



## 幌延深地層研究計画 平成21年度調査研究計画

Horonobe Underground Research Laboratory Project  
Investigation Program for the 2009 Fiscal Year

(編) 中山 雅 真田 祐幸 佐野 満昭 杉田 裕

(Eds.) Masashi NAKAYAMA, Hiroyuki SANADA, Michiaki SANO and Yutaka SUGITA

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 2009

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, 2009

## 幌延深地層研究計画 平成 21 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、真田 祐幸、佐野 満昭<sup>\*</sup>、杉田 裕

(2009 年 4 月 30 日受理)

本計画は、独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）が堆積岩を対象に北海道幌延町で実施しているものです。

原子力機構の中期目標では、深地層の研究計画について、中間的な深度までの坑道掘削時の調査研究を進めるとともに、工学技術や安全評価に関する研究開発を他の研究開発機関と連携して実施し、これらの成果を地層処分の安全性に係る一連の論拠を支える知識ベースとして体系化することとされており、これに基づき、原子力機構では幌延深地層研究計画を着実に推進することとしています。

本計画は、調査研究の開始から調査研究の終了まで 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おり、平成 21 年度は第 2 段階の 5 年目にあたります。

平成 21 年度は、地層科学研究として、地質環境調査技術開発、地質環境モニタリング技術開発、深地層における工学的技術の基礎の開発および地質環境の長期安定性に関する研究を、地層処分研究開発として、処分技術の信頼性向上および安全評価手法の高度化についての調査研究を継続します。

また、地下施設の建設については、水平坑道と東立坑の掘削を継続します。地上施設については、国際交流施設の建設を継続し、平成 21 年 10 月頃の運用開始を予定しています。

**Horonobe Underground Research Laboratory Project  
Investigation Program for the 2009 Fiscal Year**

(Eds.) Masashi NAKAYAMA, Hiroyuki SANADA, Michiaki SANO\* and Yutaka SUGITA

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

(Received April 30, 2009)

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 Midterm Plan of JAEA, geological investigations are to be carried out during the drilling of a shaft down to intermediate 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 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 2009 fiscal year (2009/2010), the 5th year of the Phase 2 investigations.

In the 2009 fiscal year, investigations in “geoscientific research”, including “development of techniques for investigating the geological environment”, “development of techniques for long-term monitoring of 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.

Construction of the underground facilities is ongoing at Access Shaft (East) and 140m depth drift.

Regarding the surface facilities, construction of the International Communication House will be continued.

*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 21 年度の主な調査研究内容	1
3. 地層科学研究	2
3.1 地質環境調査技術開発	2
3.1.1 地質環境データの取得	3
3.1.2 地上からの調査・解析手法の妥当性確認と地質環境モデルの構築	4
3.1.3 調査技術・調査機器開発	5
3.2 地質環境モニタリング技術開発	5
3.2.1 ボーリング孔を用いたモニタリング技術開発	5
3.2.2 比抵抗モニタリング技術の適用性確認	5
3.2.3 遠隔監視システムの開発	5
3.3 深地層における工学的技術の基礎の開発	6
3.4 地質環境の長期安定性に関する研究	6
3.4.1 地質環境の長期的変遷に関する研究	6
3.4.2 地震研究	6
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	7
4.1.2 設計手法の適用性確認	7
4.2 安全評価手法の高度化	7
4.2.1 安全評価モデルの高度化	7
4.2.2 安全評価手法の適用性確認	8
5. 地下施設の建設	8
6. 地上施設の建設	8
7. 環境モニタリング	8
7.1 騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査	8
7.2 地下施設の建設に伴うモニタリング調査	8
8. 開かれた研究	9
8.1 国内機関との研究協力	9
8.1.1 大学などとの研究協力	9
8.1.2 その他の機関との研究協力	9
8.2 国外機関との研究協力	10
付録	15

Contents

1. Introduction .....	1
2. Outline of the investigation program for the 2006 fiscal year .....	1
3. Geoscientific research .....	2
3.1 Development of techniques for investigating the geological environment .....	2
3.1.1 Acquisition of geoscientific data .....	3
3.1.2 Evaluation of methodologies for investigation/analysis and for modeling of the geological environment .....	4
3.1.3 Development of investigation techniques and equipment .....	5
3.2 Development of techniques for long-term monitoring of the geological environment .....	5
3.2.1 Development of monitoring techniques in boreholes .....	5
3.2.2 Applicability confirmation of specific resistance monitoring technique .....	5
3.2.3 Development of a remotely operated monitoring system .....	5
3.3 Development of engineering techniques for use in the deep underground environment ...	6
3.4 Studies on the long-term stability of the geological environment .....	6
3.4.1 Studies on long-term changes in the geological environment .....	6
3.4.2 Seismological studies .....	6
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 .....	7
4.1.2 Confirming the applicability of EBS design methods .....	7
4.2 Enhancement of safety assessment methodologies .....	7
4.2.1 Enhancement of safety assessment model .....	7
4.2.2 Confirming the applicability of safety assessment methodologies .....	8
5. Construction of the underground facilities .....	8
6. Construction of the surface facilities .....	8
7. Environmental monitoring .....	8
7.1 Monitoring of noise, vibration, water property, flora and fauna .....	8
7.2 Monitoring the construction of the underground facilities .....	8
8. Collaboration with other research organizations .....	9
8.1 Collaboration with domestic research organizations .....	9
8.1.1 Collaboration with universities .....	9
8.1.2 Collaboration with other research organizations .....	9
8.2 Collaboration with overseas research organizations .....	10
Appendix.....	15

## 1. はじめに

独立行政法人<sup>注1)</sup>日本原子力研究開発機構が、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」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平成17年10月に公表した「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）」（以下、「中期目標」という）では、「深地層の研究計画について、中間的な深度までの坑道掘削時の調査研究を進める。あわせて工学技術や安全評価に関する研究開発を他の研究開発機関と連携して実施し、これらの成果を地層処分の安全性に係る一連の論拠を支える知識ベースとして体系化する」ことが目標として掲げられ、幌延深地層研究計画を着実に推進していくこととなっています。

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21年度は第2段階の5年目であり、また「中期目標」の期間（平成17年10月1日～平成22年3月31日）における最終年度となります。平成21年度は、研究所用地内で地下施設の建設を行うとともに、第2段階の調査研究を継続し、第3段階の調査研究計画について検討します。また、幌延町北進地区に設定した研究所設置地区とその周辺において、調査研究を継続し、「中期目標」の期間の成果について取りまとめます。

## 2. 平成21年度の主な調査研究内容

平成21年度は、地層科学研究<sup>注2)</sup>のうち、地質環境調査技術開発では、地下施設の坑道掘削時の調査を通して、地質構造、岩盤の水理、地下水の地球化学および岩盤力学に関するデータを取得します。また、これらのデータを基に、第1段階の調査研究で構築した地質環境モデル（地質構造モデル、岩盤の水理モデル、地下水の地球化学モデルおよび岩盤力学モデル）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します。さらに、第1段階の調査における品質保証システムの整備を行います。調査技術・調査機器開発では、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。また、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体系的な調査評価技術の整備を進めます。

地質環境モニタリング技術開発では、地下水の水圧・水質長期モニタリング機器による観測を継続します。また、遠隔監視システム<sup>注3)</sup>（アクロス<sup>注4)</sup>）による長期観測を継続しつつ、様々な地質環境の変化に対する弾性波および電磁波の応答解析を行います。

深地層における工学的技術の基礎の開発では、坑道の掘削を進めながら、岩盤の変位や支保<sup>注5)</sup>

注1) 独立行政法人通則法 第二条には、『この法律において「独立行政法人」とは、国民生活及び社会経済の安定等の公共上の見地から確実に実施されることが必要な事務及び事業であつて、国が自ら主体となつて直接に実施する必要のないもののうち、民間の主体にゆだねた場合には必ずしも実施されないおそれがあるもの又は一の主体に独占して行わせることが必要であるものを効率的かつ効果的に行わせることを目的として、この法律及び個別法の定めるところにより設立される法人をいう。』と規定されています。

注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。

注3) 地質環境の変化を、弾性波や電磁波を用いて常時観測するシステムのことで、

注4) アクロス (ACROSS) は、「精密制御定常信号システム」の英訳 Accurately Controlled Routinely Operated Signal System の頭文字をつないだ略語です。

注5) 周辺岩盤と地下空間の安定を保つために設ける構造物のことで、通常、ロックボルト、鋼製支保、吹付けコンクリートから構成されます。

工の応力を計測するシステムを設置し、得られるデータに基づき、坑道設計や覆工技術の妥当性を確認します。また、坑内火災時の立坑模型実験結果を踏まえて、火災時の通気網解析手法の高度化を図ります。さらに、湧水抑制対策として新たなグラウト<sup>注6)</sup>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では、断層活動などに関する地形・地質調査や数値標高データを用いた地形解析、採取した岩石サンプルの分析などを行うとともに、これまでに設置したGPS<sup>注7)</sup>観測機器や地震計などによる観測を継続します。また、断層活動が地質環境に与える力学的な影響を把握するための手法の検討を行います。

地層処分研究開発のうち、処分技術の信頼性向上のための研究開発では、低アルカリ性コンクリート材料を用いた支保工や、低アルカリ性のグラウト材料についての地下施設での原位置試験、および人工バリア<sup>注8)</sup>材料について実物大での実証設備の整備を実施します。また、平成20年度までに得られたデータや知見を用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と条件の整理を行います。安全評価手法の高度化のための研究開発では、物質移動に関する基礎データの蓄積を進め、現象の理解を深めます。また、水理地質構造モデルを更新し、第1段階で整備した一連の安全評価手法の妥当性を検討します。さらに、新たなボーリング調査などにより取得するデータを安全評価手法の信頼性向上に反映させます。

平成21年度に研究所設置地区を含む幌延町内で行う調査および作業の種類と内容を表1に示します。また、表1に示した調査に関わる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、研究所用地内の主な設備と観測装置の配置を図2に示します。

