

第4期中長期計画における取り組みと成果 (概要)

令和7年12月8日

日本原子力研究開発機構
核燃料サイクル工学研究所
東濃地科学センター
幌延深地層研究センター

地層処分研究開発関連の関連拠点



(イメージ図)



瑞浪用地

瑞浪超深地層研究所
(岐阜県瑞浪市)

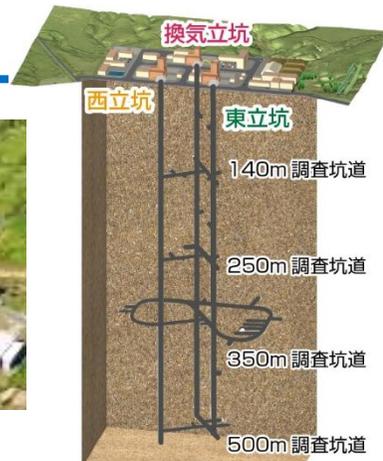
令和元年度をもって研究開発を終了し、地下坑道の埋戻しが完了。



土岐地球年代学研究所
(岐阜県土岐市)



センター全景
(北海道幌延町)



(イメージ図)
深度500mの調査坑道の掘削が完了
(R7.9.4)

幌延深地層研究センター

● 深地層の研究施設計画

工学技術の信頼性向上

安全評価手法の高度化

東濃地科学センター

- 深地層の研究施設計画
- 地質環境の長期安定性に関する研究

深地層の科学的研究

核燃料サイクル工学研究所

(茨城県東海村)



地層処分基盤研究施設(エントリー)

地層処分放射化学研究施設(クオリティ)

- 高レベル放射性廃棄物等の地層処分システムに関する研究開発
- 代替処分オプションの研究開発

工学技術の信頼性向上

安全評価手法の高度化

中長期目標期間における研究開発スケジュール

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	1) 深地層の研究施設計画 ・幌延	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								
	・瑞浪	地下水の環境モニタリング調査								
		研究所周辺の影響調査								
		地上施設の基礎コンクリート等の撤去・用地の整地								
	2) 地質環境の長期安定性に関する研究	調査技術の開発・体系化								
		長期予測・影響評価モデルの開発								
		年代測定技術の開発・高度化								
	3) 高レベル放射性廃棄物等の地層処分システムに関する研究開発	処分システムに関する工学技術の信頼性向上								
		安全評価手法の高度化								
	4) 代替処分オプションの研究開発	使用済燃料直接処分に関する閉じ込め性能に関する評価検討等の拡充・整理								
		その他代替処分オプション（超深孔処分）の成立性に係る技術や情報の調査・整理								
	「総合知」の発言を通じた社会的価値の創出、研究開発成果の発信と国民との相互理解の促進		<ul style="list-style-type: none"> 各種データベースへのデータの追加と公開 CoolRep（ウェブサイトを活用した研究成果の情報発信）の更新 深地層の研究施設の見学・体験などを通じた国民との相互理解の促進 							

※これらは、地層処分研究開発調整会議が策定した「地層処分研究開発の全体計画」と整合している

1) 深地層の研究施設計画（幌延）

中長期計画
(令和4年度～令和10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

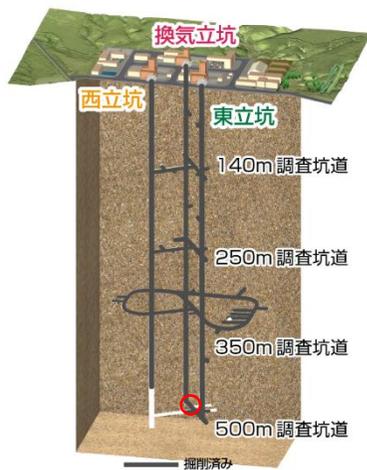


活動の成果（令和4年度～令和6年度）

- 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調査坑道について掘削を進めた。
- 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た。



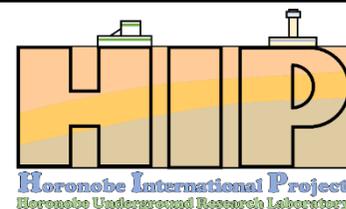
東連絡坑道の貫通
(R7.2.18)



【地下施設イメージ図】

(令和7年3月19日現在)

○：写真撮影場所



幌延での合同タスク会合(2024年6月)

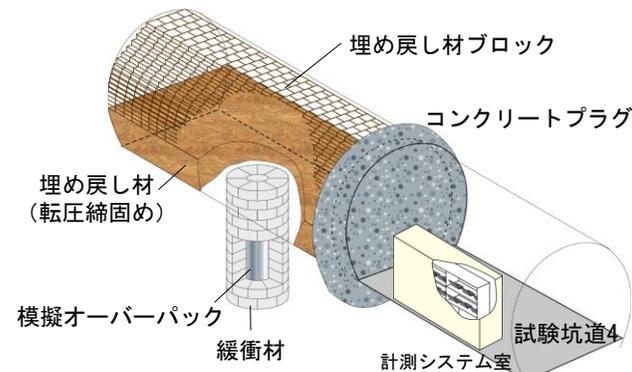
1) 深地層の研究施設計画（幌延）

○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

緩衝材に地下水を浸潤させた場合のデータ（浸潤時・減熱時）を取得し、熱-水-応力-化学連成評価手法を整備。

- 廃棄体からの発熱が収まった状態を模擬した条件でのデータ取得を継続。
- 国際共同研究にて室内試験および原位置試験の各機関の解析結果を比較検証し、解析コードの有効性、さらなる検証の必要性を確認。



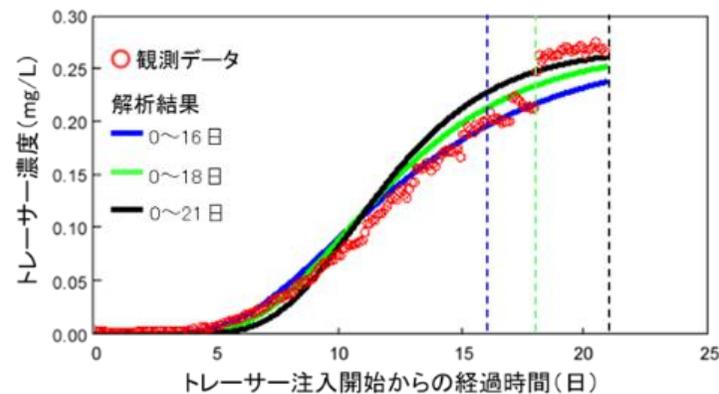
人工バリア性能確認試験の概念図

●堆積岩における物質移行現象の評価手法の整備

掘削損傷領域でのトレーサー試験等を行い、ブロックスケール（数m～100m規模）の評価手法を整備。

- 坑道周辺の掘削損傷領域とブロックスケールの物質移行を評価するためのデータ取得やモデル化手法を提示するとともに、有機物等の関係因子の影響の把握により、総合的な物質移行評価手法を構築。

所期の目標を達成



ブロックスケールを対象としたトレーサー試験結果の再現解析

1) 深地層の研究施設計画（幌延）

○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**
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、品質評価手法を整備。閉鎖技術（プラグ等の埋め戻し方法）を実証。

➤ 搬送定置・回収技術として、状態に応じた除去技術オプションの整理、回収可能性を維持した場合の安全性への影響に関する品質評価手法の提示、埋め戻しや閉鎖システムの性能を担保する設計・施工技術の選択肢の整理。

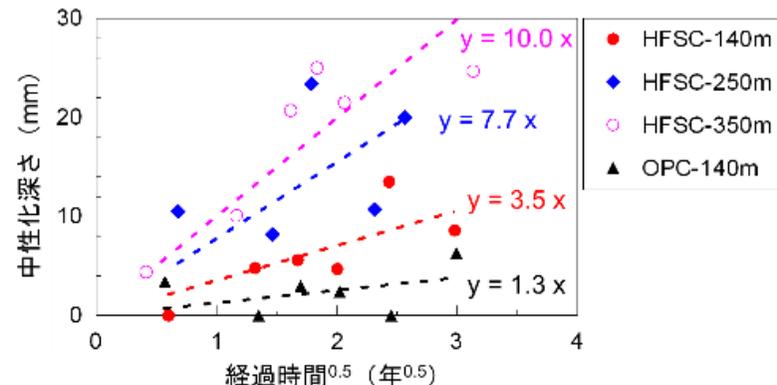
所期の目標を達成

- **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℃超になった際に人工バリアとその周辺岩盤において発生する現象を整理し、上限温度設定の考え方を提示。

➤ 短期的に100℃を超えた場合に緩衝材に生じる変質や人工バリアおよびその周辺に生じる現象を把握し、上限温度設定の考え方を整備。

所期の目標を達成



坑道壁面から採取した吹付けコンクリート試料の中性化深さと経過時間



ヒーター接触部における緩衝材ブロックのひび割れの確認

1) 深地層の研究施設計画（幌延）

○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

これまで研究してきた各要素技術を集約しつつ、一定のルール・基準に基づいた手法の整理（体系化）に向けて4つの課題を設定し、着手。

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

- 水理・物質移行特性, 人工バリアや処分坑道も考慮した物質移行解析
⇒閉じ込め性能の評価手法を体系的に整理

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

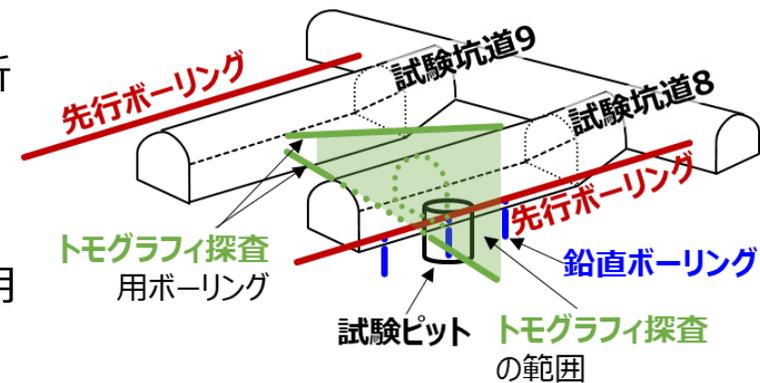
- 深度500mでの原位置試験、湧水抑制対策、ピット掘削等技術の適用
⇒ピットの配置位置や坑道の間隔を設計するために必要な情報とその情報の取得方法を整理
- 深度350mでの実規模スケールの埋め戻しと止水プラグの施工試験
⇒埋め戻し材と止水プラグの設計から施工に至る一連技術の確認

