

令和3年度における個別課題の現状および今後の予定

① 深地層の研究施設計画

b) 幌延深地層研究計画

令和4年2月25日

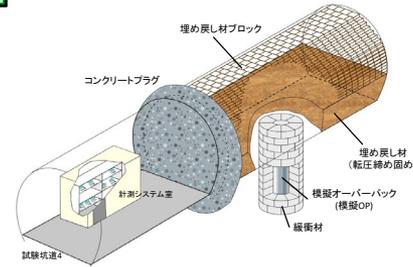
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
核燃料・バックエンド研究開発部門
幌延深地層研究センター 深地層研究部

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) 人工バリア性能確認試験

2) 物質移行試験



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

②処分概念オプションの実証

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

- ・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

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



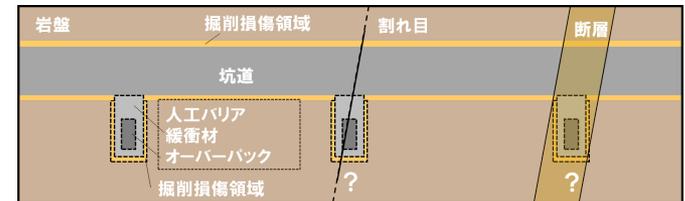
閉鎖技術オプションの整理

③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

1) 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

2) 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験



廃棄体定置決定や間隔設定の考え方の整理

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

1) 人工バリア性能確認試験

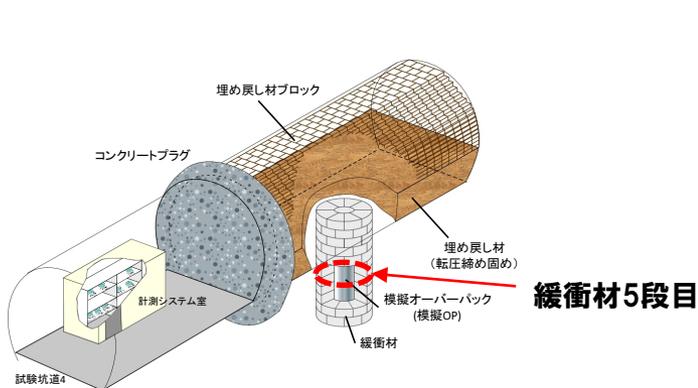
【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

目的:人工バリア周辺で起こる、熱-水-応力-化学連成現象を理解する。

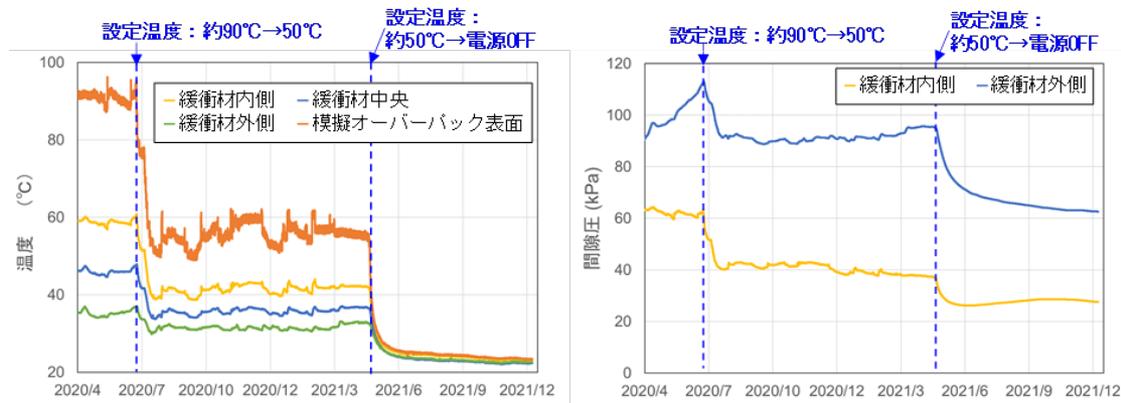
- 実規模大の原位置試験(人工バリア性能確認試験)を通じて人工バリア周辺の熱-水-応力-化学連成現象に係わるデータ取得し、それらのデータから解析評価手法を検証
- 人工バリアの解体作業により緩衝材の飽和度などを確認

【令和3年度の実施内容と成果】

- 人工バリア性能確認試験において、発熱のない条件での試験を開始し、緩衝材中の温度の低下や温度低下に伴う間隙圧の低下を確認(連成解析コード検証のためのデータ取得)
- 国際共同研究(DECOVALEX)において、既存の室内試験結果(緩衝材の浸潤試験、膨潤圧試験、膨潤変形試験など)を対象に共同解析を実施。解析結果の比較検証により各国の解析コードの課題(力学モデル、初期飽和度の取り扱いなど)を抽出



