

幌延深地層研究計画
平成24年度調査研究成果報告
(概要版)

平成25年7月

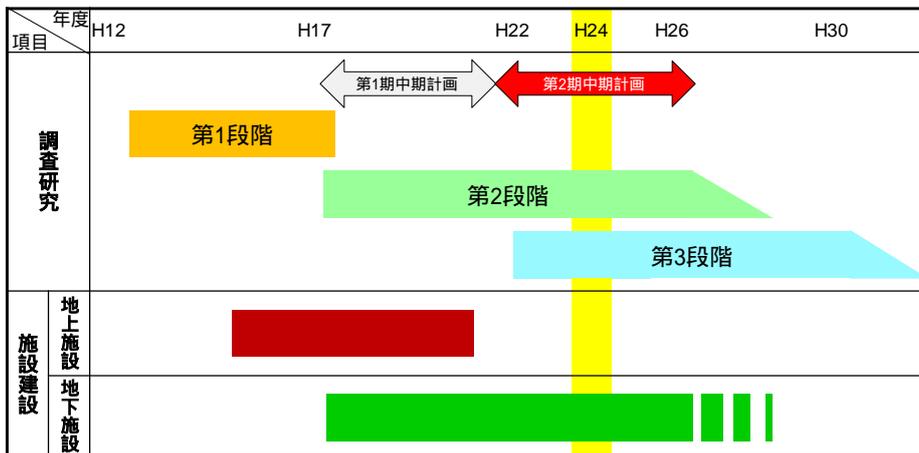
日本原子力研究開発機構
幌延深地層研究センター

1. はじめに

幌延深地層研究計画は、独立行政法人日本原子力研究開発機構(以下、原子力機構)が、堆積岩を対象とした深地層の研究を北海道幌延町で実施しているものです。

原子力機構の第2期中期計画(平成22年度～平成26年度)では、幌延深地層研究計画において、「原子力政策大綱」に示された、「深地層の科学的研究」として、「深地層環境の深度(地下350m程度)まで坑道を掘削しながら調査研究を実施し」、「地上からの精密調査の段階に必要な技術基盤を整備し、実施主体や安全規制機関に提供する」こととしています。また、地層処分研究開発として、「深地層の研究施設等を活用して、実際の地質環境条件を考慮した現実的な処分概念の構築手法や総合的な安全評価手法を整備する」こととしています。さらに、「業務の合理化・効率化の観点から、幌延深地層研究計画に係わる研究坑道の整備等に民間活力の導入を図る」こととしており、平成22年度より施設整備、維持管理および研究支援からなるPFI契約^{*1}を締結して調査研究を進めています。

本概要版中の図表番号については、報告書本体と同じ番号としています。



- 第1段階：地上からの調査研究段階
- 第2段階：坑道掘削(地下施設建設)時の調査研究段階
- 第3段階：地下施設での調査研究段階

図 1 幌延深地層研究計画の全体スケジュール

^{*1}：Private Finance Initiative(民間資金等活用事業)の略称で、公共施設などの建設、維持管理、運営などを民間の資金、経営能力、技術的能力を活用する事で、国や地方公共団体などが直接実施するよりも効率的かつ効果的に事業を実施するための方策です。幌延深地層研究計画における、PFIの契約期間は平成23年1月31日から平成31年3月31日までです。

2. 平成 24 年度の主な調査研究の進め方

幌延深地層研究計画は、「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つの段階に分けて実施しています。平成24年度は地下施設の建設を進めるとともに、第2段階および第3段階の調査研究を実施しました（図 2）。

調査研究は、これまでと同様に、「地層科学研究^{*2}」と「地層処分研究開発」を行いました。「地層科学研究」では、地質環境調査技術開発、深地層における工学的技術の基礎の開発、地質環境の長期安定性に関する研究、の3項目の研究課題を設定し、「地層処分研究開発」では、処分技術の信頼性向上、安全評価手法の高度化、の2項目の研究課題を設定しています。

