

第4期中長期計画における取り組みと成果

① 幌延深地層研究計画

令和7年12月8日

日本原子力研究開発機構
幌延深地層研究センター

中長期目標期間における研究開発スケジュール

中長期計画
(令和4年度～令和10年度)

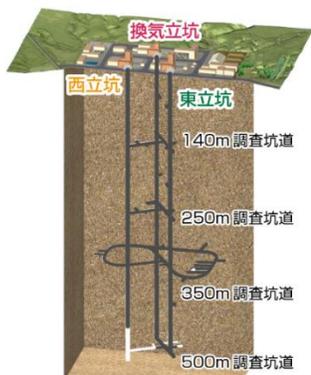
活動の成果 (令和4年度～令和6年度)

「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に基づく計画を進め、技術基盤を整備



- 令和6年度までに取りまとめる6つの課題について着実に技術基盤を整備
- 「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、目標や計画を具体化
- 地下施設整備について、東立坑・換気立坑の500mまでの掘削を完了するとともに、500m調査坑道において調査研究を実施
- 幌延国際プロジェクトを計画通り進めるとともに、フェーズ1 (令和6年度まで) の成果をレポートとして取りまとめ

	細目	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	
高レベル放射性廃棄物等の地層処分研究開発	幌延深地層研究所計画	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							



地下坑道イメージ図
(令和7年3月19日現在)



東連絡坑道の貫通
(令和7年2月18日)



幌延での合同タスク会合
(令和6年6月)



本日の説明内容

1. 令和2年度以降の幌延深地層研究計画
2. 令和6年度に取りまとめる課題
3. 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
4. 地下施設の整備
5. 幌延国際共同プロジェクト(HIP)について
6. 成果の発信・普及等
7. まとめ

1. 令和2年度以降の幌延深地層研究計画

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 

1.2 物質移行試験※※ 

※ 資源エネルギー庁受託事業を活用して実施
※※ 一部を資源エネルギー庁受託事業を活用して実施

2. 処分概念オプションの実証

2.1 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

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※ 

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 

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※※

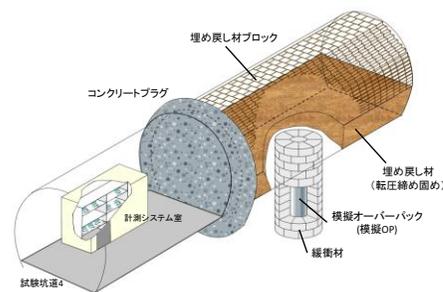
3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

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

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※

3.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験



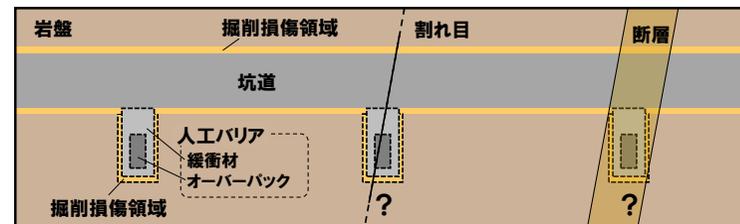
人工バリア性能確認試験の概要



人工バリア性能確認試験の解体調査のイメージ



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

1. 令和2年度以降の幌延深地層研究計画

	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	HIP Task C		浸潤時・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	HIP Task A		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 人工バリアの定置・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	HIP Task B		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	HIP Task A, B		4つの課題 ①～④			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	HIP Task A, B		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	HIP Task A, B		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を調査・評価する技術の高度化	HIP Task A, B		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	HIP Task A, B		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						

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。

 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。

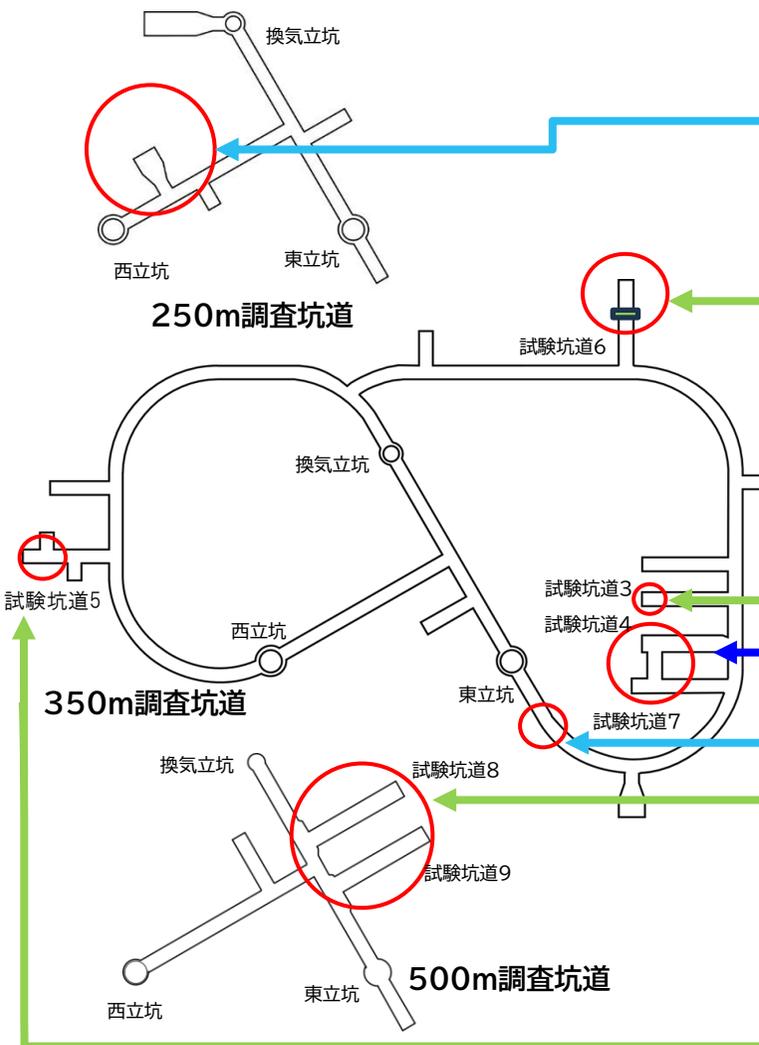
令和4～6年度における研究実施のマイルストーン:

- ① 令和6年度の個別研究課題の成果取りまとめ
- ② 令和6年度以降の体系化研究の計画の具体化と着実な実施
- ③ 幌延国際共同プロジェクト(HIP)の着実な実施とフェーズ1の成果取りまとめ

赤文字はR6年度取りまとめの対象課題

1. 令和2年度以降の幌延深地層研究計画

令和2年度以降の課題における 原位置試験の実施場所



●実際の地質環境における人工バリアの適用性確認に関わる研究

- 1)人工バリア性能確認試験【実施中、解体調査はR8年度～】
連成解析技術の信頼性を確認するため、試験坑道4で人工バリアの解体、センサーの較正、分析を実施。



- 2)物質移行試験【実施中】

ブロックスケールにおける遅延性能評価手法を整備するため、250m調査坑道で物質移行データを取得。／有機物・微生物・コロイドの影響評価手法を整備するため、350m周回坑道で物質移行データを取得。



●処分概念オプションの実証に関わる研究

- 1)閉鎖技術(埋め戻し方法・プラグ等)の実証試験【実施中】
坑道閉鎖に関わる地下施設及び人工バリアの設計評価技術を体系化するための実証試験を実施。



- 2)坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化に関する調査【実施中、R6年度から開始】

多接続坑道での湧水抑制対策技術及び処分孔支保技術を整備するために、試験坑道8、9でボーリング調査、物理探査などを実施。坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術を体系化するため、500m調査坑道で初期地圧測定を実施。



- 3)高温条件での人工バリア性能確認試験【実施中】

緩衝材の最高温度が100℃を超えた状態での人工バリア性能に関する試験データを整備するため、試験坑道5で原位置加熱試験を実施。

2. 令和6年度に取りまとめる課題

○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

1.2 物質移行試験

○処分概念オプションの実証

2.1 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

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

○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

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

3.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

○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

(研究の背景・狙い・目標・意義)

- 浸潤時・減熱時のデータを含め、ガラス固化体設置以降の加熱・注水時から浸潤時・減熱時を全て模擬したデータに基づく熱-水-応力-化学連成現象のモデルの高度化
- 浸潤時の緩衝材の飽和度などの確認

(実施内容)

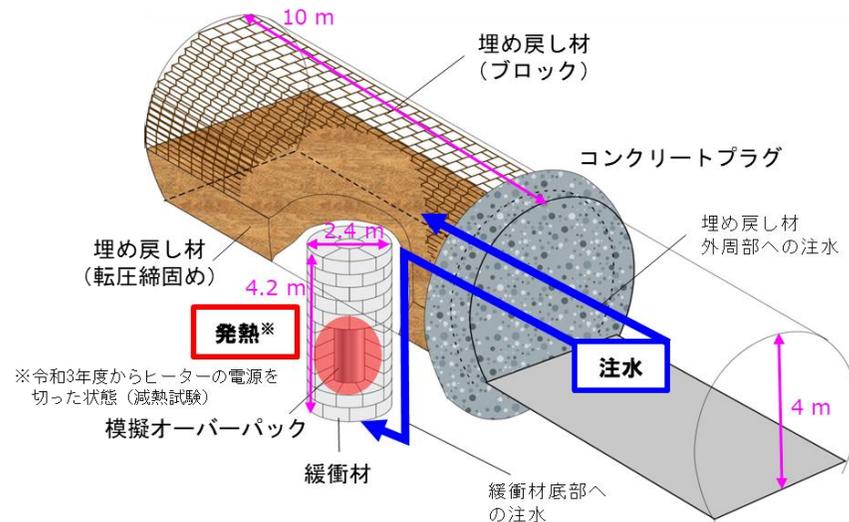
- 減熱過程の試験データの取得
- 国際共同研究(Decovalex)において、取得データに基づく連成解析結果を比較、検証
- 人工バリア解体試験施工の結果(緩衝材、埋め戻し材、コンクリート、岩盤および境界面の採取手法に関わる知見)をもとに、人工バリア性能確認試験場所の解体調査計画を検討

(成果)

