

幌延深地層研究計画
令和4年度調査研究計画

令和4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示した研究課題	3
3.	令和3年度成果の概要および令和4年度計画の概要	6
3.1	令和3年度の成果の概要	6
3.2	令和4年度の主な業務内容	9
4.	実際の地質環境における人工バリアの適用性確認	16
4.1	人工バリア性能確認試験	16
4.2	物質移行試験	20
5.	処分概念オプションの実証	24
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	24
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	24
5.1.2	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	33
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	34
6.	地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証	38
6.1	水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化	38
6.1.1	地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握	38
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	43
6.2	地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験	48
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	51
8.	地下施設の管理	53
9.	環境調査	54
9.1	排水量および水質調査	54
9.2	研究所用地周辺の環境影響調査	55
10.	安全確保の取り組み	56
11.	開かれた研究	57
11.1	国内機関との研究協力	57
11.2	国外機関との研究協力	59
12.	用語集	61
	参考資料	67
	参考文献	76

1. はじめに

国立研究開発法人^{*1}日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）幌延深地層研究センターでは、原子力発電に伴って発生する高レベル放射性廃棄物を安全に地層処分するための基盤的な研究開発として、平成13年3月より、北海道の幌延町において幌延深地層研究計画（堆積岩を対象とした深地層の研究施設計画）を進めています。この計画は、堆積岩を対象とした深地層の科学的な研究（地層科学研究）および地層処分技術の信頼性向上や安全評価手法の高度化に向けた研究開発（地層処分研究開発）を目的として、「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つの調査研究段階に分けて実施してきました。地層処分のために地下を調査する施設には、最終処分場として使用しない施設で技術を磨く地下研究施設（ジェネリックな地下研究施設）と最終処分候補地の適性を見定める地下研究施設（サイトスペシフィックな地下研究施設）の2つの種類があります。幌延深地層研究センターの地下施設はジェネリックな地下研究施設です。

幌延深地層研究センターでは、北海道および幌延町により受け入れられました、「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」で示した研究課題である、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^{*}の検証について、令和2年度以降、第3期および第4期中長期目標期間^{*2}を目途に取り組むこととしました^{*3}。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します。

※ このマークがついた用語は、用語集に説明を掲載しています。

*1：独立行政法人通則法の改正（平成27年4月1日施行）により新たに設定された分類の1つで、研究開発に係る業務を主要な業務として、中長期的（5～7年）な目標・計画に基づき行うことにより、わが国の科学技術の水準の向上を通じた国民経済の発展その他の公益に資するため研究開発の最大限の成果を確保することを目的とする法人に対する名称です。原子力機構は、平成27年4月1日に「独立行政法人日本原子力研究開発機構」から「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構」に名称変更しています。

*2：第4期中長期目標の期間は、令和4年4月1日～令和11年3月31日の7年間です。

*3：令和2年度以降の研究期間は9年間であり、その期間を通じて必要な成果を得て研究を終了できるように取り組むこととしております（https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/press/31/press_1206.html）。

なお、令和 3 年 10 月に閣議決定された「エネルギー基本計画」では、引き続き、「高レベル放射性廃棄物については、国が前面に立って最終処分に向けた取組を進める」との考え方が示され、「国、NUMO^{*4}、JAEA^{*5}等の関係機関が、全体を俯瞰して、総合的、計画的かつ効率的に技術開発を着実に進める。この際、幌延の深地層研究施設等における研究成果を十分に活用していく。」ことが示されました。これを踏まえて、文部科学省、経済産業省および原子力規制委員会により「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が達成すべき業務運営に関する目標（中長期目標）^{*6}」（以下、第 4 期中長期目標）が定められ、この第 4 期中長期目標を達成するために、「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の中長期目標を達成するための計画（中長期計画）（令和 4 年 4 月 1 日～令和 11 年 3 月 31 日）」（以下、第 4 期中長期計画）を策定しました。第 4 期中長期計画では、幌延深地層研究計画について、「令和 2 年度以降の幌延深地層研究計画」で示した 3 つの研究課題を進めること、「研究の実施に当たっては、稚内層深部（深度 500 m）に坑道を展開して研究に取り組むとともに、さらなる国内外の連携を進め、研究開発成果の最大化を図る」こととしています。