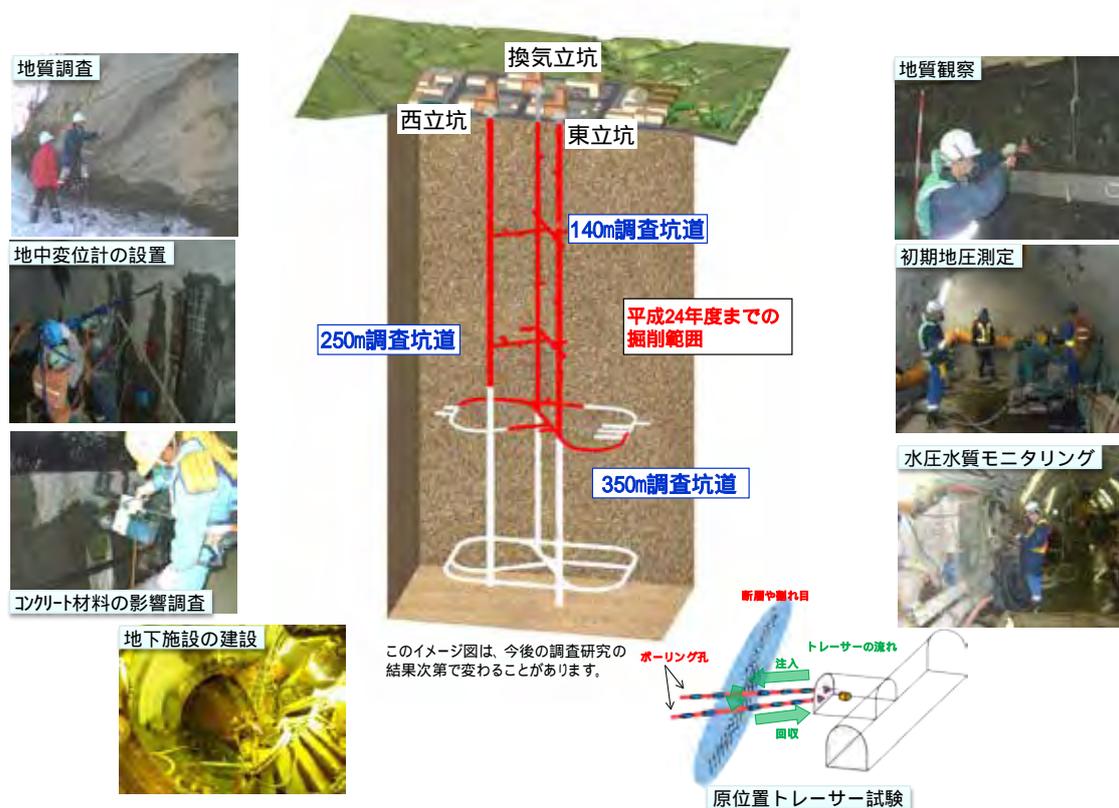


図 2 平成24年度の調査研究のイメージ

*2：幌延深地層研究計画では、原子力政策大綱で「深地層の科学的研究」とされている研究を「地層科学研究」と呼称しています。

3. 地層科学研究

3.1 地質環境調査技術開発

地質構造

東立坑や換気立坑、350m調査坑道近傍の地質分布を3次元的に可視化するとともに、坑道壁面や坑道からのボーリング調査から得られたデータにより、地質構造モデルを確認・更新しました。

具体的には、第1段階のボーリング調査によって、地下施設近傍に分布することが予測されていた小規模な断層のひとつであるF-1断層に着目し、第1段階の調査における断層の予測精度について検討を行いました。坑道壁面および坑道からのボーリング調査で得られたコアの観察結果から、東立坑と350m調査坑道の換気側調査坑道においてF-1断層の延長部が確認され、実際の位置と予測した位置との差は、数m程度であることが分かりました（図5）。この予測精度は、平成23年度に検討した声問層と稚内層の地層境界面の例と同等であり、地下の断層についても一定の程度で予測できることが確認されました。今後は、湧水を導く可能性のある断層の交差位置やその近傍の地質状況について調査・検討を進めていく予定です。

