

復興再生利用に係るガイドライン（案）

参考資料

2025年〇月

- 1 南相馬市仮置場における試験盛土造成実証事業
- 2 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）
- 3 中間貯蔵施設内における道路盛土実証事業
- 4 除去土壌の再生利用等に関するIAEA専門家会合最終報告書で示された結論
- 5 追加被ばく計算における評価パラメーター一覧
- 6 中間貯蔵施設への除去土壌の輸送に係る事故時対応について

1 南相馬市仮置場における試験盛土造成実証事業

南相馬市における再生利用実証事業の概要

【事業概要】

- 2017年5月より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2021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。



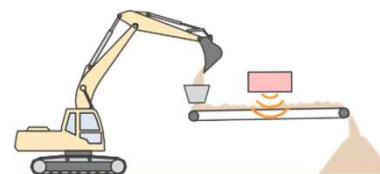
② 小さな異物の除去

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

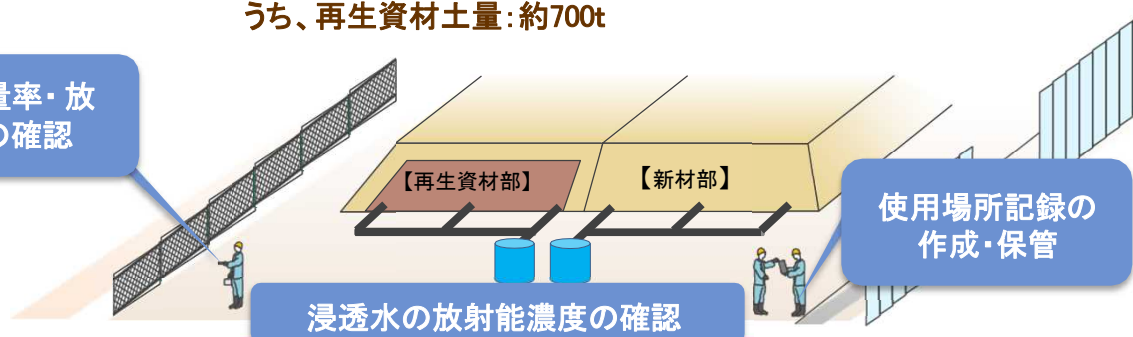
うち、再生資材土量:約700t

・平均放射能濃度771Bq/kg

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

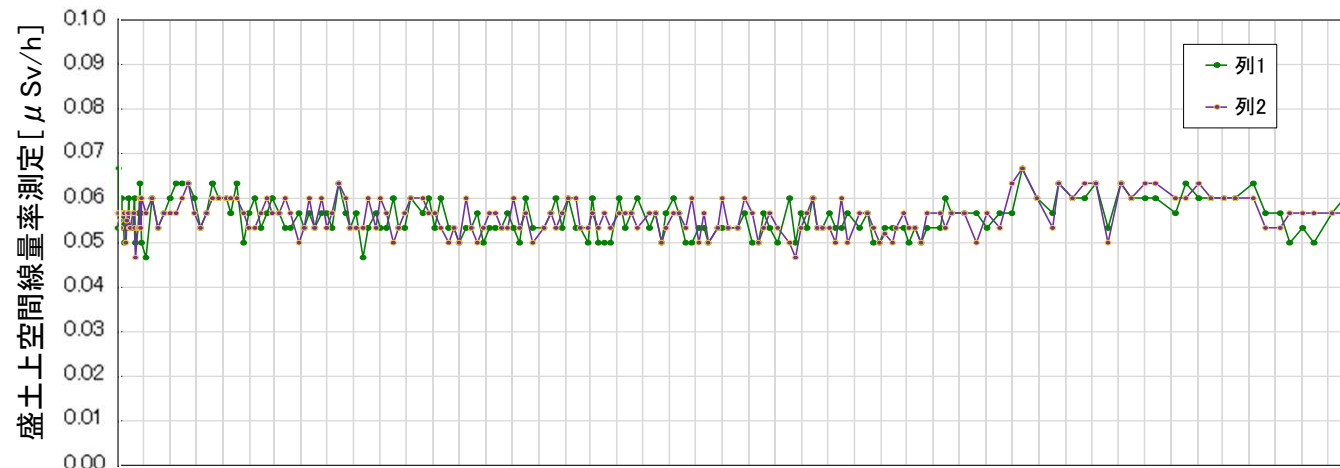
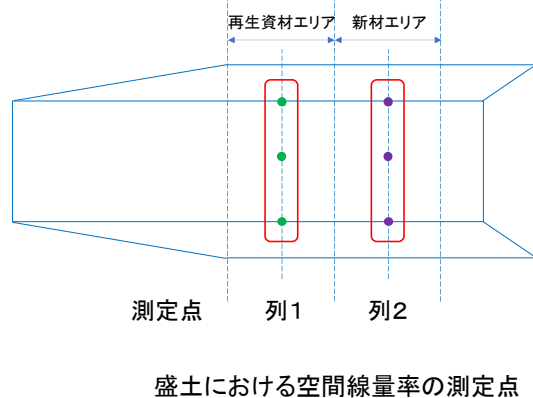


周辺空間線量率及び浸透水について

- 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。

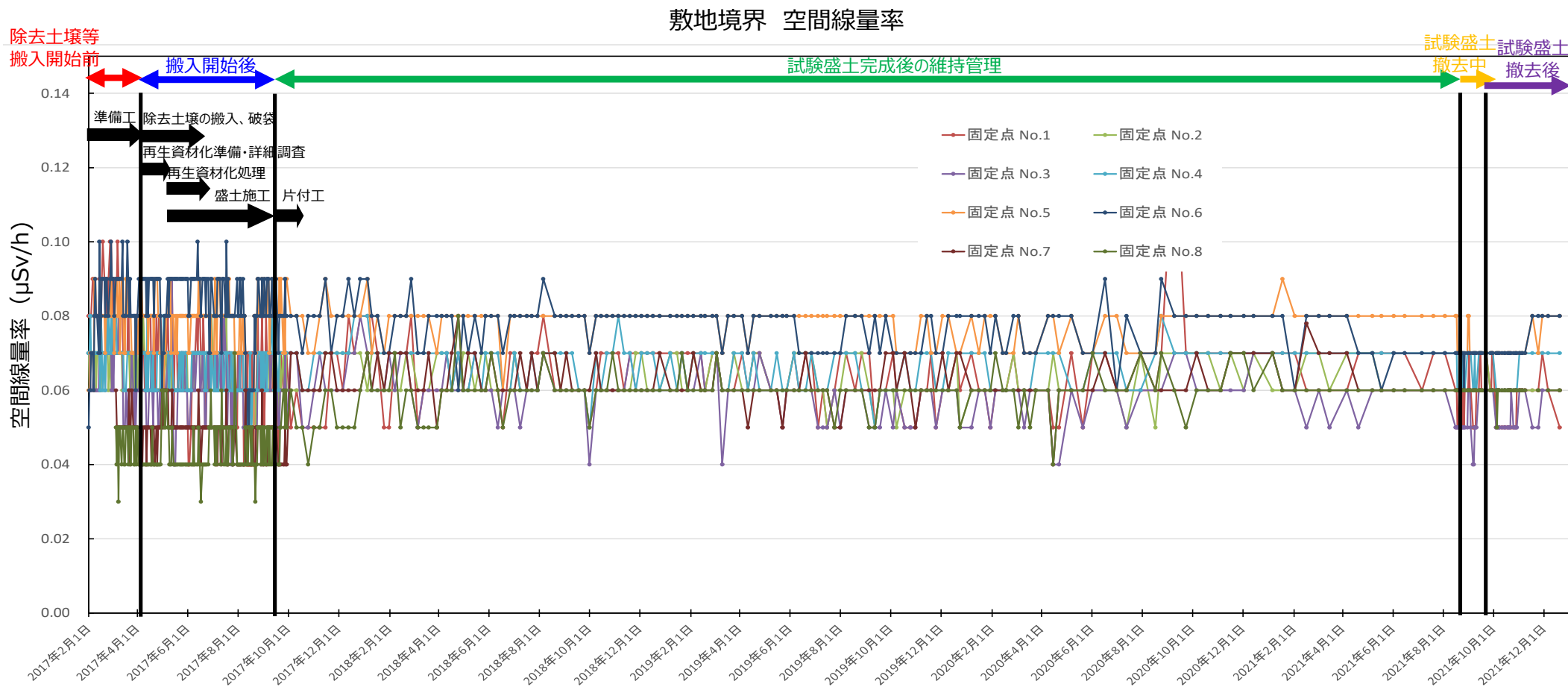
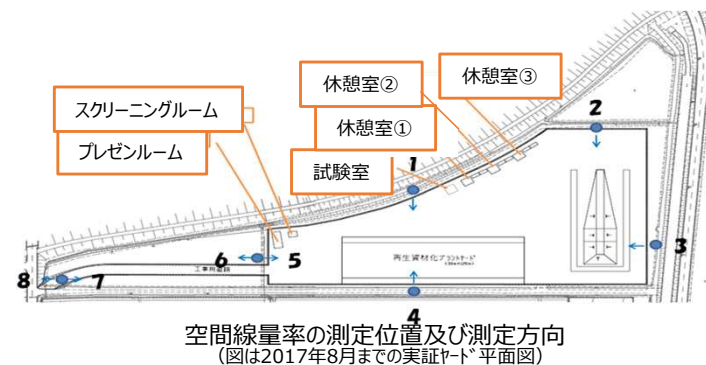


浸透水の集水設備の概観

敷地境界の空間線量率①

【空間線量率】

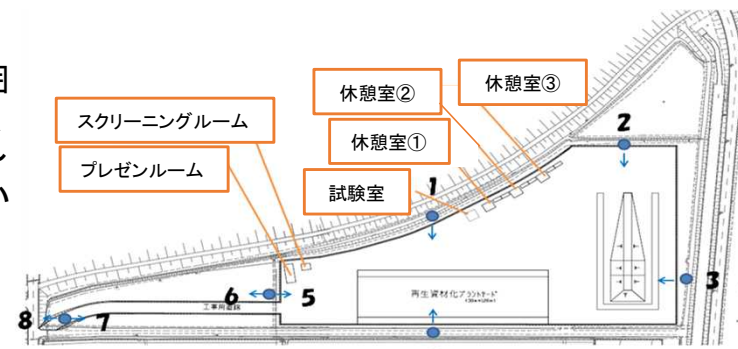
- NaIシンチサーベイメータにより、6地点（のべ8方向）での測定を実施。
- 片付工を完了した2017年10月以降は測定頻度を週1度程度、2020年4月以降は測定頻度を月2度程度、試験盛土の撤去工を開始した2021年8月半ば以降は測定頻度を毎日（但し休工日を除く）として測定を実施。（いずれも測定位置は変更なし）
- 除去土壌搬入・破袋開始前から空間線量率の変動幅は概ね0.04~0.09 $\mu\text{Sv/h}$ である。2020年9月に固定点No.1で0.13 $\mu\text{Sv/h}$ を示したが、それ以降、2021年8月半ばの試験盛土の撤去工開始以降も含め、他地点の測定値お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



敷地境界の空間線量率②

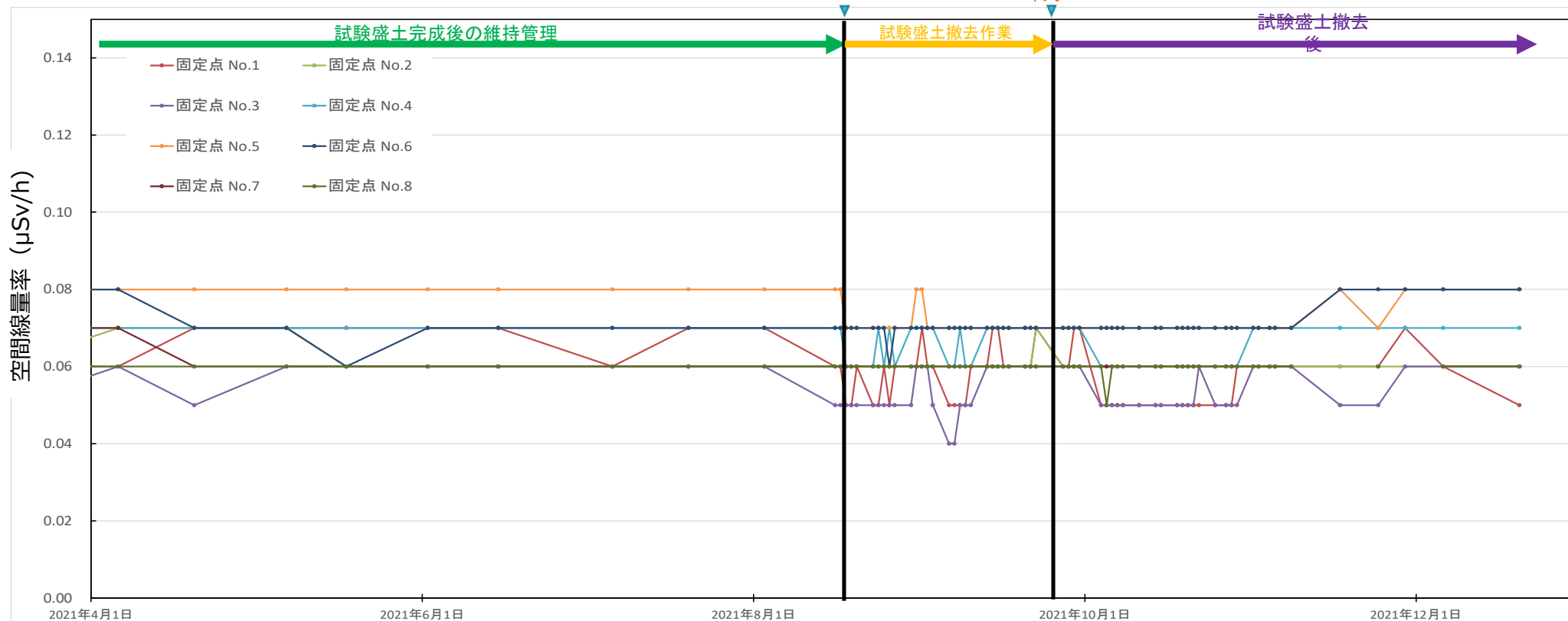
【空間線量率】

- 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0.04~0.09 $\mu\text{Sv/h}$ 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0.05~0.08 $\mu\text{Sv/h}$ の範囲)、それに対して、試験盛土撤去中は0.04~0.08 $\mu\text{Sv/h}$ の範囲、試験盛土撤去後は0.05~0.08 $\mu\text{Sv/h}$ 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。



