JAEA-Review
2007-038

JAEA-Review

超深地層研究所計画　年度計画書（2007年度）

Mizunami Underground Research Laboratory Project
Program for Fiscal Year 2007

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

Japan Atomic Energy Agency　日本原子力研究開発機構

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

© Japan Atomic Energy Agency, 2007

超深地層研究所計画　年度計画書（2007 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，2007 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。

東濃地科学センター（駐在）：〒509-6132 岐阜県瑞浪市明世町山野内 1-64
+1 東濃地科学センター施設建設課
※ 技術開発協力員

Mizunami Underground Research Laboratory Project
Program for Fiscal Year 2007

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
Yamanouchi, Akeyo-cho, Mizunami-shi, Gifu-ken

（Received Augaust 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 2007 fisical 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 2007, 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.　2007 年度の調査研究および施設建設計画 13
　3.1　瑞浪超深地層研究所用地における調査研究 13
　　3.1.1　地質・地質構造に関する調査研究 15
　　3.1.2　岩盤力学に関する調査研究 16
　　3.1.3　岩盤の水理に関する調査研究 16
　　3.1.4　地下水の地球化学に関する調査研究 18
　　3.1.5　深地層の工学技術の基礎の開発 19
　　3.1.6　調査技術開発 22
　3.2　正馬様用地における調査研究 24
　3.3　瑞浪超深地層研究所用地における施設建設計画 25
4.　2007 年度の調査研究・建設工事スケジュール 26
5.　共同研究・施設供用 27
6.　量子ビーム応用研究部門との連携融合研究 29
7.　おわりに 30
参考文献 30
APPENDIX　広域地下水流動研究 2007 年度計画 31

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 FY2007 13
3.1 Investigation Plan at the MIU Construction Site 13
3.1.1 Geological investigations 15
3.1.2 Rock mechanics investigations 16
3.1.3 Hydrogeological investigations 16
3.1.4 Hydrochemical investigations 18
3.1.5 Development of engineering technology for deep underground..... 19
3.1.6 Development of investigation techniques and equipment..... 22
3.2 Investigation Plan at the Shobasama Site 24
3.3 Construction Plan at the MIU Construction Site 25
4. Schedule of the investigations and construction plan in FY2007 26
5. Research collaboration with related research organizations 27
6. Research collaboration with Quantum Beam Science Directorate (JAEA)..... 29
7. Conclusions 30
References 30
Appendix Plan of the Regional Hydrogeological Study Project in FY2007..... 31

図表目次

図 1　超深地層研究所の設置場所 2
図 2　空間スケールの概念 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　研究坑道レイアウト図 13
図 10 研究所用地内ボーリング孔位置図 18
図 11 グラウト注入計画（換気立坑：連接部） 22
図 12 正馬様用地内におけるボーリング孔位置図 24

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 21
表 3　2007 年度の調査研究・建設工事スケジュール 26
表 4　2007 年度の研究スケジュール 29

APPENDIX

付図 1　ボーリング孔配置図 31

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 2007 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 2007 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。

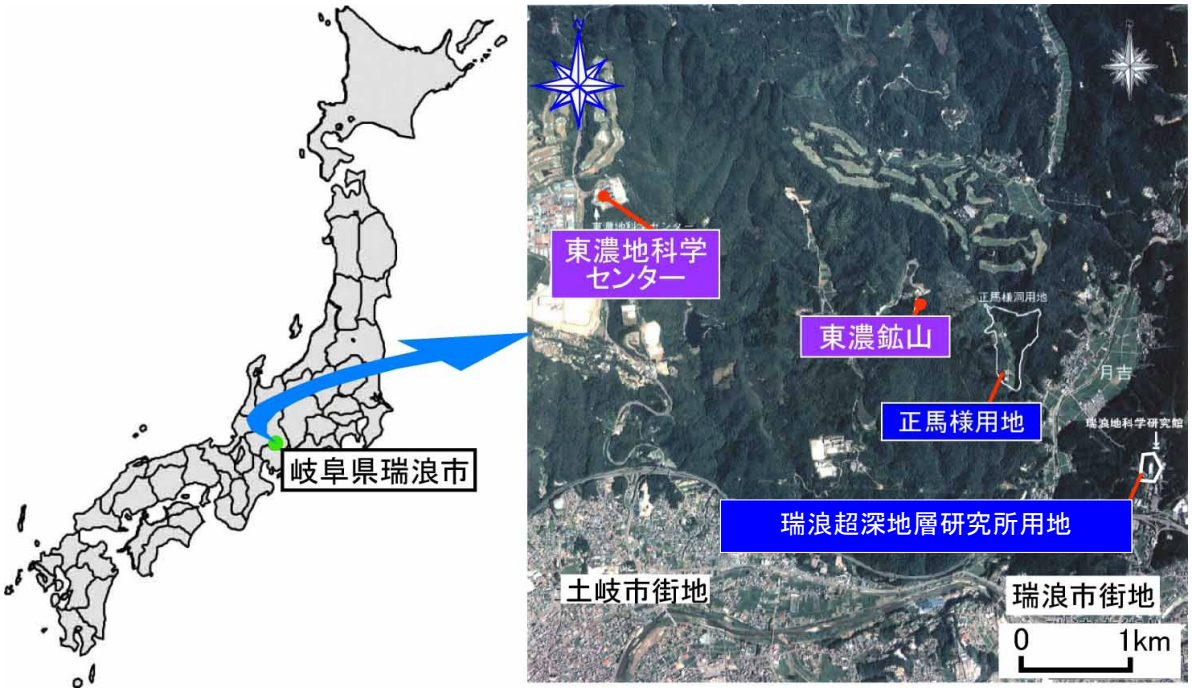


図 1　超深地層研究所の設置場所

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２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]。

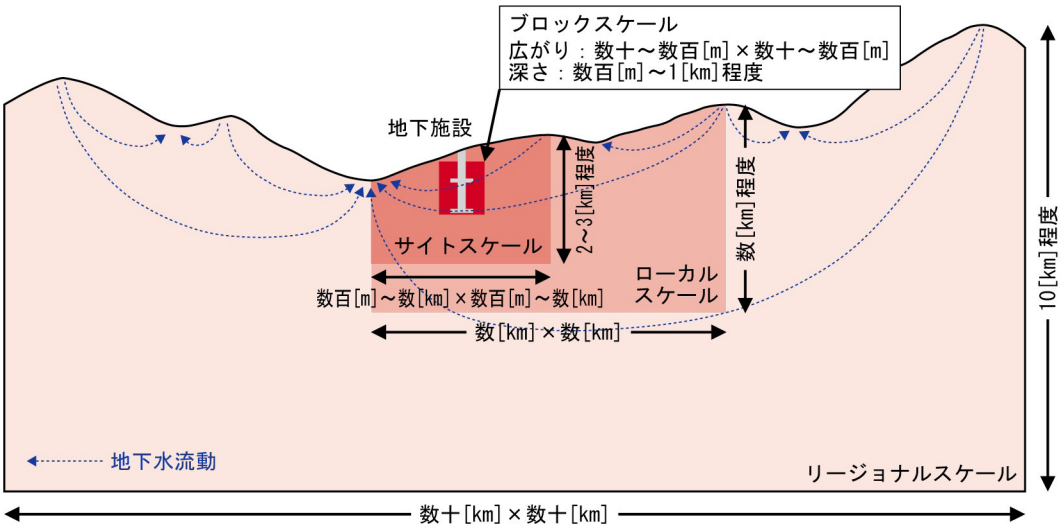


図 2　空間スケールの概念 [8]