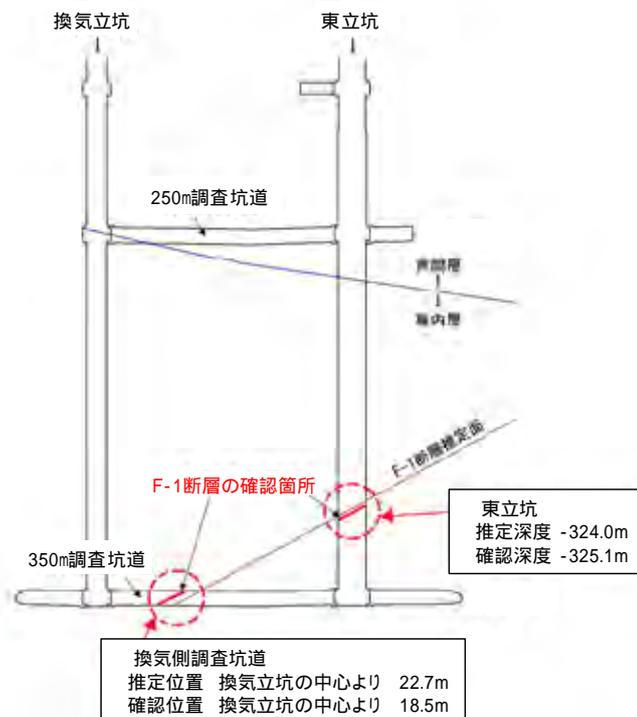


図5 地下施設におけるF-1断層の分布

3.2 深地層における工学的技術の基礎の開発

350m調査坑道において、稚内層を対象に岩盤に荷重をかける載荷試験を実施しました。岩盤の供試体の大きさは、縦と横が約60cm、高さが約30cmです。試験では、岩盤供試体を作製した後、坑道の天井と側壁にコンクリート製のブロックを作り、載荷用ジャッキを鉛直方向とせん断方向（横方向）に設置しました（写真1）。試験では、供試体に鉛直方向の荷重をかけながら、せん断荷重（水平から下向き15°の荷重）を徐々にかけていきます。

載荷試験の結果を図23に示します。図23には、第1段階で得られたボーリングコアを用いた岩石試験結果（CM-H級）および岩石試験結果をもとに岩盤中の割れ目の影響を考慮して予測した、本試験で対象とした岩級（CM-H(Hr.)級）における事前予測線も併せて示しました。地下施設の設計の観点から、載荷試験の結果は事前予測の結果と大きく変わらないことが確認できました。



写真1 載荷試験状況

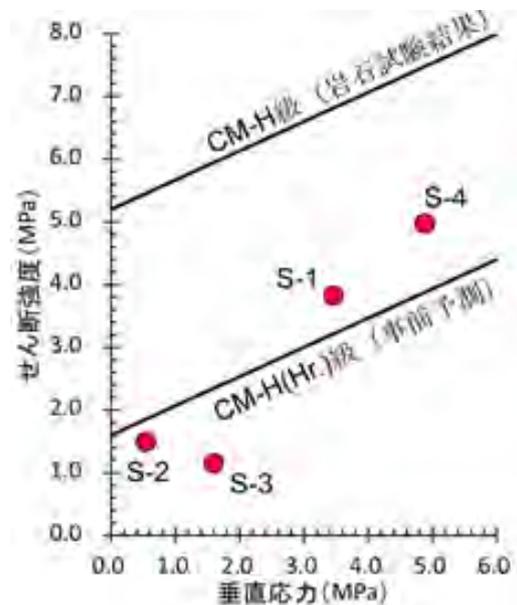


図23 原位置岩盤の破壊点と事前予測結果の比較

S-1～S-4は原位置岩盤での試験結果を示しています。

4. 地層処分研究開発

4.1 処分技術の信頼性向上

人工バリア性能確認試験計画の検討

350m調査坑道における第3段階の試験のひとつとして予定されている人工バリア性能確認試験（図 31）は、幌延を事例として、地層処分研究開発の第2次取りまとめ報告書で示した処分概念が実際の地下で構築できることの実証、人工バリアや埋め戻し材の設計手法の適用性確認、熱、水、応力、化学の連成現象^{*5}に係るデータの取得、を目的として実施するものです。

