

超深地層研究所計画 年度計画書 (2006年度)

Mizunami Underground Research Laboratory Project
Program for Fiscal Year 2006

西尾 和久 水野 崇 大山 卓也 中間 茂雄
三枝 博光 竹内 竜史 天野 健治 鶴田 忠彦
濱 克宏 弥富 洋介 見掛 信一郎 黒田 英高
佐藤 稔紀 尾方 伸久 仙波 毅 内田 雅大
山本 勝 杉原 弘造 坂巻 昌工

Kazuhisa NISHIO, Takashi MIZUNO, Takuya OHYAMA, Shigeo NAKAMA
Hiromitsu SAEGUSA, Ryuji TAKEUCHI, Kenji AMANO, Tadahiko TSURUTA
Katsuhiro HAMA, Yosuke IYATOMI, Shinichiro MIKAKE, Hidetaka KURODA
Toshinori SATO, Nobuhisa OGATA, Takeshi SENBA, Masahiro UCHIDA
Masaru YAMAMOTO, Kozo SUGIHARA and Masanori SAKAMAKI

地層処分研究開発部門
結晶質岩工学技術開発グループ

Crystalline Environment Engineering Group
Geological Isolation Research and Development Directorate

December 2007

本レポートは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/index.shtml>)
より発信されています。このほか財団法人原子力弘済会資料センター*では実費による複写頒布を行っ
ております。

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
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
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920

*〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 日本原子力研究開発機構内

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

超深地層研究所計画 年度計画書 (2006 年度)

日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門 東濃地科学研究ユニット

西尾 和久^{*}, 水野 崇, 大山 卓也, 中間 茂雄, 三枝 博光, 竹内 竜史,
天野 健治, 鶴田 忠彦, 濱 克宏, 弥富 洋介, 見掛 信一郎⁺¹, 黒田 英高^{*}, 佐藤 稔紀,
尾方 伸久, 仙波 毅, 内田 雅大, 山本 勝⁺¹, 杉原 弘造, 坂巻 昌工

(2007 年 8 月 21 日受理)

独立行政法人・日本原子力研究開発機構（原子力機構）東濃地科学センターでは、地層処分技術に関する研究のうち深地層の科学的研究（地層科学研究）の一環として、結晶質岩（花崗岩）を対象とした超深地層研究所計画を進めている。本計画は、「第 1 段階；地表からの調査予測研究段階」、「第 2 段階；研究坑道の掘削を伴う研究段階」、「第 3 段階；研究坑道を利用した研究段階」の 3 段階からなる約 20 年の計画であり、現在は、第 2 段階である「研究坑道の掘削を伴う研究段階」を進めている。

本計画書は、2002 年 2 月に改訂した「超深地層研究所基本計画」に基づき、2006 年度の超深地層研究所計画の

- 1) 調査研究計画,
 - 2) 施設建設計画,
 - 3) 共同研究計画等
- を示したものである。

Mizunami Underground Research Laboratory Project
Program for Fiscal Year 2006

Kazuhisa NISHIO[※], Takashi MIZUNO, Takuya OHYAMA, Shigeo NAKAMA, Hiromitsu SAEGUSA,
Ryuji TAKEUCHI, Kenji AMANO, Tadahiko TSURUTA, Katsuhiro HAMA, Yosuke IYATOMI,
Shinichiro MIKAKE⁺¹, Hidetaka KURODA[※], Toshinori SATO, Nobuhisa OGATA, Takeshi SENBA,
Masahiro UCHIDA, Masaru YAMAMOTO⁺¹, Kozo SUGIHARA and Masanori SAKAMAKI

Tono Geoscientific Research Unit
Geological Isolation Research and Development Directorate, Japan Atomic Energy Agency
Akeyo-cho, Mizunami-shi, Gifu-ken

(Received August 21, 2007)

Japan Atomic Energy Agency (JAEA) at Tono Geoscience Center (TGC) is developing a geoscientific research project named the Mizunami Underground Research Laboratory (MIU) project in crystalline rock environment in order to establish scientific and technological basis for geological disposal of HLW. Geoscientific research at the MIU project is planned to be carried out in three Phases over a period of 20 years; Surface-based Investigation Phase (Phase 1), Construction Phase (Phase 2) and Operation Phase (Phase 3). Currently, the Project is under the Construction Phase.

This document presents the following 2006 fiscal year plan based on the MIU Master Plan updated in 2002,

- 1) Investigation Plan,
- 2) Construction Plan,
- 3) Research Collaboration Plan, etc.

Keywords: Mizunami Underground Research Laboratory, MIU Project, Program for Fiscal Year 2006,
MIU Master Plan, Geological Disposal of HLW

⁺¹ Geoscience Facility Construction Section, Tono Geoscience Center
[※] Cooperative Staff

目 次

1.	はじめに	1
2.	超深地層研究所計画の概要	2
2.1	目標	3
2.2	調査研究の進め方	4
2.3	瑞浪超深地層研究所の設置場所	9
2.4	瑞浪超深地層研究所の施設概要	11
3.	2006年度の調査研究および施設建設計画	12
3.1	瑞浪超深地層研究所用地における調査研究	12
3.1.1	地質・地質構造に関する調査研究	12
3.1.2	岩盤力学に関する調査研究	13
3.1.3	岩盤の水理に関する調査研究	14
3.1.4	地下水の地球化学に関する調査研究	15
3.1.5	パイロットボーリング孔での調査試験	16
3.1.6	深地層の工学技術の基礎の開発	17
3.1.7	調査技術開発	20
3.2	正馬様用地における調査研究	21
3.3	瑞浪超深地層研究所用地における施設建設計画	22
4.	2006年度の調査研究・建設工事スケジュール	23
5.	共同研究・施設供用	24
6.	量子ビーム応用研究部門との連携融合研究	26
7.	おわりに	28
	参考文献	28
	APPENDIX 広域地下水流動研究 2006年度計画	29

Contents

1.	Introduction	1
2.	Overview of the Mizunami Underground Research Laboratory Project	2
2.1	Goals of the MIU Project	3
2.2	Outline of the R&D activities	4
2.3	Project Site	9
2.4	Overview of the MIU facilities	11
3.	Investigations and construction Plan in FY2006	12
3.1	Investigation Plan at the MIU Construction Site	12
3.1.1	Geological investigations	12
3.1.2	Rock mechanics investigations	13
3.1.3	Hydrogeological investigations	14
3.1.4	Hydrochemical investigations	15
3.1.5	Investigations of the Pilot Boreholes	16
3.1.6	Development of engineering technology for deep underground	17
3.1.7	Development of investigation techniques and equipment	20
3.2	Investigation Plan at the Shobasama Site	21
3.3	Construction Plan at the MIU Construction Site	22
4.	Schedule of the investigations and construction plan in FY2006	23
5.	Research collaboration with related research organizations	24
6.	Research collaboration with Quantum Beam Science Directorate (JAEA)	26
7.	Conclusions	28
	References	28
	Appendix Plan of the Regional Hydrogeological Study Project in FY2006	29

図表目次

図 1	超深地層研究所の設置場所	2
図 2	空間スケール概念	4
図 3	調査研究の繰り返しアプローチ	5
図 4	研究所用地における第1段階の調査研究の進め方	5
図 5	研究目標／反映先と系統的なデータの流れを記述・整理したフローの例	8
図 6	瑞浪超深地層研究所周辺の地質概要	9
図 7	瑞浪超深地層研究所の地上施設	11
図 8	瑞浪超深地層研究所の研究坑道イメージ図	11
図 9	研究所用地内ボーリング孔位置図	15
図 10	パイロットボーリング孔レイアウト	17
図 11	正馬様用地内におけるボーリング孔位置図	21
表 1	空間スケールの対象範囲と位置付け	4
表 2	計測位置	19
表 3	2006年度の調査研究・建設工事スケジュール	23
表 4	2006年度の研究スケジュール	27

APPENDIX

付図 1	ボーリング孔配置図	29
------	-----------	----

This is a blank page.

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）東濃地科学センターは、原子力政策大綱（原子力委員会，2005）¹⁾に示されている「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」との方針に基づき，地層処分技術に関する研究開発のうち深地層の科学的研究を進めている。このうち，超深地層研究所計画は，結晶質岩（花崗岩）を主な対象として岐阜県瑞浪市において進めている研究計画である。

東濃地科学センターでは，1994年6月に公表された「原子力の研究，開発及び利用に関する長期計画（以下，原子力長計）」（原子力委員会，1994）²⁾において示された「地層処分研究開発の基盤となる深部地質環境の科学的研究を着実に進めること」との方針および深地層の研究施設の位置づけに基づき，「超深地層研究所地層科学研究基本計画（以下，基本計画）」（動力炉・核燃料開発事業団（以下，動燃事業団），1996）³⁾を1996年11月に策定し，超深地層研究所計画における調査研究を進めてきた。その後，2000年11月に策定された原子力長計（原子力委員会，2000）⁴⁾において原子力機構（当時，核燃料サイクル開発機構（以下，サイクル機構））に新たな役割が示されことに伴い，2001年4月に基本計画の改定を行った（核燃料サイクル開発機構（サイクル機構，2001）⁵⁾）。また，2002年1月に，瑞浪市と瑞浪市明世町の市有地の賃貸借契約を締結し，超深地層研究所の研究坑道などの施設建設を同市有地へ変更したことを機に，再度，基本計画（サイクル機構，2001）⁵⁾を改訂した（サイクル機構，2002）⁶⁾。なお，基本計画の改訂は，超深地層研究所における調査・研究や我が国の地層処分研究開発等の進展に伴って適宜行う予定である。

本計画書は，この基本計画（サイクル機構，2002）⁶⁾に基づき，超深地層研究所計画の2006年度の調査・研究計画の内容を示したものである。

また，東濃地科学センターでは，地質環境特性の研究を担うプロジェクトの一つとして，超深地層研究所計画に先立ち広域地下水流動研究を進めてきた（動燃事業団，1997）⁷⁾。この研究は，1992年度より土岐花崗岩体を包含する10km四方の領域を対象に，広域における地表から地下深部までの地質・地質構造，岩盤の水理や地下水の水質を明らかにするために必要な調査・解析技術などを開発することを目標として進めてきたが，2004年度末をもって主な現場調査を終了した。2005年度からは，超深地層研究所計画における研究坑道の建設に伴う周辺の岩盤や地下水への影響を既存のボーリング孔において長期に観測している。本計画書の巻末に，広域地下水流動研究における2006年度の計画を示す。

2. 超深地層研究所計画の概要

超深地層研究所計画における調査研究は、研究坑道の建設に先立って開始し、研究坑道の完成後まで約 20 年をかけて実施する。本計画では、研究坑道の建設工程やこれに伴う調査研究の課題、対象、空間スケールなどの違いを考慮し、計画全体を、第 1 段階（地表からの調査予測研究段階）、第 2 段階（研究坑道の掘削を伴う研究段階）および第 3 段階（研究坑道を利用した研究段階）の 3 段階に区分して調査・研究を進めている。このように段階的に研究を進めることにより、人工的な擾乱を受けていない地質環境と、その地質環境が研究坑道の掘削などにより変化していく状況を把握することが可能となる。また、深部地質環境に関する情報量が段階的に増加することにより、評価すべき項目の重要度を段階的に把握するとともに、調査の種類・量、解析・評価の手法と結果の精度との関係を事例的に示すことが可能になると考えられる。

本計画は、基本計画（動燃事業団, 1996）³⁾ に基づき、岐阜県瑞浪市明世町にある原子力機構用地（図 1：正馬様用地）において地表からの調査予測研究段階（第 1 段階）を進めてきた。その後、2002 年 1 月に瑞浪市と市有地の賃貸借契約を締結し、超深地層研究所の研究坑道等の施設を市有地（図 1：瑞浪超深地層研究所用地；以下、研究所用地）に設置し、調査研究を進めることとした。