③多連接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

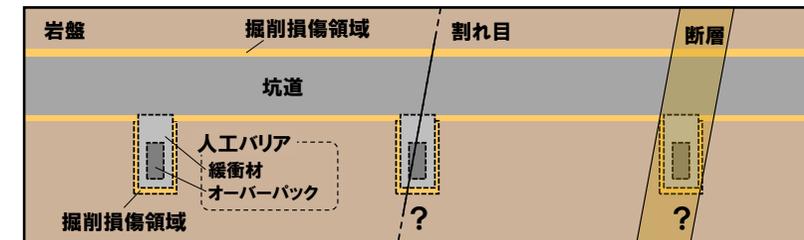
- 原位置調査で得られたデータに基づく評価手法
⇒坑道やピットの施工の際の湧水抑制対策や支保技術の整備
緩衝材流出現象等を評価・抑制する技術の整備

④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

- ピット周辺割れ目の湧水量や掘削損傷領域などの調査・評価手法
⇒実際に幌延で適用した調査・評価技術を体系的に整理



500m試験坑道8、9における原位置調査レイアウト案



廃棄体定置や坑道・ピット配置の考え方の概念図

1) 深地層の研究施設計画 (幌延)

○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

地殻変動が透水性に与える影響を推測するための手法を整備

- 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握、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、水圧擾乱試験による断層の力学的な安定性評価手法の整備を完了。

所期の目標を達成

・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

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、物質移行解析。

- 流動域/低流動域の三次元分布の推定手法、地下水年代等による安定な水理場・化学環境の確認手法等を組み合わせ、地下水の流れが非常に遅い領域の調査・モデル化技術を実証。

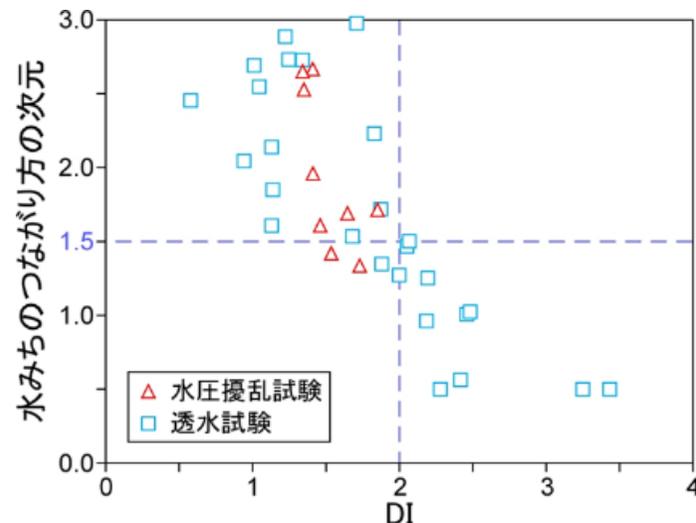
所期の目標を達成

・地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

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。

- 緩衝材や埋め戻し材が掘削損傷領域の力学的・水理学的緩衝能力に与える影響の解析手法を構築。

所期の目標を達成



水圧擾乱および透水試験で認められた水みちのつながり方の次元とDIの関係

1) 深地層の研究施設計画 (瑞浪)

中長期計画 (令和4年度～令和10年度)

「令和2年度以降の超深地層研究所計画」に基づき、環境モニタリング等を実施

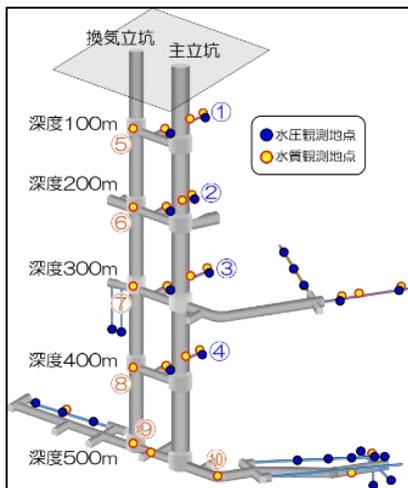


活動の成果 (令和4年度～令和6年度)

地下水の環境モニタリング調査および研究所周辺の環境影響調査を着実に継続・実施し、水質の大きな変化および環境への影響がないことを確認

○地下水の環境モニタリング調査

- 坑道の埋め戻し後の地下水の水圧観測及び水質観測
 - 研究坑道周辺では地下水位が埋め戻しに伴って回復する傾向。
 - 地下水の水質には埋め戻しの前後で大きな変化は認められない。



埋め戻し後の水圧及び水質観測点

○ボーリング孔の閉塞

- 観測を終了したボーリング孔の閉塞の実施
 - 令和4年度閉塞完了 : DH-10
 - 令和5年度閉塞完了 : DH-7、DH-11、MIU-1
 - 令和6年度閉塞完了 : DH-13、DH-15

	R4	R5	R6	R7	R8	R9
DH-2	■	■	■	■	■	■
DH-15	■	■	■	■	■	■
MIU-3	■	■	■	■	■	■
MIU-4	■	■	■	■	■	■
AN-1	■	■	■	■	■	■
MSB-1	■	■	■	■	■	■
MSB-2	■	■	■	■	■	■
MSB-3	■	■	■	■	■	■
MSB-4	■	■	■	■	■	■
MIZ-1	■	■	■	■	■	■
05ME06	■	■	■	■	■	■

■ : 連続観測
 ■ : ボーリング孔閉塞

○研究所周辺の環境影響調査

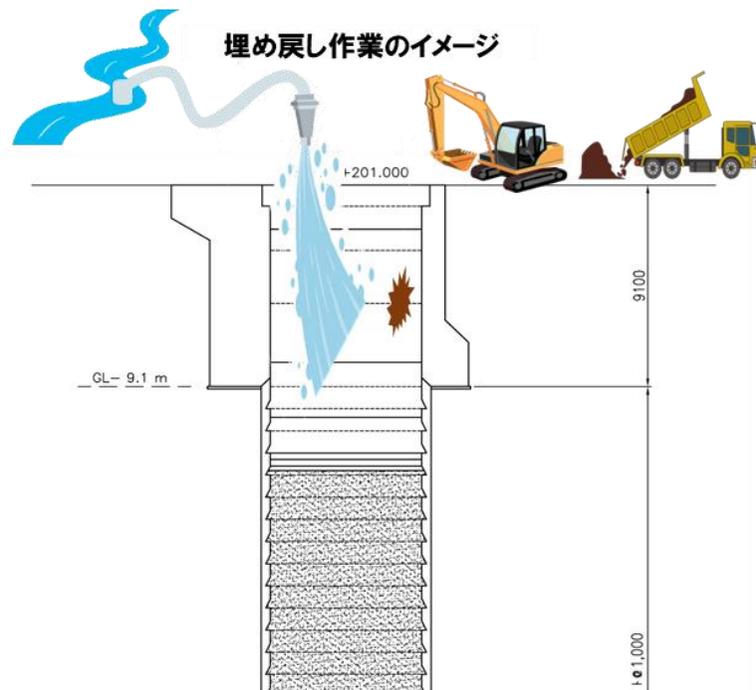
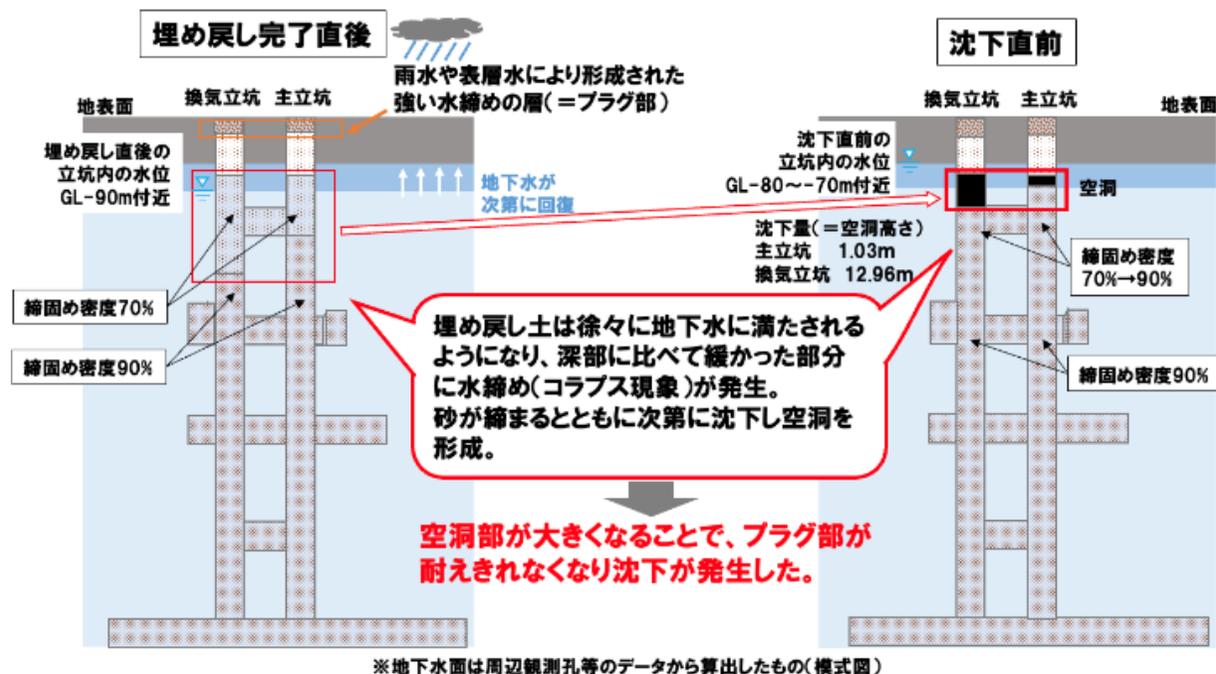
- 河川水等の水質分析及び騒音・振動測定等を継続
 - 問題となる影響を与えていないことを継続的に確認。

