有効応力	未改良土		改良土(スラグ混合)		改良土(スラグ石灰混合)	
	粘着力 c' (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ' (°)	粘着力 c' (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ' (°)	粘着力 c' (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ' (°)
最大値	8.9	38.0	10.0	38.1	5.5	36.1
最小値	0.0	29.9	0.0	28.1	0.0	32.3
平均値	4.2	34.5	5.1	33.6	3.5	34.0
中央値	5.0	34.7	4.2	33.9	4.2	33.7
標準偏差	2.7	2.5	2.9	2.8	1.8	1.4

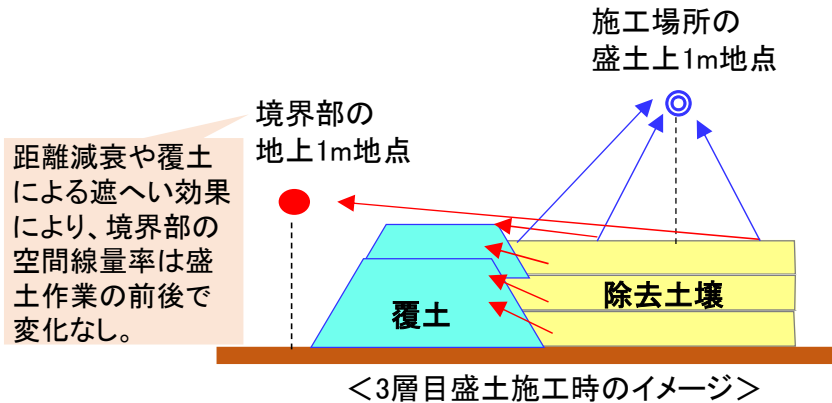
空間線量率

- 境界部の空間線量率は、施工中を含め、施工前後で $0.15 \sim 0.24 \mu\text{Sv/h}$ で推移。
- 盛土上の空間線量率は、施工中 $0.16 \mu\text{Sv/h} \sim 1.32 \mu\text{Sv/h}$ で推移したが、竣工後は施工前と同程度で推移。

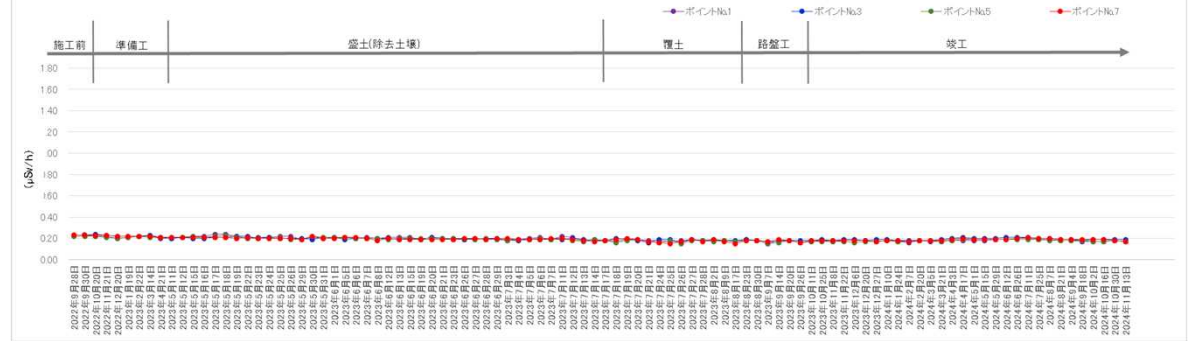
【空間線量率の測定位置】



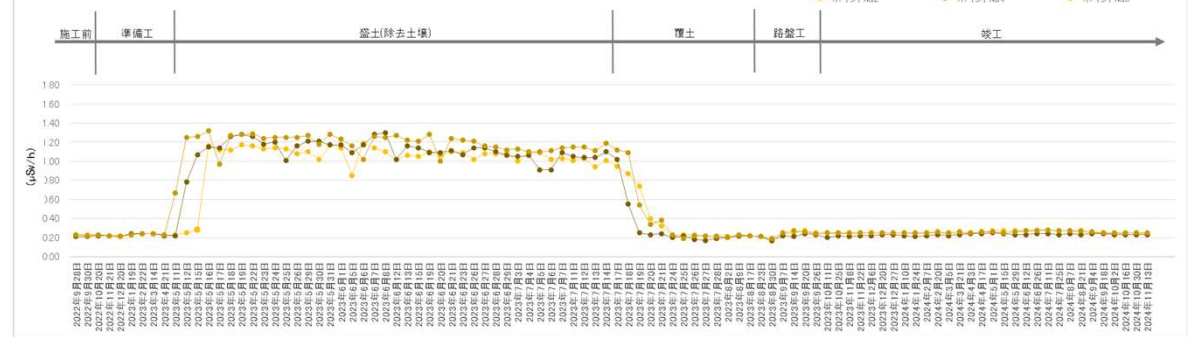
【空間線量率】
 境界部 ● 4地点
 (周辺住民を想定)
 施工場所となる盛土上
 (作業者・道路利用者を想定)
 ◎ 3地点



施工箇所の境界部(地上1m) 4箇所 ●



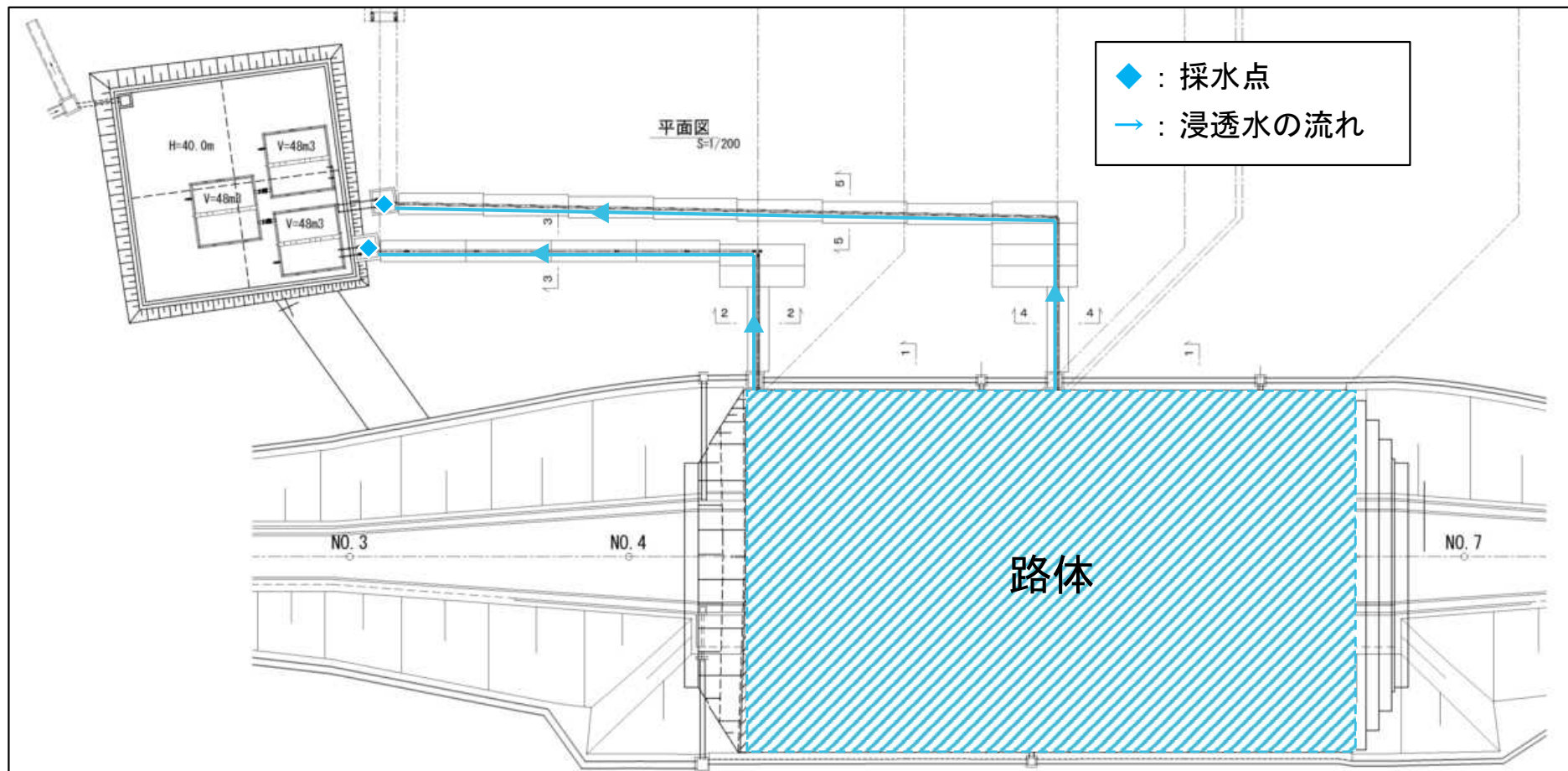
施工場所(盛土上1m) 3箇所 ◎



測定位置		測定期間	測定頻度	測定結果
境界部	施工前	2022年9月28日～2023年5月9日	1回/月	$0.20 \sim 0.23 \mu\text{Sv/h}$
	施工中	2023年5月10日～2023年10月2日	1回/日	$0.15 \sim 0.24 \mu\text{Sv/h}$
	竣工後	2023年10月3日～2024年11月13日	1回/2週	$0.16 \sim 0.21 \mu\text{Sv/h}$
盛土上	施工前	2022年9月28日～2023年5月9日	1回/月	$0.21 \sim 0.24 \mu\text{Sv/h}$
	施工中	2023年5月10日～2023年10月2日	1回/日	$0.16 \sim 1.32 \mu\text{Sv/h}$
	竣工後	2023年10月3日～2024年11月13日	1回/2週	$0.20 \sim 0.28 \mu\text{Sv/h}$

浸透水中の放射能濃度

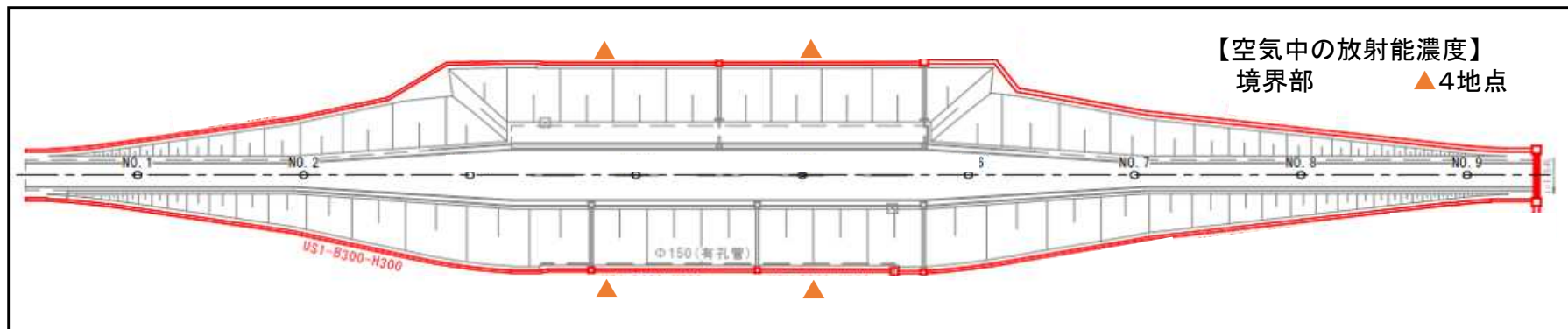
■ 浸透水中の放射能濃度は、全て検出下限値未満であることを確認。



測定項目	測定期間	結果の概要	測定頻度
未改良土・改良土別の採水点における盛土浸透水の放射能濃度	2023年5月22日 ～継続中	全て検出下限値(1Bq/L)未満であることを確認。	週1回 ※2024年度より2週1回

空気中の放射能濃度

■ 盛土施工中及び竣工後に空気中の放射能濃度を測定した結果、全て検出下限値未満であることを確認。



【空気中の放射能濃度の測定位置】

主な測定項目	測定時期	結果の概要
空気中の放射能濃度	1回目：盛土中 1層目 2023年5月10日	全て検出下限値（ $2.0 \times 10^{-1} \text{ Bq/m}^3$ ）未満であることを確認。
	2回目：盛土中 7層目 2023年6月21日	
	3回目：竣工後 2023年10月6日	

※試料採取量：500L/分×6時間：180m³

実証事業での作業者の推定年間追加被ばく線量

■盛土作業中の作業者の追加被ばく線量が、1mSv以下であったことを確認。

- 道路盛土実証事業における盛土上での作業者の被ばく線量について、再生資材化した除去土壌の盛土期間中（バックグラウンド線量に再生資材化した除去土壌からの追加被ばく線量が加味されたもの）と盛土期間外（バックグラウンド線量と見なす）の被ばく線量を比較し、その差から年間追加被ばく線量を推定した。
- その結果、推定年間追加被ばく線量は最大0.3mSv/年となり、1mSv/年を下回った。

作業者	作業種類	作業日数 (盛土期間中)	作業日数 (盛土期間外)	平均日被ばく線量 (盛土中) 【A】(μ Sv)	平均日被ばく線量 (盛土外) 【B】(μ Sv) (バックグラウンド線量)	推定年間追加被ばく線量 (A-B) × 250日 (mSv)
作業者A	重機作業	51	72	4.08	3.92	0.040
作業者B	重機作業	51	41	4.16	3.49	0.167
作業者C	盛土上での 作業者	13	69	5.92	4.72	0.300

※作業者A～Cは、道路盛土実証事業の施工現場において最も被ばく線量の高い3名であった。

沈下板による沈下量測定

【測定結果】

■ 沈下板による沈下量（下図参照）

- ・ 改良土では、沈下量が竣工後、おおむね15～25mmとなっている。
- ・ 未改良土では、沈下量が竣工後、おおむね48～50mmとなっている。

■ 変位杭による深さ方向への沈下量

- ・ 安定性が損なわれるような沈下は生じていない。
- ※ 盛土の法肩付近における竣工後の沈下量は、改良土で22～25mm、未改良土で41～50mmと上記沈下板と同程度の沈下量を観測。

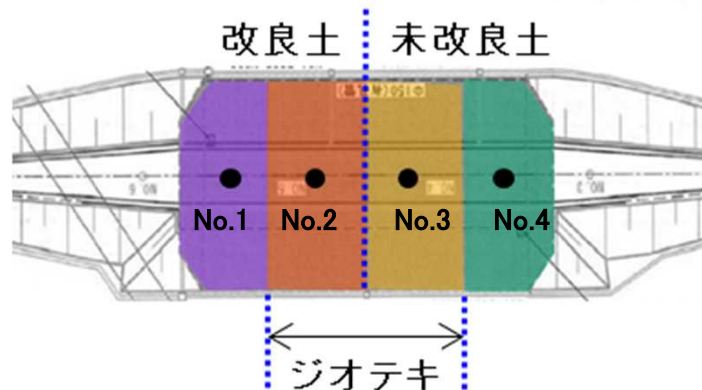
【測定期間】

2023年8月4日～

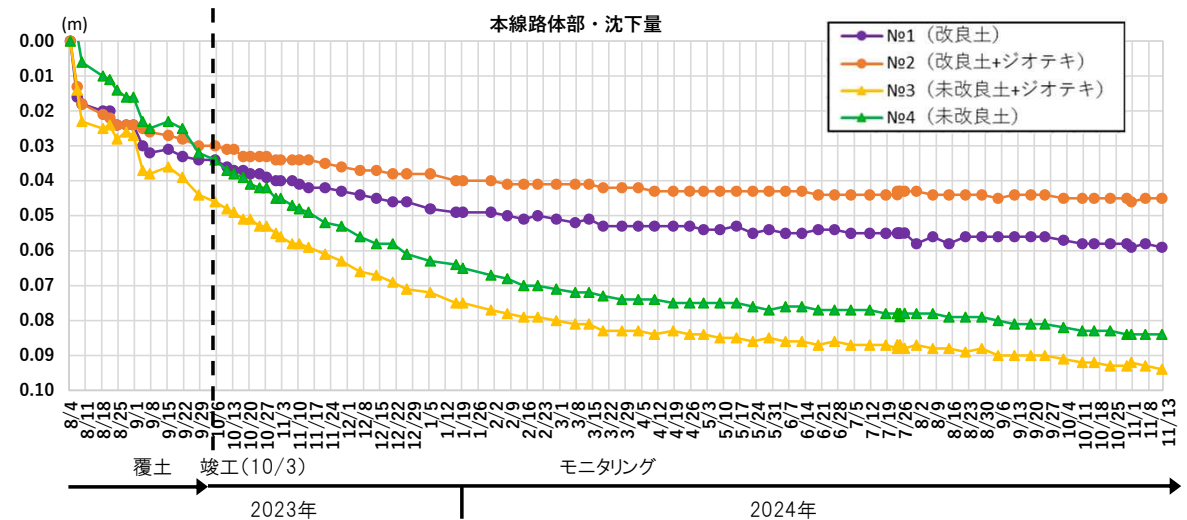
【計測頻度】

- ・ 盛土完了後1ヶ月後まで 2回/週
- ・ 盛土完了後2ヶ月後～ 1回/週（走行試験中は、各試験日とも走行前後に計測）

- :改良土
- :改良土+ジオテキ
- :未改良土+ジオテキ
- :未改良土
- :沈下板設置位置



【沈下板による沈下量測定結果】



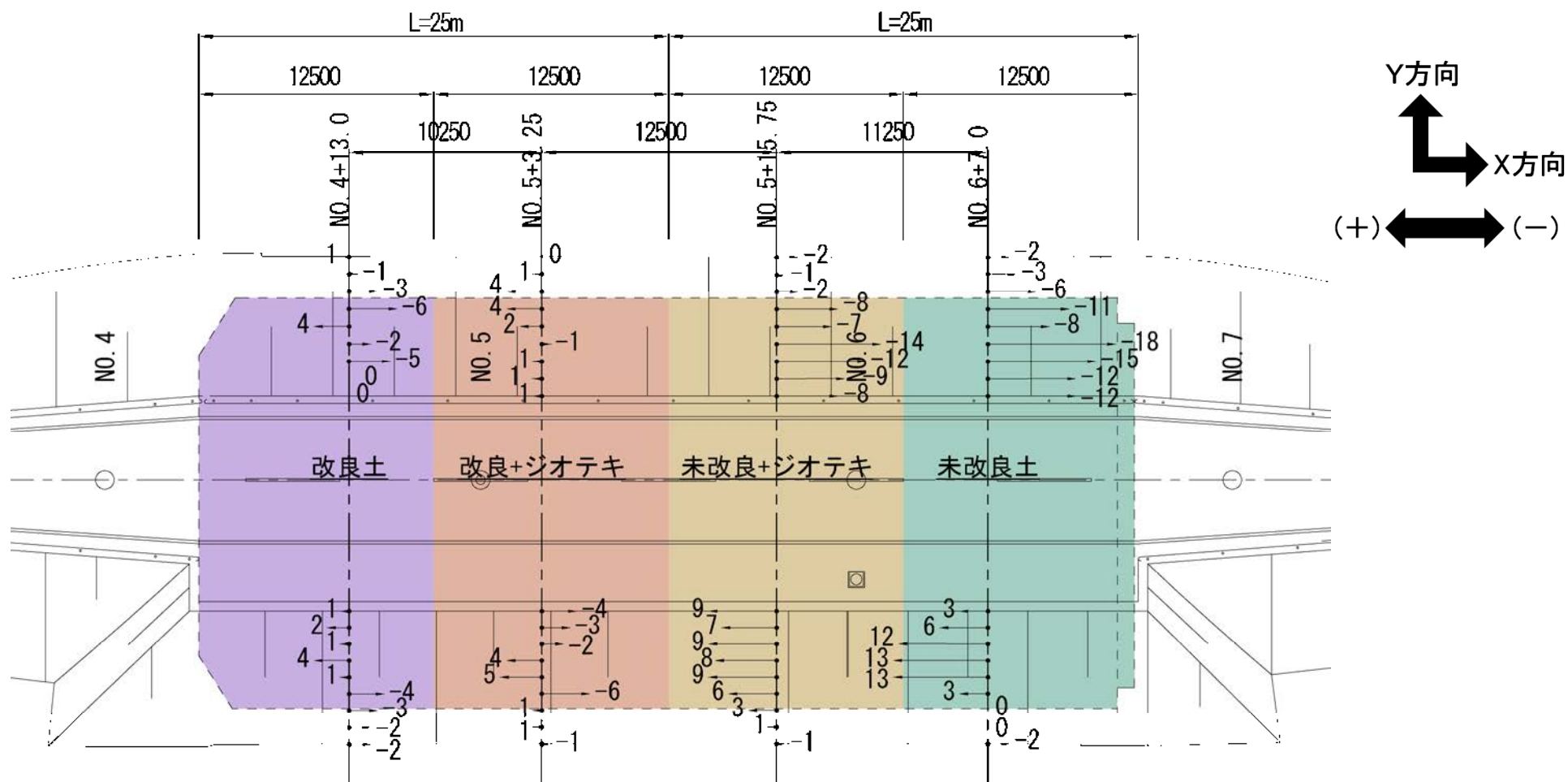
※車両走行による負荷を掛け、盛土の安定性及び使用性を確認するための走行試験を2024年7月23日（総重量約10t）、7月24日（総重量約20t）、10月29日（総重量約25t）に行った。

変位量(X方向)

■ 走行試験後の道路縦断方向(X方向)の変位量は、以下のとおりであり、安定性が損なわれるような変位は生じていない。

未改良土:-18mm~13mm 、 未改良土+ジオテキ:-14mm~9mm

改良土:-6mm~4mm 、 改良土+ジオテキ:-6mm~5mm

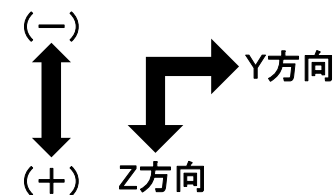
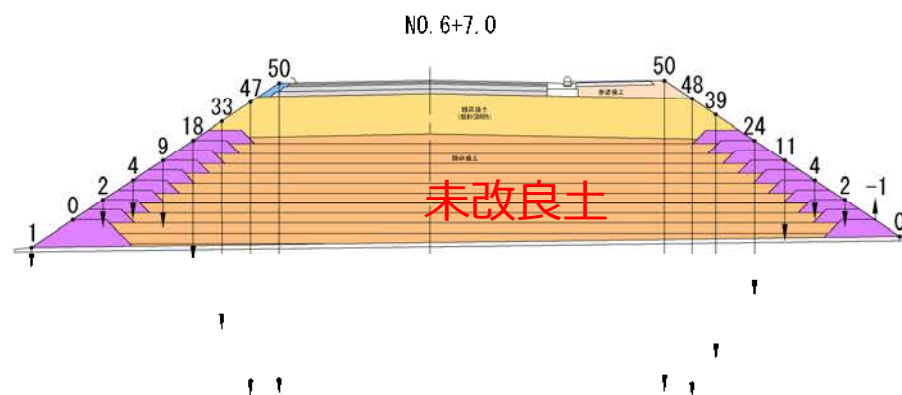
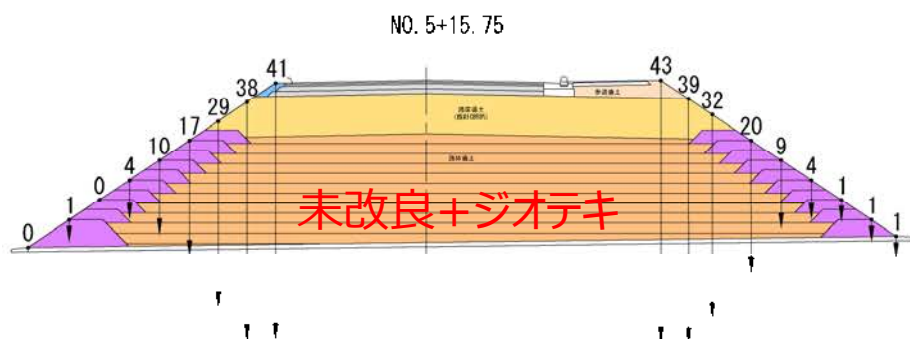
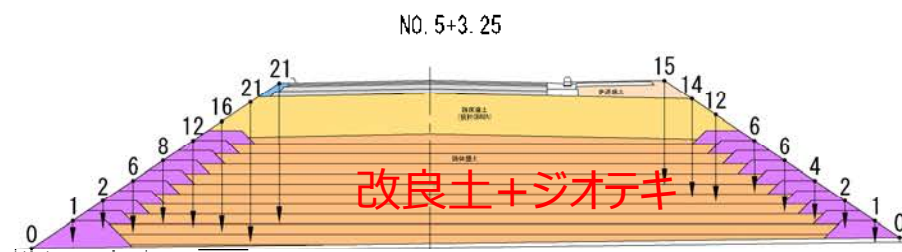
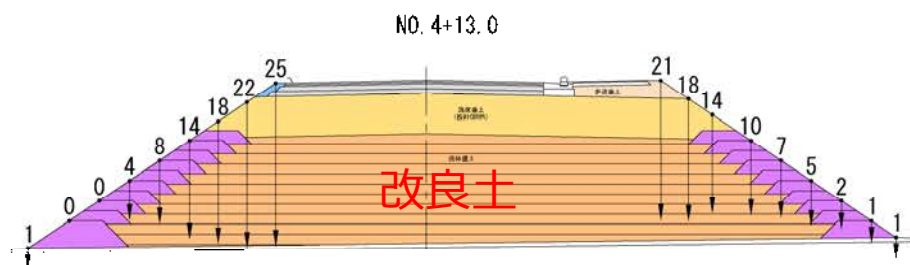


変位量 (Z方向)

■ 走行試験後のZ方向の変位量 (沈下量) は、以下のとおりであり、安定性が損なわれるような変位は生じていない。

改良土: 0mm ~ -25mm、改良土+ジオテキ: 0mm ~ 21mm

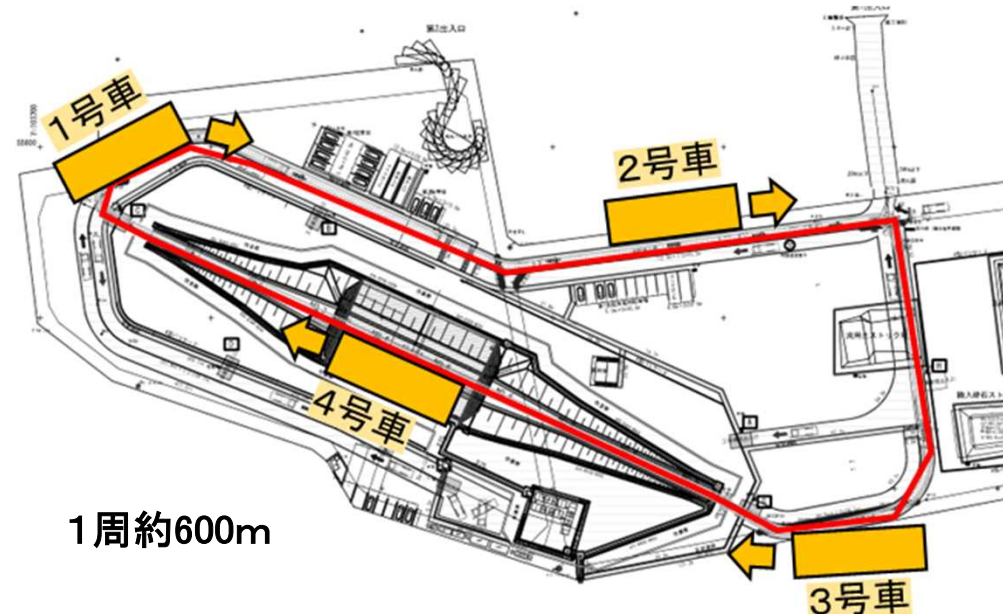
未改良土: -1mm ~ 50mm、未改良土+ジオテキ: 0mm ~ 43mm



※変位量: 2023年10月10日 ~ 2024年11月13日までの走行試験終了後変位量

走行試験の概要

- 1) 目的 : 車両走行による負荷を掛け、実証盛土の安定性および使用性を確認する。
 【安定性】 法面の変位量、天端の沈下量
 【使用性】 舗装の平坦性、わだち掘れ等の発生状況
- 2) 実施時期: 2024年7月23日(火)、24日(水)、10月29日(火)
- 3) 実施場所: 実証現場(大熊町向畑保管場)
- 4) 試験概要: 車両 4台を用いて、400回/日走行。
 【走行ケース】 3ケース
 (①総重量約10t(7月23日)、②総重量約20t(7月24日)、③総重量約25t(10月29日))
 【走行方法】 4台が一定間隔で右まわり200回/日・車線、左まわり200回/日・車線
- 5) 測定項目
 沈下板による沈下量や変位杭による変位計測のほか、舗装調査(平坦性、わだち掘れ、ひび割れ等)や物理探査等を実施。

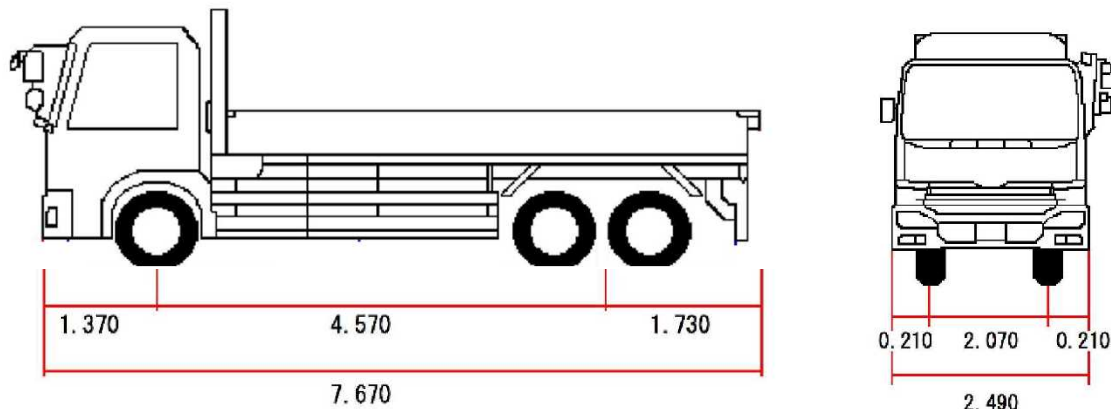


※一定間隔で同じ方向に走行
(右まわりのイメージ)

走行試験に用いた車両の諸元

①総重量約10t、②総重量約20t

- 10tダンプトラック
- 車両重量:約11.0t
- 積載可能重量:約 9.0t
- 総重量 :約20.0t
- サスペンション

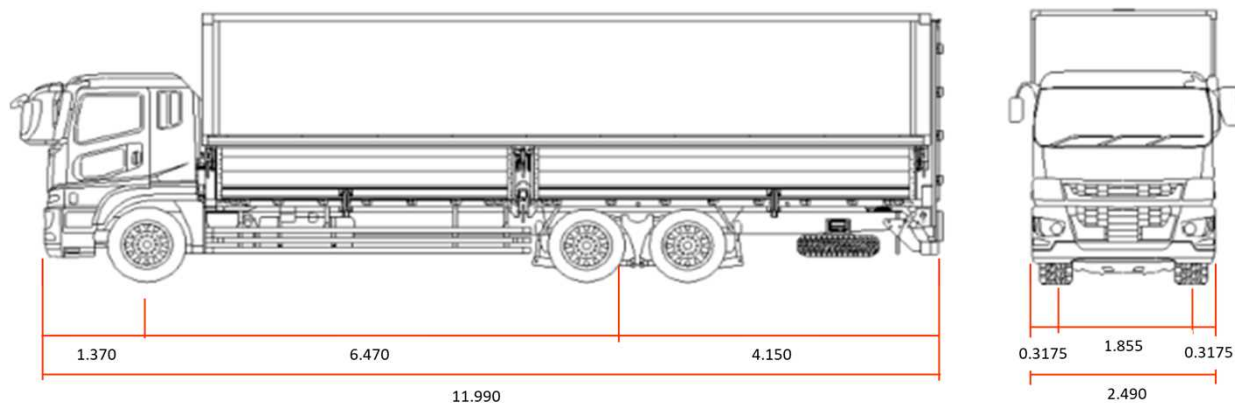


・車軸懸架式(リーフ・サスペンション)

(板状のバネ(リーフスプリング)を重ね合わせたサスペンションであり、路面への衝撃を吸収する。)

③総重量約25t

- 大型ウイング車
- 車両重量:約16.9t
- 積載可能重量:約 8.1t
- 総重量 :約25.0t
- サスペンション



・前軸:リーフ・サスペンション

・後軸:4バックエアサスペンション

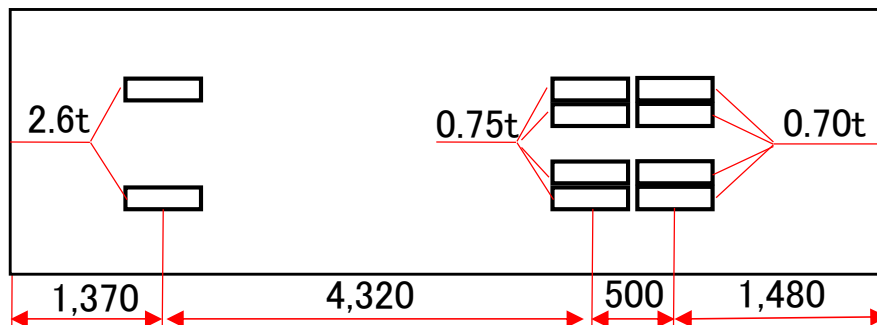
(高圧の空気を利用したサスペンションであり、路面への衝撃を吸収する。)

走行車両軸重・輪荷重分布

① 総重量約10t(7月23日)

軸1
5.1t

軸2 軸3
3.0t 2.8t

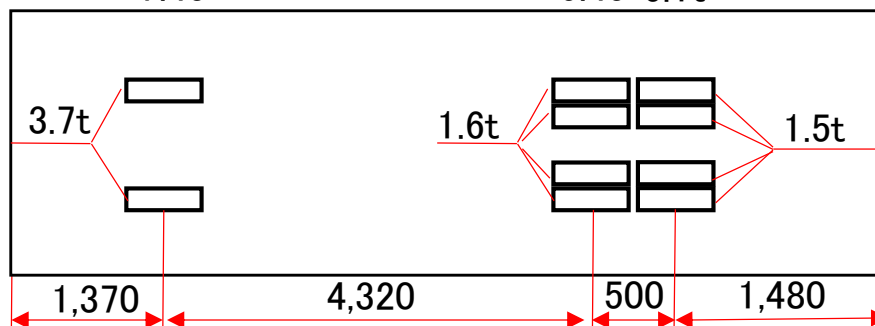


※車両4台の平均値

② 総重量約20t(7月24日)

軸1
7.4t

軸2 軸3
6.4t 6.1t

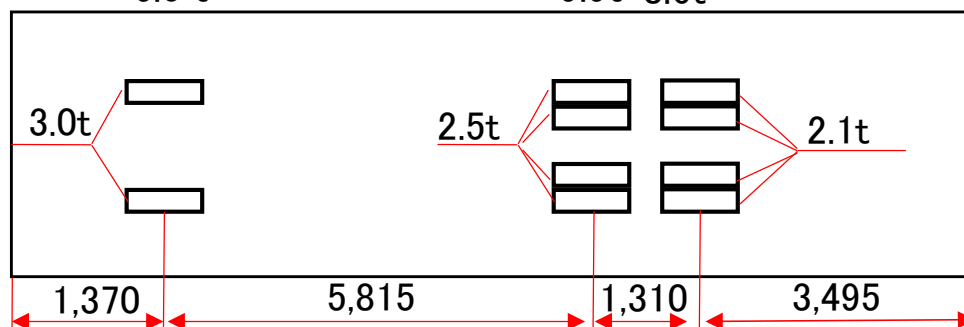


※車両4台の平均値

③ 総重量約25t(10月29日)

軸1
6.0t

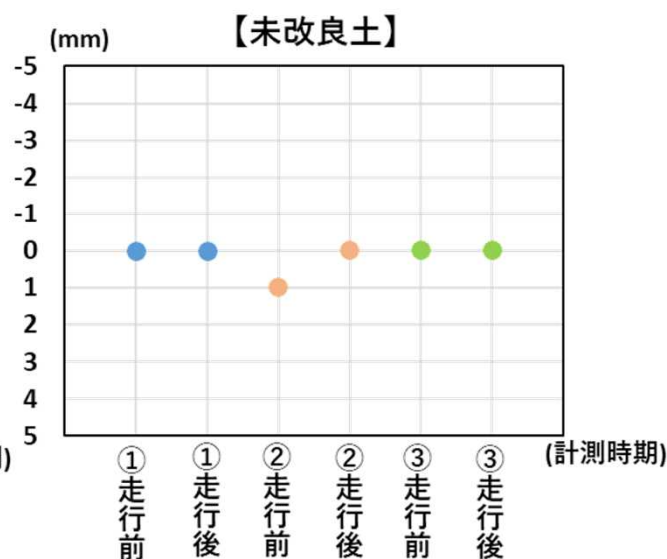
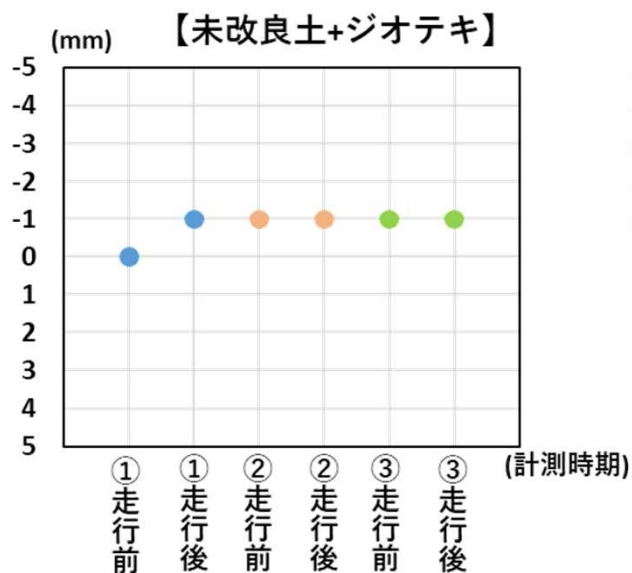
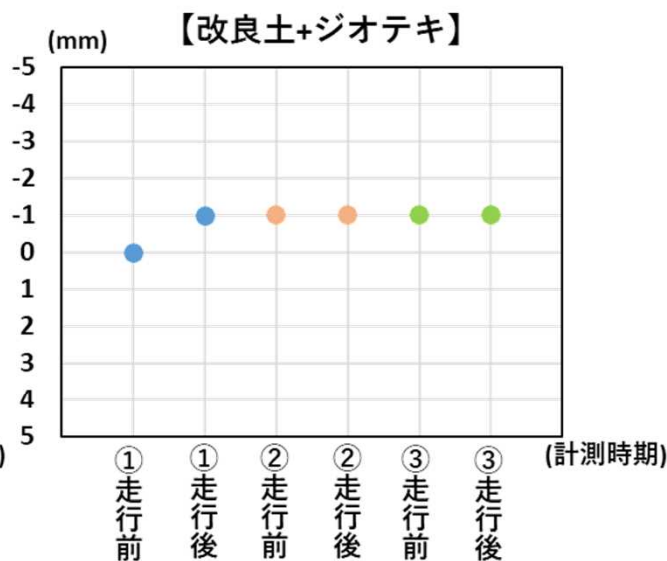
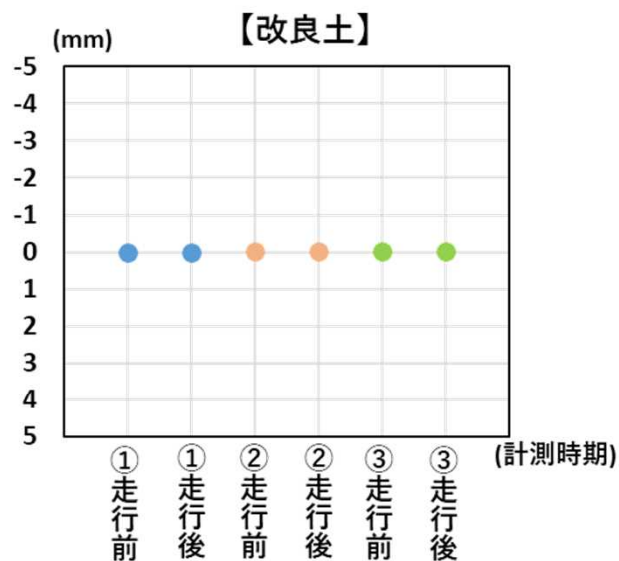
軸2 軸3
9.9t 8.6t



※車両4台の平均値

走行試験中の沈下量

■ 車両走行前後の沈下量は1mm程度であり、車両の走行による沈下の影響は確認されなかった。



- ① 総重量約10t (7月23日)
- ② 総重量約20t (7月24日)
- ③ 総重量約25t (10月29日)

※ 沈下量は①走行前の沈下量を0とした時の値。

※ ③走行前、③走行後の値は②総重量約20t走行後から③総重量約25t走行前までの期間の下表に示す自然沈下による沈下量を差し引いた値。

【②走行後から③走行前までの自然沈下による沈下量】

	改良土	改良土+ジオテキ	未改良土+ジオテキ	未改良土
沈下量	3mm	2mm	6mm	6mm

舗装調査：路面平坦性①

- 3mプロフィールメーターにより、外側線内側から65cmの位置において、1.5mごとに凹凸量を測定。
- 舗装路面と想定平坦路面（路面を平坦となるように補正した場合に想定される舗装路面）との高低差の標準偏差（路面平坦性）を算出。

【測線】

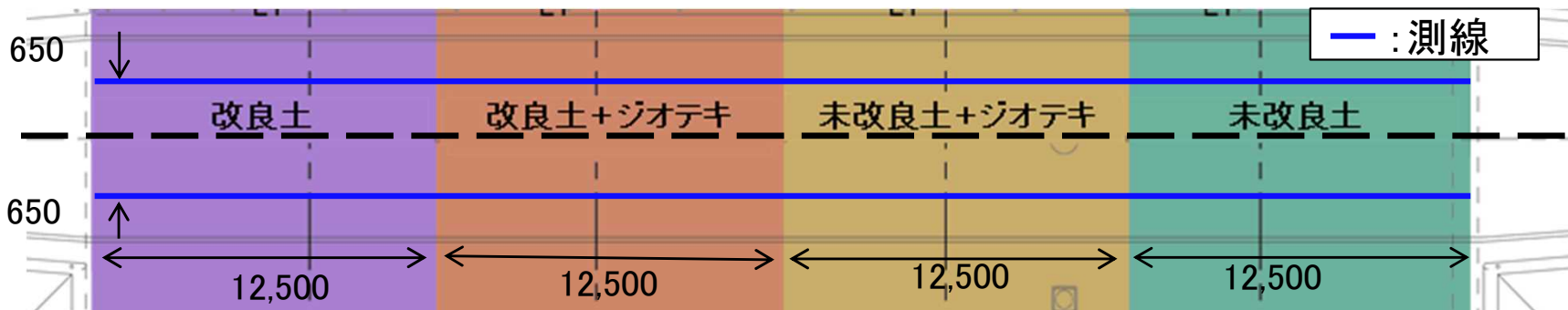


【3mプロフィールメーター】



【路面平坦性測定位置】

(L側)



舗装調査：路面平坦性②

- 路面平坦性は未改良土部分を除き、施工直後の基準値(2.4mm)※を概ね満足。
 - ①総重量約10t、②総重量約20t、③総重量約25tのいずれも走行後の路面平坦性は、走行前と概ね同程度であり、走行性が損なわれるような平坦性の変状は見られなかった。
- ※舗装の構造に関する技術基準(2001年)

【路面平坦性】

(単位:mm)

	車線	改良土			改良土+ジオテキ			未改良土+ジオテキ			未改良土		
		1回目	2回目	平均	1回目	2回目	平均	1回目	2回目	平均	1回目	2回目	平均
①総重量約10t走行前	L側	2.38	2.38	2.38	2.18	2.15	2.17	1.10	1.21	1.16	3.50	3.68	3.59
	R側	1.14	1.17	1.16	0.82	0.87	0.85	1.06	1.04	1.05	2.75	2.69	2.72
①総重量約10t走行後	L側	2.32	2.62	2.47	2.21	2.17	2.19	1.20	1.15	1.18	3.70	3.43	3.57
	R側	1.04	1.03	1.04	0.95	0.92	0.94	0.96	0.95	0.96	2.67	2.72	2.70
②総重量約20t走行前	L側	2.51	2.39	2.45	2.26	2.23	2.25	1.16	1.16	1.16	3.52	3.45	3.49
	R側	1.17	1.18	1.18	0.87	1.08	0.98	1.04	1.03	1.04	2.69	2.80	2.75
②総重量約20t走行後	L側	2.41	2.21	2.31	2.38	2.35	2.37	1.17	1.11	1.14	3.34	3.35	3.35
	R側	1.26	1.17	1.22	1.14	1.06	1.10	1.00	1.08	1.04	2.61	2.58	2.60
③総重量約25t走行前	L側	2.38	2.37	2.38	2.40	2.38	2.39	1.22	1.21	1.22	3.65	3.59	3.62
	R側	1.24	1.35	1.30	1.00	1.00	1.00	1.22	1.23	1.23	2.79	2.92	2.86
③総重量約25t走行後	L側	2.36	2.48	2.42	2.34	2.44	2.39	1.16	1.16	1.16	3.56	3.59	3.58
	R側	1.21	1.21	1.21	1.12	1.13	1.13	1.20	1.18	1.19	2.77	2.79	2.78

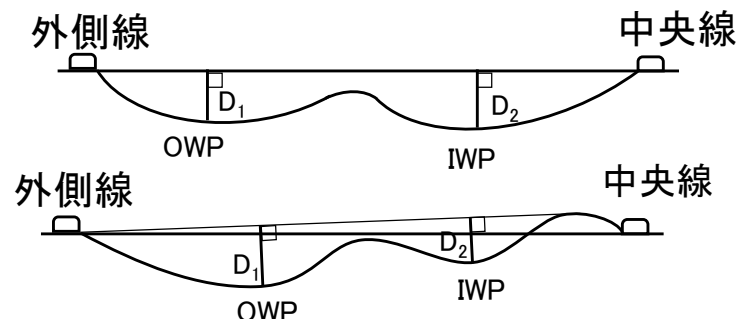
舗装調査：わだち掘れ①

■舗装調査・試験法便覧(公益社団法人 日本道路協会)にもとづき、MRP(マルチロードプロファイラ; 多目的路面性状計測装置)を用いて、横断方向のわだち掘れを測定した。

【マルチロードプロファイラ(MRP)】

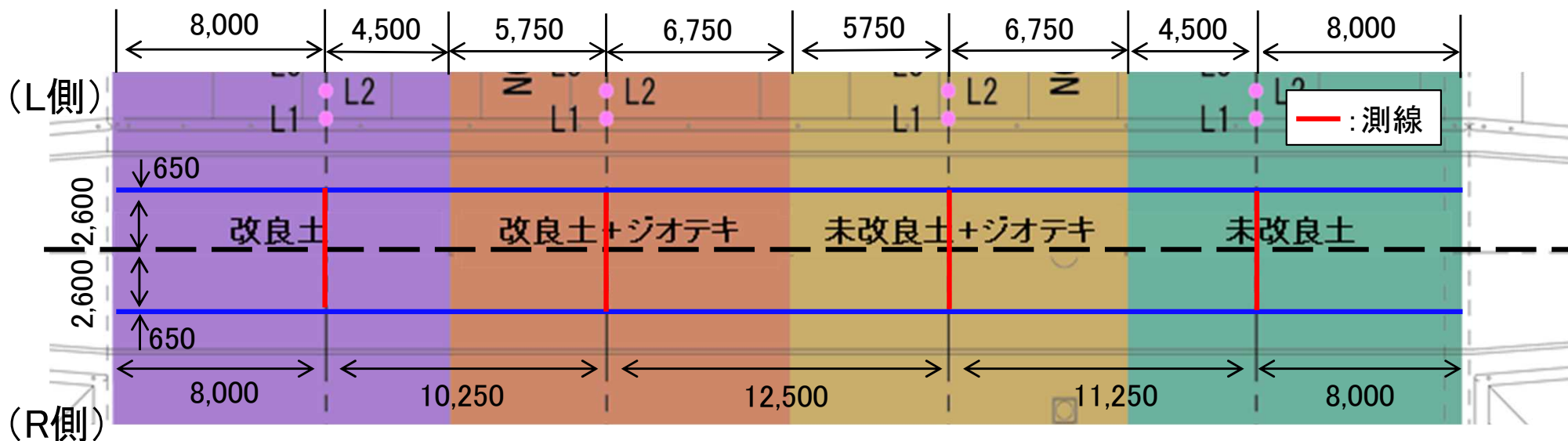


【わだち掘れ量の測定方法】



- ・外側わだち部(OWP)のわだち掘れ量D1と、内側わだち部(IWP)のわだち掘れ量D2をそれぞれ測定する。
- ・D1、D2の大きい方を測定区間のわだち掘れ量とする。

【わだち掘れ測定位置】



舗装調査：わだち掘れ②

■わだち掘れ量が20mm未満※であることから、わだち掘れのみを見た場合、健全性の判定区分は「健全」と考えられる。

※舗装点検要領(平成29年)における管理基準参考値

【わだち掘れ測定結果】

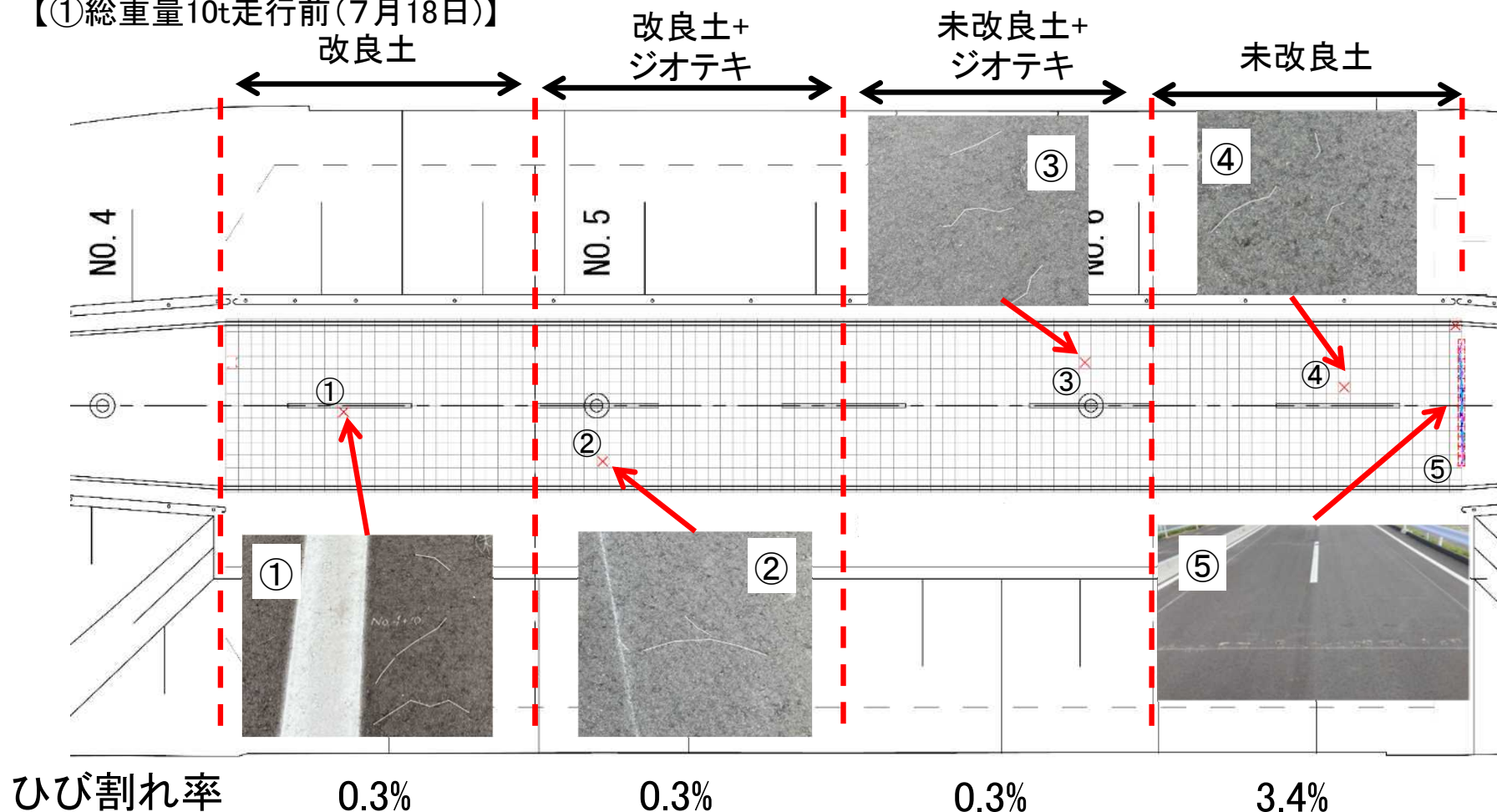
(単位: mm)

	改良土		改良土+ジオテキ		未改良土+ジオテキ		未改良土	
	L側	R側	L側	R側	L側	R側	L側	R側
①総重量約10t走行前	3(OWP)	2(OWP)	2(OWP)	4(IWP)	2(OWP)	3(OWP)	3(OWP)	2(IWP, OWP)
①総重量約10t走行後	3(OWP)	1(IWP, OWP)	2(OWP)	5(IWP)	2(OWP)	3(OWP)	3(OWP)	2(IWP, OWP)
②総重量約20t走行前	3(OWP)	1(IWP, OWP)	3(OWP)	6(IWP)	2(IWP, OWP)	3(OWP)	3(OWP)	2(IWP, OWP)
②総重量約20t走行後	4(OWP)	4(IWP)	2(OWP)	9(IWP)	2(OWP)	2(IWP, OWP)	3(OWP)	2(IWP, OWP)
③総重量約25t走行前	4(OWP)	4(IWP)	2(IWP, OWP)	6(IWP)	2(OWP)	2(IWP, OWP)	3(OWP)	2(IWP, OWP)
③総重量約25t走行後	4(OWP)	5(IWP)	2(OWP)	7(IWP)	2(OWP)	2(IWP, OWP)	2(OWP)	2(IWP, OWP)

舗装調査：ひび割れ調査

- 舗装調査・試験方法便覧(公益社団法人 日本道路協会)に基づき、ひび割れ調査を行った。
- 走行試験前の調査(7月18日実施)でのひび割れは下図のとおりであった。①総重量約10t、②総重量約20t、③総重量約25tのいずれも、走行試験後に新たなひび割れは確認されなかった。
- 舗装のひび割れは、未改良土部とスロープ部の相対的な沈下量の差が原因で発生した⑤のようなひび割れが走行前に確認されたのみであり、車両の走行に起因するものはみられなかった。なお、ひび割れ率の観測値のみを見た場合、舗装点検要領(平成29年)における健全性の判定区分でいう「健全」(ひび割れ率20%未満)の範囲に収まっている。

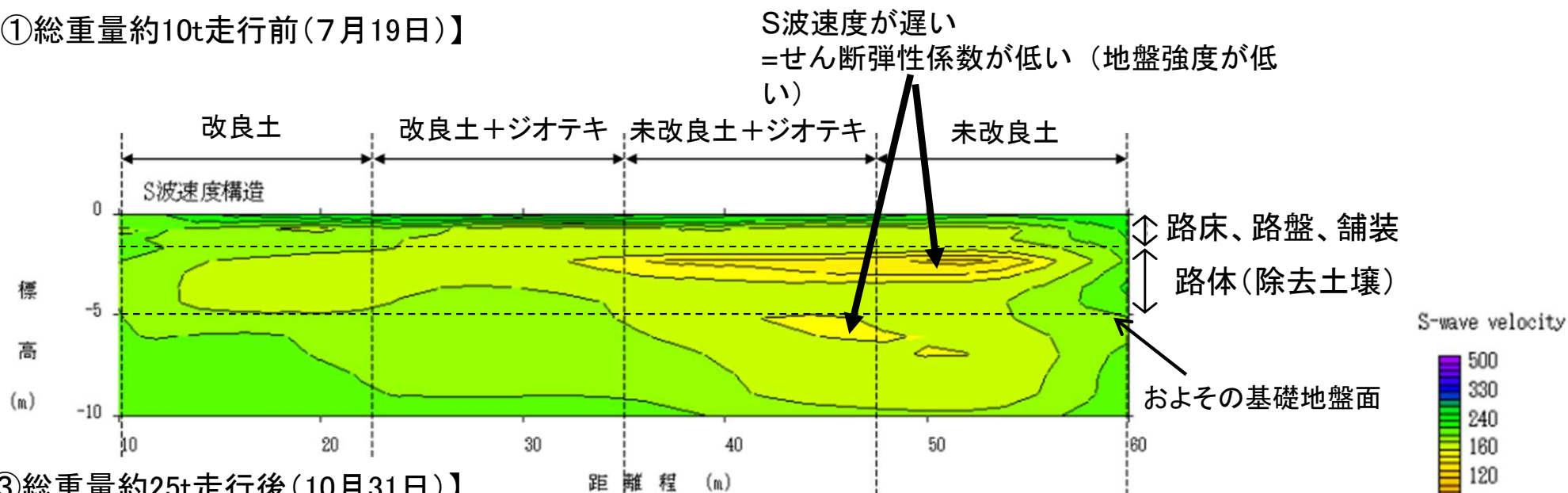
【①総重量10t走行前(7月18日)】



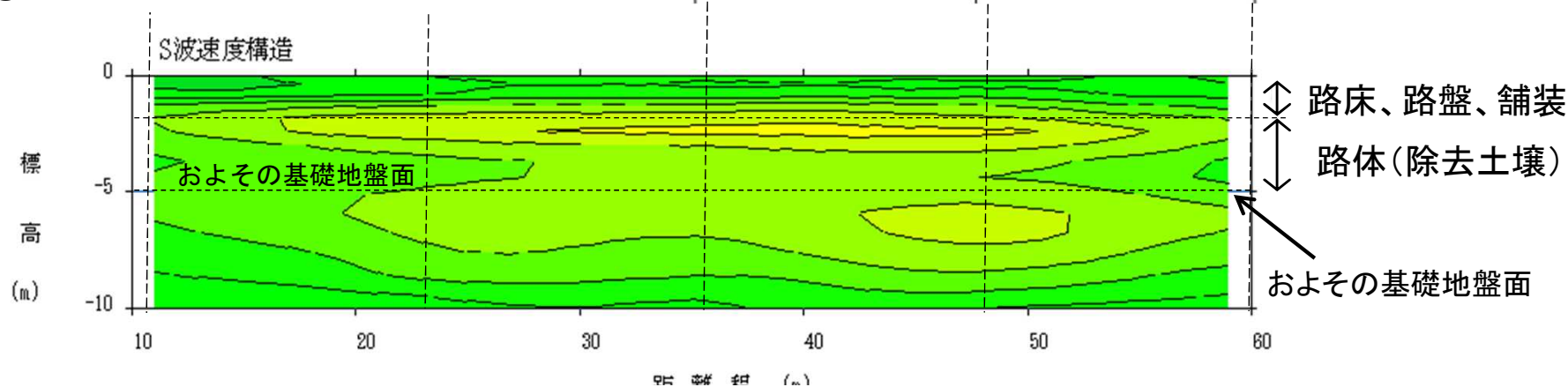
物理探査：表面波探査

- 除去土壌が用いられている路体部分では、未改良土区間に比べて、改良土区間において変形に対する強度が高い傾向が見られた。また、改良土区間ではS波速度が200m/s前後を示しており、十分な強度を有すると考えられる。
- ①総重量約10t走行前と③総重量約25t走行後を比較したところ、土中水分量の状態で変化する範囲であることから、走行による変化は見られなかった。

【①総重量約10t走行前(7月19日)】



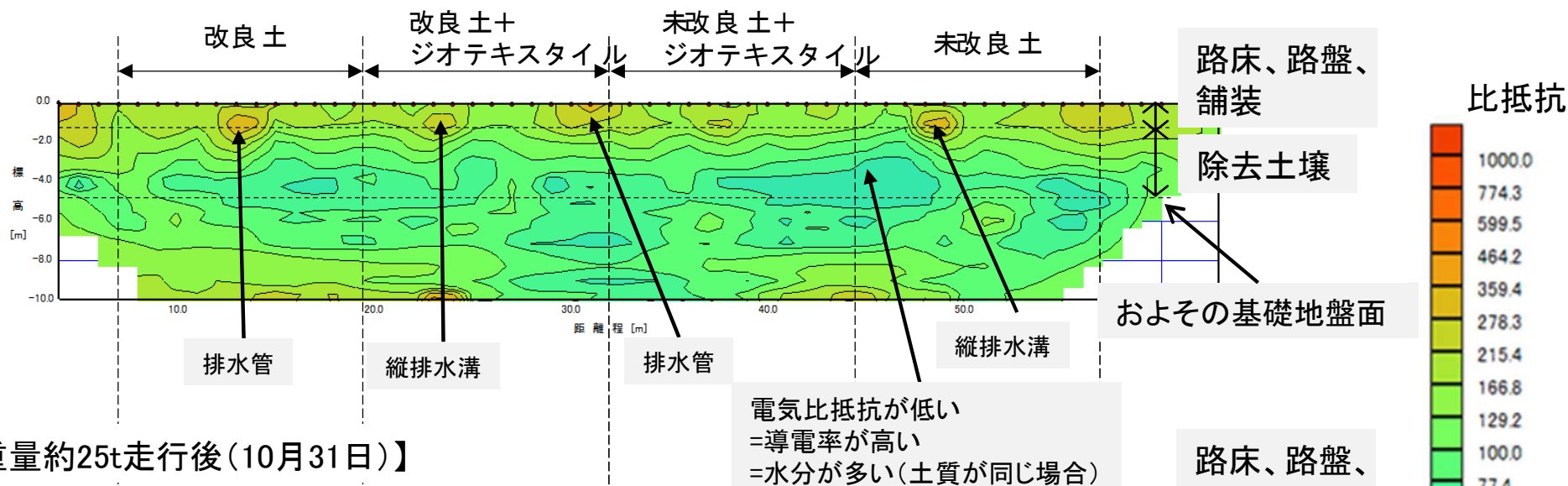
【③総重量約25t走行後(10月31日)】



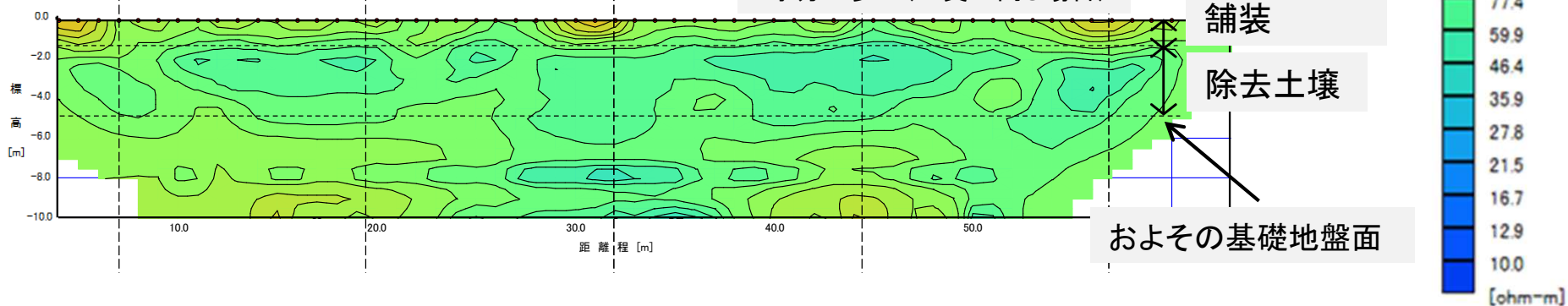
物理探査：電気探査

- 電気探査により土中の水分率の分布について測定。
- 盛土の底部では水分率が高い傾向が見られた。
- 未改良土区間と比べ、改良土区間の比抵抗がやや高い傾向があるが、土質の相違による影響の可能性はある。
- ①総重量約10t走行前と③総重量約25t走行後を比較したところ、走行による大きな変化は見られなかった。

