



JAEA-Review
2012-023

幌延深地層研究計画 平成 24 年度調査研究計画

Horonobe Underground Research Laboratory Project
Investigation Program for the 2012 Fiscal Year

(編) 中山 雅 澤田 純之

(Eds.) Masashi NAKAYAMA and Sumiyuki SAWADA

地層処分研究開発部門
幌延深地層研究ユニット

Horonobe Underground Research Unit
Geological Isolation Research and Development Directorate

June 2012

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Review

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2012

幌延深地層研究計画 平成24年度調査研究計画

日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門 幌延深地層研究ユニット
(編) 中山 雅、澤田 純之*

(2012年4月25日受理)

本計画は、原子力機構が堆積岩を対象に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期中期計画では、高レベル放射性廃棄物の処分技術に関する研究開発について、「地層処分研究開発」と「深地層の科学的研究」の2つの領域において、他の研究開発機関と連携して研究開発を進め、地層処分の安全確保の考え方や評価に関わる様々な論拠を支える「知識ベース」を充実させる」こととしています。幌延深地層研究計画においては、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となる技術基盤を整備し、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」こととしています。

幌延深地層研究計画は、調査研究の開始から終了まで20年程度の計画とし、「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することとしています。平成24年度は、研究所用地やその周辺において、地下施設の建設および第2段階および第3段階の調査研究を継続します。

Horonobe Underground Research Laboratory Project Investigation Program for the 2012 Fiscal Year

(Eds.) Masashi NAKAYAMA and Sumiyuki SAWADA*

Horonobe Underground Research Unit
Geological Isolation Research and Development Directorate
Japan Atomic Energy Agency
Horonobe-cho, Teshio-gun, Hokkaido

(Received April 25, 2012)

As part of the research and development program on geological disposal of high-level radioactive waste (HLW), the Horonobe Underground Research Center, a division of the Japan Atomic Energy Agency (JAEA), is implementing the Horonobe Underground Research Laboratory Project (Horonobe URL Project) with the aim at investigating sedimentary rock formations.

According to the research plan described in the 2nd Midterm Plan of JAEA, geological investigations are to be carried out during the drilling of a shaft down to around 350m depth, while research and development in the areas of engineering technology and safety assessment are to be promoted by collaboration with other research organizations. The results of the R&D activities will be systematized as a “knowledge base” that supports a wide range of arguments related to the safety of geological disposal.

The Horonobe URL Project is planned to extend over a period of about 20 years. The investigations will be conducted in three phases, namely “Phase 1: Surface-based investigations”, “Phase 2: Construction phase” (investigations during construction of the underground facilities) and “Phase 3: Operation phase” (research in the underground facilities). This report summarizes the investigation program for the 2012 fiscal year (2012/2013).

In the 2012 fiscal year, investigations in “geoscientific research”, including “development of techniques for investigating the geological environment”, “development of engineering techniques for use in the deep underground environment” and “studies on the long-term stability of the geological environment”, are continuously carried out. Investigations in “research and development on geological disposal technology”, including “improving the reliability of disposal technologies” and “enhancement of safety assessment methodologies”, are also continuously carried out.

Keywords: Horonobe URL Project, High-Level Radioactive Waste, Geological Disposal Technology, Geoscientific Research

* Collaborating Engineer

目 次

1. はじめに	1
2. 平成 24 年度の主な調査研究内容	2
3. 地層科学研究	3
3.1 地質環境調査技術開発	3
3.1.1 地質環境モデルに関する調査・解析技術の開発	4
3.1.2 調査技術・調査機器開発	5
3.2 深地層における工学的技術の基礎の開発	6
3.3 地質環境の長期安定性に関する研究	6
3.3.1 地質環境の長期的変遷に関する研究	7
3.3.2 地震研究	7
4. 地層処分研究開発	7
4.1 処分技術の信頼性向上	7
4.1.1 人工バリアなどの工学技術の検証	8
4.1.2 設計手法の適用性確認	8
4.2 安全評価手法の高度化	8
4.2.1 安全評価モデルの高度化	9
4.2.2 安全評価手法の適用性確認	9
5. 地下施設の建設	9
6. 環境モニタリング	9
6.1 騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査	9
6.2 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査	9
7. 安全確保の取組み	10
8. 開かれた研究	10
8.1 国内機関との研究協力	10
8.1.1 大学との研究協力	10
8.1.2 その他の機関との研究協力	11
8.2 国外機関との研究協力	11
付録	17

Contents

1. Introduction	1
2. Outline of the investigation program for the 2011 fiscal year	2
3. Geoscientific research	3
3.1 Development of techniques for investigating the geological environment	3
3.1.1 Development of investigation/analysis techniques for modeling of the geological environment	4
3.1.2 Development of investigation techniques and equipment	5
3.2 Development of engineering techniques for use in deep geological environment	6
3.3 Studies on the long-term stability of the geological environment	6
3.3.1 Studies on long-term changes in the geological environment	7
3.3.2 Seismological studies	7
4. Research and development on geological disposal technology	7
4.1 Improving the reliability of disposal technologies	7
4.1.1 Verification of the engineered barrier technology	8
4.1.2 Confirming the applicability of EBS design methods	8
4.2 Enhancement of safety assessment methodologies	8
4.2.1 Enhancement of safety assessment model	9
4.2.2 Confirming the applicability of safety assessment methodologies	9
5. Construction of the underground facilities	9
6. Environmental monitoring	9
6.1 Monitoring of noise, vibration, water property, flora and fauna	9
6.2 Monitoring the construction of the underground facilities	9
7. Security effort	10
8. Collaboration with other research organizations	10
8.1 Collaboration with domestic research organizations	10
8.1.1 Collaboration with universities	10
8.1.2 Collaboration with other research organizations	11
8.2 Collaboration with overseas research organizations	11
Appendix	17

1 はじめに

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、北海道幌延町で実施している幌延深地層研究計画は、平成17年10月の「原子力政策大綱^{注1}」に示された「深地層の研究施設」を活用した計画の1つであり、堆積岩を対象に深地層の研究を行うものです。

「原子力政策大綱」においては、「日本原子力研究開発機構を中心とした研究開発機関は、深地層の研究施設等を活用して、深地層の科学的研究、地層処分技術の信頼性向上や安全評価手法の高度化等に向けた基盤的な研究開発、安全規制のための研究開発を引き続き着実に進めるべきである」と述べられており、幌延深地層研究計画の重要性が示されています。

また、文部科学省と経済産業省が定める、第2期（平成22年4月1日～平成27年3月31日）の「独立行政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（中期目標）^{注2}」（以下、第2期中期目標）では、「幌延深地層研究計画に基づき、坑道掘削時の調査研究及び坑道を利用した調査研究を着実に進める。あわせて工学技術や安全評価に関する研究開発を実施」することが目標として掲げられています。

原子力機構では、第2期中期目標を受け、「独立行政法人日本原子力研究開発機構の中期目標を達成するための計画（中期計画）^{注3}」を策定し、高レベル放射性廃棄物の処分技術に関する研究開発について、「地層処分研究開発」と「深地層の科学的研究」の2つの領域において、他の研究開発機関と連携して研究開発を進め、地層処分の安全確保の考え方や評価に関わる様々な論拠を支える「知識ベース^{注4}」を充実させる」こととしています。具体的には、幌延深地層研究センターでは、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、地層処分研究開発では、「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」計画です。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に対して長期にわたるPFI契約^{注5}を締結しています。

幌延深地層研究計画は、調査研究の開始から終了までの20年程度の計画であり、「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つの段階に分けて進めることとしています。平成24年度は、研究所用地やその周辺において、地下施設の建設、第2段階および第3段階の調査研究を継続します。

注1：現在の原子力政策大綱は、平成17年10月に策定されたもので、策定から5年が経過しています。平成22年11月に新たな大綱の策定を目指して「新大綱策定会議」が設置され、検討を開始しました。平成23年3月に福島第1原子力発電所における事故が発生したため一時中断しましたが、平成23年8月から検討を再開しています。