地上の観測点におけるモニタリング実施期間 (予定)

1) 深地層の研究施設計画（瑞浪）

○立坑埋め戻し面の沈下について

- 令和5年11月 埋め戻し面の沈下を確認（総沈下量：主立坑12.9m、換気立坑27.7m）
- 令和5年11月及び6年2月に2回の安全確認委員会を開催
沈下の状況、原因の推定及び今後の方針等について説明
- 令和6年 2月～3月 沈下部の再埋め戻しを実施（水締め工法を採用）
 - 再埋め戻し後も継続して埋め戻し面の状況の確認
 - 数十cmの沈下を確認（令和7年9月時点）



沈下原因の推定模式図：浅部でコラプス現象が発生

水締め工法による埋め戻し作業

2) 地質環境の長期安定性に関する研究

中長期計画（令和4年度～令和10年度）

自然現象に伴う地質環境の変化を予測・評価する技術を、地球年代学に係る最先端の施設・設備も活用しつつ整備

活動の成果（令和4年度～令和6年度）

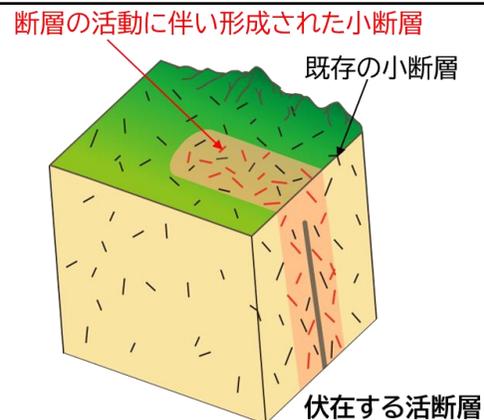
- 地表地形では特定が困難な地下に伏在する活構造を検出するための信頼性の高い手法の提示等の開発
- 断層の活動性や隆起・侵食速度の評価に必要な年代測定技術の開発・整備

○調査技術の開発・体系化

• 断層の活動性に係る調査技術

地質学的手法（小断層解析）によって推定される小断層形成時の応力場に基づき、伏在する活断層の周辺で、その運動に伴って形成されたと考えられる小断層が多く分布する範囲を特定。

➤ 地表地形では特定が困難な地下に伏在する活断層を検出する手法として有効である可能性を提示。

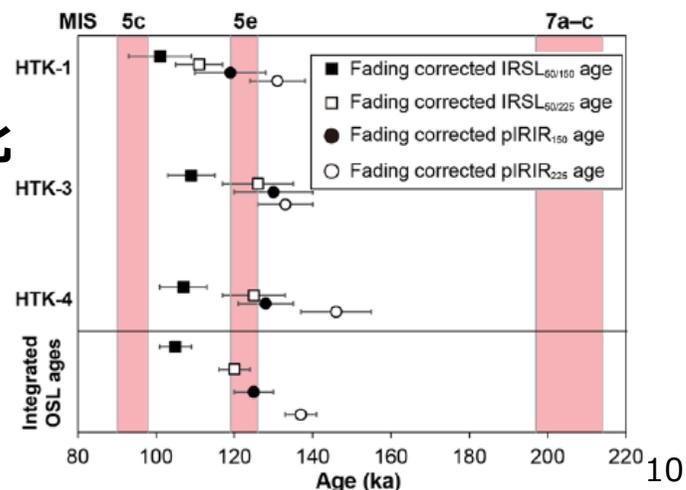


○長期予測・影響評価モデルの開発

• 地形・地質学的情報に基づく隆起・侵食の調査・評価技術の高度化

段丘編年に関する従来手法に代わる手法として、光ルミネッセンス（OSL）法と宇宙線生成核種（TCN）法の適用性を、MIS 5e（約12万年前）まで確認。

➤ 隆起・侵食速度推定のための、従来手法（火山灰層序、放射性炭素等）では年代決定が困難な堆積物に対する新たな手法として有効であることを提示。



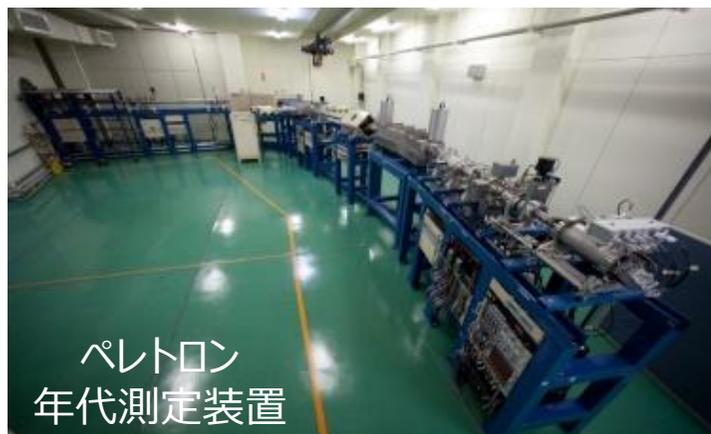
2) 地質環境の長期安定性に関する研究

○年代測定技術の開発

- 地質環境の長期安定性評価における共通の基盤技術として、幅広い年代域（ $10^4 \sim 10^7$ 年）やさまざまな自然現象・試料に対応可能な年代測定手法の開発・整備を継続。

➤着実に手法の整備を進め、断層の活動性、隆起・侵食速度の把握等の調査・評価技術開発に貢献。

- 超小型かつ安価で管理区域の設定が不要な加速器質量分析装置の開発を進め、「結晶表面ストリッパー法」という独自技術の実証に世界で初めて成功。



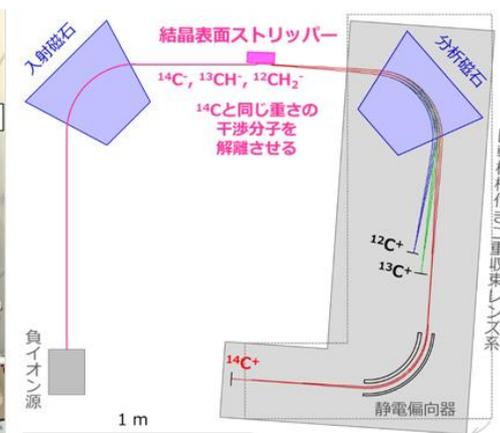
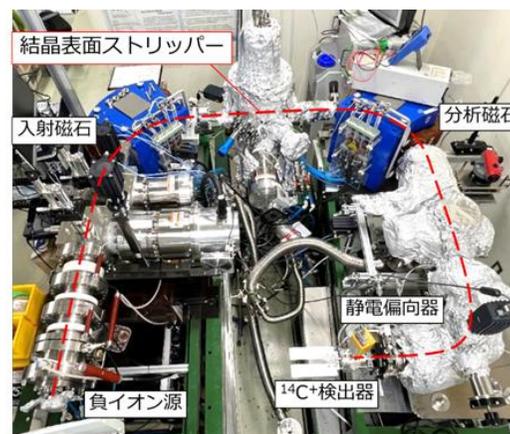
炭素-14, ベリリウム-10, アルミニウム-26,
ヨウ素-129年代測定



ウラン-鉛年代測定



光ルミネッセンス年代測定



開発を進めている超小型加速器質量分析装置

3) 高レベル放射性廃棄物等の地層処分システムに関する研究開発

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）

高レベル放射性廃棄物の地層処分に
係る処分システム構築・評価解析技
術の先端化・体系化



・ 室内試験と原位置試験を組み合わせた岩石中の物質
移行現象の理解、人工バリア挙動の理解及びデータ
ベースの整備・拡充

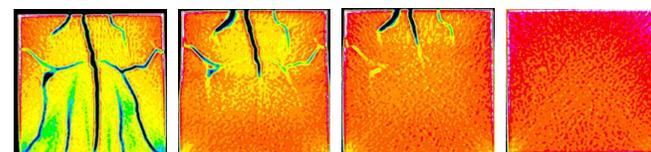
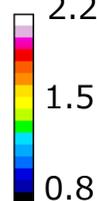
○地層処分システムに関する工学技術の開発

・ **100℃超を含む温度条件下における緩衝材特性の評価**
100℃超の高温条件下で発生した乾燥収縮によるクラック
が、再冠水時に閉塞する状況など、シナリオ構築に資する
ための知見を取得。下部から浸潤が進むと、浸潤過程に対
応するようにクラックは閉塞し、試料全体が飽和し、均一化。

・炭素鋼-ベントナイト相互作用

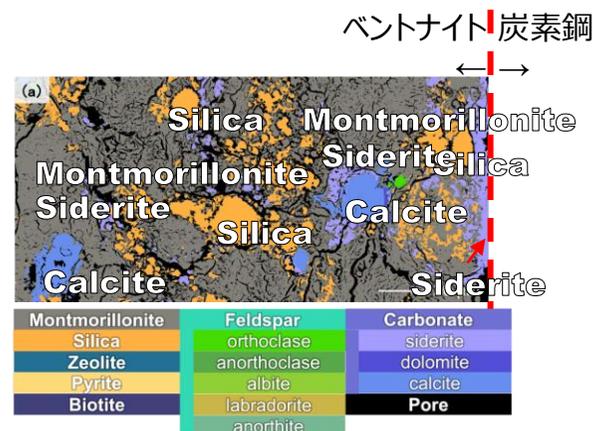
ベントナイト中における炭素鋼の超長期腐食試験試料
（21年間浸漬）を用いた炭素鋼の腐食量評価と炭素
鋼／ベントナイト界面の観察・分析等を実施。炭素鋼の
長期腐食速度と腐食生成物によるベントナイトの変質評
価に資する知見を取得。