【①総重量約10t走行前(7月19日)】



【③総重量約25t走行後(10月31日)】





6. 除去土壌の復興再生利用基準（案） のポイント

○ 基準（案）の主な内容は、以下のとおり。

1. 再生資材化した除去土壌の放射性セシウム濃度

※ 追加被ばく線量1mSv/年を満たすように8,000Bq/kg以下を設定

2. 飛散、流出の防止

3. 空間線量率の測定（施工時・維持管理時）

4. 生活環境の保全（騒音・振動等）

5. 再生資材化した除去土壌の利用場所であることの表示

6. 再生資材化した除去土壌の利用場所、利用量、放射能濃度等の記録・保存

7. 事業実施者や施設管理者等との工事及び管理における役割分担等を協議

※放射性物質汚染対処特措法では、除染実施者が除去土壌の処理を行うこととされており、再生資材化した除去土壌の利用・管理の責任は除染実施者（なお、福島県内除去土壌については国（環境省）、福島県外土壌については市町村等）。

<復興再生利用のイメージ>

再生資材化した
除去土壌

飛散・流出防止のための覆い

1. 再生資材化した除去土壌の放射性セシウム濃度

事故由来放射性物質についての放射能濃度を調査した結果、除染実施者は、再生利用によって受ける一般公衆の実効線量が一年間につき一ミリシーベルトを超えない放射能濃度※の再生資材化した除去土壌を用いること。

※事故由来放射性物質であるセシウム134についての放射能濃度及び事故由来放射性物質であるセシウム137についての放射能濃度の合計が8,000Bq/kg以下とする。

【補足】

- 年間追加被ばく線量が1mSv/年を超えないように再生利用を行う。
- 事業管理の容易性及び確実性の観点から、被ばく線量を個々に計測して管理ではなく再生資材化した除去土壌の放射能濃度による管理とする。
- 周辺住民・利用者、作業者の外部・内部被ばくによる追加被ばく線量を、国際的に用いられている被ばく線量評価モデルにより算出した結果、施工時の作業者の被ばく線量が最大となり、再生資材化した除去土壌の放射能濃度が8,000Bq/kgの際の追加被ばく線量は約0.93mSv/年（追加被ばく1mSv/年相当濃度は約8,600Bq/kg）となった。
- 上記を踏まえ、施工時の作業者の外部被ばくが年間追加被ばく線量1mSv以下を満たすような放射能濃度として、「8,000Bq/kg以下」とする。
- なお、電離則等による放射線障害防止措置の適用外の放射能濃度（1万Bq/kg以下）となるため、施工や、万一の災害時等の復旧に当り、特別な防護措置を要することなく、通常の作業の範囲内で対応できる。

実証事業の施工実態等を踏まえた追加被ばく線量評価計算について

- 「基本的考え方」策定・改定時(平成28、29、30年)の追加被ばく線量評価においては、再生資材化した除去土壌を用いた構造物の形状・大きさや、作業時間、遮へい条件等を勘案して、保守的な条件設定の下、計算を行った(左下表)。
- 今般、IAEAや国内専門家からの評価の保守性に関する助言等を踏まえ、実証事業での施工実態等を踏まえ計算した。
- 施工規模(盛土)は、約500m×約500m×高さ約5m(過去の評価計算の最大規模)とし、施工・管理に係る作業員、周辺居住者、利用者の想定される被ばく経路について評価計算を行った。

＜実証事業での施工実態等＞

- 実証事業(農地造成事業、道路盛土実証事業)では、(運搬車両等による)飛散・流出防止、トラフィカビリティの確保等の観点から、再生資材化した除去土壌の盛土上に敷鉄板を敷設した(右下写真)。**【遮へい条件】**
- 盛土の施工方法については、再生資材化した除去土壌の盛土と並行して、側部覆土の施工を行った(次ページ)。**【遮へい条件】**
- Cs134、Cs137の存在比についても、半減期(減衰)を踏まえた設定とする(2025年3月時点)。**【放射性核種条件】**

＜「基本的考え方」策定時の再生利用可能濃度＞

用途先		年間の再生資材利用作業期間に応じた再生利用可能濃度 (Bq/kg) ※1		
		1ヶ月	9ヶ月	1年
盛土	道路・鉄道	8,000 以下	8,000 以下	6,000 以下
	防潮堤等	8,000 以下	8,000 以下	6,000 以下
	海岸防災林等	8,000 以下	7,000 以下	5,000 以下
廃棄物処分場	中間覆土材	8,000 以下	8,000 以下	8,000 以下
	最終覆土材	8,000 以下	7,000 以下	5,000 以下
	土堰堤	8,000 以下	8,000 以下	8,000 以下
土地造成 (埋立材・充填材)		7,000 以下	6,000 以下	4,000 以下
農地 (園芸作物・資源作物)	埋戻し	8,000 以下	6,000 以下	5,000 以下
	嵩上げ	6,000 以下	6,000 以下	5,000 以下

＜実証事業における施工の様子＞



【参考】道路盛土実証事業での盛土施工方法

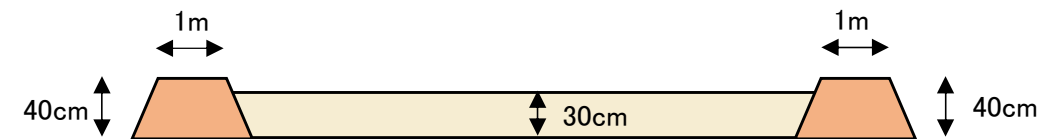
【STEP 1】

側部の覆土(高さ40cm、上部幅1m)を施工



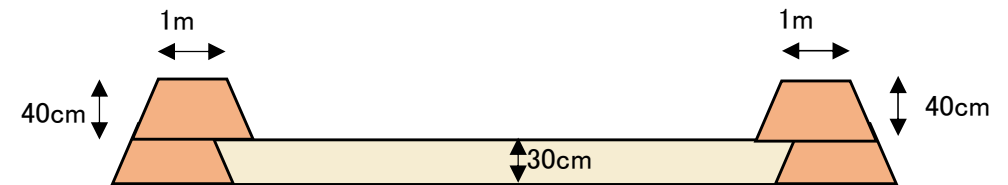
【STEP 2】

側部覆土の間に再生資材化した除去土壌を敷き均し、締め固め(締め固め厚: 30cm)



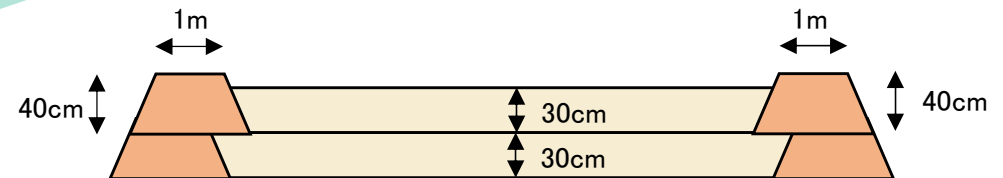
【STEP 3】

再生資材化した除去土壌の上面を基準として、側部の覆土(高さ40cm、上部幅1m)を施工



【STEP 4】

側部覆土の間に再生資材化した除去土壌を敷き均し、締め固め(締め固め厚: 30cm)



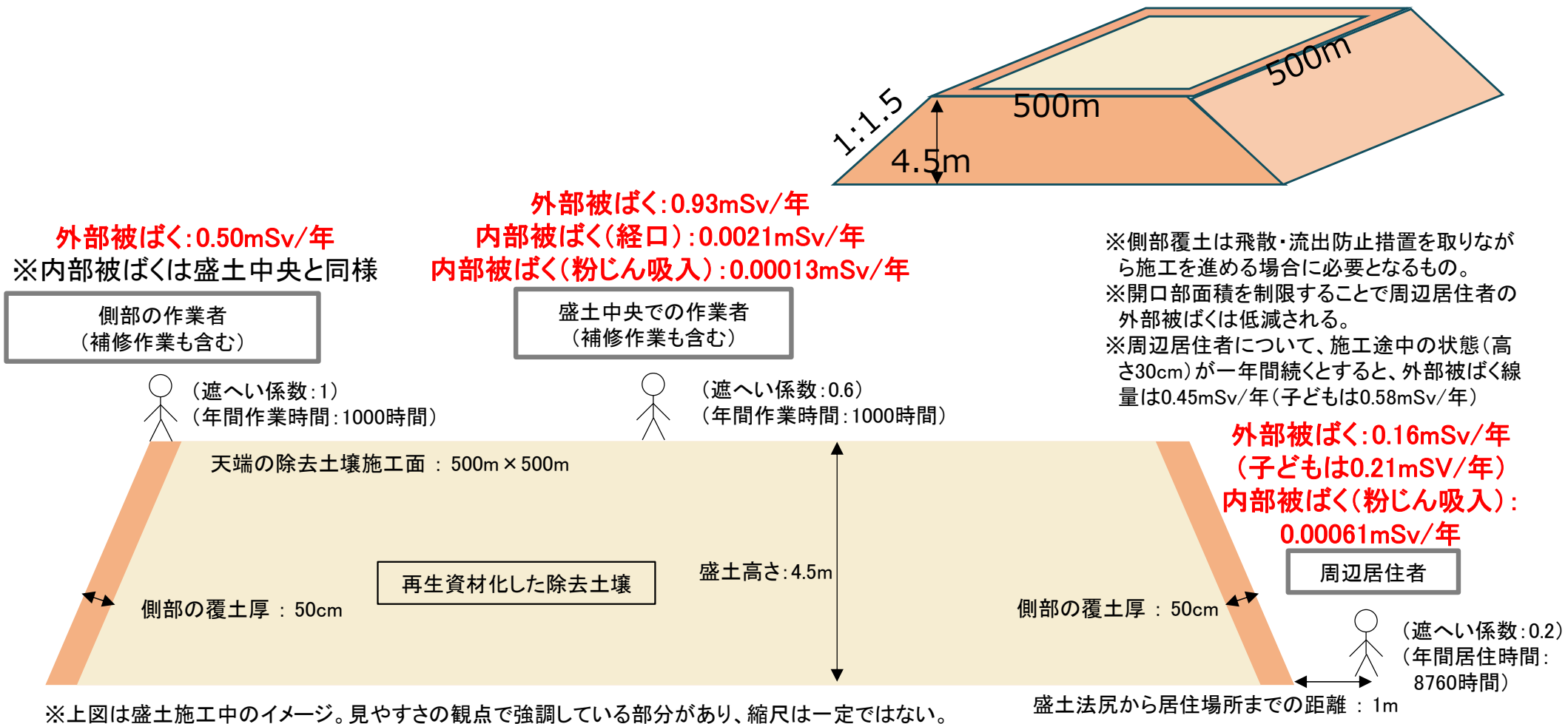
以降、この手順を繰り返して盛土を構築

※上記の施工方法は、道路盛土実証事業で実施した施工方法であり、実際の施工方法はこの限りではない。

追加被ばく評価計算について①

- 被ばく評価計算の結果、盛土上での作業者の追加被ばく線量(外部被ばく)が最も高くなり、再生資材化した除去土壌の放射能濃度が8,000Bq/kgの際の追加被ばく線量は約0.93mSv/年(追加被ばく1mSv/年相当濃度は約8,600Bq/kg)となった。

<追加被ばく評価計算(施工中)の結果(赤字は再生資材化した除去土壌の放射能濃度が8,000Bq/kgの場合の追加被ばく線量)>



追加被ばく評価計算について②

<追加被ばく評価計算(管理中)の結果(赤字は再生資材化した除去土壌の放射能濃度が8,000Bq/kgの場合の追加被ばく線量)>

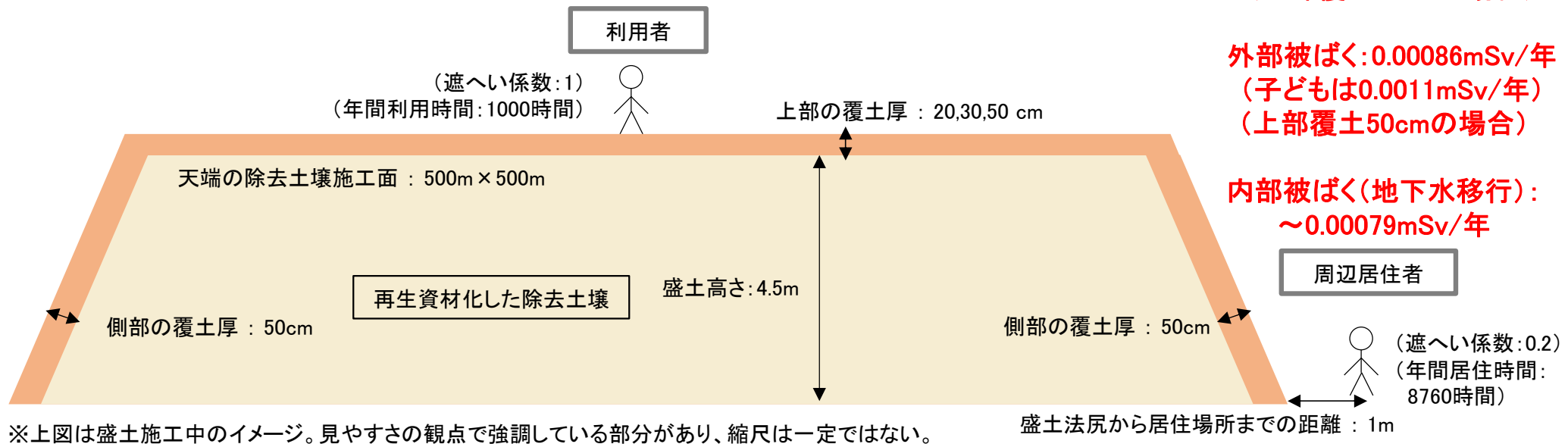
外部被ばく: 0.017mSv/年
(子どもは0.022mSv/年)
(上部覆土20cmの場合)

外部被ばく: 0.12mSv/年(子どもは0.15mSv/年)(上部覆土20cmの場合)
0.030mSv/年(子どもは0.039mSv/年)(上部覆土30cmの場合)
0.0020mSv/年(子どもは0.0026mSv/年)(上部覆土50cmの場合)

外部被ばく: 0.007mSv/年
(子どもは0.009mSv/年)
(上部覆土30cmの場合)

外部被ばく: 0.00086mSv/年
(子どもは0.0011mSv/年)
(上部覆土50cmの場合)

内部被ばく(地下水移行):
~0.00079mSv/年



※上図は盛土施工中のイメージ。見やすさの観点で強調している部分があり、縮尺は一定ではない。

*覆土30cmの線量評価は、上面覆土なし、20cm、50cmの場合の計算値から内挿により算定。

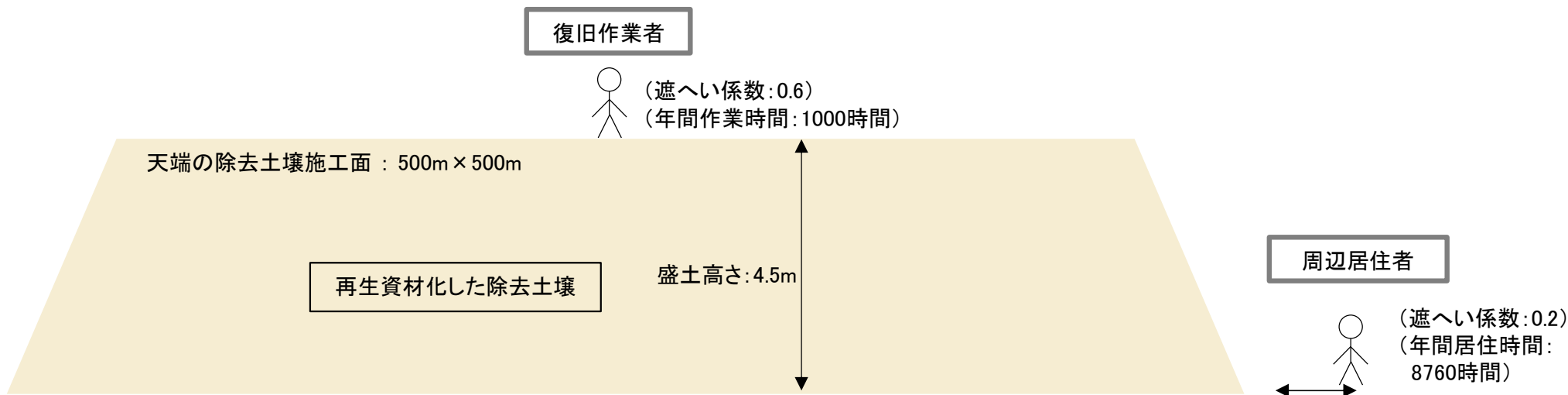
追加被ばく評価計算について③

<追加被ばく評価計算(災害時)の結果(赤字は再生資材化した除去土壌の放射能濃度が8,000Bq/kgの場合の追加被ばく線量)>

※この状態が1年間続くと仮定して計算

覆土が全て流出したと仮定

外部被ばく: 0.93mSv/年
 内部被ばく(経口): 0.0021mSv/年
 内部被ばく(粉じん吸入): 0.00013mSv/年



※上図は盛土施工中のイメージ。見やすさの観点で強調している部分があり、縮尺は一定ではない。

(元々の)盛土法尻から居住場所までの距離 : 1m

外部被ばく: 0.75mSv/年
 (子どもは0.97mSv/年)
 内部被ばく(粉じん吸入):
 0.00061mSv/年

【参考】追加被ばく計算における評価経路

No	評価対象		線源	対象者	被ばく形態			
1	盛土施工	敷き均し・締め固め	盛土	作業者	外部			
2					粉塵吸入			
3					直接経口			
4	側部工(土堰堤)	側部作業(天端縁)		作業者	外部			
5	建設現場周辺居住	周辺居住		盛土	公衆(成人)	外部		
6						粉塵吸入		
7					公衆(子ども)	外部		
8						粉塵吸入		
9	盛土完成後	周辺居住			盛土	公衆(成人)	外部	
10							公衆(子ども)	外部
11		盛土上部利用				公衆(成人)	外部	
12							公衆(子ども)	外部
13	盛土への雨水浸透による核種の漏洩(地下水移行)	飲料水摂取	井戸水			公衆(成人)	経口	
14							公衆(子ども)	経口
15		農耕作業				井戸水で灌漑した土壌	作業者(公衆)	外部
16								粉塵吸入
17		農作物摂取		灌漑した土壌で生産された農作物		井戸水	公衆(成人)	経口
18								公衆(子ども)
19		畜産物摂取		灌漑した土壌で生産された畜産物			公衆(成人)	経口
20								公衆(子ども)
21		畜産物摂取		井戸水で飼育された畜産物	公衆(成人)		経口	
22							公衆(子ども)	経口
23		養殖淡水産物摂取		井戸水で養殖された淡水産物	公衆(成人)		経口	
24							公衆(子ども)	経口
25	盛土復旧工事	敷き均し・締め固め	盛土	作業者	外部			
26					粉塵吸入			
27					直接経口			
28	現場周辺居住	周辺居住		盛土	公衆(成人)		外部	
29						粉塵吸入		
30					公衆(子ども)	外部		
31						粉塵吸入		

【参考】追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(1/10)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
1-24	被ばく中の減衰期間	y	1	IAEA RS-G-1.7 では、各評価経路について被ばく期間(1年)の減衰を考慮しており、本試算でも被ばく期間(1年)中の放射能の減衰を考慮することとした。
1-24	線源に対する希釈係数	—	1	再生資材化された除去土壌のみを盛土に使用するとし、線源に対する希釈は保守的に1とした。
2	作業者の呼吸量	m ³ /h	1.2	ICRP Publ.23 で示されている標準人の労働(軽作業)時の呼吸量の数値 20L/min を基に算定した。
2,6,8	作業時の空气中ダスト濃度	g/m ³	5E-04	NUREG/CR-3585 に示された OPEN DUMP 時及び IAEA-TECDOC-401に示された埋設処分場での埋め立て作業時における空气中ダスト濃度を採用した。
2,6,8	微粒子への放射性物質の濃縮係数(吸入摂取)	—	4	IAEA Safety Reports Series No.44 に示された吸入可能な粒子の濃縮係数を使用した。
3	微粒子への放射性物質の濃縮係数(経口摂取)	—	2	IAEA Safety Reports Series No.44 に示された経口摂取被ばくに関する粒子の濃縮係数を使用した。
3	ダストの経口摂取率	g/h	0.01	IAEA S.S. No.111-P-1.1 に示された値を用いた。

【参考】追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(2/10)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
1-4, 9	年間作業時間		h/y	1,000	保守的に1日8時間、年間250日の労働時間の半分の時間を、当該作業に従事するとした。
1	作業時の遮へい係数		—	0.6	以下の条件で、MCNPコードにより計算した。 遮蔽条件: 敷鉄板3m×12m×2.2cmt (500m□盛土上面中央)
1,9,12 盛土施工	外部被ばくに対する線量換算係数 (盛土施工作业)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	5.00E-01	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状: 放光体 高さ4.5m、底面 513.5m×513.5m、上面500m×500m、 線源のかさ密度: 2.0g/cm ³ 法面(土堰堤)覆土50cm、覆土かさ密度1.5g/cm ³ 評価点: 上面中点から高さ1m
		Cs-137		1.89E-01	
4	保護作業時(土堰堤)の遮蔽係数		—	1.0	保守的に遮へい係数を1.0に設定した。
4,13 盛土保護工	外部被ばくに対する線量換算係数 (保護作業(土堰堤))	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.56E-01	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状: 放光体 高さ4.5m、底面 513.5m×513.5m、上面 500m×500m 線源のかさ密度: 2.0g/cm ³ 法面(土堰堤)覆土50cm、覆土かさ密度1.5g/cm ³ 評価点: 上面端高さ1m
		Cs-137		6.11E-02	
5-8	居住者の被ばく時間		h/y	8,760	盛土の建設施工期間は1年以上を想定した。
5,7,10	居住時の遮へい係数		—	0.2	IAEA-TECDOC-401 から、居住時間の20%を戸外で過ごすとして仮定した。
5,7 盛土施工中 周辺居住	外部被ばくに対する線量換算係数 (建設現場周辺居住)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	2.50E-02	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状: 放光体 高さ4.5m、底面 513.5m×513.5m、上面 500m×500m 線源のかさ密度: 2.0g/cm ³ 法面(土堰堤)覆土; 50cm、かさ密度1.5g/cm ³ 評価点: 底面辺の中点から1m、高さ1m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を1.3倍した。
		Cs-137		1.13E-02	

【参考】追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(3/10)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠	
6	居住者の呼吸量(成人)	m ³ /h	0.96	ICRP Publ.23 で示されている標準人の1日の呼吸量の数値 2.3 × 10 ⁴ (L/d)を基に算定した。	
8	居住者の呼吸量(子ども)	m ³ /h	0.22	IAEA Safety Reports Series No.44 に示されていた1~2歳の居住者の呼吸率として示されている値を採用した。	
9,10	居住者の遮へい係数	—	0.2	IAEA-TECDOC-401 から、居住時間の20%を戸外で過ごすとして仮定した。	
9,10	年間居住時間	h/y	8,760	保守的に、1年間絶えず盛土周辺に居住しているとした。	
9,10 盛土完成後	外部被ばくに対する線量換算係数(盛土周辺居住)【上部覆土厚さ20cmの場合】*	Cs-134	μSv/h per Bq/g	2.76E-03	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状:放光体 高さ4.7m、底面513.5m×513.5m、上面500m×500m 線源のかさ密度:2.0g/cm ³ 法面覆土:50cm、かさ密度1.5g/cm ³ 上部覆土:20cm、かさ密度1.5g/cm ³ 評価点:底面辺の midpoint から1m、高さ1m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を1.3倍した。
		Cs-137		1.17E-03	
9,10 盛土完成後	外部被ばくに対する線量換算係数(盛土周辺居住)【上部覆土厚さ50cmの場合】*	Cs-134	μSv/h per Bq/g	1.90E-04	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。線源(盛土)の形状:放光体 高さ5m、底面513.5m×513.5m、上面500m×500m 線源のかさ密度:2.0g/cm ³ 法面覆土:50cm、かさ密度1.5g/cm ³ 上部覆土:50cm、かさ密度1.5g/cm ³ 評価点:底面辺の midpoint から1m、高さ1m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を1.3倍した。
		Cs-137		5.95E-04	

【参考】追加被ばく計算における評価パラメータ一覧(4/10)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
10,11	年間利用時間		h/y	1,000	1日25時間、毎日対象道盛土を利用すると、約913時間/年の利用時間となる。この結果から、年間の対象盛土利用時間を1000時間に設定した。
10,11	利用時の遮へい係数		—	1.0	保守的に遮へい係数を1.0に設定した。
10,11 上部利用	外部被ばくに対する線量換算係数 (盛土上部利用) 【上部覆土厚さ20cmの場合】*	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	3.95E-02	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状:放光体 高さ4.7m、底面513.5m×513.5m、上面500m×500m 線源のかさ密度:2.0g/cm ³ 法面覆土:50cm、かさ密度1.5g/cm ³ 上部覆土:20cm、かさ密度1.5g/cm ³ 評価点:上面中央から高さ1m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を1.3倍した。
		Cs-137		1.44E-02	
10,11 上部利用	外部被ばくに対する線量換算係数 (盛土上部利用) 【上部覆土厚さ50cmの場合】*	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	9.63E-04	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状:放光体 高さ5m、底面513.5m×513.5m、上面500m×500m 線源のかさ密度:2.0g/cm ³ 法面覆土:50cm、かさ密度1.5g/cm ³ 上部覆土:50cm、かさ密度1.5g/cm ³ 評価点:上面中央から高さ1m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を1.3倍した。
		Cs-137		2.44E-04	

【参考】追加被ばく計算における評価パラメータ一覧(5/10)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
13-24	盛土の空隙率	—	0.25	再生資材化された除去土壌の真密度(2.6~2.7g/cm ³)と当該盛土のかさ密度(2.0g/cm ³)から導出し、0.25とした。
13-24	盛土のかさ密度	g/cm ³	2.0	日本道路公団監修 設計要領(第一集 土工・舗装・排水・造園, 1983)より、締め固めた盛土に対する密度の最大値を採用した。
13-24	Cs の盛土の分配係数	mL/g	2.7E+02	IAEA TRS No.364(有機土壌、砂)
13-24	Cs の帯水層土壌の分配係数	mL/g	2.7E+02	IAEA TRS No.364(砂)
13-24	浸透水量(道路)	m/y	0.4	道路に使用される不透水性アスファルトでは、雨水のほとんどが表面から側部の排水溝へ排水されることから、浸透水量はほとんどないものと考えられるが、保守的に、災害廃棄物評価※1 で使用した値を採用した。
13-24	浸透水量(耕作地土壌)	m/y	0.4	「地下水ハンドブック」(地下水ハンドブック編集委員会編、(株)建設産業調査会、1979年)
13-24	帯水層厚さ	m	3	IAEA-TECDOC-401 に示された値を用いた。
13-24	地下水流速(ダルシー流速)	m/d	1	「新版地下水調査法」(山本 莊毅、(株)古院書院、1983年)
13-24	帯水層空隙率	—	0.3	「水理公式集」(土木学会水理公式集改訂委員会、土木学会、1971年)
13-24	帯水層土壌密度	g/cm ³	2.6	「土質工学ハンドブック」(土質工学会編、1982年)
13-24	地下水流方向の分散長	m	0	保守的に選定した。
13-24	地下水流方向の分散係数	m ² /y	0	保守的に選定した。
13-24	盛土下流端から井戸までの距離	m	0	保守的に選定した。
13-24	井戸水の混合割合	—	0.33	「地下水ハンドブック」(地下水ハンドブック編集委員会編、(株)建設産業調査会、1979年)
13	人の年間飲料水摂取量(成人)	m ³ /y	0.61	ICRP Publ.23 の標準人の値を参考に、1日の摂取量を1.65Lとして算定した。
14	人の年間飲料水摂取量(子ども)	m ³ /y	0.1	IAEA Safety Reports Series No.44 に示された値を用いた。
15-20	Cs の農耕土壌の分配係数	mL/g	2.7E+02	IAEA TRS No.364(有機土壌)
15-20	灌漑水量(畑、牧草地)	m ³ /m ² /y	1.2	「日本の農業用水」(農業水利研究会編、(株)地球社、1980年)に示された畑地に対する平均単位用水量 4mm/d と年間灌漑日数 300 日程度に基づいて選定した。
15-20	土壌水分飽和度(畑、牧草地)	—	0.2	JAEA 原科研敷地内(砂層)における測定結果より選定した。
15-20	土壌実効表面密度	kg/m ²	240	U.S.NRC Regulatory Guide 1.109 に示された値を用いた。
15-20	灌漑土壌真密度	g/cm ³	2.60	「土質工学ハンドブック」(土質工学会編、1982年)に示された砂の粒子密度を基に選定した。
15-20	実効土壌深さ	cm	15	U.S.NRC Regulatory Guide 1.109 に示された値を用いた。
15-20	放射性核種の土壌残留係数	—	1	保守的に、全ての灌漑水中の放射性核種が土壌に残留するものとした。
15-20	灌漑土壌空隙率	—	0.3	「水理公式集」(土木学会水理公式集改訂委員会、土木学会、1971年)

※1 災害廃棄物安全評価検討会(第9回)資料11-1、平成23年11月15日

【参考】追加被ばく計算における評価パラメータ一覧(6/10)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
15,16	農耕作業による年間作業時間		h/y	500	「日本の統計 2009 年版」(総務庁統計局編、2009年)に記載されている平成 18 年度の 1 戸当たりの平均経営耕地面積 248a (水田率 54%)、水稲 10a 当たりの労働時間 29.2 時間、小麦 10a 当たりの労働時間 5.6 時間を基に算出し、値に裕度を持って選定した。 $248 \times 0.544 \times 2.92 + 248 \times (1-0.544) \times 0.56 = 457$ (h/y)
15	外部被ばくに対する線量換算係数(農耕作業:灌漑土壌からの外部被ばく)	Cs-134	μ Sv/h per Bq/g	4.7E-01	従来のクリアランスレベル評価で設定されている換算係数を設定した。条件は以下の通りである。 線源の形状:高さ 10m、半径 500mの円柱線源のかさ密度:2.0g/cm ³ 以上の条件で QAD-CGGP2R コードにより算出されている。
		Cs-137		1.7E-01	
15	農耕作業時の遮へい係数		—	1.0	保守的に遮へいを考慮しない。
16	農耕作業時の空气中ダスト濃度		g/m ³	5E-04	NUREG/CR-3585 に示された OPEN DUMP 時及び IAEA-TECDOC-401 に示された埋設処分場での埋め立て作業時における空气中ダスト濃度を採用した。
16	農耕作業者の呼吸量		m ³ /h	1.2	ICRP Publ.23 で示されている標準人の労働(軽作業)時の呼吸量の数値 20L/min を算定した。
16	微粒子への放射性物質の濃縮係数(吸入摂取)		—	4	IAEA Safety Reports Series No.44 に示された吸入可能な粒子の濃縮係数を使用した。
17-20	灌漑水年間生育期間		d	60	「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」に示された葉菜に関する栽培期間の値(60d/y)を使用した。
17-20	農作物(葉菜、牧草)の栽培密度		kg/m ²	2.3	「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」(原子力安全委員会、平成元年3月27日)
17-20	放射性核種の農作物(葉菜、牧草)表面への沈着割合		—	1	保守的に全ての放射性核種が、農作物表面へ沈着するとした。
17-20	weathering 効果による植物表面沈着放射性核種の除去係数		1/y	18.08	「発電用軽水型原子炉施設の安全評価における一般公衆の線量評価について」に基づき、weathering half-life を 14 日として計算した。
17,18	農作物の市場係数		—	1	自給自足を考慮して、最も保守的に選定した。
17,18	農作物の輸送時間		d	0	保守的に、生産された農作物を直ちに消費する人を評価対象とした。
17,18	灌漑水量(田)		m ³ /m ² /y	2.4	「日本の農業用水」(農業水利研究会、(株)地球社、1980年)に示された水田に対する平均単位用水量 24mm/d と水田の年間湛水期間 100 日程度に基づいて選定した。
17,18	土壌水分飽和度(田)		—	1	田の土壌水分飽和度は、水田を想定しており、1 と選定した。

【参考】追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(7/10)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠	
17,18	Cs の米への移行係数	Bq/g-wet per Bq/g	7.1E-02	IAEA TRS No.364(シリアル)	
17,18	Cs の葉菜、非葉菜、果実への移行係数	Bq/g-wet per Bq/g	5.7E-02	IAEA TRS No.364(ジャガイモ)	
17	農作物の年間摂取量(成人)	米	kg/y	71	「平成8年版国民栄養の現状」(厚生省保健医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1996年)
		葉菜		12	
		非葉菜		45	
		果実		22	
18	農作物の年間摂取量(子ども)	米	kg/y	25	「平成9年版国民栄養の現状」(厚生省保健医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1997年)
		葉菜		5	
		非葉菜		23	
		果実		22	
19-22	Cs の畜産物への移行係数	牛肉	d/kg	5.0E-02	IAEA TRS No.364 に示された値を用いた。
		豚肉		2.4E-01	
		鶏肉		1.0E+01	
		鶏卵		4.0E-01	
		牛乳	d/L	7.9E-03	
19-22	畜産物の市場係数	—	1	自給自足を考慮して、最も保守的に選定した。	
19-22	畜産物の輸送時間	d	0	保守的に、生産された畜産物を直ちに消費する人を評価対象とした。	
19,20	放射性核種を含む飼料の混合割合	—	1	保守的に、放射性核種を含む飼料のみで家畜を飼育するとした。	
19,20	Cs の飼料への移行係数	Bq/g-dry per Bq/g	5.3E-01	IAEA TRS No.364(牧草)	

【参考】追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(8/10)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
19,20	家畜の飼料摂取量	肉牛	kg-dry/d	7.2	IAEA TRS No.364 において示された値を使用した。
		乳牛		16.1	
		豚		2.4	
		鶏		0.07	
19,21	畜産物の年間摂取量 (成人)	牛肉	kg/y	8	「平成8年版国民栄養の現状」(厚生省保健医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1996年)
		豚肉		9	
		鶏肉		7	
		鶏卵	16		
		牛乳	L/y	44	
20,22	畜産物の年間摂取量 (子ども)	牛肉	kg/y	3	「平成9年版国民栄養の現状」(厚生省保健医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1997年)
		豚肉		4	
		鶏肉		5	
		鶏卵		10	
		牛乳	L/y	29	
21,22	家畜の飼育水摂取量	肉牛	L/d	50	PNL-3209 に示された値を用いた。
		乳牛		60	
		豚		10	
		鶏		0.3	

【参考】追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(9/10)

経路 No.	名称	単位	選定値	選定根拠
23,24	養殖淡水産物の地下水利用率	—	0.25	「日本の水資源(平成19年版) (国土庁長官官房水資源部編、大蔵省印刷局、2008年)より選定した。
23,24	Cs の魚類への濃縮係数	L/kg	2.0E+03	IAEA TRS No.364 に示された値を用いた。
23,24	養殖淡水産物の市場係数	—	1	自給自足を考慮して、最も保守的に選定した。
23,24	養殖淡水産物の輸送時間	d	0	保守的に、養殖された淡水産物を直ちに消費する人を評価対象とした。
23	養殖淡水産物(魚類)の年間摂取量(成人)	kg/y	0.7	「日本の統計 1997 年版」に記載されている平成6年の内水面養殖業の生産量の内、魚類の生産量の合計値 76,579 トンを人口 1億 2千万人で除して算出した。
24	養殖淡水産物(魚類)の年間摂取量(子ども)	kg/y	0.33	全年齢の魚介類合計摂取量の平均値(96.9g/日)と1-6歳の平均値(45.7g/日)の比(0.47)を成人の年間摂取量0.7kg/年に乗じた0.33kg/年を算出した。

【参考】追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(10/10)

経路 No.	名称		単位	選定値	選定根拠
25-27	復旧作業時間		h/y	1,000	保守的に1日8時間、年間250日の労働時間の半分の時間を、当該作業に従事するとした。
25	作業時の遮へい係数		—	0.6	以下の条件で、MCNPコードにより計算した。 遮蔽条件:敷鉄板3m×12m×2.2cmt (500m□盛土上面中央)
25 災害時 復旧作業	外部被ばくに対する線量換算係数 (盛土復旧作業)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	5.00E-01	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状:放光体 高さ4.5m、底面513.5m×513.5m、上面500m×500m、 線源のかさ密度:2.0g/cm ³ 上面覆土及び法面覆土が無い状態を想定。 評価点:上面中点から高さ1m
		Cs-137		1.89E-01	
28-31	居住者の被ばく時間		h/y	8,760	盛土復旧期間は1年以上を想定した。
28,30	居住時の遮へい係数		—	0.2	IAEA-TECDOC-401から、居住時間の20%を戸外で過ごすとして仮定した。
28,30 復旧工事中 周辺居住	外部被ばくに対する線量換算係数 (建設現場周辺居住)	Cs-134	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.30E-01	以下の条件で、MCNP5コードにより算出した。 線源(盛土)の形状:放光体 高さ4.5m、底面513.5m×513.5m、上面500m×500m 線源のかさ密度:2.0g/cm ³ 上面覆土及び法面覆土が無い状態を想定。 評価点:底面辺の中点から1m、高さ1m なお、子どもの外部被ばく線量換算係数は計算値を1.3倍した。
		Cs-137		5.24E-02	

内部被ばく線量係数(Sv/Bq)						
	作業者(ICRP Publ.68)		公衆(ICRP Publ.72)			
	吸入	経口	吸入		経口	
			成人	子ども	成人	子ども
Cs-134	9.6E-09	1.9E-08	6.6E-09	7.3E-09	1.9E-08	1.6E-08
Cs-137	6.7E-09	1.3E-08	4.6E-09	5.4E-09	1.3E-08	1.2E-08

【参考】追加被ばく線量 評価結果まとめ

シナリオ	盛土 (500m × 5mH)		単位再生資材中濃度あたりの年間被ばく線量 (mSv/y per Bq/g)			1mSv/y 相当濃度 (Bq/kg)	8,000Bq/kgの再生 資材を使用した場 合の被ばく線量 (mSv/y)	
	No	評価経路	Cs-134	Cs-137	Cs(134+137)			
施工中	1	盛土施工作業者外部	3.0E-01	1.1E-01	1.2E-01	8.6E+03	9.3E-01	
	2	盛土施工作業者吸入	2.0E-05	1.6E-05	1.6E-05	6.2E+07	1.3E-04	
	3	盛土施工作業者経口摂取	3.2E-04	2.6E-04	2.6E-04	3.8E+06	2.1E-03	
	4	側部作業員外部	1.6E-01	6.1E-02	6.2E-02	1.6E+04	5.0E-01	
	5	工事中周辺居住者外部(成人)	4.4E-02	2.0E-02	2.0E-02	5.0E+04	1.6E-01	
	6	工事中周辺居住者吸入(成人)	9.4E-05	7.6E-05	7.6E-05	1.3E+07	6.1E-04	
	7	工事中周辺居住者外部(子ども)	5.7E-02	2.6E-02	2.6E-02	3.8E+04	2.1E-01	
	8	工事中周辺居住者吸入(子ども)	2.4E-05	2.1E-05	2.1E-05	4.8E+07	1.7E-04	
利用中	9	周辺居住者外部(成人)	覆土20cm	4.8E-03	2.0E-03	2.1E-03	4.8E+05	1.7E-02
		覆土50cm	3.3E-04	1.0E-04	1.1E-04	9.3E+06	8.6E-04	
	10	周辺居住者外部(子ども)	覆土20cm	6.3E-03	2.7E-03	2.7E-03	3.7E+05	2.2E-02
		覆土50cm	4.3E-04	1.4E-04	1.4E-04	7.2E+06	1.1E-03	
	11	利用者外部(成人)	覆土20cm	4.0E-02	1.4E-02	1.5E-02	6.8E+04	1.2E-01
		覆土50cm	9.6E-04	2.4E-04	2.5E-04	3.9E+06	2.0E-03	
	12	利用者外部(子ども)	覆土20cm	5.1E-02	1.9E-02	1.9E-02	5.2E+04	1.5E-01
		覆土50cm	1.3E-03	3.2E-04	3.3E-04	3.0E+06	2.6E-03	
地下水移行*	13	飲料水摂取(成人)	4.3E-06	4.2E-05	4.2E-05	2.4E+07	3.3E-04	
	14	飲料水摂取(子ども)	6.0E-07	6.4E-06	6.3E-06	1.6E+08	5.1E-05	
	15	地下水利用農耕作業員外部	9.2E-07	4.4E-05	4.3E-05	2.3E+07	3.5E-04	
	16	地下水利用農耕作業員吸入	4.5E-11	4.2E-09	4.1E-09	2.4E+11	3.3E-08	
	17	地下水利用農作物摂取(成人)	3.1E-06	1.0E-04	9.9E-05	1.0E+07	7.9E-04	
	18	地下水利用農作物摂取(子ども)	1.1E-06	4.3E-05	4.2E-05	2.4E+07	3.4E-04	
	19	飼料経由畜産物摂取(成人)	4.1E-06	1.0E-04	9.9E-05	1.0E+07	7.9E-04	
	20	飼料経由畜産物摂取(子ども)	2.0E-06	5.3E-05	5.2E-05	1.9E+07	4.2E-04	
	21	飼育水経由畜産物摂取(成人)	6.0E-07	5.9E-06	5.8E-06	1.7E+08	4.7E-05	
	22	飼育水経由畜産物摂取(子ども)	2.8E-07	3.0E-06	3.0E-06	3.4E+08	2.4E-05	
	23	養殖淡水産物摂取(成人)	2.5E-06	2.4E-05	2.4E-05	4.2E+07	1.9E-04	
	24	養殖淡水産物摂取(子ども)	9.8E-07	1.1E-05	1.1E-05	9.2E+07	8.7E-05	
災害復旧時	25	復旧工事作業員外部	3.0E-01	1.1E-01	1.2E-01	8.6E+03	9.3E-01	
	26	復旧工事作業員吸入	2.0E-05	1.6E-05	1.6E-05	6.2E+07	1.3E-04	
	27	復旧工事作業員経口摂取	3.2E-04	2.6E-04	2.6E-04	3.8E+06	2.1E-03	
	28	復旧中周辺居住者外部(成人)	2.3E-01	9.2E-02	9.4E-02	1.1E+04	7.5E-01	
	29	復旧中周辺居住者吸入(成人)	9.4E-05	7.6E-05	7.6E-05	1.3E+07	6.1E-04	
	30	復旧中周辺居住者外部(子ども)	3.0E-01	1.2E-01	1.2E-01	8.2E+03	9.7E-01	
	31	復旧中周辺居住者吸入(子ども)	2.4E-05	2.1E-05	2.1E-05	4.8E+07	1.7E-04	

* JAEA:土地造成事業における再生資材の利用に係る線量評価について(平成29年4月26日)による。

【参考】実証事業での作業者の追加被ばく線量について

- 道路盛土実証事業における盛土上での作業者の被ばく線量について、再生資材化した除去土壌の盛土期間中(バックグラウンド線量に再生資材化した除去土壌からの追加被ばく線量が加味されたもの)と盛土期間外(バックグラウンド線量と見なす)の被ばく線量を比較し、その差から年間追加被ばく線量を推定した。
- その結果、**推定年間追加被ばく線量は最大0.3mSv/年となり、1mSv/年を下回った。**
- なお、道路盛土実証における盛土の大きさや放射能濃度(平均約6,400Bq/kg)を踏まえ、p.8と同様の追加被ばく評価計算を行ったところ、年間追加被ばく線量は0.56mSv/年と計算された。これより、被ばく評価計算の結果は実証事業での結果より高い値となっており、この結果からは**被ばく評価計算は保守的である**と考えられる。

作業者	作業種類	作業日数 (盛土期間中)	作業日数 (盛土期間外)	平均日被ばく線量 (盛土中) 【A】(μ Sv)	平均日被ばく線量 (盛土外) 【B】(μ Sv) (バックグラウンド線量)	推定年間追加被ばく線量 (A-B) × 250日 (mSv)
作業者A	重機作業	51	72	4.08	3.92	0.040
作業者B	重機作業	51	41	4.16	3.49	0.167
作業者C	盛土上での 作業者	13	69	5.92	4.72	0.300

※作業者A～Cは、道路盛土実証事業の施工現場において最も被ばく線量の高い3名であった。

1. 再生資材化した除去土壌の放射性セシウム濃度(調査方法)

除染実施者が行う再生資材化した除去土壌の事故由来放射性物質による汚染の状況の調査の方法は、次のいずれかの方法とする。

1. 試料採取による調査方法

- 調査は、その対象とする再生資材化した除去土壌を、調査単位に区分し、それぞれの調査単位ごとに行うこと。
- 調査単位のすべてについて、4以上の試料を採取すること。
- 調査単位ごとに上記により採取された試料をそれぞれおおむね同じ重量混合すること。
- 上記により混合された試料のすべてについて、セシウム134についての放射能濃度及びセシウム137についての放射能濃度を測定すること。

2. 放射能濃度を連続して測定できる装置により調査する方法(連続測定)

- 調査は、その対象とする再生資材化した除去土壌を、調査単位に区分し、それぞれの調査単位ごとに行うこと。
- 上記により区分した調査単位内の再生資材化した除去土壌すべてについて、セシウム134についての放射能濃度及びセシウム137についての放射能濃度を測定すること。

※廃棄物の事故由来放射性物質についての放射能濃度の測定方法

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施行規則第五条第四号及び第二十条第四号の環境大臣が定める方法は、別表に掲げる機器を用いて測定する方法とする。

別表

1 ゲルマニウム半導体検出器

2 NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ

3 LaBr₃(Ce)シンチレーションスペクトロメータ

【補足】

- 「事故由来放射性物質に基づく廃棄物の調査方法」の考え方を踏まえて、再生資材化した除去土壌の放射能濃度測定方法を規定。
 - 土壌は、汚泥や焼却灰と同様に均一性が保たれていることから、調査単位毎に4以上の試料を採取し、それぞれおおむね同じ重量混合を行った上で測定。
 - 調査単位については、技術ガイドラインの検討の中で整理。
 - また、福島県内での実証事業等において、ベルトコンベヤによる連続した放射能濃度測定を実施したことを踏まえ、試料採取による測定その他、連続して測定できる装置により調査する方法を規定。
-
- 放射性セシウム以外の核種の放射能濃度を2023年度に調査した結果、福島第一原子力発電所事故前と同程度であった。
 - この結果は、2011年度の文部科学省による調査研究結果における「今後の被ばく線量評価や除染対策においては、Cs134、Cs137の沈着量に着目していくことが適切」との記載と整合的であると考えられる。
 - 上記を踏まえ、測定対象の放射性物質は、セシウム134及び137とする。

2. 飛散、流出の防止

除染実施者は、再生資材化した除去土壌が飛散し、及び流出しないよう、その表面を覆う等必要な措置を講ずること。

【補足】

- 福島県内実証事業においては、覆土を行うことで、再生資材化した除去土壌の飛散・流出が防止されていることを確認した。
- 飛散・流出防止のための覆土等の覆いは、放射線の遮へい効果も有する。
- また、再生資材化した除去土壌に覆土等の覆いがない状態(施工中など)においては、シート養生による飛散・流出防止対策を講じ、維持できていることを確認した。

※本ページに記載の覆土等の覆いに加えて、合理的に達成可能な範囲でさらなる被ばく低減を図る「最適化」の観点も考慮の上、利用先の用途に応じて必要となる厚さを確保する旨技術ガイドラインに記載する。

※福島県内実証事業等の結果を踏まえ、遮水シート等の地下水汚染防止措置は不要とする。

3. 空間線量率の測定(施工時・維持管理時)

除染実施者は、再生資材化した除去土壌の利用場所において、放射線の量(空間線量率)を七日に一回以上(維持管理時は定期的に)測定し、かつ、記録すること。

※地表から50cmから1mまでの高さで、ガンマ線測定用測定器を用いて測定。

【補足】

- 放射線安全性に係るモニタリング項目は、万一の異常を把握するため、施工時・維持管理時ともに、空間線量率を測定する。
- 測定の位置や頻度は、これまでの実証事業の成果等を踏まえた以下を目安とし、関係機関との協議等を踏まえて決定する。

モニタリング項目	位置	頻度	
空間線量率	必須: 除去土壌施工箇所の上 最低1箇所 任意: 敷地境界の数箇所 ^{注)}	施工時	1回以上/週 ^{注)} 、※ ※ 竣工時にも測定を実施
		維持管理時	定期的(1回以上/年 ^{注)} を想定)

注) 利用する土量や施工規模、モニタリングの時期(施工や維持管理段階の初期等)の他、モニタリング結果等を踏まえ、測定の位置や頻度を必要に応じて変更することができる。

- 土壌中の放射性セシウムの大部分は鉱物の層間に固定され、移動しにくい状態にあることが、これまでに科学的知見として得られている(参考資料6参照)。
- 福島県内実証事業等における盛土浸透水等についてのモニタリングの結果、放射性セシウム濃度については、検出下限値未満もしくは排水基準を下回っていた。
- 上記を踏まえ、空間線量率以外の地下水等の項目のモニタリングについては原則不要とするが、再生利用に係る理解醸成の観点等から、関係機関との協議等を踏まえ、モニタリング項目等について決定する。

4. 生活環境の保全

除染実施者は、再生利用を行う作業において、悪臭、騒音又は振動によって生活環境の保全上支障が生じないように必要な措置を講ずること。

【補足】

- 工事等に伴う周辺的生活環境への影響を抑える。
- 除去土壌の収集・運搬、保管と同様に、生活環境の保全措置を講ずる。

5. 再生資材化した除去土壌の利用場所であることの表示

除染実施者は、再生資材化した除去土壌の利用場所であることの表示がされている場所で利用を行うこと。

【補足】

- 再生利用を行う際には、当該場所が再生資材化した除去土壌の利用場所であることを表示し、除染実施者の連絡先等を記載する。
- なお、周辺に囲いや立ち入り制限を設ける必要はない。

6. 再生資材化した除去土壌の利用場所、利用量、放射能濃度等の記録・保存

除染実施者は、次に掲げる事項の記録及び再生利用を行った位置を示す図面を作成し、当該再生利用が終了するまでの間、保存すること。

- 再生利用に係る工事の計画及び設計に係る情報
- 再生利用を行う除去土壌の放射能濃度及び利用量
- 再生利用に係る工事の施工年月日
- 再生利用を行う除去土壌の引渡し担当者名、引受け担当者名及び搬入車両番号
- 再生利用を行う除去土壌の管理に関して行った測定、点検、その他の措置

【補足】

- 再生利用の終了の要件については今後の検討課題であり、再生利用の終了まで適切に再生資材化した除去土壌に関する情報を保存することが必要。

7. 事業実施者や施設管理者等との工事及び管理における役割分担等を協議

除染実施者は、再生資材化した除去土壌の適切な管理のため、次に掲げる者との間で協議の上、再生利用に係る施工及び管理に関する基本的な事項その他の事項※を定めること。

- ・事業実施者
- ・再生利用に係る施設等の管理者

※「再生利用に当たり、事業実施者が求める必要な処理」、
「平時及び災害における工事又は維持管理に係る役割分担及び連絡体制」

【補足】

- 再生利用に当っては、放射線に係る安全性を確保するために、具体的な役割分担が重要であることから、「除染実施者（環境省、市町村等）」は、「公共事業等の事業実施者」、「公共施設等の管理者」との間で、適切な管理に向けて施工及び維持管理に関する基本的な事項について協議を行うことが必要。なお、「土地所有者」との間でも必要に応じて協議を行う。
- 協議が必要な基本的な事項については、以下を例とするが、関係機関等との協議等を踏まえ決定する。

協議事項の例

- ✓ 再生利用に当っては、用途先で求められる要求品質に適合するよう、事業者と協議等の上、必要に応じて品質調整を行う。
- ✓ 平時及び災害時における施工・維持管理に係る役割分担及び連絡体制
- ✓ 事業地を所有する者等の変更時における連絡体制、手続き
- ✓ 事業地の形質変更が生じる際の事前の連絡体制、手続き



7. 復興再生利用に係るガイドライン（案）のポイント

ガイドラインについては、次の3章構成とする。

第1章 総論

- ガイドラインの目的
- 復興再生利用の位置付け
- 基準・ガイドライン策定の経緯
- 関係する法令等

第2章 基本的事項

基準の解説及び運用の詳細

第3章 実施に当たっての留意事項

実際に再生資材化した除去土壌を利用する際に、留意することなどが望ましい事項

第1章 総論

1. 総論に記載すべき事項

(1) ガイドラインの目的

再生資材化した除去土壌の利用に当たり、復興再生利用基準を遵守した管理手法をこれまでに得られた知見をもとに具体化するとともに、実際に利用する際の留意事項をまとめるものである旨を記載。また、再生資材化した除去土壌を取扱うことによって、取扱わない場合に対して追加的に考慮することが望ましい留意事項をまとめたものであり、再生資材化した除去土壌に起因しない事項については、既往の法令や技術指針等による旨を記載。本ガイドラインは必要に応じて見直す旨記載。

(2) 復興再生利用の位置付け

➤ 復興再生利用の定義：

東京電力福島第一原子力発電所の事故による災害からの日本の復興に資することを目的として、実施や管理の責任体制が明確であり、継続的かつ安定的に行われる公共事業等において、適切な管理の下で、盛土等の用途のために再生資材化した除去土壌を利用（維持管理することを含む）すること。復興再生利用基準は同条第2項の規定により環境省令にて定められるものであることを整理。

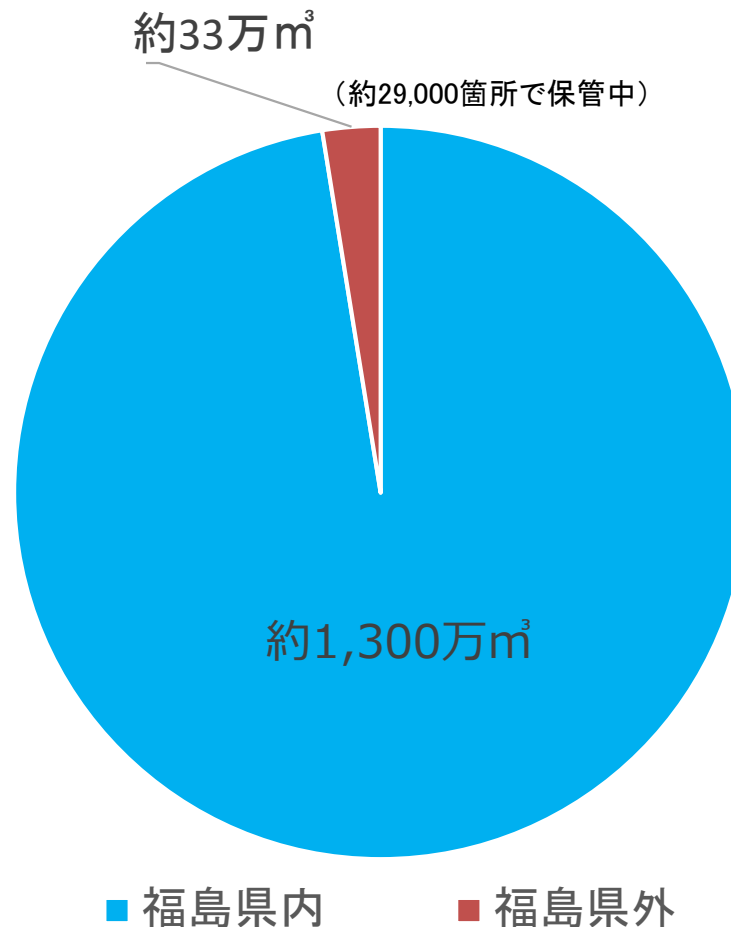
➤ 福島県内では約1,300万m³の除去土壌が保管されており、そのうち比較的放射能濃度が低いものは約4分の3を占めることを記載。土壌は本来貴重な資源であり、土壌を有効に利用することは、資源の有効活用の点から、また県外最終処分の実現に向けても、必要である旨説明。なお、本ガイドラインは福島県外除去土壌の復興再生利用に当たっても参照可能な旨記載。

(3) 基準・ガイドライン策定の経緯

検討会及び本ワーキンググループ等での御審議の経緯、実証事業の実施状況、IAEA専門家会合等を記載。

(4) 関係する法令等

再生資材化した除去土壌の利用に当たり、復興再生利用基準の他に適用となる法令等(例: 除去土壌の運搬・保管基準)を記載



【除去土壌の保管量】

第2章 基本的事項

※第2章中の四角囲み内は、これまで議論頂いた基準の内容。今後、この内容を法令上の規定(省令・告示)として整理。

2.1 復興再生利用とは

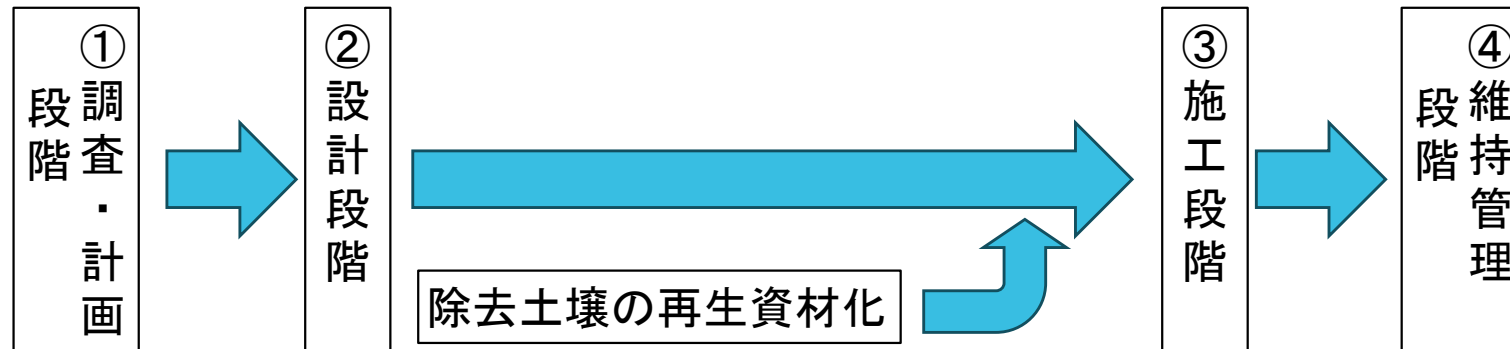
復興再生利用とは、東京電力福島第一原子力発電所の事故による災害からの日本の復興に資することを目的として、実施や管理の責任体制が明確であり、継続的かつ安定的に行われる公共事業等において、適切な管理の下で、盛土等の用途のために再生資材化した除去土壌を利用（維持管理することを含む）すること。

(1) 復興再生利用の定義

- 復興再生利用の定義及び位置づけについては、「1. (2)」参照。定義中、「再生資材化」とは、除染実施者（福島県内では環境省、福島県外では市町村等）が除去土壌を、異物等の除去や用途先で求められる部材の条件に適合するよう品質調整等の工程を経て、利用可能な状態にすることを意味する旨説明。
- 以下に示す、クリアランス制度と復興再生利用の相違を説明。
 - ✓ 原子炉等規制法等におけるクリアランス基準は、放射線による障害の防止に係る規制の枠組みから除外し、核燃料物質によって汚染された物ではないもの等として取扱うことができるもの。クリアランス基準を満たした場合、自由な流通が可能。
 - ✓ 復興再生利用は、放射性物質汚染対処特措法に基づき、再生資材化した土壌を対象に、その利用先を管理主体や責任体制が明確となっている公共事業等に限定した上で、飛散・流出の防止等の適切な管理の下で、利用することを前提としているもの。

(2) 復興再生利用の一般的な工程

- 復興再生利用の一般的な工程を以下の通り提示。



- 復興再生利用を進めるためには、早い段階からの地域の関係者を含む関係機関等とのコミュニケーションが重要である旨記載。
- 管理の終了の考え方は今後整理を行う旨、注記。

2.2 再生資材化した除去土壌の放射性セシウム濃度

事故由来放射性物質についての放射能濃度を調査した結果、除染実施者は、復興再生利用によって受ける一般公衆の実効線量が1年間につき1 mSvを超えない放射能濃度※の再生資材化した除去土壌を用いること。

※事故由来放射性物質であるCs-134についての放射能濃度及び事故由来放射性物質であるCs-137についての放射能濃度の合計が8,000Bq/kg以下とする。

除染実施者が行う再生資材化した除去土壌の事故由来放射性物質による汚染の状況の調査の方法は、次のいずれかの方法とする。

1. 試料採取による調査方法

- 調査は、その対象とする再生資材化した除去土壌を、調査単位に区分し、それぞれの調査単位ごとに行うこと。
- 調査単位のすべてについて、4以上の試料を採取すること。
- 調査単位ごとに上記により採取された試料をそれぞれおおむね同じ重量混合すること。
- 上記により混合された試料のすべてについて、Cs-134についての放射能濃度及びCs-137についての放射能濃度を測定すること。

2. 放射能濃度を連続して測定できる装置により調査する方法(連続測定)