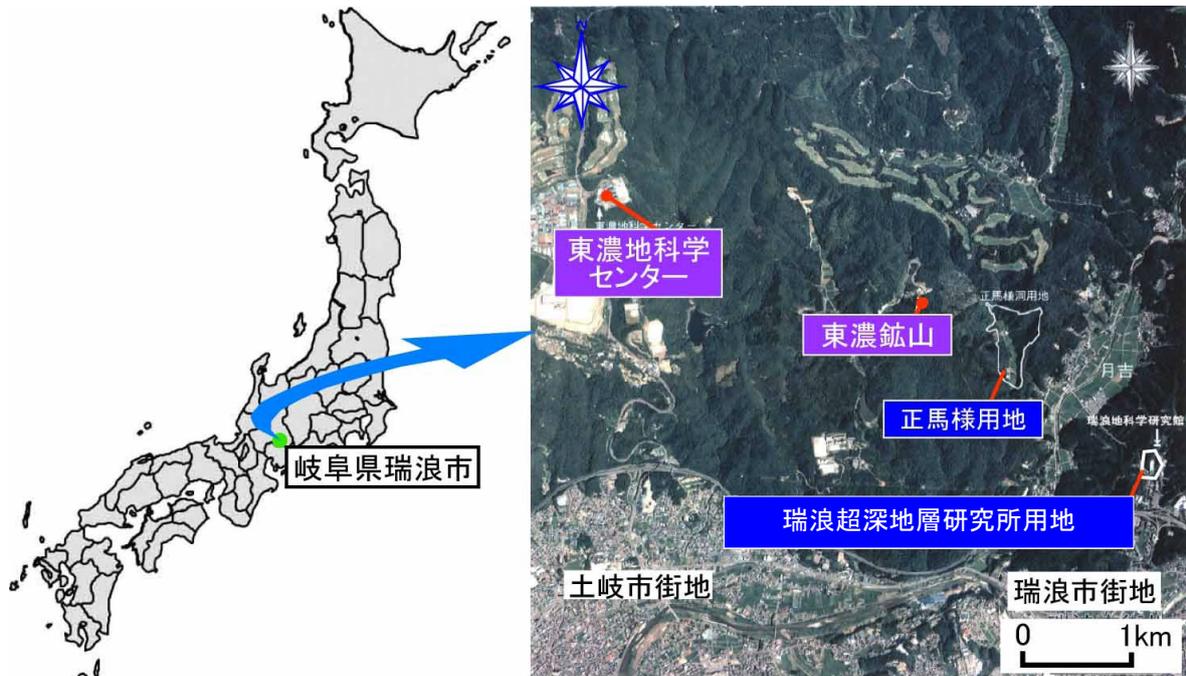


図 1 超深地層研究所の設置場所

2.1 目標

超深地層研究所計画の全体目標と段階目標を以下に示す（サイクル機構，2002）⁶⁾。

【全体目標】

- ① 深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備
- ② 深地層における工学技術の基盤の整備

【段階目標】

第1段階：地表からの調査予測研究段階

- ① 地表からの調査研究による地質環境モデルの構築および研究坑道掘削前の深部地質環境の状態の把握
- ② 研究坑道の詳細設計および施工計画の策定
- ③ 研究坑道の掘削を伴う研究段階の調査研究計画の策定

第2段階：研究坑道の掘削を伴う研究段階

- ① 研究坑道の掘削を伴う調査・研究による地質環境モデルの構築および研究坑道の掘削による深部地質環境の変化の把握
- ② 研究坑道の施工・維持・管理に係わる工学技術の有効性の確認
- ③ 研究坑道を利用した研究段階の調査研究計画の策定

第3段階：研究坑道を利用した研究段階

- ① 研究坑道からの調査研究による地質環境モデルの構築および研究坑道の拡張による深部地質環境の変化の把握
- ② 深地層における工学技術の有効性の確認

2.2 調査研究の進め方

本計画の全体目標の一つである「深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備」に関しては、地層処分の成立性や安全性を評価する上で重要と考えられる地質環境特性を、限られた調査量で効率的に理解していくという考え方にに基づき、広域地下水流動研究と組み合わせ、4段階の空間スケールを設けて調査研究を進めている。図2に空間スケールの概念、表1に空間スケールと対象範囲の地層処分技術に関する研究開発における位置付けを示す(サイクル機構, 2005)⁸⁾。

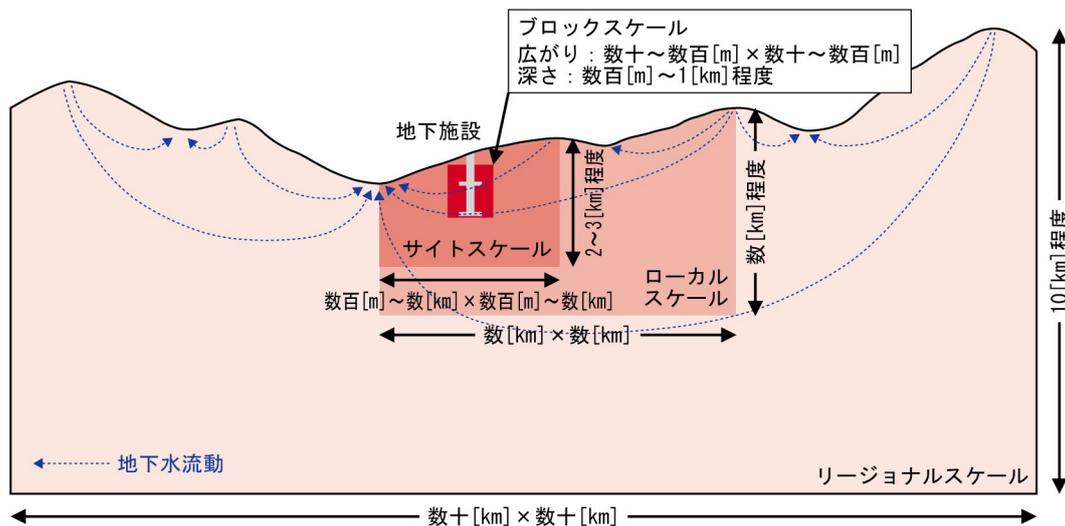


図 2 空間スケールの概念⁸⁾

表 1 空間スケールの対象範囲と位置付け⁸⁾

空間スケール／対象範囲		地層処分技術に関する研究開発における位置付け
リージョナルスケール	平面：数百[km ²]程度 (数十[km] × 数十[km]) 深さ：10[km]程度	・ローカールスケールの研究領域／境界条件の設定
ローカールスケール	平面：数十[km ²]程度 (数[km] × 数[km]) 深さ：数[km]程度	・地層処分システム全体の安全評価 ・地下施設の設計のための基礎情報の収集 ・サイトスケールの研究領域／境界条件の設定
サイトスケール	平面：数[km ²]程度 (数百[m] ~ 数[km] × 数百[m] ~ 数[km]) 深さ：2~3[km]程度	・人工バリア周辺から対象岩盤全体の安全評価 ・地下施設建設時の力学・水理状態の予測 ・ブロックスケールの研究領域／境界条件の設定
ブロックスケール	平面：数百[m ²]程度 (数十~数百[m] × 数十~数百[m]) 深さ：数百[m] ~ 1[km]程度	・人工バリアから生物圏までの一部における安全評価 ・地下施設建設時の力学・水理状態の予測 ・より小スケールの研究領域／境界条件の設定

本研究の実施にあたっては、空間スケールを区分して段階的に調査研究を進め、その進展に伴う情報量の増加に応じて、地質環境特性に係る理解度(不確実性)や調査の達成度を順次評価しつつ次の調査または段階へ移行する判断が重要であるとの考え方にに基づき、図3に示す繰り返しアプローチを採用している(サイクル機構, 2005)⁸⁾。図4に繰り返しアプローチに基づく第1段階から第2段階にいたる調査研究の進め方を示す。

