

超 深 地 層 研 究 所 計 画
年度計画書（平成13年度）

（技術報告）

2001年6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(第 1 段階)の概要	3
3. 第 1 段階後半の調査・研究の概要	6
4. 平成 12 年度までの調査・研究の現状	11
4. 1 研究成果の統合化	11
4. 2 地表からの調査・研究による地質環境モデルの構築	11
4. 2. 1 地質環境のモデル化技術に関する研究	11
4. 2. 2 調査技術・調査機器の開発	13
4. 3 研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予測	14
4. 4 研究坑道の詳細設計および施工計画の策定	14
4. 5 研究坑道の掘削を伴う研究段階の調査・研究計画の策定	15
5. 平成 13 年度の調査・研究計画	20
5. 1 研究成果の統合化	22
5. 2 地表からの調査・研究による地質環境モデルの構築	22
5. 2. 1 地質環境のモデル化技術に関する研究	22
5. 2. 1. 1 地質・地質構造に関する調査・研究	22
5. 2. 1. 2 地下水の水理に関する調査・研究	27
5. 2. 1. 3 地下水の地球化学に関する調査・研究	32
5. 2. 1. 4 岩盤の力学特性に関する調査・研究	35
5. 2. 1. 5 物質移動に関する調査・研究	37
5. 2. 2 調査技術・調査機器の開発	38
5. 3 研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予測	42
5. 4 研究坑道の詳細設計および施工計画の策定	44
5. 5 研究坑道の掘削を伴う研究段階の調査・研究計画の策定	45
6. スケジュール	47
参考文献	51

1. はじめに

核燃料サイクル開発機構（以下、サイクル機構）は、「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画（平成6年6月24日）」（以下、原子力長計）（原子力委員会、1994）に示された深地層の研究施設の一つに相当する研究施設として、岐阜県瑞浪市明世町月吉の正馬様にあるサイクル機構用地において超深地層研究所を建設し、従来の地層科学研究の一層の拡充を図ることとした。これまでに、1996年11月に策定した「超深地層研究所地層科学研究基本計画（以下、基本計画（1996））」（動燃事業団、1996）に基づき、研究坑道の建設に先立つ地表からの調査・研究を進めてきている。

超深地層研究所における地層科学研究は、結晶質岩（花崗岩）を主な研究対象としており、これまでの地表からの調査・研究の成果は、サイクル機構が1999年11月に国（原子力委員会）に報告した「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—」（以下、第2次取りまとめ）（サイクル機構、1999）などにおいて、深部地質環境に関する取得情報や適用性が確認された要素技術に関する情報などが有効に活用された。

第2次取りまとめの国への報告以降、2000年5月に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」（平成12年法律第117号）が国会において可決・成立し、2000年10月には「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針（通商産業省告示第591号）」の告示、地層処分の実施主体である「原子力発電環境整備機構」の設立、「高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について（第1次報告）」（原子力安全委員会、2000）の提示、さらに2000年11月には原子力委員会により新たな原子力長計が決定されるなど、わが国における地層処分の事業化に向けた具体的な取り組みが着実に進められてきている。

新たに決定された原子力長計（原子力委員会、2000）においては、「深地層の科学的研究等の基盤的な研究開発（中略）を積極的に進めていくこと」および「核燃料サイクル開発機構等は、これまでの研究成果を踏まえ、今後とも深地層の研究施設（中略）を活用し、地層処分技術の信頼性の確認や安全評価手法の確立に向けて研究開発を着実に推進すること」が必要であることが示された。また、この原子力長計は、「深地層の研究施設」を以下のように位置づけ、その重要性を明らかにしている。

- ・「学術的研究の場である」こと
- ・「国民の地層処分に関する研究開発の理解を深める場としての意義を有すること」
- ・「その計画は、処分施設の計画と明確に区分して進める」こと

超深地層研究所計画においては、当面、地表からの調査・研究を実施し、適宜、研究坑道の掘削を伴った調査・研究へと移行する予定である。したがって、今後の地表からの調査・研究においては、これまでに得られた調査・研究成果ならびに残された課題を踏まえ、各分野の調査・研究を合理的かつ効果的に進め、調査・研究成果の統合化を図るとともに、研究坑道を掘削しつつ実施する調査・研究の対象となる深部地質環境、ならびに研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化を予測する必要がある。一方、研究坑道の掘削を伴う調査・研究については、統合した調査・研究成果などを踏まえて、具体的な調査・研究計画を策定する時機にあると言える。

以上のような背景から、サイクル機構では平成8年度に作成した基本計画（1996）

を改訂した。

本計画書は、改訂した「超深地層研究所地層科学研究基本計画 2001 年 4 月（以下、基本計画(2001)）」（サイクル機構, 2001b）に基づき、超深地層研究所計画の平成 13 年度研究計画を示したものである。なお、基本計画（2001）では、各論として「地表からの調査予測研究段階（第 1 段階）後半の計画」（「超新地層研究所計画－地表からの調査予測研究段階－平成 12 年度～14 年度計画書」（サイクル機構, 2000）を、基本計画(2001)に基づき改訂したもの）が示されており、第 1 段階後半の調査・研究計画は、この内容に沿ったものとなっている。

2. 地表からの調査予測研究段階（第1段階）の概要

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の用地内において、調査・研究を実施する計画である。本計画では、正馬様の用地（研究実施領域）内において、約数百m四方（施設スケールと呼ぶ）の地質環境を対象に研究を進め、東濃鉦山やその周辺において進めてきたこれまでの地層科学研究（広域地下水流動研究や東濃鉦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。とくに、広域地下水流動研究については、その実施範囲が正馬様の用地を包含することから、研究成果を相互に活用する。

これらの研究成果は、国が進める安全規制、ならびに原子力発電環境整備機構が行う処分事業の推進に反映させることが重要である。また、地層処分技術の信頼性の確認や安全評価手法の確立に向けた地層処分研究開発の進展に対して、超深地層研究所計画で行う地層科学研究の成果は、時宜を得た役割を果たしていけるように、その成果が取りまとめられることが必要となる。地層科学研究の成果は、適切に地層処分研究開発に反映され、地層処分にかかわる技術が開発・整備されつつあることを示すことにより、地層処分に対する社会の理解の醸成にも寄与するものである。さらに、超深地層研究所は、深部地質環境の実体験などをおして、国民が地層処分に関する研究開発の理解を深めるための場として活用される。

超深地層研究所での地層科学研究は、超深地層研究所施設の建設工程やこれに伴う調査研究の課題、対象、スケールなどの違いを考慮し、以下の3段階に区分して進める計画である。

第1段階：地表からの調査予測研究段階

第2段階：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

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2項目を設定している。

- ①深部地質環境の評価のための体系的な調査・解析・評価技術の基盤の開発
- ②深地層における工学的技術の基盤の開発

これらの全体目標に対し、平成8年度から開始している地表からの調査予測研究段階（第1段階）では、以下の4項目の段階目標を設定している。

- ①地表からの調査・研究による地質環境モデルの構築
- ②研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予測
- ③研究坑道の詳細設計および施工計画の策定
- ④研究坑道の掘削に伴う研究段階の調査・研究計画の策定

超深地層研究所計画の研究実施領域は、サイクル機構の所有地である正馬様の用地（14ha）である（図1）。地下水流動解析をはじめとする解析においては、その解析領域を地形、地質環境の特性などから設定する必要がある（図2に示す約4km×6kmの領域を解析領域と呼ぶ）。このような解析・評価に必要な正馬様用地の外側の領域のデータについては、正馬様用地を含む領域を研究実施領域としている広域地下水流動研究や東濃鉦山における調査試験研究の成果を十分に活用する。

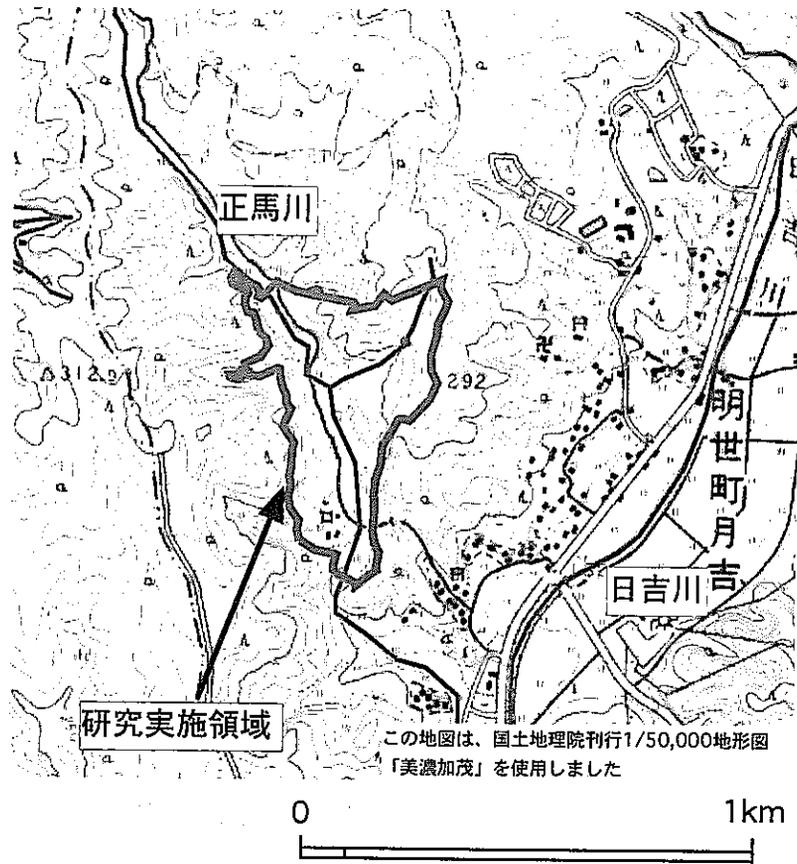


図1 研究実施領域

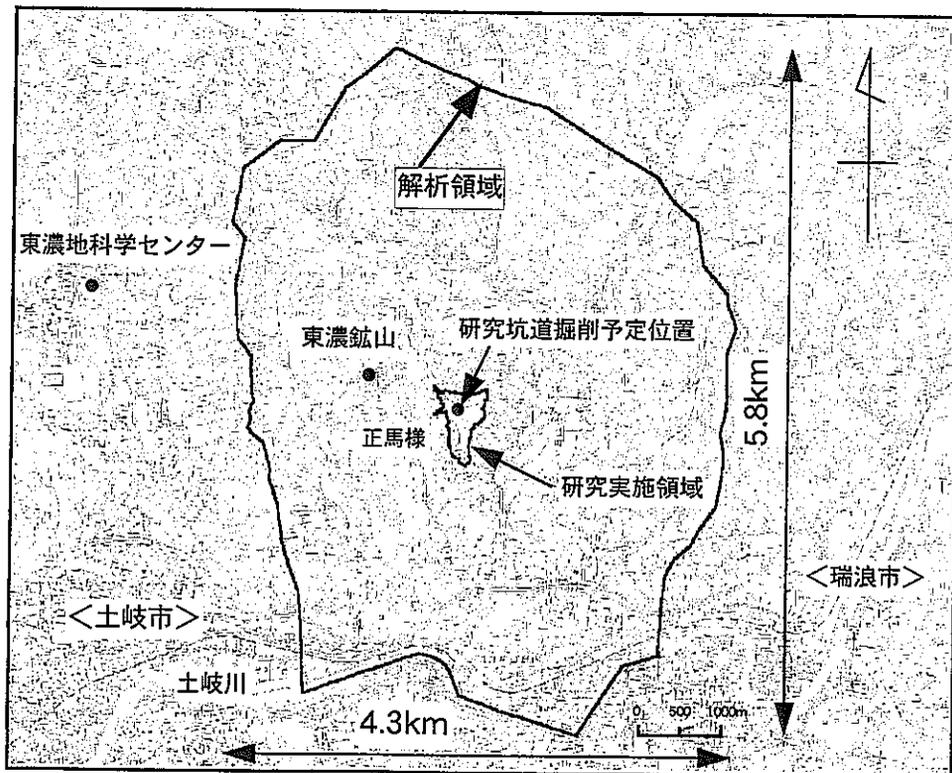


図2 研究実施領域と解析領域

3. 第1段階後半の調査・研究の概要

地表からの調査予測研究段階（第1段階）では、「2. 地表からの調査予測研究段階（第1段階）の概要」に示したとおり、4つの段階目標を設定している。これらの段階目標の相互の関連を踏まえ、体系的に本計画を進めるとともに、それぞれの段階目標の達成度を段階的に確認するため、第1段階後半で計画している主な調査・試験（MIU-4号孔の試錐調査、長期揚水試験、MIU-5号孔の試錐調査）の調査・解析・評価の一連のプロセスごとにマイルストーンを設ける（図3）。

