

材料配合の異なる供試体の密度均質化評価試験

仕様書

1 一般仕様

1.1 件名

材料配合の異なる供試体の密度均質化評価試験

1.2 目的および概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）が、経済産業省資源エネルギー庁から受託した「令和 7 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（地層処分施設施工・操業技術確証試験）」（以下、受託業務）では、坑道シーリング技術（止水プラグや埋戻し材等）について、要求性能や詳細設計を具体化して坑道シーリングが処分場全体の閉じ込め性能に与える影響を評価するとともに、実際の地質環境条件や作業環境を考慮して、地下研究施設やモックアップ施設を活用した、坑道規模での実証的な研究を通して、施工技術の成立性を確認するとともに、技術オプションとしての整備を進める。

本作業では、坑道埋戻しや止水プラグの材料設計および施工品質の一環として、配合の異なるベントナイト系材料の膨潤挙動を X 線 CT により測定し、飽和に至る過程における密度変化を評価するためのデータ取得を行う。

1.3 作業実施場所

受注者側実施施設

1.4 納期

令和 8 年 2 月 27 日

1.5 作業内容

- (1) 実施計画書の作成
- (2) 透水試験用供試体の作製
- (3) 締固め供試体を用いた密度均質化評価試験
- (4) 吹付け試料を用いた密度均質化評価試験
- (5) X 線 CT 測定による埋戻し材の長期膨潤挙動の確認
- (6) 報告書の作成
- (7) 打合せの実施

1.6 支給品および貸与品

1.6.1 支給品

ベントナイトペレット（100%クニゲル V1）

幌延泥岩

緩衝材配合の吹付け試料

埋戻し材配合の吹付け試料

1.6.2 貸与品

特になし

1.7 提出図書および提出場所

1.7.1 提出図書

表 1 に記載の図書を提出すること。なお、報告書には本作業で実施した試験の実施方法や結果などを取りまとめた内容を記載すること。更に、報告書の本文および結果の根拠となる電子データファイルを提出すること。

表 1 提出図書

番号	提出図書	提出期限	部数
(1)	委任又は下請負届 (原子力機構指定様式)	作業開始 2 週間前まで (該当する場合のみ)	1 部
(2)	実施計画書	契約締結後速やかに	1 部
(3)	報告書	納期までに	1 部
(4)	電子データファイル	納期までに	1 部
(5)	その他原子力機構の指示によるもの	その都度	1 部

1.7.2 提出場所

原子力機構 幌延深地層研究センター
堆積岩工学技術開発グループ

1.8 検収条件

「1.7.1」提出図書に示す「報告書」および「電子データファイル」の員数・仕様に関する検査の合格、原子力機構が仕様書に定める業務が実施されたと認めた時をもって検収する。

1.9 適用法規・規定等

特になし

1.10 検査員および監督員

1.10.1 検査員

一般検査 管財担当課長

1.10.2 監督員

原子力機構 幌延深地層研究センター 堆積岩工学技術開発グループリーダー

1.11 グリーン購入法の推進

- (1) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA 機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。
- (2) 本仕様に定める提出図書（印刷納入物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

1.12 特記事項

- (1) 受注者は原子力機構が原子力の研究・開発を行う機関であるため、高い技術力および高い信頼性を社会的に求められていることを認識し、原子力機構の規定等を遵守し安全性に配慮し業務を遂行しうる能力を有する者を従事させること。
- (2) 受注者は業務を実施することにより取得した当該業務

2 技術仕様

2.1 実施計画書の作成

作業を実施するにあたり、その方法や手順をまとめて書面等にて提出し、事前に原子力機構の確認を受けること。

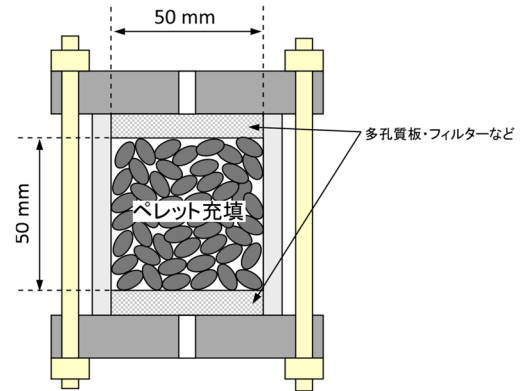
2.2 透水試験用供試体の作製

図 1 に示す原子力機構が提供するベントナイトペレットを直径 50 mm、高さ 50 mm の容積を持つ試験容器内に充填して供試体を作製すること。

- ・ ベントナイトペレットはクニゲル V1 を圧縮して作製されたものであり、現在の含水比は約 7%である。
- ・ 98.175 cm^3 の容積を持つ試験容器に対して、乾燥かさ密度で 1.2 Mg/m^3 となる質量（約 117.8 g）のペレットを充填すること。
- ・ ペレットの含水比は、提供した材料の一部を用いて炉乾燥法により確認すること。
- ・ 供試体は X 線 CT 測定に影響を及ぼさないようにアクリル樹脂や塩化ビニル樹脂、アルミニウムなどの材料により作製された試験容器を用いて作製すること。
- ・ また、試験容器は透水試験を実施可能な構造として給排水孔や多孔質板、フィルター等を有すること。
- ・ 試験容器にペレットを充填した供試体を 2 体作製し、原子力機構に納品すること。



