

「事業許可時の説明」と「現時点の覆土配合」の
整合性について
(2023年6月21日面談のコメント回答)



日本原燃株式会社

2023年 12月1日

1. 前回面談時のコメントに対する回答

(1) 覆土の性能評価について

- ①ベントナイト混合土の設計と許可との関係
- ②難透水性覆土の透水係数および分配係数
- ③難透水性覆土の性能に対する考え方
- ④礫の透水係数データ取得結果

(2) 巨視的透水係数の考え方について

- ①巨視的透水係数の定義
- ②施工に係る品質管理方法の概要

(3) 覆土の確認方法について

2. 今後のスケジュール

参考書類 1 : 事業変更許可申請書のうち覆土配合に関連する事項
参考書類 2 : 三次元管理図における管理基準面の作成方法

1. 前回面談時のコメントに対する回答

- 前回の面談（2023年6月21日）において、「事業許可時の説明」と「現時点の覆土配合」の整合性について説明を実施した。
- 具体的には、「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（2019年12月5日公布・施行）」および「廃棄物埋設事業変更許可申請書本文（2021年6月14日）」と比較しながら現時点の覆土配合に対する整合性を説明した。
- 以下に示す面談時のコメントに対して、回答・説明を行う。

No.	前回面談時のコメント※
1	ベントナイト混合率を事業変更許可時の値よりも低くした場合において、覆土の性能評価に必要な試験データを取得して説明すること。
2	礫を混合した場合の透水係数および分配係数といった材料特性データなど、覆土の性能評価に必要な試験データを取得して説明すること。
3	事業変更許可時に定義した巨視的透水係数について具体的に示し、バラツキも考慮してどのような方法でデータ取得するのか説明すること。
4	覆土の確認方法、確認に必要なデータ取得の項目・フローを整理し、工程表に必要な項目を追記のうえ説明すること。

※原子力規制委員会議事要旨「日本原燃(株)廃棄物埋設施設覆土の確認に係る面談（第1回）」参照

1. 前回面談時のコメントに対する回答

(1) 覆土の性能評価について



No.	前回コメント
1	ベントナイト混合率を事業変更許可時の値よりも低くした場合において、覆土の性能評価に必要な試験データを取得して説明すること。
2	礫を混合した場合の透水係数および分配係数といった材料特性データなど、覆土の性能評価に必要な試験データを取得して説明すること。

- 事業変更許可においては、性能規定の考え方に倣い、本文に難透水性覆土の仕様として材料、透水係数、厚さおよび密度を記載した。
- しかしながら、規則第10条4に対する説明として長期的な性能評価を実施するにあたり、具体的な材料を選定する必要があったことから、その時点での候補材料を前提として各性能評価を実施し、廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあることを説明した。（事業変更許可申請書_添付書類六）
- この度、実施工のための具体的な覆土配合の設定に伴い、その配合が事業変更許可の安全審査時における説明と整合することを確認済みである。
- コメントNo. 1, 2 の回答として、当時の候補材料に対してベントナイト混合率が低く、礫を混合した現在の覆土配合に対して、覆土の性能評価に必要な試験データを提示しつつ、安全審査時の説明との整合性について説明を行う。

（参考）事業変更許可申請書の添付書類六より抜粋

状態設定の評価に用いる埋設設備及び覆土の材料仕様は、設計において期待する性能を満たすことができる候補材料から設定する。施工時点において材料仕様が変更になることも予想されるが、期待性能を満たす材料を適切に設定する。

1. 前回面談時のコメントに対する回答 (1) 覆土の性能評価について

2023年6月21日
面談資料 加筆再掲

① ベントナイト混合土の設計と許可との関係

- 1号埋設地覆土工事（第Ⅰ期）における現時点の覆土配合は、技術的妥当性および合理性の観点から、現時点において下表の通りとしている。

項目	事業許可申請書に示した主な仕様	現時点の覆土配合
材料	ベントナイト混合土 (添付書類六の「状態設定の評価」においては、 具体的な候補材料を設定して評価を実施。)	ベントナイト 12.5wt% + 土砂 87.5wt% ・ 礫(20mmアンダー) 50wt% ・ 砕砂 27.5wt% ・ 現地発生土(段丘砂) 10wt%
透水係数	巨視的透水係数※1として 1.0×10^{-10} m/s以下	$7.9 \times 10^{-12} \sim 1.1 \times 10^{-11}$ m/s程度※2
厚さ	2m以上	2m
密度	1,100kg/m ³ 以上	1,952~2,064kg/m ³ 程度※2

※1 空間的なばらつきを考慮しても主要な部位ごとに全体として期待できる透水係数（施工時）をいう。

※2 昨年度実施した試験結果より

現時点の覆土配合に示す難透水性覆土の材料はベントナイトを混合した土砂であり、安全審査時点の説明と同様であるとともに、各要求性能を満足しているものである。（参考資料1参照）

(補足) 礫、砂および現地発生土(段丘砂)は、地盤工学会基準による粒径分類において土質系材料に整理されている。よって、これらとベントナイトを混合した難透水性覆土は、ベントナイト混合土であることから、事業許可申請書の材料仕様と整合している。

1. 前回面談時のコメントに対する回答 (1) 覆土の性能評価について

② 難透水性覆土の透水係数および分配係数

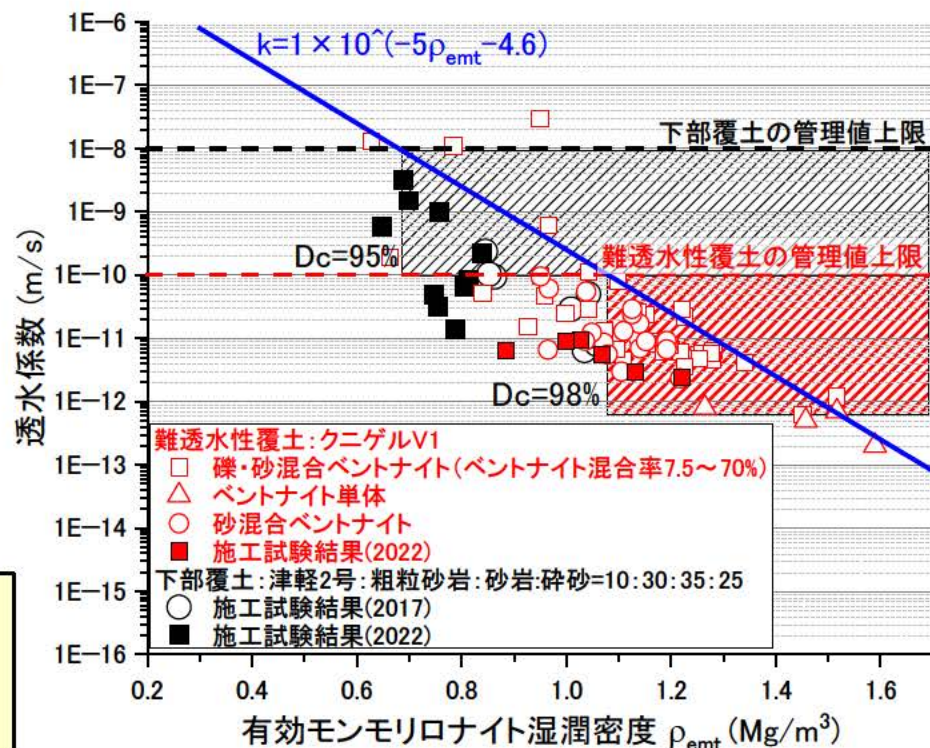
【透水係数】

- 今年度実施した施工試験結果(速報値)の値を下表に、過去の試験結果を右図に整理

No.	乾燥密度	有効Mo 湿潤密度	透水係数 (速報値)
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■
■	■	■	■

※低透水性材料の透水試験方法 (JGS0312-2018)

透水試験結果は要求性能を満足する見込みであり、有効モンモリロナイト湿潤密度と透水係数に相関性を確認できる。



【分配係数】

- 2023年末に取得予定であり、取得後に改めて提示する。
- なお、覆土を構成するベントナイト、土砂（礫、碎砂、段丘砂）は、事業許可時と同様にいずれも土質系材料であり、分配係数に影響を与える物質が含まれておらず、有意な影響はないものと考えられる。

