

**幌延深地層研究計画
令和7年度調査研究計画
（概要版）**

令和7年4月

**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**

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6年度の成果および令和7年度の計画の概要.....	5
3.1 令和6年度の成果の概要.....	5
3.2 令和7年度の計画の概要.....	8
4. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認.....	11
4.1 人工バリア性能確認試験.....	11
5. 処分概念オプションの実証.....	12
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.....	12
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
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.....	14
8. 地下施設の建設・維持管理.....	15
9. 環境調査.....	16
10. 安全確保の取り組み.....	16
11. 開かれた研究.....	17
12. 用語集.....	18

以下の項目は、令和6年度までの調査研究によって所期の目標を達成したため、今後は「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」を実施する中で、情報の不足などがあった場合に追加で試験や解析を実施します。そのため、上記の目次では「4.1人工バリア性能確認試験」および「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」の2つを記載しています。

4.2 物質移行試験

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

5.2 高温（100℃以上）等の限界条件下での人工バリア性能確認試験

6.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化

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7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。

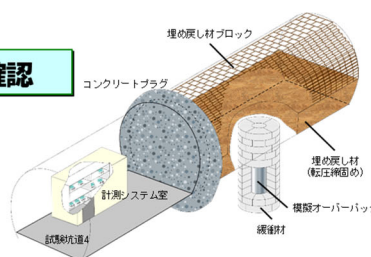
2. 令和2年度以降の幌延深地層研究計画に示した研究課題

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※の適用性確認、処分概念オプション※の実証、地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力※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

- **人工バリアの定置・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】 定置・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となる情報を整理する。

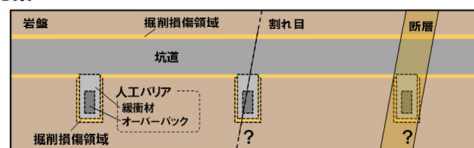


閉鎖技術オプションの整理

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、
 化し海水※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）

なお、令和7年度は西立坑および500m調査坑道の掘削を引き続き行い、令和7年度末に施設整備を完了する予定です。500m調査坑道では、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関する試験を行う計画です。

幌延深地層研究センターの地下施設で研究対象としている地層は、^{こえといそう}声間層と稚内層であり、声間層（珪藻質泥岩）は、主に海底に降り積もった珪藻と呼ば

※このマークがついた用語は、本概要版の「12. 用語集」(p. 18～p. 20)をご参照ください。

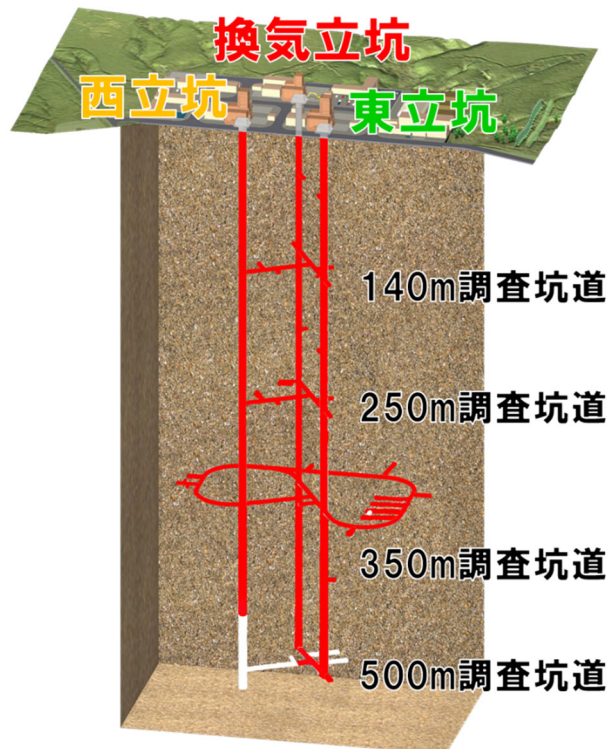
れる植物プランクトンの遺骸から構成され、地下施設周辺の堆積年代は、約400万年前～200万年前と推定されます。一方、稚内層は、声問層と同様の珪藻の遺骸が堆積の進行に伴ってより深くに埋没することで地温の影響などを受けて溶解し、新たな鉱物として再沈殿してできた、声問層より硬い岩石（珪質泥岩）からなる地層です。地下施設周辺の稚内層の堆積年代は、約700万年前～400万年前と推定されます。