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	・ローカルスケールの研究領域／境界条件の設定
ローカルスケール	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。

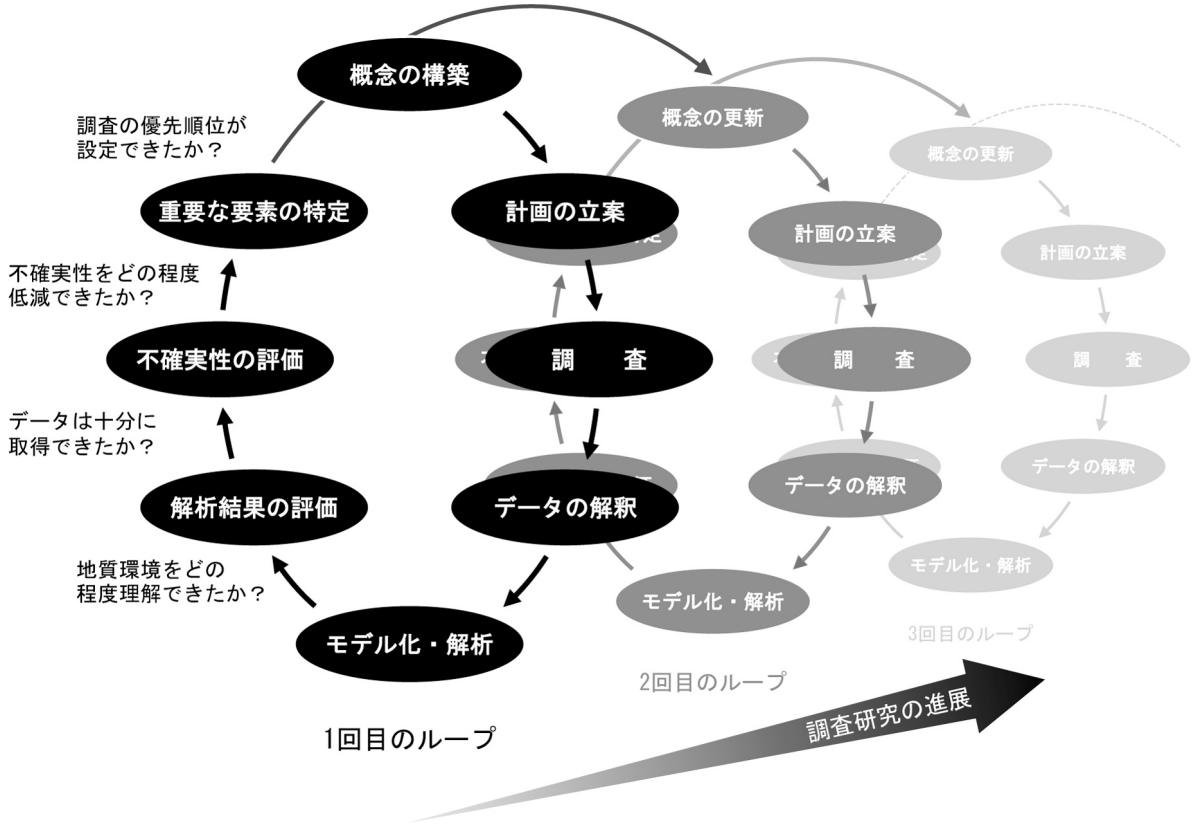


図 3　調査研究の繰り返しアプローチ [8)]

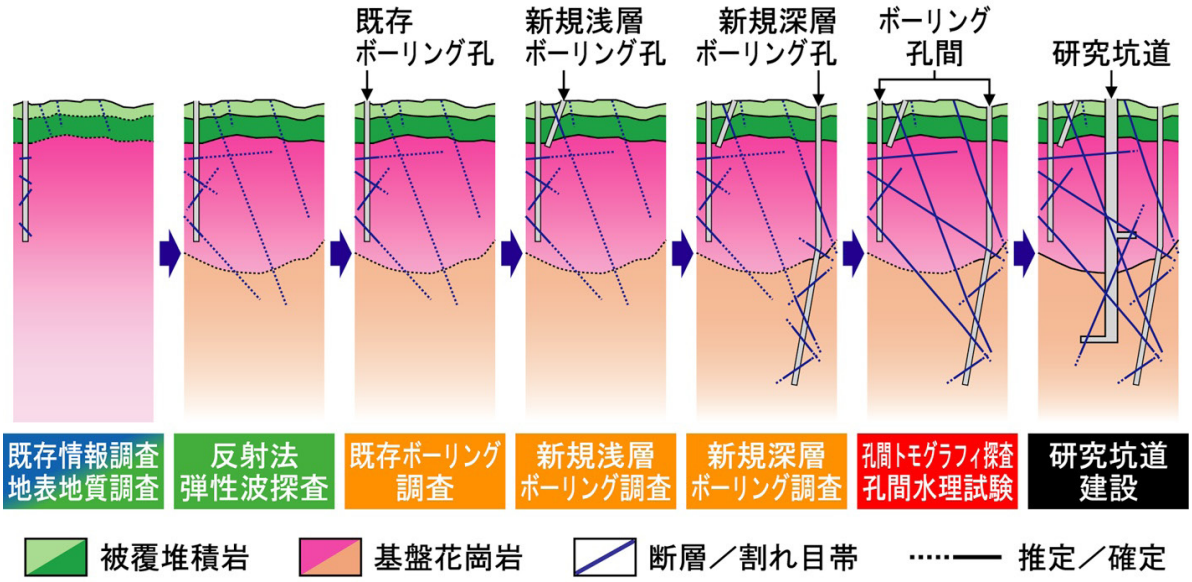


図 4　研究所用地における第１段階の調査研究の進め方 [8)]

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，地下施設の設計・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。