（1）地表からの調査・研究による地質環境モデルの構築

超深地層研究所計画では、特定の中～小領域（数km～数百m）の地表または地下の坑道から深部地質環境に関わる品質の保証された情報を取得し、利用可能な解析・評価手法を用いた、深部地質環境の評価に至る一連のプロセス（概念の提示→計画の立案→調査の実施→モデルの構築および解析→評価）を繰り返して行う。このプロセスの繰り返しを経ることにより、一連の調査・解析技術の有効性を確認し、深部地質環境を評価するための体系的な調査・解析・評価手法を段階的に整備する。

具体的には、事例研究の場である研究実施領域において、先ず既存の情報をもとに構築した地質環境の概念に基づき調査・研究計画を立案する。次に、その調査・研究計画に基づき、これまでに東濃鉱山とその周辺ならび釜石鉱山において実施してきた地層科学研究や国外の地下研究施設（たとえば、スウェーデンのHRL（Hard Rock Laboratory））における国際共同研究などにおいて開発・改良してきた要素技術、あるいはそれらの技術をもとに新たに開発される技術などを系統的に組み合わせ、地表から地下深部までの地質環境に関する品質の保証された情報を総合的に取得する。調査・研究成果については、分野ごとに取りまとめられたのち、分野間の横断的な議論および解釈をとおして、分野間における成果の整合性を確認する。さらに、取得された情報ならびに成果をもとに、地下深部における様々な現象とその現象が生じる場を表現するモデル（地質環境モデル）、ならびにその場と現象を表現する数式モデルなどを構築し、それらのモデルと既存のあるいは新たに開発される解析・評価手法を用いて、対象とするスケールの深部地質環境の評価を行う。この解析・評価結果の妥当性については、試錐孔などを利用して実施される地質環境モニタリングなどにより取得する情報に基づき確認する。

以上述べてきた一連のプロセスを、各段階ごとに、あるいはひとまとまりの調査・研究ごとに繰り返して行うことにより、与えられた地質環境と空間スケールにおいて評価すべき項目が抽出でき、情報の過不足や不確実性などが明確にできると考えられる。ここで重要なことは、これらの知見をフィードバックし、さらに一連のプロセスを繰り返すことにより、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（深部地質環境の理解度）との関係（何をどこまで実施し、どのような手法でどのように解釈すれば、どの程度まで理解できるのか）を事例的に明らかにすることである。これにより、適用した一連の調査・解析技術の有効性を確認し、深部地質環境を評価するための体系的な調査・解析・評価手法（調査・解析・評価の組み立て方）を段階的に整備する。また、国外における同様の調査・研究との比較検討などをとおして、整備した調査・解析・評価手法の妥当

性を確認するとともに、適宜、それらの手法の見直しも行う。最終的には、与えられた地質環境および空間スケールにおいて、地表または坑道から深部地質環境を合理的かつ効果的に評価するための、体系的な調査・解析・評価手法を例示する。

基本計画（2001）に示したこれらの考えに基づき、第1段階においては、地表からの調査・研究により深部地質環境に関する情報を取得し、研究坑道掘削前の未擾乱の地質環境特性を把握する。また、取得した情報の集約と解釈をとおして、施設スケール（数百m四方）の地質環境モデル（地質構造モデル、水理地質構造モデル、地球化学モデルおよび岩盤力学モデル）を構築する。さらに、新たに取得する情報に基づき、適宜、地質環境モデルを更新し、調査の種類・量、解析・評価の手法および結果の精度との関係を把握する。これにより、一連の調査・解析・評価手法の有効性を評価する。

第1段階後半における調査・研究は、既存のあるいは新たに開発される解析手法を適用し、基本的に一連のプロセス（概念の提示→計画の立案→調査の実施→モデルの構築および解析→評価）の繰り返しにより実施する。各分野における調査は、研究実施領域において地表から行われる。実際には試錐孔の本数および深度や調査・研究の期間などの制約とともに、場合によっては、試錐孔の場所や調査・研究項目などに対しても制約が生じることが予想される。したがって、それぞれの調査・研究の精度の向上を図り、合理的かつ効率的な調査・研究を進めることが重要となる。そのため、本段階後半は、データの取得に伴い新たな知見が蓄積される下記の節目ごとに、一連のプロセスを繰り返し行い、評価すべき項目の重要度、情報の過不足や不確実性など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（深部地質環境の理解度）との関係を事例的に明らかにすることとする（図3）。

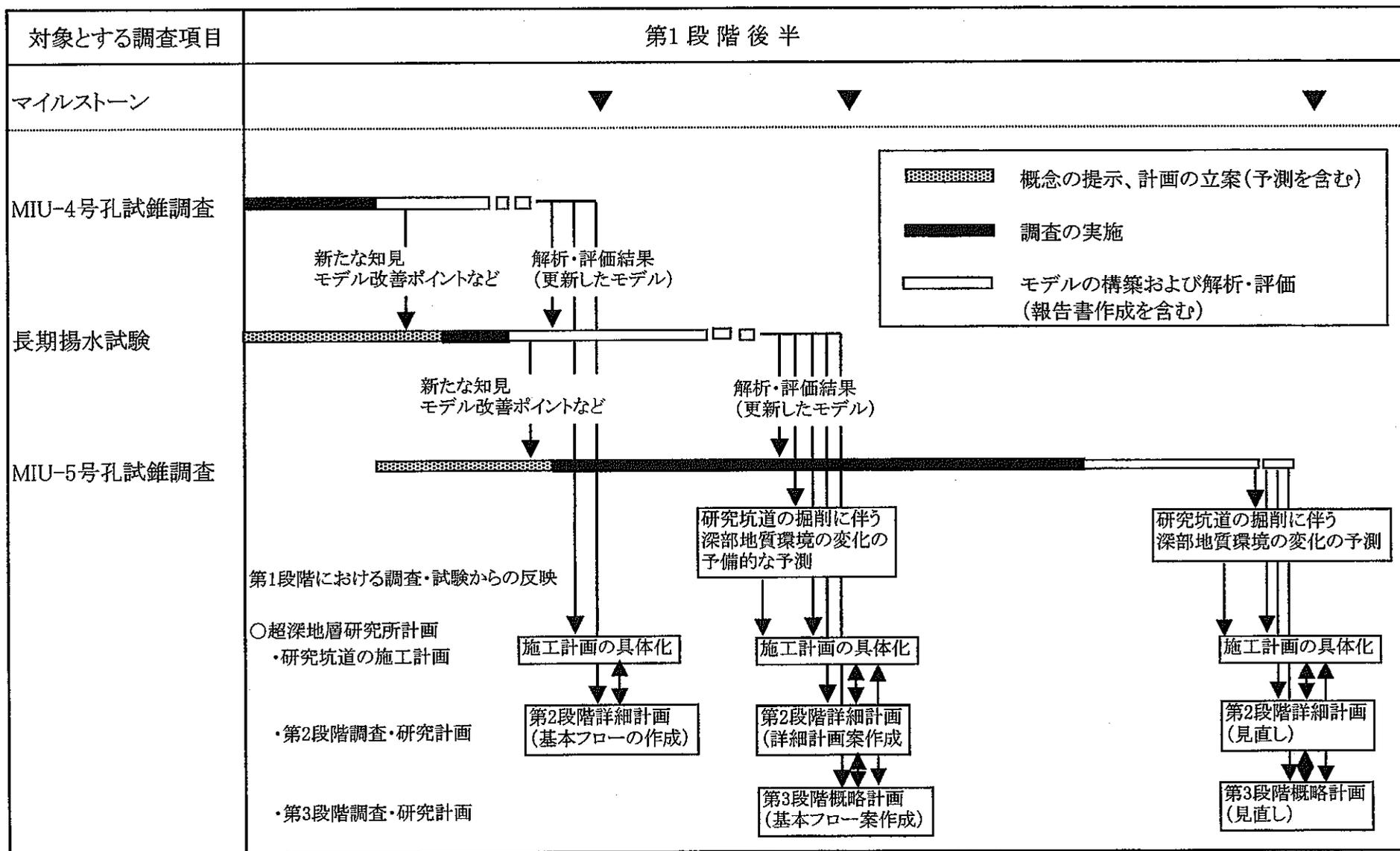
- ① MIU-4号孔の試錐調査
- ② 長期揚水試験
- ③ MIU-5号孔の試錐調査

また、これらのプロセスごとに報告書を取りまとめ、それぞれのプロセスごとの達成度を確認する。さらに、研究坑道と遭遇する地質環境の予測と、研究坑道掘削に伴う地質環境の予測の項目、手法、結果の評価方法などを段階的に取りまとめていく。

これらのプロセスにより得られた知見は、段階的に、研究坑道の詳細設計および施工計画の策定、研究坑道の掘削を伴う研究段階の調査・研究計画の策定に反映する。

なお、上記のように段階的に構築した地質環境モデルなどは、地層処分研究開発に基盤情報として反映され、東海事業所で行う核種移行解析などの研究開発に活用される。

図3 一連の調査・解析・評価のプロセスの繰り返しを考慮した第1段階後半のマイルストーン



(2) 研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予測

「(1) 地表からの調査・研究による地質環境モデルの構築」で構築した地質環境モデルを用いて、研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化（たとえば、地下水流動場の変化やそれに伴う深部地下水の地球化学的特性の変化など）を定量的に予測する。

研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予測は、第1段階の調査・試験で得られた知見に基づき行うが、その準備、第2段階および第3段階の調査・研究計画の策定、ならびに研究坑道の詳細設計および施工計画の策定への反映を考慮し、長期揚水試験を対象とした一連のプロセスを終了後、それらの知見に基づき、研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予備的な予測を行う（図3）。

なお、本段階目標では、「地表からの調査・研究による地質環境モデルの構築」の目標を達成する過程で順次繰り返される予測解析結果をもとに、最終的に研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予測を行う。

(3) 研究坑道の詳細設計および施工計画の策定

第1段階において取得する深部地質環境に関わる情報、および深部地質環境の変化に関する予測結果などを考慮しつつ、第1段階において策定する研究坑道の掘削に伴う研究段階（第2段階）および研究坑道を利用した研究段階（第3段階）における調査・研究計画に基づいて、研究坑道の詳細レイアウトを決定する。また、実際に適用する施工技術ならびに機器設備を選定し、具体的な施工計画を決定する。

研究坑道の詳細設計および施工計画の策定は、第1段階から得られた地質環境特性に関する知見、第2段階の調査・試験計画の策定状況も踏まえ、調査・試験計画との整合性をとりつつ、合理的かつ実現可能な施工計画としていく。

具体的には、図3に示すとおり、MIU-4号孔試錐調査によるモデルの構築および解析・評価の結果、長期揚水試験によるモデルの構築および解析・評価の結果、研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予備的な予測、および第1段階の研究成果による最終的な予測の結果を段階的に反映し、施工計画の見直しを行うこととする。

(4) 研究坑道の掘削に伴う研究段階の調査・研究計画の策定

「(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「(2) 研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予測」で示した深部地質環境に関わる情報および予測結果などを踏まえ、第2次取りまとめの評価報告書（原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会、2000）などに示された今後の研究開発の課題を考慮しつつ、研究坑道の掘削に伴う研究段階（第2段階）における詳細な調査・研究計画の策定、および研究坑道を利用した研究段階（第3段階）における概略的な調査・研究計画の見直しを行う。

第2段階および第3段階の調査・研究計画の策定は、図4に示すマイルストーンを踏まえ、段階的に行う（図4）。

上記の調査・研究計画の策定などは、施工計画との整合性をとりつつ、合理的かつ実現可能な調査・研究計画としていく。

具体的には、図4に示すとおり、MIU-4号孔試錐調査によるモデルの構築および解析・評価の結果、長期揚水試験によるモデルの構築および解析・評価の結果、研究坑

道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予備的な予測，および第1段階の研究成果による最終的な予測の結果を段階的に反映し，第2段階の詳細な調査・研究計画，第3段階の概略的な調査・研究計画の作成・見直しを行っていく。

	～平成12年度	平成13年度	平成14年度	平成15年度
			第1段階	▼ 立坑掘削開始予定
			第2段階	
[第2段階の調査・研究計画の策定]				
①基本計画の改訂 (段階目標、対象範囲等の設定)				
②調査・解析・評価の基本フローの作成 (基本フローとその考え方、課題)				
③詳細計画書の作成 (調査の種類・量、評価の方法の具体化、 施工計画などを踏まえた調査・研究計画など)				
[第3段階の調査・研究計画の策定]				
①基本計画の改訂 (段階目標、対象範囲等の設定)				
②調査・解析・評価の概略的なフローの作成 (概略的なフローとその考え方、計画立案 のための検討課題の設定、計画立案に必 要な第2段階での調査内容の明確化など)				
③概略計画書の見直し				
		MIU-4号孔試錐調 査までに得られた地 質環境特性の知見	長期揚水試験まで に得られた地質環 境特性の知見	第1段階において 得られた地質環 境特性の知見
			予備的な予測 解析による知見	

