

超深地層研究所計画

年度計画書（平成11年度）

(技術報告)

1999年4月

核燃料サイクル開発機構
東濃地科学センター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :

Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184,
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2001

(目 次)

1. はじめに	1
2. 地表からの調査予測研究段階の概要	1
3. 平成 10 年度までの成果概要	2
4. 平成 11 年度の計画概要	2
5. 試錐調査	4
6. 地質・地質構造に関する調査・研究	7
6. 1 目標	7
6. 2 実施内容	7
6. 2. 1 試錐孔における地質・地質構造調査	7
6. 2. 2 モデルの構築	7
7. 地下水の水理に関する調査・研究	8
7. 1 目標	8
7. 2 実施内容	8
7. 2. 1 表層水理調査	8
7. 2. 2 深層水理調査	9
7. 2. 3 地下水の長期観測	9
7. 2. 4 モデルの構築および地下水流動解析	9
8. 地下水の地球化学に関する調査・研究	10
8. 1 目標	10
8. 2 実施内容	10
8. 2. 1 地下水の採水・分析	10
8. 2. 2 固相を対象とした地球化学的調査	11
8. 2. 3 モデルの構築	11

9. 岩盤力学に関する調査・研究	1 2
9. 1 目標	1 2
9. 2 実施内容	1 2
9. 2. 1 試錐孔における物性試験および初期応力測定	1 2
9. 2. 2 モデルの構築	1 2
 10. 調査技術・調査機器の開発	1 2
10. 1 目標	1 2
10. 2 実施内容	1 3
10. 2. 1 試錐掘削技術開発	1 3
10. 2. 2 地質構造調査技術開発	1 3
10. 2. 3 地下水の水理特性調査技術開発	1 4
10. 2. 4 地下水の地球化学特性調査技術開発	1 4
10. 2. 5 岩盤の力学特性調査技術	1 4
10. 2. 6 研究坑道の掘削を伴う調査研究段階（第2段階）以降 に必要となる調査技術・調査機器の開発	1 4
10. 2. 7 地質環境データ解析・可視化システムの構築	1 5
10. 2. 8 情報公開技術の開発	1 5
 参考文献	1 6

1. はじめに

本計画書は、「超深地層研究所地層科学研究基本計画」（以下、基本計画）（動燃事業団、1996）および「超深地層研究所－地表からの調査予測研究段階－平成10年度、11年度研究計画書」（核燃料サイクル開発機構、1998a）に基づき、超深地層研究所計画の平成11年度の調査・研究計画を示したものである。平成11年度は、本計画の3段階の研究のうち、最初の段階である「地表からの調査予測研究段階」の4年目にあたる。

2. 地表からの調査予測研究段階の概要

核燃料サイクル開発機構（以下、サイクル機構）では、日本に広く分布する結晶質岩の一つである花崗岩を主たる研究の対象として、サイクル機構が岐阜県瑞浪市に所有する正馬様洞用地内において、超深地層研究所の建設を伴う調査・研究を実施する計画である。本計画では、正馬様洞用地（研究実施領域）内において、数百m四方（施設スケールと呼ぶ）の地質環境を研究し、東濃鉱山やその周辺において進めてきたこれまでの地層科学的研究（広域地下水流动研究や東濃鉱山における調査・試験研究など）の一層の拡充を図っていく。特に、広域地下水流动研究（サイクル機構、1997a）については、その実施範囲が正馬様洞用地を包含することから、研究成果を相互に活用する。これらの研究は、2000年以降に進められる、国による地層処分に関する安全規制や実施主体による処分事業などに関わる研究開発の基盤研究として寄与するものである。

超深地層研究所での地層科学的研究は、その内容が異なる以下の3段階を設け、研究坑道の建設前から完成後までの約20年をかけて実施する計画である。

第1段階：地表からの調査予測研究段階

第2段階：坑道の掘削を伴う研究段階

第3段階：坑道を利用した研究段階

第1段階においては、地表からの調査によって地下深部の地質環境を予測するとともに、第2段階で行う研究坑道の掘削が地質環境に与える影響を予測する。

第2段階においては、研究坑道の掘削と並行して行う調査により、第1段階に予測した地質環境と、研究坑道の掘削が地質環境に与える影響の予測の妥当性を確認する。また、引き続き行われる第3段階で遭遇する地質環境を予測する。

最後の第3段階においては、研究坑道を利用した調査により、地質環境に関わる詳細なデータを取得するとともに、第2段階で予測した地質環境の妥当性を確認する。また、深地層における工学的技術の有効性を検証する。

本計画の全体目標としては、以下の3項目の段階目標を設定している。

- ①地質環境の総合的な調査技術を確立すること。
- ②深部の地質環境に関する情報を取得すること。
- ③深地層における工学的技術の基礎を開発すること。

これらの全体目標に対し、地表からの調査予測研究段階では以下の3項目の段階目標を設定している。

- ①地表からの調査により地質環境データを取得し、地下の地質環境および研究坑道建設に伴う地質環境の変化を予測すること。
- ②予測結果の評価手法を決定すること。
- ③研究坑道の詳細設計を行い、坑道の掘削を伴う研究段階の計画を決定すること。