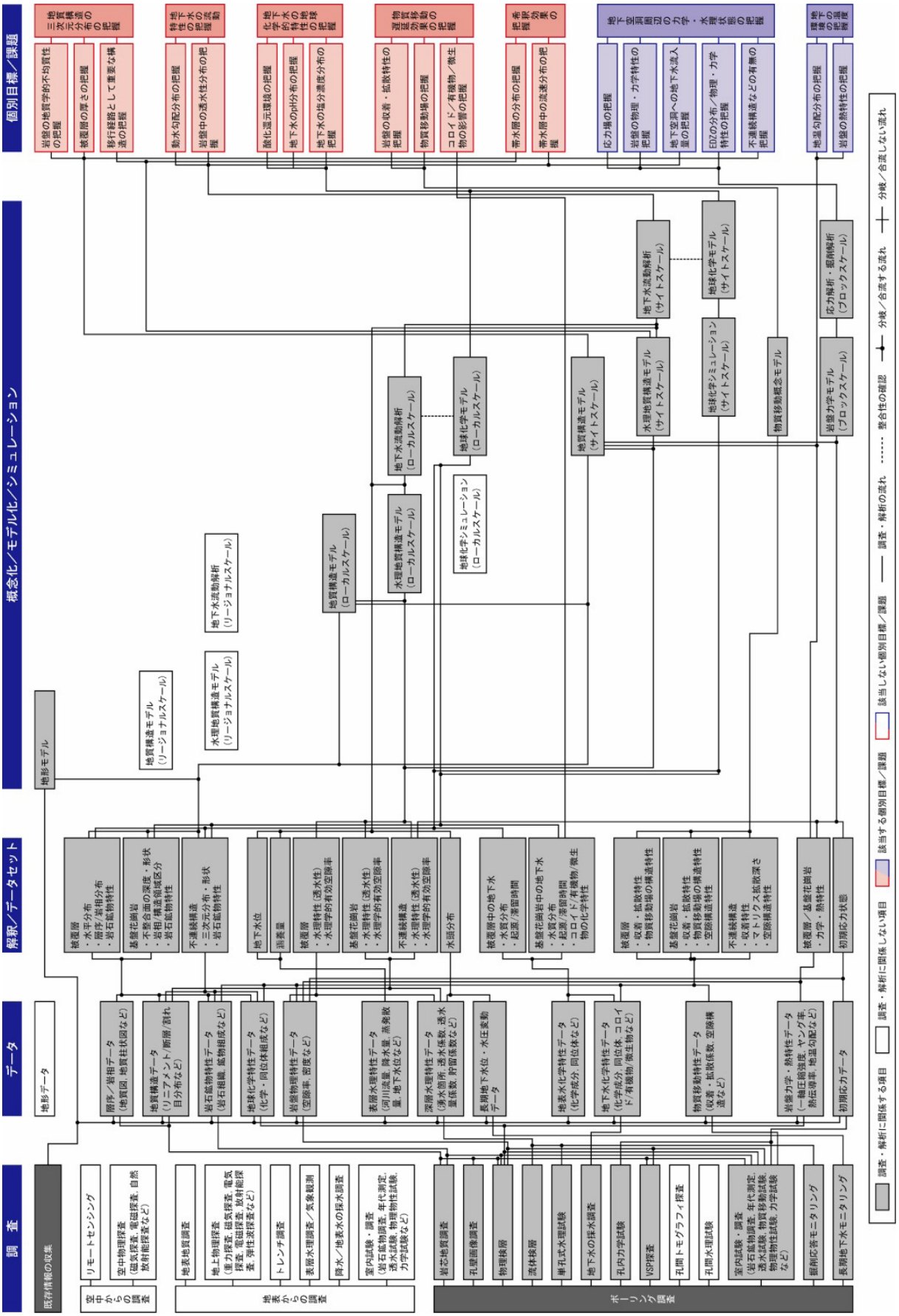


図 5　研究目標／反映先と系統的なデータの流れを記述・整理したフローの例[10)]

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 7.8 ha）内において進めている。研究所用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]。

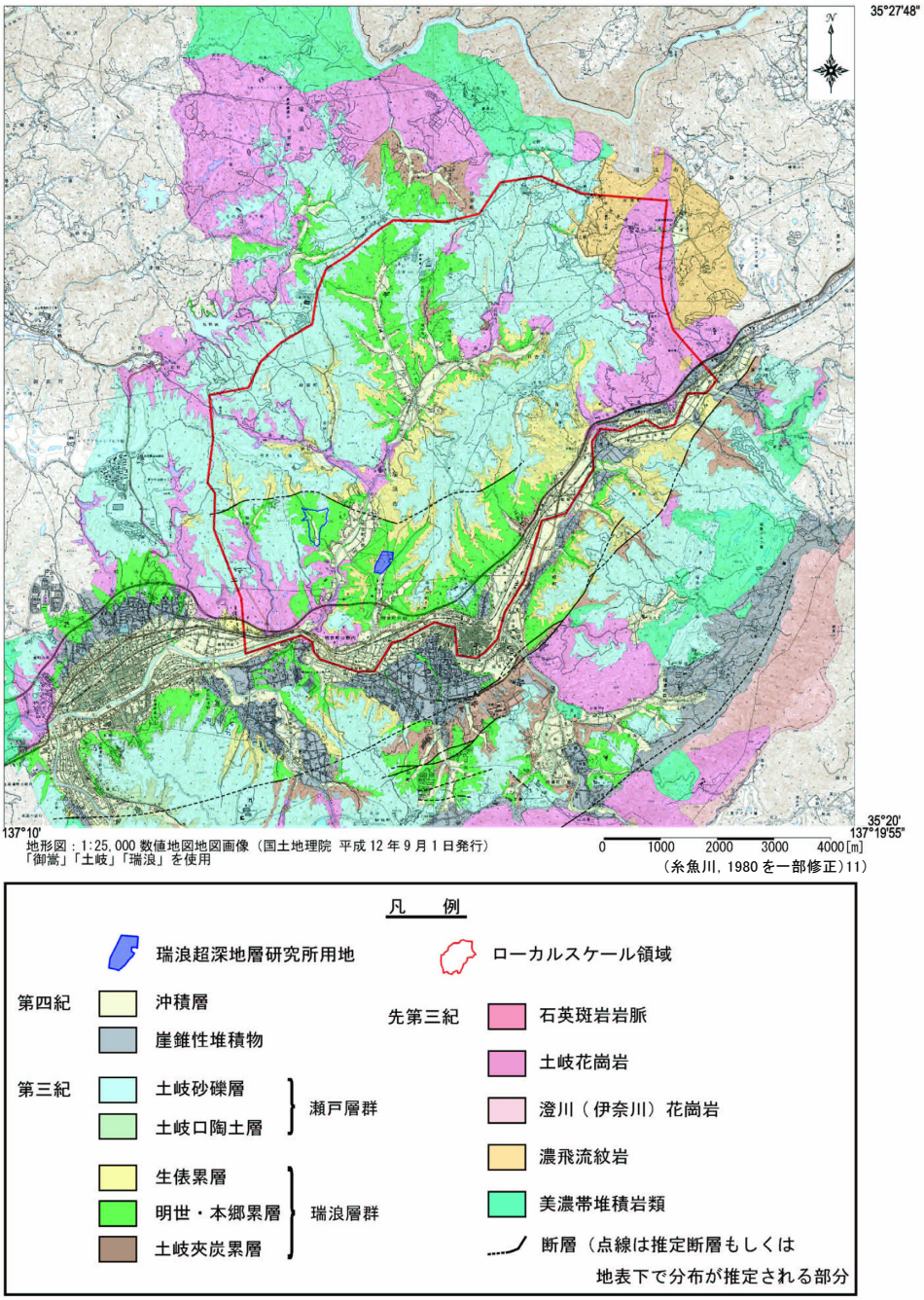


図 6　瑞浪超深地層研究所周辺の地質概要

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，立坑掘削に用いる櫓設備と巻上設備，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。