人工バリア性能確認試験の概念図

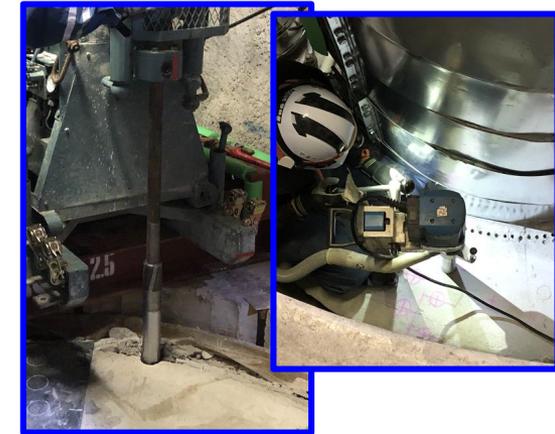
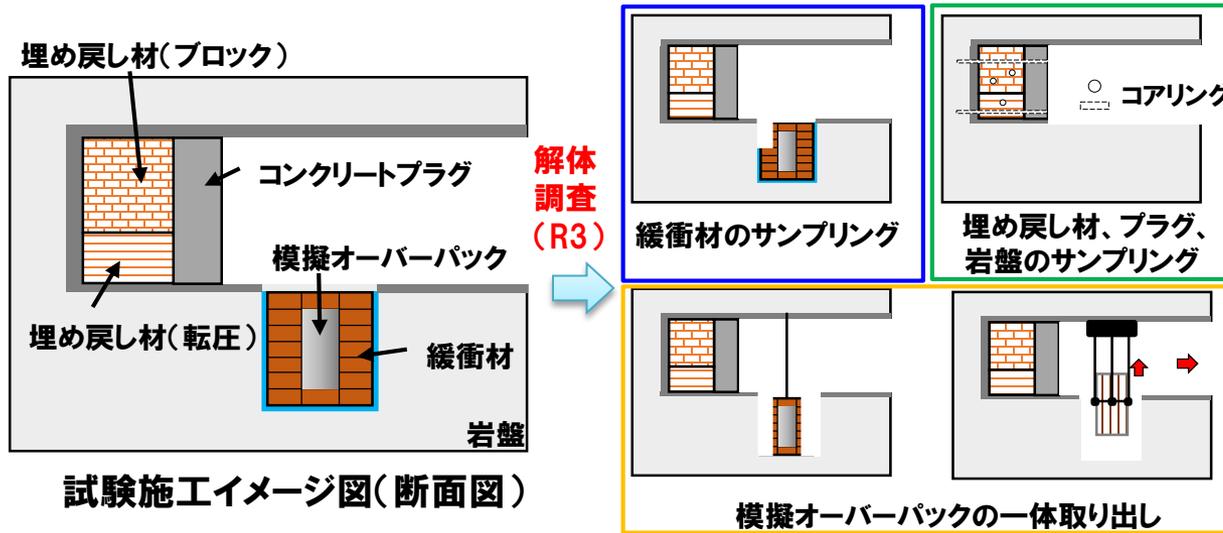


緩衝材5段目の温度(左図)と間隙圧(右図)の変化

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

1) 人工バリア性能確認試験

- 人工バリア性能確認試験の解体調査に向けて、別坑道に設置した緩衝材や埋め戻し材の解体を行い、無水での粘土材料の解体手法、模擬オーバーパックの一体取り出し手法、異なる材料界面を保持した状態で取り出す手法などの適用性を確認



