

地層処分技術に関する研究開発報告会

稚内→

—第3期中長期目標期間の成果取りまとめ(CoolRepR4)について—

幌延深地層研究計画

幌延深地層研究センター

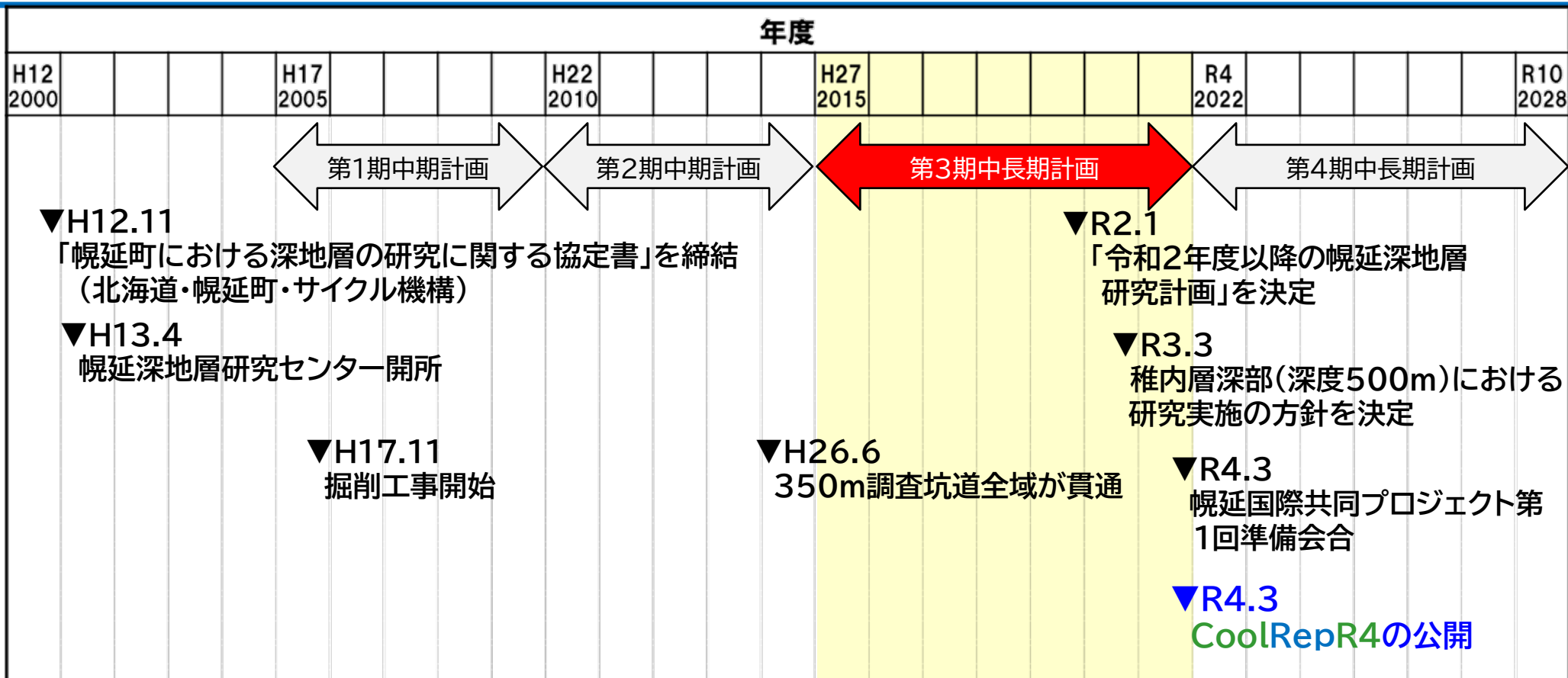
幌延駅

2022年9月30日

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 地層科学研究部
堆積岩工学技術開発グループ

尾崎 裕介

幌延深地層研究計画の経緯



幌延深地層研究計画については、

- 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
- 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

に重点的に取り組む。(CoolRepR4での実施内容)

CoolRepR4の構成と幌延深地層研究計画

CoolRepR4を構成するカーネル

「深地層の研究施設計画および地質環境の長期安定性」

「処分場の工学技術」

「性能評価研究」

「TRU廃棄物」

「使用済燃料の直接処分研究開発」

CoolRepR4カーネルサブメニュー

「深地層の研究施設計画および地質環境の長期安定性」

1. はじめに

2. 地質環境の初期状態の理解

3. 地質環境の短期変動・回復挙動の理解

4. 地質環境の長期変動・回復挙動の理解

3. 地質環境の短期変動・回復挙動の理解

3.1 地下坑道における工学的対策技術の開発(瑞浪)

3.2 物質移動モデル化技術の開発(瑞浪)

3.3 坑道埋め戻し技術の開発(瑞浪)

3.4 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認(幌延)

3.5 処分概念オプションの実証(幌延)

4. 地質環境の長期変動・回復挙動の理解

4.1 地質環境の長期変遷に関する解析・評価技術の開発(瑞浪)

4.2 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証(幌延)

幌延深地層研究計画 CoolRepR4の概要

3.4 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

深度350m調査坑道で実施している人工バリア性能確認試験、オーバーパック腐食試験、物質移行試験を通して、人工バリアや周辺岩盤中での熱-水-応力-化学連成挙動や物質移行現象を評価する技術の適用性を確認した。

[3.4.1 人工バリア性能確認試験](#)

[3.4.2 オーバーパック腐食試験](#)

[3.4.3 物質移行試験](#)

3.5 処分概念オプションの実証

多様な地質環境条件に対して柔軟な処分場設計・施工を行うことを支援する技術オプションとして廃棄体の定置および坑道閉鎖に必要な工学技術の実際の地質環境への適用性を例示した。

[3.5.1 処分孔などの湧水対策・支保技術などの実証試験](#)

[3.5.2 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](#)