平成24年度は人工バリア性能確認試験の計画に関わる検討のひとつとして、試験坑道の埋め戻し材の仕様の選定や施工・製作方法などを検討するため、第1段階で検討した設計手法の適用性確認と並行しつつ、材料の基本特性データを取得しました。本試験で使用予定の埋め戻し材は、ベントナイト^{*6}(40%)に350m調査坑道の掘削土(ズリ)(60%)を混合したもので、坑道の下部は現場で転圧しながら締固め、上部は埋め戻し材を圧縮成型してブロック状にしたものを積み重ねることによって施工する計画です（図 32）。そのため、埋め戻し材ブロックの製作性を確認するための予備試験をあわせて行い、埋め戻し材ブロックの仕様を決定しました。

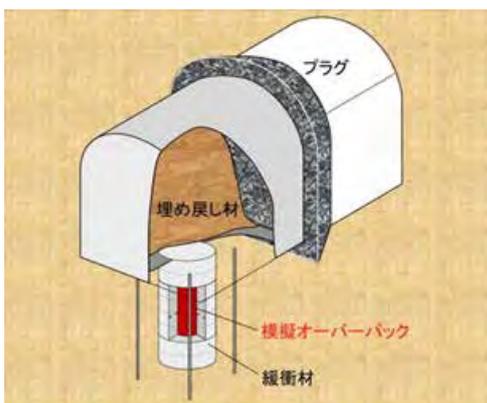


図 31 人工バリア性能確認試験の概要

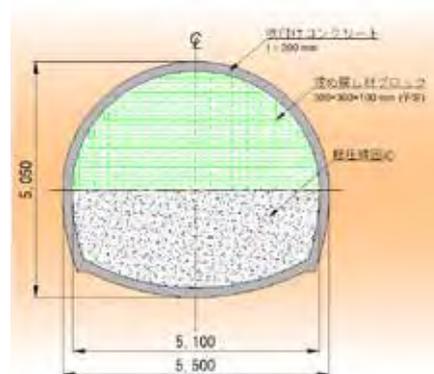


図 32 人工バリア性能確認試験坑道埋め戻しの概要（予定）

*5：地下環境に設置された廃棄体の周辺の緩衝材や岩盤には、廃棄体からの熱、地下水との反応、岩盤から（または岩盤へ）作用する応力、化学的な変化などによる影響が複合的に発生すると考えられます。

*6：ベントナイトは粘土鉱物のスメクタイトと石英などの鉱物から構成される材料です。ボーリング孔の掘削時には、孔壁の崩壊防止のために用いられる場合もあります。なお、地層処分では、水と接すると膨潤する性質に着目して、緩衝材の候補材料としています。

4.2 安全評価手法の高度化

安全評価モデルの高度化

安全評価手法の高度化では、天然バリアである岩石中の物質の移動特性に関わるデータおよび知見を取得することが目的のひとつです。その一環として、平成24年度は、350m調査坑道周辺の地質環境特性（水理地質構造、割れ目帯分布など）の把握を目的とした調査ボーリングを継続するとともに、安全評価に係わる物質移行解析や室内試験によるデータ取得を行いました。

具体的には、平成23年度に250m調査坑道から実施した孔長140m程度のボーリング孔の掘削（斜め下方向に3孔：図 35(a)の緑・赤・紫の線）、コア観察および物理・流体検層^{*7}に引き続き、平成24年度は比抵抗トモグラフィ調査^{*8}、音響・弾性波トモグラフィ調査^{*9}および水理試験を実施しました。その結果から、350m調査坑道周辺の水理地質構造として重要なF-1断層の透水性など、350m調査坑道で実施する物質移行試験の詳細計画の策定に必要となる地質構造・水理地質構造を把握しました。

