

幌延国際共同プロジェクト及び 深度500mへの坑道展開

令和5年8月28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

説明概要

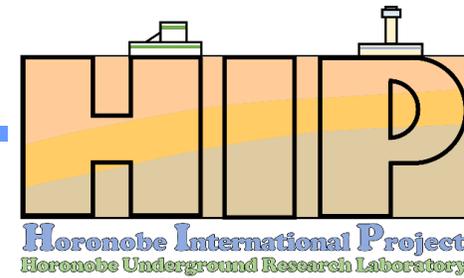
- 幌延の地下施設を活用して地層処分研究開発を多国間で協力して推進するため、「幌延国際共同プロジェクト」を開始。7カ国1地域の10機関と原子力機構が共同で、国際的に関心が高い物質移行試験や処分技術の実証と体系化、人工バリア解体試験に取り組む。
- これまでと異なる地質環境（土圧が高く、強度が小さい、地下水圧が高い、断層内を水が流れにくいといった特徴）における技術の実証及び技術基盤の一層の整備のため、稚内層浅部（深度350m）から稚内層深部（深度500m）まで坑道を整備して研究を実施することとし、令和5年度から令和7年度まで坑道掘削を実施。

目次

1. 幌延国際共同プロジェクト

2. 深度500mへの坑道展開

1. 幌延国際共同プロジェクト



【前提】

- 「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に沿って、**令和10年度末までを限度として実施**。
- 「**幌延町における深地層の研究に関する協定書**」の遵守を大前提に進める。

【目的】

アジア地域の地層処分に関わる国際研究開発拠点として、幌延深地層研究センターの地下施設を利用した実際の深地層での研究開発を多国間で協力しながら推進するもの。我が国のみならず参加国における先進的な安全評価技術や工学技術に関わる研究成果を最大化するとともに、それを通して知識と経験を共有し次世代を担う国内外の技術者や研究者を育成。

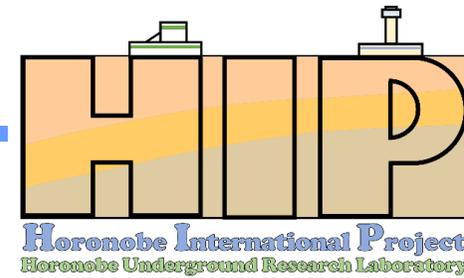
【実施内容】

高レベル放射性廃棄物の地層処分場の合理的設計、操業、閉鎖および地層処分システムの安全性評価で用いる先進的技術の開発・実証は国際的な課題。このため、幌延深地層研究センターの地下施設を活用して、国際的に関心の高い以下の項目に取り組む。

(カッコ内は「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」の課題名)

- タスクA: 物質移行試験(実際の地質環境における人工バリアの適用性確認)
- タスクB: 処分技術の実証と体系化(処分概念オプションの実証)
- タスクC: 実規模の人工バリアシステム解体試験(実際の地質環境における人工バリアの適用性確認)

1. 幌延国際共同プロジェクト

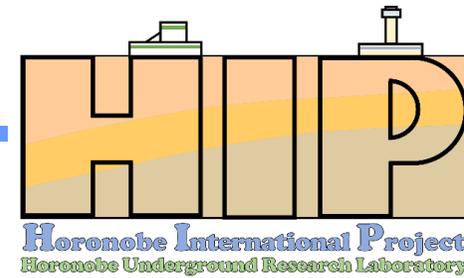


【参加機関】

- 令和4年度～5年度において、参加を表明した研究機関と準備会合（計5回）を実施プロジェクトの内容や実施分担などについて議論し、協定書の内容に基本合意（令和4年10月）
- 英国地質調査所と原子力機構の署名により **協定発効：令和5年2月8日**

参加機関（署名順）	署名日	タスクA	タスクB	タスクC
英国地質調査所（BGS、英国）	2/7	○	○	○
日本原子力研究開発機構（JAEA、日本）	2/8	○	○	○
原子力テクノロジー国営会社（RATEN、ルーマニア）	2/8	○	—	—
工業技術研究院（ITRI、台湾）	2/10	○	—	—
韓国原子力研究所（KAERI、韓国）	3/15	○	○	○
連邦放射性廃棄物機関（BGE、ドイツ）	3/28	○	○	○
原子力環境整備促進・資金管理センター（RWMC、日本）	4/3	—	○	○
原子力発電環境整備機構（NUMO、日本）	4/3	○	○	○
電力中央研究所（CRIEPI、日本）	4/3	○	—	○
オーストラリア連邦科学産業研究機構（CSIRO、オーストラリア）	4/28	○	○	○
国営放射性廃棄物会社（SERAW、ブルガリア）	7/18	○	○	○

