

**幌延深地層研究計画
平成23年度調査研究成果報告
(概要版)**

平成24年7月

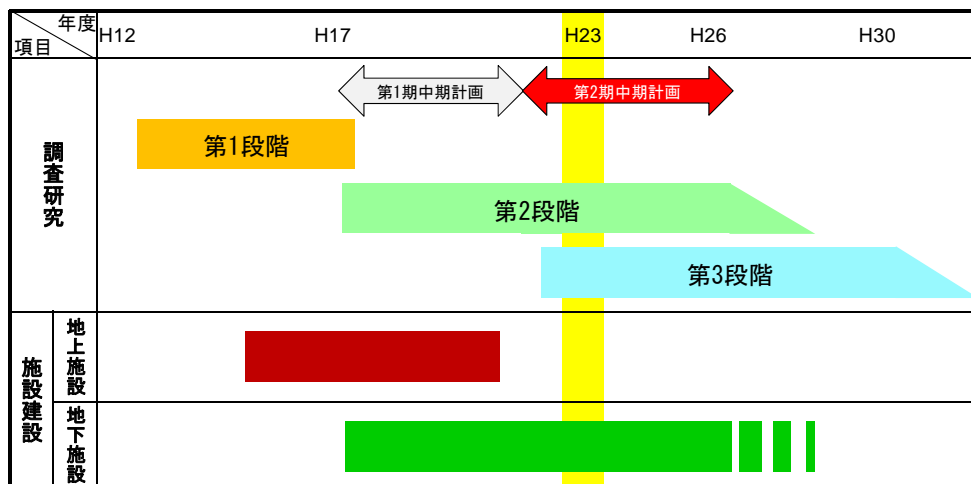
**日本原子力研究開発機構
幌延深地層研究センター**

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」計画です。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23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23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。