敷地境界 空間線量率

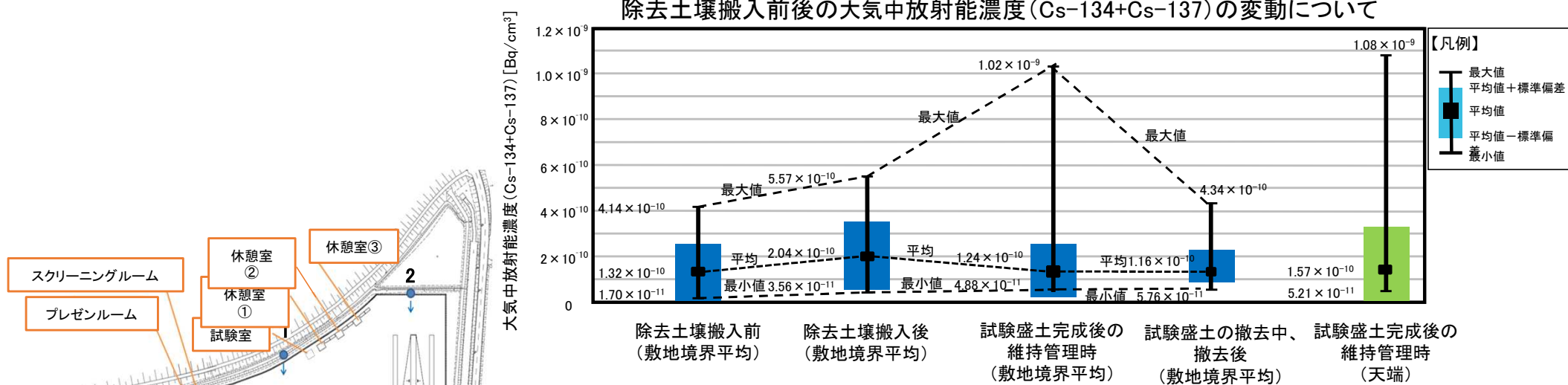
空間線量率の測定位置及び測定方向
(図は2017年8月までの実証ヤード平面図)



大気中の放射能濃度

【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月半ば以降は、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壌搬入前から盛土完成以降、2021年8月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。



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 盛土天端	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)	$2.34 \times 10^{-11} \sim 9.81 \times 10^{-11}$	$2.35 \times 10^{-11} \sim 9.71 \times 10^{-10}$
	試験盛土の撤去中、撤去後 (2021年8月半ば～2021年12月上旬)	$2.56 \times 10^{-11} \sim 3.84 \times 10^{-11}$	$3.02 \times 10^{-11} \sim 3.96 \times 10^{-10}$
盛土天端	試験盛土完成後の維持管理時 (2017年9月～2021年8月上旬)	$2.50 \times 10^{-11} \sim 9.43 \times 10^{-11}$	$2.24 \times 10^{-11} \sim 1.01 \times 10^{-9}$

2 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。

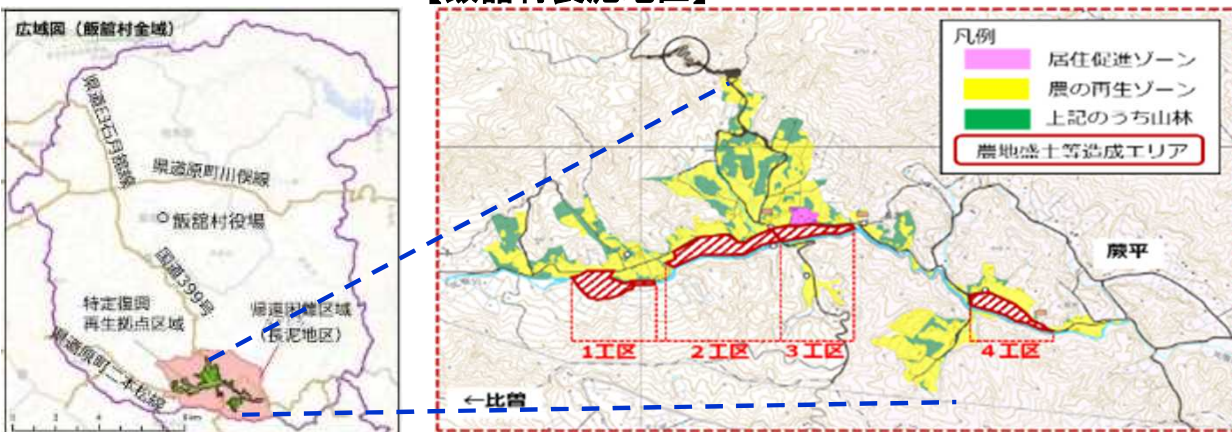
【事業の経緯】

- 2018年より飯舘村長泥地区における農地造成実証事業(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1層目の覆土が概ね完了。今後は、作土による2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。

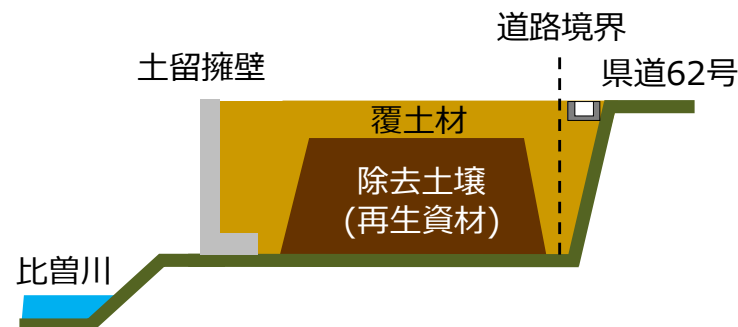
【飯舘村長泥地区】



飯舘村長泥地区における農地造成実証事業
(環境再生事業)現場2工区、3工区農地盛土造成状況

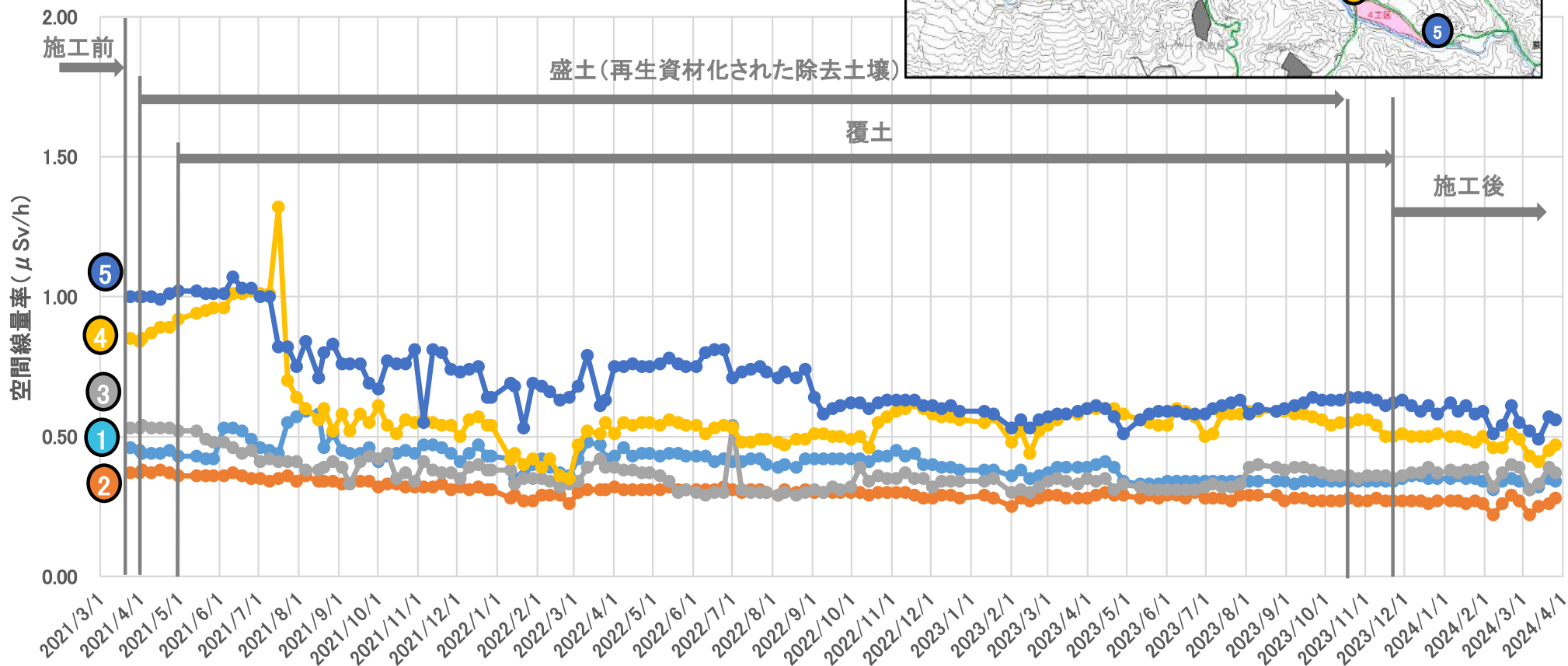
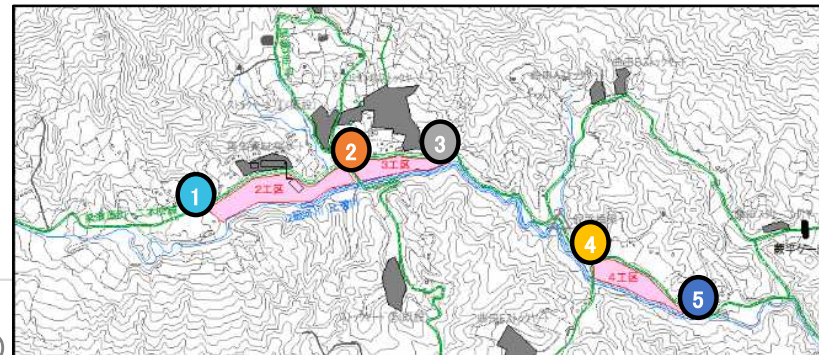


造成後のイメージ



空間線量率

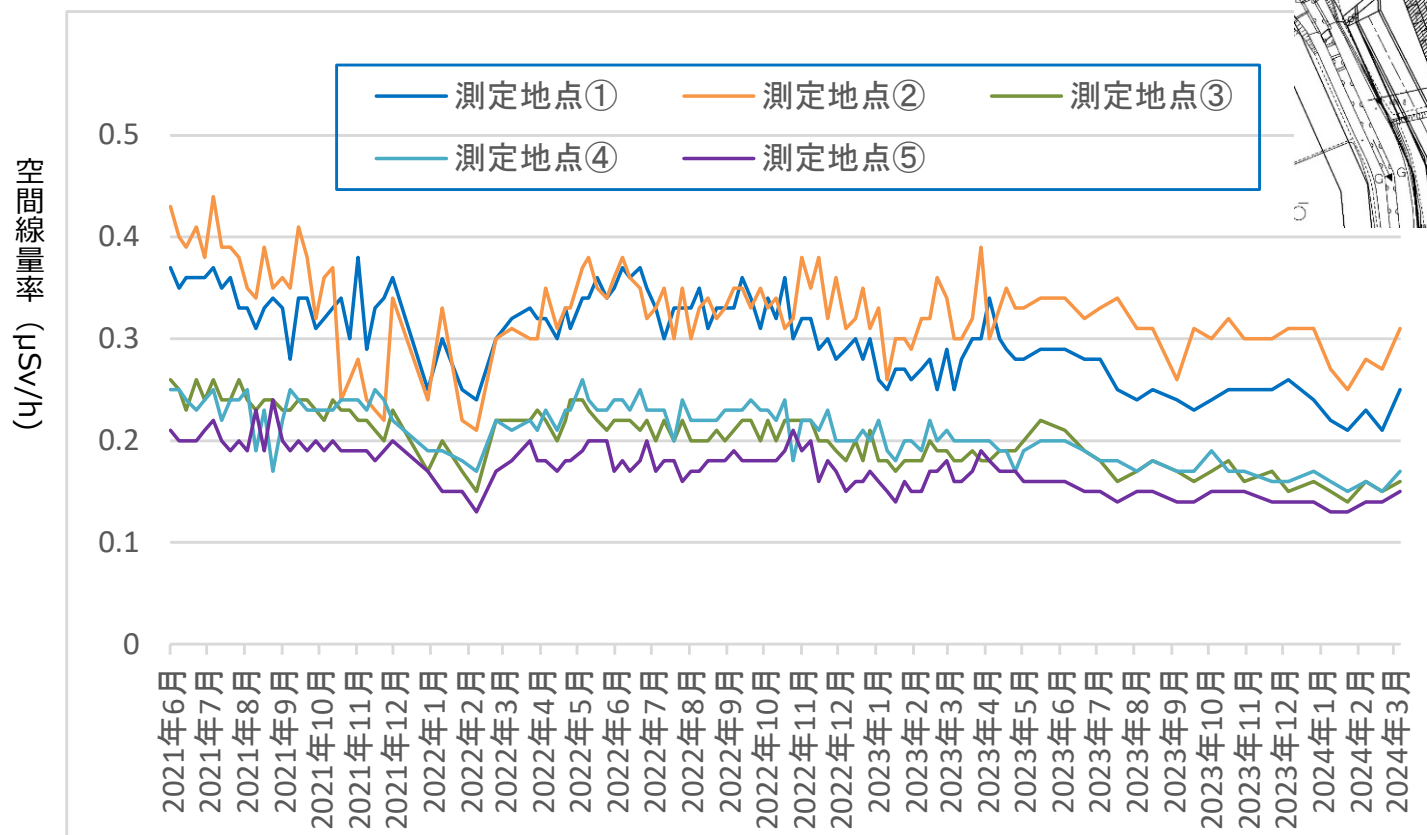
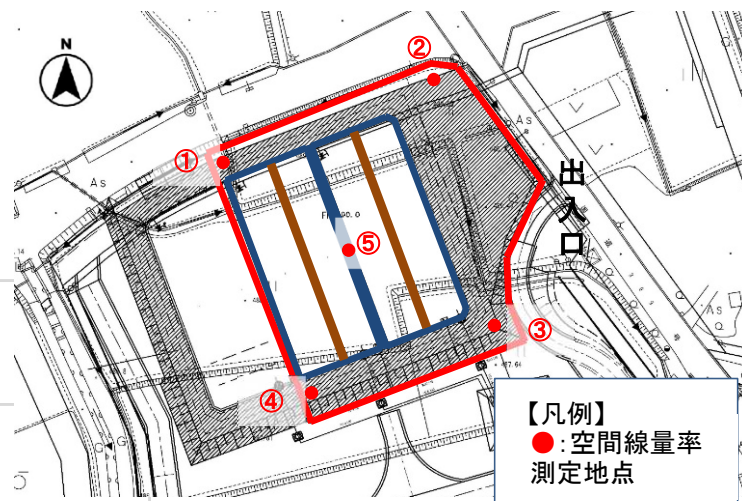
○施工前、施工中及び施工後における境界部の空間線量率は、0.22～1.32 $\mu\text{Sv/h}$ で推移したが、施工後は施工前の数値以下で推移。



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 $\mu\text{Sv/h}$
	施工中	2021年3月29日～2023年11月21日		0.25～1.32 $\mu\text{Sv/h}$
	施工後	2023年11月22日～2024年3月26日		0.22～0.63 $\mu\text{Sv/h}$