図4 第2段階および第3段階の調査・研究計画の策定スケジュール

4. 平成 12 年度までの調査・研究の現状

4. 1 研究成果の統合化

第 1 段階後半においては、「3. (1) 地表からの調査・研究による地質環境モデルの構築」に示した考え方にに基づき、地表からの調査・研究成果の統合化を以下の 2 項目に集約して進め、第 1 段階を締めくくることが重要である。

- ① 地表からの調査・研究成果の反映先（たとえば、次段階以降の調査・研究計画の策定や研究坑道の詳細設計など）を明確にするとともに、第 1 段階前半の調査・解析の進め方やその技術の適用などに関する知見を整理し、それぞれの反映先に集約される成果の種類、量および内容を明示する。
- ② 地表からの調査・研究において取得した情報について、分野間の横断的な解釈や理解、解析および評価を経て、最終的に前述のそれぞれの反映先に集約されるまでの統合化のフローを具体化する。まず、第 1 段階前半の成果に基づいて調査・解析・評価フローを例示し、最終的には平成 14 年度までに整理された知見をもとに、本研究実施領域を事例とした深部地質環境を理解するための調査・解析・評価体系を例示する。

平成 12 年度には、第 1 段階前半の調査・研究成果に基づき、各分野（地質・地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、岩盤力学）ごとに調査・解析・評価フローを例示した（図 5）。

4. 2 地表からの調査・研究による地質環境モデルの構築

4. 2. 1 地質環境のモデル化技術に関する研究

(1) 地質・地質構造に関する調査・研究

本調査・研究の第 1 段階の目標は、研究実施領域の地質・地質構造を把握するとともに、地下水の流動や水質形成などを規制すると考えられる地質構造要素を同定し、地質構造モデル（施設スケール）を構築することである。

第 1 段階前半においては、地上物理探査や MIU-1~3 号孔試錐調査などを実施し、既存情報に基づく情報を用いた地質構造モデル、および本計画第 1 段階前半の研究結果を加えた地質構造モデルを構築した。第 1 段階前半の研究結果により、研究実施領域における地質として、表層の未固結砂礫層（瀬戸層群）、3 層に区分される堆積岩（瑞浪層群）、土岐花崗岩体の黒雲母花崗岩相ならびに優白質花崗岩相の分布を把握することができた。また、主要な地質構造要素として、土岐花崗岩体上部の風化部、上部割れ目帯、月吉断層およびそれに伴う割れ目帯が抽出でき、その分布も可視化することができた（サイクル機構、2001a）。

平成 12 年度においては、これまでに調査していない研究実施領域北東部の地質・地質構造、および高角度の割れ目（帯）（以下、高角割れ目（帯））の頻度分布などに関する情報を取得するため、MIU-4 号孔の試錐調査（図 6）を開始している。また、既存試錐孔で確認された地質構造の連続性を推定するため、これまでに実施した地上物理探査の解析を行った。

(2) 地下水の水理に関する調査・研究

本調査・研究の第1段階の目標は、地質構造モデル（施設スケール）で表現された地質構造要素の水理学的特性を把握し、水理地質構造モデル（施設スケール）を構築するとともに、研究実施領域における研究坑道前、建設中および建設後の地下水流動場を推定（段階目標「研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予測」で実施）することである。

第1段階前半においては、表層水理調査として、領域内の河川流量や気象パラメータなどの観測を実施するとともに、深層水理調査として、MIU-1~3号孔における水理試験などを行った。これらの情報を踏まえ、既存の情報に基づく場合と本計画において取得した情報を加えた水理地質構造モデルを構築し、地下水流動解析を行った。その結果、割れ目などの不連続構造に起因する、土岐花崗岩中の不均質な物性分布を等価な連続体モデルに置き換えて表現することにより、研究坑道（とくに主立坑）の掘削時に、透水性割れ目の分布の傾向に沿った不規則な水頭低下領域が生じることが推定された。また、月吉断層の遮水機能についても、これまでの推定結果と整合する結果が得られたことから、透水性割れ目や断層などの不連続構造（地質構造要素）を含む領域の地下水流動解析においては、不均質な物性分布を等価な連続体モデルに置き換えることにより、より現実的な地下水流動を推定できることが示された。

平成12年度においては、表層水理調査として、地下水流動解析の境界条件ならびに初期条件の設定、および地下水涵養量の算定のため、表層水収支観測を継続している。深層水理調査として、これまでに調査していない研究実施領域北東部の水理特性、および高角割れ目（帯）の水理特性を把握するため、MIU-4号孔の試錐調査（傾斜孔）を実施している。また、AN-3号孔、MIU-1,3号孔にMPシステムを設置し、平成11年度までにMPシステムを設置したAN-1号孔およびMIU-2号孔を加えた各孔においてMIU-4号孔の掘削や水理試験に伴う圧力応答を観測している。さらに、水理地質構造モデルの構築手法および地下水流動解析手法の適用性の評価に向けて、連続体および不連続体の両方で、水理地質構造モデルの構築と地下水流動解析を開始した。

(3) 地下水の地球化学に関する調査・研究

本調査・研究の第1段階の目標は、研究実施領域における深部地下水の地球化学的特性の三次元的分布を把握し、水-岩石反応試験や理論解析などの結果と合わせて地球化学モデル（施設スケール）を構築すること、研究坑道掘削に伴う地下水流動場の変化により生じる深部地下水の地球化学的特性の変化を予測（段階目標「研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予測」で実施）することである。

これまでに、東濃鉾山とその周辺において実施している広域地下水流動研究により、研究実施領域周辺の土岐花崗岩中における浅部（深度300mまで）の地下水は中性（ $\text{pH} \approx 7$ ）かつ酸化性（ $\text{Eh} > 0\text{mV}$ ）で、 $\text{Ca}^{2+}\text{-Na}^+\text{-HCO}_3^-$ 型であるのに対し、より深部にいくにしたがい、地下水は弱アルカリ性（ $\text{pH} \approx 9 \sim 10$ ）かつ還元性（ $\text{Eh} < -300\text{mV}$ ）で $\text{Na}^+\text{-HCO}_3^-$ 型へと変化することなどが明らかとなっている。一方、本研究実施領域においては、水質形成機構の検討のため、土岐花崗岩の $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 量比が深度300mを境に減少することから、研究実施領域における土岐花崗岩体中においても酸化還元境界が深度300m付近にあることが推定された。

平成12年度においては、降水および河川水の採取・分析、水質や環境同位体など

に関するデータを取得するとともに、MIU-4号孔において地下水を採取し、分析を行った。

(4) 岩盤の力学特性に関する調査・研究

本調査・研究の第1段階の目標は、研究実施領域における土岐花崗岩体の力学物性（物理特性、変形特性、強度特性）および初期応力状態を三次元的に把握し、岩盤力学モデル（施設スケール）を構築すること、研究坑道掘削に伴う坑道周辺岩盤の挙動および応力変化、ならびに応力集中に伴う岩盤の損傷範囲について予測（段階目標「研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予測」で実施）することである。

第1段階前半においては、AN-1号孔、MIU-1～3号孔において取得した物理物性、力学物性および初期応力データに基づき、AN-1号孔、MIU-1号孔の調査結果に基づくモデル、MIU-2号孔のデータを加えたモデル、MIU-3号孔のデータを加えたモデルの3段階で、モデルを構築した。その結果、物理物性・力学物性や応力状態の異なる3つのゾーン（地表～深度300m、400m程度、深度300m、400m～700m程度、深度700～1,000m程度）からなる岩盤力学概念モデルを構築した。

平成12年度においては、MIU-4号孔における力学特性調査を行った。また、上記の岩盤力学概念モデルを用いて、研究坑道掘削による施設周辺岩盤の変形挙動などの予備解析に用いる岩盤力学モデルを構築した。

(5) 物質移動に関する調査・研究

本調査・研究の第1段階の目標は、試錐孔を利用した調査により物質移行・遅延特性に関する基礎情報を整備するとともに、研究坑道におけるトレーサ試験などの原位試験や物質移行解析などの計画の立案を行う（段階目標「研究坑道の掘削に伴う研究段階の調査・研究計画の策定」で実施）ことである。

第1段階前半においては、地質・地質構造に関する調査・研究および地下水の水理に関する調査・研究の一環として、土岐花崗岩中における物質の移行・遅延を規制すると考えられる主要な透水性割れ目について、地質学的・水理学的情報を取得した。

平成12年度においては、これまでの試錐調査の結果に基づき透水性割れ目などに関する情報を整理した。

4. 2. 2 調査技術・調査機器の開発

調査技術・調査機器の開発の第1段階の目標は、地表からの調査・研究に必要とされる既存の調査技術・調査機器の高度化を図るとともに、個々の調査技術の適用条件や適用範囲などを明確にすることである。

第1段階前半においては、地表からの調査技術・調査機器の開発として、以下に示す成果を得ている。

- ・試錐掘削に関わる技術開発として、孔壁の崩壊を最小限にとどめるリバース式三重管ワイヤライン工法の設計、および局所的な孔内崩壊に対応できる部分保孔装置の開発を行った。
- ・地質構造調査に関わる技術開発として、試錐孔を利用した弾性波トモグラフィー調査に用いる非破壊震源の開発を行った。

- ・地下水の水理学的特性・地球化学的特性調査に関わる技術開発として、1,000m 対応および高温(70度)対応の水理試験装置,地下水の地球化学的特性調査機器,揚水試験装置およびモニタリング装置を製作するとともに,これらの装置を屈曲孔に対応させられるよう改良した。
- ・岩盤の力学的特性調査に関わる技術開発として,1,000m 対応初期応力測定装置を設計し,装置の一部製作を行った。
- ・取得情報の効率的な運用・管理およびモデル化に関わる技術開発として,データベースシステムおよび三次元的可視化システムをそれぞれ構築し,それらのシステムの運用を継続した。

平成12年度においては,地表からの調査技術・調査機器の開発とし,以下を行った。

- ・地質構造調査に関わる技術開発として,MIU-4号孔における試錐調査などの新たな調査の結果を順次付加し,それらの相互比較を組み合わせの検討を行った。
- ・地下水の水理学的特性・地球化学的特性調査に関わる技術開発として,遮水性向上のために,検層ユニットの水回路と水理試験装置光ケーブルコネクタを改良した。また,1,000m 対応揚水試験装置については,揚水ポンプの直上にパッカー機能を新たに付加し,井戸貯留の影響を小さくし,短期間の揚水試験に対応できるよう改良を行った。また,水理試験データの解析手法の高度化を行い,MIU-4号孔の試錐調査における水理試験に活用した。
- ・岩盤の力学的特性調査に関わる技術開発として,1,000m 対応初期応力測定装置のデータ収録部などの部分を製作し,装置の機能確認試験を行った。
- ・取得情報の効率的な運用・管理およびモデル化に関わる技術開発として,データベースシステムおよび三次元的可視化システムのシステムの運用を継続した。

4.3 研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予測

第1段階の目標は,「4.2 地表からの調査・研究による地質環境モデルの構築」で示した地質環境モデルを用いて,研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化(たとえば,地下水流動場の変化やそれに伴う深部地下水の地球化学的特性の変化など)を定量的に予測することである。

これまでに,「4.2.1(2) 地下水の水理に関する調査・研究」に示した既存の情報に基づく水理地質構造モデルと本計画において取得した情報を加えた水理地質構造モデルの2つについて,研究坑道(とくに主立坑)の掘削による地下水流動の変化を対象とした予備的な解析を試みた。また,「4.2.1(4) 岩盤の力学特性に関する調査・研究」で示した岩盤力学概念モデルを用いて,研究坑道掘削による施設周辺岩盤の変形挙動の予備的な解析を行った。

4.4 研究坑道の詳細設計および施工計画の策定

第1段階の目標は,研究実施領域における深部地質環境に関わる情報や第2段階以降の調査・研究計画に基づいて,研究坑道の詳細レイアウトを決定するとともに,実際に適用する施工技術ならびに機器設備を選定し,具体的な施工計画を決定すること

である。

第1段階前半において、研究坑道の掘削を伴う研究段階ならびに研究坑道を利用した研究段階において実施する必要がある調査・研究として選定した項目（サイクル機構、1999b）に基づき、研究坑道の展開手順や仕様の決定方法などについて検討を行った。また、本段階前半において取得した深部地質環境に関わる情報に基づき、研究坑道のレイアウト案を作成した。さらに、このレイアウト案をもとに現実的な研究坑道の施工計画案（見掛ほか、2000）を作成した。

平成12年度においては、坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）および坑道を利用する研究段階（第3段階）に実施する調査・研究項目を明確にし、研究坑道のレイアウトおよび建設スケジュールを策定している。また、研究坑道掘削に必要な設備、研究坑道の仕様案を検討するとともに、施工計画案を策定した。

