

**幌延深地層研究計画
平成25年度調査研究成果報告
(概要版)**

平成26年6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。

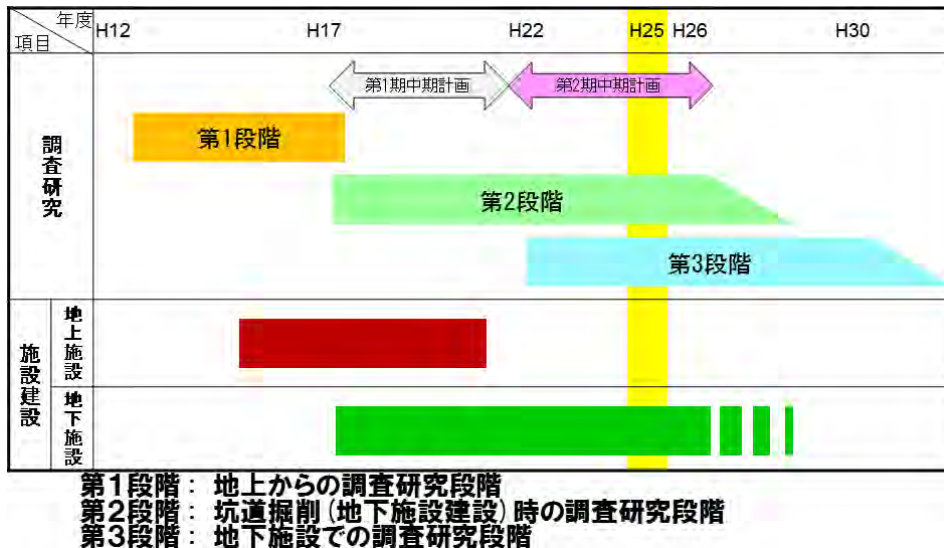


図 1 幌延深地層研究計画の全体スケジュール

*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 25 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25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。