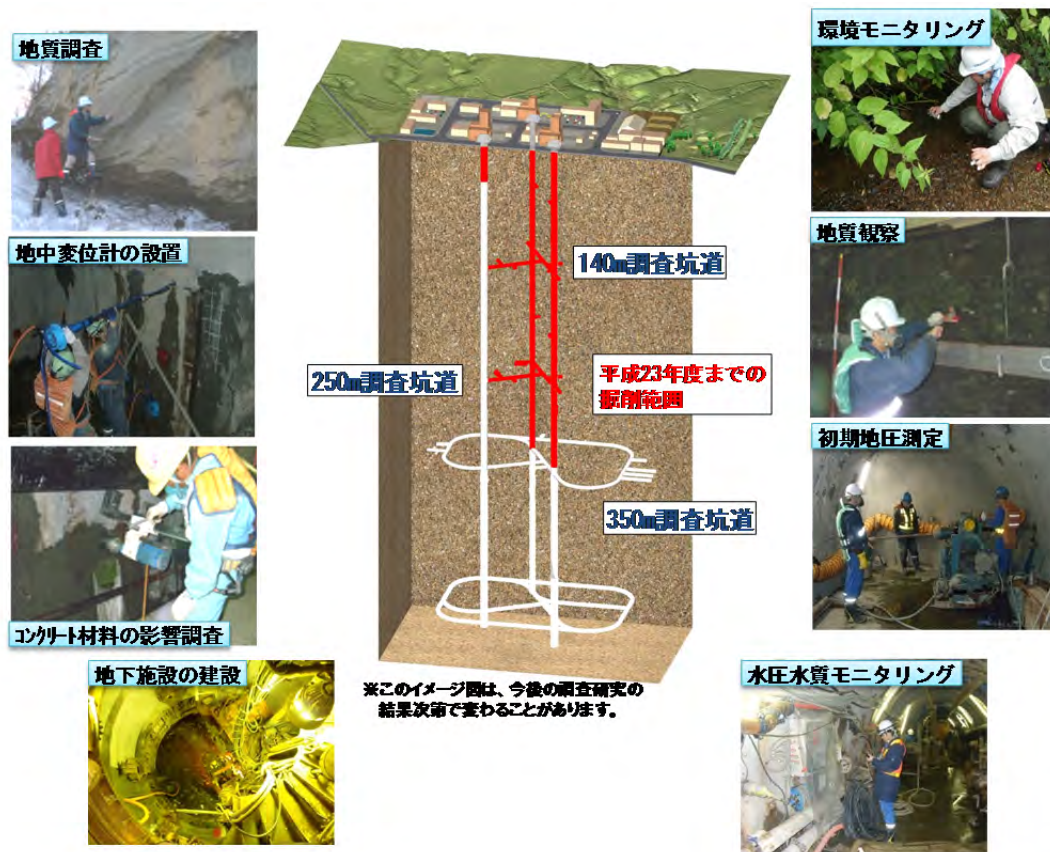


図2 平成23年度の調査研究のイメージ

*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

調査技術・調査機器開発

140m調査坑道では、掘削により岩盤がどのように変化していくのかを調べるための調査技術・調査機器の開発を実施しています。その一つとして、岩盤を伝わる振動の速さ（弾性波速度）の変化を調査しています。これは弾性波トモグラフィ調査*3と呼ばれる調査であり、坑道の掘削中には約1m掘削するごとに、また、掘削の終了後には約50日おきに繰り返し行っています。

図 19は、調査坑道を掘削する前の測定結果を基準値として、調査坑道の掘削中および終了後の弾性波速度がどの程度変化するかを示したものです。調査の結果、弾性波速度の変化する部分（遅くなった部分ほど濃い赤色で表されます。）は、坑道の壁面近傍から数mの範囲であることが分かりました。

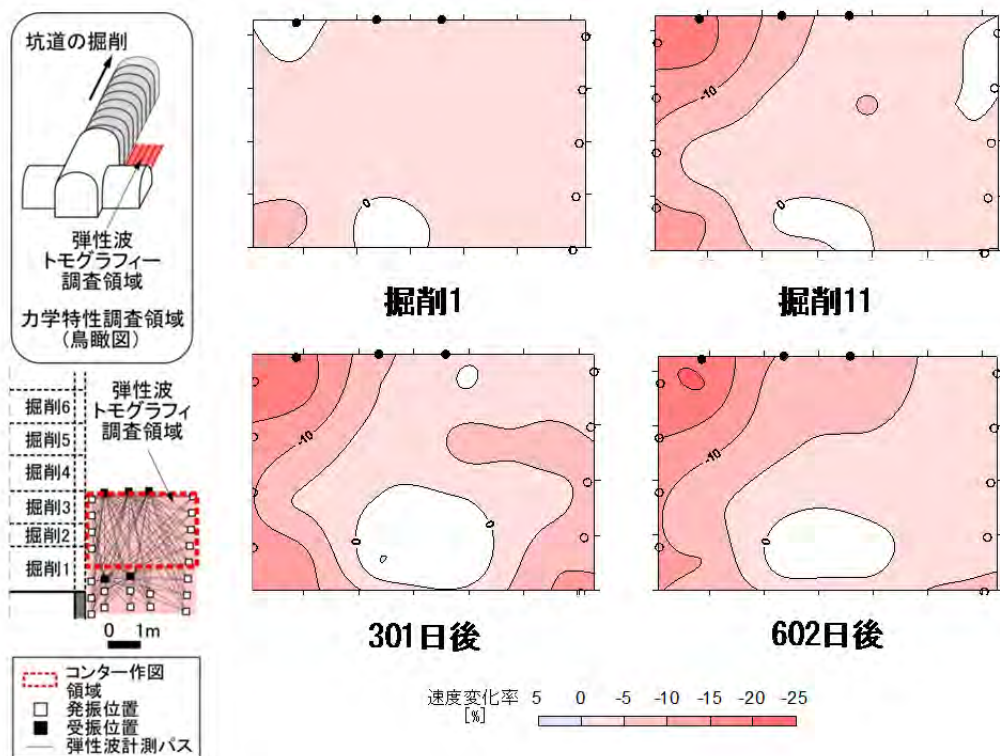


図 19 弾性波トモグラフィ調査の結果
(本文中の図から抜粋して示してあります。)

*3：岩盤内の測定する場所の周囲に発振器と複数の受振器を設置し、その間を通る弾性波（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、領域内の岩盤のゆるみ具合などを確認する調査です。

3.2 深地層における工学的技術の基礎の開発

岩盤内に坑道を掘削した際の岩盤壁面には凹凸ができます。この凹凸は、もともと岩盤中に存在する割れ目と掘削によってできる割れ目がつながることによって生じます。割れ目が多いところでは、坑道掘削後に坑道壁面から岩のかたまりが抜け落ちてくることもあります。岩盤壁面の凹凸の発生を抑えることは、工事の安全性や岩盤の損傷を最小限にするために重要です。