		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		浸潤時・減熱時のデータ取得、運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								
		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								
1.2 物質移行試験										
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・評価技術の体系化 廃棄体設置の判断や間隔の決定に必要な情報の整理、等				
2.2 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		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+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を調査・評価する技術の高度化		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。

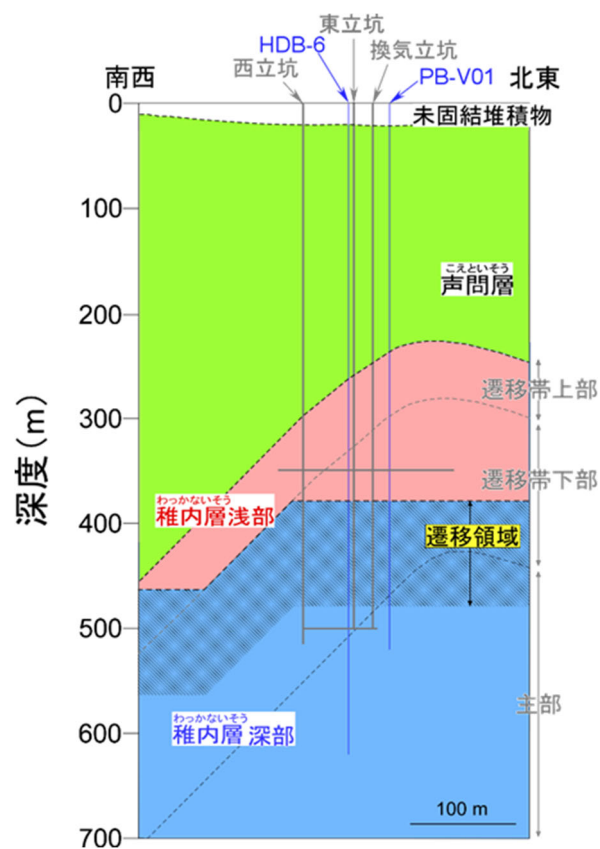
 個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題(2.1.2)に統合して実施する。
 2.1.2を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

幌延深地層研究計画の令和2年度以降のスケジュール



施工済み範囲（令和7年2月末現在）

地下施設イメージ図



地下施設周辺の地質断面図

3. 令和6年度の成果および令和7年度の計画の概要

3.1 令和6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、解体試験までの状態を把握するために既設の自動計測機器でのデータ取得を継続しました。
- ・ 掘削損傷領域※を対象とした物質移行試験については、過年度に実施した掘削損傷領域の割れ目を対象としたトレーサー※試験の詳細な解析を行い、一次元的に連続する移行経路を仮定した解析モデルを適用することで、掘削損傷領域の割れ目中の物質の移行挙動を評価する上で重要なパラメータを適切に評価することができました。
- ・ 有機物・微生物・コロイド※を対象とした物質移行試験では、原位置での長期の物質移行試験を実施し、地下水に添加した希土類元素※の挙動の変化を定量的に評価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、循環機能を備えた試験区間を設けた試験装置を用いることで、複数の経路を移動したトレーサーの挙動を評価することが可能となりました。また、稚内層深部の断層を対象とした透水試験およびトレーサー試験の解析評価を行い、稚内層（稚内層深部）と同様な堆積岩中の物質移行経路をモデル化することができました。

(2) 処分概念オプションの実証

- ・ 操業・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証について、以下の成果が得られました。
 - ① 搬送定置・回収技術の実証として、坑道に定置した低アルカリ性コンクリートの試験体および坑道壁面から採取した低アルカリ性吹付けコンクリートの分析結果を取りまとめました。その結果、約10年間の坑道開放期間では強度の低下は生じていないことなどが分かり、低アルカリ性コンクリートの長期的な物性変化について調査手法を整備することができました。また、坑道開放条件下におけるコンクリートに隣接する坑道周辺岩盤の長期変化の評価について、坑道掘削から坑道埋め戻し後の再飽和過程の解析手法を整備することができました。