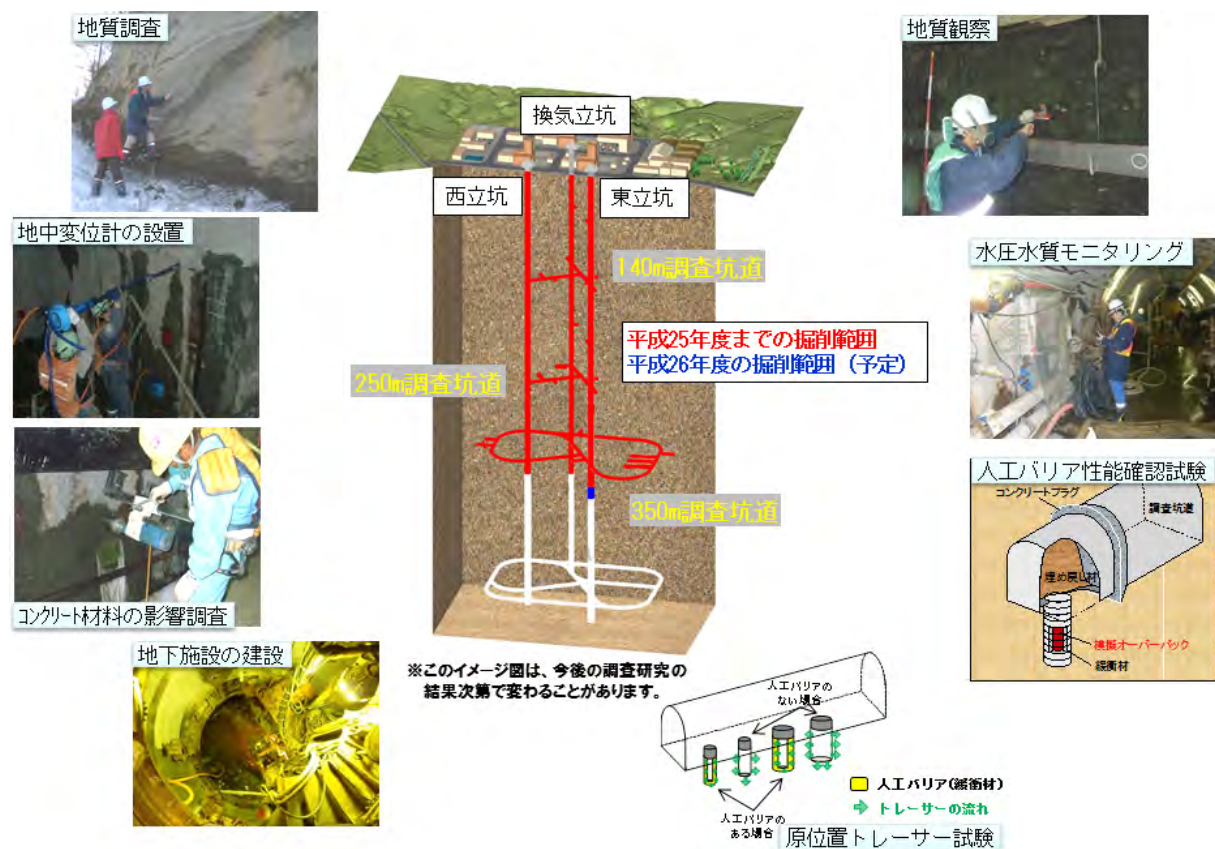


図 2 平成25年度の調査研究のイメージ

*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

平成25年度は、主に350m調査坑道における地質観察が進められ、そこで得られたデータに基づいて350m調査坑道の断層分布を把握するとともに、地上からのボーリング調査に基づき推定した断層分布と比較しました。第1段階の調査において構築された地質構造概念に基づくと、350m調査坑道の周囲の^{わからない}稚内層中には、小規模な断層が分布し、それらは層理面に平行な断層（以下、層面断層）とそれ以外の断層に分類されます。350m調査坑道の層面断層（図5の青色の実線）とそれ以外の断層（図5の赤色の実線）の分布を確認しました。地上からのボーリング調査に基づき推定した主な断層の分布位置（図5の赤色点線）と比較すると、観察された断層の位置や方向は、推定結果とおおよそ整合的でした。