令和 2 年度以降の幌延深地層研究計画では、これまでと同様に、放射性廃棄物を持ち込むことや使用することなく、また最終処分場とはしないことを約束した「幌延町における深地層の研究に関する協定書」の遵守を大前提に、安全を最優先として研究を進めます。研究開発を進めるにあたっては、当初の計画の研究対象の範囲内において、国内外の関係機関の資金や人材を活用することを検討します。

*4：原子力発電環境整備機構（Nuclear Waste Management Organization of Japan）の略称です。NUMO は、原子力発電所で使い終えた原子燃料を再処理する過程で発生する高レベル放射性廃棄物および関連して発生する長半減期の低レベル放射性廃棄物の地層処分を行う実施主体です。

*5：原子力機構（Japan Atomic Energy Agency）の略称です。

*6：原子力機構は、原子力基本法第 2 条に規定する基本方針に基づき、原子力に関する基礎的及び応用の研究並びに高レベル放射性廃棄物の処分等に関する技術の開発等を総合的、計画的かつ効率的に行うことを目的としています。中長期目標はこれを踏まえ、文部科学省、経済産業省および原子力規制委員会が、独立行政法人通則法第 35 条の 4 の規定に基づき定めた目標です。

2. 令和 2 年度以降の幌延深地層研究計画に示した研究課題

令和 2 年度以降の幌延深地層研究計画では、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以下の課題（令和 2 年度以降の必須の課題）に取り組むこととしています（図 1、表 1、参考資料）。

(1) 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

令和元年度までの人工バリア性能確認試験では、実際の地下環境におけるヒーターの加熱過程のデータを取得しましたが、減熱過程^{*}のデータが取得されていません。令和 2 年度以降は、注入する地下水の圧力や量を増加させ緩衝材に地下水を浸潤させた場合のデータを取得し、分析・評価します。その後、減熱時のデータを取得します。加えて、人工バリアの解体作業および緩衝材の飽和度の確認を実施します。

また、令和元年度までの物質移行試験により、トレーサー^{*}試験手法を確立することができました。ただし、これまでの研究結果から、幌延の堆積岩において、有機物や微生物が、放射性物質の岩盤への吸着を妨げ、閉じ込め効果を低下させる可能性が確認されており、令和 2 年度以降は、確立した試験手法を用いて掘削損傷領域^{*}での物質移行に関するデータ取得を実施するとともに、有機物や微生物が放射性物質を取り込んで移動する影響を確認するためのトレーサー試験を実施します。

(2) 処分概念オプションの実証

令和元年度までの試験では、実際の環境下において、坑道の埋め戻し方法の違い（締固め、ブロック方式など）による埋め戻し材の基本特性（密度や均一性）を把握しましたが、緩衝材の施工方法や坑道閉鎖に関する様々なオプションの検討には至っていません。令和 2 年度以降は、人工バリア性能確認試験において、注入する地下水の圧力や量を増加させ、緩衝材に十分に水を浸潤させた状態を確保して施工方法（締固め、ブロック方式など）の違いによる緩衝材の品質の違いを把握するとともに、埋め戻し方法（プラグの有無など）・回収方法^{*}による埋め戻し材の品質の違いを実証試験で明らかにします。さらに、人工バリアの品質を踏まえて、廃棄体の設置方法（間隔など）を確認するための実証試験を行います。また、

人工バリアシステムの安全裕度の検証に向けて、緩衝材が 100℃超になった状態を想定した解析手法を開発します。

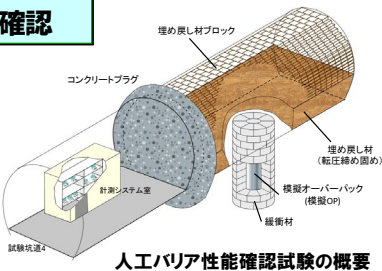
(3) 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