注2：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、我が国における原子力の研究、開発および利用を計画的に遂行するために原子力委員会が定める基本的考え方に則り、その業務を総合的、計画的かつ効率的に行う事が定められています。中期目標はこれを踏まえ、文部科学省と経済産業省が、独立行政法人通則法第29条の規定に基づき定めた目標です。

注3：中期計画の期間は、中期目標と同じく平成22年4月1日～平成27年3月31日の5年間です。

注4：個別の研究開発で得られた成果を、地層処分技術全体に関わる様々な論拠や国内外の知見とあわせて、適切に管理し、伝達・継承していくための基盤となるものです。

注5：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、これにより、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内容

平成 24 年度に実施する調査研究および地下施設の建設などの概要を以下に示します。

地層科学研究^{注6}

・ 地質環境調査技術開発

坑道掘削などに伴って取得する、岩石や地下水の化学組成、岩盤の透水性などの地質環境データを用いて、第1段階の調査研究で構築した地質環境モデル^{注7}（地質構造モデル^{注8}、岩盤の水理モデル^{注9}、地下水の地球化学モデル^{注10}および岩盤力学モデル^{注11}）の妥当性を確認し、更新することにより、坑道周辺の地質環境を推定するための手法の信頼性を向上させます。また、地上からの調査に係わる体系的な品質保証システム^{注12}の構築や地下施設における調査研究で使用するための調査技術や調査機器の開発を継続します。さらに、地下施設建設に伴う坑道周辺の岩盤特性の変化を把握するための技術開発およびコントロールボーリング技術の適用性確認や、沿岸域の塩水と淡水が混在する場を対象とした地下水の流れなどを調査する技術開発を継続します。

・ 深地層における工学的技術の基礎の開発

坑道の掘削を進めながら、岩盤の変位や支保工^{注13}の応力を計測する装置を設置し、取得するデータに基づき、地下施設設計の妥当性を確認します。また、これまでに取得したデータに基づき、地下施設の建設におけるリスク評価手法^{注14}の開発を実施します。さらに、湧水抑制対策のための技術開発として、新たなグラウト^{注15}材料の開発を継続します。

・ 地質環境の長期安定性に関する研究

地形や地質の調査とともに、岩石、地下水およびガスの化学分析を行い、地下水の流れと水質の長期的な変化を予測するための研究を進めます。また、地震活動や断層の動きが地質環境に与える影響を推定するための研究を進めます。

地層処分研究開発

・ 処分技術の信頼性向上

第3段階で実施する原位置試験^{注16}の詳細な計画について引き続き検討するとともに、低アルカリ性コンクリート^{注17}材料の施工試験や周辺岩盤および地下水に与える影響を把握するための調査を継続します。また、緩衝材定置試験設備などの整備を継続するとともに、設備を用いた試験

注6：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。

注7：調査結果を総合的に検討して、地下の環境（地層や岩盤の種類、地下水の流れ、地下水の化学的性質など）を推定し、モデル図や数値として表したものです。

注8：岩相や断層などの地質構造の分布や形状を表現したモデルです。

注9：地質構造の分布や形状に合わせて透水係数などの水理学的なデータを与えて、岩盤の水理特性を二次元的または三次元的に表現したモデルです。

注10：地下水の水質が地下環境でどのように分布しているのかを表現したモデルです。

注11：割れ目などの性質を含めた岩盤の強度・変形などに関する特性を表現したモデルです。

注12：取得されたデータや解析結果を客観性、透明性、追跡性の観点から体系的に保証する仕組みのことです。

注13：地下空間の安定を保つために設ける、ロックボルト、鉄骨、コンクリートの壁などの構造物です。

注14：地下施設を建設する上で、湧水などの様々な事象の発生の可能性とその影響の大きさを評価し、対策工を選定する際の判断指標とする手法です。

注15：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。

注16：試料を採取して行う室内試験に対して、実際の地下環境下で行う試験のことです。

注17：通常のセメント材料に石英の主成分であるシリカ材料を添加し、セメントが固化する過程で生じる高アルカリ性分と反応させることで、間隙水のpHを低下させるセメントを用いたコンクリートのことです。

を実施します。さらに、これまでに取得したデータを用いて、人工バリア^{注18}などの設計手法の適用性および長期健全性を評価するための情報と条件の整理を継続します。

・安全評価手法^{注19}の高度化

物質の移動に関して、室内試験などのデータを蓄積するとともに、原位置トレーサー試験の計画を検討し、350m調査坑道において試験を開始します。また、地質環境データや室内試験などにより取得した物質の移動に関するデータやモデルに基づき、地下施設周辺での物質の移動に関する解析を継続し、基盤技術としての整備を図ります。さらに、表層部から地下深部までを対象とした岩盤の水理モデルの構築および地下水の流れや物質の移動現象を評価するための一連の手順に関して、実際に得られる調査データを用いた検討などに基づく見直しを継続します。

平成24年度に地下施設、研究所用地および幌延町内で行う主な調査研究の実施内容を表1に示します。また、表1に示した調査に関する地上からのボーリング孔の位置および観測装置の設置場所を図1に、研究所用地に設置されている主な設備と観測装置の配置を図2に示します。

地下施設の建設

東立坑、西立坑および350m調査坑道の掘削を継続します。坑道の掘削により発生した掘削土(ズリ)は掘削土(ズリ)置場に搬出します。また、掘削に伴って発生する排水は、排水処理設備にて適切な処理をした上で天塩川に放流します。

環境モニタリング

研究所用地周辺における騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査、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を定期的に行います。また、排水の放流先である天塩川の水質モニタリング調査を行います。

安全確保の取組み

作業者などに対する安全教育の実施、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広く寄与することから、国内外の関連する研究機関の専門家の参加を積極的に得つつ進めていきます。

3 地層科学研究

3.1 地質環境調査技術開発

第2段階では、坑道掘削に伴って取得する岩石や地下水の化学組成、岩盤の透水性などの地質環境データに基づいて、第1段階で構築した地質環境モデルの妥当性を確認するとともに、必要に応じてモデルの更新を行います。この地質環境モデルに基づいて調査坑道周辺の地質環境をより詳細に推定します。ここで推定された坑道周辺の地質環境は、第3段階で実施する人工バリアなどに関する原位置試験の計画を策定するための基盤情報となります。また、坑道掘削に伴う調査では、

注18：ガラス固化体、オーバーパックおよび緩衝材からなる地層処分システムの構成要素のことで、高レベル放射性廃棄物が人間の生活環境に影響を及ぼさないようにする障壁として、人工的に形成するものです。

注19：地層処分システム全体、あるいはその個別の要素が有する機能について解析した結果を適切な基準と比較し、その性能や安全性について判断を行う手法のことで、

第1段階で開発した調査技術を使用して、その有効性を確認しつつ進めます。また、坑道掘削が周辺の岩盤の強度や地下水の流れ方および化学的性質の変化などに与える影響を観測する技術の開発を行います。

さらに、地下水の流れを表現するモデルと地下水の水質分布を表現するモデルといった、異なる分野間のモデルの整合性を検討します。ここで構築した地質環境モデルおよび得られた地質環境データは、幌延地域を事例とした人工バリアや地下施設などの設計手法や安全評価手法の適用性を検討するために使用します。

一方、これまでの研究開発の過程で得られた経験やノウハウなどの知識を、的確に地質環境の調査や評価に活用できるよう、調査・評価を行う上で必要となるノウハウや判断の根拠に関する情報などを抽出・整理する作業を継続します。また、第1段階の調査・試験で取得したデータの品質評価を行い、その結果に基づき調査の手順書やマニュアルなどを整備し、地上からの調査に係わる体系的な品質保証システムの構築を進めます。