- ② 閉鎖技術の実証については、止水プラグ※の一部を模擬した粘土止水壁について、構築後5年が経過した時点においても透水係数は構築直後と同等に低く保たれていることを確認しました。また、令和4年度までに開発したトモグラフィ※調査結果の解析手法を止水プラグの施工試験を予定している試験坑道6周辺の調査において適用し、周辺岩盤の調査手法としての適用可能性を検討しました。さらに、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実施してきたベントナイト※ブロックの設置方法について、これまでの調査試験結果を整理しました。
- ③ 緩衝材※と坑道の埋め戻し材※の施工方法の違いによって、施工効率や品質管理方法がどのように異なるかを確認するため、施工効率の向上が期待できるスクリー工法※などの要素試験を実施しました。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することにより、各工法の埋め戻し材の施工方法としての見込みを示すことができました。
- ・ 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、以下の成果が得られました。
- 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
声問層を対象に、250m西立坑側第1ボーリング横坑から掘削された2本のボーリング孔において割れ目のつながりが確認された試験区間に対してトレーサー試験を実施し、良好な試験結果を取得することができました。
- 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
試験坑道8、9における原位置調査に先立ち、350m調査坑道における調査において妥当性が確認された手法を適用し、坑道周辺の掘削損傷領域の広がりや坑道・ピットへの湧水量を予測しました。また、試験坑道6における実規模スケールの坑道の埋め戻しと止水プラグの施工試験に先立ち、ボーリング調査による割れ目の観察や透水試験による坑道周辺の透水係数の評価を行いました。

- ③ 多連接坑道※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※評価手法および抑制対策技術の整備
地下水圧や湧水量の観測データを用いて、地下施設からの湧水の定常的な発生量を予察的に評価しました。
 - ④ 廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報の整理
過年度に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、令和5年度に開始した原位置試験※のモニタリングを継続するとともに、一組の試験体を解体し、ヒーター接触部近傍の緩衝材では温度履歴を受けていない緩衝材と比べて一軸圧縮強度が低く、透水係数が高い傾向にあることを確認しました。
- (3) 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証
- ・ 地殻変動が地層の透水性※に与える影響の把握手法の整備、およびダクティリティインデックス (DI) ※を用いた透水性評価の信頼性向上・隆起侵食の影響評価手法の整備を目的として、過年度に実施した断層の水圧擾乱試験※の結果の詳細な解析や、割れ目の水理学的連結性※の指標となる水みちのつながり方の次元※とDIの関係を理解するための数値シミュレーションなどを行いました。その結果、稚内層に類似する地層の場合、地殻変動が地層の透水性に与える影響は、断層や割れ目の水理学的特性とDIとの関係により評価できることが分かりました。
 - ・ 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においては、広域スケールの領域を対象に地下水移行時間を解析し、割れ目に沿って地下水が流れている場合の堆積岩の水理学的有効間隙率※の適切な与え方を示すことができました。そして、これまでに得られた成果に基づき、地下水の流れが非常に遅い領域を調査してモデル化する技術を取りまとめました。

以上のことから、令和2年度以降の必須の課題のうち、「物質移行試験」、「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」、「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」および「地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証」については、所期の目標を達成することができました。今後は研究工程に示すとおり、「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」を実施する中で、情報の不足などがあった場合に追加で試験や解析を実施します。

3.2 令和7年度の計画の概要

(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

- ・ 解体試験までの状態を把握するためにデータ取得を自動計測機器により継続します。
- ・ 解体試験計画の準備作業として、幌延国際共同プロジェクト（HIP）※のタスクC（実規模の人工バリアシステム解体試験）の参加機関の間で、解体試験計画の具体化や室内試験を対象とした解析検討を継続するとともに、原位置試験を対象とした解析検討の準備を行います。

