

**幌延深地層研究計画
令和2年度調査研究計画
（概要版）**

令和2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基づく研究課題	2
3.	令和2年度の主な調査研究.....	3
4.	実際の地質環境における人工バリアの適用性確認	4
4.1	人工バリア性能確認試験.....	4
4.2	物質移行試験.....	5
5.	処分概念オプションの実証.....	6
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	6
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 ..	6
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	7
6.	地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証	8
6.1	水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化	8
6.1.1	地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握	8
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	9
6.2	地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験	10
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	11
8.	地下施設の維持管理.....	12
9.	環境調査.....	13
10.	安全確保の取組み.....	14
11.	開かれた研究.....	15

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。

本計画は、「地上からの調査研究段階（第1段階）」、「坑道掘削（地下施設建設）時の調査研究段階（第2段階）」、「地下施設での調査研究段階（第3段階）」の3つの段階に分けて進めることとしています。令和2年度は、北海道および幌延町からの回答を経て、原子力機構として確定した「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に基づいて、地下施設での調査研究段階（第3段階）において、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す。

	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
	第3期		第4期中長期目標期間						
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、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	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10cm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								

※ 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していく。

■ 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

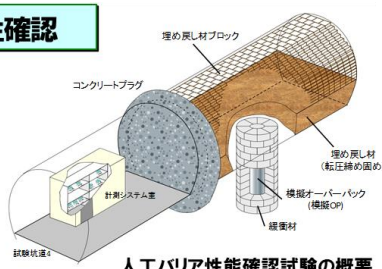
2. 令和2年度以降の幌延深地層研究計画に基づく研究課題

令和2年度以降は、「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に基づき、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、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 positioning・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〕 positioning・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。

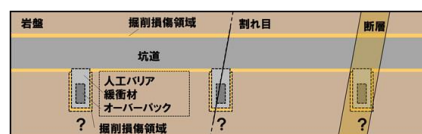


閉鎖技術オプションの整理

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・評価手法の高度化し、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。