3. 平成10年度までの成果概要

平成10年度までに、MIU-1号孔およびMIU-2号孔（各深度約1,000m）の試錐掘削を完了するとともに、MIU-3号孔（深度約1,000m）の掘削に着手した（図1）。また、MIU-1～3号孔における試錐調査、地表における物理探査（電気探査、電磁探査、反射法弹性波探査など）、表層水理観測、地下水観測などを実施した。

これらの調査・試験によって、研究実施領域に分布する花崗岩は2つの岩相に、それを覆う堆積岩類は6つの岩相に大きく区分できる見通しを得た。また、花崗岩は割れ目密度によって3つのゾーンに区分できる可能性を示した。さらに、これらの知見に基づき、地質構造モデルの構築を開始するとともに、地下水流动解析のために研究実施領域を包含する4km×6km×深さ約3kmの解析領域を設定し、東濃鉱山や広域地下水流动研究の研究成果を利用した水理地質構造モデルの構築に着手した（サイクル機構,1997b：サイクル機構,1998b：サイクル機構,1999a）。

また、これら調査・試験のための調査技術・調査機器の開発や既存技術も含めた適用性の評価として、試錐孔を用いた1,000m対応水理試験装置および1,000m対応地下水地球化学特性調査機器の開発・改良、ならびに1,000m対応初期応力測定装置、高差圧環境に対応した地下水の長期連続観測装置、リバース三重管掘削工法、および物理探査手法（震源、解析手法）などの開発を実施した。

4. 平成11年度の計画概要

平成11年度は、平成10年度に引き続いてMIU-3号孔の試錐調査を実施する。また、MIU-4号孔（図1参照：MIU-1とAN-1の中間地点から北北東に下向き60°の傾斜孔、孔長790m）の試錐調査を開始する。さらに、既存のMIU-1号孔およびMIU-2号孔に採水と長期連続観測を目的とした「多点式間隙水圧観測システム（以下、MPシステム）」を設置する。

地質・地質構造については、研究実施領域の岩相分布や割れ目密度により花崗岩を区分するとともに地質構造モデルを構築する。地下水の水理では、MIU-3号孔およびMIU-4号孔において水理試験を行うとともに、水理地質構造モデルの構築および第2段階の研究坑道を掘削した状態の地下水流动解析（非定常解析）を実施する。地下水の地球化学では、AN-1号孔、MIU-1号孔およびMIU-2号孔における地下水の採水・分析、MIU-2号孔およびMIU-3号孔の岩芯を用いた岩石鉱物試験を行うとともに、岩石の分析結果に基づき地球化学特性（酸化還元境界）を推定する。岩盤力学