水田試験時の空間線量率

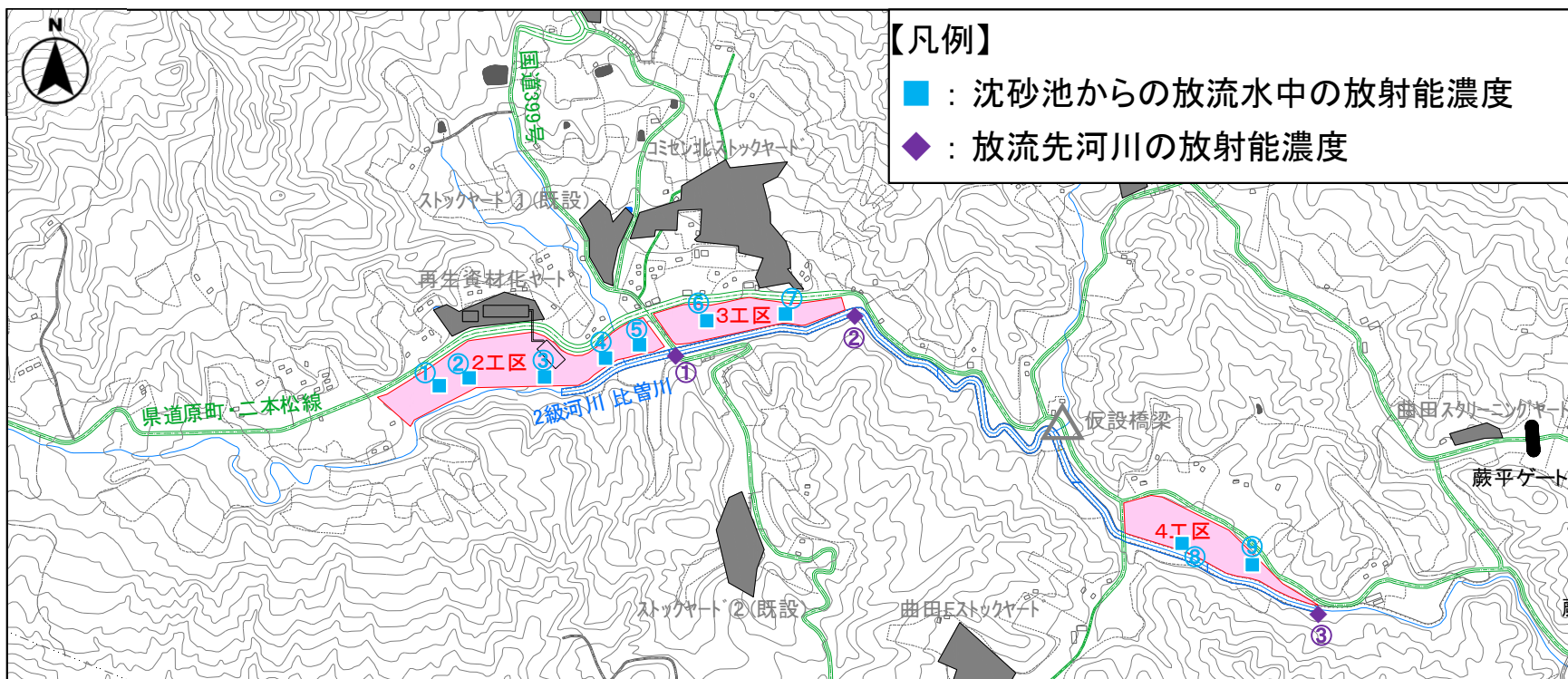
○水田試験を実施している期間における空間線量率は、
0.13~0.44 μ Sv/hで推移。



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 μ 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

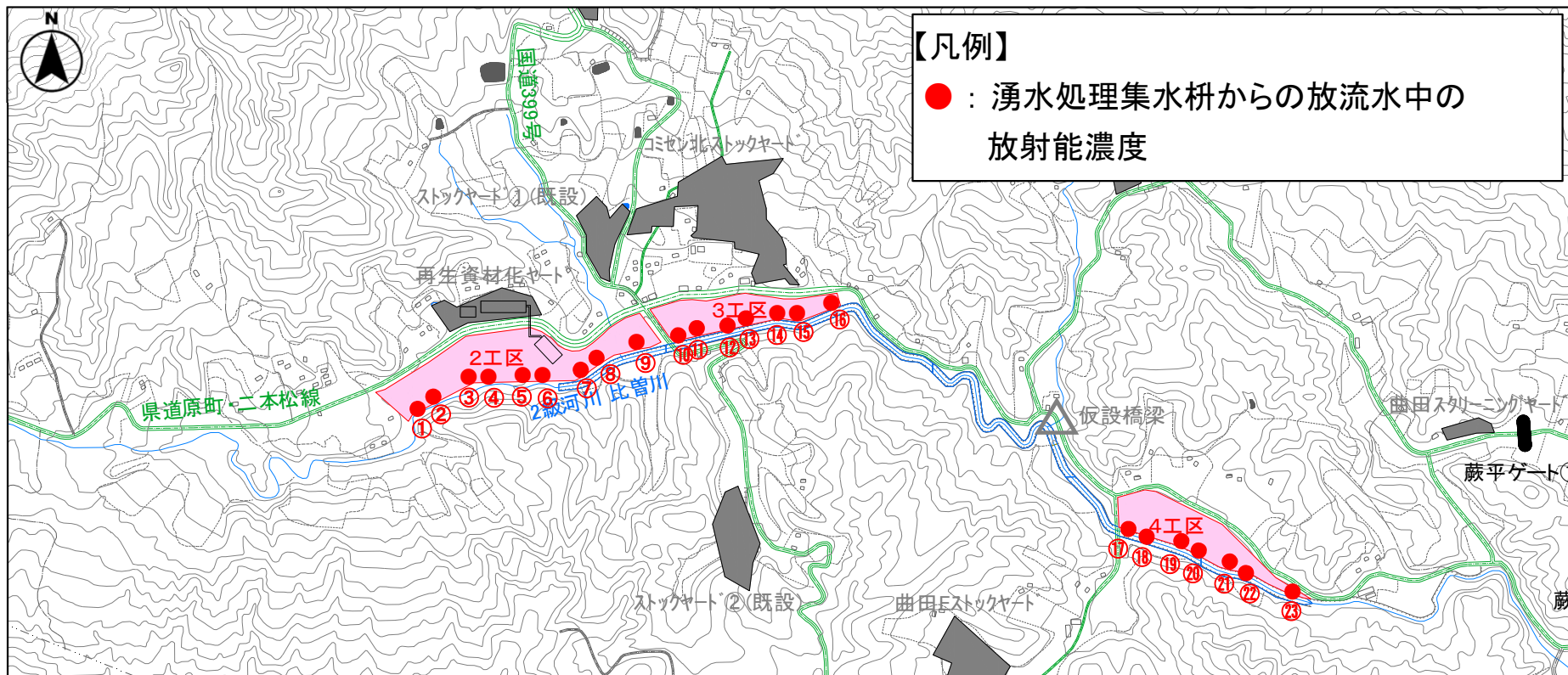
○農地造成している期間における沈砂池(盛土に設置)からの放流水中の放射能濃度を測定し、安全性を確認している。



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

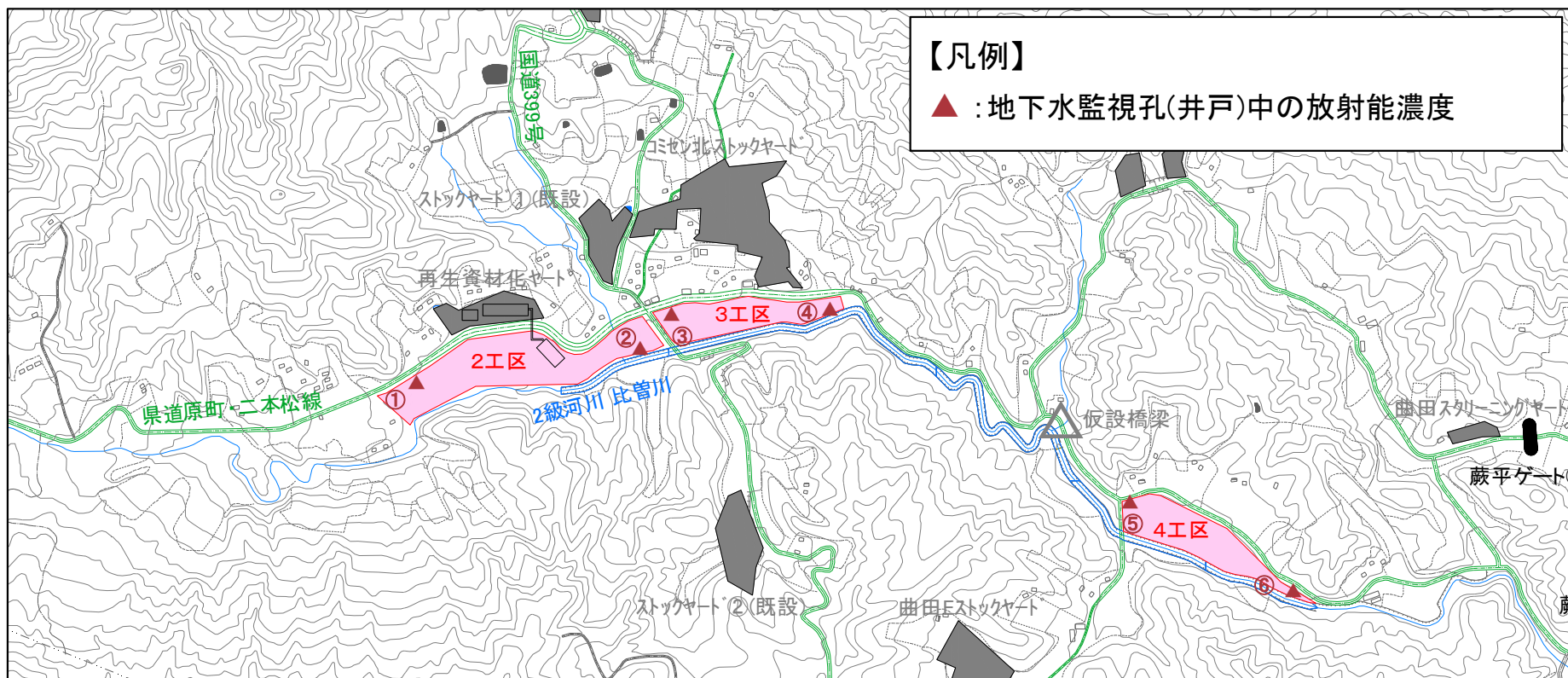
○農地造成している期間における湧水処理集水枡(擁壁と河川の間)に設置された集水枡からの放流水中の放射能濃度を測定し、安全性を確認している。



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

空気中の放射能濃度

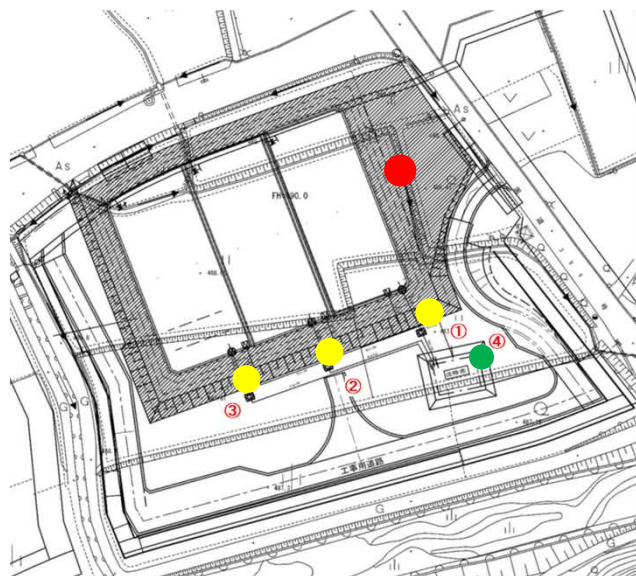
○農地造成している期間における空気中の放射能濃度を測定し、安全性を確認している。



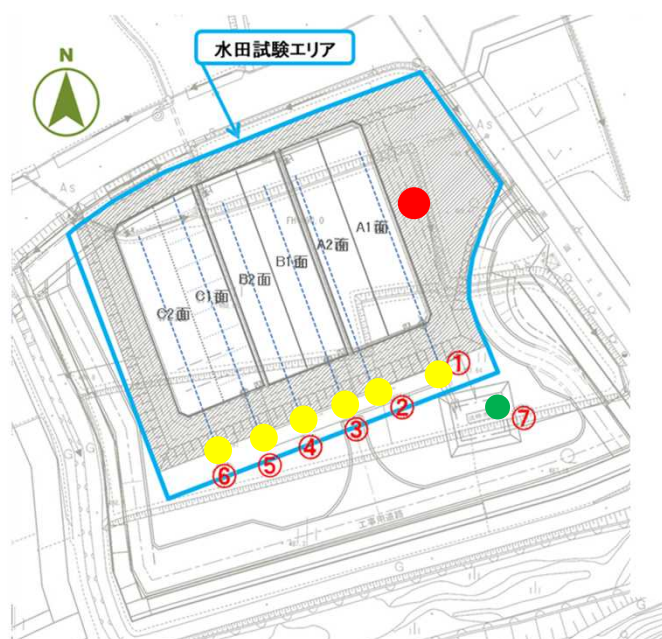
主な測定項目	測定期間	結果の概要	測定頻度
空気中の放射能濃度	2021年9月22日～2024年3月19日	全て検出下限値 (Cs134: 1.0×10^{-7} Bq/cm ³ 、Cs137: 1.0×10^{-7} Bq/cm ³) 未満であることを確認した。	月1回

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

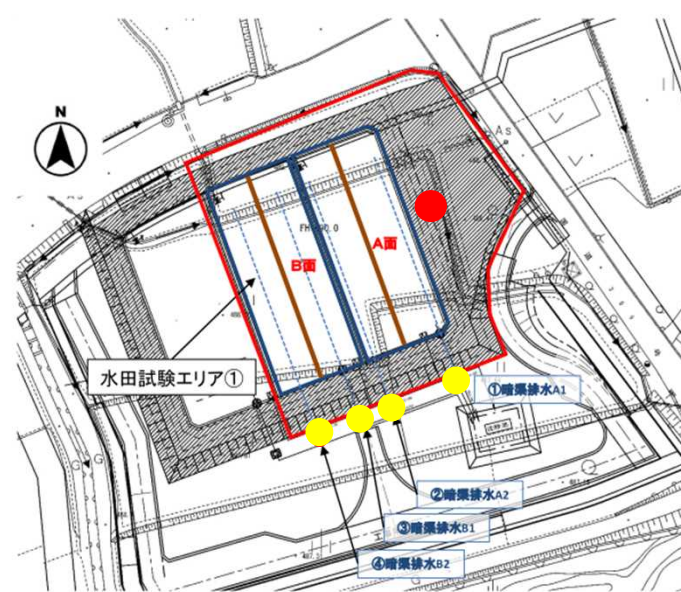
○水田の試験を実施している期間における沈砂池からの放流水、暗渠排水、空気中の放射能濃度を測定し、安全性を確認している。