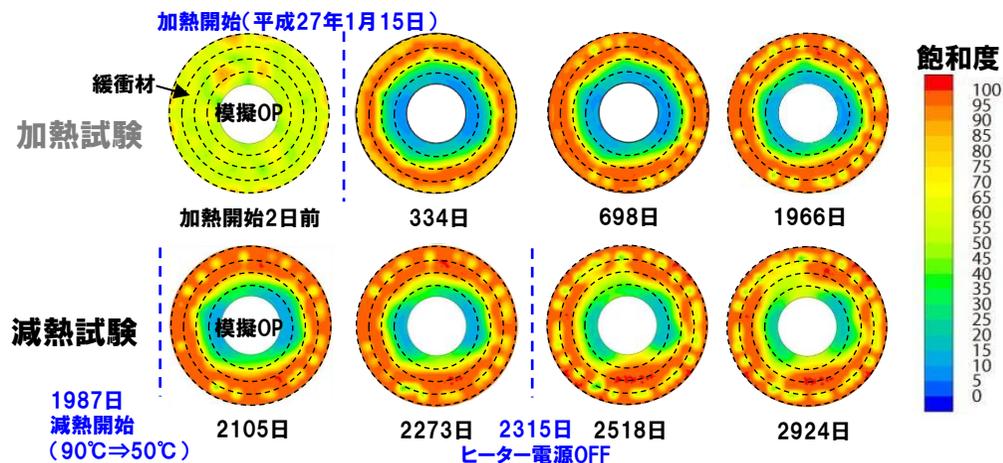
- 発熱がおさまった条件で緩衝材の飽和度などのデータを取得し、国際共同研究を通じた比較解析によって連成解析結果の妥当性を確認
- 解体調査の方針及び施工手順・方法の決定

(地層処分事業や他分野への貢献)

- 人工バリア周辺で起こる現象の理解や連成解析コードの高度化は、地層処分後の安全評価における初期状態の把握やオーバーパックの寿命を評価する際の人工バリア周辺の環境条件の設定等に反映可能



人工バリア性能確認試験の概念図



飽和度の算出結果(比抵抗トモグラフィ)

〇処分概念オプションの実証

2.1 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

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

(研究の背景・狙い・目標・意義)

- 人工バリアの搬送定置・回収技術(緩衝材や埋め戻し材の状態に応じた除去技術オプション、回収容易性を考慮した概念オプション、品質評価手法など)、坑道の閉鎖技術(埋め戻し方法、プラグなど)を、幌延の地下施設を事例として整備

(実施内容)

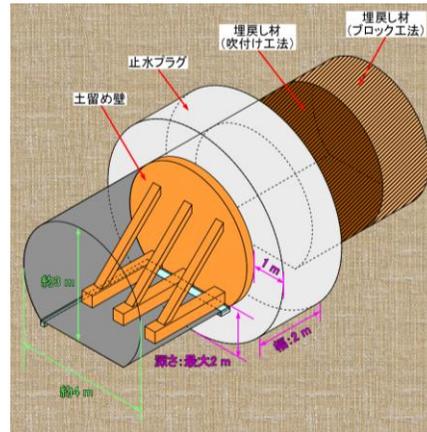
- 支保部材の経年変化などの整理
- 埋め戻し材や止水プラグなどの性能の考え方やEDZの調査技術などの有効性や技術的な課題を検討
- 品質保証の仕組みや考え方の調査・検討と体系的な整理

(成果)

- 回収可能性を考慮して坑道開放期間が長期化することにもなう影響の調査評価手法の整備
- 止水プラグ等の施工要素技術の原位置環境への適用性・実現性を確認, 設計フローの提示
- 緩衝材の充填時の流出量評価モデルを整備、埋め戻し材の施工方法の有効性を提示

(地層処分事業や他分野への貢献)

- 実際の処分事業において、回収可能性を考慮した場合の開放坑道の安全性や閉鎖後の長期安全性に関する評価手法や、処分場を閉鎖するために設置される埋め戻し材や止水プラグなどの設計手法や技術オプションとして反映可能



止水プラグを用いた坑道閉鎖の
施工試験イメージ

本事業成果として提案する閉鎖システムに関する設計フロー



設計フロー

(資源エネルギー庁受託事業「地層処分施設閉鎖技術確認試験」
(平成30年度～令和4年度), 原子力機構・原研センター, 2023)

〇処分概念オプションの実証

2.2 高温(100°C以上)等の限界的条件下での人工バリア性能確認試験

(研究の背景・狙い・目標・意義)

- 高温条件下での原位置試験(350m試験坑道5)の継続(孔内の温度や水分分布などのモニタリング)
- 試験系の解体・100°C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
- 緩衝材に浸潤させる水の組成等を変えた室内試験

(実施内容)

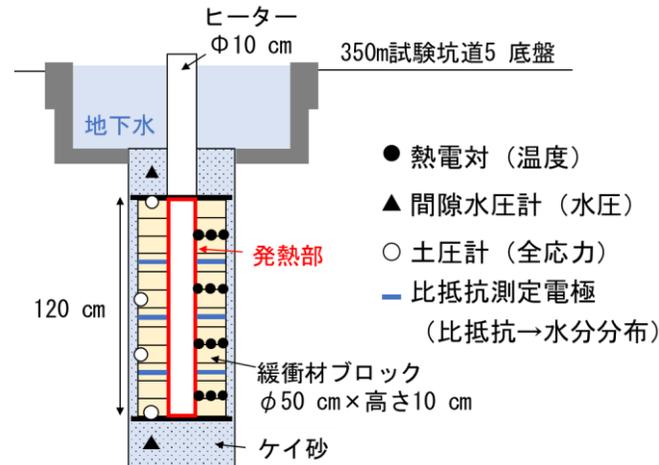
- 350m試験坑道5における高温条件下での原位置試験(試験体の設置、加熱開始、孔内の温度や水分分布などのモニタリング)
- ひと組の試験系の解体、100°Cを超える熱履歴を経た緩衝材の特性を確認する試験・分析の実施
- 加熱による緩衝材のひび割れと水の浸潤による閉塞挙動を確認する室内試験の実施

(成果)

- 加熱で生じる現象(ヒーター接触部でのひび割れ等)や緩衝材特性の変化を、解体調査結果をもとに整理
- 解析により緩衝材の温度分布の影響事象を整理
- 加熱による緩衝材のひび割れ・水の浸潤による閉塞挙動に関する室内試験結果を整理

(地層処分事業や他分野への貢献)

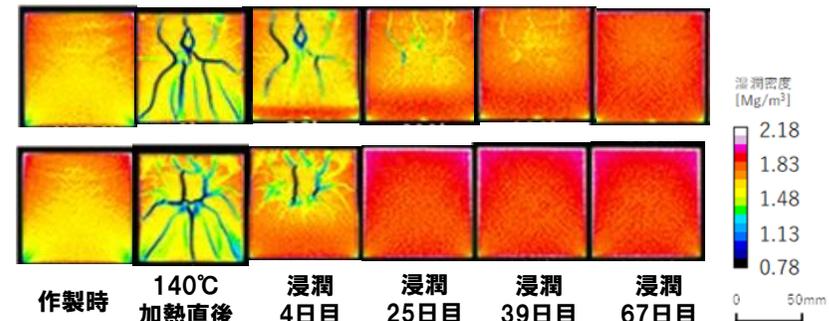
- 人工バリアシステムの温度に関する安全裕度や上限温度の設定の考え方に反映可能



センサーの配置(断面図)



緩衝材内部の色調の変化(上)、ヒーター接触部に認められた緩衝材のひび割れ(下)



緩衝材試料の湿潤に関する室内試験の結果
蒸留水(上)、塩水(下)

○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

(研究の背景・狙い・目標・意義)

- 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握として、断層/割れ目の水理学的連結性とダクティリティインデックス (DI)*の関係や断層の力学的安定性の把握

(実施内容)

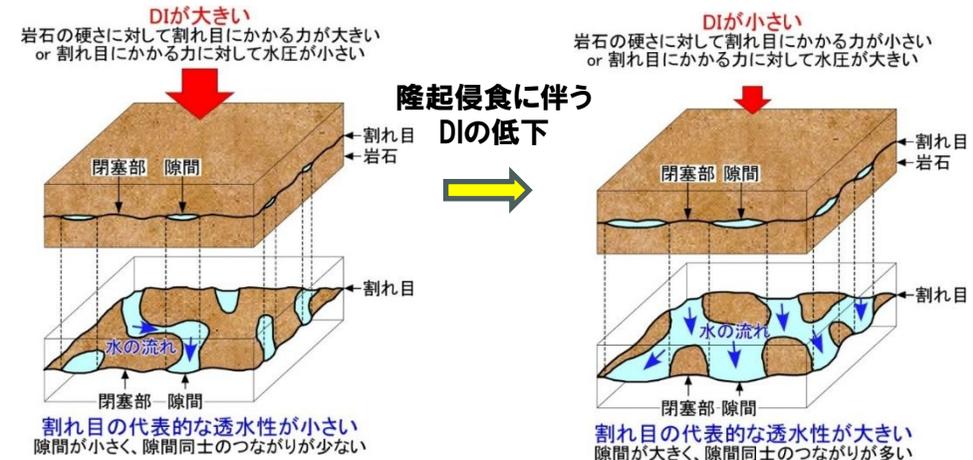
- 水圧擾乱試験を用いた断層/割れ目の水理学的連結性とDIの関係に関する検討
- 水圧擾乱試験を用いた断層の力学的な安定性の評価手法の検討

(成果)

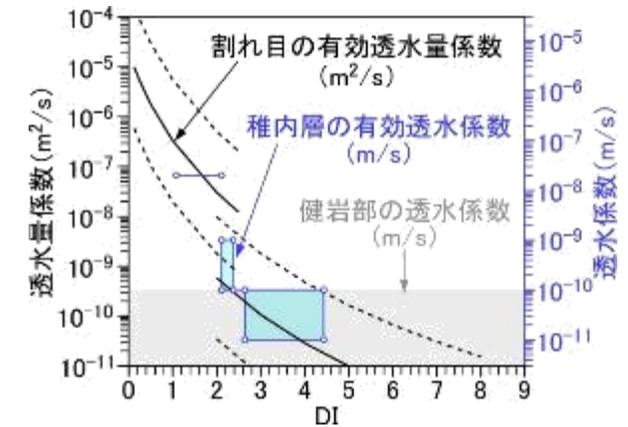
- 水圧擾乱試験により地殻変動の影響を含めた透水性評価手法を整備
- 断層の力学的な安定性を表す指標であるせん断剛性の原位置での評価手法を提示

(地層処分事業や他分野への貢献)

- 実際の地質環境を対象に、地殻変動の影響を考慮した地層の長期的な透水性や断層の力学的な安定性を、原位置で評価する手法を反映可能



DIと割れ目の代表的な透水性の関係



地殻変動の影響を考慮した割れ目の有効透水量係数とDIの関係

* DI(ダクティリティインデックス): 岩石にかかる力を岩石の引張り強さで割ったもの

○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

3.1.2 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

(研究の背景・狙い・目標・意義)

- 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を目的として、化石海水が存在するような地下水の流れが非常に遅い領域(低流動域)の三次元分布を調査・評価する手法の検証および広域スケールを対象とした水理・物質移行評価手法の検証

(実施内容)

- 電磁探査とボーリング調査の結果を基に、地下水の流れが非常に遅い領域の三次元分布を推定する手順を検討
- 広域スケールを対象とした水理・物質移行評価手法を検討

(成果)