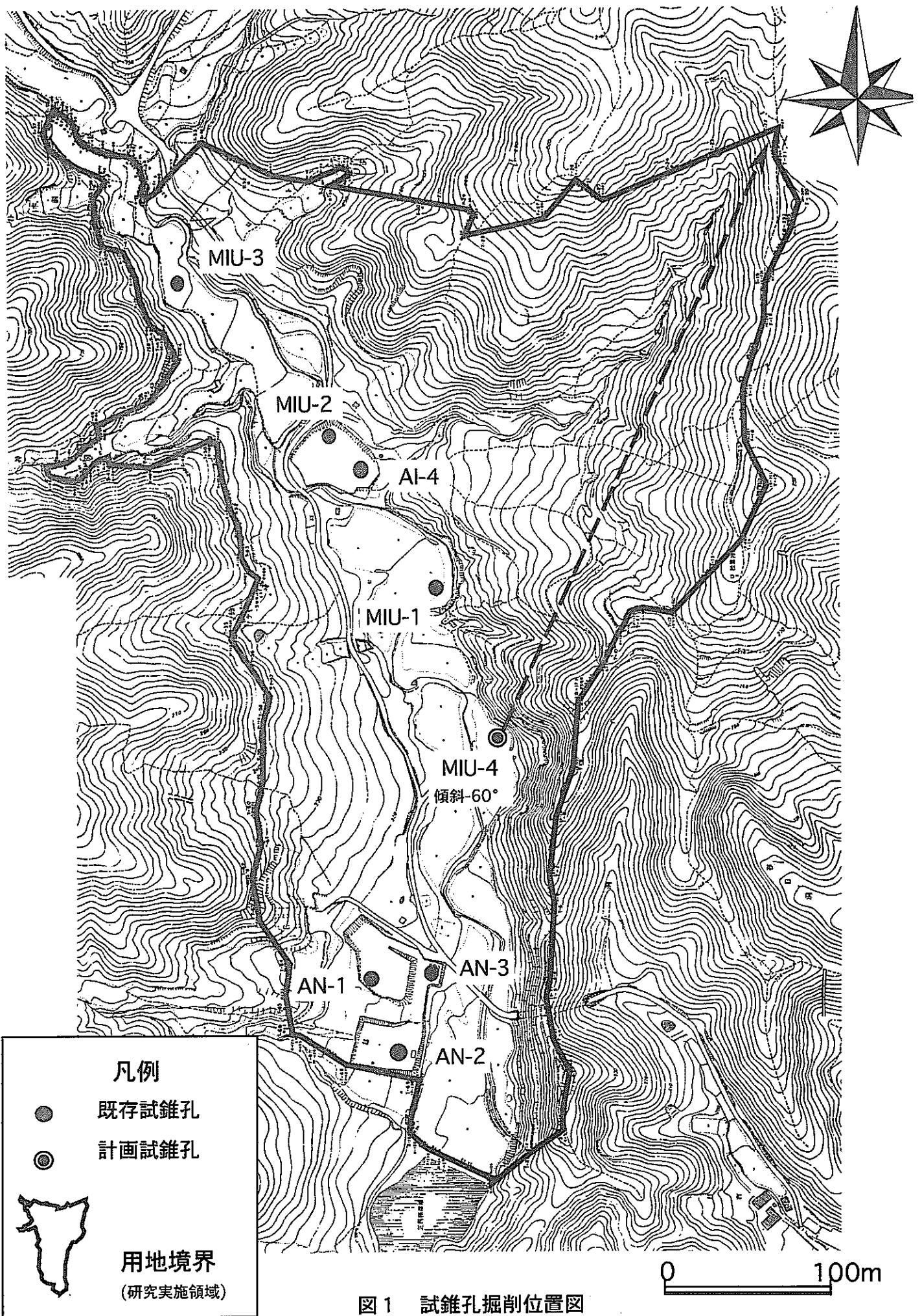


図 1 試錐孔掘削位置図

では、岩石の物性値および初期応力の測定を行うとともに、岩盤力学モデルの構築を実施する。

さらに、適用された要素技術の評価、および調査技術・調査機器の開発を継続する。本計画の平成 11 年度のスケジュールを表 1 に示す。

5. 試錐調査

平成 11 年度は、MIU-3 号孔の試錐調査を引き続き行うとともに、MIU-4 号孔の試錐調査を新たに実施する。MIU-4 号孔における調査・試験は、平成 12 年度に継続して実施する計画である。これらの試錐調査の結果は、地質・地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、および岩盤力学の各研究分野へ反映される。

(1) 概要

① MIU-3 号孔（深度約 1,000m）

研究実施領域の北縁付近（図 1）において鉛直に試錐孔を掘削し、土岐花崗岩中の断層、透水性割れ目などの地質学・水理学的特性を明らかにする。また、月吉断層下盤側の花崗岩についての水理特性および岩盤力学特性データを取得する。さらに、この地点は研究実施領域の地下深部における地下水流动の最上流部と推定されるため、地下深部の地下水流动を把握するために重要であるばかりでなく、研究実施領域の水質形成機構を推定するうえで必要な、最上流部の水質を把握するためにも重要と考えられる。

② MIU-4 号孔（掘削長 790m）

正馬様用地中央部よりやや南側（図 1）から、これまで試錐調査が行われていない研究実施領域の北東部に向けた傾斜孔（下向き 60°）を掘削し、花崗岩中における断層、透水性割れ目などの地質学・水理学的特性を明らかにする。なかでも、既存の鉛直孔によって少数しか認められていない高角度の割れ目（帯）の分布、頻度を確認する。また、MIU-4 号孔の試錐調査を行うにあたっては、これまでに得られたデータに基づき、MIU-4 号孔の試錐孔計画位置近傍の地質環境の予測を行い、得られたデータによって、それを検証する計画とする。

(2) 調査項目

- ① 岩芯記載 : 掘削長、岩相、岩石組織、斑晶の種類・粒径・形状、有色鉱物の含有量、風化、変質、岩盤等級、RQD、割れ目の密度・位置・傾斜角・形状・幅、割れ目面上の構造、割れ目沿いの変質、割れ目充填鉱物の特徴
- ② 検層 : 電気検層、密度検層、中性子・ガンマ線検層、音波検層、温度検層、孔径検層、孔曲がり検層、ポアホールレーダー
- ③ ポアホールテレビ調査（BTI 調査） : 割れ目、断層、流理構造、岩相境界、岩脈などの不連続構造の位置、方向、幅、構造など
- ④ 岩石鉱物試験 : 顕微鏡観察、X 線回折、全岩化学組成分析
- ⑤ 岩芯室内物性試験 : 物理試験（有効間隙率、密度、弾性波速度など）、力学試験（一軸圧縮試験、三軸圧縮試験供試体、圧裂引張試験）、熱特性試験（熱伝導率、比熱、熱膨張率）

表1 平成11年度 調査・研究スケジュール (1/2)

