

**幌延深地層研究計画
令和6年度調査研究計画
(概要版)**

令和6年4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示した研究課題	2
3. 令和5年度の成果および令和6年度の計画の概要	4
3.1 令和5年度の成果の概要	4
3.2 令和6年度の主な業務内容	6
4. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認	9
4.1 人工バリア性能確認試験	9
4.2 物質移行試験	10
5. 処分概念オプションの実証	11
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	11
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	11
5.1.2 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	12
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	13
6. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証	14
6.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化	14
6.1.1 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握	14
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	14
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	15
8. 地下施設の建設・維持管理	16
9. 環境調査	17
10. 安全確保の取り組み	17
11. 開かれた研究	18

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の計画です。

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期中長期目標期間を目途に取り組むこととしました。令和6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4期中長期計画（令和4年4月1日～令和11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す。

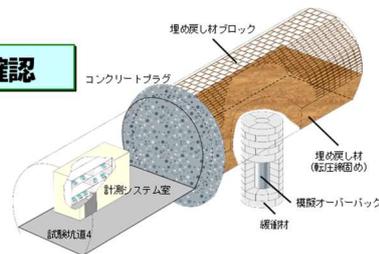
2. 令和2年度以降の幌延深地層研究計画に示した研究課題

令和2年度以降は、「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に基づき、令和2年度以降の必須の課題として、実際の地質環境における人工バリア^{*1}の適用性確認、処分概念オプション^{*2}の実証、地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力^{*3}の検証に取り組みます。

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

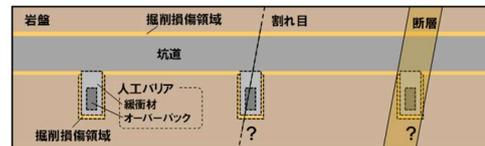
②処分概念オプションの実証

- 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



廃棄体定置決定や間隔設定の考え方の整理

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
 - ・地下水の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^{*4}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。

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）

- *1：ガラス固化体、オーバーバ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。
- *2：幌延深地層研究計画における処分概念オプションとは、地下深くの岩盤中に高レベル放射性廃棄物を埋設するという、地層処分の概念を実現するための色々な方法のことで、例えば、廃棄体や人工バリアを縦置きにするのか横置きにするのか、人工バリアのひとつである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、埋め戻し方法の違いおよび搬送定置・回収方法などについての選択肢のことを指します。
- *3：本計画書では、地殻変動（地震など）の影響により擾乱を受けた断層や割れ目の透水特性が、その岩盤の力学状態に応じて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を指します。
- *4：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す。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。

なお、令和6年度は、令和5年度より開始した500m調査坑道の整備に向けた立坑の掘削を継続するとともに、500m調査坑道の掘削に着手します。立坑は各深度へのアクセスならびに地下施設の換気のための役割を担っています*5。500m調査坑道では、坑道スケール*6～ピットスケール*7での調査・設計・評価技術の体系化に関する試験を行う計画です。

	第3期		第4期中長期目標期間							
	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	
1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認										
1.1 人工バリア性能確認試験		浸透時・減熱時のデータ取得、連成モデルの適用性確認 国際プロジェクトにおける解析コード間の比較検証、改良・高度化								
1.2 物質移行試験		掘削影響領域での物質移行に関するデータ取得 有機物、微生物、コロイドの影響を考慮した物質移行試験、等								
2. 処分概念オプションの実証										
2.1 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										
2.1.1 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		搬送定置・回収技術、閉鎖技術の実証								
2.1.2 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					坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計 廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報の整理、等					
2.2 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		100℃超の際にニアフィールドにおいて発生する現象の整理 国際プロジェクト情報の収集・整理、等								
3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証										
3.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化										
3.1.1 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握		数十cmの幅の断層を対象とした水圧擾乱試験 断層の活動性評価手法の整備、等								
3.1.2 地下水の流れが非常に遅い領域(化石海水領域)の調査・評価技術の検証、等		地下水の流れが非常に遅い領域(化石海水領域)の調査・評価技術の検証、等								
3.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験		人工バリアの緩衝材や坑道埋め戻し材が掘削影響領域の力学的・水理学的な緩衝能力に与える影響を把握する解析手法の開発								
【施設計画】										
坑道掘削		掘削準備	350m調査坑道	換気立坑	東立坑	西立坑	500m調査坑道			
【維持管理】										