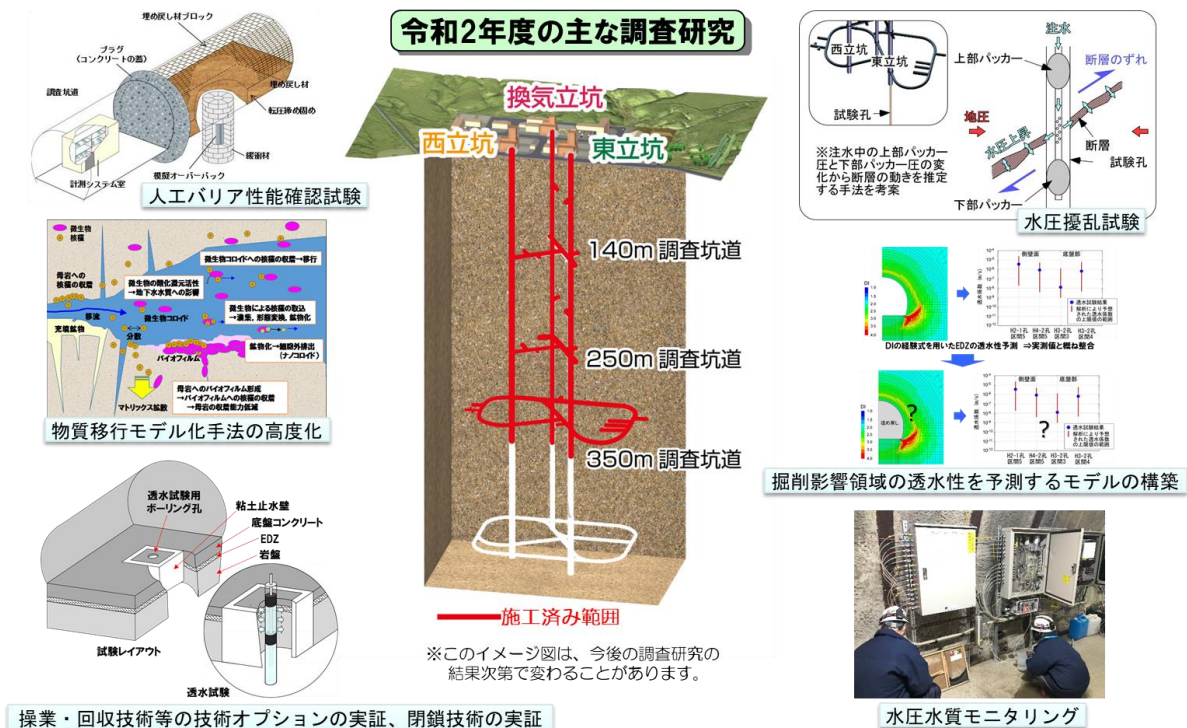
廃棄体位置決定や間隔設定の考え方の整理

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）

^{*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。

3. 令和 2 年度の主な調査研究

- ・「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認」については、人工バリア性能確認試験の加熱・注水試験を継続しデータを分析・評価するとともに、人工バリアの試験体を取り出すための試験施工を開始します。また、掘削影響領域における物質移行試験や有機物等が物質移行特性に与える影響を評価するための試験の条件設定やレイアウト等の検討などを行います。
- ・「処分概念オプションの実証」については、閉鎖システム（埋め戻し材やプラグなど）に関する基盤情報の整備を目的とした数値解析的検討や室内試験および工学規模試験などを実施します。
- ・「地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証」については、幅数10cmのより大型の断層を対象とした水圧擾乱試験や化石海水領域の三次元分布を把握するための物理探査などを実施します。
- ・地下施設からの排水に伴う周辺環境への影響について、天塩川などにおける調査を継続します。
- ・国内外の大学や研究機関との研究協力を継続します。

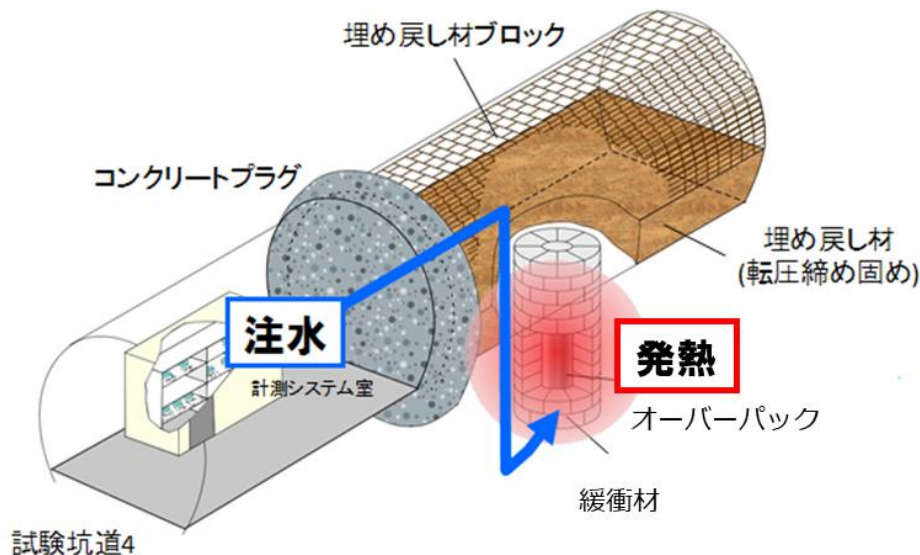


令和 2 年度の主な調査研究

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

- ・ 加熱・注水試験を継続し、データを分析・評価します。
- ・ 模擬オーバーパック、緩衝材および岩盤の間で発生する熱－水理－力学－化学連成挙動に関わるデータを用いた解析を行います。また、減熱時を想定した予測解析を行うとともに、国際共同研究DECOVALEX^{*2}による共同解析等を通じて、連成解析モデルの改良を行います。
- ・ 気相を考慮した熱－水－応力連成挙動に関する室内試験および連成解析を実施します。
- ・ 人工バリア性能確認試験の解体工事に先立って、適用する施工方法の検証を行うため、人工バリアの試験体を取り出すための試験施工を開始します。