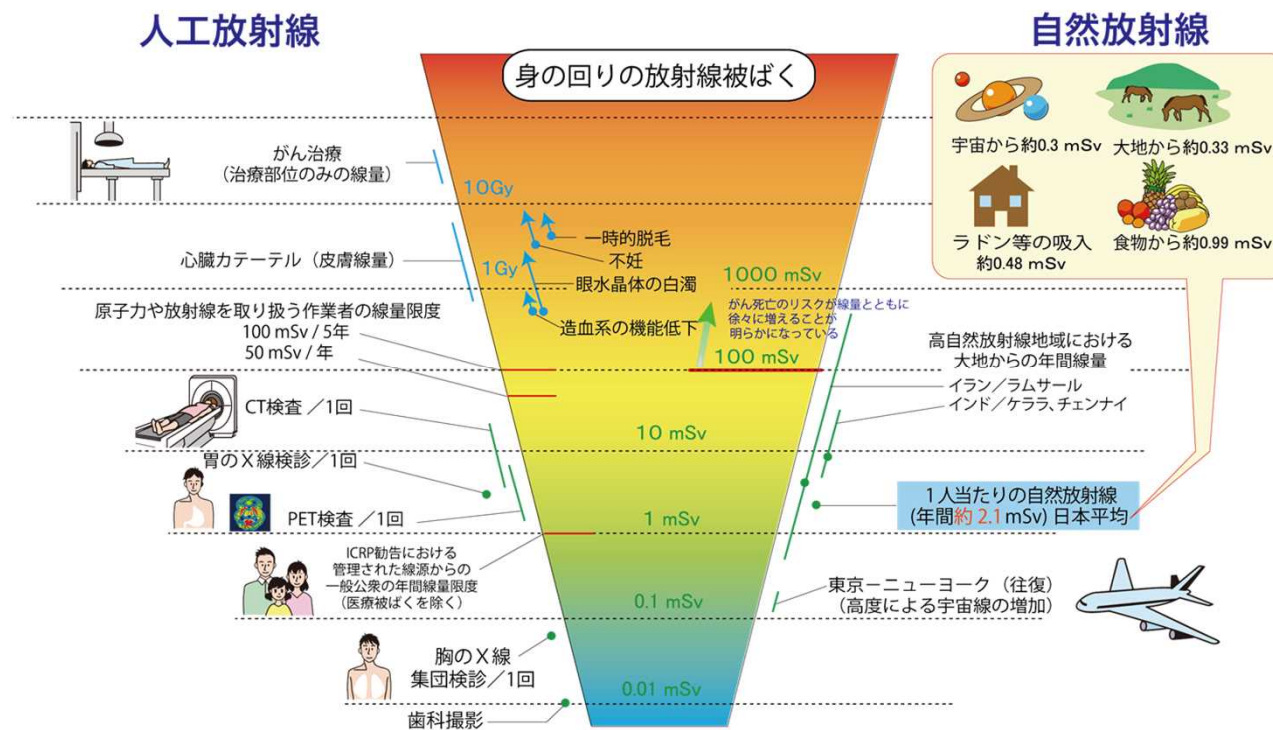
- 調査は、その対象とする再生資材化した除去土壌を、調査単位に区分し、それぞれの調査単位ごとに行うこと。
- 上記により区分した調査単位内の再生資材化した除去土壌すべてについて、Cs-134についての放射能濃度及びCs-137についての放射能濃度を測定すること。

(1) 放射線防護の考え方

- 基準は追加被ばく線量が年間1 mSvを超えないこと、これに相当する除去土壌の放射能濃度は8,000Bq/kg以下である旨記載。

※経済的・社会的要因を考慮して合理的に達成可能な範囲で、追加被ばく線量を更に低減することについて検討する最適化の考え方を記載。

- 復興再生利用はこの濃度以下の除去土壌を用いて実施することを記載。作業員についても特別な防護措置は不要である旨記載。
- 復興再生利用の安全性について、次ページに示す内容を、下図なども用いて説明。
- 年間追加被ばく線量が1 mSv超とならない除去土壌の放射能濃度として、8,000Bq/kg以下を導出した安全評価について説明。



出典:

- ・国連科学委員会 (UNSCEAR) 2008年報告書
- ・国際放射線防護委員会 (ICRP) 2007年勧告
- ・日本放射線技師会医療被ばくガイドライン
- ・新版 生活環境放射線 (国民線量の算定) 等により、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学研究所が作成 (2021年5月)

<復興再生利用の安全性> (第9回コミュニケーション推進チーム資料より)

～放射線の健康影響について～

- 自然界に放射線・放射性物質は広く存在しており、日本では自然放射線からの被ばくとして、一人当たり年間平均2.1mSvを受けている。
- これまでの調査において、概ね100 mSv以下の健康影響については、生活習慣等の放射線以外の要因による発がんの影響によって隠れてしまうほどリスクは小さいことが明らかになっている。

～復興再生利用による放射線の健康影響について～

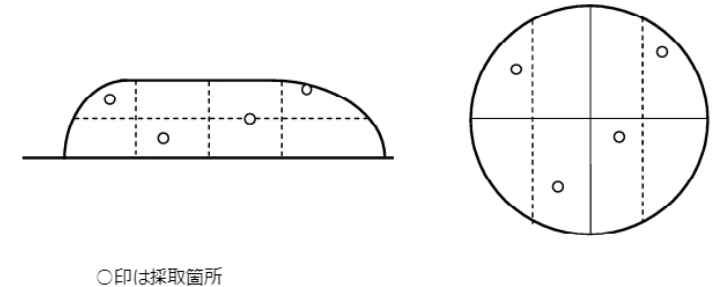
- 放射線の国際的な安全基準として定められた公衆の年間追加被ばく線量限度(年間1mSv)^{*}を踏まえ、年間追加被ばく線量が1mSvを超えないように、復興再生利用を行う。
※仮に生涯にわたる被ばくが続いたとしても、リスクは十分に小さい。
- 最も影響を受ける作業員であっても、年間1mSvを超えないように除去土壌の放射能濃度の基準を設定しているため、周辺住民・利用者への影響は、自然界から受ける影響に比べても小さく、心配ないレベル。

(2) 放射性セシウム濃度の調査方法

- 原則再生資材化後に、1年毎に校正が行われた測定装置により放射性セシウム濃度を測定することを記載。
- 試料採取による測定の場合、調査単位は以下の通りとすることを想定。試料採取の際には、代表性を確保できるよう、離れた4カ所以上から採取する旨、下右図とともに記載。

8,000Bq/kg超のおそれがないと見なすことができる場合	5,000m ³
8,000Bq/kg超のおそれが不明瞭である場合	900m ³
上記以外の場合	100m ³

上記調査単位については、土壤汚染対策法において、要措置区域外から搬入された土壌を使用する場合における、当該土壌の特定有害物質による汚染状態の調査方法を参考として規定

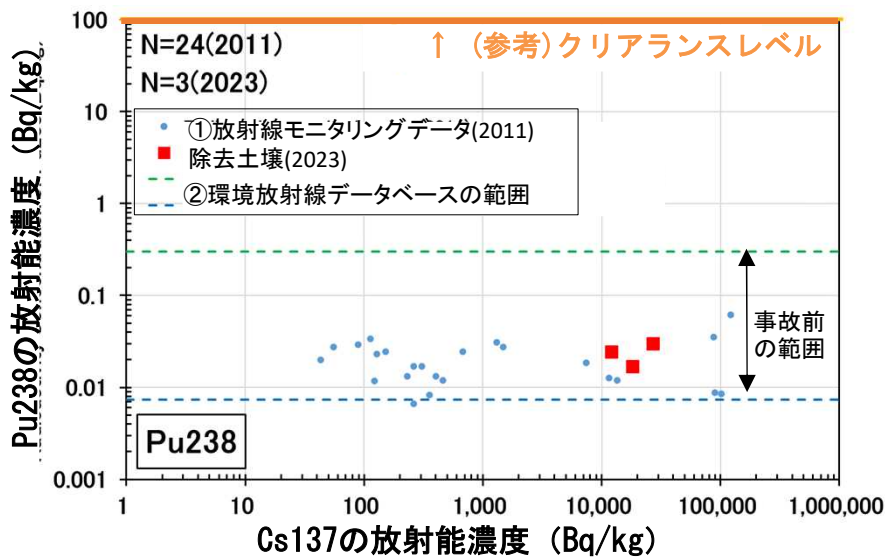
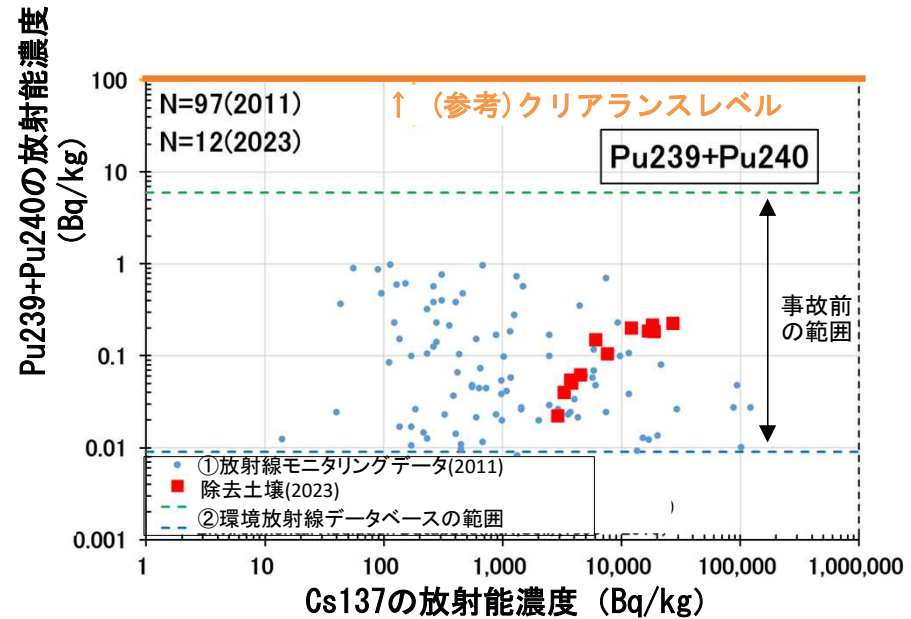
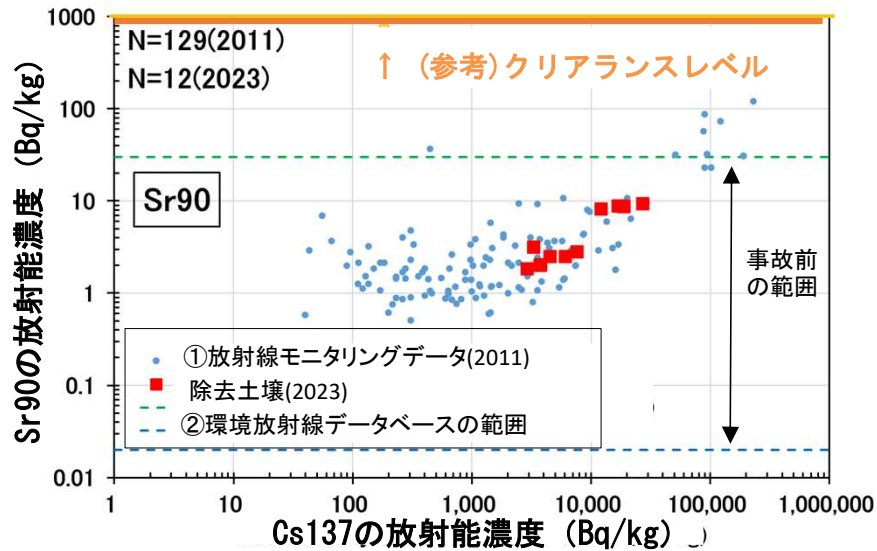


- 連続測定の場合、調査単位は連続測定機の1回の測定で測定する量とし、全ての再生資材化した除去土壌について測定を行うものとする。
- 測定の結果、8,000Bq/kg超となった土壌は取り除き（連続測定の場合は、そのための設備を連続測定機と一連のものとして具備）、復興再生利用に用いない旨記載。
- 調査結果の記録・保存
2.7(記録・保存)の項に記載。記録を要する事項は以下の通りとすることを想定。

調査対象の除去土壌の重量または体積(試料採取測定の場合は、調査単位ごと。連続測定の場合は、測定日ごともしくは利用先ごとのうち小さい方。)
測定年月日(試料採取測定の場合は、測定年月日のほか試料採取日も記録。)
(調査単位毎の)調査方法(連続測定 / 試料採取測定の別、(試料採取の場合は)採取した試料の量、使用機器等)
調査結果(放射能濃度)
測定を行った者の氏名又は名称

(3) セシウム以外の放射性核種について

- 省令において、測定の対象とする放射性物質はCs-134、Cs-137と規定。このことは、以下の調査結果から妥当である旨説明。
 - ✓ 除去土壌中の、セシウム以外の放射性核種(Sr-90、Pu-238、Pu-239、Pu-240、Pu-241)の放射能濃度を調査。次ページに示すとおり、セシウム以外の核種の放射能濃度は、事故前と同等であることを確認。
 - ✓ この結果は、2011年の文部科学省の調査研究結果と整合的。
- 理解醸成の観点から有用と考えられることから、必要に応じ、環境省は今後も同様の調査を実施する旨記載。
- Cs-134の半減期は約2年、Cs-137の半減期は約30年であり、現時点でCs-134の寄与は小さい旨記載。



【参考】原子力施設等におけるク リア ランス レベル
 Sr90 : 1,000Bq/kg、Pu238、Pu239、Pu240 : 100Bq/kg

【資料 出典】

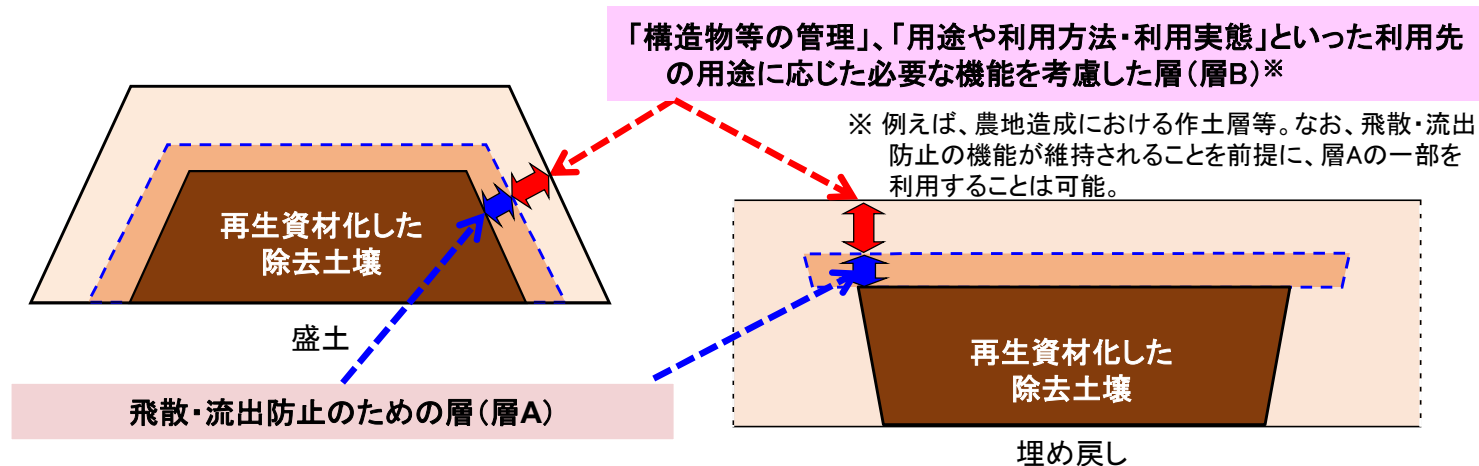
- ①放射線 モニタ リング データ (2011年3月東京電力(株)福島第一原子力発電所事故後の調査結果)
 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 (JAEA),
 土壌試料・環境試料 分析登録データ一覧 (参照 2023年0月)
https://emdb.jaea.go.jp/emdb_old/selects/b10203/
 ※一部データは 1 Bq/kg = 65Bq/m²として単位変換
- ②環境放射線データ ベース ※※
 全国における土壌中の放射能濃度測定値。対象とした時期は1991年1月～2010年12月の20年間。(チェルノブイリ事故(1986年4月)後から東京電力(株)福島第一原子力発電所事故(2011年3月)前までの期間)
 ※※1957年以降、科学技術庁→文部科学省→原子力規制庁が関係省庁や47都道府県等の協力を得て実施した環境放射能調査の結果をデータベースとしたもの

2.3 飛散・流出の防止

除染実施者は、再生資材化した除去土壌が飛散し、及び流出しないよう、その表面を覆う等必要な措置を講ずること。

(1) 覆土等の覆いについて

- 飛散・流出防止のための覆土等の覆い(層A)及び利用先の用途に応じた必要な機能を考慮した層(層B)を設ける旨、図解とともに記載。



- 層Aについては、土砂により覆土を行う場合は、実証事業から得られた知見や施工性を踏まえ、20cm～30cm程度とする旨記載。

※飯舘村長泥地区の環境再生事業では、令和4年12月以降定期的に(月に1回程度)目視による点検や大雨警報発令時等に臨時の点検を実施しており、覆土等の覆いの機能は維持されていることを確認。

- 層Bについては、構造物等の管理、用途や利用方法・利用実態(埋設管等の地下埋設物を含む)といった観点を考慮して、事業実施者により設定されるものであることを記載。
- 法面部を土砂で覆土する場合については、施工性を踏まえると、層A+層Bの厚さ(水平方向)の合計厚さは1m以上となることが想定される旨記載※。

※道路盛土実証事業でも1m以上を確保

- 層A及び層Bによる遮へい効果が大きいと想定されるが、経済的・社会的要因を考慮し合理的に達成可能な範囲で更なる被ばく低減を図る「最適化」の観点も踏まえ、地域の関係者を含む関係機関等と相談する。除染実施者は、層A及び層Bの厚さや前述の相談結果を踏まえて、全体の覆土厚(利用する再生資材化した除去土壌の量)を設定し、事業実施者との協議を経て決定する旨記載。参考として、覆土の厚さと放射線遮へい率の一般的な関係を説明。
- 施工手順の工夫によっても更なる被ばく線量の低減を図ることが可能である旨記載。

➤ 土壌中の放射性セシウムの溶出特性は極めて低いことを、以下の知見を紹介して説明。このため、地下水汚染防止のための特別な措置は不要である旨記載。

- ✓ 地盤工学会によるレビュー※1: 土壌中の放射性セシウム大部分は、鉱物の層間に固定され、移動しにくい状態にある。

※1 土壌中の放射性セシウムの挙動に関するレビュー(公益社団法人 地盤工学会 土壌中の放射性セシウムの挙動に関するレビュー作成検討委員会)

- ✓ 福島県内実証事業における盛土浸透水におけるモニタリング結果
⇒放射性セシウム濃度については、検出下限値未満もしくは排水基準を下回っていた。
- ✓ 中間貯蔵施設(土壌貯蔵施設)における浸出水原水及び福島県外で生じた除去土壌の埋立処分の実証事業の浸透水原水における放射能濃度測定結果
⇒大部分が検出下限値以下、最大で10Bq/L程度。
- ✓ 中間貯蔵施設に搬入された除去土壌及び福島県外で生じた除去土壌の埋立処分の実証事業における溶出試験結果
⇒大部分が検出下限値以下、Cs-137が約27,000Bq/kgの試料で約5Bq/L。

(2) 施工中の飛散・流出防止措置

- 必要に応じシート養生等により飛散・流出防止措置を講じることとして、具体の措置を例示。
- 実証事業では、上記の措置により適切に除去土壌の飛散・流出を防止できた旨記載。

2.4 空間線量率の測定(施工時・維持管理時)

除染実施者は、再生資材化した除去土壌の利用場所において、放射線の量(空間線量率)を7日に1回以上(維持管理時は定期的に)測定し、かつ、記録すること。
 ※地表から50cmから1mまでの高さで、ガンマ線測定用測定器を用いて測定。

(1) 測定位置・測定頻度

- 復興再生利用実施前(施工前)に、バックグラウンド値の把握のため空間線量率を測定する旨記載。
- 施工時・維持管理時の測定の位置や頻度は関係機関との協議等を踏まえて決定することとし、以下を目安とすることを想定。
 維持管理時の「定期的」な測定の頻度は、年1回以上として整理。

モニタリング項目	位置	頻度	
		施工時	1回以上/週※ ※ 竣工時にも測定を実施
空間線量率	必須: 除去土壌施工箇所の上部最低1箇所	維持管理時	1回以上/年
	任意: 敷地境界の数箇所		

- 上記を原則としつつ、施工規模等に応じて、また関係機関との協議等を踏まえ、測定位置・頻度を変更することは可能である旨記載。
- 空間線量率の計測は、1年毎に校正が行われた空間線量計を用いて行う旨記載。

(2) 測定方法

- 放射性物質汚染対処特措法における既定の測定方法に拠ることを省令で規定。
- 理解醸成の観点から、地域の参画のもと空間線量率の測定を行うことも考えられる旨記載。

(3) 空間線量率以外の項目

- これまでに得られている科学的知見、実証事業のモニタリング結果等を踏まえ、地下水等のモニタリングは原則不要。
- 関係機関との協議等を踏まえ、必要に応じてこれらの項目についてモニタリングを行うことも可能。
- 災害発生時など原則に拠りがたい場合は、関係機関との協議等を踏まえ、モニタリング項目等について決定する旨記載。

2.5 生活環境の保全(騒音・振動等)

除染実施者は、復興再生利用を行う作業において、悪臭、騒音又は振動によって生活環境の保全上支障が生じないように必要な措置を講ずること。

- 悪臭・騒音・振動対策に関連する法令や指針類を例示。

環境対策	関係環境法規	関係指針類
悪臭対策	悪臭防止法	特定悪臭物質測定マニュアル
騒音対策	騒音規制法	騒音に係る環境基準の評価マニュアル
振動対策	振動規制法	よくわかる建設作業振動防止の手引き 地方公共団体担当者のための建設作業振動対策の手引き

2.6 再生資材化した除去土壌の利用場所であることの表示

除染実施者は、再生資材化した除去土壌の利用場所であることの表示がされている場所で利用を行うこと。

- 再生資材化した除去土壌の利用場所であることの表示を1カ所以上で実施。
- 表示における記載事項は以下の通りとすることを想定。

復興再生利用実施箇所である旨
除染実施者名と連絡先

- 上記の他、復興再生利用の目的や空間線量率の測定結果といった関連情報が確認可能な環境省ホームページへのリンク等を記載することも考えられる旨記載。
- 表示に当たっての留意事項を整理。
 - ✓ 付近の表示を行う際には、構造の安全性、耐久性、維持管理の確実性及び容易さ、並びに付近の状況との調和等を考慮。
 - ✓ 付近の他の構造物の使用性や安全性に影響を及ぼさないこと、交通に影響しないこと、付近の通行者等の安全が確保されるよう留意。
 - ✓ 表示の効用が損なわれないよう良好な状態に保つための維持管理や台風等の災害の直後の点検を実施。
 - ✓ 再生資材化した除去土壌の周辺に囲いや立ち入り制限は不要。

2.7 再生資材化した除去土壌の利用場所、利用量、放射能濃度等の記録・保存

除染実施者は、次に掲げる事項の記録及び再生利用を行った位置を示す図面を作成し、当該復興再生利用が終了するまでの間、保存すること。

- 復興再生利用に係る工事の計画及び設計に係る情報
- 復興再生利用を行う除去土壌の放射能濃度及び利用量
- 復興再生利用に係る工事の施工年月日
- 復興再生利用を行う除去土壌の引渡し担当者名、引受け担当者名及び搬入車両番号
- 復興再生利用を行う除去土壌の管理に関して行った測定、点検、その他の措置

➤ 記録を作成し、復興再生利用の終了(管理の終了時)まで保管する情報として以下を想定。ただし、管理の終了の考え方は今後整理を行う旨、注記。

工事の計画及び設計に係る情報	復興再生利用場所の名称及び所在地、工事計画(復興再生利用に係る工事の断面図等)
除去土壌の諸元に関する情報	復興再生利用に用いた除去土壌の量、放射能濃度(測定を行った除去土壌の重量又は体積、測定年月日、調査方法、調査結果、測定を行った者の氏名又は名称。2.2参照)、他の品質(利用先の用途に応じて行った品質調整の内容・結果等)
工事の施工年月日に係る情報	復興再生利用に係る工事の施工期間
運搬に係る情報	再生資材化した除去土壌の引渡し・引き受けを行った担当者、運搬車両の車両番号
管理に関して行ったモニタリング、点検、その他の措置に関する情報	空間線量率の測定点、測定年月日、測定方法、測定機器、測定結果、測定を行った者の氏名又は名称 復興再生利用場所の点検結果。被災した場合にあっては、被災箇所、被災状況、一時保管場、流出した除去土壌の量及び濃度

➤ モニタリングに関する情報については、理解醸成の観点から、遅滞なく公表することが望ましい旨記載。

2.8 事業実施者や施設管理者等との工事及び管理における役割分担等を協議

除染実施者は、再生資材化した除去土壌の適切な管理のため、次に掲げる者との間で協議の上、再生利用に係る施工及び管理に関する基本的な事項その他の事項を定めること。

- ・事業実施者
- ・復興再生利用に係る施設等の管理者

(1) 復興再生利用の責任主体

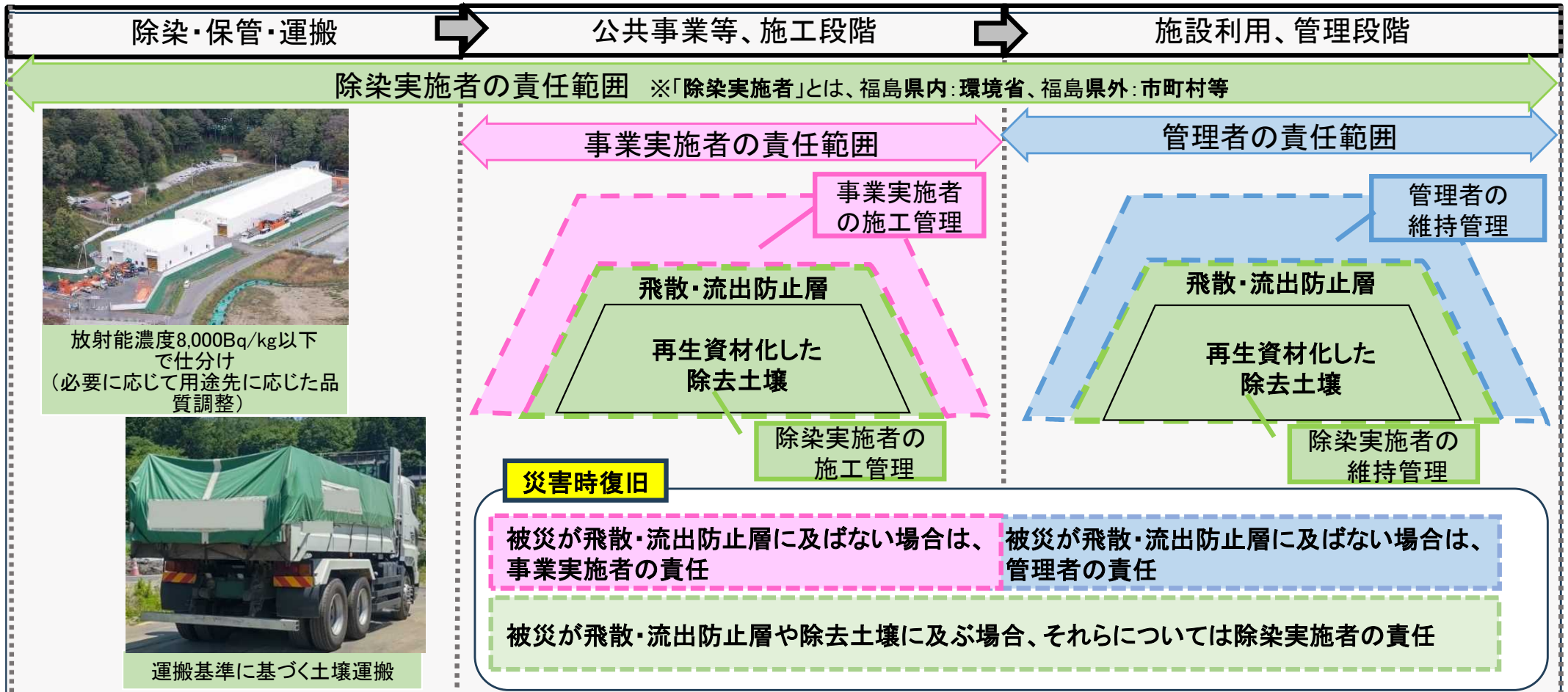
- 放射性物質汚染対処特措法に基づき、除染実施者が再生資材化した除去土壌の管理責任を負い、事業実施者や施設等の管理者は、その他の部分の責任を負う旨記載。参考として次ページの図を掲載。

(2) 除染実施者と事業実施者等との間の協議

- 「除染実施者」及び「事業実施者」、「施設等の管理者」(、必要に応じて「土地所有者」)との間で、施工及び維持管理に関し、協議を行う旨記載。
- 協議の上定める基本的な事項その他の事項の例として以下を想定。

用途先で求められる除去土壌の品質(協議の上、除染実施者が必要に応じて品質調整を実施)
復興再生利用に使用する除去土壌の放射能濃度
平時及び災害時における施工・維持管理に係る役割分担・連絡体制
事業地を所有する者等の変更時における連絡体制、手続き
事業地の形質変更が生じる際の連絡体制(予め連絡する旨規定)

<復興再生利用の責任主体>



(3) 連携体制の構築

- 「除染実施者」及び「事業実施者」、「施設等の管理者」はもとより、その他の関係者も関与して行われる復興再生利用にあっては、これらの関係者間の連携体制を構築し、復興再生利用に係る情報を適切に共有する事が望ましいことを記載。

※長泥地区の飯舘村環境再生事業では、地元委員、飯舘村等関係機関、有識者、環境省で構成される「飯舘村長泥地区環境再生事業運営協議会」を設置。

第3章 実施に当たっての留意事項

3.1 調査・計画段階（利用場所や利用部位）

除染実施者及び事業実施者は、復興再生利用の計画にあたり、再生資材化した除去土壌が用いられる場所の地形、地質、気象その他の自然・社会的状況を勘案し、放射線防護上の安全性を考慮して、次の点に留意しつつ、復興再生利用場所や利用部位を選定する旨記載。

（利用場所）

- 再生資材化した除去土壌を利用した施設の被災に伴う再生資材化した除去土壌の飛散・流出リスクを総合的に勘案し、人為的な形質変更が想定される場所のほか、下記に例示するような場所については、復興再生利用場所の選定のための調査・計画に当たって十分な検討を要することを記載。

（例）

- ① 軟弱地盤のある場所
- ② 地すべり地
- ③ 地盤が傾斜している場所
- ④ 液状化のおそれがある地盤
- ⑤ 災害発生時等において迂回路を確保できない道路
- ⑥ 風水害や地震による飛散・流出リスクが高い場所
- ⑦ 特定盛土等規制区域等の構造物の周辺のうち、飛散・流出リスクの高い場所 等

（利用部位）

- 被災や人為的な掘り返しに伴う再生資材化した除去土壌の飛散・流出リスクを総合的に勘案し、「ボックスカルバートや橋台その他の構造物の背面盛土」等の部位について、設計に当たって十分な検討を要することを記載。
- やむを得ず形質変更が必要となった場合には、あらかじめ施設等の管理者と除染実施者との間で協議を行い、必要に応じて適切な措置を講じることを記載。

3.1 調査・計画段階(土壤プロフィールデータ)

復興再生利用の計画にあたって参考となるよう、除染実施者において、必要に応じ以下に例示するような土木資材としての性状に関するデータを予め把握し、利用に係る関係者に示すことが望ましい旨記載。

(土木資材としての性状に関するデータ例)

- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| (1) 土粒子の密度 | (8) 最適含水比と最大乾燥密度 |
| (2) 自然含水比 | (9) コーン指数 |
| (3) 粒度範囲 | (10) 粘着力、内部摩擦角
(三軸圧縮試験結果) |
| (4) 三角座標による工学的分類(中分類) | (11) 圧縮指数 |
| (5) 細粒分(75 μ m以下)含有率 | (12) 強熱減量 |
| (6) 液性限界・塑性限界・塑性指数 | (13) CBRと膨張比 |
| (7) 締固め曲線 | (14) pHと電気伝導度 |

3.2 設計段階(品質調整)

除染実施者は、除去土壌の再生資材化にあたり、用途先で求められる要求品質に適合するよう、事業実施者との協議を踏まえて、必要に応じて品質調整を行う旨記載。

- 除染実施者は、事業実施者と協議のうえ、用途先で求められる要求品質に適合するよう必要に応じて品質調整を行い、要求品質を満たす再生資材化した除去土壌を事業実施者へ引き渡すことを記載。
- 土木資材としての品質調整については、事業実施者と協議した方法により行い、必要な品質が得られたことを示すため、土質試験の結果等を事業実施者に提供することを記載。
- また、除染実施者は必要に応じ、下記に例示するような環境規制に係るガイドライン等も参考にし、事業実施者と協議のうえ、必要な品質調整を実施することを記載。

<参考>

- ・「土壌環境基準別表」(平成3年8月23日環境庁告示第46号)
- ・「土壌溶出量調査に係る測定方法を定める件」(平成15年3月6日環境省告示18号)
- ・「災害廃棄物から再生された復興資材の有効活用ガイドライン」
(平成26年10月公益社団法人地盤工学会)
- ・「建設工事における自然由来 重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル(2023年版)」
(令和5年3月29日 国土交通省)

3.3 運搬段階(運搬基準等)

土壌貯蔵施設や仮置場等から再生資材化施設への運搬や、復興再生利用先への運搬時において、除染実施者は、放射性物質汚染対処特措法に基づく運搬基準を遵守し、生活環境に係る保全等、飛散・流出等の防止、運搬車への表示や書面の備え付け等の措置を行うとともに、運搬に関する記録を作成する旨記載。

- 再生資材化した除去土壌の運搬にあたっては、「放射性物質汚染対処特措法に基づく運搬基準(特措法施行規則第57条)」に拠り、適切に実施。
- また、措置の具体例については、「除去土壌の収集・運搬に係るガイドライン」(平成25年5月第2版環境省(平成28年9月追補))を参照。
- なお、運搬基準においては、車両周辺1mの位置における線量当量率の最大値が $100 \mu\text{Sv/h}$ を超えないよう、放射線防護等の必要な措置を講ずることとされているが、放射能濃度 $8,000\text{Bq/kg}$ 以下の再生資材化した除去土壌の運搬時においては当該線量を超えないと考えられることを記載。
※平均放射能濃度 $8,000\text{Bq/kg}$ の除去土壌等を比較的大きめの運搬車に積載する場合、運搬車から1m離れた位置での空間線量率は $0.72 \mu\text{Sv/h}$ と試算。
- 復興再生利用先における現場内運搬のように、同一の敷地内において公道を通行せずに運搬を行う場合は、本運搬基準を参考に飛散・流出等の防止に留意して運搬をおこなうことを記載。なお、運搬基準で示された運搬車の表示及び書面の備え付けは要しないことを記載。
- 再生資材化した除去土壌を積込み・積卸しする場合、土壌が乾燥して風の強い際には散水を行う、積込み・積卸しを行っている周辺で作業をする際にはマスクを装着するなど、施工時同様、粉塵・防塵対策にも留意するとよいことを記載。

【参考】放射性物質汚染対処特措法の運搬基準（概要1）

- 除去土壌による人の健康又は生活環境に係る被害が生じないようにする。
- 除去土壌が運搬車から飛散、流出、及び漏れ出さないように、除去土壌を容器に収納する等必要な措置を講ずる。
- 雨水が浸入しないように、除去土壌の表面を遮水シートで覆う等必要な措置を講ずる。
- 運搬に伴う悪臭、騒音又は振動によって生活環境の保全上支障が生じないように必要な措置を講ずる。
- 除去土壌がその他の物と混合するおそれのないように、他の物と区分する。
- 運搬のための施設を設置する場合には、生活環境の保全上支障を生ずるおそれのないように必要な措置を講ずる。
- 運搬車及び運搬に用いる容器は、除去土壌が飛散、流出、並びに悪臭が漏れるおそれのないものとする。
- 運搬車を用いて除去土壌の運搬を行う場合には、次のように行う。
 - 運搬車の車体の外側に以下を掲示する。
 - (1) 除去土壌の運搬の用に供する運搬車である旨、(2) 運搬を行う者の氏名又は名称
 - 上記(1)及び(2)に掲げる事項については、識別しやすい色の文字で表示するものとし、(1)は百四十ポイント以上の大きさの文字、(2)は九十ポイント以上の大きさの文字を用いて表示する。
 - 運搬車の前面、後面及び両側面から一メートル離れた位置における一センチメートル線量当量率の最大値が百マイクロシーベルト毎時を超えないように、放射線を遮蔽する等必要な措置を講ずる。
 - 事故時における応急の措置を講ずるための器具等を携行すること。
- 以下の記録を作成し、運搬を終了した日から起算して五年間保存する。
 - 運搬した除去土壌の種類
 - 運搬した除去土壌ごとの運搬を開始した年月日及び終了した年月日、担当者の氏名、積載した場所及び運搬先の場所の名称及び所在地並びに運搬車を用いて除去土壌の運搬を行う場合にあっては当該運搬車の自動車登録番号又は車両番号

【参考】放射性物質汚染対処特措法の運搬基準（概要2）

- ▶ 運搬車を用いて除去土壌の運搬を行う場合には、当該運搬車に次の区分にて定める書面を備え付けておくこと。
 - 国等及びこれらの者の委託を受けて除去土壌の運搬を行う者（「一次収集運搬受託者」という。）：
その旨を証する書面及び次に掲げる事項を記載した書面（「必要事項書面」という。）
 - （1） 運搬を行う者の氏名又は名称及び住所並びに法人にあっては、その代表者の氏名
 - （2） 運搬する除去土壌の数量
 - （3） 運搬を開始した年月日
 - （4） 運搬する除去土壌を積載した場所及び運搬先の場所の名称、所在地及び連絡先
 - （5） 除去土壌を取り扱う際に注意すべき事項
 - （6） 事故時における応急の措置に関する事項
 - 国等と一次収集運搬受託者との間の委託契約に係る契約書に一次収集運搬受託者の受託業務に係る委託を受ける者としてその氏名又は名称が記載されている者：
その旨を証する書面、当該者が一次収集運搬受託者又は当該契約書にその氏名若しくは名称が記載されている他の者から委託を受けていることを証する書面及び必要事項書面

3.3 運搬段階(運搬における留意点)

除染実施者は、復興再生利用先への運搬において、運搬ルート上の道路管理者等とも調整のうえ、交通安全等に十分留意して運搬する旨記載。

- 復興再生利用先への運搬に際しては、あらかじめ運搬ルート上の道路管理者等と交通事故時の連絡など調整のうえ、交通安全等に十分留意して運搬を行うことを記載。
- 福島県内の中間貯蔵施設への運搬を通じて得られた例えば以下のような取組を行うことも有効であることを記載。

(例)

- ・運搬監視システム
運搬車両の走行位置をリアルタイムで確認し、渋滞や事故等の交通状況に応じて指示。
- ・ドライバーへの事前研修
ドライバーの交通安全意識を高め、地域の道路事情等を踏まえた適切な走行を行えるよう、事前に研修を実施。
- トラック運転の場合、連続運転時間が4時間を超えないものとされている※ことから、運転者が適切に休憩をとることができるよう、あらかじめ道路管理者等と調整のうえ、適切な休憩場所を計画しておくことに留意することを記載。

※自動車運転者の労働時間等の改善のための基準(改善基準告示)(平成元年労働省告示第7号)

3.4 施工段階(施工時の留意事項)

復興再生利用の施工にあたっては、必要に応じて適切な飛散・流出防止対策を講じるとともに、再生資材化した除去土壌の一時保管や作業者の被ばく管理に留意する旨記載。

- 放射性物質汚染対処特措法に基づき、再生資材化した除去土壌の品質調整や復興再生利用先への運搬は、除染実施者が実施する旨記載。
- 再生資材化した除去土壌や飛散・流出防止のための覆土等の覆いの施工は、その他の部分と一体の施設として施工することが合理的な場合、あらかじめ協議のうえ、空間線量率の測定によるモニタリングを含めて除染実施者から事業実施者へ委託することもある旨記載。

【施工時の留意事項】

- ① 再生資材化した除去土壌の一時保管に関し、以下について記載。
 - 保管場所は、飛散・流出防止のため、雨水の溜まりやすい窪地や地下水位の高い場所を避ける。雨水の浸入や地下水位の上昇により、再生資材化した除去土壌の品質に影響が生じる恐れがある場合には、保管場所の外周に排水路を設けるなど、雨水や地下水の浸入を防止するための措置を講じるとよい。
 - 例えばカラーコーンを配置してロープを張る等の措置により、再生資材化した除去土壌の一時保管場所とその他の場所を区別し、掲示板等により保管場所であることを示す。
 - 再生資材化した除去土壌が飛散・流出することのないようシート養生などを行うとよい。
 - 再生資材化した除去土壌と他の資材等が混合することのないよう、シートによる覆いや土のう等による仕切りを設ける、あるいは保管場所を分ける等の措置を講ずる。
 - 一時保管終了後には、保管場所跡地の空間線量率を測定し、保管開始前の空間線量率と比較して有意な上昇がないことを確認する。

- ②再生資材化した除去土壌を直接取り扱う作業者の被ばく管理に関し、以下について記載。
- 復興再生利用で用いる再生資材化した除去土壌の放射能濃度(8,000Bq/kg以下)は、電離則等による放射線障害防止措置の適用外の放射能濃度(1万Bq/kg以下)であるため、施工や災害等の復旧に当り、特別な防護措置を要することなく、通常の作業の範囲内で対応できる。
 - なお、一般的に「除染電離則」に定められる特定線量下業務(除染特別地域等内の空間線量率が事故由来放射性物質により $2.5 \mu\text{Sv/h}$ を超える場所において行う「除染等業務」以外の業務)の対象となる場合は、当該規則を適用し、作業者の被ばく管理を実施する。

3.5 維持管理段階（維持管理時の留意事項）

復興再生利用にあたっては、覆土等の覆いの機能が維持されるよう留意して維持管理を行う旨記載

- 除染実施者は、放射性物質汚染対処特措法に基づき、再生資材化した除去土壌や飛散・流出防止のための覆土等の覆いについての管理責任を有しているが、その他の部分と一体で維持管理するため、あらかじめ協議のうえ、施設等の管理者に維持管理の一部又は全部を委託することもある旨記載。

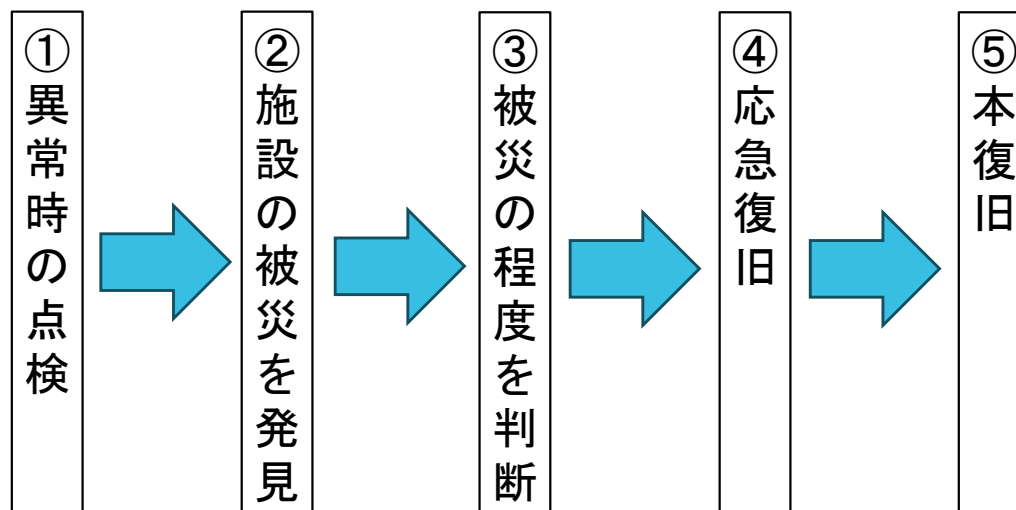
【維持管理時の留意事項】

- 再生資材化した除去土壌や飛散・流出防止のための覆土等の覆い（層A）は、利用先の用途に応じて必要な機能を考慮した層（層B）の内部にあることから、点検等の維持管理では、層Bの状態を外部から目視により確認することで、覆土等の覆いの機能が維持されていることを確認することを記載。
- 再生資材化した除去土壌及び飛散・流出防止のための覆土等の覆いについて、施設等の管理者（農地における耕作者を含む）や除染実施者は、掘り返し等の行為や形質変更は原則行わないよう留意することを記載。
- やむを得ず掘り返し等の行為や形質変更が必要となった場合には、あらかじめ施設等の管理者と除染実施者との間で協議を行い、必要に応じて適切な措置を講じることを記載。
- なお、農地において、飛散・流出防止の機能が維持されることを前提として、飛散・流出防止のための覆土等の覆いの一部を利用することは可能であることを記載。

3.5 維持管理段階(異常時における対応)

地震や大雨等の自然災害によって再生資材化した除去土壌が利用されている施設等の範囲において被災が生じた場合、事前の協議内容に基づき、復旧等の対応を実施する旨記載。

- 地震や大雨等の自然災害によって、再生資材化した除去土壌が利用されている施設等の範囲において被災が生じた場合には、あらかじめ除染実施者と施設等の管理者で協議した内容に基づき対応することを記載。
- 復興再生利用で用いる再生資材化した除去土壌の放射能濃度(8,000Bq/kg以下)は、電離則等による放射線障害防止措置の適用外の放射能濃度(1万Bq/kg以下)であるため、被災箇所の調査や、応急復旧や本復旧にあたり特別な防護措置を要することなく、通常の作業の範囲内で対応できることを記載。
- 被災が生じた場合の対応の流れは、概ね以下のような流れが想定されることを記載。この対応の流れに従って、異常時における対応や留意事項について記載。なお早期復旧の観点から、除染実施者は、施設等の管理者と事前に協議のうえ、異常時の点検、覆土等の覆い(層A)や再生資材化した除去土壌部分の応急復旧・本復旧を施設等の管理者に委託することもある旨記載。



①異常時の点検

- 地震や大雨等の自然災害が発生した場合、施設等の管理者※は、異常時の点検を実施することを記載。

②施設の被災を発見

- 施設の被災が発見された場合、施設等の管理者※は、再生資材化した除去土壌を用いていない施設等が被災した場合同様、被災箇所の損傷の範囲や深さを調査することを記載。

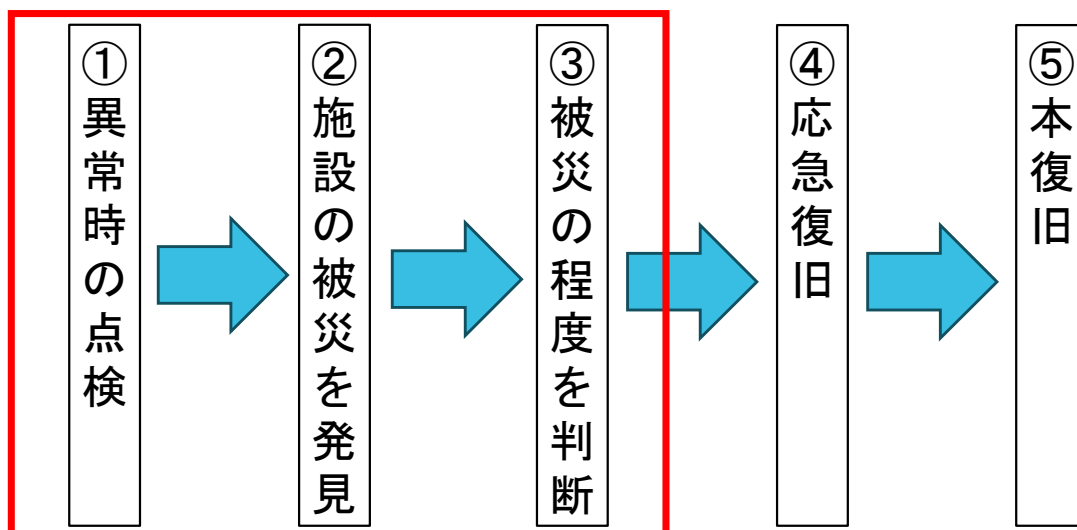
③被災の程度を判断

- 施設の被災が発見された場合、施設等の管理者※は、被災範囲が飛散・流出防止のための覆土等の覆いの層や再生資材化した除去土壌の層に及んでいるか否かを、例えば以下のような方法により判断することを記載。

(例)・現地において被災箇所の損傷の深さを調査し、竣工図面と比較することにより判断。

・被災箇所における空間線量率と、バックグラウンド値(過去の空間線量率に関するモニタリング結果)や被災していない箇所における空間線量率とを比較することによって判断。

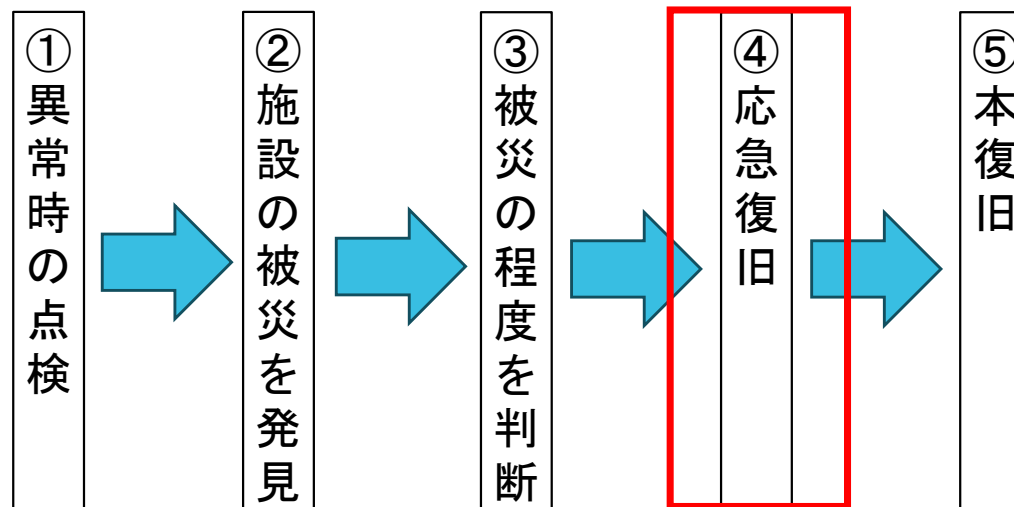
- 被災の程度を判断した結果に基づき、応急復旧や本復旧などの対応を除染実施者と施設等の管理者で協議することを記載。



※施設等の管理者と事前に協議のうえ、施設等の管理者に委託した場合。委託を行わない場合は、除染実施者。

④ 応急復旧

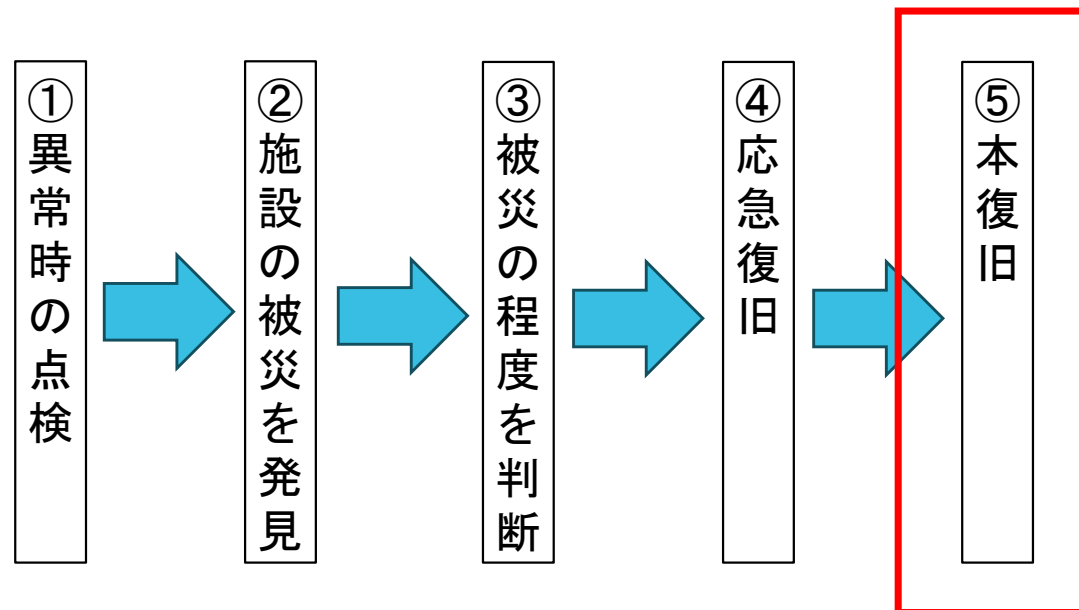
- 被災の範囲が、飛散・流出防止のための層や再生資材化した除去土壌に及んでいる場合※、周囲への安全性を確認するため、施設等の管理者※は、応急復旧を開始する前のほか、施工時に準じて7日に1回以上の頻度で空間線量率を測定することを記載。測定した結果は除染実施者へ共有し、除染実施者は測定した結果を公表することが望ましいことを記載。
※被災の範囲が、飛散・流出防止のための層に及んでいない場合は不要。
- なお、被災により再生資材化した除去土壌が覆土や周辺の土壌と混ざり合って流出し、両者を区別することが困難となることが想定されることを記載。この場合、区別困難となった土壌全体を、一体の流出した土壌とみなすことを記載。
- 流出した土壌は、施設等の管理者※が回収し、あらかじめ施設等の管理者と除染実施者との協議した現場内等の一時保管場所に保管することを記載。一時保管場所への運搬は、「3.3 運搬段階」に基づくことを記載。また、一時保管時の留意点は、「3.4 施工時の留意事項」を参照することを記載。
- 流出した土壌の回収後、施設等の管理者※は、被災した施設の応急復旧を行うことを記載。
- 応急復旧完了後、施設等の管理者※は空間線量率を測定し、異常のないことを確認することを記載。



※施設等の管理者と事前に協議のうえ、施設等の管理者に委託した場合。委託を行わない場合は、除染実施者。

⑤本復旧

- 応急復旧同様、被災の範囲が、飛散・流出防止のための層や再生資材化した除去土壌に及んでいる場合※、本復旧を行っている間、施設等の管理者※は、7日に1回以上の頻度で空間線量率を測定することを記載。測定した結果は除染実施者へ共有し、除染実施者は測定した結果を公表することが望ましいことを記載。
※被災の範囲が、飛散・流出防止のための層に及んでいない場合は不要。
- 応急復旧時に流出した土壌を一時保管している場合、できる限り本復旧のための資材として活用することを記載。
- 流出した土壌を本復旧の資材として活用する場合には、「3.4 施工時の留意事項」を踏まえて施工を行い、「2.3 飛散・流出防止(覆土等の覆い)」に記載のとおり覆土等の覆いを設けることを記載。
- 本復旧完了後、施設等の管理者※は空間線量率を測定し、異常のないことを確認することを記載。





8. 論点整理・論点に対する考え方（案）

(1) 県外最終処分の意義について

※出典：第16回戦略検討会 資料3「除去土壌の再生利用・最終処分における放射線防護の考え方等について」2（1）に基づき環境省作成

※県外最終処分の意義の伝え方については、理解醸成の観点を踏まえ、今後さらに検討を進めていく。

- 福島**の復興は日本全体の最重要課題。これまで**除染により、放射線リスクを低減し、避難指示解除による復興にも大きく貢献**。こうした福島県内の除染により発生した土壌や廃棄物（**除去土壌等**）は、**中間貯蔵施設に輸送・保管**。
- 大熊町・双葉町にまたがる約1,600haという**広大な中間貯蔵施設の受入れ**に当たり、**地元の方々には、原発事故により避難を余儀なくされた上で、福島の復興のために先祖代々受け継ぐ土地・家屋を手放すという大変重い決断**をしていただいた。この決断があったからこそ、**中間貯蔵施設への除去土壌等の搬入が進み、県内各地に設置された仮置場が解消され、福島全体の復興が大きく進展**。
- 加えて、**福島県では原発事故による環境の汚染が国内で最も深刻**であり、その影響により、福島の住民が既に重過ぎる負担を負っていることも踏まえ、**中間貯蔵開始後30年以内の除去土壌等に係る県外最終処分の方針を地元と約束し、また法律（JESCO法）にも規定した上で受入れに至った**。
- さらに、県外最終処分の実現に向けては、**最終処分量を低減**することが重要である。このため、広く国民の方々のご理解・ご協力をいただきながら、**政府一体で除去土壌等の再生利用等を進める**。
- これらにより、**放射線リスク低減と、本来貴重な資源である除去土壌の有効活用、福島復興への貢献**が可能となる。

(2) 最終処分及び復興再生利用とは

※出典：第16回戦略検討会 資料3「除去土壌の再生利用・最終処分における放射線防護の考え方等について」1や資料4「埋立処分基準（案）ポイント」等に基づき環境省作成

<最終処分とは>

- 最終処分とは、除去土壌等（必要に応じて減容処理したものを含む）について、処分場所を確保して、埋め立て、維持管理を行うこと。
- 放射性セシウムの溶出を踏まえた処分場の構造となる。

<復興再生利用とは>

- 東京電力福島第一原子力発電所の事故による災害からの復興に資することを目的として、再生資材化した除去土壌を適切な管理の下で利用（維持管理することを含む）すること。
 - ※ なお、クリアランス制度と復興再生利用には以下の違いがある。
 - ✓ 原子炉等規制法等におけるクリアランス基準は、放射線による障害の防止に係る規制の枠組みから除外し、核燃料物質によって汚染された物ではないもの等として取扱うことができるもの。クリアランス基準を満たした場合、自由な流通が可能。
 - ✓ 復興再生利用は、放射性物質汚染対処特措法に基づき、再生資材化した土壌を対象に、その利用先を管理主体や責任体制が明確となっている公共事業等に限定した上で、飛散・流出の防止等の適切な管理の下で、利用することを前提としているもの。
- 8,000Bq/kg以下の再生資材化した除去土壌を利用する。

復興再生利用について

1. 復興再生利用事業におけるステークホルダーとのコミュニケーションのあり方
ステークホルダーとのコミュニケーションのあり方を検討するに当たり、どのような観点に留意すべきか。

2. 復興再生利用の実施に係る地域共生のあり方
復興再生利用の事業特性を踏まえ、地域共生のあり方としてどのような点に留意すべきか。

1. 復興再生利用事業におけるステークホルダーとのコミュニケーションのあり方

- ステークホルダーとのコミュニケーションのあり方を検討するに当たり、どのような観点に留意すべきか。

【考え方】

○IAEAの最終報告書を踏まえ、復興再生利用の事業実施に当たっては、**早い段階からの、ステークホルダーとのコミュニケーションが重要。**

○復興再生利用の事業のケースとしては、復興再生利用先として検討している事業を上位の方針の段階から地域と協働して進めていくケースと、利用の対象となる事業が先に定まっているケースが主に存在する。前者のケースについては、最終処分の事業の段階と近似することが考えられるため、コミュニケーションに当たっては最終処分の考え方に留意することが考えられる。

～コミュニケーションの方法～

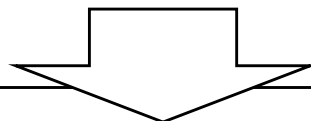
- 復興再生利用の事業実施に当たっては、**復興再生利用先として検討している事業実施者や工事によって完成した施設等の管理者**と協議を行うこととしている（なお、復興再生利用先として検討している土地所有者との間でも必要に応じて協議を行うこととしている）。※協議の相手方や内容等については再生利用WGで議論
- 併せて、復興再生利用に係るステークホルダーとのコミュニケーションについては、上記の協議のみではなく、除染実施者が、コミュニケーションの相手方に応じて、地域の実情等を踏まえ、最適な方法を選択して対応をしていくことが望ましい。

～コミュニケーションの内容～

- 復興再生利用事業におけるコミュニケーションの**具体的な内容については、地域の実情等に応じて、自治体や事業実施者等と相談しながら考える**ことが望ましい。
- 例えば、IAEAの最終報告書等を踏まえると、**最適化の取組を通じて目指すべき線量水準、これも踏まえた全体の覆土厚**について相談することが考えられる。また、**理解醸成の観点から、地域の参画のもと、モニタリングのための空間線量率の測定を行う**ことも考えられる。

2. 復興再生利用の実施に係る地域共生のあり方

- 復興再生利用の事業特性を踏まえ、地域共生のあり方としてどのような点に留意すべきか。

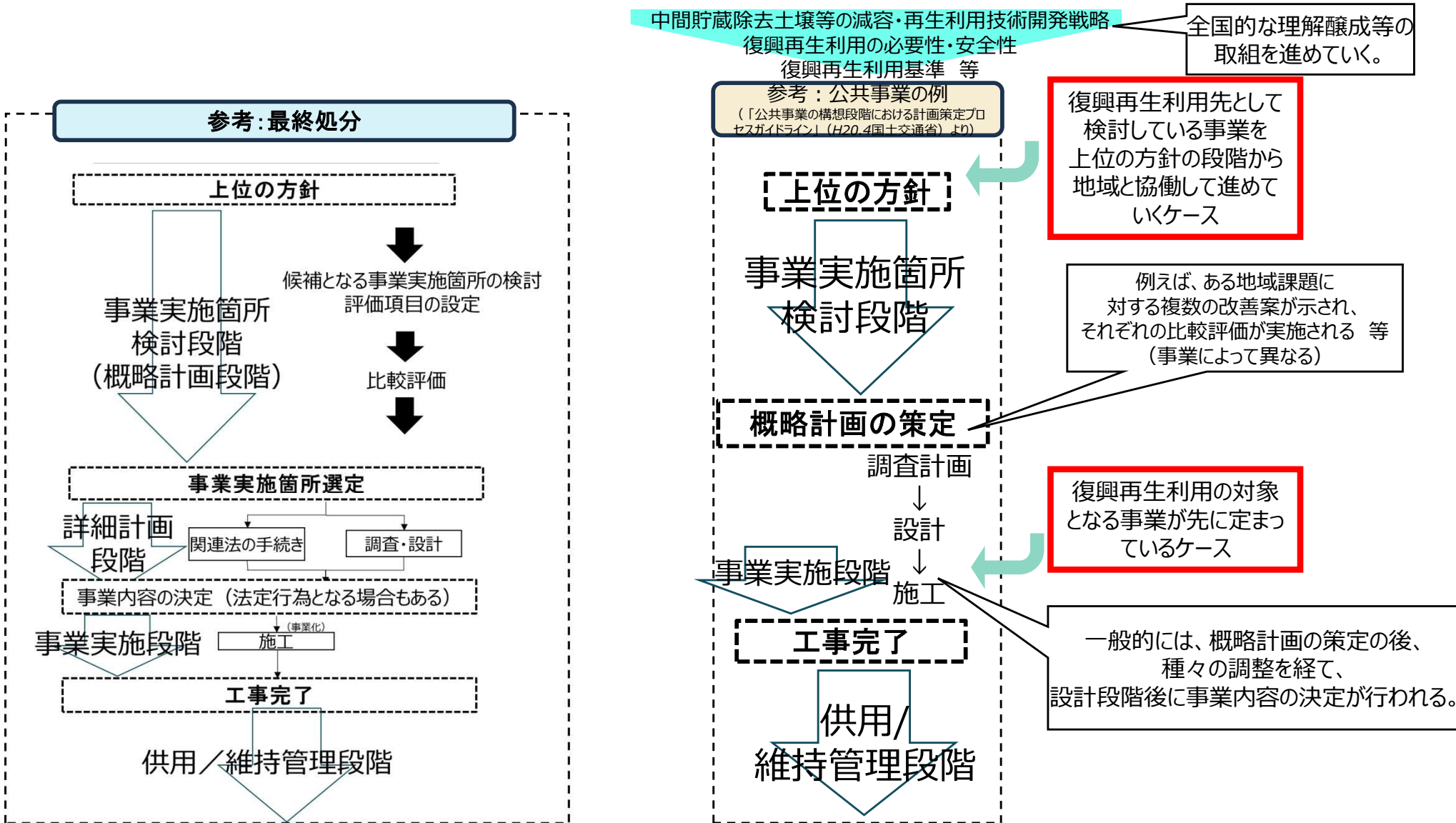


【考え方】

- 復興再生利用の実施に係る地域共生を進める上では、**地域の理解・信頼の醸成が重要**。
- このため、**復興再生利用の安全性**（復興再生利用基準（現在検討中）を満たして利用すること等）についての積極的かつ分かりやすい情報発信等の理解醸成活動を推進するとともに、リスクコミュニケーションの強化のために必要な取組を進めていく。
- 加えて、復興再生利用が東京電力福島第一原子力発電所の事故による災害からの日本の復興に資するための取組であること等、**復興再生利用の社会的な意義**について、丁寧に説明を行う。
- なお、復興再生利用先として検討している事業を上位の方針の段階から地域と協働して進めていく場合においては、事業により道路等の**インフラ整備の効果もたらされる可能性**もある。