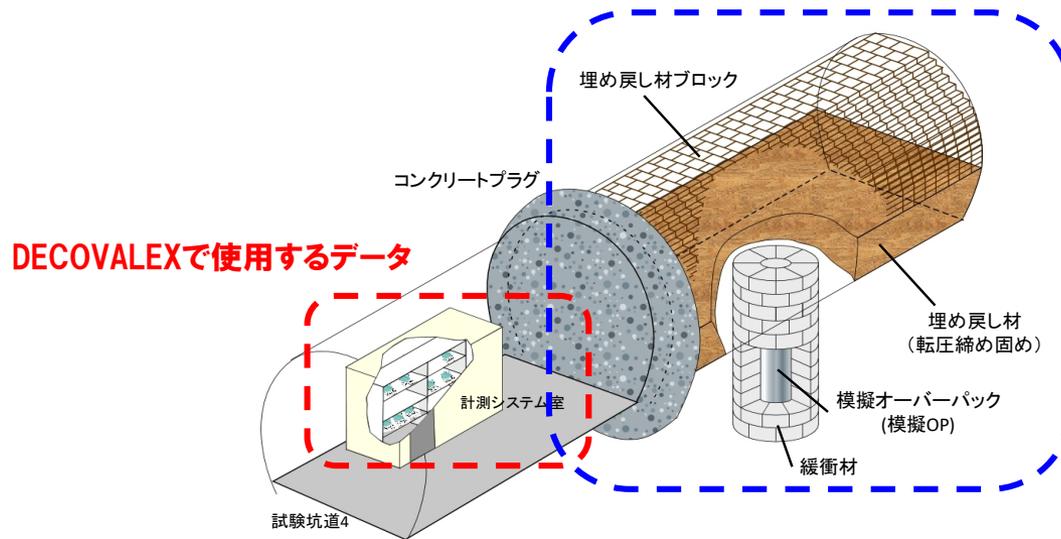
埋め戻し材、吹付けコンクリート、岩盤界面サンプリング後の試料

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

1) 人工バリア性能確認試験

【令和4年度の計画】

- 人工バリア性能確認試験において発熱のない条件でのデータ取得を継続
- 国際共同研究(Decovalex)で、室内試験の解析結果の比較検証によって明らかになった課題を整理し(緩衝材の膨潤変形を表現するための力学モデルなど)、人工バリア性能確認試験で取得したデータを対象とした連成解析結果の比較検証を開始
- 令和3年度に実施した人工バリアの解体試験施工での調査結果(緩衝材、埋め戻し材、コンクリート、岩盤等のサンプリング手法や各種材料の境界面を一体化した状態でサンプリングする手法など)をもとに、人工バリア性能確認試験の解体調査計画に反映するために適用可能な手法や注意点などをとりまとめる



人工バリア性能確認試験の概念図

R3年度に実施した解体試験施工の結果は人工バリア性能確認試験で予定している解体調査計画に反映

- 無水での粘土材料のサンプリング手法
- 材料界面の一体化サンプリング手法
- 模擬OP一体取り出し手法など

②処分概念オプションの実証 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 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

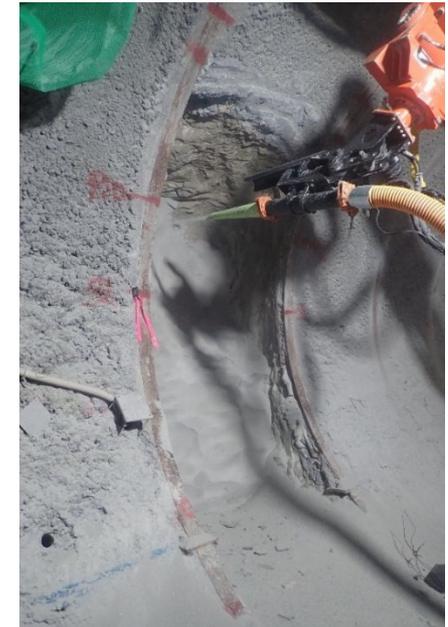
【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

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・施工技術の選択肢を整理する。

- 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)の整備
- 閉鎖技術(埋め戻し方法:プラグ等)の実証
- 人工バリアの緩衝材と坑道の埋め戻し材の施工に係る品質保証体系の構築

【令和3年度の実施内容と成果】

- コンクリート支保の経年変化を調査する暴露試験を継続し、地下水に湿潤した条件では、コンクリート構造物の劣化の原因となる中性化の領域がごくわずかであることを確認
- 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
- 緩衝材の流出挙動を把握するための試験として長期的な緩衝材の流出量、膨潤圧、試験孔にかかる水圧などの計測を開始、また室内試験により湧水量と緩衝材の流出量の関係を把握