1. 前回面談時のコメントに対する回答

(1) 覆土の性能評価について



② 難透水性覆土の透水係数および分配係数（補足）

基準化された試験方法の記載を確認し、難透水性覆土（最大粒径20mm、粘土・砂・礫を含み粒径幅が広い）に対する適用性について整理を行った。

➤ 低透水性材料の透水試験方法（JGS 0312-2018）より抜粋

【1. 適用範囲】

この基準は、 $10^{-9} \sim 10^{-13} \text{m/s}$ の範囲にある、飽和状態にある土の層流状態における透水係数を求める方法について規定する。

【5.2 試料および供試体の作製】

注記 1 JIS A 1210 または静的締固めによってモールド内に締固めた試料を、そのまま透水試験用供試体として使用することができる。

注記 2 試料の最大粒径の10倍以上の直径および高さとすることを基本としている。ただし、粒径幅の広い試料に対しては、最大粒径の5倍以上であれば許容してもよい。

➤ 突固めによる土の締固め試験（JIS A 1210:2020）より抜粋

【2.3.1 適用範囲】

試料の最大粒径は、～(中略)～、19mm以上37.5mm以下の土粒子を含む場合は、内径150mmモールドを適用する。

難透水性覆土の透水係数は $1 \times 10^{-10} \sim 10^{-12} \text{m/s}$ オーダーであり、用いる材料の最大粒径は20mmであることから、内径150mmモールド(高さ125mm)により締固めた試料を用いることで、低透水性材料の透水試験方法（JGS0312-2018）に適用可能である。

1. 前回面談時のコメントに対する回答 (1) 覆土の性能評価について

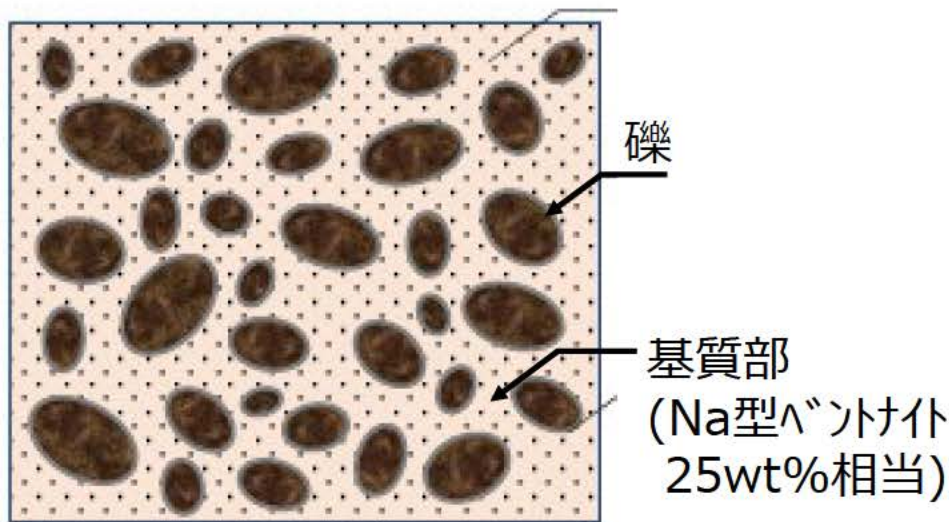
2023年6月21日
面談資料 加筆再掲

③ 難透水性覆土の性能に対する考え方

- 難透水性覆土は内部は、砂（砕砂、段丘砂）とベントナイトからなる混合土が基質部を形成しており、その中にさらに基質部より低透水の礫が混在している状況である。

現時点の覆土配合	基質部と礫の配合率
ベントナイト 12.5wt% + 土砂 87.5wt% ・ 礫(20mmアンダー-) 50wt% ・ 砕砂27.5wt% ・ 現地発生土(段丘砂) 10wt%	基質部 : ベントナイト 12.5wt% + 砂 (砕砂、段丘砂) 37.5wt% 礫 : 礫材(20mmアンダー-) 50wt%

<基質部を100wt%とした換算値>
ベントナイト 25wt%
+ 砂 (砕砂、段丘砂) 75wt%



現地施工後に
採取したコア

基質部が難透水性覆土の各種特性を支配していると考えられ、その基質部はNa型ベントナイト25wt%混合土に相当する。

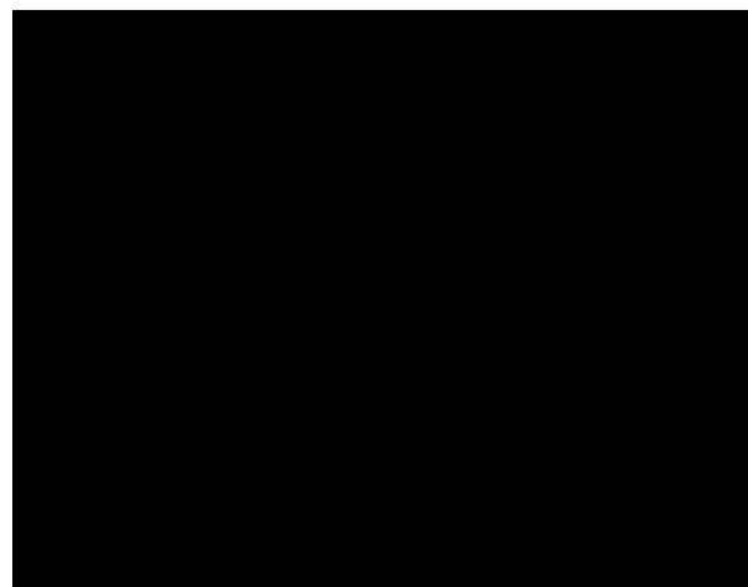
1. 前回面談時のコメントに対する回答 (1) 覆土の性能評価について

④ 礫の透水係数データ取得結果

難透水性覆土のうち礫部分の透水性を確認するために、破碎前の原石を用いて透水試験を実施した。



供試体コア写真



透水試験データ

- 原石（礫の原材料）は、難透水性覆土全体の透水係数よりも1オーダー低い値を示しており、透水現象において礫部分が選択的に有意なみずみちとなることは考え難く、難透水性覆土における基質部（Na型ベントナイト25wt%相当）が透水性を支配していると考えられる。

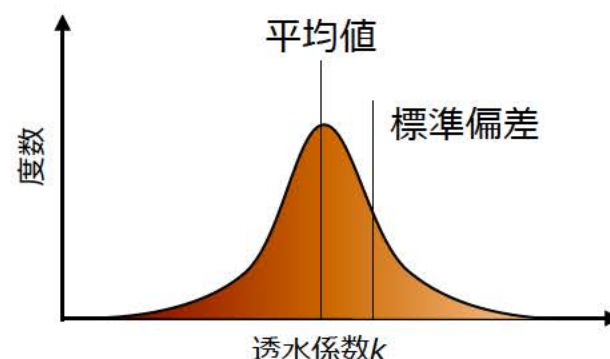
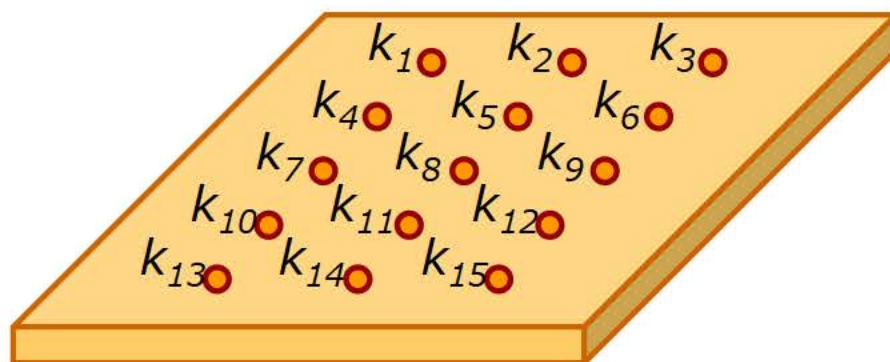
1. 前回面談時のコメントに対する回答