[3.5.3 高温\(100℃以上\)などの限界的条件下での人工バリア性能確認試験](#)

4.2 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

堆積岩地域における処分場の設計を、より科学的・合理的に行うことができる技術と知見を整備するため、断層活動などの地質環境の変化が人工バリアの性能に与える影響を把握するための手法を構築した。

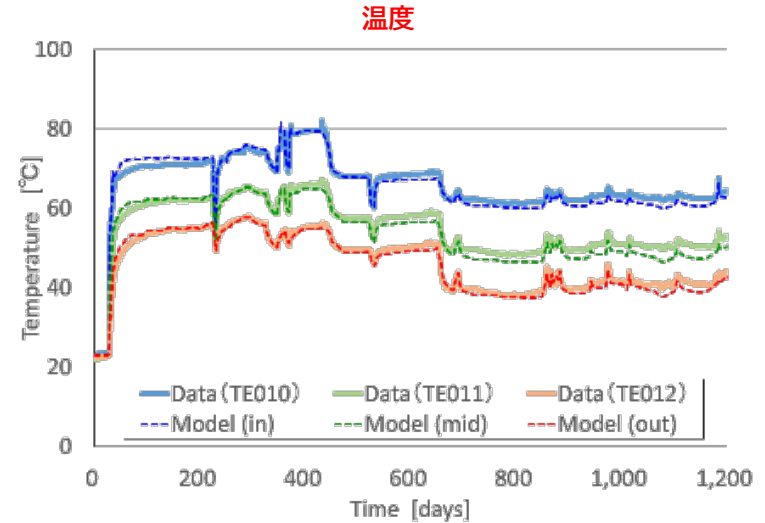
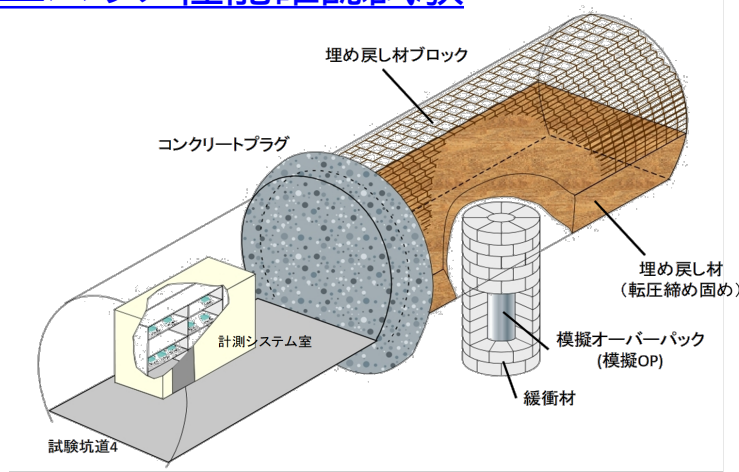
[4.2.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化](#)

[4.2.2 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](#)

[4.2.3 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験](#)

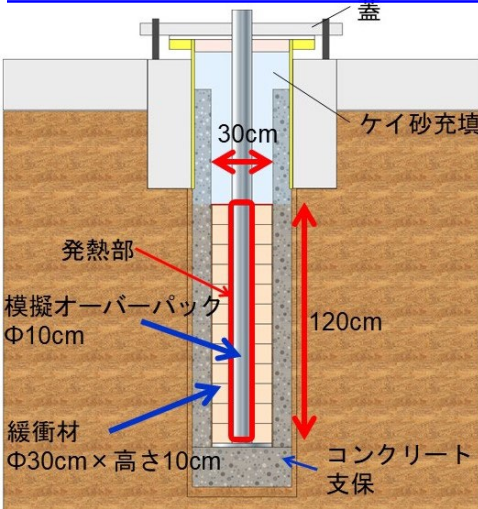
3.4 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認 (CoolRepR4より一部抜粋)

3.4.1 人工バリア性能確認試験



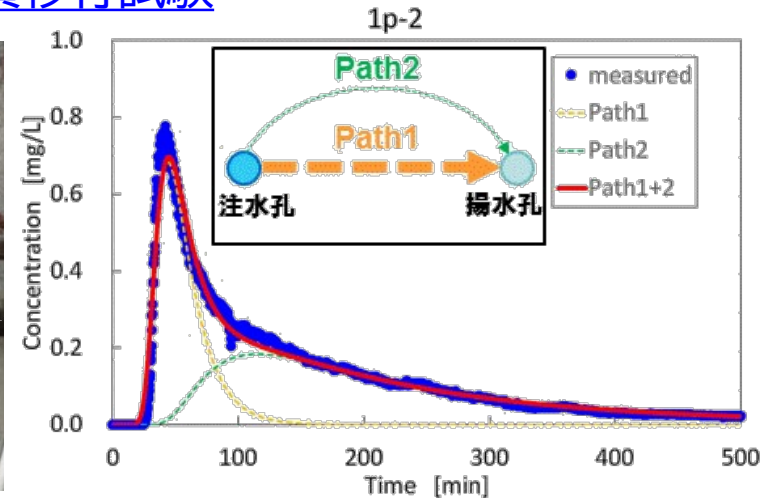
深度350mに構築した人工バリアの模式図 (左) とセンサーにより取得されたデータおよび連成解析結果 (右)

3.4.2 オーバーパック腐食試験



試験の模式図 (左) と試験後の模擬オーバーパックの写真 (右)