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

3 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

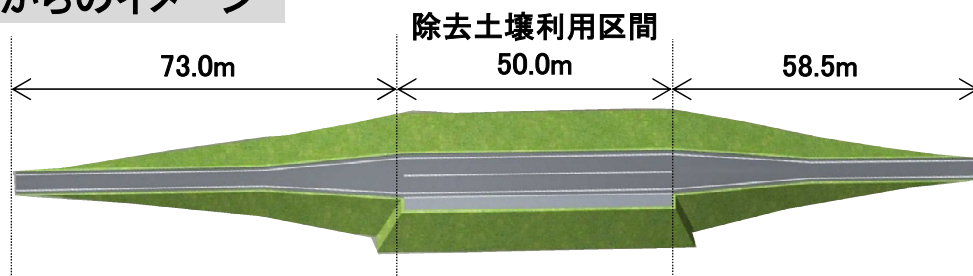
(1) 実施目的

○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。

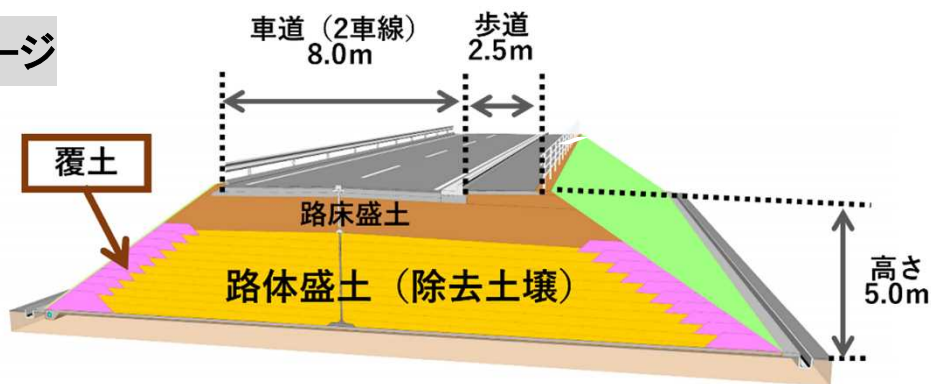
(2) 事業概要

- 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



大熊町向畑保管場

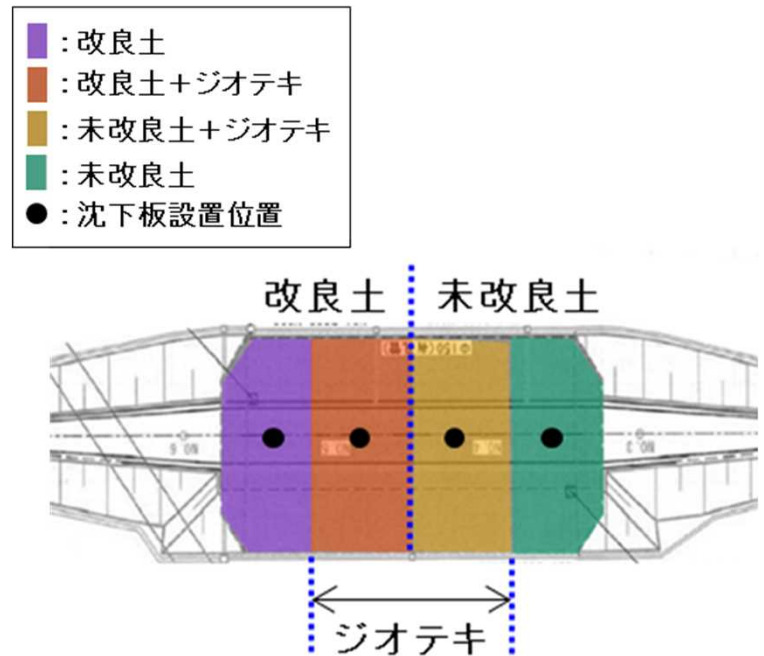
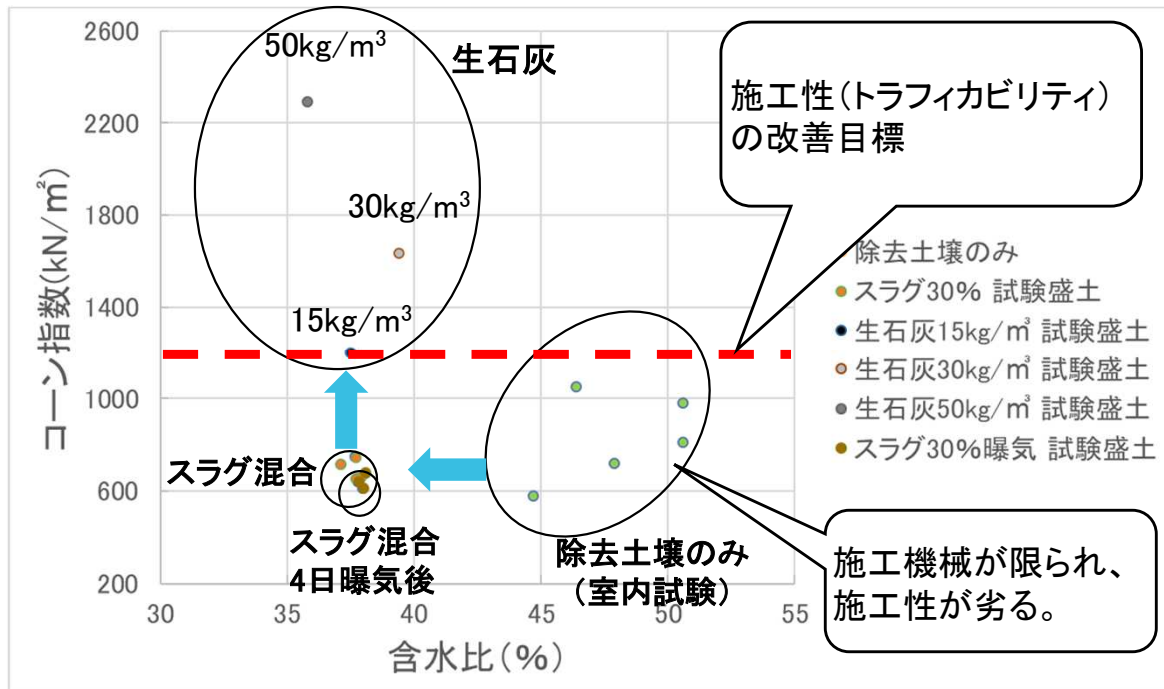
(3) 盛土の施工期間

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

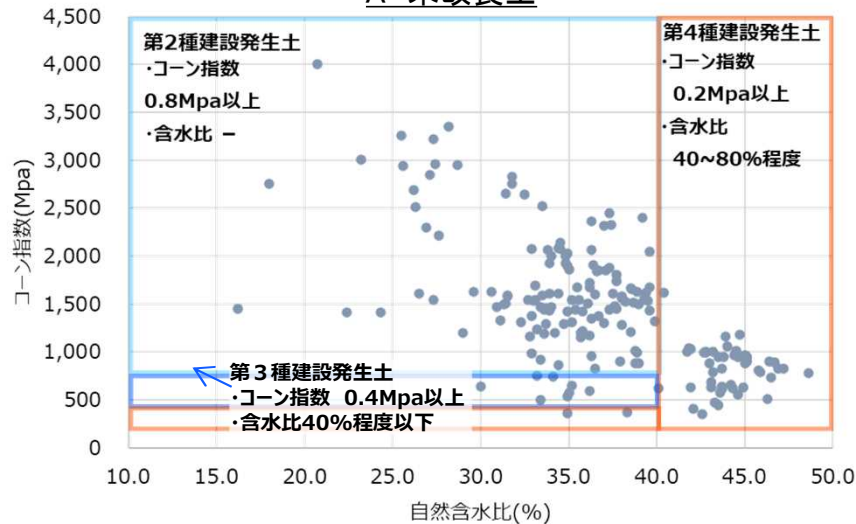
- 道路盛土実証事業では比較のため4つの区分(「改良土」、「改良土+ジオテキ」、「未改良土+ジオテキ」、「未改良土」)を設定した。
 - 改良土: 施工性(トラフィカビリティ)を改善するため、コーン指数1,200kN/m²以上を目標として品質調整※を実施した除去土壌。
 - 改良土+ジオテキ: 改良土をジオテキスタイルで補強。
 - 未改良土+ジオテキ: 除去土壌をジオテキスタイルで補強。
 - 未改良土: 除去土壌。
- ※品質調整の内容
- ・重量比で30%のスラグ、15kg/m³の生石灰を添加。



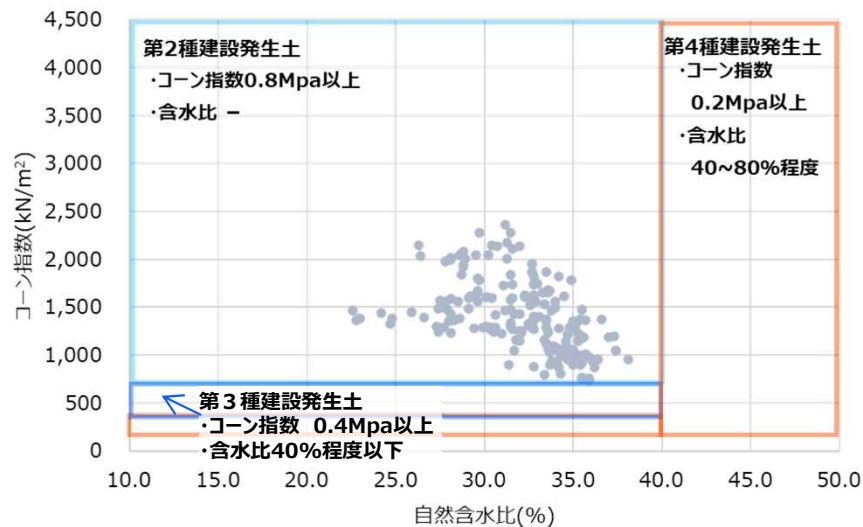
品質調整結果

- 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。

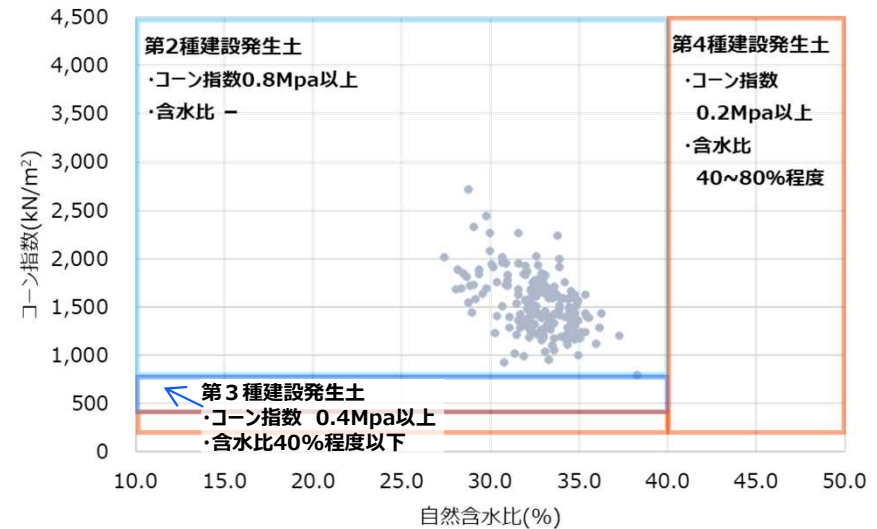
A 未改良土



B 改良土(スラグ混合)



C 改良土(スラグ・石灰混合)



【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 (国土交通省令) ^{*1)}	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 (地山) w_0 (%)	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 {GS}	-	
	第1種改良土 ^{*9)}		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 {GF}	-	
	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 びこれらに準ずるもの)	第3a種	400 以上	砂質土	細粒分まじり砂 {SF}	-	
	第3b種		粘性土	シルト {M}, 粘土 {C}		
	第3種改良土		火山灰質粘性土	火山灰質粘性土 {V}		
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 {M}, 粘土 {C}		
	第4種改良土		火山灰質粘性土	火山灰質粘性土 {V}		
泥土 ^{*1), *9)}	泥土 a	200 未満	砂質土	細粒分まじり砂 {SF}	-	
	泥土 b		粘性土	シルト {M}, 粘土 {C}		
	泥土 c		火山灰質粘性土	火山灰質粘性土 {V}		
	泥土 c		有機質土	有機質土 {O}		

- * 1) 国土交通省令(建設業に属する事業者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者を行う者の指定副産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(泥土を含む)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泥土を安定処理し、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、コーンペネトロメーター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(社)地盤工学会)と備考欄の含水比(地山)、掘削方法から概略の区分を測定し、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も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 環整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 環産産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⁵⁾

区分	適用用途		工作物の埋戻し		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 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1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
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	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
	第2b種	砂質土	◎	細粒分含有率 注意	◎		◎	
	第2種改良土	改良土	◎		◎		◎	
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3a種	砂質土	○		○		○	施工機械の選 定注意
	第3b種	粘性土 火山灰質粘 性土	○		○		○	施工機械の選 定注意
	第3種改良土	改良土	○		○		○	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4a種	砂質土	○		○		○	
	第4b種	粘性土 火山灰質粘 性土 有機質土	△		△		△	
泥土	泥土 a	砂質土	△		△		△	
	泥土 b	粘性土 火山灰質粘 性土 有機質土	△		△		△	
	泥土 c	高有機質土	×		×		×	

- ◎: 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がより必要なもの。
- ×: 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により利用可能となるもの。
 機能付加・補強: 固化材、水や軽量材等を混合することにより発生土に流動性、軽量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。

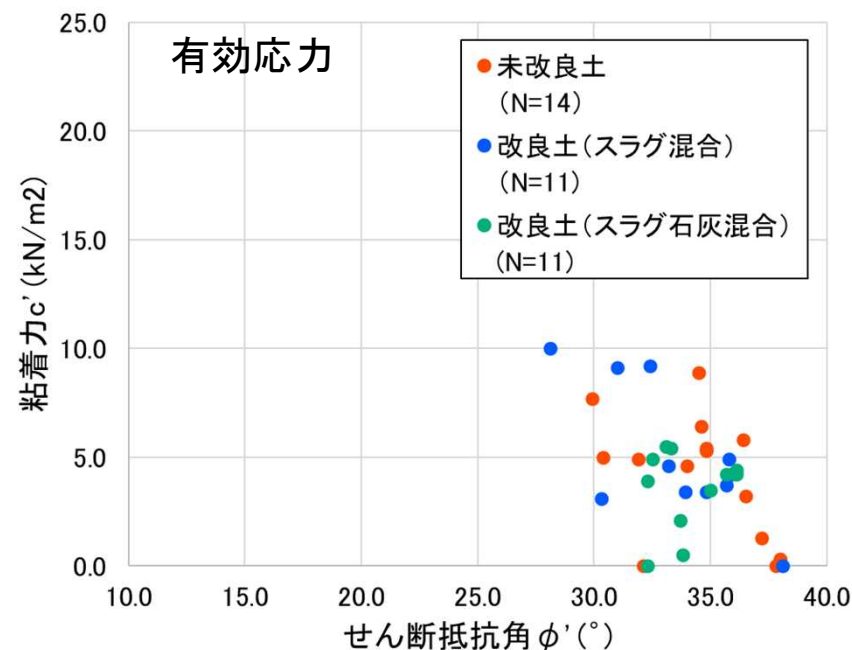
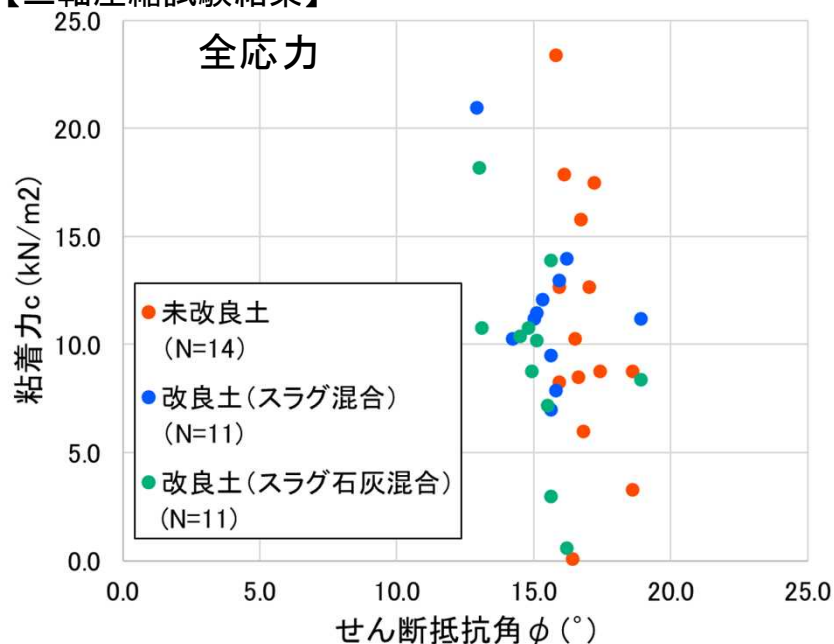
留意事項