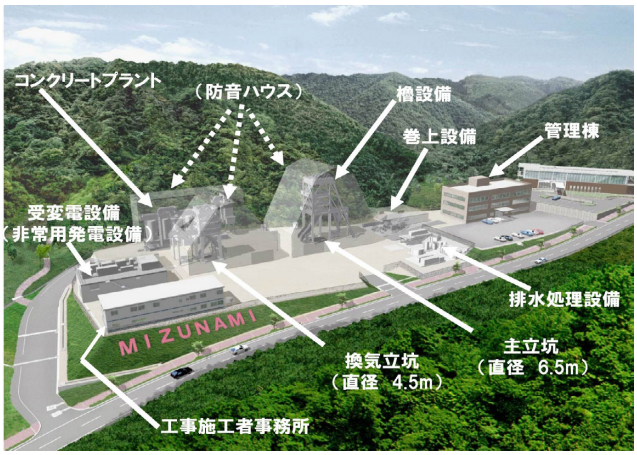


図 7　瑞浪超深地層研究所の地上施設

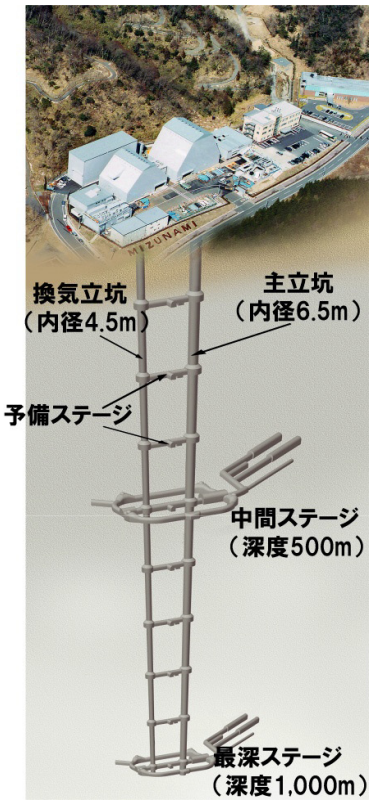


図 8　瑞浪超深地層研究所の研究坑道イメージ図

This is a blank page.

3. 2007 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

2006 年度までの調査研究においては，第 1 段階の調査研究結果に基づく地質環境モデルを第 2 段階の調査研究結果に基づき更新したほか，深度約 500m までの地質環境を把握することを目的として，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行った。このパイロットボーリング調査は，被圧条件下でのボーリング掘削となったため，調査試験手法の妥当性について評価した。2007 年 3 月 31 日時点の研究坑道掘削工事においては，主立坑側の 200m 予備ステージおよびボーリング横坑の掘削を進めている。

2007 年度においては，200m 予備ステージおよびボーリング横坑での調査研究を行うとともに，研究坑道の掘削に伴う調査を行う。研究坑道レイアウトと研究坑道での主な調査位置を図 9 に示す。以下に 2007 年度の調査研究計画を述べる。

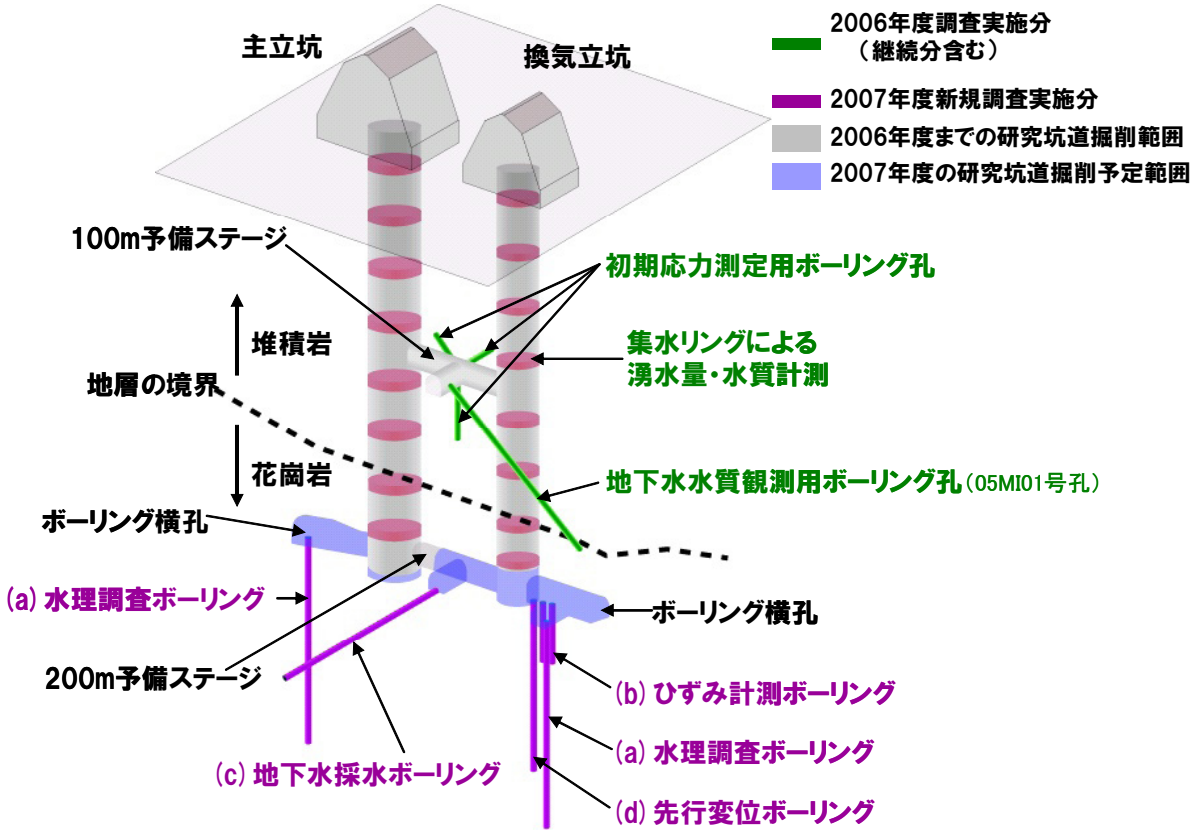


図 9　研究坑道レイアウト図

This is a blank page.