第3段階では、調査坑道および坑道から掘削するボーリング孔を利用して、地質構造、岩盤の水理・力学特性、地下水の地球化学、物質の移動特性をより詳細に把握することを目的とした地質観察、水理試験、採水調査およびトレーサー^{注20}試験などを実施します。また、坑道の掘削・埋め戻しによって生じる坑道周辺の岩盤における地下水の流れおよび水質、岩盤の力学特性の変化やその影響が回復する過程を調査し、坑道周辺の掘削影響を含む地質環境の特性とその時間的な変化に関するデータを取得します。取得したデータは地層処分研究開発として実施する原位置試験に反映します。さらに、調査坑道を利用して実施する物質の移動特性を理解するための原位置試験や坑道を埋め戻した後の環境回復^{注21}の予測などの調査研究で使用する調査技術・観測機器の開発を行います。

3.1.1 地質環境モデルに関する調査・解析技術の開発

(1) 地質構造

平成23年度に引き続き、地下施設や研究所設置地区およびその周辺の地表での地質観察、および地下施設や地表で採取した岩石の顕微鏡観察や分析などを継続します。また、坑道の掘削に伴う壁面観察やボーリング調査から新たに取得する地層の分布や割れ目の連続性に関するデータに基づいて、第1段階で構築した地質構造モデルの妥当性を確認し、必要に応じてモデルの見直しを図ります。

(2) 岩盤の水理

平成23年度に引き続き、坑道の掘削に伴う地質環境の変化について検討するため、既存のボーリング孔内に設置した水圧・水質モニタリング機器を用いて地下水の圧力や水質の観測を継続します。また、これらの観測を通じて地上からのモニタリング技術の適用性を確認します。また、研究所設置地区における気象観測（降水量、気温・湿度、風向・風速、蒸発散量）、河川流量観測および立坑近傍のボーリング孔を用いた地下水位や土壌中の水分の観測などを継続します。これ

注20：地下水の流れの方向や流れる時間などを調べるために、地下水に目印としてまぜる染料やその他の薬品を指します。食塩が代表的なトレーサーとなりますが、調べたい地下水の化学成分が食塩に満ちている場合などにはヨウ化カリウムなどがあり、多種のトレーサーがあります。幌延深地層研究計画では放射性同位体をトレーサーとして使用することはありません。

注21：地下深部は本来、酸素が少ない環境にあります。坑道などを掘削することによって酸素が供給され、坑道周辺の環境が変化します。坑道を埋め戻した後は、酸素が供給されなくなり徐々に元の酸素が少ない環境に戻っていくと考えられています。

ら表層部での観測結果から、地下の浅い部分での水の動きを概略的に把握するとともに、降水が地下の岩盤にしみ込む量（地下水涵養量）を算定します。

地下施設における調査では、湧水を伴う割れ目の性状や分布、地下水の湧水量などの岩盤の水理に関する情報を取得し、取得したデータに基づいて岩盤の水理モデルを更新します。具体的には、更新したモデルを用いた水圧分布や地下水の湧水量の予測解析を実施し、解析結果を実際の観測値と比較することにより、モデルの妥当性を確認します。また、第2段階で掘削する坑道およびその周辺の岩盤における地下水の流れの変化を予測し、その予測結果を今後の調査研究計画の詳細化や具体化に反映させていきます。

(3) 地下水の地球化学

平成23年度に引き続き、東立坑や西立坑の壁面から採取した湧水や岩石、坑道内のボーリング孔から採取する深度350mまでの地下水および岩石を対象として、化学組成、溶存ガス組成、コロイド、有機物および微生物などに関する分析を行い、坑道掘削に伴う周辺岩盤および地下水の地球化学特性の変化を把握します。また、既存のボーリング孔（HDB-1～11孔など）から採取する地下水のほか、河川水や降水についても分析を行い、それらのデータを用いた地下水の水質分布についての解析を継続します。さらに、それらの地球化学データを利用して、現在の地下水の水質や、その水質がどのように形成されてきたのか（水質形成機構）について考察し、坑道の掘削に伴う地球化学環境の時間的な変化に関わる地球化学モデルを更新します。

(4) 岩盤力学

平成23年度に引き続き、坑道から掘削するボーリング孔を用いた初期地圧の測定を行い、地下深部における地圧の空間的な分布を把握します。また、この作業を通じて、地上からの調査手法の妥当性について確認します。

さらに、坑道内で実施している内空変位計測^{注22}などの結果から、第1段階で構築した坑道掘削時に生じる周辺岩盤の変形や応力の変化を予測するための解析手法の適用性を確認します。

3.1.2 調査技術・調査機器開発

地下水の地球化学特性に関する調査技術については、140m・250m調査坑道から掘削したボーリング孔に設置した地下水の水圧・水質連続モニタリング装置や間隙水圧計、水分計などの長期的な性能を確認するとともに、地下水中のコロイドや有機物、微生物を調査するための試験装置の開発を行い、140m・250m調査坑道においてデータを取得します。また、350m調査坑道においてもボーリング孔を掘削し、原位置試験や水圧・水質のモニタリングを開始します。さらに、250m調査坑道において実施したトレーサー試験のデータを解析し、その結果を踏まえて試験装置を改良します。

坑道掘削の影響調査に関する調査技術については、地表に設置した高精度傾斜計^{注23}および坑道に設置した地中変位計などを用いて、微小な岩盤の変形の観測を継続します。また、地下施設周辺の地下水の流れの変化を地表から比抵抗分布のモニタリングによって調査する手法の適用性について確認し、地下施設の建設が施設周辺および坑道周辺の岩盤に与える影響を評価するための観測技術および解析技術の開発を行います。

注22：坑道内で覆工コンクリート内側の断面の相対変位量を計測することです。

注23：通常の傾斜計が測定できる傾斜角は1秒程度であるのに対し、約100,000分の1秒（約1億分の6°）の傾斜量を計測することができる分解能の高い傾斜計です。

岩盤の力学に関する調査技術については、光ファイバー式地中変位計の長期モニタリング性能を確認するための観測と、データの収集・整理を継続します。また、140m・250m調査坑道では、坑道掘削後の力学特性の長期的な変化を確認するために、弾性波トモグラフィ調査を継続して実施します。これらの調査を通じて、力学特性の評価に必要なモニタリング技術の整備を図ります。

その他の調査技術の開発として、通常の鉛直ボーリングの技術では調査が困難な場合に使用するコントロールボーリング技術（ボーリング孔の角度と方向を制御して掘削するボーリング）の開発のために掘削したボーリング孔において、地下水の水圧観測技術などの開発を行います。また、塩水と淡水が混在する場における地下水の流れなどに関して、沿岸域（海域～陸域）の地質環境を対象とした物理探査やボーリング調査などの技術開発を継続します。なお、これらの調査研究は、他の研究機関との共同研究として実施します。

3.2 深地層における工学的技術の基礎の開発

第2段階では、坑道の掘削を進めながら岩盤の変位や支保工の応力を計測する装置を設置し、取得するデータに基づいて地下施設の設計や施工計画などの手法ならびに工学的技術の妥当性を評価し、その評価結果を適切に設計や施工計画などに反映させる技術体系を整備します。また、これらを実際に適用することにより、覆工技術などの設計・施工技術の適用性を確認します。これらの評価を踏まえて、より深い深度の掘削工事や対策工事の最適化を進めていきます。

第3段階では、第2段階までの調査において適用した耐震設計技術や情報化施工^{注24}技術などの一連の工学的技術の有効性を評価し、堆積岩系の岩盤に適用するための汎用的な技術体系として整備します。

平成24年度は、350m調査坑道に地震計を設置し、計測を行います。東・西立坑および350m調査坑道の掘削状況に応じて、地中変位計やコンクリート応力計などの計測機器を設置して坑道を掘削した際の岩盤と支保の挙動を観測するとともに、坑道内にて岩盤に対する載荷試験を実施し岩盤の力学特性を評価します。また、これらの結果と、これまでに得られたデータとを合わせて地下施設設計の妥当性の確認ならびに更新を行います。

坑道掘削に伴い取得する計測データと、ボーリング調査により取得する地質環境データに基づいて、地下施設の建設におけるリスク評価手法の開発を継続します。さらに、湧水抑制対策のための技術開発として、地質環境への影響の少ないシリカ^{注25}などを利用した新たなグラウト材料の開発を継続します。