(2) 巨視的透水係数の考え方について

No.	前回コメント
3	事業変更許可時に定義した巨視的透水係数について具体的に示し、バラツキも考慮してどのような方法でデータ取得するのか説明すること。

① 巨視的透水係数の定義

覆土の透水係数 k について、空間的なばらつき（平均値、標準偏差、相関長）を踏まえて評価することで、局所的な透水係数でなく、覆土全体として期待できる透水係数を巨視的透水係数という。

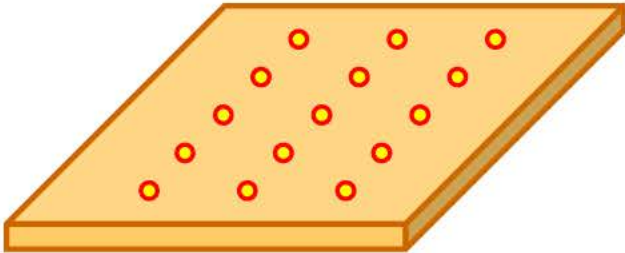


相間長：相間の及ぶ長さ

1. 前回面談時のコメントに対する回答

(2) 巨視的透水係数の考え方について

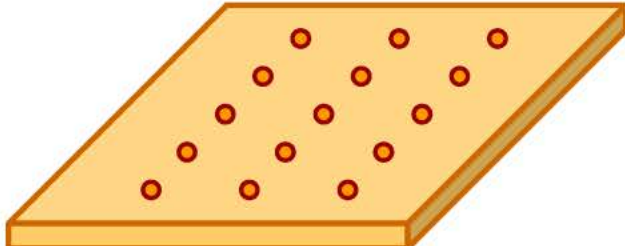
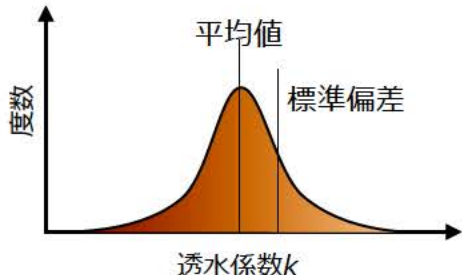
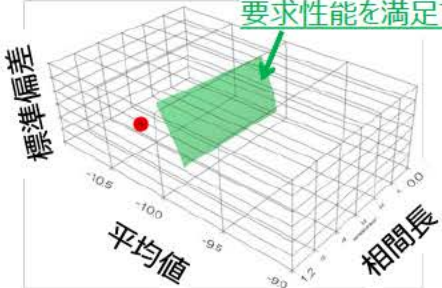
② 施工に係る品質管理方法の概要 (1 / 3)

手順	作業内容	
1		材料製造過程において <u>含水比W</u> および <u>モンモリロナイト含有率C_m</u> を測定する。
2		施工エリアにて、原位置で <u>乾燥密度ρ_d</u> を測定する。
3		各点における含水比 W 、モンモリロナイト含有率 C_m 、乾燥密度 ρ_d 等から <u>有効モンモリロナイト湿潤密度ρ_{emt}</u> を算出する。 (算出式はp.12参照)

1. 前回面談時のコメントに対する回答

(2) 巨視的透水係数の考え方について

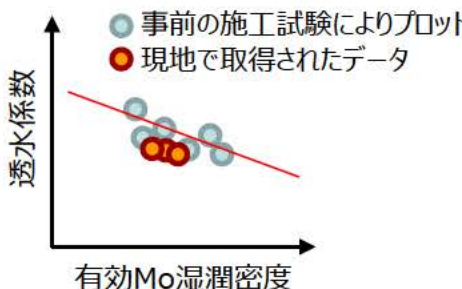
② 施工に係る品質管理方法の概要 (2 / 3)

手順	作業内容	
4		有効モンモリロナイト湿潤密度ρ_{emt}と透水係数kの相関式を用いて<u>透水係数k</u>を算出する。 (相関性はp.5参照)
5		透水係数kの<u>平均値</u>、<u>標準偏差</u>、<u>相関長</u>を算出する。 ※ 算出方法（サンプリング頻度含む）は、施工試験結果を踏まえて決定。
6		三次元管理図より、平均・標準偏差・相関長による<u>プロット位置が要求性能を満足する管理基準面より保守的な値</u>であることで、巨視的透水係数が満足していることを確認する。(参考書類2)

1. 前回面談時のコメントに対する回答 (2) 巨視的透水係数の考え方について



② 施工に係る品質管理方法の概要 (3 / 3)

手順	作業内容
7	 ● 事前の施工試験によりプロット ● 現地で取得されたデータ 透水係数 有効Mo湿潤密度 覆土完了後、現地サンプリング試料を用いて有効モンモリロナイト湿潤密度ρ_{emt}と透水係数kの相関式の妥当性を最終確認する。

<参考> 有効モンモリロナイト湿潤密度の算出式

$$\rho_{emt} = \rho_{em} + \frac{\frac{100}{100 - R_s} w \cdot \rho_b}{100 - (100 - C_m) \frac{\rho_b}{\rho_{nm}}}$$

$$\rho_{em} = \frac{C_m \cdot \rho_b}{100 - (100 - C_m) \frac{\rho_b}{\rho_{nm}}}$$

$$\rho_b = \frac{\rho_d (100 - R_s)}{100 - \frac{R_s \cdot \rho_d}{\rho_s}}$$

ρ_{emt} : 有効モンモリロナイト湿潤密度 (Mg/m³)

ρ_{em} : 有効モンモリロナイト乾燥密度 (Mg/m³)

ρ_b : 有効粘土乾燥密度 (Mg/m³)

w : 含水比 (%)

C_m : モンモリロナイト含有率 (%)

ρ_{nm} : 随伴鉱物の土粒子密度 (Mg/m³)

ρ_d : 乾燥密度 (Mg/m³)

ρ_s : 骨材の土粒子密度 (Mg/m³)

R_s : 骨材混合率 (%)