地下施設については、東立坑および水平坑道の掘削を継続します。掘削に伴い発生する掘削土(ズリ)は、掘削土(ズリ)置場に搬出します。排水は排水処理設備で適切に処理した上で、排水管路を経て天塩川に放流します。

地上施設については、国際交流施設(仮称)の建設を継続し、平成21年10月頃に運用を開始する予定です。

環境モニタリングについては、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、ならびに掘削土(ズリ)の土壌分析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。

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段階の調査研究は、①第1段階における調査研究の結果、特に地下施設を含む数km四方程度の範囲を対象とした地質環境モデルの妥当性や調査・解析手法の有効性を確認すること、②坑道掘削に伴う地質環境の変化を実際に把握すること、③新たに取得するデータに基づき、坑道などの周辺数十m～数m四方程度の範囲を対象とした地質環境モデルを構築することを主な目的として実施します。これらの調査研究のため、以下に示す地質環境データの取得、地上からの調査・解析手法の妥当性確認と地質環境モデルの構築、調査技術・調査機器開発を行います。

注6) 岩盤に孔をあけ、セメントなどの固化材を圧入することにより、岩盤の割れ目を充填して湧水を止める技術のことです。

注7) Global Positioning System (汎地球測位システム)の略です。米国で開発されたもので、地球を周回する20数個の人工衛星からの電波を地上で受信し、受信地点の位置座標を精密に計測するシステムです。現在、カーナビゲーションシステム、携帯電話などにも利用されています。

注8) ガラス固化体、オーバーバ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。

### 3.1.1 地質環境データの取得

#### (1) 地質構造

第2段階では、第1段階の調査結果に基づいて構築した地質構造モデルの妥当性確認と更新を目的として、地下施設近傍の地層の分布や割れ目の分布・連続性を三次元的に把握するための調査を行います。

平成21年度は、坑道や研究所設置地区およびその周辺の地表での地質観察、および採取した岩石サンプルの化学分析や鉱物試験<sup>注9)</sup>を継続します。また、ボーリング調査で得られる岩石コアの地質観察や鉱物試験などの調査も継続します。

#### (2) 岩盤の水理

第2段階では、第1段階において掘削したボーリング孔や、気象観測所、地下施設などを利用し、岩盤の透水性の分布や地下水の圧力分布に関する予測結果の妥当性を確認するためのデータを取得します。

平成21年度は、研究所設置地区とその周辺における気象観測（降水量、気温・湿度、風向・風速、蒸発散量）、北進気象観測所におけるライシメータ<sup>注10)</sup>による蒸発散量などの観測、河川流量観測、ならびに既存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を継続します。これらの観測結果と河川水および降水の水質分析の結果から、地下浅部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。さらに、既存のボーリング孔に設置した長期モニタリング機器による観測結果から、坑道掘削による地下水の圧力の変化を確認します。

地下施設においては、坑道の掘削と並行して、湧水を伴う割れ目の性状や湧水の量などの水理地質構造に関する情報を取得するとともに、新たな水平坑道の掘削に伴う水平坑道周辺岩盤の透水性の変化を調べる試験を実施します。また、水平坑道から掘削するボーリング孔を利用し、ボーリング孔間の岩盤の透水性を調べる透水試験を実施します。さらに、岩石のサンプルを採取し、岩石の透水性を調べる室内試験を実施します。

#### (3) 地下水の地球化学

第2段階では、第1段階の調査・解析結果の妥当性を確認するため、既存のボーリング孔および新たに掘削するボーリング孔において地下水の採水調査を行うとともに、坑道掘削による地下水の地球化学特性<sup>注11)</sup>への影響を把握するための調査を行います。

平成21年度は、坑道から掘削したボーリング孔から得られる地下水や溶存ガス、岩石コアから抽出する間隙水の化学分析や微生物分析を定期的に行い、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）から採取する地下水のほか、河川水や降水の分析、およびそれらのデータを用いた解析を継続します。

#### (4) 岩盤力学

第2段階では、地下施設において、岩盤の力学的性質の分布を確認するとともに、坑道掘削によって生じる周辺岩盤の物性変化の範囲と程度を調査します。

平成21年度は、平成20年度に引き続いて、坑道から掘削するボーリング孔を用いて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、それらのデータに基づき、地上からの調査の妥当性について検討します。さらに、坑道掘削時における坑道周辺岩盤の力学特性の変化を測定するために、掘削前の坑道の周辺岩盤内に、あらかじめ計測機器を設置し、測定を開始します。

---

注9)顕微鏡やX線回折装置を用いて、地層に含まれる微小な生物の化石や岩石の構成鉱物を調べます。

注10)周囲と同じ土壌をつめた容器を地中へ埋設し、降水量や蒸発散量などの重量などを計測することにより水収支に関するデータを直接求める装置です。

注11)地下水の水質や溶存ガスなどの化学組成や化学変化に関する性質のことです。

### 3.1.2 地上からの調査・解析手法の妥当性確認と地質環境モデルの構築

第2段階では、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、地質環境モデルを更新します。また、坑道掘削に伴って取得する地質環境データに基づき、第2段階において展開する水平坑道周辺の地質環境を推定します。このモデルは、第3段階で実施する原位置試験計画を策定するための基盤情報となります。さらに、地下水流動と地下水の水質分布といった、異なる分野間で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地質環境データは、幌延を事例とした設計手法や安全評価手法の適用性の検討に使用します。

平成21年度は、坑道掘削時の調査や換気立坑の先行ボーリング調査<sup>注12)</sup>(PB-V01孔)などで取得された地質環境データに基づき、調査・解析手法とモデル化手法の体系化を進めるとともに、坑道などの周辺数十m～数m四方程度の範囲を対象とした地質環境モデルの妥当性の確認と更新を行います。

さらに、これまでの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、第1段階で構築した統合化データフローダイアグラム<sup>注13)</sup>を活用して、調査・評価上のノウハウや判断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・試験の品質評価を行い、その結果に基づき調査手順書やマニュアルなどを整備し、体系的な品質保証システムの構築を進めます。

#### (1) 地質構造モデル

第2段階では、坑道内での地質観察から得られる新たなデータに基づいて、第1段階で構築した地質構造モデルの妥当性を確認し、モデルを更新します。また、坑道周辺の詳細な地質構造モデルを構築します。

平成21年度は、平成20年度に引き続いて、坑道掘削に伴う坑道での壁面観察や、ボーリング調査から得られ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(岩相・断層・割れ目帯・しゅう曲といった地質構造の分布や形状)の妥当性の確認を継続し、割れ目の分布を三次元的に表現するなど、モデルの詳細化を図ります。

#### (2) 岩盤の水理モデル

第2段階では、第1段階で構築した水理地質構造モデルの妥当性を確認するとともに、新たに取得するデータに基づき、モデルを更新します。また、第1段階で構築したモデルとの比較を通じて、地上からの調査技術やモデル化手法の妥当性を確認します。

平成21年度は、坑道の壁面観察結果や東立坑近傍のボーリング調査(SAB-1孔)から得られた透水係数、および平成20年度までの調査結果に基づき、研究所設置地区とその周辺の水理地質構造モデルを更新します。このモデルを用いて、坑道掘削時の地下水の湧出量や周囲の水圧の変化を予測するための解析を行います。

上記の水理地質構造モデルおよびそれに基づく地下水流動解析結果の妥当性の確認を目的として、坑道掘削時の地下水の湧出量や既存のボーリング孔を用いた水圧モニタリング、地下水位などの観測結果と予測解析で得られた結果との比較を行い、必要に応じてモデルの更新を行います。

#### (3) 地下水の地球化学モデル

第2段階では、坑道内における調査研究により、第1段階で構築した地球化学モデルによる予測結果および予測手法の妥当性を確認します。

平成21年度は、坑道壁面や坑道から掘削したボーリング孔などから得られる地下水や溶存ガス、岩石コアから取得する地球化学データを利用して、地下水の水質やその形成機構、坑道掘削に伴う周辺地球化学環境の変化に関わる地球化学モデルの更新を継続します。

注12)坑道掘削に伴い湧水が生じる可能性のある箇所の特定や湧水量およびその水質などの調査を主目的として、坑道掘削に先行して実施するボーリング調査のことです。

注13)様々な調査から得られるデータが、モデル化や解析などの過程を経て、最終的にどのような分野の理解に役立つかを視覚的に表したフロー図です。

#### (4) 岩盤力学モデル

第2段階では、坑道における調査により、新たに取得するデータに基づき、第1段階で構築した岩盤力学モデルの妥当性を確認し、モデルを更新するとともに、坑道周辺岩盤の物性変化を表現できるモデルについて検討します。

平成21年度は、平成20年度までに得られた岩石コアを用いた室内試験結果や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結果に基づき、第1段階で構築した岩盤力学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を更新します。また、坑道内で実施している内空変位計測<sup>注14)</sup>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。

##### 3.1.3 調査技術・調査機器開発

第2段階では、第1段階で堆積岩や塩水系地下水が有する特性を考慮して開発・改良した調査技術を、実際に坑道掘削時の調査などに適用して、その妥当性を確認します。

平成21年度は、坑道内における地質環境データの取得に必要な調査技術や調査機器の開発を継続します。また、坑道内で掘削するボーリング孔において、岩盤の透水性を調べるために試作した装置、および地下水のpHや酸化還元電位などを原位置でモニタリングするために試作した測定装置の適用性の確認を継続します。さらに、岩盤の変形を坑道掘削直後から長期的に安定して計測するために開発した、光ファイバー式地中変位計の適用性を確認します。

通常のボーリング技術では調査が困難な場合を想定して、ボーリング孔の角度と方向を制御して掘削する、コントロールボーリング技術の適用性の確認のための掘削および調査を継続します。また、塩水と淡水が混在する場における地下水流動、水質形成および物質移動に関する調査として、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を継続し、調査評価技術の信頼性および体系化を図ります。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 地質環境モニタリング技術開発

#### 3.2.1 ボーリング孔を用いたモニタリング技術開発

第2段階では、これまでにボーリング孔内に設置した地下水の水圧・水質モニタリング機器の長期的な安定性を確認するとともに、坑道掘削に伴う地質環境の変化に関するデータを取得します。