本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直していきます。坑道掘削の工程は今後の施工計画策定や工事進捗に応じて見直していきます。

 個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題(2.1.2)に統合して実施する。
 2.1.2を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

幌延深地層研究計画の令和2年度以降のスケジュール

- *5：地下施設で火災が発生した際に、換気立坑から煙や有毒ガスなどを排気し、東立坑もしくは西立坑からの避難を可能とするため、立坑を3本掘削するレイアウトを採用しています。これは、幌延の地下水にはメタンガスが含まれているため、地下水から湧出するメタンガスの発火・爆発の可能性を考慮して、地上まで避難することを想定しているためです。
- *6：実際の処分場では、地下深くに多数の坑道が掘削されます。これらの坑道の配置を検討するために必要な評価範囲(数百m程度)のことを指します。
- *7：廃棄体および人工バリアを垂直に設置する竖置き方式の場合には、処分坑道に多数のピット(処分孔)が掘削されます。これらのピットの配置を検討するために必要な評価範囲(数十m程度)のことを指します。

3. 令和5年度の成果および令和6年度の計画の概要

3.1 令和5年度の成果の概要

(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では、既設の計測機器でのデータ取得を継続するとともに、解体調査に向けた準備として試験坑道7を掘削しました。
- ・ 国際共同研究DECOVALEX^{*8}にて、熱-水理-力学連成解析を実施し、室内試験および原位置試験^{*9}を対象とした各機関の解析結果を比較しました。その結果、等温環境下の浸潤挙動は室内試験結果と解析結果がよく一致する結果が得られました。一方、温度勾配環境下での地下水の浸潤挙動については計測結果と解析結果が異なる場合があることを確認しました。
- ・ 掘削損傷領域^{*10}を対象とした物質移行試験については、一次元の解析モデルを適用することにより、掘削損傷領域の割れ目の移流^{*11}分散^{*12}効果を評価できることが確認できました。
- ・ 有機物・微生物・コロイド^{*13}の影響を把握するため、原位置での物質移行試験を実施し、地下水に添加した希土類元素^{*14}の濃度変化を観察しました。その結果、原位置環境下で「元素-有機物・微生物・コロイド」の二元系と「元素-有機物・微生物・コロイド-岩盤」の三元系の試験データを取得することができました。
- ・ ブロックスケール（数m~100 m規模）を対象とした物質移行試験については、稚内層深部の断層を対象としたトレーサー試験の解析評価を行った結果、曲がりくねった非常に長いチューブ状の経路を仮定することによって、

*8：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。

*9：地下で採取された試料を用いて行う室内試験に対して、実際の地下環境下で行う試験のことです。

*10：本計画書における掘削損傷領域とは、岩盤が掘削により損傷した領域のことで、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、岩盤の変形特性が変化したり透水性が増大したりします。また、空気の侵入により地下水の酸化などの化学的な変化が生じます。

*11：本計画書では、物質が地下水の流れによって移動する現象を指します。

*12：水の流れに乗って物質が媒体を移動する場合、その媒体の構成物質の不均質性と構成物質と水の間に生じる摩擦などによって、物質の移動速度に違いが生じます。その結果、物質が空間的に広がり、濃度が低下します。このようなプロセスは一般的に「機械的分散」と呼ばれますが、本計画書では単に「分散」と表現しています。

*13：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可能性が指摘されています。

*14：希土類元素は、原子番号21のスカンジウム (Sc) と39のイットリウム (Y) に、原子番号57のランタン (La) から71のルテチウム (Lu) までの15元素を合わせた17元素の総称です。レアアースとも呼ばれます。希土類元素は、高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性核種と同様の化学的性質を示すことから、希土類元素を用いた試験を行うことにより、高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性核種の移行挙動などを推測することができます。