- 地下水の流れが非常に遅い領域の三次元分布を推定する手法を構築
- 地下水年代等による安定な水理場・化学環境の確認手法、広域スケールでの地下水移行時間の評価手法を構築

(地層処分事業や他分野への貢献)

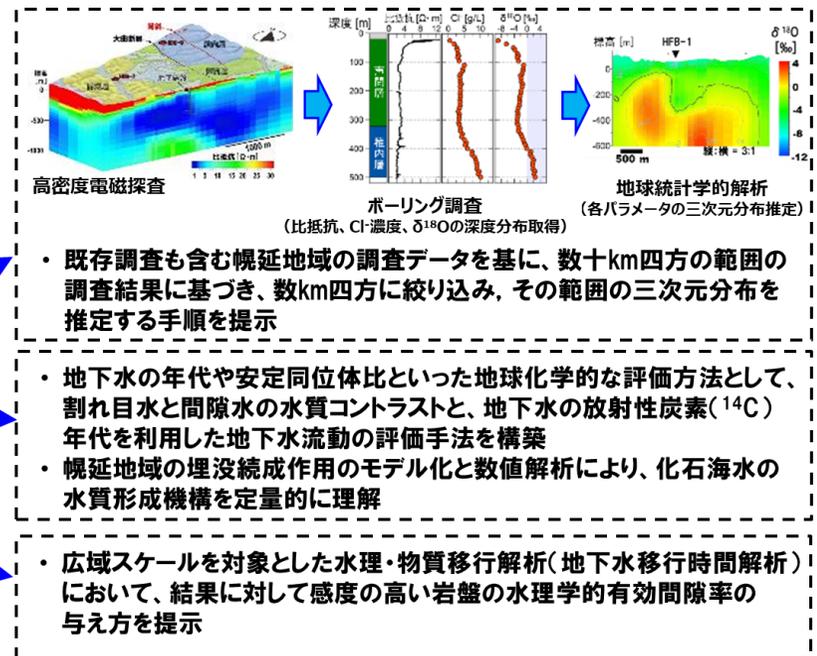
- 地層処分に適した地質環境の選定プロセスにおいて、水理場の条件を調査・評価する手法として反映可能
- 地上からの主要な調査である物理探査とボーリング調査を対象とした技術整備であるため、概要調査に反映しうる

流動域/低流動域の
三次元分布を調査・評価

流動域/低流動域の
三次元分布を推定

長期的に安定な水理場・
化学環境の確認

水理モデル構築と
数値解析による
地下水移行時間の評価



※平成30年度～令和4年度工庁事業(岩盤中地下水流動評価技術高度化開発)の成果の一部を活用して実施

○地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

3.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

(研究の背景・狙い・目標・意義)

- 地殻変動による人工バリアの緩衝材や埋め戻し材が掘削損傷領域の力学的・水理的な緩衝能力(自己治癒能力)に与える影響の解析手法を構築

(実施内容)

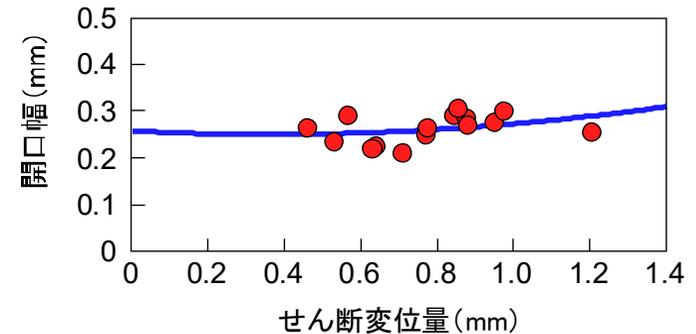
- 掘削損傷領域の段階注水試験結果や、樹脂注入試験により得られる割れ目のせん断変位と開口幅の関係性を分析
- 坑道埋め戻し後の緩衝材や埋め戻し材の膨潤による応力変化による割れ目の開閉が、EDZの透水性に与える影響を検討するとともに、その予測モデルを構築

(成果)

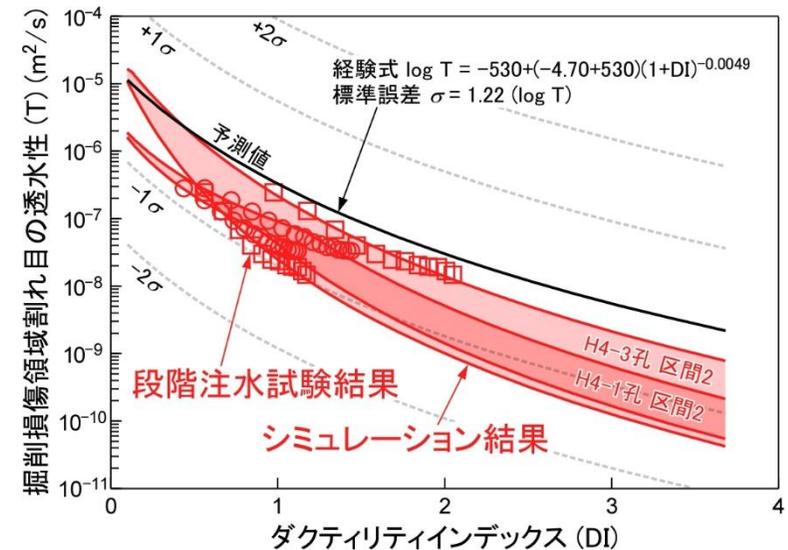
- ダクティリティインデックス(DI)を用いた掘削損傷領域の透水性を予測する既存モデルの再検証
- 坑道埋め戻し後の掘削損傷領域の透水性を予測するモデルの構築

(地層処分事業や他分野への貢献)

- 地層処分施設の埋め戻し後のEDZの透水性の将来予測に活用していくことが可能
- 掘削に伴う岩盤の力学的および水理特性の変化や影響領域の評価技術の信頼性の向上に資する



掘削損傷割れ目の開口幅とせん断変位量の関係
割れ目に作用する垂直応力を原位置相当の3.2MPaとした場合の理論値と、実測値との比較



段階注水試験結果とDIモデルの比較

試験により得られたDIの変化に伴う透水性の変化傾向がDIモデルに基づく予測値と整合的

○実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

目標・課題	実施内容	成果	
1.1 人工バリア性能確認試験	<ul style="list-style-type: none"> ● 浸潤時・減熱時のデータを含め、ガラス固化体設置以降の加熱・注水時から浸潤時・減熱時を全て模擬したデータに基づく熱-水-応力-化学連成現象のモデルの高度化 ● 浸潤時の緩衝材の飽和度などの確認 	<ul style="list-style-type: none"> ● 減熱過程の試験データの取得 ● 国際共同研究(DECOVALEX)において、取得データに基づく連成解析結果を比較、検証 ● 人工バリア解体試験施工の結果(緩衝材、埋め戻し材、コンクリート、岩盤および境界面の採取手法に関わる知見)をもとに、人工バリア性能確認試験場所の解体調査計画を検討 	<ul style="list-style-type: none"> ● 発熱がおさまった条件で緩衝材の飽和度などのデータを取得し、国際共同研究を通じた比較解析によって連成解析結果の妥当性を確認 ● 解体調査の方針及び施工手順・方法の決定
1.2 物質移行試験	<ul style="list-style-type: none"> ● EDZの物質移行の評価手法の整備 ● 有機物、微生物、コロイドの影響を考慮した物質移行モデル化手法の高度化 ● 割れ目を有する堆積岩でのブロックスケールの物質移行特性の評価手法の整備 	<ul style="list-style-type: none"> ● EDZにおける物質移行:モデル化・解析手法の検討 ● 有機物・微生物・コロイドの影響評価:室内試験および原位置試験の結果の整理、影響評価手法の検討 ● ブロックスケールを対象とした物質移行試験:モデル化・解析手法の検討 	<ul style="list-style-type: none"> ● EDZの物質移行特性を把握するための原位置でのデータ取得とモデル化の手法を提示 ● 地下水中の有機物・微生物・コロイドが物質移行に与える影響を定量的に評価する手法を整備 ● ブロックスケールの物質移行特性を把握するための一連のデータ取得とモデル化手法を提示

令和4年度から令和6年度の外部発表実績 学術論文：10件、口頭発表：19件、研究開発報告書類：1件

○処分概念オプションの実証

	目標・課題	実施内容	成果
2.1 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			
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	<ul style="list-style-type: none"> ● 搬送定置・回収技術の整備：支保部材の経年変化等の整理 ● 閉鎖技術の実証：埋め戻し材や止水プラグ等の性能の考え方の整理、EDZの調査技術の有効性の整理、技術課題の整理 ● 緩衝材と埋め戻し材の施工上の品質保証体系の構築：品質保証の仕組みや考え方の体系的な整理 	<ul style="list-style-type: none"> ● 搬送定置・回収技術の整備：支保部材の経年変化などの整理 ● 閉鎖技術の実証：埋め戻し材や止水プラグなどの性能の考え方やEDZの調査技術などの有効性や技術的な課題を検討 ● 緩衝材と埋め戻し材の施工上の品質保証体系の構築：品質保証の仕組みや考え方の調査・検討と体系的な整理 	<ul style="list-style-type: none"> ● 回収可能性を考慮して坑道開放期間が長期化することにもなう影響の調査評価手法の整備 ● 止水プラグ等の施工要素技術の原位置環境への適用性・実現性を確認，設計フローの提示 ● 緩衝材の充填時の流出量評価モデルを整備、埋め戻し材の施工方法の有効性を提示
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	<ul style="list-style-type: none"> ● 高温条件下での原位置試験（350m試験坑道5）の継続（孔内の温度や水分分布などのモニタリング） ● 試験系の解体・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 ● 緩衝材に浸潤させる水の組成等を変えた室内試験 	<ul style="list-style-type: none"> ● 350m試験坑道5における高温条件下での原位置試験（試験体の設置、加熱開始、孔内の温度や水分分布などのモニタリング） ● ひと組の試験系の解体、100℃を超える熱履歴を経た緩衝材の特性を確認する試験・分析の実施 ● 加熱による緩衝材のひび割れと水の浸潤による閉塞挙動を確認する室内試験の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ● 加熱で生じる現象（ヒーター接触部でのひび割れ等）や緩衝材特性の変化を、解体調査結果をもとに整理 ● 解析により緩衝材の温度分布の影響事象を整理 ● 加熱による緩衝材のひび割れ・水の浸潤による閉塞挙動に関する室内試験結果を整理

