

**幌延深地層研究計画  
令和 3 年度調査研究成果報告  
(概要版)**

**令和 4 年 6 月**

**日本原子力研究開発機構  
幌延深地層研究センター**

## 目次

1. はじめに	1
2. 令和2年度以降の幌延深地層研究計画に基づく研究課題	2
3. 令和3年度の主な調査研究の成果	4
4. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認	6
4.1 人工バリア性能確認試験	6
4.2 物質移行試験	7
5. 処分概念オプションの実証	8
5.1 人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験	8
5.1.1 操業・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証	8
5.2 高温（100℃以上）等の限界的条件下での人工バリア性能確認試験	9
6. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証	10
6.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化	10
6.1.1 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握	10
6.1.2 地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化	11
6.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験	12
7. 令和2年度以降の必須の課題への対応に必要なデータ取得	13
8. 地下施設の管理	14
9. 環境調査	15
10. 安全確保の取組み	16
11. 開かれた研究	17

# 1. はじめに

幌延深地層研究計画は、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構幌延深地層研究センターが、北海道幌延町において実施している、堆積岩を対象とした深地層の研究施設計画です。地層処分に関わる地下研究施設には、最終処分場として使用しない施設で技術を磨く地下研究施設（ジェネリックな地下研究施設）と最終処分候補地の適性を見定める地下研究施設（サイトスペシフィックな地下研究施設）の2つの種類があります。幌延深地層研究センターの地下施設はジェネリックな地下研究施設です。

幌延深地層研究センターでは、北海道および幌延町により受け入れられました「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」で示した研究課題について、令和2年度以降、第3期および第4期中長期目標期間\*1を目途に取り組むこととしました。令和3年度は、「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に基づいて、第3期中長期計画（平成27年4月1日～令和4年3月31日）に掲げた課題を達成していくための調査研究を実施しました。

なお、令和2年度以降の幌延深地層研究計画では、これまでと同様に、放射性廃棄物を持ち込むことや使用することなく、また最終処分場とはしないことを約束した「幌延町における深地層の研究に関する協定書」の遵守を大前提に、安全を最優先として研究を進めます。研究開発を進めるにあたっては、当初の計画の研究対象の範囲内において、国内外の関係機関の資金や人材を活用することを検討します。

---

\*1：第4期中長期目標の期間は、令和4年4月1日～令和11年3月31日の7年間です。

## 2. 令和2年度以降の幌延深地層研究計画に基づく研究課題

令和2年度以降の幌延深地層研究計画では、必須の課題のうち、引き続き研究開発が必要と考えられる以下の課題（令和2年度以降の必須の課題）に取り組んでいます。

### (1) 実際の地質環境における人工バリア<sup>\*2</sup>の適用性確認

#### ・人工バリア性能確認試験

令和2年度以降は、注入する地下水の圧力や量を増加させ緩衝材に地下水を浸潤させた場合のデータを取得し、分析・評価します。その後、減熱時のデータを取得します。加えて、人工バリアの解体作業を行い、緩衝材の飽和度などの確認を行います。

#### ・物質移行試験

令和2年度以降は、これまでに確立した試験手法を用いて掘削損傷領域<sup>\*3</sup>での物質移行に関するデータ取得を実施するとともに、有機物や微生物の影響を確認するためのトレーサー試験を実施します。

### (2) 処分概念オプション<sup>\*4</sup>の実証

令和2年度以降は、人工バリア性能確認試験において、注入する地下水の圧力や量を増加させ、緩衝材に十分に水を浸潤させた状態を確保して施工方法（締固め、ブロック方式など）の違いによる緩衝材の品質の違いを把握するとともに、埋め戻し方法（プラグの有無など）・回収方法<sup>\*5</sup>による埋め戻し材の品

\*2：ガラス固化体、オーバーパックおよび緩衝材からなる地層処分システムの構成要素のことで、高レベル放射性廃棄物が人間の生活環境に影響を及ぼさないようにする障壁として、人工的に形成するものです。

\*3：岩盤が掘削により損傷し、初期の性質から変化する領域のことで、具体的には、地下空洞掘削時の周辺岩盤に生じる応力集中の影響で坑道周辺岩盤に割れ目が発達することにより、岩盤の変形特性の変化や透水性の増大が予想されます。また、空気の侵入により地下水の酸化還元電位などの化学的な変化が生じることが想定されます。なお、掘削損傷領域を含むより広い領域で坑道への地下水排水などにより地下水圧が低下する領域のことを掘削擾乱領域といい、掘削擾乱領域では坑道埋め戻し後、低下した地下水圧が元の状態に回復することが想定されます。掘削損傷領域と掘削擾乱領域は、広義に掘削影響領域と表現されます。

\*4：処分概念オプションとは、高レベル放射性廃棄物を人工バリアでくるんで地下深くに定置するという、地層処分の概念を実現するための色々な方法のことです。例えば、廃棄体を縦置きにするのか横置きにするのか、緩衝材をブロックで積み上げるのか現場で固めるのか、といった処分方法についての選択肢のことを指します。

\*5：地層処分において、処分坑道に放射性廃棄物を埋設した後においても、何らかの理由でその搬出が望まれた場合にそれを搬出することを回収と言います。その回収方法として、機械的方法や高水圧などを利用して埋め戻し材を除去する

質の違いを実証試験で明らかにします。さらに、人工バリアの品質を踏まえて、廃棄体の設置方法（間隔など）などを確認するための実証試験を行います。また、人工バリアシステムの安全裕度の検証に向けて、緩衝材が 100℃超になった状態を想定した解析手法を開発します。


### (3) 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力\*6の検証

令和 2 年度以降は、より大型の断層において、地震動や坑道掘削に伴う割れ目中の地下水の流れの変化に関して、堆積岩の緩衝能力（自己治癒能力）の作用に係る実証試験を実施します。さらに、地下水が動いていない環境を調査してモデル化する技術を実証するとともに、人工バリアのひび割れに対する自己治癒能力\*7を解析する手法を開発します。