水理学的連結性^{*15}が限定的な物質の移行経路を表現できることが分かりました。

(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、坑道壁面から低アルカリ性の吹付けコンクリートを採取して分析を行った結果、坑道表面から厚さ数cm、岩盤との接触部から厚さ数mmにおいて中性化^{*16}が進行していることなどが分かりました。
- ・ 閉鎖技術の実証として、弾性波^{*17}トモグラフィ^{*18}を用いた掘削損傷領域の調査のための最適な観測点配置を検討し、令和5年度に掘削した試験坑道6においてその観測点配置を適用した弾性波トモグラフィを実施しました。
- ・ 緩衝材と坑道の埋め戻し材の施工方法の違いに係る品質保証体系^{*19}の構築における坑道の埋め戻しに関しては、施工効率の向上が期待できるスクリーユ工法^{*20}などの要素試験を実施し、それぞれの工法に適用可能な材料の配合の範囲や施工品質などに関するデータを取得しました。
- ・ 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に関しては、試験坑道5の既存孔にヒーター、緩衝材ブロックおよび温度や水分分布などを測定するセンサーを2組設置し、原位置試験を開始しました。

(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）^{*21}を用いた透水性評価手法の信頼性向上を目的に、これまでの試験・水圧観測データを用いてDIと断層/割れ目の

*15：地下水の流れを評価する上で、断層や割れ目の中の隙間のつながり具合を水理学的連結性と言います。

*16：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劣化が進みます。

*17：岩盤の中を伝わる振動のことを指します。地震など自然に発生する振動や岩盤を叩くなどして人工的に与えた振動が伝わる速度を弾性波速度と呼び、これは岩盤の状態によって変化します。様々な場所での弾性波速度の分布を調べることでより坑道周辺の岩盤の状態を知ることができます。

*18：トモグラフィ調査は、調査対象範囲内の物性値（速度、比抵抗など）の分布を断面として可視化する物理探査手法です。

*19：本計画書では、緩衝材や埋め戻し材に要求される性能を満足することを示す方法を品質保証としており、その緩衝材や埋め戻し材を設計・施工する過程までを含めた品質保証の枠組みを品質保証体系としています。

*20：本計画書では、埋め戻し材をスクリーユコンベアを用いて充填する工法を指します。

*21：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。

水理学的連結性の関係を検討した結果、地下施設周辺の稚内層中の断層内の水みちのつながり方の次元^{*22}とDIが相関していることが分かりました。

- ・ 地下水の流れが非常に遅い領域（化石海水^{*23}領域）を調査・評価する技術の高度化においては、これまでの成果を踏まえた調査手順の整理を行い、データの一部を研究開発報告書として公表するとともに、地下水の水質や年代を利用した地下水流動の評価手法を構築し、論文として取りまとめました。

3.2 令和6年度の主な業務内容

(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のデータ取得を自動計測機器により継続するとともに、幌延国際共同プロジェクト（Horonobe International Project : HIP）^{*24}のタスクC（実規模の人工バリアシステム解体試験）において解体試験計画の具体化や解析課題などに取り組みます。また、物質移行試験について、掘削損傷領域を対象とした物質移行試験に関する成果の取りまとめを行いモデル化/解析手法を整備します。有機物・微生物・コロイドが物質移行に与える影響を確認する試験を実施するとともに、影響を評価する方法について取りまとめます。ブロックスケールを対象とした物質移行試験では、新たに製作したトレーサー^{*25}試験装置の^{こえといそう}声問層に分布する割れ目への適用性を確認するとともに、稚内層深部を事例とした物質移行に関する評価手法を取りまとめます。

(2) 処分概念オプションの実証

閉鎖技術の実証として、支保部材の経年劣化や坑道掘削・閉鎖後の地質環境変化に関する調査試験結果の整理・取りまとめを行うとともに、坑道内か

*22：地下水の通り道となる隙間同士のつながり具合を表す指標です。隙間同士が互いによくつながり、三次元的なネットワークを形成する場合は三次元、隙間同士のつながりが限定的で、一次元的なチャンネルを形成する場合は一次元となります。