(2) 処分概念オプションの実証

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

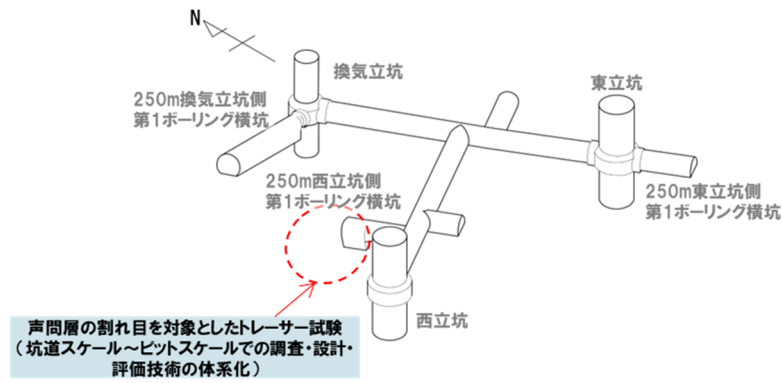
- ・ 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化では、令和6年度に実施したトレーサー試験結果の解析評価を行いつつ、坑道スケール～ピットスケールにおける閉じ込め性能の評価手法の整理を進めます。
- ・ 先行ボーリングによる地質環境特性調査ならびに工学的対策を考慮した地下施設および人工バリアの設計・評価技術の体系化では、試験坑道8、9において先行ボーリング調査による岩石の強度や岩盤の透水性などのデータ取得、トモグラフィ調査による試験坑道周辺の掘削損傷領域の広がりに関するデータ取得などを行います。埋め戻しや止水プラグの設計に必要な坑道周辺の掘削損傷領域の広がりや水理特性について、ボーリング調査による割れ目の観察やトモグラフィ調査、水理試験などを継続して原位置

におけるデータの取得を行います。また、埋め戻しと止水プラグの施工については、試験坑道6での施工試験の計画検討を進めます。

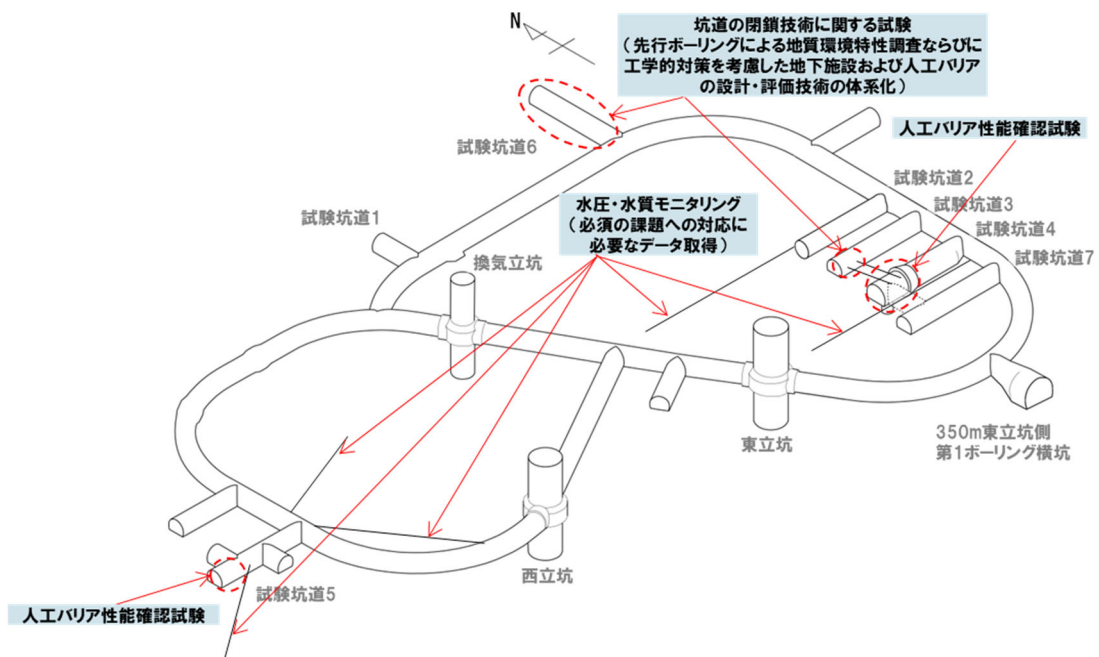
- ・ 多連接坑道を考慮した湧水抑制対策技術および処分孔支保技術の整備、緩衝材流出・侵入現象評価手法および抑制対策技術の整備では、深度500 mの坑道掘削に伴う湧水量を観測するとともに、坑内湧水量の観測を継続し、シミュレーションにおいて予測された定常湧水量の範囲に収まるかどうかを確認します。500m調査坑道において施工予定のピット周辺の掘削損傷領域の広がりに関する予測解析を実施するとともに、原位置における掘削損傷領域の把握のための試験計画を検討します。断層や既存割れ目を対象として割れ目の開きにくさを評価するための試験計画を検討します。
- ・ 廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要なとなる情報の整理では、調査・研究の進捗に応じて、割れ目の開口幅とその開きにくさなどに関する調査・評価手法の整理を拡充するとともに、割れ目からの湧水量などについても調査・評価手法の整理を進めます。