4. 5 研究坑道の掘削を伴う研究段階の調査・研究計画の策定

研究坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）の段階目標としては以下の4つが設定されている。

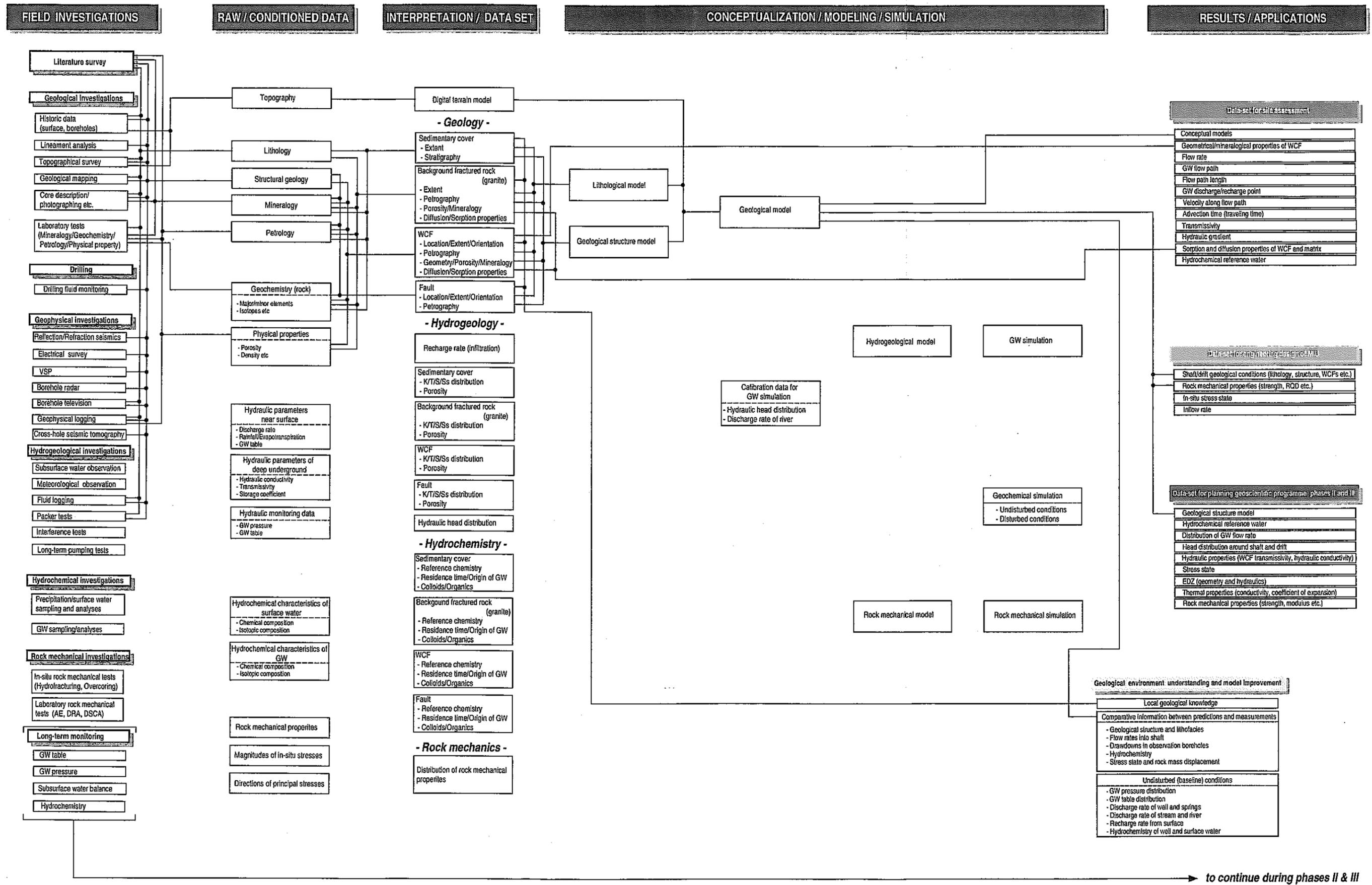
- ①研究坑道の掘削を伴う調査・研究による地質環境モデルの構築
- ②地表からの調査予測研究段階における予測結果の妥当性評価および研究坑道周辺の地質環境の変化の予測
- ③研究坑道の施工・維持・管理にかかわる工学的技術の有効性の確認
- ④研究坑道を利用した研究段階の調査・研究計画の策定

また、研究坑道を利用した研究段階（第3段階）の段階目標としては以下の3つが設定されている。

- 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
- ②研究坑道の掘削を伴う研究段階における予測結果の妥当性評価
- ③深地層における工学的技術の有効性の確認

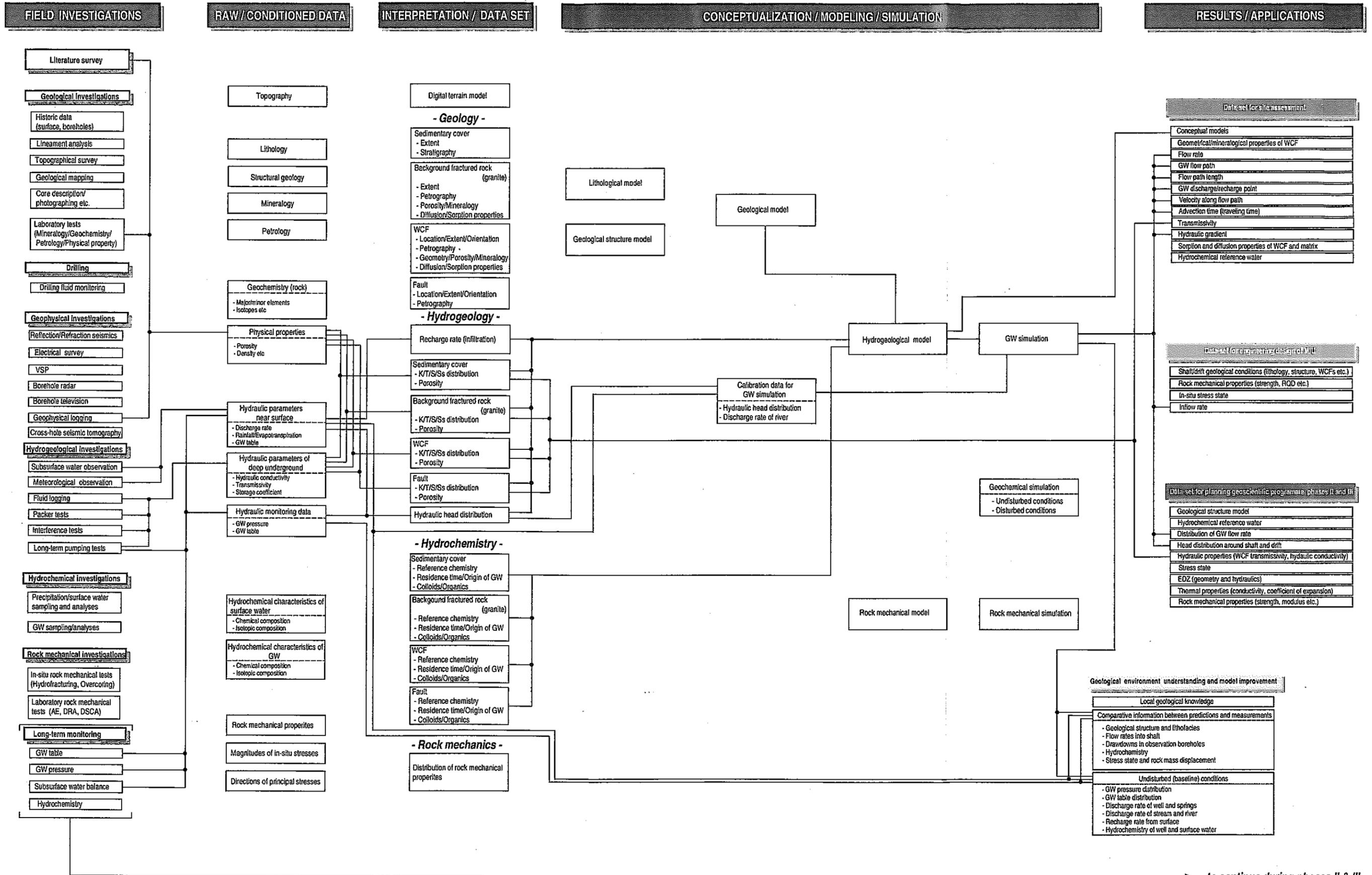
第1段階の目標は、本段階において取得する深部地質環境に関わる情報、深部地質環境の変化に関する予測結果、および今後の調査・研究の課題などを踏まえ、研究坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）における詳細な調査・研究計画、および研究坑道を利用した研究段階（第3段階）における概略的な調査・研究段階を策定することである。

これまでに、取得した深部地質環境に関わる情報を踏まえ、国外における同様の調査・研究事例や原子力委員会（1994）が示した深地層の研究施設に求める成果などを考慮し、研究坑道の掘削を伴う研究段階ならびに研究坑道を利用した研究段階において実施する必要がある調査・研究項目を選定し（サイクル機構、1999a）、その必要性（優先度）について検討した。



Explanatory notes
 RHS : Regional hydrogeological study K : Hydraulic conductivity
 WCF : Water-conducting fracture T : Transmissivity
 GW : Groundwater Ss : Specific storage
 S : Storage

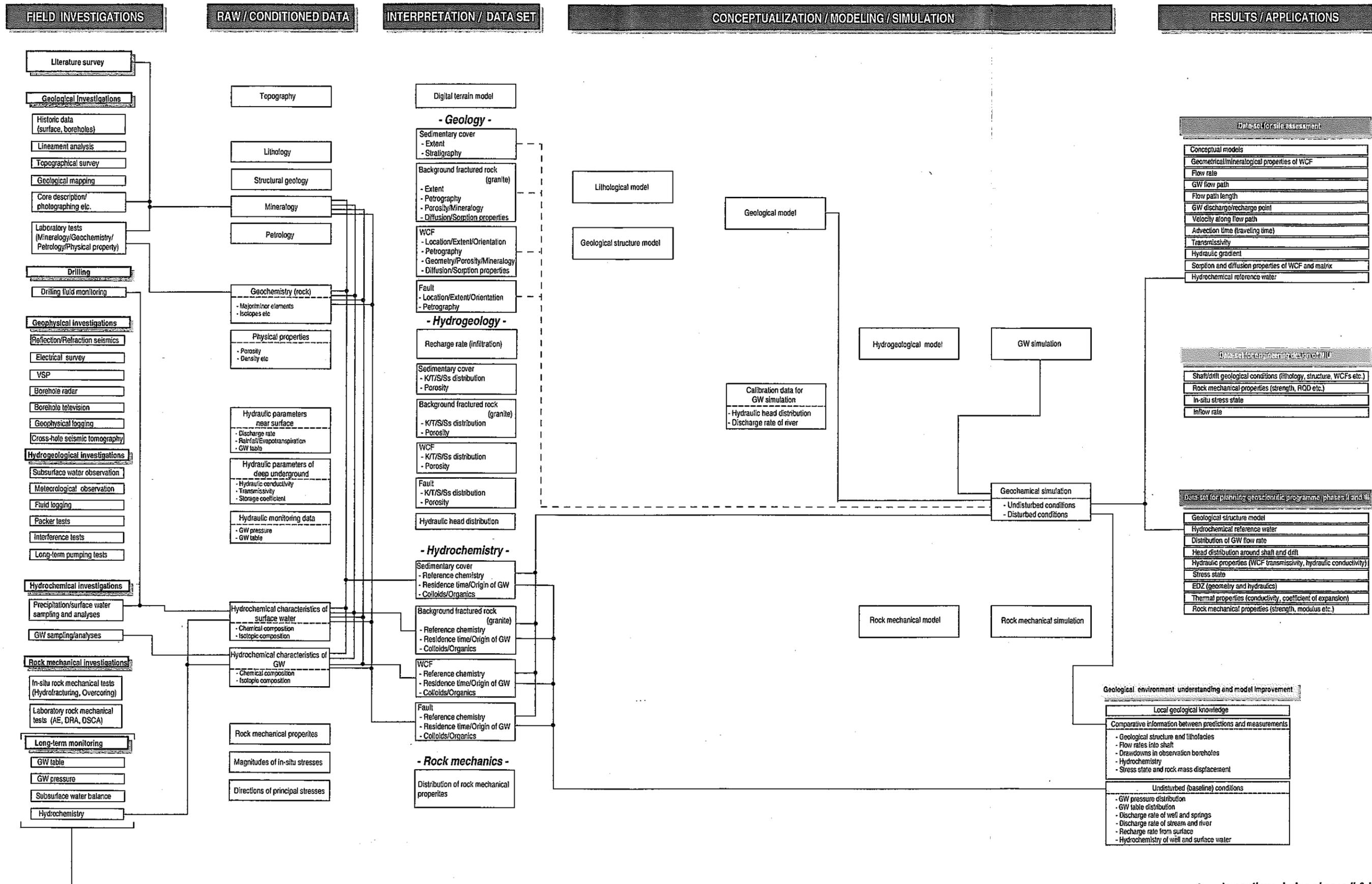
図5(a) 第1段階前半の成果に基づく調査・解析・評価の統合化データフロー（地質・地質構造）



to continue during phases II & III

Explanatory notes
 RHS : Regional hydrogeological study K : Hydraulic conductivity
 WCF : Water-conducting fracture T : Transmissivity
 GW : Groundwater Ss : Specific storage
 S : Storage