	平成11年度											
	H11										H12	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(1) 試錐調査												
・ MIU-2号孔												
・ MIU-3号孔												
・ MIU-4号孔												
(2) 地質・地質構造												
・ 試錐孔における地質・地質構造調査												
・ モデルの構築												
(3) 地下水の水理												
・ 表層水理調査												
・ 深層水理調査												
・ 地下水の長期観測												
・ モデルの構築および地下水流動解析												
(4) 地下水の地球化学												
・ 地下水の採水・分析												
・ 固相を対象とした地球化学的調査												
・ モデルの構築												

表1 平成11年度 調査・研究スケジュール (2/2)

	平成11年度											
	H11										H12	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(5)岩盤力学												
・試錐孔における物性試験 および初期応力測定						室内物性試験・初期応力試験(MIU-2,3号孔)						
・モデルの構築						岩盤力学モデルの構築(AN-1号孔,MIU-1号孔)/ 力学特性の整理(MIU-2,3号孔)						
(7)調査技術・調査機器												
・試錐掘削技術開発						部分保孔装置の適用試験						
・地質構造調査技術開発						リバース三重管ワイヤライン工法の設計変更						
・地下水の水理特性 調査技術開発						弾性波トモグラフィー適用試験・データ解析手法の開発						
・地下水の地球化学特性 調査技術開発						既存調査技術の評価						
・岩盤の力学特性 調査技術開発						水理試験データ解析プログラムの改良						
・第2段階以降に必要となる 調査技術・調査機器の開発						地球化学特性調査機器の改良						
・地質環境データ解析・ 可視化システムの構築						初期応力測定装置の製作						
・情報公開技術の開発						連続波レーダー実験機のアンテナの諸特性調査/ 長期連続観測装置適用試験						
						浸透流解析コード(Frac-Affinity)の高度化						
						VRシステムのソフトウェア検討						

- ⑥初期応力測定 : AE/DRA 試験、水圧破碎法
- ⑦水理試験 : 流体検層（スピナーフローメータ検層、ヒートパルスフローメータ検層、温度検層）、水理試験（パルス試験、スラグ試験、揚水試験）
- ⑧採水・分析
 - 原位置測定項目：水温、pH、酸化還元電位、電気伝導度、溶存酸素、水温、トレーサー濃度など
 - 室内分析項目 : 主要溶存成分、微量溶存成分、溶存ガス、環境同位体コロイド、微生物、有機物など

6. 地質・地質構造に関する調査・研究

6. 1 目標

地表からの調査予測研究段階における地質・地質構造の調査・研究の目標は、以下の3項目にまとめられる（サイクル機構,1998a）。

- ①研究実施領域の地表から地下深部（約2,000m）までの地質・地質構造に関するデータの取得
- ②データの検討結果に基づく地質構造モデルの構築と妥当性の検証
- ③地質・地質構造を体系的に調査・解析する手法の開発

6. 2 実施内容

平成11年度はMIU-3号孔およびMIU-4号孔によって地質・地質構造のデータを取得する。また、MIU-3号孔で取得されたデータとこれまでの知見を用いて、地質構造モデルを構築する。

なお、MIU-4号孔で得られたデータは、これらのモデルと比較・検証し、MIU-4号孔の掘削による地質・地質構造の理解度の変化を把握していく計画である。

6. 2. 1 試錐孔における地質・地質構造調査

平成11年度は「5.試錐調査」で取得されたデータにより、水みちと考えられる断層、透水性割れ目などの分布や特徴を把握する。

6. 2. 2 モデルの構築

(1)地質・地質構造の検討

平成10年度までに、研究実施領域に分布する花崗岩は2つの岩相（黒雲母花崗岩、優白質花崗岩）に、それを覆う堆積岩類は6つの岩相（瀬戸層群、生俵類層、明世類層、土岐夾炭類層の上部層と下部層、土岐夾炭類層基底礫岩）に大きく区分できることが明らかとなった。さらに、MIU-1号孔およびMIU-2号孔の花崗岩は、割れ目密度の高い2つのゾーン（花崗岩最上部から深度350m付近まで、深度800m以深）と、その2つのゾーンに挟まれた割れ目密度の低いゾーン（深度350mから800m付

近)に区分することができた。また、それぞれの試錐孔において、数本の透水性割れ目が抽出された。

平成 11 年度は、MIU-3 号孔の試錐調査結果を用いて、花崗岩の岩相によるゾーン区分、ならびに割れ目密度の分布によるゾーン区分を試みる。さらに、堆積岩の各岩相、月吉断層、透水性割れ目などの主要な地質・地質構造については、試錐孔間の連続性を推定し、MIU-4 号孔で遭遇する地質・地質構造の位置を予測する。

(2) 地質構造モデルの構築

平成 10 年度に、可視化システム（10.2.7 参照）による地質構造モデルの構築を開始した。平成 11 年度は、「6.2.2(1)地質・地質構造の検討」の結果を基に、地質構造モデルの構築を継続する。