最大粒径注意: 利用用途先の材料の最大粒径、または1層の仕上が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: 液状化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: 過転圧等の点で問題があるため、締固め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】



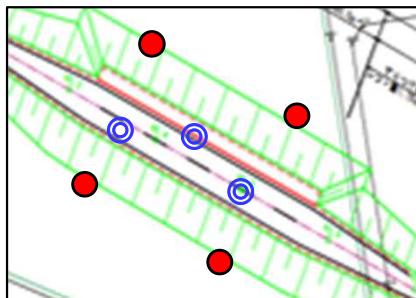
全応力	未改良土		改良土(スラグ混合)		改良土(スラグ石灰混合)	
	粘着力 c (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)	粘着力 c (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)	粘着力 c (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)
最大値	23.4	18.6	21.0	18.9	18.2	18.9
最小値	0.1	15.8	7.0	12.9	0.6	13.0
平均値	11.0	16.8	11.7	15.5	9.3	15.2
中央値	9.6	16.7	11.2	15.6	10.2	15.1
標準偏差	6.0	0.9	3.5	1.4	4.6	1.5

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】

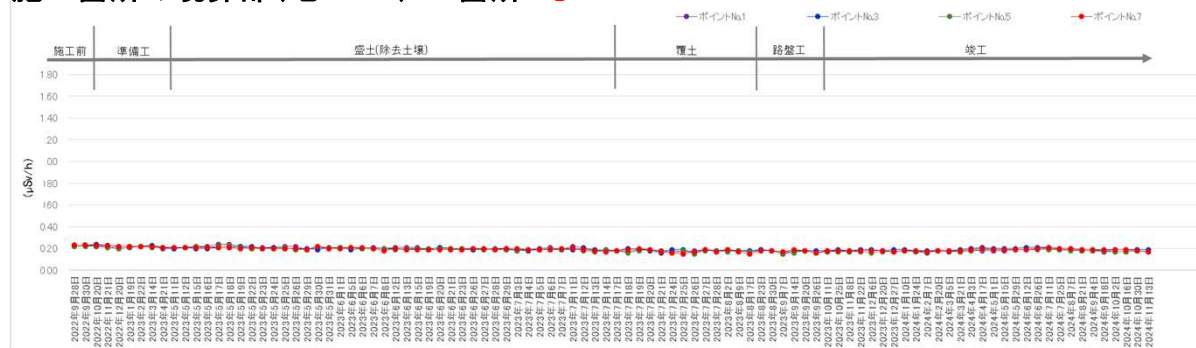


【空間線量率】

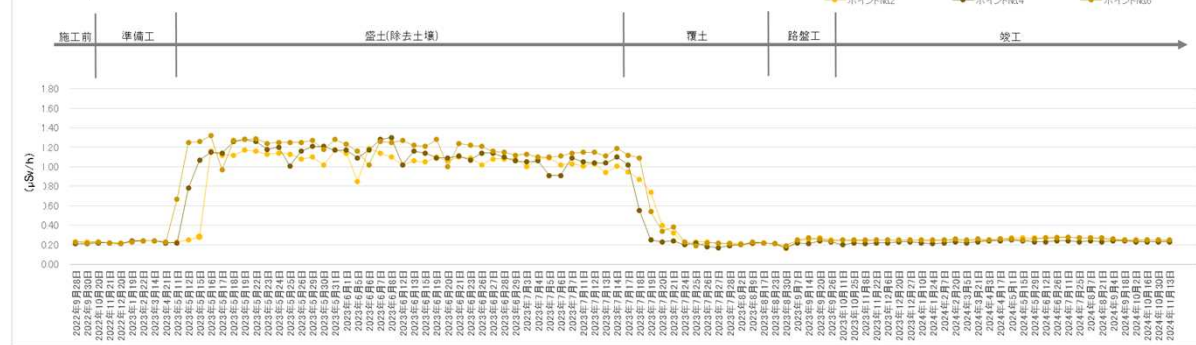
境界部 ● 4地点
(周辺住民を想定)

施工場所となる盛土上
(作業員・道路利用者を想定) ◎ 3地点

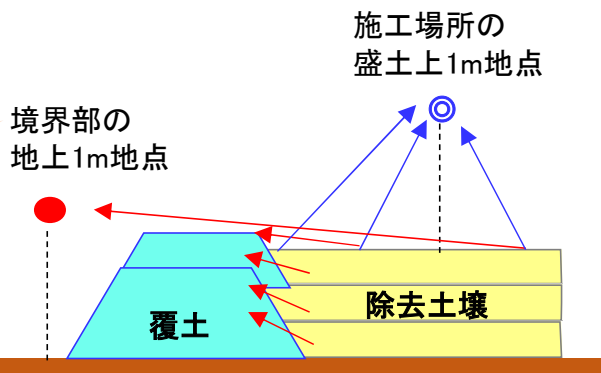
施工箇所の境界部(地上1m) 4箇所 ●



施工場所(盛土上1m) 3箇所 ◎



距離減衰や覆土による遮へい効果により、境界部の空間線量率は盛土作業の前後で変化なし。

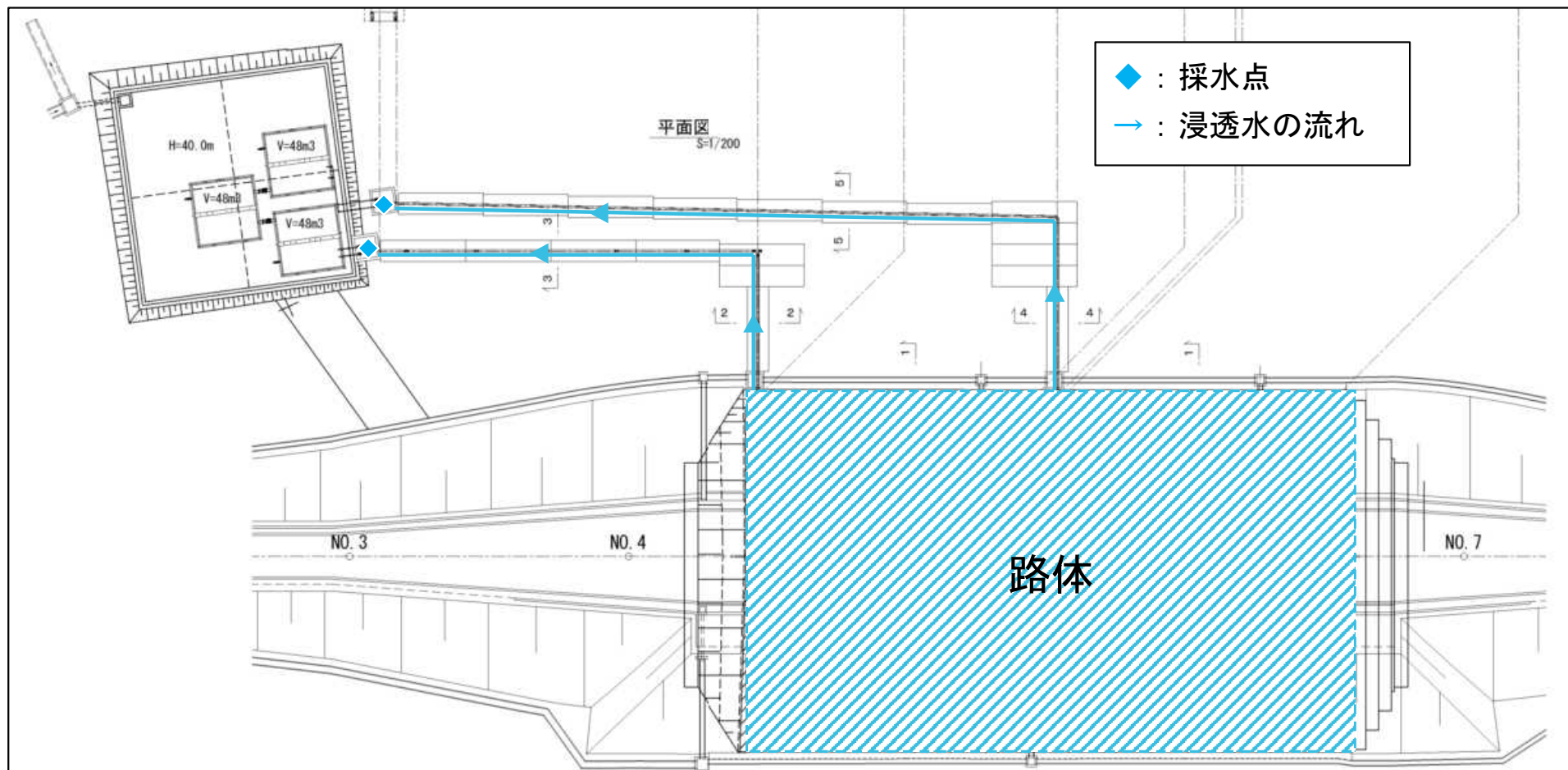


<3層目盛土施工時のイメージ>

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

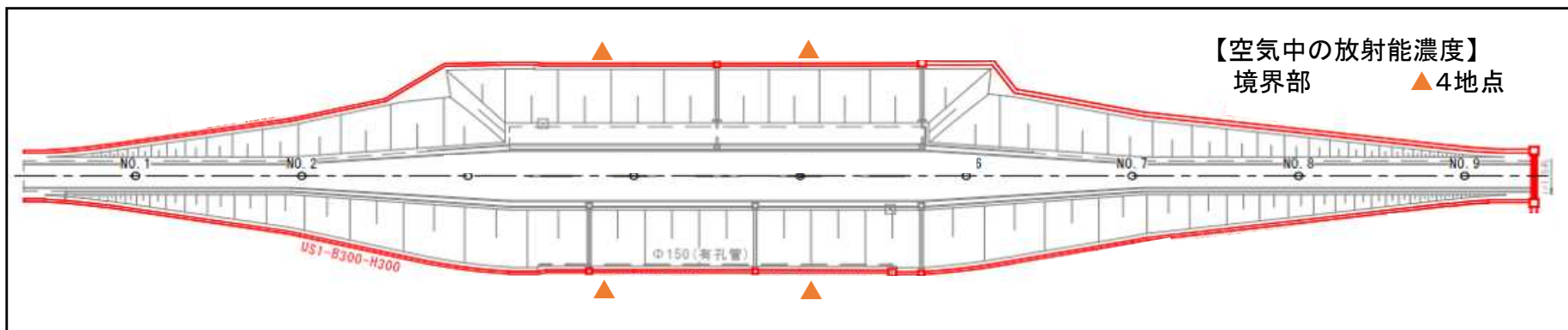
■ 浸透水中の放射能濃度は、全て検出下限値未満であることを確認。



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（ 2.0×10^{-1} 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。