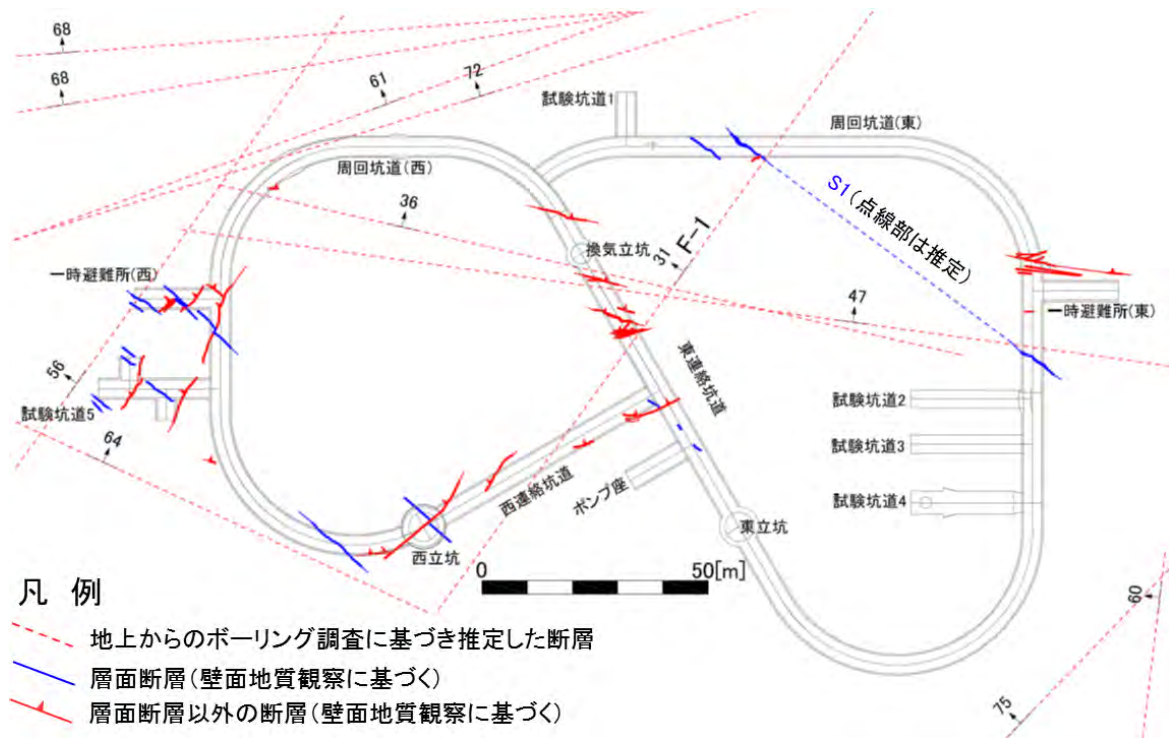


図5 350m 調査坑道における断層分布

3.2 深地層における工学的技術の基礎の開発

平成25年度は、東立坑、西立坑、換気立坑および350m調査坑道の掘削を進めながら、覆工コンクリート応力や坑道周辺岩盤の変位などの計測を実施するとともに、得られたデータに基づき地下施設設計と計測技術の妥当性の確認ならびに更新を行いました。

具体的には、図 25に示すように西立坑の深度320m付近に出現が予想される断層が立坑の安定性に及ぼす影響を分析し、対策を講じました。この断層は以前、換気立坑の深度270m付近に出現しており、周辺岩盤に比べて強度が低かったため、施工時に岩盤壁面の抜け落ちが大きくなったり、立坑に大きな変形を発生させたりするなど、立坑の安定性に影響を与える可能性があったため対策工を施しました。

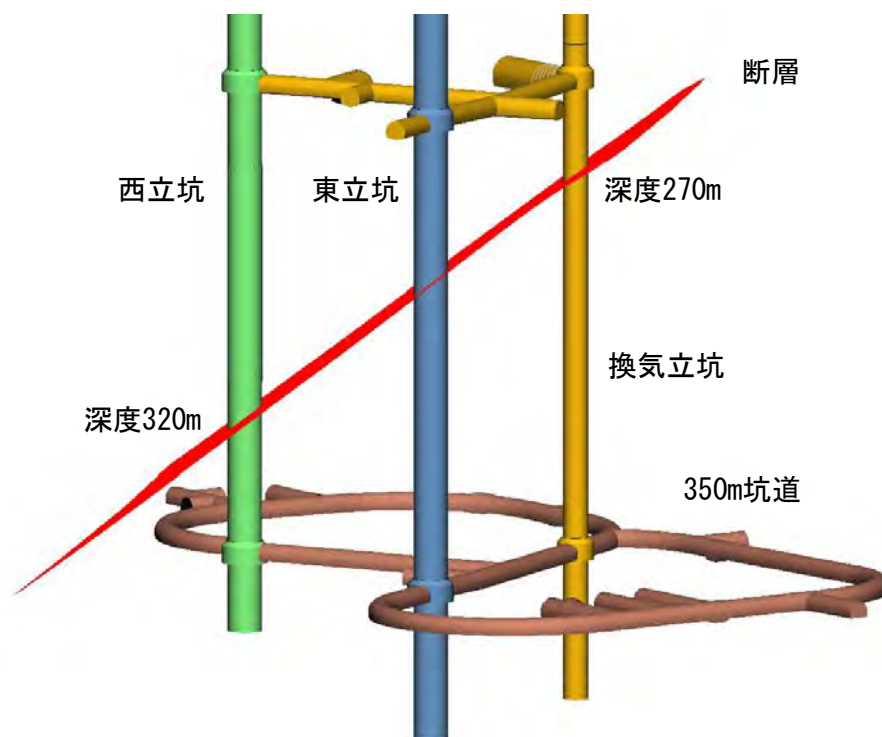


図 25 断層出現位置

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

平成 25 年度は、これまで構築してきた解析プログラムを利用して、幌延地域で実際に確認されている地下深部の高い水圧分布に着目した解析を実施し、その再現性の検討を行いました。

具体的には、HDB-11孔の稚内層深部に観測されている高い水圧分布について、既存の地形・地質構造の長期的な変遷に関する調査研究の成果をもとに堆積岩の堆積、圧密、隆起、侵食などの作用を考慮した一次元の解析を行い、その再現性を検討しました。解析の結果、水圧分布の絶対値は一致しないものの、地形・地質構造の長期的な変遷を考慮することで、HDB-11孔の深部（深度700m以深）に認められる高い水圧分布の傾向を再現できることを確認しました（図 31）。