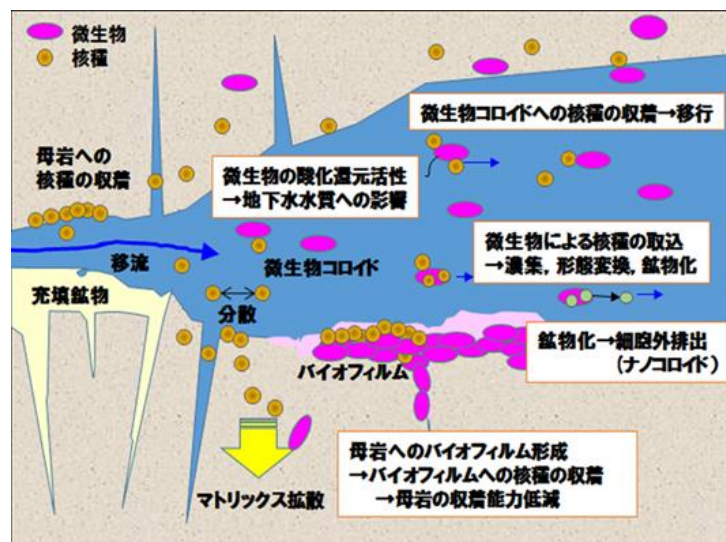


人工バリア性能確認試験の概念図

^{*2}: International co-operative project for the DEvelopment of COupled models and their VALidation against EXperiments in nuclear waste isolation. (連成モデルの開発とその実験結果との検証に関する国際共同研究) 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一つである熱-水-応力連成モデルの開発・確証を目的とした国際共同研究であり、1991年から断続的に行われています。

4.2 物質移行試験

- ・ 掘削影響領域を対象とした物質移行試験を実施します。
- ・ 有機物、微生物、コロイドが物質移行特性に与える影響を評価するための試験の条件設定やレイアウト等の検討、物質の移動におよぼす影響のメカニズムを理解するために必要な水質分析や、濃度・種類・微生物の代謝機能などを把握するための特性調査等を進めます。
- ・ ブロックスケール（数m～100m規模）を対象とした物質移行試験について、試験対象領域の断層の物質移行特性などを把握するためのトレーサー試験の事前調査を実施します。