平成21年度は、平成20年度に換気立坑先行ボーリング孔（PB-V01孔）に設置した機器を含め、これまでに設置した水圧・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、高精度傾斜計および間隙水圧計を用いて、地表付近の微小な岩盤の変形の観測を継続し、装置の性能を確認するとともに各調査活動や坑道掘削による影響を評価します。

さらに、平成20年度に東立坑近傍に掘削したボーリング孔（SAB-1孔）に地下水の水圧・水質モニタリング機器を設置して観測を開始します。なお、こ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。

#### 3.2.2 比抵抗モニタリング技術の適用性確認

第2段階では、坑道掘削に伴う地下施設周辺の地質環境のうち、特に地下水流動の変化に着目したモニタリングを実施し、比抵抗モニタリング技術の適用性を確認します。この調査は平成18年度にHDB-6孔を基点として線状に設置した測定点を利用して実施しています。

平成21年度は、これまでに取得した比抵抗データや地質環境モニタリングデータなどとの比較から地下水流動の分析を行います。

#### 3.2.3 遠隔監視システムの開発

第2段階では、坑道掘削中の観測データに基づき、遠隔監視システム（アクロス）について、観

---

注14) 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。

測データの解析手法の検討や適用性確認などを行います。

平成21年度は、坑道掘削中の観測データを取得するため、これまでに設置した遠隔監視システムによる長期観測を継続します。また、坑道掘削に伴う地質環境の変化に対する現在の観測システムの感度特性を把握するとともに、観測システムの要件を明らかにすることを目的として、様々な地質環境の変化を想定した弾性波および電磁波の応答解析を行います。

### 3.3 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システムを設置し、得られる情報に基づき、地下施設の設計手法の妥当性を評価するとともに、覆工技術などの坑道掘削に関する工学技術の適用性を確認します。また、これらの評価を踏まえて、以深の掘削工事や対策工事の最適化を進めていきます。

平成21年度は、東立坑および140m水平坑道の掘削を進めながら、地中変位計やコンクリート応力計などの計測器を設置してデータを取得するとともに、得られたデータに基づき坑道設計の妥当性を確認します。

また、地下施設における坑内火災を想定した立坑模型実験結果を踏まえて、開発した火災時の通気網解析手法の高度化を図ります。

さらに、湧水抑制対策のための技術開発として、シリカ<sup>注15)</sup>などの新たなグラウト材料が周辺岩盤の長期挙動に与える影響を評価する手法について、検討を継続します。

### 3.4 地質環境の長期安定性に関する研究

#### 3.4.1 地質環境の長期的変遷に関する研究

第2段階では、断層活動や海水準変動などの天然現象の履歴に関する調査手法と、地下水流動などに関する調査・解析手法とを組み合わせ、天然現象に伴う地質環境の長期的変遷を予測する手法の検討を行います。

平成21年度は、地形や地層の変形と古環境の変遷を把握するための地形・地質調査と数値標高データを用いた地形解析、および地表に露出している地層と坑道から採取する岩石サンプルの分析や鉱物試験を行います。また、数万年前以降に形成した比較的新しい地層の内部構造を把握するため、低地や丘陵で地中レーダー探査を行います。これまでに取得した幌延地域における新第三紀から第四紀の地殻変動や気候変動に関する情報に基づいて、地下水の流動や水質の長期的な変遷に関する数値解析を行うとともに、地質環境の長期的変遷を予測する手法の検討を行います。

また、研究所設置地区周辺に分布する断層やしゅう曲に関する現在の活動の程度を推定し、過去の履歴から推定される長期的変遷の傾向との整合性を検討するため、既存の観測点におけるGPS観測を継続します。

#### 3.4.2 地震研究

第2段階では、地震観測を継続するとともに、地表および地下施設で取得する地質環境データを組み合わせ、地震が地質環境に与える影響について検討します。

平成21年度は、研究所設置地区周辺に分布する断層やしゅう曲と地震活動との関連性を検討するため、これまでに地表およびボーリング孔底の付近（深度138m）に設置した地震計を用いて、幌延町およびその周辺地域で発生する地震の観測を継続します。また、地質調査、岩石サンプルの分析および断層の動きを再現した数値解析を行うことにより、断層活動が地質環境に与える力学的な影響を把握する手法の検討を行います。

---

注15) 二酸化ケイ素とも呼ばれます。石英の主成分であり、地殻にもっとも豊富に含まれる物質の1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。

## 4. 地層処分研究開発

### 4.1 処分技術の信頼性向上

#### 4.1.1 人工バリアなどの工学技術の検証

第2段階では、坑道掘削時に取得するデータに基づき、低アルカリ性コンクリート材料<sup>注16)</sup>の施工性試験などの計画を検討し、地下施設において試験を実施します。

平成21年度は水平坑道において、低アルカリ性コンクリート材料を用いた坑道の支保工の施工性に関する原位置試験、および低アルカリ性のグラウト材料を用いた原位置試験を実施します。また、緩衝材の定置試験や人工バリア長期挙動試験などについて、実物大での実証設備の設計・製作を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

第2段階では、塩水系地下水に対する緩衝材（ベントナイト<sup>注17)</sup>）や金属材料などの人工バリアの構成材料の特性や挙動に関して、不足している基礎データの取得を行います。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、各特性や挙動に関するより汎用的なモデルの開発などを進めるとともに、それらを複合させた人工バリアなど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段階および坑道掘削に伴い得られる地質環境データを用いて、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を原位置試験の仕様を検討する際に適用します。

平成21年度は、平成20年度に引き続き、上記の設計手法の適用に向けて、岩石コア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得られた地質環境データや、これまでに室内試験から得られたデータにより、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調査と整理を継続します。また、それらの情報や条件に基づいて、人工バリアと坑道周辺を対象に、温度、水理、力学、地下水化学が複合的に作用した時の解析（熱-水-応力-化学連成挙動解析）を幌延を事例として実施します。

### 4.2 安全評価手法の高度化

#### 4.2.1 安全評価モデルの高度化

第2段階では、後述する地質環境への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<sup>注18)</sup>や収着分配係数<sup>注19)</sup>などの物質移動に関するデータのほか、物質移動に影響を及ぼすと考えられる要因である、有機物、コロイド<sup>注20)</sup>および微生物活動などに関する基礎データの蓄積を進めるとともに、物質移動に関わるメカニズムや現象の理解を通じて、データの信頼性と精度の向上、ならびに物質移動に関わるモデルの高度化を図ります。

平成21年度は、既存のボーリング孔や、坑道から掘削するボーリング調査から得られる岩石コアや地下水などを用いた上記データの取得およびメカニズムの把握のための室内実験や解析を継続し、データベースの整備とモデルの構築を進めるとともに、物質移動に関わるデータの標準的測定手法について検討します。

注16) 通常のセメントにシリカを主成分とする材料を大量に添加し、組成を変えることで間隙水の pH を低下させたセメントを用いたコンクリートのことです。

注17) ベントナイトは、粘土の一種で地層処分における人工バリアに用いる緩衝材の候補材料です。

注18) 岩盤などの固相中を放射性核種などが、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19) 岩盤などの固相と地下水などの液相における放射性核種などの収着による濃度比を表す係数です。拡散係数とともに、環境中における放射性核種の移行予測や放射性廃棄物の処分における安全評価などに利用される重要なパラメータのひとつです。

注20) 0.1～0.001 マイクロメートル程度の極微細な粒子が、液体・気体・固体などの中に分散している状態のことで、ここでは地下水中に分散した粘土鉱物などを想定しています。

#### 4.2.2 安全評価手法の適用性確認

第2段階では、異なるスケール（広域スケール<sup>注21</sup>、サイトスケール<sup>注22</sup>）で地下水流動や物質移動に関する解析を行い、その過程で得られた知見を整理・統合するとともに、地上からの調査段階での解析結果と比較することにより既存の安全評価手法の適用性を確認します。

平成21年度は、平成20年度までに実施した広域スケールとサイトスケールにおける地下水流動や物質移動に関する検討の結果を踏まえ、第2段階で得られる地質環境データに基づき、水理地質構造モデルを更新するとともに、更新したモデルによる解析と第1段階の解析結果との比較を通じて、第1段階で整備した地質環境調査から物質移動評価までの一連の手法の妥当性を検討します。その結果を今後の地質環境調査に反映し、安全評価への成果の反映を念頭において、得られた知見を整理することにより、地上から地質環境を調査・解析・評価するための基盤技術の整備を図ります。

また、共同研究として実施する新たなボーリング調査などによりデータを取得し、既存データと統合することにより安全評価手法の信頼性向上に反映します。

### 5. 地下施設の建設

平成21年度は、平成20年度に引き続き、東立坑の掘削および140m水平坑道の掘削を継続します。なお、平成22年度以降の掘削に備えて、湧水抑制のための調査や対策を行う場合があります。西立坑については換気立坑、東立坑の進捗を踏まえ、平成22年度以降の着手を予定しています。

坑道掘削に際しては、これまでと同様に速やかに支保を構築し、坑道周辺の岩盤を保持しながら掘削します。支保の選定は、そこで得られる岩盤の力学性状などの情報を適時設計に反映したものとします。なお、研究所用地周辺には、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、掘削切羽近傍においては、防爆仕様の機器の採用や、ガス濃度の監視などにより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. 地上施設の建設

平成21年度は、平成20年6月より開始した国際交流施設（仮称）の建設工事を継続し、平成21年10月頃の運用開始を予定しています。本施設では、国外および国内研究者との交流活動を行うとともに、地域の方々との交流の場として、講演会や報告会などを行います。

## 7. 環境モニタリング

### 7.1 騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査

平成20年度に引き続き、研究所用地周辺において定期的に騒音・振動・水質・動植物のモニタリング調査を行います。

### 7.2 地下施設の建設に伴うモニタリング調査

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。また、掘削土(ズリ)の土壌分析を定期的に行います。

水質モニタリング調査項目は、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。モニタリングの対象は、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および河川水などとなります。