湿潤密度
(Mg/m^3)



0h 96h 216h 2040h
初期含水比23% 140℃熱履歴14ヶ月
幌延地下水相当NaCl溶液

模擬地下水湿潤過程の緩衝材のX線CT画像

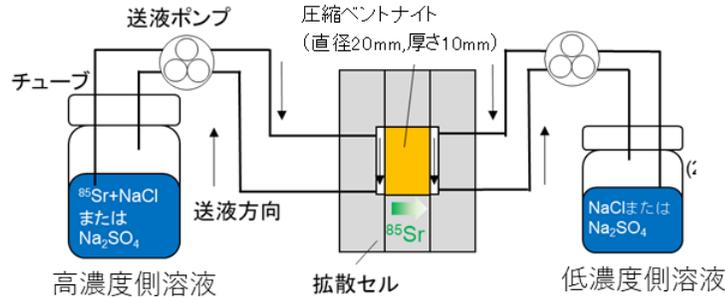


超長期腐食試験試料の鉱物マッピング例
（80℃人工海水、21年間）

3) 高レベル放射性廃棄物等の地層処分システムに関する研究開発

○地層処分システムに関する性能評価研究

- 緩衝材中の核種移行モデル・コロイド透過挙動の評価
複数化学種共存下での拡散評価手法を構築するとともに、緩衝材のカルシウム型化を考慮したコロイドが透過しない条件を提示。



	Na型 Mont.	Ca型 Mont.	クニゲル
0.8	●5.7 ●7.2	●5.7	●5.7
1.2	●5.7 ●8.8	●5.7 ●8.8	●5.7
1.6	▲5.7	▲5.7	●5.7

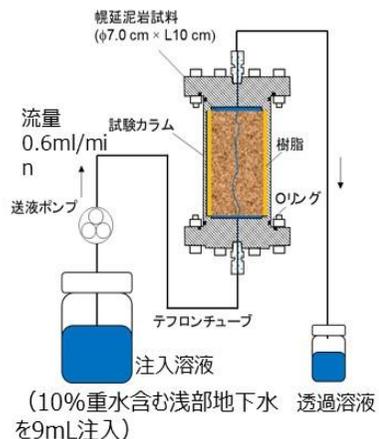
乾燥密度 (g/cm³)
●透過あり ▲透過せず
表内の数値は、コロイドの大きさを示す。単位: nm

複数化学種共存下での拡散試験

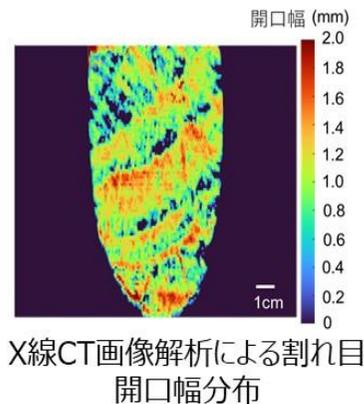
緩衝材のコロイド透過試験の結果

- 岩石中の核種移行モデルの開発

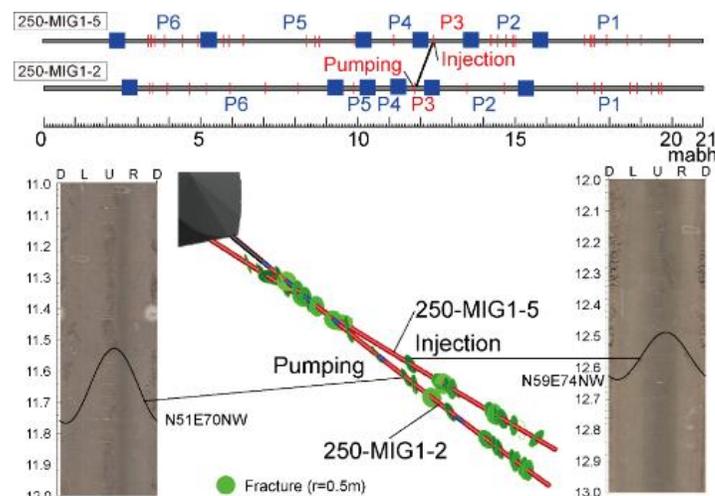
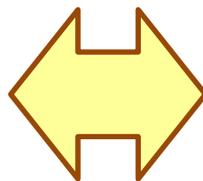
幌延泥岩を対象に室内試験を実施し、原位置試験結果とを組み合わせることで物質移行現象の理解とモデル化を実施。



トレーサー通液試験装置の概要



X線CT画像解析による割れ目開口幅分布



幌延原位置トレーサー試験

室内トレーサ試験室内試験

3) 高レベル放射性廃棄物等の地層処分システムに関する研究開発

○オーバーパックデータベースの更新

- 過年度に取得した、幅広い地質環境条件とその時間的な変遷（過渡期～閉鎖後長期）を考慮した広範な条件における基本特性データを登録し、データベースを更新。

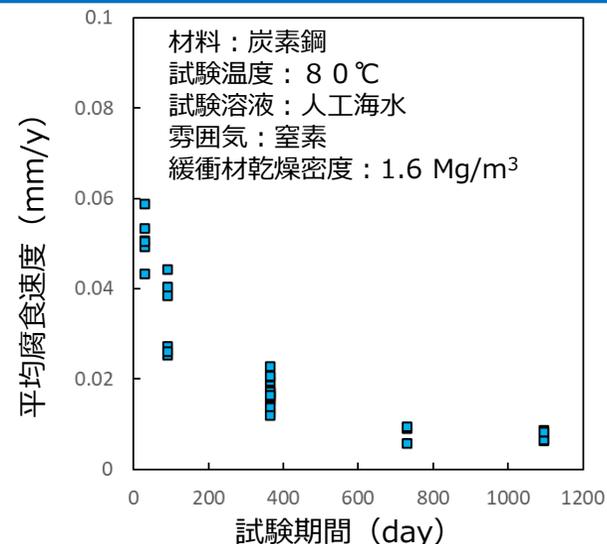
【令和7年3月末時点整備・更新状況】

登録データ数2073件

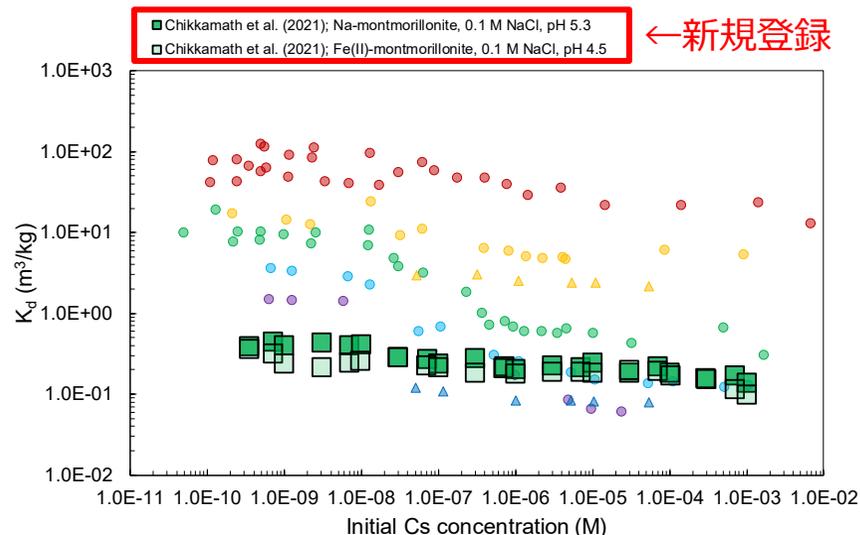
(炭素鋼:1691 銅:349 チタン:33)

○収着データベースの更新

- 収着データベース（JAEA-SDB）の更新に向けて、72の文献から7,538点の K_d データとその信頼度情報を追加するとともに、JAEA報告書を作成し、投稿（公開は令和7年度の見込み）。



平均腐食速度の経時変化



K_d データ信頼度評価の例（Cs対粘土鉱物）

4) 代替処分オプションの研究開発

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）

海外の最新の技術動向調査と代替処分オプションに特徴的な現象に着目した研究を実施



- 直接処分の工学技術、安全評価の技術的基盤の整備・拡充
- その他代替オプションとしての深孔処分に関する知見の調査・整理

○使用済燃料の直接処分に関する研究開発

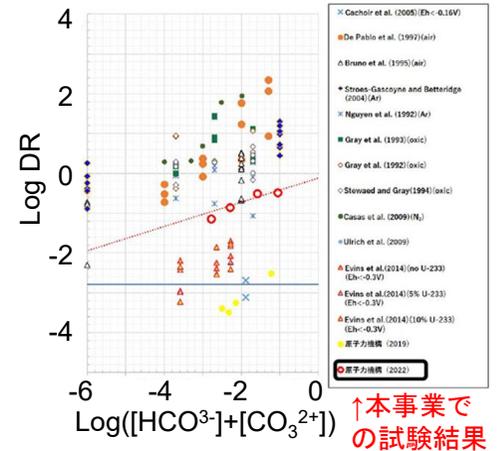
• 使用済燃料からの核種放出挙動評価

評価に使用されるパラメータである瞬時溶出率とマトリクスの長期溶解速度について、試験を行いデータを取得。

➤国内の地下環境で重要な炭酸影響について、長期的な溶解速度が炭酸濃度に依存することを確認（右図）。

• 処分後の臨界安全評価手法の高度化

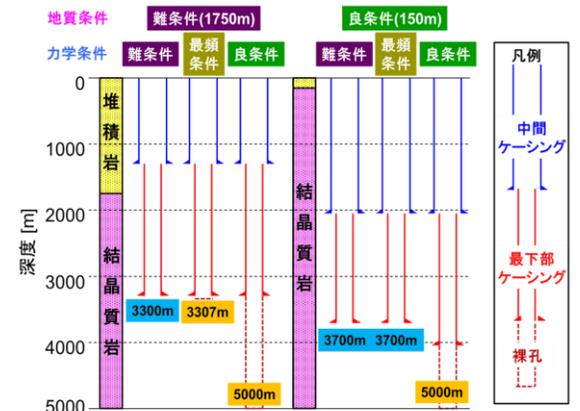
想定される材料の状態変化をモデルに取り入れることで過度な保守性を回避。



○その他代替処分オプションに関する研究開発

• 深孔処分相当深度（数千m）までの掘削、廃棄体の定置、深孔の閉鎖など、HLW地層処分や使用済燃料直接処分とは異なる技術の現状や課題の調査（海外での検討事例等を参照）。