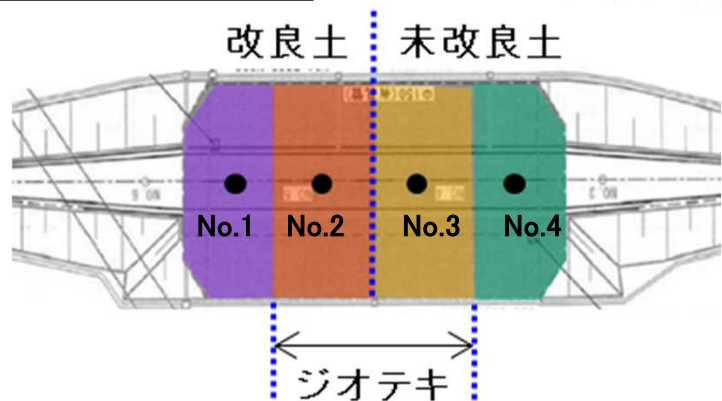
【測定期間】

2023年8月4日～

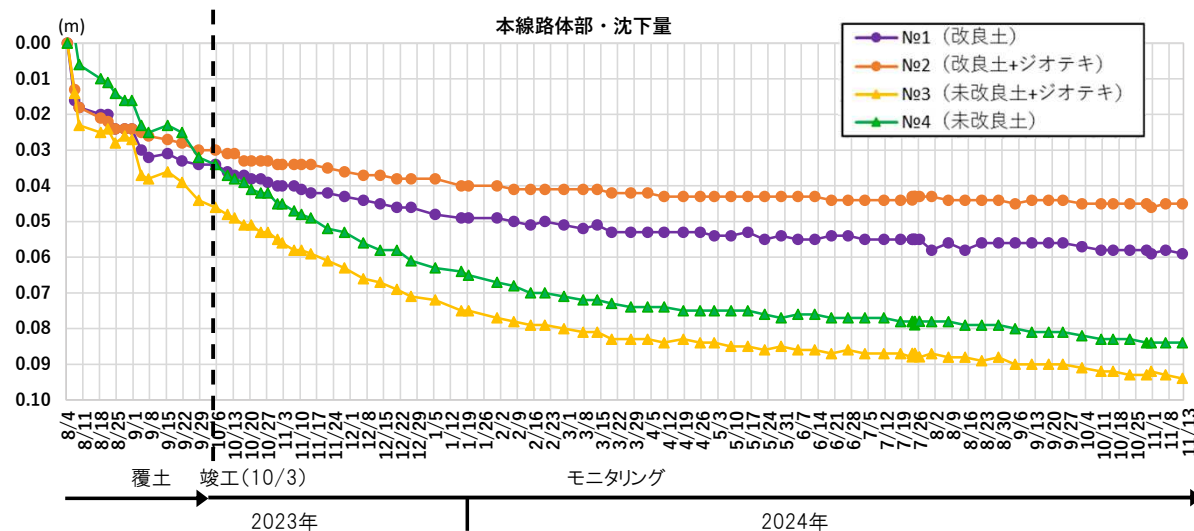
【計測頻度】

- ・ 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】



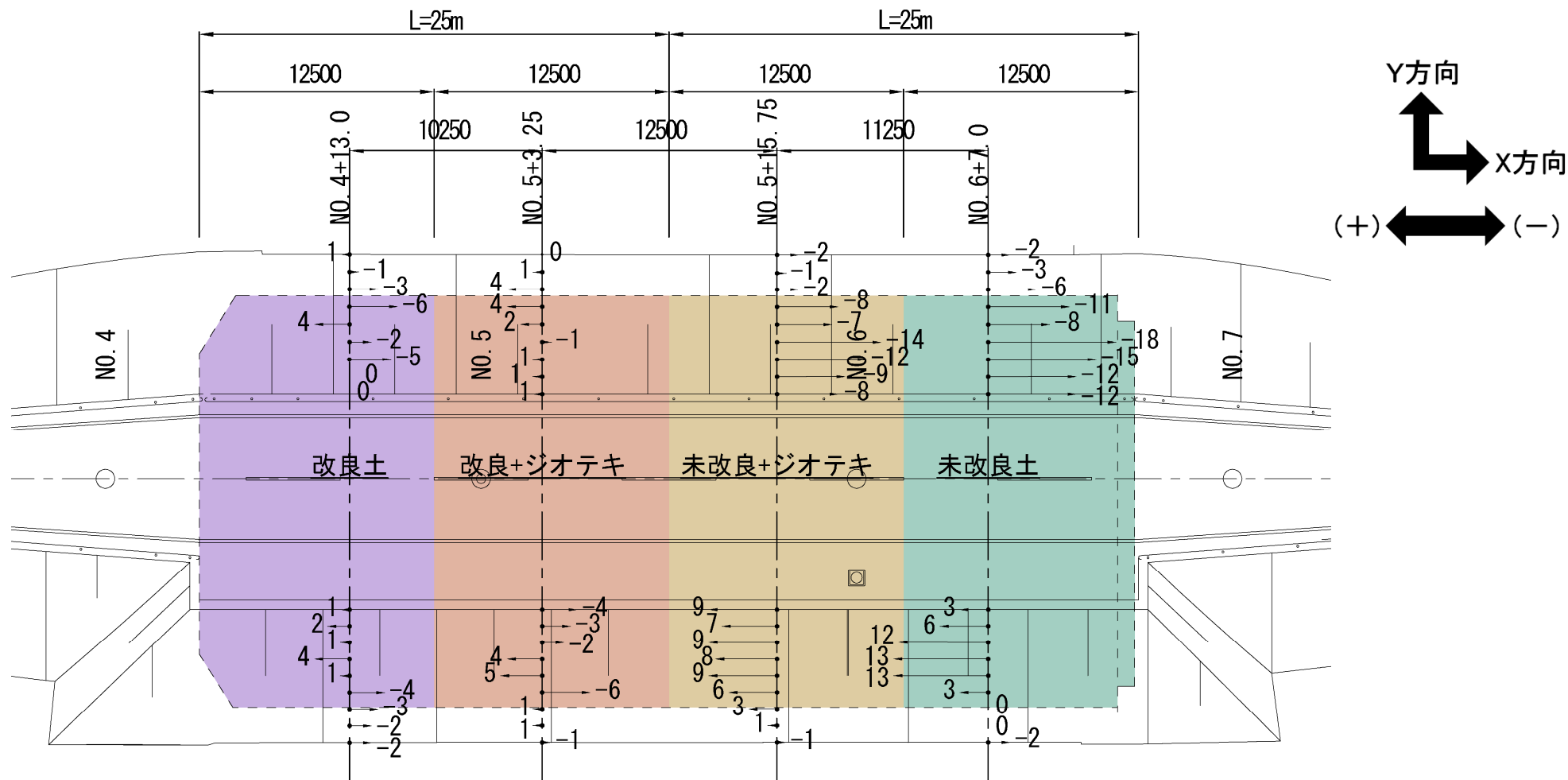
※車両走行による負荷を掛け、盛土の安定性及び使用性を確認するための走行試験を2024年7月23日（総重量約10t）、7月24日（総重量約20t）、10月29日（総重量約25t）に行った。

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



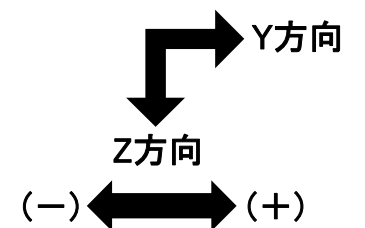
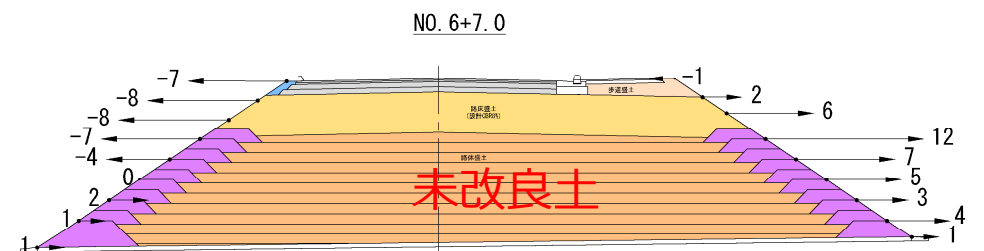
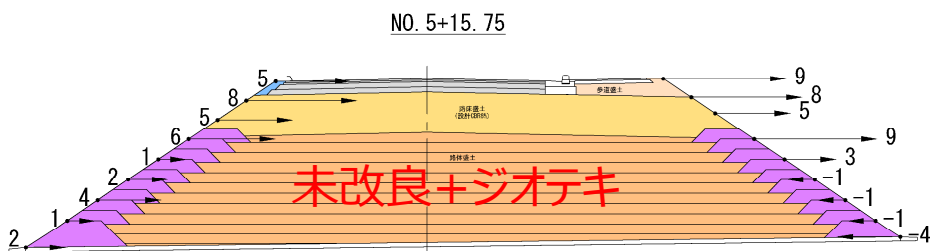
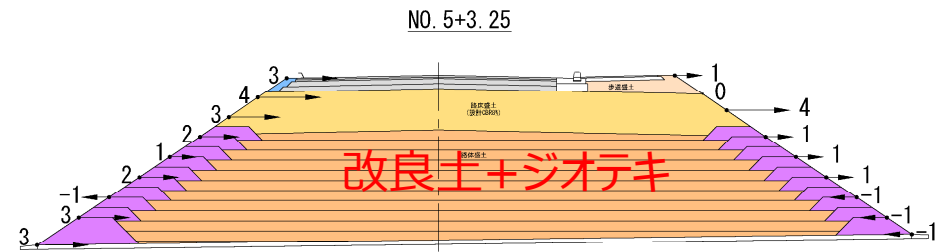
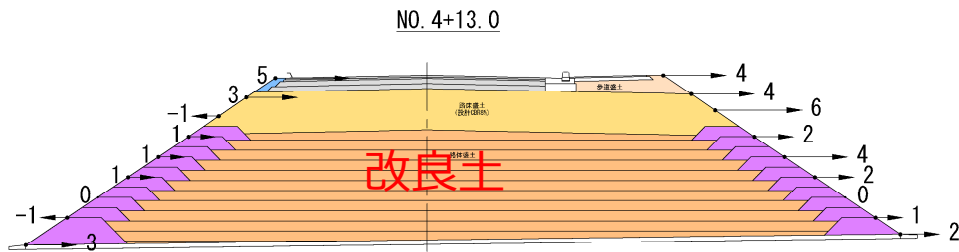
※変位量: 2023年10月10日~2024年11月13日までの変位量

変位量(Y方向)

■ 走行試験後の道路横断方向(Y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。

改良土:-1mm~6mm、改良土+ジオテキ:-1mm~4mm

未改良土:-8mm~12mm、未改良土+ジオテキ:-4mm~9mm



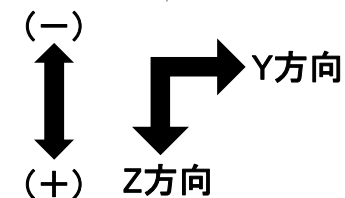
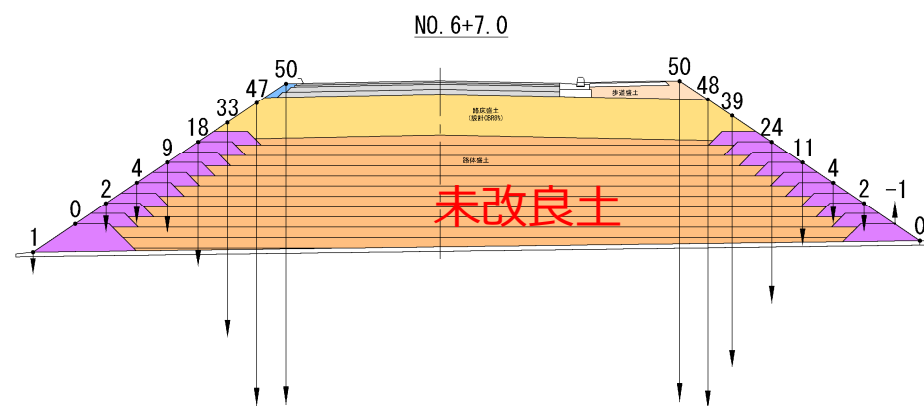
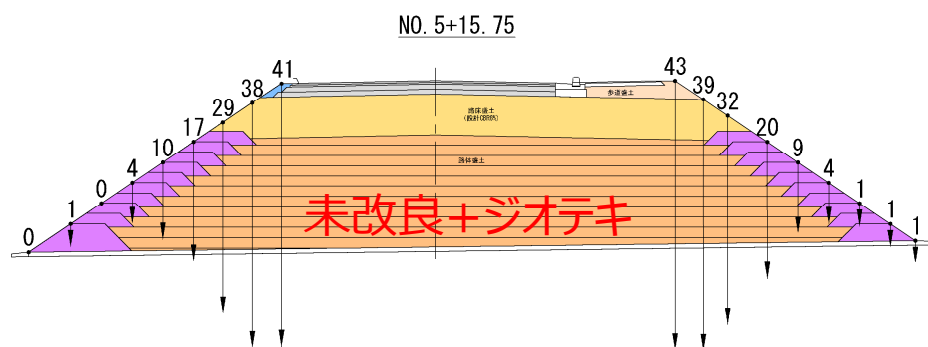
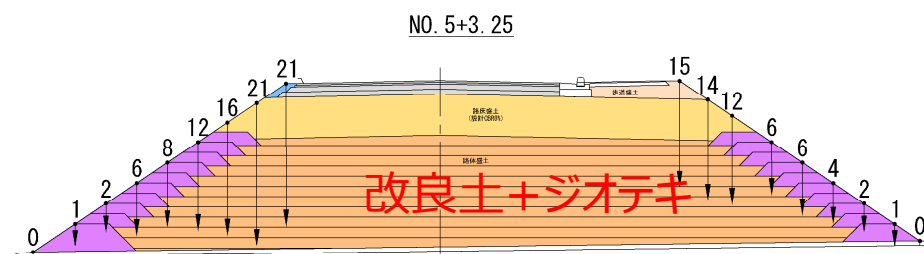
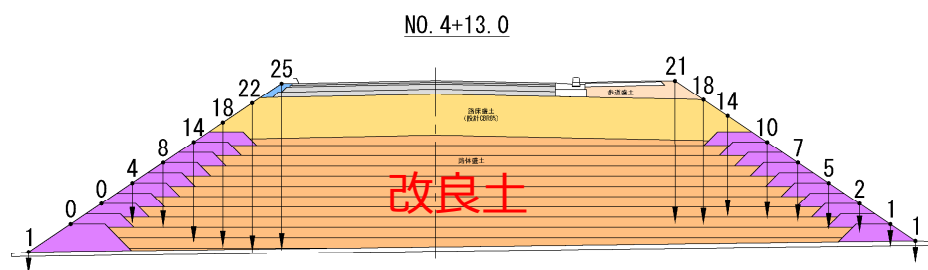
※変位量:2023年10月10日~2024年11月13日までの走行試験終了後変位量

変位置 (Z方向)

■ 走行試験後のZ方向の変位置 (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置は生じていない。

改良土: 0mm ~ -25mm、改良土+ジオテキ: 0mm ~ 21mm

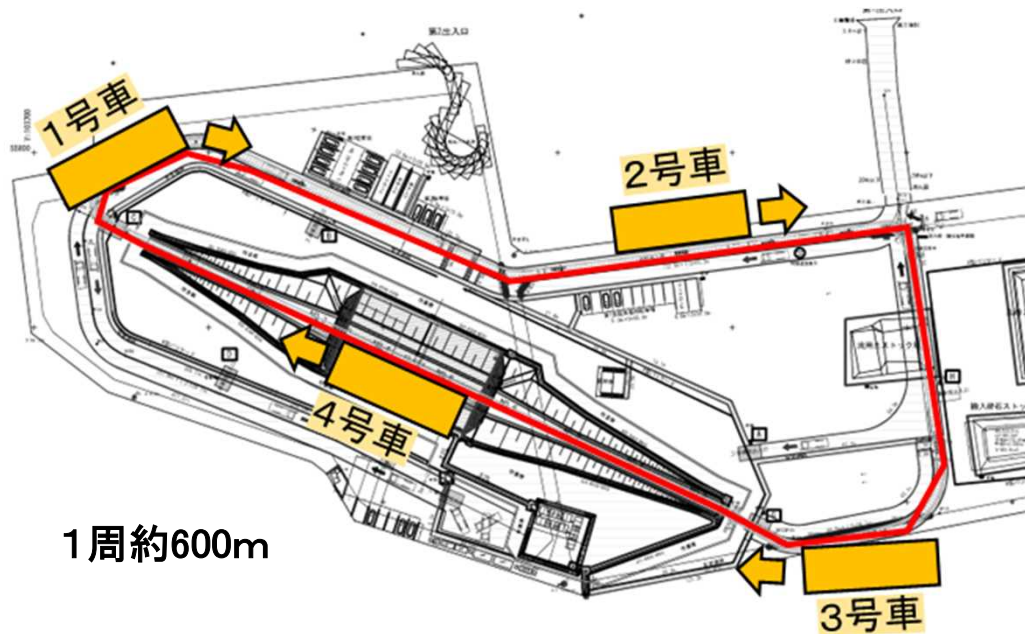
未改良土: -1mm ~ 50mm、未改良土+ジオテキ: 0mm ~ 43mm



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

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)

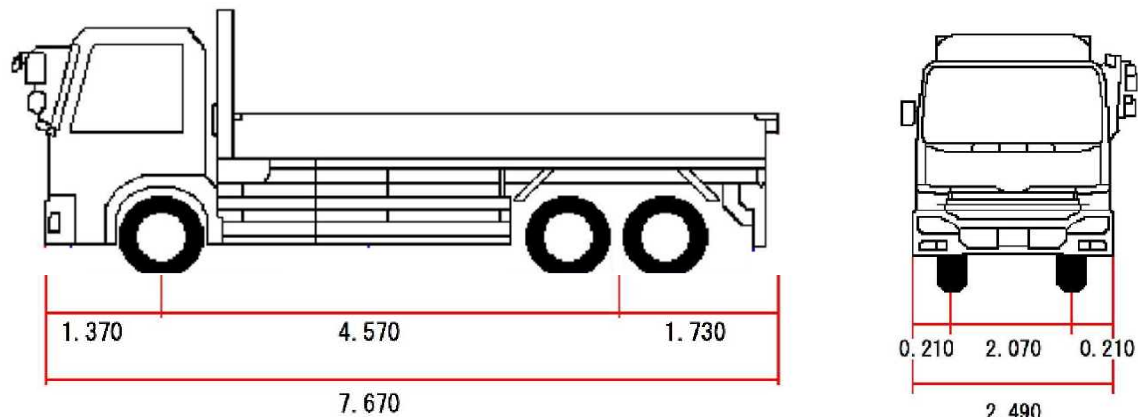
走行試験に用いた車両の諸元

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。)



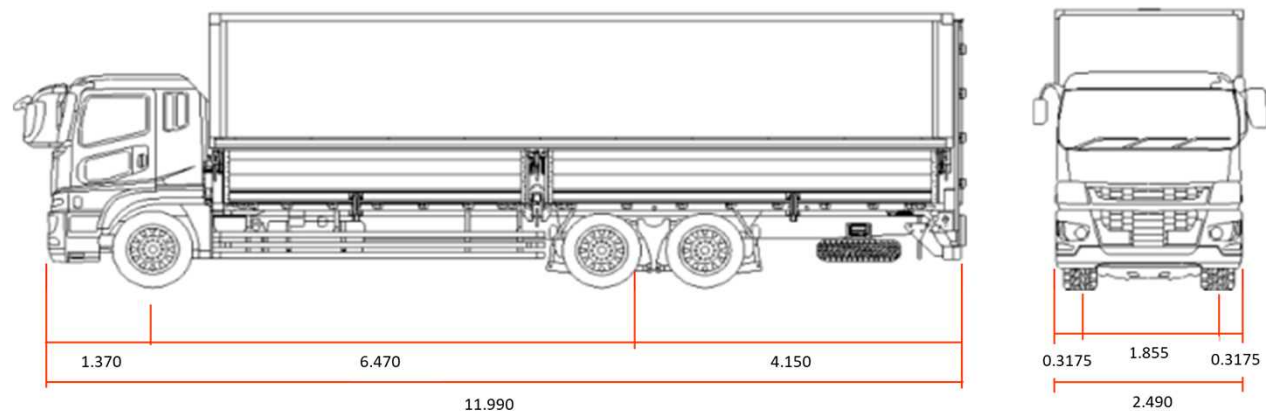
③総重量約25t

- 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。)