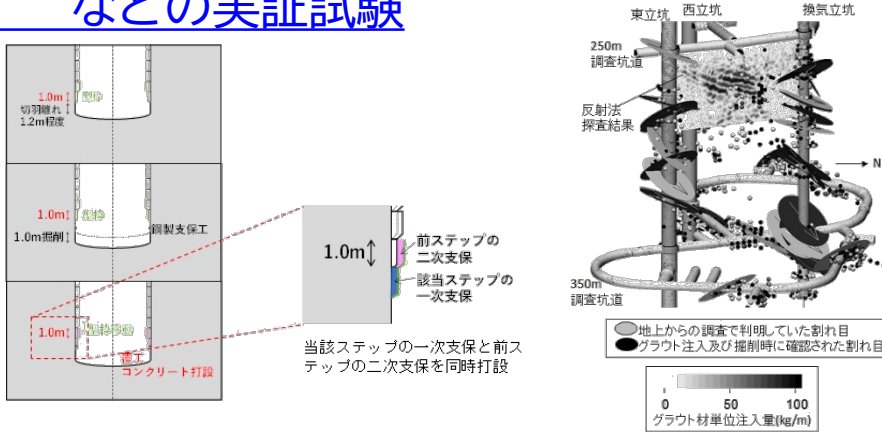
3.4.3 物質移行試験



試験時の写真 (左) と取得されたデータおよび解析結果 (右)

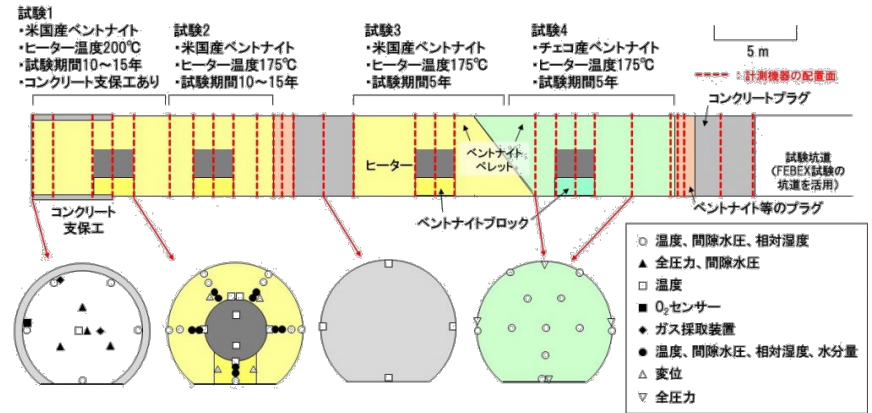
3.5 処分概念オプションの実証 (CoolRepR4より一部抜粋)

3.5.1 処分孔などの湧水対策・支保技術などの実証試験



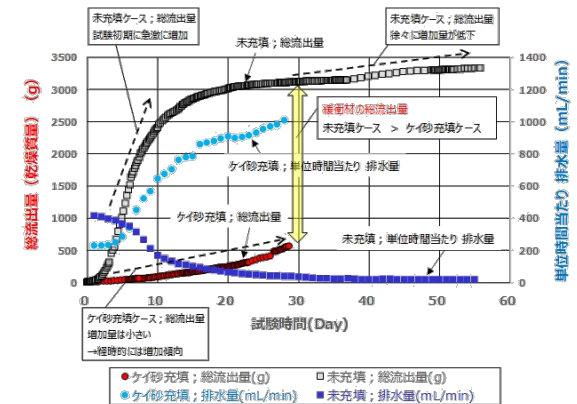
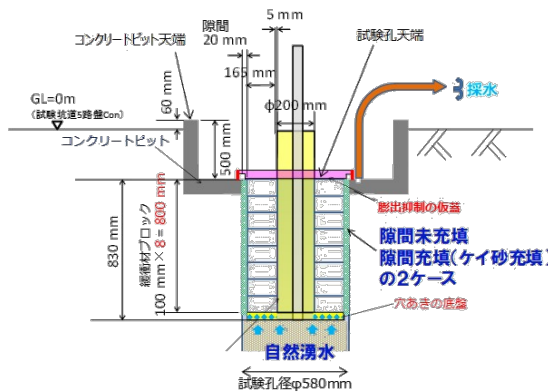
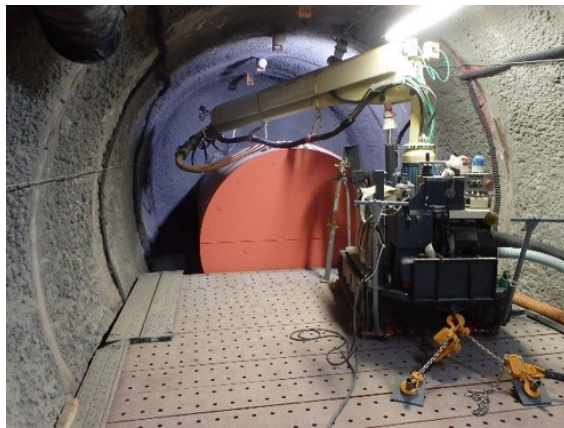
二重支保の概念 (左) と可視化システムによる坑道周辺の断層分布 (右)

3.5.3 高温(100℃以上)などの限界的条件下での人工バリア性能確認試験



調査対象である海外での研究事例の試験の模式図

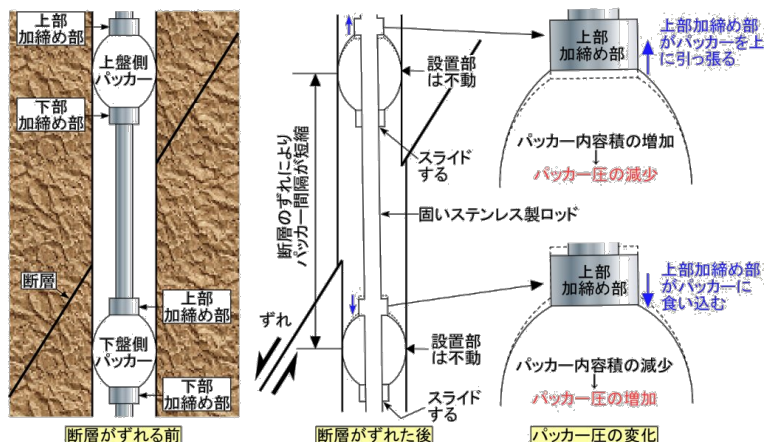
3.5.2 人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験