➤深孔処分相当の孔径と深度での掘削等について、実績や知見の不足部分を把握し、掘削可能深度を予察的に推定。



研究開発成果の創出

中長期計画（令和4年度～令和10年度）

- 技術基盤の整備提供、地層処分事業への貢献
- 技術協力/共同研究を通じた最先端技術/知見の取得・提供
- 技術力の強化・人材育成への貢献
- 施設の見学、ウェブサイトの活用による成果情報の公開、国民との相互理解促進

活動の成果（令和4年度～令和6年度）

- 論文投稿等に加え、プレス発表、ウェブサイト活用等による積極的な成果発信
- NUMOとの共同研究を通じた技術の継承
- 大学等との連携・協力による革新的な成果の創出
- 見学者の受入れやイベントを通じた国民との相互理解促進
- 科学的特性マップ作成への貢献、意見交換会への協力

○ 処分事業等に資する成果の創出、成果情報の発信

- 研究開発成果の国内外の学会での発表、研究開発報告書類の刊行、論文投稿・掲載。
- 研究成果の一部については、プレス発表を行い、積極的な成果の普及に尽力。

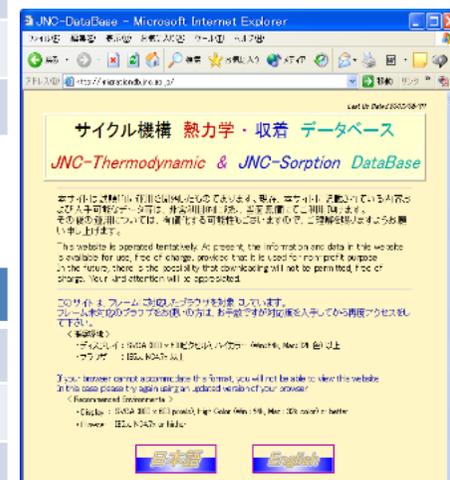
年度	学会等	報告書類	論文	プレス発表	学会等受賞
R4	121	19	34	3	2
R5	116	13	38	2	2
R6	152	10	53	6	2

※学会等、報告書類、論文については、参考資料5に成果リストとして取りまとめた。

- 機構HPで公開・提供している、核種移行に関するデータベースのデータ拡充。

データベース名	件数
オーバパック	2,073
緩衝材基本特性	2,219
グラウト	203 (材料) 215 (施工)

データベース名	件数	文献数
熱力学	2,669	
収着分配係数	79,072	852
拡散係数	5,013	286
ガラス溶解	23,288	237



他機関との連携・協力

○ NUMOへの積極的な技術の継承と人材育成

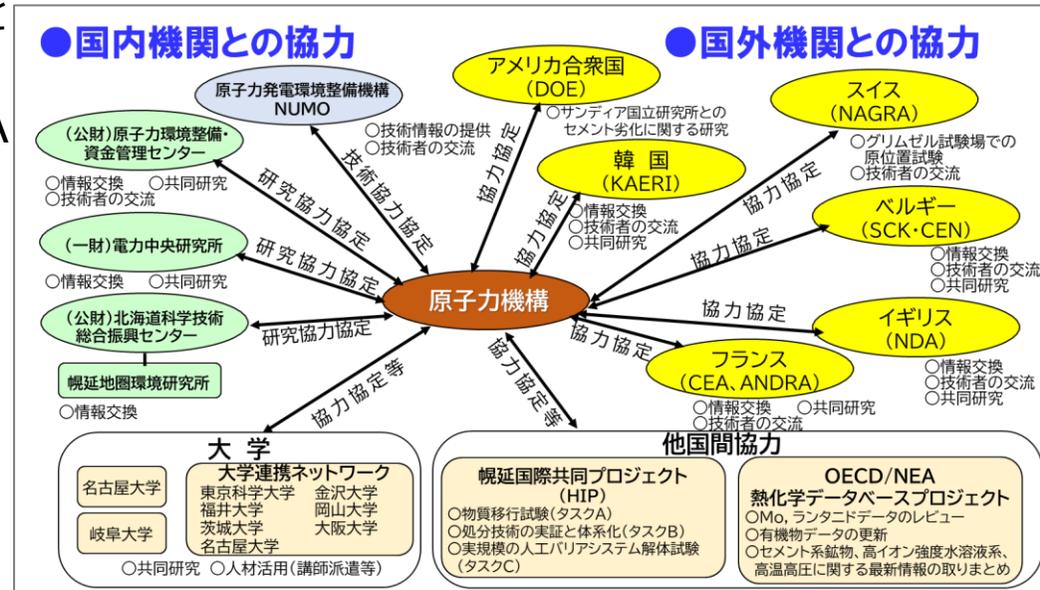
- NUMOとの共同研究の枠組みで、H27年度より、NUMOの技術者を受入れ、機構が保有する施設・設備（東海）を活用して作業を共同で行うことにより、研究開発に関する知識・ノウハウなどを継承。
【受入人数】 R4：8名、R5：11名、R6：10名
➤NUMO技術者の現場作業経験の蓄積及び技術力向上に貢献。



JAEAの施設で実験作業に従事するNUMO技術者（東海 クオリティ）

○ 国内外の大学・研究機関等との連携・協力の推進

- 研究資源を有効に活用するために、他の研究開発機関等との共同研究を積極的に進め、研究成果を相互補完的に活用。
- 二国間協力の枠組み（米国DOE、スイスNAGRA等の6か国7機関）や、多国間での国際共同プロジェクト（幌延国際共同プロジェクト、OECE/NEA熱力学データベースプロジェクト、DECOVALEX）を活用し、世界最先端の技術レベルで研究開発を実施するとともに、これら協力・連携を通じて、研究者・技術者の能力向上を実現。
➤効率的かつ効果的な研究開発成果の創出、最大化を実現。



国民との相互理解促進



幌延) ゆめ地創館

○ 国民との相互理解促進のための活動の展開

- 施設見学の実施
- 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。

拠点／見学者数	合計	R4	R5	R6
東濃	571	73	258	240
幌延 (地下)	2,530	1,429	511	590
幌延 (地上)	17,252	4,767	6,479	6,006
核サ	1,108	64	519	525

➤ 広報活動等を通じ、地層処分に関する相互理解を促進。

[相互理解促進に関する主な活動]

- 【核サ】「令和4年度地層処分技術に関する研究開発報告会」(R4.9)
「青少年のための科学の祭典全国大会」(R4.7,R5.7,R6.7)
- 【東濃】サイエンスカフェ (16回開催)
東濃地科学センターセミナー (R5.3,R6.2)
JAEA技術サロン (R4.11, R5.2, R5.11, R6.2)
地層科学研究 情報・意見交換会 (R6.2)
土岐市主催「ブック＆サイエンスフェア」(R4.11, R5.9, R6.11)
多治見ビジネスフェア「き」業展に出展 (R5.1, R6.1, R7.1)
瑞浪美濃源氏七夕まつりに出展 (R5.8, R6.8)
- 【幌延】地域の皆様方への説明会・報告会、札幌説明会・報告会
(R4.4,R4.7, R5.4, R5.7, R5.8, R6.4, R6.7: 12回開催)
「おもしろ科学館inほろのべ」(R4.12, R5.7, R6.7)
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)



核サ) 青少年のための科学の祭典2023全国大会



東濃) サイエンスカフェ



幌延) 令和4年度調査研究成果地域の皆様方への報告会



幌延) マンガで探検(幌延町との合同企画)

人材育成・総合知への取組

○ 人材育成の取り組み

- 夏期休暇実習生、特別研究生、学生実習生の受け入れ：56名
- 文科省「国際原子力人材育成イニシアティブ事業」
(幌延地下施設での実習：51名、核サ研での核種移行評価実習:17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13名講師派遣
- 日本原子力学会バックエンド部会主催の週末基礎講座にて地層処分研究の概要について講演
- 東京大学専門職大学院や大学連携ネットワークでの講義・実習

➤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

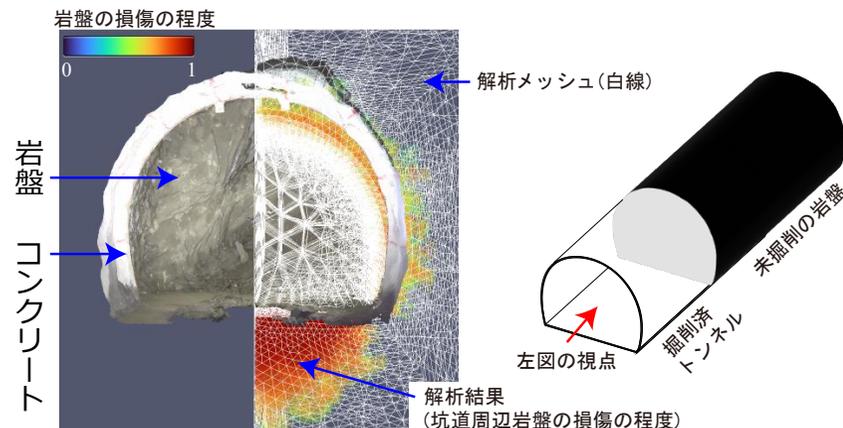
○ 地層処分技術のDX化に向けた取組

- 地下施設のデジタルツイン化に向けた可視化技術の開発
- マルチフィジックスシミュレーション技術の開発

➤実際には目に見えない坑道壁面の奥にある岩盤中の掘削損傷領域の広がり、シミュレーション技術を活用し、遠隔地から仮想現実的に把握できることを確認。



「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（幌延）



地下坑道内の視覚情報と掘削損傷領域の進展解析結果の重ね合わせイメージ
(坑道内の視覚情報：大成建設提供)