図5(b) 第1段階前半の成果に基づく調査・解析・評価の統合化データフロー（地下水の水理）



to continue during phases II & III

Explanatory notes
 RHS : Regional hydrogeological study
 WCF : Water-conducting fracture
 GW : Groundwater
 K : Hydraulic conductivity
 T : Transmissivity
 Ss : Specific storage
 S : Storage

図5(c) 第1段階前半の成果に基づく調査・解析・評価の統合化データフロー（地下水の化学）

（波線部は、第1段階前半における地質・地質構造データセットと地球化学シミュレーションとの関連を示す。第1段階後半では、地質モデルが地球化学シミュレーションの基盤情報となる。）

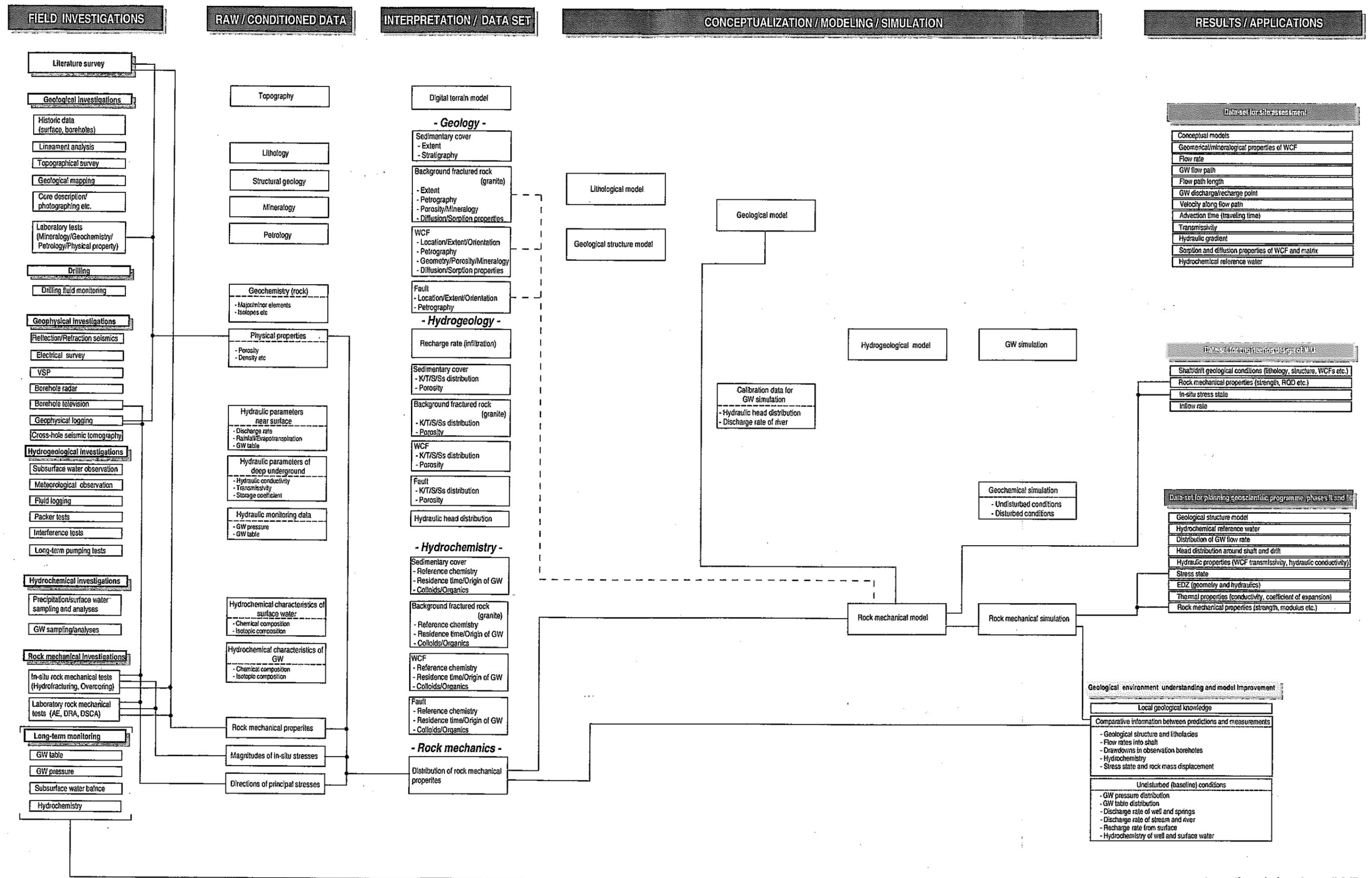


図5(d) 第1段階前半の成果に基づく調査・解析・評価の統合化データフロー（岩盤力学）

（波線部は、第1段階前半における地質・地質構造データセットと岩盤力学モデルとの関連を示す。第1段階後半では、地質モデルが岩盤力学モデルの基盤情報となる。）

Explanatory notes
 RHS : Regional hydrogeological study
 WCF : Water-conducting fracture
 GW : Groundwater
 K : Hydraulic conductivity
 T : Transmissivity
 Ss : Specific storage
 S : Storage

5. 平成 13 年度の調査・研究計画

平成 13 年度においては、「3. 第 1 段階後半の調査・研究の概要」に示すとおり、一連の調査・解析・評価のプロセスの対象とする調査項目のうち、MIU-4 号孔における試錐調査（図 6）および長期揚水試験を実施する。MIU-4 号孔における試錐調査は平成 13 年度上期に終了予定であり、MIU-4 号孔における試錐調査の解析・評価と既存の地質環境モデルとの比較・評価を行い、報告書を取りまとめる。これらの結果を踏まえ、施工計画の検討、第 2 段階の詳細な調査・研究計画の検討を行い、平成 13 年度後半から平成 14 年度にかけて研究坑道の施工計画の見直しおよび第 2 段階の調査・解析・評価の基本フローの作成を行う。

また、長期揚水試験は、平成 13 年下期に行われるため、その解析・評価は平成 14 年度にかけて継続して行うこととなる。これらの結果を踏まえ、平成 14 年度以降、研究坑道の施工計画の見直し、第 2 段階の詳細な調査・研究計画案の作成を行う。

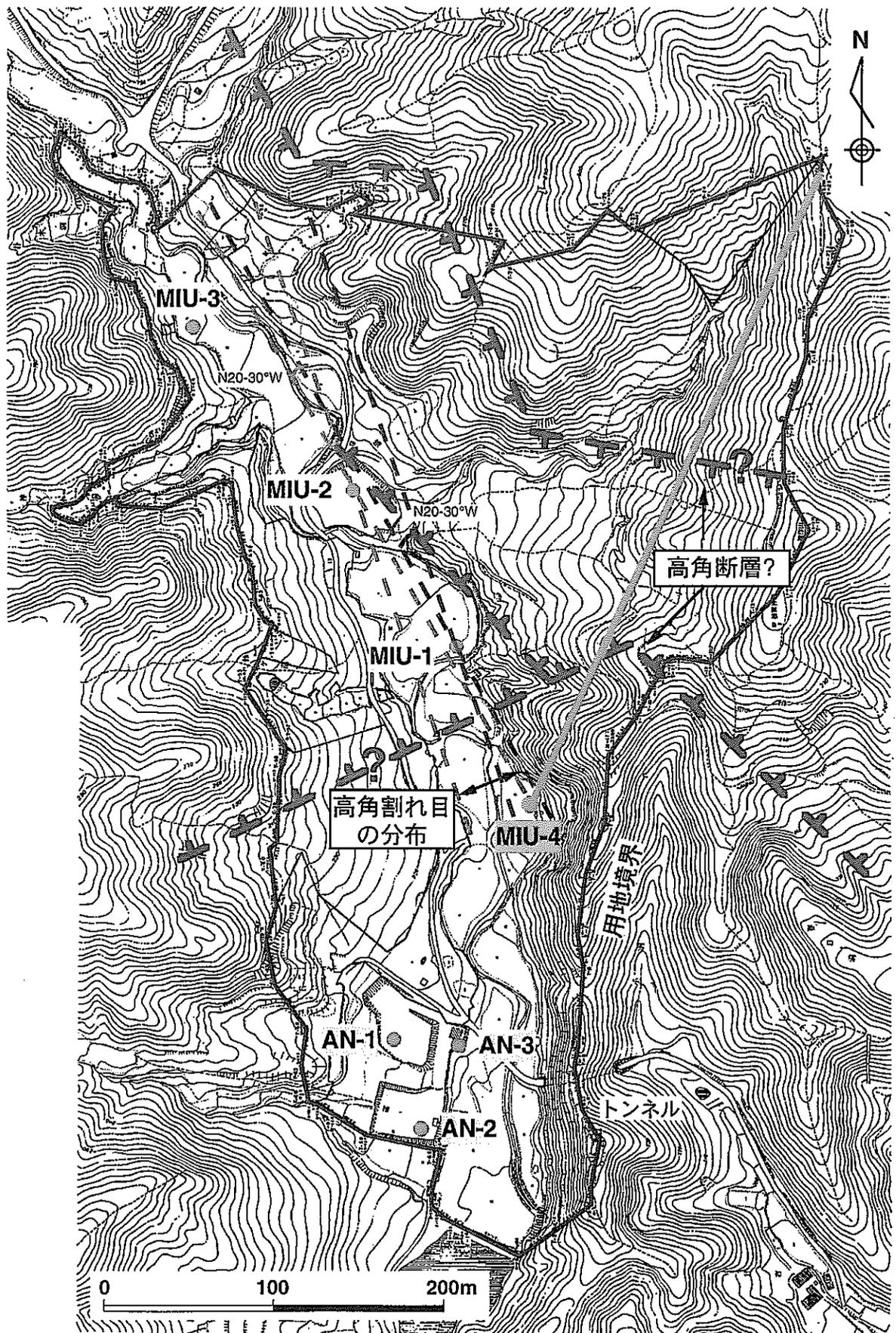


図6 試錐調査位置図

5. 1 研究成果の統合化

平成 13 年度以降は、以下の手順に基づき、「4. 1 研究成果の統合化」の①および②に示した内容を具体化していく。

- ・各調査、解析、評価の計画の策定は、図 5 に基づき、インプットおよびアウトプットの情報がもつ不確実性など、インプット、アウトプット先との連携を確認し、計画を策定する。この際、分野間の横断的な議論をとおして、必要に応じて図 5 を修正する。
- ・各調査、解析、評価の結果が得られた時点で、具体的なデータを用いて上記の内容を再度確認するとともに、調査の種類・量、解析評価の手法と結果の精度との関係を整理する。この際、分野間の横断的な議論をとおして、必要に応じて図 5 を修正する。
- ・繰り返しアプローチを考慮した第 1 段階後半のマイルストーンごとに図 5 を修正し、これらの知見を取りまとめる。

また、第 1 段階後半は、第 1 段階の調査・研究成果を取りまとめる時期にあたることから、第 2 段階の調査・試験で取得したデータとの比較によるモデル化技術および調査技術の評価の内容を想定し、第 1 段階の調査・研究成果の報告書の具体的な構成、項目、内容の整理を行う。

5. 2 地表からの調査・研究による地質環境モデルの構築

5. 2. 1 地質環境のモデル化技術に関する研究

5. 2. 1. 1 地質・地質構造に関する調査・研究

(1) 平成 13 年度の概要

平成 13 年度の地質・地質構造に関する調査・研究の主な内容は以下のとおりである。

- ①試錐調査により得られた地質・地質構造と地上物理探査との対比を行う。
- ②これまでに調査していない、研究実施領域中央部から北東部にかけての地質・地質構造に関するデータを取得する。
- ③高角割れ目（帯）に関するデータを取得する。
- ④②および③で取得したデータと、これまでに構築してきた既存の地質構造モデルとの比較をとおして既存の地質構造モデルの妥当性を評価するとともに、地質構造モデルを更新する。くわえて、調査の種類・量、解析評価の手法と結果の精度との関係を整理する。
- ⑤④の結果を踏まえ、第 1 段階における最終的な地質構造モデルの妥当性を確認するため、研究坑道を掘削しつつ取得する情報と地質構造モデルとの比較項目、比較・評価方法を整理する。
- ⑥地質構造モデルで設定した各地質構造要素ごとのパラメータについて、調査・試験から各地質構造要素ごとのパラメータ設定までの流れと、これまでの調査・試験の適用性を整理する。