1. 幌延国際共同プロジェクト



【令和5年度の計画】

- 第1回管理委員会の開催：令和5年4月11日～12日（パリ）
 - 実施計画が管理委員会により承認され、今後、本プロジェクトは本格化。
- **物質移行試験のうち、下記課題：タスクA**
亀裂性の多孔質堆積岩における処分場の安全評価に適用可能な、より現実的な三次元物質移行モデルを開発するために、原位置試験を通じて三次元物質移行モデルが試験結果を適切に予測できる能力を評価する。
- **処分技術の実証と体系化のうち、下記課題：タスクB**
処分場の操業に貢献しうる技術オプションの開発、および好ましい適性を有する岩盤領域に処分孔を配置するための基準の確立を通じて、処分坑道や処分孔を配置するための技術の体系的な統合を実証する。
- **実規模の人工バリアシステム解体試験のうち、下記課題：タスクC**
(人工バリア性能確認試験で)既設の人工バリアシステムの解体を通じて、ニアフィールドにおける熱-水理-力学-化学連成プロセスをより詳細に理解し、熱-水理-力学-化学連成解析コードの妥当性確認とその更新を行う。

目次

1. 幌延国際共同プロジェクト

2. 深度500mへの坑道展開

2.深度500mへの坑道展開

- 「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」において、引き続き研究開発に取り組むことが必要と判断された研究開発課題を整理。
- 課題を実施するにあたり、深度350mでの追加掘削(対象:稚内層浅部)とともに、深度500mへの延伸掘削(対象:稚内層深部)について検討。(第26回深地層の研究施設計画検討委員会(令和2年6月))
- 検討の結果、これまで研究を実施してきた稚内層浅部と異なり、岩盤の透水性が低く、地下水が長期的に閉鎖的条件にある地質環境(稚内層深部)で技術の実証を行うことを念頭に、稚内層浅部(深度350m)から稚内層深部(深度500m)への坑道展開及び研究を行い、技術基盤のより一層の整備を目指すこととした。
- 深度500mへの坑道展開(施設整備)、坑道の維持管理及び研究開発の支援業務について、民間活力の導入(PFI事業)により実施することとした。(令和5年4月1日にPFI事業契約)

深地層の研究施設計画検討委員会(第26回)での議事録要旨

日本の地質環境に対する適合性について

- 稚内層浅部では、地質環境と生物圏とのインターフェース(GBI)や地質環境に依存しない操業技術に関する実証的研究が有効と考えられる。
- 稚内層深部では、バリア機能の評価のための研究や工学技術の最適化に焦点を当てた実規模試験、地下施設の長期健全性を評価する試験(岩盤クリープによる空洞変形、セルフシーリングの可能性、大深度掘削技術の整備など)が有効と考えられる。
- 浅部と深部領域でのデータの比較、統合により、幅広い知見やノウハウを蓄積でき、地層処分システムの有効性や信頼性に対する理解を一層深めることが期待される。
- 他方、幌延における研究手法やデータが他地域の堆積岩に直接的に適用できるとは限らない。調査・評価に共通したアプローチやプロセス、ベストプラクティス、教訓の視点に立った体系化や汎用的技術の整備にも取り組むべき。
- 処分概念や工学技術の“最適化”の意味が必ずしも明確ではないが、国際的に関心が高いトピックである。コストや期間、環境影響など複数の視点があり、外部専門家との議論や内外ニーズ、国際的動向等に基づき、より具体的な考え方を示していくべき。
- 今後の研究計画において、工学技術や安全評価に関するテーマに重点が置かれていることは理解できる。一方で、研究の場としての地質環境特性、特に坑道掘削に伴う地下水流動場や水質の長期的変化、地質環境モデルの妥当性確認などは、これらテーマの基礎情報として重要であることを改めて認識・共有すべき。