#### ①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

- 人工バリア性能確認試験
- 物質移行試験

[概要] 実際の地質環境において、人工バリアや周辺岩盤中での特に減熱時における熱-水-応力-化学連成挙動や、物質移行現象などを計測・評価する技術の高度化を行う。

人工バリア性能確認試験の概要



人工バリア性能確認試験の解体調査のイメージ

---

#### ②処分概念オプションの実証

- 人工バリアの位置・品質確認などの方法論に関する実証試験
  - ・操業・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証
  - ・坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化
- 高温（100℃以上）等の限界的条件下での人工バリア性能確認試験

[概要] 位置・回収技術や閉鎖技術も含めた、種々の処分概念オプションの工学的実現性を実証し、多様な地質環境条件に対して柔軟な処分場設計を行うことを支援する技術オプションを提供する。廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報を整理する。


閉鎖技術オプションの整理

---

#### ③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

- 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化
  - ・地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握
  - ・地下水流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化
- 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

[概要] 地震・断層活動等の地殻変動に対する堆積岩の力学的・水理学的な緩衝能力を定量的に検証するとともに、化石海水の三次元分布に係る調査・評価手法を高度化し、堆積岩地域における立地選定や処分場の設計を、より科学的・合理的に行える技術と知見を整備する。



廃棄体定置決定や間隔設定の考え方の整理

令和 2 年度以降に取り組むべき研究課題  
(令和 2 年度以降の必須の課題)

方法が想定されています。

\*6：地殻変動（隆起侵食）や地震動の影響により擾乱を受けた断層や割れ目の透水特性が一定の範囲に留まろうとする能力、あるいは時間経過とともに元の状態に戻ろうとする能力のことです。

\*7：人工バリアのひび割れに対する自己治癒能力とは、坑道を掘削した際に圧力が解放されて岩盤にひび割れが発生した場合でも、坑道を埋め戻した後に人工バリアが膨潤することでひび割れに起こる作用を指します。

### 3. 令和3年度の主な調査研究の成果

#### (1) 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

- ・ 人工バリア性能確認試験において、廃棄体の発熱がおさまった状態を模擬した試験に移行し、緩衝材中の温度低下に伴う間隙圧（隙間の空気と水の圧力の和）や全応力の変化など、熱－水理－力学－化学連成現象の評価モデルを検証する上で有益な情報を得ました。
- ・ 人工バリアの試験体を取り出すための試験施工では、解体調査を行い、緩衝材の飽和度に応じて解体手法を適切に選択することが重要であること、事前に樹脂を注入することで埋め戻し材、コンクリート、岩盤の境界面を一体として採取できることなどを確認し、実際の人工バリア性能確認試験の解体調査でのサンプリング手法の見通しを得ました。
- ・ 物質移行試験では、ブロックスケール（数m～100 m規模）を対象としたトレーサー<sup>\*8</sup>試験を実施し、稚内層深部は割れ目の連結性が乏しいなど、物質移行概念モデルを検討する上で有益な情報を得ました。

#### (2) 処分概念オプションの実証

- ・ 搬送定置・回収技術の実証として、吹付けコンクリートの経年劣化の把握を目的にコンクリート試験体の暴露試験<sup>\*9</sup>を継続し、暴露条件による中性化<sup>\*10</sup>の程度の違いを確認しました。その結果、大気条件下に比べ、湿潤条件下では中性化の領域がごくわずかであることが分かりました。
- ・ 閉鎖技術の実証として、埋め戻し材の膨潤変形挙動の評価に必要なデータを室内試験により取得しました。また、掘削損傷領域<sup>\*11</sup>の連続性を遮断するた

\*8：地下水中に溶存する物質が地層中を移行する際の経路や収着・拡散といった挙動などを調査するために、地下水に添加する物質をトレーサーと呼びます。幌延深地層研究計画では放射性のトレーサーを用いた試験を行うことはありません。

\*9：材料および製品を特定の環境に暴露し、その環境における材料や製品の化学的性質・物理的性質および性能の変化を調査する試験です。

\*10：大気中の二酸化炭素とコンクリート中の水酸化カルシウムなどの成分とが反応し、コンクリート中の細孔溶液のpHが低下する現象です。中性化が進むとコンクリート中の鉄筋が腐食しやすくなり、鉄筋が腐食することでコンクリートのひび割れなどが発生し、コンクリート構造物の耐久性能が低下します。

\*11：岩盤が掘削により損傷し、初期の性質から変化する領域のことで、坑道の周りに形成されます。具体的には、地下空洞掘削時の周辺岩盤に生じる応力集中の影響で坑道周辺岩盤に割れ目が発達することにより、岩盤の変形特性の変化や透水性の増大が予想されます。また、空気の侵入により地下水の酸化還元電位などの化学的な変化が生じることが想定されます。

めの施工技術の実証として、坑道においてベントナイト<sup>\*12</sup>の吹付け試験を実施し、吹付け手順や吹付け材料の管理方法を確認するとともに、吹付け後の施工品質を把握し、乾燥密度の平均値が目標値を上回ることを確認しました。

- ・ 緩衝材の温度が100°Cを超えた状態で発生しうる現象に関する試験などの事例調査を行い、緩衝材の変質現象の1つであるスメクタイトのイライト化<sup>\*13</sup>については、およそ130°Cまでは1,000年後の緩衝材の変質割合が小さいことを推測しました。

### (3) 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

- ・ ダクティリティインデックス (DI) <sup>\*14</sup>モデルを再検証するためのシミュレーションや既存の水圧擾乱試験<sup>\*15</sup>結果を用いた比較検証を行い、地下水の主要な水みちとなる割れ目の透水性とDIとの相関関係のメカニズムを明らかにすることができました。
- ・ 地下水の流れが非常に遅い領域（化石海水<sup>\*16</sup>領域）を調査・評価する技術の高度化において、令和2年度の調査により推定した化石海水の三次元分布の妥当性を確認するためのボーリング調査を行い、深度200 mまでの地質環境特性を把握しました。
- ・ 過年度に実施した掘削損傷領域への樹脂注入後の割れ目試料の観察結果を確認するためのシミュレーションを行った結果、割れ目の開口幅とせん断<sup>\*17</sup>変位量（割れ目に沿ったずれ幅）の間にほとんど相関性が認められないという観察結果を理論的に確認することができました。

