



福島県(中間貯蔵施設)内での 道路盛土実証事業の実施状況

2023年9月5日

環境省環境再生・資源循環局

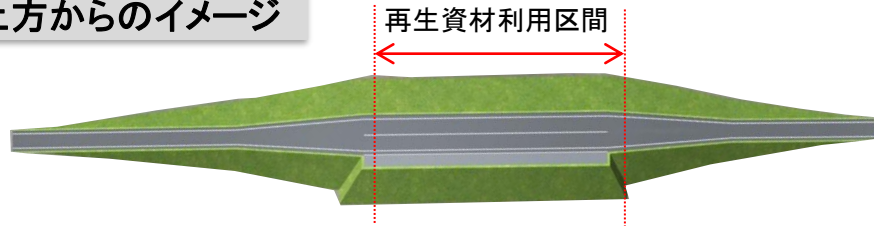
(1) 実施目的

- 除去土壌の再生利用について、さらなる用途拡大を図るため、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実験を行い、実際に現場施工する際の課題や対応方策等を整理する。
- 成果は「再生利用の技術ガイドライン(手引き)」に反映する。

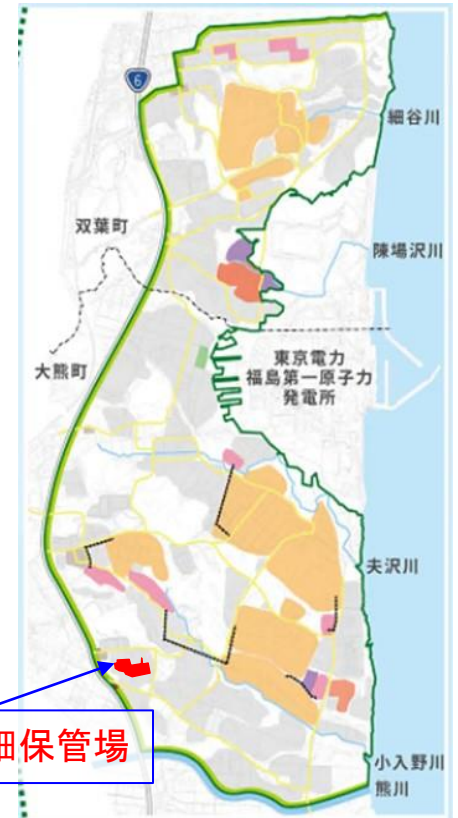
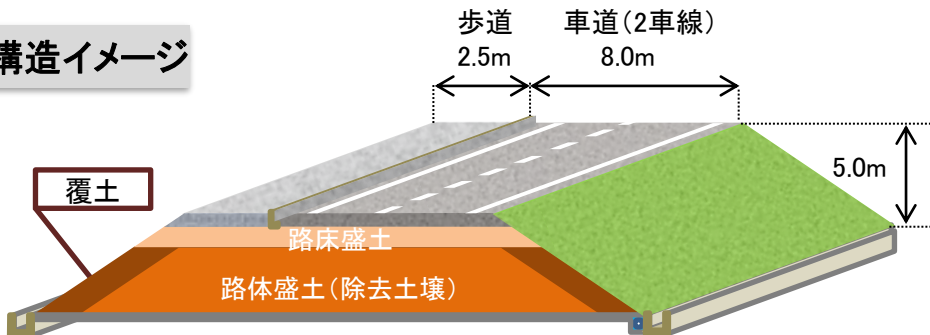
(2) 事業概要

- 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

上方からのイメージ



構造イメージ



(3) 検討事項

- 除去土壌を道路盛土に再生利用した場合の留意点
- 「再生利用の技術ガイドライン(手引き)」に盛り込むべき事項

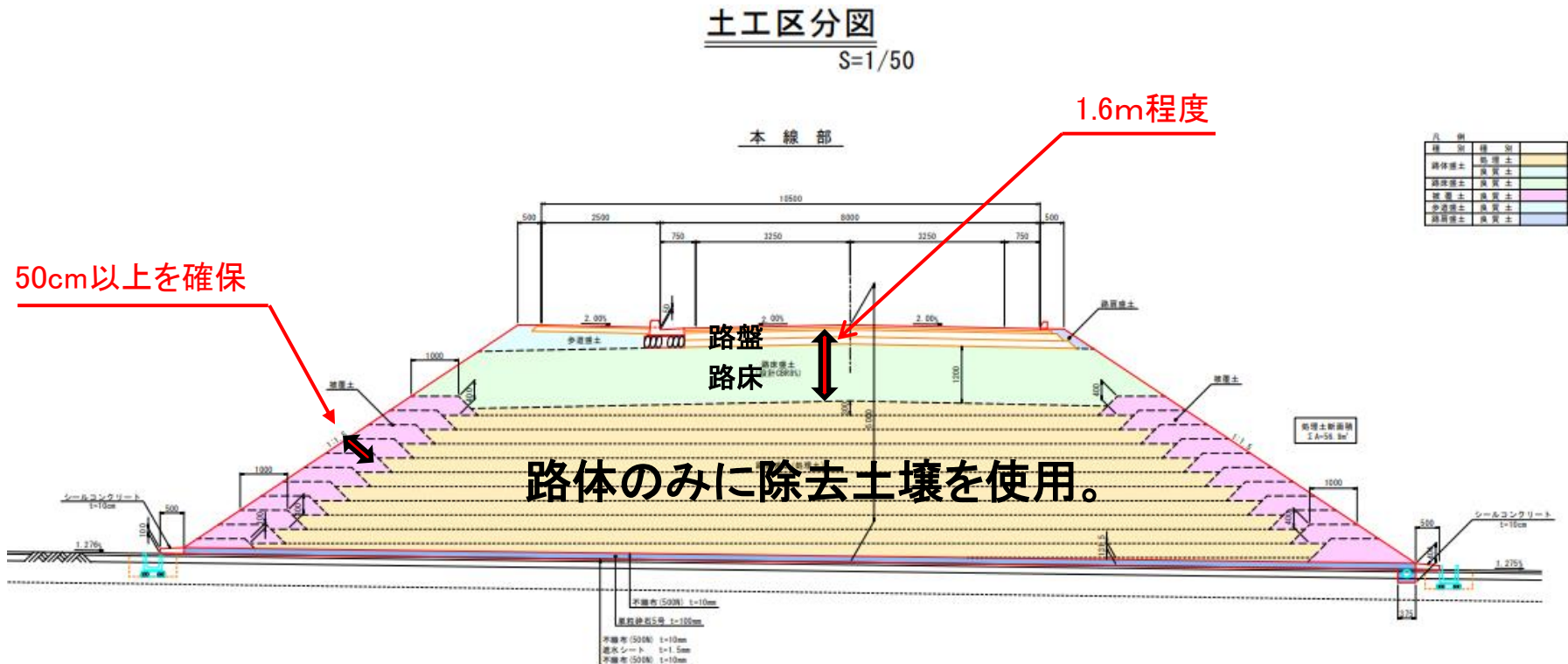
設計の基本的な考え方

■ 覆土の厚さ

- ①天端(舗装面)： 地下占用物件や道路付属物のメンテナンス作業等を考慮し、路体のみに使用。
- ②法面： 除去土壌の飛散・流出を防止する観点から、覆土厚さ50cm以上を確保。