赤字 : 施工時に特に管理が必要な事項

1. 前回面談時のコメントに対する回答

(3) 覆土の確認方法について



No.	前回コメント
4	覆土の確認方法、確認に必要なデータ取得の項目・フローを整理し、工程表に必要な項目を追記のうえ説明すること。

➤ 覆土の確認方法

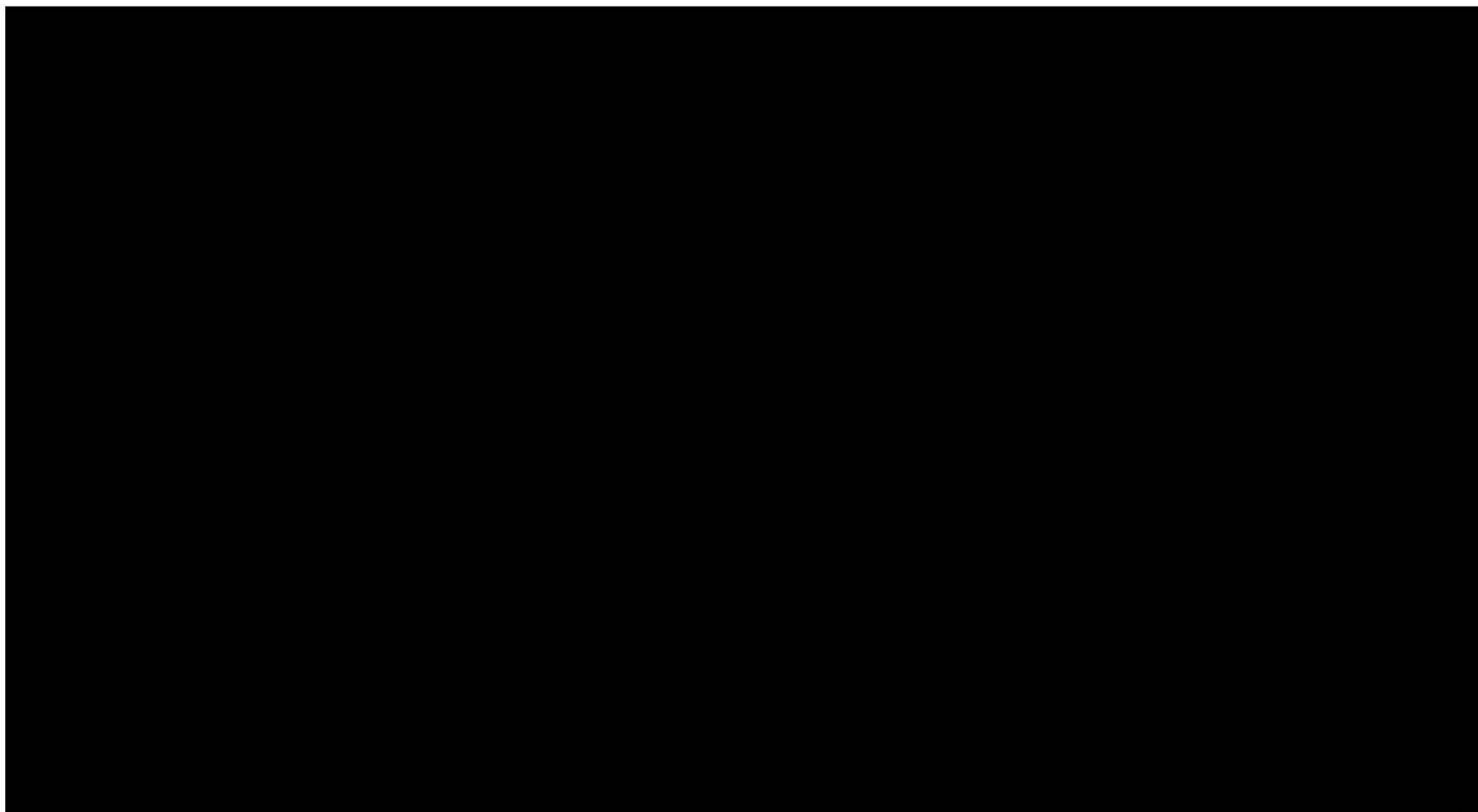
(2) ②の手順に従い、覆土が巨視的透水係数を満足していることを確認する。

➤ 施工試験における確認に必要なデータ

項目		概要	(2)②において 関連する手順
①	有効モンモリロナイト湿潤密度 ρ_{emt}	含水比 W 、モンモリロナイト含有率 C_m 、乾燥密度 ρ_d を取得し、有効モンモリロナイト湿潤密度 ρ_{emt} を算出する。	1,2,3
②	有効モンモリロナイト湿潤密度 ρ_{emt} と透水係数 k の相関式	透水試験の結果を踏まえて左記の相関式を算出する。現地取得した有効モンモリロナイト湿潤密度から透水係数を換算する際に用いる。	4
③	三次元管理図において要求性能を満足する管理基準面	平均値、標準偏差、相関長による三次元管理図における管理基準面を作成する。施工時の品質管理において、巨視的透水係数が基準を満たすことを確認する際に用いる。	5,6
④	覆土施工後の透水試験結果および有効モンモリロナイト湿潤密度	覆土施工後に、品質管理に用いていた②の相関式が妥当であることの最終確認を行う。	7

2. 今後のスケジュール

- 現在予定しているスケジュールは以下の通り。
- 2023年度の現地施工試験の結果を踏まえて、施工方法（転圧回数、厚さ）や品質管理方法（試験方法、頻度）について検討し、2024年度に実施工と同様の最終確認を行う。



参考書類

(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項
- 事業変更許可申請書 本文 -



第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則 (2019年12月5日公布・施行)	廃棄物埋設事業変更許可申請書 本文 (2021年6月14日)	整合性の確認
・第十条第一号 廃棄物埋設地は、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から埋設の終了までの間にあっては廃棄物埋設地の限定された区域からの放射性物質の漏出を防止する機能、埋設の終了から廃止措置の開始までの間にあっては廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する機能を有するものであること。 ・第十条第三号 埋設した放射性廃棄物に含有される化学物質その他の化学物質により安全機能が損なわれないものであること。 ・第十条第四号 廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものであること。	<難透水性覆土> 材料：ベントナイト混合土 透水係数（施工時点） ：巨視的透水係数*1として $1.0 \times 10^{-10} \text{m/s}$以下 厚さ：2m以上 密度：1,100kg/m³以上	次頁「(1)主な仕様」に示すとおり、整合していることを確認した。

※1 空間的なばらつきを考慮しても主要な部位ごとに全体として期待できる透水係数をいう。

(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項 - 事業変更許可申請書 本文 -



(1) 主な仕様

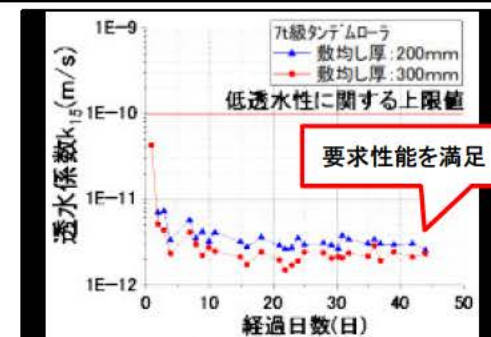
廃棄物埋設事業変更許可申請書 (2021年6月14日) 本文	整合性の確認
<難透水性覆土> 材料：ベントナイト混合土 透水係数（施工時点） ：巨視的透水係数として$1.0 \times 10^{-10} \text{m/s}$以下 厚さ：2m以上 密度：$1,100 \text{kg/m}^3$以上	<難透水性覆土> 材料：「現時点の配合」はベントナイトを混合した土砂であるため、整合している。 透水係数（施工時点） ：最大でも$1.1 \times 10^{-11} \text{m/s}$であり、巨視的透水係数に統計処理した場合に$1.0 \times 10^{-10} \text{m/s}$以下となることから性能を満足している。 厚さ：2mとしているため、性能を満足している。 密度：$1,900 \text{kg/m}^3$以上であるため、性能を満足している。



施工状況(予備試験)



覆土材料(施工後コア)



透水試験結果

以上のことから、現時点の配合は事業許可申請書における主な仕様の性能を満足しているため、事業許可申請書と整合している。

(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項
- 事業変更許可申請書 添付書類五 -



第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則 (2019年12月5日公布・施行)	廃棄物埋設事業変更許可申請書 添付書類五 (2021年6月14日)	整合性の確認
・第十条第一号 廃棄物埋設地は、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から埋設の終了までの間にあっては廃棄物埋設地の限定された区域からの放射性物質の漏出を防止する機能、埋設の終了から廃止措置の開始までの間にあっては廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する機能を有するものであること。 ・第十条第三号 埋設した放射性廃棄物に含有される化学物質その他の化学物質により安全機能が損なわれないものであること。 ・第十条第四号 廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものであること。	(ア) 透水特性 覆土の透水係数は、廃棄物埋設地の近傍に分布する岩盤(鷹架層)の透水係数が$1.1 \times 10^{-7} \text{m/s}$程度であることを踏まえ、岩盤(鷹架層)の透水係数以下を長期的に維持することを目標として設計する。 難透水性覆土は、化学的影響の要因である物質の供給源となるセメント系材料と隣接している。難透水性覆土の透水係数は、長期的に性能低下が生じることを想定し、<u>施工時点において、空間的なばらつきを考慮しても全体として期待できる透水係数(以下「巨視的透水係数」という。)として$1.0 \times 10^{-10} \text{m/s}$以下を確保する。</u>また、埋設設備に内包される金属の腐食膨張及び廃棄体に内包される可溶性塩の溶出による陥没に伴い鉛直方向に変形した場合でも低透水性を維持できるよう、<u>難透水性覆土の厚さは、埋設設備の表面から2m以上とする。</u>	p.17「(1)主な仕様」に示すとおり、整合している。

(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項
- 事業変更許可申請書 添付書類五 -



第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則 (2019年12月5日公布・施行)	廃棄物埋設事業変更許可申請書 添付書類五 (2021年6月14日)	整合性の確認
・第十条第一号 廃棄物埋設地は、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から埋設の終了までの間にあっては廃棄物埋設地の限定された区域からの放射性物質の漏出を防止する機能、埋設の終了から廃止措置の開始までの間にあっては廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する機能を有するものであること。 ・第十条第三号 埋設した放射性廃棄物に含有される化学物質その他の化学物質により安全機能が損なわれないものであること。 ・第十条第四号 廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものであること。	(イ) 遮蔽性能 遮蔽性に配慮した設計として、公衆等の受ける線量を低減するような密度及び厚さを確保するものとし、<u>密度は1,100kg/m³以上とする。</u>	p.17「(1)主な仕様」に示すとおり、整合している。