注21) 研究所設置地区を含む 15km×30km 程度の領域を指します。

注22) 研究所設置地区を含む 10km 四方程度の領域を指します。

## 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、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、研究施設への見学者の受け入れなどを行うとともに、PR施設（ゆめ地創館）の隣接地に、地層処分概念や人工バリアシステムの工学技術に関わる研究を体感できる実証設備を整備します。

### 8.1 国内機関との研究協力

#### 8.1.1 大学などとの研究協力

- ・ 北海道大学、金沢大学：
    - 圧縮ベントナイト中の溶存ガスおよび溶存物質の移動経路の評価に関する研究、地下水・岩石中の有機物特性に関する研究など
  - ・ 埼玉大学：
    - 地下水の流れ方、メタンガスの起源などに関する研究
  - ・ 名古屋大学、静岡大学：
    - 遠隔監視システムの開発に関する研究、地下水・岩石中の微生物特性に関する研究
  - ・ 武蔵工業大学など：
    - 微量元素の放射化分析手法に関する研究
  - ・ 岡山大学：
    - 土壌水分観測手法についての光ファイバー計測技術に関する研究
- 上記のほか、広島大学など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<sup>注23)</sup>：
  - 堆積岩についての各種特性研究
- ・ 電力中央研究所<sup>注24)</sup>：
  - 地質・地下水環境特性評価に関する研究
- ・ 清水建設株式会社：
  - 地球統計手法に基づく地質環境モデル化手法と地下水流動解析手法の高度化に関する研究、化学平衡論解析を用いた地下水流動調査に関する研究
- ・ 原子力安全基盤機構<sup>注25)</sup>、産業技術総合研究所<sup>注26)</sup>：
  - 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<sup>注27)</sup>（ボーリング調査を含む）
- ・ 北海道立地質研究所<sup>注28)</sup>：
  - 地形の変化および古環境の復元に関する研究

注23) 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24) 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25) 独立行政法人 原子力安全基盤機構は、平成 15 年に設立され、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26) 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、日本最大級の研究組織です。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27) 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。原子力機構の中の安全規制支援研究部署である、安全研究センターも参加して実施します。

注28) 北海道立地質研究所は、北海道の地質と地下資源に関する研究機関（北海道立地下資源調査所）として設立されました。現在、地域資源の開発・利用・管理に関する研究、国土利用保全、地下環境保全に関する研究などを実施しています。

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に関して、平成20年度に引き続き、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を、それぞれの実施機関<sup>注29)</sup>との共同研究として実施します。

## 8.2 国外機関との研究協力

- ・ Nagra<sup>注30)</sup> (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<sup>注31)</sup> (スイス) :  
難透水性堆積岩中の間隙水の地球化学的評価試験、鉄材料の腐食に関する原位置試験など  
そのほか、ANDRA<sup>注32)</sup> (フランス) と堆積岩を対象とした地質環境調査技術や地下施設における調査手法や原位置試験など、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。

---

注29) これらのプロジェクトを平成21年度に実施する機関は、平成21年3月に実施される予定の一般競争入札によって決定されます。

注30) 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。スイス国内の地下研究施設(グリムゼルなど)や幌延と同種の堆積岩のサイトにおいて地層処分に係る様々な調査研究を実施しています。

注31) 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21年3月現在、原子力機構を含め7ヶ国から13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32) Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (National radioactive waste management 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、現在、幌延と同種の岩石である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 主な調査の種類と内容

調査の種類		内容		実施場所	
地質環境調査 技術開発	地質構造	坑道壁面の地質観察、露頭調査、岩石サンプリングの化学分析・鉱物試験		研究所用地、北進地区、上幌延地区など	
	岩盤の水理	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、水圧モニタリング、岩石の室内透水試験		研究所用地、HDB-1～11孔、気象観測所、北進蒸発散量観測タワー、P-3～5地点、浅層ボーリング孔	
	地下水の地球化学	坑道壁面からの湧水、ボーリング孔の孔内水、河川水、降水、掘削土（ズリ）および間隙水の主要化学成分の分析、ガスの分析		研究所用地、HDB-1～11孔、P-3～5地点、掘削土（ズリ）置場	
	岩盤力学	ボーリング調査などで得られる岩石コアを用いた室内試験、坑道内での初期地圧や坑道掘削時の力学特性の測定		研究所用地など	
	調査技術・調査機器開発	坑道から掘削するボーリング孔を利用した調査のための機器の開発、沿岸域を対象とした地質環境の調査評価技術の整備、コントロールボーリング技術の適用性確認		研究所用地、上幌延地区、北進地区、幌延町沿岸域（陸域～海域）	
地質環境 モニタリング 技術開発	ボーリング孔を用いたモニタリング技術開発	地下水圧の観測、データ転送設備の設置、高精度傾斜計・間隙水圧計による観測		研究所用地、HDB-1～11孔	
	比抵抗モニタリングの適用性確認	比抵抗モニタリングデータの分析		(現場作業なし)	
	遠隔監視システムの開発	既存観測点での常時観測		研究所用地、HDB-3、4、5、8孔敷地、Z地点、北星圏観測点	
深地層における工学的技術の基礎の開発	岩盤の変位・応力の観測システム設置、坑内火災時の通気網解析手法の検討、新たな材料を用いた湧水抑制対策のための技術開発		HDB-1、2、5孔敷地、幌延市街地気象観測所、上問寒観測点、北進地区、上幌延地区、浜里地区、下沼地区、天塩川および 間寒別川沿い		
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	露頭調査、岩石サンプリングの分析・鉱物試験、GPS観測、地中レーダー探査		HDB-2、5孔敷地、中間寒観測点、北星圏観測点、北進地区、 上幌延地区	
	地震研究	地震計による地震の観測、露頭調査、岩石サンプリングの分析		研究所用地など	
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の開発および原位置施工試験、低アルカリ性のグラウト材料原位置試験、設計手法適用のための情報の整理、緩衝材定置試験などの実証設備の整備		研究所用地など	
	安全評価手法の高度化	研究所在地、北進地区		研究所用地、北進地区	
地下施設の建設	東立坑および水平坑道の掘削、掘削土（ズリ）の掘削土（ズリ）置場への搬出、排水処理設備の運転		研究所用地、掘削土（ズリ）置場など		
地上施設の建設	国際交流施設（仮称）の建設		幌延深地層研究センター旧事務所跡地		
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		研究所用地、天塩川、清水川など		



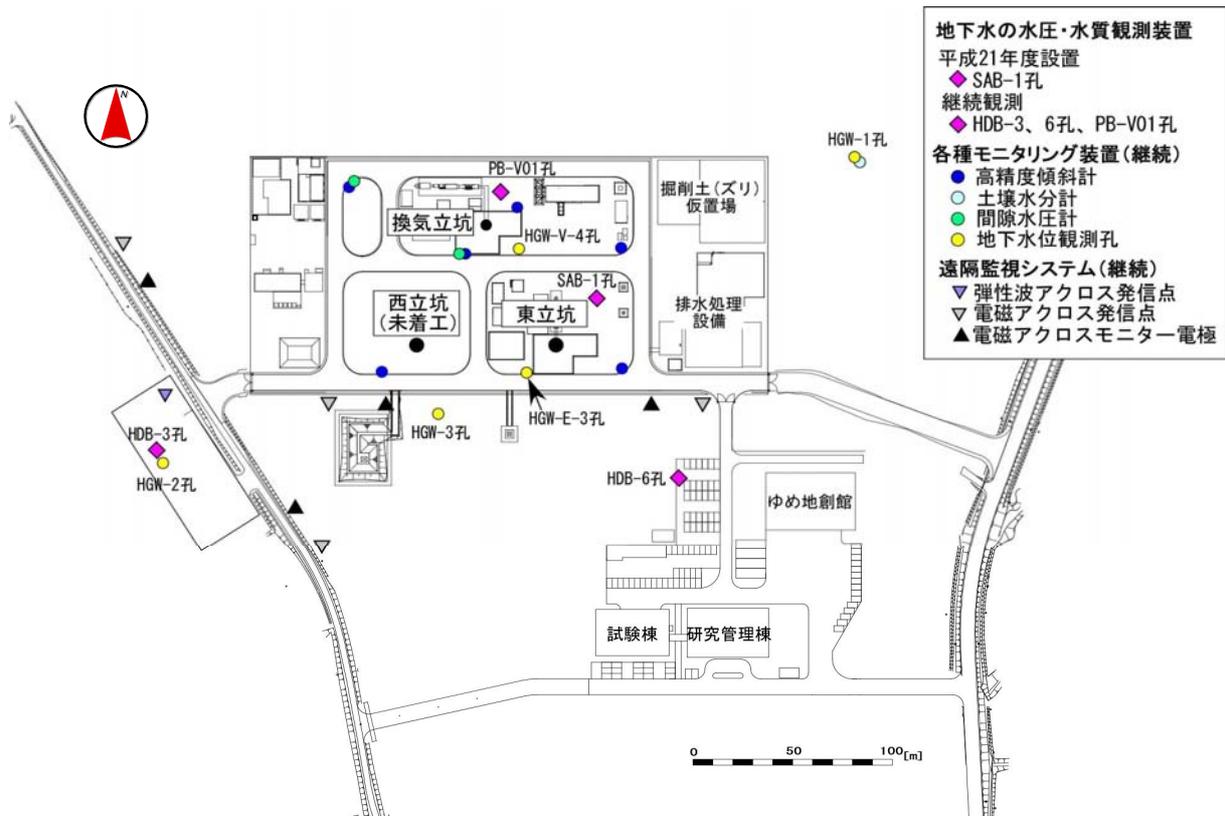


図2 研究所用地における主な施設と観測装置の配置

This is a blank page.