7. 地下水の水理に関する調査・研究

7. 1 目標

地表からの調査予測研究段階における地下水の水理に関する調査・研究の目標は、以下の 4 項目にまとめられる（サイクル機構,1998a）。

- ①研究実施領域の地表から地下深部に至るまでの、地下水および物質の移行経路となりうる地質構造要素（断層、割れ目など）および岩盤の水理学的な不均質性（岩相および風化・変質帶など）に関するデータの取得
- ②データの検討結果に基づく水理地質構造モデルの構築と妥当性の検証
- ③坑道を掘削する前の研究実施領域における地下水流动の把握、および坑道の掘削に伴う地下水流动の変化の範囲と規模、ならびに坑道内への湧水量の予測
- ④水理地質構造を体系的に調査・解析する手法の開発

7. 2 実施内容

平成 11 年度は、「5.試錐調査」と表層水理調査によって水理学的データを取得する。また、平成 10 年度に 4km×6km×深さ約 3km において構築を開始した水理地質構造モデルおよび解析条件を用いて、解析領域にある東濃鉱山の坑道を考慮した地下水流动解析（定常状態）および第 2 段階の研究坑道を掘削した状態の地下水流动解析（非定常解析）を実施する。

7. 2. 1 表層水理調査

表層付近での水収支を把握するため、気象観測装置、土壤水分計、地下水位計、河川流量計などを組み合わせた表層水理観測システムを設置し、観測値の年間変動を観測している。

平成 11 年度は、正馬川流域および正馬川モデル領域に設置した既存の観測システムによるモニタリングを継続する。

7. 2. 2 深層水理調査

平成 11 年度は「5. 試錐調査」において、水みちと考えられる断層および透水性割れ目などを対象とした水理試験を実施する。

7. 2. 3 地下水の長期観測

研究実施領域の地下水流动と、試錐孔掘削などが与える水理学的影響を観測するため、既存の試錐孔を用いた地下水位観測および特定の区間における間隙水圧の観測を行う。ここで取得されるデータは、坑道の掘削にともなう水理学的な影響を把握する際の基礎情報として用いられる。

①孔内水位観測

AN-3 号孔(深度約 400m)の花崗岩部および AI-4 号孔(約 91m)の第三紀堆積岩における地下水位の観測を継続する。

②間隙水圧長期観測

AN-1 号孔、MIU-1 号孔および MIU-2 号孔に MP システムを設置し、間隙水圧の観測を行う。

③水質の長期観測

掘削水に添加した異なるトレーサーの検出を行うことにより、観測した区間と検出したトレーサーを使用した試錐孔との間の透水性割れ目の連続性や分布を確認する。

7. 2. 4 モデルの構築および地下水流动解析

(1)水理地質構造モデルの構築

平成 10 年度には、研究坑道の掘削影響を包含する領域として、尾根と河川で囲まれた 4km × 6km × 深さ約 3km の解析領域を設定し、多孔質媒体を対象とした飽和・不飽和浸透流解析コード (TAGSAC) の利用を前提とした水理地質構造モデルの構築に着手した。

平成 11 年度は、上記モデルを継続して構築するとともに、平成 12 年度以降に実施する、より詳細な水理地質構造のモデル化のための情報の整理を行う。月吉断層など水みちと考えられる地質構造要素については、透水性のほかに水理学的連続性や透水異方性などを検討する。岩盤部分については、「6.2.2(2)地質・地質構造の検討」や「5. 試錐調査」の水理試験結果を考慮して、割れ目密度の分布と水理特性との相関を解析するなど、水理特性の不均質性の評価方法を検討する。その際、今後適用する浸透流解析コード（亀裂性媒体などを対象）との適合性を十分考慮する。堆積岩部分については、各岩相の代表値を検討する。

(2)地下水流动解析

平成 10 年度から引き続き、多孔質媒体を対象とした有限要素法による飽和不飽和地下水流动解析コードである TAGSAC を利用して地下水流动解析を実施する。以下に示す 3 段階の解析ステップのうち、平成 10 年度までに第 1 ステップの解析が終了

し、東濃鉱山が掘削される以前の地下深部の地下水流动は、北から南に向かうゆっくりとした流れであることが推定された。

平成 11 年度は、第 2 および第 3 ステップの解析を実施する。

- ①第 1 ステップ：東濃鉱山の坑道と超深地層研究所（地下約 1,000m の立坑）が掘削されていない状態
- ②第 2 ステップ：東濃鉱山の坑道が掘削された状態（現段階での地下水流动を解析）
- ③第 3 ステップ：東濃鉱山および超深地層研究所の立坑が掘削された状態（立坑の掘削に伴う予測解析）

なお、平成 12 年度以降は、本計画による調査・試験データが蓄積され、領域の水理特性をより詳細に検討することが可能となることから、解析手法もより高度なもの（亀裂性媒体などを対象）を適用し、解析手法の高度化に伴う解析結果の信頼度の向上の程度を確認する計画である。さらに、地下水流动解析の境界条件として、上側境界条件については、東濃鉱山や広域地下水流动研究などで実施している流域の異なる表層水理調査の結果を比較検討し、より信頼性のある設定方法を検討する。下方ならびに側方の境界条件については、平成 11 年度の地下水流动解析の結果により、設定方法を検討する。