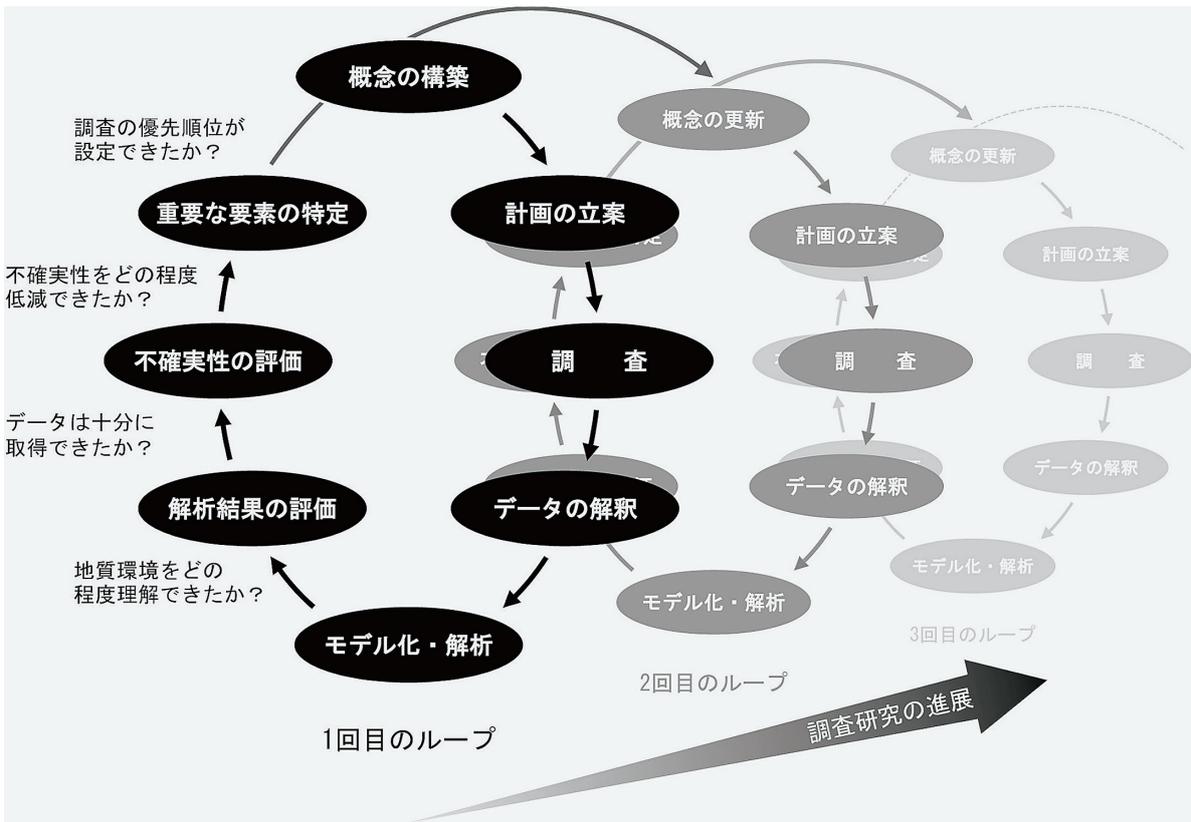


図 3 調査研究の繰り返しアプローチ⁸⁾

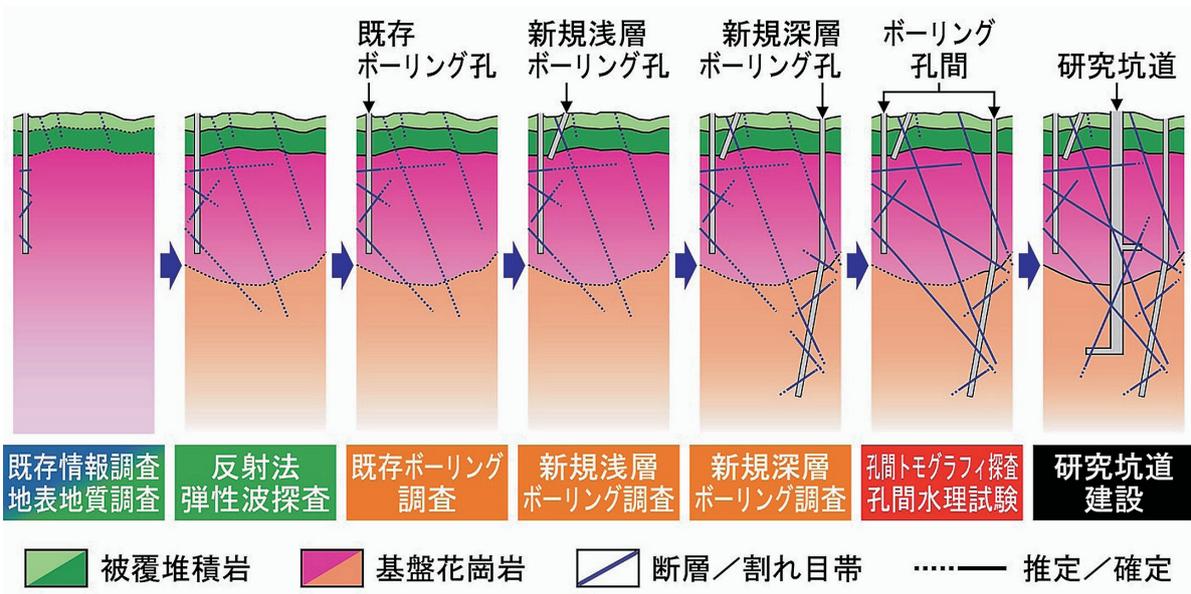


図 4 研究所用地における第1段階の調査研究の進め方⁸⁾

This is a blank page.

それぞれの空間スケールにおいて繰り返しアプローチを適用して調査研究を合理的に進めていくためには、繰り返しアプローチにおける「調査」→「データの解析」→「モデル化・解析」の具体的な道すじを示すことが重要と考えられる。本計画では、海外のサイト特性調査の事例（Wellenberg Project;Nagra, 1997）⁹⁾を参考にして、サイトスケールにおける系統的なデータの流れを記述・整理した統合化データフロー（太田ほか，2005：図5）¹⁰⁾を構築し、この統合化データフローに基づいて調査・研究を進めている。

この統合化データフローは、地下施設的设计・施工および安全評価の観点から整理した調査研究の個別目標と課題に対して、地上からの調査の種類と組み合わせ、取得するデータの種類、データの解釈および異なる分野で得られた情報の統合など、実際の作業の流れに沿って基本的な調査研究の進め方を示したものである。調査研究の進展に伴って蓄積された科学的・技術的知見を踏まえて統合化データフローの妥当性を評価し、さらにその最適化ならびに詳細化を段階的に図ることにより、地層処分にとって重要な地質環境特性を理解するための体系化された調査・評価技術が整備されることになる。

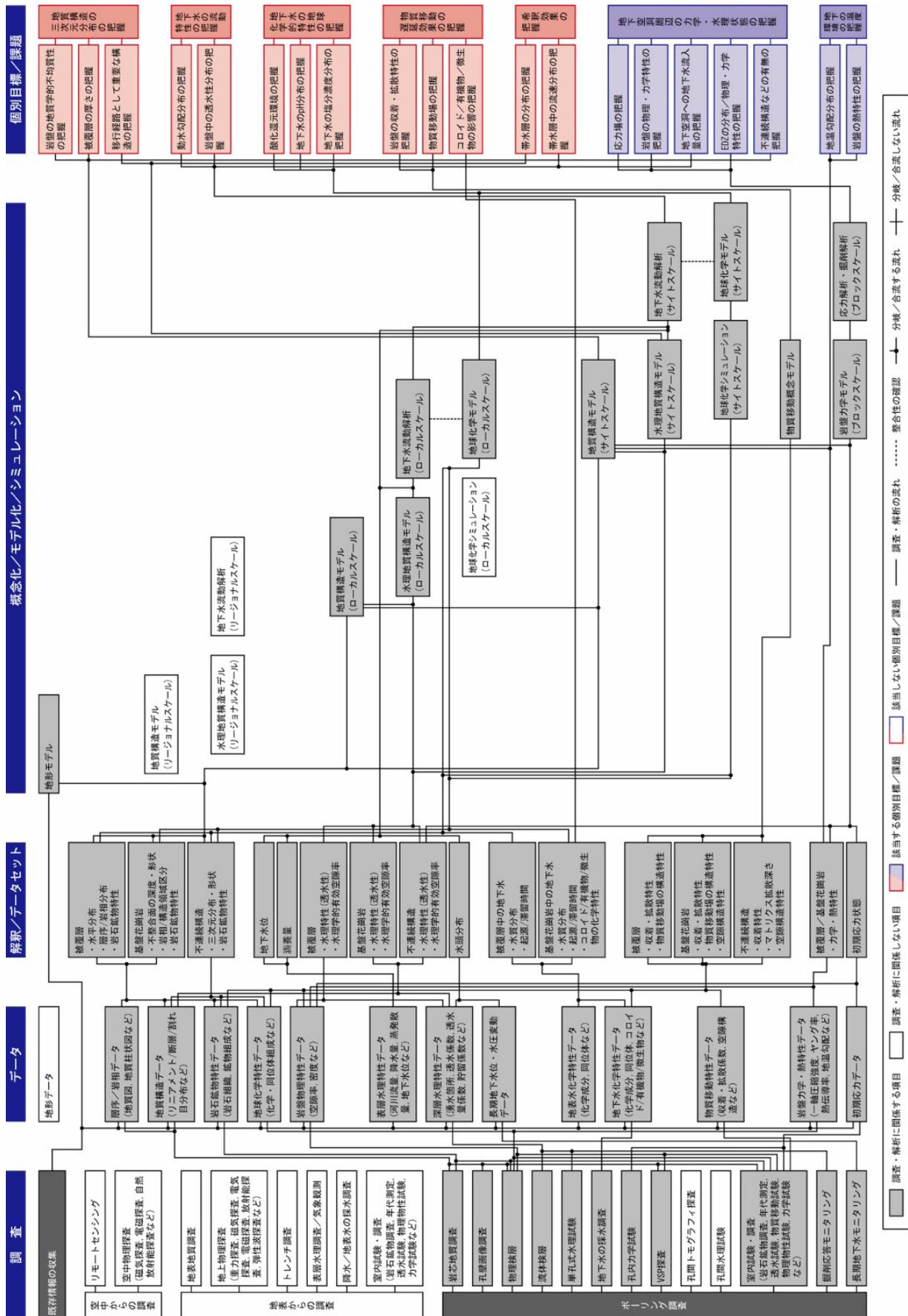


図 5 研究目標/反映先と系統的なデータの流れを記述・整理したフローの例¹⁰⁾

2.3 瑞浪超深地層研究所の設置場所

瑞浪超深地層研究所の研究坑道および関連施設の建設は、岐阜県瑞浪市明世町に位置する東濃研究学園都市インターガーデン内にある市有地（面積約7.8ha）内において進めている。研究所周地および正馬様用地，ならびにその周辺においては，後期白亜紀の基盤花崗岩（土岐花崗岩）を新第三紀中新世の堆積岩（瑞浪層群）が不整合に覆い，さらにそれを固結度の低い新第三紀鮮新世の砂礫層（瀬戸層群）が不整合に覆っている（図6）¹¹⁾。

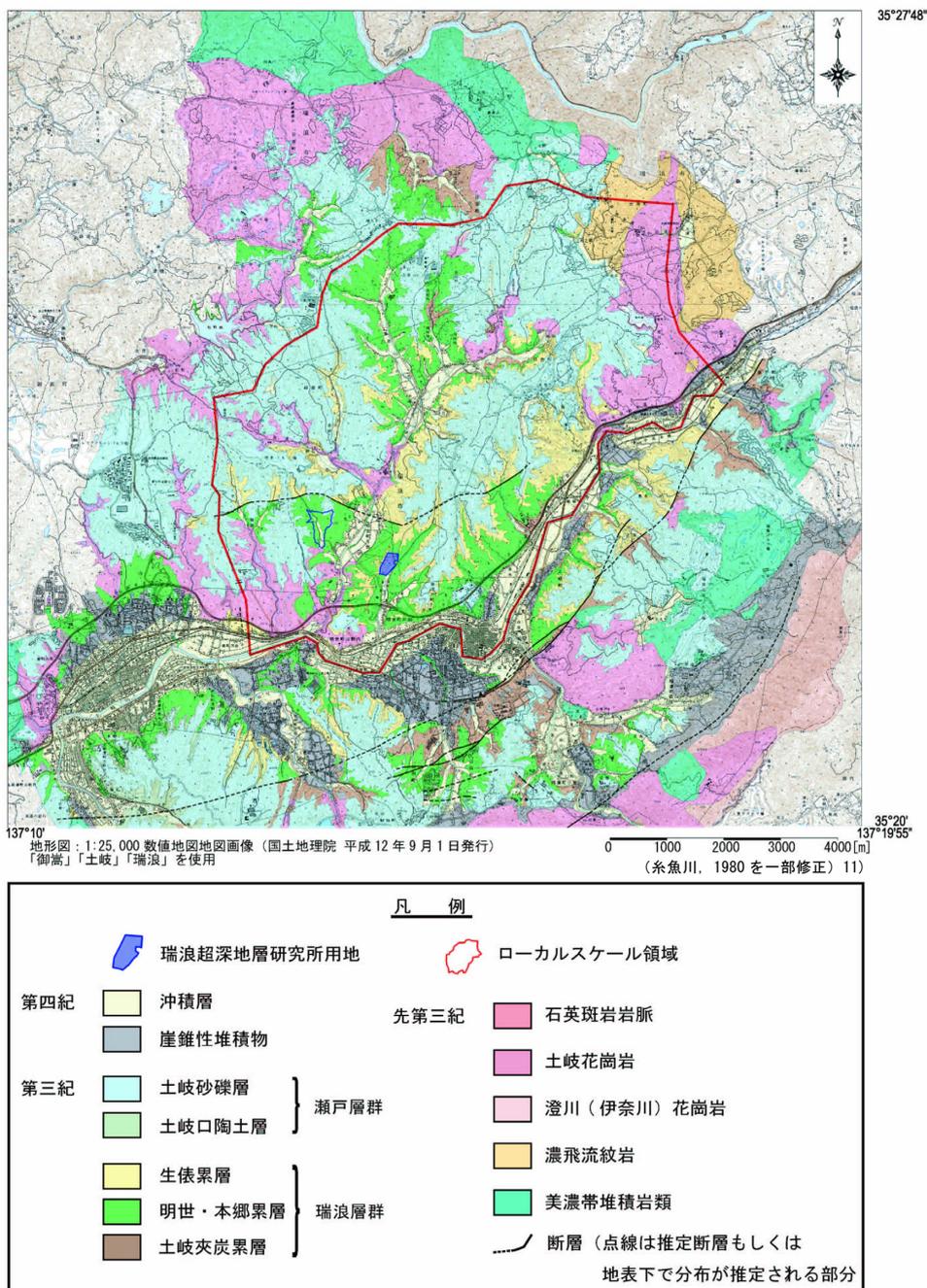


図6 瑞浪超深地層研究所周辺の地質概要

This is a blank page.