令和元年度までの検討では、まずは小規模な断層（幅数 cm）に着目して試験を行い、断層への地震動の影響などを確認しました。これまでの研究開発で手法の妥当性が確認できたため、この手法を使って、処分場の設計・施工や安全評価とリンクした形で研究を進めることが可能となりました。令和2年度以降は、より大型の断層において、地震動や坑道掘削に伴う割れ目中の地下水の流れの変化に関して、堆積岩の緩衝能力（自己治癒能力）の作用に係る実証試験を実施します。さらに、地下水が動いていない環境を調査してモデル化する技術を実証するとともに、人工バリアのひび割れに対する自己治癒能力を解析する手法を開発します。


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

- 人工バリアの位置・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
- 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] 位置・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。

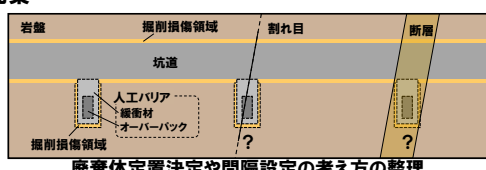


閉鎖技術オプションの整理

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・評価手法を高度化し、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。



廃棄体定置決定や間隔設定の考え方の整理

図 1 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)

表 1 幌延深地層研究計画の令和 2 年度以降のスケジュール

		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準備、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								
【施設計画】										
	坑道掘削		掘削準備	350m調査坑道	立坑(西、東、換気)	500m調査坑道				
【維持管理】										

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。

3. 令和3年度成果の概要および令和4年度計画の概要

3.1 令和3年度の成果の概要

(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において、令和2年度から開始した減熱過程を模擬した試験の工程の1つとして、廃棄体の発熱がおさまった状態を模擬した条件での試験に移行し、緩衝材中の温度や間隙圧（隙間の空気と水の圧力の和）が低下したことを設置したセンサーにより確認しました。国際共同研究 DECOVALEX^{*}では、室内試験結果を対象にした解析を実施し、各解析コードでの緩衝材の初期飽和度の取り扱いの違いで、膨潤圧や膨潤変形量の解析結果に違いが見られることが分かりました。また、空気の移動などを考慮した熱－水理－力学連成現象を把握するために、ベントナイト^{*}に温度勾配をかけた条件での室内試験を行い、連成解析コードを検証するためのデータを取得しました。人工バリアの試験体を取り出すための試験施工として、試験孔部に設置した人工バリアと埋め戻し部に設置したプラグや埋め戻し材の解体を行った結果、緩衝材の飽和度により最適な解体手法が異なること、事前に樹脂を注入することで埋め戻し材、コンクリート、岩盤の境界面を一体として採取できることなどを確認しました。

物質移行試験では、掘削損傷領域を対象としたトレーサー試験を行い、掘削損傷領域の物質移行特性を評価するためのデータ取得を行いました。また、有機物・微生物・コロイド^{*}が物質移行に与える影響の評価について、原位置試験のためのボーリング孔掘削および試験装置の設置を行い、地下水の水圧・水質や微生物群集などのデータを取得しました。さらに、ブロックスケール（数m～100m規模）を対象としたトレーサー試験を実施した結果、稚内層深部の物質移行概念モデルを検討する上で有益な情報を得ました。

(2) 処分概念オプションの実証

搬送定置・回収技術の実証として、回収可能性^{*}が維持される期間における吹付けコンクリートの経年劣化の把握を目的にコンクリート試験体の暴露試験^{*}を継続し、約8か月の暴露期間における大気条件下と湿潤条

件下での中性化^{*}の程度の違いなどを把握しました。また、坑道開放条件での坑道周辺岩盤における長期変化を評価するために、岩盤の掘削損傷領域の応力状態の違いによる透水性^{*}の変化について室内試験を実施した結果、加える圧力が増加するにつれて亀裂を含んだ岩石コアの透水性が低下することが分かりました。