令和4年度から令和6年度の外部発表実績 学術論文：3件、口頭発表：30件、研究開発報告書類：1件

○地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

目標・課題	実施内容	成果
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	<ul style="list-style-type: none"> ● 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握として、断層/割れ目の水理学的連結性とダクティリティインデックス(DI)の関係や断層の力学的安定性の把握 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水圧擾乱試験を用いた断層/割れ目の水理学的連結性とDIの関係に関する検討 ● 水圧擾乱試験を用いた断層の力学的な安定性の評価手法の検討
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	<ul style="list-style-type: none"> ● 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を目的として、化石海水が存在するような地下水の流れが非常に遅い領域(低流動域)の三次元分布を調査・評価する手法の検証および広域スケールを対象とした水理・物質移行評価手法の検証 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水圧擾乱試験により地殻変動の影響を含めた透水性評価手法を整備 ● 断層の力学的な安定性を表す指標であるせん断剛性の原位置での評価手法を提示
3.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験	<ul style="list-style-type: none"> ● 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 	<ul style="list-style-type: none"> ● 電磁探査とボーリング調査の結果を基に、地下水の流れが非常に遅い領域の三次元分布を推定する手順を検討 ● 広域スケールを対象とした水理・物質移行評価手法を検討
3.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験	<ul style="list-style-type: none"> ● 地殻変動による人工バリアの緩衝材や埋め戻し材がEDZの力学的・水理学的な緩衝能力(自己治癒能力)に与える影響の解析手法を構築 	<ul style="list-style-type: none"> ● EDZの段階注水試験結果や、樹脂注入試験により得られる割れ目のせん断変位と開口幅の関係性を分析 ● 坑道埋め戻し後の緩衝材や埋め戻し材の膨潤による応力変化による割れ目の開閉が、EDZの透水性に与える影響を検討するとともに、その予測モデルを構築

3. 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

(研究の背景・狙い・目標・意義)

課題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

- 深度に応じた堆積岩の水理・物質移行特性の違いの実証
- 掘削損傷領域や人工バリア/処分坑道の設計(仕様やレイアウトなど)も考慮した閉じ込め性能の評価手法の整理

物質移行評価
技術(安全評価)

課題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

- 人工バリアを定置するピットの配置位置や坑道の間隔を設計するための調査・設計・評価の一連の技術の体系化
- 高地圧下での坑道掘削や、実規模スケールでの埋め戻し/止水プラグの設計から施工までの一連の技術の実証

調査・設計・施工
技術

課題③: 多接続坑道を考慮した湧水等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

- 複数の坑道やピットを施工する際の湧水抑制対策や支保技術の整備
- 緩衝材の流出現象や岩盤への侵入現象を評価・抑制する技術の整備

各種対策技術

課題④: 廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報の整理

- 廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要なピット周辺の割れ目からの湧水量や掘削損傷領域の広がりなどの調査・評価手法について、他の堆積岩との比較による体系的整理

地質環境特性の
体系化と一般化

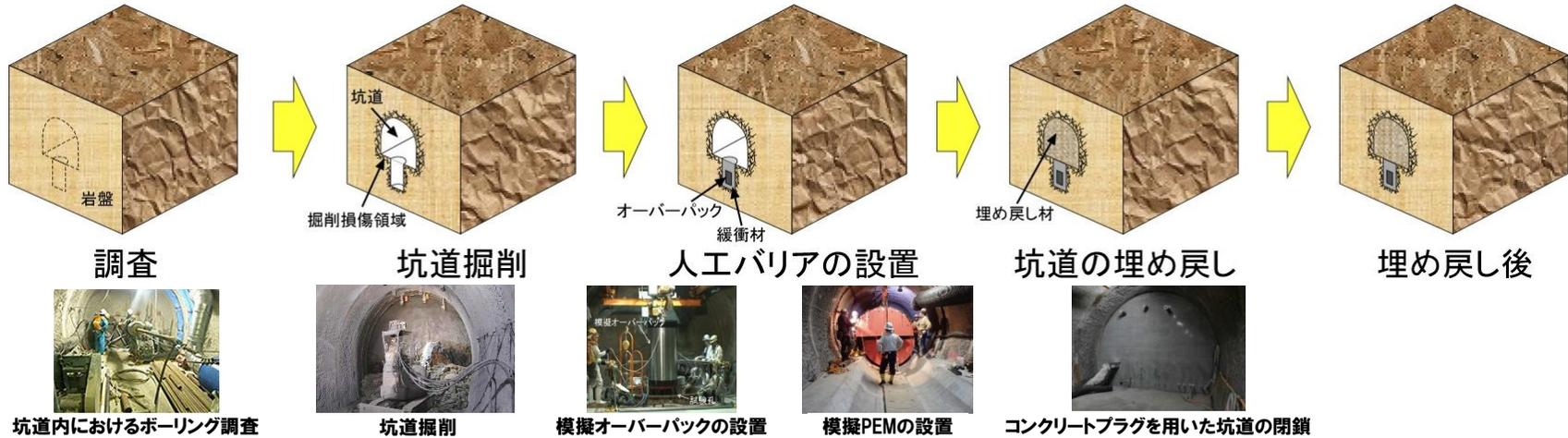
(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

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係る考え方、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
【実際の地質環境に適用可能な技術基盤】

体系化の研究を含む幌延の研究課題の全体像

幌延の研究課題成果の事業や体系化課題への反映(前回委員会資料)

3. 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



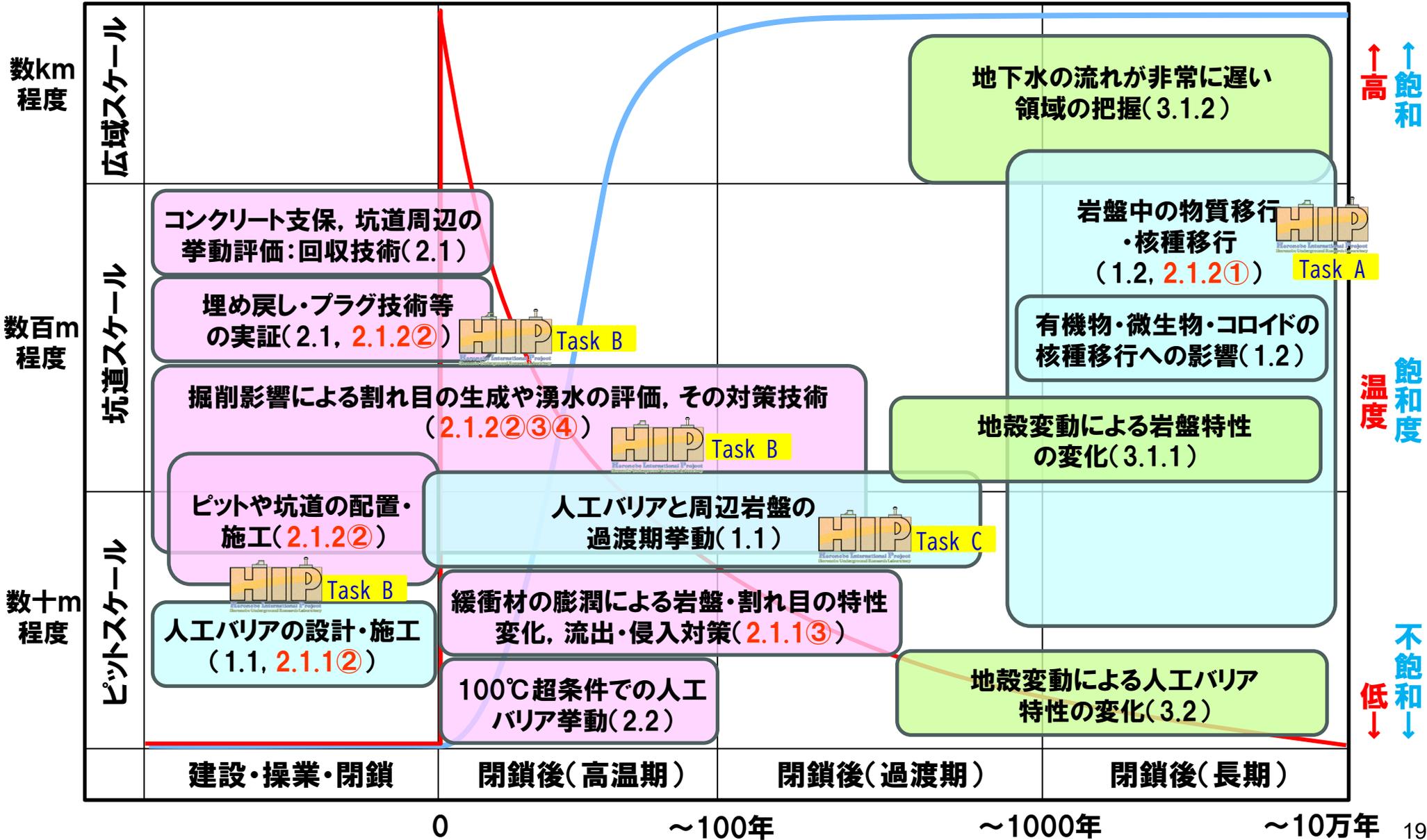
必須の課題の項目		各課題の成果が地層処分事業のどの時点で反映されるのか？		
		調査	建設(坑道掘削)・操業(人工バリアの設置)・坑道の埋め戻し	坑道の埋め戻し後の評価
①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認	1.1 人工バリア性能確認試験	人工バリア設計手法の確認	人工バリア設置技術、坑道埋め戻し方法の確認	人工バリア、埋め戻された坑道で起こる現象の確認
	1.2 物質移行試験	岩盤中での物質の動きの調査技術の確認	岩盤中、掘削損傷領域での物質の動きの調査技術の確認	岩盤中での物質の動きの解析評価技術(安全評価技術)の確認
②処分概念オプションの実証	2.1 人工バリアの位置・品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	人工バリア設置、坑道埋め戻しの技術オプションの確認	
	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	岩盤の状態に応じた、坑道、ピット、人工バリアの設計手法の確認	坑道～ピットの配置、掘削・操業・閉鎖技術の体系化、坑道周辺の物質の動きの確認	埋め戻し後の掘削損傷領域、岩盤中の物質の動きの予測解析技術の確認
	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			限界条件下で人工バリアで起こる現象の確認
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	長期的な岩盤中の水の動き易さを推測する技術の確認	
		3.1.2 地下水の流が非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化	長期的な地下水の流動状態を把握する技術の確認	
	3.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験		坑道、人工バリア周辺の地下水の動き易さを推測する技術の確認	埋め戻された坑道、人工バリア周辺の地下水の動きを推測する技術の確認