付録

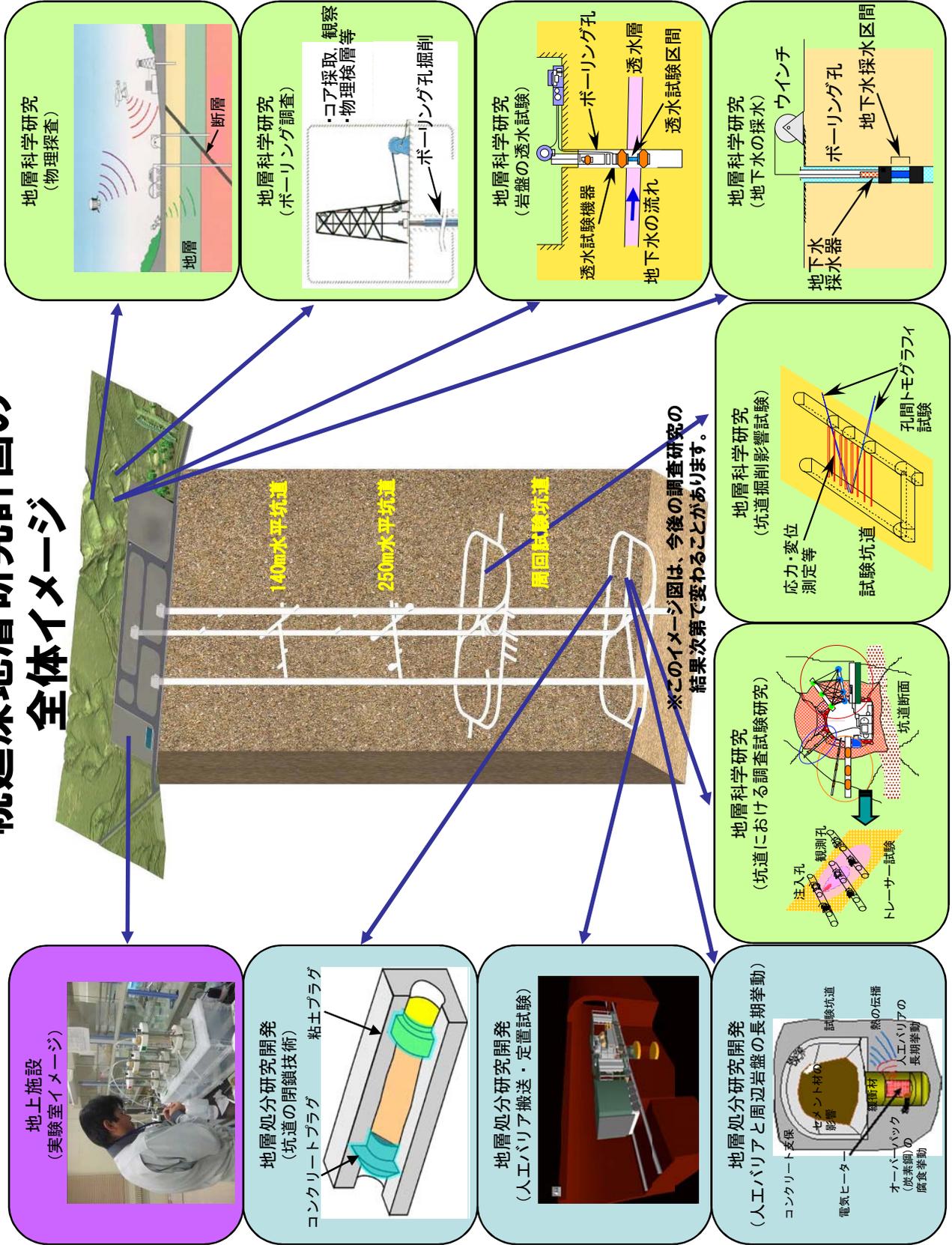
This is a blank page.

調査研究のスケジュール(平成17年度～平成21年度)

研究段階	年度				
	H17	H18	H19	H20	H21
調査研究項目	概要				
3. 地層科学					
3.1 地質環境調査技術開発					
3.1.1 地質環境データの取得	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 地質構造: 坑道、地表および既存岩石コアからのサンプル採取、分析など</li> <li>(2) 岩盤の水理: 表面水理調査、既存のボーリング孔における地下水圧モニタリングなど 坑道における湧水量測定、ボーリング孔を利用した水理調査(透水試験、水圧測定など)</li> <li>(3) 地下水の地球化学: 既存のボーリング孔における地下水採水・分析など 立坑、水平坑道壁面からの湧水の採水・分析 地下施設内で掘削するボーリング孔などを利用した地下水採水・分析</li> <li>(4) 岩盤力学: 既存のボーリング孔の岩石コアを用いた室内試験など 坑道から掘削するボーリング孔を利用した岩盤力学調査(岩石コアを用いた室内試験、ボーリング孔を用いた原位測定など)</li> </ul>				
3.1.2 地上からの調査・解析手法の妥当性確認と地質環境モデルの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 地質構造モデル: 数km～数百m四方のスケールを対象とした地質構造モデルの妥当性確認・更新 数10～数百m四方のスケールを対象とした地質構造モデルの構築</li> <li>(2) 岩盤の水理モデル: 坑道における湧水量や地下施設周辺の水圧分布などの予測解析 数km～数百m四方のスケールを対象とした水理モデルの妥当性確認・更新など 数10～数百m四方のスケールを対象とした水理モデルの構築</li> <li>(3) 地下水の地球化学モデル: 数km～数百m四方のスケールを対象とした地球化学モデルの妥当性確認・更新 数10～数百m四方のスケールを対象とした地球化学モデルの構築</li> <li>(4) 岩盤力学モデル: 数百m四方のスケールを対象とした岩盤力学モデルの妥当性確認・更新 掘削依存変形を対象としたモデルの構築</li> </ul>				
3.1.3 調査技術・調査機器開発	坑道における各種調査技術開発				
3.2 地質環境モニタリング技術開発					
3.2.1 ボーリング孔を用いたモニタリング技術開発	既存ボーリング孔に設置した長期モニタリング装置の維持・管理およびその有効性の検討				
3.2.2 比抵抗モニタリング技術の適用性確認	+10B-6孔を基点とした測定点を利用した電気探査によるモニタリングおよびその適用性の検討				
3.2.3 遠隔監視システムの開発	弾性波や電磁波を用いた遠隔監視システムによるモニタリングおよびその適用性の検討				
3.3 深地層における工学的技術の基礎の開発	地下施設建設時に取得する各種データに基づく事前設計の妥当性確認、地盤変動、地盤沈下を対象とした情報伝達技術の開発など 新たなグラウト材料を用いた湧水抑制対策のための技術開発、原位置試験など				
3.4 地質環境の長期安定性に関する研究					
3.4.1 地質環境の長期的変遷に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>地層および坑道におけるサンプルの採取・分析とそれに基づく断層活動、隆起・沈降・侵食、気候・海準変動などの天然現象の履歴および地質環境へ与える影響の検討</li> <li>天然現象の履歴と地質環境の長期的変化を考慮した地質環境モデル構築手法の検討</li> <li>天然現象が地質環境へ与える影響を評価する手法の検討</li> </ul>				
3.4.2 地震研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>地表に設置した地震計などを用いた地震活動や地殻変動、地震活動が地下水に与える影響の把握</li> <li>地下施設内に設置した地震計などを用いた地震活動状況、地震活動が地下水に与える影響の把握</li> </ul>				
4. 地層処分研究開発					
4.1 処分技術の信頼性向上					
4.1.1 人工バリアなどの工学的技術の検証	低アルカリ性コンクリート材料の施工性、人工バリアシステムの成立性の検証、低アルカリ性の材料を用いたグラウト材料の開発、坑道閉鎖などに関する研究 オーバーハックの腐食挙動や緩衝材の定置精度確認試験				
4.1.2 設計手法の適用性確認	平成17年度取りまとめにおいて構築した人工バリアシステムなどの設計手法の適用性検討および改良・高度化				
4.2 安全評価手法の高度化					
4.2.1 安全評価モデルの高度化	安全評価のための物質移動に関する基礎データの取得・蓄積、メカニズムや現象理解に基づくデータの精度向上とその結果に基づくモデルの高度化				
4.2.2 安全評価手法の適用性確認	実際の地質環境への安全評価手法の適用とその結果に基づく手法の高度化				
5. 地下施設の建設					
地下施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>建設: 換気立坑、東立坑、西立坑、140m坑道および250m坑道の建設</li> <li>付帯施設(排水処理設備・掘削土(ズリ)置場など): 建設・運転 排水管路、排水処理設備、掘削土(ズリ)置場の工事</li> <li>先行ボーリング調査: ボーリング孔掘削 坑道掘削において予測される湧水に対処するため、湧水箇所、湧水量およびその水質の測定を目的とした調査</li> </ul>				
地上施設の建設	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究管理棟、試験棟: 建設工事</li> <li>PR施設: PR施設建物の建設 展示物の製作、据付</li> <li>国際交流施設: 国際交流施設(仮称)の設計、建設</li> </ul>				
7. 環境モニタリング					
7.1 騒音・振動・水質に関するモニタリング調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>水質: 3ヶ月毎の定期的な河川水質分析</li> <li>動植物: 春・夏・秋の定期的な生態調査(希少種を含む)</li> <li>騒音・振動: 3ヶ月毎の定期的な騒音調査(研究所周辺部)</li> </ul>				
7.2 地下施設の建設に伴うモニタリング調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>排水: 掘削土(ズリ)置場からの浸出水、周辺水質調査</li> <li>天塩川</li> </ul>				
8. 開かれた研究					
8.1 国内機関との研究協力					
8.1.1 大学等との研究協力	研究協力				
8.1.2 その他の機関との研究協力	協定、共同研究契約などに基づく研究協力				
8.2 国外機関との研究協力	協定、共同研究契約などに基づく研究協力				