---

\*12：モンモリロナイトを主成分とする粘土の一種です。放射性廃棄物の地層処分では、緩衝材や処分坑道の埋め戻し材の原料として用いられ、ベントナイトの膨潤により緩衝材の透水性が低下し、放射性核種が緩衝材に吸着され、移行を抑制する効果があります。

\*13：スメクタイトおよびイライトはどちらも粘土鉱物の一種であり、スメクタイトは、一般に温度や圧力などの影響によってイライトに変化します。スメクタイトは人工バリアの1つである緩衝材の材料であるベントナイトに含まれており、スメクタイトがイライトに変化することで、ベントナイトの透水性や核種の収着性などの特性が変化します。

\*14：岩石の強度・応力状態を示すために新たに定義した指標であり、この値が高いほど、岩石は見かけ上、やわらかくなります。岩盤にかかる平均有効応力（岩石に実際にかかる平均的な負荷応力）をその健岩部の引張強度（岩石の引っ張り破壊に対する強度）で除した値で定義されます。

\*15：注水により断層内の水圧を上昇させ断層をずらす試験のことで、試験の前後で断層の水理特性に与える影響を確認します。

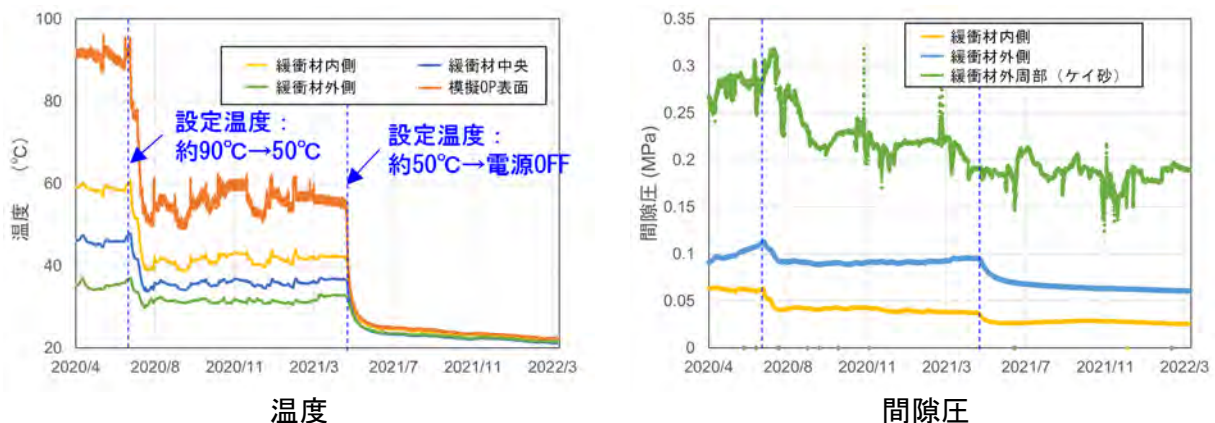
\*16：地層の堆積時に地層中に取り込まれた海水が地質学的な長い時間をかけて変質した古海水のことで、化石海水が存在する場所は、地下水の流れが非常に遅いと考えられ、物質の移動が非常に遅く地層処分に適した場所と考えられます。

\*17：岩盤などの内部の任意の面に対して平行方向に力が作用してずれが生じることをいいます。

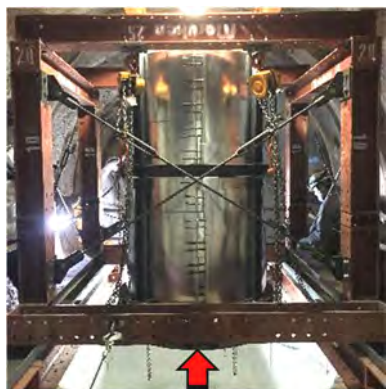
## 4. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

### 4.1 人工バリア性能確認試験 (p. 16~p. 30)

- ・ 廃棄体の発熱がおさまった状態を模擬した条件での試験に移行し、緩衝材中の温度変化や間隙圧変化の観測データを取得し、温度の低下とともに間隙圧が低下していること、全応力は温度低下直後の変化を除くと緩やかな上昇傾向を示すことを確認しました。
- ・ 国際共同研究 DECOVALEX\*<sup>18</sup>では、既存の室内試験結果を対象にした解析を実施し、各国の解析結果の比較を行いました。
- ・ 人工バリアの解体方法の確認のため、別坑道に設置した緩衝材や埋め戻し材の解体を行い、緩衝材の解体方法や模擬オーバーパックスの取り出し手法を確認しました。



温度 間隙圧  
人工バリア性能確認試験で取得した計測データの一例 (緩衝材 5 段目)