深度250m以深の坑道の掘削では、坑道掘削後の岩盤壁面の凹凸の三次元的な形状を定量的に把握するために三次元レーザースキャナを導入し、計測を行いました。また、そのデータや割れ目の分布状況に関する調査結果などをもとに、抜け落ちの状態を詳細に調べました。

レーザースキャナの計測結果を図 29に示します。岩盤壁面の凹凸の程度を示す図 (図 29(b)) は、工事で基準となる設計掘削線 (図 30) から岩盤壁面までの距離を示しています。南北方向で、岩盤の抜け落ち (青色部分) が多く発生しています。この地域の岩盤には東西圧縮の力がかかっており、南北方向の岩盤が破壊しやすい条件であるため、抜け落ちが多く発生したと考えられます。また、抜け落ちの程度は、割れ目が多く分布するところ (図 29(a)) で大きくなる傾向にあることが分かりました。このような場所を早急に見つけ、支保設計に反映しています。

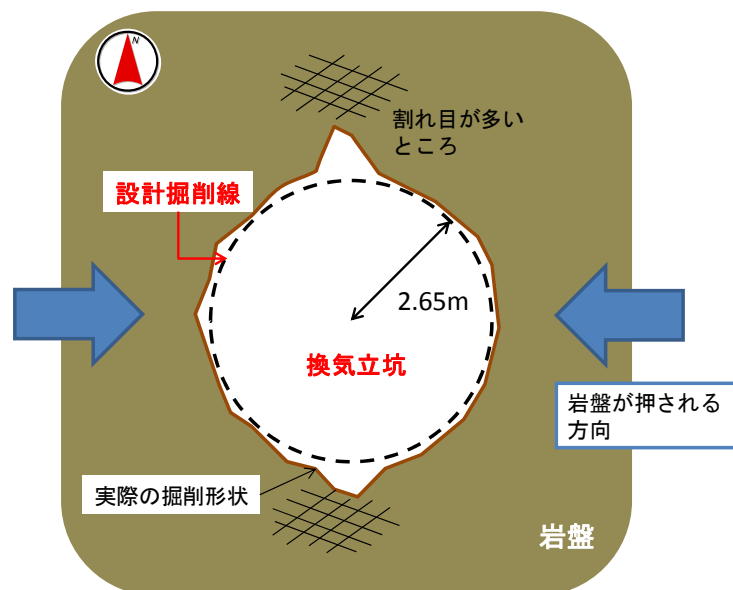
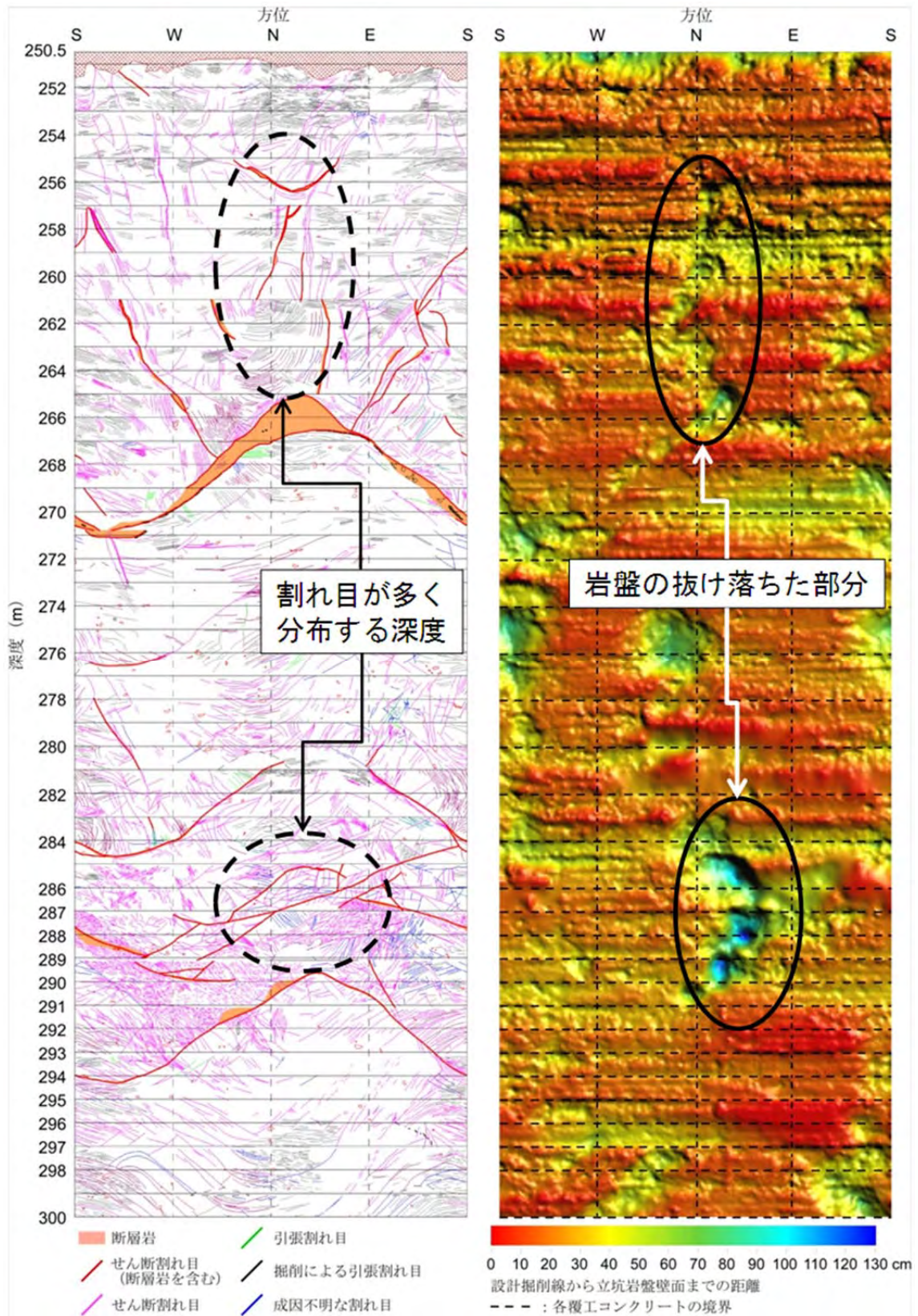