8. 地下水の地球化学に関する調査・研究

8. 1 目標

地表からの調査予測研究段階における地下水の地球化学に関する調査・研究の目標は、以下の 4 項目にまとめられる（サイクル機構, 1998a）。

- ①研究実施領域の地表から地下深部までに分布する地質および地質構造要素（断層、割れ目など）毎の地下水の地球化学的特性に関するデータの取得
- ②データの検討結果に基づく水質形成機構の解明、および地球化学モデルの構築と妥当性の検証
- ③坑道を掘削に伴う地下水の地球化学特性の変化の予測
- ④地下水の地球化学特性を体系的に調査・解析する手法の開発

8. 2 実施内容

平成 11 年度は、既存の AN-1 号孔、MIU-1 号孔および MIU-2 号孔に設置した MP システムの採水機能を用いて採水・分析を行うとともに、MIU-2 号孔および MIU-3 号孔の岩芯室内試験によってデータを取得する。また、領域の地下水水質形成機構を検討する。

8. 2. 1 地下水の採水・分析

平成 11 年度より、AN-1 号孔、MIU-1 号孔および MIU-2 号孔を対象に採水・分析を開始し、地下水の物理化学パラメータ値、溶存化学成分濃度などの測定を行う。また、平成 10 年度の広域地下水流动研究の成果（サイクル機構、1999b）などを考慮し、MP システムを設置し採水する方針である。

採水・分析においては品質保証が重要であり、岩盤に浸透した掘削水の排出など、誤差を生じさせる要因を事前に取り除く必要がある。そのため、掘削水に微量のトレーサーを添加し、採水時にはその濃度を計測することによって掘削水の排出を確認するなどの、品質管理の方法が重要である。平成 11 年度の試錐孔の掘削においては、掘削水の水質モニタリングを実施し、常に掘削水のトレーサー濃度を一定に保つなどの品質管理を行う。

8. 2. 2 固相を対象とした地球化学的調査

平成 11 年度は、MIU-2 号孔および MIU-3 号孔の岩芯試料を対象に岩石鉱物試験を実施し、土岐花崗岩の造岩鉱物・化学組織などの鉱物学的特性を把握する。調査結果は、地下水の調査結果とあわせて、研究実施領域における水一岩石反応の検討に用いる。

8. 2. 3 モデルの構築

平成 11 年度以降、地下水の分析データが取得される計画であるが、地下水の分析においては、掘削水の混入などがあり、取得されたデータが領域を代表するものであることを示す必要がある。代表性を担保する方法として、水一岩石反応により降水が現在の水質にいたった水質形成機構を特定し、地下水の分析データと比較する方法を検討する。

(1) 地球化学特性分布の推定

これまで地下水の分析結果が得られていないため、岩石で行った造岩鉱物・化学組成などの分析結果を用いて、それらの深度方向の変化から、地下水の地球化学特性(酸化還元境界など)を推定する。

(2) 水質形成機構の推定

水質形成機構の推定には、地下水の起源である降水のデータ、それと反応する岩石のデータ、およびそれらの水一岩石反応と反応時間の特定が必要である。また、反応時間を特定する情報として地下水の滞留時間に関するデータ(年代値など)が必要であり、これは、「7.2.4(2)地下水流动解析」の結果を検証するデータとしても利用できる。

平成 10 年度までは、岩石のデータのみが取得されており、ほかのデータは、今後の試錐調査などによって取得されていく計画である。

平成 11 年度は、既存の広域地下水流动研究などで取得されたデータを参考として、水質形成機構の概略的な検討を行う。

9. 岩盤力学に関する調査・研究

9. 1 目標

地表からの調査予測研究段階における岩盤の力学特性に関する調査・研究の目標は、以下の4項目にまとめられる（サイクル機構,1998a）。

- ①研究実施領域の地表から地下深部に至るまでの岩盤の力学特性に関するデータの取得
- ②データの検討結果に基づく初期応力状態の把握と岩盤力学モデルの構築および妥当性の検証
- ③坑道の掘削に伴う坑道周辺岩盤の力学的安定性の変化の予測
- ④岩盤の力学特性を体系的に調査・解析する手法の開発

9. 2 実施内容

平成11年度は、「5.試錐調査」に示すMIU-3号孔を用いた物理試験、力学試験および初期応力測定のほか、平成10年度から継続しているMIU-2号孔の試験によってデータを取得する。また、これまでに試験が行われたAN-1号孔およびMIU-1号孔のデータを用いて、岩盤力学モデルを構築する。

なお平成12年度以降は、MIU-2号孔の試験データを用いて、調査量と評価結果の信頼性の向上との関係を検討する。

9. 2. 1 試錐孔における物性試験および初期応力測定

平成11年度は「5.試錐調査」で取得したデータにより、岩盤の物性および初期応力を把握する。

9. 2. 2 モデルの構築

平成10年度までに、AN-1号孔およびMIU-1号孔で取得した岩石の物性値（一軸圧縮強度、ヤング率、ポアソン比など）および初期応力状態の深度変化を、それぞれの孔ごとに検討した。その結果、概ね深度方向に三区分できる傾向が認められた。