(3) 地下施設の建設・維持管理

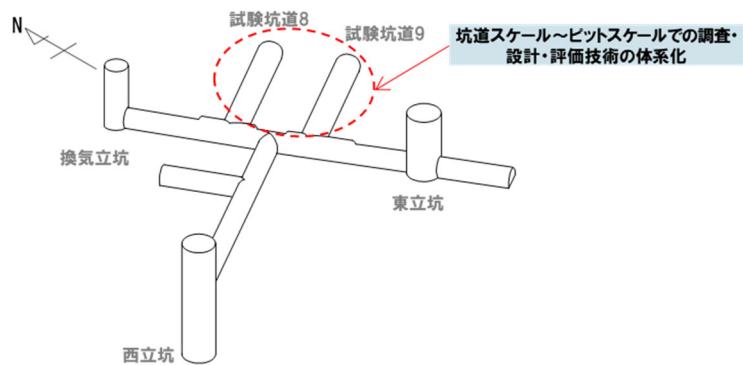
- ・ 西立坑および500m調査坑道の掘削を継続し、令和7年度末に施設整備を完了する予定です。掘削に当たっては、可燃性ガスの存在を考慮し、防爆仕様※の機器の採用や、ガス濃度の監視などにより防爆対策を行います。
- ・ 坑道掘削により発生した掘削土（ズリ）は掘削土（ズリ）置場に搬出し、有害物質の含有量などを定期的に確認します。
- ・ 地下施設からの排水および掘削土（ズリ）置場の浸出水は、これまでと同様に、排水処理設備において適切に処理した上で天塩川に放流します。



250m 調査坑道



350m 調査坑道



500m調査坑道

調査坑道における主な調査研究の実施場所

4. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

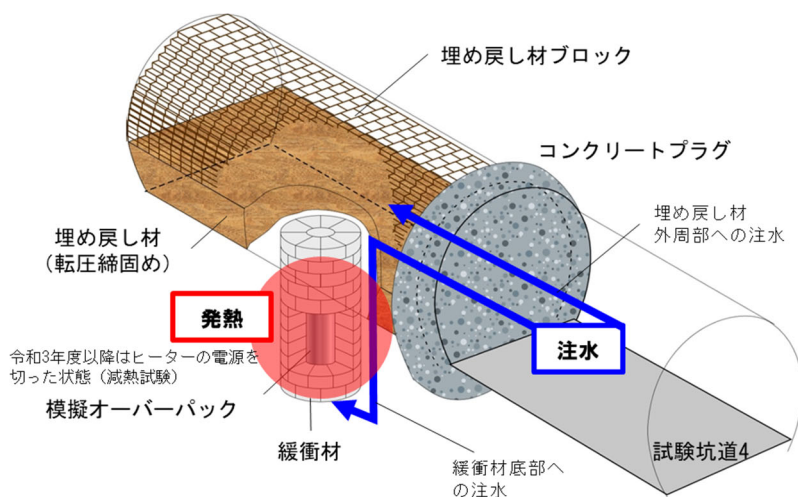
4.1 人工バリア性能確認試験（p. 19～p. 21）

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7年度の計画

- ・ 解体試験までの状態を把握するために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します。
- ・ 解体試験の準備作業として、HIPのタスクCの参加機関の間で解体試験計画の具体化や室内試験を対象とした解析検討を継続するとともに、原位置試験を対象とした解析検討を行います。
- ・ 「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」において設置した一組の試験体について、熱－水理－力学－化学連成現象の評価のための参考情報として、既設の自動計測機器でのデータ取得を継続します。



人工バリア性能確認試験の概念図

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

5.1.2 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. 42～p. 58)

研究開発の目的

- ・ これまでに構築してきた地質環境調査、工学的対策、モデル化技術の体系的な適用による、坑道やピットの配置に関する考え方、人工バリア材料などの設置方法、それらの閉じ込め性能を評価する手法の体系的な提示

令和7年度の計画

以下の4項目につい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

- ・ 令和6年度に実施したトレーサー試験結果の解析評価を行いつつ、坑道スケール～ピットスケールにおける閉じ込め性能の評価手法の整理を進めます。なお、本検討はHIPのタスクA（物質移行試験）の課題として設定しています。