黒文字: 令和元年度までに実施済 青文字: 令和2年度以降計画の前半に実施 赤文字: 令和2年度以降計画の後半に実施

体系化の研究を含む幌延の研究課題の全体像

処分の時間と空間スケールの視点での研究課題の整理

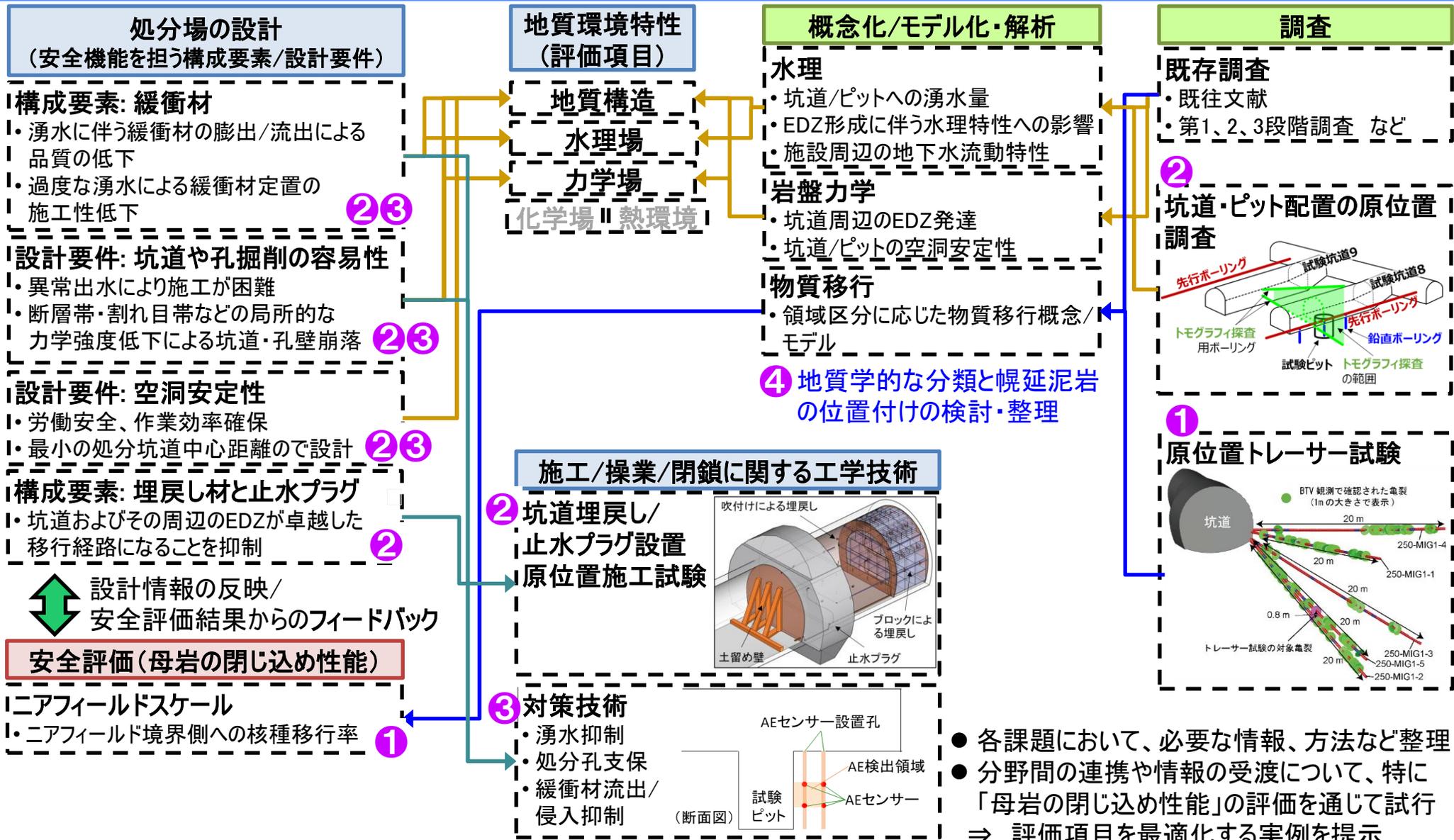
3. 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化



体系化の研究の全体像

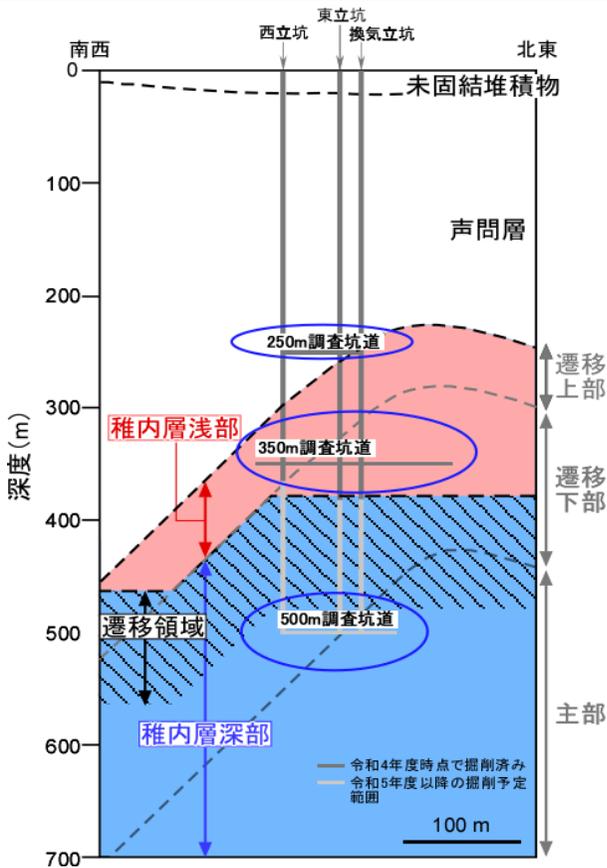
4つの課題の位置付け・関係

3. 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



体系化の研究の課題・計画の具体化

3つの領域の物質移行モデル構築と閉じ込め性能評価(課題①)



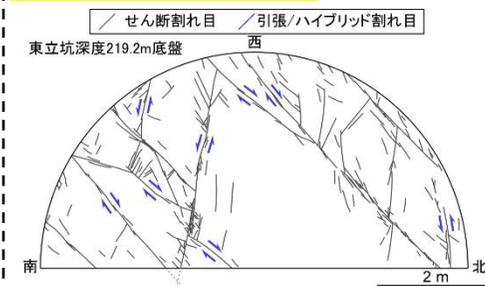
地質断面図

力学的検討に基づき、稚内層を区分

- 浅部領域: 割れ目が開きやすい (隙間ができやすい) ($DI \ll 2$)
 - 深部領域: 割れ目が開きにくい (隙間ができにくい) ($DI \gg 2$)
- ※ $DI = \text{平均有効応力} \div \text{引張強度}$

(Ishii et al., Hydrogeol J, 2025)

深度250m(声問層)



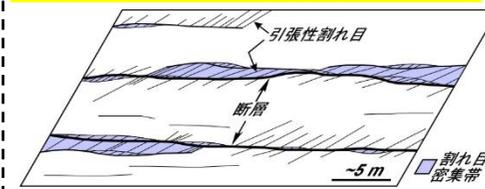
せん断割れ目のスケッチ (Ishii, 2017, IJRMMS)

- 数十本/10mの1D頻度でせん断割れ目が存在するが、その開口性や水理的連結性は限定的 (舟木ほか, 2009, 応用地質);
- 坑道沿いにEDZ (青柳ほか, 2014, 土木学会論文集)
- 50~60%程度のマトリクス間隙



Task A 原位置トレーサ試験を実施しながら検討

深度350m(稚内層浅部: $DI < 2$)

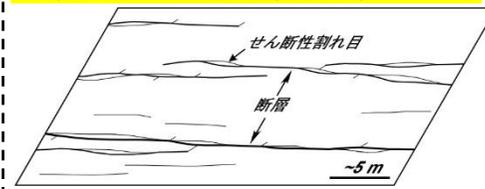


断層のイメージ: 多数の引張性割れ目が断層の連結を促進 (Ishii, 2016, JGR)

- 約1本/10mの1D頻度で存在する断層が水みちのネットワークを形成 (Ishii, 2017, Eng Geol; Ishii et al., Hydrogeol J, 2025);
- 坑道沿いにEDZ (Aoyagi & Ishii, 2019, RMRE)
- 30~40%程度のマトリクス間隙

既存の成果を活用しつつ検討

深度500m(稚内層深部: $DI > 2$)



断層のイメージ: 連結を促進する引張性割れ目の発達が限定的 (Ishii, 2016, JGR)

- 約1本/10mの1D頻度で断層が存在するが、その水理的連結性は限定的 (Ishii, 2017, Eng Geol; Ishii et al., Hydrogeol J, 2025)
- 坑道沿いのEDZ?
- 30~40%程度のマトリクス間隙

既存の成果を活用しつつ検討

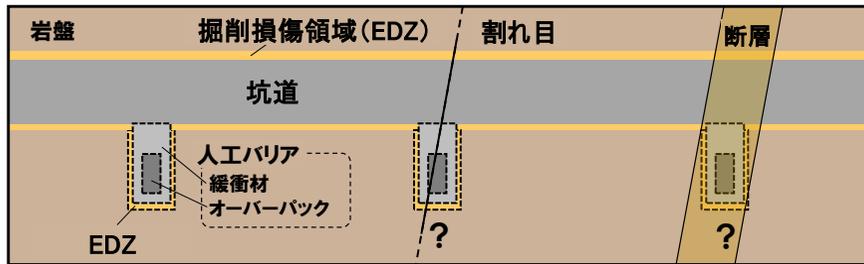
母岩の閉じ込め性能の評価

既存の成果やHIPの成果を踏まえ、水みち特性の異なる岩相を対象に物質移行モデルを構築し、人工バリアや処分坑道の仕様やレイアウトを考慮した閉じ込め性能を評価

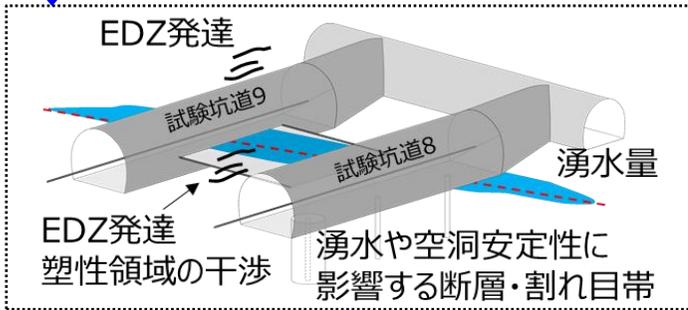
体系化の研究の課題・計画の具体化

3. 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

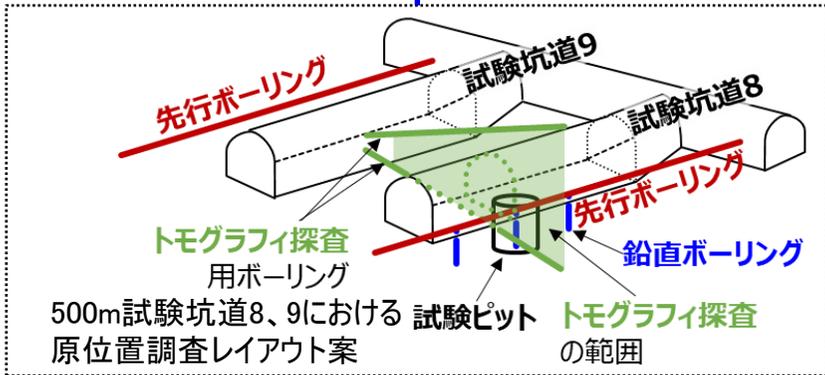
ピット・坑道の配置に関する調査・評価の進め方(課題②)