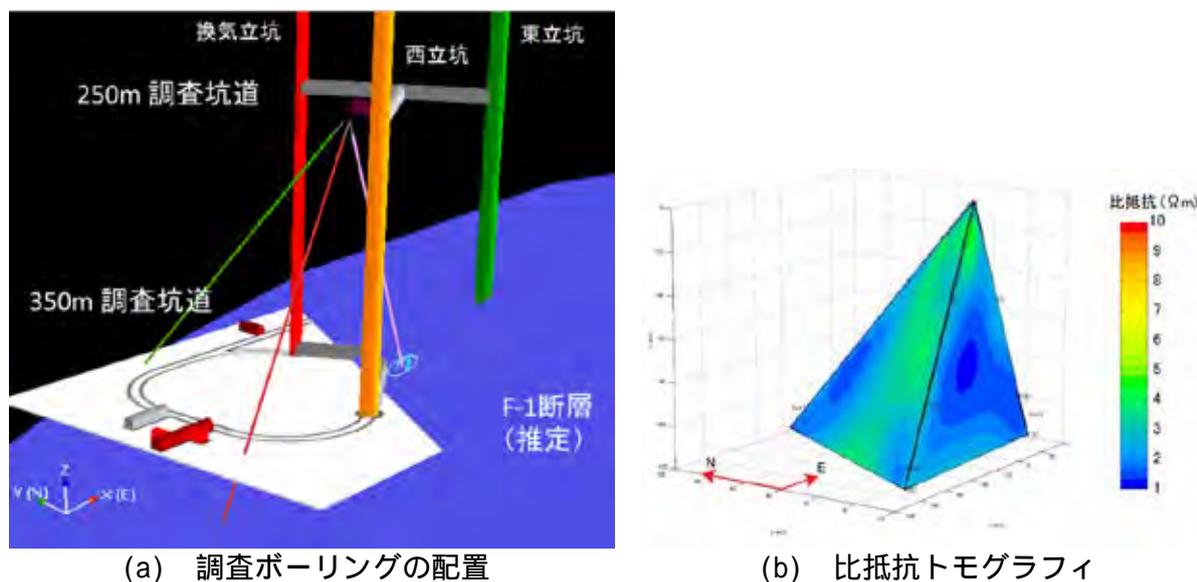


図 35 350m 調査坑道周辺の調査ボーリング結果の例

*7：ボーリング孔内に測定機器を設置して、岩盤の温度や密度、地下水が流れている位置などを地上から連続的に計測する測定手法です。

*8：岩盤内の決められた領域の周囲で岩盤の比抵抗（電気の通しやすさ）をいろいろな測線で計測することにより、領域内の水理地質構造などを確認する調査です。

*9：岩盤内の決められた領域の周囲に受振器と発振器を設置し、いろいろな測線の弾性波（人工的に発生させた微小な地震波）の速度を計測することにより、領域内の岩盤の掘削による損傷範囲や、損傷の程度を確認する調査です。

5. 地下施設の建設

平成24年度は、平成22年度から導入したPFIによる地下施設（立坑および調査坑道）の建設を継続しました。

立坑については、西立坑の深度約300mまでの掘削を行いました。また、350m調査坑道は平成24年3月から掘削を開始し、5月に換気立坑と東立坑をつなぐ調査坑道が貫通しました（写真7）。その後、平成25年2月上旬に調査ボーリング箇所からのメタンガスの噴出と、坑道切羽からの大量湧水により掘削工事を一時中断しましたが、湧水を抑制する対策などを行い、湧水量の減少を確認して工事を再開しました。なお、今後、同様の地質環境における坑道の掘削においては、湧水に係るリスクの低減を図るため、地質の詳細な評価や、より効果的な湧水抑制対策（グラウト^{*10}範囲の拡張や注入圧力の見直し）を行うこととしました。

坑道掘削に伴い発生する掘削土（ズリ）は、土壤汚染対策法の遮水工封じ込め型に準じた二重遮水シート構造の掘削土（ズリ）置場に保管しています。掘削土（ズリ）置場の拡張工事は平成23年度に終了していますが、掘削土（ズリ）置場盛土部の被覆シートが紫外線や暴風により損傷してきたため、今後とも掘削土（ズリ）置場への浸透水の抑制を維持する観点から、平成24年度に法面に敷設している被覆シートを撤去し、モルタル吹付けを実施しました。



写真 7 350m調査坑道貫通状況

*10：岩盤に孔をあけ、水みちとなる岩盤の割れ目の中にセメントなどの固化材を圧入し充填することにより、湧水を止める技術のことです。

6. 環境モニタリング

研究所設置地区を対象とした環境モニタリング調査については、幌延深地層研究センターの造成工事着手前（平成14年度）から継続して実施しています。

調査項目は、地下施設工事により発生する可能性のある「騒音」、「振動」、変化する可能性のある「水質」、水質・水量などの変化により影響を受ける可能性がある工事範囲下流域の「魚類」、「植物」です。これら調査のうち、水質、魚類および植物の調査計画ならびに調査結果については、有識者からの助言をもとに評価しています。