(a) ベントナイトペレット



(b) 試験容器へのペレット充填状況

図1 透水試験用供試体

2.3 締固め供試体を用いた密度均質化評価試験

配合の異なるベントナイト材料が接している場合の飽和過程における密度変化を把握する目的で X 線 CT 測定を実施する。

- ・ 配合の異なる 2 つのベントナイト系材料のブロック試料を組合せた供試体を作製する。図 2 に示すようにブロック試料の組合せは(a)横分割と(b)縦分割の 2 種類とする。供試体の寸法は直径 120 mm 程度、高さ 60 mm 程度とする。
- ・ ブロック試料の材料は、表 1 に示すように①緩衝材配合（ナトリウム型ベントナイトとケイ砂の混合材料）と②埋戻し材配合（ナトリウム型ベントナイトと幌延泥岩の混合材料）とすること。埋戻し材配合の材料に用いる幌延泥岩の最大粒径は 5mm 以下とすること。
- ・ 緩衝材配合のブロックは乾燥密度を 1.60 Mg/m^3 、埋戻し材配合のブロックは乾燥密度を 1.30 Mg/m^3 とすること。それぞれの配合のブロックを横分割用に 2 個、縦分割用に 2 個を作製して、供試体は合計 4 個（横分割：2 個、縦分割：2 個）を用意すること。
- ・ 図 2 に示すように組合せた供試体を試験容器内に設置し、できる限り変形を抑えた状態で飽和させること。供試体の飽和には 0.2 mol/L の NaCl 水溶液を用いること。試験容器は X 線 CT 測定に影響を及ぼさないようにアクリル樹脂や塩化ビニル樹脂、アルミニウムなどの材料により作製されたものを用いること。
- ・ X 線 CT 測定は、①飽和開始前と②飽和開始直後を含む最大 4 回の測定を原子力機構が実施する。
- ・ 原子力機構が提供する X 線 CT 測定の結果を用いて飽和過程における供試体中の密度分布とその経時変化および膨潤挙動について評価を行う。

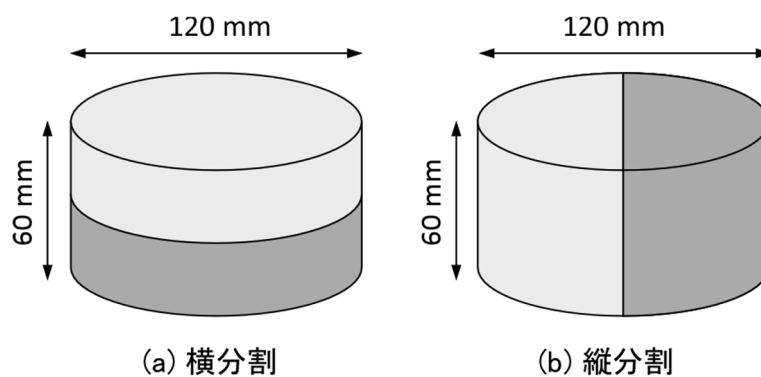


図 2 ブロック試料の組合せパターン

表 1 供試体の作製条件

材料名	材料配合 (wt%)			乾燥密度 (Mg/m ³)	数量	
	クニゲル V1	ケイ砂	幌延泥岩		横分割	縦分割
緩衝材	70	30	－	1.60	2	2
埋戻し材	40	－	60	1.30	2	2

2.4 吹付け試料を用いた密度均質化評価試験

材料配合の異なるベントナイト混合土の吹付け試料が接している場合の飽和過程における密度変化を把握する目的で X 線 CT 測定を実施する。吹付け試料は原子力機構が提供し、受注者は資料を整形して供試体を作製すること。