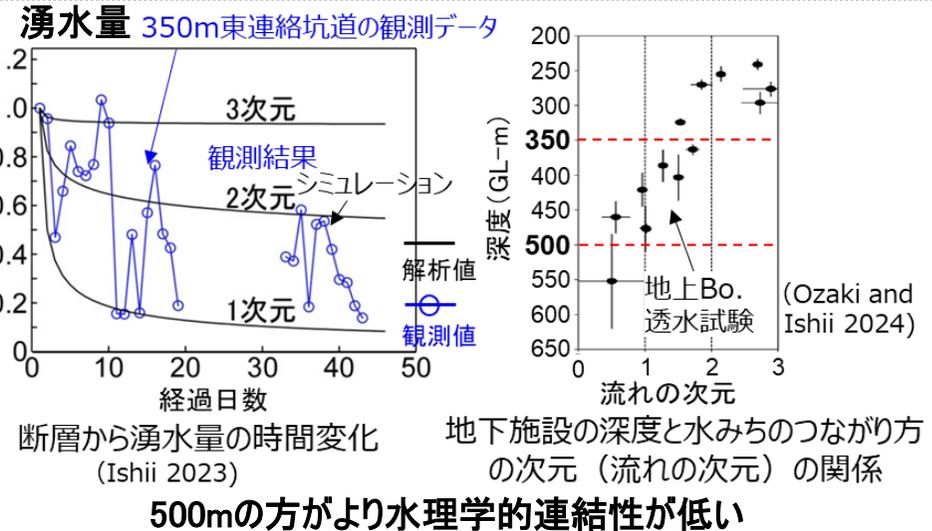
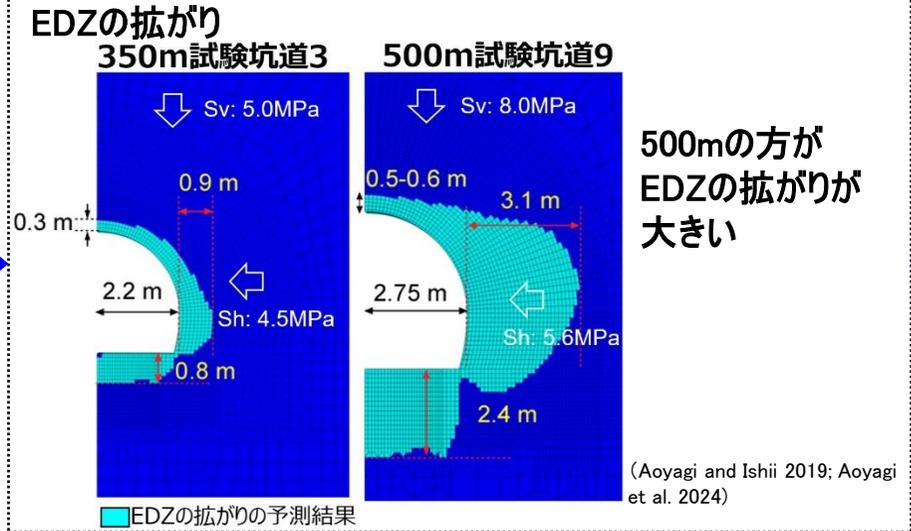
国内外の既存事例調査やHIPの活用により、廃棄体定置や坑道・ピット配置の考え方や指標の情報を収集し、原位置で確認する地質環境特徴(評価項目)を特定



評価



これまでに構築した概念や評価手法により深度500mを予測



妥当性評価・検証

体系化の研究の課題・計画の具体化

ピット・坑道の配置に関する調査・評価の進め方(課題②③)

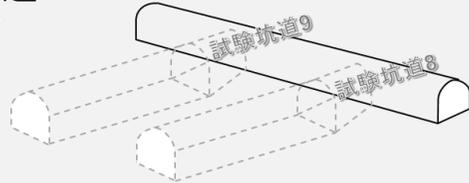
調査・評価の流れ

調査

モデル化・解析

評価・設計

調査坑道
掘削前



(R6)

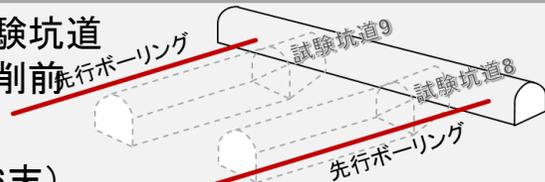
既存データ
(350m坑道調査時まで)

既存モデル構築手法(350m
調査坑道)に基づき、500m
試験坑道8、9の場を予測

処分場設計に関する既存文献に基づく
評価項目を特定(本試験での重点項目)
①坑道/ピットの力学的安定性
②坑道/ピットのEDZの干渉
③坑道/ピットへの湧水箇所、湧水量

評価項目: 上記①、②、③など

試験坑道
掘削前



(R6末)

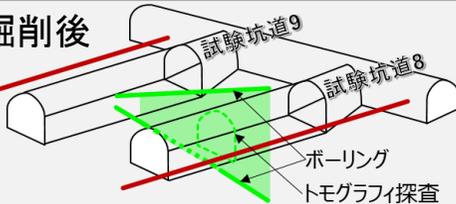
・先行ボーリング
(コア観察、BTV観察、
透水試験)
・室内試験(岩石物性)

調査結果に基づく予測結果
の妥当性確認とモデル更新

評価項目: 上記①、②、③など

工学的対策(グラウト)の必要性判断

坑道掘削後



(R7)

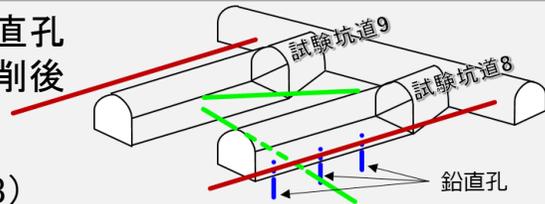
・トモグラフィ探索用ボーリング
(コア観察、BTV観察、
透水試験、トモグラフィ)
・坑道底盤地質観察
・室内試験(岩石物性)

調査結果に基づく予測結果
の妥当性確認とモデル更新

評価項目: 上記①、②、③など

鉛直孔の掘削位置の決定

鉛直孔
掘削後



(R8)

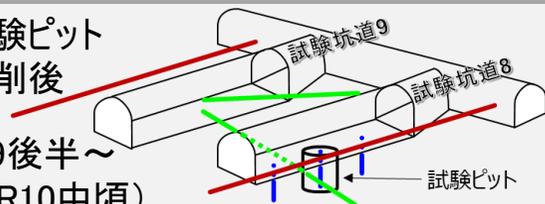
・鉛直孔
(コア観察、BTV観察、
透水試験)
・室内試験(岩石物性)

調査結果に基づくモデル更新

評価項目: 上記①、②、③など

試験ピットの掘削位置の決定、
工学的対策の必要性の判断、
試験ピット掘削工法の決定

試験ピット
掘削後



(R9後半～
R10中頃)

・試験ピット掘削
・試験ピット掘削時の亀裂
発生モニタリング(AE計
測など)

試験ピットの試験結果
に基づくモデル更新

評価項目: 上記①、②、③など

調査・評価・設計手法のとりまとめ
・当初設計へのフィードバック
・処分事業への提言

課題③の1つ

体系化の研究の課題・計画の具体化

他の堆積岩との比較の一例(課題④)

- 割れ目の発達する堆積岩について、いくつかの地質学的な情報に基づいて分類し、幌延の岩盤がどの分類に属するかを整理
- 割れ目の幅とその開きにくさ、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・評価手法を既存の成果に基づき整理し、分類I-aおよびI-bの堆積岩に反映可能な成果として提示**

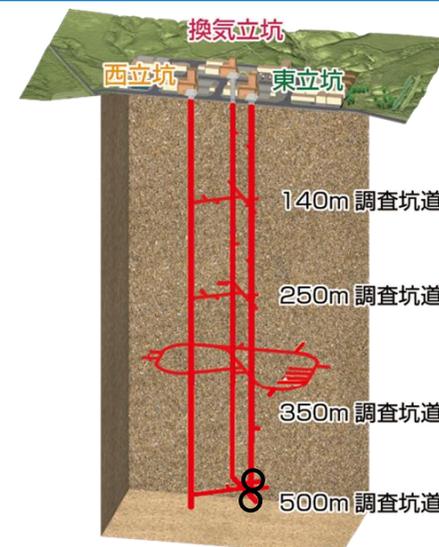
分類	粘土鉱物による割れ目の自己閉塞	鉱物充填による割れ目の自己閉塞	割れ目充填鉱物の溶解	岩石(健岩部)の透水性	地層例	割れ目の開口幅とDIとの相関性	割れ目の水理的連結性とDIとの相関性	割れ目の開口幅	割れ目の代表的な透水性
I-a	限定的	限定的	限定的	小	稚内層泥岩、 パルfris泥岩 (スイスウェレンベルグ)	強い	強い	大～小	大～小
I-b									大
II	強い	強い	強い	-	セントビーズ砂岩 (英セラフィールド)	弱い		大	大
III			-		トアキアンドメリアン泥岩 (仏トウルヌミール)				小
IV			-		オパリナス泥岩 (スイスモンテリ)				小

幌延の岩盤が属する分類

4. 地下施設の整備

地下施設整備の実績(令和4年度～令和6年度)

	令和4年度	令和5年度	令和6年度
350m調査坑道			
換気立坑	掘削準備 ・積込機の整備 ・セメントサイロの設置 ・高圧受変電設備の増設 など		
東立坑			
西立坑			
500m調査坑道			



令和7年9月末現在の状況

- 深度350m調査坑道(R5.6.21掘削開始): 総延長66.0mを掘削完了(R6.1.31)
- 東立坑(R5.9.29掘削開始): 深度500mまで掘削完了(R6.9.5)
- 換気立坑(R6.2.12掘削開始): 深度500mまで掘削完了(R7.1.22)
- 西立坑:(R6.9.11掘削開始): 深度510mまで掘削完了(R7.6.24)
- 深度500m調査坑道(R6.9.17掘削開始): 総延長208.1mを掘削完了(R7.9.4)

- PFI契約を導入し、計画的かつ効率的に施設整備を行った。
- 令和4年度～令和6年度は無事故・無災害で施設整備を進めた。
- なお、令和7年度の掘削も引き続き順調に進捗しており、令和7年度末としていた施設整備の完了時期が2～3か月程度早まる見込み。



500m調査坑道掘削完了
 (試験坑道8: R7.9.4)