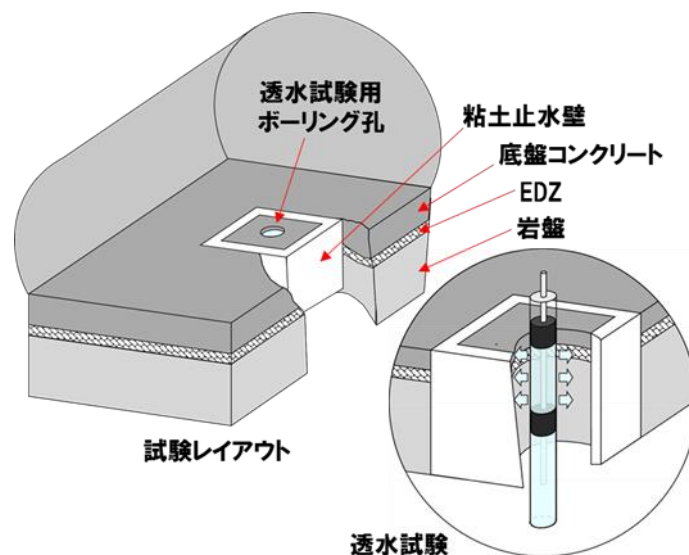
物質移行の概念（微生物の影響）

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

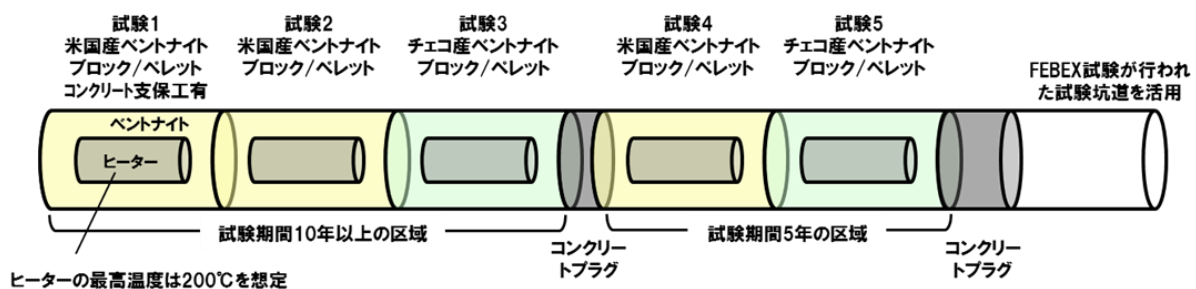
- ・ 人工バリア定置後の緩衝材や埋め戻し材への地下水の浸潤が進んだ状態での回収において考慮すべき条件設定を行います。
- ・ 将来の処分場で構築される閉鎖システム（埋め戻し材やプラグなど）に関する基盤情報の整備を目的とした数値解析的検討、室内試験および工学規模試験を実施します。
- ・ 搬送定置・回収技術の実証に関する試験や解析を実施します。
- ・ 緩衝材への水の浸潤挙動を把握するための試験などを実施します。



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
(坑道の閉鎖技術に関する試験の概念図)

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

- ・ 海外で実施され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、試験条件、試験手法、計測機器の選定・配置等に関する情報を適宜入手します。
- ・ 我が国において考えられる緩衝材の最高温度が100℃を超えた状態のシナリオの検討に着手します。



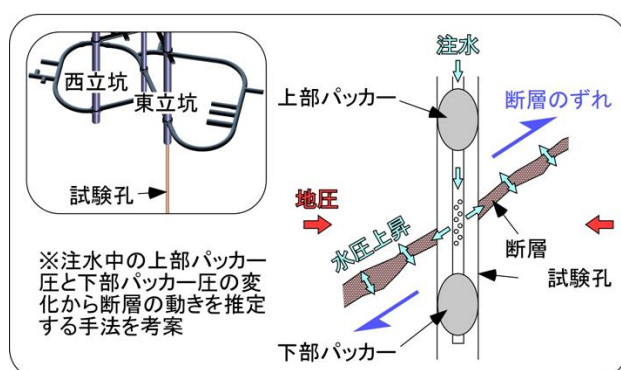
高温度における人工バリア性能確認試験の概念図
(海外での研究事例)

6. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

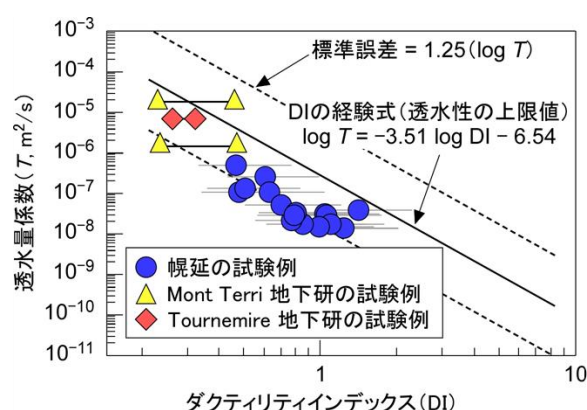
6.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化

6.1.1 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

- ・ これまでに実施した断層の水圧擾乱試験や透水試験の結果の詳細解析を行うとともに、幅数10cmのより大型の断層を対象とした水圧擾乱試験を実施します。
- ・ 水圧擾乱試験のデータを用いて、試験中における断層間の水理的連結性について断層の幾何形状や透水性をパラメータとした解析を実施します。