深地層の研究施設計画検討委員会(第26回)での議事録要旨

国際的な研究開発の視点について

- 幌延URLは、地下深部の堆積岩に直接アクセス可能な世界でも数少ないジェネリックな地下研究施設であり、国内はもとより国際的にも開かれた先進的な共同研究・トレーニング拠点として現在以上に発展する能力と可能性を有している。
特に、地理的に近接するアジア諸国や環太平洋諸国の地層処分計画の発展に大きく寄与する可能性があり、日本の放射性廃棄物管理分野での国際貢献の観点から、よりグローバルな連携・協力を深めていくことが強く望まれる。
- 幌延URLは、諸外国の地層処分計画が想定している多くの地質環境特性や地理的な条件(候補母岩に特徴的な地質構造や地下水環境、岩盤特性、沿岸部への近接性など)を備えているほか、国際的に関心を持たれる多数の研究テーマが計画されている。
特に、処分概念オプションの実証として考えられる処分概念の最適化や、無線や遠隔操作といったロボティクスを含む工学技術開発、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考えられる掘削影響領域を含むニアフィールドの物質移行現象の理解とモデル化などは、先進性のある共通的な課題として有望と考えられる。
- 機構は、幌延URLを活用した国際的な研究協力を一層推進するために、国内外の関係者とさらなる議論を行うことが重要である。

※上記の第26回深地層の研究施設計画検討委員会では、海外の専門家も招へいし、深度500mでの研究開発の意義について検討した。

各深度での研究の意義

ポイント	500mへ延伸掘削ケース	350mでの追加掘削ケース
地質環境	<ul style="list-style-type: none"> 地層処分の観点で好ましい地質環境(断層が少なく割れ目の水理的連結性に乏しいため岩盤の透水性が低く、地下水が長期的に閉鎖的条件にある)が分布する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地層処分の観点で追加対策が必要な地質環境(断層が多く割れ目の水理的連結性があり、透水性が比較的高いためプレグラウトなどが必要となることがある)
研究の意義	<ul style="list-style-type: none"> 深度500mにおける坑道設計、建設を行うことで、深度の違いによる掘削損傷領域の評価や、それに基づく設計技術の検証が可能となる。現有の建設技術で、高地圧下での堆積岩で坑道建設を行うことで、処分場建設に関わる基盤技術を実証できる。 「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認」: 地下水が長期滞留する物質移行経路が閉鎖的な環境において物質移行特性を実証できる。 「処分概念オプションの実証」: 地質環境が乱れていない領域に坑道展開することで回収可能性維持に関わる坑道周辺の変化を把握しつつ、坑道スケール～ピットスケールの調査・設計・評価技術を提示できる。 深度350mと比較することで、技術基盤の整備により一層寄与することができる。 	<ul style="list-style-type: none"> 事業の観点で好ましい地質環境に坑道を展開する一連の流れを体系的に提示することはできないが、断層や割れ目の頻度が高く、安全評価上、厳しい条件での試験となることから、350mでの試験研究により確認された技術は安全裕度を含むものとなる。