試験孔から一体試料を取り出し



門型架台ごと一体試料を取り出し

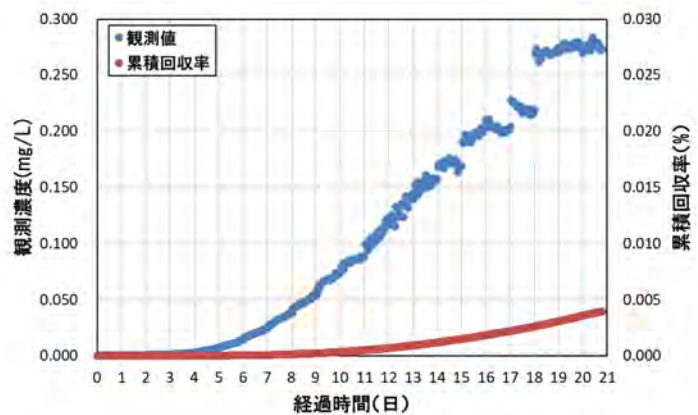
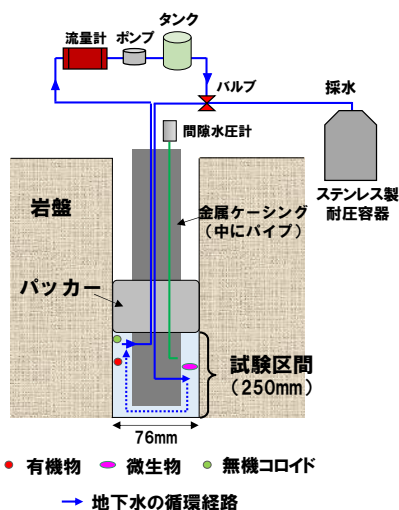
模擬オーバーパックスの取り出し状況

\*18 : DEvelopment of COupled models and their VALidation against EXperiments (連成モデルの開発とその実験結果との検証) の略称で、地層処分システムの性能評価において重要な課題の 1 つである熱-水理-力学-化学連成挙動モデルの開発・検証を目的とした国際共同研究です。



## 4.2 物質移行試験 (p. 30~p. 47)

- 掘削損傷領域を対象とした物質移行試験を行い、岩盤と支保工や支保工と埋め戻し材の境界に生じ得る移行経路の方が相対的に選択的な移行経路となりやすい可能性が示唆されました。
- 有機物・微生物・コロイド<sup>\*19</sup>を対象とした物質移行試験のためのボーリング孔を新たに掘削し、間隙水圧などの観測を開始しました。また、有機物の存在が地下水中の元素の存在状態に与える影響を評価するための室内試験を行い、有機物との結合によるコロイドの形成が物質移行に影響を及ぼし得ることを確認しました。
- ブロックスケールにおける物質移行特性を評価するための物質移行試験を行った結果、稚内層深部は割れ目の連結性が乏しいなど、物質移行概念モデルを検討する上で有益な情報を得ました。



有機物・微生物・コロイドを対象とした物質移行試験装置の概念図  
 ブロックスケールにおけるトレーサー試験結果

\*19: 大きさが1 nm~1 μmの粒子が水などの液体中に浮遊し、容易に沈まない状態を指します。コロイドが地層中の放射性核種の移行に影響を及ぼすことが分かっています。

## 5. 処分概念オプションの実証

### 5.1 人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験

#### 5.1.1 操業・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証 (p. 48~p. 87)

- ・ 処分坑道に施工される吹付けコンクリートの経年劣化の把握を目的としたコンクリート試験体の暴露試験を継続し、暴露条件（大気条件下と湿潤条件下）による中性化の程度の違いを確認しました。その結果、大気条件下に比べ、湿潤条件下では中性化の領域がごくわずかであることが分かりました。
- ・ 止水プラグに用いるベントナイト吹付けの工学規模試験を実施し、吹付け手順や吹付け材料の管理方法を確認するとともに、吹付け後のベントナイトの乾燥密度に生じるバラツキなどの施工品質を整理し、乾燥密度の平均値が目標値を上回ることを確認しました。