深度350mで実施した人工バリアの搬送・定置・回収試験の写真 (左) と緩衝材流出試験の模式図および結果 (中・右) (5/14)

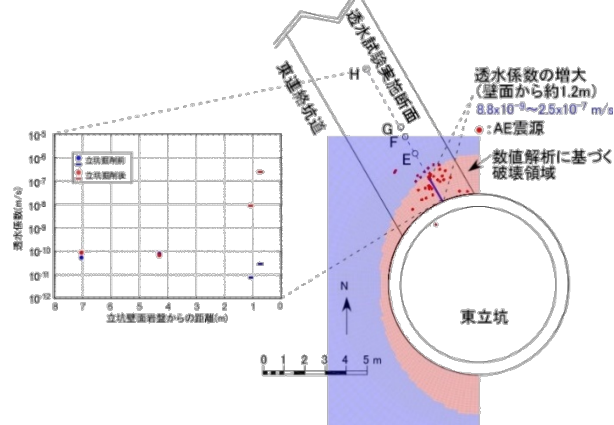
4.2 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証 (CoolRepR4より一部抜粋)

4.2.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化



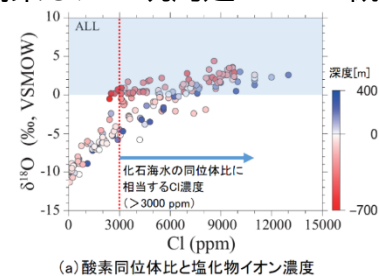
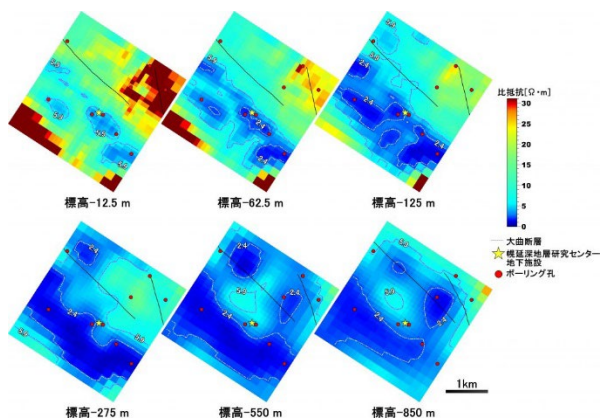
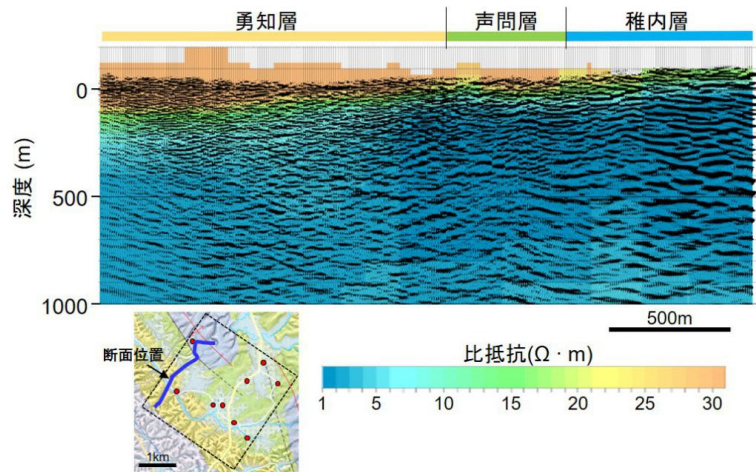
水圧擾乱試験の模式図