4. 地下施設の整備

掘削に関する調査研究

換気立坑深度480mにおける地質観察

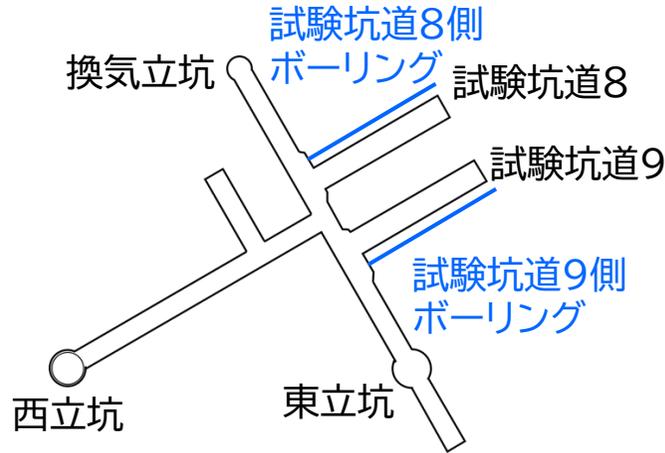


底盤の地質観察の様子



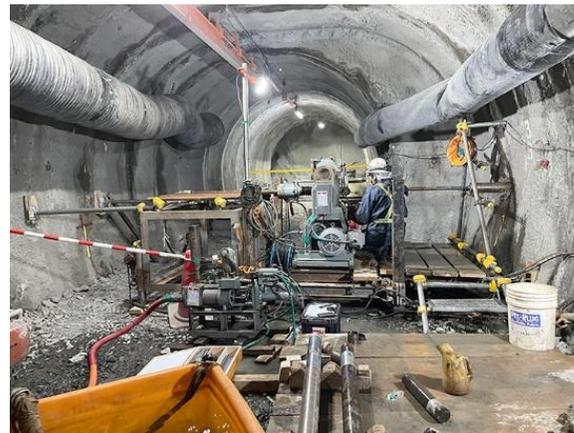
小規模な断層の一例

深度500m調査坑道の先行ボーリング調査



500m調査坑道レイアウト

試験坑道8・9の掘削に先立って、坑道周辺の地下水や岩盤の初期状態を把握するためのボーリング調査(コア観察、BTV、検層、透水試験)、水圧モニタリングを実施。



先行ボーリング掘削の様子

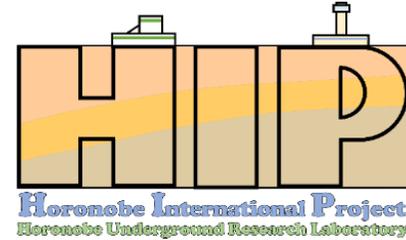


ボーリングコアの確認

5. 幌延国際共同プロジェクト(HIP)について

【前提】

- ・「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に沿って、令和10年度末までを限度として実施する。
- ・「幌延町における深地層の研究に関する協定書」の遵守を大前提として進める。



【目的】

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実際の深地層での研究開発を多国間で協力しながら推進する。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成果を最大化するとともに、それを通して知識と経験を共有し次世代を担う国内外の技術者や研究者を育成する。

【実施内容】

高レベル放射性廃棄物の地層処分場の合理的設計、操業、閉鎖および地層処分システムの安全性評価で用いる先進的技術の開発・実証は国際的な課題である。このため、幌延深地層研究センターの地下施設を活用して、国際的に関心の高い以下の項目に取り組む(フェーズ1:令和4年度後半～令和6年度、フェーズ2:令和7年度～令和10年度)。

- ・ タスクA: 物質移行試験
- ・ タスクB: 処分技術の実証と体系化
- ・ タスクC: 実規模の人工バリアシステム解体試験

【参加機関】(フェーズ1:8つの国と地域から11機関)

- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| ■ 英国地質調査所(イギリス) | ■ オーストラリア連邦科学産業研究機構(オーストラリア) |
| ■ 原子力環境整備促進・資金管理センター(日本) | ■ 原子力発電環境整備機構(日本) |
| ■ 台湾工業技術研究院(台湾) | ■ 電力中央研究所(日本) |
| ■ ドイツ連邦放射性廃棄物機関(ドイツ) | ■ ブルガリア国営放射性廃棄物会社(ブルガリア) |
| ■ 韓国原子力研究所(韓国) | ■ ルーマニア原子力テクノロジー国営会社(ルーマニア) |
| ■ 日本原子力研究開発機構(日本) | |

5. 幌延国際共同プロジェクト(HIP)について

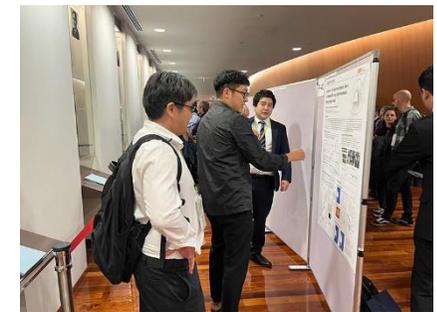


令和6年度までの主な活動実績

- **管理委員会**: 6回
- **オンライン形式のタスク会合**
一年に3, 4回の頻度で各タスクの担当者が集まり、研究の進捗や今後の試験計画について議論、意見交換。
タスクA: 4回、タスクB: 3回、タスクC: 2回
- **現地会合**
実際の現場で実施する試験期間に合わせて開催し、試験状況を確認する場として活用。
タスクA: 3回
タスクC: 1回
合同タスク会合: 1回(国内外の8機関から42名が対面参加)
- **成果とりまとめの実施**
フェーズ1(令和6年度まで)の各タスクの成果を報告書に取りまとめ。
- **国内外の学会等での成果発表**
 - IAEA、OECD/NEA主催の国際会議や、日本国内の学会(地盤工学会、土木学会、原子力学会)、連成解析関係の国際会議(Coufrac2024)などで成果を発表。
令和6年度までに、国際会議7件、国内会議17件の発表実績
 - 原子力学会の特別セッションとして講演(2024年9月)したHIP全体と各タスクの概要を、原子力バックエンド研究に講演再録として公開(2024年12月)。

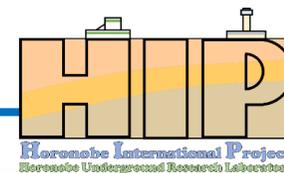


タスクAの現地会合(2025年2月)



国際会議での議論の様子
(2024年11月、Coufrac2024)

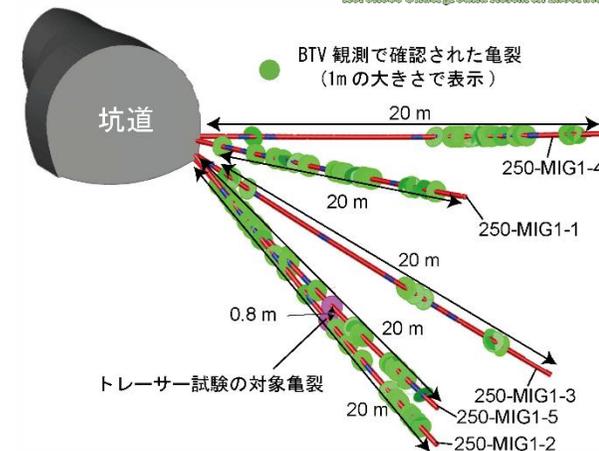
5. 幌延国際共同プロジェクト(HIP)について



タスクA: 物質移行試験

令和6年度まで(フェーズ1)の成果

- 250m調査坑道におけるトレーサー試験前の割れ目発達状況の把握、水理的連結性の確認と、トレーサー試験の実施。
- 室内試験や原位置試験による物質移行のモデリングや試験結果の解析に必要なパラメータの取得。
- トレーサー試験結果の解析による深度250m調査坑道周辺の声問層における物質移行特性の理解と解析モデルの構築。

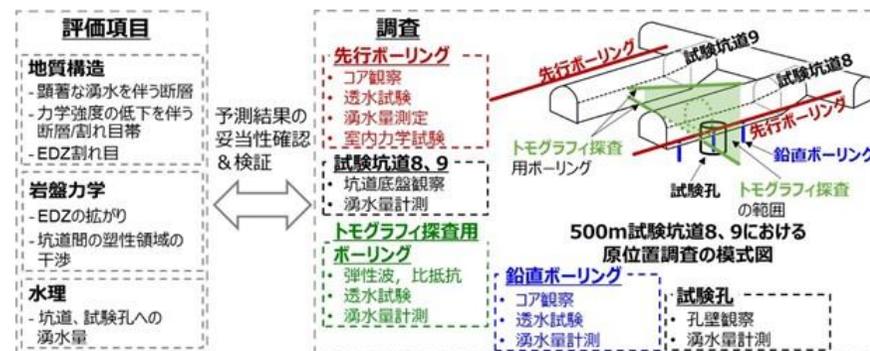


250m調査坑道で掘削したボーリングレイアウト、割れ目分布とトレーサー試験箇所(尾崎, 2024)

タスクB: 処分概念オプションの実証

令和6年度まで(フェーズ1)の成果

- 処分坑道や処分孔を配置するための指標やその考え方を検討するために、500m調査坑道で対象とする評価項目として、坑道掘削時の湧水量やEDZの発達に着目し、500mの調査坑道掘削を対象とした予測解析を実施。
- 350m試験坑道6で実施する坑道埋め戻しと止水プラグ設置に先立ち、事前に坑道周辺の透水係数やEDZの発達を原位置で評価するとともに、埋め戻し材の特性等について室内試験により検討。



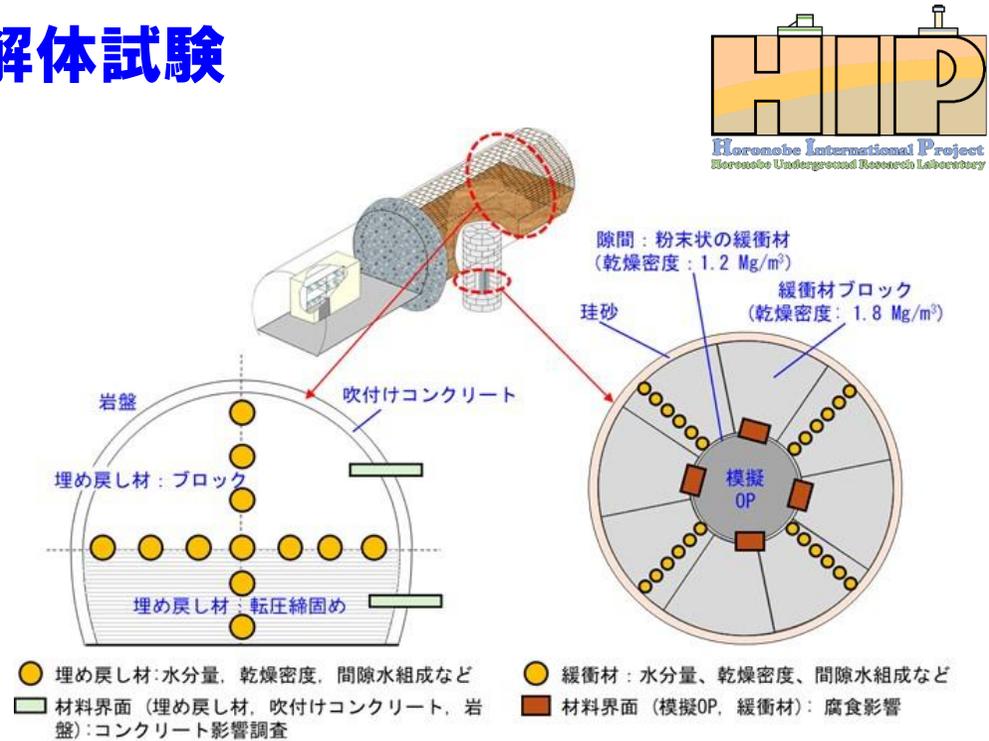
処分坑道や処分孔を配置するための評価項目と原位置試験で評価する項目の比較(早野, 2024)