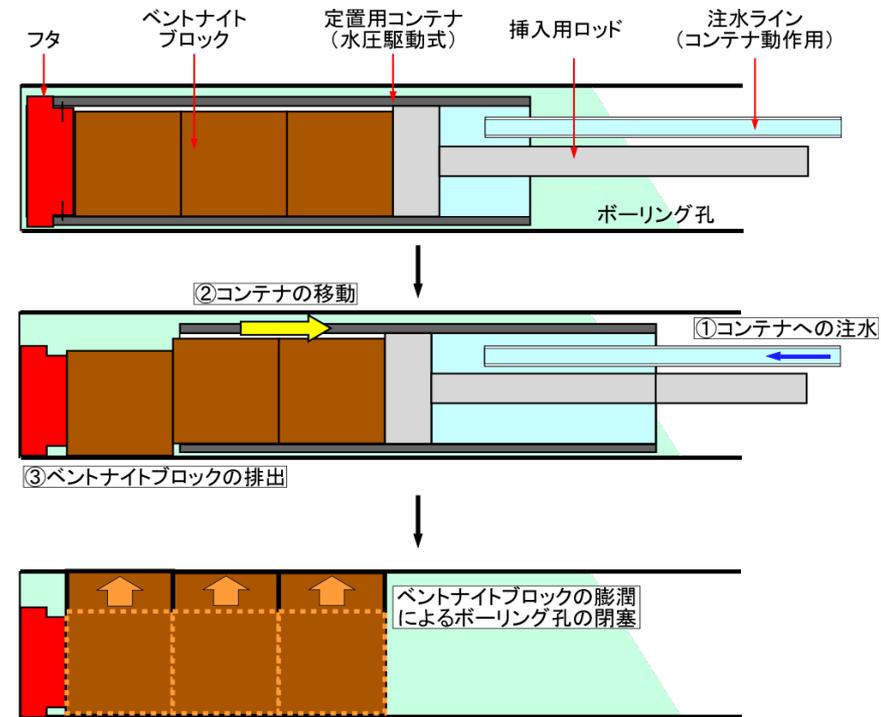


ベントナイトの吹付けによる施工方法の工学規模試験実施状況

②処分概念オプションの実証 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 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

【令和4年度の計画】

- 地下環境でのコンクリートの物性変化データの取得を継続するとともに、坑道閉鎖後における周辺岩盤の環境(応力状態、透水性など)の変化の予測解析を実施
- 埋め戻し材やプラグなどの要求性能を具体化する上で必要となる材料特性データや坑道周辺の地質環境データの整備を目的とした解析、室内試験および掘削損傷領域の調査技術の確認などを継続
- 止水プラグの施工技術オプションの整備のため、吹付け後のベントナイトの乾燥密度や含水比などの施工品質の整理を継続します。さらに、新規に掘削するボーリング孔を利用し、ボーリング孔の閉塞技術の適用性を確認する原位置試験を実施
- 令和3年度に開始した、長期の緩衝材の流出試験を継続し、緩衝材の施工方法に応じた長期的な緩衝材の流出量などを確認



ボーリング孔閉塞の原位置試験の概念図

斜め下向きに掘削予定。
水色: 注入水、緑色: 坑内水

③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証 1) 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化 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

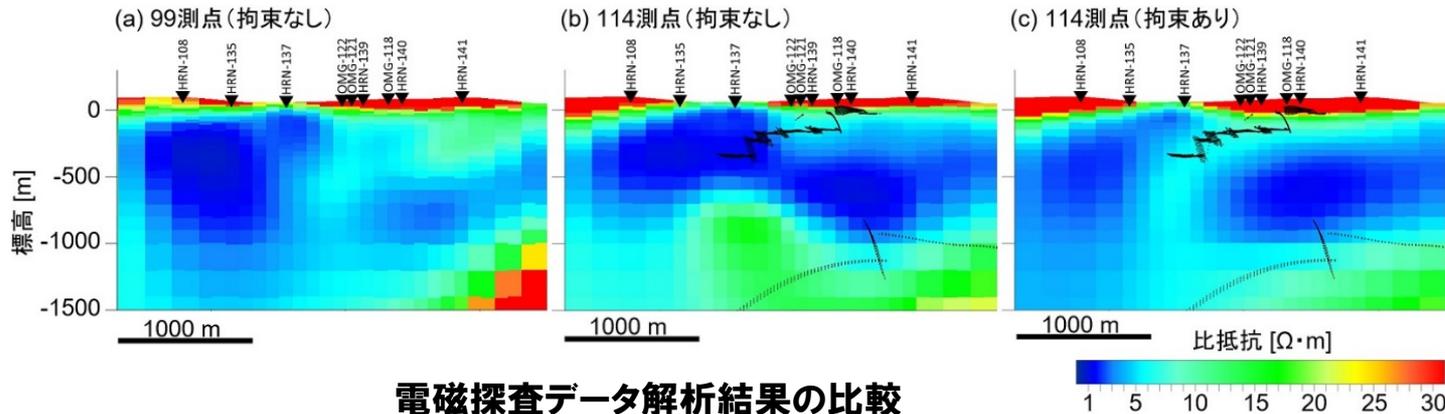
【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