閉鎖技術の実証として、埋め戻し材の長期的な性能に関わる現象について、埋め戻し材の変質挙動に関する解析の結果、埋め戻し材が変質する可能性は小さいことが示唆されました。また、ベントナイトの流出挙動に関する室内試験に着手するとともに、埋め戻し材の膨潤変形挙動に関する室内試験を継続し、膨潤変形挙動の評価に必要なデータを整理しました。また、閉鎖後に水みちとなることが想定される掘削損傷領域の連続性を遮断するための施工技術の実証として、坑道においてベントナイトの吹付け試験を実施し、吹付けの手順や吹付け材料の管理方法を確認するとともに、吹付け後の施工品質を把握しました。掘削損傷領域の調査技術の高度化として、岩盤中の連続性の高い割れ目を検知するために開発した試験装置の適用性を確認するとともに、坑道周辺の掘削損傷領域の経時変化を理解するための解析コードを開発しました。さらに、ボーリング孔を閉塞する際の方法として、ベントナイトブロックを孔内に設置する方法について具体的な手順について検討し、その手順を室内の模擬ボーリング孔で確認しました。

人工バリアの緩衝材と坑道の埋め戻し材の施工方法の違いに係る品質保証体系の構築として、緩衝材の流出挙動に係る試験を継続しました。緩衝材ブロックと岩盤の間に隙間がある施工方法については、湧水量の多い条件を含めた幅広い条件での室内試験により、緩衝材の流出挙動を確認しました。また、緩衝材ブロックと岩盤の間の隙間にケイ砂を充填する施工方法における長期的な流出挙動を確認するための試験を開始し、緩衝材の流出量などの計測に着手しました。

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として、緩衝材の温度が100℃を超えた状態で発生しうる現象に関する試験などの事例を調査しました。一例として、緩衝材中のスメクタイト（ベントナイトに含まれる膨潤性の粘土鉱物）のイライト（雲母鉱物）化につい

では、およそ 130℃までは 1,000 年後の緩衝材の変質割合が小さいと推測されました。また、スイス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 (HotBENT[※]プロジェクト) について、模擬廃棄体 (ヒーター) の加熱に伴う計測結果などに関する情報を入手し、データを整理しました。

(3) 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やダクティリティインデックス (以下、DI)[※]を用いた透水性評価手法の信頼性向上などを目的に、DI モデルを再検証するためのシミュレーションや既存の水圧擾乱試験[※]結果を用いた比較検証を行いました。その結果、これまで確認されていた地下水の主要な水みちとなる割れ目の透水性と DI の間の相関関係のメカニズムを明らかにするとともに、それに関わる新たな DI の経験式[※]を構築しました。また、既往の水圧擾乱試験で認められていた割れ目の水理学的連結性に関する特異的な現象について、複数のケースを仮定したシミュレーションを行うことにより、一定の解釈を与えることができ、割れ目の水理学的連結性と DI の間に密接な関係があることを確認しました。

地下水の流れが非常に遅い領域 (化石海水[※]領域) を調査・評価する技術の高度化においては、令和 2 年度の調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のボーリング調査を実施し、声問層を対象とした地質環境特性を把握しました。また、既存の電磁探査データを加えて比抵抗分布の再解析を行い、より深い深度での解析精度が向上する結果を得ました。

地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動の検討として、坑道埋め戻し後の掘削損傷領域の透水性を推定するための手法の整備に向け、過年度に実施した樹脂注入後の掘削損傷領域の割れ目試料の観察結果を確認するためのシミュレーションを行いました。その結果、割れ目の開口幅とせん断[※]変位量 (割れ目に沿ったずれ幅) の間にほとんど相関性が認められないという観察結果と整合的なシミュレーション結果を得ました。これにより、地下の原位置相当の圧力条件では坑道埋め戻し後に掘削損傷領域の割れ目がずれても掘削損傷領域の透水性はほとんど増加しない

ことが確認できました。また、掘削損傷領域の割れ目を対象に実施した既往の注水試験のデータを検討した結果、緩衝材や埋め戻し材の膨潤圧が掘削損傷領域の透水性に与える影響を今後検討するのに有用なデータが得られました。