平成11年度は、このAN-1およびMIU-1号孔のデータのみを検討に用いて、岩盤の物性ならびに初期応力などの分布を予測した岩盤力学モデルを構築する。また、MIU-2号孔およびMIU-3号孔の試験データを整理し、モデルとの整合性、月吉断層の影響を検討する。

10. 調査技術・調査機器の開発

10. 1 目標

地表からの調査予測研究段階における調査技術・調査機器の開発の目標は、以下の2つにまとめられる（サイクル機構,1998a）。

- ①各研究分野で必要とされる調査技術・調査機器の開発および改良
- ②調査に適用された調査技術・調査機器の体系化

10.2 実施内容

超深地層研究所計画の第1段階である「地表からの調査予測研究段階」での調査・研究では、これまで開発してきた調査技術・調査機器を含め、基本的には既存の調査技術・調査機器を適用する。適用された調査技術・調査機器の実績（データの精度や調査機器の信頼性など）が各研究分野からの要求に達しない場合、それらの改良・高度化を図る。

さらに、地質環境特性の異なる様々な地域への適用を考慮して、開発または改良された調査技術・調査機器の適用性や適用範囲を明確にする。また、坑道の掘削を伴う研究段階以降に必要となる調査技術・調査機器については、その開発を現段階で行う。

平成11年度は、各研究分野で用いられる個々の調査技術・調査機器の充実を図る。

10.2.1 試錐掘削技術開発

(1)部分保孔装置の開発

部分的な孔内崩壊に対応するため、部分保孔装置を開発する。部分保孔装置は、部分拡孔用ビット、部分ケーシングおよび部分ケーシング挿入装置から構成され、掘削中の試錐孔の崩壊および掘削後の調査における崩壊に対する保孔技術として適用できる。

平成11年度は、平成10年度に製作した部分ケーシングおよび挿入装置（サイクル機構、1999a）と、これまで適用試験を重ねてきた部分拡孔用ビットを併せて、試錐現場での適用試験を実施し、部分保孔装置の技術の確立を図る。

(2)リバース三重管ワイヤライン工法の開発

岩盤本来の透水性や地下水の地球化学特性を極力乱さずに試錐孔を掘削するためには、試錐孔の掘削の際に清水を使用することが望ましいが、その場合は泥水を使用する場合に比べ孔内崩壊が発生しやすい。その解決のために、清水とスライムの両方をロッド内に通すことにより、これらの孔壁との接触を防ぎ、孔壁の崩壊を最小限にとどめるリバース三重管ワイヤライン工法を開発する。

平成11年度は、これまでに実施した詳細設計を基に、試錐掘削の周辺設備も含めた一連のシステムとしての設計を行う。

10.2.2 地質構造調査技術開発

(1)弾性波トモグラフィー調査技術開発

地下深部での不連続面の広がりを把握するために、深度約1,000mの試錐孔を用いた、弾性波トモグラフィ調査技術を開発する。本開発は、試錐孔（発振孔）への影響の少ない孔内震源（非破壊震源：スパークー）の開発とデータ解析技術開発からなる。平成10年度は、これまでに製作した非破壊震源を用いて既存のAN-1号孔とAN-3号孔との間で適用試験およびトモグラフィー解析を行った。また不連続面の一部である透水性割れ目を確認するためにフローメーター検層を適用試験に合わせて行った。

平成11年度は、MIU-1号孔及びMIU-2号孔を用いて、深度1,000mまでを対象とした適用試験を実施する。また、データ解析技術開発として、分解能の向上を目的としたフルウェーブインバージョンと呼ばれるデータ解析手法の開発を行う。

10.2.3 地下水の水理特性調査技術開発

(1) 1,000m 対応水理試験装置の改良・高度化

地表から地下深部までの水理学的特性に関する信頼性の高いデータを取得するため、地下 1,000m での地温 (50°C~70°C) に対応した高温環境型の水理試験装置を 3 セット、屈曲孔に対応させた試験装置 1 セットを製作してきた。

平成 11 年度は、これらの機器で取得されるデータの解析プログラムの改良を行う。

10.2.4 地下水の地球化学特性調査技術開発

(1) 1,000m 対応地下水の地球化学特性調査機器の改良・高度化

地表から地下深部までの地下水の地球化学特性に関する信頼性の高いデータを取得するため、地下 1,000m での地温 (50°C~70°C) に対応した高温環境型の地球化学調査機器を 3 セット、屈曲孔に対応させた試験装置 1 セットを製作してきた。本調査機器は採水機能（連続採水、被圧不活性状態の採水）と地球化学検層（pH、電気伝導度、酸化還元電位、硫化物イオン濃度、水温）の機能を有する各ユニットから構成される。