*23：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す。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。

*24：アジア地域の地層処分に関わる国際研究開発拠点として、幌延深地層研究センターの地下施設を利用した研究開発を国内外の機関で協力しながら推進し、我が国のみならず参加国における先進的な安全評価技術や工学技術に関わる研究開発の成果を最大化することを目的としています。

*25：本計画書では、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。

ら掘削されたボーリング孔の閉塞技術について得られたデータを整理し、その適用性や技術的な課題について取りまとめを行います。坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化について、調査・評価手法の整理や解析などを行います。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では、令和5年度に開始した原位置試験を継続するとともに、そのうちひと組の試験体を解体して100℃を超える熱履歴を経た緩衝材の特性を確認します。

(3) 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

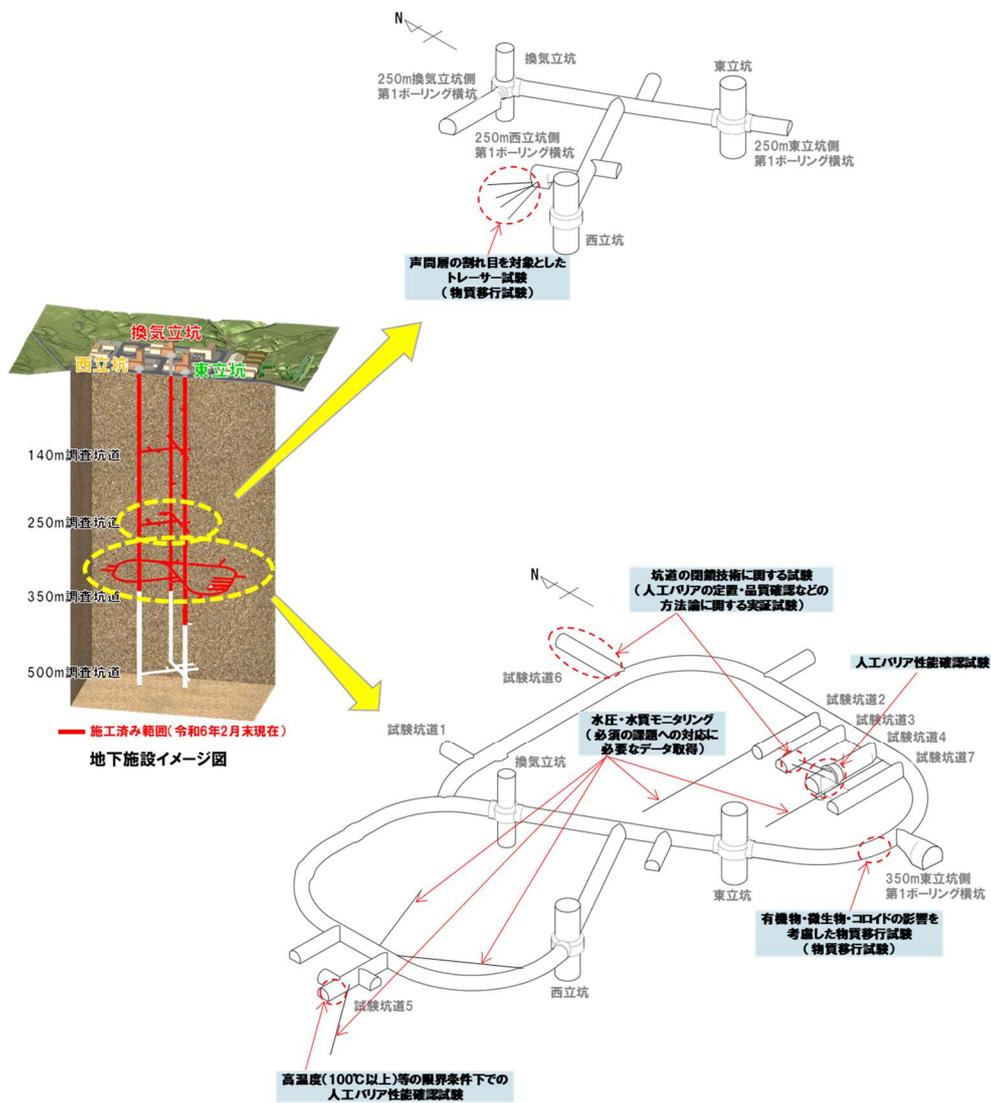
過年度に実施した水圧擾乱試験^{*26}の結果の解析などを行い、断層/割れ目の水理学的連結性とDIの関係や断層の力学的な安定性に関する検討を行います。これらの検討や既往の検討の結果に基づき、地殻変動が地層の透水性に与える影響、DIを用いた透水性の評価手法・隆起侵食の影響の評価手法、および水圧擾乱試験による断層の活動性（力学的な安定性）評価手法について取りまとめます。また、地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する方法について、令和5年度に引き続きこれまでに得られた結果に基づいて取りまとめを行います。