2.4 瑞浪超深地層研究所の施設概要

瑞浪超深地層研究所は、地上施設と研究坑道からなる（図7,8）。地上施設は、立坑掘削に用いる橋設備と巻上設備、掘削に伴い必要となる給排水設備、換気設備、コンクリートプラント、排水処理設備などの付帯設備、作業全体に係る設備としての受変電設備、非常用発電設備、資材置場、火工所、管理棟などからなる。一方、研究坑道は、主立坑、換気立坑、二つの水平坑道群（中間ステージおよび最深ステージ）および深度100mごとに主立坑と換気立坑をつなぐ予備ステージからなる。なお、研究坑道のレイアウトは、今後、研究所用地で取得される地質環境の情報に基づき必要に応じて見直す。

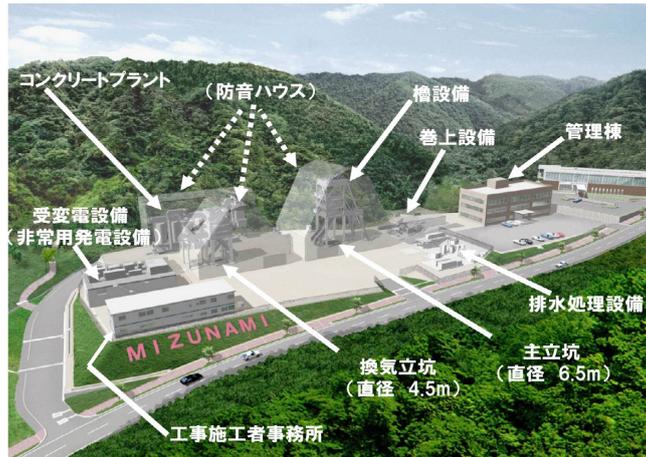


図7 瑞浪超深地層研究所の地上施設

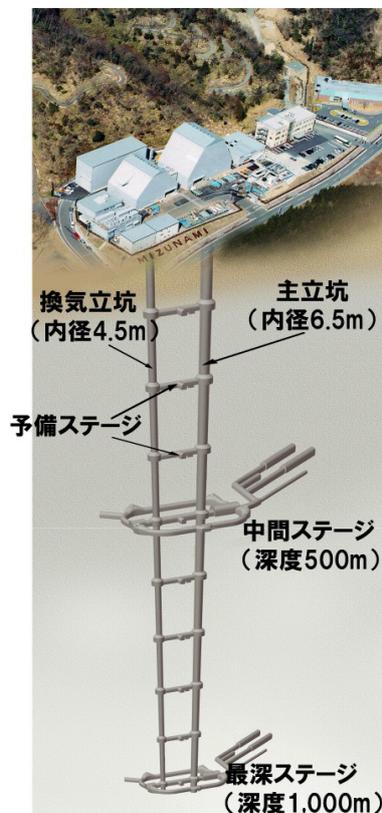


図8 瑞浪超深地層研究所の研究坑道イメージ図

3. 2006 年度の調査研究および施設建設計画

3.1 瑞浪超深地層研究所用地における調査研究

2005 年度までの調査研究においては、図 4 に示した調査研究の進め方に沿って、第 1 段階における調査研究を実施し、それらの結果に基づいた地質環境モデルを構築・更新するとともに、第 2 段階における調査研究を開始した。2006 年 3 月 31 日時点での主立坑および換気立坑の掘削深度は、それぞれ 171.5m, 189.5m に到達している。しかしながら、2005 年 10 月に、立坑からの排水の放流先である狭間川において、フッ素およびホウ素の濃度が環境基準値を超過していることが判明し、排水を一時停止した。その後、環境基準に適合する水質まで浄化する対策を講じ排水を再開した。この事態を鑑み、2006 年度においては、研究坑道の掘削に伴う調査研究の他に、後述するパイロットボーリング調査を実施する予定である。

3.1.1 地質・地質構造に関する調査研究

2005 年度は、2004 年度に現地調査を終了した第 1 段階における調査結果に基づく地質構造モデルの更新を実施した。特に、「平成 17 年度取りまとめ」報告書¹²⁾にあたっては、既存情報を用いた調査から、MIZ-1 号孔および DH-15 号孔¹³⁾を利用した調査結果に基づく地質構造のモデルの更新を行った。また、同報告書公開後は、MIZ-1 と DH-2 号孔の孔間を対象とした調査結果に基づく地質構造モデルの更新に着手した。

2004 年度末から開始された立坑掘削に伴う調査の結果、瑞浪層群の地質層序、瑞浪層群と土岐花崗岩の不整合面（主立坑；深度 166.27m, 換気立坑；深度 168.67m）、土岐花崗岩上部の割れ目の特性・分布、断層や割れ目等の構造などを把握した。

また、2005 年 1 月より、立坑掘削工事に伴う排水作業などによる人為的な地下水流動の変化に着目した流体流動電位法による地下水流動モニタリング調査を開始した。本調査は 2006 年 4 月末まで継続する予定である。

(1)調査試験

①立坑壁面地質観察・岩芯地質観察

2006 年度はじめに予定されている立坑掘削の再開に伴い、立坑壁面の地質観察を実施し、土岐花崗岩の割れ目や断層などの地質構造の特性・分布に関する情報を取得する。また、壁面地質観察時に実施している三次元レーザー計測、岩盤分類などの技術の高度化を図る。

②流体流動電位法を用いた地下水流動モニタリング

地下水流動を規制する地質・地質構造の分布および地下水流動の方向や範囲を推定する技術を整備するために、2005 年度から継続している流体流動電位法による地下水流動モニタリングを継続する。

③逆 VSP 探査

掘削する研究坑道の前方や研究坑道周辺の詳細な地質分布を推定する技術を整備するために、立坑内の工事振動を利用した逆 VSP 探査を実施する。さらに、逆 VSP 探査技術の高度化を行う。

(2)モデル化・解析

2005 年度に引き続き、孔間を対象とした調査結果に基づく地質構造モデルの更新を行い、第 1 段階調査における地質構造モデルの構築を終了する。また、第 2 段階調査結果に基づき、第 1 段階で構築したサイトスケールの地質構造モデルの評価および更新を行う。

3.1.2 岩盤力学に関する調査研究

2005年度は、研究所用地の初期応力分布の推定手法および岩盤の長期挙動の評価研究を実施した。また、立坑の掘削影響予測解析を実施した。2006年度は、100m予備ステージからボーリング孔を掘削し、ボーリング孔およびボーリングコアを用いた室内物理・力学試験および初期応力測定を実施する。また、研究所用地の初期応力分布の推定手法および岩盤の長期挙動の評価研究を継続実施する。

(1)調査試験

①ボーリング孔掘削

室内物理・力学試験、初期応力測定を実施するため、100m予備ステージから20m程度のボーリング孔を3本掘削しボーリングコアを採取する。ボーリング孔径はHQサイズ（直径約98mm）とし、ボーリングの方向は、1本は鉛直下向きに、残り2本は水平方向とする。

②室内物理・力学試験

100m予備ステージ周辺岩盤の物理・力学特性を把握するため、100m予備ステージにおけるボーリングにより採取したボーリングコアを用いて以下の試験を実施する。

- ・ 室内物理試験（密度試験、含水比試験、有効空隙率試験、弾性波速度試験）
- ・ 室内力学試験（一軸圧縮試験、圧裂引張試験、三軸圧縮試験）

③初期応力測定

100m予備ステージ周辺岩盤の初期応力状態を把握するため、ボーリング孔またはボーリングコアを用いて、以下の方法による初期応力測定を実施する。

- ・ 応力解放法
- ・ 水圧破碎法
- ・ AE/DRA法

(2)モデル化・解析

①三次元応力場同定手法の高度化に関する研究

研究所用地内の三次元応力場を定量的に評価することを目的として、三次元応力場同定手法の高度化に関する研究を行う。これまでに研究所用地周辺の正馬様用地および東濃鉱山で測定された初期応力データならびに研究所用地を含む周辺領域の地質構造モデルを用いて、研究所用地周辺および研究坑道建設位置の初期応力の分布を推定する。

②長期岩盤挙動評価に関する研究

結晶質岩を対象とした岩盤の長期挙動評価手法およびモデル化手法の確立を目的として、現象論的および理論的研究を実施する。

現象論的研究においては、以下のような実験を実施する。

- ・ 堆積岩（田下凝灰岩）の長期クリープ試験（10年目）を継続
- ・ MIZ-1号孔で採取した土岐花崗岩岩芯を用いた力学試験とコンプライアンス可変型構成方程式のパラメータ取得実験

理論的研究においては、以下の実験を実施する。

- ・ レーザー共焦点顕微鏡観察下における土岐花崗岩の応力緩和試験
- ・ ガラスビーズを使用した水浸載荷下での圧力溶解モデル実験
- ・ 均質化理論に基づいた解析プログラム構築の継続

3.1.3 岩盤の水理に関する調査研究

2005年度は、第1段階の調査研究において取得した情報に基づく水理地質構造モデルの更新を行うとともに、その水理地質構造モデルに基づく地下水流動解析を実施した。水理地質構造モデルの更新および地下水流動解析においては、研究坑道掘削前の地下水流動特性を評価するとともに、研究坑道掘削にともなう地下水流動場の変化を予測した。さらに、研究坑道掘削に伴う地下水流動場の変化を把握することを目的とした長期地下水モニタリングを継続した。具体的には、ボーリング孔ごとに複数の観測区間を設けた間隙水圧のモニタリングや地下水位モニタリング、表層水理観測、傾斜計を用いた流体の移動に伴う岩盤の体積歪みの計測を実施した。また、立坑の集水リングを用いた湧水量計測を実施した。

2006年度は、第2段階の調査研究として、第1段階で構築したサイトスケールおよびブロックスケールの水理地質構造モデルの妥当性を確認するとともに、モデルを適宜更新し、このモデルに基づく地下水流動解析に必要な情報を取得するための調査を実施する。また、研究坑道の掘削が周辺の地下水流動特性に与える影響を評価するため、地下水長期モニタリングや表層水理観測などを継続して実施する。

(1)調査試験

①立坑の集水リングを用いた湧水量計測

両立坑に設置される集水リング（深度100mあたり4箇所程度）毎に流量計を設置して、立坑への湧水量の深度分布とその経時変化を連続的に計測する。不連続構造や透水性の割れ目帯などに遭遇した場合には、必要に応じてこれらの構造を対象に集水リングを設置することにより、その水理特性に関する情報を取得する。

また、湧水量データなどを利用して、第1段階で構築したサイトスケールの水理地質構造モデル、地下水流動解析結果の妥当性の確認およびサイトスケールの水理地質構造モデルの更新を行う。

②地下水長期モニタリングおよび表層水理観測

研究坑道の掘削が地質環境へ与える影響を把握するために、第1段階より開始した地下水長期モニタリング（AN-号孔、AN-3号孔、MIU-1号孔、MIU-2号孔、MIU-3号孔およびMIU-4号孔；正馬様用地（図11）、MSB-1号孔、MSB-3号孔およびMIZ-1号孔；研究所用地（図9））、表層水理観測（気象要素、河川流量、地下水位・土壌水分；正馬様用地）および傾斜計（04ME02～05号孔；研究所用地）を用いた連続観測を継続して実施する。さらに、これらの観測で得られる情報を、サイトスケールの水理地質構造モデルや地下水流動解析結果の妥当性の確認およびサイトスケールの水理地質構造モデルの更新に反映する。