(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項
- 事業変更許可申請書 添付書類五 -



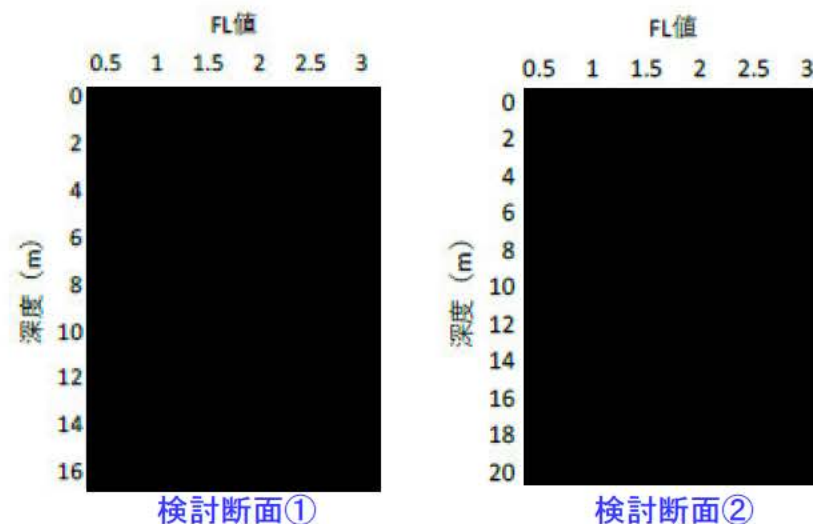
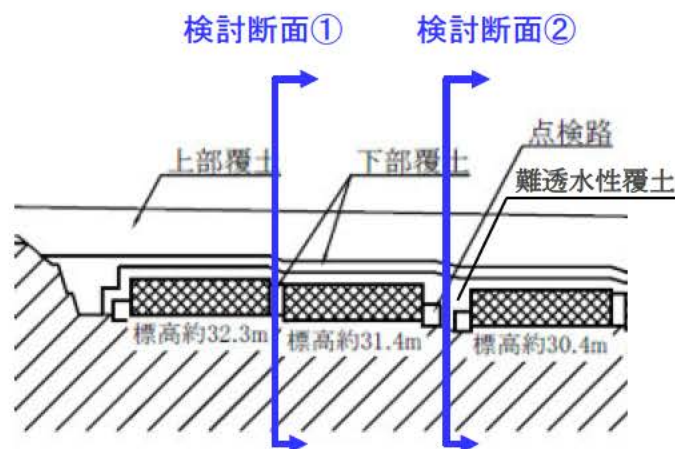
第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則 (2019年12月5日公布・施行)	廃棄物埋設事業変更許可申請書 添付書類五 (2021年6月14日)	整合性の確認
・第十条第一号 廃棄物埋設地は、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から埋設の終了までの間にあっては廃棄物埋設地の限定された区域からの放射性物質の漏出を防止する機能、埋設の終了から廃止措置の開始までの間にあっては廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する機能を有するものであること。 ・第十条第三号 埋設した放射性廃棄物に含有される化学物質その他の化学物質により安全機能が損なわれないものであること。 ・第十条第四号 廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものであること。	(ウ) 長期機能維持特性 ① 化学的安定性 化学的影響により覆土が変質した場合においても、長期的に低透水性を維持でき、<u>化学的安定性の高いと考えられる天然の土質系材料を使用する。</u> ② 変形追従性 力学的影響又は化学的影響により覆土が変形した場合においても、その<u>変形に追従し、覆土全体として埋設設備からの流出水量の増加を抑制する設計とする。</u> ③ 液状化抵抗性 力学的影響により覆土が変状することのないように、<u>粒径分布に広がりを持った土質系材料で十分に締固めを行う。</u> なお、実際に使用する材料の粒径分布に基づいて、「<u>道路橋示方書(Ⅴ耐震設計編)・同解説</u>」に示される液状化判定法による確認を行う。	(ウ)①について、p.17「(1)主な仕様」に示すとおり天然の土質系材料を使用しているため、整合している。 なお、長期評価は添付書類六における整合性の確認を参照 (ウ)②について、p.17「(1)主な仕様」に示すとおりベントナイトを混合することにより変形追従性を有した設計としているため整合している。 なお、長期評価は添付書類六における整合性の確認を参照 (ウ)③は次頁「(2)液状化抵抗性の確認」に示すとおり、整合している。

(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項 - 事業変更許可申請書 添付書類五 -



(2) 液状化抵抗性の確認

廃棄物埋設事業変更許可申請書 (2021年6月14日) 添付書類五	整合性の確認
液状化抵抗性 力学的影響により覆土が変状することのないように、<u>粒径分布に広がりを持った土質系材料で十分に締固めを行う。</u> なお、実際に使用する材料の粒径分布に基づいて、「道路橋示方書(V 耐震設計編)・同解説」に示される<u>液状化判定法による確認を行う。</u>	・現時点の配合は、粒径の異なる複数材料を混合していることから、<u>粒径分布に広がりを持った土質系材料である。また、品質管理において十分な締固めを行う。</u> ・液状化判定法により、どの深度においても<u>液状化抵抗率FL値が1を上回っていることを確認した。(下記参照)</u>



以上のことから、現時点の配合は液状化抵抗性を有しているため、整合している。

(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項
- 事業変更許可申請書 添付書類五 -



(2) 液状化抵抗性の確認 (参考)