自己評価結果（1）

評価の観点に対する理由

評定

（1）研究開発の進捗状況の妥当性

- ・高レベル放射性廃棄物等の地層処分研究開発は、第4期中長期計画に従った研究開発を着実に進め、実施主体が行う地質環境調査、処分システムの設計・安全評価、国による安全規制上の施策等のための技術基盤の整備を行った。
技術基盤の整備の例)
 - ・処分場閉鎖に関する設計手法や技術オプションを提示※1-1
 - ・地下に伏在する活断層の分布を把握する手法を提示※1-2
 - ・国内最長の21年間に及ぶ炭素鋼－ベントナイト腐食試験により、長期腐食速度等の知見を収集※1-3
- ・「深地層の研究施設計画検討委員会」における中間評価として以下の結果を頂いた※1-4。
 - ・幌延深地層研究計画については、計画通りに研究を進め、期中の目標が概ね達成できた。
(R6年度までの成果取りまとめ、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)
 - ・超深地層研究所計画については、計画に沿って事業が適切かつ安全に進められている。
(地下水の環境モニタリング、ボーリング孔の埋め戻し 等)
- ・幌延の地下施設整備については、R5～R7年度の計画で深度500m調査坑道を進めており、無事故・無災害で施設整備を進めた※1-5。また、深度500m調査坑道での研究を開始した。
- ・幌延国際共同プロジェクト(HIP)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。※1-6

■ 妥当
□ 要改善

上記より、研究開発は計画に沿って実施されており、その進捗状況は妥当であると自己評価する。

※1-1：資料39-2 P5、参考資料1 P9

※1-2：資料39-2 P10、参考資料3 P3,P13

※1-3：資料39-2 P12、参考資料4 P7

※1-4：資料39-3 P11、参考資料1 P18～24,P31、参考資料2

※1-5：参考資料1 P25

※1-6：参考資料1 P27～30

※個別課題の進捗については、本資料の30ページ以降（別紙）又は資料39-4（13ページ以降）をご参照下さい。

自己評価結果 (2)

評価の観点に対する理由	評定
<p data-bbox="84 248 1245 287">(2) 情勢変化に対応した研究開発の目的・目標、進め方の見直しの必要性</p> <ul data-bbox="68 351 1833 654" style="list-style-type: none"><li data-bbox="68 351 1833 479">・地層処分研究開発は、経済産業省の主導により設置された「地層処分研究開発調整会議」において策定された「<u>地層処分研究開発に関する全体計画</u>」と整合的なものとなっており、<u>研究開発の計画は国の方針や原子力機構を取り巻く状況を適切に踏まえている</u>※2-1。<li data-bbox="68 479 1833 568">・機構内部署や国内外の研究機関との研究協力を通じて、<u>最新の知見の反映や他分野との連携</u>※2-2を図りつつ適切に研究開発を進めている。<li data-bbox="68 568 1833 654">・上記より、現在の研究進捗や情勢を踏まえると、<u>研究開発の目的・目標は妥当であり、進め方の見直しは必要ないと自己評価する。</u> <p data-bbox="68 719 457 753">※2-1：資料39-1 P14</p> <p data-bbox="68 762 576 891">※2-2：資料39-2 P19 参考資料1 P27～P30 参考資料4 P19</p>	<p data-bbox="1839 586 1984 668">■ 妥当 □ 要改善</p>

自己評価結果 (3)

評価の観点に対する理由

評価

(3) 効果・効用 (アウトカム) の暫定的確認

(第4期中長期目標期間 (R4~10年度) のうち、R4~6を対象とした中間評価のため、「暫定」としています。)

①地層処分事業への貢献

得られた研究開発成果は、処分事業における概要調査や安全評価、閉鎖技術等に反映可能^{※3-1}であるとともに、経済産業省の地層処分技術ワーキングで取りまとめられた「文献調査段階における評価の考え方」に成果が引用^{※3-2}された。

これらの研究開発の実施に当たっては、大学や企業、国内外の研究機関との研究協力も踏まえて実施した。特に、幌延深地層研究センターを国際的な拠点とした研究協力の枠組みを構築し、原子力機構の他、国内外の10機関が参加する幌延国際共同プロジェクト (HIP) を立ち上げて試験計画についての議論、原位置試験状況の確認などを実施^{※3-3}した。また、国際共同プロジェクト (DECOVALEX) においては、幌延での人工バリア性能確認試験のデータを用いた熱、水理、力学、化学連成解析コードの検証を行い、得られた知見を整理した上で、複数の国際機関の解析結果を比較・検討し、変形を伴う緩衝材の挙動の解析評価の課題を明らかにした^{※3-4}。

これらから、地層処分事業に貢献できていると自己評価する。

※3-1 : 参考資料1 P7~13ほか
参考資料3 P13~14ほか
参考資料4 P6~23ほか

※3-2 : 参考資料3 P16, 17

※3-3 : 参考資料1 P27~30

※3-4 : 参考資料1 P7

妥当
 要改善

自己評価結果（4）

評価の観点に対する理由	評価
<p>(3) 効果・効用（アウトカム）の暫定的確認 (第4期中長期目標期間（R4～10年度）のうち、R4～6を対象とした中間評価のため、「暫定」としています。)</p> <p>②他分野への貢献 得られた研究開発成果は、地層処分分野のみならず、下記のように<u>社会課題の解決にも反映可能である。</u> 例)</p> <ul style="list-style-type: none">・<u>地震後の地下岩盤亀裂の急速シーリングに成功（世界初）</u><ul style="list-style-type: none">→<u>岩盤中の湧水を抑制するコンクリーション化剤</u> <u>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にも期待</u>・湧水の減少速度のメカニズム解明や、岩盤に作用する力の推定技術<ul style="list-style-type: none">→大規模地下構造物の建設や維持管理・新しい超小型加速器質量分析技術<ul style="list-style-type: none">→地質学、考古学、文化財学等の様々な学術分野などへの応用・火山の評価や伏在する活断層の把握手法<ul style="list-style-type: none">→火山や地震の防災・減災のためのハザードマップ作成・地下の微生物コミュニティから地下環境の長期安定性を推定<ul style="list-style-type: none">→水素やメタンなどのエネルギー開発や、バイオレメディエーション（生物の代謝機能を用いた環境浄化）を活用した地下水汚染などの環境問題の解決に貢献できる可能性 <p><u>これらの成果は、いずれもプレスリリースを実施しており、学術誌のみならず広く社会にも発信し、マスメディアにより報道されるとともに、社会実装に至った事例もある</u>※3-5。</p> <p>以上のことから、地層処分事業以外の社会課題の解決にも貢献できたと自己評価する。</p> <p>※3-5：参考資料1 P32 参考資料3 P13 参考資料4 P33</p>	

自己評価結果（5）

評価の観点に対する理由	評定
<p>(3) 効果・効用（アウトカム）の暫定的確認 (第4期中長期目標期間（R4～10年度）のうち、R4～6を対象とした中間評価のため、「暫定」としています。)</p> <p>③成果の情報発信、アウトリーチ活動</p> <ul style="list-style-type: none">・研究開発成果は、国内外の学会発表、報告書類の刊行、論文投稿・掲載に加え、WebやSNS、You Tubeを活用した情報発信や、成果報告会、プレス発表、地域の方々への説明会や報告会等を行った。積極的な成果の普及に努めることで、<u>地層処分の技術基盤の整備・提供に加え、他分野への展開を図るための活動を着実に進めた。</u> <p>論文発表：125件 プレスリリース：11件 この他、資料39-2 P16、17など</p> <p>・幌延、東濃や核サ研の各研究施設では見学者の受け入れを積極的に行っており、<u>見学後や説明後に地層処分技術に関する理解が深まったなどの意見をいただいている。</u></p> <p>資料39-2 P18 東濃：571名 幌延（地下）：2,530名 幌延（地上）：17,252名 核サ研：1,108名</p>	

自己評価結果（6）

評価の観点に対する理由	評定
<p>（3）効果・効用（アウトカム）の暫定的確認 （第4期中長期目標期間（R4～10年度）のうち、R4～6を対象とした中間評価のため、「暫定」としています。）</p> <p>③成果の情報発信、アウトリーチ活動</p> <p>・一般の方に地層処分について興味や関心をもってもらう活動として、科学実験や工作実験教室の開催や、サイエンスカフェ、講師派遣による講演、可搬型の人工バリア模型による展示・説明、自治体との協力による研究紹介マンガ制作等を実施した。これらの取組を通じて、多様な年齢層に対応して分かりやすい等の評価を頂いた。</p> <p>資料39-2 P18 参考資料1 P33 参考資料3 P14 参考資料4 P34</p> <p>・最新のデジタル技術を活用して、坑道掘削した周辺岩盤中の割れ目など見えない領域を「見える化」するため、大学との研究協力を通じて研究開発を進めている。また、施設を訪問できない方向けに、幌延の地下施設およびゆめ地創館見学を疑似体験できる3Dコンテンツをウェブに掲載した。</p> <p>資料39-2 P18</p> <p>上記①～③より、<u>研究開発成果を適切に発信して処分事業や社会課題解決に反映できるように成果の最大化を図りつつ、様々な分野やツールを用いて多様な「知」を集約して総合知の観点で地層処分の理解促進に貢献できたことから、効果・効用は現時点で妥当と自己評価する。</u></p>	