(2)モデル化・解析

第1段階で構築したサイトスケールの水理地質構造モデルおよびブロックスケールの水理地質構造モデルの更新を行うとともに、このモデルに基づく地下水流動解析を実施する。具体的には、立坑への湧水量観測および後述するパイロットボーリング調査結果に基づきサイトスケールおよびブロックスケールの水理地質構造モデルを更新するとともに、この水理地質構造モデルを用いた地下水流動解析を実施し、立坑への湧水量や地下水流動場の変化を予測し、研究坑道の施工計画に反映させる。

3.1.4 地下水の地球化学に関する調査研究

2005年度は、浅層ボーリング孔（MSB-2号孔および4号孔；図9）において地下水の水質に関する長期観測を行うとともに、深度100mの予備ステージ内において、掘削長86mのボーリング孔（05MI01号孔）を掘削し、地下水水質・水圧観測用のモニタリング装置を設置し、地下水の地球化学特性に関するデータの取得を開始した。また、立坑壁面および集水リングを用いた坑内湧水の採水・分析を継続して実施し、地下水の地球化学データを蓄積した。

しかし、2005年10月の研究坑道からの排水停止に伴い、研究坑道内での調査を行うことができなくなったため、浅層ボーリング孔におけるモニタリングを中心に実施した。

2006年度は、第2段階の調査研究として、研究坑道の掘削と並行して研究用地周辺の地球化学環境の連続観測を行い、研究坑道の掘削が周辺の地球化学環境に与える影響を把握することにより、第1段階で構築したサイトスケールの地球化学モデルの妥当性を確認し、それを適宜更新する。さらに、第2段階の課題として挙げられた、地下水中の溶存ガスに関わるデータの取得、脱ガスの影響のない酸化還元電位の把握などを解決するための調査研究を継続して実施する。

また、第3段階の調査研究に備えた地下水中の金属元素の存在状態に関する研究、地質環境の長期挙動に関する研究のうち地下水水質の変遷に関する研究についても、本調査研究の中で実施する。

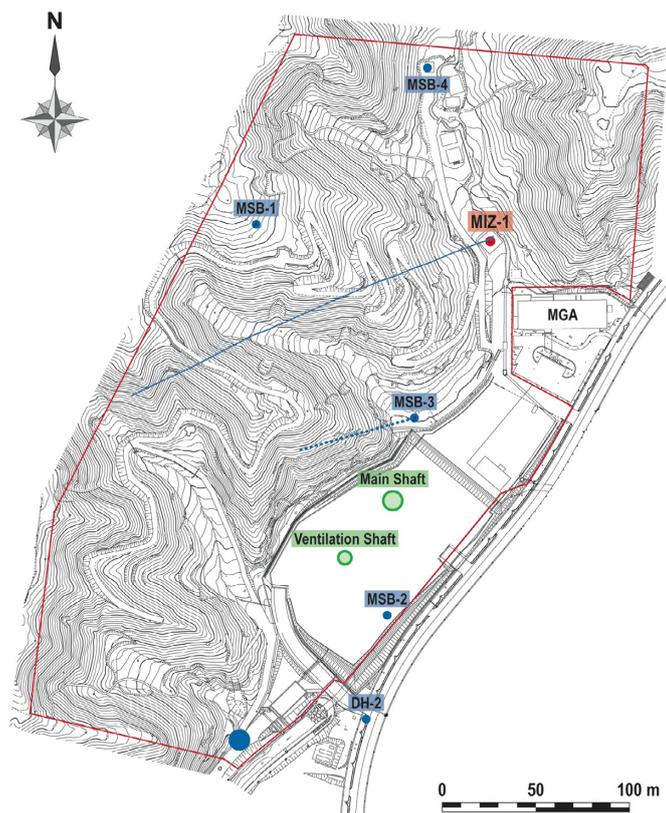


図9 研究用地内ボーリング孔位置図¹²⁾

(1)調査試験

①立坑壁面および集水リングを用いた坑内湧水の採水・分析

立坑壁面での切羽湧水および集水リングにおける坑内湧水を採水し、測定・分析を行う。採水の頻度は、切羽湧水が観察時の1回、集水リング湧水がリング構築後から6ヶ月間は1回/週、それ以降は1回/月程度とするが、地質および掘削工事の状況などにより適宜変更することとす

る。測定・分析項目は、物理化学パラメータ（水温、pH、酸化還元電位、電気伝導度、溶存酸素）、蛍光染料濃度、主要・微量成分、溶存ガス、安定・放射性同位体（年2回）などであり、得られる試料の品質に応じて分析項目を選定して行う。

②予備ステージボーリング孔（05MI01号孔）における地下水水質観測

2005年度に掘削し、水質モニタリング装置の設置を行ったボーリング孔（05MI01号孔）において、水質の連続モニタリングを実施する。なお、研究坑道からの排水停止に伴い、水圧・水質モニタリング装置の一部を坑外へ搬出したため、立坑の排水終了後、直ちに装置の搬入・再設置を行う。採水の頻度・分析項目については、ボーリング孔からの湧水状況を確認後に決定する。

③既存ボーリング孔における地下水観測

立坑の掘削が地下水の化学的環境に与える影響を把握することを目的として、既存ボーリング孔であるMSB-2号孔およびMSB-4号孔で、採水調査と間隙水圧測定を継続（1回/月）して行う。

④地下水中の金属元素の存在状態に関する調査

地下環境中での金属元素の存在状態の把握を目的として、既存ボーリング孔（MSB-2およびMSB-4号孔）および後述するパイロットボーリング孔（06MI02号孔および06MI03号孔）において地下水採水、地下水中の主要元素、微量元素の分析を行う。採取した試料については、3種類の限外ろ過膜（分画分子量：200,000MW、50,000MW、10,000MW）によりろ過を行った後に、それぞれのフラクションについて分析を行い、主要元素、微量元素のサイズ分布に関する情報を取得する。

(2)モデル化・解析

立坑内および既存ボーリング孔（MSB-2号孔およびMSB-4号孔）から得られた地下水の地球化学データに基づき、第1段階で構築した地球化学モデルの妥当性評価および立坑の掘削が地質環境に与える影響の評価を行う。

(3)地下水水質の長期変遷に関する調査

数万年スケールでの地下水水質の変遷を把握することを目的として、方解石を対象とした観察・分析を行う。試料は研究坑道内もしくは研究所周辺で採取した花崗岩の岩芯から採取し、自形結晶を対象とした解析を行う。特に2006年度は、地下水の酸化還元環境について、物質循環の指標となり得る炭素の同位体分析を行い、溶存ガスや地下水の測定結果と比較することにより、その形成過程について検討する。

(4)被圧・不活性条件下での金属元素の存在状態に関する試験・解析

地下環境（被圧、不活性条件）を模擬した室内実験において、金属元素（鉄、ユーロピウム）の有機物との錯体形成反応定数を取得する。

3.1.5 パイロットボーリング孔での調査試験

今後の研究坑道掘削に先んじて、排水処理設備の適切な設計、グラウト施工計画および施設設計の見直しを目的として、両立坑の坑底からパイロットボーリングの掘削を行い（主立坑：06MI02号孔、換気立坑：06MI03号孔）、以下の調査を実施する。パイロットボーリングのレイアウト等を図10に示す。

(1)調査試験

①地質調査

岩芯を対象とした地質調査、ボアホールテレビ検層、物理検層および流体検層を実施し、湧水位置の特定や湧水に対応する地質構造の把握、岩盤の岩級、岩質および物性等を把握する。また、掘削中に行う掘削モニタリングにより、湧水量や湧水圧等を把握する。

②水理調査

研究坑道掘削に伴う湧水量をより正確に予測するため水理試験を各深度（約 30m 毎）において実施し，ボーリング孔沿いの透水性の把握および間隙水圧分布の計測を行なう。

③採水調査

水理試験の実施に併せて採水調査を実施し，深度 500m までの水質を把握する。

(2)モデル化・解析

上記の調査試験により得られた結果に基づき，3.1.1 (2) および 3.1.3 (2) で構築した地質構造モデルおよび水理地質構造モデルを更新する。更新したモデルを用い，適切な手法を選択して地下水流動解析を実施し，今後の立坑掘削により生じる湧水量や水圧低下の予測を行う。得られた予測結果は，湧水抑制対策として実施されるグラウト施工計画の立案や実施に用いる。

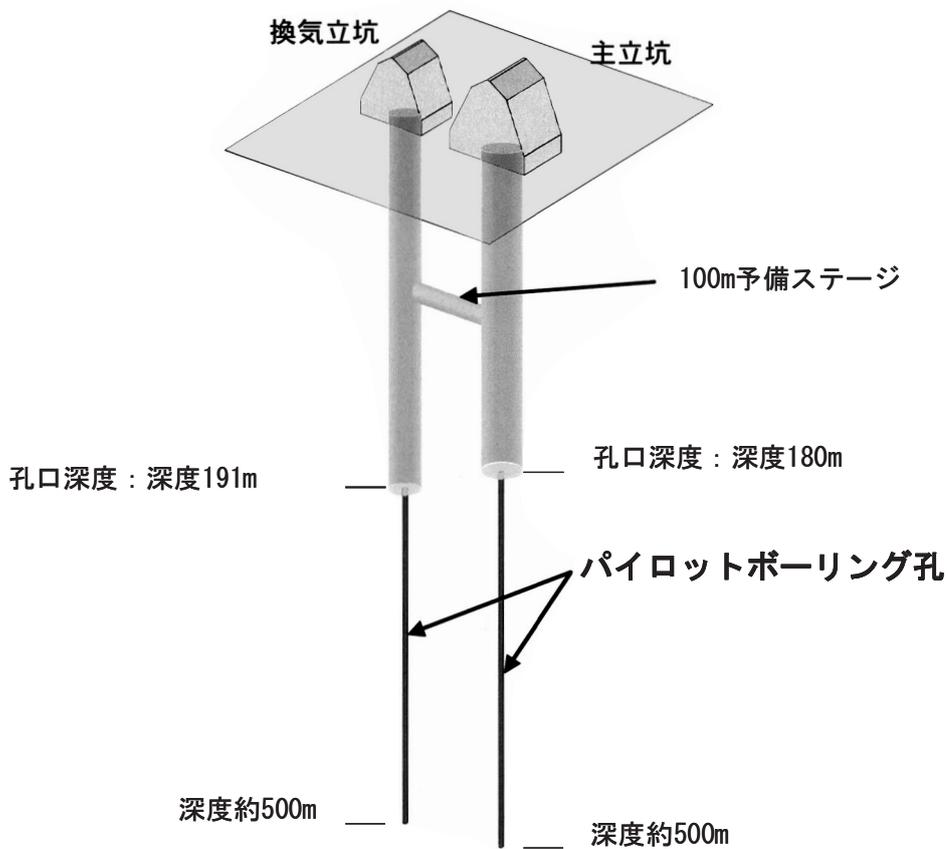


図 10 パイロットボーリング孔レイアウト

3.1.6 深地層の工学技術の基礎の開発

(1)目標

深地層の工学技術の基礎の開発の目標は，現状のあるいは新たに開発される工学技術を瑞浪超深地層研究所用地の地質環境に適用することにより，地下深部に研究坑道を建設し，安全かつ合理的に施工・維持・管理できることを確認することである。2006 年度は，前年度に引き続き，実際の建設工事を通じて，掘削技術，対策工，品質確保技術や安全対策などの有効性を評価してい

くとともに、パイロットボーリングから得られる情報に基づき、湧水抑制対策としてグラウト試験施工計画を立案・実施する。

(2) 実施内容

第1段階における工学技術に関する主な研究項目は、研究坑道の設計および施工計画構築に係る技術であった。第2段階および第3段階では、研究坑道において各分野の調査研究が行われることから、研究坑道は従来の地下空洞やトンネルなどとは異なり、地下深部において各調査研究が合理的かつ効率的に実施できるように設計し、その施工計画を具体化する必要がある。