(4) 地下施設の建設・維持管理

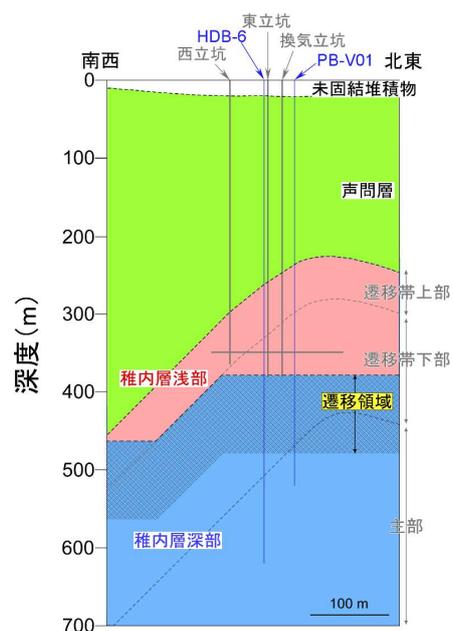
地下施設の建設・維持管理においては、換気立坑および東立坑の掘削を継続するとともに、西立坑および500m調査坑道の掘削を開始する予定です。掘削にあたっては、可燃性ガスの存在を考慮し、防爆仕様^{*27}の機器の採用や、ガス濃度の監視などにより防爆対策を行います。また、坑道掘削により発生した掘削土（ズリ）は掘削土（ズリ）置場に搬出し、有害物質の含有量などを定期的に確認します。地下施設からの排水および掘削土（ズリ）置場の浸出水は、これまでと同様に、排水処理設備において適切に処理した上で天塩川に放流します。

*26：注水により断層内の水圧を上昇させ、断層の剛性（変形しにくさ）や強度（破壊しにくさ）を低下させることにより、断層をずらす試験のことを指します。

*27：可燃性ガスが存在または存在する恐れのある場所で電気設備を設置または使用する場合、電気設備が原因となつて生ずる爆発や火災などを防止するために、火花などが発生してもガスに引火しないようになっている構造です。



250mおよび350m調査坑道における主な調査研究の実施場所



地下施設周辺の地質断面図

4. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

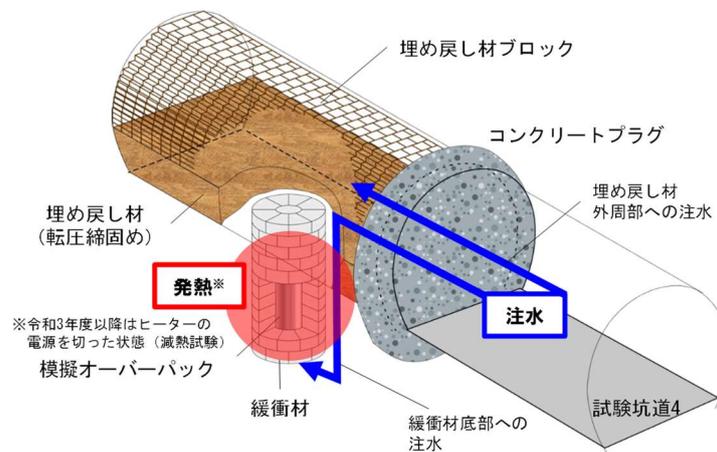
4.1 人工バリア性能確認試験 (p. 18～p. 21)