自己評価結果（7）

評価の観点に対する理由	評定
<p>（4）研究資金・人材等の研究開発資源の再配分の妥当性</p> <p>・研究資金については、運営費交付金が縮減され厳しい状況である中、資源エネルギー庁委託事業等の外部からの研究資金の積極的な導入を進めてきた。また、国内外との共同研究等により、外部の研究資源を活用することで効率的な成果の創出を行っている。</p> <p>補足) 運営費交付金：約40億円/年</p>	<p>■ 妥当 □ 要改善</p>

自己評価結果 (8)

評価の観点に対する理由

評価

(5) その他

○人材育成に関する活動等

人材育成として、東京大学大学院工学系研究科原子力専攻(専門職大学院)および連携大学院での講義、夏期休暇実習生や特別研究生の受け入れを定期的に行って地層処分研究開発に興味を持ってもらい、原子力機構への就職に至った事例もある。

また、文部科学省国際原子力人材育成イニシアティブ事業（オープン教材の作成・活用による実践的バックエンド教育）への協力等を行い、本事業に参加した学生が幌延センターでの就職に繋がり、人材育成が目に見える形での成果として現れた。

原環センターが主催する国内の地層処分に係る技術者を対象とした「人材育成セミナー」に各年とも講師を派遣し、我が国における地層処分の技術向上に貢献した。

さらに、NUMOとの共同研究の枠組みでNUMOの若手技術者を東海の研究施設に受入れる等、実施主体の人材育成や技術継承にも貢献するとともに、国際機関が主催するセミナーの開催や国外の大学院の講義・実習の受け入れなど国外の人材の育成にも貢献した。

■ 妥当
□ 要改善

夏期休暇実習生、特別研究生、学生実習生の受け入れ：56名

NUMO技術者受入れ：延べ29名

資料39-2 P19

参考資料1 P34

参考資料3 P15

参考資料4 P34

自己評価結果 (9)

評価の観点に対する理由	評定
<p>(5) その他 ○今後の課題</p> <ul style="list-style-type: none">・人材確保、技術継承 今後の地層処分研究開発を担う人材の確保が課題である。夏期休暇実習生や特別研究生等の制度を活用して、機構での研究経験を通じて地層処分に関心をもった人材の獲得を目指すとともに、新たな大学や学部の実習生制度等について呼びかけていく。 また、ボーリング調査技術等これまで得られた調査技術をどのように継承していくかも課題であり、ノウハウも含めて報告書に記載するとともに、ウェブレポートシステムであるCoolRepに整備する。・予算獲得 運営費交付金が厳しい状況である中、外部資金を活用して効率的に研究開発を実施している。 今後も研究費を獲得するため、積極的な成果発信を継続するとともに、新たな連携による新規外部資金を模索する。・機構内外における他分野との連携 地層処分研究開発成果は、他分野にも反映・適用できる内容もある。機構として、成果のユビキタスな展開にも取り組む方針を掲げており、今後も機構内外における他分野との連携を通じて社会実装につなげていくことが、地層処分の理解促進にも貢献できると考えている。成果を発信してシーズを打ち出しつつ、他分野との連携に向けた視野の醸成が課題である。	

自己評価結果（10）

評価の観点に対する理由	評定
<p>(1)～(5)の総合評価</p> <ul style="list-style-type: none">・中長期計画に従った着実な研究開発を進め、地層処分技術の信頼性向上に寄与するとともに他の分野への科学的・技術的貢献が期待できる顕著な研究開発成果を創出した。研究開発の実施に当たっては、事業の受託、共同研究等を積極的に進め、これらを相互補完的に活用することで、全体として効率的かつ効果的な成果の創出、最大化を図った。・共同研究を活用したNUMOの技術力強化、深地層の研究施設等の活用に加えて機構内外主催のイベント等により国民との相互理解促進や人材育成を積極的に進めるなど、研究開発成果の最大化の観点から顕著な成果を得た。	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> S<input checked="" type="checkbox"/> A<input type="checkbox"/> B(標準)<input type="checkbox"/> C<input type="checkbox"/> D

(別紙)

自己評価結果 [1) 研究開発の進捗状況の妥当性]

- **幌延深地層研究計画**
- **超深地層研究所計画**
- **地質環境の長期安定性研究**
- **高レベル放射性廃棄物等の地層処分システムに関する研究開発及び代替処分オプションの研究開発**

(1) 研究開発の進捗状況の妥当性

1) 深地層の研究施設計画 幌延深地層研究計画 (1/4)

評価の観点に対する理由

幌延深地層研究計画

(中長期計画)

幌延深地層研究計画(堆積岩:北海道幌延町)については、調査・研究を委託や共同研究等により重点化しつつ着実に進める。同計画では、「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に基づき、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及び地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証を進める。研究の実施に当たっては、稚内層深部(深度500m)に坑道を展開して研究に取り組むとともに、更なる国内外の連携を進め、研究開発成果の最大化を図る。これらの研究課題については、目標期間を目途に取り組み、その上で、国内外の技術動向を踏まえて、地層処分の技術基盤の整備の完了が確認できれば、埋め戻しを行うことを具体的工程として示す。

(成果のまとめ)

以下の項目の番号は、【参考資料1】に示した番号と対応している。

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

・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

⇒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

1.2 物質移行試験

・掘削損傷領域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

⇒地層処分の安全評価における掘削損傷領域やブロックスケールを対象とした放射性核種の移行評価手法に反映可能

実際の処分環境における有機物・微生物・コロイドの特性評価手法や放射性核種の移行への影響評価手法に反映可能

(1) 研究開発の進捗状況の妥当性

1) 深地層の研究施設計画 幌延深地層研究計画 (2/4)

評価の観点に対する理由

○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

- ・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を整備
- ・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、設計フローを提示
- ・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

⇒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

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

- ・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

⇒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

○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

- ・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

⇒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

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

(1) 研究開発の進捗状況の妥当性

1) 深地層の研究施設計画 幌延深地層研究計画 (3/4)

評価の観点に対する理由

○処分概念オプションの実証(続き)

3.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

- ・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

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

- ・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に向け、4つの課題を設定し、それぞれの目標や計画を具体化した
- ⇒令和6年度から、深度500mの調査坑道にて原位置試験を開始しており、幌延国際共同プロジェクトなども活用し、地層処分に関する技術基盤の整備を進めていく。

4. 地下施設の整備

- ・令和4年度から深度500mに向けた掘削の準備を開始し、令和5年度から深度350mの調査坑道の拡張、東立坑、換気立坑、西立坑および深度500mの調査坑道の掘削を実施
- ・令和6年度末現在の進捗は、深度350mの調査坑道の拡張は完了、東立坑および換気立坑が深度500mに到達しており、西立坑は深度472m、深度500mの調査坑道は112.9m
- ・令和7年9月には坑道の掘削を無事故・無災害で完了し、現在は仕上・設備工事を実施しており、令和7年度中に地下施設の整備を完了する予定

⇒今後は、深度500mの調査坑道を活用し、「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」の研究開発を進める。

(1) 研究開発の進捗状況の妥当性

1) 深地層の研究施設計画 幌延深地層研究計画 (4/4)

評価の観点に対する理由

5. 幌延国際共同プロジェクト(HIP)について

- ・フェーズ1(令和4年度後半～令和6年度)には、原子力機構の他、国内外の10機関が参加
- ・管理委員会、現地会合を行って研究の進捗や今後の試験計画についての議論、原位置試験状況の確認などを実施
- ・令和6年度にはフェーズ1の成果をNEAの報告書として取りまとめ(令和7年11月にWebで公開、幌延深地層研究センターでもプレス発表を実施)
- ・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。また、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)

⇒ 今後は、フェーズ2(令和7年度～令和10年度)での取り組みを通じて、令和2年度以降の幌延深地層研究計画における成果の最大化を図り、地層処分における技術基盤の整備を進めていく。

以上のように、令和2年度以降の幌延深地層研究計画(令和4年度～令和6年度)については、全体として計画通りに研究を進め、個別課題の成果を取りまとめるとともに、深度500mの調査坑道を整備しつつ国際プロジェクトの枠組みを活用し、体系化に関する研究を推進するなど、期中の目標を達成できた。今後は、幌延国際共同プロジェクトにおける国際協力の強化等を通じて、人工バリア性能確認試験の解体調査等を着実に実施するとともに、体系化研究として、一連の評価手法を実証することで、技術基盤の整備が着実に進める。上記を通じて、処分事業に有用と考えられる新たな知見や技術を提示し、成果を学術論文として発表するなど、顕著な成果が創出できたと自己評価する。

(1) 研究開発の進捗状況の妥当性

1) 深地層の研究施設計画 超深地層研究所計画

評価の観点に対する理由

超深地層研究所計画

(中長期計画)

「令和2年度以降の超深地層研究所計画」に基づき、有効性を確認したモニタリングシステムを用いた地下水の調査と地上観測孔による地下水調査を環境モニタリング調査として、坑道の埋め戻し後5年程度継続して実施する。地下水の環境モニタリング調査終了後は速やかに、地上施設の基礎コンクリート等の撤去及び地上から掘削したボーリング孔の埋め戻し、閉塞を行う。その後、用地の整地を行い、全ての作業を完了する。また、坑道埋め戻し及び地上施設の撤去等の作業に伴う研究所周辺への環境への影響の有無を確認するため、研究開始当初より実施している河川水等の水質分析及び騒音・振動測定といった環境影響調査を継続して実施する。

(実施内容・状況のまとめ)

1. 令和2年度以降の超深地層研究所計画

・地下水の環境モニタリング調査

地表から掘削した深層ボーリング孔および超深地層研究所内から掘削したボーリング孔を利用した水圧・水質観測を実施中

・研究所周辺の環境影響調査

環境保全協定に基づき、研究所用地周辺騒音・振動調査(4回/年)、放流先河川水(1回/月)、放流先河川の塩化物イオン濃度の測定(1回/週)を実施中

⇒ 地下水の環境モニタリング調査および研究所周辺の環境影響調査を着実に継続・実施し、水質の大きな変化および環境への影響がないこと、地表の河川や周辺井戸などに異常は確認されていないことを確認