【参考】復興再生利用の事業フローイメージ

復興再生利用の事業として主に2つのケース（赤枠で記載）が考えられ、それぞれ再生資材化した除去土壌の**利用の決定**や**ステークホルダーへの関与が行われるタイミングは異なる**。いずれにせよ、復興再生利用の事業実施に当たっては、**早い段階からの、ステークホルダーとのコミュニケーションが重要**。



※なお、上記のフローイメージについては、「公共事業の構想段階における計画策定プロセスガイドライン」(H20.4国土交通省)で示されているプロセスも参考にして便宜的に当てはめたもの。同ガイドラインには、「事業の特性等に
4
応じ最適な計画策定のプロセスにも違いがあること」「実際の個別事業への適用にあたって画一的にならないよう柔軟に対応するものとする」旨が記載されており、復興再生利用事業の実施に当たってもこの点に留意することとする。

最終処分について

1. 前提（総論）

（1）最終処分事業におけるステークホルダーとのコミュニケーションのあり方の検討に当たっての段階の整理

ステークホルダーとのコミュニケーションのあり方を検討するに当たり、最終処分事業について、どのような段階を想定することが適当か。例えば公共事業においては一般的に、構想段階、調査・計画段階、設計段階、施工段階、維持管理段階等が考えられる。

（2）事業実施に当たってのステークホルダーと役割について

最終処分の事業実施に当たり、各事業に応じて、どのようなステークホルダーが存在し、どのような期待される役割があるのか。例えば、ステークホルダーとしては、国・地方自治体・関係事業者・地域住民・メディア・研究機関・国際機関等が考えられる。

（3）最終処分の事業実施に係るステークホルダーとのコミュニケーションに先立ち、必要となる国の取組について

最終処分の事業実施に係るステークホルダーとのコミュニケーションを始める前に、全国的な理解醸成活動を始めとして、社会受容性の確保の観点から、国としてどのような取組が必要となるか。

（4）ステークホルダーの関与の進め方について

最終処分の事業実施に係るステークホルダーとのコミュニケーションを始めるに際し、ステークホルダーの関与の進め方としてどういったものが考えられるか。

2. 地域社会における社会的受容性の確保の観点からの最終処分の事業実施に係る検討事項について

※ 2024年度に提示される最終処分場の構造や必要面積等に係るいくつかの選択肢等を踏まえて、2025年度以降に具体的な議論を実施。

（1）最終処分の事業実施に係る対象地域を具体的に検討するに当たり、地域社会における社会的受容性確保の観点から、どのような点に留意すべきか。例えば、公正性の確保（手続的公正・分配的公正）、透明性の確保等が考えられる。

（2）対象地域の検討に当たり、地域社会における社会的受容性確保の観点から、どのようなパターンがあり得るか。またパターンを検討するに当たり、どのような点に留意が必要か（他の事例を踏まえると、例えば以下のようなパターンが考えられる）

- 国や事業主体から呼びかけ、地域に応じていただく場合
- 関心のある地域から手を挙げていただく場合
- 上記の方法を組み合わせる場合

（3）対象地域の検討に当たり、地域社会における社会的受容性確保の観点から、その他どのような点に留意が必要か。

3. 最終処分事業におけるステークホルダーとのコミュニケーションのあり方

ステークホルダーとのコミュニケーションのあり方を検討するに当たり、どのような観点に留意すべきか。例えば、①コミュニケーションの目標、②コミュニケーションの主体・対象（ステークホルダー）、③コミュニケーションの内容、④コミュニケーションの方式、⑤コミュニケーションの議論の透明性等が考えられる。

4. 最終処分事業における地域共生のあり方

最終処分の事業の性質を踏まえ、地域の方々と共に創るためのコミュニケーションを図りつつ、最終処分事業と地域との共生関係を築いていくために、事業実施により各々どのような地域便益の創出があり得るか。また、検討に当たり、世代間・地域間の公正性等、どのような点に留意すべきか。

1（1）．最終処分事業におけるステークホルダーとのコミュニケーションのあり方の検討に当たっての段階の整理

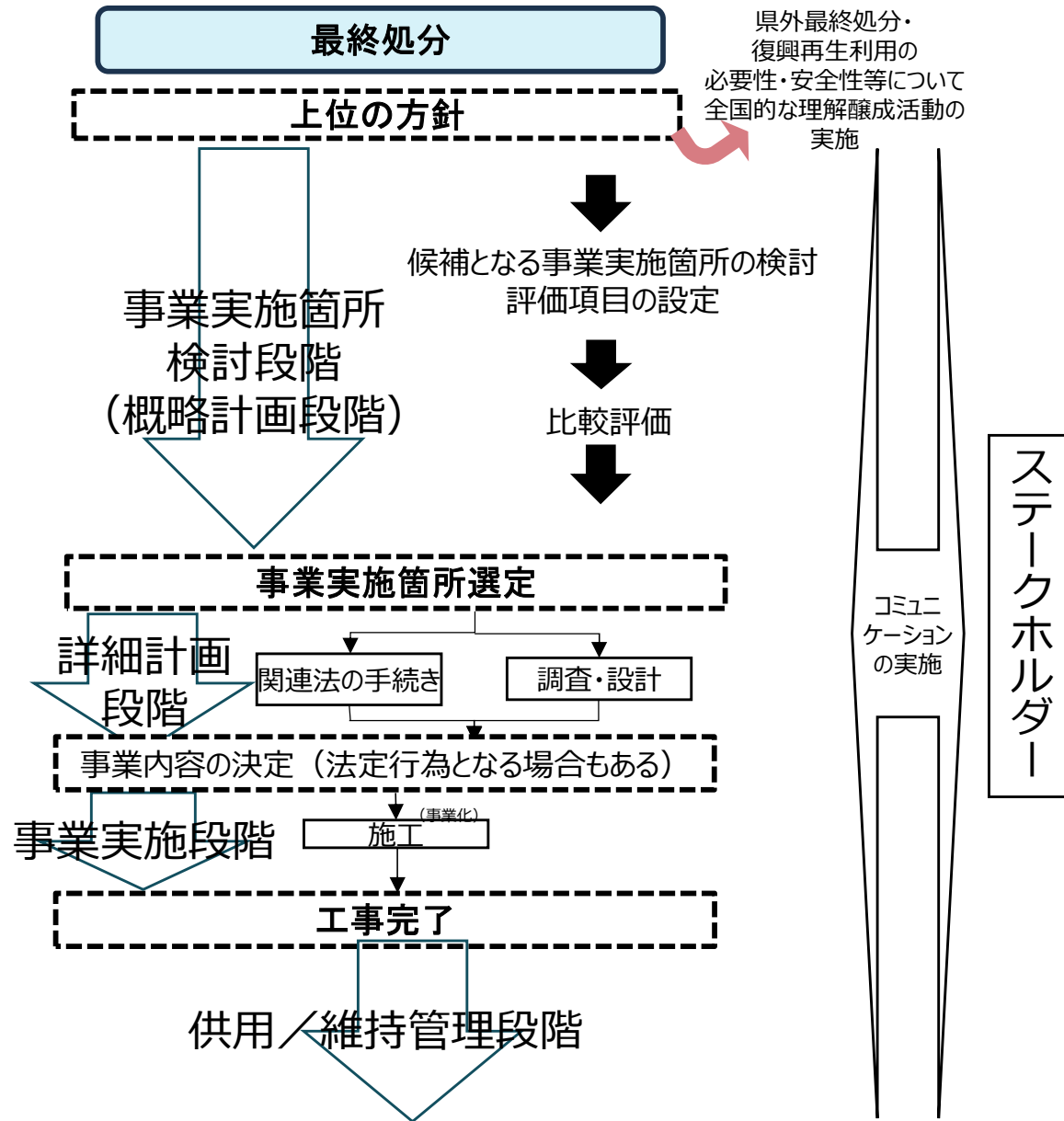
- ステークホルダーとのコミュニケーションのあり方を検討するに当たり、最終処分事業について、どのような段階を想定することが適当か。例えば公共事業においては一般的に、構想段階、調査・計画段階、設計段階、施工段階、維持管理段階等が考えられる。



【考え方】

- 最終処分事業の段階として、例えば「公共事業の構想段階における計画策定プロセスガイドライン」（H20.4国土交通省）等を参考に、以下の段階が考えられるが、**詳細は、2024年度中に提示される最終処分場の構造や必要面積等に係るいくつかの選択肢等を踏まえて、対象地域の検討に係る議論も含め、2025年度以降に議論する。**
 - ・「上位の方針」：上位段階（★）において決定される方針
 - （★）例えば道路であれば面的な交通計画・道路網整備に関する方針（起終点・主な経由地等）を決定する段階、河川であれば河川整備の基本的な方針を決定する段階（主要地点の基本高水・計画高水量等決定）
 - ・「事業実施箇所検討段階（概略計画段階）」：事業実施箇所選定まで
 - ・「詳細計画段階」：事業実施箇所選定から事業内容の決定まで
 - ・「事業実施段階」：事業内容の決定から工事完了まで
 - ・「維持管理段階」：工事完了以降

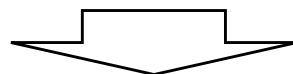
【参考】最終処分の事業フローイメージ



※「公共事業の構想段階における計画策定プロセスガイドライン」(H20.4国土交通省)を参考に作成

1（2）．事業実施に当たってのステークホルダーと役割について

- 最終処分の事業実施に当たり、各事業に応じて、どのようなステークホルダーが存在し、どのような期待される役割があるのか。例えば、ステークホルダーとしては、国・地方自治体・関係事業者・地域住民・メディア・研究機関・国際機関等が考えられる。



【考え方】

- ステークホルダーとのコミュニケーションについては、コミュニケーションの相手方に応じて、地域の実情等を踏まえ、最適な方法を選択して対応をしていくことが望ましい。
- そのうえで、最終処分の事業実施に当たってのステークホルダーとのコミュニケーションのあり方については、2024年度中に提示される最終処分場の構造や必要面積等に係るいくつかの選択肢等を踏まえて、2025年度以降に議論する。

1（3）．最終処分の事業実施に係るステークホルダーとのコミュニケーションに先立ち、必要となる国の取組について

- 最終処分の事業実施に係るステークホルダーとのコミュニケーションを始める前に、全国的な理解醸成活動を始めとして、社会受容性の確保の観点から、国としてどのような取組が必要となるか。



【考え方】

- 福島県では原発事故による環境の汚染が国内で最も深刻で避難等により福島県民の方々に多大な負担が生じたこと、中間貯蔵施設の受入れに当たりご地元が大変重い決断をされたこと、それらは日本全体の課題であり福島復興への貢献のために負担の分かち合いが重要であること等を、**広く全国で共有し理解してもらうことが大切**。そうすることで、**受入地域という特定の地域のみ負担を負わせることにならないように、引き続き理解醸成活動を全国的に行っていくことが望ましい**。
- 例えば、関心を高めるために、対象地域の検討を自分ごととしてもらえるような取組も含めた全国的な理解醸成活動を行っていくことが望ましいと考えられる。

1（4）．ステークホルダーの関与の進め方について

- 最終処分の事業実施に係るステークホルダーとのコミュニケーションを始めるに際し、ステークホルダーの関与の進め方としてどういったものが考えられるか。



【考え方】

- 上記のステークホルダーの関与の目的も参考にしつつ、事業の段階に応じて、ステークホルダーに対しどういった考
え・方法（相談・説明等）で関与していくことが適当であるかを整理し、ステークホルダーとのコミュニケーションを進めていくことが望ましい。

2 (1) . 地域社会における社会的受容性の確保の観点からの最終処分の事業実施に係る検討事項について

- 最終処分の事業実施に係る対象地域を具体的に検討するに当たり、地域社会における社会的受容性確保の観点から、どのような点に留意すべきか。例えば、公正性の確保（手続的公正・分配的公正）、透明性の確保等が考えられる。



【考え方】

- 事業の安全性確保を大前提とし、さらに社会的受容性の向上に向けて、**最終処分の事業特性や地域の実情等を踏まえ、公正性の確保（手続的公正・分配的公正）、透明性の確保による地域の信頼を確保**することに留意する。それに加え、**受入自治体の負担、最終処分期限の考慮**、対象地域の検討に係る**コミュニケーションの実施時期、最終処分に係るいくつかの選択肢**（減容技術等の評価及び組合せを踏まえ、構造や必要面積等についてのいくつかの選択肢）等を留意する。
- これらの留意点の具体的な中身については、2024年度中に提示される最終処分場の構造や必要面積等に係るいくつかの選択肢等を踏まえて、**2025年度以降に議論**する。

2 (2) . 地域社会における社会的受容性の確保の観点からの最終処分の事業実施に係る検討事項について

- 対象地域の検討に当たり、地域社会における社会的受容性確保の観点から、どのようなパターンがあり得るか。またパターンを検討するに当たり、どのような点に留意が必要か（他の事例を踏まえると、例えば以下のようなパターンが考えられる）
 - ✓ 国や事業主体から呼びかけ、地域に応じていただく場合
 - ✓ 関心のある地域から手を挙げていただく場合
 - ✓ 上記の方法を組み合わせる場合

【考え方】

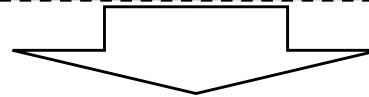
○例えば「埋設施設設置に関する検討結果のとりまとめ」（JAEA）を踏まえた以下の4つのパターンが考えられるが、**詳細は、2024年度中に提示される最終処分場の構造や必要面積等に係るいくつかの選択肢等を踏まえて、2025年度以降に議論**する。

- ・事業主体が自治体を公募し、応募した自治体の中から立地自治体を選定し決定する方式（例：韓国）
- ・事業主体が関心を有する自治体を公募し、関心表明を行った自治体の全てと協議・調整の上、立地地点を決定する方式（例：英国（2008年～））
- ・事業主体が自治体を抽出・選定し、立地を申し入れ、自治体の合意を得る方式（例：英国（～1997年））
- ・事業主体が協議したい自治体を抽出し、協議を申し入れ、全ての自治体との協議・調整の上、選定された自治体の合意を得る方式（例：ベルギー）

○なお、具体的にパターンを検討するに当たっては、こうした先行事例を参考にしつつも、**除去土壌等の最終処分の事業特性や地域の実情等を踏まえたパターンの検討が必要となることに留意**する。具体的な留意事項については、同様に**2025年度以降に議論**する。

2 (3) . 地域社会における社会的受容性の確保の観点からの最終処分の事業実施に係る検討事項について

- 対象地域の検討に当たり、地域社会における社会的受容性確保の観点から、その他どのような点に留意が必要か。



【考え方】

- IAEA及び原子力規制委員会の安全基準や先行事例を踏まえると、例えば、安全性（例：自然災害）や環境保全（例：自然環境、土地利用規制）、社会経済的要件（例：現在の土地利用の状態、輸送のアクセシビリティ）等が考えられる。
- 詳細は、**2024年度中に提示される最終処分場の構造や必要面積等に係るいくつかの選択肢等を踏まえて、2025年度以降に議論**する。対象地域の検討に当たっての技術的な部分については、技術WGとも連携。

3. 最終処分事業におけるステークホルダーとのコミュニケーションのあり方

- ステークホルダーとのコミュニケーションのあり方を検討するに当たり、どのような観点に留意すべきか。例えば、①コミュニケーションの目標、②コミュニケーションの主体・対象（ステークホルダー）、③コミュニケーションの内容、④コミュニケーションの方式、⑤コミュニケーションの議論の透明性等が考えられる。

【考え方】

- IAEAの最終報告書を踏まえ、最終処分の事業実施に係る対象地域の検討に当たっては、**早い段階からの、ステークホルダーとのコミュニケーションが重要**であるとする。
- そのうえで、以下を踏まえ、**地域対話のあり方について、基本的な考え方は国で定めつつ、具体的には自治体等とも相談の上で進めることを想定**。その上で、**2024年度中に提示される最終処分場の構造や必要面積等に係るいくつかの選択肢等を踏まえ、かつ例えば以下を参考としつつ、地域対話のあり方に係る基本的な考え方については、2025年度以降に議論**する。
- 以下については、①コミュニケーションの目標、②コミュニケーションの主体・対象（ステークホルダー）、③コミュニケーションの内容、④コミュニケーションの方式、⑤コミュニケーションの議論の透明性といった観点から、IAEAガイドライン等に記載されている例示を載せているところ。

i. 事業実施箇所検討段階

- IAEAガイドラインやIAEA最終報告書等を踏まえ、事業実施箇所検討段階におけるステークホルダーとのコミュニケーションのあり方について、以下の観点の留意事項が考えられる。

～①コミュニケーションの目標～

- ・相互理解や信頼醸成に向けて、最終処分の意義やその事業特性等を整理したうえで、広範な国民対話による国民の理解向上を目指すとともに、ステークホルダーとのコミュニケーションを早期に実施し、地域の課題や懸念を理解する。

～②コミュニケーションの主体・対象（ステークホルダー）～

- ・ステークホルダーとのコミュニケーションについては、コミュニケーションの相手方に応じて、地域の実情等を踏まえ、最適な方法を選択して対応をしていくことが望ましい。

つづく

3. 最終処分事業におけるステークホルダーとのコミュニケーションのあり方

- ステークホルダーとのコミュニケーションのあり方を検討するに当たり、どのような観点に留意すべきか。例えば、①コミュニケーションの目標、②コミュニケーションの主体・対象（ステークホルダー）、③コミュニケーションの内容、④コミュニケーションの方式、⑤コミュニケーションの議論の透明性等が考えられる。

【考え方】

～③コミュニケーションの内容～

・IAEA最終報告書を踏まえると、以下の留意事項が考えられる。

- ✓ 安全評価を含めて、最初から閉鎖後のセーフティケースを作成することで、除去土壌及び廃棄物の最終処分の長期的な安全性について、地域社会やその他のステークホルダーに安心感を与えることが大切。
- ✓ また、最終処分施設の基本設計や長期的な安全性のために重要な詳細な対策（例：用地の地質要件、覆土・基盤の厚さや構造等の地質工学的要件、施設の構造等の技術的要件、モニタリングシステム）等について説明することも重要。

・IAEAのガイドラインを踏まえると、以下の留意事項が考えられる。

- ✓ 社会情勢等の変化により、事業計画（最終処分場の構造や必要面積等）に変更等が生じる可能性があるため、柔軟な対応ができるよう、立地の早期の段階で、最終処分場の構造や必要面積等に係りいくつかの選択肢についてステークホルダーとコミュニケーションをしておくことが重要。
- ✓ 実施前又は進行段階において、地域コミュニティを代表する主要なステークホルダーと地域共生のあり方について議論を進めることも重要。

つづく

3. 最終処分事業におけるステークホルダーとのコミュニケーションのあり方

- ステークホルダーとのコミュニケーションのあり方を検討するに当たり、どのような観点に留意すべきか。例えば、①コミュニケーションの目標、②コミュニケーションの主体・対象（ステークホルダー）、③コミュニケーションの内容、④コミュニケーションの方式、⑤コミュニケーションの議論の透明性等が考えられる。

【考え方】

～④コミュニケーションの方式～

- ・ステークホルダーとのコミュニケーションの方式・手法としては、IAEAのガイドライン等を踏まえると例えば以下が考えられるが、その目的や対象等に応じて、適切に実施することが望ましい。
 - ✓ 掲示板や回覧板、自治体の広報誌等の地域向けの広報媒体の活用
 - ✓ 広報資料やホームページ、地方紙等のマスメディアによる広範な情報提供手法の活用
 - ✓ 説明会や協議会、対話の場、現地見学を含むワークショップ等の双方向のコミュニケーション手法の活用
- ・対象地域の検討の進行段階にあつては、若い世代への取組や一般向けの情報イベント等を通じた最終処分に係る課題に関する明確で分かりやすい情報提供を行う。その情報提供の一つとしては、例えば、進捗状況等についてタイムリーに発信していくことも含まれる。
- ・信頼関係を構築するために、専門家やファシリテーター等の客観性をもった第三者と緊密に協力することが考えられる。
- ・決定された選定プロセスに基づき手続きを進めることを前提としつつ、地域コミュニティのニーズや社会情勢等により変化しうるタイムライン等の状況に対して、ステークホルダーとのコミュニケーションを図りつつ、柔軟に対応していくことが望ましい。

～⑤コミュニケーションの議論の透明性～

- ・IAEA最終報告書を踏まえると、信頼関係を構築する観点からも、選定プロセスに関する議論の過程が見えるようにすることが望ましいと考えられる。

つづく

3. 最終処分事業におけるステークホルダーとのコミュニケーションのあり方

- ステークホルダーとのコミュニケーションのあり方を検討するに当たり、どのような観点に留意すべきか。例えば、①コミュニケーションの目標、②コミュニケーションの主体・対象（ステークホルダー）、③コミュニケーションの内容、④コミュニケーションの方式、⑤コミュニケーションの議論の透明性等が考えられる。

【考え方】

ii. 詳細計画・事業実施・維持管理段階

○IAEAガイドラインやIAEA最終報告書等を踏まえ、詳細計画・事業実施・維持管理段階におけるステークホルダーとのコミュニケーションのあり方について、以下の観点の留意事項が考えられる。

～①コミュニケーションの目標～

- ・相互理解や信頼の醸成に向けて、詳細計画段階以降においても、コミュニケーション等を通じて引き続き地域コミュニティからのニーズや懸念等を適切に把握するとともに、継続的に地域との関わりを持っていく。

～③コミュニケーションの内容～

- ・立地決定に至った過程について、将来世代にも適切に伝わるように、継続したステークホルダーとのコミュニケーションが重要。
- ・事業実施を通じた雇用の機会の強化や地元の労働者の技術開発支援等は、地域共生の観点からも重要。

※②④⑤については、「i. 事業実施箇所検討段階」と同様の留意事項になる。

4. 最終処分事業における地域共生のあり方

- 最終処分の事業の性質を踏まえ、地域の方々と共創するためのコミュニケーションを図りつつ、最終処分事業と地域との共生関係を築いていくために、事業実施によりどのような地域便益の創出があり得るか。また、検討に当たり、世代間・地域間の公正性等、どのような点に留意すべきか。

【考え方】

- IAEA最終報告書や先行事例を踏まえると、地域の便益として、雇用や地域インフラへの投資等の直接的な便益のほか、復興や長期的な持続可能性への支援などのより広範な社会的便益も含まれる。
- 最終処分に係る地域共生のための取組を検討することは重要であり、その検討に当たっては、こうした社会的な便益も考慮した受入地域との一体的な地域共生のあり方について丁寧に議論することに留意することが考えられる。
- また、日本全体の最重要課題の一つである県外最終処分に向けて事業を受け入れる地域とそれ以外の地域間、また将来世代に課題を先送りにしないよう、(分配的) 公正性を確保する点に留意することが考えられる(受入地域以外も含めて、全国で負担を分かち合うという観点を踏まえた、地域共生のあり方を考える必要があると考えられる)。
- 上記も踏まえつつ、**具体的な地域共生のあり方については、2024年度中に提示される最終処分場の構造や必要面積等に係るいくつかの選択肢等を踏まえ、2025年度以降に議論する。**



9. 減容処理技術の評価基準及び評価結果

用語の説明（案）

▶ 本資料における用語について説明する

用語	説明
生成物	処理によって生成されるもののうち、放射能濃度が低減し、活用が可能と考えられるもの（分級：粗粒分、溶融：スラグ、焼成：焼成物など）。
濃縮物	処理によって生成されるもののうち、放射能濃度が比較的高くなったもの。
分級処理	土壌を粒径によって分離する技術。分離の基準となる粒径を分級点という。
粗粒分	分級処理によって得られる、粒径が分級点より大きい土壌。処理前の対象物に比べ、放射能濃度が低くなることが期待される。
細粒分	分級処理によって得られる、粒径が分級点より小さい土壌。処理前の対象物に比べ、放射能濃度が高くなることが期待される。
二次廃棄物	処理により発生する生成物・濃縮物以外で、不要となるもの（廃水、汚泥、設備の消耗品・交換品（ろ布、バグフィルタ等）など）
飛灰	熱処理により発生する排ガスに含まれる微粒子状の灰で、排ガス処理工程で回収される灰。放射性セシウムが比較的多く含まれる。
放射能濃度の低減化率（除染率）（%）	処理前の対象物と比較して生成物の放射能濃度が下がる割合 = $(1 - (\text{生成物の放射能濃度} \div \text{処理前対象物の放射能濃度})) \times 100$
減容化率（%）	処理前の対象物と比較して濃縮物の体積が減少する割合 = $(1 - (\text{濃縮物の体積} \div \text{処理前対象物の体積})) \times 100$
減量化率（%）	処理前の対象物と比較して濃縮物の質量が減少する割合 = $(1 - (\text{濃縮物の質量} \div \text{処理前対象物の質量})) \times 100$

用語	説明
ラボスケール	ビーカー等を用いた基礎データを取得するための規模
ベンチスケール	パイロットスケール機を設計、製造するためのデータを取得できる規模
パイロットスケール	実機の数分の1から10分の1程度の処理能力を有し、実機での性能等を確認できる規模

減容技術等の評価に関する整理方法について①



これまでの技術WGにおいて、技術実証の成果を踏まえ、減容技術等ごと（分級処理技術、熱処理技術等）の評価を行ってきたが、これまでの評価を踏まえつつ、今後のとりまとめに向けて、それぞれの技術の中での小分類ごとに技術実証の成果についての整理・評価をし、総合評価を行うこととする。

※特に、一般の方向けの、よりわかりやすい整理・とりまとめに努める。

<減容技術等の分類について（次ページに続く）>

大分類	中分類	小分類（案）	
減容化 （分離 濃縮）	分級処 理技術	湿式分級	通常分級：沈降分離等により、粒径で分別（分級点は主に75 μ m）
			高度分級（付着粒子の分離）：粒径での分別に加え、砂に付着する粘土・シルトを分離
			高度分級（分級点の小粒径化）：通常分級より分級点を小さくして分離
			高度分級（付着粒子の分離＋分級点の小粒径化）：砂に付着する粘土・シルトを分離する操作に加え、通常分級より分級点を小さくして分離
		乾式分級	通常分級：風力、気流遠心分離により、粒径で分別（分級点は主に75 μ m）
			高度分級（付着粒子の分離）：粒径での分別に加え、砂に付着する粘土・シルトを分離
			高度分級（付着粒子の分離＋分級点の小粒径化）：砂に付着する粘土・シルトを分離する操作に加え、通常分級より分級点を小さくして分離
	高度分級（磁気による分離）：風力による分別に加え、磁気による分離		
熱処理 技術	熔融		
	焼成		

※小分類については、今後の議論により変更・追加等があり得る。

減容技術等の評価に関する整理方法について②

<減容技術等の分類について（前ページからの続き）>

大分類	中分類	小分類（案）
減容化 （分離濃縮）	化学処理技術	酸処理
		溶融塩（+酸）処理
		アルカリ処理
		水熱処理（亜臨界状態での処理）
		洗浄剤処理
	飛灰洗浄技術（洗浄工程）	混合攪拌式
		散水式
	飛灰洗浄技術（吸着工程）	混合攪拌式（液中合成式）
		カラム式
安定化	安定化技術 （飛灰等を対象とする場合 ／吸着剤等を対象とする場合）	セメント固型化
		ガラス固型化
		ジオポリマー固型化
		プラスチック固型化
		ゼオライト焼成（ゼオライト吸着剤の安定化）

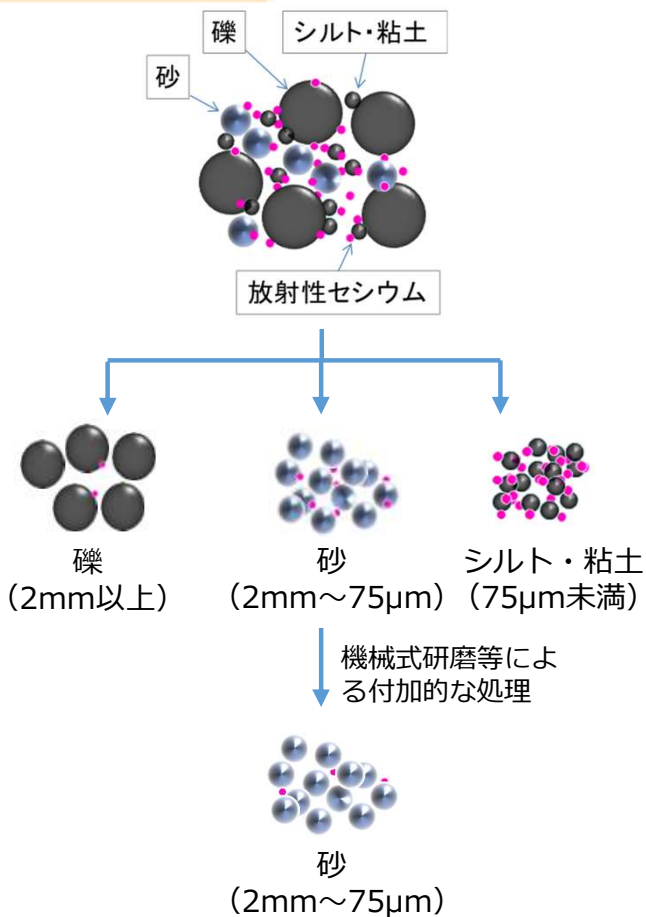
※小分類については、今後の議論により変更・追加等があり得る。

(参考)分級処理技術の概要と実証の概要

<分級処理技術の概要>

放射性セシウムが、粗粒分（礫・砂）よりも細粒分（シルト・粘土）に付着しやすいという特性があることから、**除去土壌を粒径別に分離**することにより最終処分量を減少させる。

実証試験の概要



<実証設備全景>



<主な設備>



土壌をほぐすための解泥機



水を投入

解泥後の土壌に水をかけながら、ふるいを振動させることで、主に「礫」を回収する設備



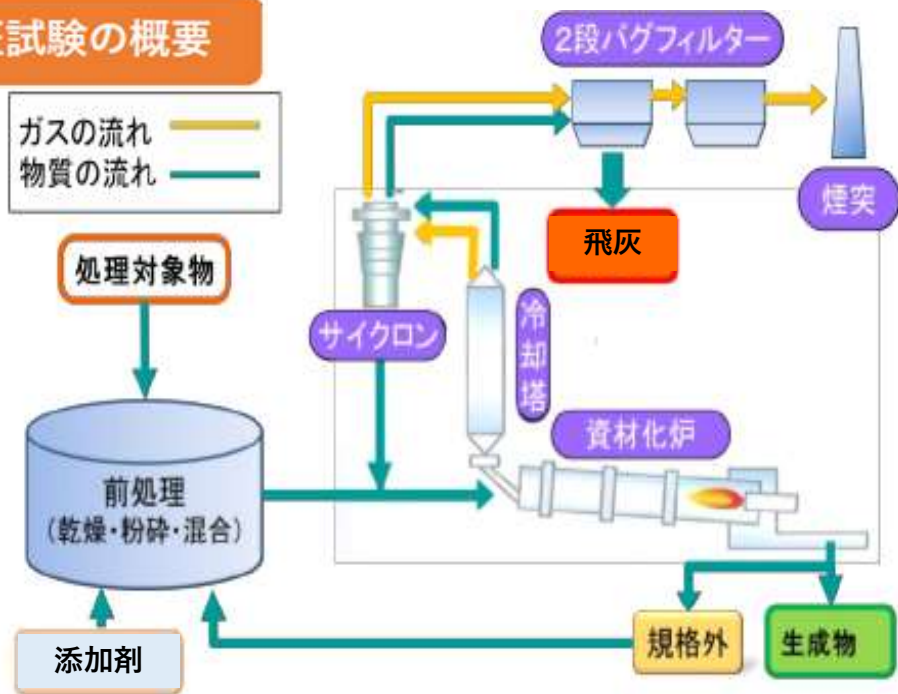
沈降分離により、砂と粘土・シルトを分別し、主に「砂」を回収する設備

(参考) 熱処理技術の概要と実証の概要

< 熱処理技術の概要 >

分級後の細粒分（シルト・粘土）、または放射能濃度の比較的高い土壌等を対象とし、**熱エネルギー**によって**放射性セシウムを気化させ**、**排ガス処理工程で飛灰として回収**することで最終処分量を減少させる。

実証試験の概要



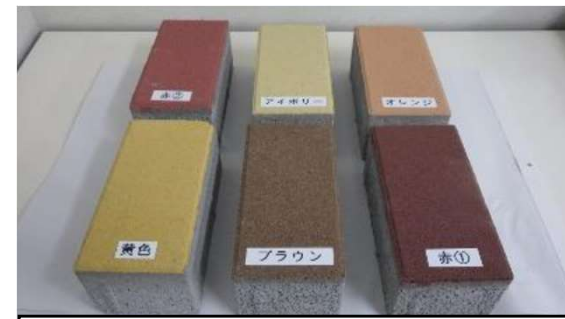
資材化炉



飛灰



焼成物



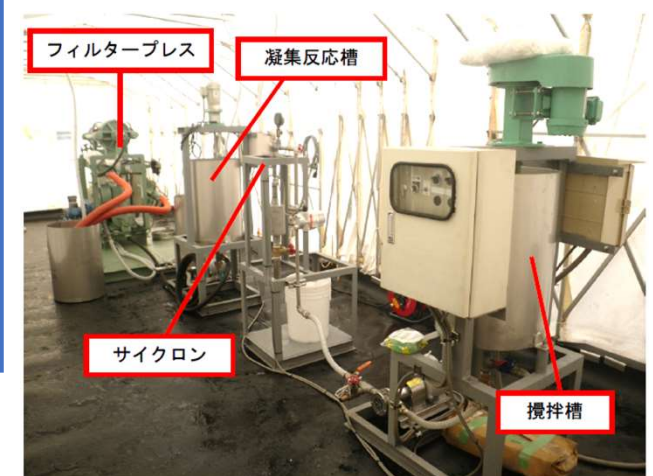
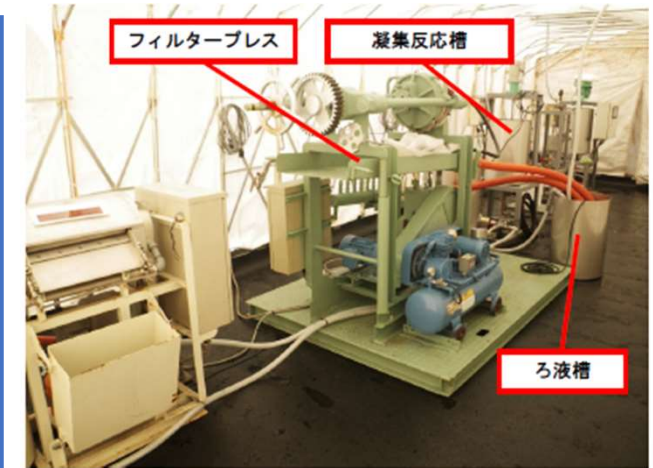
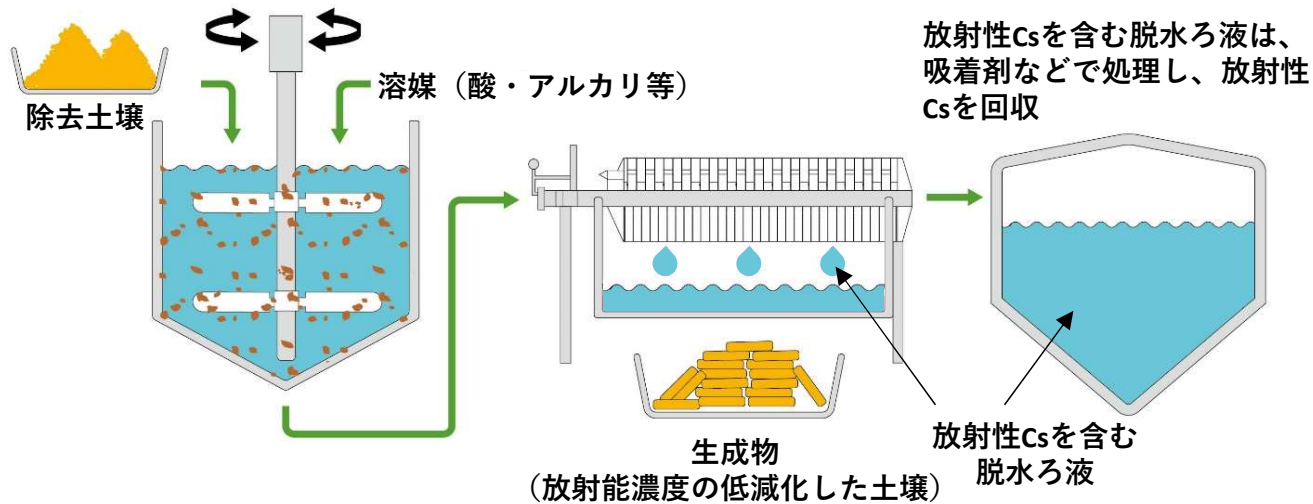
焼成物を活用したインターロッキングブロック

<化学処理技術の概要>

分級後の細粒分（シルト・粘土）、または放射能濃度の比較的高い土壌等を対象とし、**酸、アルカリ等の溶媒を用いて土壌中の放射性セシウムを溶媒中に溶出させる**ことで、土壌から放射性セシウムを分離・回収し、最終処分量を減少させる。

実証試験の概要

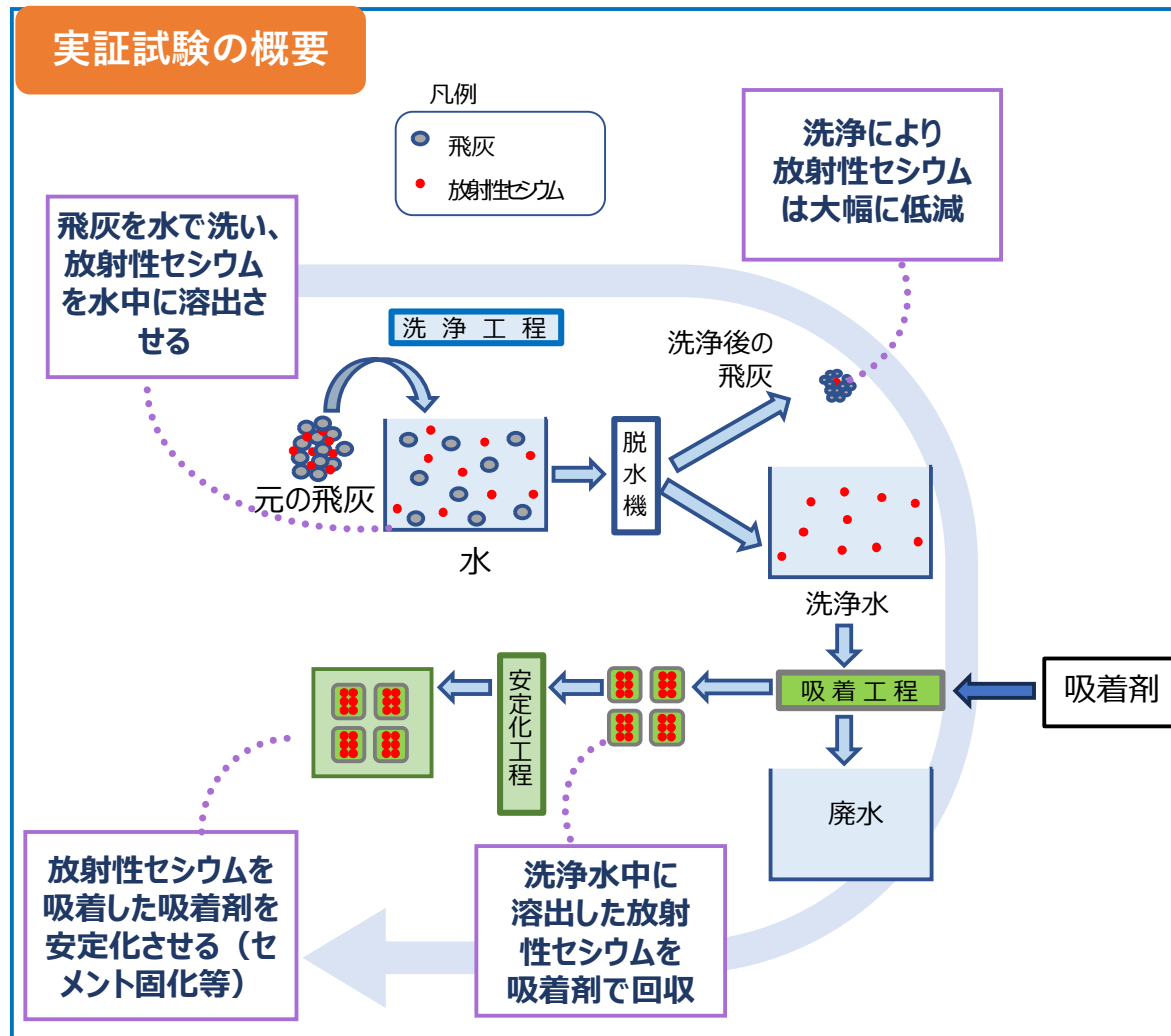
土壌の化学処理による、放射性セシウム分離処理の一例



実証試験設備の一例

< 飛灰洗浄・吸着・安定化技術の概要 >

熱処理により発生した飛灰に付着した放射性セシウムは水に溶けやすいことから、飛灰を水で洗浄することでセシウムを水に溶出させ、吸着剤により吸着・安定化することで最終処分量を減少させる。



洗浄工程設備



吸着工程設備

減容技術等の評価に関する整理方法について③

<減容技術等の評価項目について>

評価の優先度	評価項目（案）	
①	課題となり得る事項	性状や量を踏まえた、二次廃棄物の処理や生成物の利用の困難度
		作業員・環境への影響
		大規模化の可能性
②	処理効果	減容化率・減量化率
		(放射能濃度が下がった生成物の) 放射能濃度の低減化率
		(安定化技術について) 溶出性、安定性等
③	処理能力	処理能力（処理にかかる時間やメンテナンス頻度等も考慮）
④	コスト等	コスト
		(使用エネルギー量 (CO ₂ 排出量))
上記の評価を踏まえた総合評価		

<評価に当たっての視点（案）>

- 本評価は、現時点で技術実証等により把握された成果を踏まえて行ったものであり、技術の組合せ検討の参考とするものである。
- 原理の異なる技術を横並びで評価することは難しいことから、P3、P4の**中分類（分級処理技術、熱処理技術等）ごとに、小分類の技術の比較評価**を行うこととする。
- P9で「課題となり得る事項」（性状や量を踏まえた二次廃棄物の処理や生成物の利用の困難度、作業員・環境への影響、大規模化の可能性）については、クリティカルな課題（※）があれば技術の採用が難しくなる。よって、ここでの**課題に対する対応が難しい場合には、他の項目の評価によらず、低い評価**とする。
※ここでのクリティカルな課題とは、技術的な解決策や前例が無く、達成／実現が難しい課題を想定。
- 「減容化率」「減量化率」については、中分類ごとに、小分類の技術の比較評価を行い、**最も評価の高いものを◎、それに次ぐものを○、△などと評価**する（評価根拠の説明等も付記）。
- 生成物の放射能濃度の低減については、その後の処理・利用の観点から8,000Bq/kg以下となることを目安とし、更に濃度低減が図られる場合には、相対的に高い評価とする。
- 「処理能力」については、実証試験の実施スケールおよび大規模化の可能性を踏まえて評価する。
- 「コスト」についても、中分類ごとに、小分類の技術の比較評価を行い、**最もコストの低いものを◎、それに次ぐものを○、△などと評価**する（評価根拠の説明等も付記）。
- なお、比較する小分類が2種類の場合で、両者の評価が同等の場合は両者とも○とする。
- 上記での「他の項目の評価によらず、低い評価とする場合」を除き、総合評価に当たっての各評価項目の重み付けについて、最終処分量の低減という目的を踏まえれば、「処理効果」が最も重要と考えられる。また、処理効果や処理能力が同等の場合には、コストが低いものの総合評価を相対的に高くする。

減容処理技術の評価基準（案）

➤ 各減容処理技術の評価基準に関する説明を示す。

優先度	評価項目（案）		評価根拠の説明等
①	課題となり得る事項	性状や量を踏まえた、二次廃棄物の処理や生成物の利用の困難度等	<p>以下の課題が発生する場合、他の項目の評価によらず、低い評価とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 二次廃棄物の性状や量により、処理・処分が著しく困難。 生成物の性状（放射能濃度等）や量により、再生利用が困難。 作業者の放射線被ばくや、その他の労働環境の基準等に適合しない。 環境負荷（環境基準の超過など）が高く、改善が困難。 ベンチスケール以上での実証試験や類似設備での実績がなく、大規模化が困難。 <p>特に問題がない場合についても、上記に関する情報を留意事項として付記。</p>
②	処理効果	生成物の放射能濃度の低減効果	<p>◎：処理により対象処理物が8,000 Bq/kgを大きく下回る。</p> <p>○：処理により対象処理物を概ね8,000 Bq/kg以下にすることが可能。</p> <p>△：放射能濃度の低減化率が低く、処理対象物を8,000 Bq/kg以下にすることが困難。</p>
		減容化率・減量化率	<p>（技術の原理等も考慮し、以下を目安に評価。）</p> <p>◎：比較技術の中で減容（量）化率が最も高い。</p> <p>○：比較技術の中で減容（量）化率が高い。</p> <p>△：比較技術の中で減容（量）化率が低い。</p>
		（安定化技術について）溶出性等	<p>◎：放射性セシウムの溶出性が低い。</p> <p>○：放射性セシウムの溶出性がやや高い。（放射性セシウムの溶出に対しては、最終処分場での対策が可能。）</p> <p>△：放射性セシウムの溶出性が高い。（放射性セシウムの溶出に対しては、最終処分場での対策が可能。）</p>

減容処理技術の評価基準（案）、続き

優先度	評価項目（案）		評価根拠の説明等
③	処理能力	処理能力（処理にかかる時間やメンテナンス頻度等も考慮）	<p>◎：パイロットスケール以上での実証試験の実績があり、既存の装置での処理が可能。</p> <p>○：ベンチスケール以上での実証試験の実績があり、既存の装置の改造により処理が可能。</p> <p>△：ベンチスケール以上での実証試験の実績がない。</p>
④	コスト等	コスト、使用エネルギー量（CO ₂ 排出量）	<p>◎：比較技術の中で低コスト</p> <p>○：比較技術の中で中程度のコスト</p> <p>△：比較技術の中で高コスト</p>
上記の評価を踏まえた総合評価（案）			

分級処理技術の比較、総合評価（案）

➤ 分級処理技術の評価（案）を示す。なお、分級の処理効果は、分級対象の除去土壌の粒度分布に依存するところが多い。

評価項目（案）		湿式分級				乾式分級			
		通常分級	付着粒子の分離	高度分級	付着粒子の分離	通常分級	付着粒子の分離	高度分級	付着粒子の分離
評価の優先度 ①⇒④		粒径による分離 (振動篩、沈降分離等)	付着粒子の分離 (機械式研磨等)	分級点の小粒径 化 (磁気分離、浮遊選別等)	付着粒子の分離 + 小粒径化 (機械式研磨+高圧エ ジェクタ等)	風選別 (風力+気流遠心分 離)	付着粒子の分離 (気流遠心分離+機械 式研磨)	付着粒子の分離 + 小粒径化 (気流遠心分離+機械 式研磨)	風選別+磁気分 離 (風力+磁気選別)
①課題 となり 得る 事項	二次廃棄物 の処理や生 成物の利用 の困難度、 作業者・環 境への影響、 大規模化の 可能性	特に問題はない	特に問題はない	特に問題はない。	特に問題はない。	特に問題はない。	特に問題はない。	特に問題はない。	特に問題はない。
		水の循環利用が可能。 生成物の再生利用につ いて確認が行われている。 大規模商用装置あり。	水の循環利用が可能。 生成物の再生利用につ いて確認が行われている。 大規模商用装置あり。	生成物の再生利用にあ たり放射能濃度の確認 が必要。商用装置の規 模が小さいが、複数系 列化が可能。	生成物の再生利用にあ たり放射能濃度の確認 が必要。商用装置あり。	水は使用しない。商用 装置あり。	水は使用しない。商用 装置あり。	水は使用しない。商用 装置あり。	水は使用しない。
②処理 効果	減容化率・減 量化率 (中分類内での相対 的な評価)	◎ 減容化率 8～57% (国直轄)	○ 減容化率 7～45% (国直轄) 42～59% (H23:1件)	○ データなし	△～○ 減容化率 70～86% (H23:1件)	◎ データなし	△ データなし	○ データなし	○ データなし
	各実証事業の数値は 後の整理表に記載。	減量化率 32～82% (国直 轄)、54～79% (H23, H31-R2)	減量化率 31～81% (国直轄) 71～87% (H23:5件)	減量化率 52～70% (H29:2件) 磁気分離の処理効 果は限定的。	減量化率 0～94% (H23:2件、H26:1件、 H30:1件、H31:1件、 R3:2件)	減量化率 52～82% (H25:1 件) 粒度分布から推定 される減量化率と の差、28.2～40.2%	減量化率 27～34% (H23:1件)	減量化率 36～57% (H23:1件)	減量化率 21～89% (R3:1件) 粒度分布から推定 される減量化率と の差、18.4%
	(放射能濃度 が下がった生 成物の)放射 能濃度の低減 効果	○ 51～82% (国直轄) 60～79% (H23:1件、H31-R2:1 件)	◎ 58～88% (国直轄) 58～97% (H23:5件)	△ 16～63% (H29:2件) 放射能濃度の低減効果 が低い場合がある。	△～○ 23～98% (H23:2件、H26:1件、 H30:1件、H31:1件、R3:2 件) 放射能濃度の低減効果 が低い場合がある。	△～○ 15～41% (H25:1件) 放射能濃度の低減効果 が低い場合がある。	○ 63～86% (H23:1件)	△～○ 38～74% (H23:1件) 放射能濃度の低減効果 が低い場合がある。	△～○ 0～58% (R3:1件) 放射能濃度の低減効果 が低い場合がある。

次頁に続く

分級処理技術の比較、総合評価（案）、続き

評価項目（案）		湿式分級				乾式分級			
		通常分級	高度分級		通常分級	高度分級			
評価項目の優先度 ① ⇒ ④		粒径による分離 (振動篩、沈降分離等)	付着粒子の分離 (機械式研磨等)	分級点の小粒径化 (磁気分離、浮遊選別等)	付着粒子の分離 + 小粒径化 (機械式研磨 + 高圧エジェクタ等)	風選別 (風力 + 気流遠心分離)	付着粒子の分離 (気流遠心分離 + 機械式研磨)	付着粒子の分離 + 小粒径化 (気流遠心分離 + 機械式研磨)	風選別 + 磁気分離 (風力による分級 + 磁気選別)
③ 処理能力	処理能力（処理にかかる時間やメンテナンス頻度等も考慮）	◎ 実証試験の規模：20t/h(国直轄)、2t/h、10t/h	◎ 実証試験の規模：10t/h(国直轄)、2.5kg/h、0.15t/h、1t/h、2t/h	△ 実証試験の規模：0.1t/day、1t/day、36kg/バッチ 既存の装置の処理能力が小さい。	○ 実証試験の規模：660L/h、40t/h、2t/h、20m ³ /h、250L/バッチ、40t/day	△ 実証試験の規模：0.2～2t/h	△ 実証試験の規模：データなし（300kg/h規模の類似装置あり）	△ 実証試験の規模：データなし（300kg/h規模の類似装置あり）	△ 実証試験の規模：1t/h
	④ コスト等（※）	◎ 2.8万円/t（国直轄）、0.7万円/t（H23）	○ 3.2万円/t（通常分級工程（2.8万円/t）を含む、国直轄）、0.9万円～1.5万円（H23:5件）	△ 0.95～17万円/t（H29:2件）	△ 1.5万～23万円/t（H23:2件、H26:1件、H30:1件、H31:1件、R3:2件）	○ 3.1万円/t（H25:1件）	◎ 0.5～0.8万円/t（H23:1件）	◎ 0.5～0.8万円/t（H23:1件）	○ 2.3万円/t（R3:1件）
上記の評価を踏まえた総合評価（案）		処理効果、処理能力、コストを踏まえ、分級処理技術においては、優先的に検討され得る技術。	通常分級で得られた粗粒分の放射能濃度が高い場合に、オプションとして活用することが可能。	処理能力が小さく、生成物の一部について濃度低減効果が低い。	一定の処理効果が得られているものもあるが、生成物の一部について濃度低減効果が低い。	処理効果が高いが、処理能力が小さい。	一定の放射能濃度の低減効果はあるが、処理能力が小さい。	一定の減量効果はあるが、処理能力が小さい。	一定の減量効果はあるが、処理能力が小さい。

※ここでのコスト等のデータは各実証事業において想定された条件の元で算出されたものを含み、今後精査が必要。

※課題となり得る事項や各評価項目の重み付けといった観点があり、◎や○の数のみで評価されるものではない。

熱処理技術の比較、総合評価（案）

➤ 熱処理技術の評価（案）を示す

評価項目（案）		熱処理	
評価項目の優先度 ① ⇒ ④		溶融	焼成
①課題となり得る事項	性状や量を踏まえた、二次廃棄物の処理や生成物の利用の困難度、作業員・環境への影響、大規模化の可能性	特に問題はない。 150t/day規模の類似設備が稼働中。	特に問題はない。 300t/day規模の類似設備が稼働中。
		○	○
②処理効果	減容化率・減量化率 (中分類内での相対的な評価)	減容化率 83.4～89.2% 減量化率 89.7～98.5%	減容化率 72.4～92.5% 減量化率 88.9～95.8%
	(放射能濃度が下がった生成物の)放射能濃度の低減効果 (生成物の発生量)	○ Cs除去率 97.1～99.3%程度。 157～1,430 Bq/kg (スラグ) / 11.5万～46.6万 Bq/kg (飛灰) スラグの発生量は添加剤により、処理前対象物の1.3～1.4倍程度となる。 ※仮設灰処理施設での生成物(スラグ)は平均3,000 Bq/kg程度(焼却灰の処理)。	◎ Cs除去率99.7%程度。 生成物(焼成物)は100 Bq/kg以下となるが、発生量は添加剤により、処理対象物の～2倍程度となる。
③処理能力	処理能力(処理にかかる時間やメンテナンス頻度等も考慮)	○ 実証事業の規模：3t/day、25kg/バッチ	○ 実証事業の規模：10t/day
		○	○
④コスト等(※)	イニシャル・ランニングコスト、エネルギー使用量 (中分類内での相対的な評価)	○ コストは30～40万円/t(要精査)。	○ コストは30～40万円/t(要精査)。
		○	○
上記の評価を踏まえた総合評価（案）		処理効果、処理能力が高く、大規模化が可能。生成物(スラグ)の再生利用の用途先等の検討が必要。	処理効果、処理能力が高く、大規模化が可能。生成物(焼成物)の放射能濃度は大きく低減する。(再生利用の用途先等の検討が必要。)

※ここでのコスト等のデータは各実証事業において想定された条件の元で算出されたものを含み、今後精査が必要。

※課題となり得る事項や各評価項目の重み付けといった観点があり、◎や○の数のみで評価されるものではない。

化学処理技術の比較、総合評価（案）

➤ 化学処理技術の評価（案）を示す

評価項目（案）		化学処理				
評価項目の優先度 ① ⇒ ④		酸処理	溶融塩（+酸）処理	アルカリ処理	水熱処理	洗浄剤処理
①課題 となり 得る 事項	性状や量を踏まえた、二次廃棄物の処理や生成物の利用の困難度、作業員・環境への影響、大規模化の可能性	大規模化が困難 ベンチスケール以上での実証試験の実績がなく、大規模化が困難。酸を含む廃スラッジが処理土壌量の4割程度発生する。	大規模化が困難 ベンチスケール以上での実証試験の実績がなく、大規模化が困難。廃酸が処理土壌量の2倍程度に加え、アルカリ廃液も発生するため、廃液の発生量が多い。	大規模化が困難 ベンチスケール以上での実証試験の実績がなく、大規模化が困難。アルカリ、酸、高分子凝集剤を含む廃スラッジが処理土壌量の3割程度発生する。	大規模化が困難 ベンチスケール以上での実証試験の実績がなく、連続化・大規模化が困難。	大規模化が困難 ベンチスケール以上での実証試験の実績がなく、大規模化が困難。界面活性剤、塩類等を含む廃スラッジが処理土壌量の10倍程度発生する。
	減容化率・減量化率 （中分類内での相対的な評価）	◎ 減容化率77～93% (H23:1件) 減量化率98～99%程度(廃吸着剤まで) (H25:1件)	○ 減量化率60～75%	○ 減量化率63～70%	◎ 減量化率70～99%	△ 放射能濃度の低減化効果が低く、減量化できない。
②処理 効果	（放射能濃度が下がった生成物の）放射能濃度の低減効果	○ 77～93% (H23)、 40～69% (H25、放射能収支が不明のため参考値) 生成物には酸等が含まれるため、再生利用には処理が必要。	◎ 96～99% 生成物には酸が含まれるため、再生利用には処理が必要。	△～○ 35～68% 生成物にはアルカリが含まれるため、再生利用には処理が必要。	△～○ 12～92%（放射能収支が不明のため参考値）	△ 0～22%
	③処理 能力	△ 処理能力（処理にかかる時間やメンテナンス頻度等も考慮） ベンチスケール以上での実証試験の実績がない。実証試験規模：0.02 kg～0.5 kg/バッチ	△ ベンチスケール以上での実証試験の実績がない。実証試験規模：20g/バッチ （R6ラボスケールでの連続化のための試験を実施中）	△ ベンチスケール以上での実証試験の実績がない。実証試験規模：10 kg/バッチ	△ ベンチスケール以上での実証試験の実績がない。実証試験規模：2g～500g/バッチ、4.8 kg/h	△ ベンチスケール以上での実証試験の実績がない。実証試験規模：0.25 kg/バッチ
④コスト 等 （※）	○ イニシャル・ランニングコスト、エネルギー使用量 （中分類内での相対的な評価） 5～10万円/t (H23)、 10万円/t (H25)	○ 13万円/t	◎ 0.7万円/t （粗粒分洗浄設備は含まれていない。）	△～○ 4.3万円/t (H27)、 5.9万円/t (H27)、 322万円/t (H28)	△ 188万円/t（ランニングコストのみ）	
上記の評価を踏まえた総合評価（案）		大規模化の可能性等に課題あり。	大規模化の可能性等に課題あり。	大規模化の可能性等に課題あり。	大規模化の可能性等に課題あり。	大規模化の可能性等に課題あり

※ここでのコスト等のデータは各実証事業において想定された条件の元で算出されたものを含み、今後精査が必要。

※課題となり得る事項や各評価項目の重み付けといった観点があり、◎や○の数のみで評価されるものではない。

飛灰洗浄技術（洗浄工程）の比較、総合評価（案）

➤ 飛灰洗浄技術（洗浄工程）の評価（案）を示す

評価項目（案）		飛灰_洗浄処理	
評価項目の優先度 ① ⇒ ④		混合攪拌式	散水式（+通気）
①課題となり得る事項	性状や量を踏まえた、二次廃棄物の処理や生成物の利用の困難度、作業員・環境への影響、大規模化の可能性	特に問題はない。 既存の類似技術、大規模設備の実例がある。廃水処理により、重金属を含む汚泥が発生。また塩水の処理も必要。	特に問題はない。 使用水量・廃水量が抑えられる。大規模化が可能。廃水処理により、重金属を含む汚泥が発生。また塩水の処理も必要。
	減容化率・減量化率 （中分類内での相対的な評価）	— 飛灰洗浄処理工程では濃縮物は発生せず。	— 飛灰洗浄処理工程では濃縮物は発生せず。
②処理効果	（放射能濃度が下がった生成物の）放射能濃度の低減効果	◎	○
		97%（国直轄）、2～92%（H25、H31）。洗浄後飛灰が8,000Bq/kgを超える場合について、R6国直轄事業内で追加確認を検討中。	56～63%
③処理能力	処理能力（処理にかかる時間やメンテナンス頻度等も考慮）	○	○
		実証試験規模: 10～50 kg/バッチ, 550 kg/バッチ～連続処理（国直轄）	実証試験規模: 700 kg/バッチ
④コスト等（※）	イニシャル・ランニングコスト、エネルギー使用量（中分類内での相対的な評価）	—	—
		※以下は洗浄処理以外の工程も含む数値 4.6万円/t飛灰（H25、洗浄・吸着）、 68万円/t飛灰（H31、洗浄・吸着・安定化）、 37万円/t飛灰（ランニングコストのみ、R4-5、直轄、洗浄（脱水））	5.9万円/t飛灰（H25、洗浄・廃水（脱水なし））
上記の評価を踏まえた総合評価（案）		放射能濃度の低減効果が高く、飛灰洗浄技術（洗浄工程）においては、優先的に検討される技術。使用する水の量が多いため、廃水処理等の検討が必要。	廃水量は抑制的であるが、放射能濃度の低減効果（洗浄効果）が比較的低い。

※ここでのコスト等のデータは各実証事業において想定された条件の元で算出されたものを含み、今後精査が必要。

※課題となり得る事項や各評価項目の重み付けといった観点があり、◎や○の数のみで評価されるものではない。

飛灰洗浄技術（吸着工程）の比較、総合評価（案）



➤ 飛灰洗浄技術（吸着工程）の評価（案）を示す

評価項目（案）		飛灰洗浄技術（吸着工程）	
評価項目の優先度 ①⇒④		混合攪拌式（液中合成式）	カラム式
①課題となり得る事項	性状や量を踏まえた、二次廃棄物の処理や生成物の利用の困難度、作業員・環境への影響、大規模化の可能性	特に問題はない。	特に問題はない。
		液中合成式は吸着剤がフェロシアン化物に限られる。吸着後のろ液の処理が必要（高塩分濃度）。廃水処理により、重金属を含む汚泥が発生。	吸着剤の選択が可能。吸着後のろ液の処理が必要（高塩分濃度）。廃水処理により、重金属を含む汚泥が発生。
②処理効果	減容化率・減量化率 （中分類内での相対的な評価）	○ 減量化率96～99%（飛灰からの減量化率）	○ 減量化率98～99%（飛灰からの減量化率）
	（放射能濃度が下がった生成物の）放射能濃度の低減効果	○ 濃度低減率99.5～99.9%（洗浄液の吸着前後での低減率）	○ 濃度低減率99.9%（洗浄液の吸着前後での低減率）
③処理能力	処理能力（処理にかかる時間やメンテナンス頻度等も考慮）	○ フェロシアン化物の液中合成・吸着、その後はアルカリ分解はバッチ処理。液中合成式ではより短時間で吸着平衡に達する。 実証試験規模：500 L/バッチ、75 L/バッチ、1 m ³ /バッチ（国直轄）	◎ 連続処理が可能。カラム塔を直列につなぐことにより、複数系列化、大規模化が比較的容易。 実証試験規模： 50 L/h（国直轄、フェロシアン化物） 9 L/h（国直轄、ケイチタン酸塩） 20 L/h（国直轄、ゼオライト）
④コスト等（※）	イニシャル・ランニングコスト、エネルギー使用量 （中分類内での相対的な評価）	— ※以下は吸着処理以外の工程も含む数値 4.6万円/t飛灰（H25、洗浄・吸着工程含む） 68万円/t飛灰（H31、洗浄・吸着・安定化工程） 510万円/t飛灰（R4-5、国直轄、吸着・安定化工程、液固比10で推計、51万円/m ³ ろ液（吸着・安定化工程））	— ※以下は吸着処理以外の工程も含む数値 150万円/t飛灰（R4-5、国直轄、洗浄・吸着・安定化工程、液固比10で推計、15万円/m ³ ろ液（洗浄・吸着・安定化工程）） 97万円/t飛灰（R4、国直轄、吸着・安定化工程、液固比10で推計、9.7万円/m ³ ろ液、吸着・安定化工程）
上記の評価を踏まえた総合評価（案）		放射性セシウムの吸着効果を確認。安定化処理方法を踏まえて吸着工程での方法を選択。	放射性セシウムの吸着効果を確認。安定化処理方法を踏まえて吸着工程での方法を選択。