(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

- ・ 試験坑道8、9での先行ボーリング調査における岩石の強度や岩盤の透水性などのデータ取得、試験坑道の掘削と地質観察による地質/地質構造データの取得、トモグラフィ調査による試験坑道周辺の掘削損傷領域の広がりに関するデータの取得を行います。これらの結果に基づき、令和6年度に実施した予測手法の妥当性確認と手法の更新を行います。本検討はHIPのタスクB（処分技術の実証と体系化）の課題として設定しています。
- ・ 試験坑道6でのボーリング調査による割れ目の観察やトモグラフィ調査により、坑道周辺の掘削損傷領域の広がり进行评估します。水理条件の把握については、原位置試験による岩盤の水理特性の把握や間隙水圧のモニタリングを継続するとともに得られたデータを用いた解析検討を実施します。さらに、これらの調査・試験の結果を踏まえて坑道の埋め戻しと止水プラグの設計を行うとともに、試験坑道6における原位置施工試験のレイアウト

や作業手順などの計画検討を進めます。本検討は、HIPのタスクBの課題として設定しています。

- (3) 多連接坑道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・侵入現象評価手法および抑制対策技術の整備
- ・ 近接する複数の湧水箇所間の水圧干渉を考慮した湧水量あるいは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に関して、深度500 mの坑道掘削に伴う湧水量を観測するとともに、解析において予測された定常湧水量の範囲に収まるかどうかを確認します。
 - ・ ピット周辺の掘削損傷領域の範囲を評価するための解析手法と支保設計への反映方法に関しては、500m調査坑道において施工予定のピット周辺の掘削損傷領域の広がりに関する予測解析を実施するとともに、原位置における掘削損傷領域の把握のための試験計画を検討します。
 - ・ 断層や割れ目からの湧水の定常的な発生量や湧水量の減少速度の予測手法と流出抑制対策への反映方法の整備に関しては、坑道および断層や割れ目からの湧水量の減少速度を予測するための手法整備に向けた解析を実施します。
 - ・ ピット周辺岩盤の割れ目の開きにくさの評価手法と侵入抑制対策への反映方法の整備に関しては、断層や既存割れ目を対象として割れ目の開きにくさを評価するための試験計画を検討します。
- (4) 廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報の整理
- ・ 調査・研究の進捗に応じて、割れ目の開口幅とその開きにくさ、ピット周辺の地下水の流れにくさに関する調査・評価手法の整理を拡充するとともに、割れ目からの湧水量やピットの掘削損傷領域の広がりについて調査・評価手法の整理を進めます。

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・岩盤力学に関わるデータ取得などを継続するとともに、坑道の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※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。
- ・ 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。

8. 地下施設の建設・維持管理

- ・ 令和6年度に引き続き、西立坑および500m調査坑道の掘削を行います。500m調査坑道については、掘削後に仕上げなどを行い、令和7年度末に施設整備を完了する予定です。
- ・ 坑道掘削に際しては、各種計測工を行うとともに、速やかに支保を構築して坑道周辺の岩盤の安定性を保持しながら掘削を進めます。
- ・ 掘削に当たっては、可燃性ガスの存在を考慮し、防爆仕様の機器の採用や、ガス濃度の監視などにより防爆対策を行います。
- ・ 坑道掘削により発生した掘削土（ズリ）は掘削土（ズリ）置場に搬出するとともに、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は、これまでと同様に、排水処理設備で適切に処理を行った上で、天塩川に放流します。
- ・ 地下施設の掘削の進捗状況についてはホームページなどを利用して適宜、情報発信を行います。

掘削工事のスケジュール（令和7年度）

	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
西立坑	掘削			
500m調査坑道	掘削			仕上

本工程は今後の施工計画策定や工事進捗に応じて変更となる場合があります。

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。

また、地下施設整備工事により発生する掘削土（ズリ）の土壌溶出量調査についても継続します。



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当たっては、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、作業者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※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。

幌延国際共同プロジェクト（HIP）では、参加機関による管理委員会を開催するとともに、設定した3つのタスクについて、令和7年度から令和10年度までの後半4年間のフェーズ2の研究に着手するとともに、令和4年度後半から令和6年度までのフェーズ1の研究成果を取りまとめた報告書を公開します。さらに、参加機関の理解促進のための現場状況の確認や、研究成果の取りまとめ方針などについて議論するタスク会合を実施します。