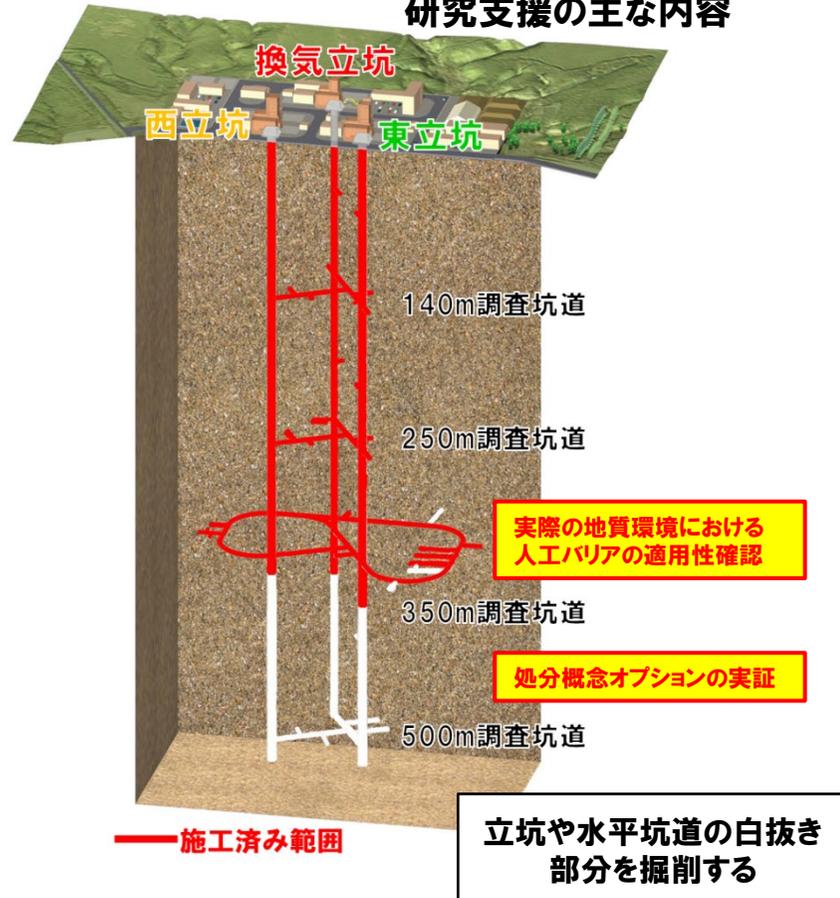
深度500mへの坑道展開の実施体制

事業名：幌延深地層研究計画地下研究施設整備（第Ⅲ期）等事業

実施期間：令和5年4月～令和11年3月

受注者：幌延ジオフロンティア第3期PFI株式会社

坑道の掘削範囲とPFI事業で行う
研究支援の主な内容



地下施設イメージ図

○施設整備業務

地下施設の整備

日常管理計測(A計測)

安全・環境対策

工事中仮設備の調達・設置など

○維持管理業務

点検保守・修繕

機械設備運転・監視

排水処理設備運転・監視

清掃・警備

来訪者対応支援

仮設備の更新及び修繕

前施工業者、次期事業者への引継ぎ

○研究支援業務

坑道での研究支援

「必須の課題」への対応に必要なデータ取得に係る支援

施設整備業務について

PFI事業において、350m坑道への試験坑道及び大型試錐座の増設並びに深度500mにおける水平坑道の整備(施設整備業務)を行う。

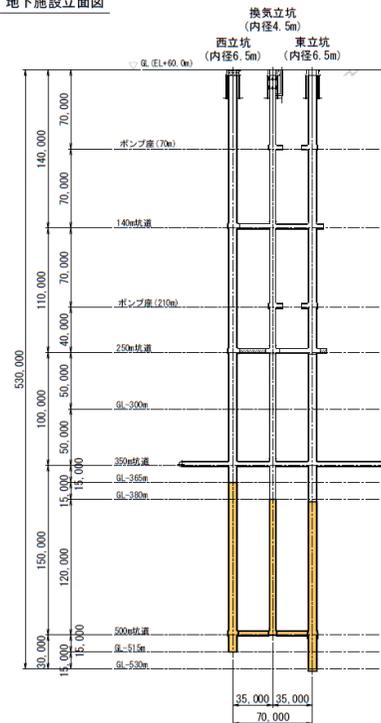
施設整備業務では以下を実施。

- 坑道の整備にあわせて、**プレグラウト工**、**日常管理計測(A計測)**を実施。
- 安全・環境対策として、切羽前方の可燃性ガス及び湧水の状況を確認するため、必要に応じて**ガスチェックボーリング**を実施。

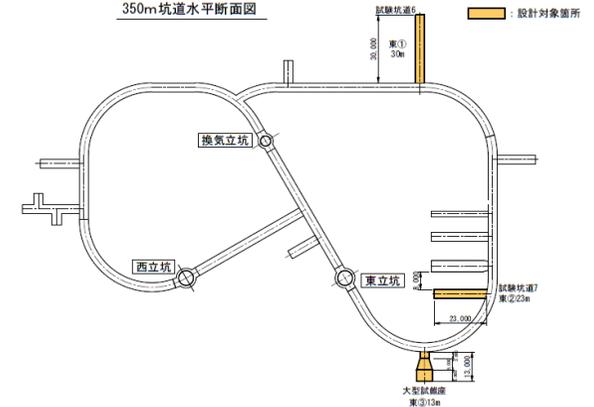
日常管理計測(A計測)の計測項目一覧

計測種別	計測項目
日常管理計測 (A計測)	<ul style="list-style-type: none"> • 切羽観察調査 • 天端沈下計測(水平坑道のみ) • 内空変位計測