■ 施工時の工夫や安全対策

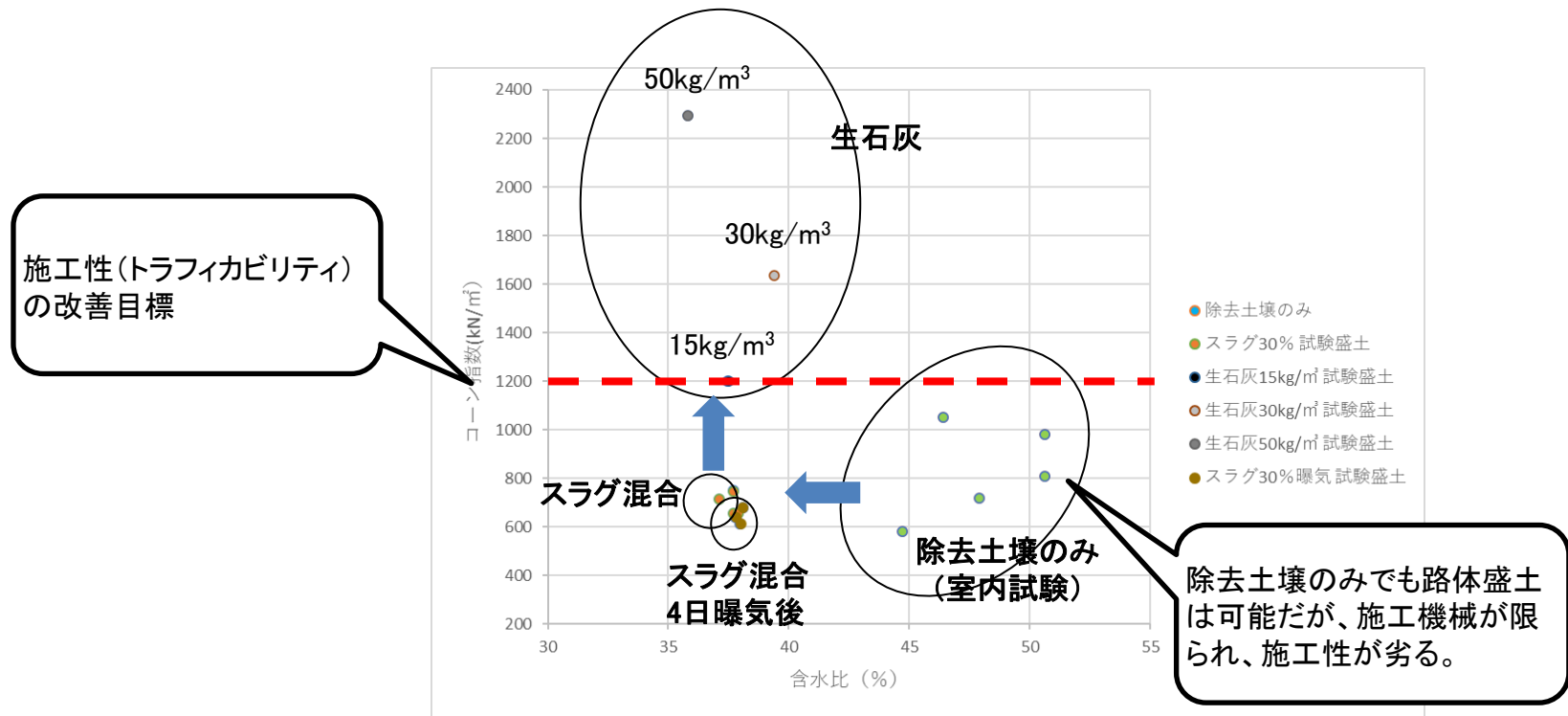
- ①覆土を1層ごとに台形で先行施工し、再生資材と覆土を交互に盛り立て、一体化を図る。
- ②上記①は、再生資材に触れた雨水が外部へ流出することを抑制することにも貢献。
集水して安全性を確認した上で放流する。
- ③時間降雨量4mm以上の場合や強風時には、再生資材をシートで覆い、飛散・流出対策を徹底する。



再生資材の調達／品質調整の考え方

- 除去土壌のみでも路体盛土は施工可能。
- しかし、施工性(トラフィカビリティ)を確保するため、品質調整(強度向上)を検討。
 - ⇒ 過年度、品質調整を行った実績のある「中間貯蔵施設で発生したスラグの混合」を選定。
 - ⇒ 過年度のケースと異なり、除去土壌とスラグの粒度分布が近似していたため、十分な強度が得られなかった。
 - ⇒ そのため、他の品質調整方法(曝気や生石灰混合等)を検討し、強度が発現することを確認した。

(参考)スラグ添加により、性状を整える効果(単位体積当たりの含水比が下がり、締固めがしやすくなる等)は確認できた。

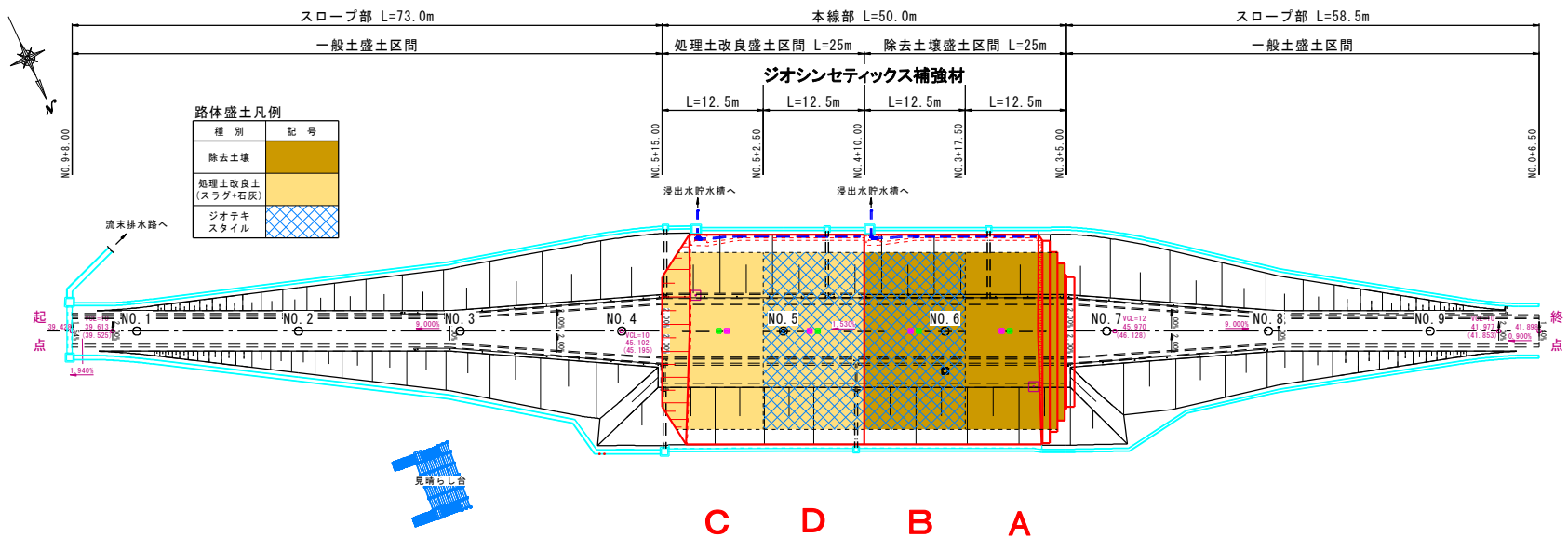


施工計画

■ 品質調整や補助工法の有無により、「施工性」や「構造物の安定性」に違いが生じるか等を確認するため、以下の4パターンで施工することとした。

- (A) 【単体】 除去土壌のみ
- (B) 【単体】 除去土壌＋補助工法(ジオシンセティックス補強材)
- (C) 【改良土】 除去土壌＋スラグ混合＋生石灰混合
- (D) 【改良土】 除去土壌＋スラグ混合＋生石灰混合＋補助工法(ジオシンセティックス補強材)