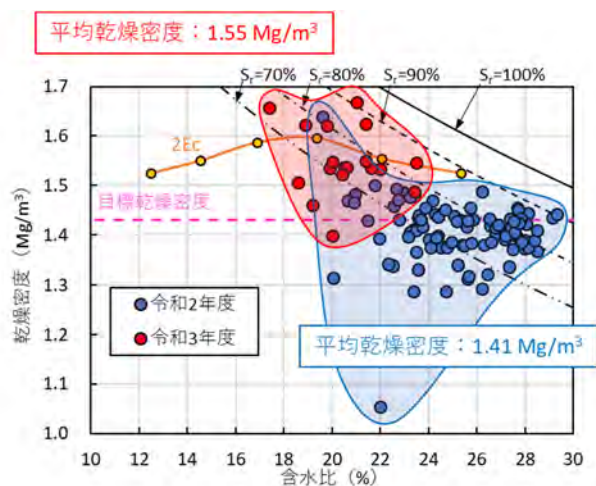


吹付け作業の状況



切欠き部の吹付け完了

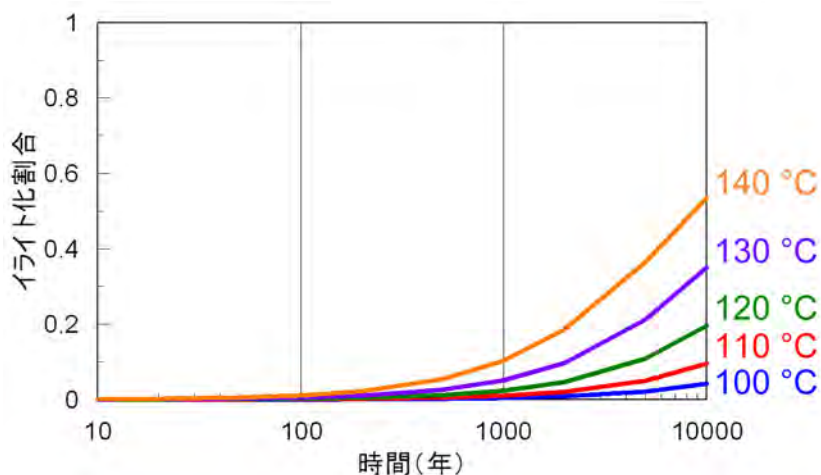
ベントナイト吹付けの工学規模試験の実施状況



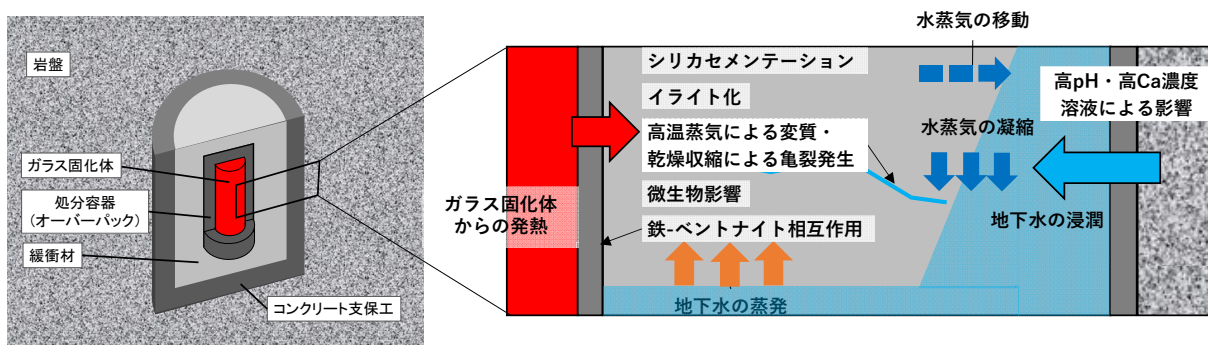
吹付け後の含水比と乾燥密度の関係

## 5.2 高温度（100℃以上）等の限界的条件下での人工バリア性能確認試験（p. 88～p. 98）

- ・ 緩衝材の温度が100℃を超えた状態で発生しうる現象に関する試験などの事例を調査した結果、緩衝材の機能低下を引き起こす可能性のあるスメクタイトのイライト化については、およそ130℃までは1,000年後の緩衝材の変質割合が小さいと推定されました。
- ・ 海外機関が実施している緩衝材の最高温度が100℃を超えた状態を模擬する原位置試験について、模擬廃棄体（ヒーター）の加熱に伴うセンサーの挙動などに関する情報を入手し、データを整理しました。



高温度におけるスメクタイトのイライト化の経時変化



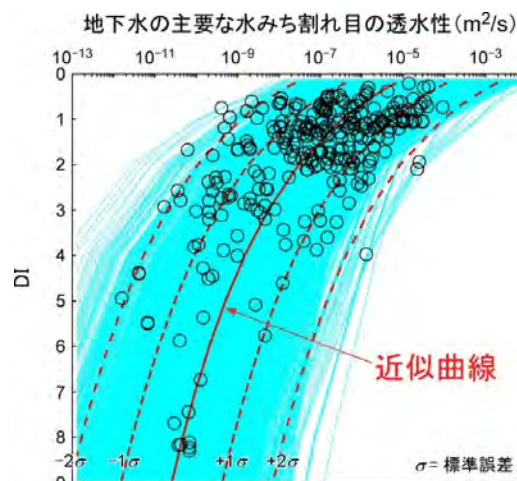
緩衝材の温度が100℃を超えた場合に人工バリア周辺に生じると想定される現象の概念図（令和3年度の調査結果に基づき更新）

## 6. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

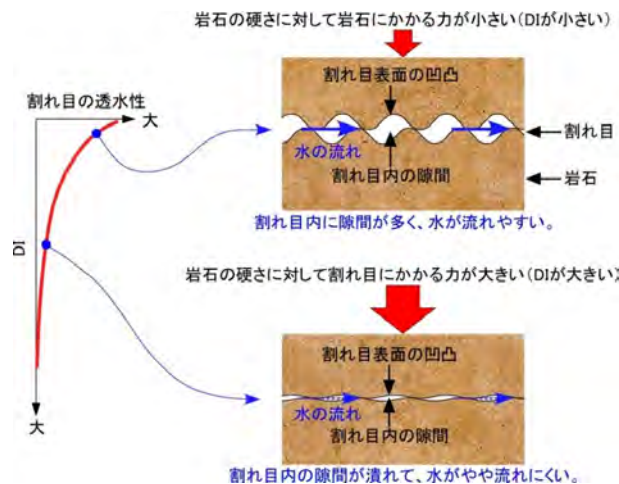
### 6.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化

#### 6.1.1 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握 (p. 99~p. 107)

- ・ DIモデルを再検証するためのシミュレーションや既存の水圧擾乱試験結果を用いた比較検証を行った結果、これまで確認されていた地下水の主要な水みちとなる割れ目の透水性とDIの間の相関関係のメカニズムを明らかにするとともに、それに関わる新たな経験式を構築することができました。
- ・ 既往の水圧擾乱試験で認められていた割れ目の水理学的連結性に関する特異的な現象について、複数のケースを仮定したシミュレーションを行うことにより、一定の解釈を与えることができ、割れ目の水理学的連結性とDIの間に密接な関係があることが確認できました。



幌延、スイス、スウェーデン、フィンランド、イギリスの地層における地下水の主要な水みち割れ目の透水性とDIの関係



DI、割れ目内の隙間の開閉、および割れ目の透水性の関係 (割れ目のずれが一定の場合)

## 6.1.2 地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化 (p. 108~p. 122)

- 令和2年度に実施した電磁探査により推定した化石海水の三次元分布の妥当性を確認するために、声問層を対象にボーリング調査（深度200 mまで）を実施し、岩石コアの間隙に含まれる地下水の水質やボーリング孔周辺の比抵抗などのデータを取得しました。
- 令和2年度とそれ以前に取得した電磁探査データを用いて比抵抗分布の再解析を実施した結果、調査範囲の外側にある測点のデータを加えると、より深い深度での解析精度が向上することを確認し、これを解析の際の留意点として整理しました。