(4) 国内外の資金や人材の活用

国内機関との研究協力として、大学や研究機関との共同研究を実施するとともに、経済産業省資源エネルギー庁の委託事業などを活用して研究を推進しました。国外機関との研究協力として、令和 2 年度に引き続き、人工バリア性能確認試験をタスクの 1 つとする国際共同研究 DECOVALEX などに参加し、情報共有を図りました。また、令和 2 年度以降の必須の課題のうち、実際の地質環境における人工バリアの適用性確認および処分概念オプションの実証に関わるテーマを対象とした新たな国際プロジェクトとして、OECD/NEA^{*7}の協力のもと、幌延国際共同プロジェクト（Horonobe International Project : HIP）を立ち上げるべく、準備会合への参加機関を募集し、準備会合にて、共同研究の内容や実施分担などについて議論を行いました。

以上のように、令和 3 年度は計画していた調査研究を進めて、想定していた成果を得ることができました。詳細については令和 3 年度の調査研究成果報告書に取りまとめます。

3.2 令和 4 年度の主な業務内容

「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認」として、人工バリア性能確認試験において、廃棄体の発熱がおさまった状態を模擬した条件での試験を継続し、データを分析、評価するとともに、国際共同研究 DECOVALEX にて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行います。令和 3 年度に実施した、人工バリ

*7 : OECD/NEA（経済協力開発機構/原子力機関）は、安全かつ環境的にも受け入れられる経済的なエネルギー資源としての原子力エネルギーの発展に貢献することを目的として、原子力政策、技術に関する情報・意見交換、行政上・規制上の問題の検討、各国法の調査および経済的側面の研究などを実施しています。

アの試験体を取り出すための試験施工の解体調査の結果を整理し、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の取りまとめを行います。また、物質移行試験について、掘削損傷領域における物質の移行挙動の解析手法の検討を行うとともに、有機物・微生物・コロイドの影響を考慮した物質移行試験に着手します。さらに、声問層の割れ目を対象とした物質移行特性を評価するためのボーリング調査に着手します。

「処分概念オプションの実証」については、搬送定置・回収技術の実証として、地下環境におけるコンクリートの劣化に関する試験、分析を継続するとともに、坑道閉塞後の坑道周辺岩盤の環境変化の予測解析を行います。閉鎖技術の実証として、埋め戻し材の安全機能を変化させる要因となりうるベントナイトの流出挙動に関する室内試験を継続し、その発生条件の検討を行います。膨潤変形挙動に係るデータの拡充を図るため、緩衝材と埋め戻し材の力学的相互作用を考慮した室内試験を実施するとともに、埋め戻し材の設計評価に資するデータの取りまとめを行います。工学規模試験で吹付けたベントナイトのサンプリング調査を実施し、施工品質を詳細に確認します。掘削損傷領域の経時変化を評価するとともに、高度化した物理探査技術の評価を行います。また、ボーリング孔を閉塞する原位置試験を行い、閉塞方法の適用性評価を行います。人工バリアの緩衝材と坑道の埋め戻し材の施工方法の違いに係る品質保証体系の構築として、緩衝材の流出試験を継続し、緩衝材の流出に関する長期的な挙動を確認します。高温（100℃超）等の限界的条件下での人工バリア性能確認試験として、令和3年度までに実施した先行研究の事例調査を基に、100℃を超えた状態で生じうる現象などのシナリオを整理し、室内あるいは原位置試験の計画を策定します。また、それに資する海外での原位置試験に関する情報などを引き続き入手します。

「地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証」については、地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握やDIを用いた透水性評価手法の信頼性向上などを目的に、過年度に実施した水圧擾乱試験の結果の解析や、断層/割れ目の水理学的連結性に関する解析を、令和3年度に再検証したDIモデルを用いて行います。地下水の流れが非常に遅い領域（化石海水領域）