騒音・振動および清水川の水質については、平成24年度に西立坑の掘削と350m水平坑道の掘削工事を実施しましたが、いずれも工事の影響は認められませんでした。魚類については、これまでと較べて大きな変化がみられず、6科10種が確認され、そのうち重要種は6種でした。植物については、造成工事などの着手前と比較して主要種の生育状況に変化は認められませんでした。

なお、平成25年2月には、坑道切羽からの大量湧水により一時的に地下施設からの排水が増加しましたが、北るもい漁業協同組合との協定に定める1日あたりの排水量を遵守しつつ、排水処理を適切に行った上で天塩川へ放流しました。

表 7 モニタリング調査項目と結果

調査項目	調査結果
騒音	等価騒音レベルは、昼間は38～56デシベル、夜間は36～54デシベルであった。なお、夏季調査日は、風がやや強く草木の揺れる音の影響が大きかったため、全体的に高い値であった。（工事着手前：昼間39～53デシベル、夜間30未満～37デシベル）
振動	昼間は35デシベル以下、夜間は30デシベル未満であり、工事着工前と同程度であった。（工事着手前：昼間30未満～33デシベル、夜間30未満～30デシベル）
水質(清水川)	清水川の水質については、工事の影響とみられる変化は認められなかった。
魚類	春季、夏季および秋季調査で6科10種を確認した。重要種については、スナヤツメ、ヤマメ（サクラマス）、エゾウグイ、エゾホトケドジョウ、エゾトミヨ、ハナカジカの6種を確認した。
植物	植物群落は、これまでとほぼ同様な種構成が確認され、大きな変化はみられなかった。

7. 安全確保の取組み

安全確保の取組みとして、請負作業や共同研究作業については、計画段階から作業担当課などが作業のリスクアセスメントを実施し、安全対策の妥当性を確認するとともに、必要に応じて改善するように指導を行いました。

そのほか、所長や保安管理課によるパトロールなど、定期的な安全パトロールを実施し、継続的に現場の安全確認や改善などを指導しています。

さらに、新規配属者や請負作業または共同研究作業の責任者などに対して安全教育を実施するほか、全国安全週間などの機会を捉えて、従業員のみならず請負企業も参加した安全行事に積極的に取り組むなど、安全意識の高揚に努めています。

なお、坑内から発生するメタンガスについては、表 16に示すように、濃度に応じた段階的な自主基準を定めて、作業の管理を行っています。

表 16 メタンガス濃度に応じた作業管理体制

メタンガス濃度(Vol%)	対応内容
0.25以上～0.5未満	火気使用作業の禁止、非防爆電動工具の使用禁止
0.5以上～1.0未満	火薬取扱作業の禁止
1.0以上	パトライト点灯＋一斉放送
1.0以上～1.5未満	作業員退避
1.3以上	パトライト点灯＋サイレン
1.5以上	坑内電源遮断

8. 開かれた研究

幌延深地層研究計画で実施する地下深部を対象とした研究は、以下に示す研究機関との共同研究や研究協力をはじめ、その他にも広く関連する国内外の研究機関や専門家の参加を得て進めました。

8.1 国内機関との研究協力

“ 大学などとの研究協力

○ 北海道大学

圧縮ベントナイト中の物質移動現象の評価

地質調査や地質構造モデル構築に係る専門技術継承のためのノウハウの整理

○ 東京都市大学

地層中の微量元素の存在状態の調査

○ 岡山大学など

光ファイバーを用いた水分計測技術の開発
など

“ その他の国内研究機関との研究協力

○ 幌延地圏環境研究所

岩石・地下水中の微生物特性・化学特性の評価

○ 電力中央研究所

地質・地下水環境特性評価に関する研究

○ 原子力環境整備促進・資金管理センター

地層処分実規模設備整備事業における工学技術に関する研究
など

8.2 国外機関との研究協力

○ Nagra (スイス)

過去から現在までの地下水の流れと水質の形成過程の復元研究

○ モンテリ・プロジェクト

鉄材料の腐食に関する原位置試験

など