図 30 岩盤の抜け落ちイメージ



(a) 立坑壁面の割れ目分布 (b) 壁面の凹凸状況
 図 29 立坑壁面の割れ目分布と凹凸状況 (換気立坑深度 250.5m~300m)

3.3 地質環境の長期安定性に関する研究

地質環境の長期的変遷に関する研究

地質環境が将来どのように変化していくかを予測するには、過去から現在までの状況の変化を調べて、その変化を将来へ延長する方法（外挿法）があります。その方法を適用する場合には、過去から現在までの変化をより詳しく知る必要があります。そこで、平成23年度は、これまで行ってきた地形や地質調査の結果に基づいて、まず、幌延地域の過去約220万年間の地形・地質構造の変化を復元したモデル（地形・地質構造の変遷モデル）を作成しました。次に、原子力機構が開発した地下水の流れと地下水中の塩分濃度を数百万年間の単位でシミュレーション可能な数値解析手法を適用し、さらに、気候・海水準変動による影響を考慮して、地下水の流れと地下水中の塩分濃度の変化を解析しました（図33(a)）。

これらの結果から、幌延地域の地形・地質構造のデータを利用して地形・地質構造の変遷モデルが構築できること、海水準および地下水涵養量（雨や雪などの降水が地下の岩盤にしみ込む量）の変動を考慮した地下水の流れと地下水中の塩分濃度の解析が可能であることを確認することができました。