注) 毎年度の実施内容などについては、計画の進捗に依り適宜変更します。

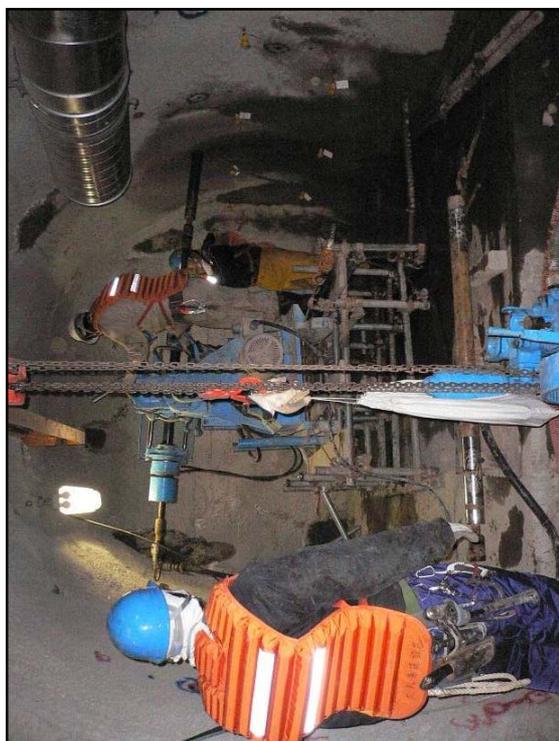
# 幌延深地層研究計画の 全体イメージ



# 平成21年度の調査研究(1/11)

## 地質環境調査技術開発 (地質環境データの取得)

- ・地質構造：坑道壁面の地質観察、露頭調査、岩石サンプルの化学分析・鉱物試験
- ・岩盤の水理：気象観測、河川流量観測、地下水位・土壌水分の観測、水圧モニタリング、岩石の室内透水試験
- ・地下水の地球化学：地下水・降水の主要化学成分の分析、ガスの分析
- ・岩盤力学：岩石コアを用いた室内試験、坑道内での初期地圧、掘削影響領域の力学特性の測定



水平坑道からのボーリング調査の様子  
(東立坑の深度140m)

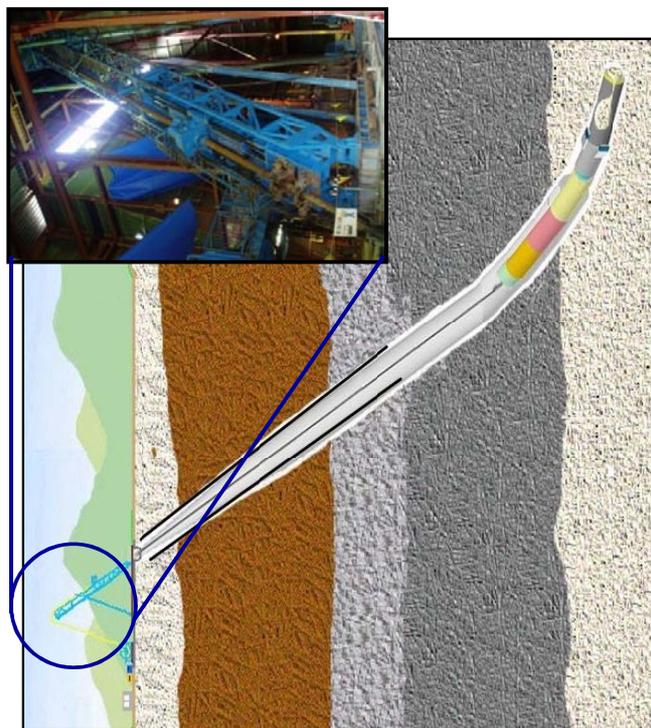
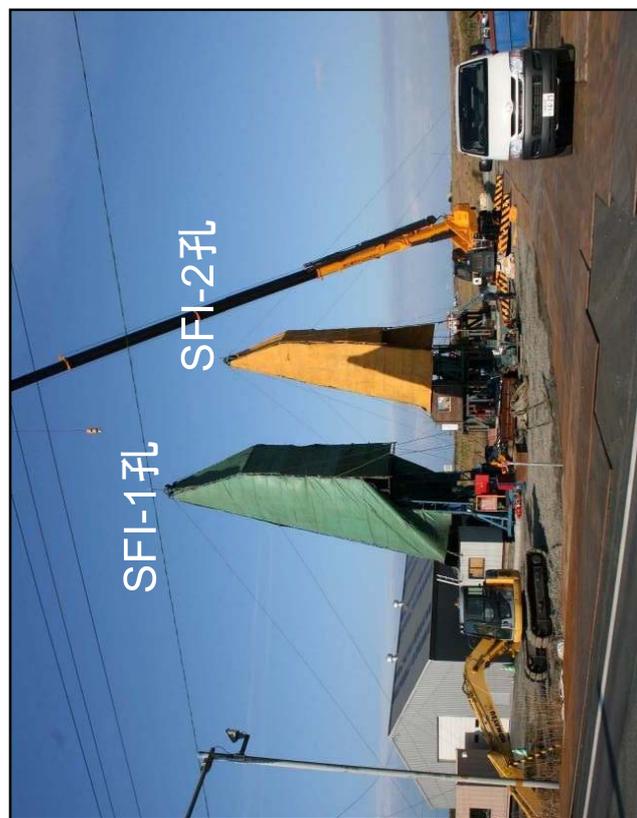


坑道内での岩石のサンプリング  
(換気立坑の深度250m)

# 平成21年度の調査研究(2/11)

## 地質環境調査技術開発 (調査技術・調査機器開発)

- ・坑道内での調査のための機器開発：地下水のpHや酸化還元電位、岩盤変位などの測定装置の適用性確認
- ・沿岸域を対象とした地質環境の調査評価技術の整備：物理探査やボーリング調査の継続
- ・コントロールボーリング技術の適用性確認：掘削および調査の継続



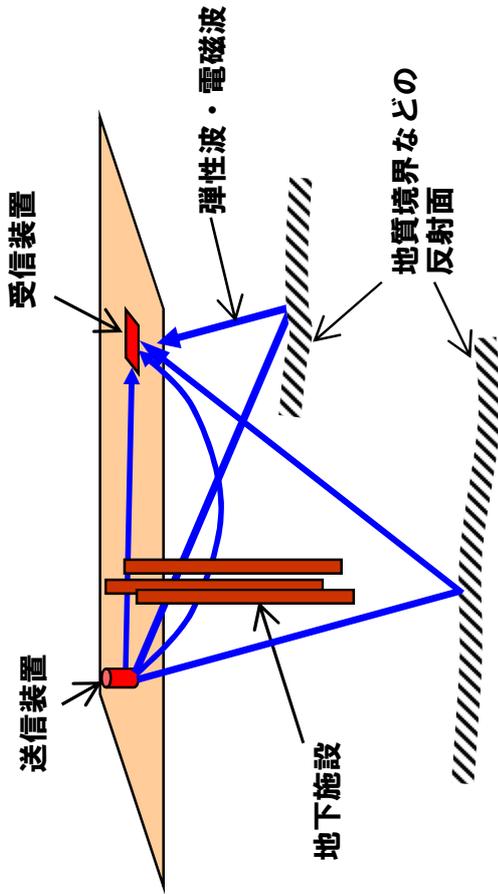
沿岸域を対象としたボーリング調査の様子  
(浜里地区での調査)

コントロールボーリング調査の概念図

# 平成21年度の調査研究(3/11)

## 地質環境モニタリング技術開発

- ・ボーリング孔を用いたモニタリング技術開発：地下水圧の観測、高精度傾斜計・間隙水圧計による観測、データ転送設備の設置
- ・比抵抗モニタリング技術の適用性確認：比抵抗モニタリングデータの解析
- ・遠隔監視システムの開発：既存観測点での常時観測、地質環境の変化に対する弾性波・電磁波の応答解析の実施



遠隔監視システムの観測概念図

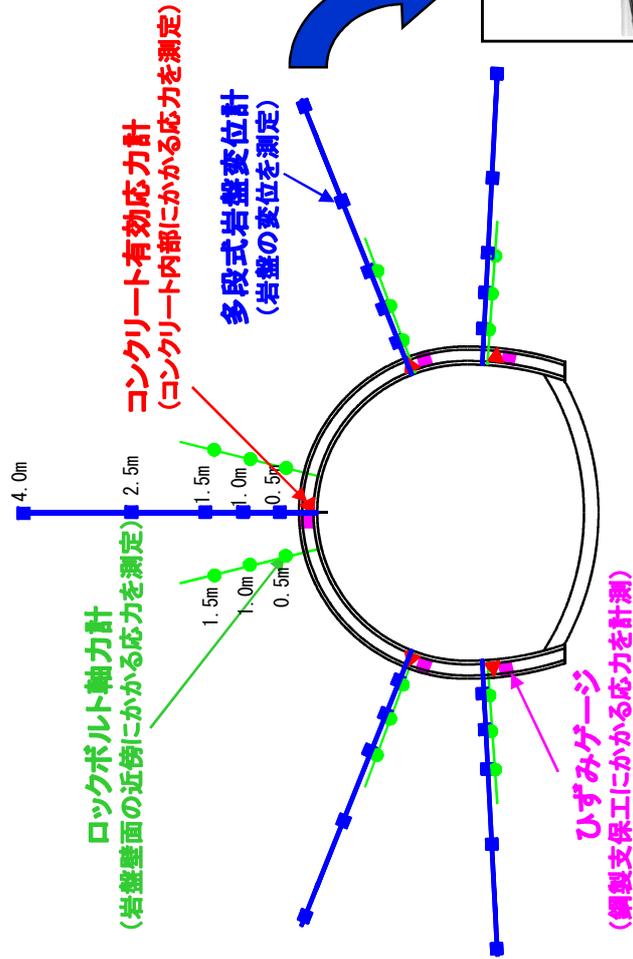


遠隔監視システムの設置点

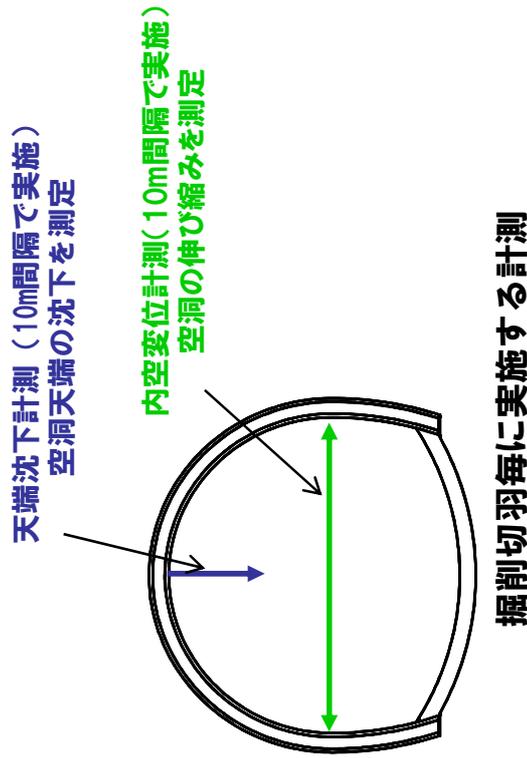
# 平成21年度の調査研究(4/11)