第1段階における工学技術に関する研究として、2003年度までに、フィードバック技術、品質を確保する技術、掘削・施工対策技術や地震動評価技術などを構築するとともに、DH-2号孔やMIU-1号孔などのデータに基づく実施設計を行った。2004年度は、立坑坑口下部以深の掘削前に、調整設計として、深層ボーリング調査（MIZ-1号孔）で取得したデータを用いて岩盤分類の見直しを実施した。

第2段階における工学技術に関する主な研究として、第1段階で検討した研究坑道の設計および施工計画構築に係る技術の適用性の評価、ならびに実際の建設工事を通じて、掘削技術、対策工、品質確保技術や安全対策などの有効性を評価していく。そのために、研究坑道掘削の進捗にあわせて、坑内における各種の計測工（A計測、B計測、C計測など、下記①参照）やセンサーの設置、施工に係る各種データの取得を行う。また、掘削中に取得されるデータを基に設計を見直すとともに、今後の設計、施工計画の立案に反映する。第2段階における工学技術に関する主な調査研究項目は、以下のとおりである。

- ・計測工
- ・施工情報のデータベース化
- ・解析・検討

2005年度は、研究坑道掘削の進捗にあわせて、研究坑道内における各種計測工や施工に係る各種データを取得した。また、これらのデータを用いて設計手法の妥当性を検証した。

2006年度の実施項目・内容は以下のとおりである。

①計測工

研究坑道掘削中の計測工としては、A計測、B計測、C計測の三つのカテゴリーの計測工を実施する。現在実施を計画している計測工は、以下に示すとおりである。

a) A計測

- ・内空変位計測（計測位置；立坑接続部、200m予備ステージ）
- ・天端沈下計測（計測位置；200m予備ステージ）

b) B計測

- ・立坑湧水量計測（計測位置；立坑深度194m）
- ・地中変位計測、ロックボルト軸力計測、吹付けコンクリート応力計測、覆工コンクリート応力計測、鋼製支保工応力計測、覆工背面間隙水圧計測
各計測位置を表2に示す。

表 2 計測位置

計 測	200m立坑接続部	200m予備ステージ
地中変位計測	○	○
ロックボルト軸力計測	○	○
吹付けコンクリート応力計測	○	○
覆工コンクリート応力計測	○	—
鋼製支保工応力計測	—	○
覆工背面間隙水圧計測	○	—

c) C計測

- ・ 壁面観察（観察場所；立坑（約 2.6m ごと）、200m 予備ステージ）
 - 壁面マッピングおよび地質記載
 - デジタルカメラによる可視画像データ
 - 赤外線サーモグラフィによる熱画像データ
 - 三次元レーザースキャナによる計測データ（主立坑のみ）
 - 採取試料を用いた室内試験による物性データ
- ・ レーザー内空変位計測
 - 計測位置；立坑深度 55m, 120m, 175m（1 側線；直径方向 1 箇所）
 - 計測位置；立坑深度 75m, 150m（2 側線；直径方向 2 箇所）

②施工情報のデータベース化

施工の品質管理の観点から、施工に係る以下の情報についてデータを収集し蓄積する。

- ・ 計測工データ
 - A, B, C 計測, 環境計測
- ・ サイクルタイムに関するデータ
 - 発破孔数・時間, 火薬・雷管の種類・数量, 発破時間, 発破パターン, ズリ出しの時間, ズリ量, 型枠設置, 覆工コンクリート打設など
- ・ 掘削の仕上がりに関するデータ
 - 覆工コンクリートの種類・打設量, 掘削断面・余掘り形状など
- ・ 掘削機械・設備に関する品質データ
 - 巻上機, シャフトジャンボ, シャフトマッカなどの掘削機械の稼働状況, ワイヤロープなどの設備の点検結果および覆工コンクリートの品質データ

③解析・検討

設計結果の妥当性の評価, その詳細化および高度化のために, 設計時に実施した空洞安定性解析, 通気網解析, 耐震解析などの各種の解析結果と, 上記の計測結果とを比較・検討する。また, 第 2 段階でデータが得られ次第, これらの数値解析を詳細に実施し, その結果を今後の施工に反映するとともに設計手法およびフィードバック技術の高度化を図っていく。

また, 研究坑道の掘削, 支保設置, ズリ出しの一連の施工に係る合理化技術, 施工中に得られる地質環境情報の品質管理システム, 施工後の品質確認のための調査・計測項目や計測方法およびリスクマネジメント手法を用いた品質管理への適用性について, 具体的に研究坑道掘削工事に適用しつつ評価していく。

さらに地震観測計画に基づいて計器設置を行って, 地震動計測データを収集・整理し, 地震時健全性評価のために役立てる。

④グラウト試験施工

湧水抑制対策としてのグラウト施工について、数値解析結果等に基づいて試験施工計画を立案し、試験施工を実施する。

3.1.7 調査技術開発

第2段階においては、研究坑道の掘削を伴う調査研究で必要とされる既存の調査技術や調査機器の高度化を図るとともに、必要に応じて新規の開発を行う。また、第3段階の調査研究において必要と考えられる調査技術・調査機器の開発を行う。

①水質モニタリング装置の適用性の検討

2005年度には、深度100m予備ステージにボーリング孔（05MI01号孔：掘削長86m）を掘削した後、地下水水質・水圧モニタリング装置を設置し、データの取得を開始した。

2006年度においては、モニタリングを継続するとともに、装置の耐久性などを検討し、改善点の抽出を行う。

②地下水前処理システムの構築

研究坑道から掘削するボーリング孔において、地下水水圧を利用して地下水の限外ろ過を現場において行うための装置（地下水前処理システム）を製作する。本システムは、原位置の環境を保持した状態で、地下水中の金属元素の存在形態（コロイド、錯体など）を把握することを目的とする。

2006年度においては、装置の製作および予備的なデータ取得を行う。

3.2 正馬様用地における調査研究

2005 年度における正馬様用地での調査研究では、断層に着目した地下水流動場の把握を目的とした地下水の長期モニタリングおよび地下への涵養量の把握を目的とした表層水理観測を継続した。

2006 年度においては、上述の地下水の長期モニタリングおよび表層水理観測を継続する。また、電力中央研究所との共同研究の一環として、地下水の採水調査を実施する。電力中央研究所との共同研究の概要については、第 5 章に示す。

(1)調査試験

①地下水長期モニタリングおよび表層水理観測

正馬様用地内のボーリング孔（AN-1 号孔，AN-3 号孔，MIU-1 号孔，MIU-2 号孔，MIU-3 号孔，MIU-4 号孔；図 11）において地下水長期モニタリングを行なう。また、表層水理観測として、気象要素，河川流量，地下水位・土壌水分の観測を継続して実施する。

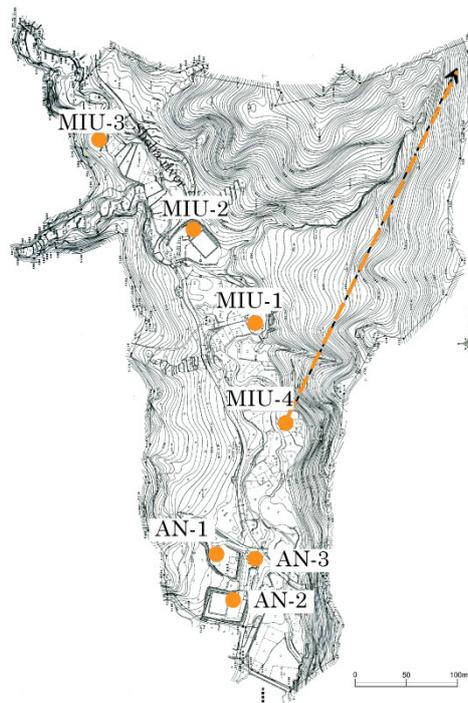


図 11 正馬様用地内におけるボーリング孔位置図¹³⁾

②地下水の採水調査

電力中央研究所との共同研究「瑞浪超深地層研究所周辺の水理・物質移動特性評価に関する共同研究」の一環として、月吉断層沿いの地下水年代を調べるため、MIU-2 号孔および MIU-3 号孔において既存の観測装置を用いた地下水の採水を行なう。

3.3 瑞浪超深地層研究所用地における施設建設計画

(1) 研究坑道の掘削

2006年度は、研究坑道の掘削として深度200m程度までの立坑掘削を進め、同深度の主立坑と換気立坑をつなぐ予備ステージの掘削に着手する予定である。また、研究坑道の掘削に先がけて地下の状態を把握するために主立坑および換気立坑の坑底からパイロットボーリング調査を実施し、その結果に基づき今後の研究坑道掘削工事や調査研究に反映していく。

(2) パイロットボーリング調査（調査研究内容は3.1.5に記載）

研究坑道掘削工事に伴い発生する地下水（湧水）を処理した後の水質に関して、放流先河川の水質のうち2項目（フッ素、ホウ素）が環境基準を超えていたことにより、2005年10月に排水を一時停止した。現在は、環境基準に適合する水質まで浄化する対策を講じ排水を再開（2005年11月）している。これを踏まえ、「立坑設置地点」における現在の掘削深度以深の立坑沿いの湧水箇所や湧水量、水質の変化、岩盤状況等を把握し、排水処理設備の適切な設計、グラウト施工計画および施設設計を見直し、今後の研究坑道掘削を合理的に進めていくため、両立坑坑底からそれぞれ1本のパイロットボーリングを掘削する。掘削長は地表から深度約500mに達する深度とする。

(3) 湧水対策

湧水に関して、水質については、フッ素、ホウ素の濃度を低減させる対策を継続して実施する。湧水量については、これまで施工において支障はなかったが、地下水流動の予測解析結果によれば、深度200m以深の土岐花崗岩上部割れ目帯や予備ステージから多く発生する可能性もある。これらのことから、今後、環境保全に十分配慮したうえで、瑞浪超深地層研究所における研究を計画的に推進する観点から、湧水量を抑制する対策と排水処理の方法について検討する。湧水量の抑制は、岩盤状況に応じてグラウトを行いつつ掘削工事を進め、その技術の有効性を評価していく。排水処理については、処理方法や設備の増設などについて検討し、費用対効果を判断しつつ対応を進めていく。

(4) 周辺環境モニタリング調査

2006年度は、2005年度に引き続いて、立坑掘削にともなう周辺環境への影響の有無を確認するため、以下のモニタリングを継続する。

- ・排水処理水の水量・水質の測定
排水処理プラントの放流水のpH、濁度、フッ素・ホウ素濃度などの測定を実施する。
- ・河川の流量測定、水質および底質分析
研究所用地の近傍を含む狭間川の上流および下流の計3地点において河川流量測定を実施する。また、一般項目（気温、水温等）、生活環境項目（水素イオン濃度、生物化学的酸素要求量等）および健康項目（カドミウム、全シアン等）に関する水質分析、ならびに底質の分析（含有試験と溶出試験）を実施する。
- ・井戸の水位測定
研究所用地近傍の10ヶ所において井戸の水位測定を実施する。
- ・騒音・振動測定
用地境界1ヶ所において騒音・振動測定を実施する。