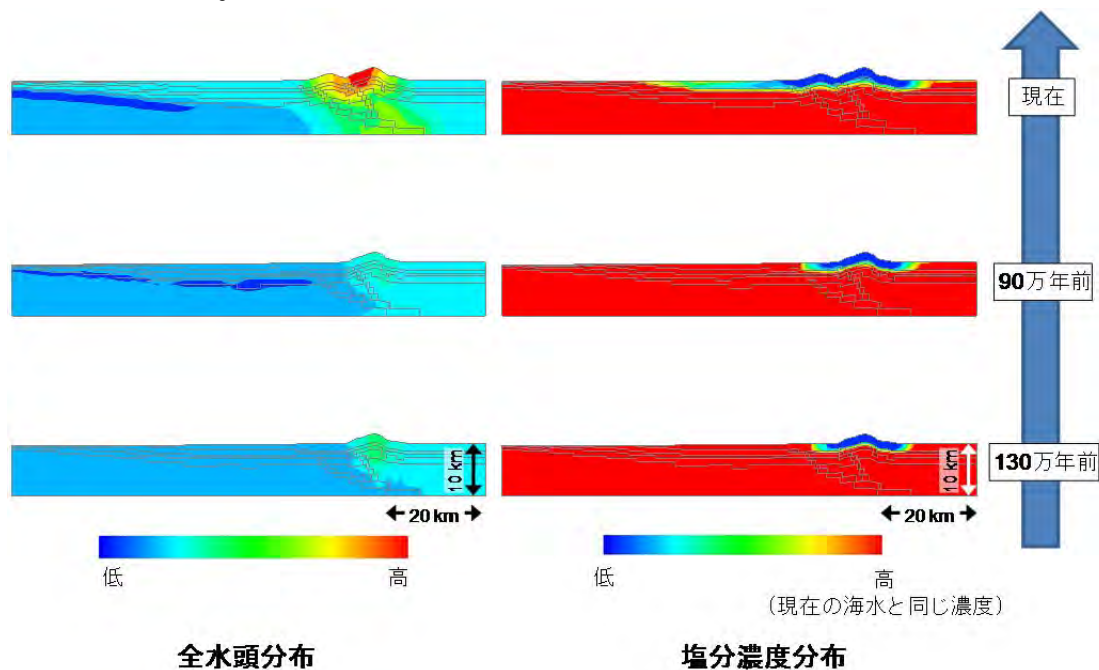


図 33(a) 解析結果の一例とモデル化・解析の対象とした断面の位置
全水頭とは、水の持つ流れのエネルギーを、水柱の高さ（水頭）で表したもので、地下水は、水頭の高い方から低い方へ向かって流れます。

4. 地層処分研究開発

4.1 処分技術の信頼性向上

人工バリアなどの工学技術の検証

平成23年度は、平成22年度に引き続き、250m調査坑道の一部で低アルカリ性セメントを用いた吹付けコンクリートを施工し、設計基準強度を満たすことや、通常のコンクリートと同様の管理で施工できることを確認しました。また、施工済みの140m調査坑道からコンクリートおよび岩石のコア、地下水を採取し、周辺岩盤などに与える影響を調査しました。その結果、坑道周辺の岩盤中の鉱物や地下水に変化はなく、周辺環境への影響は現状では生じていないことが分かりました。

また、平成22年度に引き続き、原子力環境整備促進・資金管理センター^{*4}との共同研究として、地層処分実規模設備整備事業^{*5}における操業技術や人工バリアの長期挙動について、実物大での試験設備について検討し、一部の設備を製作しました。平成23年度は緩衝材定置試験設備のうち、縦置きでの処分孔に緩衝材を定置するための昇降装置（テレスコピック）を製作しました（写真 2）。



写真 2 緩衝材定置試験設備の製作状況

*4：公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センターは、放射性廃棄物処理処分の専門研究機関として発足しました。現在は、原子力発電環境整備機構 (NUMO) を通して積み立てられる最終処分積立金の管理などを行う資金管理業務も実施しています。

*5 経済産業省資源エネルギー庁の委託事業です。

5. 地下施設の建設

平成23年度は、平成22年度から導入した民間活力（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。東立坑および換気立坑は深度約350mまでの掘削を行い、西立坑はやぐら設備（写真5）の基礎を整備した後、深度約50mまでの掘削を行いました。さらに、やぐら設備とスcaフォード*6および巻上機を設置しました。また、調査坑道については、250m調査坑道の掘削を継続し、平成23年5月に掘削が終了しました。350m調査坑道の掘削は平成24年3月に換気立坑側から開始しました。

立坑および調査坑道の掘削に伴って出てくる湧水を抑制するために、350m調査坑道の一部と東立坑および換気立坑の深度250m以深を対象としてグラウト工事を行いました。また、可燃性ガス対策として切羽（掘削箇所では岩盤が露出している部分）では防爆仕様機器の使用やガス濃度測定などを行いながら、安全確保を最優先として掘削を進めました。