※ここでのコスト等のデータは各実証事業において想定された条件の元で算出されたものを含み、今後精査が必要。

※課題となり得る事項や各評価項目の重み付けといった観点があり、◎や○の数のみで評価されるものではない。

安定化技術（廃吸着剤）の比較、総合評価（案）



安定化技術（廃吸着剤）の評価（案）を示す

ジオポリマー固型化は吸着剤を対象とした実証試験は行われていない。

評価項目（案）		安定化技術（対象物が廃吸着剤等の場合）			
評価項目の優先度 ①⇒④		セメント固型化	ガラス固型化	プラスチック固型化	ゼオライト焼成（吸着剤がゼオライトの場合）
①課題となり得る事項	性状や量を踏まえた、二次廃棄物の処理や生成物の利用の困難度、作業者・環境への影響、大規模化の可能性	特に問題はない。 大規模化が可能。	特に問題はない。 排ガスの処理が必要。 大規模化が可能。	特に問題はない。 大規模化が可能。固化体自体の耐熱性等に留意が必要。	特に問題はない。 大規模化が可能。
		○	◎	◎	◎
②処理効果	溶出性、安定性等 （中分類内での相対的な評価）	溶出率：検出下限値未満 フェロシアン化物分解物10Lステンレスカラム内固化（φ22cm×37cm, 円筒形）；0.04%（国直轄） フェロシアン化物未分解固型化体（φ6cm×8cm, 円筒形） 充填率：0.5 kg/L、 以上、国直轄 廃吸着剤に対する固型化体の体積比：2倍（カラム体積を考慮しない場合）（国直轄）	溶出率：0.003%未満（φ18cm×25cm, 円筒形） 0.12%（1cm角, 立方体（R3）） 充填率：0.7 kg/L（国直轄） 0.032 kg/L（R3） 廃吸着剤に対する固型化体の体積比：0.8～1.0倍（国直轄）	溶出率：検出下限値未満（φ4.5cm×5.8cm, 円筒形） 充填率：1.1 kg/L 廃吸着剤に対する固型化体の体積比：0.5倍	溶出率：0.001～0.0022%（粒状、焼成体）
③処理能力	処理能力（処理にかかる時間やメンテナンス頻度等も考慮）	◎ パイロットスケールでの実証試験あり。 実証試験規模：10～200L/バッチ	○ 実証試験ではベンチスケールのみ。 実証試験規模：4kg/バッチ、0.57L/バッチ	○ 実証試験ではベンチスケールのみ。 実証試験規模：55ml/バッチ	○ 実証試験ではベンチスケールのみ。 実証試験規模：1.4kg/バッチ
④コスト等（※）	イニシャル・ランニングコスト、エネルギー使用量 （中分類内での相対的な評価）	— ※以下は安定化処理以外の数値を含む 150万円/t飛灰 （国直轄、洗浄吸着安定化工程含む）	— 39万円/t飛灰（固型化のみ） ※以下は安定化処理以外の数値を含む 97万円/t飛灰（R4吸着安定化工程、液固比10で推計） 9.7万円/m ³ ろ液（R4吸着安定化工程）	— （参考値）12.1万円（薬品費のみ）	— ※以下は安定化処理以外の数値を含む 510万円/t飛灰（R4吸着安定化工程、液固比10で推計） 51万円/m ³ ろ液（R4吸着安定化工程）
上記の評価を踏まえた総合評価（案）		資料2の「安定化技術に求められる溶出低減効果」を踏まえる と検討され得る技術。	資料2の「安定化技術に求められる溶出低減効果」を踏まえる と検討され得る技術。	資料2の「安定化技術に求められる溶出低減効果」を踏まえる と検討され得る技術。	資料2の「安定化技術に求められる溶出低減効果」を踏まえる と検討され得る技術。

※ここでのコスト等のデータは各実証事業において想定された条件の元で算出されたものを含み、今後精査が必要。

※課題となり得る事項や各評価項目の重み付けといった観点があり、◎や○の数のみで評価されるものではない。

安定化技術（飛灰等）の比較、総合評価（案）

安定化技術（飛灰等）の評価（案）を示す

評価項目（案）		安定化技術（対象物が飛灰等の場合）			
評価項目の優先度 ①⇒④		セメント固型化	ガラス固型化	ジオポリマー固型化	プラスチック固型化
①課題となり得る事項	性状や量を踏まえた、二次廃棄物の処理や生成物の利用の困難度、作業員・環境への影響、大規模化の可能性	特に問題はない。 飛灰の性状により硬化しにくい場合がある。大規模化が可能。	特に問題はない。 排ガスの処理が必要。大規模化が可能。	特に問題はない。 飛灰の性状により硬化しにくい場合がある。大規模化が可能。	特に問題はない。 固化体自体が可燃物である点に留意が必要。大規模化が可能。
②処理効果	溶出性、安定性等 (中分類内での相対的な評価)	○ 溶出率： ・ 17%（飛灰，φ10×9cm，円筒形） ・ 69.8～89.5%（飛灰，φ1cm，粒状，洗浄による累積溶出率） ・ 21%（飛灰，100g程度，形状データなし） 充填率：0.4～1.27 kg/L 処理前の飛灰等に対する固型化体の体積比：0.6～6.2倍	— 溶出率：データなし 充填率：0.7 kg/L 処理前の飛灰等に対する固型化体の体積比：0.3倍	○ 溶出率： 23%（飛灰，φ1.3×1.5cm，円筒形） 充填率：0.5 kg/L程度 処理前の飛灰等に対する固型化体の体積比：2.6倍	◎ 溶出率： 6.6%（飛灰，6h，φ4.5×3cm，円筒形） 充填率：0.9 kg/L 処理前の飛灰等に対する固型化体の体積比：0.3倍
③処理能力	処理能力（処理にかかる時間やメンテナンス頻度等も考慮）	◎ 実証試験規模：0.3 m ³ /バッチ，0.2 m ³ /バッチ，30 L/バッチ，64 L/バッチ，30 kg/バッチ	△～○ 実証試験ではベンチスケールのみ。実証試験規模：10 kg/バッチ，0.57 L/バッチ	○ 実証試験規模：2～20L/バッチ	○ 実証試験ではベンチスケールのみ。実証試験規模：55ml/バッチ
④コスト等（※）	イニシャル・ランニングコスト、エネルギー使用量（中分類内での相対的な評価）	◎ 1.4～12万円/t対象物（飛灰or土壌）	△ 80～800万円/t飛灰	○ 72万円/t対象物	— (参考値) 12万円/t対象物（薬品費のみ）
上記の評価を踏まえた総合評価（案）		資料2の「安定化技術に求められる溶出低減効果」を踏まえると検討され得る技術。特定廃棄物処理での実績あり。コストの観点では優位性あり。	資料2の「安定化技術に求められる溶出低減効果」を踏まえると検討され得る技術。	資料2の「安定化技術に求められる溶出低減効果」を踏まえると検討され得る技術。（ジオポリマー固型化体の一部に除去土壌の利用も可能。）	資料2の「安定化技術に求められる溶出低減効果」を踏まえると検討され得る技術。

※ここでのコスト等のデータは各実証事業において想定された条件の元で算出されたものを含み、今後精査が必要。

※課題となり得る事項や各評価項目の重み付けといった観点があり、◎や○の数のみで評価されるものではない。

(参考資料)

減容技術等の評価項目に関する整理等

減容技術等の評価項目に関する整理①

<各処理技術ごとの評価項目に関する整理（分級処理技術の場合_湿式分級）>

	湿式分級			
	通常分級		高度分級	
	粒径による分離（振動篩、沈降分離等）	付着粒子の分離（機械式研磨等）	分級点の小粒径化（磁気分離、浮遊選別等）	付着粒子の分離+分級点の小粒径化（機械式研磨+高圧エジェクター等）
実証事業での実績	H30-31（国直轄） H23（1件）、H31-R2（1件）	H30-31（国直轄事業）、H23（5件、うち1件はデータ不足が多数）	H29（2件）	H23（3件、うち1件はデータ不足あり）、H26（1件）、H30（1件）、H31（1件）、R3（2件、うち1件は模擬土壌）
実証事業で用いた対象物	土壌：2,290～10.2万 Bq/kg 国直轄：5,100～10.2万 Bq/kg（対象土壌の性状の範囲が広く、データ数が多い） H23：1.2万 Bq/kg H31-R2：2,290 Bq/kg	土壌：4,000～10.6万 Bq/kg 国直轄：5,100～10.2万 Bq/kg %（対象土壌の性状の範囲が広く、データ数が多い） H23：4,000～8,100 Bq/kg H23：1.2万 Bq/kg、H23：7,500 Bq/kg H23：1.4万 Bq/kg	土壌 H29：4.8万～6.5万 Bq/kg H29：7.6万 Bq/kg	土壌：2,800～4.2万 Bq/kg H23：8,800～2.6万 Bq/kg H23：1.2万 Bq/kg H23：1.5万 Bq/kg H26：1.0万～2.6万 Bq/kg H30：7,500～4.2万 Bq/kg H31：3,600～1.2万 Bq/kg R3：2,300～2,900 Bq/kg
実証事業の規模	20t/h（国直轄）、2t/h、10t/h	10t/h（国直轄）、2.5kg/h、0.15t/h、1t/h、2t/h	0.1t/day、1t/day、36kg/バッチ	660L/h、40t/h 2t/h、20m ³ /h、250L/バッチ、40t/day
大規模化の可能性	実機規模（40t/h）の装置あり。複数系列化が可能。水の循環利用が可能。 通常分級用水（国直轄）：13t/t（うち大部分が循環利用）	実機規模（20t/h）の装置あり。複数系列化が可能。水の循環利用が可能。 高度分級用水（国直轄）：1t/t（高度分級A）、1.7t/t（高度分級B）（うち、大部分が循環利用）	既存の装置の処理能力が小さい。複数系列化には多くの要素装置が必要。	実機規模の装置あり。解泥機、150t/h；エジェクター、250t/h等
減容化率	国直轄：8～57% その他：データなし	国直轄：7～45% H23：42～59% その他：データなし	データなし	H23：70～86% その他：データなし
減量化率	国直轄：32～82% H23：79% H31-R2：54%	国直轄：31～81% 71～87%（H23：5件） H23：78～82%、H23：71、85%、 H23：76%、H23：87%	H29：70% H29：52%	0～94%（H23：2件、H26：1件、H30：1件、H31：1件、R3：2件） H23：11～36% H23：79% H26：89～92% H30：54～80% H31：(0)～17% R3：44～94%（模擬） R3：75～85%
放射能濃度の低減化率（除染率）	国直轄：51～82%、 H23：60 H31-R2：79%	国直轄：58～88% 58～97%（H23：5件） H23：75～92% H23：82～97% H23：74、89% H23：58% H23：64～82%	16～63%（H29、2件） （生成物のうち、比較的粒径の小さいものについて、放射能濃度の低減効果が低い場合がある。） H29：16% H29：63%	23～98%（H23：2件、H26：1件、H30：1件、H31：1件、R3：2件） （生成物のうち、比較的粒径の小さいものについて、放射能濃度の低減効果が低い場合がある。） H31：38～68% H23：57～76% H23：60% R3：23～27% H30：69～72% H26：79～80% H23：98%
生成物/濃縮物の放射能濃度	国直轄：2200～2.1万 Bq/kg H23：4700 Bq/kg H31-R2：480 Bq/kg	国直轄：1,600～1.6万 Bq/kg 530～1.6万 Bq/kg（粗粒分） H23：530～1,800 Bq/kg H23：3,600～7,300 Bq/kg H23：1,300～3,300 Bq/kg H23：3,100 Bq/kg H23：4,000～8,000 Bq/kg	2.1万～5.5万 Bq/kg（20-75 umの画分） H29：5.5万 Bq/kg H29：2.1万 Bq/kg	330～1.3万 Bq/kg（粗粒分） H23：1,200～3,700 Bq/kg H23：4,700 Bq/kg H26：2,100～5,200 Bq/kg H30：2100～1.3万 Bq/kg H31：2,300～4,600 Bq/kg R3：データなし（模擬） R3：1,900 Bq/kg
生成物/濃縮物の性状	礫含水率：18%、砂含水率：23% 細粒分含水率：40%（高分子凝集剤を含む場合がある）	含水比：17% 粗粒分はコンクリート骨材として利用可能、細粒分は脱水ケーキ	小粒径化による濃度が低減化できていない。フロスの処理の確認が必要。細粒分は脱水ケーキ状、界面活性剤の混入あり	粗粒画分の粒径範囲は実証事業によって異なる。細粒分は脱水ケーキ状、界面活性剤の混入の場合あり
コスト（イニシャル+ランニング）	国直轄：2.8万円/t H23：0.7万円/t H31-R2：データなし（薬剤費810円/t）	国直轄：3.2万円/t（通常分級工程（2.8万円/t）を含む） H23：0.9万円、H23：0.4万円、H23：0.6万円、H23：1.5万円、 H23：1.5万円	0.95万円/t～17万円/t（H29、2件） H29：18万円/m ³ H29：0.95万円/t	1.5万～23万円/t（H23、2件、H26、1件、H30、1件、H31、1件、R3、2件） H23：1.7万円/t H23：1.5万円/t H26：23万円/t H30：3万円/t H31：4.6万円/t R3：3.8万円/t R3：3.8万円/t
二次廃棄物等の性状や量	有機物、廃水（設備解体時）<50Bq/L、ろ布等	有機物、廃水（設備解体時）<50Bq/L、ろ布	2m ³ /tの泡浮遊選別処理水（界面活性剤を含む）、有機物分解液、磁気フィルター	無機系凝集剤、高分子凝集剤を含む廃水、フロス（有機物を含む浮遊物）等

※ここでのコスト等のデータは各実証事業において想定された条件の元で算出されたものを含み、今後精査が必要。

減容技術等の評価項目に関する整理②

< 各処理技術ごとの評価項目に関する整理（分級処理技術の場合_乾式分級） >

	乾式分級			
	風選別（風力＋気流遠心分離）	高度分級		
		付着粒子の分離 （気流遠心分離＋機械式研磨）	付着粒子の分離＋小粒径化 （気流遠心分離＋機械式研磨）	風選別＋磁気分離 （風力による分級＋磁気選別）
実証事業での実績	H25（1件）	H23（1件）		R3（1件）
実証事業で用いた対象物	雑草土砂混合物, 3,700 Bq/kg	土壌（田：7,700、畑：2,200、森林：38,000 Bq/kg）		土壌（3,900～4,500 Bq/kg）
実証事業の規模	0.2～2t/h	データなし	データなし	1t/h
大規模化の可能性	—	300kg/h規模の装置あり。	300kg/h規模の装置あり。	～1000kg/h（風選別）, ～1000 kg/h（永久磁石ドラム選別）の装置あり。
減容化率	データなし	データなし	データなし	データなし
減量化率	52～82 %	27～34 %	36～57 %	21～89 %
放射能濃度の低減化率（除染率）	15～41 %	63～86 %	38～74 %	0～58 %
生成物/濃縮物の放射能濃度	1,160～2,950 Bq/kg（粗粒分） 3,080, 4,910 Bq/kg（細粒分）	300～14,000 Bq/kg（粗粒分） 細粒分データなし	600～18,000 Bq/kg（粗粒分） 細粒分データなし	1,200～3,400 Bq/kg（粗粒分） 3,100～6,300 Bq/kg（細粒分）
生成物/濃縮物の性状	—	—		生成物に磁性鉄粉の混入あり
コスト（イニシャル＋ランニング）	3.1万円/t	0.5～0.8万円/t		2.3万円/t
二次廃棄物等の性状や量	二次廃棄物量は限定的	バグフィルタ用ろ布等		磁性鉄粉、バグフィルタ用ろ布等

※ここでのコスト等のデータは各実証事業において想定された条件の元で算出されたものを含み、今後精査が必要。

減容技術等の評価項目に関する整理③

< 各処理技術ごとの評価項目に関する整理（熱処理技術の場合） >

	溶融	焼成
実証事業での実績	H28（1件）、H24（1件）	H23（1件）、H28-29（国直轄事業）
実証事業で用いた対象物	土壌（細粒分<75um）、9,800~29,400 Bq/kg（プラント試験ではコールド試験）、主灰・飛灰、6,600~23,000 Bq/kg	除去土壌 3,000~60,000 Bq/kg、焼却灰 9,000~110,000 Bq/kg
実証事業の規模	3 t/day, 25 kg/バッチ 必要な資材：燃料(LNG) 300 Nm ³ /土壌-t-wet、塩基度調整剤、揮発促進剤；0.7t/処理土壌dry-t	10 t/day 必要な資材：電力530 kWh/土壌-t-wet、重油130 L/土壌-t-wet、塩基度調整剤、揮発促進剤；1.3t/処理土壌dry-t
大規模化の可能性	実機稼働中（回転表面溶融炉 150 t/day）	類似の実機あり（ロータリーキルン、300 t/day）
減容化率	83.4~89.2%	72.4~92.5%
減量化率	89.7~98.5%	88.9~95.8%
放射能濃度の低減化率（除染率）	97.1~99.3%	99.7%
生成物/濃縮物の放射能濃度	157~1,430 Bq/kg（スラグ） / 11.5万~46.6万 Bq/kg（飛灰） ※仮設灰処理施設での生成物（スラグ）は平均3,000 Bq/kg程度（焼却灰の処理）	100 Bq/kg以下（焼成物） / 2.9万~90万 Bq/kg（飛灰）
生成物/濃縮物の性状	スラグ（添加剤のため、発生量は元土壌の1.3~1.4倍程度） 土木資材への再生利用実証結果あり。	焼成物（添加剤のため、発生量は元土壌の~2倍程度） 土木資材、農業資材への実証結果あり。
コスト（イニシャルコスト+ランニングコスト）	30~40万円/t（要精査）	30~40万円/t（要精査）
二次廃棄物等の性状や量	運転中の二次廃棄物は限定的（耐火物、バグフィルター（数年に一度、部分的な交換））耐火物は高濃度となるが、運転中は再熱処理が可能。	運転中の二次廃棄物は限定的（耐火物、バグフィルター（数年に一度部分的な交換））耐火物は高濃度となるが、運転中は再熱処理が可能。

※ここでのコスト等のデータは各実証事業において想定された条件の元で算出されたものを含み、今後精査が必要。

減容技術等の評価項目に関する整理④



< 各処理技術ごとの評価項目に関する整理（化学処理技術の場合） >

	化学処理				
	酸処理	溶融塩（酸）処理	アルカリ処理	水熱処理（亜臨界状態）	洗浄剤処理
実証事業での実績	H23 (1 件), H25 (1 件)	R4-6(1 件、継続中)	H28 (1 件)	H27 (2 件, 水熱爆砕、水熱抽出), H28,31(1 件亜臨界イオン交換)	H27 (1 件)
実証事業で用いた対象物	砂 (5100 Bq/kg), シルト (1.2万 ~29.3万 Bq/kg), 分級土壌 (< 1mm, 2,700~21.2万 Bq/kg)	土壌 (4,830~34万 Bq/kg)	土壌 (<4.75 mm, 5,000~2.5万 Bq/kg)	土壌 (3,700~2.9万 Bq/kg) 焼却灰・飛灰 (4,100~2.4万 Bq/kg)	土壌 (2.9~3.5万 Bq/kg)
実証事業の規模	バッチ処理 0.02 kg~0.5 kg	バッチ処理 20 g	バッチ処理 10 kg	準連続処理、バッチ処理 4.8 kg/h、2g~500g	バッチ処理 0.25 kg
大規模化の可能性	—	—	—	—	—
減容化率	77~93% (H23)	データなし	データなし	データなし	放射能濃度の低減化効果が低く、減量化できない。
減量化率	98~99% (H25)	60~75%	63~70%	70~99%	
放射能濃度の低減化率	77~93% (H23)、40~69% (H25) (放射能収支が不明のため参考値)	96~99%	35~68%	12-92% (放射能収支不明のため、参考値)	0~22%
生成物/濃縮物の放射能濃度	(生成物) 78~8.4万 Bq/kg (廃液を吸着剤で濃縮) 1.4万~710万 Bq/kg	(生成物) 78~11,412 Bq/kg (濃縮物) 1.4~59万 Bq/kg	(生成物) 3,628~8,464 Bq/kg (濃縮物) 41,250~50,719 Bq/kg	(生成物) 360~2.1万 Bq/kg (吸着剤) 6,300~36万 Bq/kg	(生成物) 1.9~3.7万 Bq/kg (濃度の低減化ができていない)
生成物/濃縮物の性状	処理後土壌に酸が含まれる	処理後土壌に酸が含まれる	処理後土壌にアルカリが含まれる	品質の確認が必要	洗浄効果が低く、生成物の濃度が高い。
コスト（イニシャルコスト+ランニングコスト）	5~10万円/t (H23)、10万円/t (H25)	13万円/t	0.7万円/t	4.3万円/t (H27)、5.9万円/t (H27)、322万円/t (H28)	188万円/t (ランニングコストのみ)
二次廃棄物、副生成物等の性状や量	廃酸等が発生する。処理後物の中和、洗浄が必要。スラッジが処理土壌量の4割程度発生。	酸、アルカリ廃液が土壌量の各2倍程度発生。	廃アルカリが発生する。処理後物の中和、洗浄が必要。	処理水等、二次廃棄物の発生は限定的。	廃酸、廃塩、添加物、洗浄水が二次廃棄物となる。処理後物の中和、洗浄が必要。

※ここでのコスト等のデータは各実証事業において想定された条件の元で算出されたものを含み、今後精査が必要。

減容技術等の評価項目に関する整理⑤

< 各処理技術ごとの評価項目に関する整理（飛灰洗浄技術（洗浄工程）の場合） >

	洗浄	
	混合攪拌式	散水式
実証事業での実績	H25 (1件), H31 (1件), R4-5 (1件、国直轄事業)	H25 (1件)
実証事業で用いた対象物	飛灰（ストーカー炉、焼却炉、表面溶融炉、2.7万～28万 Bq/kg(R4年度時点)、液固比5～10で攪拌洗浄	飛灰（ストーカー炉、1,200～1,400 Bq/kg）液固比0.55～0.65でシャワリング洗浄
実証事業の規模	10～50 kg/バッチ、550 kg/バッチ～連続処理（国直轄）	700 kg/バッチ
大規模化の可能性	550 kg～4 t/バッチ程度の大型化・複数系列化が可能（攪拌タンク容量：50 m ³ 、磁性分離：2000 L/min）、洗浄用水：6～8 t/t等	大規模化、複数系列化が可能（タンク容量：50 m ³ ）
減容化率	データなし	データなし
減量化率	飛灰洗浄処理工程では濃縮物は発生せず。	飛灰洗浄処理工程では濃縮物は発生せず。
放射能濃度の低減率	97%（国直轄）、2～92%（H25, H31） 洗浄後飛灰が8,000 Bq/kgを超える場合について、R6国直轄事業内で追加確認を検討中。	56～63%
生成物/濃縮物の放射能濃度	（洗浄後飛灰）2,700～2.6万 Bq/kg	（洗浄後飛灰）444～574 Bq/kg
	（洗浄廃水）51～3.2万 Bq/L（吸着工程へ）	（洗浄廃水）330～1,700 Bq/L
生成物の性状	磁力選別の場合、磁性粉末を含む。重金属を含む場合がある。反応促進剤として再利用（再熱処理）可能。	脱水ケーキ状、重金属を含む場合がある。反応促進剤として再利用（再熱処理）可能。350～1,600 Bq/L
コスト ※他の工程も含む数値あり	イニシャル+ランニング4.6万円/t飛灰（H25, 洗浄・吸着工程） イニシャル38万円/t飛灰, ランニング30万円/t飛灰（H31, 洗浄・吸着・安定化工程） ランニング37万円/t飛灰（R4-5, 洗浄（脱水）工程）	（H25, 洗浄・廃水（脱水なし）工程） イニシャルコスト1.6万円/t飛灰 ランニングコスト4.3万円/t飛灰
二次廃棄物等の性状や量	洗浄廃水に含まれる重金属対策として、キレート沈殿処理等が必要。また、高濃度塩分も含まれる。	洗浄廃水に含まれる重金属対策として、キレート沈殿処理等が必要。また、高濃度塩分も含まれる。

※ここでのコスト等のデータは各実証事業において想定された条件の元で算出されたものを含み、今後精査が必要。

減容技術等の評価項目に関する整理⑥

< 各処理技術ごとの評価項目に関する整理（飛灰洗浄技術（吸着工程）） >

	吸着					
	フェロシアン化ニッケル	フェロシアン化鉄		フェロシアン化銅	ケイチタン酸塩	ゼオライト
		(液中合成・混合攪拌式)			(カラム式)	
実証事業での実績	H25 (1件)	H31 (1件)	R4-5 (1件、国直轄事業)	R4-5 (1件、国直轄事業)	R4 (1件、国直轄事業)	R4-5 (1件、国直轄事業)
実証事業で用いた対象物	ばいじん洗浄水、 (濃度はCs溶出と同時に処理のため特定できない)	ばいじん洗浄後脱水ろ液、 270 Bq/kg	ばいじん洗浄後脱水ろ液、2.8 万Bq/kg	ばいじん洗浄後脱水ろ液、3.3 万 Bq/kg	ばいじん洗浄後脱水ろ液、2.8 万 Bq/kg	フェロシアン化物吸着剤アルカリ 分解液、14万Bq/kg
実証事業の規模	500 L/バッチ	75 L/バッチ	1 m ³ /バッチ 必要な資材：フェロシアン化鉄 硫酸鉄等 (量は濃縮率により変 わる)	50 L/h 必要な資材：フェロシアン化銅 吸着剤 (量は濃縮率により変 わる)	9 L/h 必要な資材：ケイチタン酸塩吸 着剤 (量は濃縮率により変 わる)	20 L/h 必要な資材：ゼオライト (量は 濃縮率により変わる)
大規模化の可能性	—	—	—	—	—	—
減容化率	データなし	データなし	データなし	データなし	データなし	データなし
減量化率	96% (元飛灰からの減量化)	99% (元飛灰からの減量化)	98% (元飛灰からの減量化)	99% (元飛灰からの減量化)	99% (元飛灰からの減量化)	98% (アルカリ分解後中和液か らの減量化)
放射能濃度の低減率	99.9% (洗浄液からの低減化 率)	99.5% (洗浄液からの低減化 率)	99.9% (洗浄液からの低減化 率)	99.9% (洗浄液からの低減化 率)	99.9% (洗浄液からの低減化 率)	99.9% (アルカリ分解後中和液か らの低減化率)
生成物/濃縮物の放射能濃度	吸着剤48万～106万 Bq/kg 廃水 10-310 Bq/L程度	吸着剤44万 Bq/kg 廃水10 Bq/L程度	吸着剤 (フェロシアン化鉄→ゼ オライト) 864万 Bq/kg 廃水100 Bq/L	吸着剤2,180万～5,950万 Bq/kg 廃水 <2 Bq/L	吸着剤297万～376万 Bq/kg 廃水 <1 Bq/L	吸着剤 (焼成後) 280万Bq/kg 廃水～100 Bq/L
生成物 (廃吸着剤、廃水) の性 状	汚泥状 吸着剤のアルカリ耐性 が高い(pH11)	汚泥状 (フェロシアン化鉄分解 物)	汚泥状 (フェロシアン化鉄分解 物)	カラム内廃吸着剤 Bq/kg /廃水 <2Bq/L	カラム内廃吸着剤	廃吸着剤
コスト (イニシャル、ランニン グ) ※他の工程も含む数値あり	イニシャル+ランニング 4.6万 円/t飛灰 (H25: 洗浄・吸着工 程)	イニシャル38万円/t飛灰、ラン ニング30万円/t飛灰 (洗浄吸着 安定化工程)	イニシャル+ランニング510万 円/t飛灰 (吸着安定化工程、液 固比10で推計) イニシャル+ランニング51万円 /m ³ ろ液 (吸着安定化工程)	イニシャル+ランニング 150万 円/t飛灰 (洗浄吸着安定化工程、 液固比10で推計)、イニシャル +ランニング 15万円/m ³ ろ液 (洗浄吸着安定化工程)	イニシャル+ランニング 97万 円/t飛灰 (吸着安定化工程、液 固比10で推計) イニシャル+ランニング 9.7万 円/m ³ ろ液 (吸着安定化工程)	イニシャル+ランニング510万 円/t飛灰 (吸着安定化工程、液 固比10で推計) イニシャル+ランニング51万円 /m ³ ろ液 (吸着安定化工程)
二次廃棄物等の性状や量	廃水の放射能濃度は10～400 Bq/kg程度、重金属も凝集剤処 理により、排水基準を満たす。 吸着剤はフェロシアン化ニッケ ル担持磁性粒子	廃水の放射能濃度は10-20 Bq/L 程度、重金属も凝集剤処理によ り、排水基準を満たす。	PB分解物、処理水 (放射能濃度 は100Bq/L (ゼオライト吸着 後))	吸着剤分解時のHCN、NH ₃ 、CO ガスが発生するため、トラップ 設備が必要。処理水、重金属汚 泥	過熱溶融時のCs揮散の恐れあり オフガス処理用フィルター。	重金属汚泥 (リンス後、8000 Bq/kg以下となる)

※ここでのコスト等のデータは各実証事業において想定された条件の元で算出されたものを含み、今後精査が必要。

減容技術等の評価項目に関する整理⑦

<各処理技術ごとの評価項目に関する整理（安定化技術（吸着剤等））の場合>

	安定化			
	セメント固型化	ガラス固型化	プラスチック固型化	ゼオライト焼成
実証事業での実績	R4-5 (1件、国直轄事業)	R4 (1件、国直轄事業)	H24(1件)	R4-5 (1件、国直轄事業)
実証事業で用いた対象物	水蒸気分解後のフェロシアン化物6000万～1.1億 Bq/kg、カラム内固型化	廃ケイチタン酸塩 300万Bq/kg (R4)、熱処理した吸着剤の洗浄水 (H28、H31-R3)	ゼオライト廃吸着剤(7300 Bq/kg)	廃吸着剤ゼオライト、120～280万 Bq/kg
実証事業の規模	10 L/バッチ～200L/バッチ 必要な資材：セメント、固型化対象物の2倍量程度	4kg/バッチ、0.57 L/バッチ 熱処理温度 1300℃ 必要な資材：ガラスフリット、固型化対象物の2倍量程度	55 mL/バッチ	1.4kg程度/バッチ処理、キルンサイズによる。加熱条件は1050℃, 1 h
大規模化の可能性	可能、特定廃棄物施設で実績あり (160t/日)、実用段階	50t/バッチ規模の実績 (海外) 実用段階	可能。プラスチックの自動混練・成形装置の実績あり、実用段階	焼成炉の実機160 kg/dayあり。
固型化体の放射能濃度	固型化体：廃吸着剤の1/3程度	固型化体：～3.2万Bq/kg	固型化体：6,000 Bq/kg程度	焼成体～4000万Bq/kg (平均930万Bq/kg)
固型化体の性状	溶出率：検出下限値未満 フェロシアン化物分解物10Lステンレスカラム内固型化 (φ22cm×37 cm, 円筒形) ; 0.04 %フェロシアン化物未分解固型化体 (φ6 cm×8cm, 円筒形)	溶出抑制効果が高い： 溶出率： 0.003 %未満 (φ18cm×25cm, 円筒形) (国直轄) 0.12% (1cm角, 立方体 (R3)) 充填率：0.7 kg/L (国直轄) 0.032 kg/L(R3)	溶出率：検出ND (<18.8 Bq/L) (吸着剤対象、φ4.5 cm × 5.8 cm, 円筒形) 軽量 密度1.35g/cm ³ 程度 充填率 1.1 kg/L	溶出率：0.001～0.0022% (粒状、焼成体)
コスト (イニシャル+ランニング) ※他の工程も含む数値あり	150万円/t飛灰 (国直轄、洗浄吸着安定化工程含む)	39万円/t飛灰 (固型化のみ) 97万円/t飛灰 (R4 吸着安定化工程、液固比10で推計) 9.7万円/m ³ ろ液 (R4 吸着安定化工程)	(参考値) 12.1万 円 (薬品費のみ)	510万円/t飛灰 (R4 吸着安定化工程、液固比10で推計) 51万円/m ³ ろ液 (R4 吸着安定化工程)
二次廃棄物等の性状や量	吸着剤分解時のHCN、NH ₃ 、COガス、処理水。	排ガス対策のプレフィルター、HEPA フィルター、ガラスフィルター ガラス熔融運転中、コールドキャップ (未熔融原料) により、放射性セシウムのガス側への移行を抑制。実証事業においては、ガラス固型化体の放射性セシウムの保持率は約99%で、残り約1%は排ガス処理工程においてフィルターでの捕集が可能であることを確認。	プラスチックの重合化による固型化。水分が重合反応を阻害するため、対象物の脱水が必要。	実証事業において、焼成時の放射性セシウムのガス側への移行は極めて限定的 (約0.00012%) であり、排ガス処理工程においてフィルターでの捕集が可能。

※ここでのコスト等のデータは各実証事業において想定された条件の元で算出されたものを含み、今後精査が必要。

減容技術等の評価項目に関する整理⑧

<各処理技術ごとの評価項目に関する整理（安定化技術（飛灰等））>

	安定化			
	セメント固型化	ガラス固型化	ジオポリマー固型化	プラスチック固型化
実証事業での実績	H23, H24, H25, H31; 各 1 件	R3(1 件)	R2(1 件), R3-4(1 件)	H24(1 件)
実証事業で用いた対象物	飛灰(800~14,720 Bq/kg), 土壌(19,950 Bq/kg)	模擬飛灰2,026mg-Cs/kg (900°C処理)	土壌 7,000 Bq/kg、 (その2) 飛灰、15万 Bq/kg,	焼却灰、飛灰(8,600~9,960 Bq/kg)
実証事業の規模	0.3 m ³ /バッチ, 0.2 m ³ /バッチ, 30 L/バッチ, 64 L/バッチ, 30 kg/バッチ 必要な資材: セメント、固型化対象物の2 倍量程度	10 kg/バッチ、0.57L/バッチ 必要な資材: ガラスフリット、固型化対象 物の2倍量程度	2 L/バッチ, 20 L/バッチ 必要な資材: 水ガラス、水酸化カリウム等、 固型化対象物の1倍量程度	55 mL/バッチ 必要な資材: レジン、固型化対象物の1 倍量程度
大規模化の可能性	特定廃棄物施設で実績あり(160t/日),	50t/バッチ規模の実績(海外)	200 L/バッチ(ドラム缶)程度可能	プラスチックの自動混練・成形装置の実績 あり
固型化体の放射能濃度	517~112,200 Bq/kg	599mg-Cs/kg	固型化体: 4.1万 Bq/kg(飛灰)	固型化体: 5,700, 5,400 Bq/kg
固型化体の性状	溶出率: • 17%(飛灰, φ10×9 cm, 円筒形) • 69.8~89.5%(飛灰, φ1cm, 粒状, 洗浄による 累積溶出率) • 21%(飛灰, 100g 程度, 形状データなし 充填率: 0.4~1.27 kg/L	飛灰の場合: 溶出率データなし 充填率 0.7kg/L	溶出率: 23%(飛灰) (飛灰の固型化体, φ1.3×1.5 cm, 円筒形) 充填率: 0.5 kg/L 程度	溶出率: 6.6%(飛灰, 6h, φ4.5×3 cm, 円筒 形) 充填率: 0.9 kg/L
コスト(イニシャル+ランニング)	1.4万~12万円/t対象物(飛灰or土壌)	80万~800万円/t飛灰	72万円/t飛灰	(参考値) 12.1万円(薬品費のみ)
二次廃棄物等の性状や量	—	排ガス対策のプレフィルター、フィルター、 ガラスフィルター ガラス溶融運転中、コールドキャップ(未 溶融原料)により、放射性セシウムのガス 側への移行を抑制。実証事業においては、 ガラス固型化体の放射性セシウムの保持率 は約99%で、残り約1%は排ガス処理工程に おいてフィルターでの捕集が可能であるこ とを確認。	二次廃棄物の発生は限定的	プラスチックの重合化による固型化。水分 が重合反応を阻害するため、対象物の脱水 が必要。

※ここでのコスト等のデータは各実証事業において想定された条件の元で算出されたものを含み、今後精査が必要。

(参考) プラスチック固化体の物性について

■ 表1は、文献調査による、プラスチック固化体の物性（不飽和ポリエステル、エポキシ樹脂、シリコン樹脂）の比較を示す。

表2は、不飽和ポリエステル、エポキシ樹脂による、焼却灰またはゼオライト（廃吸着剤）固化体物性の詳細を示す。

充填物によって、物性が異なるが、強度耐水性が高いのは、不飽和ポリエステル、エポキシ樹脂。耐熱・耐火性が高いのは、シリコン樹脂である。

表1 プラスチック固化体の物性（不飽和ポリエステル、エポキシ樹脂、シリコン樹脂）の比較*1

プラスチック樹脂	圧縮強度 kg/cm ²	耐熱性・耐火 性	耐水性 浸出率（42日）g/cm ² ・ day（廃棄物中のNa ⁺ ）	耐放射線性 （γ線、照射量 10 ⁹ （R）まで）	耐候性 （温度サイクル、 28日間）
不飽和ポリエステル	100～600	中	10E-04～10E-05	変化なし	変化なし
エポキシ樹脂	200～600	低	10E-05～10E-06	変化なし	変化なし
シリコン樹脂	10～80	高	10E-02～10E-03	変化なし	変化なし

*1 再処理低レベル放射性廃棄物のプラスチック固化基礎試験、報告書（株東芝、1984）より抜粋

(参考) プラスチック固化体の物性について

表2 不飽和ポリエステル、エポキシ樹脂による、焼却灰またはゼオライト（廃吸着剤）固化体物性の詳細

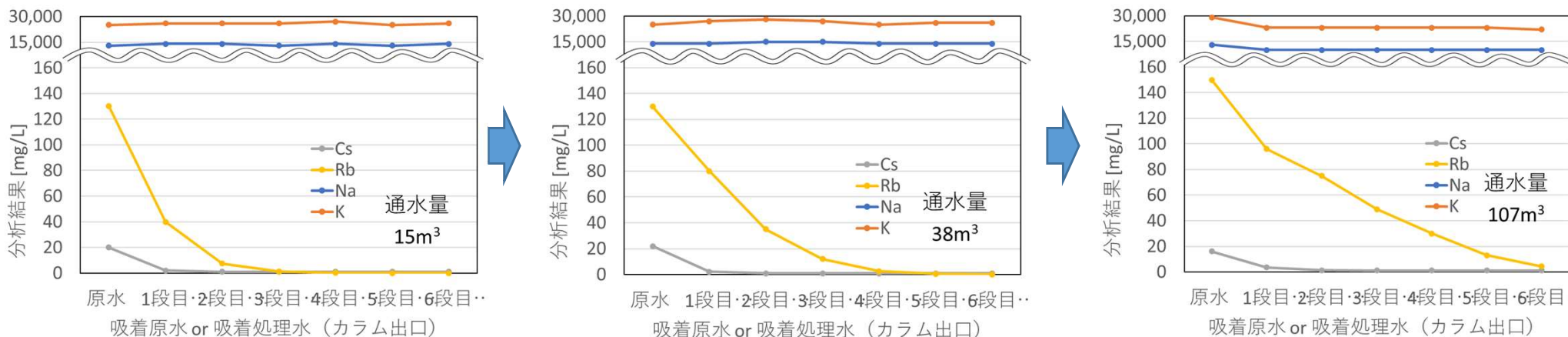
プラスチック樹脂	対象廃棄物、充填率 (%)	圧縮強度 kg/cm ²	耐熱性 熱分解開始温度(°C)	耐火性 着火時間 s (800°Cの炉内)	耐水性	
					浸出率 (42日) g/cm ² ・day (廃棄物中のNa ⁺)	耐水性重量変化 (42日) %
不飽和ポリエステル	焼却灰 ; 55 %	581	260	20	8.05E-04	2.85
	ゼオライト ; 62 %	629	260	13	6.43E-06	0.68
エポキシ樹脂	焼却灰 ; 45 %	402	250	7	6.72E-05	1.73
	ゼオライト ; 60 %	417	250	7	1.48E-06	0.55

プラスチック樹脂	対象廃棄物、充填率 (%)	耐放射能 (固化体 (φ20mmH50mm) に Co-60 γ線, 照射量10 ⁹ (R))		耐候性 (温度サイクル、28日間)	
		重量変化 (%)	圧縮強度変化 kg/cm ²	重量変化 (%)	圧縮強度変化 kg/cm ²
不飽和ポリエステル	焼却灰 ; 55 %	0.46	290	-0.32	116
	ゼオライト ; 62 %	-2.08E-02	78	-0.54	239
エポキシ樹脂	焼却灰 ; 45 %	-2.13E-03	103	-8.18E-02	102
	ゼオライト ; 60 %	0.45	124	-0.78	162

(参考) 飛灰洗浄 (洗浄水中の共存イオンによる吸着への影響について)

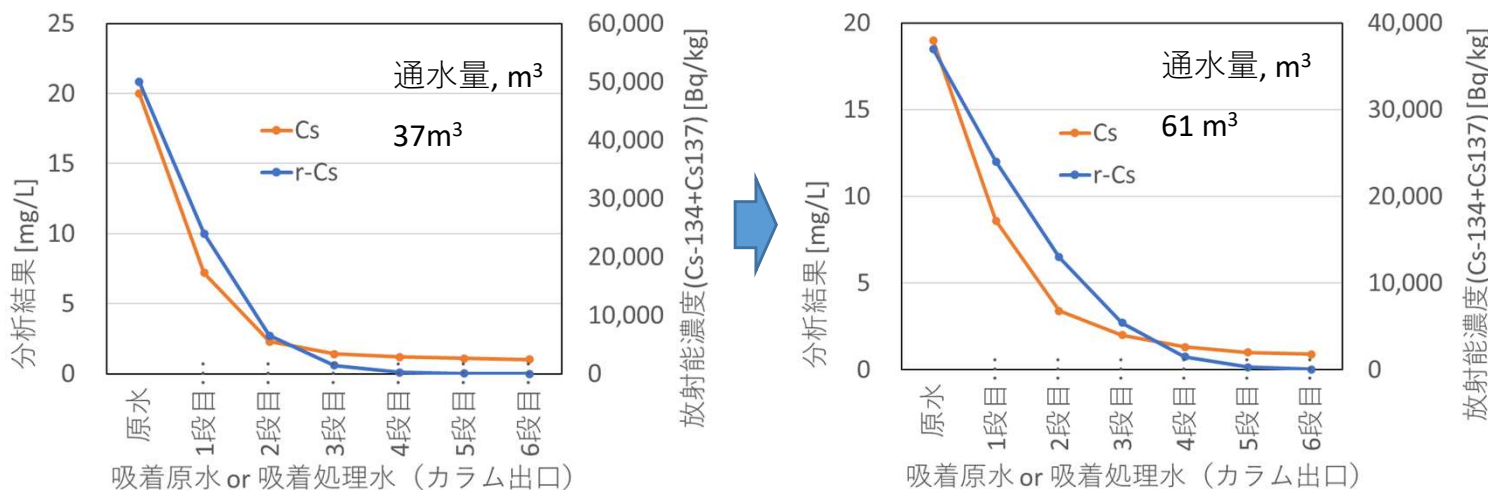
- 飛灰洗浄水中には、Csイオンの他、多くの陽イオンが共存する。吸着剤（フェロシアン化物）へのCs吸着に対する共存イオンの影響を調査するため、通水量毎に、洗浄水（原水）とカラム出口水を採取し、K、Na、Rb、Cs各イオンの濃度を分析した。
- 結果として、通水量（処理量）が増加しても、**競合イオン種K、Na、Rbの共存する実洗浄液でも放射性Csの選択的な吸着処理が可能であることが確認された。**

パイロットスケールカラムでの吸着原水と処理水の分析結果（実洗浄液）



実洗浄液中のカラム吸着による安定Csと放射性Csの濃度変化の比較

安定Csと放射性Csの吸着による濃度変化には、大きな差は見られない。





10. 生成物の再生利用に関する実証例

減容処理によって得られた生成物の再生利用の実証例

- 減容処理によって得られた生成物の再生利用に関する実証例について、2016年度から2023年度までに実施された事業の成果をまとめた。

対象物	再生利用の実証例	実証結果要約
土壌の湿式分級砂 (粗粒分)	盛土材としての適用性の評価	分級砂と山砂の混合土の土質試験より、道路盛土材として使用可能な材料と判断された。(P2)
	土木用資材(コンクリートタイルの製造、細骨材)	強度、耐久性等の物性は各種基準を満足。(P3)
溶融スラグ	土木用資材(盛土材) 土木用資材(アスファルト舗装) 土木用資材(路盤材) 土木用資材(コンクリート)	利用用途に応じた安全性、安定性を確認した。その結果、各種用途への適用が可能であるとともに、適用拡大に当たっての課題を確認できた。(P4)
焼成による生成物	土木用資材(インターロッキング(IL)ブロック)	歩道用および車道用ILブロック曲げ強度の基準を満足、製造管理値を満足(P5)。
	土木用資材(U字側溝)	強度、外観は生成物未使用品と同等(P6)。
	農業用資材(鉋さいけい酸質肥料)	焼成物は鉋さいけい酸質肥料と同様にケイ酸肥料として肥効があった。(P7)
	農業用資材(酸性土壌改良材)	土壌のpHを上昇させる効果があった。(P8)
	土壌焼成物のセメント原料化の検討	焼成物を含むクリンカを用いて試製されたセメントJIS規格値を満たした。放射能濃度は検出限界以下。(P9-10)
	各種用途(盛土材、に対する品質適合性評価、環境安全性評価)	各種用途に対する品質適合性評価および環境安全性評価にて、各種基準を満たすことが確認された。(P11)

■ 土壌の湿式分級砂(粗粒分)を盛土材として利用するための物理特性評価

分級後の土壌を用いて、土質試験を実施し、各種基準値*1に照らし合わせることにより、盛土材料(路体・路床)としての適用性を評価した。

試験対象土壌試料:

- ① 通常分級後の土壌(礫・砂の分級後重量割合で混合)
- ② 遮蔽土嚢内の山砂
- ③ 容積比①9:②1で混合したもの
- ④ 容積比①8:②2で混合したもの
- ⑤ 容積比①7:②3で混合したもの

分級砂と山砂を混合することにより、細粒分率が増加し、コーン指数:増大、CBR値:増大、締固めにより所要の密度を容易に得ることができた。

土質試験の値と各種基準値を照らし合わせると、混合土3種類全てにおいて、道路盛土材として使用可能な材料と判断された。

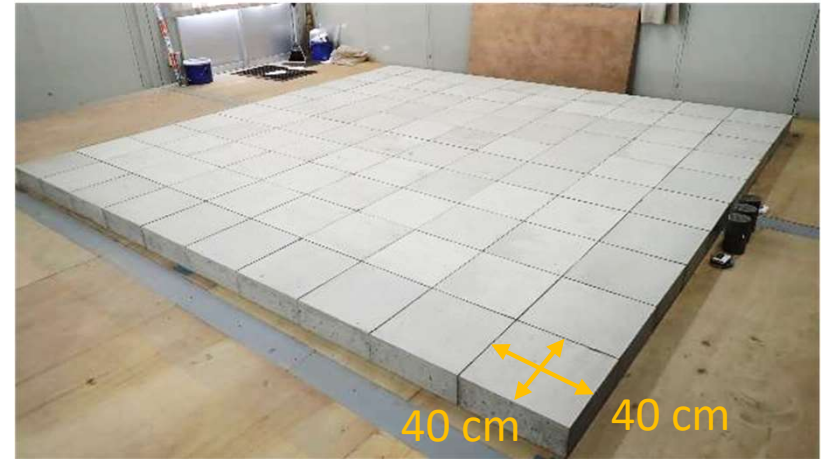
*1公益社団法人日本道路協会編、『道路土工盛土工指針(平成22年度版)』平成22年4月 初版第1刷発行 第4章設計 4-6盛土材料 p131
一般財団法人国土技術研究センター編『河川土工マニュアル』平成21年4月 第4章河川土工の施工 第4.2節施工計画 p160。
公益社団法人日本道路協会編、『舗装設計便覧』平成18年2月 第5章 アスファルト舗装の構造設計 p70。
国土交通省令(建設業に属する事業を行う者の再生資源の利用に関する判断の基準となるべき事項を定める省令 平成13年3月29日 国交令59
独立行政法人土木研究所編著『建設発生土利用技術マニュアル 第4版』平成25年12月1日 4.適用用途標準 p34. など

■ 土壌の湿式分級砂(粗粒分)をコンクリート骨材として利用するための実証例

国直轄の分級実証試験由来の分級砂(放射能濃度 1,000~2,700 Bq/kg)と山砂の約1:1の割合で混合した細骨材を使用し、コンクリートタイル(4.0m×4.0m×0.15m厚)を作製した。

強度、耐久性等の基礎物性は各種基準を満足し、通常品と同等またはそれ以上の値を示した。コンクリートタイルを100枚敷設した土間(写真、右)の中央での空間線量率は0.28 μSv/h程度(下図、右)であった。

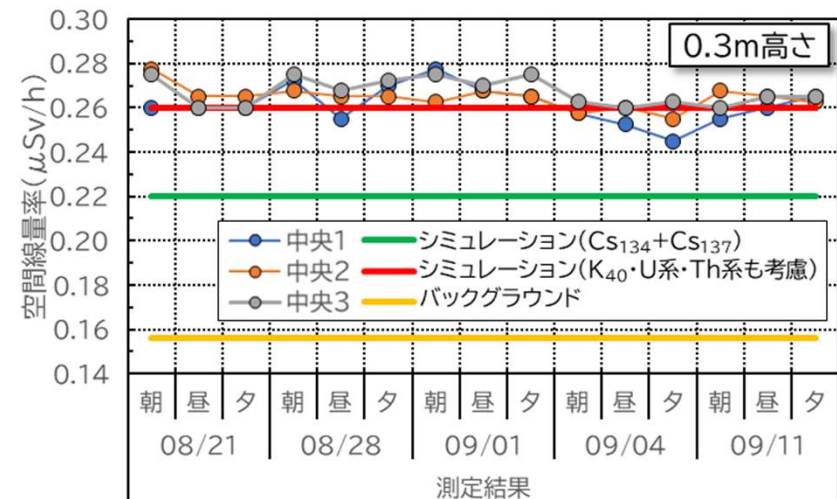
- 分級砂を含むコンクリートタイル100枚を敷設したコンクリート土間



- 分級砂を含むコンクリート基礎試験の様子



- コンクリートタイル土間の空間線量率のグラフ



■ 溶融スラグを盛土材、路盤材、アスファルト舗装骨材、コンクリート骨材として利用

- ・ 双葉町仮設焼却第一施設・仮設灰処理第一施設で生成されたシャフト炉スラグおよび表面溶融炉スラグを用いて室内試験、試験施工等を行い、利用用途（盛土材、路盤材、アスファルト舗装骨材、コンクリート骨材）に応じた安全性、安定性を確認した。
- ・ モニタリング期間を通じて、盛土浸出水、舗装道路浸透水・表面水の水质について、放射性セシウム濃度は検出下限値未満であり、重金属濃度も参考値とした地下水環境基準に適合しており、環境安全性上の問題は認められなかった。
- ・ これらの溶融スラグについて、材料として構造物を構築したり、解体したりする場合における「使い易さ(勝手)」は、既に資源化が確立している製鋼スラグや都市ごみ溶融スラグ等と同等であった。

- 試験盛土供用時の状況
(除去土壌とスラグ割合1:1)



- アスファルト舗装道路構築状況
(配合を変え5工区を施工)



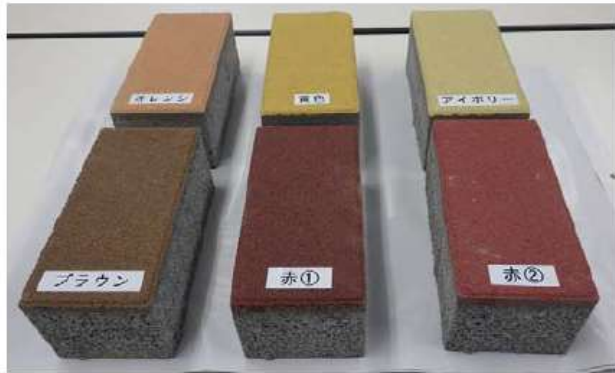
- コンクリート供試体屋外暴露状況



- 2024年6月現在、技術実証フィールドにて、
 - ・ 双葉町仮設灰処理第二施設で生成されたコークスベッド炉スラグを用いて試験盛土実証試験を実施中
 - ・ 三種類のスラグを用いた大型テストセルによる環境安全性試験の試験設備を構築中
 - ・ 三種類のスラグを用いたインターロッキングブロックの試験施工を計画中

■ 骨材の50%を焼成物に置き換え製造されたILブロックと敷設例

- 細骨材の50%を焼成物に置き換え製造されたILブロックの外観



合計22,000個以上を製造

(長さ200mm × 幅 100mm × 厚さ 80mm)

ILブロックの配合・管理値

■ ILブロック製造管理値

管理項目	管理値
充填率	90%(目安)
曲げ強度(14日強度)	5.0N/mm ² 以上
寸法精度	±3mm

■ 生成物管理値

管理項目	管理値
f-CaO量	1%以下
絶乾密度	2.5g/cm ³ 以上
吸水率	5.0%以下

■ 配合

生成物の品質の変動によって充填率が変動することからフレコンごとに配合調整

配合	容積置換率(%)		水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	密度(g/cm ³)				
	細骨材	粗骨材			1	3.16	2.56	2.83	2.71
					単位量(kg/m ³)				
				水	セメント	砂	粗骨材	生成物	
配合例①	50	0	33	60	131	400	570	840	604
配合例②	50	0	35	55	153	436	499	903	529

容積置換率 = 細骨材中の焼成物の容積

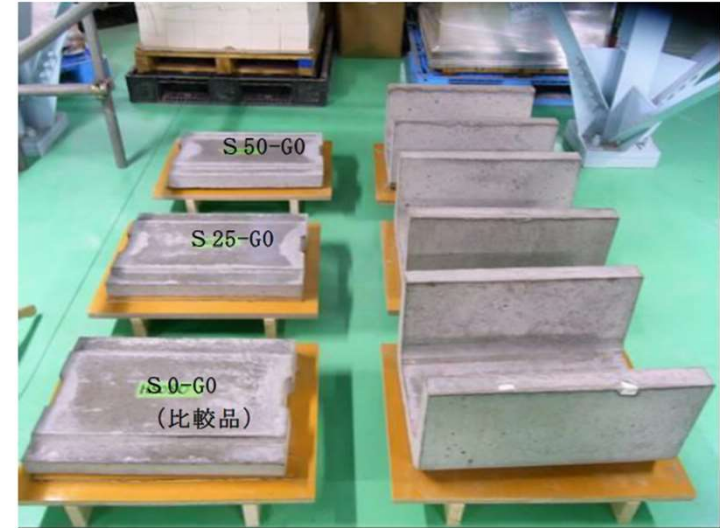
- 細骨材を生成物で置き換えたILブロックについて、生成物の細骨材置換率100%では、歩道用ILブロックの曲げ強度の基準3N/mm²以上、生成物の細骨材置換率50%では、車道用ILブロックの曲げ基準5N/mm²以上が確保できることが確認された。

■ 細骨材の25, 50%を土壌の焼成物に置き換え製造された側溝の例

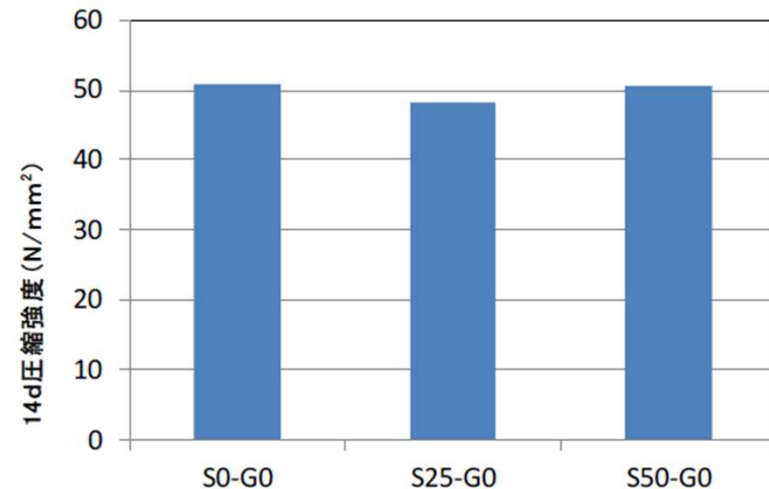
細骨材に対し、土壌の焼成物を 25 %、50 %と置換した配合でのU字側溝の作製例(写真)

硬化後のコンクリート供試体の強度特性には置換材の影響は認められず、50 %置換においても未使用品と同等の強度が得られた(下図)。

➤ 作製されたU字側溝(右)と蓋(左)



➤ コンクリート供試体の圧縮強度



■農業用資材化の例_焼成物を添加した土壌での水稻栽培試験

土壌の焼成物の成分が鉬さいけい酸質肥料に類似しているため、市販の鉬さいけい酸質肥料との施用比較試験が実施された。結果、生育阻害は認められなかった。

試料

焼成物① (1300 °C処理), 焼成物② (1400 °C処理), 鉬さいけい酸質肥料

方法

- ・ポット(φ160.4×197.5mm)による水稻栽培試験
- ・窒素、リン、カリウムは通常量を施用
- ・無添加を対照、参考として市販ケイ酸資材(ケイカル)添加を設置
- ・ポット当り4gの生成物・ケイカルを添加
(ケイカルの推奨最大量200kg/10aに相当)



7月15日(移植後20日)
左から無添加、焼成物①、焼成物②、ケイカル

生育(8月1日、移植後46日調査)

(平均±SE、n = 4)

	草丈(cm)	茎数(本/ポット)
対照	103±2	20.8±0.5
焼成物①	102±1	25.0±1.3
焼成物②	102±1	31.0±3.2
ケイカル	103±2	24.0±1.5

- ・生育阻害は認められない
- ・草丈は対照、ケイカルと同等
- ・茎数は 焼成物① > 焼成物② = ケイカル > 対照

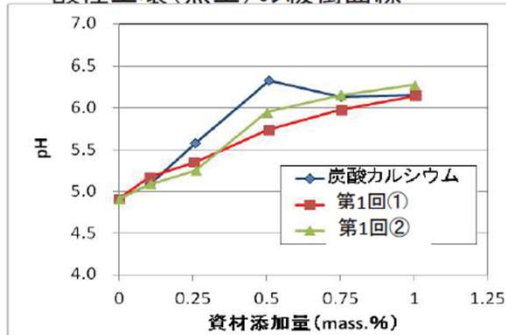
■ 農業用資材化の例_焼成物の酸性土壌改良材としての評価

土壌焼成物は多量のカルシウムを含んでいることから、石灰質肥料と同様、酸性土壌改良材として期待できるため、緩衝曲線の測定 及び コマツナを用いた生物施用試験を行なった。酸性土壌に対しては、市販の炭酸カルシウムと同様にpHを上昇させる効果があった(下図、左)。コマツナ栽培試験では葉の黄変が観察された(下図、右)。

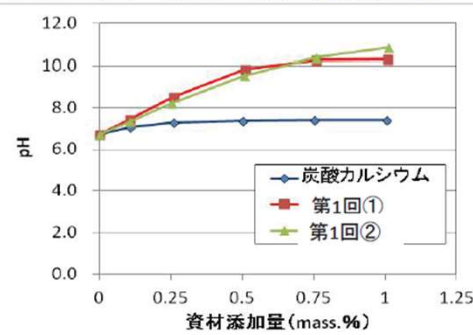
評価に用いた試料

	f-CaO (%)	CaO/SiO ₂
第1回①	9.2	2.5
第1回②	18.5	3.2

酸性土壌(黒土)の緩衝曲線



中性土壌(一般畑土壌)の緩衝曲線



供試資材 第2回①(1300°C処理)

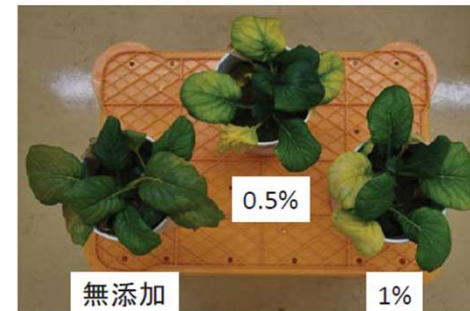
供試土壌 淡色黒ボク土 (pH5.4)

処理 無添加 (pH5.4)、0.5% (pH6.3、3.5g/ポット)、1% (pH7.1、7g/ポット)

方法 ・ポット(φ113×140mm)によるコマツナ栽培試験

・窒素、リン、カリウムは通常量を施用

・播種約1ヶ月後に採取



採取時の様子

生育調査(平均±SE、n=3)

処理	乾物重 (g/ポット)
無添加	4.69±0.29
0.5%	5.54±0.11
1%	5.43±0.45

有意な処理間差は認められなかった

- ・一般的に酸性土壌改良資材として使用される炭酸カルシウムと同様の改善効果
- ・中性土壌に添加した場合にはアルカリ性が極端に高くなるため注意が必要
- ・f-CaOが低い生成物を用いた場合でも同様の傾向