目的:地下水の流れが非常に遅い領域の分布を把握するための技術を構築する。

- 化石海水の分布領域の調査・評価技術の高度化
- 地下水の滞留時間、塩濃度分布を推測するための水理解析、物質移動解析

【令和3年度の実施内容と成果】

- 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200mまで)を実施し、地質環境特性を把握
- 過去の電磁探査データを加えた比抵抗分布の再解析を実施した結果、より深い深度での解析精度が向上し、地層の分布と調和する結果を得た
- 地形や海水準などの長期的時間変化を考慮した感度解析を実施した結果、長期的な地形変化や地下水の密度変化などが化石海水領域に影響を及ぼし得ることが分かった



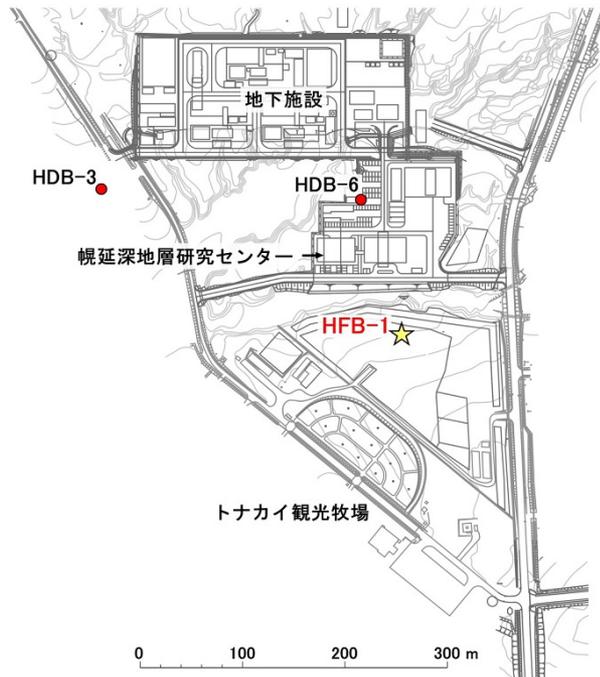
電磁探査データ解析結果の比較

- (a) 令和2年度の物理探査範囲内のデータを使った解析結果
- (b) (a)のデータ及び上記範囲外のデータを使った解析結果
- (c) (b)のデータを使い、地表付近の高比抵抗構造と反射法地震探査で得られた地層境界面を拘束条件とした解析結果

③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証 1) 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化 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

【令和4年度の計画】

- 令和3年度に掘削したボーリング孔を延長し、稚内層を対象に化石海水の有無を確認するため地下水の水質・同位体データの取得を継続
- 化石海水の三次元分布を推定するための、物理探査、ボーリング調査、地球統計学的解析、水理・物質移行解析といった一連の調査・解析手法の取りまとめ



ボーリング調査現場の全景

ボーリング調査実施地点(HFB-1孔)

令和3年度の研究開発成果に係る自己評価

評価の視点	自己評価
①令和3年度計画の達成度(見込み)	<ul style="list-style-type: none">・「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に基づき、令和3年度に計画していた課題について、成果を得た。・人工バリア性能確認試験において、廃棄体の減熱過程を模擬した試験を実施するとともに、人工バリア取り出しの試験施工として解体調査を完了した。・閉鎖技術の実証において、止水プラグ材の吹付け試験(工学規模)を実施し、管理方法(手順、材料等)の確認、施工品質(吹付け後の乾燥密度のバラツキ等)の整理を行った。・回収技術の実証において、地下水の湿潤条件では、コンクリート構造物の中性化(劣化の原因)の領域が、ごくわずかであることを確認した。・地下水の流れが非常に遅い領域の調査・評価において、令和2年度の電磁探査から推定した化石海水の三次元分布の妥当性確認として、ボーリング調査(深度200mまでの地質環境特性の把握)を実施した。また、取得されている電磁探査データを用いた総合的な解析により、解析精度が向上し、地層の分布と調和する結果を得た。・なお、地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証において、地下深部の割れ目の水の流れやすさに関わる法則性を発見した(プレス発表し、新聞3紙(電気新聞、日刊工業新聞、科学新聞)及び「サイエンス・ジャパン」に取り上げられた。)。高レベル放射性廃棄物の地層処分場周辺の割れ目の水の流れやすさをより少ない本数のボーリング調査で推定するのに役立つ。 <p>以上のとおり、令和3年度の計画に対し、着実に実績・成果を上げており、当初の目標を達成する見込みである。</p>

* 本研究は、経済産業省資源エネルギー庁委託事業(高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業[JP007597])の成果の一部を利用した。