4.2.3 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

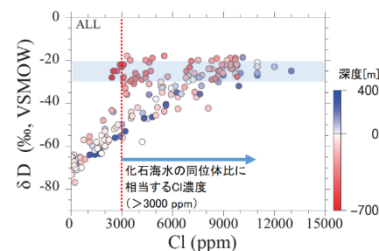


原位置試験及び数値解析に基づき構築した立坑周辺のEDZの概念図

4.2.2 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



(a) 酸素同位体比と塩化物イオン濃度

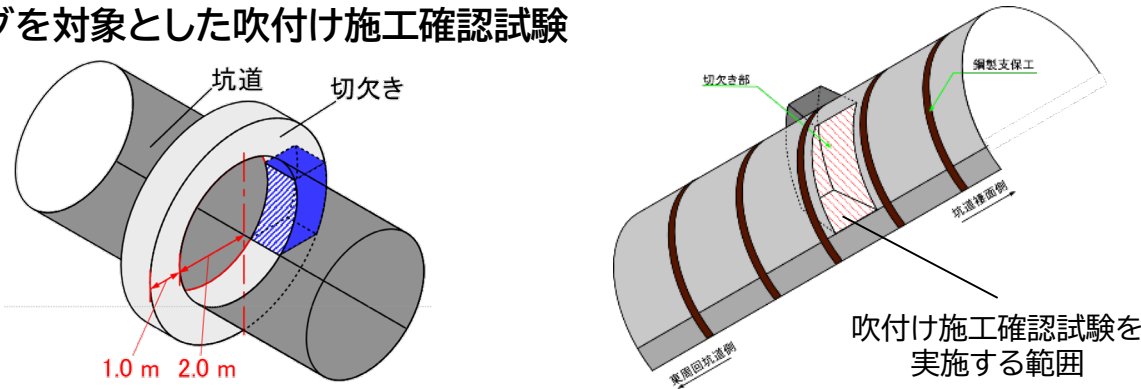


(b) 水素同位体比と塩化物イオン濃度

地下坑道を活用した調査研究事例

3.5.2 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

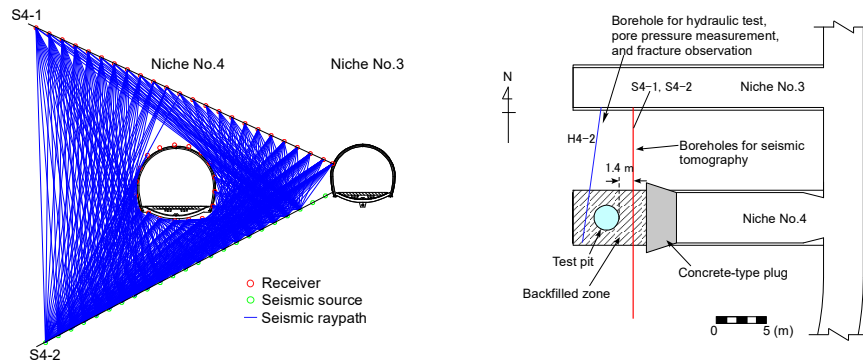
止水プラグを対象とした吹付け施工確認試験



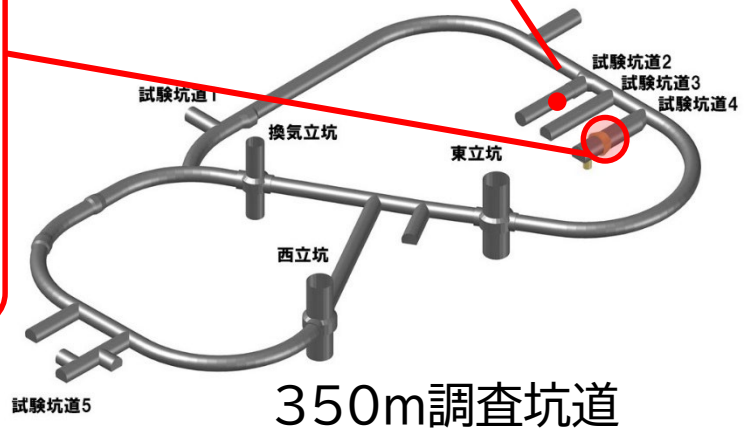
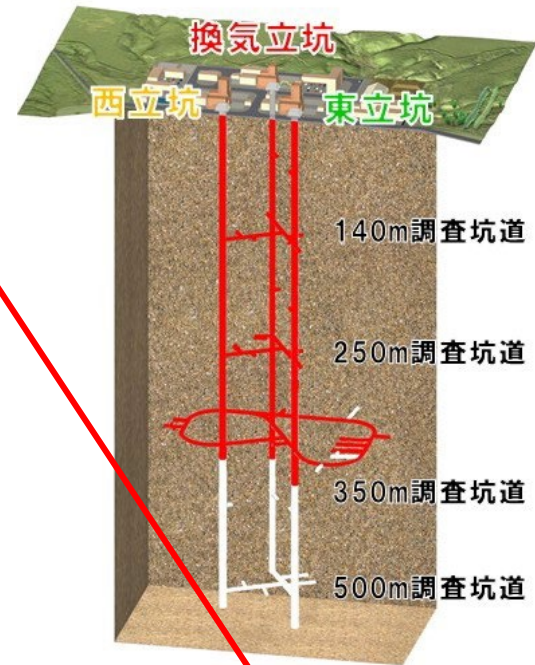
止水プラグの概念図 (左) と施工試験の模式図 (右)

4.2.3 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

坑道掘削の影響調査に関わる調査技術開発



弾性波トモグラフィの観測点配置 (左) および調査孔の配置 (右)



※報告会では地下坑道の活用が不可欠な調査事例として上記の内容をCoolRepR4を参照して紹介しております。CoolRepR4の内容については、上記のタイトルのリンクよりご参照頂けます。