検討断面①

覆土層	深さ※ (m)	L	R	F _L
上部覆土				
下部覆土				
難透水性 覆土				
下部覆土				

検討断面②

覆土層	深さ※ (m)	L	R	F _L
上部覆土				
下部覆土				
難透水性 覆土				

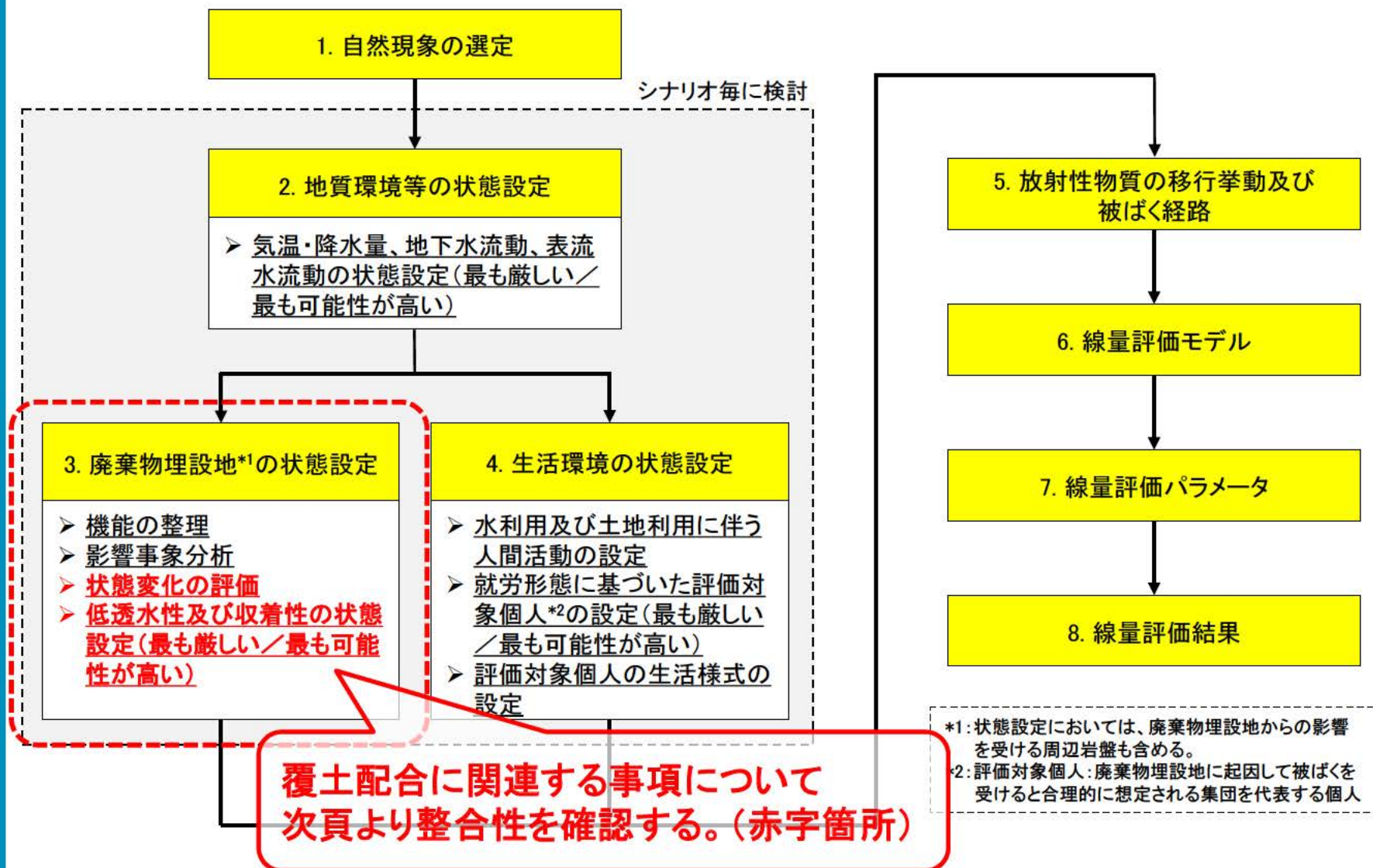
※ 地下水位GL-2mのため、2m以浅は液状化判定の対象外である。

(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項 - 事業変更許可申請書 添付書類六 -

第21回審査会合
資料1_p.22 加筆

JNFL

廃止措置の開始後の評価のフロー



(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項
- 事業変更許可申請書 添付書類六 -



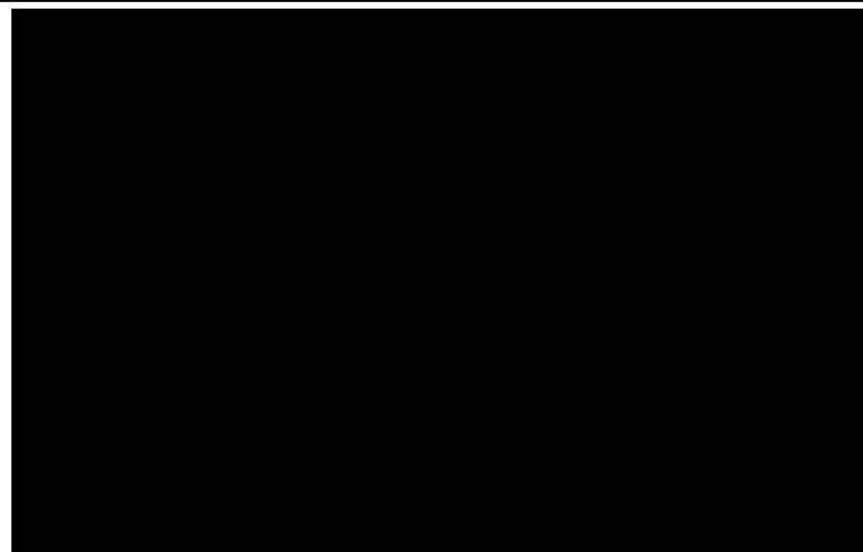
第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則 (2019年12月5日公布・施行)	廃棄物埋設事業変更許可申請書 添付書類六 (2021年6月14日) b.廃棄物埋設地の状態設定	整合性の確認
・第十条第四号 廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものであること。	(d) 各物理的・化学的性質の長期的な状態変化の評価 (一) 金属腐食による体積膨張及び塩影響 長期状態においては、廃棄物埋設地に生じる現象の不確かさ及び金属廃棄物の多様性を考慮した埋設設備の変形量を設定し、難透水性覆土及び下部覆土の低透水性への力学的影響を評価する。 ＜評価に用いた覆土の材料仕様＞ 難透水性覆土 ：Ca型ベントナイト30wt%※1 +購入砂70wt% 下部覆土：現地発生土単体 上部覆土：現地発生土単体 ※1 Na型ベントナイト20wt%+購入砂80wt%においても、線量評価への有意な影響を与えないことを説明済み。	次頁「(3)力学的影響の確認」に示すとおり、整合している。

(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項
- 事業変更許可申請書 添付書類六 -

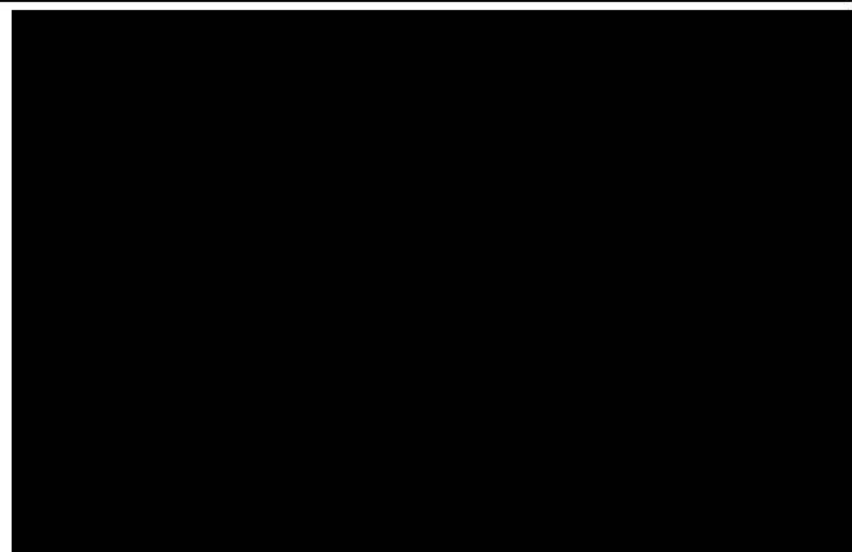


(3) 力学的影響の確認

廃棄物埋設事業変更許可申請書 (2021年6月14日) 添付書類六	整合性の確認
(一) 金属腐食による体積膨張及び塩影響 長期状態においては、廃棄物埋設地に生じる現象の不確かさ及び金属廃棄物の多様性を考慮した埋設設備の変形量を設定し、難透水性覆土及び下部覆土の低透水性への力学的影響を評価する。	現時点の配合を用いて、安全審査時と同様のDEM解析手法および解析条件により評価を実施した結果、以下に示す通り安全審査時の評価結果と整合していることを確認した。



最も可能性が高い設定以上に変形した状態
(変形量 東西方向：1.0m、鉛直方向：0.2m)



最も厳しい設定以上に変形した状態
(変形量 東西方向：2.0m、鉛直方向：0.4m)

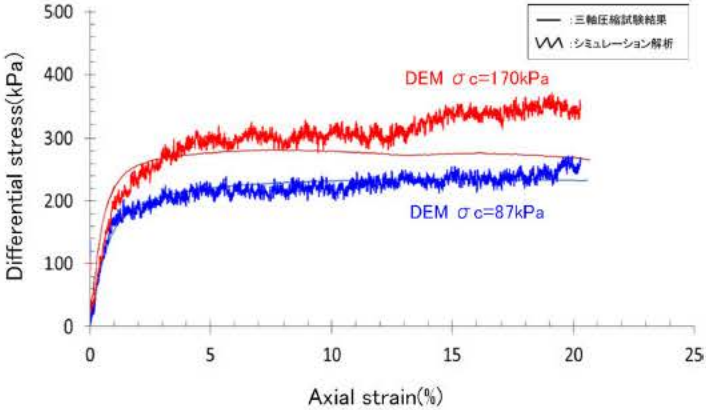
以上のことから、現時点の配合によるDEM解析結果が安全審査時の説明に整合している。