3.3 地質環境の長期安定性に関する研究

断層の動き、海水準変動、地震および地殻変動の観測データとともに、地表と地下施設で取得する岩石の分布や割れ目のデータ、地下水の流れと水質、岩石の強度、地形のデータなどを利用し、地質環境の長期的な変化を予測するための調査・解析手法および地震や断層の動きが地質環境に与える影響を見積もるための調査・解析手法の開発を行います。

注24：坑道を掘削している段階で、岩盤や支保工に作用する圧力やそれらの変形を計測し、当初の設計の妥当性を確認するとともに、必要に応じて設計や施工方法を修正して、以降の施工に反映させる施工管理方法のことを言います。

注25：二酸化ケイ素とも呼ばれます。石英の主成分であり、地殻に最も豊富に含まれている物質のひとつです。そのため、周辺環境への影響が小さいと考えられています。

3.3.1 地質環境の長期的変遷に関する研究

地形と地質の調査とともに、岩石や地下水の化学分析、ガスの測定と化学分析、地形および地質構造に関する数値解析を行います。それらのデータと解析結果は、地形や地層の変形、地面の隆起や沈降などの地殻変動、地層の堆積や侵食、気候および海水準の変動を推定するために利用します。さらに、幌延町の沿岸部で行われる調査の結果や地下施設で取得するデータを利用し、地下水の流れと水質の長期的な変化を推定できる数値解析技術の開発を進めます。

以上のデータを入力したデータベースを作成するとともに、これまでに実施してきた調査や数値解析の技術を整理することにより、堆積岩が分布する地域を対象として、地下水の流れと水質の長期的な変化を予測するための調査・解析手法の検討を進めます。

3.3.2 地震研究

これまでに設置した観測点での地震と地殻変動の観測を行い、研究所設置地区の周辺に分布する断層やしゅう曲の動きを推定します。また、地形調査と地質調査を行い、過去にどのような地殻変動があったのかを把握します。それらの結果を解析して、現在の地震や地殻変動の傾向が過去と同じかどうか検討し、異なる場合には傾向が変わった時期についても検討し、幌延地域の地殻変動の特徴を推定します。さらに、断層の動きによって生じる岩石の変形を数値解析などにより再現します。

以上の観測や調査、数値解析の方法を整理することにより、地震の活動と断層の動きが地質環境にどのような影響を与えるのかを推定するための調査・解析手法の検討を進めます。

4 地層処分研究開発

4.1 処分技術の信頼性向上

第2段階では、第1段階で取得した地質環境データおよび坑道掘削に伴い取得する地質環境データに基づき、低アルカリ性コンクリート材料を用いた原位置試験の計画を策定し、その計画に基づいて地下施設において原位置試験を実施します。また、人工バリアを構成するオーバーバック^{注26}や緩衝材（ベントナイト^{注27}）が有している耐食性^{注28}、耐熱性、止水性、膨潤性などの特性や挙動に関して、特に塩水系地下水に対して不足しているデータを取得します。その結果を踏まえ、それらの特性や挙動に関するメカニズムの理解と、より汎用的なモデルの開発を進めるとともに、それらを複合させた人工バリアやその周辺の岩盤の長期挙動について解析します。あわせて、長期挙動に関する検証データの取得を進めます。また、第1段階で取得した地質環境データおよび坑道掘削に伴い取得する地質環境データに加えて、上記の人工バリア材料の特性や挙動に関するデータを用いて、第1段階で検討した人工バリアや地下施設などの設計手法の適用性を確認し、原位置試験の計画を検討します。

第3段階では、人工バリアの設置方法の違い（縦置き方式・横置き方式）による坑道周辺の岩盤への影響など、処分システムの構築に関わる工学技術の信頼性を向上させるために原位置試験や室内試験を実施します。また、低アルカリ性材料の坑道周辺の岩盤および地下水への影響を把握

注26：人工バリアの構成要素のひとつです。ガラス固化体を包み込み、ガラス固化体に地下水が接触することを防止し、地圧などの外力からガラス固化体を保護する容器のことを言います。候補材料は炭素鋼などの金属です。

注27：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、地層処分における人工バリアシステムに用いる緩衝材の候補材料です。

注28：金属の腐食（錆）に対する抵抗性のことで、耐食性のある合金としてステンレス鋼やアルミニウム系合金などがあります。

するための調査、ガス移行挙動試験^{注29}や密閉（シーリング）技術に関する原位置試験に加えて、人工バリアを構成するオーバーパックや緩衝材などの構成要素に要求される性質を満足するような処分システムを構築し、人工バリアから岩盤までを含む構成要素の間に生じる熱・水理・応力・化学連成挙動に関する試験、さらにはオーバーパックの腐食挙動に関する原位置試験などを実施します。

4.1.1 人工バリアなどの工学技術の検証

第3段階に実施する原位置試験の計画および処分システムの設計・施工技術や品質管理に関する原位置試験の詳細な計画について検討を継続します。また、140m・250m調査坑道において、平成23年度までに施工した低アルカリ性コンクリート材料が坑道周辺の岩盤や地下水に及ぼす影響を把握するための調査を継続するとともに、低アルカリ性コンクリート材料をグラウト材料に使用した湧水抑制対策を行い、その材料の施工性や止水性について確認します。

さらに、緩衝材の定置試験設備の整備を継続し、定置試験を行うとともに、緩衝材の長期挙動試験を実施します。また、原位置試験における人工バリアなどの挙動を計測する手法に関する試験を実施します。これらの研究は、他の研究機関との共同研究として実施します。

4.1.2 設計手法の適用性確認

坑道やボーリング孔から得られる岩石や地下水を用いた室内試験を継続するとともに、これまでの調査研究で取得した地質環境データや、室内試験から取得したデータならびに構築したモデルなどに基づいて、人工バリアなどの設計手法の適用性および長期健全性を評価するための情報や条件の整理を継続します。

4.2 安全評価手法の高度化

第2段階では、実際の地質環境に対する安全評価手法の適用性を確認することや安全評価手法の信頼性を向上させるため、第1段階での調査研究において取得していない、拡散係数^{注30}や収着分配係数^{注31}などのデータのほか、物質の移動に影響を及ぼすと考えられるコロイド・有機物、微生物などと上記の係数との関連についてのデータを蓄積します。また、物質の移動の仕方やその現象の理解を通じて、データの信頼性と精度の向上、ならびに安全評価に関わるモデルの高度化を図ります。一方、第1段階で取得した地質環境データおよび坑道掘削に伴い取得する地質環境データに基づいて、地下水の流れや物質の移動に関する解析を行い、その過程で得られた知見を取りまとめるとともに、第1段階で取得したデータに基づく解析結果との比較を通じて、既存の安全評価手法の適用性を確認し、安全評価において重要な地質環境に関する項目や調査における留意点などを抽出・整理します。

第3段階では、実際の地質環境に人工バリアを設置した場合の人工バリアおよび天然バリア（岩盤）としての性能を確認するために、地下施設において人工バリアやその周辺岩盤を対象としたトレーサー試験などを行い、地下施設周辺における物質の移動を評価するためのデータを取得し

注29：様々な環境条件を考慮して緩衝材、埋め戻し材および岩盤の基本的な透気特性に関するデータを把握するための試験です。処分場では、炭素鋼製オーバーパックの腐食（錆）により水素ガスが発生する可能性が懸念されています。発生したガスが緩衝材や岩盤中をどのように移行していくかを確認するための試験です。

注30：岩盤などの中を元素が、濃度の高い方から低い方へ移動していく際の速さを表す係数です。

注31：岩盤中と地下水における元素の濃度比を表す係数で、元素の岩盤への取り込まれやすさを表す係数です。拡散係数とともに、環境中における元素の移動の予測や放射性廃棄物の処分における安全評価などに使用される重要なパラメータのひとつです。