研究開発の目的

- ・ 人工バリア周辺で起こる現象の理解

令和6年度の計画

- ・ 廃棄体の発熱が収まった状態を模擬した条件でのデータ取得を自動計測機器により継続するとともに、HIPのタスクCにおいて解体試験計画の具体化などに取り組みます。



人工バリア性能確認試験の概念図

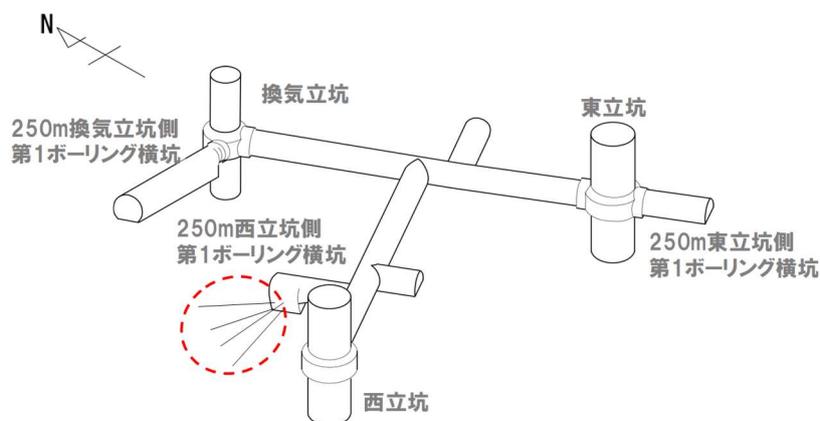
4.2 物質移行試験 (p. 21～p. 27)

研究開発の目的

- ・ 堆積岩における物質移行現象の評価手法の整備

令和6年度の計画

- ・ 掘削損傷領域における物質移行について、これまでの成果を基にモデル化・解析評価手法を取りまとめます。
- ・ 有機物・微生物・コロイドの影響評価については、これまでに実施してきた室内試験および原位置試験の結果を比較しながら整理するとともに、有機物・微生物・コロイドが物質移行に与える影響を評価する方法について取りまとめます。
- ・ ブロックスケールを対象とした物質移行試験では、新たに製作したトレーサー試験装置の適用性を声問層において確認するとともに、稚内層深部を事例としたブロックスケールの物質移行に関する評価手法を取りまとめます。



声問層を対象としたトレーサー試験の実施場所 (250m 調査坑道)

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. 28～p. 34)

研究開発の目的

- ・ 坑道の閉鎖技術や閉鎖システムの性能を担保するための設計・施工技術のオプションの整理

令和6年度の計画

- ・ 搬送定置・回収技術の実証については、支保部材の経年変化などについてこれまでの調査試験結果を整理し、取りまとめを行います。
- ・ 閉鎖技術の実証については、掘削損傷領域の調査技術の高度化などとともに、坑道内から掘削されたボーリング孔の閉塞技術の実証で行ってきた、ベントナイト^{*28}ブロックを設置する方法について、これまでの調査試験結果を整理し、適用した技術の有効性や技術的な課題の観点で取りまとめます。
- ・ 人工バリアの緩衝材と坑道の埋め戻し材の施工方法の違いに係る品質保証体系の構築における坑道の埋め戻しに関しては、埋め戻し材の施工技術オプションの整備に向けた要素試験などの実施や施工品質管理などに関するデータを取得し、取りまとめを行います。

*28：モンモリロナイトを主成分とする粘土の一種です。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。

5.1.2 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 (p. 34～p. 40)