バーチャル地下施設見学による調査場所の紹介

深度350mの坑道内を仮想的に見学できるコンテンツであるバーチャル地下施設見学を整備

- 一般的な地図コンテンツと同様の操作で深度350m坑道内を移動可能
- 現場での調査や観測機器などの解説を配置

バーチャル施設見学

幌延深地層研究センターの地下施設とゆめ地創館の見学を疑似体験できる3Dコンテンツです。

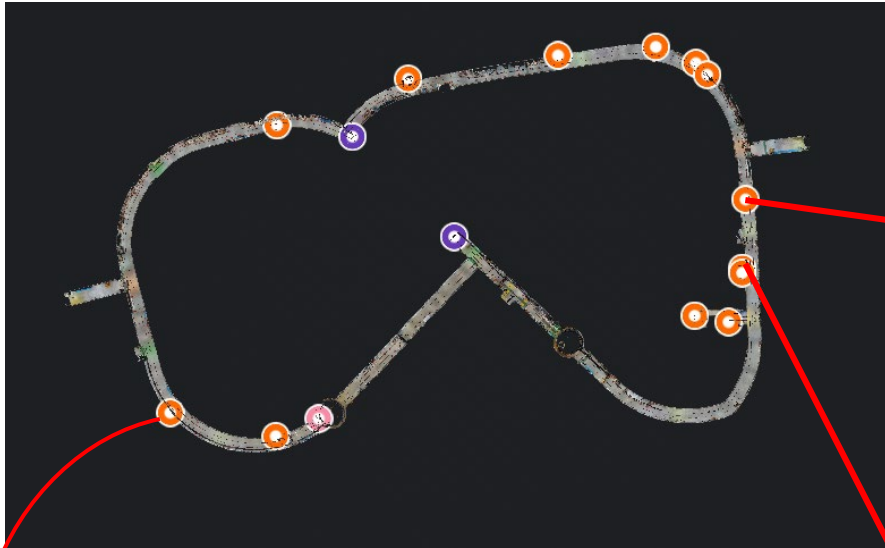


幌延深地層研究センター公開webサイトのトップページよりアクセス可能

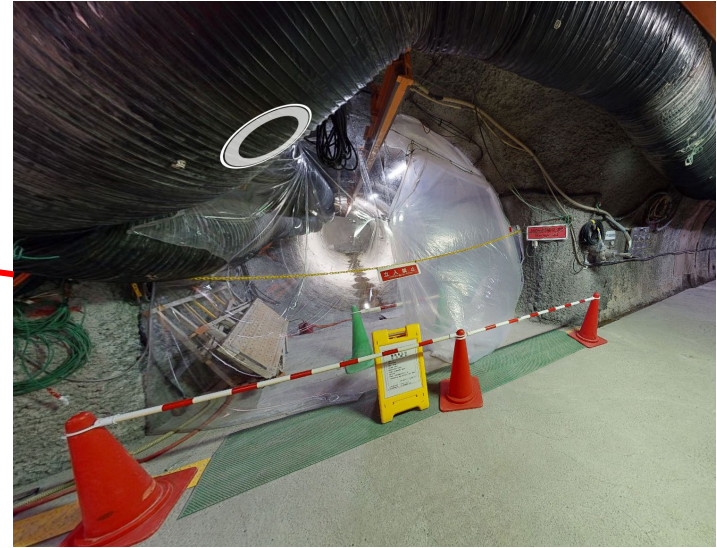
幌延深地層研究センター公開URL <https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/>

バーチャル地下施設見学URL <https://my.matterport.com/show/?m=yiX6s67b75C&q=1>

バーチャル地下施設見学による調査場所の紹介



バーチャル地下施設見学での深度350m坑道の地図
*一部坑道は、データの都合上省略されている



止水プラグを対象とした吹付け施工確認試験を実施した場所



地下で岩盤を直接観察できる幌延の窓



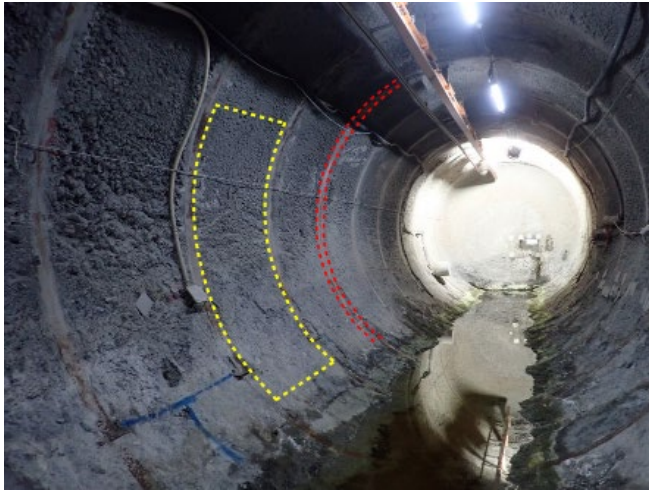
坑道掘削の影響調査に関する調査技術開発でトモグラフィ調査を実施した坑道付近の写真

3.5 処分概念オプションの実証

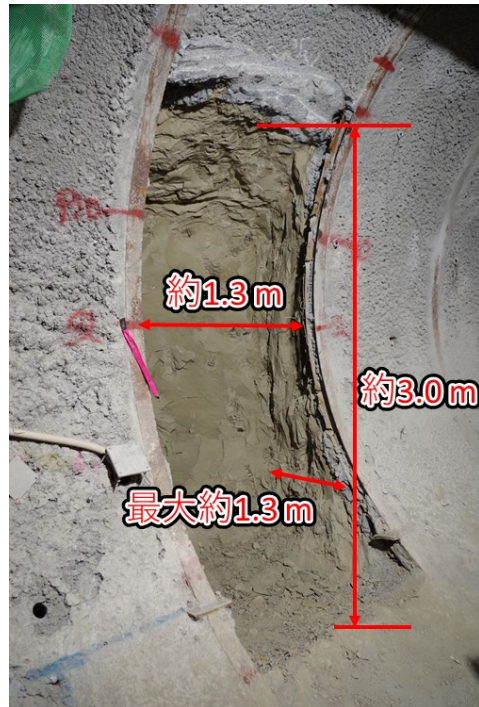
3.5.2 人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験

止水プラグを対象とした吹付け施工確認試験

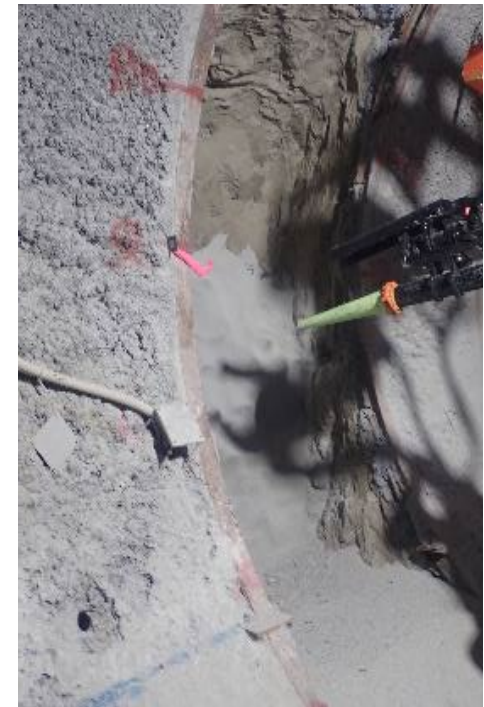
- 止水プラグは、掘削損傷領域が坑道埋め戻し後に物質移行の選択的経路となることを防ぐために設置が検討されている
- 坑道壁面に掘削損傷領域よりも深い切り欠きを作り、そこにベントナイト系材料を定置することで構築する方法が検討されている
- 坑道天端部や側壁部等の施工性が悪い場所でも高い施工性能が期待できる吹付け施工による試験を実施