平成 11 年度はこれらの調査機器を実際に適用し、機動性や操作性の確認や、必要に応じた改良を行っていく。

10.2.5 岩盤の力学特性調査技術開発

(1) 1,000m 対応初期応力測定装置の開発

岩盤の初期応力は地下空洞設計の最適化や安定性を評価する際の初期条件として不可欠なデータである。一般に用いられている初期応力測定手法は、水圧破碎法や応力解放法などの試錐孔を利用する方法と、AE 法や DRA 法などのコアを利用する方法があるが、それぞれに長所と短所を有している。

これまでに、深度 1,000 m における三次元初期応力を精度良く測定する試験装置を開発するために、既存技術の調査を行った。その結果、応力解放法を選択し、試験装置の設計を行った。

平成 11 年度は、これまでの設計に基づき、装置の製作を行う。

10.2.6 研究坑道の掘削を伴う調査研究段階（第 2 段階）以降に必要となる調査技術・調査機器の開発

(1) 連続波レーダー調査技術開発

一般にレーダートモグラフィ調査が適用されるスケール（試錐孔の孔間距離）は、数十 m 程度までであるが、送信・受信信号に連続波を採用することにより、特に花崗岩などの結晶質岩を対象とした場合は、比抵抗が大きくエネルギーの損失が少ないため、孔間距離を広げられる可能性がある。釜石鉱山などで適用実績のあるボアホールレーダー調査技術の高度化として、アクロス技術を応用して調査深度の拡大と分解能の向上を図ることを目的とした、連続波レーダー調査法を開発する。

平成 11 年度は、平成 10 年度に製作した連続波レーダー実験機により、実験機のアンテナの諸特性を調査する。

(2) 試錐孔を利用した長期連続観測装置の開発

MP システムは、超深地層研究所計画の第 2 段階である「坑道の掘削を伴う研究段階」での立坑掘削や、大規模な揚水試験によって発生する地下水位の低下などを観測する性能を期待していないため、このような高差圧環境に対応した長期連続観測装置を開発する。

平成 11 年度は、実用機の設計要件を確認するために製作した、深度 200m を対象とする実験機の適用試験を平成 10 年度に引き続き実施する。

10. 2. 7 地質環境データ解析・可視化システムの構築

これまでに、分野の異なる研究者間の地質環境モデルなどに関する認識の共有化を図ること、ならびに専門家以外の一般の方々へ研究成果を視覚的に分かりやすく情報提供することを目的として、ワークステーションと複数の解析ソフトウェアを組合せた、地質環境データ解析・可視化システムを構築した。本システムは、本計画によりもたらされる地質環境に関する多種多量のデータに基づいて地質構造をモデル化し、さらに地質構造や地下水の流動現象などを解析し、その結果をディスプレイ上に三次元的に可視化するものである。本計画および広域地下水流动研究における各地質環境モデルの作成に利用し、操作性や解析ソフトの性能向上など必要に応じた改良を行っていく。

平成 11 年度は、本システムに組合わされている浸透流解析コード Frac-Affinity を、飽和不飽和浸透流解析が可能なシステムへと拡張する。

10. 2. 8 情報公開技術の開発

本計画において実施している地層科学研究を、一般の方々に理解していただくための情報提供手段の一つとして、VR システムを構築する。平成 9 年度の適用の可能性についての検討を皮切りに、これまでに、デスクトップパソコンで VR 体験を行うシステム、および当計画ならびに研究所の施設設計画を紹介する「超深地層研究所の仮想体験」ソフトウェアを開発した。

平成 11 年度は、既存のシステムを用いて当計画の研究成果を紹介するソフトウェアの開発、および超深地層研究所の施設完成後に、そこへ設置する具体的な VR システムについての検討（システムの規模や整備すべき機器）を行う。

参考文献

- 動燃事業団(1996)：超深地層研究所 地層科学研究基本計画,動燃技術資料,PNC TN 7070 96-002.
- 核燃料サイクル開発機構(1998a)：超深地層研究所－地表からの調査予測研究段階－平成 10 年度,11 年度研究計画書,サイクル機構技術資料,JNC TN7410 99-004.
- 核燃料サイクル開発機構 (1997a) : 広域地下水流動研究基本計画書,動燃技術資料,JNC TN7020 98-001.
- 核燃料サイクル開発機構(1997b)：超深地層研究所計画 平成 8 年度調査研究報告書,サイクル機構技術資料,PNC TN7410 97-042.
- 核燃料サイクル開発機構(1998b):超深地層研究所計画 年度報告書(平成 9 年度),サイクル機構技術資料,JNC TN7400 99-003.
- 核燃料サイクル開発機構 (1999a) : 超深地層研究所計画 年度報告書 (平成 10 年度) ,サイクル機構技術資料,JNC TN7400 2000-001.
- 核燃料サイクル開発機構 (1999b) : 広域地下水流動研究 年度報告書 (平成 10 年度) ,サイクル機構技術資料,JNC TN7400 2000-002.