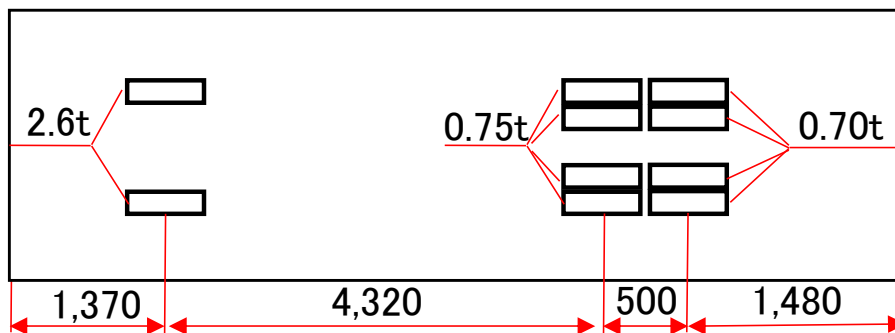


走行車両軸重・輪荷重分布

① 総重量約10t(7月23日)

軸1
5.1t

軸2 軸3
3.0t 2.8t

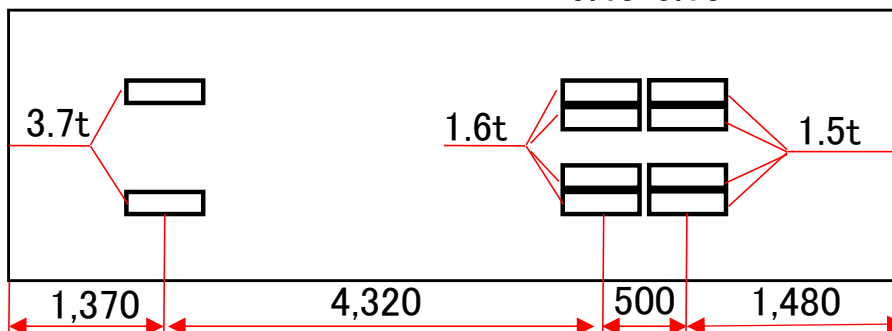


※車両4台の平均値

② 総重量約20t(7月24日)

軸1
7.4t

軸2 軸3
6.4t 6.1t

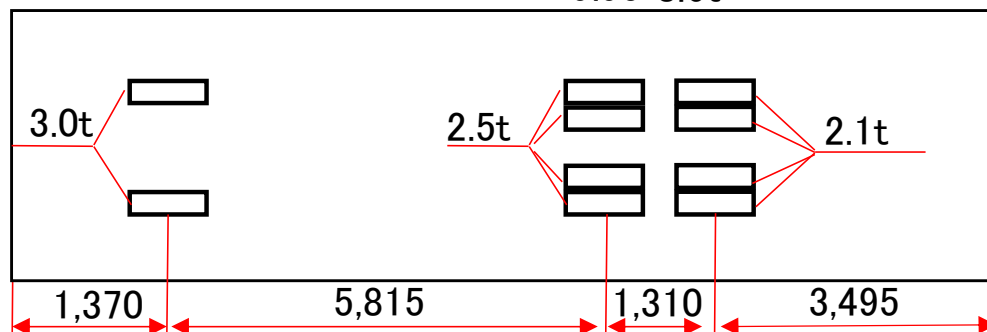


※車両4台の平均値

③ 総重量約25t(10月29日)

軸1
6.0t

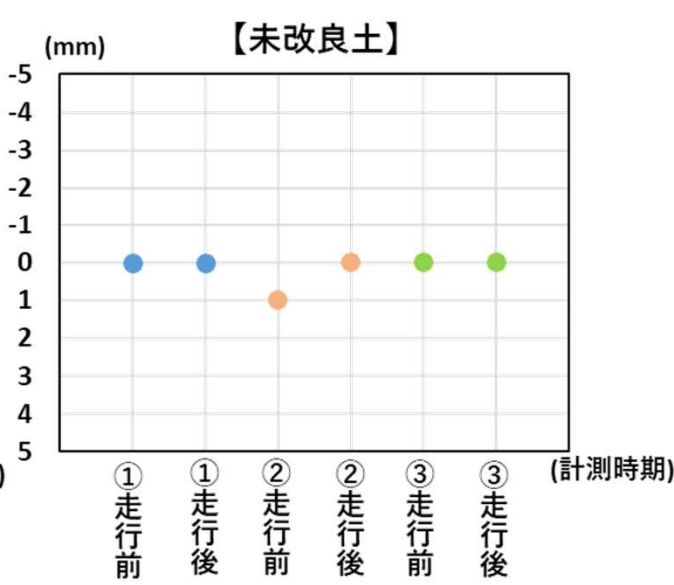
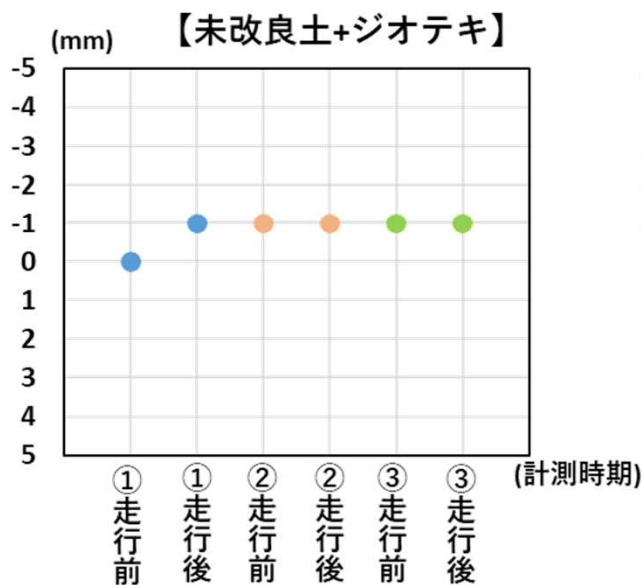
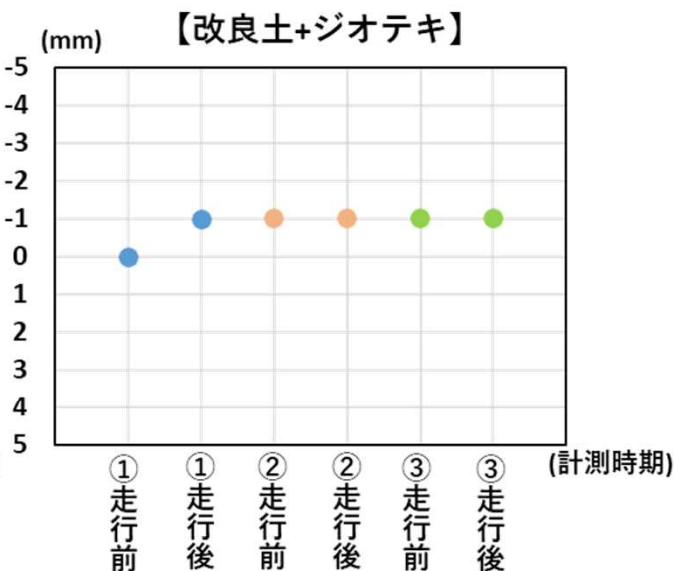
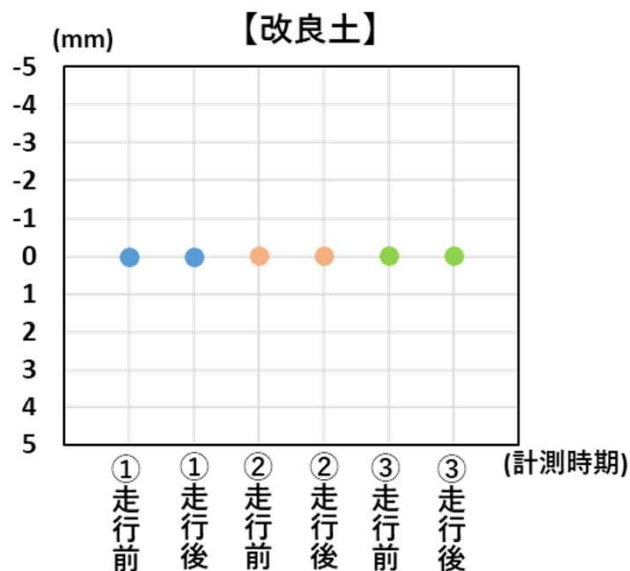
軸2 軸3
9.9t 8.6t



※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】

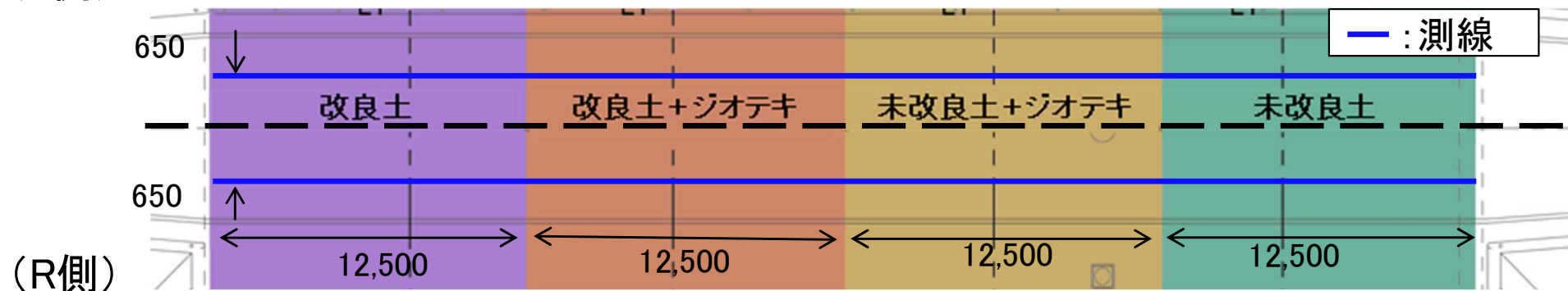


【3mプロフィールメーター】



【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

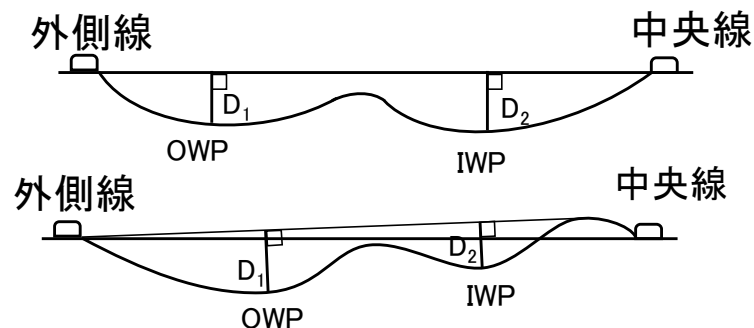
舗装調査: わだち掘れ①

■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)】

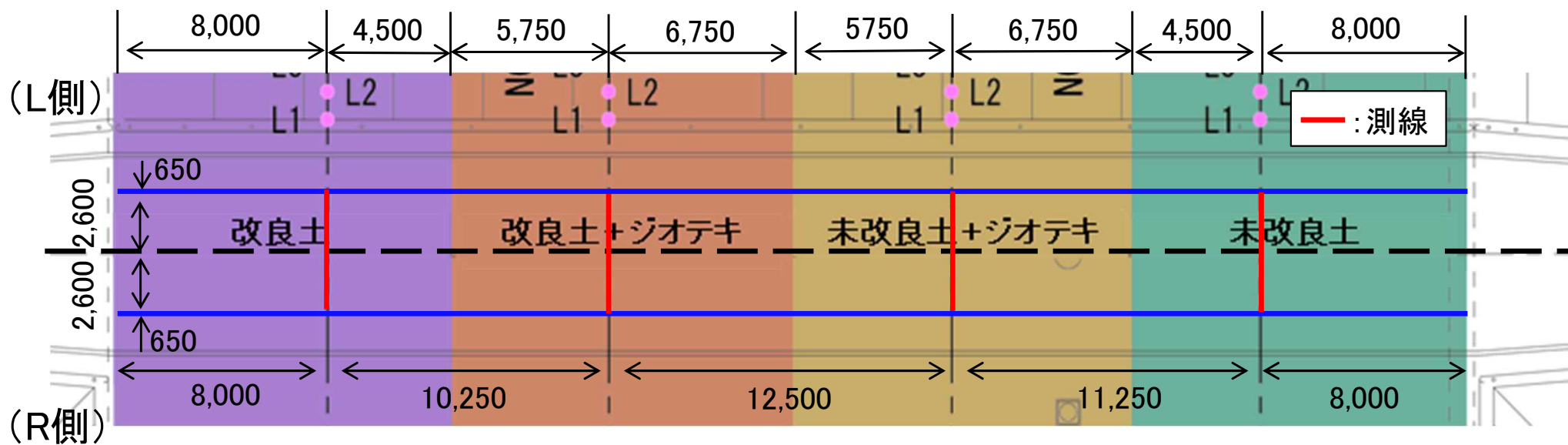


【わだち掘れ量の測定方法】



- ・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】

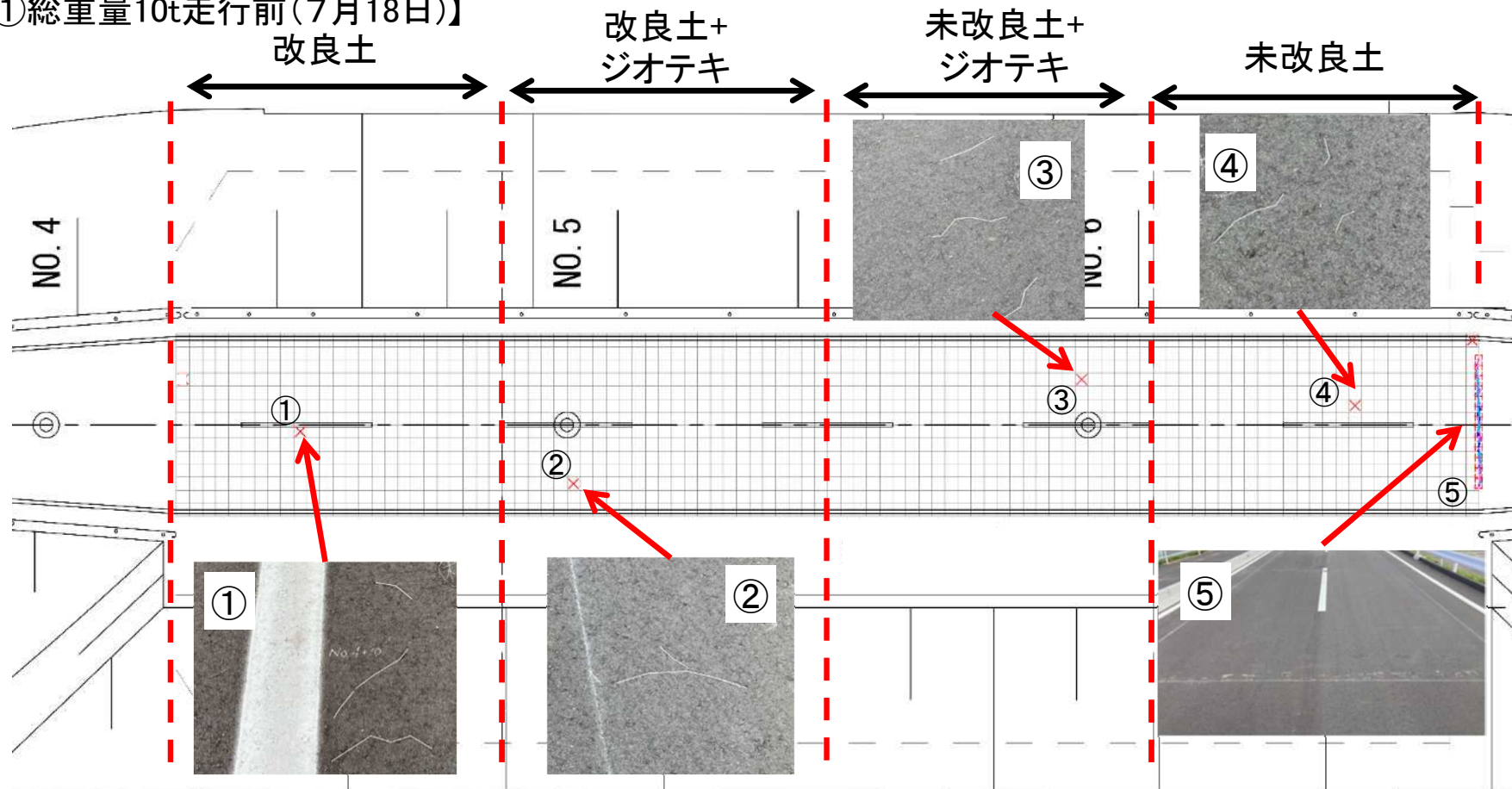
(単位:mm)