を調査・評価する技術の高度化として、化石海水領域の三次元分布を確認するためのボーリング調査を継続するとともに、物理探査、ボーリング調査、解析の一連の調査・解析について、化石海水の三次元分布を推定する際の最適な方法を整理します。また、令和3年度に再検証したDIモデルを用いて、掘削損傷領域の割れ目を対象に実施した既往の注水試験のデータを詳細に解析し、坑道埋め戻し後の緩衝材や埋め戻し材の膨潤が掘削損傷領域の透水性に与える影響を定量的に評価する手法を整備します。

また、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を実施します。

地下施設の管理においては、令和5年度に着工を予定している掘削工事に向け、必要となる設備の整備を行うとともに、地下施設の維持管理（設備運転や保守点検など）を継続します。地下施設からの排水および掘削土（ズリ）置場の浸出水は、これまでと同様に、排水処理設備において適切に処理した上で天塩川に放流します。

環境調査においては、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、天塩川の水質調査ならびに研究所用地周辺における水質・魚類に関する調査を継続します。

安全確保の取り組みにおいては、作業員などに対する安全教育や訓練の実施、定期的な安全パトロールなどの活動を継続します。

なお、幌延深地層研究計画で実施する地下深部の地質環境を対象とした研究は、地球科学の幅広い分野にわたり、学術研究の発展にも寄与することから、国内外の関連する研究機関の専門家の参加を得ながら進めていきます。また、国内外の資金や人材を活用することについて、国際共同研究 DECOVALEX や環太平洋地域における地下研究施設を活用した国際協力を継続し、研究を進めていきます。また、新たな国際プロジェクトとして、幌延国際共同プロジェクト (HIP) の実施に向けた準備会合において、準備会合への参加機関、OECD/NEA および原子力機構の間で協議・調整を進め、最終的にプロジェクトへの参画を決定した機関との間で共同研究契約を締結する予定です。

表 2 令和4年度の主な業務の実施内容

実施項目		実施内容	実施場所	
令和2年度以降の必須の課題	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	発熱がおさまった条件での人工バリア性能確認試験の継続、国際共同研究DECOVALEXによる連成挙動の共同解析準備、気相を考慮した熱-水理-力学連成挙動に関する室内試験結果の整理・事前解析結果との比較・検証、人工バリアの試験体を取り出すための試験施工の解体調査結果の整理	研究所用地、地下施設など
		物質移行試験	掘削損傷領域における物質の移行挙動の解析手法の検討、有機物・微生物・コロイドの影響を考慮した物質移行試験、稚内層深部のブロックスケールを対象としたトレーサー試験結果の解析評価	研究所用地、地下施設など
	処分概念オプションの実証	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	地下環境におけるコンクリートの劣化に関する試験・分析を継続、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解析検討、閉鎖技術を実証するための工学規模試験結果の整理および室内試験などの継続、緩衝材流出の抑制に関する試験	研究所用地、地下施設など
		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	100℃を超えた状態で生じる現象などのシナリオの整理、海外での原位置試験に関する情報などの継続入手	研究所用地、地下施設など
	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	水圧擾乱試験の結果の解析、断層/割れ目の水理学的連結性に関する解析、化石海水領域の三次元分布を把握するためのボーリング調査の継続、化石海水領域の三次元分布の推定に至る手法の取りまとめ、海上物理探査	研究所用地および周辺、地下施設、HDB-1～11孔、浜里地区など
		地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験	緩衝材や埋め戻し材の膨潤が掘削損傷領域の透水性に与える影響を評価する手法の整備	研究所用地、地下施設など
令和2年度以降の必須の課題へ対応するためのデータ取得		地質構造に関する調査、分析、岩盤の水理に関するデータ取得・モニタリング、分析、解析、地下水の地球化学に関する分析、岩盤力学に関するデータ取得、解析、地震観測、および計測手法の妥当性評価と必要に応じた調査技術・機器の改良など	研究所用地、地下施設、HDB-1～11孔、上幌延地区、浜里地区など	
地下施設の管理		掘削工事に向けた設備の整備、地下施設の設備運転や保守点検などの維持管理、排水処理設備の運転	研究所用地、地下施設など	
環境調査		地下施設からの排水などの水質調査、水質・魚類に関する調査	研究所用地、天塩川、清水川など	