ます。また、それらの原位置試験と並行して、物質移行解析に必要なデータを岩石や地下水などの試料を利用して室内試験により取得します。これらの成果や地層科学研究で得られた成果を活用して、幌延地域を事例として安全評価手法の検討を行い、その適用性を確認します。

4.2.1 安全評価モデルの高度化

物質の移動現象を把握するために必要となる拡散係数や収着分配係数などのデータの取得を目的に、既存のボーリング孔や坑道から掘削するボーリング孔から採取する岩石や地下水などの試料を用いた室内試験を継続するとともに、それらのデータを用いた解析を実施します。また、室内試験により取得したデータや坑道掘削に伴う各種試験により取得したデータなどに基づき、物質の移動現象を把握して安全評価手法の高度化を図るための原位置トレーサー試験の計画を検討し、350m調査坑道において試験を開始します。

4.2.2 安全評価手法の適用性確認

これまでに取得した地質環境データと室内試験などにより取得した物質の移動に関するデータおよびモデルに基づいて、地下施設周辺での物質の移動に関する解析を継続し、安全評価手法の適用性の確認を通じて基盤技術としての整備を図ります。また、表層部から地下深部までを対象とした岩盤の水理モデルの構築および地下水の流れや物質の移動現象を評価するための手順に関して、実際の調査データを用いた検討などに基づく見直しを継続します。

5 地下施設の建設

平成23年度に引き続き、東・西立坑の掘削を行うとともに、350m調査坑道の掘削を継続します。また、坑道の掘削過程において、必要に応じて湧水抑制対策を行います。

坑道の掘削に際しては、これまでと同様に掘削後速やかに支保を構築し、坑道の安定性を保持しながら進めます。支保の選定にあたっては、そこで得られる岩盤の力学的な特性などの情報を適時設計に反映します。なお、研究所用地およびその周辺の地下には、メタンを主成分とする可燃性ガスの存在が確認されているため、掘削作業場所の近傍においては、防爆仕様の機器の採用や、ガス濃度の監視などの防爆対策を行いながら掘削を進めます。

坑道掘削により発生した掘削土(ズリ)は、用地内に仮置きしたのちに掘削土(ズリ)置場に搬出します。なお、掘削土(ズリ)については有害物質の含有量および溶出量を定期的に確認します。

坑道掘削に伴って発生する排水および掘削土(ズリ)置場の浸出水は、排水処理設備にてホウ素や窒素を取り除くなどの適切な処理をした上で、排水管路を経て天塩川に放流します。

6 環境モニタリング

環境モニタリングは、平成23年度に引き続き、地下施設の建設が周辺環境へ与える影響を調査するため、研究所用地周辺および天塩川などにおいてモニタリング調査を実施します。

6.1 騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査

騒音・振動・水質・動植物のモニタリング調査は、これまでと同様に研究所用地周辺において定期的に実施します。

6.2 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査

坑道掘削に伴い発生する排水について、研究所用地や掘削土(ズリ)置場およびその周辺、さらに排水の放流先である天塩川において水質モニタリング調査を行います。

水質モニタリングの調査項目は、水質汚濁防止法および北るもい漁業協同組合との協定書に記載されている分析項目に準拠します。モニタリングは、坑道からの排水、排水処理後の水、掘削土（ズリ）置場からの浸出水やその周辺の浅い地下水、河川水、天塩川の河川水などを対象とします。

7 安全確保の取組み

地下施設や研究所用地周辺などにおける調査研究や地下施設建設工事にあたっては、安全確保を最優先に作業を実施します。そのため、作業計画時に安全対策の確認を徹底するとともに、作業員などに対する安全教育の実施、定期的な安全パトロールなどを通じて安全確保に努めます。

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、地球科学の幅広い分野にわたり、学術研究の発展にも広く寄与します。このため、北海道大学をはじめとする国内外の大学・研究機関との研究協力を行うとともに、国際交流施設などを利用して各機関の専門家と議論を行いながら、研究を進めていきます。また、幌延深地層研究計画の施設や研究フィールドは、国内外の関連する研究機関に広く開放していきます。なお、地層処分についての国民との相互理解の促進のため、ウェブサイトでの情報発信や、ゆめ地創館において地下施設で実施している地下深部の研究の紹介、および見学会などによる研究施設の公開を進めていきます。また、ゆめ地創館に隣接する、地層処分の概念やその工学的実現性を体感できる地層処分実規模試験施設において、試験設備の整備を継続します。

8.1 国内機関との研究協力

8.1.1 大学との研究協力

- ・ 北海道大学：
 - ベントナイトとセメント系材料との相互作用に関する研究
 - 地質構造発達モデル構築における品質確保・技術継承に関する研究
- ・ 静岡大学：
 - 地下水・岩石中の微生物特性に関する研究
- ・ 東京都市大学：
 - 微量元素の放射化分析手法に関する研究
- ・ 岡山大学など：
 - 光ファイバーを用いた水分計測技術に関する研究
- ・ 新潟大学：
 - 地質環境の長期的変遷に係る調査・解析の知識化に関する研究
- ・ 京都大学：
 - 地質環境モデリング技術の知識化に関する研究
- ・ 東北大学、京都大学：
 - 地下水中のコロイド、有機物、微量元素に関する研究
 上記のほか、他の大学との研究協力についても検討します。

8.1.2 その他の機関との研究協力

- ・ 幌延地圏環境研究所^{注32}：
堆積岩を対象とした岩盤力学や微生物などに関する研究
- ・ 電力中央研究所^{注33}：
幌延地域における地質・地下水環境特性評価に関する研究
地層処分技術に関する研究
- ・ 北海道立総合研究機構 地質研究所^{注34}：
地形の変化および地下構造に関する研究
- ・ 産業技術総合研究所^{注35}など
地下水、溶存ガスの分析法に関わる研究
- ・ 原子力安全基盤機構^{注36}、産業技術総合研究所：
幌延深地層研究計画における安全評価手法の適用性に関する研究^{注37}

上記のほか、経済産業省資源エネルギー庁が進めるプロジェクト^{注38}である、コントロールボーリング技術開発に関わるプロジェクト、沿岸域の地質環境特性の調査・評価技術に関するプロジェクトおよび地層処分実規模設備整備に関するプロジェクトへの協力を継続するとともに、原位置試験の計測技術に関するプロジェクトなどについて検討します。

8.2 国外機関との研究協力

- ・ Nagra^{注39}（スイス）：
深地層の研究施設計画における調査研究の計画立案や成果に関する技術的検討など
 - ・ モンテリ・プロジェクト^{注40}（スイス）：
鉄材料の腐食に関する原位置試験など
- そのほか、ANDRA^{注41}（フランス）などと地質環境調査技術や地下施設における調査手法および

注32：幌延地圏環境研究所は、財団法人 北海道科学技術総合振興センターが設置した研究所であり、国の補助を受けて、幌延深地層研究センターの施設や設備を活用した地下空間利用を中心とする研究を実施しています。

注33：財団法人 電力中央研究所は、電力技術の専門研究機関として設立されました。電力技術の研究として、高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発を実施しています。

注34：地方独立行政法人 北海道立総合研究機構は6つの研究本部から構成され、地質研究所（旧北海道立地質研究所）はそのうちの環境・地質研究本部に属します。地質分野の先駆をなす研究機構の一研究所として、道民生活の安全・安心の確保と、地下資源の安定的確保や環境負荷の軽減などの産業・経済の持続的発展に資する調査研究活動と成果の普及に取り組んでいます。

注35：独立行政法人 産業技術総合研究所は、産業技術の広い分野における様々な技術開発を総合的に行っている、研究組織です。現在の研究分野は「環境・エネルギー」、「地質」、などの6分野に大別されます。

注36：独立行政法人 原子力安全基盤機構は、規制行政庁である経済産業省原子力安全・保安院とともに、原子力エネルギーの利用における安全の確保を目的とした機関です。

注37：この研究は、高レベル放射性廃棄物処分の安全規制の整備に向けた研究（安全規制支援研究）として行います。原子力機構の中で安全規制支援研究を実施している、安全研究センターも参加して実施します。