- ・いずれの処理についても生理障害と思われる症状が観察された
- ・生成物施用処理における生理障害の原因についてはさらなる検討が必要である

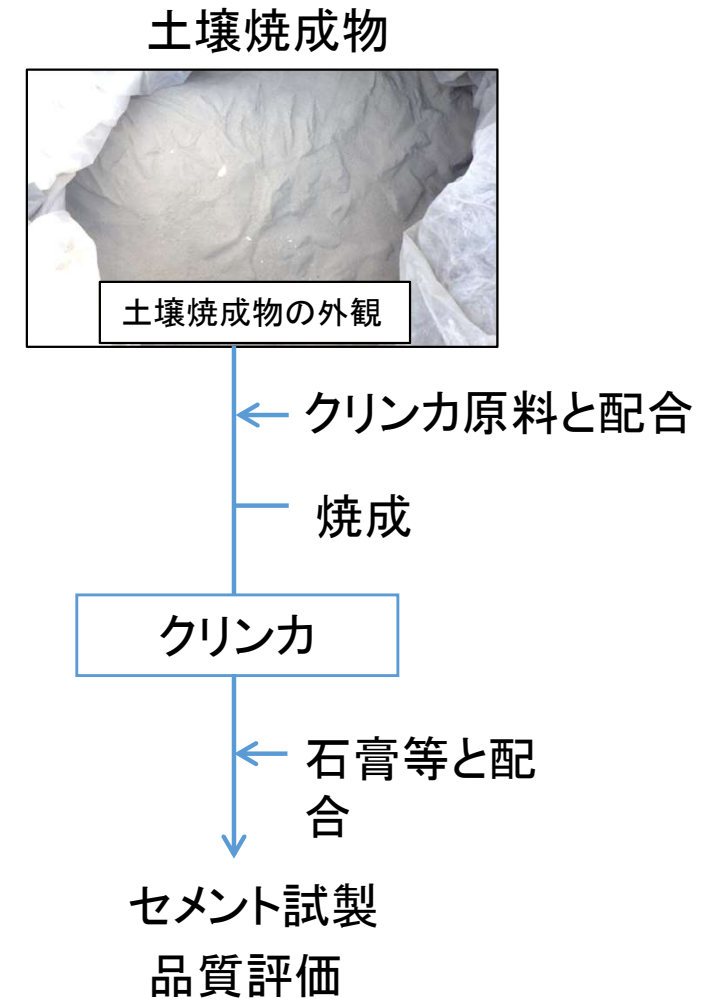
■ 土壌焼成物のセメント原料化の検討

① セメントクリンカ原料として利用

焼成物をクリンカ原料の代替物*として用い、他の原料と混合しクリンカを焼成した。
 焼成したクリンカを用いてセメントを試製し、その品質評価を行った。

*セメントクリンカの主原料が、石灰石、粘土、珪石、鉄原料であることから、カルシウム分及びシリカ分を多く含む焼成物は、「石灰石・珪石代替原料」として利用できる可能性がある。

- 焼成物を含むクリンカを用いて試製されたセメントは普通ポルトランドセメントのJIS規格値 (JIS R 5210:2009 ポルトランドセメント) を満たした。
- 最大19.3% (原単位: 199.2 kg-生成物/t-cli.) の焼成物を含むセメントにおいても、品質上の問題は認められなかった。
- 放射能濃度は検出下限値未満であった。

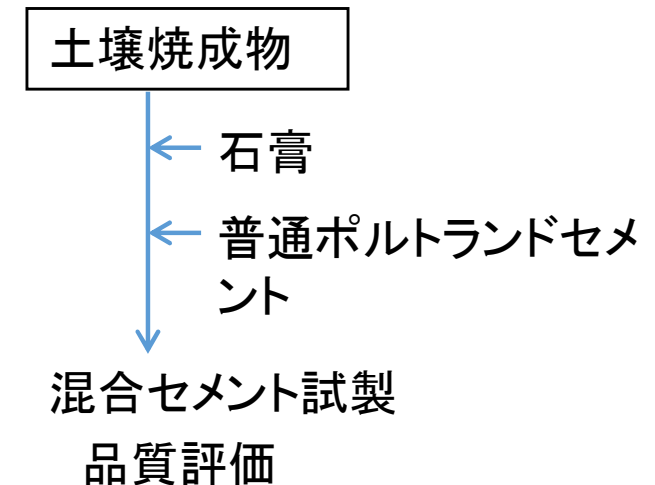


■ 土壌焼成物のセメント原料化の検討

② セメントクリンカの一部を代替

焼成物で普通ポルトランドクリンカの一部を代替した混合クリンカを用いてセメントを試製し、その品質評価を行った。

- 試製した混合セメントは普通ポルトランドセメントのJIS規格値(JIS R 5210:2009 ポルトランドセメント)を満たすことが確認された。
- 焼成物の配合比に関わらず、対照セメント(焼成物を含有しない)とほぼ同等の物理特性及び化学特性を示し、品質上の問題は認められなかった。
- 生成物由来の鉍物も確認できなかった。
- 放射能濃度は検出下限値未満であった。



■ 盛土材、路盤材、コンクリート二次製品用骨材用途に対する品質適合性評価

土壌の焼成物は、各種用途に対して、利用可能な品質の材であることが示された。

用途	要求項目	要求品質	評価
盛土材	強度（コン指数）	400 kN/m ² 以上	◎：大幅にクリア
	塩化物含有量	1 mg/g 以下	◎：大幅にクリア
	電気伝導度	200 mS/m以下	○：場合により、混合・洗浄
	吸水膨張特性	膨張比3%以下	◎：大幅にクリア
	総合評価		
路盤材	呈色判定	呈色なし	◎：問題なし
	水浸膨張比 / %	1.0 以下	◎：大幅にクリア
	修正CBR / %	(受渡当事者間協議)	◎：粒度調整品でクリア
	総合評価		
コンクリート二次製品用骨材	アルカリシリカ反応性	無害である	◎：問題なし
	絶乾密度 / g/cm ³	(砕砂) 2.5以上	○：混合利用可能
	吸水率 / %	(砕砂) 3.0以下	○：混合利用可能
	安定性 / %	(砕砂) 10以下	◎：大幅にクリア
	微粒分量 / %	(砕砂) 9.0以下	◎：大幅にクリア
	総合評価		

■ 環境安全性評価

土壌の焼成物は、重金属・有害物質の溶出量、含有量に関する基準*を満たすことが示された。

* JIS A 5031 溶融スラグ骨材に対する環境安全品質基準

	溶出量 / mg/l							
	カドミウム	鉛	六価クロム	ひ素	水銀	セレン	ふっ素	ほう素
生成物(一例)	<0.001	<0.001	<0.005	<0.001	<0.0005	<0.001	0.48	<0.1
規定*	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.8	<1
	含有量 / mg/kg							
	カドミウム	鉛	六価クロム	ひ素	水銀	セレン	ふっ素	ほう素
生成物(一例)	<10	<10	<10	<10	<1	<10	600	<100
規定*	<150	<150	<250	<150	<15	<150	<4,000	<4,000

*JIS A 5031 溶融スラグ骨材に対する環境安全品質基準より



11. 除去土壌等の量と放射能濃度の設定

■ 除去土壌の量と放射能濃度の推計の考え方

①対象とする除去土壌の設定・推計について ⇒ 約1,485万袋 (m³)

- ✓ 2023年度末(2024年3月31日)時点で中間貯蔵施設へ搬入されている除去土壌約1,260万袋(袋数及び質量ベースで集計)に加え、今後搬入が見込まれるものとして、
 - 2023年度末時点で仮置場等で保管されている土壌(約40万袋)
 - 今後、特定復興再生拠点区域で発生する見込みの土壌(約25万袋)
 - 特定帰還居住区域で発生する見込みの土壌(約160万袋：現時点では区域の全体像が明確ではないため、特定復興再生拠点区域と同等の数量が発生すると仮定)を考慮し、検討を行った。

②対象とする除染廃棄物の設定・推計について ⇒ 約42万t

- ✓ 2023年度末時点までに仮設灰処理施設において処理を行った対象物の数量約22万tに加え、今後搬入が見込まれるものとして、除去土壌と同様に検討を行い、現在仮置場等で保管されている灰処理対象物及び特定帰還居住区域等で発生する除染廃棄物等の焼却によって発生する灰処理対象物の数量を約20万tと推計した。

③放射能濃度の推計について

- ✓ 仮置場等から搬出された際に測定した表面線量率及び重量を基に推計される放射能濃度を用いて、2024年度末（2025年3月31日時点）における時間経過を考慮した放射能濃度の推計を行った。
- ✓ 2023年度末時点で仮置場等で保管されている除去土壌の放射能濃度については、2023年度末までに中間貯蔵施設へ搬入された除去土壌の濃度分布（発生場所に応じて、特定復興再生拠点区域内または帰還困難区域外の濃度分布を考慮）と同様と仮定して推計した。
- ✓ 2024年4月以降に、特定帰還居住区域及び特定復興再生拠点区域にて発生する除去土壌の放射能濃度については、2023年度末までに特定復興再生拠点区域にて発生した除去土壌の放射能濃度分布と同様と仮定して推計した。
- ✓ 放射能濃度の推計に当たり、対象とする放射性核種は、Cs-134、Cs-137とした。
- ✓ Cs-134とCs-137の存在比は、原子力安全・保安院が公開した東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に係る放射性物質放出量データを参考に、事故直後に1:1とした。



12. 除去土壌の埋立処分基準（案）のポイント

以下の有識者会議において、除去土壌の埋立処分についての議論を行ってきたところ。

- ・「除去土壌の処分に関する検討チーム」(2017年9月～)(福島県外の除去土壌を対象)
- ・「中間貯蔵施設における除去土壌等の減容化技術等検討ワーキンググループ」(2023年9月～)(福島県内の除去土壌を対象)

< 主な議論事項 >

除去土壌の埋立処分に関する放射線防護に関する方針を確認

○放射線防護に関する考え方

- ・ 管理期間中は一般公衆(周辺住民)の追加被ばく線量を1mSv/yを超えないようにする
- ・ 1万Bq/kg超の除去土壌を扱う作業等については、電離放射線障害防止規則等を遵守する(なお、電離則の適用を受けない作業員については、可能な限り追加被ばく線量が1mSv/yを超えないようにする) 等

除去土壌の埋立処分に係る論点・ポイントの整理

○除去土壌の溶出特性等を踏まえた埋立処分基準のポイント

- ・ ①飛散・流出防止、②地下水汚染の防止、③生活環境の保全、④周囲の囲い及び表示、⑤開口部の閉鎖、⑥放射線量の測定及び記録、⑦記録の保存

< その他 (検討チームでの確認)

※実証事業(東海村・那須町・丸森町)による埋立処分の安全性等の確認

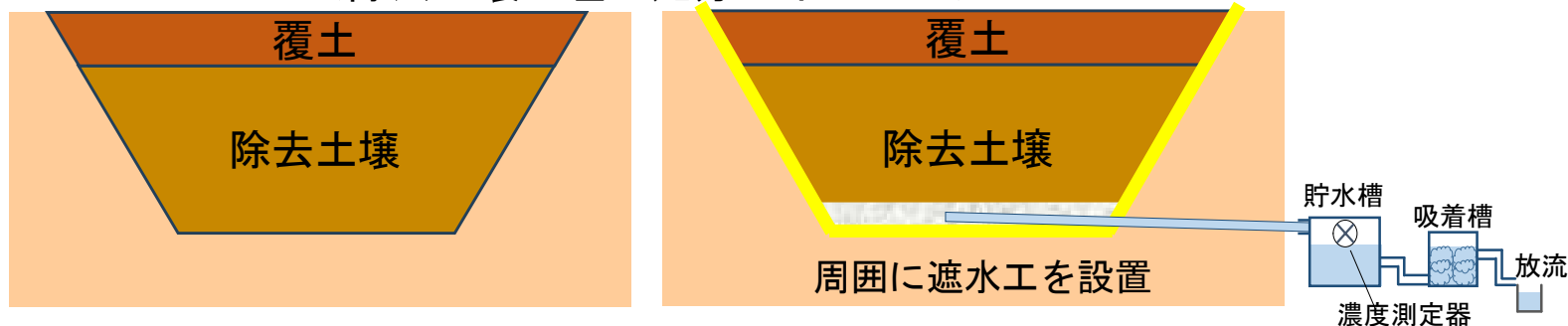
⇒ 作業上の放射線安全、周辺環境の安全(覆土による遮蔽、飛散・流出防止、地下水汚染防止)を確認。

○ 基準(案)の主な内容としては、以下のとおり。

1. 飛散、流出の防止
2. 地下水汚染の防止
※基本的には除去土壌からの放射性セシウムの溶出は非常に小さいため遮水シート等の地下水汚染防止措置は不要。放射性セシウムが溶出すると認められる場合には遮水シートの敷設等を行う。
3. 生活環境の保全(騒音・振動等)
4. 周囲の囲い・埋立処分の場所であることの表示
5. 開口部の閉鎖
6. 空間線量率の測定(施工時・維持管理時)
7. 埋立処分の場所、除去土壌の量、放射能濃度等の記録・保存

※放射性物質汚染対処特措法では、除染実施者が除去土壌の処理を行うこととされており、除去土壌の埋立処分の実施・管理の責任は除染実施者(なお、福島県内除去土壌については国(環境省)、福島県外土壌については市町村等)。

＜除去土壌の埋立処分のイメージ＞



※除去土壌からの放射性セシウムの溶出は非常に小さいため、基本的には上記のイメージ

※放射性セシウムが溶出すると認められる場合

※特定廃棄物の埋立処分基準は策定済みであり、放射能濃度が10万Bq/kgを超える場合には、コンクリート構造による外周仕切設備が設けられた場所で処分することとされている。

除去土壌が飛散し、及び流出しないよう、その表面を覆う等必要な措置を講ずること。

- 施工中については、除去土壌が大気中に飛散しないように、散水等の措置を講ずる。
- 管理中については、埋め立てた除去土壌が飛散・流出しないように、その表面を土砂で覆う等の措置を講ずる。
- 実証事業では、これらの措置により粉じんの発生を抑え、結果として作業者の吸入による追加被ばく線量は最大で 5.7×10^{-7} mSvと推計された※。
※防塵マスク等による吸入防止措置が無いと仮定した場合。
- 覆土を行うことにより、埋立後の除去土壌の飛散・流出は確認されなかった。

除去土壌からの放射性セシウムの溶出特性を踏まえ、基本的には地下水汚染の防止対策は不要。

ただし、放射性セシウムが溶出すると認められる場合については、遮水工等を設けた場所で埋立処分する。

- 土壌中の放射性セシウムの大部分は鉱物の層間に固定され、移動しにくい状態にあることが、これまでに科学的知見として得られている。
- 福島県外で生じた除去土壌※の埋立処分実証事業において浸透水中の放射性セシウム濃度を測定したところ、全ての検体で検出下限値未満。
※除去土壌の99.9%が8,000Bq/kg以下と推計
- 中間貯蔵施設での土壌貯蔵施設における浸出水原水の放射能濃度は、排水基準を大きく下回っている。また、再生利用に係る福島県内実証事業における盛土浸透水等について、放射性セシウム濃度については、排水基準を大きく下回っていた。
- なお、放射性セシウムが水に溶出する場合に限り、地下水汚染防止のための遮水工等を設け、放流水・地下水について定期的に水質を測定し、放流水については基準に適合するもののみ放流。
- 溶出試験の検出下限値については、市町村等が処分を実施する際の参考となるようガイドライン等に記載する。(目安:10~20Bq/Lの範囲で適切に設定)

※第3回技術WG資料6-1、第9回検討チーム会合資料1等より抜粋・整理

- 福島県内の農地土壌及び宅地土壌の16試料(1,994~539,076Bq/kg)のうち、15試料で検出下限値未滿(検出下限値は11.1~12.5Bq/L)。
539,076Bq/kg(Cs-134:177,848Bq/kg、Cs-137:361,227Bq/kg)の試料で、Cs-137が23Bq/L検出された。

土壌	採取時期	土壌分類(農地) 土質分類(宅地)	Cs-134 (Bq/kg乾土)	Cs-137 (Bq/kg乾土)	Cs合計 (Bq/kg乾土)	溶出試験(水)***	
						溶出液 Cs-134* (Bq/L)	溶出液 Cs-137* (Bq/L)
農地土壌-1	平成24年12月	褐色森林土(畑)	2,889	5,132	8,021	ND	ND
農地土壌-2	平成24年12月	黒ボク土(畑)	6,932	12,294	19,225	ND	ND
農地土壌-3	平成25年6月	灰色低地土(水田)	10,104	20,690	30,794	ND	ND
農地土壌-4	平成24年12月	多湿黒ボク土(水田)	19,235	33,834	53,069	ND	ND
農地土壌-5	平成25年6月	灰色低地土(水田)	22,666	46,601	69,267	ND	ND
農地土壌-6	平成24年12月	灰色低地土(水田)	50,166	87,949	138,115	ND	ND
農地土壌-7	平成24年12月	褐色森林土(樹園地)	59,525	104,762	164,287	ND	ND
農地土壌-8	平成25年5月	褐色低地土(水田)	177,848	361,227	539,076	ND	23(0.08%**)
宅地土壌-1	平成23年12月	砂質細粒土	683	1,311	1,994	ND	ND
宅地土壌-2	平成23年12月	砂質細粒土	1,348	2,416	3,764	ND	ND
宅地土壌-3	平成23年12月	砂質細粒土	2,592	4,615	7,207	ND	ND
宅地土壌-4	平成23年12月	砂質細粒土	3,365	6,134	9,500	ND	ND
宅地土壌-5	平成23年12月	砂質細粒土	4,028	7,359	11,387	ND	ND
宅地土壌-6	平成24年4月	砂質細粒土	4,018	7,596	11,614	ND	ND
宅地土壌-7	平成25年5月	礫まじり砂質細粒土	12,709	25,899	38,608	ND	ND
宅地土壌-8	平成25年5月	礫まじり砂質細粒土	103,731	209,803	313,534	ND	ND

：中間貯蔵施設の現地調査に伴い採取した試料

*: 溶出液濃度の「ND」は、検出下限値(11.1~12.5Bq/L)未滿であることを示す。
(測定条件:ゲルマニウム半導体検出器、測定時間 2000 秒)

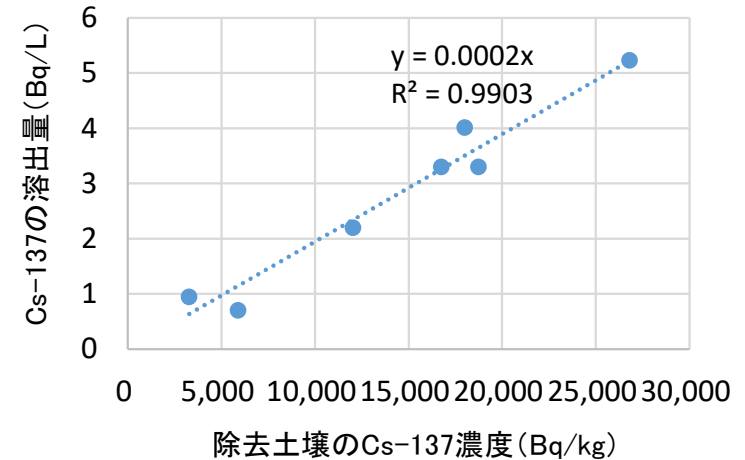
** : 溶出率

***: 試験手法: 環境省告示 18 号に準拠、溶出時間: 6 時間

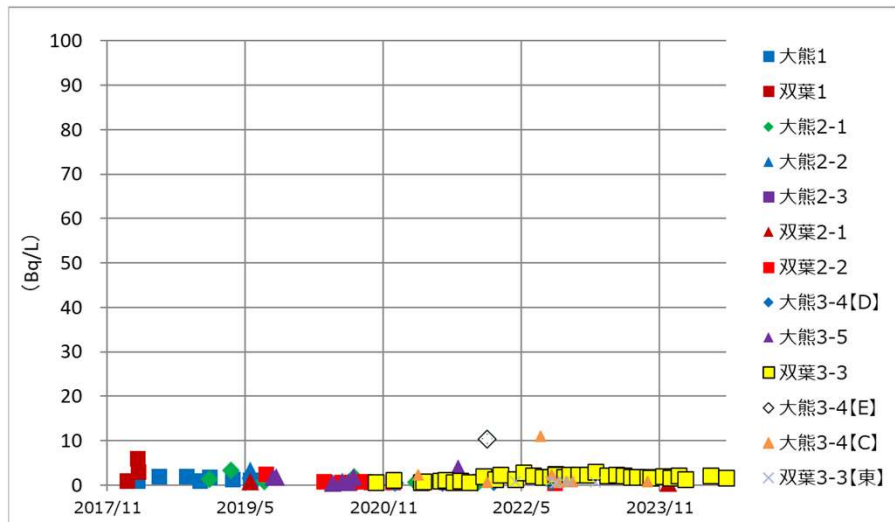
- 福島県外で生じた除去土壌の埋立処分の実証試験においては、溶出試験の結果、放射性セシウムの溶出はほとんど見られず(最大4.6Bq/L)、浸透水中の放射能濃度は全て検出下限値(1~2Bq/L※)未滿であった。※試験のために検出下限値を特に低く設定したものの。

※第3回技術WG資料6-1より抜粋・整理、一部データ追加

- 中間貯蔵施設に搬入された除去土壌(分別後)の38試料(1,711~27,380Bq/kg)のうち、31試料(1,711~6,270Bq/kg)で検出下限値未満(検出下限値は0.7~1.0Bq/L※)。Cs-137が検出された7試料について、除去土壌の濃度と溶出量はグラフのとおり。※試験のために検出下限値を特に低く設定したもの。



- 中間貯蔵施設での土壌貯蔵施設における浸出水原水の放射能濃度は、排水基準を大きく下回っている。



※測定データの約77%(424のデータのうち、325のデータ)は検出下限値未満(検出下限値:0.5~1.0Bq/L程度)。検出されたデータ(99のデータ)のみをプロット。

図. 土壌貯蔵施設ごとの浸出水原水の放射性セシウム(Cs-137)濃度(2017/11~2024/7)

埋立処分に伴う悪臭、騒音又は振動によって生活環境の保全上支障が生じないように必要な措置を講ずること。

- 工事等に伴う周辺的生活環境への影響を抑える。
- 除去土壌の収集・運搬、保管と同様に、生活環境の保全措置を講ずる。

周囲に囲いが設けられ、除去土壌の埋立処分の場所であることの表示がされている場所で行うこと。

- 除去土壌の埋立処分の場所に人がみだりに立ち入らないようにするため、周囲に囲いを設ける。
- 当該場所が除去土壌の埋立処分の場所であることを表示する。
- 埋立処分の場所の管理責任者の連絡先等を記載。
- 埋立作業終了後においても、埋立処分の場所の管理は必要であり、埋立地の範囲を明確にしておく。

埋立処分を終了する場合には、厚さがおおむね30cm以上の土壌による覆い等により開口部を閉鎖すること。

- 土壌等によって開口部を閉鎖(覆土)することは放射線の遮へいに有効(厚さ30cmの覆土は放射線を約98%遮る)。
- 除去土壌の保管基準においても、放射線の遮へいを目的として覆土を行うことを規定(「除去土壌の保管に係るガイドライン」では覆土30cm以上)。
- 福島県外における埋立処分実証事業においても、30～50cmの覆土を行うことにより、埋立場所上部や敷地境界の空間線量率は埋立作業前の変動幅と同程度となることを確認。
- 埋立終了後も遮へい効果を保つため、覆土の管理は適切に行われる必要。

埋立処分の場所の敷地の境界において、放射線の量（空間線量率）を七日に一回以上（維持管理時は定期的に）測定し、かつ、記録すること。

※地表から50cmから1mまでの高さで、ガンマ線測定用測定器を用いて測定。

- 埋立処分の場所周辺の放射線安全が保たれていることを確認するため、敷地境界において空間線量率を定期的に測定し、以下を確認する。
 - 周辺住民の追加被ばく線量が年間1mSv を超えないと認められること。
 - 空間線量率が埋立終了後に概ね周辺環境と同程度となること。
- 測定した結果は適切に記録・保存する。
- 維持管理時の測定頻度は、周辺の状況等も踏まえて判断することとし、その考え方についてはガイドライン等に記載する。

（例）

- 埋立終了後から数ヶ月間 : 月に1回
- 埋立終了から数ヶ月経過後～ : 年に1～2回
- 覆土の流出等が疑われる場合（災害時等）: その都度

次の事項の記録を作成し、当該埋立処分の場所の管理の終了までの間、保存すること。

- 埋立処分された除去土壌の量
- 埋立処分された除去土壌の放射能濃度
- 埋立処分を行った年月日
- 引渡し担当者名、引受け担当者名及び搬入車両番号
- 埋立処分の場所の維持管理に当たって行った測定、点検、検査その他の措置
- 埋立位置の図面

- 管理終了の要件(管理期間)については今後の検討課題であり、除去土壌に関する情報は適切に引き継ぐ必要(管理終了の判断には放射能濃度の情報が必要となる見込み)。
- 濃度の測定(推計)方法についてはガイドライン等に記載。

- 除去土壌の発生場所に鑑みて重金属等による土壌汚染のおそれが高いと認められる場合※は、土壌汚染対策法も参考にしながら測定・処理することが望ましい旨をガイドライン等に記載。

※例えば土壌汚染対策法上の有害物質使用特定施設の敷地の表土を除去した場合など



13. 最終処分される除去土壌及び廃棄物の分類

対象となる除去土壌等の放射能濃度レベル

- 最終処分の対象となる除去土壌等について、核種としては放射性セシウムが支配的（Cs-137の半減期は約30.2年）であるとともに、現状は大部分が8,000Bq/kg以下（資料3-2 p3参照）であり、仮に減容処理により放射能濃度が高くなることを想定しても、IAEA安全基準における分類上は低レベル放射性廃棄物に該当するものと考えられる（最大で数千万～数億Bq/kgと想定）。

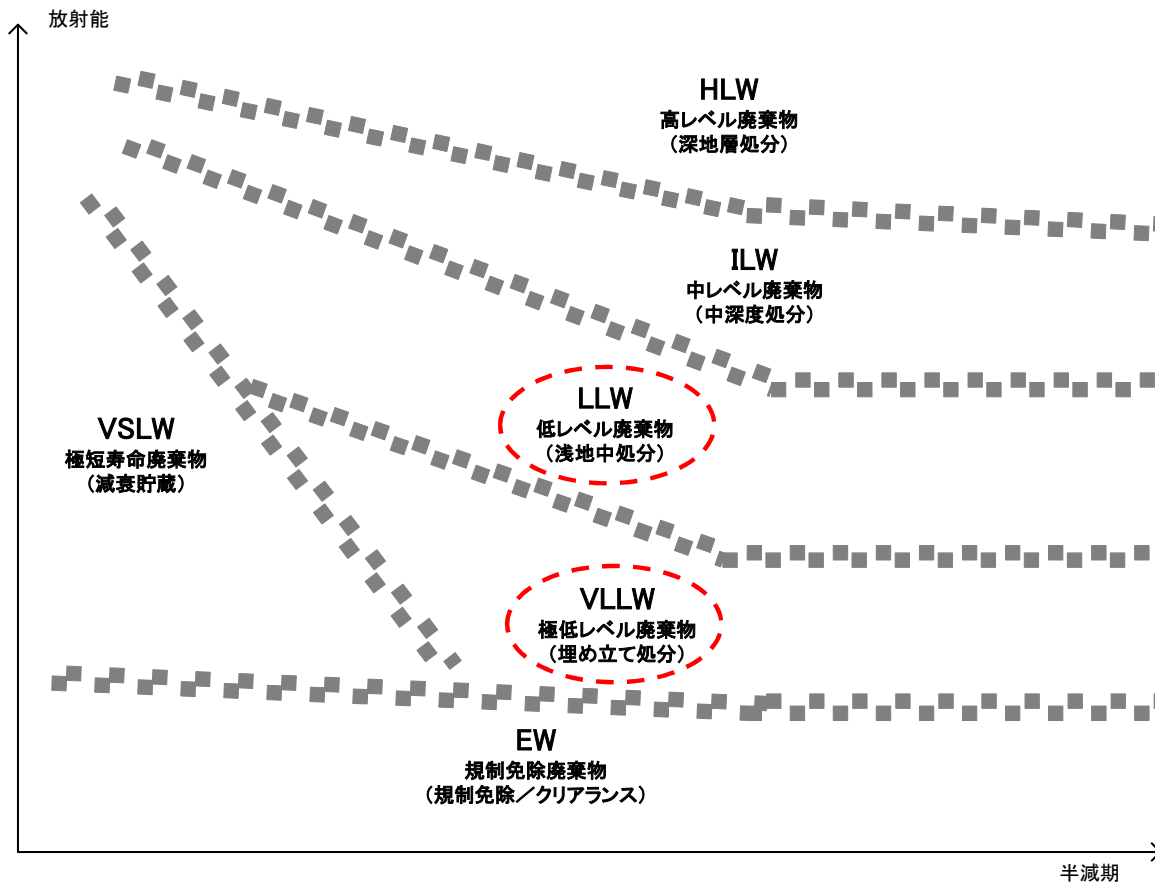


図 廃棄物分類スキームの概念説明図

(出典：IAEA安全基準 日本語翻訳版 放射性廃棄物の分類 (GSG-1) に加筆)

【参考】除去土壌等の最終処分における放射線防護の考え方（案）



※第3回技術WG資料6-2より抜粋、一部追記

<p>一般公衆の追加被ばく (施工中、管理中)</p>	<p>1 mSv/年を超えないようにする。</p>
<p>作業者の追加被ばく (施工中)</p>	<p>電離則等を適用する。ただし、電離則等の適用外となる放射能濃度の除去土壌を扱う場合は、この限りではない。 (可能な限り、1 mSv/年を超えないようにすることが望ましい。)</p>
<p>濃度レベル</p>	<p>濃度レベルに応じた処分方法を適用する。</p>
<p>施設の設計による追加被ばく線量のさらなる低減 (管理中)</p>	<p>A L A R A (合理的に達成可能な限り被ばく線量を減らす)の考え方を踏まえ、覆土等の追加被ばく線量低減の措置を検討する。 ※施工中においても被ばく線量低減の措置を検討。</p>
<p>事故時等の被ばく</p>	<p>5mSv/eventを超えない (一般公衆)</p>

(参考)放射性廃棄物の処分について

放射線防護不要

クリアランスレベル以下の
廃棄物

<放射性セシウム濃度> 100Bq/kg

クリアランスレベル(0.01mSv/年)以下の廃棄物のうち、原子力規制委員会による確認を受けたものについては、「放射性廃棄物として扱う必要のないもの」、つまり産業廃棄物として、再生利用又は処分が可能。

L3 (解体コンクリート・金属)



コンクリートピットのような人工構造物を設置せず、浅地中に埋設処分する方法



動力試験炉のL3廃棄物の埋設実績 (東海村)

<約1,670トン埋設済>

放射線防護が必要

低レベル放射性廃棄物

10万Bq/kg

(濃度上限値)

1千億Bq/kg

(濃度上限値)

L2 (廃液,フィルター,手袋等消耗品)



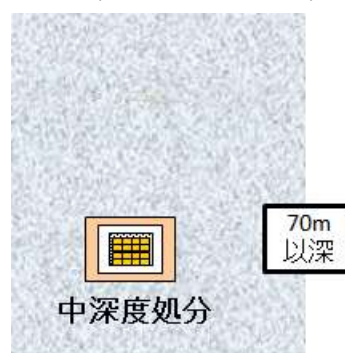
浅地中にコンクリートピットなどの人工構造物を設置して埋設処分する方法



六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターでの埋設実績

<2023年12月末現在、350,939本(約7万m³)を埋設済>

L1 (制御棒,炉内構造物)



高レベル放射性廃棄物

ガラス固化体



出展：資源・エネルギー庁HP 「放射性廃棄物について」「廃炉ゴミをリサイクルできるしくみ『クリアランス制度』」
日本原子力研究開発機構HP 「埋設実地試験」
日本原電株式会社HP 「埋設事業の概要」「低レベル放射性廃棄物の受入れ状況(2023年12月末現在)」を一部加工し環境省作成



14. 県外最終処分に係る複数選択肢(案)について

検討対象物量(推計)

■ 除去土壌の量と放射能濃度の推計の考え方

①対象とする除去土壌の設定・推計について ⇒ 約1,485万袋 (m³)

- ✓ 2023年度末(2024年3月31日)時点で中間貯蔵施設へ搬入されている除去土壌約1,260万袋(袋数及び質量ベースで集計)に加え、今後搬入が見込まれるものとして、
 - 2023年度末時点で仮置場等で保管されている土壌(約40万袋)
 - 今後、特定復興再生拠点区域で発生する見込みの土壌(約25万袋)
 - 特定帰還居住区域で発生する見込みの土壌(約160万袋:現時点では区域の全体像が明確ではないため、特定復興再生拠点区域と同等の数量が発生すると仮定)を考慮し、検討を行った。

②対象とする除染廃棄物の設定・推計について ⇒ 約42万t

- ✓ 2023年度末時点までに仮設灰処理施設において処理を行った対象物の数量約22万tに加え、今後搬入が見込まれるものとして、除去土壌と同様に検討を行い、現在仮置場等で保管されている灰処理対象物及び特定帰還居住区域等で発生する除染廃棄物等の焼却によって発生する灰処理対象物の数量を約20万tと推計した。

放射能濃度の推計について

③放射能濃度の推計について

- ✓ 仮置場等から搬出された際に測定した表面線量率及び重量を基に推計される放射能濃度を用いて、2024年度末（2025年3月31日時点）における時間経過を考慮した放射能濃度の推計を行った。
- ✓ 2023年度末時点で仮置場等で保管されている除去土壌の放射能濃度については、2023年度末までに中間貯蔵施設へ搬入された除去土壌の濃度分布（発生場所に応じて、特定復興再生拠点区域内または帰還困難区域外の濃度分布を考慮）と同様と仮定して推計した。
- ✓ 2024年4月以降に、特定帰還居住区域及び特定復興再生拠点区域にて発生する除去土壌の放射能濃度については、2023年度末までに特定復興再生拠点区域にて発生した除去土壌の放射能濃度分布と同様と仮定して推計した。
- ✓ 放射能濃度の推計に当たり、対象とする放射性核種は、Cs-134、Cs-137とした。
- ✓ Cs-134とCs-137の存在比は、原子力安全・保安院が公開した東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に係る放射性物質放出量データを参考に、事故直後に1:1とした。

目的及び考え方

■ 目的

減容技術等の適用や組合せの検討を踏まえ、複数の最終処分シナリオの設定を行い、シナリオ間での最終処分量や放射能濃度等について比較整理を行う。

■ これまで実証されてきた技術の特徴

減容技術	対象物	処理能力	処理効果		コスト	留意事項
			減容・減量効果	生成物の濃度低減効果		
分級処理技術	土壌	◎(大規模な処理が可能)	○(減容・減量効果中程度)	○(濃度低減効果中程度)	比較的低コスト	—
熱処理技術	土壌 (焼却灰)	○(大規模な処理が可能)	◎(減容・減量効果高)	◎(濃度低減効果高)	比較的高コスト	—
化学処理技術	土壌	—(大規模な処理に課題)	—	—	—	—
飛灰洗浄・吸着技術	飛灰	○(大規模な処理が可能)	◎(減容・減量効果高)	◎(濃度低減効果高)	比較的高コスト	洗浄後飛灰、廃水の処理・処分が必要
安定化技術	飛灰、吸着剤	○(大規模な処理が可能)	—		低～高コスト(対象等により異なる)	—

■ 減容技術等の組合せと最終処分シナリオ設定の考え方(案)

- 性状等の違いを考慮し、除去土壌と廃棄物(焼却灰)に分けて検討する。
- 中間貯蔵施設に搬入された除去土壌は、搬入時点の放射能濃度により、8,000Bq/kg以下の土壌と、8,000Bq/kg超の土壌に区分されていることを踏まえ、技術の適用・組合せを検討する。
- 除去土壌については、まずは大規模・低コストでの実施が可能な分級処理技術の適用の可能性を検討する。
- 分級処理によって生じる濃度の比較的高い除去土壌に対しては、放射能濃度の低減効果が高い熱処理技術の適用の可能性を検討する。
- 熱処理によって生じる飛灰の減容化の観点で、飛灰洗浄・吸着技術の適用の可能性を検討する。
- 廃棄物(焼却灰)については、現在、中間貯蔵施設内にある仮設灰処理施設で引き続き溶融を実施することを前提とする。
- その上で、除去土壌について飛灰洗浄・吸着技術を適用するケースのみ、廃棄物(焼却灰)についても同様に飛灰洗浄・吸着技術を適用することを検討する。

減容処理技術等の組合せを踏まえた最終処分シナリオ(案)

■ 各減容処理技術の組合せを踏まえた最終処分シナリオ(案)を示す。

<除去土壌>

技術の組合せ	分級処理	熱処理	飛灰洗浄・吸着(処理)	シナリオの説明
シナリオ(1)	実施しない	実施しない	実施しない	減容処理は実施しない。
シナリオ(2)	湿式通常分級	実施しない	実施しない	分級処理によって得られる粗粒分が8,000 Bq/kg以下となることが期待される濃度帯の土壌を湿式通常分級処理。
シナリオ(3)	湿式通常分級	熔融or焼成	実施しない (飛灰をそのまま固型化)	分級処理後の細粒分、及び分級処理対象外の8,000 Bq/kg超の土壌を熱処理。飛灰を安定化処理。
シナリオ(4)	湿式通常分級	熔融or焼成	洗浄・吸着・ セメント固型化	熱処理によって発生する飛灰を洗浄、洗浄水中の放射性セシウムを吸着剤で吸着し、更なる減容化を図る。吸着剤を安定化処理。

※いずれのシナリオにおいても、搬入時に8,000Bq/kg超に区分された土壌については濃度分別を実施。

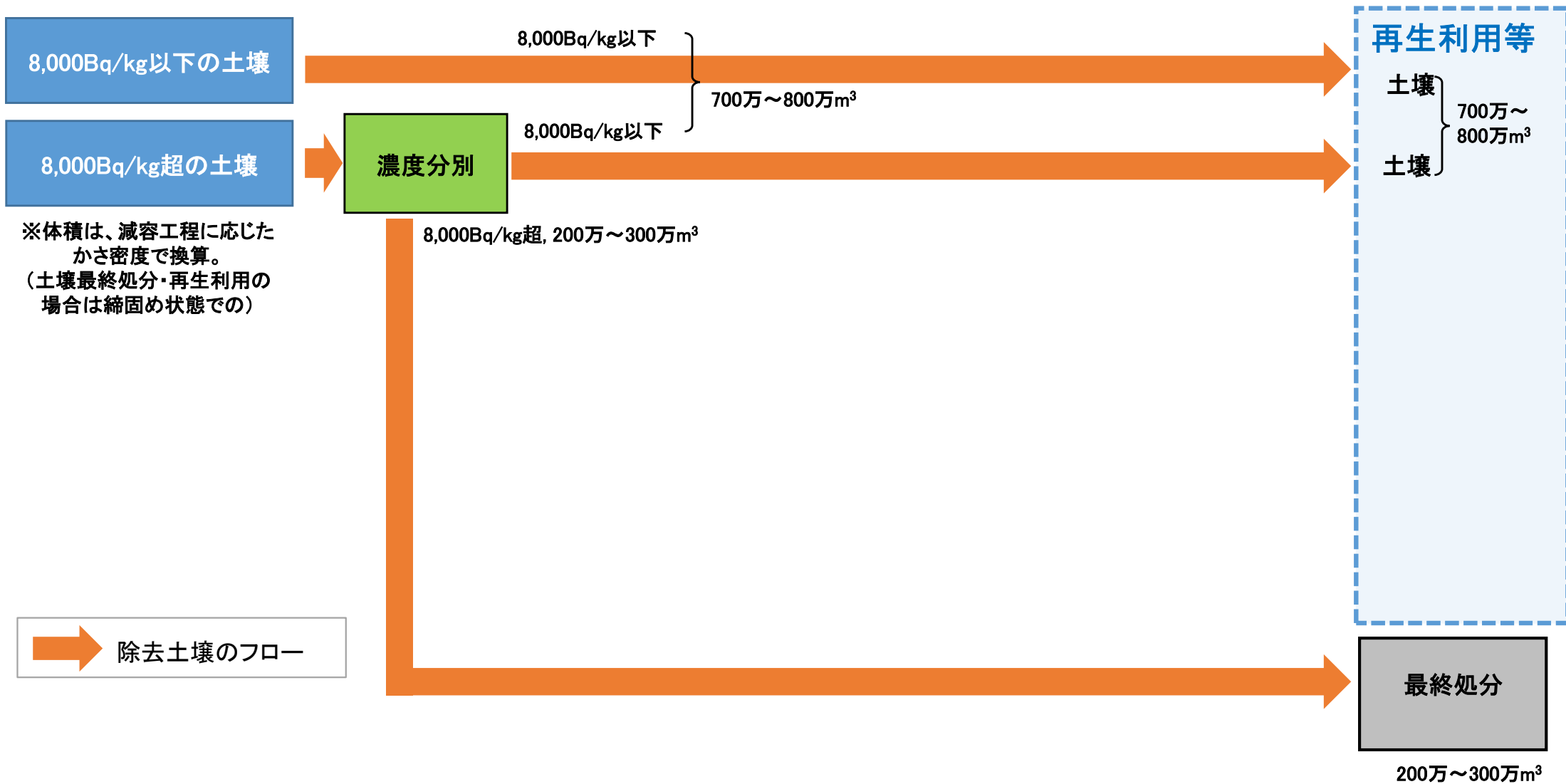
減容処理技術等の組合せを踏まえた最終処分シナリオ（案）

< 廃棄物（焼却灰） >

技術の組合せ	熱処理	飛灰洗浄・吸着（処理）	シナリオの説明
シナリオ（1）～（3）	熔融	実施しない （飛灰をそのまま固型化）	焼却灰を灰熔融処理。飛灰を安定化処理。
シナリオ（4）	熔融	洗浄・吸着・セメント固型化 （仮設灰処理施設その2飛灰はそのまま固型化）	熱処理によって発生する飛灰を洗浄、洗浄水中の放射性セシウムを吸着剤で吸着し、更なる減容化を図る。吸着剤を安定化処理。

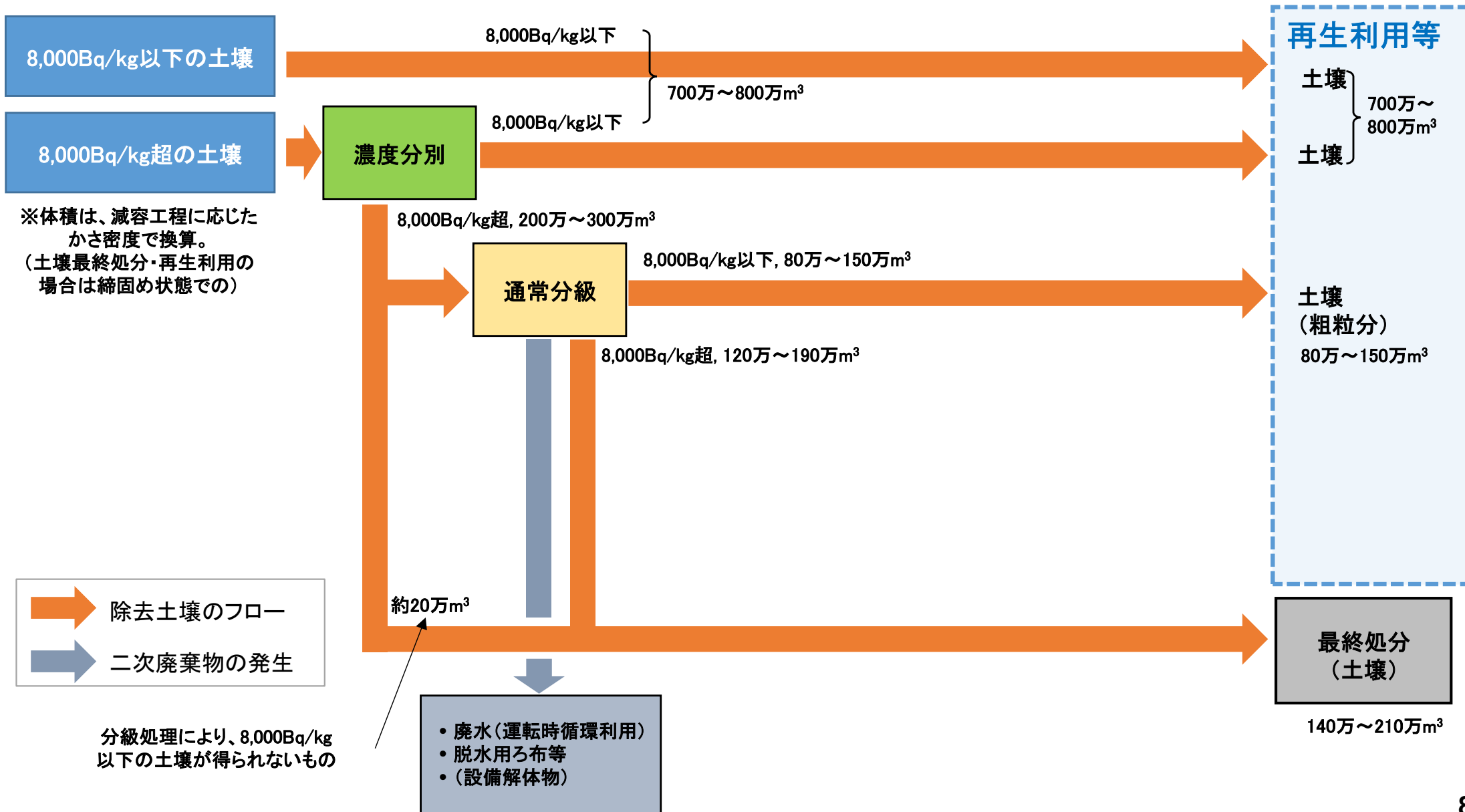
除去土壌の最終処分シナリオ（1）

✓ 減容化を実施せず、現状（2024年度末時点）で8,000Bq/kg以下の土壌のみ再生利用を行う。



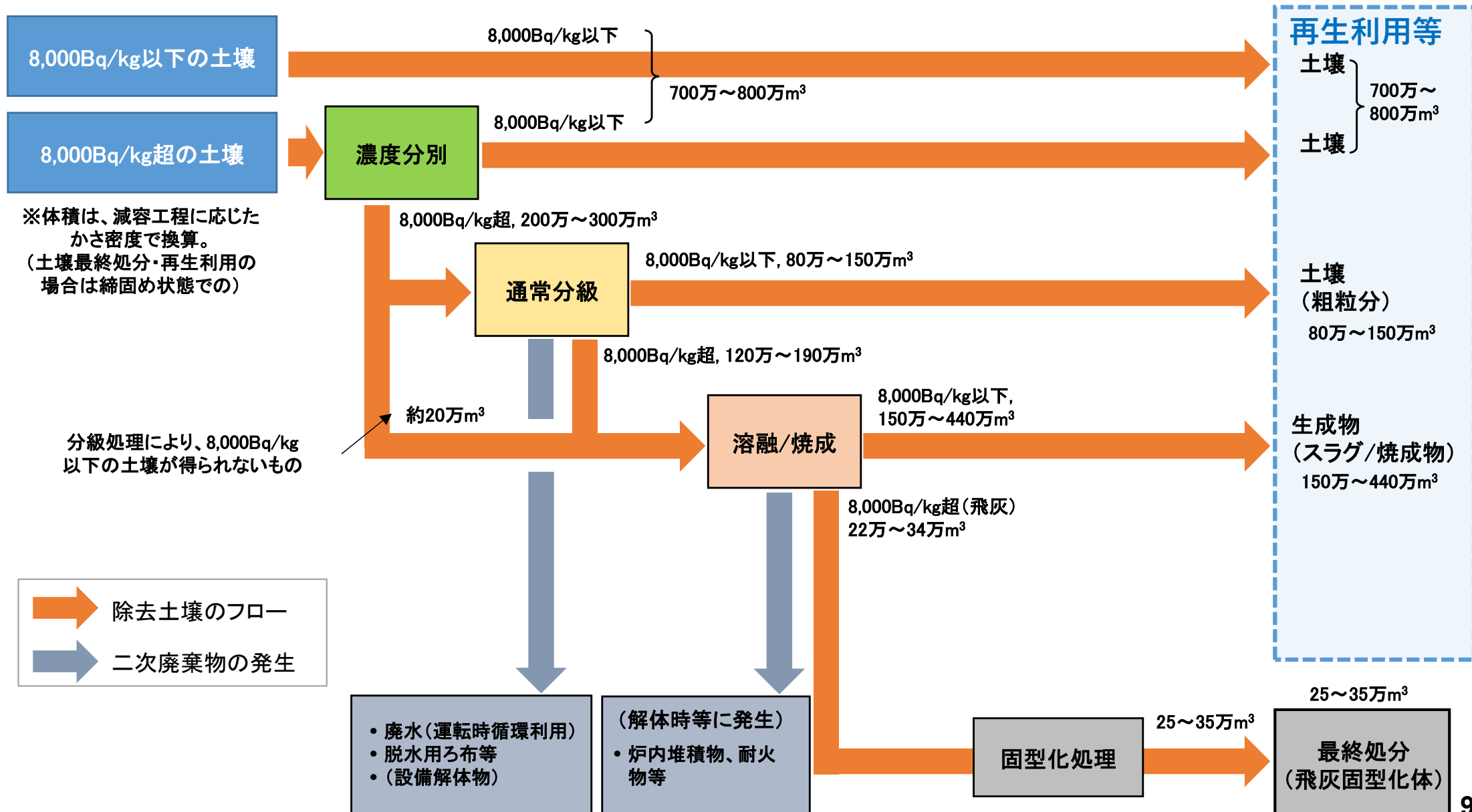
除去土壌の最終処分シナリオ（２）

✓ 熱エネルギー等によってセシウムを分離する手法を採らず、分級処理により減容化を図る。



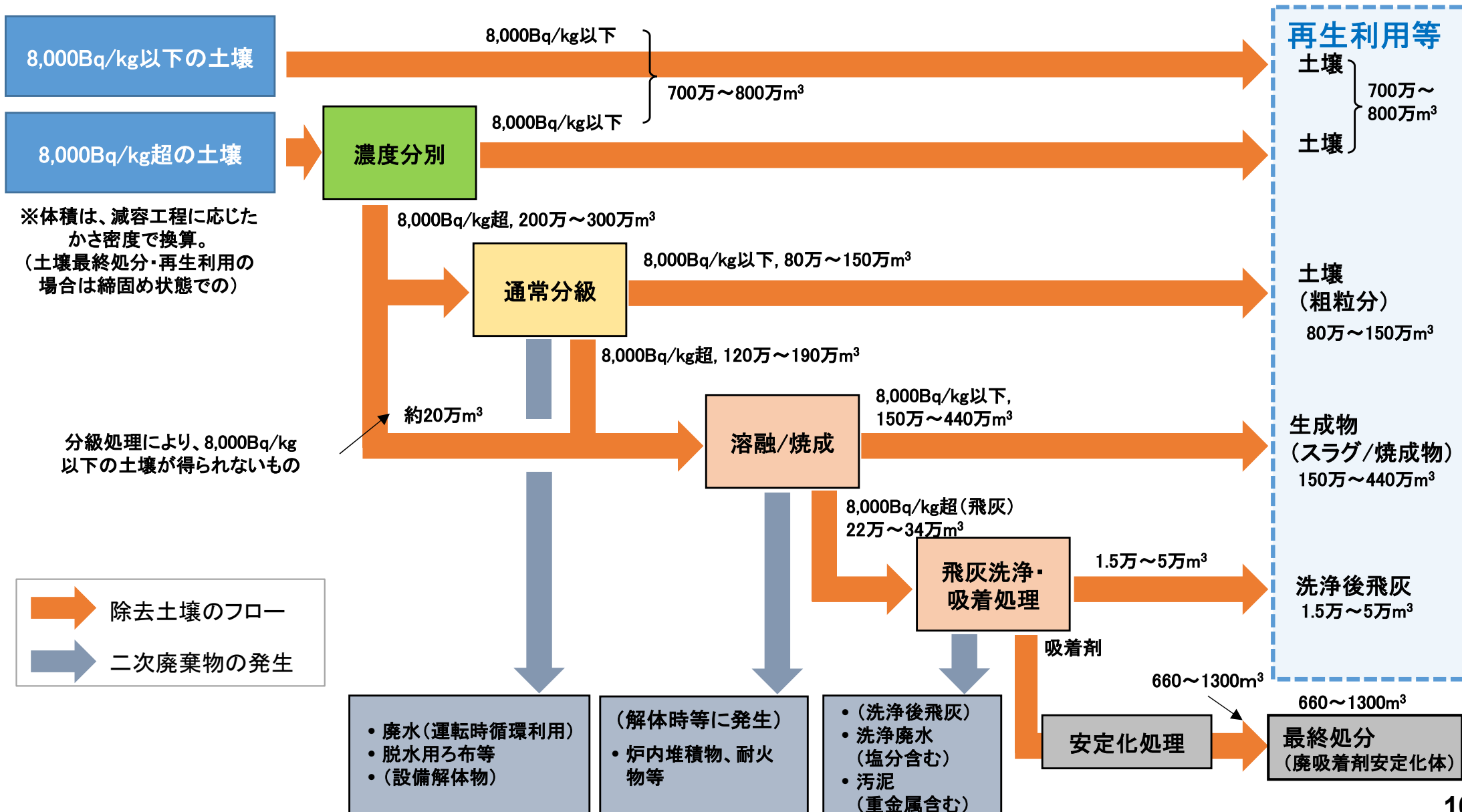
除去土壌の最終処分シナリオ（3）

- ✓ 分級処理後に熱処理を行ってセシウムを分離し、排ガス処理プロセスで集められる飛灰を最終処分対象とする。最終処分に当たっては、溶出抑制及び取扱いのしやすさの観点で固型化処理を行う。



除去土壌の最終処分シナリオ（４）

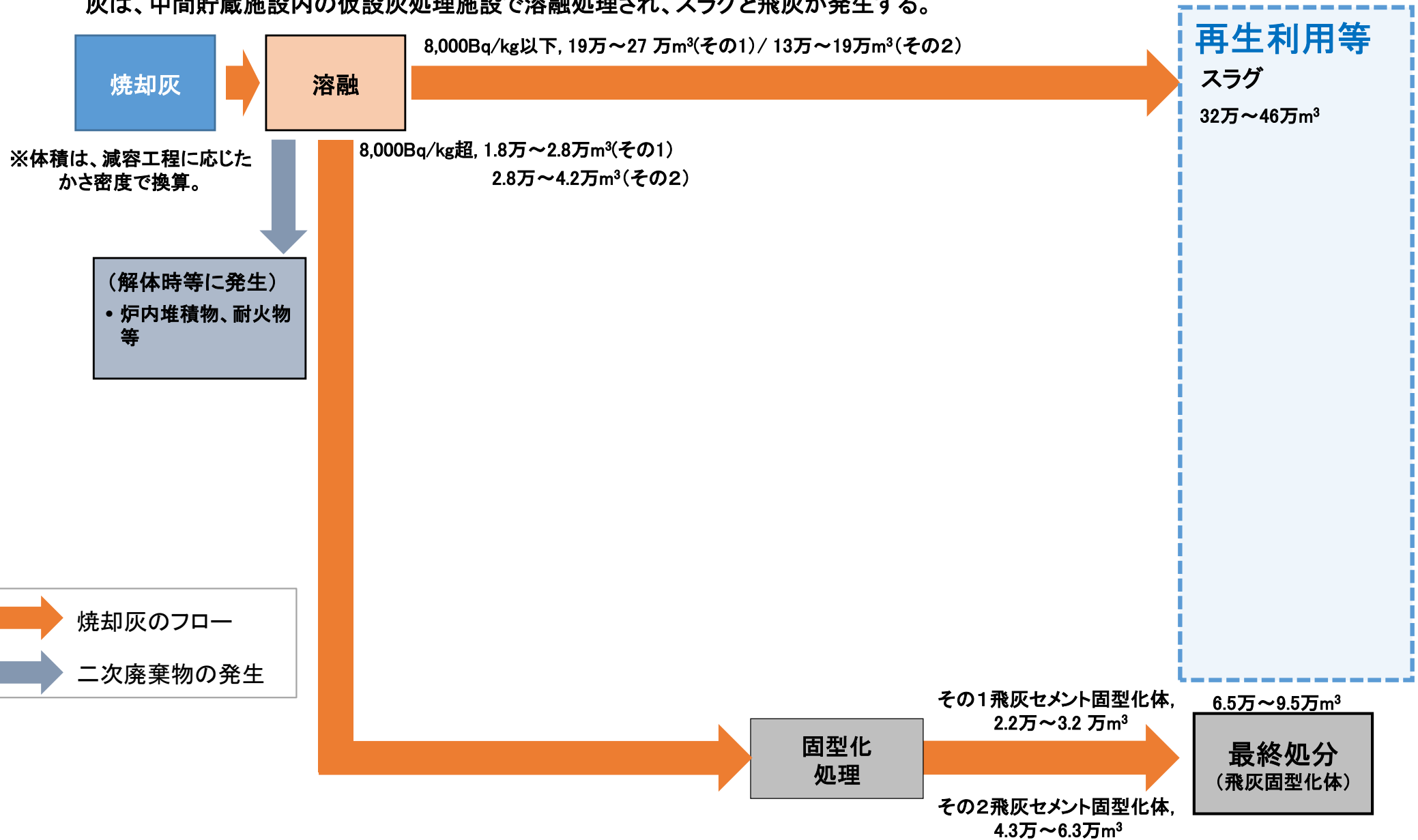
- ✓ 分級処理後に熱処理を行ってセシウムを分離し、排ガス処理プロセスで集められる飛灰について、洗浄・吸着処理を行うことで、更なる減容化を図る。最終処分に当たっては、溶出抑制及び取扱いのしやすさの観点で安定化処理を行う。



焼却灰の最終処分シナリオ (1) ~ (3)

✓ 焼却灰の処理を行って生じる溶融飛灰について、溶出抑制及び取扱いのしやすさの観点で固型化処理を行う。

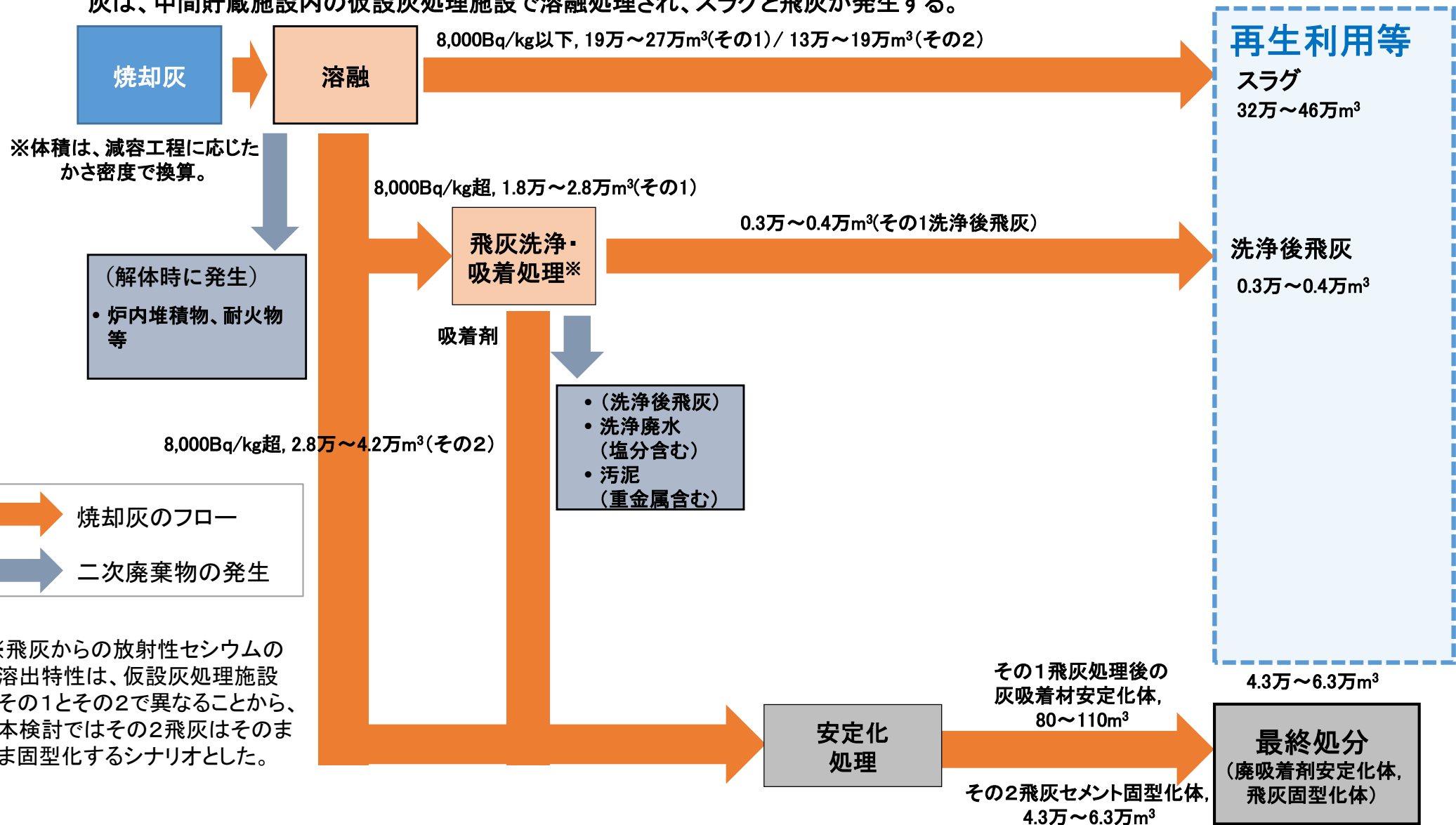
※ここでの「焼却灰」は、除染廃棄物(草木類等)を焼却した際に生じた灰で、中間貯蔵施設内に保管されているものを指す。この焼却灰は、中間貯蔵施設内の仮設灰処理施設で溶融処理され、スラグと飛灰が発生する。



焼却灰の最終処分シナリオ（４）

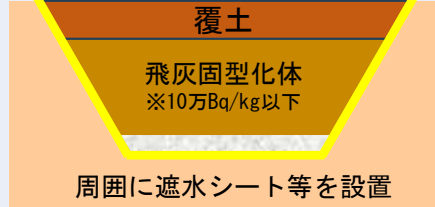
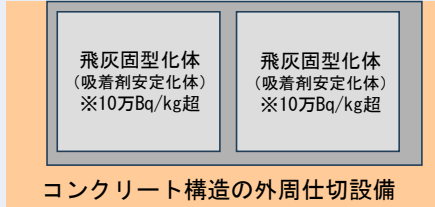
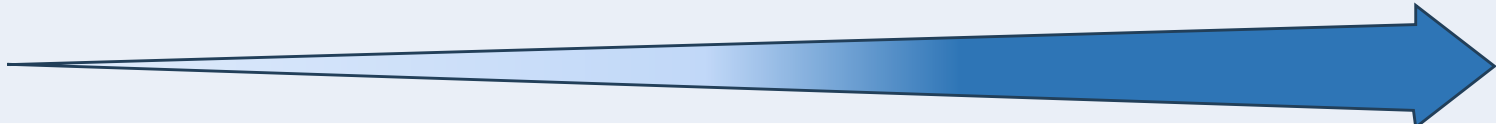
- ✓ 焼却灰の処理を行って生じる溶融飛灰について、洗浄・吸着処理を行うことで、更なる減容化を図る。最終処分に当たっては、溶出抑制及び取扱いのしやすさの観点で安定化処理を行う。