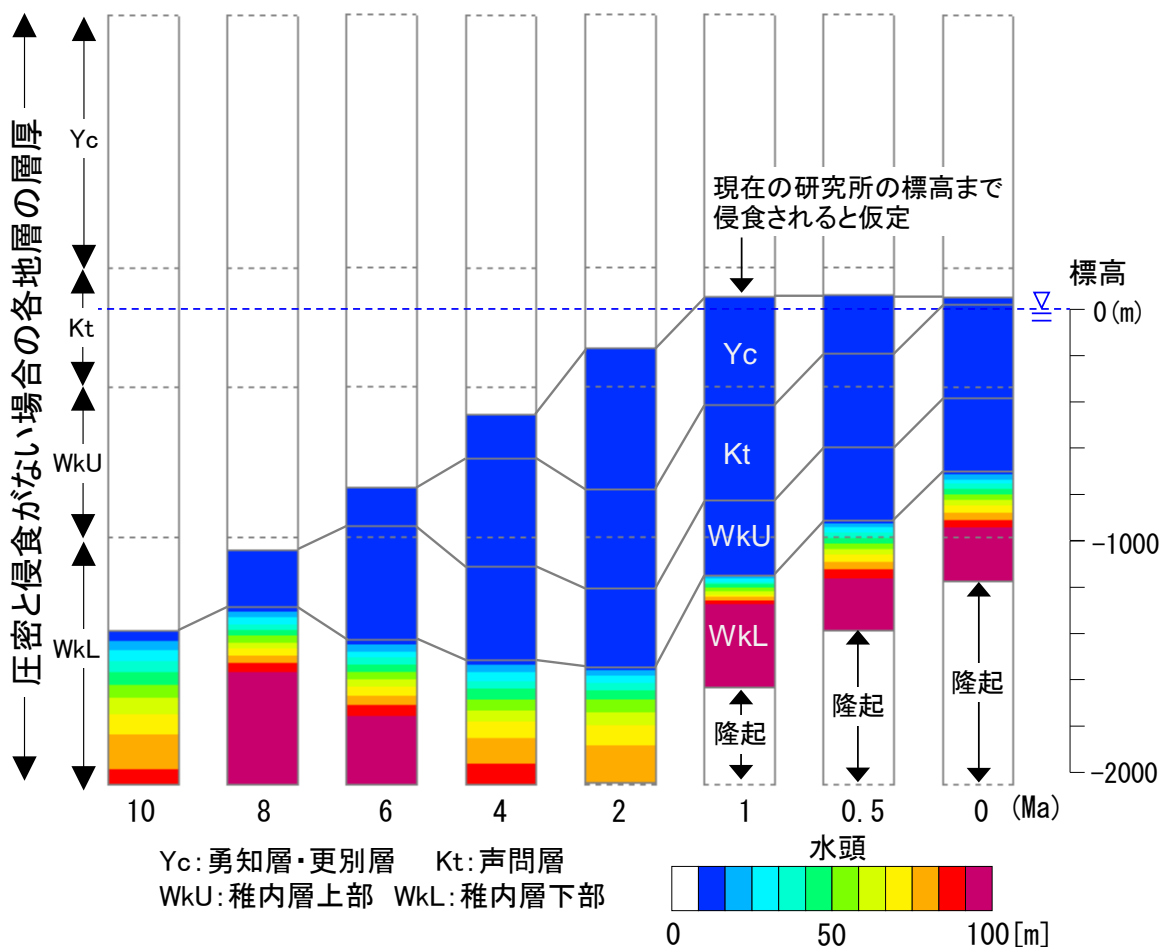


図 31 地形・地質構造の長期的な変遷に基づく水頭分布の変化に関する一次元解析結果

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

平成25年度は、350m調査坑道における作業として、試験坑道4において直径2.4m、深さ4.2mの試験孔を掘削しました。試験孔の掘削のために、外周の全周ケーシング工法と中堀のオーガー工法を同一機械で施工可能な大口径の掘削機を開発しました。本試験では1孔のみの掘削ですが、実際の処分場を想定した場合には狭い坑道の中で多数の孔を連続的に掘削すると考えられることから、一貫した掘削作業が可能であり、かつ自走可能な機械としました。開発した大口径掘削機による試験孔の掘削の様子を写真 14に示します。