試験前の様子



切り欠き作成後の様子



吹付け施工時の様子

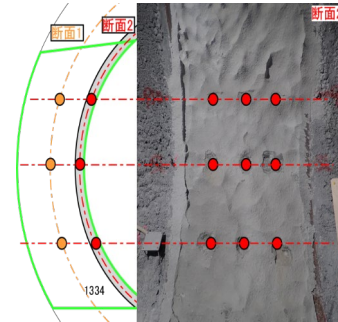
3.5 処分概念オプションの実証

3.5.2 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

止水プラグを対象とした吹付け施工確認試験



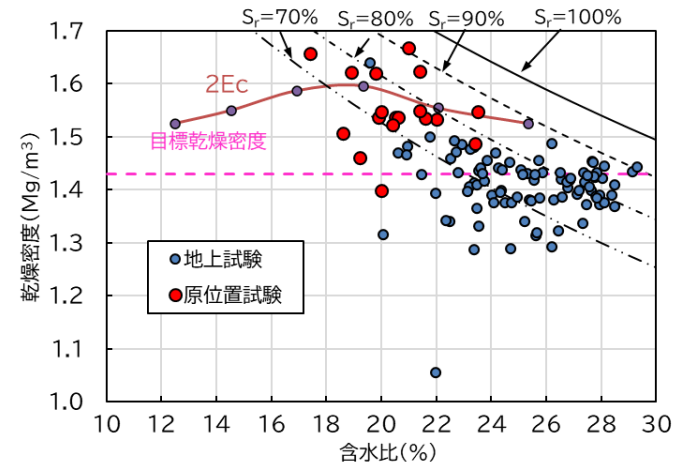
吹付け施工後の様子



乾燥密度測定用サンプリング位置



三次元計測の結果



サンプリング試料の乾燥密度の測定結果

- 施工試験後にサンプリングや形状測定を実施
- ほぼすべてのサンプリング試料で、施工目標として設定した乾燥密度を上回ることを確認

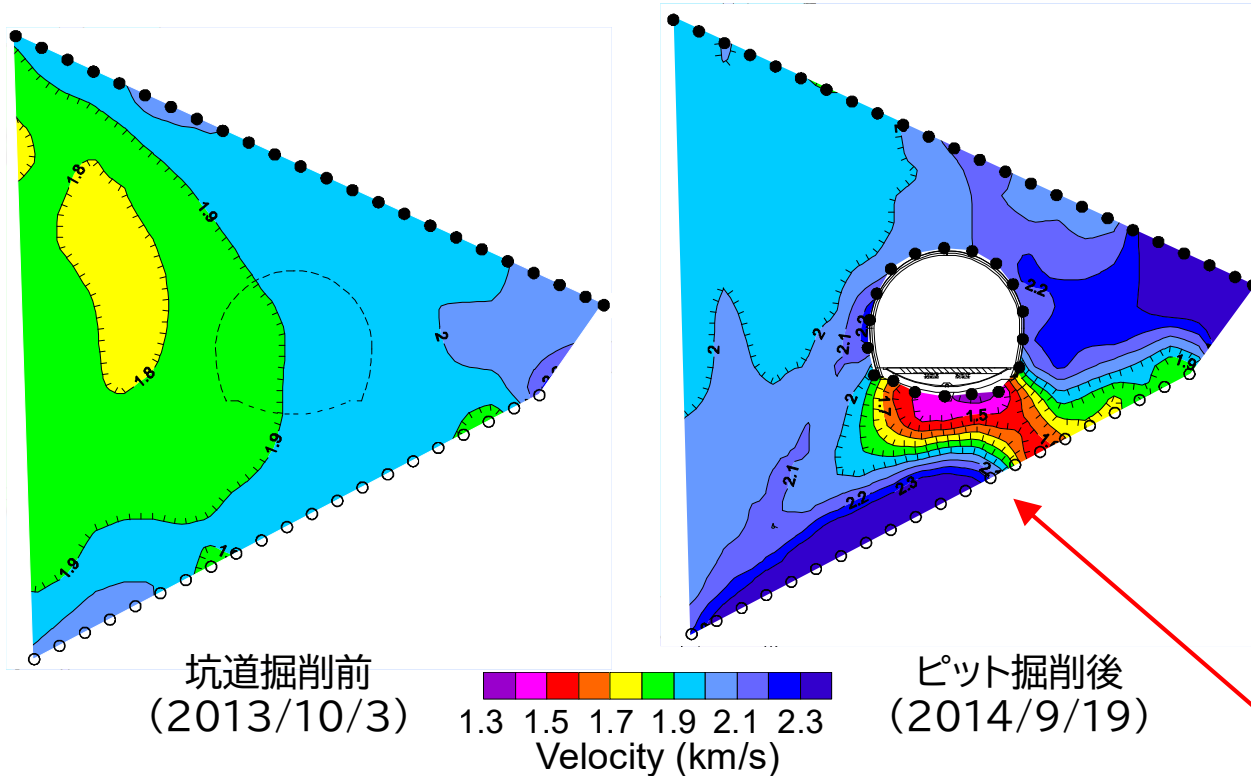
施工時の動画は、CoolRepの動画アーカイブよりご参照ください

URL <https://kms1.jaea.go.jp/CoolRep/videos-and-animations/index.html>

4.2 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

4.2.3 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

坑道掘削の影響調査に関わる調査技術開発



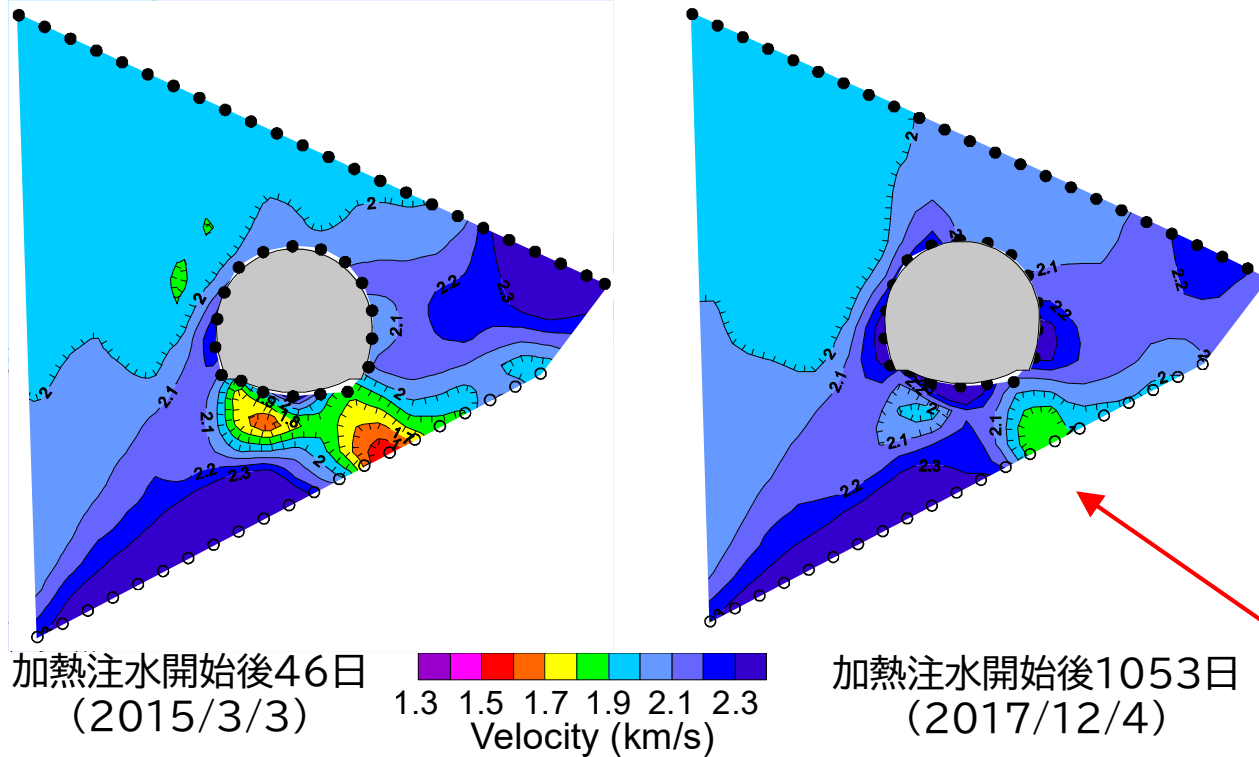
ピット掘削の様子