平面図



工事スケジュール

- 品質調整に係る検討のための一時中止 (R5.1~R5.3) 後、作業を再開し、9月中・下旬に完成を予定。
- 完成後も道路盛土は存置し、路面が沈下したり、変形したりしないか等の構造物の安定性や放射線等の安全性に関するモニタリングを継続、大型車の実走による変形・変位の確認等を行う予定。

	2022年度 (R4年度)							2023年度 (R5年度)					
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
再生資材化 分別処理 品質調整 試験盛土		→	→					→	→				
準備工事 舗装撤去 雨水排水工 (周辺側溝等) 浸透水処理工 (盛土底盤部) 盛土工 (スロープ部)	10/3~	→	→	→	→	→	→	→					
本体工事 盛土工(路体) 盛土工(路床) 路面排水工 舗装工 法面工										→	→	→	→
後片付け													→

再生資材の品質管理について

- 令和4年度 国土交通省東北地方整備局の管理基準及び規格値(案)を参照の上、使用する再生資材の性状を、以下の通り確認する。

試験項目	試験方法	規格値	試験時期・頻度	今回実証事業での時期・頻度
土の粒度試験	JIS A 1204	設計図書による	当初及び土質の変化した時。	別紙
土粒子の密度試験	JIS A 1202	設計図書による	当初及び土質の変化した時。	
土の含水比試験	JIS A 1203	設計図書による	当初及び土質の変化した時。	
土の液性限界・塑性限界試験	JIS A 1205	設計図書による	当初及び土質の変化した時。	
土の一軸圧縮試験	JIS A 1216	設計図書による	当初及び土質の変化した時。	
土の三軸圧縮試験	地盤材料試験の方法と解説[第1回改訂版]	設計図書による	当初及び土質の変化した時。	
土の圧密試験	JIS A 1217	設計図書による	当初及び土質の変化した時。	
土のせん断試験	地盤材料試験の方法と解説[第1回改訂版]	設計図書による	当初及び土質の変化した時。	
土の透水試験	JIS A 1218	設計図書による	当初及び土質の変化した時。	

現状報告

- ① 計測したデータを分析中であり、除去土壌・単体および改良土の、品質管理基準および規格値への適合状況や対応方策については、路体盛土に係る品質管理結果も考慮しながら、今後精査。
- ② なお、今回使用した除去土壌・単体は、含水比が比較的高く、粒度分布のバラツキも大きかったため、品質調整による均質化等が必要と考えられる。

再生資材のサンプリング頻度等

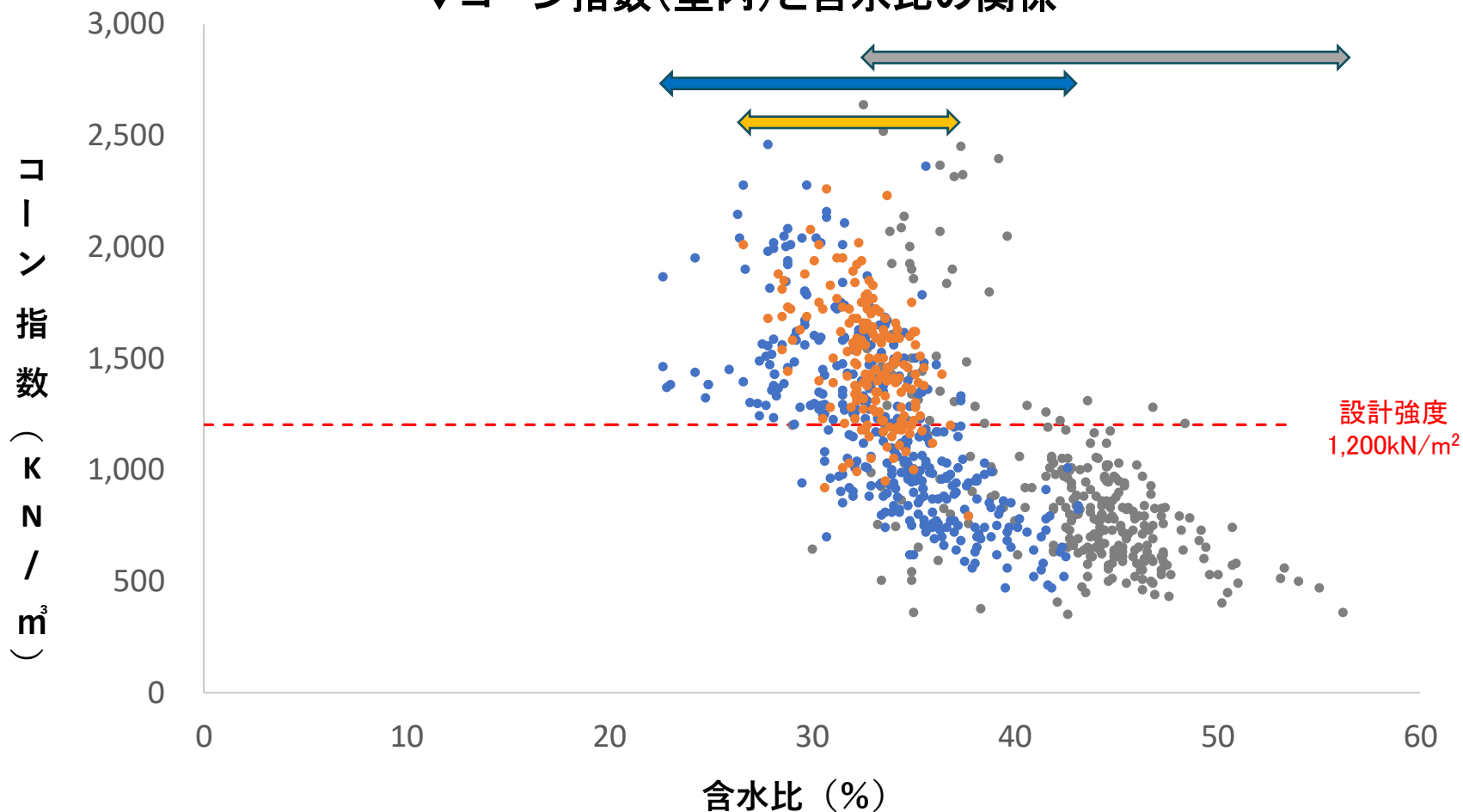
■ 実証事業であるため、各工程ごとに通常の工事時より多くの試料を採取し、性状を分析中。