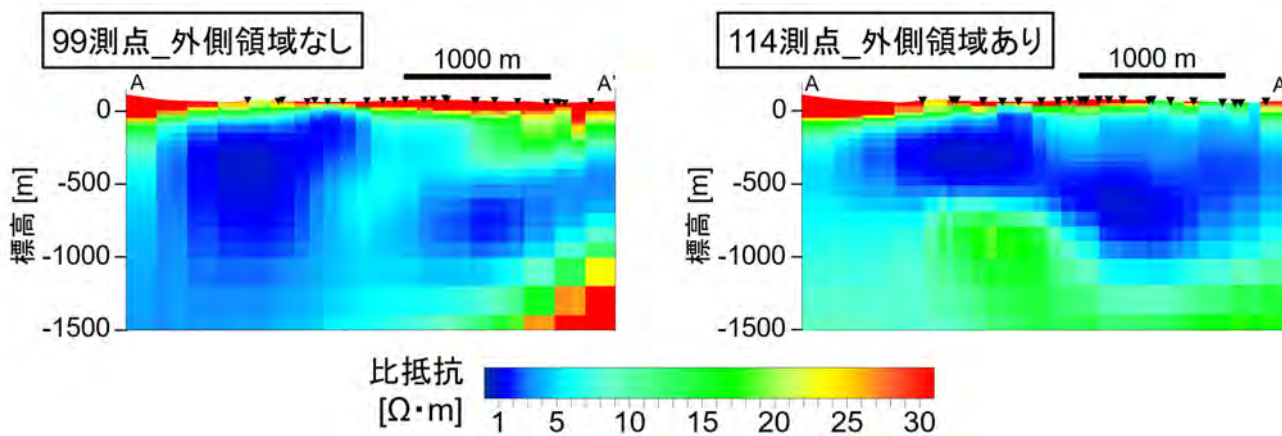


ボーリング調査の様子



採取したコア

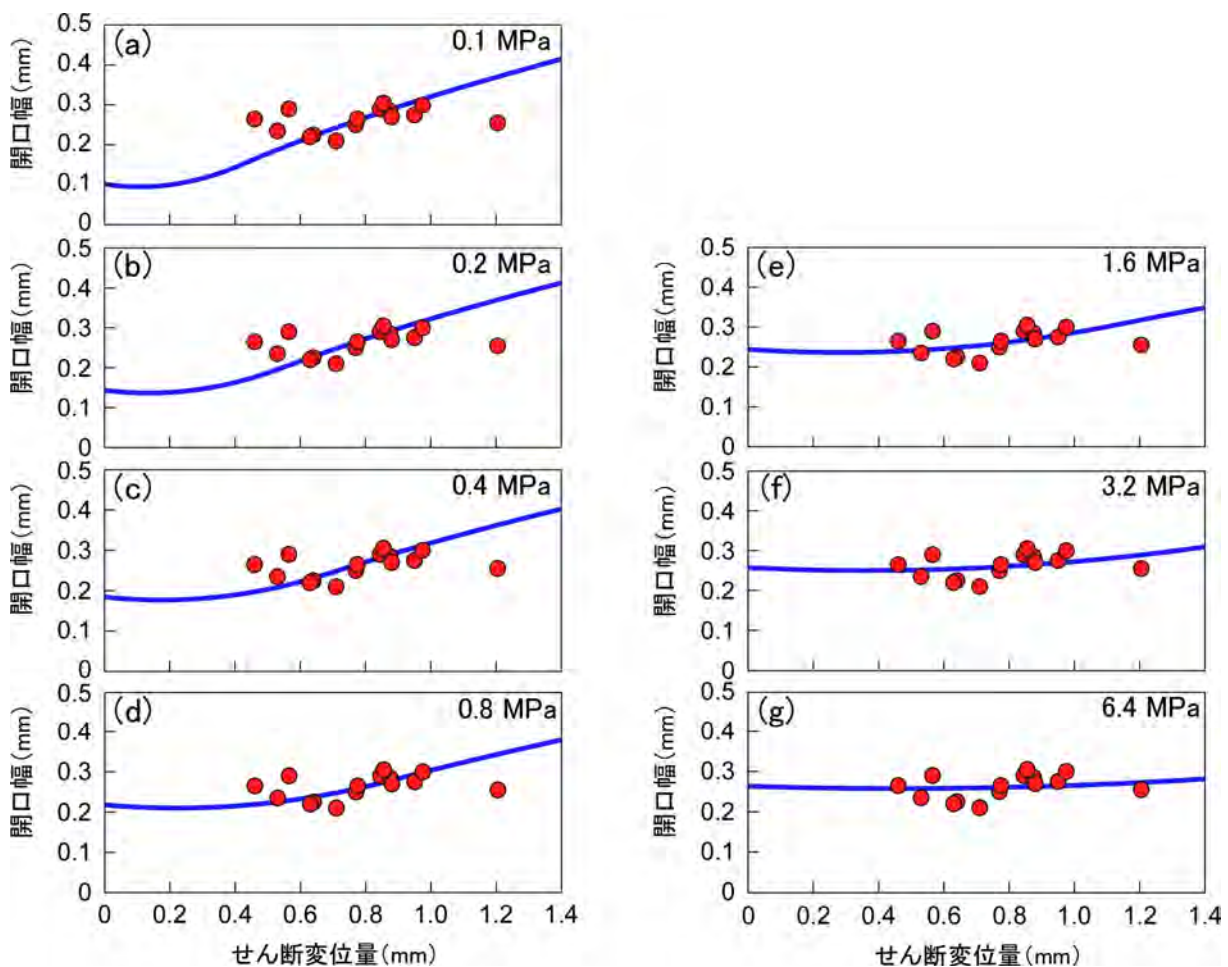
ボーリング調査



左の図は調査範囲内にある 99 箇所の測点データを使用した解析結果で、右の図は調査範囲内の 99 測点に調査範囲の外側の 15 測点を加えた合計 114 測点のデータを使用した解析結果です。

## 6.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験 (p. 122~p. 125)

- 過年度に実施した樹脂注入後の掘削損傷領域の割れ目試料の観察結果の妥当性を検証するためのシミュレーションを行いました。その結果、割れ目の開口幅とせん断変位量（割れ目に沿ったずれ幅）の間にほとんど相関性が認められないという観察結果は、シミュレーションにおいて、割れ目面にかかる力として試料を採取した深度350 mの掘削損傷領域に作用する圧力を想定すると、良く再現できることが分かり、観察結果が妥当であることがシミュレーションにより分かりました。