※ここでの「焼却灰」は、除染廃棄物(草木類等)を焼却した際に生じた灰で、中間貯蔵施設内に保管されているものを指す。この焼却灰は、中間貯蔵施設内の仮設灰処理施設で溶融処理され、スラグと飛灰が発生する。



※飛灰からの放射性セシウムの溶出特性は、仮設灰処理施設その1とその2で異なることから、本検討ではその2飛灰はそのまま固型化するシナリオとした。

県外最終処分に係る複数選択肢(案)

	シナリオ(1)	シナリオ(2)	シナリオ(3)	シナリオ(4)
減容技術の 組合せ	減容しない	分級処理	分級+ 熱処理	分級+ 熱処理+ 飛灰洗浄
最 終 処分量※1	約210万~310万m ³ 【内訳】 除去土壌：200~300万m ³ 廃棄物：約10万m ³	約150万~220万m ³ 【内訳】 除去土壌：140~210万m ³ 廃棄物：約10万m ³	約30万~50万m ³ 【内訳】 全て廃棄物	約5万~10万m ³ 【内訳】 全て廃棄物
放射能濃度 (土壌由来)	数万Bq/kg程度	数万Bq/kg程度	十万Bq/kg~	~数千万Bq/kg
構 造 (処分場の タイプ)	<p><①除去土壌></p> 	<p><②廃棄物 (10万Bq/kg以下) ></p> 	<p><③廃棄物 (10万Bq/kg超) ></p> 	
必要面積※2	約30~50ha	約30~40ha	約20~30ha	約2~3ha
減容処理 コスト※3				

※1 これまでに実施した技術実証事業の成果を踏まえ、減容率を設定して試算し、締固め時のかさ密度 (1.7 t/m³) で換算。

シナリオ間の比較のしやすさの観点から、数量は概数にて記載。(詳細はスライド16参照)

※2 ①、②のタイプの処分場は厚さ10m、③は厚さ5mとして計算。埋立地必要面積のみの評価で、離隔距離の確保や附带施設等は考慮していない。

※3 シナリオ(1)は減容技術を適用しないため、減容処理コストは0となるが、減容技術の適用が増えるほど減容処理コストは大きくなる。

(参考) 県外最終処分に係る複数選択肢案の比較整理① (シナリオの特徴)

＜除去土壌＞ 技術の組合せ	最終処分場の構造	減容等の処理に伴う 二次廃棄物	再生利用 (減容処理に伴い 発生する物を含む)	シナリオの特徴
シナリオ(1)	＜土壌＞ 安定型相当	—	8,000Bq/kg 以下の 土壌	<ul style="list-style-type: none"> 減容処理費は不要となるが、最終処分量が最も大きくなり、200万～300万m³程度。
シナリオ(2)	＜土壌＞ 安定型相当	<ul style="list-style-type: none"> 廃水(運転時循環利用) 脱水用ろ布等 (設備解体物) 	シナリオ(1) ＋分級処理後 粗粒分	<ul style="list-style-type: none"> 減容処理費はシナリオ(1)より大きいですが、最終処分量はシナリオ(1)より小さい。 最終処分量は140万～210万m³程度。
シナリオ(3)	＜飛灰固型化体＞ 管理型or遮断型相当	シナリオ(2)に加えて <ul style="list-style-type: none"> 炉内蓄積物、耐火物 (設備解体物) 	シナリオ(2) ＋スラグまたは 焼成物	<ul style="list-style-type: none"> 減容処理費はシナリオ(2)より大きいですが、最終処分量はシナリオ(2)より小さい。 最終処分量は25万～35万m³程度。
シナリオ(4)	＜飛灰固型化体＞ 管理型or遮断型相当 ＜廃吸着剤固型化体＞ 遮断型相当	シナリオ(3)に加えて <ul style="list-style-type: none"> (洗浄後飛灰) 洗浄廃水(塩分含む) 汚泥(重金属含む) (設備解体物) 	シナリオ(3)と同じ	<ul style="list-style-type: none"> 最終処分対象物の放射能濃度が最も高く、取扱い・作業上の特別な留意が必要。 減容処理費が最も大きいですが、最終処分量が最も小さい。 最終処分量は660～1,300m³程度。

＜廃棄物＞ 技術の組合せ	最終処分場の構造	減容等の処理に伴う 二次廃棄物	再生利用 (減容処理に伴い 発生する物を含む)	シナリオの特徴
シナリオ (1)～(3)	＜飛灰固型化体＞ 管理型or遮断型相当	<ul style="list-style-type: none"> 炉内蓄積物、耐火物 (設備解体物) 	スラグ	<ul style="list-style-type: none"> 減容処理費はシナリオ(4)より小さいですが、最終処分量はシナリオ(4)より大きい。 最終処分量は6.5万～9.5万m³程度。
シナリオ(4)	＜飛灰固型化体＞ 管理型or遮断型相当 ＜廃吸着剤固型化体＞ 遮断型相当	<ul style="list-style-type: none"> (洗浄後飛灰) 洗浄廃水(塩分含む) 重金属汚泥 (設備解体物) 	シナリオ(1)～(3) と同じ	<ul style="list-style-type: none"> 最終処分対象物の放射能濃度が比較的高く、取扱い・作業上の特別な留意が必要。 減容処理費が大きいですが、最終処分量が小さい。 最終処分量は4.3万～6.3万m³程度。

※ 土壌最終処分場の構造については、放射性セシウムが溶出すると認められる場合は管理型相当となる。

※ 最終処分対象物の放射能濃度等により社会的受容性や管理期間が変化する可能性にも留意が必要。

※ いずれのシナリオにおいても、8,000Bq/kg以下の土壌が再生利用できず全量最終処分となった場合、最終処分量が更に 700万～800万m³増となる。

(参考) 県外最終処分に係る複数選択肢案の比較整理② (最終処分量・面積)

		シナリオ(1)	シナリオ(2)	シナリオ(3)	シナリオ(4)
		減容無し	分級	分級/熱処理	分級/熱処理/飛灰洗浄
最終処分量全体		約210万～310万m ³	約150万～220万m ³	約30万～50万m ³	約5万～10万m ³
土壌由来		200万～300万m ³	140万～210万m ³	25万～35万m ³	0.07万～0.13万m ³
構造 ①	最終処分 ※安定型相当	除去土壌 200万～300万m ³ (1.6万Bq/kg)	細粒分等 140万～210万m ³ (2.3万Bq/kg)	—	—
構造 ③	最終処分 ※遮断型相当	—	—	飛灰固型化体 25万～35万m ³ (12万Bq/kg)	吸着剤安定化体 660～1,300m ³ (4,000万Bq/kg)
廃棄物由来		6.5万～9.5万m ³	6.5万～9.5万m ³	6.5万～9.5万m ³	4.3万～6.3万m ³
構造 ②	最終処分 (≤10万Bq/kg) ※管理型相当	飛灰固型化体 5.0万～7.5万m ³ (3.6万Bq/kg)	飛灰固型化体 5.0万～7.5万m ³ (3.6万Bq/kg)	飛灰固型化体 5.0万～7.5万m ³ (3.6万Bq/kg)	飛灰固型化体 4.3万～6.3万m ³ (2.8万Bq/kg)
構造 ③	最終処分 (>10万Bq/kg) ※遮断型相当	飛灰固型化体 1.4万～2.0万m ³ (13万Bq/kg)	飛灰固型化体 1.4万～2.0万m ³ (13万Bq/kg)	飛灰固型化体 1.4万～2.0万m ³ (13万Bq/kg)	飛灰固型化体 50～80m ³ (11万Bq/kg) 吸着剤安定化体 80～110m ³ (3,100万Bq/kg)
最終処分場必要面積※					
①土壌 安定型相当		約30万～43万m ²	約23万～32万m ²	—	—
③土壌 遮断型相当		—	—	約14万～27万m ²	約0.3万～0.5万m ²
②廃棄物 管理型相当		約2.1万～2.7万m ²	約2.1万～2.7万m ²	約2.1万～2.7万m ²	約2.0万～2.4万m ²
③廃棄物 遮断型相当		約1.3万～1.9万m ²	約1.3万～1.9万m ²	約1.3万～1.9万m ²	約0.14～0.15万m ²

※ 放射能濃度は2024年度末時点のものであり、対象となる濃度区分の物量を踏まえて計算。

※ 土壌最終処分場の構造については、放射性セシウムが溶出すると認められる場合は管理型相当となる。土壌の最終処分量は、締固め時のかさ密度(1.7 t/m³)で換算。

※ 最終処分必要面積については、安定型相当の処分場の場合には厚さ10m、遮断型相当の処分場の場合には厚さ5mとして算定。

埋立地必要面積のみの評価で、離隔距離の確保や附帯施設等は考慮していない。

※ いずれのシナリオにおいても、8,000Bq/kg以下の土壌が再生利用できず全量最終処分となった場合、最終処分量が更に700万～800万m³増となる。

(参考) 県外最終処分に係る複数選択枝案の比較整理③ (県外最終処分対象物以外の発生物量)

除去土壌の減容化処理	シナリオ(1)	シナリオ(2)	シナリオ(3)	シナリオ(4)
	減容無し	分級	分級/熱処理	分級/熱処理/飛灰洗浄
土壌 (8,000Bq/kg以下)	700万～800万m ³	700万～800万m ³	700万～800万m ³	700万～880万m ³
(分級処理により生じる)粗粒分 (8,000Bq/kg以下)	—	80万～150万m ³	80万～150万m ³	80万～150万m ³
スラグ・焼成物 (8,000Bq/kg以下)	—	—	150万～440万m ³	150万～440万m ³
洗浄後飛灰(土壌由来) (※)	—	—	—	1.5万～5万m ³
洗浄廃液(土壌由来) (放射性セシウム濃度は排水基準 以下であるが、塩分濃度が高い)	—	—	—	80万～170万m ³

廃棄物(焼却灰)の減容化処理	シナリオ(1)～(3)	シナリオ(4)
	熔融	熔融/飛灰洗浄
スラグ (8,000Bq/kg以下)	32万～46万m ³	32万～46万m ³
洗浄後飛灰(廃棄物由来) (※)	—	その1飛灰処理:0.3万～0.4万m ³
洗浄廃液(廃棄物由来) (放射性セシウム濃度は排水基準 以下であるが、塩分濃度が高い)	—	その1飛灰処理:10万～14万m ³

※再生利用(土壌)は、締固め時のかさ密度(1.7 t/m³)で換算した。

※洗浄後飛灰については、セメント固型化後の放射能濃度は概ね8,000Bq/kg以下となるが、8,000Bq/kgを超える場合には対応を検討

(参考) 県外最終処分に係る複数選択肢案の比較整理④ (放射線安全評価 (施工中・一般公衆))



・処分場のタイプごとに、10m～50m離れた地点での居住を仮定して、施工中の年間追加被ばく線量(一般公衆・子ども)を計算(赤字部分、括弧内は維持管理中(覆土後)の追加被ばく線量)。

※概略安全評価の結果を踏まえ、追加被ばく線量への寄与が大きい外部被ばく線量について以下に整理

		シナリオ(1)	シナリオ(2)	シナリオ(3)	シナリオ(4)
		減容無し	分級	分級/熱処理	分級/熱処理/飛灰洗浄
最終処分量全体		約210万～310万^m	約150万～220万^m	約30万～50万^m	約5万～10万^m
土壌由来		200万～300万 ^m	140万～210万 ^m	25万～35万 ^m	0.07万～0.13万 ^m
構造 ①	最終処分 ※安定型相当	除去土壌 200万～300万 ^m (1.6万Bq/kg) 0.06mSv/y (0.001mSv/y)～ 0.21mSv/y(0.001mSv/y)	細粒分等 140万～210万 ^m (2.3万Bq/kg) 0.09mSv/y (0.001mSv/y)～ 0.30mSv/y(0.001mSv/y)	—	—
構造 ③	最終処分 ※遮断型相当	—	—	飛灰固型化体 25万～35万 ^m (12万Bq/kg) 0.01mSv/y (0.0003mSv/y)～ 0.08mSv/y(0.001mSv/y)	吸着剤安定化体 660～1,300 ^m (4,000万Bq/kg) 0.02mSv/y (0.0001mSv/y)～ 0.37mSv/y(0.0005mSv/y)
廃棄物由来		6.5万～9.5万 ^m	6.5万～9.5万 ^m	6.5万～9.5万 ^m	4.3万～6.3万 ^m
構造 ②	最終処分 (≤10万Bq/kg) ※管理型相当	飛灰固型化体 5.0万～7.5 万 ^m (3.6万Bq/kg) 0.02mSv/y (0.001mSv/y)～ 0.47mSv/y(0.001mSv/y)	飛灰固型化体 5.0万～7.5 万 ^m (3.6万Bq/kg) 0.02mSv/y (0.001mSv/y)～ 0.47mSv/y(0.001mSv/y)	飛灰固型化体 5.0万～7.5万 ^m (3.6万Bq/kg) 0.02mSv/y (0.001mSv/y) ～0.47mSv/y(0.001mSv/y)	飛灰固型化体 4.3万～6.3万 ^m (2.8万Bq/kg) 0.01mSv/y (0.0001mSv/y)～ 0.36mSv/y(0.0005mSv/y)
構造 ③	最終処分 (>10万Bq/kg) ※遮断型相当	飛灰固型化体 1.4万～2.0 万 ^m (13万Bq/kg) 0.01mSv/y (0.0003mSv/y)～ 0.09mSv/y(0.001mSv/y)	飛灰固型化体 1.4万～2.0万 ^m (13万Bq/kg) 0.01mSv/y (0.0003mSv/y)～ 0.09mSv/y(0.001mSv/y)	飛灰固型化体 1.4万～2.0万 ^m (13万Bq/kg) 0.01mSv/y (0.0003mSv/y) ～ 0.09mSv/y(0.001mSv/y)	飛灰固型化体 50～80 ^m (11万Bq/kg) 0.01mSv/y (0.0003mSv/y)～ 0.08mSv/y(0.001mSv/y) 吸着剤安定化体 80～110 ^m (3,100万Bq/kg) 0.01mSv/y (0.0001mSv/y)～ 0.29mSv/y(0.0005mSv/y)

※放射能濃度は2024年度末時点のものであり、対象となる濃度区分の物量を踏まえて計算。

※土壌最終処分場の構造については、放射性セシウムが溶出すると認められる場合は管理型相当となる。土壌の最終処分量は、締固め時のかさ密度(1.7 t/m³)で換算。

※第6回技術WG資料5における概略安全評価の手法を踏まえ、上表に示す処分場のタイプごとに、放射能濃度の平均値の場合の追加被ばく線量を計算

(施工に当たっては、開口面積を制限することを想定。吸着剤安定化体については、容器等による遮へい率を0.1と仮定して計算。)

(参考) 放射性廃棄物の処分について

放射線防護不要

クリアランスレベル以下の
廃棄物

<放射性セシウム濃度> 100Bq/kg

クリアランスレベル(0.01mSv/年)以下の廃棄物のうち、原子力規制委員会による確認を受けたものについては、「放射性廃棄物として扱う必要のないもの」、つまり産業廃棄物として、再生利用又は処分が可能。

放射線防護が必要

低レベル放射性廃棄物

10万Bq/kg

(濃度上限値)

1千億Bq/kg

(濃度上限値)

高レベル放射性廃棄物

L3 (解体コンクリート・金属)



コンクリートピットのような人工構造物を設置せず、浅地中に埋設処分する方法



動力試験炉のL3廃棄物の埋設実績 (東海村)

<約1,670トン埋設済>

L2 (廃液, フィルター, 手袋等消耗品)



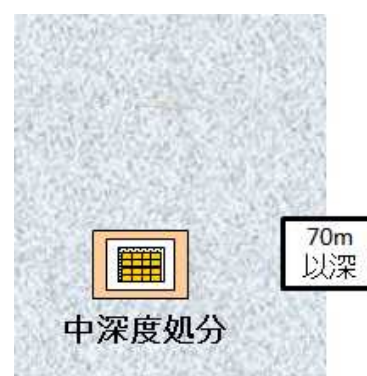
浅地中にコンクリートピットなどの人工構造物を設置して埋設処分する方法



六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターでの埋設実績

<2025年1月末現在、366,619本(約7.3万m³)を埋設済>

L1 (制御棒, 炉内構造物)



ガラス固化体



出展：資源・エネルギー庁HP 「放射性廃棄物について」「廃炉ゴミをリサイクルできるしくみ『クリアランス制度』」
日本原子力研究開発機構HP 「埋設実地試験」
日本原燃株式会社HP 「埋設事業の概要」「低レベル放射性廃棄物の受入れ状況(2025年1月末現在)」を一部加工し環境省作成

(參考資料)

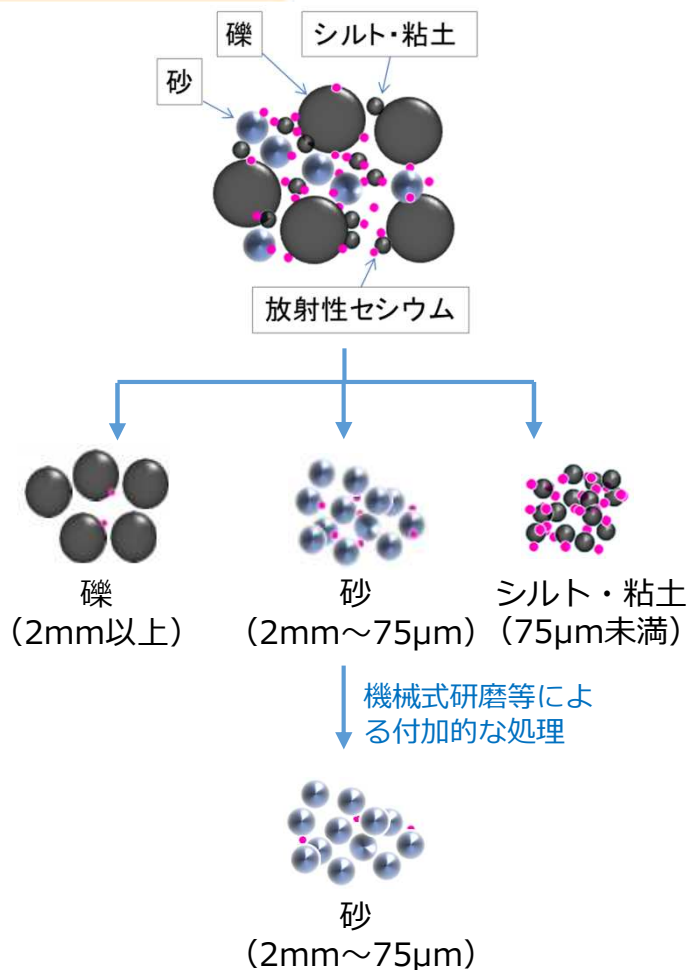
分級処理技術の概要と実証の概要

<分級処理技術の概要>

放射性セシウムが、粗粒分(礫・砂)よりも細粒分(シルト・粘土)に付着しやすいという特性があることから、除去土壌を粒径別に分離することにより最終処分量を減少させる。

実証試験の概要

<実証設備全景>



<主な設備>



土壌をほぐすための解泥機



解泥後の土壌に水をかけながら、ふるいを振動させることで、主に「礫」を回収する設備



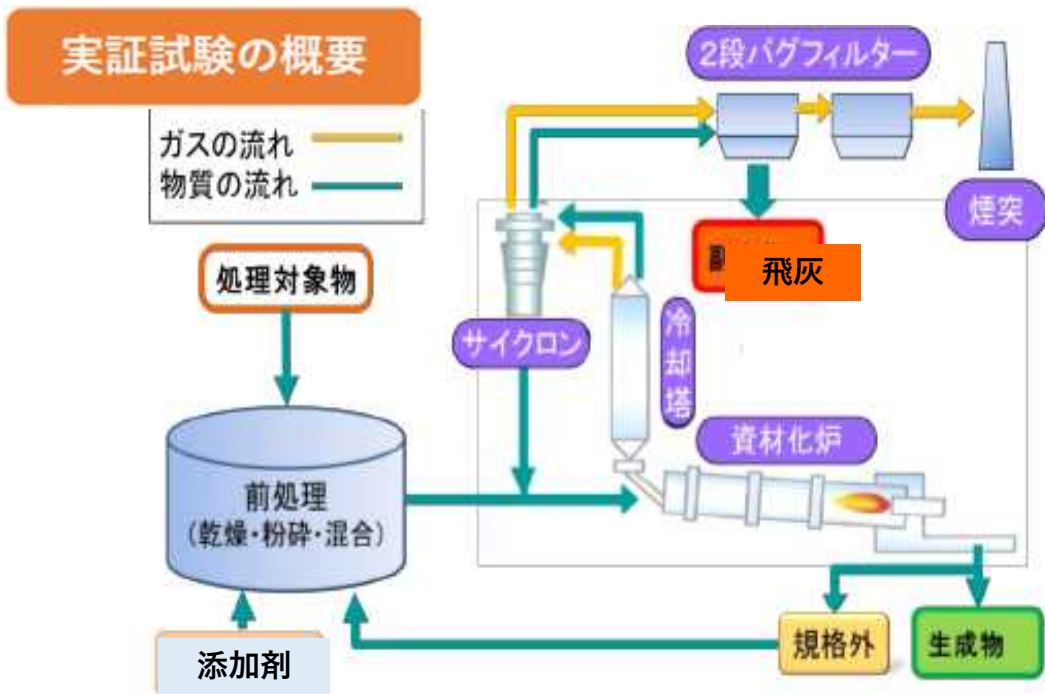
沈降分離により、砂と粘土・シルトを分別し、主に「砂」を回収する設備

※コストは条件によって変わるが、これまでに実施した技術実証事業の成果では、湿式通常分級処理の処理単価は約3万円/m³となっている。

熱処理技術の概要と実証の概要

<熱処理技術の概要>

分級後の細粒分(シルト・粘土)、または放射能濃度の比較的高い土壌等を対象とし、熱エネルギーによって放射性セシウムを気化させ、排ガス処理工程で飛灰として回収することで最終処分量を減少させる。

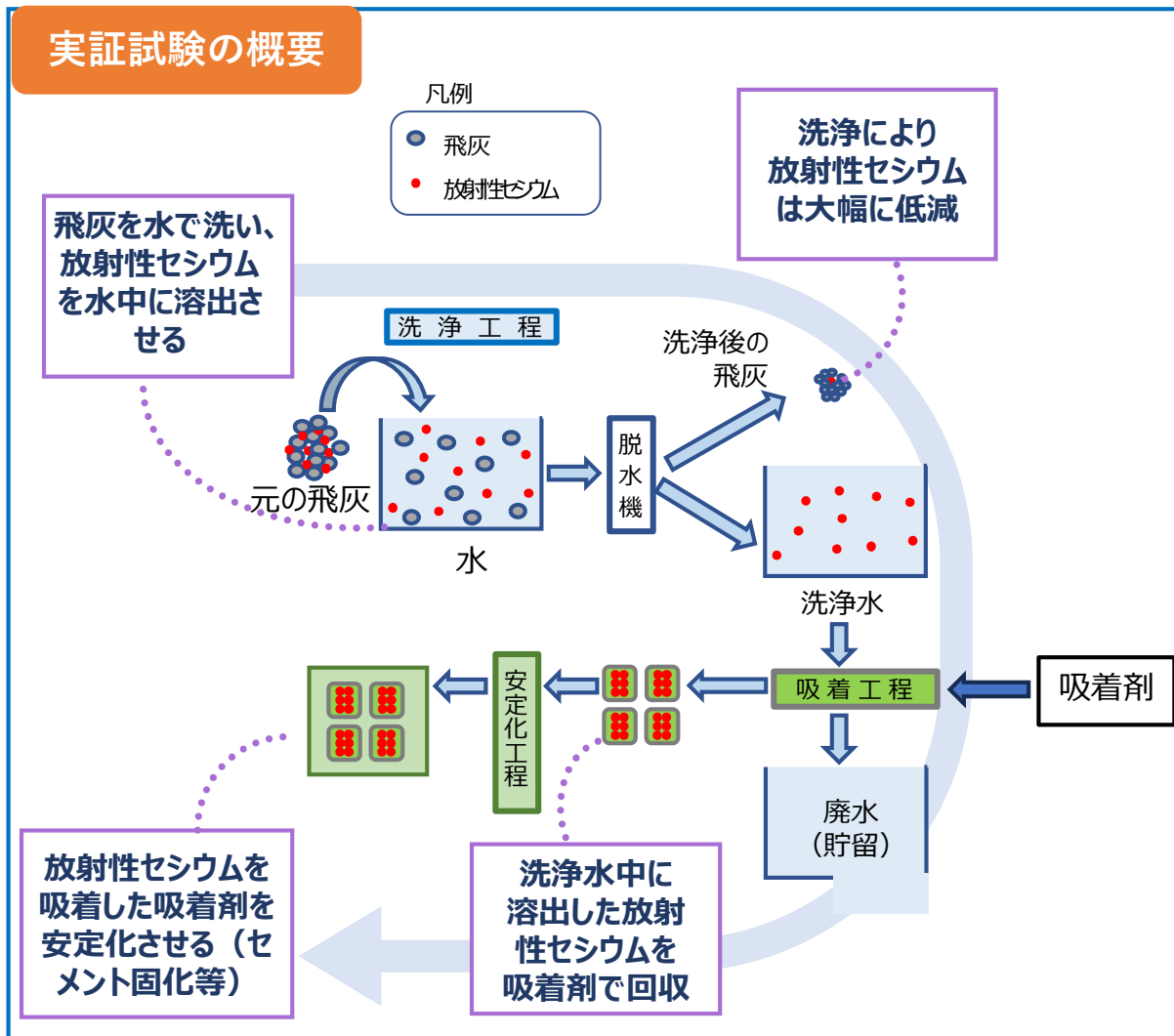


※コストは条件によって変わるが、これまでに実施した技術実証事業の成果では、熱処理(熔融・焼成)の処理単価は約50万円/m³となっている。

飛灰洗浄・吸着・安定化技術の概要と実証の概要

< 飛灰洗浄・吸着・安定化技術の概要 >

熱処理により発生した飛灰に付着した放射性セシウムは水に溶けやすいことから、飛灰を水で洗浄することでセシウムを水に溶出させ、吸着剤により吸着・安定化することで最終処分量を減少させる。



洗浄工程設備



吸着工程設備

※コストは条件によって変わるが、これまでに実施した技術実証事業の成果では、飛灰洗浄(カラム式・セメント固型化)の処理単価は約90万円/m³となっている。

除去土壌の減容処理技術に係る処理パラメータ

- 過年度の国直轄事業や実証試験の結果等を踏まえて整理した各種パラメータを以下に示す。

減容処理	処理物	運転パラメータ	設定値	かさ密度 (t/m ³)	減量化率・除染率
湿式通常分級	土壌	細粒側分配比	0.46	—	減量化率: 32~82%
		粗粒側分配比	0.54	—	
		細粒側Cs分配率	85%	—	除染率: 51~82%
		粗粒側Cs分配率	15%	—	
	含水率	土壌	23.5%	1.7	—
		粗粒	20%	1.8	—
		細粒 (脱水ケーキ状)	40%	1.5	—

除去土壌の減容処理技術に係る処理パラメータ

減容処理	処理物	運転パラメータ	設定値	かさ密度(t/m ³)	減量化率・除染率	
焼成	土壌	添加剤比	1.79	—	—	
		飛灰発生比	0.035 (土壌dry+添加剤 合計量に対して)	—	減量化率:90.2%	
		焼成物発生比	0.965 (土壌dry+添加剤 合計量に対して)	—		
		Cs揮散率 (飛灰側Cs分配率)	99.19%	—	除染率:99.7%	
		焼成物側Cs分配率	0.81%			
		含水率	焼成物	0%	1.2	—
			飛灰	0%	0.6	—
溶融	土壌	添加剤比	0.7	—	—	
		飛灰発生比	0.06 (土壌dry+添加剤 合計量に対して)	—	減量化率:89.7%	
		スラグ発生比	0.94 (土壌dry+添加剤 合計量に対して)	—		
		Cs揮散率 (飛灰側Cs分配率)	95.37%	—	除染率:97.1%	
		スラグ側Cs分配率	4.63%	—		
		含水率	スラグ	10%	1.5	—
			飛灰	0%	0.6	—

除去土壌の減容処理技術に係る処理パラメータ

減容処理	処理物	運転パラメータ		設定値	かさ密度 (t/m ³)	減量化率・除染率
洗浄	(土壌 焼成後) 飛灰	洗浄水比		6.0	—	—
		飛灰溶解比		0.9	—	(飛灰1に対し、0.1の洗浄後飛灰が発生)
		Cs溶出率		99.5%	—	除染率:99.5%
		含水率	洗浄後飛灰 (脱水ケーキ状)	30%	1.6	—
	(土壌 溶融後) 飛灰	洗浄水比		8.0	—	(洗浄前飛灰に対し、その1飛灰で 0.25の洗浄後飛灰が発生)
		飛灰溶解比		0.75		
		Cs溶出率		97%		除染率: 97%
		含水率	洗浄後飛灰 (脱水ケーキ状)	40%	1.6	—

廃棄物由来焼却灰の減容処理における運転パラメータの設定

減容処理	処理物	運転パラメータ	設定値	かさ密度 (t/m ³)	減量化率・除染率	
溶融 (その1施設: 表面溶融炉)	焼却灰	添加剤比	0.3	—		
		飛灰発生比	0.057 (焼却灰dry+添加剤 合計量に対して)	—	減容化率:91%	
		Cs揮散率 (飛灰へのCs分配率)	87.4%	—	除染率:85.5%	
		含水率	スラグ	10%	1.5	
			飛灰	0%	0.6	

減容処理	処理物	運転パラメータ	設定値	かさ密度 (t/m ³)	減量化率・除染率	
溶融 (その2施設: コークスベット炉)	焼却灰	添加剤比	1.0	—		
		飛灰発生比	0.1 (焼却灰dry+添加剤 合計量に対して)	—	減容化率:79%	
		Cs揮散率 (飛灰へのCs分配率)	80 %	—	除染率:84.4%	
		含水率	スラグ	10%	1.5	
			飛灰	0%	0.8	

廃棄物由来焼却灰の減容処理における運転パラメータの設定

減容処理	処理物	運転パラメータ		設定値		かさ密度 (t/m ³)	減量化率・除染率
洗浄	(溶融後) 飛灰	洗浄水比		8.0	5.0	—	(洗浄前飛灰に対し、その1飛灰で0.25、 その2飛灰で0.9の洗浄後飛灰が発生)
		飛灰溶解比		0.75	0.1		
		Cs溶出率		97%	65%		
		含水率	洗浄後飛灰 (脱水ケーキ状)	40%		1.6	—
吸着	飛灰洗浄水	吸着処理比		2,500		—	吸着剤は洗浄水の2500分の1 (液固比8のとき、飛灰の300分の1)
		Cs吸着率		99.99%			
セメント固型化	廃吸着剤 (カラム内)	固型化剤比		2		1.6	廃吸着剤の3倍に増量
セメント固型化	(未洗浄) 飛灰	固型化剤比		2		1.6	飛灰の3倍に増量

土壤等の含水率とかさ密度

処理	対象物	含水率 (%)	左記含水率下でのかさ密度 (t/m ³)
対象物	除去土壌 (受入時)	23.5%	1.24 (8,000Bq/kg以下) 1.01 (8,000Bq/kg超)
	除去土壌 (締固め時)	23.5 %	1.7
分級処理	粗粒分 (締固め時)	20%	1.8
	細粒分 (脱水ケーキ状)	40%	1.5
熱処理	焼成物	0%	1.2
	熔融スラグ	10%	1.5
	飛灰 (熔融処理、焼成処理とも)	0%	0.6(その1) 0.8(その2)
洗浄処理	飛灰洗浄後飛灰	40%	1.6
安定化処理 (廃吸着剤)	セメント固型化体	0%	1.6
固型化処理 (飛灰直接)	セメント固型化体	0%	1.6

廃棄物由来焼却灰等の含水率とかさ密度

処理	対象物	含水率 (%)	左記含水率下でのかさ密度 (t/m ³)
熱処理	焼却灰 (処理対象物)	20%	1.2
	溶融スラグ	10%	1.5
	その1飛灰	0%	0.6
	その2飛灰	0%	0.8

湿式分級処理で想定される処理能力等

		項目	湿式分級処理
前提条件	処理対象物量		土壌(通常分級):320万~480万t(317万~475万m ³)
	減容処理	処理期間	10年間
		稼働条件	年間稼働日数:240日/年 日稼働時間:8時間/日
必要な処理能力			通常分級:206 t/h
実証事業との比較	実証事業での処理規模	国直轄事業	通常分級+高度分級 解泥機:20 t/h、振動篩:20 t/h ハイメッシュセパレータ:20 t/h、二相流式砂洗浄等:10 t/h 等
類似・既成装置の規模			通常分級(湿式振ふるい):250 t/h、通常分級(ハイメッシュセパレータ):250 t/h

※各種装置メーカーのHPや、国直轄事業の設備等を元に推定

※処理対象物量は、分級前(受入時)のかさ密度1.01(t/m³)で換算

※処理能力の計算のため、処理期間を仮に10年と設定

熱処理で想定される処理能力等

項目		熱処理(溶融または焼成)	
前提条件	処理対象物量 ¹⁾	分級後細粒分:190万~270 万t 土壌(分級対象外となる放射能濃度の高い土壌):25万~35万t 合計:215万~305万t(140万~210万m ³)	
	減容処理	処理期間	10年間
		稼働条件	年間稼働日数:240日/年
			日稼働時間:24時間/日(熱効率の観点から、24時間稼働とした)
必要な処理能力		46t/h (1097t/day)	
実証事業との比較	実証事業での 処理規模	国直轄事業	焼成:10t/day
		公募型	溶融:3 t/day, 25 kg/バッチ
類似・既成装置の規模		表面溶融炉:150t/day、ロータリーキルン:300 t/day	

※各種装置メーカーのHPや、国直轄事業の設備等を元に推定

※処理対象物量は、細粒分(脱水ケーキ状)のかさ密度1.5(t/m³)で換算

※処理能力の計算のため、処理期間を仮に10年と設定

飛灰洗浄処理で想定される処理能力等

項目		飛灰処理(洗浄・吸着・安定化)	
前提条件	処理対象物量	廃棄物由来飛灰:(その1)1.2万~1.8万t、(その2)2.4万~3.6万t 除去土壌由来飛灰:(焼成)13万~19万t、(溶融)14万~20万t 廃棄物由来飛灰(その1)及び除去土壌由来飛灰を洗浄処理すると想定 合計:14万~22万t(24万~37万m ³)	
	減容処理	処理期間	10年間
		稼働条件	年間稼働日数:240日/年
			日稼働時間:8時間/日(吸着工程は24時間)
必要な処理能力		洗浄:9~10 t/h、吸着:22~28 t/h、安定化:0.2~0.3本/day (直轄型その1) 処理量:482kg/h、固液比:8~10、洗浄時間:1h、飛灰洗浄槽:10m ³ 吸着方式:カラム式(直列6段)、通水速度:SV=5(1時間あたり) 安定化方法:カラム内セメント固型化またはカラム保管(10Lまたは100 Lカラム)	
実証事業との比較	実証事業での 処理規模 国直轄事業	飛灰洗浄システム(洗浄・脱水・乾燥): 100 t/day	
類似・既成装置の規模			

※各種装置メーカーのHPや、国直轄事業の設備等を元に推定

※処理対象物量は、その1飛灰のかさ密度0.6(t/m³)で換算

※処理能力の計算のため、処理期間を仮に10年と設定

安定型相当最終処分場

(中間貯蔵施設の土壌貯蔵施設を参考)

■造成計画

法面勾配 : 1:2.0

小段 : 高さ5m毎に幅2mを設置

掘削深さ : 覆土量等とバランス

■主堰堤

高さ : 10.0m

天端幅 : 5.0m

■仕切堤

高さ : 2.0m

天端幅 : 2.5m

■1区画面積 : 8,000m²以下

■覆土厚 : 0.5m

遮断型相当最終処分場

■埋立面積

・ 1区画

$$5 \times 10 = 50\text{m}^2$$

・ 1躯体 (標準)

$$50 \times 10 = 500\text{m}^2$$

■施設面積

・ 1躯体

$$27.4 \times 34.2 = 937.08\text{m}^2$$

■埋立容量

・ 1区画

$$5 \times 10 \times 5 = 250\text{m}^3$$

・ 1躯体

$$250 \times 10 = 2,500\text{m}^3$$



15. 概略安全評価における ケース分けの概要及び評価経路、評価結果

概略安全評価におけるケース分けの概要

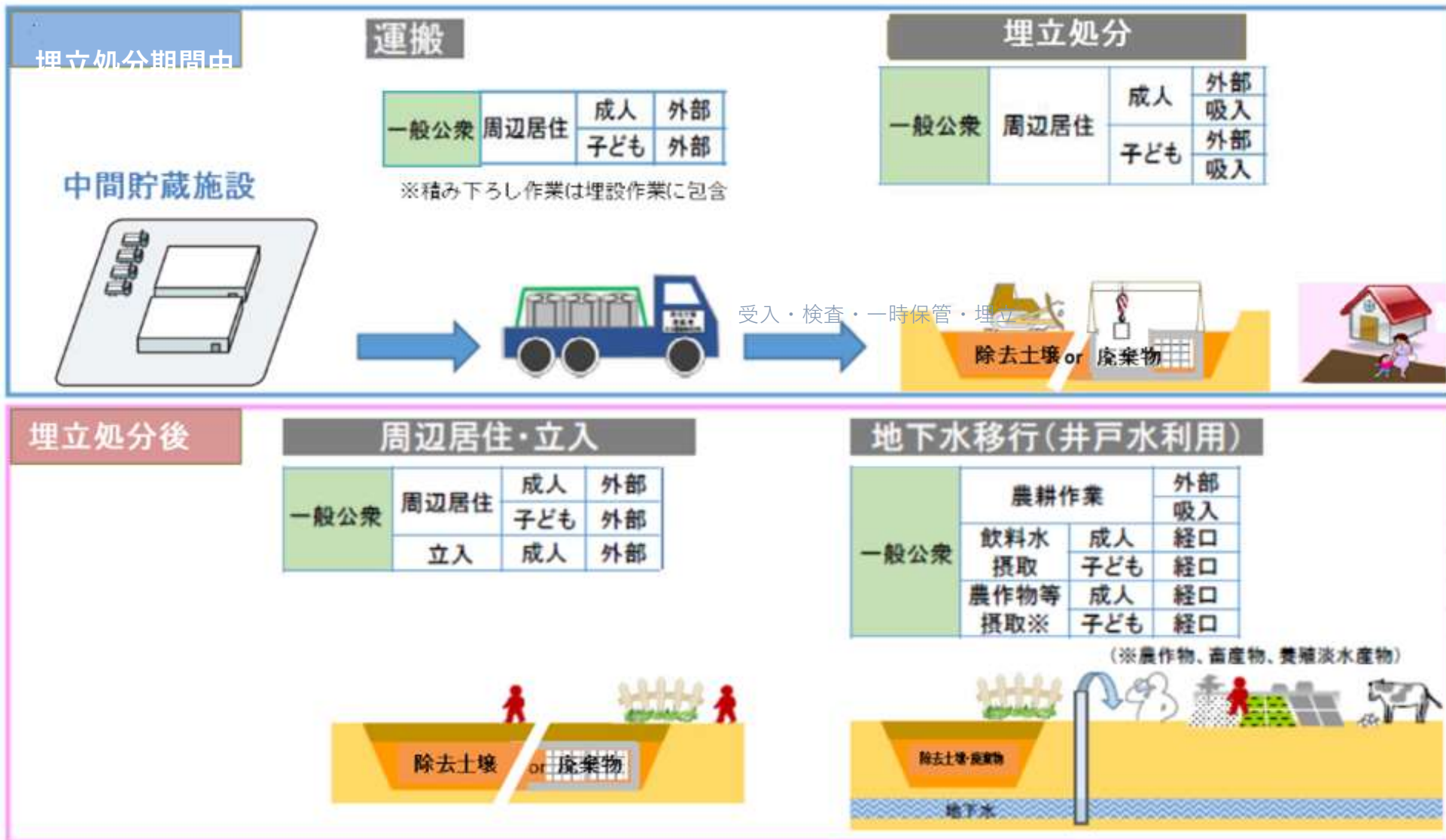
	ケース1	ケース2	ケース3
減容処理方法	分級処理	分級処理 + 熱処理	分級処理 + 熱処理 + 飛灰洗浄
処分対象物	土壌	廃棄物 (セメント固型化物)	廃棄物 (セメント固型化物)
処分場タイプ	安定型処分場相当	遮断型処分場相当	遮断型処分場相当
処分場容量 (m ³)	1,000,000	250,000	2,500
処分場の大きさ 横幅 × 縦幅 × 深さ (高さ) (m)	約320 × 約320 × 10	200 × 250 × 5	20 × 25 × 5
処分対象物の割合 (充填率)	1	0.67	0.67
平均放射能濃度 (Bq/kg)	約3万	約15万	約2,800万
容器による遮へい効果	考慮せず	考慮せず	遮へい係数0.01と仮定

※ここでの最終処分場の構造や最終処分量・放射能濃度はあくまで概略安全評価を行うために仮設定したものであり、概略安全評価の結果や今後の技術的検討の成果を踏まえて見直しを行い、安全評価の更新を行う。

概略安全評価における評価経路について【通常時】

No	評価対象		線源	対象者	被ばく形態	
1	最終処分場への 運搬	運搬経路周辺居住	除去土壌／廃棄物	公衆（成人）	外部	
2				公衆（子ども）	外部	
3	埋立処分期間中	埋立地周辺居住	除去土壌／廃棄物	公衆（成人）	外部	
4					粉塵吸入	
5				公衆（子ども）	外部	
6					粉塵吸入	
7	埋立処分後の雨水浸透による核種の移行 (地下水移行)	飲料水摂取	井戸水	公衆（成人）	経口	
8				公衆（子ども）	経口	
9		農耕作業	井戸水で灌漑した土壌	農耕作業 者 (公衆)	外部	
10					粉塵吸入	
11		農作物摂取	灌漑した土壌で 生産された農作物	公衆（成人）	経口	
12				公衆（子ども）	経口	
13		畜産物摂取	灌漑した土壌で 生産された畜産物	公衆（成人）	経口	
14				公衆（子ども）	経口	
15		畜産物摂取	井戸水で飼育された 畜産物	公衆（成人）	経口	
16				公衆（子ども）	経口	
17		養殖淡水産物摂取	井戸水で養殖された 淡水産物	公衆（成人）	経口	
18				公衆（子ども）	経口	
19		埋立処分後	埋立地周辺居住	埋立された 除去土壌／廃棄物	公衆（成人）	外部
20					公衆（子ども）	外部
21			埋立地への一時立 入り	埋立された 除去土壌／廃棄物	公衆（成人）	外部

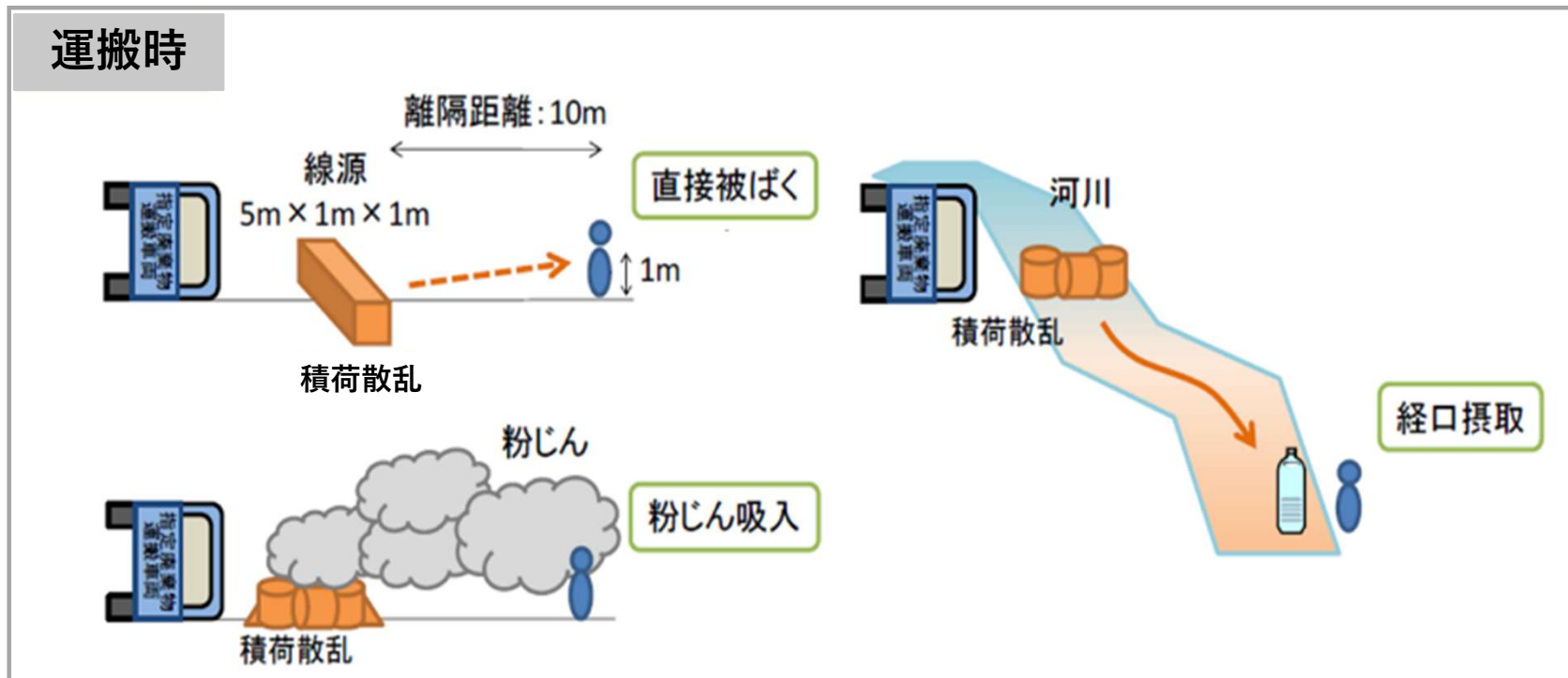
(参考) 概略安全評価における評価経路について【通常時】



概略安全評価における評価経路について【事故時】

No	評価対象	線源	対象者	被ばく形態	備考
1	運搬時の事故	道路に落下した廃棄物等	公衆（成人）	外部	評価地点は、運搬車周辺とする。
2			公衆（子ども）		
3			公衆（成人）	粉塵吸入	
	河川水摂取	河川に落下した廃棄物等	公衆（成人）	経口摂取	
			公衆（子ども）		

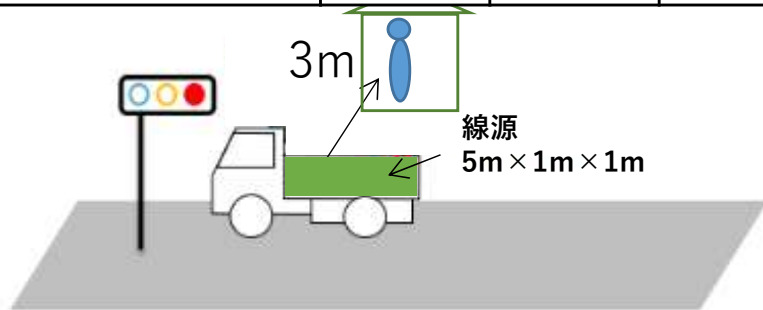
※災害廃棄物安全評価検討会（第9回）資料11-2「災害廃棄物等の処理・処分のシナリオに対する線量評価結果の整理」を参考に設定



通常時

- 特定廃棄物での評価*を参照。
- ケース3廃吸着材固化体（2,800万Bq/kg）は輸送基準（容器表面 2 mSv/h, 1m点で0.1mSv/h）を超えるため、遮へい容器に封入されるものとする。（鋼鉄製~10cm肉厚→遮へい係数0.01）

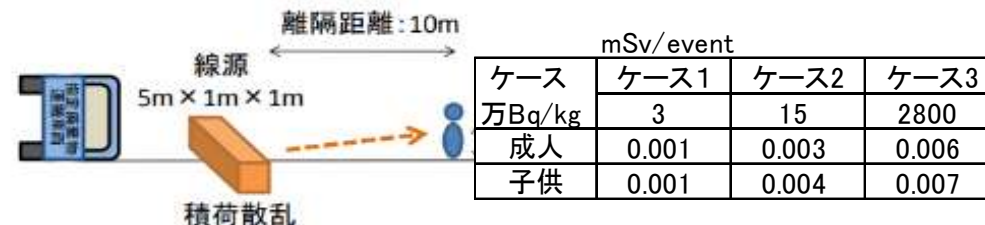
通常時		mSv/y		
評価経路	万Bq/kg	ケース1	ケース2	ケース3
		3	15	2800
周辺居住者外部（成人）		0.01	0.06	0.12
周辺居住者外部（子供）		0.02	0.08	0.16



- ・ 運搬車両一時停止による年間被ばく時間：105hr/y
- ・ 屋内にいる時間帯（16時間/日）は木造家屋による遮へい0.4を考慮）

事故時

- 特定廃棄物での評価を参照するが、ケース3廃吸着材固化体（2,800万Bq/kg）は頑強な遮へい容器に封入されているため、損壊・粉塵飛散・河川流出は想定しない（以下のシナリオ1のみ）。



- ・ シナリオ1：積荷からの外部被ばく



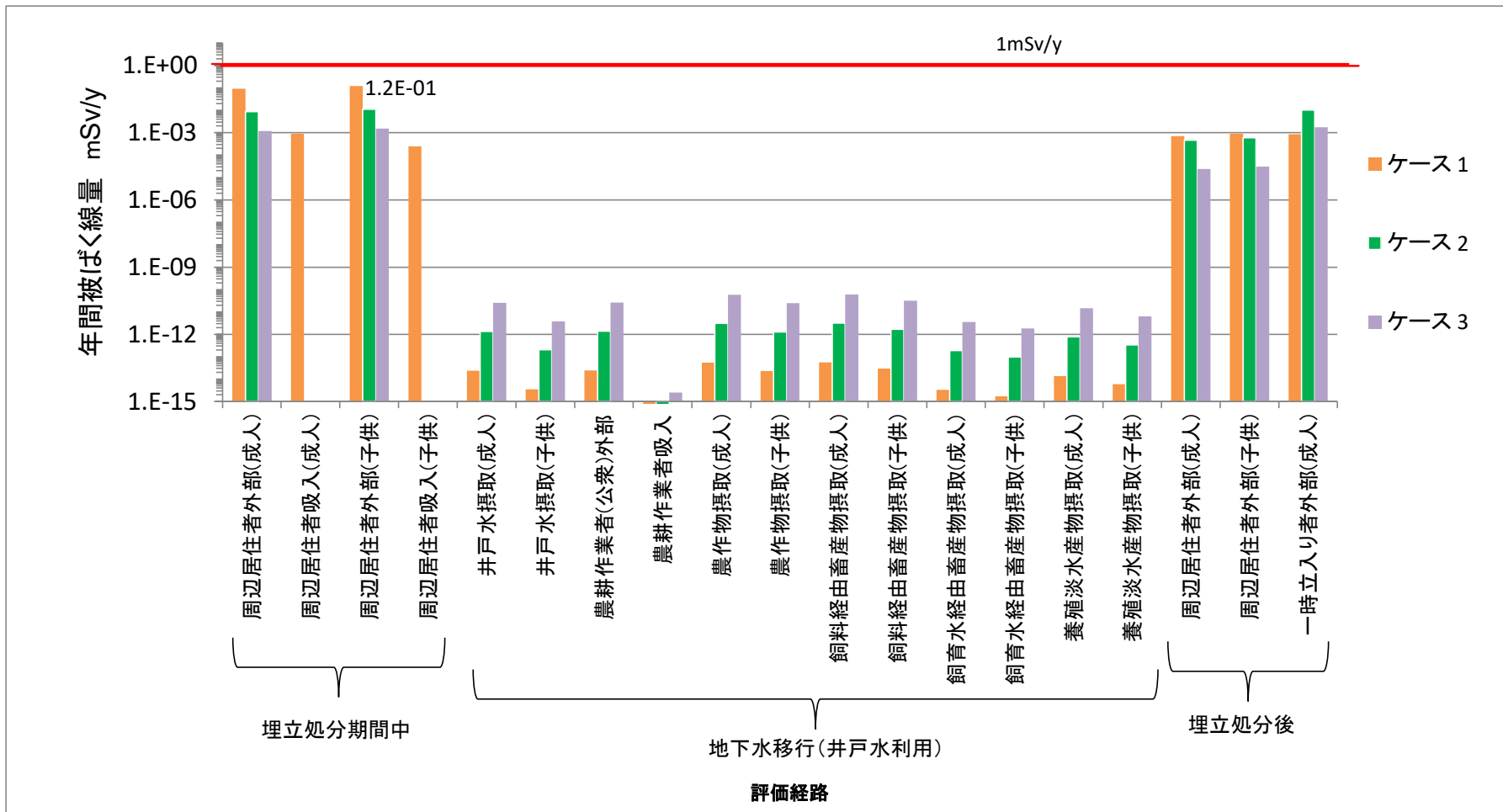
- ・ シナリオ2：飛散・漏洩による粉塵吸入（ケース3遮へい容器破損は想定しない）



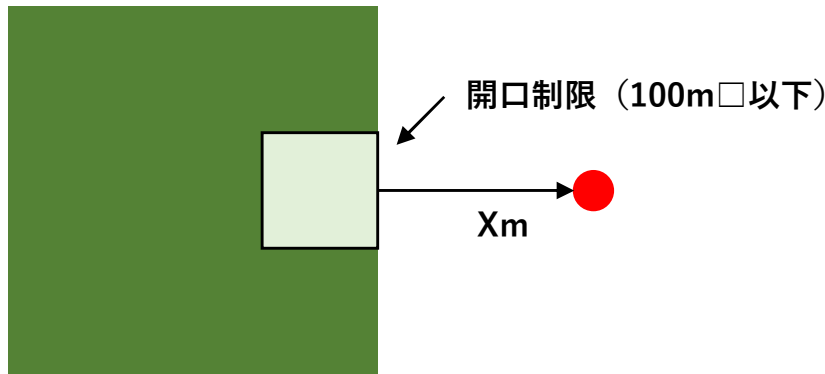
- ・ シナリオ3：河川への漏出による飲料摂取（ケース3遮へい容器破損は想定しない）

* JAEA：10万Bq/kg以下の指定廃棄物運搬時の事故に係る線量評価について（平成25年9月24日）

処分場の埋立処分期間中及び埋立処分後の周辺居住者の年間被ばく線量は、埋立処分期間中における周辺居住者（子供）の外部被ばく経路が最大でも0.12mSv/y程度となり、いずれのケースも処分場周辺居住者の被ばく線量は1 mSv/yを十分に下回る（処分場所から周辺居住者までの距離を50m、埋立処分期間中に開口面積の制限を行う、とした場合）



ケース 1 320m×320m (約3万Bq/kg)



外部被ばく線量 mSv/y^{※3}

土壌 ^{※1}	距離Xm	10m	50m
3万 Bq/kg	全開口（参考）	0.54(0.70) ^{※4}	0.23(0.30)
	開口制限 ^{※2}	0.30(0.39)	0.09(0.12)
	覆土後	0.001(0.0013)	0.001(0.0013)

※1 土壌濃度：2025年時点、処分評価時点：2035年、充填効率：1

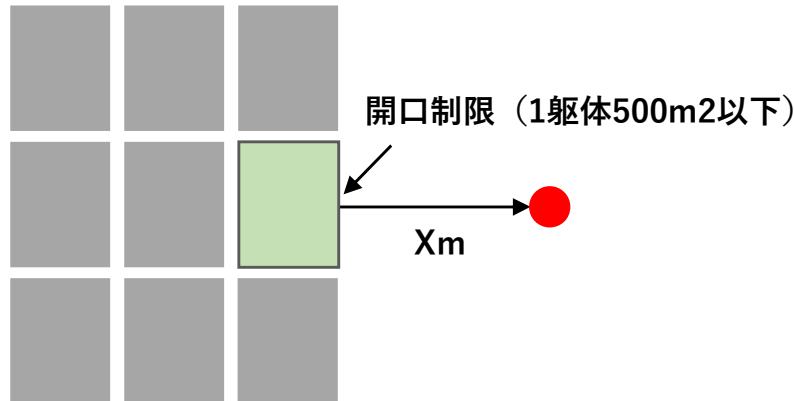
※2 開口制限：100m×100m。開口時間：昼夜24時間/日

※3 周辺公衆（成人）の被ばく時間：8760時間/年、遮蔽係数：0.2

※4 () 内数値は子どもの被ばく線量

ケース 2

200m×250m (約15万 Bq/kg)



外部被ばく線量 mSv/y^{※3}

廃棄物 ^{※1}	距離Xm	10m	50m
15万 Bq/kg	全開口（参考）	0.40(0.52) ^{※4}	0.18(0.234)
	開口制限 ^{※2}	0.08(0.104)	0.01(0.013)
	覆土後	0.001(0.0013)	0.0002(0.00026)

※1 土壌濃度：2025年時点、処分評価時点：2035年、充填効率：0.67

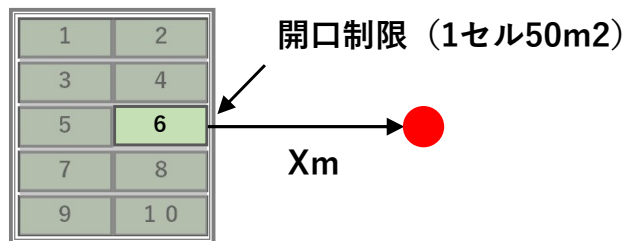
※2 開口制限：1躯体25×20m、開口時間：日中8時間/日

※3 周辺公衆（成人）の被ばく時間：8760時間/年、遮蔽係数：0.2

※4 () 内数値は子どもの被ばく線量

ケース 3

20m×25m (約2,800万 Bq/kg)



外部被ばく線量 mSv/y^{※3}

廃棄物 ^{※1}	距離Xm	10m	50m
2,800万 Bq/kg	全開口（参考）	0.07(0.091) ^{※4}	0.01(0.013)
	開口制限 ^{※2}	0.02(0.026)	0.001(0.0013)
	覆土後	0.00004(0.000052)	0.00001(0.000013)

※1 廃棄物濃度：2025年時点、処分評価時点：2035年、充填効率：0.67
容器遮蔽係数：0.01（鋼製容器厚さ～10cm程度を想定）

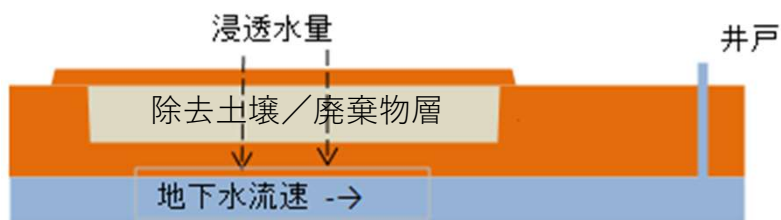
※2 開口制限：1セル10×5m、開口時間：日中8時間/日

※3 周辺公衆（成人）の被ばく時間：8760時間/年、遮蔽係数：0.2

※4 () 内数値は子どもの被ばく線量

ケース1～3について、地下水移行（井戸水利用）による周辺公衆への被ばく線量を評価した（ケース2、3については、遮断型相当（コンクリート構造）の処分場を想定しているが、クラックが生じて地下水へ移行することを想定して評価を実施）。

【評価結果】



【評価条件】

- 処分評価時点；2035年
- 地下水流速は1 m/y * と設定
- 浸透水量は安定型相当0.4m/y *、遮断型相当0.1m/y * と設定
- セメント分配係数は2.5mL/g（指定廃評価を踏襲）
- 分配係数モデルを適用

$$\eta = \frac{P}{H \cdot (\varepsilon + \rho \cdot (1 - \varepsilon) \cdot Kd)}$$

η：除去土壌/廃棄物層からの浸出率(1/y)
 P：除去土壌/廃棄物層への降雨浸透水量(m/y)
 H：除去土壌/廃棄物層の厚さ(m)
 ε：除去土壌/廃棄物層の空隙率(-)
 ρ：除去土壌/廃棄物層のかさ密度(g/cm³)
 Kd：除去土壌/廃棄物層の分配係数(mL/g)

条件	ケース1	ケース2	ケース3
処分対象物	土壌	廃棄物（セメント固化物）	
処分場容量 m³	1,000,000	250,000	2,500
処分場タイプ	安定型相当	遮断型相当	
横幅 m	320	200	20
縦幅 m	320	250	25
深さ m	10	5	5
処分対象物の割合（充填率）	1	0.67	
除去土壌/廃棄物層浸透流速 m/y	0.4	0.1	
除去土壌/廃棄物層分配係数*1 mL/g	270	2.5	
地下水流速 m/y	1		
地下水移行シナリオにおける最大*2被ばく線量 mSv/y	5.6E-14	3.2E-12	6.0E-11

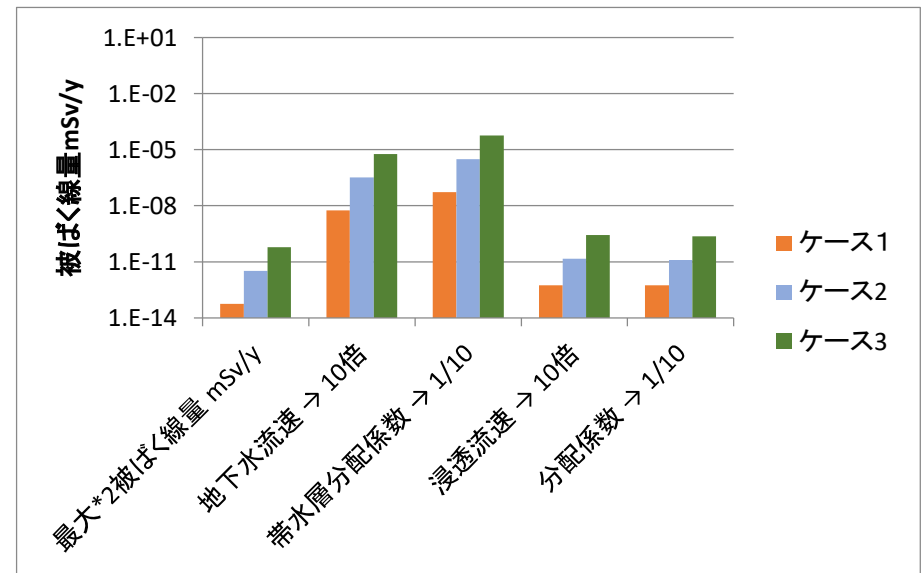
*1 分配係数モデル
 （除去土壌/廃棄物中の核種は除去土壌/廃棄物層内で瞬時に分配平衡になると仮定したモデル）
 *2 農畜産物摂取（成人）シナリオ

* 照 「低レベル放射性固化廃棄物の埋立処分の濃度上限値について（原子力安全委員会）」を参

地下水移行シナリオのパラメータ感度解析結果

- ・地下水移行シナリオの評価について、立地場所の地質環境条件によって変動する可能性のあるパラメータの感度解析を行った。
- ・具体的には、地下水流速、帯水層分配係数、浸透流速、除去土壌／廃棄物層の分配係数について、パラメータを変動させた。この結果、被ばく線量に変化は見られたが、いずれの場合も年間追加被ばく線量は1mSvを大きく下回った。