(a) 開発した大口径掘削機



(b) 全周ケーシング工法による外周の掘削



(c) オーガー工法による中堀

写真 14 大口径掘削機による試験孔の掘削

4.2 安全評価手法の高度化

調査坑道で採取した地下水試料や250m調査坑道で実施したトレーサー試験（調査技術・調査機器開発の一環として実施）の地下水試料を用いて数値解析と室内実験を行い、350m調査坑道で実施予定の原位置物質移動試験で使用するトレーサーの種類や添加濃度に関する検討を行いました。なお、ここで取り扱ったトレーサーは一般に販売されている試薬です。水溶液中のイオン平衡を計算する地球化学計算コード「PHREEQC」を用いた数値解析を行った結果、セシウムやヨウ素はトレーサーとして適用できる可能性が高いことが示された一方で、ユウロピウムやストロンチウムは地下水中に十分に溶けにくく、トレーサーとして適用しにくいことが示されました。同様な結果は、調査坑道で採取した地下水試料にトレーサーを添加し、ろ過（写真 16）した実験でも確認され、特にユウロピウムを高濃度（100 mg/L）で添加したケースでは、目視で確認できるほどの沈殿が認められました。350m調査坑道で実施するトレーサー試験ではこのような結果を踏まえた上でトレーサーの選別と濃度設定を行うとともに、250m調査坑道のトレーサー試験における地質環境中の物質移動特性とトレーサーの存在状態の関係についてさらに検討を行っていきます。

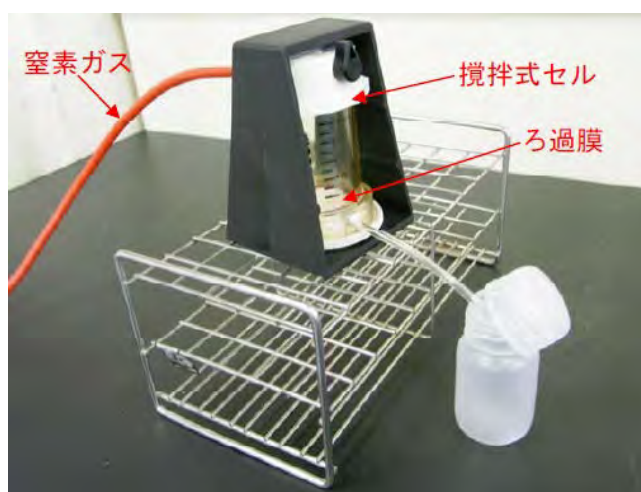


写真 16 攪拌式セルを用いた加圧ろ過システム

5. 地下施設の建設

平成25年度は、平成22年度から導入したPFI契約による地下施設（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、換気立坑の深度380mまで、東立坑の深度371mまで、西立坑の深度365mまでの掘削を行いました。また、350m調査坑道は平成25年10月に周回坑道全域が貫通し、平成26年1月に総延長約760mまでの掘削が完了しました（写真 18）。また、平成25年2月に発生した湧水の増加に伴う原因と対策を踏まえ、換気立坑の深度350m～380m区間において追加の湧水抑制対策を実施しました。今後も、同様の地質環境において坑道を掘削する際には、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（グラウト範囲の拡張や注入圧力の見直し）を行います。

坑道掘削に伴い発生する掘削土（ズリ）は、土壌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。



写真 18 350m調査坑道貫通状況

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。これらの調査のうち、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（表 4）。騒音・振動および清水川の水質については、平成25年度の西立坑や350m調査坑道などの掘削による影響は認められませんでした。魚類については、これまでと比べて大きな変化がみられず、6科10種が確認されました。植物については、造成工事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。

地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査については、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なども対象に実施しています。これらの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^{*3}で公開しています。水質モニタリング調査の結果、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。

表 4 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42～55デシベル、夜間は30未満～49デシベルであった。全測定地点において、地下施設工事が音源となることはほとんどなかった。 (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33デシベル以下、夜間は31デシベル以下であり、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、工事による河川水質への影響は確認されていない。
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、ドジョウ、エゾホトケドジョウ、エゾトミヨ、ハナカジカの7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。

*3 : <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 13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 13 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

- 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
- 東北大学、京都大学
地下水中の微量元素とコロイドとの相互反応
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
- 産業技術総合研究所
過去の地下水の化学的環境の推定に関する研究
- 株式会社大林組
マルチ光計測プローブによる岩盤挙動モニタリング
- 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

- 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