(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項 - 事業変更許可申請書 添付書類六 -



(3) 力学的影響の確認（評価に用いたデータの提示）

事業変更許可時の説明において、DEMの解析用物性値を設定するにあたり、三軸圧縮試験とのフィッティングを実施した。今回も同様に、現時点の配合を用いた三軸圧縮試験とのフィッティングを行い、解析用物性値を設定していることから、廃棄物埋設地の解析モデルに適用可能である。

事業変更許可時の説明	現時点の配合
 難透水性覆土に対する三軸圧縮試験結果 およびシミュレーション解析の比較	 難透水性覆土に対する三軸圧縮試験結果 およびシミュレーション解析の比較

(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項
- 事業変更許可申請書 添付書類六 -



第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則 (2019年12月5日公布・施行)	廃棄物埋設事業変更許可申請書 添付書類六 (2021年6月14日) b.廃棄物埋設地の状態設定	整合性の確認
・第十条第四号 廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものであること。	(d) 各物理的・化学的性質の長期的な状態変化の評価 (二) 地下水との反応及び塩による影響 このような長期的な変化は、化学反応モデルと物質移行モデルを連成させた地化学解析コードPHREEQC-TRANSを用いて求める。 ＜評価に用いた覆土の材料仕様＞ 難透水性覆土 難透水性覆土 ：Ca型ベントナイト30wt%※1 +購入砂70wt% 下部覆土：－※2 上部覆土：－※2 ※1 Na型ベントナイト20wt% + 購入砂80wt%においても、線量評価への有意な影響を与えないことを説明済み。 ※2 化学的な影響による透水係数の変化は生じないものとして、材料設定なし。	次頁「(4)化学的影響の確認」に示すとおり、整合している。

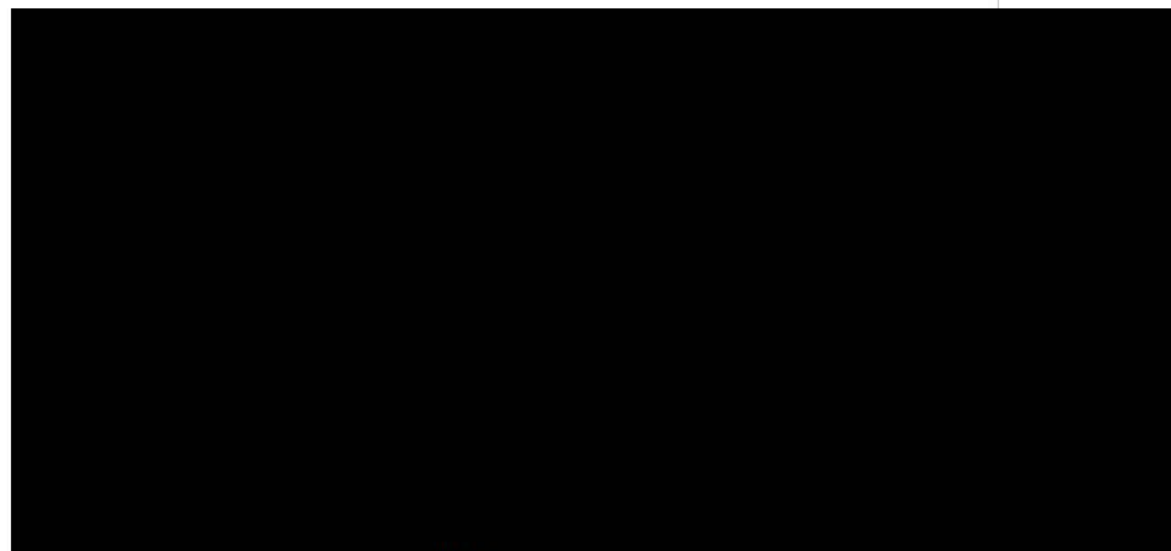
(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項
- 事業変更許可申請書 添付書類六 -



(4) 化学的影響の確認

廃棄物埋設事業変更許可申請書 (2021年6月14日) 添付書類六	整合性の確認
(二) 地下水との反応及び塩による影響 このような長期的な変化は、化学反応モデルと物質移行モデルを連成させた地化学解析コード PHREEQC-TRANSを用いて求める。	現時点の配合を用いて、安全審査時と同様の地化学解析コードおよび解析条件により評価を実施した結果、以下に示す通り安全審査時の評価結果と整合していることを確認した。

等価透水係数 (m/s)



時間 (Year)

以上のことから、現時点の配合による地化学解析結果が安全審査時の説明に整合している。

(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項
- 事業変更許可申請書 添付書類六 -



(4) 化学的影響の確認 (評価に用いたデータの提示)

事業変更許可時の説明において、PHREEQC-TRANSの解析用物性値を設定するにあたり、難透水性覆土の初期鉱物組成を設定した。今回も同様に、現時点の配合における実際のベントナイト組成に適用した。

事業変更許可時の説明					現時点の配合															
<table><tr><td></td><td colspan="4">モンモリロナイト</td></tr><tr><td></td><td>Na</td><td>Ca</td><td>K</td><td>Mg</td></tr><tr><td>Mol/L</td><td>1.25</td><td>0.31</td><td>0.02</td><td>0.02</td></tr></table>						モンモリロナイト					Na	Ca	K	Mg	Mol/L	1.25	0.31	0.02	0.02	
	モンモリロナイト																			
	Na	Ca	K	Mg																
Mol/L	1.25	0.31	0.02	0.02																
<table><tr><td></td><td colspan="2">随伴鉱物</td></tr><tr><td></td><td>カルセドニ</td><td>カルサイト</td></tr><tr><td>Mol/L</td><td>8.22</td><td>0.31</td></tr></table>						随伴鉱物			カルセドニ	カルサイト	Mol/L	8.22	0.31							
	随伴鉱物																			
	カルセドニ	カルサイト																		
Mol/L	8.22	0.31																		
難透水性覆土の初期鉱物組成 20%配合；乾燥密度1.95 Mg/m³；空隙率0.30																				

(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項
- 事業変更許可申請書 添付書類六 -



第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則 (2019年12月5日公布・施行)	廃棄物埋設事業変更許可申請書 添付書類六 (2021年6月14日) b.廃棄物埋設地の状態設定	整合性の確認
・第十条第四号 廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものであること。	(e) 着目した移行抑制機能の状態変化の設定 (一) 低透水性 難透水性覆土及び下部覆土の低透水性は、力学的影響(金属腐食による体積膨張及び塩影響)及び化学的影響(地下水との反応及び塩による影響)によって変化が生じる。これらの変化は、覆土完了時点である初期状態から、埋設設備への地下水の浸入によって徐々に進行する。 ～中略～ 最も可能性が高い設定及び最も厳しい設定における難透水性覆土及び下部覆土の等価透水係数を添6二-第21表に示す。等価透水係数は、上記の状態設定に基づき、難透水性覆土及び下部覆土の厚さと透水係数から計算する。	p.25「(3)力学的影響の確認」およびp.28「(4)化学的影響の確認」に示すとおり、現時点の配合におけるそれぞれの影響は、申請書に整合している。 よって、p.23に示す評価フローのうち状態設定以降に有意な影響はなく、申請書と整合している。

(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項
- 事業変更許可申請書 添付書類六 -



第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則 (2019年12月5日公布・施行)	廃棄物埋設事業変更許可申請書 添付書類六 (2021年6月14日) b. 廃棄物埋設地の状態設定	整合性の確認
・第十条第四号 廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものであること。	(e) 着目した移行抑制機能の状態変化の設定 (二) 収着性 埋設設備及び廃棄体に含まれる有機物の分解生成物が、放射性物質と錯体を形成すること及び1号廃棄物埋設地については可溶性塩が溶解することで収着性が低下する。 収着性に対する影響のうち、<u>有機物影響</u>については現実的なセルロースの分解率とし、分解生成物であるISAの濃度に応じて収着性を設定する。 また、<u>微生物影響</u>については、有機物が微生物活動によって無機化することを考慮し、炭素(C-14)は無機形態であるとして岩盤(鷹架層)の収着性を設定する。 なお、<u>金属腐食</u>は、廃棄物埋設地周辺は酸化雰囲気であること、還元雰囲気下の分配係数は酸化雰囲気下と比較して大きな値となる傾向があることから、核種の還元が生じるような金属腐食の収着影響は考慮しないものとする。	覆土を構成するベントナイト、土砂(礫、砕砂、段丘砂)は、事業許可時と同様にいずれも土質系材料であり、分配係数に影響を与える物質が含まれておらず、整合している。 具体的な設定は次頁