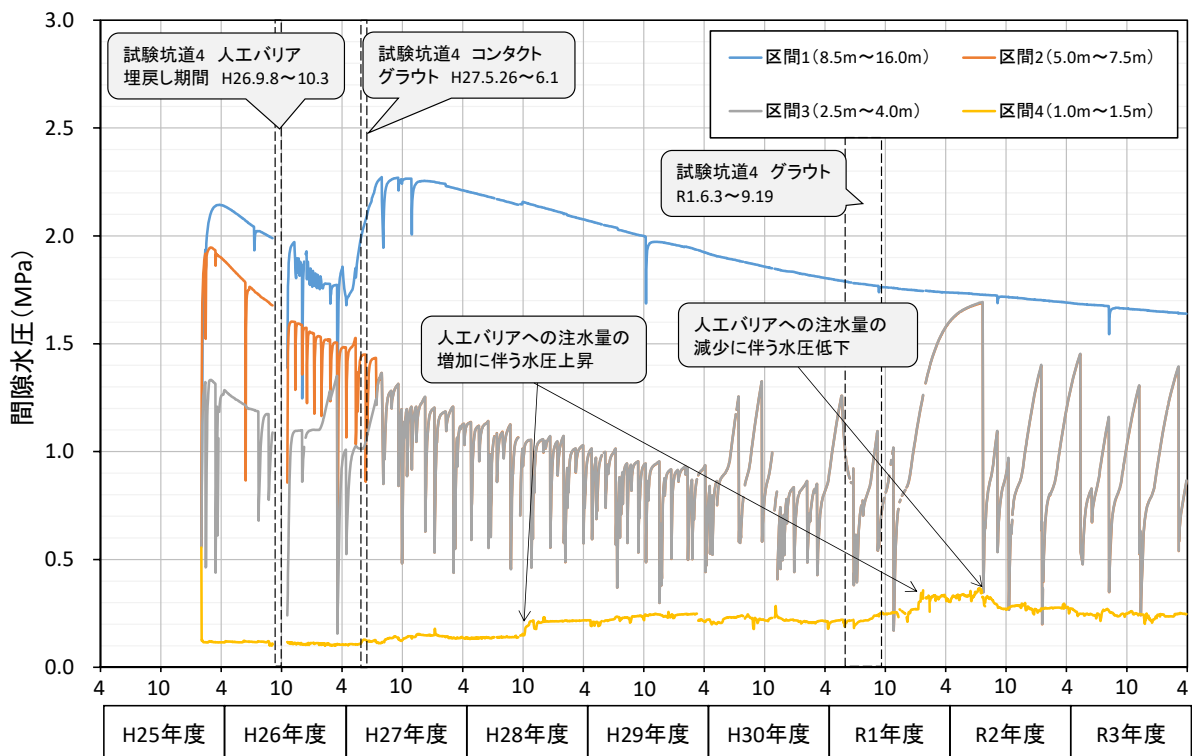
樹脂注入後のEDZの割れ目試料で観察された開口幅とせん断変位量の関係（赤丸）とシミュレーション結果（青線）

観察結果とシミュレーション結果は、試料を採取した深度350 mの掘削損傷領域に作用する圧力(3.2 MPa)を想定すると良く合うのに対し(f)、それより小さな圧力を想定するとずれが大きくなります(a)~(d)。

## 7. 令和2年度以降の必須の課題への対応に必要なデータ取得

### (2) 地下水と岩石の地球化学 (p. 128~p. 139)

- ・ 地下施設の建設に伴う坑道周辺の地下水の水質変化を把握するため、既存のボーリング孔を対象に地下水の採水調査を行いました。
- ・ 人工バリア性能確認試験の試験箇所周辺のボーリング孔では、pH や酸化還元電位について、令和2年度までと同様の結果が得られました。
- ・ 水圧については、人工バリア性能確認試験での注水量が一定であり、緩やかな上昇傾向にあります。



C08 における水圧モニタリング結果

水圧が急激に変化している箇所は、メンテナンスによる影響です。

## 8. 地下施設の管理

試験坑道1において、人工バリア性能確認試験の解体調査のための試験施工として、令和2年度に設置した試験体の取り出しおよびプラグの解体、撤去を行いました。また、維持管理業務として、地下施設の機械設備や電気設備の運転、保守および設備の更新（櫓設備、換気設備など）を行い、地下施設の安全確保に努めました。



坑内換気設備の更新



東立坑スcaffoldingの更新

設備の点検および更新状況

地下施設の建設により発生した掘削土（ズリ）には重金属などが含まれていますが、自然由来であることから土壤汚染対策法の適用外となっています。しかし、幌延深地層研究センターでは、周辺環境の保全に万全を期すため、土壤汚染対策法に準拠した管理を行っています。具体的には、対象となる物質が土壤汚染対策法に定める範囲内であることを確認するため、掘削土（ズリ）について建設現場における簡易分析と公的機関による詳細な分析を実施し、同法に準じた適切な管理のもと掘削土（ズリ）置場へ搬入し、保管しています。