3.1.1　地質・地質構造に関する調査研究

2006 年度は，第 1 段階の最終調査ステップであるステップ 4（MIZ-1 号孔および DH-15 号孔の近傍を通過する反射法弾性波探査，MIZ-1 号孔と DH-2 号孔間を利用した弾性波および比抵抗トモグラフィ探査）の調査結果に基づき，第 1 段階におけるサイトスケールの地質構造モデルの更新を完了した。地質構造モデルの更新においては，研究坑道掘削前の立坑沿いの地質分布の予測を行い，研究坑道で遭遇した実際の地質分布の情報を用いて，予測結果の評価を実施した。また，研究坑道の壁面地質観察，流体流動電位法を用いた地下水流動モニタリング，逆 VSP 探査を継続し，土岐花崗岩上部の地質・地質構造の詳細な分布や地質学的，地球物理学的性状を把握するとともに，適用した調査解析技術の高度化を図った。

2007 年度は，研究坑道掘削に伴う壁面地質観察，流体流動電位法を用いた地下水流動モニタリング，逆 VSP 探査を継続するとともに，主立坑，換気立坑の 200m 予備ステージのボーリング横坑から掘削される 2 孔の水理調査ボーリングを利用した岩芯地質観察，流体流動電位法を用いた地下水流動モニタリング，弾性波トモグラフィなどを実施する。

(1) 調査試験

①研究坑道掘削に伴う壁面地質観察･岩芯地質観察

2007 年度に掘削する研究坑道ならびに水理調査ボーリング（図 9;(a)）の岩芯から観察される土岐花崗岩中の割れ目(帯)，断層，変質帯の分布特性や地質学的性状に関する情報を取得し，第 2 段階でのサイトスケールの地質構造モデルの妥当性の確認と更新を行うとともに，ブロックスケールの地質構造モデルの構築を行う。また，壁面調査手法の整備の一環として，三次元レーザースキャナーによる壁面性状計測，岩盤分類手法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，2007 年度に掘削する研究坑道ならびに水理調査ボーリング（図 9;(a)）を用いて，流体流動電位法による地下水流動モニタリングを実施する。さらに，これらの観測で得られる情報を,第 2 段階でのサイトスケールの地質構造モデルの妥当性の確認,更新およびブロックスケールの地質構造モデルの構築に反映する。

③逆 VSP 探査

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，研究坑道ならびに水理調査ボーリングの掘削に伴う立坑内の工事振動を利用した逆 VSP 探査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，第 2 段階でのサイトスケールの地質構造モデルの更新・妥当性の確認とブロックスケールの地質構造モデルの構築に反映する。

(2) モデル化・解析

調査試験結果に基づき，第 2 段階でのサイトスケールの地質構造モデルの妥当性の確認と更新を行うとともに，より詳細なスケールに分布する地質・地質構造（節理，小規模な断層など）を反映したブロックスケールでの地質構造モデルの構築を開始する。また，これらの地質構造モデルの妥当性の確認と更新に際しては，研究坑道内で観察可能な断層や割れ目帯のより詳細な構造を反映したモデルの構築を検討するとともに，分布の不確実性や地質構造発達過程に基づいた予測手法の検討を行う。

3.1.2　岩盤力学に関する調査研究

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岩芯を用いた室内物理・力学試験および初期応力測定を実施した。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実施した。

2007 年度は，立坑深度 200m に設けるボーリング横坑からボーリング孔を掘削し，立坑のプレグラウトおよび立坑掘削に伴う影響範囲に関する情報を取得することを目的としてひずみ計を設置する。また，第 3 段階に立坑および水平坑道において実施する掘削影響試験についての調査試験計画を検討する。さらにモデル化・解析として，岩盤の長期挙動の評価研究を実施する。

(1) 調査試験

①ボーリング孔掘削

ひずみ計を設置するボーリング孔として，深度 200m の換気立坑側のボーリング横坑より深度 20m 程度のボーリング孔（図 9;(b)）を 2 本掘削する。ボーリング孔径は 116mm とし，それぞれ換気立坑の壁面から 2.0m 以内および 5～8m（1D～1.5D）の位置に鉛直下向きに掘削する。

②ひずみ計の設置

換気立坑においてプレグラウトおよび立坑掘削に伴う影響範囲に関する情報を取得するために，上記の 2 本のボーリング孔（図 9;(b)）にひずみ計を設置する。換気立坑壁面からの距離を変えてひずみ計を設置することにより，プレグラウトおよび立坑掘削に伴う影響の程度と範囲を把握する。

③掘削影響試験計画の検討

第 3 段階において，立坑，中間ステージおよび最深ステージにおいて実施する掘削影響試験について，実施目的や調査試験項目などの試験計画を検討する。

(2) モデル化・解析

結晶質岩を対象として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，以下に示すような現象的および理論的研究を実施する。

①現象論的研究

・堆積岩（田下凝灰岩）の長期クリープ試験（11 年目）の継続と 10 年間の取りまとめ
・MIZ-1 号孔で採取した土岐花崗岩の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の継続

②理論的研究

・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の継続
・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

2006 年度は，立坑坑底（主立坑；180m，換気立坑；191m）からパイロットボーリング調査を実施し，深度約 500m までの立坑沿いの地質環境（地質・地質構造の分布，透水性，水質など）を把握した。また，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。さらに，これらの結果に基づき，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更新を行った。また，この水理地質構造モデルを用いた地下水流動解析によって，立坑への湧水量や地下水流動場の変化を予測した。

2007 年度は，第 2 段階の調査研究として，パイロットボーリング調査結果に基づき更新したサ

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

立坑の深度 100m あたり 4 箇所程度に設置される集水リング（図 9）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，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調査ボーリング孔を用いた間隙水圧測定（水理ボーリング調査）

研究坑道の掘削にともなう湧水量や地下水位・地下水圧などを観測することにより，第 1 段階で構築した水理地質構造モデルや地下水流動解析結果の妥当性を確認するとともに，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更新を行うために，立坑壁面近傍におけるコンクリート覆工や集水マットなどの人工構造物などに起因するスキン効果が湧水量に与える影響を評価する必要がある。これらのことから，立坑壁面から数 m 離れた位置に鉛直ボーリングを掘削し，多段パッカーにより複数の観測区間を設けて立坑近傍の間隙水圧を測定する。

具体的には，深度 200m における予備ステージに設置するボーリング横坑から，掘削長 100m 程度の鉛直ボーリング（図 9;(a)）を掘削し，流体検層などにより透水性を把握する。さらに，立坑切羽（底面）が進行する前から各深度の間隙水圧の測定を開始し，立坑掘削が地下水の間隙水圧に及ぼす影響を把握する。

③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 12），MSB-1 号孔，MSB-3 号孔および MIZ-1 号孔；研究所用地（図 10）），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

水理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水理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および第 3 段階の調査研究計画策定に反映させる。

3.1.4　地下水の地球化学に関する調査研究

2006 年度は，浅層ボーリング孔（MSB-2 号孔および MSB-4 号孔；図 10）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掘削した掘削長 86m のボーリング孔（05MI01 号孔）を利用して，地下水水質・水圧のモニタリングを継続した。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。

2007 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所用地周辺の地下水水質の観測を行い，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 10　研究所用地内ボーリング孔位置図 [8)]

(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

第 1 段階で構築した地球化学モデルの妥当性を評価すること，研究坑道の建設が地質環境に与える影響を評価することを主目的として，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，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。