注38：これらのプロジェクトを平成24年度に実施する機関は、資源エネルギー庁が一般競争入札によって平成24年3月に決定します。

注39：Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste)：放射性廃棄物管理協同組合は、スイスにおける放射性廃棄物の地層処分の実施機関です。

注40：堆積岩を対象とした地層処分研究に関する国際的な原位置試験プロジェクトです。平成24年3月現在、原子力機構を含め8ヶ国から14機関が参加し、スイスのモンテリ・トンネル内において地層処分に関連する各種の原位置試験が実施されています。

注41：Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (National radioactive waste management

原位置試験など、深地層の研究計画全般に関わる情報交換や研究協力を進めます。

agency) : 放射性廃棄物管理公社は、フランスにおける放射性廃棄物処分の実施機関であり、低中レベルの放射性廃棄物処分場を操業するとともに、高レベル放射性廃棄物および長寿命の中レベル放射性廃棄物処分に関する研究開発の中核機関でもあり、堆積岩を対象に深地層の研究施設計画を進めています。

表1 平成24年度の主な調査研究内容

実施項目		研究内容	実施場所
地層科学研究	地質環境調査・解析技術の開発	地質構造	坑道や地表での地質観察、岩石の観察・分析など
		地質環境モニタリングに関する調査・解析技術の開発	気象観測(降水量、気温・湿度、風向・風速、蒸発散量)、河川流量の観測、地下水位・土壌水分の観測、岩盤の物理に関する情報(湧水量など)の取得、地下水の水圧・水質モニタリング
		地質環境調査技術の開発	坑道壁面からの湧水、ボーリング孔の孔内水、岩石からの間隙水の化学分析、溶解ガス・コロイド・有機物・微生物の分析、河川水・降水の分析
		岩盤の水理	坑道内での初期地圧の測定、内空変位計測
	地質環境の長期安定性に関する研究	調査技術・調査機器開発	水圧・水質モニタリング装置、高精度傾斜計・間隙水圧計、比抵抗モニタリング技術の適用性確認、光ファイバ式地中変位計の長期性能確認、弾性波トモグラフィ調査、トレーサ試験装置の改良、コントロールボーリング技術の適用性確認、塩水と淡水が混在する場における地下水の流れなどに関する調査など
		地質環境の長期安定性に関する研究	岩盤の変位・支保工の応力の観測、岩盤の力学特性の評価、リスク評価手法の開発、湧水抑制対策のための技術開発
	地層処分研究開発	地質環境の長期安定性に関する研究	地形調査、地質調査、岩石・地下水・ガスの分析・測定
		処分技術の信頼性向上	地震と地殻変動の観測、地形調査、地質調査
	地下施設の建設	安全評価手法の高度化	低7カカリ性コンクリート材料の原位置施工試験、周辺岩盤および地下水への影響調査、緩衝材定置試験などの試験設備の整備および試験の実施
		地下施設の建設	物質の移動現象に関するデータ蓄積、物質移行モデルの更新、原位置トレーサ試験の実施、表層部～地下深部の水理地質構造モデルの構築、地下水の流れ、物質の移動現象を評価するための手順の整理
環境モニタリング	地下施設の建設	東・西立坑の掘削、350m調査坑道の掘削、掘削土(ズリ)の掘削土(ズリ)置場への搬出、掘削土(ズリ)の分析、排水処理設備の運転	
	環境モニタリング	騒音・振動・水質・動植物のモニタリング調査、坑道掘削により発生する排水などの水質調査	