	分別処理	再生資材化	運搬	盛土	備考	
① 除去土壌・単体	処理日数分 ⇒5検体 ・含水比 ・コーン指数 ・粒度 ・土粒子密度 ・締固試験 ・三軸圧縮	10m3に1回 ⇒184検体 ・含水比 ・コーン指数 ・粒度 ・土粒子密度 ・締固試験 一部の検体※1 ・三軸圧縮	10m3に1回 ⇒200検体予定 ・含水比 ・コーン指数 ・土粒子密度 ・締固試験	10m3に1回 ⇒200検体予定 ・コーン指数	各層毎 ⇒11回 締固め管理 ・砂置換法 ・RI法	※1 含水比や粒度分布、密度を踏まえ、土壌をグルーピングした後、三軸圧縮試験を実施。
②-1 除去土壌・単体 ※改良土用	—	10m3に1回 ⇒(5項目の関連が見られるのは45検体) ・含水比 ・コーン指数 ・粒度 ・土粒子密度 ・締固試験 一部の検体※1 ・三軸圧縮	—	—	—	※1 同上 ※2 スラグ改良がある程度進んだ段階で、粒度試験等を追加指示したため、改良せずに残っていた45検体のみで同試験を実施。
②-2 スラグ改良後	—	10m3に1回 ⇒(5項目の関連が見られるのは229検体) ・含水比 ・コーン指数 ・粒度 ・土粒子密度 ・締固試験 一部の検体※1 ・三軸圧縮	—	—	—	※1 同上 ※2 スラグ改良がある程度進んだ段階で、粒度試験等を追加指示したため、②-1単体に対応する45検体に加え、②-3石灰改良前の184検体で同試験を実施。
②-3 石灰改良後	—	10m3に1回 ⇒184検体 ・含水比 ・コーン指数 ・粒度 ・土粒子密度 ・締固試験 一部の検体※1 ・三軸圧縮	10m3に1回 ⇒200検体予定 ・含水比 ・コーン指数 ・土粒子密度 ・締固試験	10m3に1回 ⇒200検体予定 ・コーン指数	各層毎 ⇒11回 締固め管理 ・砂置換法 ・RI法	※1 同上

再生資材の性状①

- スラグ混合によって性状は収斂せず、含水率が一定率低減したのみであった。
- 生石灰の混合により、含水比低減及び強度向上が確認できた。

▼コーン指数(室内)と含水比の関係

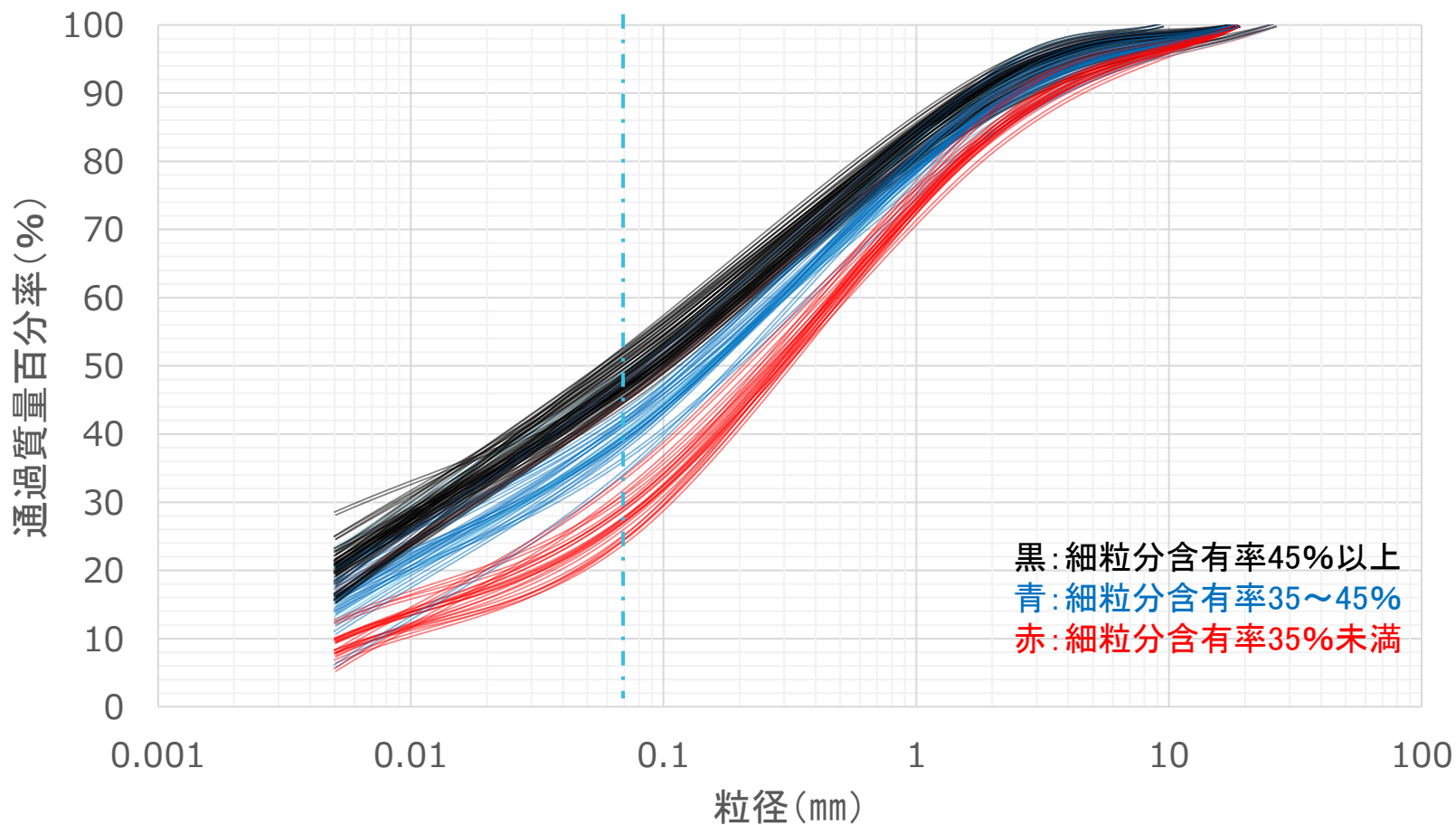


- 除去土壌 (N=288)
- スラグ30%混合土 (N=368)
- スラグ+生石灰混合土 (N=184)

再生資材の性状②

- 除去土壌・単体では、細粒分含有率(0.075mm未満)が25%~53%(平均43.1%)とバラついており、性状は一様ではなかった。
- 改良土の粒度分布については分析中。