②200m 予備ステージにおけるボーリング孔掘削・地下水水質観測

各予備ステージ深度における平面的な水質分布の確認と研究坑道の掘削の進捗にともなう水質の変化の把握，ならびに研究坑道の掘削によって生じた脱ガスや酸化領域の把握および設置する地下水採水装置の適用性を評価（3.1.6①を参照）することを目的として，深度 200m 予備ステージにおいて掘削長 100m 程度のボーリング孔（水平から約５度の傾斜孔）（図９；(c)）を掘削し，6 箇所程度の区間から原位置の環境を保持した状態で地下水の採取，各種分析を行う。ボーリング孔には多区間水質連続モニタリング装置を設置し，水圧と物理化学パラメータの連続測定を行うとともに，区間ごとに地下水を定期的に（１回/月程度）採水・分析する。測定・分析項目は，水温，pH，酸化還元電位，電気伝導度，溶存酸素濃度，蛍光染料濃度，主要・微量化学成分，溶存ガス，安定・放射性同位体などである。

また，岩芯の観察および化学分析を行い，割れ目の分布や割れ目充填鉱物の種類・変質状態などの地下水流動経路に関わるデータを取得するとともに，コロイド/有機物/微生物が物質移行に与える影響を評価していくための予察データとして，固相中の有機炭素量や微量元素濃度に関わる情報を取得する。

③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 年度に深度 100m 予備ステージにおいて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（図９；05MI01 号孔）において，水質および水圧の連続モニタリングを実施する。なお，研究坑道の掘削の進捗にともない，ボーリング孔からの湧水量が低下しているため，水質モニタリングのための採水については簡易的なポンプを設置するなど，検討を行う。

④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 号孔を対象として，採水調査と間隙水圧測定を継続して行う。

⑤地下水水質の長期変遷に関する調査

方解石を対象とした同位体分析を実施するとともに，既存の地下水および方解石の化学分析結果と併せて，方解石の沈殿時期や水−岩石反応の程度を推定することにより，従来の淡水系地下水だけでなく Na-Cl 型地下水が存在する環境下での水質形成機構とその長期的な変遷について検討する。

⑥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，MSB-2,4 号孔や研究坑道内に掘削するボーリング孔（図９；(c)）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。また，2006 年度に取得したデータの解析を行う。

3.1.5　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設置し，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。2007 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，研究坑道掘削工事のグラウト施工におけるデータを収集・整理・評価し，今後の湧水抑制対策へ反映させるとともに，施工対策技術として高度化を図っていく。また，立坑周辺岩盤の立坑掘削前から掘削後までの連続的な変形挙動を把握するために，200m 予備ステージに計測用のボーリング孔を設置し，立坑掘削に伴う岩盤の変位等を計測する。

(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る。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）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

2006 年度は，2005 年度に引き続いて，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。

2007 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；立坑連接部，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，200m，203m）
・ 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立坑連接部	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，225m（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

・坑内管理データ

入坑管理，環境管理，火災管理，通信管理

・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，ワイヤー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情報化施工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グラウト施工

研究坑道掘削工事のグラウト施工における注入量，注入圧，透水試験結果等のデータを収集・整理・評価し，今後の湧水抑制対策へ反映させるとともに，工学技術の施工対策技術として高度化を図っていく。図 11 にグラウト注入計画図を示す。

⑤先行変位計測

立坑周辺岩盤の立坑掘削前から掘削後までの連続的な変形挙動を把握するために，200m 予備ステージに計測用のボーリング孔を設置し，立坑掘削に伴う岩盤の変位等を計測する（図 9；(d)）。

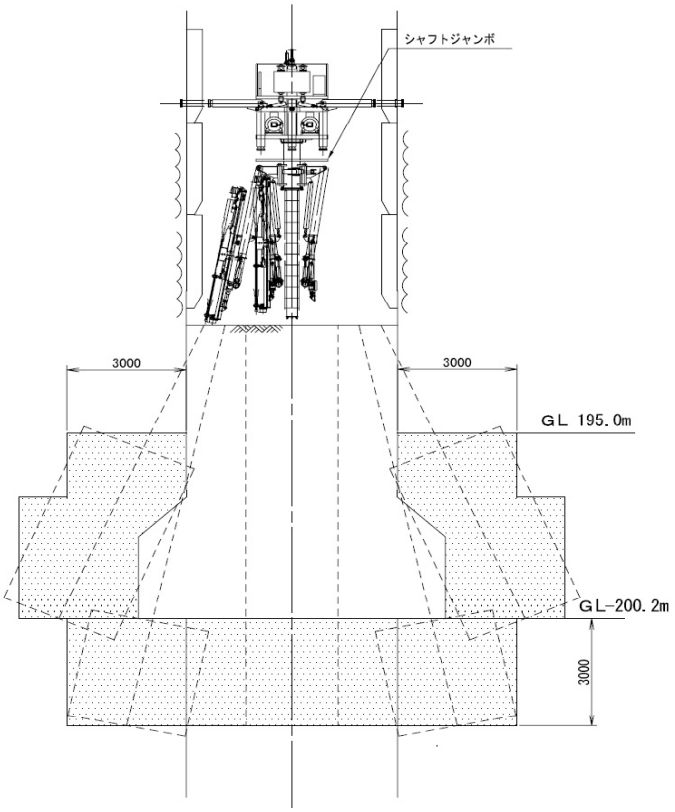


図 11　グラウト注入計画（換気立坑：連接部）

3.1.6　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

2006 年度までに，深度 100m 予備ステージにボーリング孔（05MI01 号孔：掘削長 100m）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。

2007 年度においては，05MI01 号孔におけるモニタリングを継続するとともに，深度 200m 予備ステージにおいて，新たなボーリング孔の掘削，地下水水質・水圧モニタリング装置を設置し，データ取得を開始する。これらの調査を通じて，モニタリング装置の適用性を検討する。

②水圧モニタリング装置の適用性の検討

研究坑道近傍において，掘削に伴う深度方向の水圧変化を観測するためのモニタリング装置を製作し，深度 200m 予備ステージにおいて新たに水理調査ボーリング（図 9;(a)）を掘削し，水圧モニタリング装置の設置，データ取得を開始する。これらの調査を通じて，モニタリング装置の適用性を検討する。

3.2　正馬様用地における調査研究

2006 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。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した。

2007 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。

(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 12）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。