	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)】



ひび割れ率

0.3%

0.3%

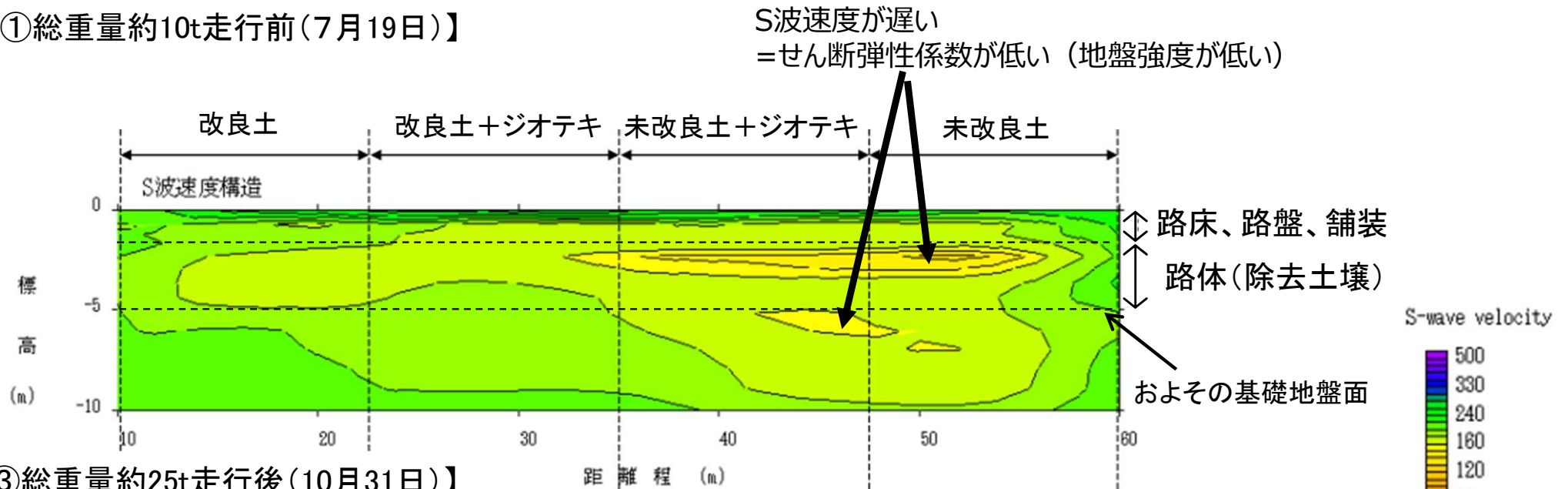
0.3%

3.4%

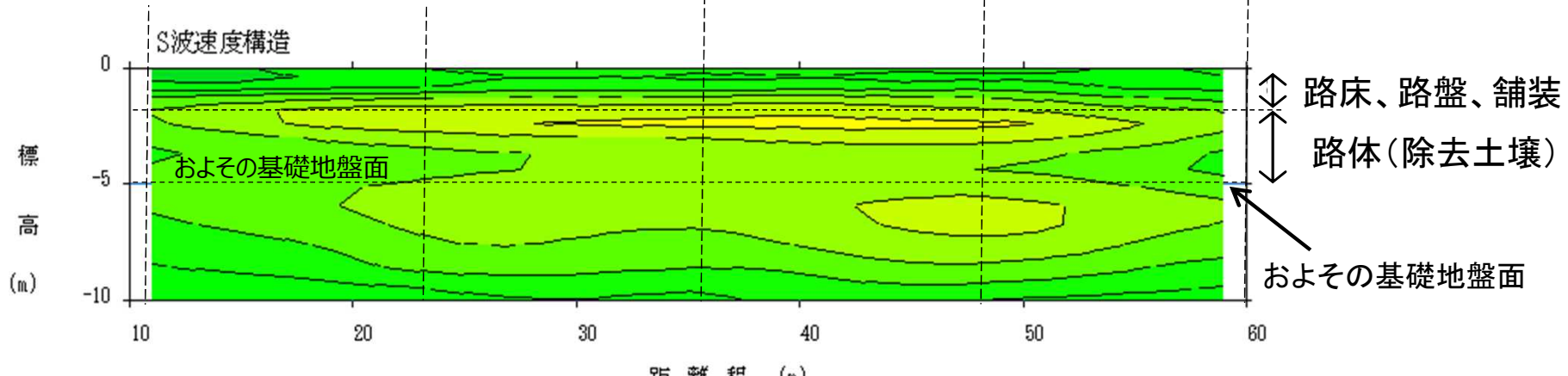
物理探査：表面波探査

- 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)】



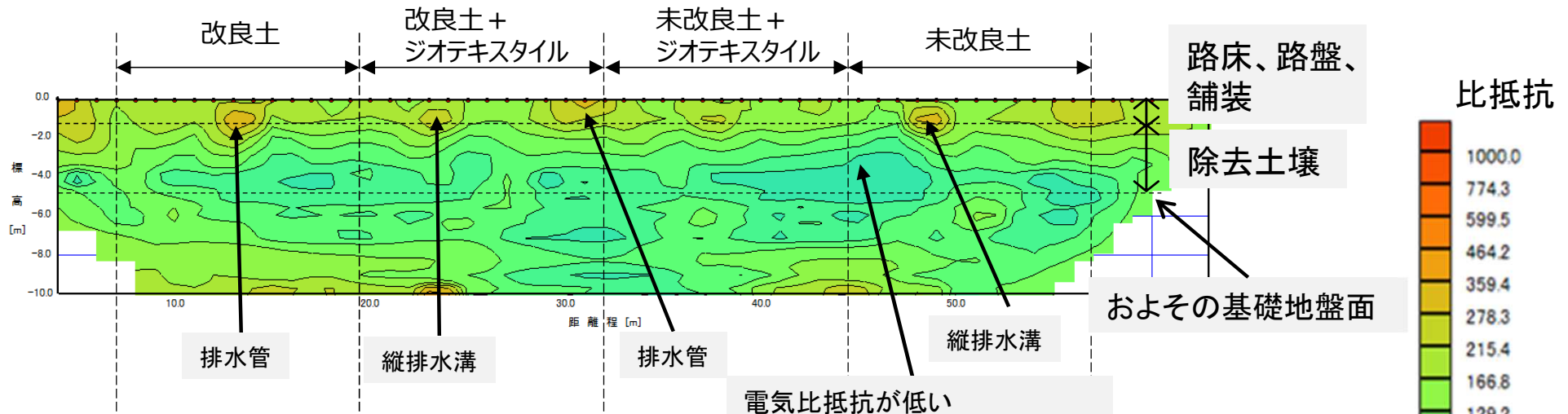
【③総重量約25t走行後(10月31日)】



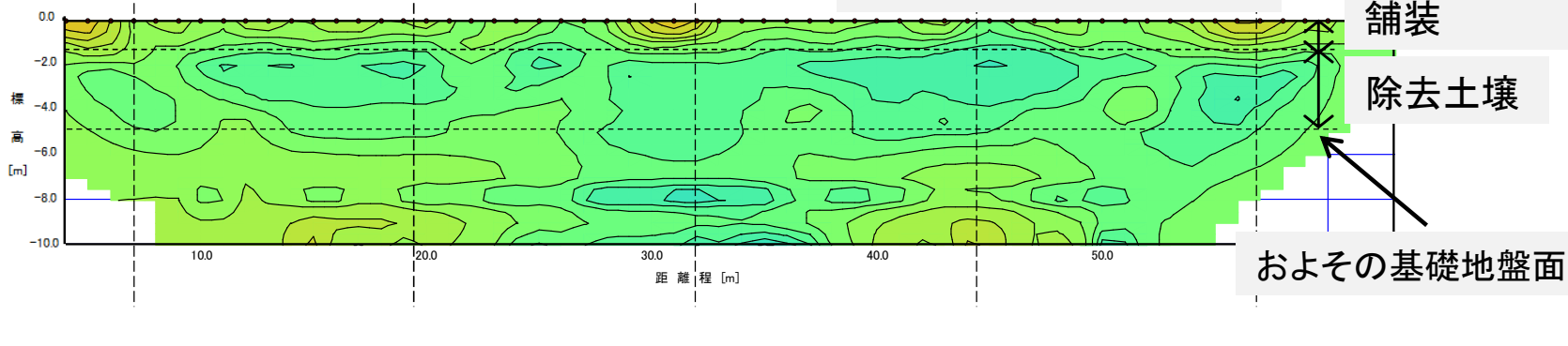
物理探査：電気探査

- 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)】



4 除去土壌の再生利用等に関するIAEA専門家会合 最終報告書で示された結論

除去土壌の再生利用等に関するIAEA専門家会合最終報告書の構成



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ステークホルダーの関与
- 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 : 3 回の専門家会合期間中の現地視察の概要

<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[https://www.iaea.org/sites/default/files/24/09/24-03514e_nsrw_report.pdf]。

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、ステークホルダー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Ⅲ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〔基本原則〕（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〔基本原則〕（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）の数及び被ばくの可能性を、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ステークホルダー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Ⅲ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、施工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／又は協定では、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、他のステークホルダー（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／又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（保存・掲示すべき記録など）、地元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ステークホルダー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、国民及びステークホルダー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、更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、選択肢の検討が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ステークホルダー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ステークホルダーと相談しながら、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更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又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、低レベル廃棄物又は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又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、再生利用の場所又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、最終処分施設の設計開発を継続する中で更に取り組まれている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ステークホルダー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ステークホルダーの関与

（セクションVI.1 国民とのコミュニケーション及びステークホルダー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、国民とステークホルダー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進展させ、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。ステークホルダー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ステークホルダーの関与（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を選択肢に関し、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、国民と主要なステークホルダー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。さらに、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、国民及びステークホルダー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、地域のステークホルダー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、ステークホルダー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、主要なステークホルダー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、ステークホルダー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。

5 追加被ばく計算における評価パラメータ一覧

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)
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	公衆(成人)	経口		
18					公衆(子ども)	経口	
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)	経口	
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		公衆(成人)	外部		
29					粉塵吸入		
30				公衆(子ども)	外部		
31					粉塵吸入		

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。

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。 遮へい条件: 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	μ 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)の遮へい係数		—	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	μ 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	μ 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	

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	

追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(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	

追加被ばく計算における評価パラメーター一覧(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

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 54.4%)、水稻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	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。

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	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	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	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	
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)

追加被ばく計算における評価パラメータ一覧(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	kg-dry/d	肉牛	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)	kg/y	牛肉	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	
		L/y	牛乳	44	
20.22	畜産物の年間摂取量(子ども)	kg/y	牛肉	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	
		L/y	牛乳	29	
21.22	家畜の飼育水摂取量	L/d	肉牛	50	PNL-3209 に示された値を用いた。
			乳牛	60	
			豚	10	
			鶏	0.3	

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。

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。 遮へい条件: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	μ 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	μ 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

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	側部工作業者外部	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	復旧工事作業外部	3.0E-01	1.1E-01	1.2E-01	8.6E+03	9.3E-01	
	26	復旧工事作業吸入	2.0E-05	1.6E-05	1.6E-05	6.2E+07	1.3E-04	
	27	復旧工事作業経口摂取	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。

6 中間貯蔵施設への除去土壌の輸送に係る事故時対応について

事故等への万全の備えと対応 (2014年「中間貯蔵施設への除去土壌等の輸送に係る輸送基本計画」より)
輸送に関連する交通事故により輸送物が飛散等しないよう、まずは交通事故の発生を未然に防ぐことが重要である。また、万が一交通事故や災害等が起きた場合に備え、その影響を最小限にするための対策を実施する。具体的には以下のような対策を関係機関と連携し講ずる。

1) 事前対応

- 警察、消防、道路管理者等の関係機関と連携し、輸送実施者、輸送統括管理者等が緊急時に迅速かつ的確に対応できる体制を確立する。
- 路面等に落ちたフレキシブルコンテナ等を回収するバックホウやクレーン車等を緊急対応として使用できるよう、資機材類のリース会社と事前に協定を交わしておく等、事故等の発生に備えた体制を確立する。
- 輸送車両に除去土壌等の回収のための器具、装置、消火器等を携行させる。携行物の使い方等、交通事故等に備えた教育や訓練を実施する。
- 運転者が適切に休憩を取り安全な輸送ができるよう、必要な休憩場所を確保する。

2) 事故等の際の対応

- 運転者は、通常の交通事故等の対応(人命救助、二次災害の回避、警察や消防への通報等)に加え、放射性物質を含む除去土壌等を積載していることを踏まえ、速やかに除去土壌等の飛散等の二次被害を回避する行動をとる。
- 輸送実施者は、除去土壌等が飛散等した場合には除去作業や汚染検査を行う作業員を現場に速やかに派遣するとともに、警察、道路管理者等の関係機関に、一般交通や沿道住民への影響を回避するための措置(通行や立入りの制限、情報提供等)を依頼する。また、速やかに輸送統括管理者へ連絡する。
- 輸送統括管理者は、輸送実施者の連絡を受け、警察、道路管理者等の関係機関と連携の上、輸送車両の運行管理システムを活用し、他の輸送実施者にルート変更、搬出待機等の指示を速やかに行う。また、必要に応じ、輸送実施者が行う一般交通や沿道住民への影響を回避するための措置について、関係機関と連携して支援する。