2. その他(立坑埋め戻し面の沈下に対する対応、取得データの活用に向けた検討)

・立坑埋め戻し面の沈下について

超深地層研究所の埋め戻し後に生じた立坑部の沈下現象について、現状復帰を行うとともに平行して沈下のメカニズムなどの検討を進め、将来の処分事業への知見として整理・公表する

・ボーリング孔の閉塞

地表からの深層ボーリング孔の埋め戻しを実施し、現状回復するとともに、将来の処分事業においても想定されるボーリング孔閉塞に関する技術的な知見・ノウハウを整理・公表する。

⇒ 今回発生した沈下のメカニズム等についてURL検討委員会などでもご議論いただき、その結果を公開報告書として公表済(JAEA Review 2024-066)。ボーリング孔の閉塞については、令和7年11月時点で7孔の閉塞作業が完了(DH-3、DH-7、DH-10、DH-11、DH-13、DH-15、MIU-1)

以上のように、超深地層研究計画については、地下水の環境モニタリングや研究所周辺の環境影響調査を着実に行うとともに、我が国の地層処分技術の基盤確立に貢献する知見(立坑沈下メカニズムの理解など)が得られたものと自己評価する。

(1) 研究開発の進捗状況の妥当性

2) 地質環境の長期安定性に関する研究 (1/2)

評価の観点に対する理由

地質環境の長期安定性に関する研究

(中長期計画)

自然現象に伴う地質環境の変化を予測・評価する技術を、地球年代学に係る最先端の施設・設備も活用しつつ整備する。これらの技術については、地層処分事業における各調査段階に必要な編年技術の構築のみならず、原子力を取り巻く課題解決や社会のニーズへの対応も考慮して整備を行う。また、大学等研究機関との協働を進め、土岐地球年代学研究所に設置されている施設・設備の利用促進を図るとともに、最先端の地球科学分野の研究成果を創出する。

(成果のまとめ)

1. 調査技術の開発・体系化

- ・断層の活動性に係る調査技術については、地震学的手法と地質学的手法から推定される応力場の比較により、地下に伏在する活断層の分布を把握する手法を検討し、その有用性を示す事例を提示した。
 - ・地殻構造の高空間分解能イメージング技術については、地球物理・化学的アプローチによるマグマ等の高温流体の分布に関する推定事例を拡充するとともに、その主要な手法である電磁探査の汎用性拡大に資するデータ処理手法を考案・提示した。
 - ・深部流体の分布に関する調査技術については、鉱物脈(石英脈)を事例とした検討により、深部流体の熱的及び化学的特徴を示すとともに、地球物理学的手法や地質学的手法を活用して、深部流体の分布や流入経路に関する情報を得るための調査・検討事例を蓄積した。
- ⇒地下に伏在する活断層の分布を把握する手法に関する成果は、概要調査のほか、防災等の他分野における断層調査への応用が期待できる重要な成果であると考えられる。
- ⇒マグマ等の高温流体の調査技術(地球物理・化学的アプローチ)に関するこれまでの成果は、新たな火山の発生に係る確認の仕方として「文献調査段階における評価の考え方」に反映されており、概要調査においても適用できる。
- ⇒深部流体の分布に関する調査技術の成果は、概要調査～精密調査において深部流体が地層処分システムに及ぼす影響を調査・評価する際に活用できる。

(1) 研究開発の進捗状況の妥当性

2) 地質環境の長期安定性研究 (2/2)

評価の観点に対する理由

2. 長期予測・影響評価モデルの開発

- ・地形・地質学的情報に基づく隆起・侵食の調査・評価技術の高度化については、熱年代学的手法(ESR熱年代法、モナザイトFT法)の開発、地形変化シミュレーション結果の妥当性を確認するための方法論の検討を進めるとともに、段丘編年に関する光ルミネッセンス(OSL)法の適用事例を蓄積し、従来手法(火山灰層序、放射性炭素等)では年代決定が困難な堆積物に対する新たな手法として有効であることを提示した。
 - ・火山・火成活動の発生及び影響の調査・評価技術の高度化については、地殻内にマグマ等の高温流体の存在が指摘されている非火山地域(飯豊山地)を事例とした山地隆起形態の推定により、地下深部の熱源が長期間(百万年オーダー)にわたって存在していたことを示す事例が提示できる見通しを得た。また、火山体の等高線を用いた地形解析に基づき、火道の安定性を客観的に評価する手法を提示した。
- ⇒隆起・侵食の調査・評価技術に関するこれまでの成果は、侵食量の評価に関する基盤的知見として「文献調査段階における評価の考え方」の検討に利用されており、概要調査に反映できる。
- ⇒火道の安定性を評価する手法に関する成果は、マグマの影響範囲の評価に活用できるほか、火山防災等の他分野への応用が期待できる重要な成果であると考えられる。

3. 年代測定技術の開発

- ・局所領域及び高精度同位体分析技術として、ICP-MS及びLA-ICP-MSによる各種年代測定に必要な微量元素の定量分析や同位体分析のための技術開発及び既存技術の高度化を進めた。捕獲電子を用いた年代測定技術の開発として、礫のOSL年代測定の事例蓄積に向けて、MIS5e海成段丘の砂岩礫を対象に礫のOSL測定プロトコルの検討を行った。フィッション・トラック(FT)年代測定技術として、モナザイト及びバダレライトを対象鉱物とした技術整備・開発を実施した。加速器質量分析技術の開発として、AMS装置の小型化に向けた技術開発、レーザーアブレーション装置による試料前処理法の開発、³⁶Cl年代測定法における装置開発、セメントイトを用いた微量試料調製法の確立、及び試料の適切な選定に必要な化学分析手法の高度化を進めた。
- ⇒これらの技術開発成果は、過去の自然現象の復元に必要となる各種年代測定に必要な技術整備であり、火成活動、断層運動、隆起・侵食等の地質現象を年代学的に評価するための各種データ取得に寄与する重要な成果である。
- ⇒技術開発成果の一部についてプレス発表2件(「2021年7月3日に静岡県熱海市伊豆山地区で発生した土砂災害現場の盛土と土石流堆積物に関する地球化学・粒子組成分析の結果」(令和4年5月プレス発表)、「新しい加速器質量分析技術の開発に成功～超小型化により学術・産業分野での利用を加速し、カーボンニュートラルの実現に貢献～」(令和6年11月プレス発表))を行うなど、防災分野や学術・産業分野での利用にも貢献できる成果を創出した。

以上のように、2)地質環境の長期安定性に関する研究においては、中長期計画に従った研究開発を着実に進め、実施主体が行う地質環境調査や安全評価のための技術基盤の整備に資する重要な成果を創出するとともに、防災分野や学術・産業分野での利用への貢献が期待できる顕著な成果を得たと自己評価する。

(1) 研究開発の進捗状況の妥当性

3) 高レベル放射性廃棄物等の地層処分システムに関する研究開発及び代替処分オプションの研究開発 (1/2)

評価の観点に対する理由

高レベル放射性廃棄物等の地層処分システムに関する研究開発

(中長期計画)

深地層の研究施設計画や地質環境の長期安定性に関する研究の成果も活用し、処分事業の進展に応じ、関係機関と一層の連携を図りながら、高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る処分システム構築・評価解析技術の先端化・体系化を更に進める。

(成果のまとめ)

1. 処分システムに関する工学技術の信頼性向上

- ガラス・オーバーパック(炭素鋼)・緩衝材・セメントといったバリア材に対して、より現実的な特性評価に向けた基盤情報を獲得した。
 - 鉄-ベントナイト・セメント-ベントナイトといったバリア材界面で起こる現象理解を深化させた。
 - 熱-水-応力-化学連成モデルの高度化により、より現実的な解析評価を実現した。
 - オーバーパックデータベースの更新により、より多様な環境における腐食データの提供に貢献した。
- ⇒ 以上の成果は、より現実的な評価に資する基盤情報を提供することで、過度な保守性を排した地層処分システム構築に貢献する。

2. 安全評価手法の高度化

- 人工バリアおよび天然バリア中の核種移行データの取得やモデルの高度化により、より現実的な核種移行挙動評価に貢献した。
 - 生活圏における評価モデルの高度化により、より精緻な生活圏評価モデルの構築に貢献した。
 - 収着データベースへのデータおよび信頼度評価の追加により、より多様な条件におけるバリア材に対する核種の収着挙動評価の信頼性向上に貢献した。
- ⇒ 以上の成果は、より現実的な評価に資する基盤情報を提供することで、過度な保守性を排した地層処分システム構築に貢献する。

(1) 研究開発の進捗状況の妥当性

3) 高レベル放射性廃棄物等の地層処分システムに関する研究開発及び代替処分オプションの研究開発 (2/2)

評価の観点に対する理由

代替処分オプションの研究開発

(中長期計画)

将来に向けて幅広い選択肢を確保し、柔軟な対応を可能とする観点から、海外の直接処分等に関する最新の技術動向を調査するとともに、高レベル放射性廃棄物等の地層処分研究開発の成果を活用しつつ、使用済燃料の直接処分等代替処分オプションに特徴的な現象に着目した研究を着実に進める。

(成果のまとめ)

- ガラス固化体の地層処分にない特徴(臨界安全, 核種放出, 熱影響, 等)を考慮した実測値の取得や解析評価により, わが国における直接処分の成立性検討に向けた基盤情報を獲得した。
⇒ 臨界安全評価・核種放出挙動評価などは, わが国のみならず諸外国における直接処分システムの信頼性向上にも貢献する。
- 諸外国での事例検討等の調査を通じて深孔処分の特徴を分析・整理するとともに, わが国における深孔処分の成立性検討に向けた基盤情報を獲得した。
⇒ わが国での深孔処分の成立の可否等の判断に貢献する。