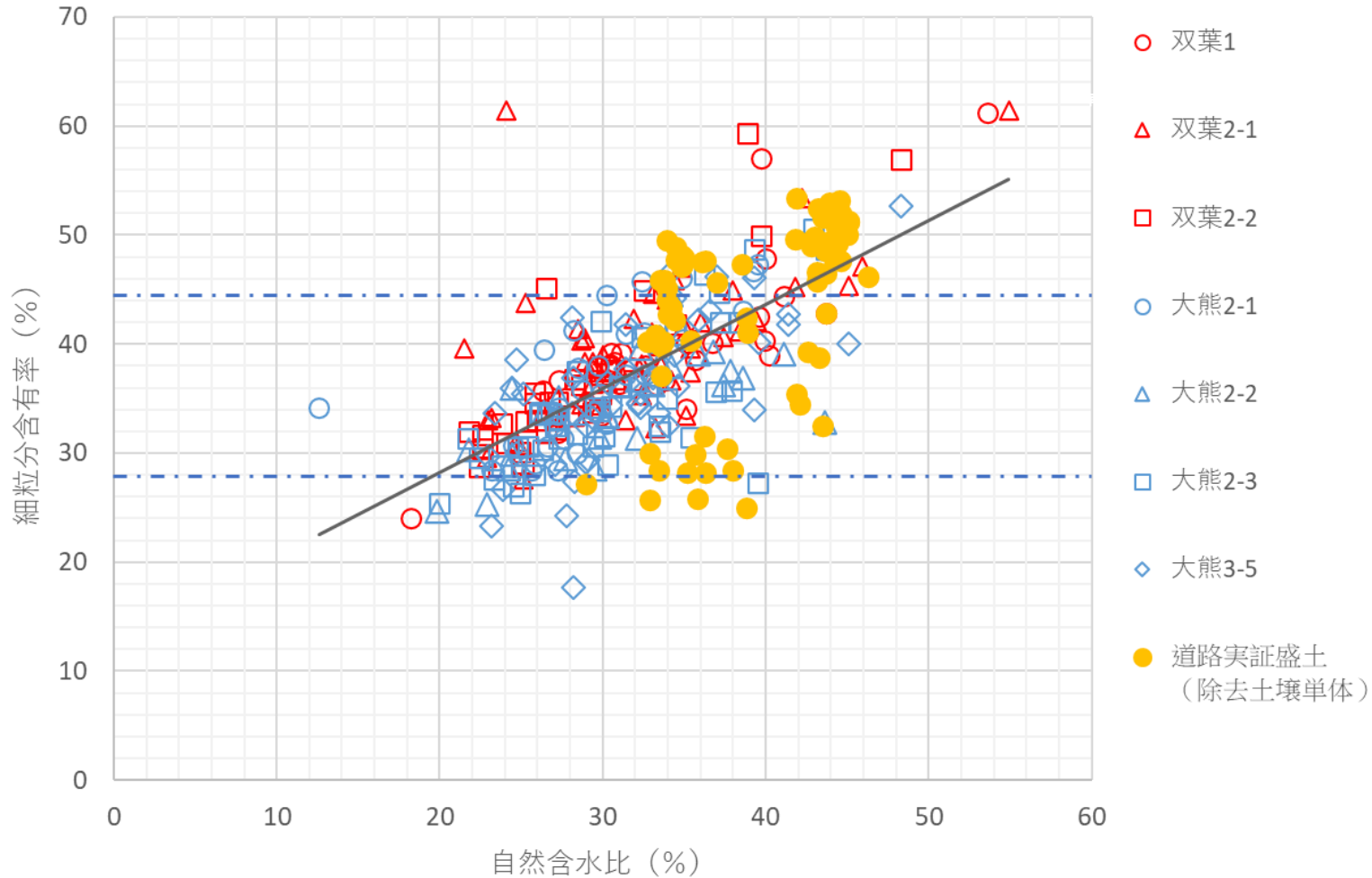
▼除去土壌・単体の粒度分布



除去土壌・単体の粒度分布

再生資材の性状③

- 今回使用した除去土壌・単体は、土壌貯蔵施設に保管されている土壌に比べ、含水比が高く、細粒分含有率のバラツキが大きい土壌であった。
- 改良土については、分析が終わり次第、同様に整理する。



路体盛土の品質管理について

- 令和4年度 国土交通省東北地方整備局の管理基準及び規格値(案)を参照の上、路体盛土の品質管理を、以下の通り実施した。

管理項目	規格値	通常の管理	今回実証での管理
現場密度試験 (砂置換)	最大乾燥密度の 90%以上	5,000m ³ 未満 3回	各層1回×2ケース→11回×2= <u>22回</u> (当該施工は、5,000m ³ 未満) ※2ケース(除去土壌単体、スラグ生石灰改良)
現場密度試験 (RI)	最大乾燥密度の 92%以上	1日の施工量 500m ² 未満 5点 1,000m ² 未満 10点 2,000m ² 未満 15点	各層1回×2ケース→11回×2= <u>22回</u> (当該施工は、1日当たり 250m ² (最上層)~470m ² 平均400m ²) ※2ケース(除去土壌単体、スラグ生石灰改良)
含水比試験		5,000m ³ 未満 3回	除去土壌単体 <u>3回</u> スラグ生石灰 <u>3回</u> (当該施工は、5,000m ³ 未満) ※出荷時に <u>10m³に1検体ずつ測定</u>
コーン指数	1,200kN/m ² 以上	必要に応じて実施 (トラフィカビリティが悪い場合)	除去土壌単体 <u>150検体目安</u> スラグ生石灰 <u>150検体目安</u>

現状
報告

- 改良土では、管理基準・規格値を満足する結果が得られた。
- 除去土壌・単体では、管理基準・規格値を満足できなかった層があった。
その原因3つを推定し、試験データを用いて分析中。
合わせて対応方策を今後検討する。

路体盛土の品質管理結果

- 改良土では、規格値を満足する結果が得られた。
- 除去土壌・単体では、規格値(現場密度)を満足できなかった層があった。

【規格値】赤字:基準値以下
 ※砂置換 最大乾燥密度の90%以上、最低値
 ※RI 最大乾燥密度の92%以上、平均値

層	■改良土[8回転圧]				■除去土壌・単体[8回・4回転圧]			
	砂置換		RI		砂置換		RI	
	補強材なし	補強材あり	補強材なし	補強材あり	補強材なし	補強材あり	補強材なし	補強材あり
①	99.3%		94.1%		92.9%		92.5%	
②	103.8%		97.9%		84.8%		81.4%	
③	101.4%	100.0%	105.6%	102.3%	86.3%	87.6%	90.6%	92.1%
④	98.4%	100.8%	98.0%	99.7%	83.2%	84.1%	83.6%	82.4%
⑤	101.3%	103.5%	101.8%	104.9%	4回転圧 89.9%	8回転圧 89.3%	4回転圧 90.7%	8回転圧 92.6%
					6回転圧 87.1%		6回転圧 86.7%	
					8回転圧 88.2%		8回転圧 86.7%	
⑥	103.1%	97.5%	102.0%	103.8%	4回転圧 92.1%	4回転圧 89.9%	4回転圧 89.0%	4回転圧 92.4%
					6回転圧 89.4%	6回転圧 88.5%	6回転圧 92.5%	6回転圧 94.6%
					8回転圧 88.3%	8回転圧 85.6%	8回転圧 84.9%	8回転圧 80.3%
⑦	103.7%	102.7%	101.9%	97.7%	4回転圧 92.9%	4回転圧 89.1%	4回転圧 82.6%	4回転圧 87.7%
⑧	106.4%	103.2%	102.0%	99.2%	4回転圧 95.6%	4回転圧 90.4%	4回転圧 91.1%	4回転圧 90.7%
⑨	104.8%	100.9%	101.1%	94.1%	4回転圧 86.5%	4回転圧 89.1%	4回転圧 90.0%	4回転圧 87.9%
⑩	100.4%	99.7%	96.7%	96.2%	4回転圧 88.2%	4回転圧 90.7%	4回転圧 86.0%	4回転圧 86.7%
⑪	101.5%	104.2%	108.6%	105.1%	4回転圧 84.7%	4回転圧 91.3%	4回転圧 87.0%	4回転圧 89.3%

想定される原因と対応方策(案)

- 除去土壌・単体で、締固め管理が不十分であった原因として以下の3つを推定。
- それぞれの原因について、試験データを用いて分析中。合わせて対応方策を今後検討する。