- ・ 国内機関との研究協力

東京大学、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）

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や、人材育成のための講習などに協力するとともに、国内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。

12. 用語集

(五十音順)

埋め戻し材

処分場において、廃棄体を定置した後の処分坑道、アクセス坑道や連絡坑道を埋め戻す際に使用する材料です。埋め戻した後の坑道内が選択的な水みちとならないように、埋め戻し材に要求される性能のひとつとして、透水性が低いことが挙げられます。処分場の建設では、坑道の掘削に伴い、大量の掘削土が発生することから、埋め戻し材には掘削土を利用することが合理的であり、透水性を低くするために掘削土にベントナイトを混合して、埋め戻し材とすることが検討されています。

化石海水

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。

緩衝材

人工バリアの構成要素のひとつです。オーバーパックを包み込むように設置され、地下水の浸入と放射性物質の溶出・移動を抑制する機能が期待されています。さらに岩盤の変形を物理的に緩衝するクッションのはたらきや、地下水の水質の変化を化学的に緩衝して抑制するはたらきを持ちます。候補材料はベントナイトなどの粘土材料です。

緩衝材流出・侵入現象

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。

希土類元素

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。

掘削損傷領域

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。

原位置試験

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。

高精度傾斜計

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。

坑道スケール

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。

国際交流施設

国内外の研究者の交流活動の拠点および地域の方々との交流を目的とした施設です。

<https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/kokusai/introduction/introduction.html>

コロイド

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。

支保

地下空間の安定を保つために設ける、ロックボルト、鉄骨、コンクリートの壁などの構造物です。

処分概念オプション

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す。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。

人工バリア

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。

水圧擾乱試験

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。

水理学的有効間隙率

本計画書では、岩盤中の間隙部分のうち、水が通らないほど小さいか孤立した間隙を除いた部分の間隙の割合、すなわち水の移動に有効な間隙の割合のことです。

水理学的連結性

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。岩盤の中には、大小さまざまな断層や割れ目が存在し、これらは独立して存在したり、他とつながって存在したりします。岩盤の中での地下水の流路は、断層や割れ目内の隙間が主なものですが、その隙間が二次元的あるいは三次元的に広くつながっている場合には、水理学的連結性が高いと表現します。一方、断層や割れ目内の隙間が一部でしかつながっていない場合は、水理学的連結性が低いと表現します。

スクリー工法

本計画書では、埋め戻し材をスクリーコンベアを用いて充填する工法を指します。

堆積岩の緩衝能力

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。

ダクティリティインデックス（DI）

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、軟らかくなります。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（岩石の引張破壊に対する強度）で除した値で定義されます。

多連接坑道

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。

透水性

岩盤の水の通しやすさのことです。透水性を表す指標として透水係数が用いられます。透水係数は、以下の式で定義され、単位は長さ/時間（m/s）となります。

$$Q=KAh/l$$

ここで、Q：流量（m³/s）、k：透水係数（m/s）、A：断面積（m²）、h：水圧差（m）、l：長さ（m）を表します。

トモグラフィ

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。

トレーサー

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。なお、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。

ピットスケール

廃棄体および人工バリアを垂直に設置する縦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。

プラグ

ベントナイトや粘土などが材料となって構成される緩衝材や埋め戻し材が移動・膨出するのを防ぐあるいは掘削影響を受けた領域の地下水の移動を抑制するために、処分坑道の両端やその周辺に設けられる構造物です。なお、本計画書で記載のある「止水プラグ」は、掘削損傷領域の地下水の移動を抑制するためにベントナイトを混ぜた材料で構築するものを指します。

ベントナイト

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ます。ベントナイトの膨潤により緩衝材や埋め戻し材の透水性が低下したり、ベントナイトに放射性核種が吸着されたりして、放射性核種の移行を抑制する効果があります。

防爆仕様

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っ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。

幌延国際共同プロジェクト（HIP）

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。
(https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/status/hip/project_hip.html)

参加機関は、フェーズ 2 が始まる令和 7 年 4 月時点で、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(ORIEPI、日本)、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。

水みちのつながり方の次元

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。

令和 2 年度以降の必須の課題

「令和 2 年度以降の幌延深地層研究計画」では、「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認」、「処分概念オプションの実証」および「地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証」の 3 つを研究課題として取り組むこととしており、これらを「令和 2 年度以降の必須の課題」と呼んでいます。