研究開発の目的

- ・ 人工バリアに要求される品質を踏まえた、要素技術を体系的に適用し廃棄体の設置方法（間隔など）の確認

令和6年度の計画

以下の4項目を設定して調査研究を行います。

- (1) 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
 - ・ 人工バリアや岩盤の閉じ込め性能に影響を及ぼすピット周辺の水みちの地下水の流れや物質の移行特性に関わる評価手法などの整理を進めます。
- (2) 先行ボーリングによる地質環境特性調査ならびに工学的対策を考慮した地下施設および人工バリアの設計・評価技術の体系化
 - ・ 坑道などへの湧水量や掘削損傷領域の発達範囲の予測解析を行い、500m調査坑道における原位置調査で取得すべきデータを検討します。
 - ・ 坑道の埋め戻しや止水プラグの設計に必要な試験坑道6周辺の掘削損傷領域の広がりなど調査するとともに、埋め戻しや止水プラグの材料特性を把握するための試験を実施します。
- (3) 多接続坑道^{*29}を考慮した湧水抑制対策技術および処分孔支保技術の整備、緩衝材流出・侵入現象^{*30}評価手法および抑制対策技術の整備
 - ・ これまでに得られたデータや深度500 mに向けた掘削過程で得られるデータを用いて、湧水量やその減少速度の予測手法と湧水抑制対策への反映方法の整備などを進めます。
- (4) 廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報の整理
 - ・ 人工バリア性能確認試験の試験孔周辺に発達した掘削損傷割れ目に対して実施した試験結果などを用いて、ピット周辺に存在する割れ目の開きにくさやピット周辺の地下水の流れにくさを把握するための調査・評価手法の整理を進めます。

*29：互いに近接して平行に掘削される複数の坑道のことです。処分場では廃棄体を設置するための多数の坑道を平行に掘削する坑道配置が考えられています。

*30：緩衝材が地下水の流れによって流される現象を流出現象、緩衝材に含まれる粘土が膨潤することで割れ目などの隙間に侵入する現象を侵入現象と呼びます。

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（p. 40～p. 42）

研究開発の目的

- ・ 想定外の要因により緩衝材温度が100℃を超えた場合の挙動の確認

令和6年度の計画

- ・ 高温条件下での原位置試験を継続し、孔内の温度や水分分布などのモニタリングを実施します。その後、ひと組の試験系を解体し、100℃を超える熱履歴を経た緩衝材の特性を確認する試験・分析を実施します。
- ・ 緩衝材に浸潤させる水の組成などの条件を変えて室内試験を実施します。
- ・ 以上の試験に基づき100℃を超える条件下で緩衝材に生じる変質の有無および緩衝材の特性に与える影響について確認するとともに、これまでに得られた成果を整理し、取りまとめます。



試験体設置の様子

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

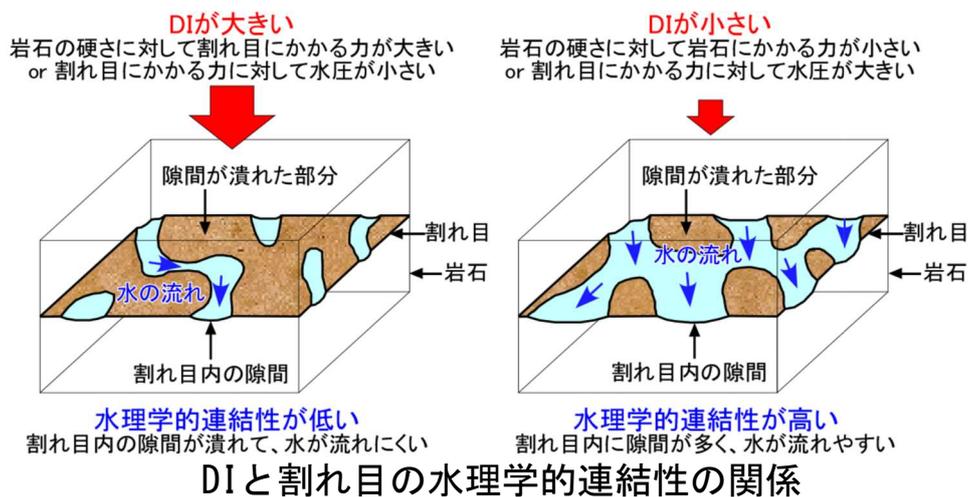
6.1.1 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握 (p. 43~p. 46)