## 深地層における工学的技術の基礎の開発

- ・岩盤の変位・応力の観測システム設置
- ・坑内火災時の通気網解析手法の検討
- ・湧水抑制対策のための技術開発



特定断面で実施する計測



掘削切羽毎に実施する計測

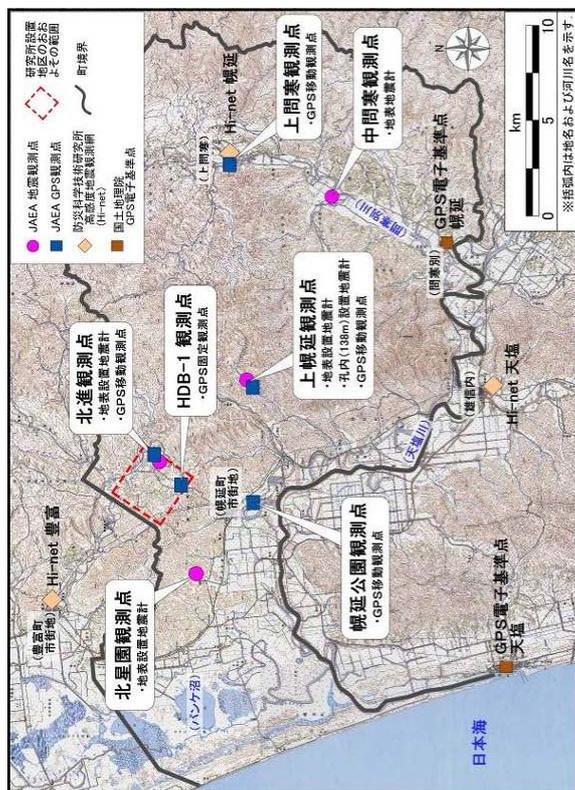


水平坑道施工時の計測管理

# 平成21年度の調査研究(5/11)

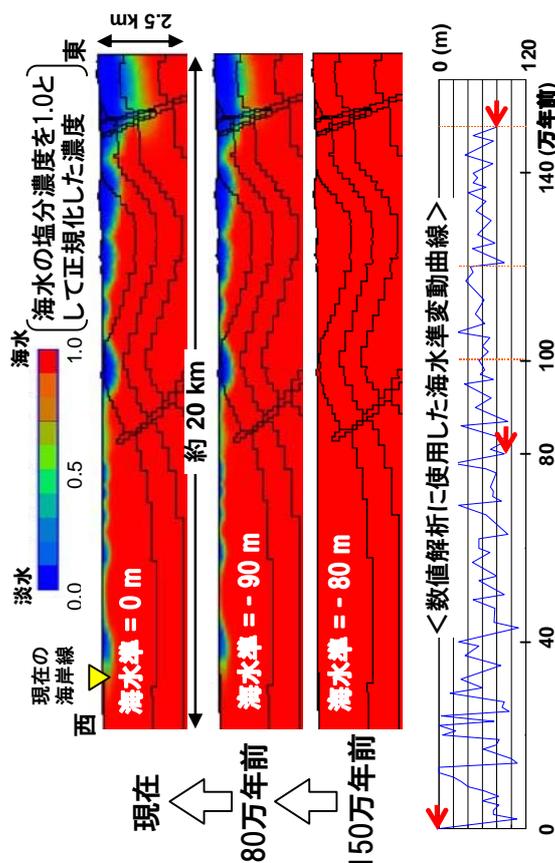
## 地質環境の長期安定性に関する研究

- ・ 地質環境の長期安定性に関する研究：露頭調査、岩石サンプルの分析・鉱物試験、GPS観測、地中レーダー探査
- ・ 地震研究：地震計による地震の観測、露頭調査、岩石サンプルの分析



国土地理院1/50,000地形図(稚咲内、天塩、豊富、雄信内、上幌延、敏智知)を使用

## 幌延町内の観測点

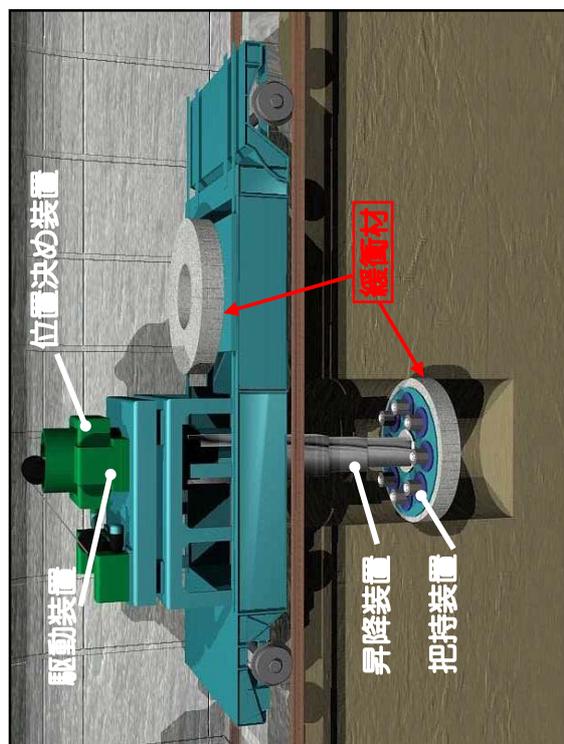
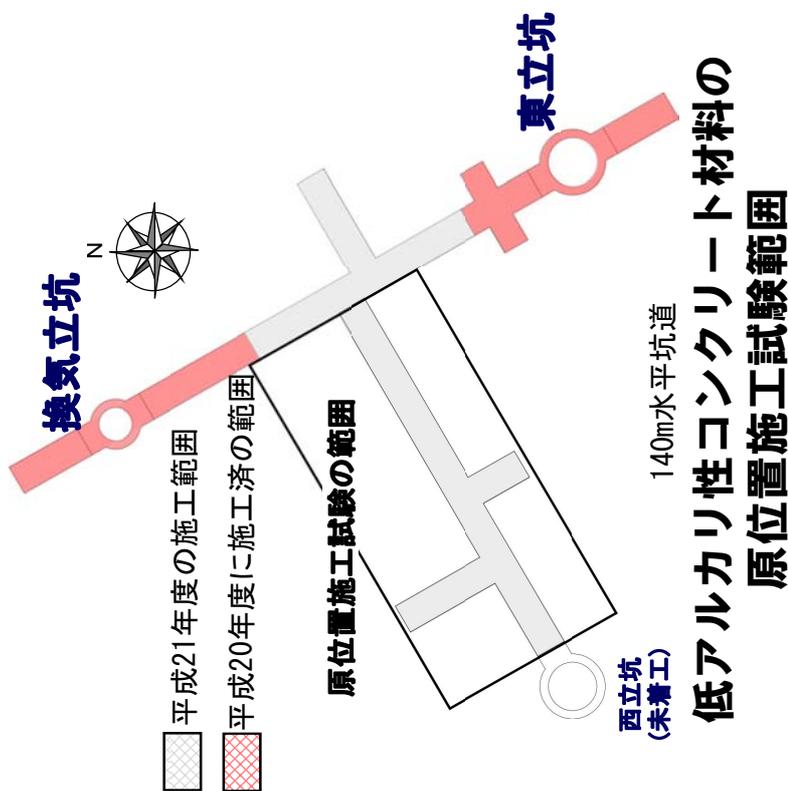


地下水中の塩分濃度の長期変遷  
(研究所設置地区を通る東西方向の2次元解析)

# 平成21年度の調査研究(6/11)

## 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の開発・原位施工試験、低アルカリ性材料を用いたグラウト原位試験、実物大の人工バリア材料を用いた実証設備の整備、設計手法適用のための情報整理
- ・ 安全評価手法の高度化：物質移動に関する基礎データの取得・蓄積、地質環境調査から物質移動解析までの一連の手法の妥当性の確認



緩衝材定置試験設備の概念図

# 平成21年度の調査研究(7/11)

## 地下施設の建設



## 地下施設関連設備の現況

# 平成21年度の調査研究(8/11)

## 地下施設の建設

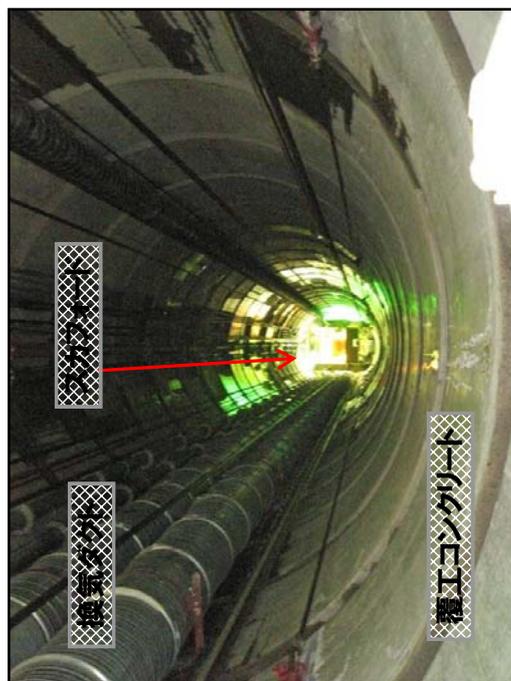
- ・ 東立坑、水平坑道の掘削
- ・ 掘削土（ズリ）の掘削土（ズリ）置場への搬出
- ・ 排水処理設備の運転管理