4. 2006年度の調査研究・建設工事スケジュール

2006年度の主な調査研究，建設工事スケジュールを表3に示す。

表3 2006年度の調査研究・建設工事スケジュール

	2006年												2007年		
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
【地質環境特性の研究】															
1. 瑞浪超深地層研究所用地における調査研究															
1.1 調査試験															
①地質・地質構造に関する調査試験															
・立坑壁面地質観察・岩芯地質観察*															
・流体流動電位法を用いた地下水流動モニタリング															
・逆VSP探査*															
②岩盤力学に関する調査試験															
・ボーリング孔掘削*															
・室内物理・力学試験															
・初期応力測定															
③岩盤の水理に関する調査試験															
・立坑の集水リングを用いた湧水量計測															
・地下水長期モニタリングおよび表層水理観測															
④地下水の地球化学に関する調査試験															
・立坑壁面および集水リングを用いた坑内湧水の採水・分析															
・予備ステージボーリング孔(05MI01号孔)における地下水水質観測															
・既存ボーリング孔における地下水観測															
・地下水中の金属元素の存在状態に関する調査															
⑤深地層の工学技術の基礎の開発															
・計測工															
・施工情報のデータベース化															
・解析・検討															
・グラウト試験施工															
⑥調査技術開発															
・水質モニタリング装置の適用性の検討															
・地下水前処理システムの構築															
1.2 モデル化・解析															
・地質構造モデル															
・岩盤力学モデル															
・水理地質構造モデル															
・地下水の地球化学モデル															
2. 正馬様用地における調査研究															
・地下水長期モニタリングおよび表層水理観測															
・地下水の採水調査															
【瑞浪超深地層研究所における施設建設】															
・主立坑一般部掘削															
・主立坑接続部掘削															
・主立坑側深度200m予備ステージ、ボーリング横坑掘削															
・換気立坑一般部掘削※															
・換気立坑接続部掘削※															
・パイロットボーリング調査															
・周辺環境モニタリング調査															

*: 研究坑道掘削工事の進捗に応じて実施
 ※: 岩盤状況に応じてプレグラウトを実施

5. 共同研究・施設供用

2006年度は、以下の外部研究機関等と超深地層研究所計画における共同研究および瑞浪超深地層研究所研究坑道等の施設の供用を行う。

(1) 共同研究

①学校法人 武蔵工業大学：天然環境中における微量元素の挙動に関わる研究

天然環境中における微量元素の挙動に関わる基盤情報を取得するとともに、得られた知見を第3段階の調査において予定されている調査試験に反映させることを目的とし、岩石試料の微量元素分析を行う。2006年度は堆積岩および花崗岩の様々な岩相から試料を採取し微量元素濃度の分布を把握するとともに、pHや酸化還元環境との関係について予察的に検討する。

②財団法人 電力中央研究所：瑞浪超深地層研究所周辺の水理・物質移動特性評価に関する共同研究

地下水の滞留時間の推定手法の構築を目的として、正馬様用地内や瑞浪超深地層研究所周辺のボーリング孔を利用して、地下水の採取および地下水中の放射性元素（ ^3H 、 ^{14}C 、 ^{36}Cl ）や希ガス濃度の測定を行い、地下水流動解析結果との比較検討を行う。

岩盤中での物質移行特性を把握するための手法の構築を目的として、瑞浪超深地層研究所での適用試験の実施を目的とした技術情報交換を実施し、装置・試験方法の検討を行う。

③韓国原子力研究所（KAERI）：地質環境調査・地質環境モデルの構築に関する技術的支援

花崗岩中の地下水流動および水質形成メカニズムを把握するための原位置調査手法・モデル化技術の高度化を目的として、両機関の地下研究施設計画や成果に関する技術議論を行うとともに、原子力機構からの研究者の派遣やKAERI研究者の技術研修の受け入れを実施する。2006年度は、主に地質環境調査（水理学的調査、地下水の地球化学的調査）および地質環境のモデル化技術について、第3回技術検討会議ならびに第1回技術研修を開催する。

④スイス放射性廃棄物管理共同組合（Nagra）：超深地層研究計画に関わる調査計画の立案支援、研究成果の統合化に関わる支援

地表からの調査研究段階（第1段階）の研究成果の取りまとめにあたって、個々の研究成果の統合化に関する技術的な支援を受ける。第2段階および第3段階の調査研究に関わる現場調査計画について、実施内容などに関する技術的アドバイスを受ける。

⑤独立行政法人 産業技術総合研究所：岩芯を用いた岩盤応力評価手法の高度化に関する研究

原位置から採取される岩芯を用いた岩盤応力評価手法の開発を目的として、岩芯採取から応力測定試験までの経過時間を変化させて岩芯の応力測定実験を実施することにより、経過時間の影響を定量的に把握する。2006年度は、MIZ-1号孔で採取された花崗岩の岩芯を用いた岩盤応力測定試験を通じ、岩芯採取から1年経過後の応力測定値へ及ぼす影響の評価を行う。

⑥国立大学法人 東北大学：傾斜計を用いたモニタリング技術の開発

地下水流動に影響を及ぼす可能性のある水理地質構造の推定を目的として、地表傾斜データ観測および観測データを用いた地下深部の体積変化量の推定手法の開発・改良を行なう。2006年度は、立坑からの排水停止・排水再開に伴う過程における地表傾斜データを用いて、これらの過程における地下水流動状況の変化を推定する。また、解析領域の設定が推定精度に与える影響を検討するためのモデル解析を行う。

(2) 施設供用

①財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所

地震予知総合研究振興会東濃地震科学研究所（以下、東濃地震科学研究所）とは、研究協力会議に関する確認書に基づき、研究協力会議を設置し、情報交換などを行っている。地震発生機構

の解明や地域防災に関する研究を進めている東濃地震科学研究所と、超深地層研究所計画などの地層科学研究を行っている東濃地科学センターが緊密な相互協力を進めることにより、両機関の研究開発や地域の地震防災対策への寄与が期待されている。

2006年度は、東濃地震科学研究所が計画している立坑掘削に伴う地球物理学的変動観測研究および地震動観測のため、瑞浪超深地層研究所研究坑道を施設供与し、東濃地震科学研究所の調査研究に資する計画である。具体的には、100m予備ステージ中央付近に原子力機構が掘削を予定しているボーリング孔において、深部岩盤の変動を連続的に観測・記録するための計器を設置する計画である。また、同予備ステージに地震計を設置する計画である。

6. 量子ビーム応用研究部門との連携融合研究

(1) 目的・概要

瑞浪超深地層研究所（以下、研究所）では、立坑からの湧水中に溶存するフッ素・ホウ素の除去について、放流先河川での環境基準等に対応するため、薬剤による凝集沈殿およびイオン交換処理を行っている。

一方、量子ビーム応用研究部門環境・産業応用研究開発ユニット金属捕集・生分解性高分子研究グループ（以下、量子ビーム部門）では、ポリエチレンなどの布材料に放射線を照射し、薬剤によって特定の物質を除去するための吸着機能を付与する方法（放射線グラフト重合法）による捕集材の開発を進めており、これまでに半導体用純水製造装置のためのろ過膜の商品化や温泉水中に溶存する金属やイオンを効率的に除去するための捕集材の開発を行っている。

また、量子ビーム部門では、フッ素、ホウ素を除去する捕集材の開発にも取り組んでおり、捕集材の研究開発とともに研究所の湧水処理について東濃地科学研究ユニットと共同して進めることとなった。本研究では、量子ビーム部門による捕集材の開発、研究所の排水処理設備を用いた機器の性能試験を行う。本研究の実施により、捕集材を用いた機器の排水処理量や連続運転の安定性、コストの問題等、実用化への目途が立てば、研究所の排水処理設備への適用も検討する。

(2) 技術的要求事項

- ① フッ素・ホウ素除去性能の評価
- ② 立坑湧水への適合性評価
- ③ 湧水処理実験装置の製作
- ④ 捕集材の耐久性評価

(3) 実施内容

① フッ素・ホウ素除去性能の評価

研究所の湧水を用いて、フッ素、ホウ素濃度を環境基準以下まで吸着できる性能を持つ捕集剤の開発を行う。捕集材の除去性能（排水中の濃度）、最終的に想定される処理装置の処理能力、設置面積、コストに関して下記に示す。

a) 排水中の濃度

排水中フッ素濃度：0.4～0.5mg/L 程度

ホウ素濃度：0.5mg/L 程度

※環境基準について、フッ素は0.8mg/L、ホウ素は1mg/Lであるが、湧水の水質変動を考慮し、基準の半分程度まで除去可能な能力を持つものとする。

b) 処理能力

24時間連続安定運転が可能であり、かつ、機器ユニット等の増設によって最終的に6000m³/日（掘削工事によって変化する湧水量に対応）に対応可能な設備とする。

c) 施設設置面積

最大300m²程度（15m×20m）

沈砂槽、油水分離槽、シックナー、中和槽は、既存の施設が利用できるため除く。

d) コスト

ランニングコストとして薬剤・捕集材等の消耗品費、汚泥処理費および捕集材再生費が、現状の排水処理設備のランニングコストよりも低くなることを目標とする。

② 立坑湧水への適合性評価

カラム実験によって、湧水中フッ素・ホウ素除去の適合性を評価する。研究所の排水処理設備の中間工程の処理水を採水（フッ素除去用反応槽、凝集沈殿用シックナーなどを予定）し、捕集

材を充填したカラム装置（7mmφ×10cmを予定）を用いてカラム試験を行う。

試験は、約50ℓの処理水をカラムに通水するもので、東濃地科学センターにおける室内実験および現場でのカラム実験を行う。本実験の結果を踏まえ、カラム、処理量の仕様等を検討し、スケールアップした湧水処理実験装置を製作する。

③湧水処理実験装置の製作

②の実験結果を基に、フッ素、ホウ素除去用捕集材カラム、フィルター、運転用ポンプ、タンク等を備えた湧水処理実験装置を製作し、研究所の排水処理設備における機能確認試験を行う。

④捕集材の耐久性評価

③で製作した湧水処理実験装置を用いて湧水処理量や時間を負荷した連続実験を行い、除去性能や耐久性を評価する。

(4) 研究スケジュール

量子ビーム応用研究部門との連携融合研究における2006年度の研究スケジュールを表4に示す。

表 4 2006 年度の研究スケジュール

	2006年度											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
フッ素・ホウ素除去性能の評価	■											
立坑湧水への適合性評価	■											
湧水処理実験装置の製作設置							■					
捕集材の耐久性評価										■		

7. おわりに

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のうち結晶質岩を対象とした深地層の科学的研究として、超深地層研究所計画において2006年度に実施する調査研究等の内容を年度計画書としてまとめた。

本計画は、超深地層研究所基本計画およびこれまでの調査研究で得られた成果・課題等を踏まえて記述したものであり、この計画に沿った研究の実施は、地層処分技術に関する研究開発の着実な進展に資するものであると考える。