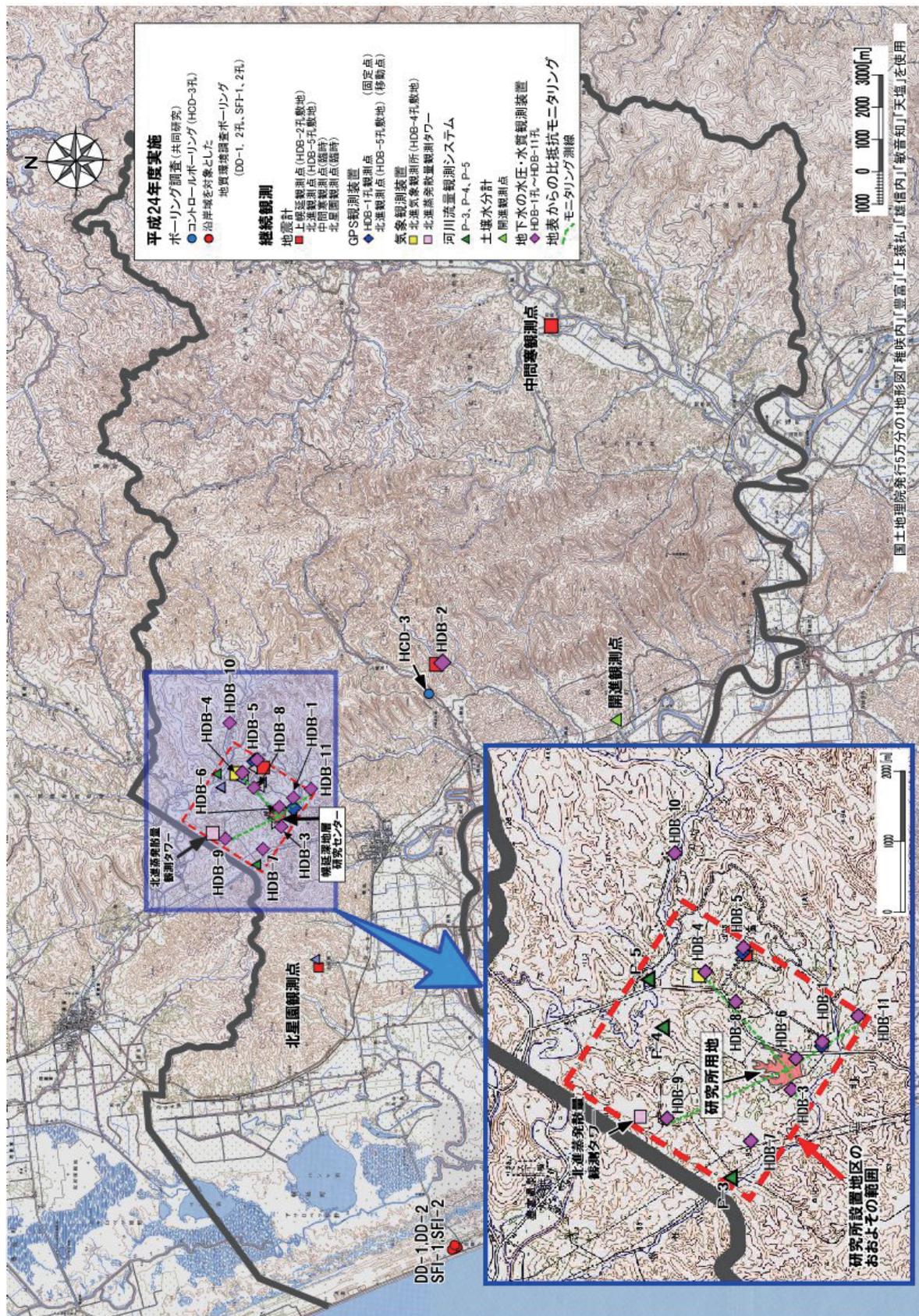


図1 ボーリング孔の位置および観測装置の設置場所

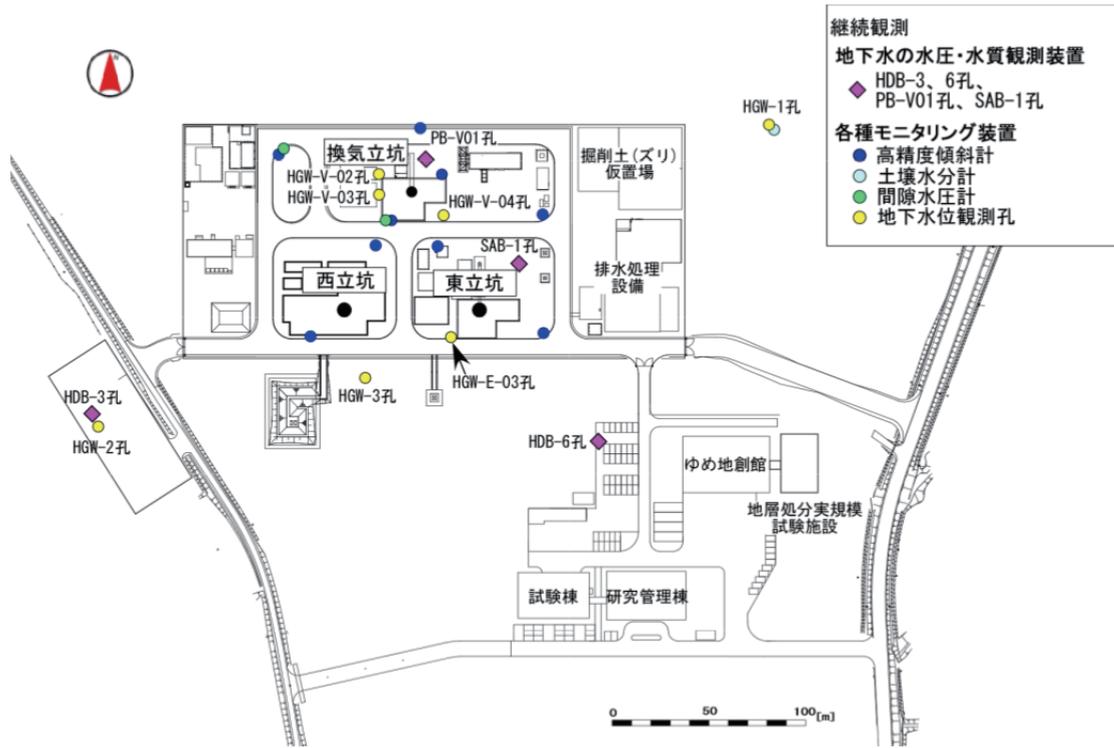


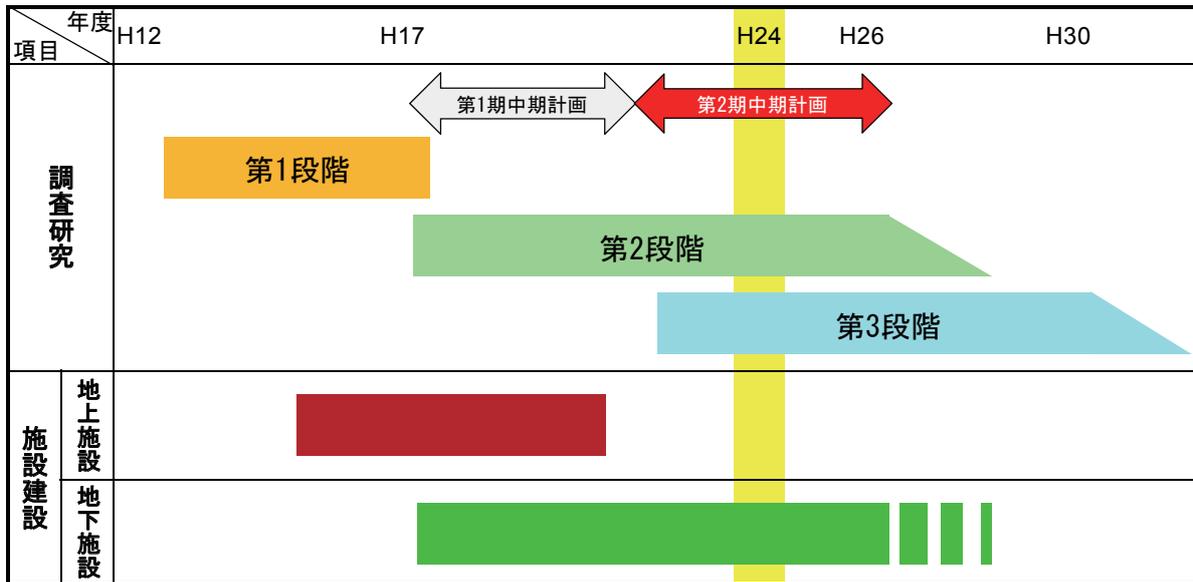
図2 研究所用地における主な施設と観測装置の配置

This is a blank page.

付 録

This is a blank page.

幌延深地層研究計画の全体スケジュール



- 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

幌延深地層研究計画の全体イメージ

このイメージ図は、今後の調査研究の結果次第で変わることがあります。

試験棟での室内試験

地層科学研究 (物理探査)

地層科学研究 (地上からのボーリング調査)
コア採取・観察
物理検層など

地層科学研究 (孔間透水試験)

地層科学研究 (岩盤力学試験)

地層科学研究 (坑道掘削影響試験)

地層科学研究 (地下水の採水)

地層処分研究開発 (調査坑道での原位試験イメージ)

水平伝達用試験管 (力学、水理学、地球化学)

30m調査坑道

エアロゾル試験

テストピット試験

オーバーバック試験

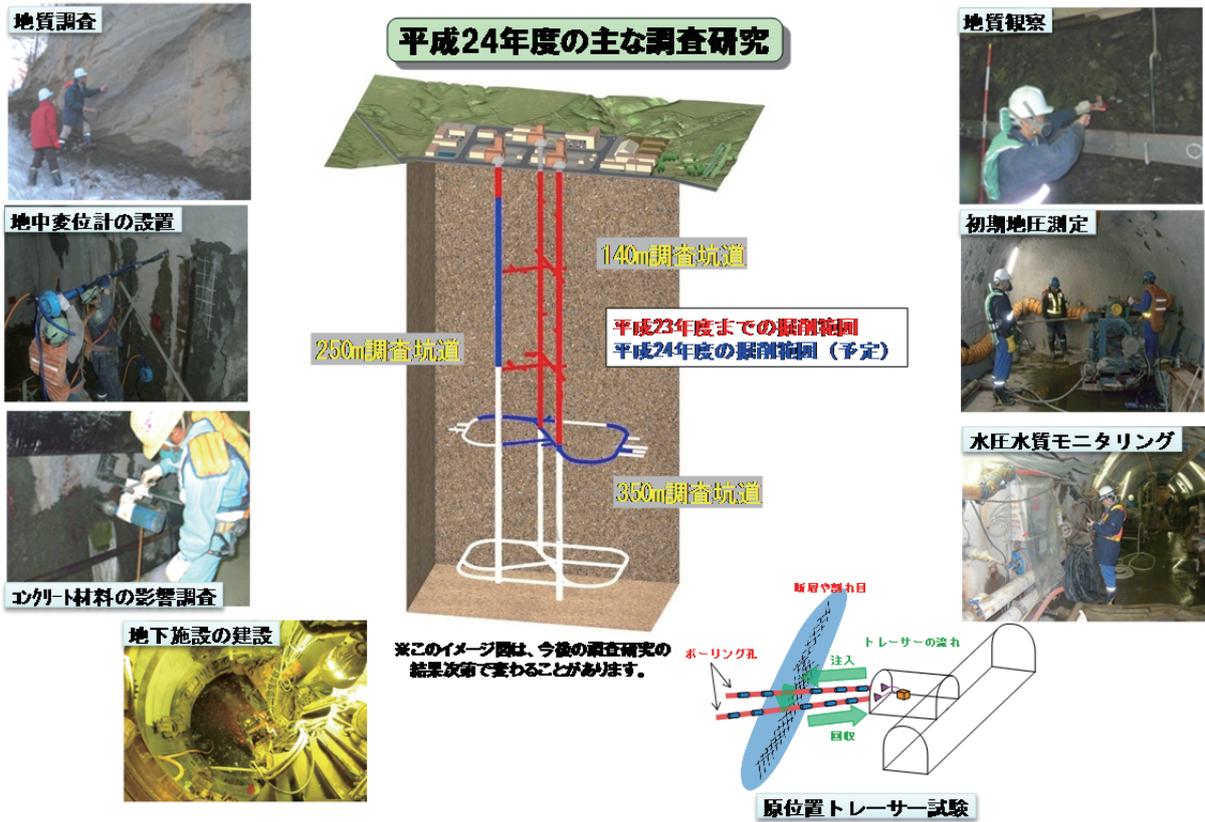
地層処分研究開発 (オーバーバック監査試験)