研究開発の目的

- ・ 地殻変動が透水性に与える影響を推測するための手法の整備

令和6年度の計画

- ・ 過年度に実施した水圧擾乱試験の結果の解析などを行い、断層/割れ目の水理学的連結性とDIの関係や断層の力学的な安定性に関する検討を行うとともに、これまでの成果を取りまとめます。



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. 46~p. 49)

研究開発の目的

- ・ 地下水の流れが非常に遅い領域の分布を理解するための技術の構築

令和6年度の計画

- ・ 令和5年度に引き続き、これまでに得られた結果に基づいて取りまとめを行います。

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

- ・ 地質環境特性データとして、地質構造・岩盤の水理・地下水の地球化学・岩盤力学に係るデータ取得などを継続するとともに、掘削工事に伴い取得されるデータについても活用します。
- ・ 坑道掘削の影響を調査するため、地表や坑道に設置した高精度傾斜計^{*31}および坑道に設置した地中変位計などを用いて、岩盤の微小な変形の観測を継続します。
- ・ 地震に伴う地質環境特性の変化に関わるデータ取得のため、上幌延観測点（HDB-2）と地下施設での地震観測を継続します。

*31：通常の傾斜計が測定できるのは3,600分の1°程度であるのに対し、約1億分の6°の傾斜量を計測することができる非常に計測精度の高い傾斜計です。微小な地殻変動を捉えるために用います。

9. 環境調査

坑道内および掘削土（ズリ）置場で発生する排水の水質調査、天塩川の水質調査ならびに研究所用地周辺における水質・魚類に関する調査を継続します。



天塩川の水質調査の様子



環境影響調査の様子

10. 安全確保の取り組み

地下施設や研究所用地周辺における調査研究や地下施設整備工事などの実施にあたっては、作業計画時における安全対策の確認を徹底するとともに、作業員に対する安全教育や訓練の実施、定期的な安全パトロールなどを通じて安全確保を最優先に取り組みます。



安全パトロールの様子

11. 開かれた研究

国内外の大学・研究機関との研究協力を行うとともに、国際交流施設^{*32}などを利用して、国内外の専門家と意見・情報交換を行いながら研究を進めていきます。また、幌延深地層研究計画の施設や研究フィールドは、国内外の関連する研究機関に広く開放していきます。HIPでは、管理委員会を開催するとともに、必須の課題のうち、実際の地質環境における人工バリアの適用性確認および処分概念オプションの実証に関わるテーマを対象に研究を進めます。なお、HIPは令和5年度末現在、原子力機構を含めて国内外の11機関^{*33}が参加しています。

- ・ 国内機関との研究協力

東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、幌延地圏環境研究所、電力中央研究所、原子力規制庁など

- ・ 国外機関との研究協力

幌延国際共同プロジェクト (HIP)、Clay Club、環太平洋地域における地下研究施設を活用した国際協力など

上記の他、経済産業省資源エネルギー庁などが進めるプロジェクトへの協力、国外の研究機関などとの研究協力や地下施設における原位置試験などに関わる情報交換を進めます。

*32：国内外の研究者の交流活動の拠点および地域の皆様との交流を目的とした施設です。

*33：HIPの参加機関は、原子力機構の他、連邦放射性廃棄物機関（BGE、ドイツ）、英国地質調査所（BGS、英国）、電力中央研究所（CRIEPI、日本）、オーストラリア連邦科学産業研究機構（CSIRO、オーストラリア）、工学技術研究院（ITRI、台湾）、韓国原子力研究所（KAERI、韓国）、原子力発電環境整備機構（NUMO、日本）、原子力テクノロジー国営会社（RATEN、ルーマニア）、原子力環境整備促進・資金管理センター（RWMC、日本）、国営放射性廃棄物会社（SERAW、ブルガリア）です。