(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項
- 事業変更許可申請書 添付書類六 -



第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則 (2019年12月5日公布・施行)	廃棄物埋設事業変更許可申請書 添付書類六 (2021年6月14日) f.線量評価パラメータ	整合性の確認
・第十条第四号 廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものであること。	(b) 分配係数 分配係数は、「b. (e) (二) 収着性」に示す影響事象の状態変化の評価及び状態設定を踏まえ、想定される廃棄物埋設地の環境条件で取得した試験データ又は文献値により設定する。具体的には、実際に廃棄物埋設地を構成する埋設設備及び覆土の各バリア材料並びに廃棄物埋設地周辺から採取した岩盤(鷹架層)を使用し、想定される環境条件(温度、pH及び地下水組成)及び放射性物質の化学形態を考慮した試験系で実測された分配係数を適用することを基本とする。最も可能性が高い設定における分配係数等の元素に依存する線量評価パラメータ及びその数値を添6二-第4表に、最も厳しい設定における分配係数等の元素に依存する線量評価パラメータ及びその数値を添6二-第24表に示す。	次頁「(5)線量評価パラメータ」に示すとおり、想定した環境条件に変化はなく、覆土を構成するベントナイト、土砂(礫、砕砂、段丘砂)は、いずれも土質系材料であり、現時点の配合は同等の分配係数を有する見通しがあるため、整合している。

(参考書類 1) 事業許可申請書のうち覆土配合に関連する事項
- 事業変更許可申請書 添付書類六 -



(5) 線量評価パラメータ

廃棄物埋設事業変更許可申請書 (2021年6月14日) 添付書類六	整合性の確認
(b) 分配係数 分配係数は、「b. (e) (二) 収着性」に示す影響事象の状態変化の評価及び状態設定を踏まえ、想定される廃棄物埋設地の環境条件で取得した試験データ又は文献値により設定する。	現時点の配合から推定される主要な元素の分配係数の値は、以下に示す通り安全審査時の評価結果と整合していることを確認した。 なお、p.5に示すとおり、実際の分配係数を試験にて取得中。

主要 元素	分配係数[ml/g]	
	申請時の配合※1	現時点の配合
Ni	799	
Sr	192	
Nb	542	
Cs※2	1,343	
Pu	30	
Am	6,479	

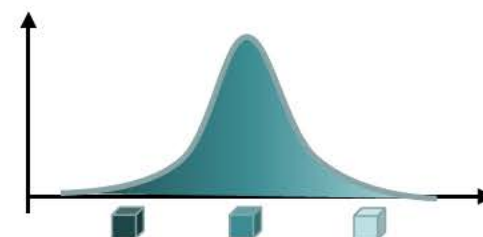
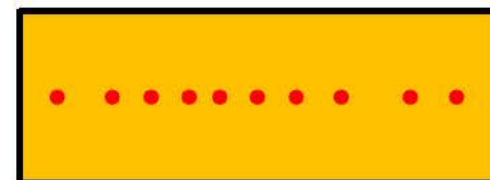
※1 「廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について
第十条 廃棄物埋設地のうち第四号(廃止措置の開始後の評価)
線量評価パラメータ -分配係数-」

※2 半減期が約30年であり、管理期間中に減衰するため、線量影響感
度が小さい

以上のことから、現時点の配合による収着性が見通しが安全審査時の説明に整合している。

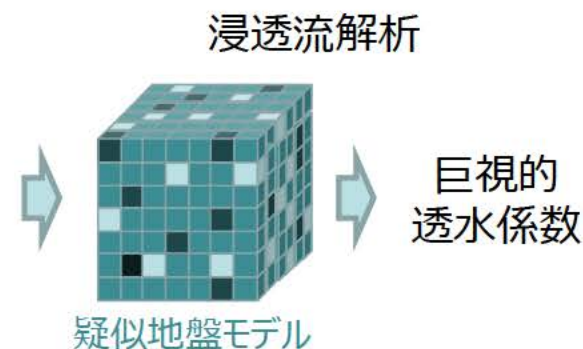
- (1) 施工試験により透水係数のデータ（平均値、標準偏差、相関長）を取得し、覆土施工において生じる可能性のある平均値、標準偏差、相関長の範囲を推定する。

例) 平均値 : $1.0 \times 10^{-9} \text{m/s} \sim 1.0 \times 10^{-12} \text{m/s}$
標準偏差 : $0.1 \text{m} \sim 1.0 \text{m}$
相関長 : $0.1 \text{m} \sim 1.0 \text{m}$



- (2) 3変数の組合せの1つとして(平均値,標準偏差,相関長) = ($1.0 \times 10^{-9} \text{m/s}$, 0.1m , 0.1m)に対応する疑似地盤モデルをモンテカルロ法を用いて作成し、浸透流解析を実施する。解析結果から得られる流量等を用いて、上記の組合せに対応する巨視的透水係数を算出する。

なお、疑似地盤モデルの配置は1回のモンテカルロ法により設定した1種類に限らないことから、本作業を複数回実施することで信頼性を確保する。



(参考書類 2) 三次元管理図における管理基準面の作成方法

- (3) (2)の組合せを(1)の範囲で実施することにより、各組合せにおける巨視的透水係数が算出され、それぞれの値から管理基準面($1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$)を保守的に設定する。

注) 1つの相間長に対する2次元断面の例であり、範囲、間隔および数値についても例示

1.0	8.0×10^{-11}	1.0×10^{-10}	2.0×10^{-10}	5.0×10^{-10}	9.0×10^{-10}	1.0×10^{-9}	5.0×10^{-9}
0.9	8.0×10^{-11}	1.0×10^{-10}	2.0×10^{-10}	5.0×10^{-10}	9.0×10^{-10}	1.0×10^{-9}	5.0×10^{-9}
0.8	8.0×10^{-11}	1.0×10^{-10}	2.0×10^{-10}	5.0×10^{-10}	9.0×10^{-10}	1.0×10^{-9}	5.0×10^{-9}
0.7	8.0×10^{-11}	1.0×10^{-10}	2.0×10^{-10}	5.0×10^{-10}	9.0×10^{-10}	1.0×10^{-9}	5.0×10^{-9}
0.6	3.0×10^{-11}	8.0×10^{-11}	1.0×10^{-10}	2.0×10^{-10}	5.0×10^{-10}	9.0×10^{-10}	1.0×10^{-9}
0.5	3.0×10^{-11}	8.0×10^{-11}	1.0×10^{-10}	2.0×10^{-10}	5.0×10^{-10}	9.0×10^{-10}	1.0×10^{-9}
0.4	3.0×10^{-11}	8.0×10^{-11}	1.0×10^{-10}	2.0×10^{-10}	5.0×10^{-10}	9.0×10^{-10}	1.0×10^{-9}
0.3	7.0×10^{-12}	3.0×10^{-11}	8.0×10^{-11}	1.0×10^{-10}	2.0×10^{-10}	5.0×10^{-10}	9.0×10^{-10}
0.2	7.0×10^{-12}	3.0×10^{-11}	8.0×10^{-11}	1.0×10^{-10}	2.0×10^{-10}	5.0×10^{-10}	9.0×10^{-10}
0.1	2.0×10^{-12}	7.0×10^{-12}	3.0×10^{-11}	8.0×10^{-11}	1.0×10^{-10}	2.0×10^{-10}	5.0×10^{-10}
	1.0×10^{-12}	5.0×10^{-12}	1.0×10^{-11}	5.0×10^{-11}	1.0×10^{-10}	5.0×10^{-10}	1.0×10^{-9}

標準偏差

要求性能を満足する ($\leq 1.0 \times 10^{-10}$)
 要求性能を満足しない ($> 1.0 \times 10^{-10}$)

平均値
 (単位:m/s)

- (4) 3次元管理図に管理基準面を図示する。実施工においては、施工単位ごとに算出された平均値、標準偏差、相関長を用いてプロットすることで、要求性能を満足する管理基準面より保守側であることを確認する。