	仮説	対処方策(案)
1	<p>【原因①】半数は、含水比が高く、盛土材としては不適であった。</p> <ul style="list-style-type: none"> 今回使用した除去土壌・単体の自然含水比は、最適含水比に比べて約15%ほど高く、自然含水比相当の土壌密度は最大乾燥密度の約90%値と同程度であった。(データ1) 	<p>① 高含水比の土壌(例えば40%以上)は原則として取り除く。</p> <p>② 含水比調整を適切に行う。</p>
2	<p>【原因②】管理基準、規格値が正しく設定されていなかった。</p> <ul style="list-style-type: none"> 土の性状のバラツキが大きく、かつ混合が不十分であったため、再生資材全量に対して設定した管理基準・規格値(1つ)が代表性を有していなかった。 	<p>③ 各層ごとに施工管理を行う。(データ2)</p> <p>④ バラツキを収斂させるため品質調整を行う。</p>
3	<p>【原因③】今回の除去土壌・単体は柔らかく、反力が十分に確保できなかった場合は締固めが困難となった。</p> <ul style="list-style-type: none"> 試験盛土や1層目(ともに地盤はAs舗装)、および7層目以降の一部では規定値を満足していた。 ジオグリッドによる改善効果は不明(3~4層目:やや改善、6~7層目:効果見られず)であった。 	<p>⑤ 除去土壌・単体での盛土を行う場合は、ジオグリッドの敷設頻度や範囲を再考する。</p>

(データ1) 締固め曲線(管理基準・規格値)と再生資材の含水比分布

表-1 室内突固め試験結果(抜粋)

試料	自然含水比	最適含水比	最大乾燥密度	備考
除去土壌・単体	45.8 %	31.2 %	1.260 g/cm ³	図-1 参照
改良土 (スラグ+生石灰)	35.5 %	29.4 %	1.301 g/cm ³	図-2 参照

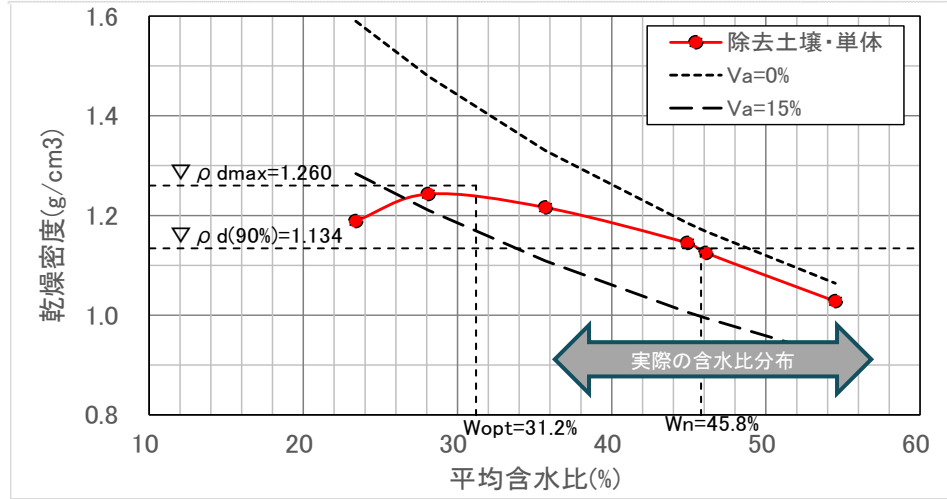


図-1 締固め曲線(除去土壌・単体)

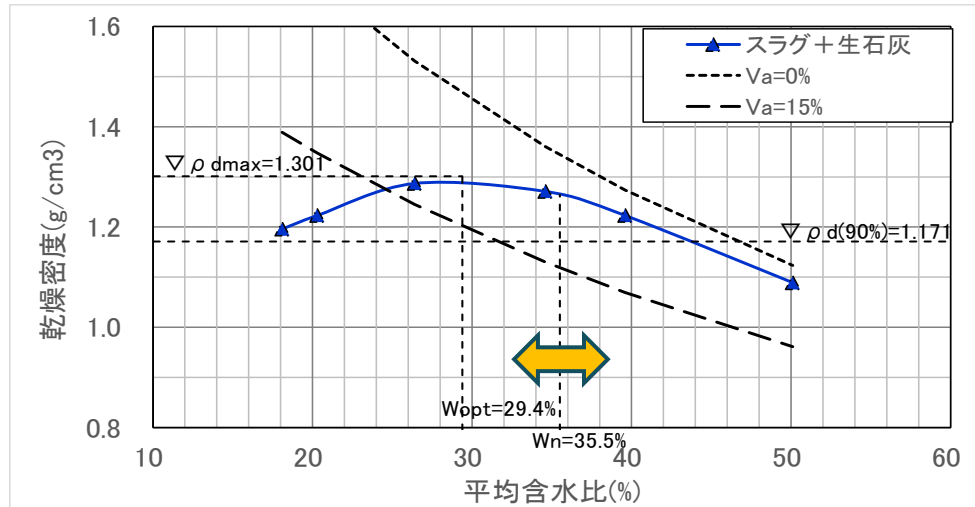
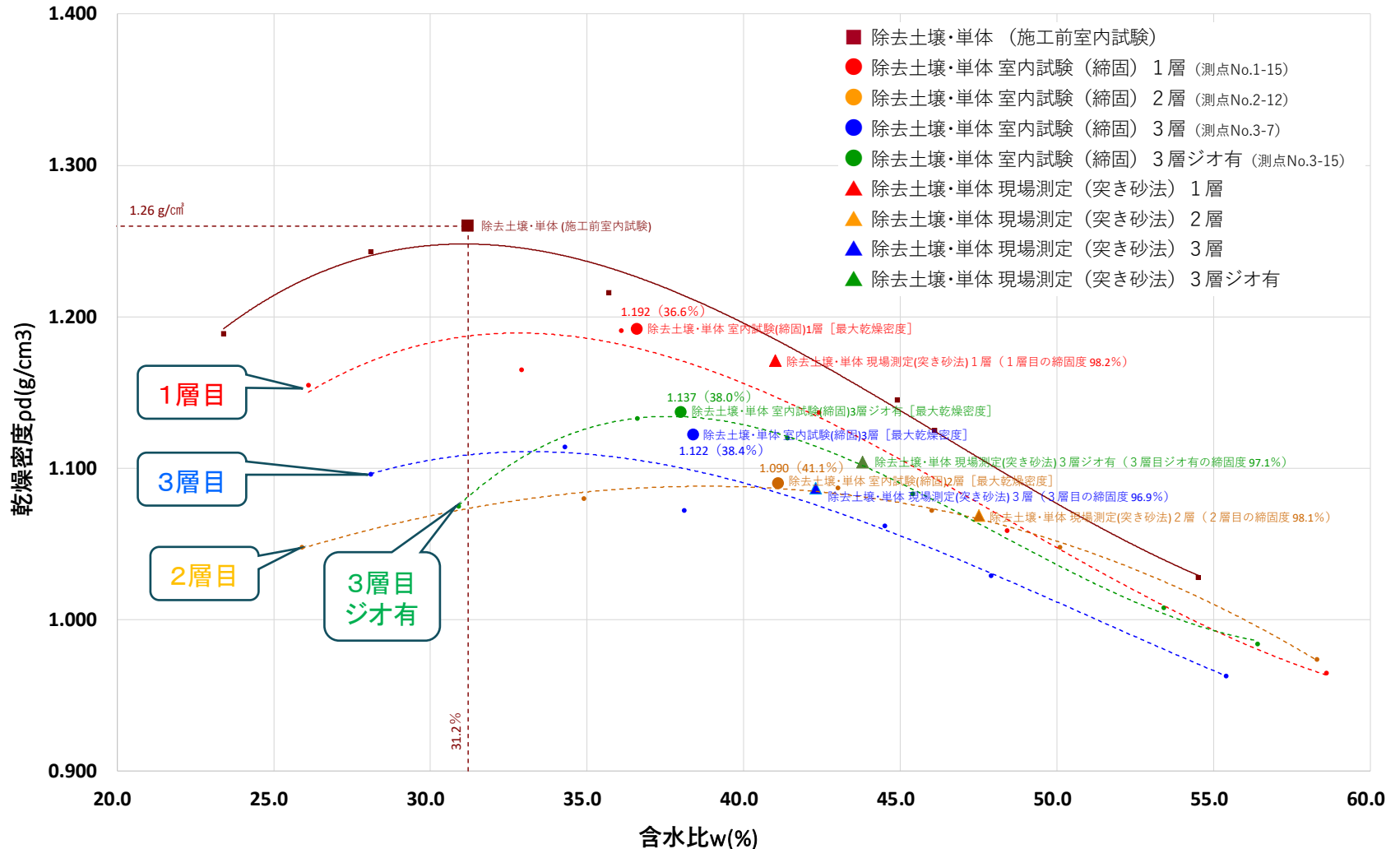