- ・ 配合の異なる 2 つのベントナイト混合土の吹付け試料を組合せた供試体を作製する。図 3 に示すように吹付け試料の組合せは横分割とする。組合せ後の供試体の寸法は直径 50mm 程度、高さ 50mm 程度とする。
- ・ 吹付け試料は、①緩衝材配合（ナトリウム型ベントナイトとケイ砂の混合材料）と②埋戻し材配合（ナトリウム型ベントナイトと幌延泥岩の混合材料）である。
- ・ 緩衝材配合の吹付け試料は乾燥密度を約 1.50 Mg/m³、埋戻し材配合の吹付け試料は乾燥密度を 1.30 Mg/m³である。それぞれの配合の吹付け試料を直径 50 mm 程度、高さ 25 mm 程度に成形し供試体を合計 2 個用意すること。
- ・ 図 3 に示すように組合せた供試体を試験容器内に設置し、できる限り変形を抑えた状態で飽和させること。供試体の飽和には 0.2 mol/L の NaCl 水溶液を用いること。試験容器は X 線 CT 測定に影響を及ぼさないようにアクリル樹脂や塩化ビニル樹脂、アルミニウムなどの材料により作製されたものを用いること。
- ・ X 線 CT 測定は、①飽和開始前と②飽和開始直後を含む最大 4 回の測定を原子力機構が実施する。
- ・ 原子力機構が提供する X 線 CT 測定の結果を用いて飽和過程における供試体中の密度分布とその経時変化および膨潤挙動について評価を行う。

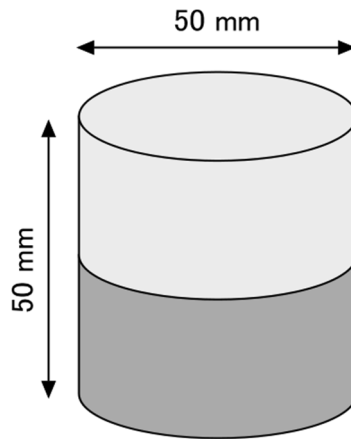


図2 吹付け試料の組合せパターン



図3 吹付け試料を用いた供試体イメージ

2.5 X線CT測定による埋戻し材の長期膨潤挙動の確認

幌延泥岩とクニゲルV1を混合した材料を用いてX線CT測定を実施する。

- ・ 供試体は、幌延泥岩とクニゲルV1を60：40の割合で混合した材料（以下、混合材料）を締め固めにより作製したブロックとする。幌延泥岩の粒径については破碎して、①最大粒径20 mm以下（Case A）、及び②最大粒径5 mm以下（Case B）の2種類とすること。
- ・ 表2に示すようにそれぞれの最大粒径の幌延泥岩を用いた混合材料を用いて、乾燥密度1.2 Mg/m³、1.4 Mg/m³の各条件で供試体を1体ずつ作製する。幌延泥岩の最大粒径が20 mm以下の供試体の寸法は直径60 mm程度、高さ120 mm程度とし、幌延泥岩の最大粒径が5 mm以下の供試体の寸法は直径50 mm程度、高さ50 mm程度を基本とする。
- ・ 作製した供試体は図4のように試験容器内に設置し、できる限り変形を抑えた状態で飽和させること。供試体の飽和には0.2 mol/LのNaCl水溶液を使用すること。試験容器はX線CT測定に影響を及ぼさないようにアクリル樹脂や塩化ビニル樹脂、アルミニウムなどの材料により作製されたものを用いること。
- ・ X線CT測定は、①飽和開始前と②飽和開始直後を含む最大4回の測定を原子力機構が実施する。

- ・ 原子力機構が提供する X 線 CT 測定の結果を用いて飽和過程における供試体中の密度分布とその経時変化および膨潤挙動について評価を行う。

表 2 埋戻し材の供試体作製条件

ケース名	材料組成	最大粒径	供試体寸法	乾燥密度	数量
Case A	掘削ズリ：クニゲル V1＝ 60：40	20 mm 以下	直径：120 mm 高さ：60 mm	1.20 Mg/m ³	1
				1.40 Mg/m ³	1
Case B		5 mm 以下	直径：50 mm 高さ：50 mm	1.20 Mg/m ³	1
				1.40 Mg/m ³	1

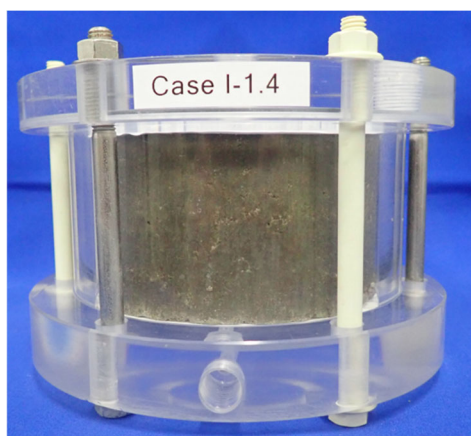


図 4 埋戻し材の供試体イメージ

2.6 報告書の作成

2.2～2.5 の実施内容を取りまとめた報告書を作成する。

2.7 打合せの実施

本作業の着手前および終了時の 2 回の打合せを実施する。また、試験の進捗に応じて原子力機構および受注者が必要と認めた場合に打合せを実施する。打合せの内容については打合せ議事録を作成し、提出すること。