写真 5 西立坑のやぐら設備設置状況

*6：立坑工事に使用される立坑にワイヤーでつり下げられた作業足場のことです。

6. 環境モニタリング

地下施設の建設に伴う周辺環境への影響を調査するため、地下施設からの排水、排水処理設備で処理した処理済排水の放流先である天塩川放流口の河川水、研究所用地からの生活水の排水などの水質調査を実施しています。センター全体の排水系統図を図 42に示します。

分析項目は、水質汚濁防止法の排水基準や北るもい漁業協同組合との協定に基づくものであり、分析は公的機関による分析です。分析結果の詳細については、幌延深地層研究センターのホームページ*7で公開しています。

モニタリングの結果、地下施設の建設による環境への影響は観測されませんでした。

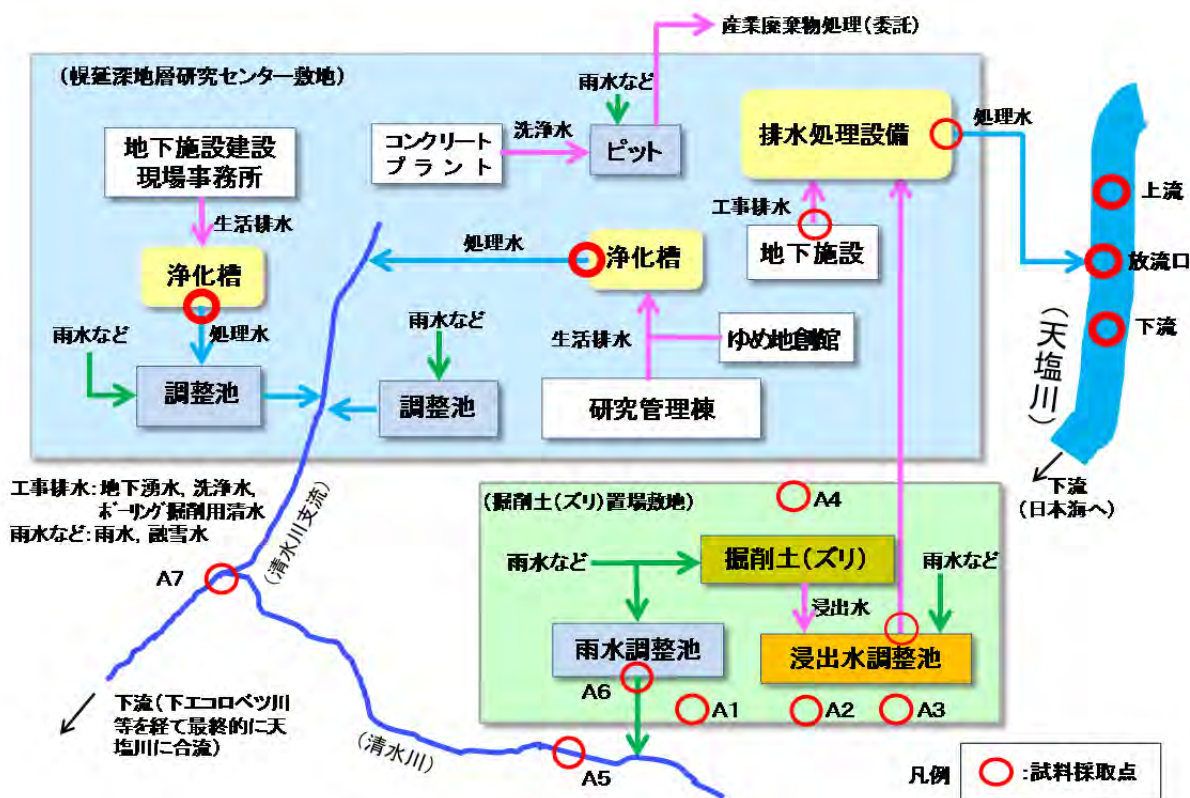


図 42 幌延深地層研究センター排水系統図

*7 : <http://www.jaea.go.jp/04/horonobe/suishitsu.html>

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、所長や保安管理課など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（写真 7）。

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する安全教育の実施や、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も積極的に取り組み、安全意識の高揚に努めています。



写真 7 安全パトロールの様子

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
地質環境調査データの品質確保方策に関する検討
- 東京都市大学
地層中での微量元素の移動の仕方についての調査
- 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・化学特性の調査
- 電力中央研究所
地質・地下水環境特性評価に関する共同研究
- 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
- 原子力安全基盤機構・産業技術総合研究所
安全評価手法の適用性に関する研究
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