図-2 締固め曲線(改良土:スラグ+生石灰)

(データ2) 層毎の締固め曲線

- 施工管理で用いる規格値は代表値(実線)を用いるが、検証のため、層別の規格値(破線)を分析・整理。
- 再生資材の性状が層毎にバラついており、実線(代表値)で評価すると規格値を満足できなかったが、破線(層毎の値)で評価すると、おのこの満足していると考えられる。



今後の予定 ①構造物の安定性モニタリング(赤字:更新箇所)

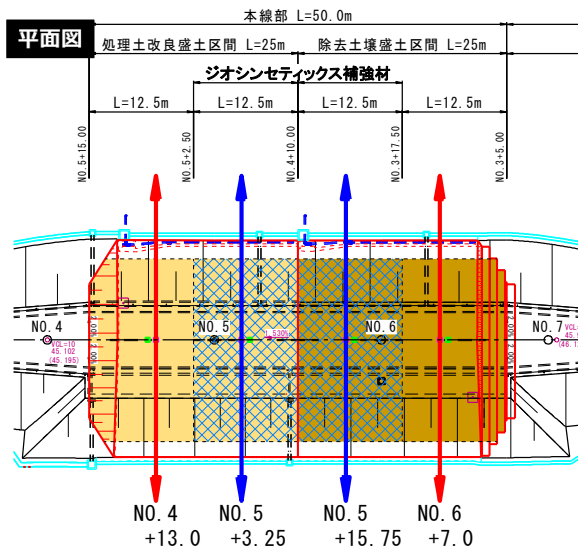
【項目】

- 1) 横断測量による外形計測
- 2) 変位杭による変位量計測(はらみ、崩壊の予兆等の確認)
- 3) 沈下板による沈下計測

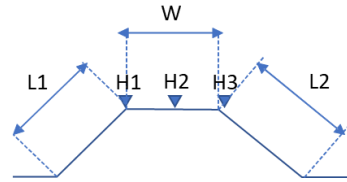
【頻度】

- 盛土完了後1ヶ月まで : **2回/週**
 盛土完了後1~3ヶ月まで: 1回/週
 盛土完了後3ヶ月以降 : 1回/月

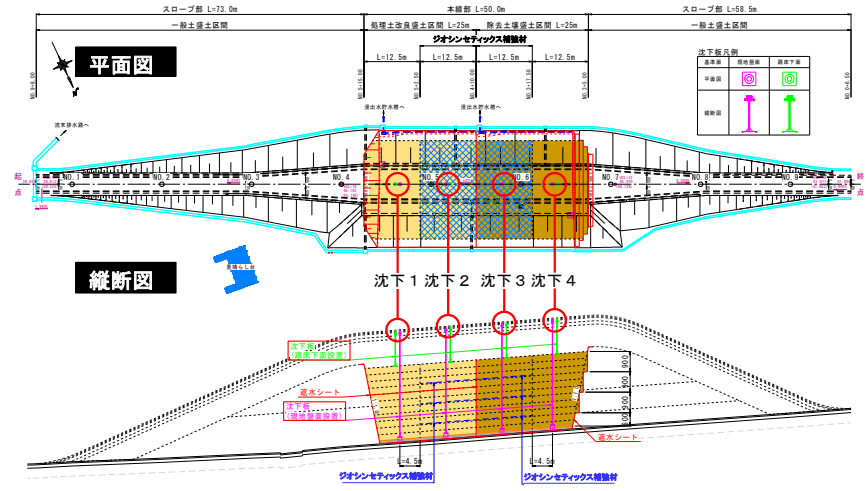
1) 横断測量による外形計測



横断面

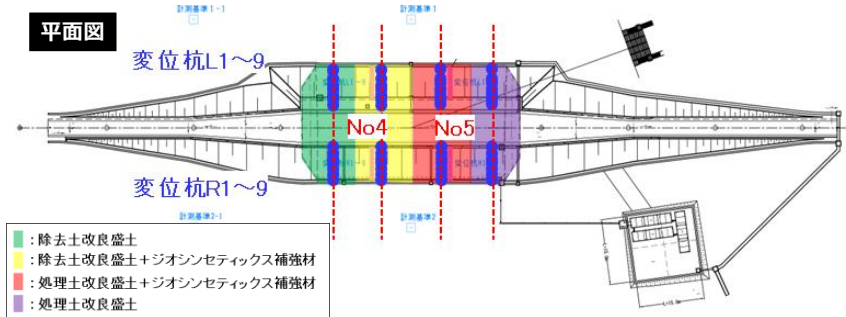


3) 沈下板による沈下計測

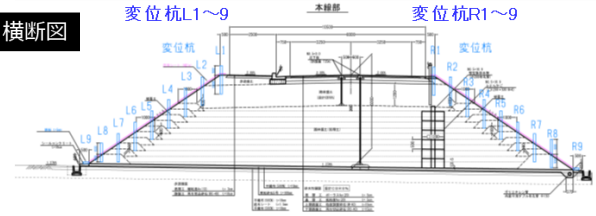


縦断面

2) 変位杭による変位量計測



横断面



(注) 変位杭は処理土2層ごとに1箇所を基本とし、法肩から法尻に概ね等ピッチに配置する。
 (注) 変位杭頭部にはプリズムを固定し、自動追尾トータルステーションで変位量を計測する。

今後の予定 ②放射線等の安全性モニタリング(赤字:更新箇所)

周辺住民(施工場所の境界部)および施工作業者や道路利用者への、再生資材を道路盛土に利用することによる放射線影響等について把握・評価するため、以下の項目について計測し、既定基準値内であることを確認する。