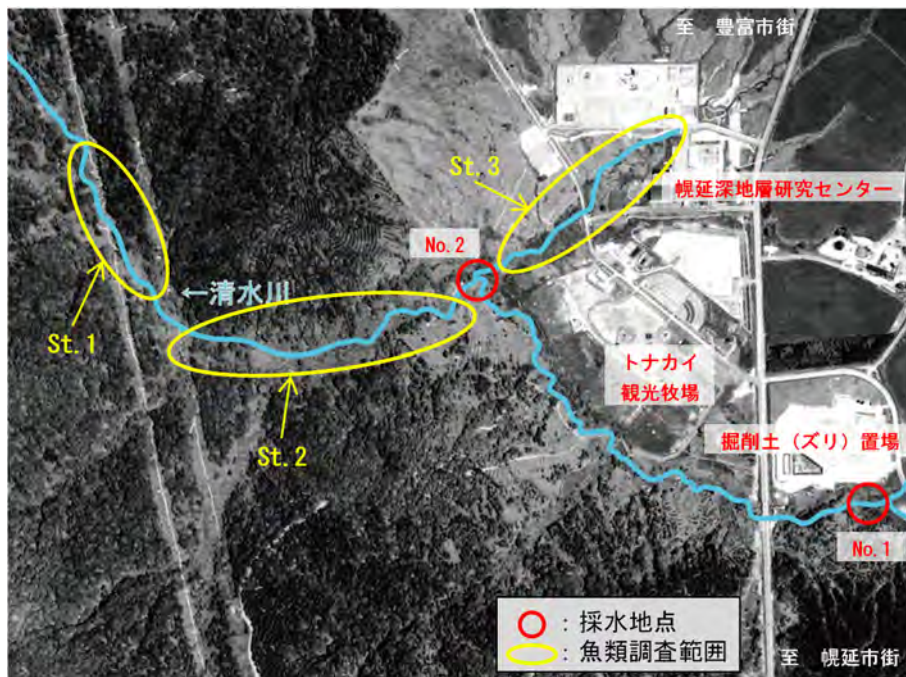
地下施設からの排水と掘削土（ズリ）置場に設置している浸出水調整池の浸出水については、硝酸性窒素処理設備、濁水処理設備、脱ホウ素設備、脱窒素設備および揚水設備から構成される排水処理設備で処理を行っています。処理済排水は、排水基準値を超過していないことを確認した後、排水管路を通じて天塩川へ放流しています。



## 9. 環境調査

排水処理設備から天塩川へ放流している排水量について監視を行うとともに、排水処理前後の水質、天塩川の水質、浄化槽排水の水質について、調査を行っています。また、掘削土（ズリ）置場の周辺環境への影響を監視するため、清水川および掘削土（ズリ）置場周辺の地下水についても水質調査を行っています。これらの分析結果の詳細については、幌延深地層研究センターのホームページ\*20で公開しています。水質調査の結果、環境への影響は観測されませんでした。

また、幌延深地層研究センター周辺の環境影響について、清水川の水質および魚類を対象に調査を実施しています。各調査結果は、これまでと比較して大きな変化はありませんでした。



環境調査実施場所

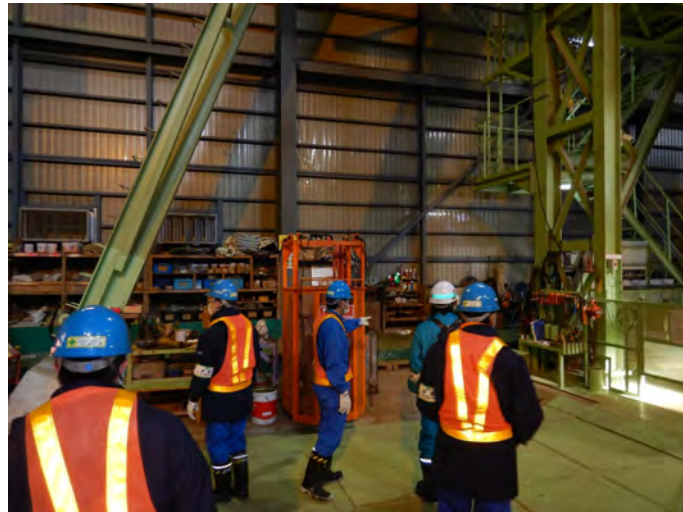
\*20 : <https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/disclosure/suishitsu.html>

## 10. 安全確保の取組み

安全確保の取組みとして、直営作業、請負作業、共同研究作業においては、作業の計画段階からリスクアセスメント評価を実施し、安全対策の妥当性の確認や改善に努めました。

そのほか、定期的な安全パトロールを実施し、現場の安全確認や改善などに努めました。

さらに、新規配属者や請負作業・共同研究作業の責任者などに対して安全教育を実施したほか、全国安全週間などの機会を捉えて、従業員のみならず請負企業も含めた安全行事に積極的に取り組むなど、安全意識の高揚に努めました。



安全パトロールの状況  
(令和4年2月10日の実施状況)



安全行事（安全大会：令和3年7月1日）の状況

## 11. 開かれた研究

幌延深地層研究計画で実施する地下深部を対象とした研究は、国内外の大学・研究機関との共同研究や研究協力をはじめ、広く関連する専門家の参加を得て進めています。

### ○国内機関との研究協力

- 東京大学  
微生物を指標とした堆積岩中の水みち調査手法の開発
- 京都大学・東北大学  
地下水中の微量元素と有機物を対象とした地球化学研究
- 幌延地圏環境研究所  
堆積岩の地下深部の微生物の生態系の把握
- 産業技術総合研究所  
海陸連続三次元地質環境モデルの妥当性の検証に向けたデータ取得手法の高度化
- 原子力規制庁（原子力機構 安全研究センターとの共同研究への協力）  
処分坑道の閉鎖措置確認に向けた研究

など

### ○国外機関との研究協力

- DECOVALEX  
人工バリア性能確認試験を対象とした共同解析
- モンテリ・プロジェクト<sup>\*21</sup>（スイス）  
粘土の摩擦特性に関する室内試験
- 幌延国際共同プロジェクト（Horonobe International Project : HIP）<sup>\*22</sup>  
プロジェクトの立ち上げのため第1回の準備会合を開催、研究内容や役割分担などを議論

など

---

\*21：堆積岩を対象とした地層処分に関する国際的な原位置試験プロジェクトです。スイスのモンテリ・トンネル内において地層処分に関連する各種の原位置試験が実施されています。

\*22：HIP ホームページ；<https://www.jaea.go.jp/english/04/horonobe/IJP/HIP/index.html>