5. 幌延国際共同プロジェクト(HIP)について

タスクC:実規模の人工バリアシステム解体試験

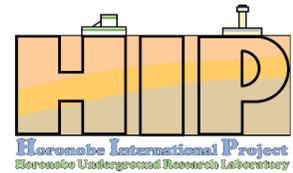
令和6年度まで(フェーズ1)の成果

- 人工バリア性能確認試験の状況を理解するために、試験の仕様やモニタリングデータ、事前のシミュレーション結果の一例などをタスク会議で共有。
- 解体試験で取得すべき情報や参加機関のニーズなどについて議論・集約し、解体方法や分析項目、サンプリング位置などの計画案を提示。
- 原位置試験を対象とした連成解析の実施に向けて、参加機関が保有する解析コードの特徴を共有するとともに、個別の室内試験結果を使用したベンチマークテストを実施。



人工バリア性能確認試験の解体試験計画の概要
(大野, 2024)

⇒上記のフェーズ1の成果をまとめ、OECD/NEAの報告書として
11月4日に公開。11月7日にプレス発表。



6. 成果の発信・普及等：成果取りまとめ報告書

幌延深地層研究計画の各調査研究段階において得られた成果は、適宜取りまとめ報告書として公表しており、現在、第3段階の令和6年度までに終了した個別の成果の取りまとめ報告書を執筆中。

公表した成果、公表予定の成果

1. 幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階（第1段階）研究成果報告書
分冊「深地層の科学的研究」、分冊「地層処分研究開発」
2. 幌延深地層研究計画における坑道掘削（地下施設建設）時の調査研究段階
（第2段階：深度350mまで）研究成果報告書
3. 幌延深地層研究計画における地下施設での調査研究段階
（第3段階：必須の課題2015-2019年度）研究成果報告書
4. 幌延深地層研究計画における地下施設での調査研究段階
（第3段階：令和2年度以降の必須の課題2020～2024年度）研究成果報告書
5. 幌延深地層研究計画における地下施設での調査研究段階
（第3段階：令和2年度以降の必須の課題2024～2028年度）研究成果報告書（仮題）

令和2年度以降の幌延深地層研究計画

個別課題の成果取りまとめ

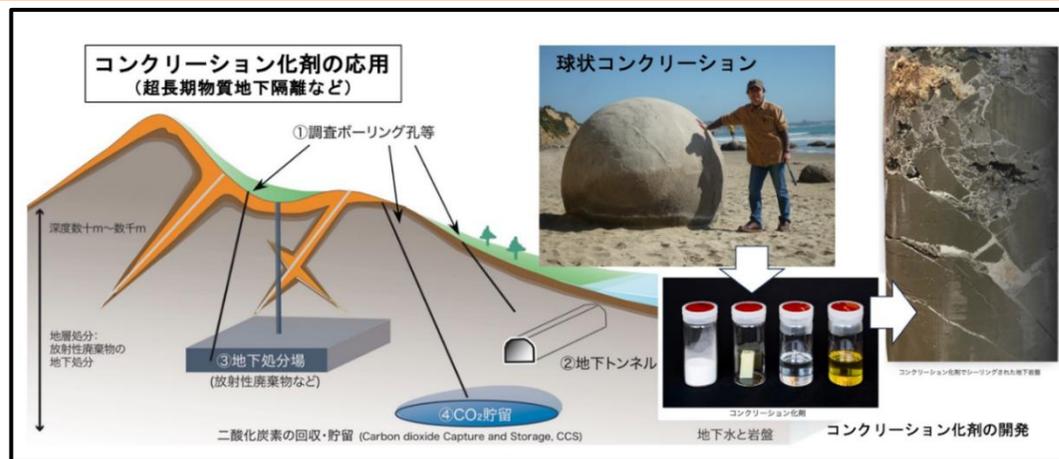
体系化に係る課題の成果取りまとめ

6. 成果の発信・普及等：プレス発表

幌延深地層研究センターで行っている研究で得られた成果は積極的にプレスリリースしており、令和4年度～令和6年度の実績は以下の通り(<https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/press/index.html>)。

プレスリリース日	最近の研究成果プレスリリース一覧	掲載紙・放送局
令和7年2月4日	原子力機構の地下研究施設を活用して地下の未知微生物の働きを解明する －微生物コミュニティから地下環境の長期安定性を推定－	原子力産業新聞、日刊工業新聞
令和6年6月27日	トンネル掘削直後の変形を利用して岩盤に作用する力を推定 －一般的な変形計測を活用してトンネルの維持管理や地層処分場の設計・安全評価に貢献－	電気新聞、科学新聞
令和6年6月12日	亀裂内の広い範囲の地下水の流れやすさを簡便に推定する方法を開発 －地下水流動の解析の効率化や精度向上に貢献－	日刊工業新聞、電気新聞
令和6年5月23日	地震後の地下岩盤亀裂の急速シーリングに成功！（世界初） －化石ができる仕組み応用、放射性廃棄物やCO ₂ の地下貯留も可能に－	中日新聞、電気新聞、 日刊工業新聞
令和5年7月12日	坑道掘削時の断層からの湧水量の減少速度を支配するメカニズムを解明 －トンネル工事現場や放射性廃棄物の地層処分場での湧水抑制対策に貢献－	日刊工業新聞、電気新聞、 科学新聞、 オンラインニュースメディア
令和4年6月6日	地下水が流れていない場所を探す －地下水の動きを割れ目の水質で判断する方法を構築－	日刊工業新聞、科学新聞、 電気新聞、 HBC北海道放送(TBS系列局)

球状コンクリーション(炭酸カルシウムを主成分とし、保存良好の化石を内包する球状岩塊のこと)をもとに開発したコンクリーション化剤による、岩盤亀裂シーリング実証試験を幌延の地下施設(地下350m)で実施。



高レベル放射性廃棄物の処分に関する技術開発の着実な実施によって得られた成果は、国際学術誌にも掲載され高い評価を得ています。
また、これらの成果は一般的な土木技術や、カーボンニュートラル実現のためのCO₂の地下貯留のための地質調査技術などへの貢献も期待されます。

幌延深地層研究センターの研究成果や活動状況は上記のプレス関連の報道以外でも、各種メディアで取り上げられました。

- ・サイエンスゼロ
- ・ガリレオX
- ・報道番組
- ・科学雑誌など

6. 成果の発信・普及等：国民との相互理解促進の取り組み

○ 国民との相互理解促進のための活動の展開

令和4年度～令和6年度の実績

・ 施設見学の実施

地下 2,530名
(R4:1,429名, R5: 511名, R6: 590名)

地上 17,252名
(R4:4,767名, R5: 6,479名, R6: 6,006名)

・ イベントを通じた地層処分に関する国民との相互理解促進

子供を含めた一般の方々を対象としたイベントに出展し、科学や機構の業務に興味を持ってもらう活動を実施。

(主な活動)

地域の皆様方への説明会・報告会、札幌説明会・報告会
(12回開催:R4.4,R4.7, R5.4, R5.7, R5.8, R6.4, R6.7)

「おもしろ科学館inほろのべ」(R4.12, R5.7, R6.7)

小学生への課外授業の実施

(R5.2, R5.12, R6.9, R6.12)

動画「幌延深地層研究センターってどんなところ？」

(R4.4公開)

「マンガで探検 幌延深地層研究センター」制作 (R5.3発行)



地上施設(ゆめ地創館)



地下施設の見学



令和4年度調査研究成果
地域の皆様方への報告会



おもしろ科学館inほろのべ



小学生への課外授業の実施(ゆめ地創館)



幌延町の観光と幌延深地層
研究センターの紹介マンガ
(幌延町との合同企画) 33

➤ 見学者の受け入れや広報活動等を通じ、地層処分に関する相互理解を促進

6. 成果の発信・普及等： 人材育成の取り組み

○ 人材育成の取り組み 令和4年度～令和6年度の実績

- 夏期実習生、特別研究生、学生実習生の受け入れ:17名
- 幌延地下施設での実習(文科省「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」):51名
- 韓国ソウル国立大学の学生を対象とした技術研修:22名
- 原環センター主催の「地層処分に関する人材育成セミナー」への講師派遣:5名
- 上記のほか、幌延国際共同プロジェクトを通じた次世代を担う国内外の技術者や研究者の育成も実施



国際原子力人材育成イニシアティブ事業での実習(幌延)

01 Career interview
キャリアインタビュー

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
堆積岩安全評価研究グループ

ファイラット・コラバットさん

2023年4月 入職
東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻
修士課程修了



キャリアパス
Career Path

2020年	タマサート大学 シリントーン国際工学部 (SIIT) 技術管理 (EM) 部 卒業
2022年	東京大学 大学院工学系研究科 原子力国際専攻 修士課程修了 ※大学院在学中に原子力発電環境整備機構 (NUMO)、東北大学などでインターンシップ、東京大学、SIITなどで研究補助業務 (リサーチ・アシスタント) に携わる。
2022年10月 -2023年1月	東京大学 テクニカル・アシスタント
2023年4月	現職 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

「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」の参加者が
JAEAに就職した例

➤ 次世代の原子力を担う人材育成ならびに、我が国の地層処分に関する技術力向上に貢献

7. まとめ

- 令和6年度までに終了した6つの個別課題について、これまでの成果を取りまとめ、着実に技術基盤を整備した。
- 令和6年度に着手した「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、目標や計画を具体化した。
- 地下施設整備について無事故・無災害で、東立坑・換気立坑の500mまでの掘削を完了するとともに、500m調査坑道における調査研究を進めた。
- 幌延国際共同プロジェクトを立ち上げ、計画通り進めるとともに、フェーズ1（令和6年度まで）の成果をレポートとして取りまとめた。