(2) 実施内容

第1段階後半においては、試錐孔を利用した調査・研究（たとえば、岩芯観察や物理検層）や岩芯を用いた室内調査などにより、深度1,500m程度までの地質・地質構造を把握する。とくに、地下水の流動や水質形成などを規制すると考えられる地質構造要素（岩相、風化帯、変質帯、割れ目（帯）、断層、岩脈など）に着目し、その分布および性状を把握する。この結果に基づき、研究実施領域の地質・地質構造を予測するとともに、第1段階前半において構築した地質構造モデルを更新する。

平成13年度においては、平成12年度より開始したMIU-4号孔（傾斜孔）における試錐調査を継続し、これまでに調査していない研究実施領域北東部の地質・地質構造、および高角割れ目（帯）の頻度分布に関するデータを取得する。また、これまでにを行った試錐調査による地質・地質構造と地上物理探査（反射法弾性波探査）との対比結果を補完するため、VSP法探査を行う。さらに、これまでに構築した地質・地質構造とMIU-4号孔の試錐調査で得られた新たなデータを比較し、地質・地質構造モデルを更新する。くわえて、地質構造モデルで設定した各地質構造要素ごとのパラメータについて、調査・試験から各地質構造要素ごとのパラメータ設定までの流れと、これまでの調査・試験の適用性を整理する。

(i) 地上物理探査

反射法物理探査の結果と試錐調査による地質・地質構造との対比を行った結果、反射法物理探査を行った測線上で断層を示唆すると考えられる不連続部が数箇所検出できた。また、花崗岩の上部割れ目帯（図7）では、健岩部と異なり、反射面の存在を示唆する結果が得られた。しかし、反射法弾性波探査と合わせて行ったVSP法探査は、探査測線がMIU-1号孔の位置と離れていること、MIU-1号孔の堆積岩部分に設置されたケーシングにより、浅層部で十分な結果が得られておらず、結果として、試錐調査による地質・地質構造と地上物理探査の対比が十分行えなかった。

平成13年度は、新たに試錐孔を掘削し、VSP法探査を行う。新たに掘削する試錐孔は、①これまでに行われた反射法弾性波探査の測線上である、②堆積岩が厚く分布する、③これまでの解析結果で断層を示唆する不連続部が明瞭に認められる、という条件を満たす場所で掘削する。また、掘削深度は、上部割れ目帯の底部（MIU-2号孔で約300m）に達するという条件を満たすように決定する。掘削した試錐孔では、併せて岩芯観察および物理検層（電気検層、中性子検層、自然放射能検層、密度検層、音波検層、孔径検層、孔曲がり測定）を行う。これらの調査から得られた知見は、既存の地質・地質構造モデルの信頼性を確認する情報として用いるとともに、調査手法の適用性のひとつの事例として整理していく。

(ii) 試錐調査

研究実施領域の北東部の地質・地質構造および高角割れ目（帯）の分布に関する情報を取得し、既存の地質構造モデルを検証・更新するため、平成11年度から開始したMIU-4号孔における試錐調査を継続する（JNC, 1999）。また、試錐孔および取得した岩芯を用いて、以下に示す調査を継続して行う。

(a) 試錐位置

これまでに調査していない研究実施領域北東部の地質・地質構造、および高角割れ目（帯）の頻度分布に関するデータなどを取得するため、調査領域中央部から北東部に向けて、掘削中のMIU-4号孔における試錐調査を継続する。同孔の孔口位置はMIU-1号孔とAN-1号孔の間とし、掘削長790mで北北東に下向き60°の傾斜孔として掘削している。同孔は、深度約700m付近で土岐花崗岩内において月吉断層と交差し、深度約790m付近で用地境界に達すると予想される（図6）。

(b) 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，マイクロ比抵抗検層，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
- ③ ボアホールテレビ調査（BTV調査）：
割れ目，断層，流理構造，岩相境界，岩などの不連続構造の位置，方向，幅，形状など
- 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，圧裂引張試験）
- ⑥ 初期応力測定：AE/DRA試験
- 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，染料濃度（3種類），トレーサー分析，ウラニン・LiCl分析など
室内分析項目：主要および微量溶存成分，溶存ガス，安定および放射性同位体，コロイド，微生物，有機物など

(iii) 地質構造モデルの構築

地質構造モデルは、研究実施領域において、地下水の流動や水質形成などを規制すると考えられる地質構造要素の空間的分布を視覚的に示すものであり、水理地質構造モデルなどの基礎となるものである。地質構造モデルの構築にあたっては、考慮すべき地質構造要素の種類や規模などを明確にする必要がある。

第1段階後半においては、MIU-1, 2, 3号孔における試錐調査の結果に基づいて構築した地質構造モデルについて、MIU-4号孔における試錐調査の結果との比較をとおして妥当性を評価し、この評価結果に基づき地質構造モデルを更新する。さらに、長期揚水試験およびMIU-5号孔における試錐調査に伴い、同様に地質構造モデルの妥当性の評価および更新を繰り返して行い、本段階における最終的な地質構造モデルを構築

する。この地質構造モデルの妥当性については、研究坑道を掘削しつつ取得する地質・地質構造に関する情報に基づき評価することとなる。

平成13年度においては、MIU-4号孔の試錐調査の結果とこれまでに構築してきた既存の地質構造モデルとの比較をとおして、既存の地質構造モデルの改善点を確認するなどの評価を行い、地質構造モデルを更新する。また、調査の種類・量、解析評価の手法と結果の精度との関係を段階的に整理する。

さらに、第1段階前半の調査・研究成果により例示した第1段階前半の調査・解析・評価の統合化フロー（図5）を踏まえ、第1段階における最終的な地質構造モデルの妥当性を確認するために必要な、研究坑道を掘削しつつ取得する情報と地質構造モデルとの比較項目、比較・評価方法を整理する。既存の地質構造モデルと新たなデータとの比較方法と評価の方法は、地質構造モデルの構築方法（決定論的手法、確率論的手法）により異なる。このうち、決定論的手法による地質構造モデルの構築は専門家の判断（expert judgement）で行われることが多い。決定論的手法による地質構造モデルの構築では、合理的な推定（reasonable estimates）と保守的な推定（pessimistic estimates）との幅を明確にすることなどが、既存の地質構造モデルと新たなデータとを比較・評価するためには必要となると考えられる。また、研究坑道を掘削しつつ取得する情報と地質構造モデルとの比較項目、比較・評価方法は、モデル化手法、立坑掘削時に行う調査・試験の種類・量などに依存するため、これらの検討と平仄をあわせながら検討する。

（iv）地質構造モデル構築のための調査技術の体系化

第1段階で適用した地表からの調査技術の適用性の評価は、第1段階に行う地質構造モデルの各パラメータの推定結果と、第2段階の調査・試験で得られるデータとの比較をとおして行う。そのため、第1段階の研究成果の取りまとめに向けて地表からの調査技術の適用性の評価とその体系化を行うためには、第1段階での調査技術の適用と地質構造モデルの各パラメータの推定から、第2段階の調査試験で得られるデータとの比較・調査技術の適用性の評価までの全体のフローを構築し、そのフローに沿って第1段階における調査技術の研究成果を取りまとめる必要がある。

平成13年度においては、第1段階における最終的な地質構造モデルの妥当性を確認するために必要な、研究坑道を掘削しつつ取得する情報と地質構造モデルとの比較項目、比較・評価方法（「（iii）地質構造モデルの構築」で検討）の検討結果を踏まえ、第1段階での調査技術の適用と地質構造モデルの各パラメータの推定から、第2段階の調査試験で得られるデータとの比較・調査技術の適用性の評価までのフローを構築する。

また、前述した調査技術の適用性の評価までのフロー、平成12年度に研究成果の統合化の一環として作成した各分野（地質・地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、岩盤力学）ごとの関係を踏まえた第1段階前半の調査・解析・評価の統合化フロー（図5）、海外の先行事例（Almén K-E. et al., 1994）を参考に、第1段階のモデル化に必要な各地質構造要素ごとのパラメータの設定までのフローを整理する。さらに、各調査・試験項目ごとに、設定したパラメータに対する適用性に関する知見を整理する。

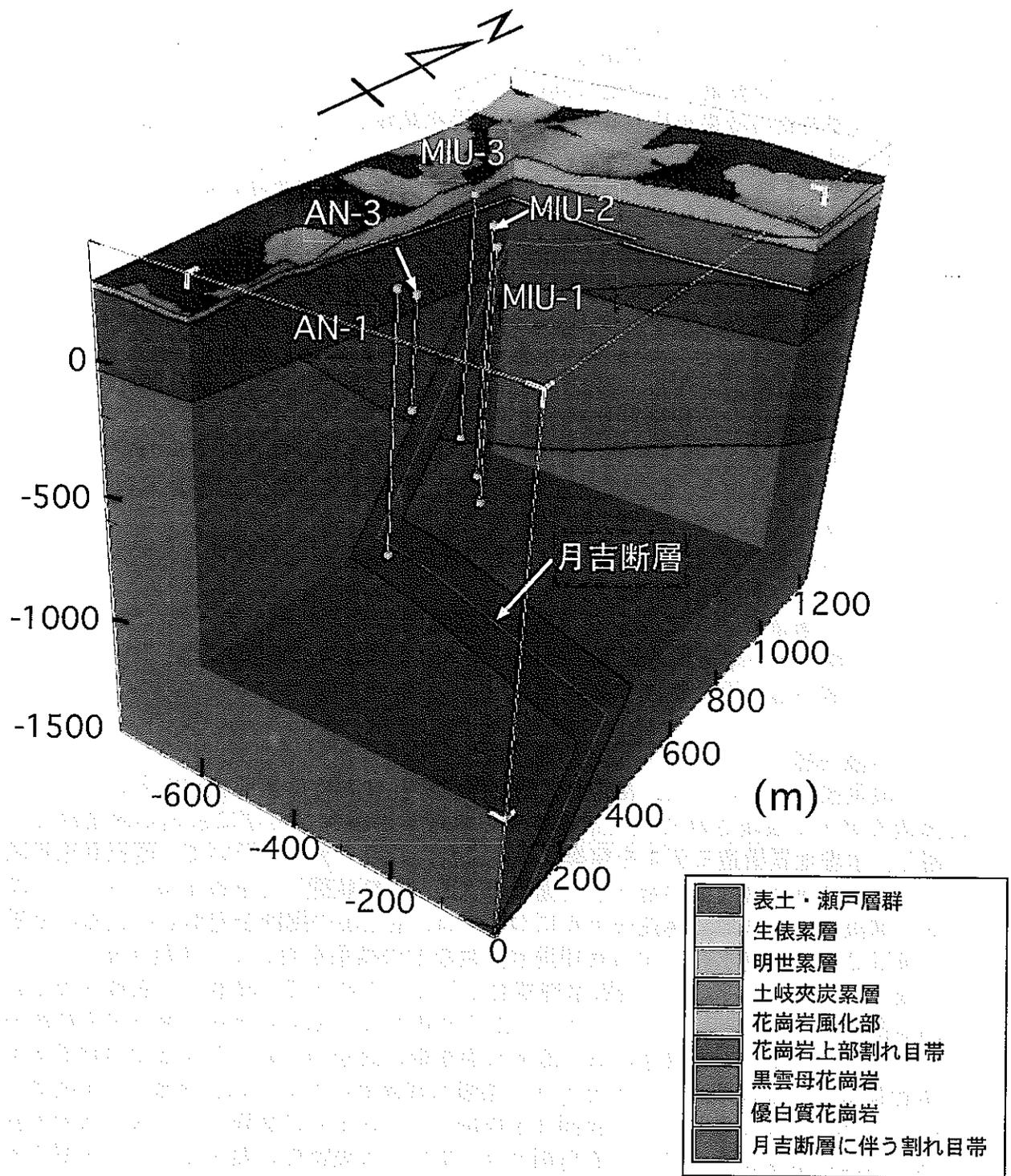


図7 第1段階前半において構築された地質構造モデル

5. 2. 1. 2 地下水の水理に関する調査・研究

(1) 平成 13 年度の概要

平成 13 年度の地下水の水理に関する調査・研究の主な内容は以下のとおりである。

- ①表層水理調査のこれまでの調査・研究の課題に対し、地下水流動解析に必要な上部境界条件（涵養量）の設定に向けての考え方を整理するとともに、これまでの表層水理調査の結果を取りまとめ、長期揚水試験を対象として行う地下水流動解析に反映する。
- ②これまでに調査していない、研究実施領域中央部から北東部にかけての水理特性に関するデータを取得する。
- ③高角割れ目（帯）の水理特性に関するデータを取得する。
- ④割れ目（帯）の水理学的な連続性に関するデータを取得する。
- ⑤②および③で取得したデータと、これまでに構築してきた既存の水理地質構造モデルとの比較をとおりして既存の水理地質構造モデルの妥当性を評価するとともに、水理地質構造モデルを更新する。くわえて、調査の種類・量、解析評価の手法と結果の精度との関係を整理する。
- ⑥⑤の結果を踏まえ、第 1 段階における最終的な水理地質構造モデルの妥当性を確認するために必要な、研究坑道を掘削しつつ取得する情報と水理地質構造モデルとの比較項目、比較・評価方法を整理する。
- ⑦複数の水理地質構造モデルを用いた定常解析および非定常解析（長期揚水試験）をとおりして、不確実性評価を行う。
- ⑧水理地質構造モデルで設定した各地質構造要素ごとのパラメータについて、調査・試験から各地質構造要素ごとのパラメータ設定までの流れと、これまでの調査・試験の適用性を整理する。