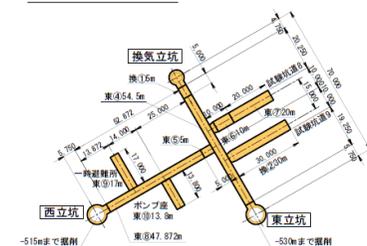
地下施設立面図



350m坑道水平断面図



500m坑道水平断面図



PFI事業の要求水準書に示した坑道レイアウト(想定)

研究支援業務について

PFI事業において、以下の研究支援業務を実施する。

○詳細壁面観察

350m試験坑道6の妻面から10m及び500m坑道(立坑接続部を除く)について実施

○計測システム整備(ステップ管理計測(B計測)、研究支援用計測システム整備)

吹付けコンクリート応力測定、覆工コンクリート応力測定、湧水量測定、採水、底盤観察調査(東立坑GL-480m付近)

○実際の地質環境における人工バリアの適用性確認に関わる研究支援業務

・人工バリア性能確認試験(350m試験坑道4)

データ計測、解体作業用坑道(350m試験坑道4-7連絡坑道)掘削、解体サンプリングおよび分析など

・物質移行試験(250m西立坑側第1ボーリング横坑)

試験装置の製作、ボーリング調査、原位置試験、室内試験など

○処分概念オプションの実証に関わる研究支援業務

・閉鎖技術(埋め戻し方法・プラグ等)の実証試験(350m試験坑道6)

坑道拡幅、拡幅部充填など

・掘削影響試験(500m試験坑道8及び500m試験坑道9)

ボーリング調査、検層、原位置試験、室内試験、模擬試験孔の掘削など

・初期地圧測定(500m調査坑道の1地点)

・トレーサー試験(250m西立坑側第1ボーリング横坑)

ボーリング調査、原位置試験など

施設整備工程の更新について

本年4月より地下施設の施設整備業務を開始し、深度500m掘削に向けた準備を実施している。湧水抑制対策(グラウト工)のための先行ボーリング結果に基づき、施工方法の最適化の検討を進めた結果、施設整備工程を更新することとした。(本年8月9日に北海道及び幌延町にご説明するとともにHPに掲載※)

【工程更新の主な理由】

1. 先行ボーリング結果に伴う湧水抑制対策期間の見直し
 - ・ 湧水抑制対策は、先行ボーリングによる調査を実施し、詳細な施工範囲を決定
 - ・ 調査の結果、換気立坑の湧水抑制対策範囲を合計で約50m分拡充、施工期間を6か月程度延長
 - ・ 東立坑は、湧水抑制対策の進捗が早く、予定より2か月程度早期に掘削に着手できる見通し
2. コンクリート打設長の見直しに伴う掘削期間の短縮
 - ・ 東立坑および西立坑の覆工コンクリートの打設長は、当初、岩盤状態が悪い条件で適用する1mを標準案
 - ・ 受注時の事業者からの技術提案として改善策が提示され、解析結果により採用の是非を判断
 - ・ 解析の結果、打設長を前回工事でも実績のある2mとすることが可能と判断
 - ・ これにより、東立坑および西立坑の掘削期間が6か月程度短縮

	R5年度	R6年度	R7年度
350m調査坑道	■		
換気立坑	■	■	
東立坑	■	■	
西立坑		■	■
500m調査坑道		■	■

■見直し後の工程、■見直し前の工程

※段取りや設備等の準備期間を含む(湧水抑制対策は含まない)

※本工程は、今後も現場の進捗等に応じて適宜見直しを行う

【工程の主な更新内容】

- ・ 令和5年度の第2四半期に換気立坑より順次着手としていた立坑掘削について、東立坑より着手
- ・ 西立坑は令和6年度下期から着手予定
- ・ 深度500m調査坑道については予定通り、令和7年度末に完成する見込みであり、研究計画への影響なし

本更新に伴う施設整備完了時期に変更はないことから、研究計画への影響は生じない。