(1) 作業者の外部被ばく線量

- 代表者が個人線量計を着用し、各月ごとに集計の上、追加被ばく線量が年間1mSvを超えないことを確認する。

(2) 空間線量率

- 施工中は、施工場所の境界部4箇所(下図赤丸)において「放射能濃度等測定方法ガイドライン」に準じて、施工前測定値の平均値+施工前測定値の標準偏差の3倍+0.19 μ Sv/h以内であることを確認する。

(注) 施工作業者の被ばく管理は上記(1)のとおり行うが、参考まで、施工場所3箇所(下図青丸)の空間線量率も測定する。

- 覆土(50cm以上)後は、周辺環境と有意な差がないことを確認する。

(3) 空気中の放射性物質濃度

- 施工中、再生資材が露出している際は、「放射能濃度等測定方法ガイドライン」に準じて、以下であることを確認する。

$Cs-134$ 20Bq /m³以下 $Cs-137$ 30Bq /m³以下 かつ $(Cs-134/20)+(Cs-137/30) \leq 1$ 。【検出下限値 2.0×10^{-1} Bq /m³】

- 覆土後は、周辺環境と有意な差がないこと。

(4) 浸透水の放射性物質濃度ほか

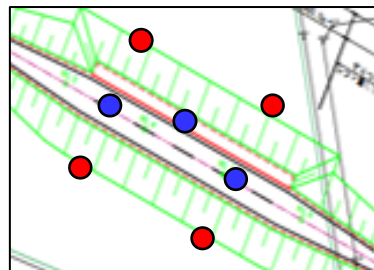
- 「放射能濃度等測定方法ガイドライン」に準じて、以下であることを確認する。

$Cs-134$ 60Bq /L以下 $Cs-137$ 90Bq /L以下かつ $(Cs-134/60)+(Cs-137/90) \leq 1$ 。【検出下限値 1Bq /L】

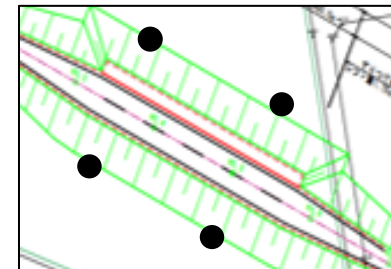
- 公共用水域への排水基準に適合することを確認する。

(参考)
測定箇所

空間線量率
※境界部 ●4地点
※盛土上(参考)
●3地点



空気中の
放射性物質濃度
※境界部 ●4地点



放射線等の安全性モニタリング結果(速報値)

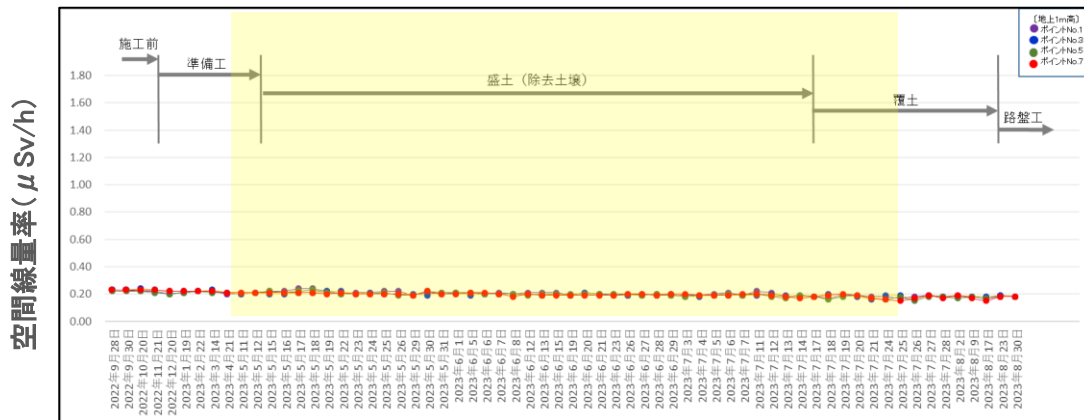
■ 施工時 (速報値)

- ① 施工箇所の境界部の空間線量率(右上図)は、除去土壌の盛土作業の前後で変化なし。
- ② 除去土壌の盛土作業中の、空気中の放射性物質濃度は、検出下限値未満。
- ③ 盛土からの浸出水の放射性物質濃度は、検出下限値未満。

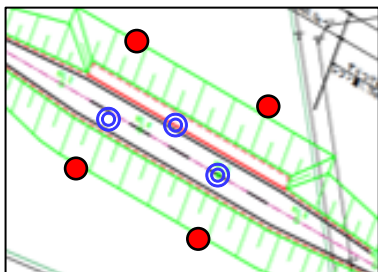
■ 維持管理時

- ④ 引き続き、空間線量率、空気中および浸出水中の放射性物質濃度の測定を行う。

施工箇所の境界部(地上1m) 4箇所

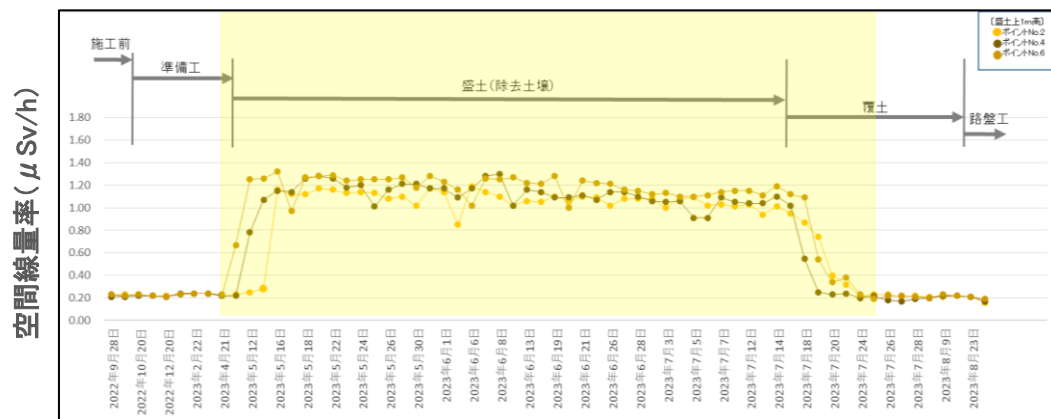


【空間線量率の測定結果(速報)】



境界部 ●4地点
 施工場所 ◎3地点

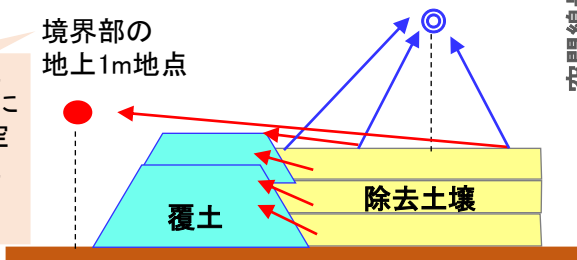
(参考)施工場所(盛土上1m) 3箇所



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

境界部の地上1m地点

施工場所の盛土上1m地点



<3層目盛土施工時のイメージ>

参 考 資 料

工事の進捗状況①（準備）



着手前



準備工事(排水工)



準備工事(盛土工(スロープ部))



準備工事(盛土工(スロープ部))

工事の進捗状況②（路体盛土）



浸透水処理工(盛土底盤部)



路体盛土工(2層目)



路体盛土工(路体9層目)



路体盛土工(路体11層目)

工事の進捗状況③（路床盛土・路盤工）



路床盛土工(覆土)



路盤工