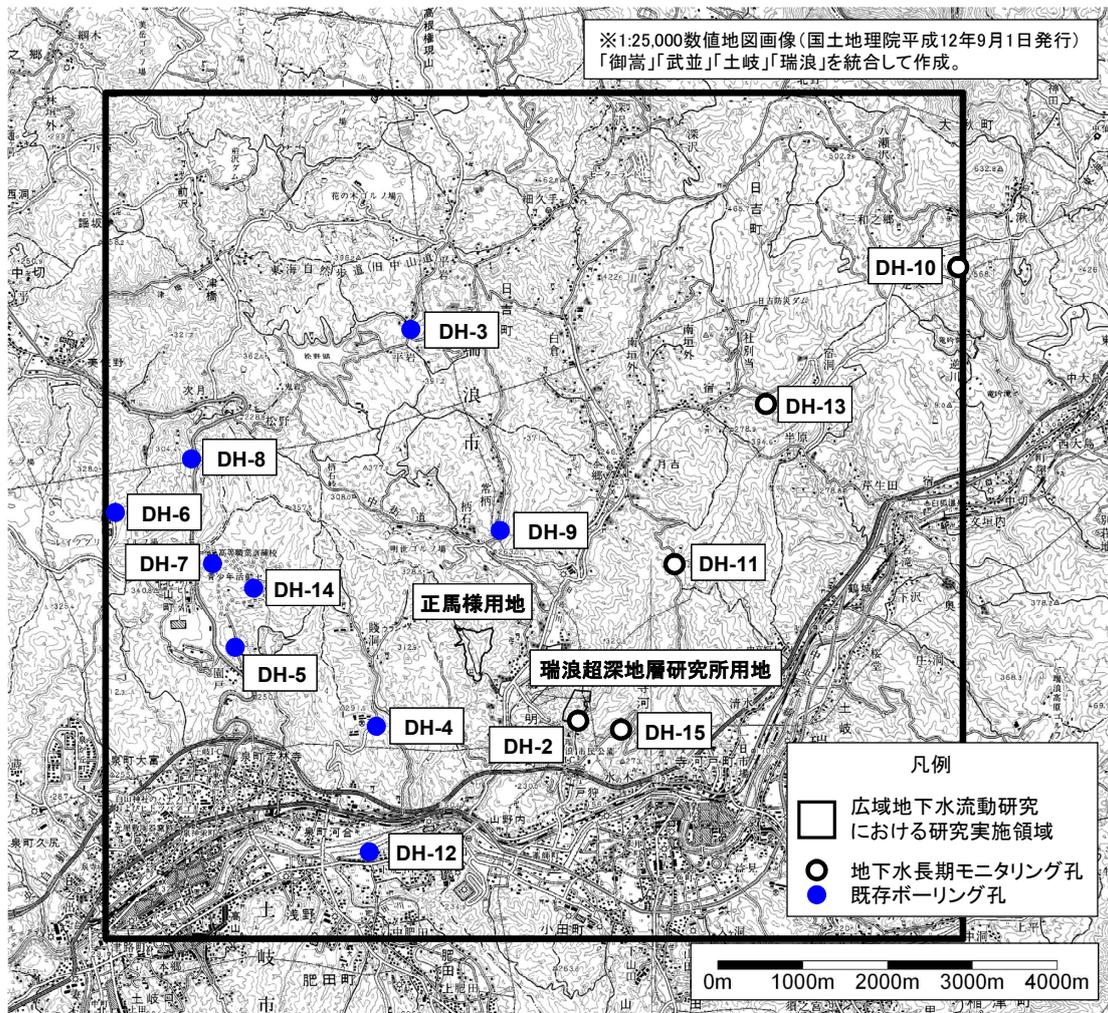
参考文献

- 1) 原子力委員会：“原子力政策大綱”（2005）.
- 2) 原子力委員会：“原子力の研究，開発及び利用に関する長期計画”（1994）.
- 3) 動力炉・核燃料開発事業団：“超深地層研究所地層科学研究基本計画”，PNC TN7070 96-002（1996）.
- 4) 原子力委員会：“原子力の研究，開発及び利用に関する長期計画”（2000）.
- 5) 核燃料サイクル開発機構：“超深地層研究所地層科学研究基本計画2001年4月”，JNC TN7410 2001-009（2001）.
- 6) 核燃料サイクル開発機構：“超深地層研究所地層科学研究基本計画2002年2月”，JNC TN7410 2001-018（2002）.
- 7) 動力炉・核燃料開発事業団：“広域地下水流動研究基本計画書”，PNC TN7020 98-001（1997）.
- 8) 核燃料サイクル開発機構：“高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する知識基盤—平成17年取りまとめ—分冊1 深地層の科学的研究—”，JNC TN1400 2005-014（2005）.
- 9) Nagra:Geosynthese Wellenberg：“Ergebnisse der Untersuchungsphasen I and II”，Nagra Technical Report NTB96-01（1996）.
- 10) 太田久仁雄，佐藤稔紀，竹内真司，岩月輝希，天野健治，三枝博光，松岡稔幸，尾上博則：“東濃地域における地上からの地質環境の調査・評価技術”，JNC TN7400 2005-023（2005）.
- 11) 糸魚川淳二：“瑞浪地域の地質”，瑞浪市化石博物館専報，No1，pp.1-50（1980）.
- 12) 核燃料サイクル開発機構：“高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する知識基盤の構築—平成17年度取りまとめ”，核燃料サイクル開発機構，JNC TN1400 2005-014（2005）.
- 13) 鶴田忠彦，笠頭正，彌榮英樹，富士代秀之，藤田有二：“広域地下水流動研究におけるボーリング調査（DH-15号孔）”，核燃料サイクル開発機構，JNC TN7400 2005-025（2005）.

APPENDIX 広域地下水流動研究 2006 年度計画

本研究は、広域における地表から地下深部までの地質・地質構造、岩盤の水理や地下水の水質を明らかにするために必要な調査・解析技術などを開発することを目標として進めてきたが、2004年度をもって主な現場調査を終了した。2005年度以降は瑞浪超深地層研究所における研究坑道の建設に伴う周辺の岩盤や地下水への影響を既存の観測設備およびボーリング孔において長期観測することとしている。また、外部研究機関との研究協力等に係わる調査／観測技術の開発の場として、既存ボーリング孔を活用することとしている。2005年度は、既存の観測設備を用いて表層水理観測の一環として実施する河川流量観測、降水量観測、既存のボーリング孔に設置されている観測装置を用いた地下水長期モニタリング・水質観測などを継続した。

2006年度については、上述した表層水理観測および地下水長期モニタリングを継続する。具体的には、既存のボーリング孔（DH-2号孔、DH-10号孔、DH-11号孔、DH-13号孔、DH-15号孔）において地下水長期モニタリングを行なう（付図1）。また、表層水理観測として、日吉川流域での河川流量観測、柄石川流域での河川流量および降水量の観測を継続して実施する。



付図 1 ボーリング孔配置図

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
物質質量	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		記号
	名称	記号	
面積	平方メートル	m ²	m ²
体積	立方メートル	m ³	m ³
速度	メートル毎秒	m/s	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹	m ⁻¹
密度 (質量密度)	キログラム毎立方メートル	kg/m ³	kg/m ³
質量体積 (比体積)	立法メートル毎キログラム	m ³ /kg	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m	A/m
(物質量の)濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³	mol/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²	cd/m ²
屈折率	(数の) 1	1	1

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	zepto	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	yocto	y

表3. 固有の名称とその独自の記号で表される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 ^(a)	rad		m ² ・m ⁻² =1 ^(b)
立体角	ステラジアン ^(a)	sr ^(c)		m ² ・m ⁻² =1 ^(b)
周波数	ヘルツ	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m ² ・kg ² ・s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ ・kg ² ・s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N・m	m ² ・kg ² ・s ⁻²
工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² ・kg ² ・s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s ² ・A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² ・kg ² ・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 ² ・s ⁻³ ・A ⁻²
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V	m ⁻² ・kg ⁻¹ ・s ³ ・A ²
磁束密度	ウェーバ	Wb	V・s	m ² ・kg ² ・s ⁻² ・A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	kg ² ・s ⁻² ・A ⁻¹
セルシウス温度	セルシウス度 ^(d)	°C		m ² ・kg ² ・s ⁻² ・A ⁻²
光強度	カンデラ	cd	cd	m ² ・m ⁻² ・cd=cd
(放射性核種の)放射能	ベクレル	Bq	lm/m ²	m ² ・m ⁻⁴ ・cd=m ⁻² ・cd
吸収線量, 質量エネルギー分与, カーマ線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量, 組織線量当量	グレイ	Gy	J/kg	s ⁻¹
	シーベルト	Sv	J/kg	m ² ・s ⁻²

- (a) ラジアン及びステラジアンの使用は、同じ次元であっても異なった性質をもった量を区別するときの組立単位の表し方として利点がある。組立単位を形作る際のいくつかの用例は表4に示されている。
- (b) 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“1”は明示されない。
- (c) 測光学では、ステラジアンの名称と記号srを単位の表し方の中にそのまま維持している。
- (d) この単位は、例としてミリセルシウス度m°CのようにSI接頭語を併せて用いても良い。

表4. 単位の中に固有の名称とその独自の記号を含む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
粘度	パスカル秒	Pa・s	m ⁻¹ ・kg ² ・s ⁻¹
力のモーメント	ニュートンメートル	N・m	m ² ・kg ² ・s ⁻²
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	kg ² ・s ⁻²
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	m ² ・m ⁻¹ ・s ⁻¹ =s ⁻¹
角加速度	ラジアン毎平方秒	rad/s ²	m ² ・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 ² ・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 ² ・s ⁻² ・K ⁻¹
質量熱容量 (比熱容量), エントロピー (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 ² ・s ⁻² ・K ⁻¹
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m・K)	m ² ・kg ² ・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 ² ・s ⁻²
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m ² ・kg ² ・s ⁻³ ・A ⁻¹
体積電荷	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ ・s ² ・A
電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² ・s ² ・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 ² ・kg ² ・s ⁻² ・A ⁻²
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m ² ・kg ² ・s ⁻² ・mol ⁻¹
モルエンタルピー	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol・K)	m ² ・kg ² ・s ⁻² ・K ⁻¹ ・mol ⁻¹
モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol・K)	m ² ・kg ² ・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 ² ・A
吸収線量	グレイ	Gy	m ² ・s ⁻²
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ³ ・m ⁻² ・kg ² ・s ⁻³ =m ² ・kg ² ・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 ² ・s ⁻³ =kg ² ・s ⁻³

表6. 国際単位系と併用されるが国際単位系に属さない単位

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=86400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	′	1′=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	″	1″=(1/60)′=(π/648000) rad
リットル	l, L	1l=1 dm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1t=10 ³ kg
ネーパ	Np	1Np=1
ベル	B	1B=(1/2) ln10(Np)

表7. 国際単位系と併用されこれに属さない単位で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=1.60217733(49)×10 ⁻¹⁹ J
統一原子質量単位	u	1u=1.6605402(10)×10 ⁻²⁷ kg
天文単位	ua	1ua=1.49597870691(30)×10 ¹¹ m

表8. 国際単位系に属さないが国際単位系と併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
海里	里	1海里=1852m
ノット	ト	1ノット=1海里毎時=(1852/3600)m/s
アール	a	1a=1 dam ² =10 ² m ²
ヘクタール	ha	1ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
バール	bar	1bar=0.1MPa=100kPa=1000hPa=10 ⁵ Pa
オングストローム	Å	1Å=0.1nm=10 ⁻¹⁰ m
バイン	b	1b=100fm ² =10 ⁻²⁸ m ²

表9. 固有の名称を含むCGS組立単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
エルグ	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=10 ⁻⁴ m ² /s
ガウス	G	1 G=10 ⁴ T
エルステッド	Oe	1 Oe=(1000/4π)A/m
マクスウェル	Mx	1 Mx=10 ⁻⁸ Wb
スチルブ	sb	1 sb=1cd/cm ² =10 ⁴ cd/m ²
ホト	ph	1 ph=10 ⁴ lx
ガル	Gal	1 Gal=1cm/s ² =10 ⁻² m/s ²

表10. 国際単位に属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
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=1 cSv=10 ⁻² Sv
X線単位	X	1X unit=1.002×10 ⁻⁴ nm
ガンマ	γ	1γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
ジャンスキー	Jy	1 Jy=10 ⁻²⁶ W・m ⁻² ・Hz ⁻¹
フェルミ	fm	1 fermi=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1 metric carat = 200 mg = 2×10 ⁻⁴ kg
メートル系トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリ	cal	
マイクロン	μ	1 μ =1μm=10 ⁻⁶ m