### 掘削工法

換気立坑：機械掘削工法  
東立坑：発破工法  
水平坑道：機械掘削工法

### 支保工法

換気・東立坑：ショートステップ工法  
（短い区間で掘削、覆工を繰り返しながら掘進する立坑掘削工法）  
水平坑道：全断面NATM工法  
（NATM工法：吹付けコンクリート、ロックボルトなどを用いて支保を構築する工法）



換気立坑内部状況  
（坑底を望む）



東立坑140m坑道ボーリング座(東)の状況

# 平成21年度の調査研究(9/11)

## 地上施設の建設

- ・ 国際交流施設（仮称）の建設：平成21年10月頃に運用開始

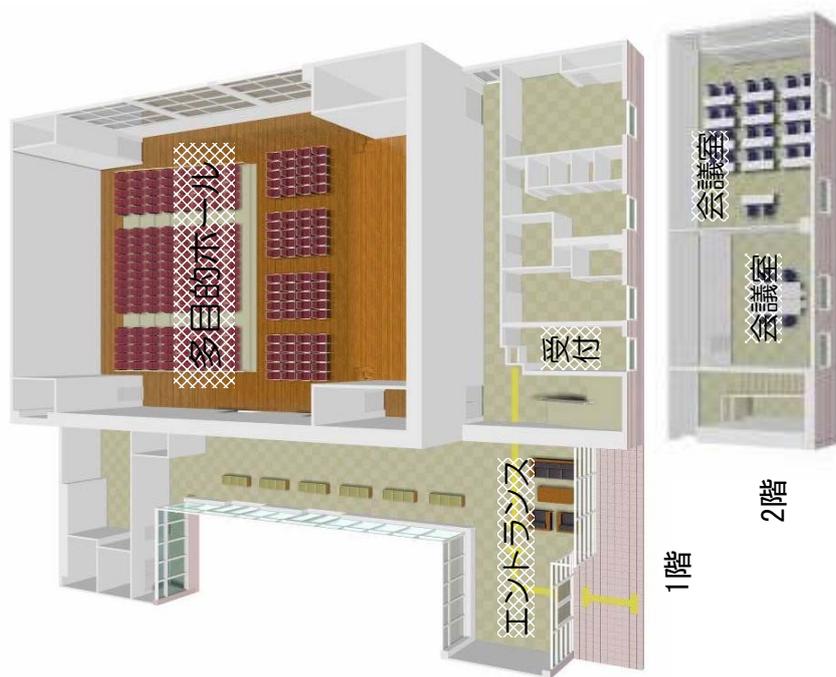


杭工事



基礎工事

平成20年度の工事の様子

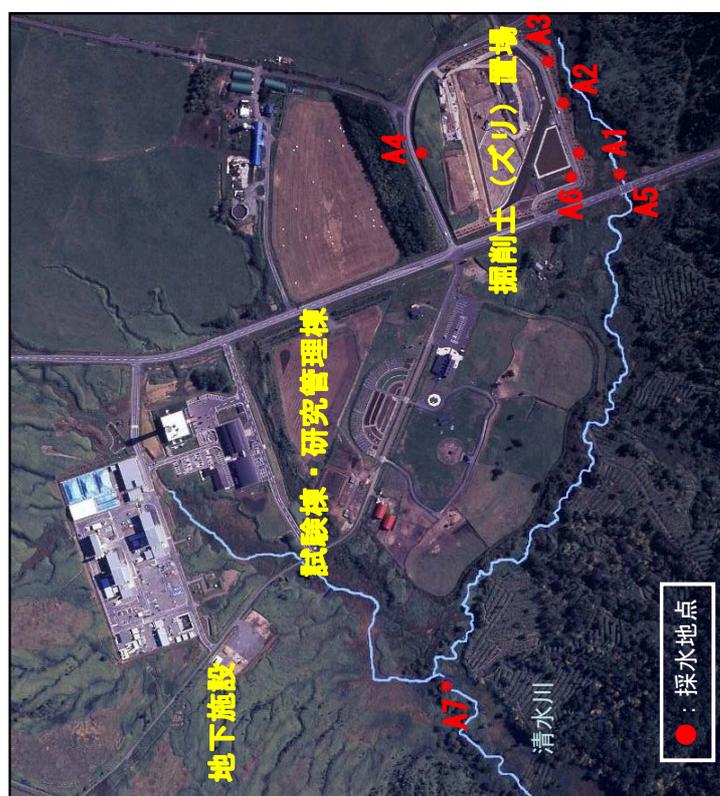


国際交流施設(仮称)の  
内部イメージ図

# 平成21年度の調査研究(10/11)

## 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：研究所用地周辺にて実施
- ・地下施設の建設に伴うモニタリング調査：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、河川水などの分析



掘削土(ズリ)置場・清水川における水質モニタリング調査位置

# 平成21年度の調査研究(11/11)

## 開かれた研究

- ・ 国内機関との研究協力:  
 大学 ; 北海道大学、埼玉大学、名古屋大学など  
 研究機関 ; 幌延地圏環境研究所、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)、ANDRA(フランス)、モンテリ・プロジェクト(スイス)など



**ウェブサイトでの情報発信**  
 ( <http://www.jaea.go.jp/04/horonobe/> )



**国際会議の様子**  
 ( DECOVALEX-2011 ; 平成20年10月21～23日開催 )



**施設見学会の様子**  
 ( 4～10月の第4日曜日に開催 )

This is a blank page.

# 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
物質的量	モル	mol
光度	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 <sup>2</sup>
体積	立方メートル	m <sup>3</sup>
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s <sup>2</sup>
波数	毎メートル	m <sup>-1</sup>
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m <sup>2</sup>
比体積	立方メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m <sup>2</sup>
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 <sup>(a)</sup> , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m <sup>2</sup>
屈折率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1
比透磁率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	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 <sup>(b)</sup>	rad	1 <sup>(b)</sup>	m/m
立体角	ステラジアン <sup>(b)</sup>	sr <sup>(c)</sup>	1 <sup>(b)</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
周波数	ヘルツ <sup>(d)</sup>	Hz		s <sup>-1</sup>
力	ニュートン	N		m kg s <sup>-2</sup>
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
電荷, 電流量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
静電容量	ファラド	F	C/V	m <sup>-2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-2</sup>
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m <sup>-2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>3</sup> A <sup>2</sup>
磁束	ウエーバ	Wb	Vs	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
磁束密度	テスラ	T	Wb/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C		K
光照度	ルーメン	lm		cd sr <sup>(c)</sup>
放射線量	ルクス	lx		lm/m <sup>2</sup>
放射線種の放射能 <sup>(f)</sup>	ベクレル <sup>(d)</sup>	Bq		m <sup>2</sup> cd s <sup>-1</sup>
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
線量当量, 周辺線量当量, 方向線量当量, 個人線量当量	シーベルト <sup>(g)</sup>	Sv	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
酸素活性化	カタール	kat		s <sup>-1</sup> 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、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。  
 (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 (CI-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
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m <sup>1</sup> kg s <sup>-1</sup>
表面張力	ニュートンメートル	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s <sup>-2</sup>
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> =s <sup>-1</sup>
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s <sup>2</sup>	m m <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> =s <sup>-2</sup>
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-3</sup>
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup>
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>	m <sup>1</sup> kg s <sup>-2</sup>
電荷密度	ボルト毎メートル	V/m	m kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
表面電荷	クーロン毎立方メートル	C/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> mol <sup>-1</sup>
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup>
吸収線量率	クーロン毎キログラム	C/kg	kg <sup>-1</sup> s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup>
放射線輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> =m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m <sup>2</sup> sr)	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> =kg s <sup>-3</sup>
	カタール毎立方メートル	kat/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> mol

表5. SI接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 <sup>24</sup>	ヨタ	Y	10 <sup>-1</sup>	デシ	d
10 <sup>21</sup>	ゼタ	Z	10 <sup>-2</sup>	センチ	c
10 <sup>18</sup>	エクサ	E	10 <sup>-3</sup>	ミリ	m
10 <sup>15</sup>	ペタ	P	10 <sup>-6</sup>	マイクロ	μ
10 <sup>12</sup>	テラ	T	10 <sup>-9</sup>	ナノ	n
10 <sup>9</sup>	ギガ	G	10 <sup>-12</sup>	ピコ	p
10 <sup>6</sup>	メガ	M	10 <sup>-15</sup>	フェムト	f
10 <sup>3</sup>	キロ	k	10 <sup>-18</sup>	アト	a
10 <sup>2</sup>	ヘクト	h	10 <sup>-21</sup>	ゼプト	z
10 <sup>1</sup>	デカ	da	10 <sup>-24</sup>	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	1h=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 <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
リットル	L, l	1L=1l=1dm <sup>3</sup> =10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
トン	t	1t=10 <sup>3</sup> 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 <sup>-19</sup> J
ダルトン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> 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 <sup>11</sup> 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 <sup>5</sup> 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 <sup>-10</sup> m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm <sup>2</sup> =(10 <sup>-12</sup> cm) <sup>2</sup> =10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
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。
ベベル	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
エルグ	erg	1 erg=10 <sup>-7</sup> J
ダイン	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> =10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
スチルブ	sb	1 sb=1cd cm <sup>-2</sup> =10 <sup>-4</sup> cd m <sup>-2</sup>
ファ	ph	1 ph=1cd sr cm <sup>-2</sup> 10 <sup>4</sup> lx
ガル	Gal	1 Gal=1cm s <sup>-2</sup> =10 <sup>-2</sup> ms <sup>-2</sup>
マクスウェル	Mx	1 Mx=1G cm <sup>2</sup> =10 <sup>-8</sup> Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm <sup>-2</sup> =10 <sup>-4</sup> T
エルステッド <sup>(c)</sup>	Oe	1 Oe ≙ (10 <sup>3</sup> /4π)A m <sup>-1</sup>

(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 <sup>10</sup> Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58×10 <sup>-4</sup> C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 <sup>-9</sup> T
フェルミ	f	1フェルミ=1 fm=10 <sup>-15</sup> m
メートル系カラット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10 <sup>-4</sup> 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 <sup>-6</sup> m