水圧擾乱試験の概念図
(注水圧により断層をずらす試験)

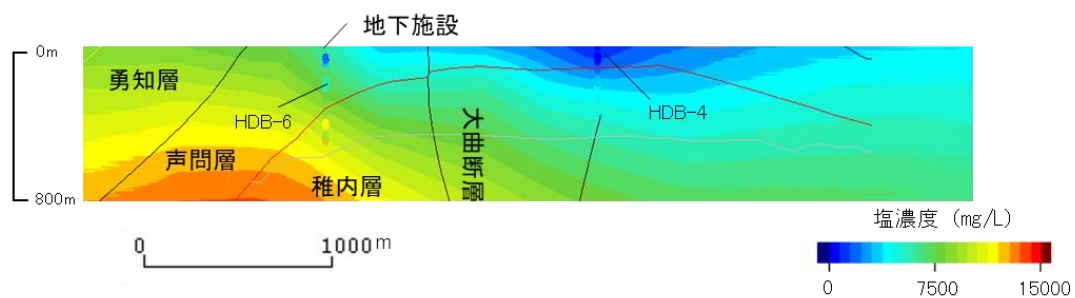


注水中の断層の透水性と透水性の上限値を予測する既存の経験式との比較

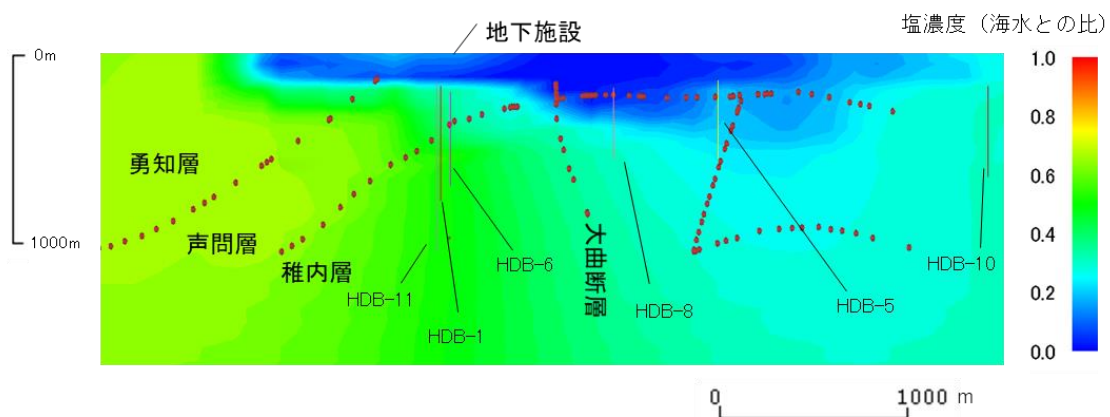
6.1.2 地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化

- ・ 地下水の流れが非常に遅い領域（化石海水領域）の三次元分布を地上から把握するための物理探査を実施し、地質構造との関連性を再検討します。
- ・ 化石海水領域を評価する水理解析手法の改良を行うとともに、水理・物質移動解析により地下水の塩濃度分布を推定し、調査結果との比較検討を進めます。