(2) 実施内容

第 1 段階後半においては、表層水理観測や試錐孔における水理試験などにより、地質構造モデルで表現された地質構造要素の水理学的特性ならびに水理学的連続性を把握し、水理地質構造モデルを構築する。また、このモデルを用いて、研究実施領域における研究坑道掘削前の地下水流動場の状態（初期状態）を解析する。さらに、段階的に構築した水理地質構造モデルについては、主立坑の掘削予定地点の近傍に位置する MIU-2 号孔を揚水孔とする長期揚水試験などの結果を用いて、更新する。

平成 13 年度においては、表層水理調査として、これまでに設置した表層水理定数観測装置での観測を継続するとともに、AI-7 号孔および AI-10 号孔に地下水位観測装置を設置する。また、信頼性のある地下水涵養量の設定のため、これまでの観測結果や涵養量算定方法の見直しなどを行う。深層水理調査については、平成 12 年度から開始した MIU-4 号孔における試錐調査を継続し、これまでに調査していない研究実施領域北東部の水理特性、および高角割れ目（帯）の水理特性に関するデータを取得するとともに、長期揚水試験を行い、割れ目（帯）の水理学的な連続性に関するデータを取得する。MIU-4 号孔の試錐調査で取得したデータは、これまで構築した既存の水理地質構造モデルと比較し、水理地質構造モデルを更新する。さらに、長期揚水試験を対象とした地下水流動解析を行う。くわえて、水理地質構造モデルで設定した各地

質構造要素ごとのパラメータについて、調査・試験から各地質構造要素ごとのパラメータ設定までの流れと、これまでの調査・試験の適用性を整理する。

(i) 表層水理調査

地下水流動解析の境界条件ならびに初期条件の設定、および地下水流動解析結果の検証に必要な地下水涵養量の算定のため、表層水収支観測を継続する。

具体的には、これまで正馬川流域に設置した表層水理定数観測システム（地下水位計、河川流量計、気象観測装置、土壌水分計）での観測を継続する。また、広域地下水流動研究で観測されているデータも含めて、涵養量の算定における不確実性の要因（地下水涵養量を算出するために必要な、降雨量、河川流量、蒸発散量などの観測データの精度）に関する検討を行う。さらに、植生、地形および地質などの条件に応じた最適な地下水涵養量の設定方法についても検討する。なお、涵養量の検討などについては、本計画以外の地層科学研究で行っている調査（柄石川流域および東濃鉦山周辺（図8）における調査）結果も参考にして行う。

また、研究坑道掘削が花崗岩風化部および堆積岩に与える水理学的な影響を把握するために、瑞浪層群の主要な帯水層（明世累層基底部(99MS-05号孔)、土岐夾炭累層基底部(AI孔など)、ならびに花崗岩風化部(AI孔)への水圧計の設置および観測を実施する。

(ii) 深層水理調査

平成12年度に掘削を開始したMIU-4号孔において、表層から地下深部までの地下水の間隙水圧の測定、および岩盤（健岩部および割れ目(帯)）の透水性を把握するための水理試験を引き続き行う。また、割れ目(帯)の水理学的な連続性の把握に必要な情報を取得するため、研究実施領域内の試錐孔(AN-1,3号孔,MIU-1~3号孔)に設置されたMPシステムを用いて、MIU-4号孔の掘削および水理試験に伴う圧力応答を観測する。ここで取得されたデータは、地下水流動解析における境界条件や初期条件の設定、さらに解析結果の検証などに利用する。

また、割れ目(帯)の水理学的な連続性に関するデータを取得するため、長期揚水試験を行う。本試験は、MIU-4号孔における試錐調査およびMPシステムの設置の後、地下水圧の回復状況を踏まえて開始する。長期揚水試験の試験条件は、長期揚水試験を対象とした地下水流動の予測解析の結果などを参考に決定する。

(iii) 水理地質構造モデルの構築・地下水流動解析

水理地質構造モデルは、地質構造モデルに水理学的な情報（例えば、透水係数や空隙率）を付加して構築され、研究坑道掘削前の地下水流動場の状態（初期状態）、ならびに研究坑道掘削に伴う地下水流動場の変化の予測解析に用いる。この水理地質構造モデルの妥当性については、第1段階後半における長期揚水試験ならびに長期水圧観測の結果、さらに研究坑道を掘削しつつ取得する水理学的情報に基づき段階的に評価する。また、この評価結果を踏まえ、水理地質構造モデルを段階的に更新するとともに、解析手法ならびに境界条件の見直しを行う。

研究坑道掘削前の地下水流動場の状態（初期状態）を予測するための地下水流動解析においては、前述の調査により取得する空間的に限られた情報に基づいて不均質な

深部地質環境を推定する必要がある。このため、情報の種類・量、その解釈方法や水理地質構造のモデル化手法などに起因する、地下水流動解析結果の不確実性が生じることは避けられない。したがって、研究実施領域における地下水流動解析にあたっては、以下の項目について検討を行う。

- (a) 地下水流動の支配要因の抽出方法
- (b) 水理地質構造モデルの構築および地下水流動解析に必要な情報の種類・量
- (c) 物性値の空間分布の推定方法
- (d) 地下水流動解析手法の選択方法
- (e) 水理学的境界条件の設定方法
- (f) 地下水流動解析結果の有する不確実性の評価方法

平成13年度においては、MIU-4号孔の試錐調査の結果とこれまで構築してきた既存の水理地質構造モデルとの比較をとおして、既存の水理地質構造モデルの改善点を確認するなどの評価を行い、水理地質構造モデルを更新する。この際、調査の種類・量、解析評価の手法と結果の精度との関係を段階的に整理する。

また、第1段階前半の調査・研究成果により例示した第1段階前半の調査・解析・評価の統合化フロー（図5）を踏まえ、第1段階における最終的な水理地質構造モデルの妥当性を確認するために必要な、研究坑道を掘削しつつ取得する情報と水理地質構造モデルとの比較項目、比較・評価方法を整理する。既存の水理地質構造モデルと新たなデータとの比較方法と評価の方法は、水理地質構造モデルの構築方法（決定論的手法、確率論的手法）により異なる。このうち、決定論的手法による水理地質構造モデルの構築は専門家の判断（expert judgement）で行われることが多い。決定論的手法による地質構造モデルの構築では、合理的な推定（reasonable estimates）と保守的な推定（pessimistic estimates）との幅を明確にすることなどが、既存の水理地質構造モデルと新たなデータとを比較・評価するためには必要となると考えられる。また、研究坑道を掘削しつつ取得する情報と地質構造モデルとの比較項目、比較・評価方法は、モデル化手法、立坑掘削時に行う調査・試験の種類・量などに依存するため、これらの検討と平仄をあわせながら検討する。

さらに、水理地質構造モデルの構築手法および地下水流動解析手法の適用性の評価に向け、連続体および不連続体の両方で、水理地質構造モデルの構築と地下水流動解析を行い、それらの不確実性を評価する。平成13年度においては、平成12年度に行った地下水流動の初期状態を対象とした水理地質構造モデルの構築および地下水流動解析について、断層のモデル化や境界条件の設定などの残された課題を対象に検討を行うとともに、平成13年度実施する長期揚水試験を対象とした水理地質構造モデルの構築と地下水流動解析を、連続体および不連続体の複数の手法を用いて実施する。なお、長期揚水試験の試験条件の設定に用いるため、東濃地科学センターが所有するFrac-affinityを用いた長期揚水試験を対象とした地下水流動解析は、前述の解析より先行して実施することとする。

(iv) 水理地質構造モデル構築のための調査技術の体系化

第1段階で適用した地表からの調査技術の適用性の評価は、第1段階に行う水理地質構造モデルの各パラメータの推定結果および研究坑道の掘削に伴う地下水流動の変化の予測結果と、第2段階の調査・試験で得られるデータとの比較をとおして行う。

そのため、第1段階の研究成果の取りまとめに向けて地表からの調査技術の適用性の評価とその体系化を行うためには、第1段階での調査技術の適用と地質構造モデルの各パラメータの推定から、第2段階の調査試験で得られるデータとの比較・調査技術の適用性の評価までの全体のフローを構築し、そのフローに沿って第1段階における調査技術の研究成果を取りまとめる必要がある。

平成13年度においては、第1段階における最終的な水理地質構造モデルの妥当性を確認するために必要な、研究坑道を掘削しつつ取得する情報と地質構造モデルとの比較項目、比較・評価方法（「(iii)水理地質構造モデルの構築・地下水流動解析」で検討）の検討結果を踏まえ、第1段階での調査技術の適用と水理地質構造モデルの各パラメータの推定から、第2段階の調査試験で得られる調査・試験で得られるデータとの比較・調査技術の適用性の評価までのフローを構築する。

また、前述した調査技術の適用性の評価までのフロー、平成12年度に研究成果の統合化の一環として作成した各分野（地質・地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、岩盤力学）ごとの関係を踏まえた第1段階前半の調査・解析・評価の統合化フロー（図5）、海外の先行事例（Almén K-E. et al., 1994）を参考に、第1段階のモデル化に必要な各地質構造要素ごとのパラメータの設定までのフローを整理する。さらに、各調査・試験項目ごとに、設定したパラメータに対する適用性に関する知見を整理する。

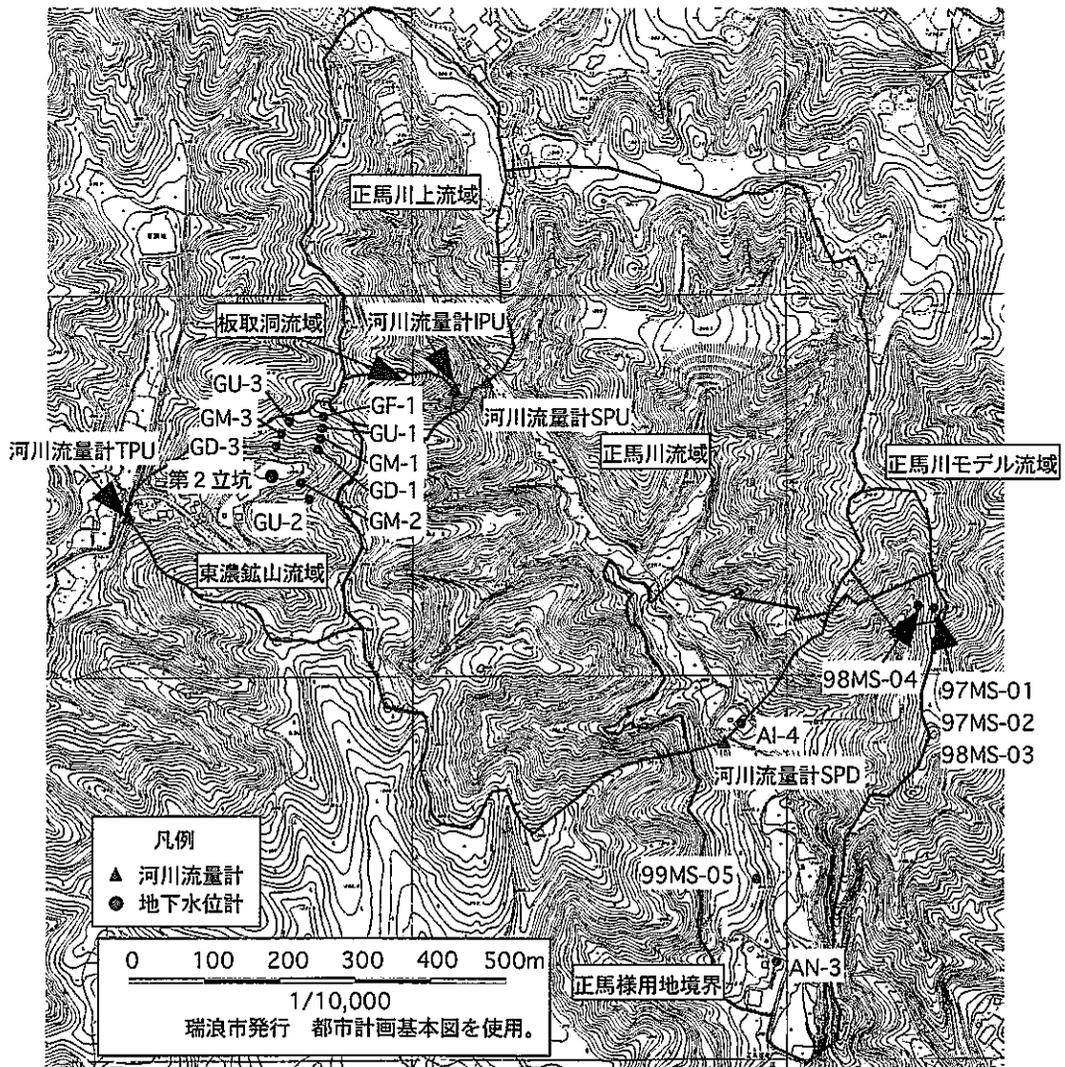
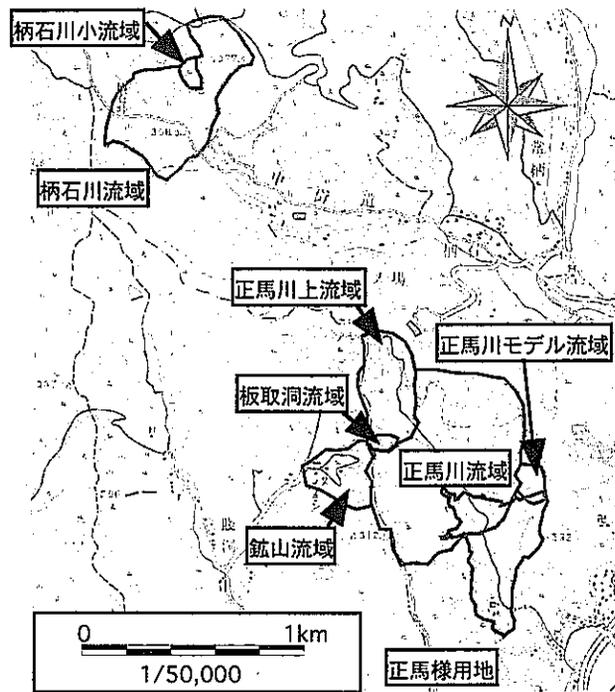