条件		ケース1	ケース2	ケース3
基本 ケース	処分対象物	土壌	廃棄物（セメント固型化物）	
	処分場容量 万m ³	100	25	0.25
	処分場タイプ	安定型相当	遮断型相当	
	横幅 m	320	200	20
	縦幅 m	320	250	25
	深さ m	10	5	5
	処分対象物の割合（充填率）	1	0.67	
	除去土壌/廃棄物層浸透流速 m/y	0.4	0.1	
	除去土壌/廃棄物層分配係数 ^{※1} mL/g	270	2.5	
	地下水流速 m/y	1		
	帯水層分配係数 mL/g	270		
	地下水移行シナリオにおける最大 ^{※2} 被ばく線量 mSv/y	5.6E-14	3.2E-12	6.0E-11
変動 ケース	地下水流速 → 10倍	5.5E-09	3.2E-07	5.9E-06
	帯水層分配係数 → 1/10	5.4E-08	3.1E-06	5.7E-05
	浸透流速 → 10倍	5.4E-13	1.5E-11	2.8E-10
	除去土壌/廃棄物層の分配係数 → 1/10	5.4E-13	1.3E-11	2.4E-10



※1 分配係数モデル

（除去土壌／廃棄物中の核種は除去土壌/廃棄物層内で瞬時に分配平行になると仮定したモデル）

※2 最大被ばく経路：農畜産物摂取(成人)シナリオ

評価パラメーター一覧表（埋立処分期間中の周辺公衆の外部被ばく）

評価対象		パラメータ	単位	選定値	設定根拠	
埋立処分 期間中	埋立地周辺居住 (外部被ばく)	被ばく中の減衰期間	y	1	IAEA RS-G-1.7では、各評価経路について被ばく期間（1年）の減衰を考慮しており、本試算でも被ばく期間（1年）中の放射能の減衰を考慮。	
		ケース1 埋立地からの外部被ばく線量換算係数	Cs-137	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	2.15E-03	MCNP計算コードにより算出。 線源形状：除去土壌層320m×320m×10mH、 除去土壌層開口部：100m□、 評価地点：埋立地縁から50m
		ケース2 埋立地からの外部被ばく線量換算係数	Cs-137	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	2.36E-04	MCNP計算コードにより算出。 線源形状：廃棄物層200m×250m×10mH、 廃棄物層開口制限：1 躯体20m×25m開口、 評価地点：埋立地縁から50m
		ケース3 埋立地からの外部被ばく線量換算係数	Cs-137	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.36E-05	MCNP計算コードにより算出。 線源形状：廃棄物層20m×25m×10mH、 廃棄物層開口制限：1 セル5 m×10m開口、 評価地点：埋立地縁から50m
		年間居住期間		h/y	8,760	保守的に1年間絶えず埋立地周辺で居住。
		遮へい係数		—	0.2	IAEA-TECDOC-401

評価パラメーター一覧表（埋立処分期間中における周辺公衆の粉塵吸入）



評価対象		パラメータ	単位	選定値	設定根拠
埋立処分 期間中	埋立地周辺居住 (粉塵吸入)	埋立地周辺空气中 ダスト濃度	g/m ³	2.4E-05	「管理型最終処分場への10万Bq/kg以下の指定廃棄物の埋立処分に係る線量評価について」(JAEA,平成25年3月4日)に基づき、戸外及び戸内におけるダスト濃度(戸外:1E-4(g/m ³)及び戸内:5E-06(g/m ³))より、居住者が居住時間の20%を戸外で過ごすとは仮定(重み付け平均値)
		微粒子への放射性物質の 濃度係数(吸入摂取)	—	4	IAEA Safety Reports Series No.44に示された吸入可能な粒子の濃縮係数。
		居住者の呼吸量(成人)	m ³ /h	0.96	ICRP Publ.23で示されている標準人の1日の呼吸量の数値2.3×10 ⁴ (L/d)を基に算定された値。
		居住者の呼吸量(子ども)	m ³ /h	0.22	IAEA Safety Reports Series No.44に示された1～2歳の居住者の呼吸率として示されている値。
		沈着速度	m/y	3.15E+05	「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」(原子力安全委員会、平成元年3月27日)において示された値(1cm/s)。
		ダストの地表面への沈着 割合	—	1	保守的に全て沈着すると仮定。
		沈着した放射性核種のうち 残存する割合	—	0.5	「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」(原子力安全委員会、平成元年3月27日)。

評価パラメーター一覧表（埋立処分後の地下水移行）

評価対象		パラメータ		単位	選定値	設定根拠
地下水移行 (井戸水利 用)	ソース ターム	ケース1	埋立地幅	M	320	埋立地寸法は、除去土壌/廃棄物層の寸法
			埋立地縦幅	M	320	
			埋立地深さ	m	10	
		ケース2	埋立地幅	m	200	
			埋立地縦幅	m	250	
			埋立地深さ	m	5	
		ケース3	埋立地幅	m	20	
			埋立地縦幅	m	25	
			埋立地深さ	m	5	
		コンクリート蓋厚（遮断型相当）		cm	35	コンクリート蓋厚は特措法の遮断型相当処分時の厚さを参照、覆土厚は廃棄物処分場の覆土厚を参照
		覆土厚		cm	50	
		除去土壌/廃棄物量の処分場容量に対する割合	安定型相当	%	100	安定型相当は撒き均し充填を想定し保守的に100%と設定。遮断型相当は指定廃棄物遮断型施設の廃棄物層の体積分率67.2%を参照。（暫定）
			遮断型相当		67	
		除去土壌/廃棄物層のかさ密度	安定型相当	g/cm ³	1.5	
			遮断型相当		2	
除去土壌/廃棄物層の空隙率	安定型相当	-	0.42	真密度 2.6g/cm ³ （盛土実証事業データ中間値；第11回戦略検討会）とかさ密度 1.5g/cm ³ から算定		
	遮断型相当		0.19		第2次TRUレポートに示されたセメントモルタルに対する値（管理型最終処分場への10万Bq/kg以下の指定廃棄物の埋立処分に係る線量評価について（JAEA））を踏襲	

評価パラメーター一覧表（埋立処分後の地下水移行）



評価対象		パラメータ	単位	選定値	設定根拠	
地下水移行 (井戸水利用)	Csの除去土壌/ 廃棄物層の 分配係数	土壌系	mL/g	270	IAEA TRS No.364（有機土壌、砂）。 （再生利用における追加被ばく線量評価等を踏襲）	
		セメント系		2.5	TRU-2 レポート に示されたセメントモルタルに対するCs の分配係数の 値を設定（指定廃棄物埋立処分評価を踏襲）	
		Srの除去土壌/ 廃棄物層の 分配係数	土壌系	mL/g	50	TRU-2 レポート に示された土壌に対するSr の分配係数の値を設定
			セメント系		1.3	TRU-2 レポート に示されたセメントモルタルに対するSr の分配係数の 値を設定
		除去土壌/廃 棄物層の 浸透水量	安定型相当	m/y	0.4	安定型相当については、クリアランスレベル評価で使用している日本の 浸透水量の平均値400mm（地下水ハンドブック）を設定。 遮断型相当については、「低レベル放射性固化廃棄物の埋立処分の濃度 上限値について（原子力安全委員会）」に基づき設定。
			遮断型相当		0.1	
	帯水層	帯水層厚さ		m	3	IAEA-TECDOC-401に示された値。
		帯水層空隙率		-	0.3	「水理公式集」（土木学会水理公式集改訂委員会、土木学会1971年） （IAEA-TECDOC-401で示されている値と同）。
		地下水流速（ダルシー流速）		m/y	1	「低レベル放射性固化廃棄物の埋立処分の濃度上限値について（原子力 安全委員会）」における地下水流速0.01m/d相当。
		地下水流方向の分散長		m	0	保守的に設定。
		帯水層密度		g/cm ³	2.6	「土質工学ハンドブック」に示された砂の土粒子の真密度を基に設定。
		Csの帯水層土壌の分配係数		mL/g	270	IAEA TRS No.364（砂）。 （再生利用における追加被ばく線量評価等を踏襲）
		Srの帯水層土壌の分配係数		mL/g	50	TRU-2 レポート に示された土壌に対するSr の分配係数の値を設定
	井戸水 摂取	被ばく中の減衰期間		y	1	IAEA RS-G-1.7では、各評価経路について被ばく期間（1年）の減衰を考 慮しており、本試算でも被ばく期間（1年）中の放射能の減衰を考慮。
		埋立地下流端から井戸までの 距離		m	50	産廃処分場の立地基準（居住敷地境界から50～100m）を参照
		井戸水の混合割合		-	0.33	「地下水ハンドブック」（地下水ハンドブック編集委員会編、(株)建設産 業調査会、1979年）
		人の年間飲料水摂取量 （成人）		m ³ /y	0.61	ICRP Publ.23の標準人の値を参考に、1日の摂取量を1.65Lとして算定さ れた値。
人の年間飲料水摂取量 （子供）		m ³ /y	0.1	IAEA Safety Reports Series No.44に示された値。		

評価パラメーター一覧表（埋立処分後の地下水移行）

評価対象	パラメータ	単位	選定値	設定根拠	
地下水移行 (井戸水 利用)	灌漑土壤	Csの農耕土壤の分配係数	mL/g	270	IAEA TRS No.364（有機土壤）。
		Srの農耕土壤の分配係数	mL/g	150	IAEA TRS No.364（有機土壤）。
		灌漑水量（畑、牧草地）	m ³ /m ² /y	1.2	「日本の農業用水」（農業水利研究会編、(株)地球社、1980年）に示された畑地に対する平均単位用水量4mm/dと年間灌漑日数300日程度に基づいて設定された値。
		土壤水分飽和度（畑、牧草地）	—	0.2	（「放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルについて」（放射線安全規制検討会、文部科学省、平成24年3月一部訂正）
		土壤実効表面密度	kg/m ²	240	U.S.NRC Regulatory Guide 1.109に示された値。
		灌漑土壤真密度	g/cm ³	2.6	「土質工学ハンドブック」（土質工学会編、1982年）に示された砂の粒子密度。
		実効土壤深さ	cm	15	U.S.NRC Regulatory Guide 1.109に示された値。
		放射性核種の土壤残留係数	—	1	保守的にすべての灌漑水中の放射性核種が土壤に残留すると仮定。
		灌漑土壤空隙率	—	0.3	「水理公式集」（土木学会水理公式集改訂委員会、土木学会、1971年）
		灌漑水年間生育期間	d	60	「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について(平成元年3月27日（平成13年3月29日一部改訂))」に示された葉菜に関する栽培期間の値（60d/y）。
		農作物（葉菜、牧草）の栽培密度	kg/m ²	2.3	「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針(平成元年3月27日（平成13年3月29日一部改訂))」に示された値（2.3kg/m ² ）。なお、IAEA SRS No.44では、1.5kg/m ² としている。
		放射性核種の農作物表面（葉菜、牧草）への沈着割合	-	1	保守的に全ての放射性核種が農作物表面へ沈着すると仮定。
		weathering効果による植物表面沈着放射性核種の除去係数	1/y	18.08	「発電用軽水型原子炉施設の安全評価における一般公衆の線量評価について」に基づき、weathering half-lifeを14日として計算された値。

評価パラメーター一覧表（埋立処分後の地下水移行）

評価対象		パラメータ		単位	選定値	設定根拠	
地下水移行 (井戸水利用)	農耕作業外部被ばく	年間作業時間		h/y	500	跡地利用シナリオの農耕作業の時間と同一に設定。	
		遮へい係数		-	1	保守的に遮へいを考慮しない。	
		外部被ばくに対する 線量換算係数	Cs-137	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	1.7E-01	クリアランスレベル評価で設定されている換算係数。 これは以下の条件の下、QAD-CGGP2Rコードにより算出された値。 線源の形状：高さ10m ³ 、半径500mの円柱、線源のかさ密度：2.0g/cm ³	
			Sr-90		2.2E-09		
	農耕作業 塵埃吸入	作業時のダスト濃度		g/m ³	5E-04		NUREG/CR-3585に示されたOPEN DUMP時及びIAEA-TECDOC-401に示された埋立処分場での埋立作業時における空气中ダスト濃度。
		作業者の呼吸量		m ³ /h	1.2		ICRP Publ.23で示されている標準人の労働（軽作業）時の呼吸量20L/minに基づく値。
		微粒子への放射性物質の濃縮係数（吸入摂取）		-	4	IAEA Safety Report Series No.44に示された吸入可能な粒子の濃縮係数。	
	農作物 摂取	農作物の輸送時間		d	0	保守的に、生産された農作物を直ちに消費する人を評価対象。	
		農作物の経根吸収係数		-	1	保守的に経根吸収係数を1に設定。	
		農作物の 年間摂取 量（成 人）	米	kg/y	71	「平成8年版国民栄養の現状」（厚生省保健医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1996年）	
			葉菜		12		
			非葉菜		45		
			果実		22		
		農作物の 年間摂取 量（子 ども）	米	kg/y	29	「平成9年版国民栄養の現状」（厚生省保健医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、1997年）	
葉菜			3				
非葉菜	23						
果実	22						

評価パラメーター一覧表（埋立処分後の地下水移行）

評価対象		パラメータ		単位	選定値	設定根拠
地下水移行 (井戸水利用)		米への移行係数	Cs	Bq/g-wet per Bq/g	7.1E-02	IAEA TRS No.364 (シリアル)
			Sr		1.80E-01	
		葉菜、非葉菜、果実 への移行係数	Cs		5.7E-02	IAEA TRS No.364 (ジャガイモ)
			Sr		5.5E-02	
		農作物の市場係数		-	1	自給自足を考慮して、最も保守的に設定。
	畜産物 摂取	放射性核種を含む飼料の 混合割合		—	1	保守的に、放射性核種を含む飼料のみで家畜 を飼育すると仮定。
		飼料への移行係数	Cs	Bq/g-dry per Bq/g	5.30E-01	IAEA TRS No.364(牧草)
			Sr		1.70E+00	
		家畜の飼料摂 取量	肉牛	kg-dry/d	7.2	IAEA TRS No.364において示された値に基づ き設定された値。
			乳牛		16.1	
			豚		2.4	
			鶏		0.07	
		家畜の飼育水 摂取量	肉牛	L/d	50	PNL-3209に示された値。
			乳牛		60	
			豚		10	
鶏	0.3					
畜産物の年間 摂取量 (成 人)	牛肉	kg/y	8	「平成8年版 国民栄養の現状」(厚生省保 健医療局健康増進栄養課監修)に記載されて いる1日当たりの摂取量を年間摂取量に換算 して設定された値。		
	豚肉		9			
	鶏肉		7			
	鶏卵		16			
	牛乳	L/y	44			
畜産物の年間 摂取量 (こど も)	牛肉	kg/y	3	「平成9年版国民栄養の現状」(厚生省保健 医療局健康増進栄養課監修、第一出版(株)、 1997年)		
	豚肉		4			
	鶏肉		3			
	鶏卵		10			
	牛乳	L/y	29			

評価パラメーター一覧表（埋立処分後の地下水移行）

評価対象		パラメータ		単位	選定値	設定根拠
地下水移行 (井戸水利用)	畜産物への 移行係数	牛肉	Cs	d/kg	5.0E-02	IAEA TRS No.364において示された値。
			Sr		8.0E-03	
		豚肉	Cs		2.4E-01	
			Sr		4.0E-02	
		鶏肉	Cs		1.0E+01	
			Sr		8.0E-02	
		鶏卵	Cs		4.0E-01	
			Sr		2.0E-01	
	牛乳	Cs	d/L	7.9E-03		
		Sr	2.8E-03			
	畜産物の市場係数		-	1	自給自足を考慮して最も保守的な値を設定。	
	淡水産物 摂取	淡水産物の地下水利用率		-	0.25	「日本の水質源（平成19年度版）」に記載された2005年データでは、養魚用水使用量の地下水利用率は24.9%であるため、地下水利用率として0.25を設定。
淡水産物（魚類）の年間摂取量（成人）		kg/y	0.7	「日本の統計1997年版」に記載されている平成6年の内水面養殖業の生産量の内、魚類の生産量の合計値76,579トンをもとに人口1億2千万人で除して算出。		
淡水産物（魚類）の年間摂取量（子ども）		kg/y	0.33	全年齢の魚介類合計摂取量の平均値(96.9g/日)と1-6歳の平均値(45.7g/日)の比(0.47)を成人の年間摂取量0.7kg/年に乗じた0.33kg/年を算出。		
魚類への濃縮係数		Cs	L/kg	2.0E+03	IAEA TRS No.364において示された値に基づき設定。	
		Sr		6.00E+01		
淡水産物の市場係数		-	1	自給自足を考慮して最も保守的な値を設定。		

評価パラメーター一覧表（埋立処分後の地下水移行）

評価対象		パラメータ		単位	選定値	設定根拠	
地下水移行 (井戸水利用)	畜産物への 移行係数	牛肉	Cs	d/kg	5.0E-02	IAEA TRS No.364において示された値。	
			Sr		8.0E-03		
		豚肉	Cs		2.4E-01		
			Sr		4.0E-02		
		鶏肉	Cs		1.0E+01		
			Sr		8.0E-02		
		鶏卵	Cs		4.0E-01		
			Sr		2.0E-01		
		牛乳	Cs		d/L		7.9E-03
			Sr		2.8E-03		
	畜産物の市場係数		-	1	自給自足を考慮して最も保守的な値を設定。		
	淡水産物 摂取	淡水産物の地下水利用率		-	0.25	「日本の水質源（平成19年度版）」に記載された2005年データでは、養魚用水使用量の地下水利用率は24.9%であるため、地下水利用率として0.25を設定。	
		淡水産物（魚類）の年間摂取量（成人）		kg/y	0.7	「日本の統計1997年版」に記載されている平成6年の内水面養殖業の生産量の内、魚類の生産量の合計値76,579トンをもとに人口1億2千万人で除して算出。	
		淡水産物（魚類）の年間摂取量（子ども）		kg/y	0.33	全年齢の魚介類合計摂取量の平均値(96.9g/日)と1-6歳の平均値(45.7g/日)の比(0.47)を成人の年間摂取量0.7kg/年に乗じた0.33kg/年を算出。	
		魚類への濃縮係数	Cs	L/kg	2.0E+03	IAEA TRS No.364において示された値に基づき設定。	
Sr			6.00E+01				
淡水産物の市場係数		-	1	自給自足を考慮して最も保守的な値を設定。			

評価パラメーター一覧表（運搬経路周辺公衆の外部被ばく）

評価対象		パラメータ		単位	選定値	設定根拠
運搬	運搬経路周辺居住（外部被ばく）	被ばく中の減衰期間		y	1	IAEA RS-G-1.7では、各評価経路について被ばく期間（1年）の減衰を考慮しており、本試算でも被ばく期間（1年）中の放射能の減衰を考慮。
		外部被ばく線量換算係数（運搬経路周辺居住）	Cs-137	$\mu\text{Sv/h}$ per Bq/g	8.6E-3	JAEA「管理型最終処分場への10万Bq/kg以下の指定廃棄物の埋立処分に係る線量評価について」におけるQAD計算値を踏襲。
		運搬経路沿いの居住者の被ばく時間		h/y	105	災害廃棄物安全評価検討会（第9回）資料11-2「災害廃棄物等の処理・処分のシナリオに対する線量評価結果の整理」に示された考え方を踏襲。運搬トラックが月に1,050台走行し、そのうちの半分のトラックが赤信号により停車している時間1分の間に被ばくするものとする。

内部被ばく線量係数(Sv/Bq)						
放射性核種	作業員(ICRP Publ.68)		一般公衆(ICRP Publ.72)			
	吸入	経口	吸入		経口	
			成人	子ども	成人	子ども
Cs134	9.60E-09	1.90E-08	6.60E-09	7.30E-09	1.90E-08	1.60E-08
Cs137	6.70E-09	1.30E-08	4.60E-09	5.40E-09	1.30E-08	1.20E-08
Sr90	7.90E-08	3.10E-08	3.80E-08	1.20E-07	3.10E-08	9.30E-08

【参考】Sr90の被ばく線量評価（ケース1）

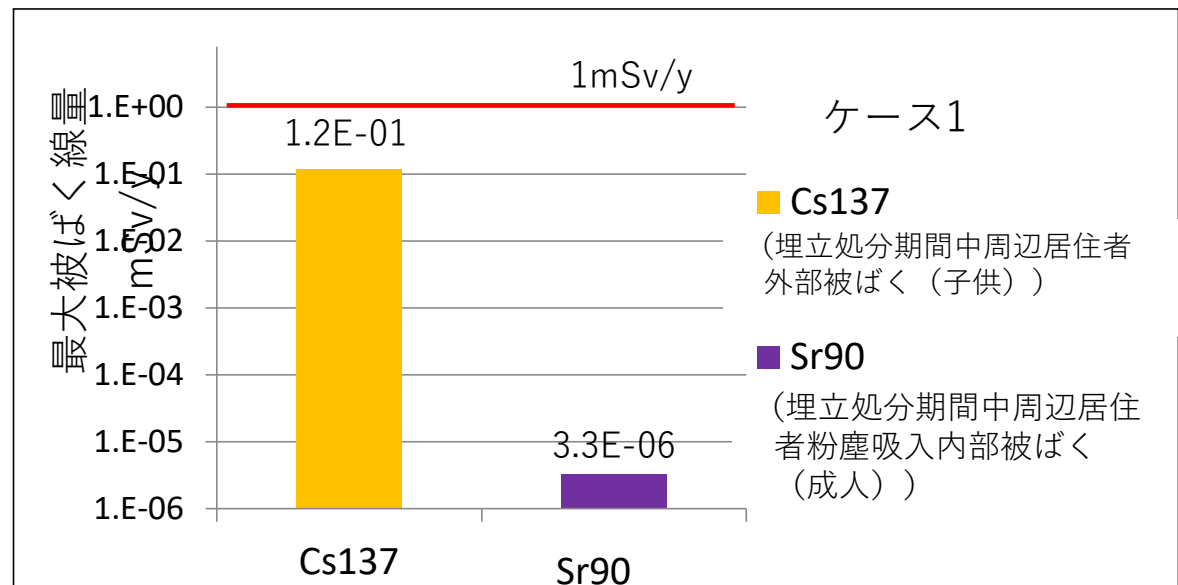
- ・第5回技術WGにおいて、「Cs137の濃度が数万Bq/kg程度以上となった場合、Sr90の濃度が高くなる（この場合のSr90の濃度はCs137濃度の概ね1/1000以下）」という事故後調査の結果を踏まえ、減容処理等によりCs137の放射能濃度が高くなる可能性を考慮して、Sr90の影響確認を今後行う。」としていた。
- ・このため、Sr90の被ばく影響について、環境省のこれまでの測定結果も踏まえつつ試算を行った（p9のケース1について試算）。
- ・この結果、Srによる被ばく線量は、全評価経路（埋立処分期間中、井戸水利用、埋設処分後）のうち、埋立処分期間中周辺居住者粉塵吸入内部被ばく（成人）が最大で 3.3×10^{-6} （0.0000033）mSv/yであり、Cs137の最大被ばく線量0.12mSv/y(埋立処分期間中周辺居住者外部被ばく（子供））に比べて4桁以上小さいレベルとなった。

【計算条件】

評価対象	ケース1	
	Cs	Sr
廃棄物種類	土壌	
放射能濃度 Bq/kg at2025	約30,000	13.5 *
処分場タイプ	安定型相当	
処分場容量 万m3	100	
横幅 m	320	
縦幅 m	320	
深さ m	10	
充填率	1	

*環境省の測定結果を踏まえて設定

【計算結果】



放射性核種	内部被ばく線量係数(Sv/Bq)					
	作業者(ICRP Publ.68)		一般公衆(ICRP Publ.72)			
	吸入	経口	吸入		経口	
			成人	子ども	成人	子ども
Cs137	6.70E-09	1.30E-08	4.60E-09	5.40E-09	1.30E-08	1.20E-08
Sr90	7.90E-08	3.10E-08	3.80E-08	1.20E-07	3.10E-08	9.30E-08



16. これまでの理解醸成等の取組

【参考】これまでの理解醸成等の取組

○技術開発戦略の中間目標年以前から行ってきた環境省メディアを中心とした情報発信を始め、2021年度からは全国的な理解醸成の施策の強化、2022年度からは重点的に理解醸成等の取組を行う対象への取組強化等を実施。さらに、2024年度からは試行的な車座対話を実施するなど、より良い双方向のコミュニケーションに向けての取組を強化。

中間目標年

全国的な理解醸成の強化

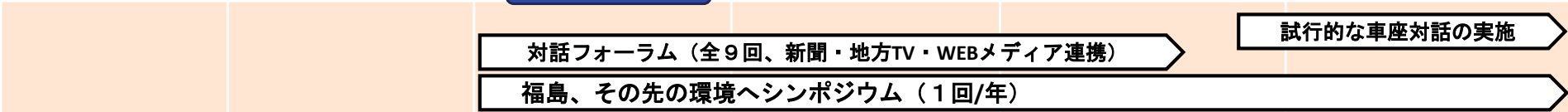
(※) 現時点の数字であり、今後増加の可能性あり



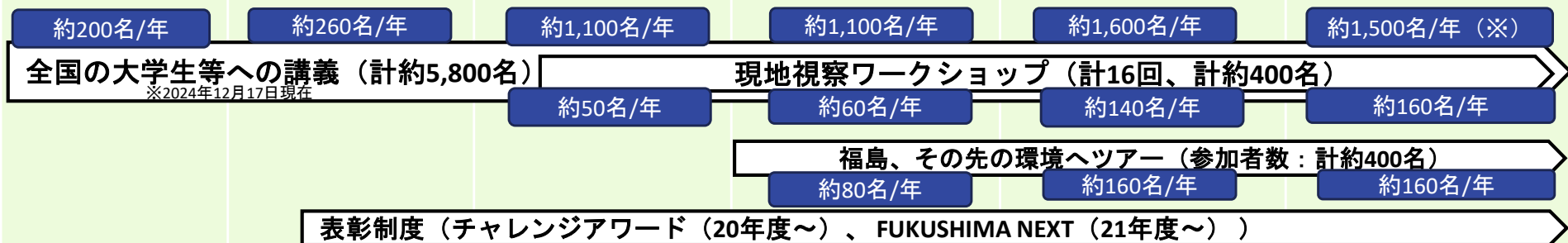
現地視察の実施



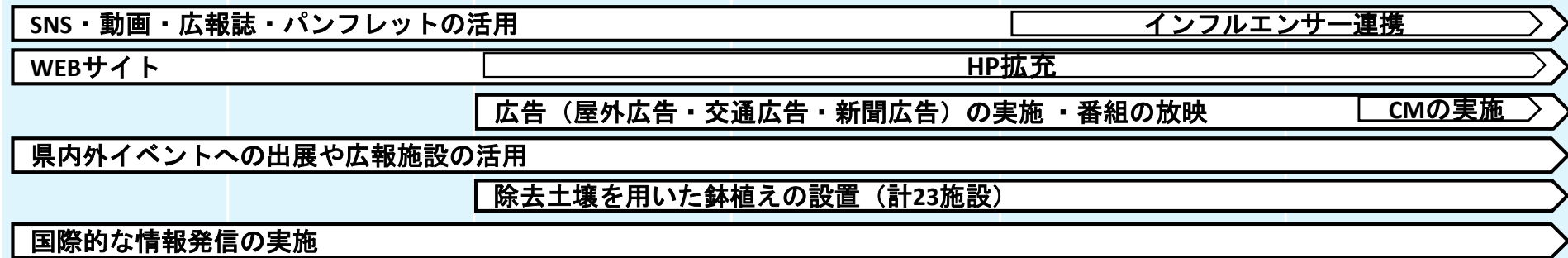
コミュニケーションに係る取組の実施



若い世代向けの施策



メディア等を通じた情報発信





17. 理解醸成等の取組への参加者に対するアンケート結果

取組目標に対する達成状況（理解醸成関係）

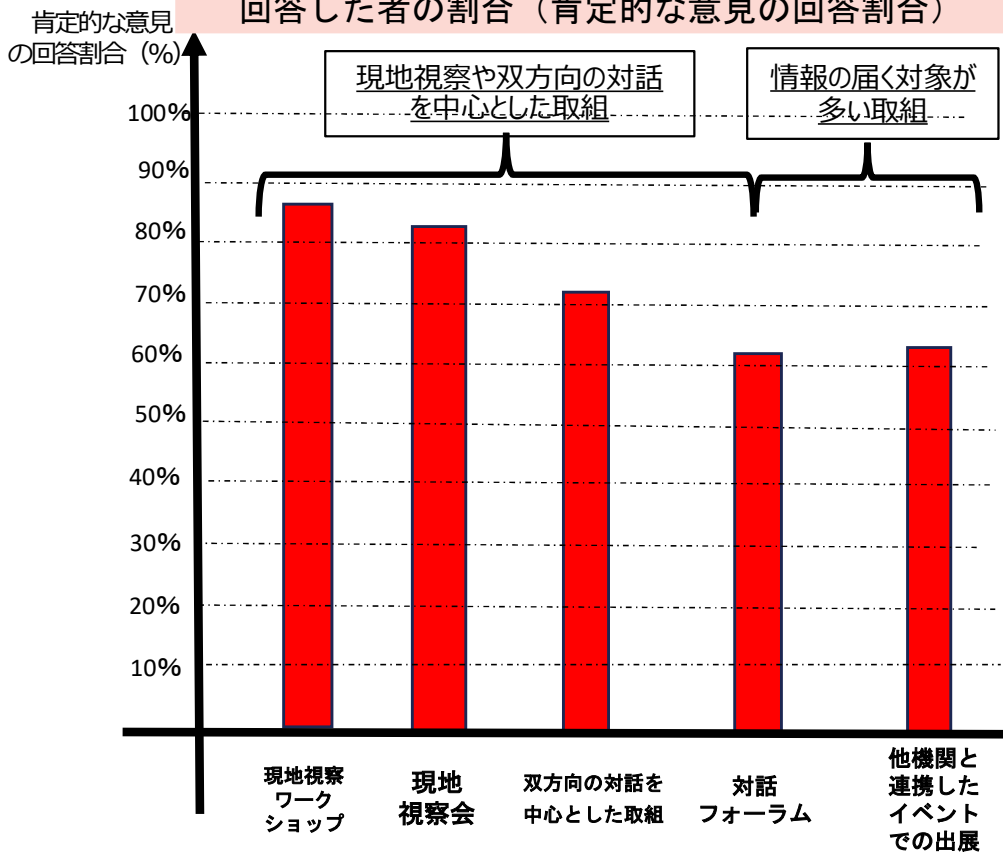
理解醸成等の取組への参加者に対するアンケートによる効果検証の取組 ①取組ごとのアンケート結果

I. 再生利用の安全性、必要性

- これまで現地視察ワークショップ、現地視察会、双方向の対話を中心とした取組、対話フォーラム及び他機関と連携したイベントでの出展において、参加者に対する事後アンケートを実施した(この頁以降のアンケート調査の結果の数値は、各種取組のアンケート調査の開始時から令和6(2024)年11月末現在までの調査の結果を示している)。
- 参加者に対するアンケート調査によると、情報の届く対象が多い取組と比較して、**現地視察や双方向の対話を中心とした取組は、必要性・安全性への理解度や共感が高い傾向が見られた。**

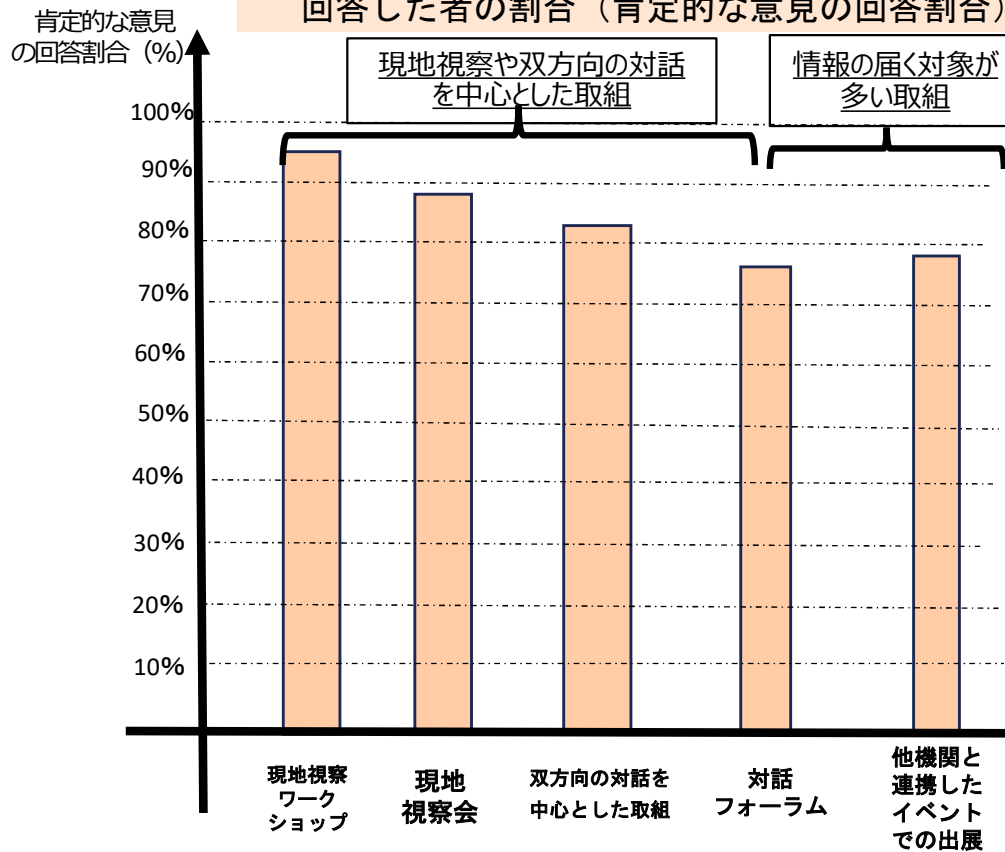
【再生利用の安全性】

※「そう思う/どちらかといえばそう思う」と回答した者の割合（肯定的な意見の回答割合）



【再生利用の必要性】

※「そう思う/どちらかといえばそう思う」と回答した者の割合（肯定的な意見の回答割合）



取組目標に対する達成状況（理解醸成関係）

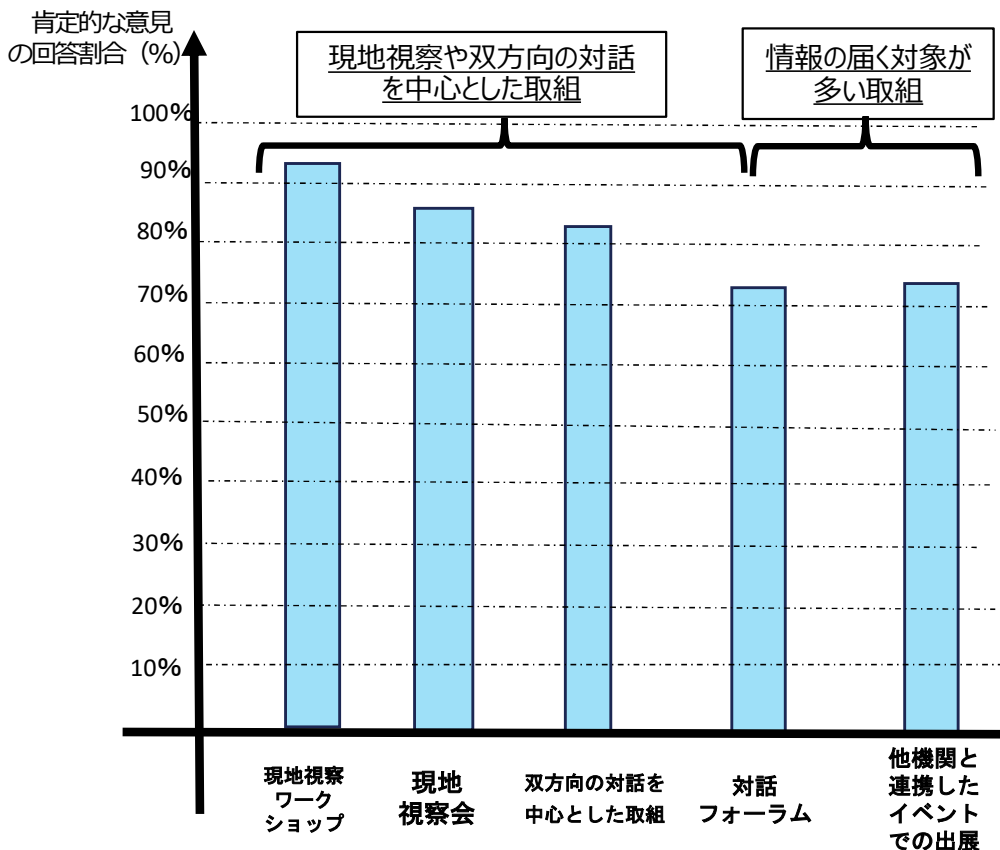
理解醸成等の取組への参加者に対するアンケートによる効果検証の取組 ①取組ごとのアンケート結果

Ⅱ. 再生利用の賛否

○参加者に対するアンケートによると、情報の届く対象が多い取組と比較して、現地視察や双方向の対話を中心とした取組は、再生利用への受容性は高い傾向が見られた。

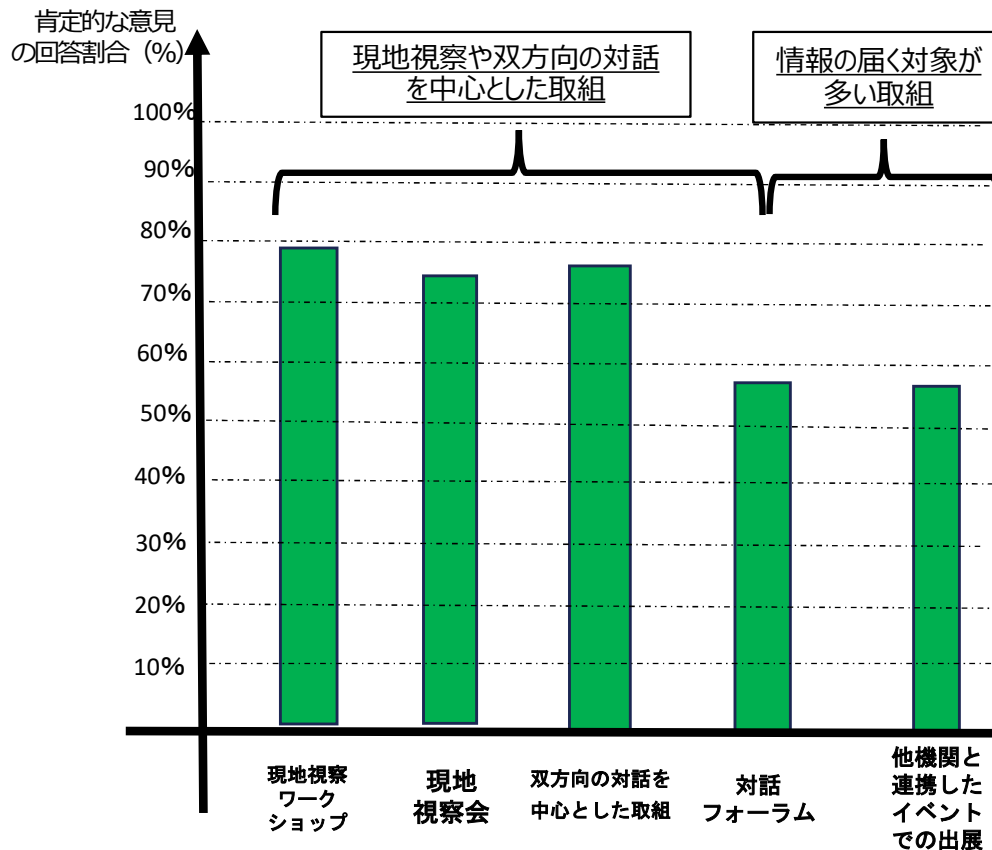
【再生利用の賛否】

※「賛成/どちらかといえば賛成」と回答した者の割合（肯定的な意見の回答割合）



【自らの居住地での再生利用の賛否】

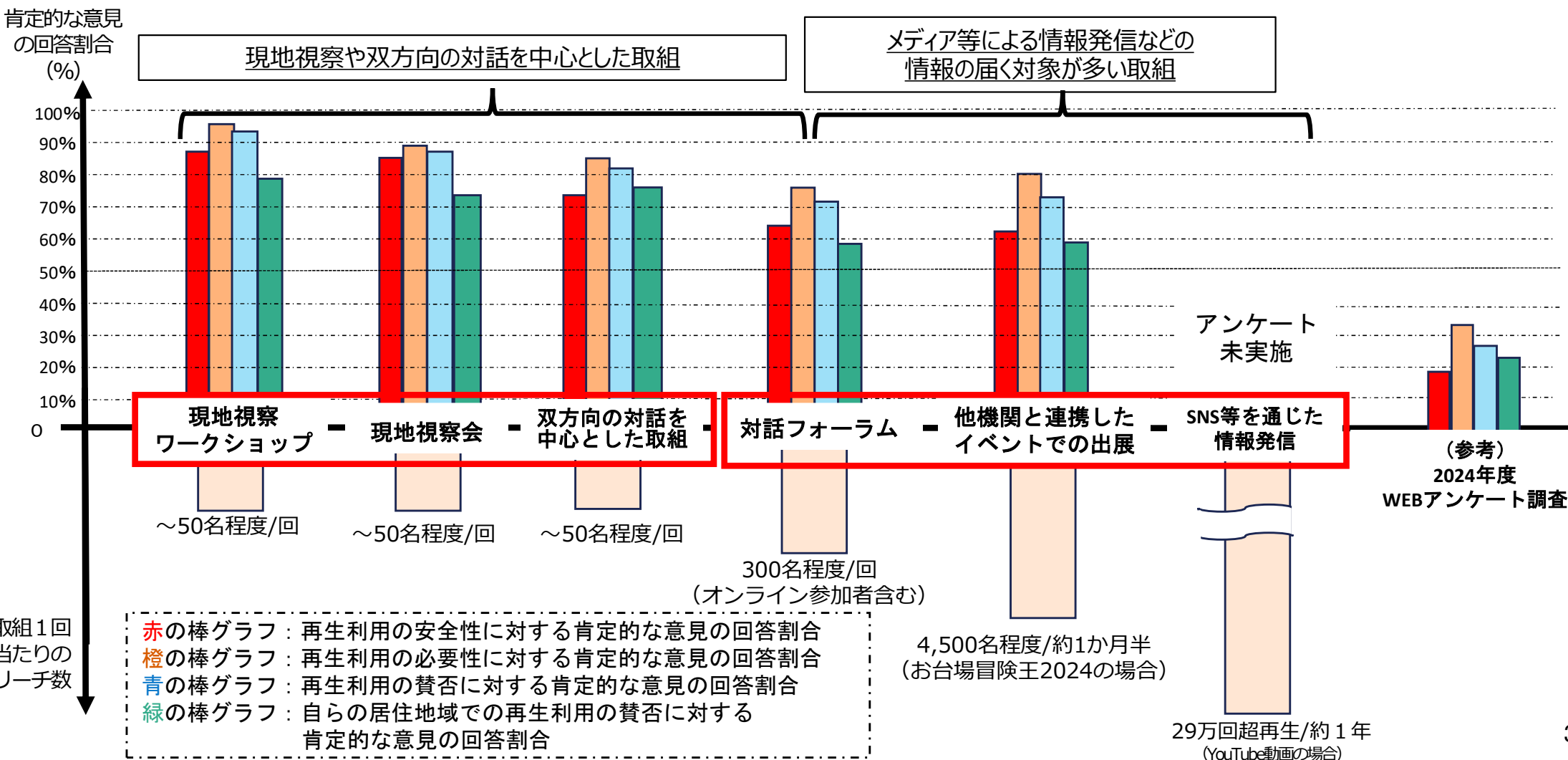
※「よいと思う/どちらかといえばよいと思う」と回答した者の割合（肯定的な意見の回答割合）



取組目標に対する達成状況（理解醸成関係）

理解醸成等の取組への参加者に対するアンケートによる効果検証の取組 ②アンケート結果と参加者の関連性

○参加者に対するアンケートによると、メディア等による情報発信などの情報の届く対象が多い取組と比較して、現地視察や双方向の対話を中心とした取組は取組1回当たりの参加者数は少ないが、必要性・安全性への理解度、共感や再生利用への受容性は高い傾向が見られた。





18. 全国的なWEBアンケート調査の結果

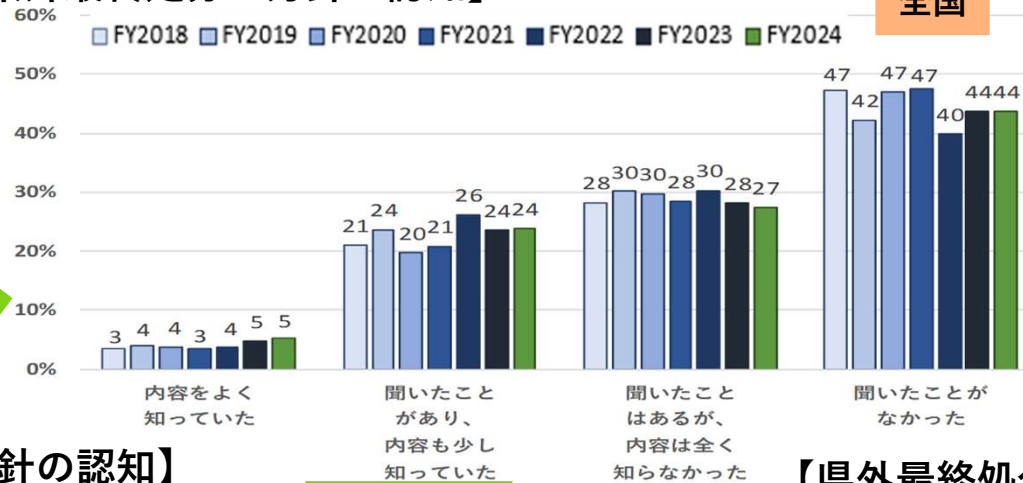
取組目標に対する達成状況（理解醸成関係）

WEBアンケート調査

I. 認知度 a.全国、県内外別

○全国的なWEBアンケート調査について、平成30(2018)年度から令和6(2024)年度までの経年変化を見ると、最終処分の方針に係る認知度については、福島県内で約5割、福島県外で約2割であり、概ね横ばいで推移。

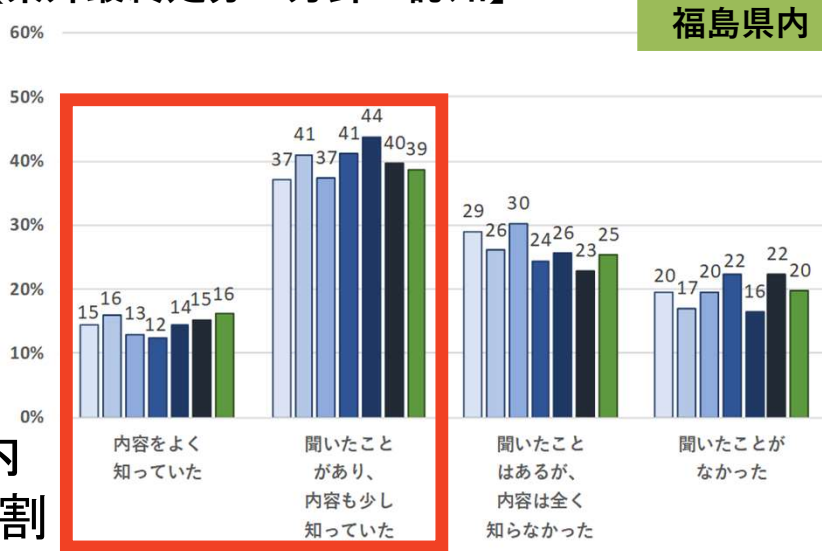
【県外最終処分の方針の認知】



福島県内

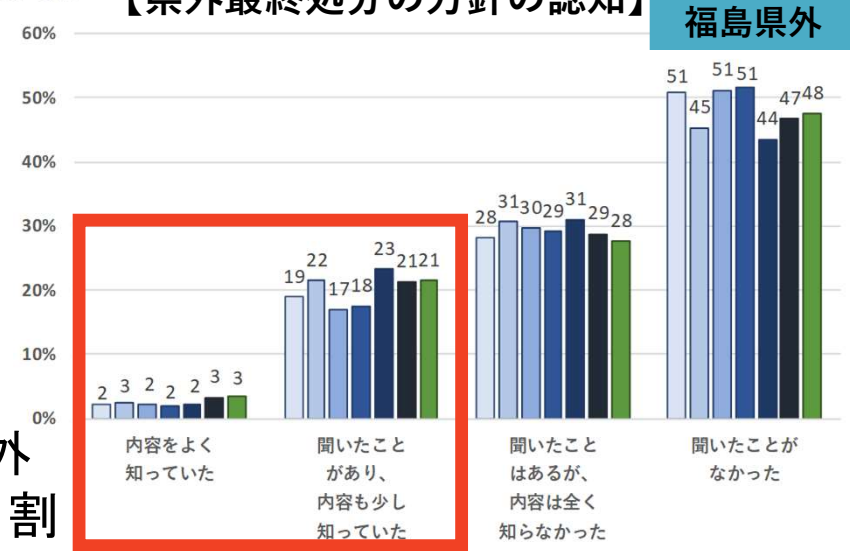
福島県外

【県外最終処分の方針の認知】



県内
約5割

【県外最終処分の方針の認知】



県外
約2割

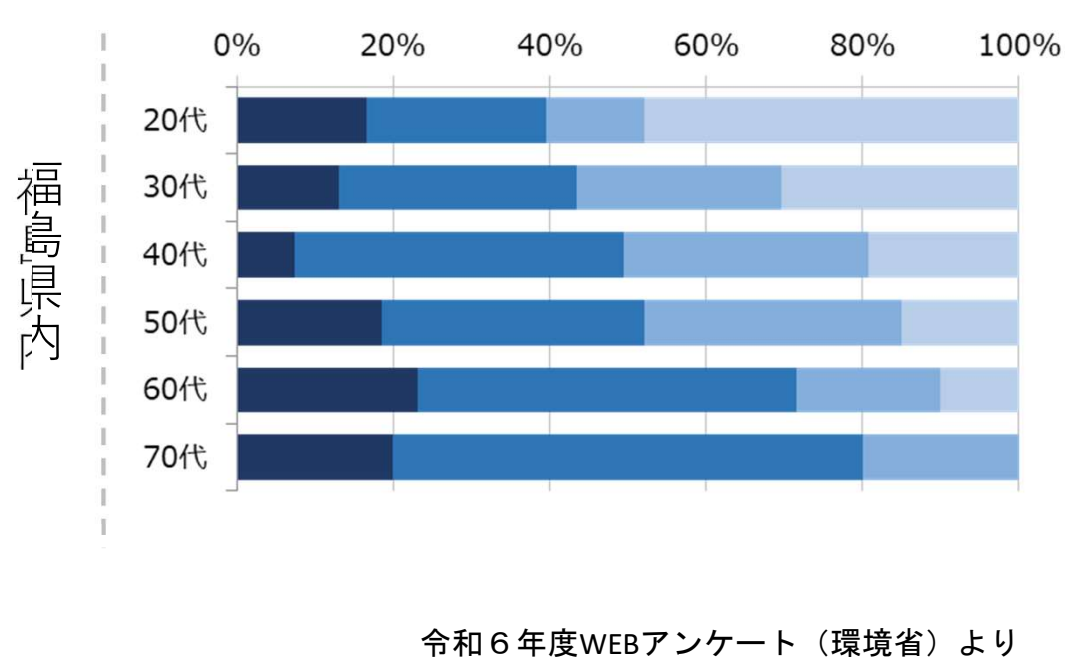
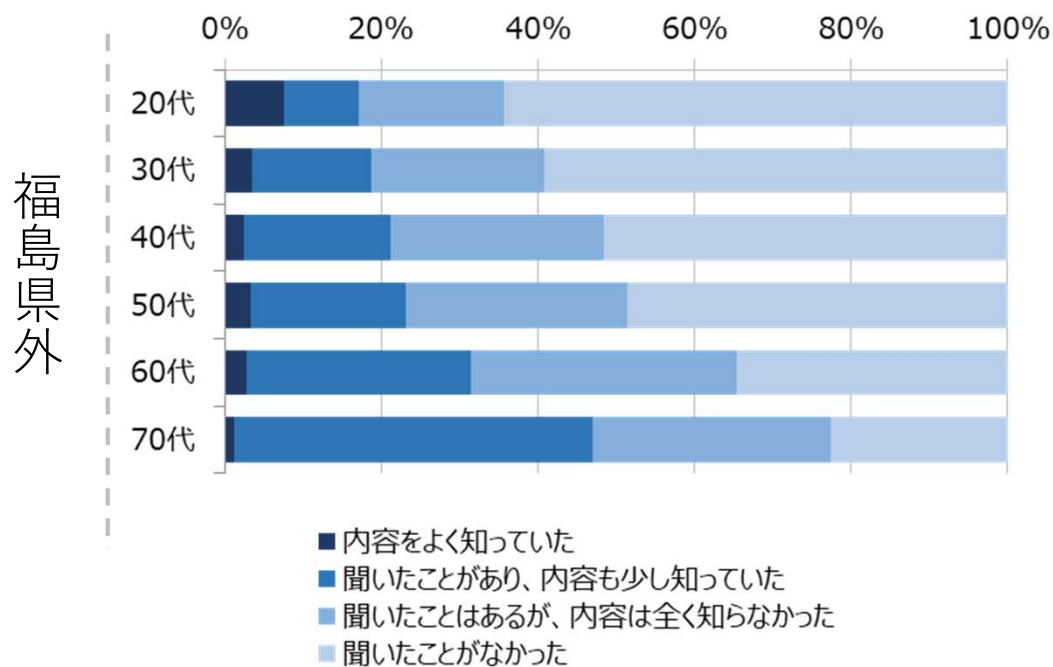
取組目標に対する達成状況（理解醸成関係）

WEBアンケート調査

I. 認知度 b.年代別

○ 県外最終処分の方針の認知度は、若い世代で低い傾向にある。

Q あなたは、除去土壌等が中間貯蔵開始後30年以内に福島県外において最終処分されると法律で定められていることをどの程度ご存知でしたか



令和6年度WEBアンケート（環境省）より

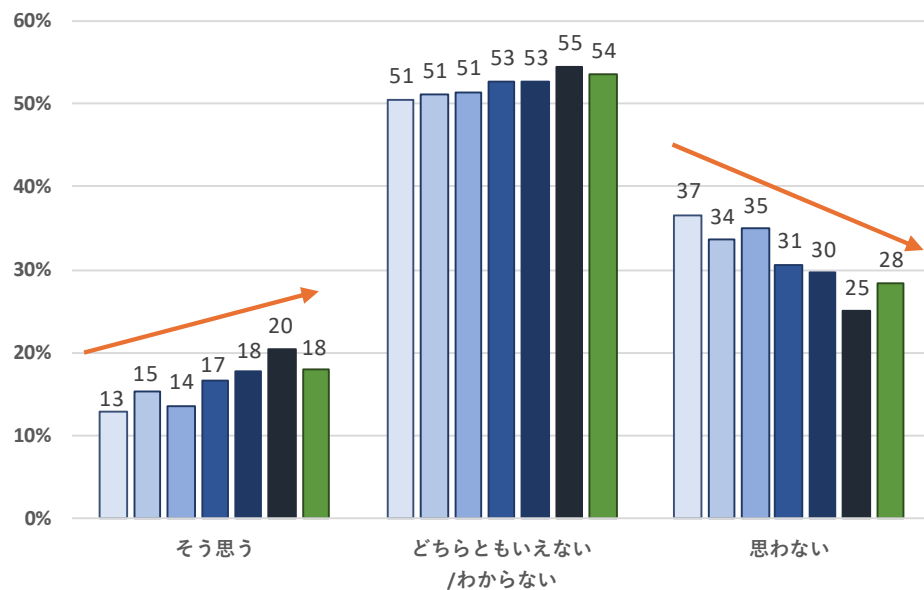
取組目標に対する達成状況（理解醸成関係）

WEBアンケート調査

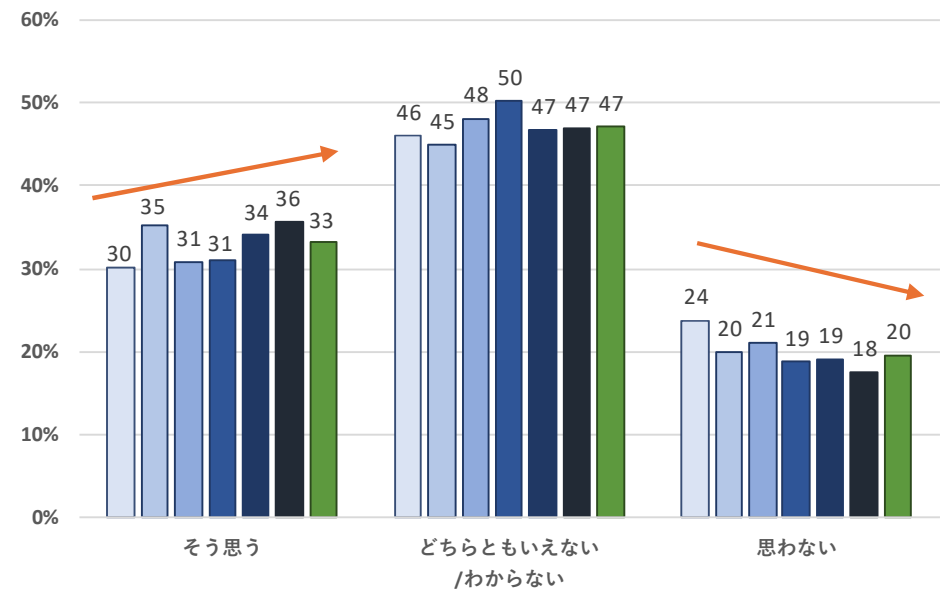
Ⅱ. 再生利用の安全性、必要性

○再生利用の安全性と必要性を尋ねる設問については、全体的な傾向として、「そう思う」が増加し、「そう思わない」が減少する状況が見られた。

【再生利用の安全性】



【再生利用の必要性】



【再生利用の安全性】 【再生利用の必要性】

※ そう思う：「そう思う・どちらかといえばそう思う」合算値
 ※ どちらともいえない/わからない：「どちらともいえない・わからない」合算値
 ※ そう思わない：「そう思わない・どちらかといえばそう思わない」合算値

■ FY2018 ■ FY2019 ■ FY2020 ■ FY2021 ■ FY2022 ■ FY2023 ■ FY2024

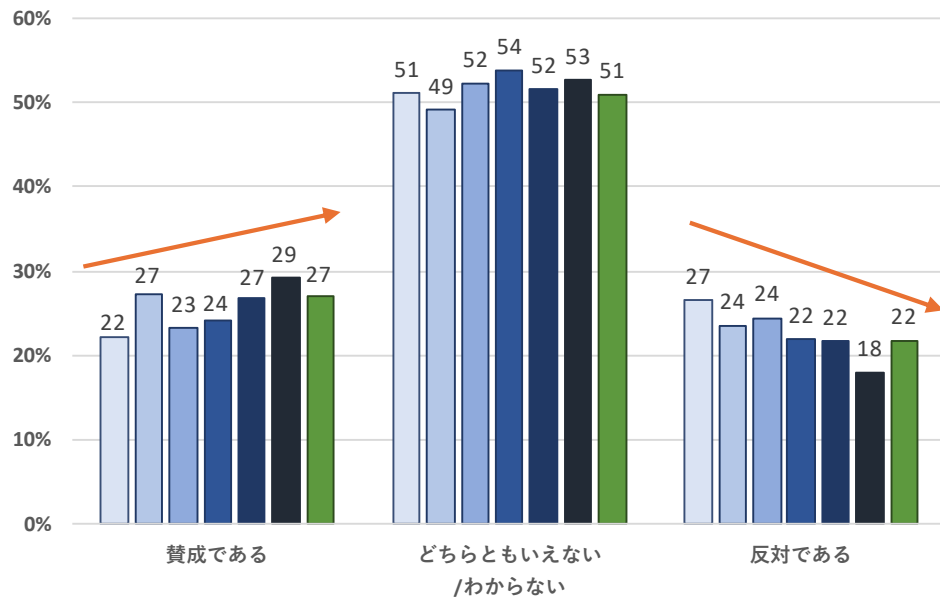
取組目標に対する達成状況（理解醸成関係）

WEBアンケート調査

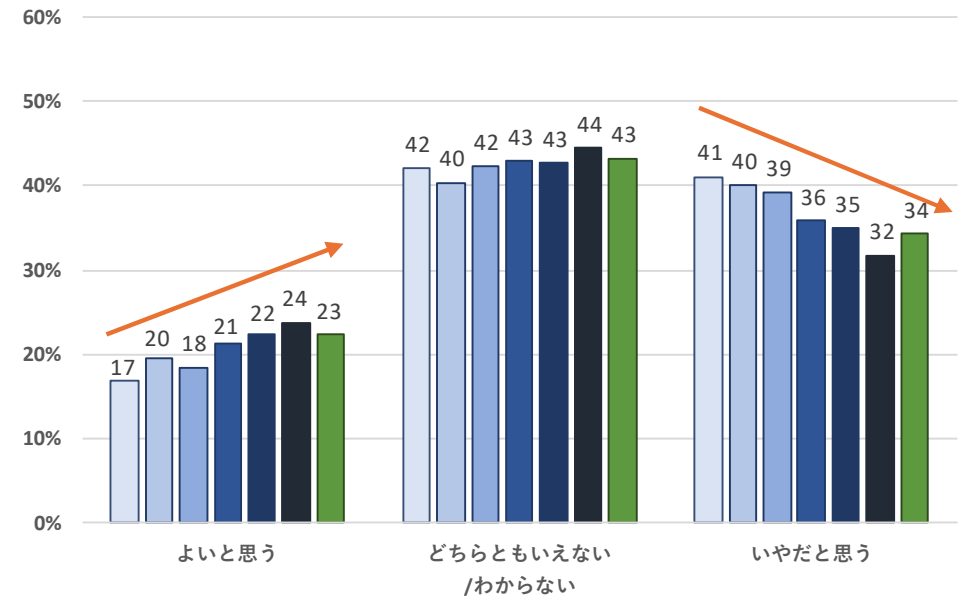
Ⅲ. 再生利用の賛否

○再生利用の賛否や自らの居住区での再生利用を尋ねる設問については、全体的な傾向として、賛成が増加し、反対が減少する状況が見られた。

【再生利用の賛否】



【自らの居住地での再生利用の賛否】



※ 賛成である：「賛成である・どちらかといえば賛成である」合算値
 ※ どちらともいえない/わからない：「どちらともいえない・わからない」合算値
 ※ 反対である：「反対である・どちらかといえば反対である」合算値

※ よいと思う：「よいと思う・どちらかといえばよいと思う」合算値
 ※ どちらともいえない/わからない：「どちらともいえない・わからない」合算値
 ※ いやだと思う：「いやだと思う・どちらかといえばいやだと思う」合算値

■ FY2018 ■ FY2019 ■ FY2020 ■ FY2021 ■ FY2022 ■ FY2023 ■ FY2024