(a) 調査データに基づいて推定した塩濃度分布



(b) 水理・物質移動解析により推定した塩濃度分布

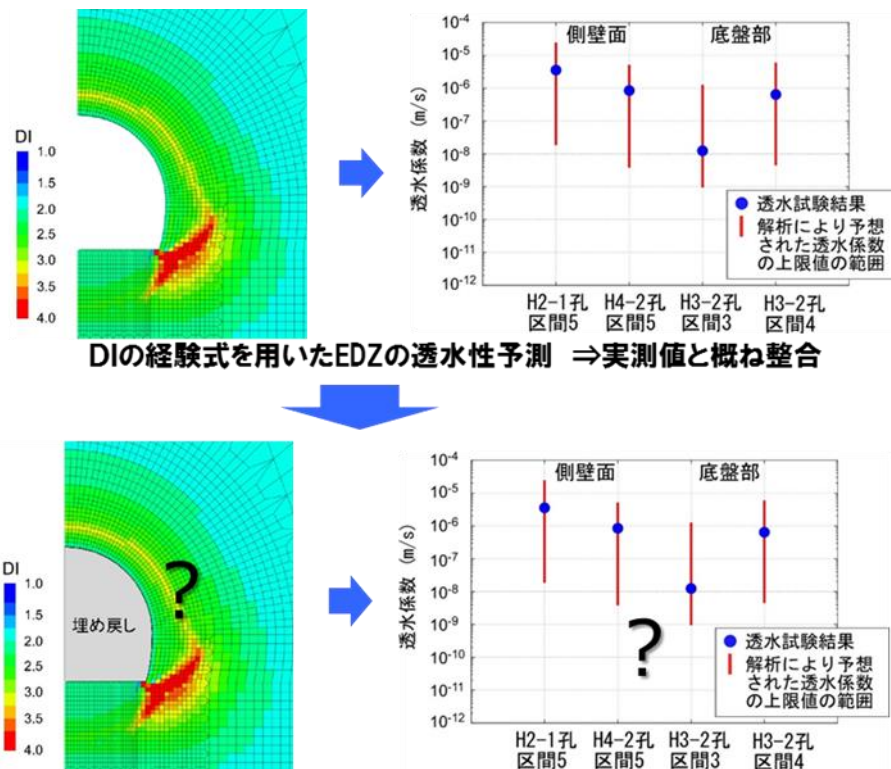


化石海水領域の三次元分布の推定例

((a) 地下水の水質分析により得られた塩濃度分布と (b) 水理・物質移動解析による塩濃度分布との比較例)

6.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

- 緩衝材や坑道埋め戻し材の膨潤圧が掘削影響領域の亀裂の透水性（あるいは開口幅）に与える影響について、同亀裂を対象に実施した既往の樹脂注入試験の結果の解析を実施します。



坑道埋め戻し後の掘削影響領域の透水性を予測するモデルの構築

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

- ・ 令和2年度以降の必須の課題への対応に必要な地質構造・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実施します。
- ・ 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。
- ・ 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）と深度350m調査坑道での地震観測を継続します。



地下水の水圧・水質連続モニタリングの様子
（深度350m調査坑道）

8. 地下施設の維持管理

- ・ 施設内の機械設備や電気設備などの維持管理（保守点検や修繕など）を行います。
- ・ 地下施設からの排水は、排水処理設備で適切に処理を行ったうえで、天塩川に放流します。



機械設備の維持管理の様子

9. 環境調査

研究所用地周辺における水質・魚類に関する調査、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を定期的に行います。また、排水の放流先である天塩川の水質調査を行います。



環境調査の様子（水質）

10. 安全確保の取組み

地下施設や研究所用地周辺などにおける調査研究にあたっては、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、作業者に対する安全教育や安全パトロール、訓練などを確実に実施するなど、安全確保を最優先に作業を実施します。



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、国内外の専門家と議論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。実施内容は以下の通りです。

- ・ 国内機関との研究協力

東京大学、京都大学、東北大学、名古屋大学、東京工業大学、幌延地圏環境研究所、産業技術総合研究所、電力中央研究所、国立環境研究所など

- ・ 国際機関との研究協力

Clay Club、モンテリ・プロジェクト（スイス）、DECOVALEXなど

- ・ 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など、国内外の機関との資金や人材の活用についての意見交換など

- ・ ホームページ^{*3}での情報発信、ゆめ地創館における地下深部での研究の紹介、および地下施設見学会の実施など



深度350m調査坑道での見学の様子

*3 : <http://www.jaea.go.jp/04/horonobe/>