封鎖孔

封鎖オーバーバック

封鎖材

地層処分研究開発 (低アルカリ性コンクリート材料の試験)



**地質環境調査技術開発
(地質環境モデルに関する調査・解析技術の開発)**

- 地質構造** 坑道や地表での地質観察、岩石の顕微鏡観察・分析、地質構造モデルの妥当性確認
- 岩盤の水理** 地下水の水圧・水質の観測、気象観測、河川流量観測、地下水位・土壌中の水分の観測、岩盤の水理に関する情報の取得、地下水涵養量の算定、岩盤の水理モデルの妥当性確認
- 地下水の地球化学** 地下水の化学組成分析、溶存ガス組成・コロイド・有機物・微生物などに関する分析、河川水・降水の分析、水質形成機構の考察、地球化学モデルの妥当性確認
- 岩盤力学** 初期地圧の測定、内空変位計測、岩盤力学モデルの適用性確認 ※赤字は、現地調査・試験



坑道壁面の地質観察の様子
(換気立坑深度339m)



初期地圧測定のためのボーリング掘削の様子
(250m調査坑道)

地質環境の長期安定性に関する研究

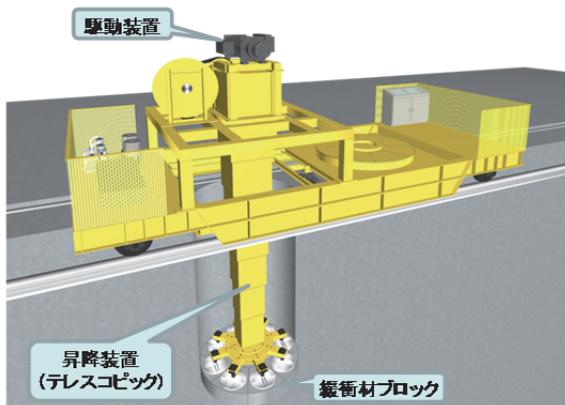
- 地質環境の長期的変遷に関する研究：地形と地質の調査、岩石・地下水・ガスの分析・測定
- 地震研究：地震と地殻変動の観測、過去の地殻変動の推定



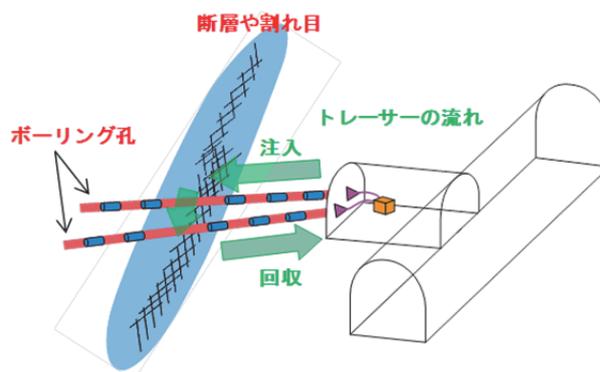
地質調査の様子

地層処分研究開発

- 処分技術の信頼性向上：
低アルカリ性コンクリート材料を用いた原位置施工試験、コンクリート材料が坑道周辺の地質環境に及ぼす影響を把握するための調査、緩衝材の定置試験・長期挙動試験、岩石コアや地下水を用いた室内試験
- 安全評価手法の高度化：
物質の移動現象に関するデータの取得、原位置トレーサー試験の実施、地下施設周辺での物質移行に関する解析、表層部～地下深部を対象とした岩盤水理モデルの構築



緩衝材定置試験設備の概念図



原位置トレーサー試験の概念図

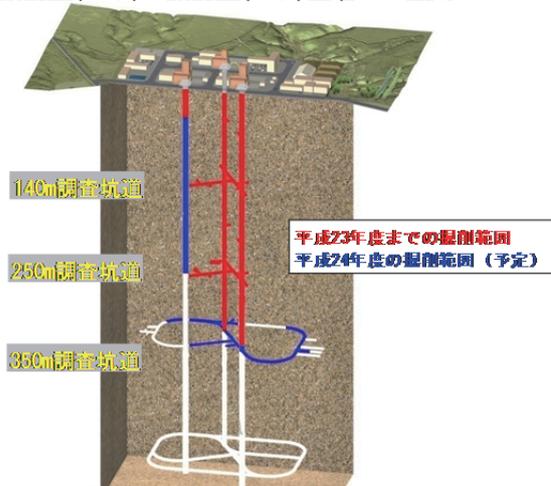
地下施設の建設



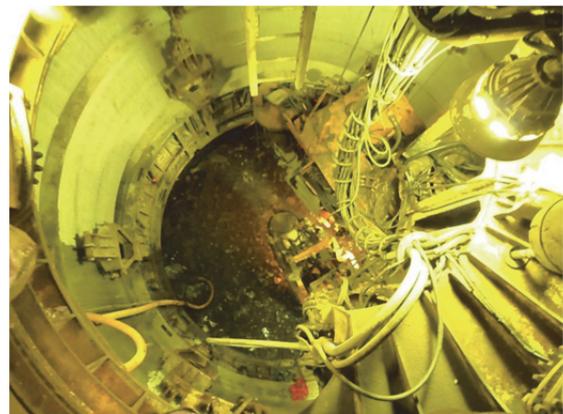
地下施設関連設備の現況

地下施設の建設

- ・東立坑および西立坑の掘削
- ・350m調査坑道の掘削
- ・掘削土(ズリ)の掘削土(ズリ)置場への搬出
- ・掘削土(ズリ)の分析
- ・排水処理設備の運転



平成24年度の掘削計画



換気立坑の状況
(掘削面を望む)

環境モニタリング

- ・ 騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査
- ・ 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査



環境モニタリングの作業の様子
(水質調査)

安全確保への取組み

- ・ 安全教育の実施
- ・ 定期的な安全パトロールの実施



安全パトロールの様子
(平成23年度実施の例)

開かれた研究

- ・ 国内機関との研究協力:
大学 : 北海道大学、東京都市大学、岡山大学など
研究機関: 概延地圏環境研究所、電力中央研究所、原子力安全基盤機構など
- ・ 国外機関との研究協力:
Nagra(スイス)、モンテリ・プロジェクト(スイス)、ANDRA(フランス)など



Nagra-JAEA共同研究
技術検討会議の様子



施設見学会
深度140m調査坑道での見学の様子

国際単位系 (SI)

表1. SI基本単位

基本量	SI基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質	モル	mol
光	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	数メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の) 1	1
比透磁率 ^(b)	(数字の) 1	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz	1	s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束密度	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光照射度	ルーメン	lm		cd sr ^(c)
放射線核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
 (d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみに使用される。
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
 (g) 単位シーベルト (PV,2002,70,205) についてはCIPM勧告2 (CF-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	SI基本単位による表し方
粘着力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱流密度, 放射照度	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
熱容量, エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
比エントロピー	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ s A
電表面積電荷	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m ⁻³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
吸収線量	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ³ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ⁻³ s ⁻¹ mol

表5. SI接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ²⁴	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1ha=1hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1L=11=1dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1u=1 Da
天文単位	ua	1ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm ² =(10 ⁻¹² cm) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベ	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エル	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
ストルブ	sb	1 sb=1cd cm ⁻² =10 ⁻⁴ cd m ⁻²
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1G cm ² =10 ⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm ⁻² =10 ⁴ T
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe ≡ (10 ³ /4π)A m ⁻¹

(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「≡」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	fm	1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1メートル系カラット=200 mg=2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1μm=10 ⁻⁶ m