- 坑道掘削前と坑道および床面にピットを掘削した後に弾性波トモグラフィ調査を実施
- 床面に掘削したピット周辺で、掘削損傷領域と考えられる低速度領域の発生を検知

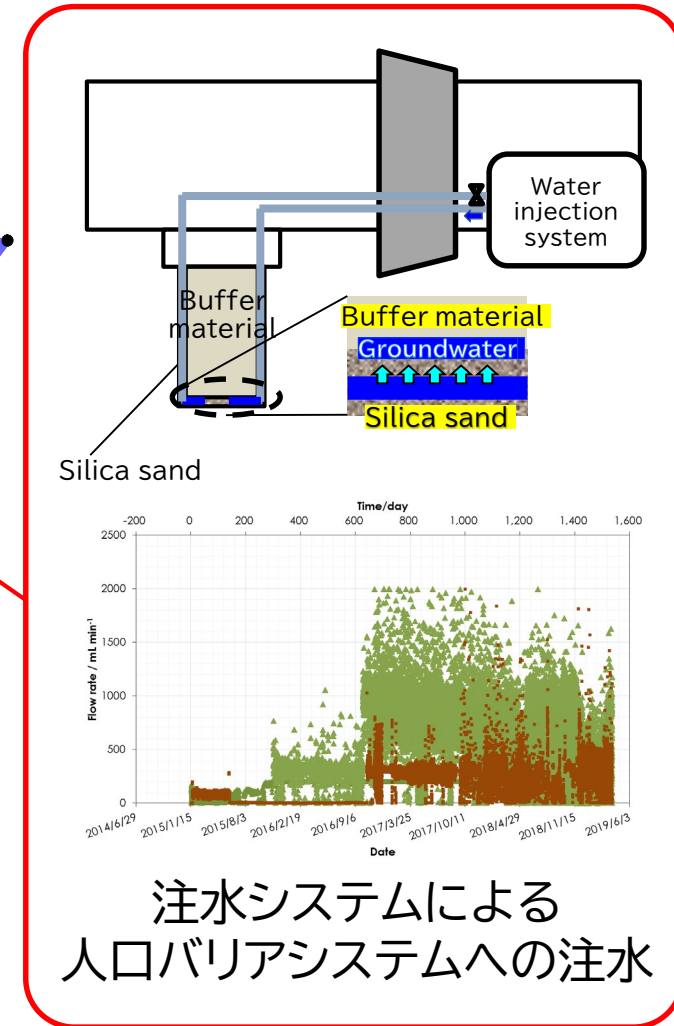
4.2 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

4.2.3 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

坑道掘削の影響調査に関わる調査技術開発



- 坑道の埋め戻し、注水・加熱後も継続して調査を実施
- 緩衝材や埋め戻し材の膨潤圧の発生による周辺岩盤の亀裂の閉塞や、周辺岩盤の再飽和過程によると考えられる弾性波速度の回復を検知



CoolRepR4 コアメッセージ

- 法律で定められた最終処分場の深度(300m以深)までの地下空間を調査・評価し、そこに地下施設を建設・維持できることを実証した
- 廃棄体の定置および坑道閉鎖に必要な工学技術の実際の地質環境への適用性を例示した
- 処分場の建設から坑道埋め戻しに伴う地質環境の変化および人工バリアの状態に関するモニタリング技術の実際の環境への適用性を例示した
- 人工バリアにおける熱-水-応力-化学(THMC)連成現象を評価するための解析コードを改善した
- 断層活動などの地質環境の変化が人工バリアの性能に与える影響を把握するための手法を構築した



実際の処分事業においても実用的に活用可能な技術基盤の整備に大きく貢献した