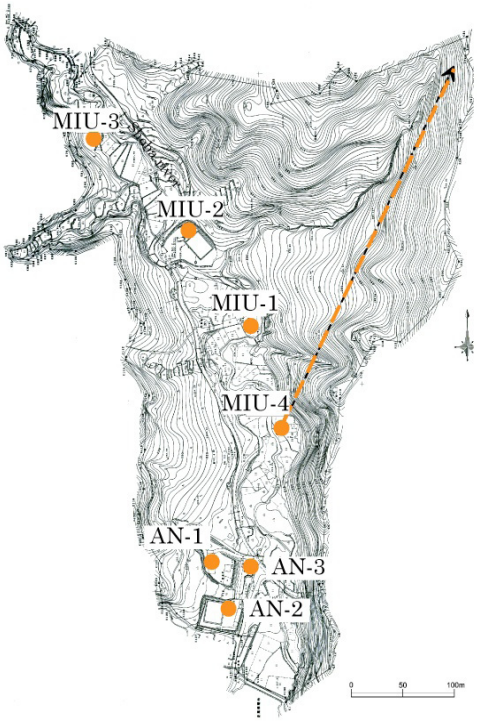


図 12　正馬様用地内におけるボーリング孔位置図 [8)]

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

2007 年度は，研究坑道の掘削として深度 200m において，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と，主立坑側および換気立坑側各 1 箇所ボーリング調査を実施するためのボーリング横坑での掘削を行った後，状況に応じ，深度 200m 以深の立坑掘削を行う。ボーリング横坑では,研究坑道を掘削する際の地下の状態の変化を把握するためにボーリング調査を実施する。

(2) 湧水対策

研究坑道の掘削においては，2006 年度に引き続き，湧水量を抑制する対策について検討する。湧水量の抑制は，2006 年度に実施したパイロットボーリング調査で明らかとなった湧水箇所に対してグラウトを行いつつ掘削を進め，その技術の有効性を評価していく。

研究坑道の掘削に伴い発生する地下水は，地上に設置している排水処理設備により適切に処理し，岐阜県および瑞浪市との間で締結している「瑞浪超深地層研究所に係る環境保全協定」に基づく基準に適合させた水質で河川へ放流することを継続する。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。

(3) 周辺環境モニタリング調査

2007 年度は，2006 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，生活環境項目および健康項目に関する水質分析，ならびに底質の分析を実施する。
・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. 2007 年度の調査研究・建設工事スケジュール

2007 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　2007 年度の調査研究・建設工事スケジュール

	2007年									2008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
【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												
・研究坑道掘削に伴う壁面地質観察・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												
・ボーリング孔掘削およびひずみ計の設置・計測								■	■	■	■	■
・掘削影響試験計画の検討	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
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	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
・調査ボーリング孔を用いた間隙水圧測定（水理ボーリング調査）					■	■	■	■	■	■	■	■
・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												
・研究坑道壁面および集水リングを用いた坑内湧水の採水・分析	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
・200m予備ステージボーリング孔掘削・地下水水質観測					■	■	■	■	■	■	■	■
・100m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	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
・地下水水質の長期変遷に関する調査	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
・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							■	■	■	■	■	■
・グラウト施工	■	■	■	■					■	■	■	■
・先行変位計測							■	■	■	■	■	■
⑥調査技術開発												
・水質モニタリング装置の適用性の検討	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
・水圧モニタリング装置の適用性の検討	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
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	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
【瑞浪超深地層研究所における施設建設】												
・主立坑側深度200m予備ステージ、ボーリング横坑掘削※	■	■	■	■								
・主立坑一般部掘削※									■	■	■	■
・換気立坑側深度200m予備ステージ、ボーリング横坑掘削※	■	■	■	■								
・換気立坑連接部掘削※		■										
・換気立坑一般部掘削※									■	■	■	■
・調査ボーリング孔掘削、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
※；岩盤状況に応じプレグラウトを実施

5. 共同研究・施設供用

2007 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と瑞浪超深地層研究所研究坑道等の施設共用を行う。

(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。2007 年度は，堆積岩については微量元素濃度と pH，酸化還元環境および岩相との相関について検討を進める。また，花崗岩については，マトリクス拡散深さ等に関する検討を行い，水–岩石反応過程における微量元素の挙動について検討を行う。

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（^{3}H，^{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 4 回技術検討会議ならびに第 2 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。2007 年度は，研究坑道掘削や研究坑道内でのボーリング調査に伴う地表傾斜データを利用した地下水流動状況の変化を推定する。また，解析領域の設定や傾斜データ観測孔の配置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。

⑥国立大学法人 名古屋大学：地下深部岩盤の歪変化のメカニズムに関する研究

2006 年 10 月に，名古屋大学と原子力機構との間で，「瑞浪超深地層研究所における地下深部岩盤の歪変化のメカニズムに関する研究」と題する共同研究を締結した。瑞浪超深地層研究所の立坑坑底から掘削したパイロットボーリング孔に設置する予定である高精度歪計で取得されるデータを用いて，原子力機構では，歪計測の前方探査技術としての有効性を検討し，名古屋大学では，地震予知に関する検討を実施する。

2007 年度は，瑞浪超深地層研究所研究坑道掘削工事において高精度歪計を設置する予定である。取得される岩盤歪のデータについて，立坑掘削や地震に伴う地下水の異常変動等のイベントとの相関を理論的あるいは数値解析的に検討することにより，歪計測の有効性を評価するとともに，深部岩盤における歪変化のメカニズム解明のための検討を実施する。

(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協力した。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したボーリング孔において，初期応力測定を実施し，深部地盤の変動を連続的に観測記録するための傾斜計を設置した。

2007 年度は，設置した傾斜計の連続観測を実施する計画であり，この観測のための協力を継続する。また，2006 年度に実施できなかった 100m 予備ステージにおける地震計の設置についても施設供与を行い，地震動観測に協力する。

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瑞浪超深地層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。

これまでの試験により，捕集材を用いたフッ素，ホウ素の除去が可能であることが確認でき，今後は，処理量を増大させたときの吸着機能の変化等を把握する。

(2) 技術的要求事項

①捕集材の耐久性評価
②捕集材の再生利用の検討

(3) 実施内容

①捕集材の耐久性評価

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。

②集材の再生利用の評価

捕集材の再生利用の検討では，通水実験後のフッ素・ホウ素を吸着した捕集材を，純水または薬剤によって洗浄し，再生利用後の吸着性能を評価する。薬剤の通液時間や再生後の処理量と吸着量の関係を把握する。

(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2007年度の研究スケジュールを表4に示す。

表 4　2007 年度の研究スケジュール

	2007 年度											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
捕集材の耐久性評価												
捕集材の再生利用の評価												

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 2007 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 Ⅰand 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）.

APPENDIX　広域地下水流動研究 2007 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現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。2006 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を継続した。

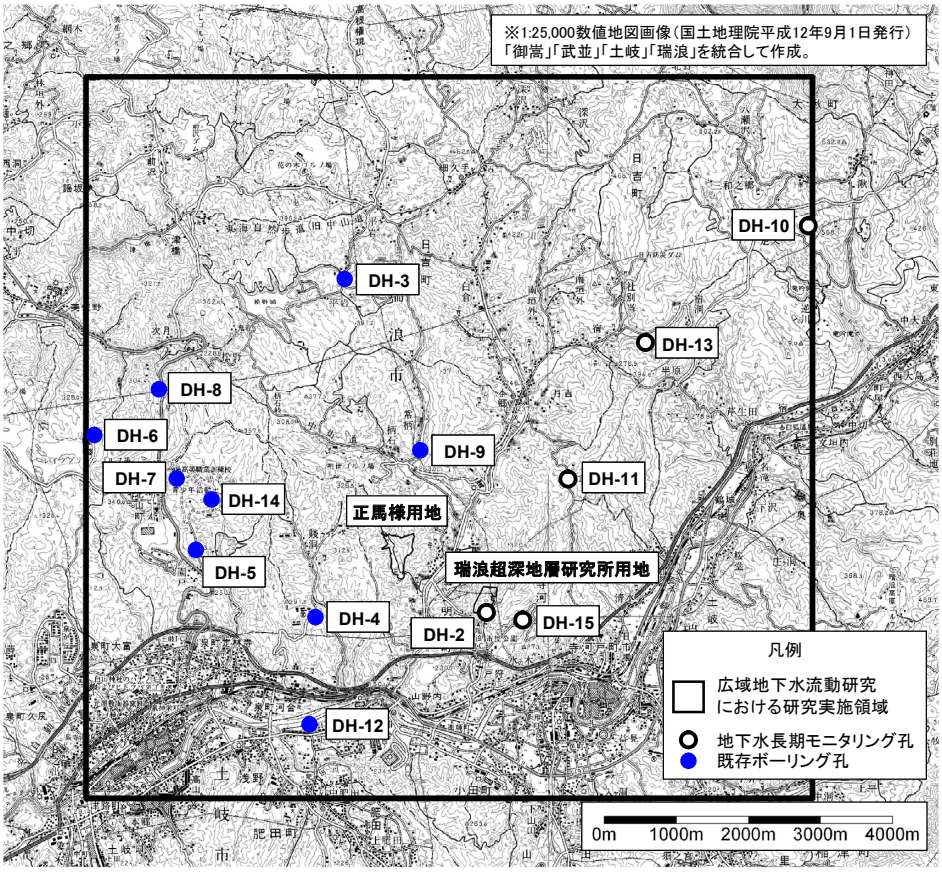
2007 年度については，上述した表層水理観測および，地下水長期モニタリングを継続する。また，電力中央研究所との共同研究の一環として，地下水採水調査を実施する。

①地下水長期モニタリングおよび表層水理観測

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。

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，既存ボーリング孔に設置しているモニタリング装置（MP システム）を用いた地下水の採水を行なう。



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^2
体積	立法メートル	m^3
速さ，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	毎メートル	m-1
密度（質量密度）	キログラム毎立法メートル	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
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
（物質量の）濃度	モル毎立方メートル	mol/m^3
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m^2
屈折率	（数の）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}	ゼプト	z
10^{1}	デカ	da	10^{-24}	ヨクト	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		$m \cdot m^{-1}=1$ (b)
立体角	ステラジアン(a)	sr(c)		$m^2 \cdot m^{-2}=1$ (b)
周波数	ヘルツ	Hz		s^{-1}
力	ニュートン	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
圧力，応力	パスカル	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
エネルギー，仕事，熱量	ジュール	J	N・m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
工率，放射束	ワット	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
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	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
静電容量	ファラド	F	C/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
磁束	ウエーバ	Wb	V・s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
磁束密度	テスラ	T	Wb/m^2	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
セルシウス温度	セルシウス度(d)	℃		K
光束	ルーメン	lm	cd・sr(c)	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot cd=cd$
照度	ルクス	lx	lm/m^2	$m^2 \cdot m^{-4} \cdot cd=m^{-2} \cdot cd$
（放射性核種の）放射能	ベクレル	Bq		s^{-1}
吸収線量，質量エネルギー分与，カーマ	グレイ	Gy	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
線量当量，周辺線量当量，方向性線量当量，個人線量当量，組織線量当	シーベルト	Sv	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$

(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。組立単位を形作るとき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℃のようにSI接頭語を伴って用いても良い。

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	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$
力のモーメント	ニュートンメートル	N・m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	$kg \cdot s^{-2}$
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}=s^{-1}$
角加速度	ラジアン毎平方秒	rad/s^2	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}=s^{-2}$
熱流密度，放射照度	ワット毎平方メートル	W/m^2	$kg \cdot s^{-3}$
熱容量，エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
質量熱容量（比熱容量），質量エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg・K)	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
質量エネルギー（比エネルギー）	ジュール毎キログラム	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m・K)	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m^3	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
体積電荷	クーロン毎立方メートル	C/m^3	$m^{-3} \cdot s \cdot A$
電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2} \cdot s \cdot A$
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	$m \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot mol^{-1}$
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)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
照射線量（Ｘ線及びγ線）	クーロン毎キログラム	C/kg	$kg^{-1} \cdot s \cdot A$
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	$m^2 \cdot s^{-3}$
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	$m^4 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3}=m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2 \cdot sr)$	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3}=kg \cdot s^{-3}$

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 単位であらわされる数値
電子ボルト	eV	$1eV=1.60217733(49)\times10^{-19}J$
統一原子質量単位	u	$1u=1.6605402(10)\times10^{-27}kg$
天文単位	ua	$1ua=1.49597870691(30)\times10^{11}m$

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		1海里=1852m
ノット		1ノット=1海里毎時=(1852/3600)m/s
アール	a	$1a=1\ dam^2=10^2m^2$
ヘクタール	ha	$1ha=1\ hm^2=10^4m^2$
バール	bar	$1bar=0.1MPa=100kPa=1000hPa=10^5Pa$
オングストローム	Å	$1Å=0.1nm=10^{-10}m$
バーン	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	$1\ P=1\ dyn \cdot s/cm^2=0.1Pa \cdot s$
ストークス	St	$1\ St=1cm^2/s=10^{-4}m^2/s$
ガウス	G	$1\ G\ \hat{}\ 10^{-4}T$
エルステッド	Oe	$1\ Oe\ \hat{}\ (1000/4\pi)A/m$
マクスウェル	Mx	$1\ Mx\ \hat{}\ 10^{-8}Wb$
スチルブ	sb	$1\ sb=1cd/cm^2=10^4cd/m^2$
ホト	ph	$1\ ph=10^4lx$
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	$1\ Ci=3.7\times10^{10}Bq$
レントゲン	R	$1\ R=2.58\times10^{-4}C/kg$
ラド	rad	$1\ rad=1cGy=10^{-2}Gy$
レム	rem	$1\ rem=1\ cSv=10^{-2}Sv$
X線単位		$1X\ unit=1.002\times10^{-4}nm$
ガンマ	γ	$1\gamma=1\ nT=10^{-9}T$
ジャンスキー	Jy	$1\ Jy=10^{-26}W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1}$
フェルミ		$1\ fermi=1\ fm=10^{-15}m$
メートル系カラット		$1\ metric\ carat=200\ mg=2\times10^{-4}kg$
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリー	cal	
ミクロン	μ	$1\ \mu=1\mu m=10^{-6}m$

（第７版，1998年改訂）

R100
古紙配合率100%
白色度70%再生紙を使用しています