図8 表層水理調査の実施位置
 (河川流量計SPDを除き、研究実施領域の水収支観測は本計画で実施)

5. 2. 1. 3 地下水の地球化学に関する調査・研究

(1) 平成 13 年度の概要

平成 13 年度の地下水の地球化学に関する調査・研究の主な内容は以下のとおりである。

- ①地表水および降水の地球化学特性の変動幅を把握する。
- ②研究実施領域の地下水の地球化学特性のデータを取得する。
- ③①および②に基づき、地球化学モデルを構築する。くわえて、調査の種類・量、解析評価の手法と結果の精度との関係を整理する。
- ④第 1 段階における最終的な地球化学モデルの妥当性を確認するため、研究坑道を掘削しつつ取得する情報と地球化学モデルとの比較項目、比較・評価方法を整理する。
- ⑤地球化学モデルで設定した各地質構造要素ごとのパラメータについて、調査・試験から各地質構造要素ごとのパラメータ設定までの流れと、これまでの調査・試験の適用性を整理する。

(2) 実施内容

第 1 段階後半においては、既存試錐孔および新規試錐孔における地下水採水や化学分析などとあわせ、降水ならびに河川水の採取および化学分析も実施し、研究実施領域における土岐花崗岩中の深部地下水の地球化学的特性（物理化学パラメータ、化学組成および同位体組成）の三次元的分布を把握する。また、水-岩石反応試験や理論解析などにより、地下水の水質形成を支配する主要な水-岩石反応を抽出し、上記の調査・分析により取得する情報と合わせて地球化学モデルを構築する。このモデルを用いて、研究坑道掘削に伴う地下水流動場の変化により生じる深部地下水の地球化学的特性の変化を予測する。さらに、土岐花崗岩中における物質移行・遅延現象を把握するために必要な、地下水のコロイド、有機物ならびに微生物の種類や存在量などについても情報を取得する。

平成 13 年度においては、地表水・降水を対象とした地球化学調査および固相を対象とした地球化学調査を継続して実施し、水質や環境同位体などに関するデータなどを取得するとともに、MIU-4 号孔における試錐調査および長期揚水試験と並行して地下水採水や分析などを実施する。これらの結果に基づき、地球化学モデルを構築する。くわえて、地球化学モデルで設定した各地質構造要素ごとのパラメータについて、調査・試験から各地質構造要素ごとのパラメータ設定までの調査・試験の適用性を整理する。

(i) 地表水・降水を対象とした地球化学調査

研究実施領域内における地下水の水質形成機構および年代・起源を把握する際の初期条件を設定するため、表層水理観測地点において降水および河川水を採取し、それらの地球化学特性（物理化学パラメータ、化学組成および同位体組成）に関するデータを取得する。また、その季節変動幅を把握する。

(ii) 地下水を対象とした地球化学調査

MIU-4号孔における試錐調査として地下水採水や化学分析などを行い、深部地下水の主要溶存成分、微量溶存成分、溶存ガス、環境同位体、微生物および有機物に関する情報を取得する。

また、既存の試錐孔(MIU-2,3号孔)においては、長期揚水試験とあわせて、試錐孔に設置したMPシステムを用いた地下水採水や化学分析などを行い、深部地下水の主要溶存成分、微量溶存成分、溶存ガス、環境同位体、微生物および有機物に関する情報を取得する。

(iii) 固相を対象とした地球化学調査

「(ii)地下水を対象とした地球化学調査」で示した地下水を対象とした地球化学調査、ならびに地質・地質構造に関する調査・研究における固相を対象とした岩石学的・鉱物学的・地球化学的調査および年代測定の結果を基礎情報として、地下水の水質形成を支配する主要な水-岩石反応の抽出、ならびに地下水の年代測定値の補正を行う。抽出した主要な水-岩石反応の妥当性については、水-岩石反応試験や理論解析などの結果との比較をとおして評価する。

(iv) 化学組成分布の推定および地下水の地球化学モデルの構築

地球化学モデルは、地質構造モデルをもとに深部地下水の地球化学特性(物理化学パラメータ、化学組成および同位体組成)の三次元的分布を表現するものである。

第1段階後半においては、MIU-4号孔における試錐調査の結果に基づき地球化学モデルを構築する。この地球化学モデルと長期揚水試験の結果、さらにMIU-5号孔における試錐調査の結果との比較をとおして、そのモデルの妥当性を段階的に評価する。この評価結果に基づき地球化学モデルを構築する。この地球化学モデルの妥当性については、研究坑道を掘削しつつ取得する深部地下水の地球化学的特性の三次元的分布や研究坑道掘削に伴うその特性の変化などに関する情報に基づき評価する。

平成13年度においては、MIU-4号孔および既存の試錐孔(MIU-2,3号孔)における地下水の採水および化学分析などの結果に基づき、地下水の地球化学データを用いた多変量解析により地下水の化学組成分類を行う。分類した結果から地下水水質形成を支配する水-岩石反応メカニズムを考察し、固相を対象とした地球化学調査により妥当性を確認したうえで、研究実施領域内における地下水地球化学特性の三次元分布を推定する。また、取得した地球化学データを取りまとめ、それをもとに地下水の地球化学特性の三次元分布に、地質構造要素を加えた地球化学モデルを構築する。

また、第1段階前半の調査・研究成果により例示した第1段階前半の調査・解析・評価の統合化フロー(図5)を踏まえ、第1段階における最終的な地球化学モデルの妥当性を確認するために必要な、研究坑道を掘削しつつ取得する情報と地球化学モデルとの比較項目、比較・評価方法を整理する。

(v) 地球化学モデル構築のための調査技術の体系化

第1段階で適用した地表からの調査技術の適用性の評価は、第1段階に行う地球化学モデルの各パラメータの推定結果および研究坑道の掘削に伴う地下水の地球化学の変化の予測結果と、第2段階の調査・試験で得られるデータとの比較をとおして行

う。そのため、第1段階の研究成果の取りまとめに向けて地表からの調査技術の適用性の評価とその体系化を行うためには、第1段階での調査技術の適用と地球化学モデルの各パラメータの推定から、第2段階の調査試験で得られる調査・試験で得られるデータとの比較・調査技術の適用性の評価までの全体のフローを構築し、そのフローに沿って第1段階における調査技術の研究成果を取りまとめる必要がある。

平成13年度においては、第1段階における最終的な地球化学モデルの妥当性を確認するために必要な、研究坑道を掘削しつつ取得する情報と地球化学モデルとの比較項目、比較・評価方法（「(iv) 化学組成分布の推定および地下水の地球化学モデルの構築」で検討）の検討結果を踏まえ、第1段階での調査技術の適用と地球化学モデルの各パラメータの推定から、第2段階の調査試験で得られる調査・試験で得られるデータとの比較・調査技術の適用性の評価までのフローを構築する。

また、前述した調査技術の適用性の評価までのフロー、平成12年度に研究成果の統合化の一環として作成した各分野（地質・地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、岩盤力学）ごとの関係を踏まえた第1段階前半の調査・解析・評価の統合化フロー（図5）、海外の先行事例（Almén K-E. et al., 1994）を参考に、第1段階のモデル化に必要な各地質構造要素ごとのパラメータの設定までのフローを整理する。さらに、各調査・試験項目ごとに、設定したパラメータに対する適用性に関する知見を整理する。

5. 2. 1. 4 岩盤の力学特性に関する調査・研究

(1) 平成 13 年度の概要

平成 13 年度の岩盤の力学特性に関する調査・研究の主な内容は以下のとおりである。

- ①断層付近の岩盤の力学特性を把握する。
- ②これまでの調査結果を取りまとめ、調査の種類・量、解析評価の手法と結果の精度との関係を整理するとともに、概念モデルを更新する。
- ③②の結果を踏まえ、第 1 段階における最終的な岩盤力学モデルの妥当性を確認するために必要な、研究坑道を掘削しつつ取得する情報と岩盤力学モデルとの比較項目、比較・評価方法を整理する。
- ④岩盤力学モデルで設定した各地質構造要素ごとのパラメータについて、調査・試験から各地質構造要素ごとのパラメータ設定までの流れと、これまでの調査・試験の適用性を整理する。

(2) 実施内容

第 1 段階後半においては、岩芯を用いた室内応力測定 (DSCA 法および AE 法)、割れ目試料を用いたジョイントせん断試験、ならびに試錐孔における力学試験 (たとえば、水圧破碎法による初期応力測定) により、月吉断層周辺における土岐花崗岩の力学物性、割れ目面の力学特性、および土岐花崗岩の初期応力状態を把握し、研究実施領域における三次元的な岩盤力学モデルを構築する。

平成 13 年度においては、平成 12 年度から開始した MIU-4 号孔の岩芯 (断層近辺) を用いて力学物性試験を行い、断層近辺の岩盤の力学物性を明らかにする。また、平成 12 年度に行ったジョイント剪断試験、平成 11 年度に行った MIU-1 号孔の岩芯を用いた力学物性試験 (DSCA 法) の結果を加えて、これまで構築した岩盤力学概念モデルを更新する。

(i) 力学特性調査

平成 12 年度から開始した MIU-4 号孔の岩芯 (断層近辺) を用いて力学物性試験 (物理試験、一軸圧縮試験など) を継続するとともに、DSCA 法による室内試験を実施し、断層近辺の岩盤の力学物性を明らかにする。

(ii) 岩盤力学モデルの構築

岩盤力学モデルは、地質構造モデルを基礎として、岩盤の力学物性や初期応力の三次元分布などを表現するものであり、研究坑道掘削に伴う坑道周辺岩盤の変形挙動および応力変化、ならびに応力集中に伴う岩盤の損傷範囲 (塑性域の範囲) の予測解析に用いる。さらに、研究坑道の詳細設計や施工計画策定などにも反映する。

第 1 段階後半においては、MIU-1, 2, 3 号孔における力学試験や岩芯を用いた室内試験などの結果に基づき、月吉断層の上盤側と下盤側の土岐花崗岩の力学物性や初期応力の三次元分布を表す岩盤力学概念モデルを構築する。この岩盤力学概念モデルについては、MIU-4 号孔における力学試験や岩芯を用いた室内試験などの結果に基づき、その妥当性を評価し更新する。さらに、MIU-5 号孔における力学試験や岩芯を用いた

室内試験などに伴い、同様に岩盤力学概念モデルの妥当性の評価および更新を繰り返して行い、この岩盤力学概念モデルを定量的に表現した、第1段階における最終的な岩盤力学モデルを構築する。この岩盤力学モデルの妥当性については、研究坑道を掘削しつつ取得する岩盤の力学物性や初期応力状態などに関する情報に基づき評価する。

平成13年度においては、平成12年度に行ったジョイント剪断試験、平成11年度に行ったMIU-1号孔の岩芯を用いた力学物性試験(DSCA法)の結果を加えて、これまで構築した岩盤力学概念モデルを更新する。さらに、立坑掘削に伴う岩盤の力学特性の変化の予備的な予測をMBC(Micromechanics-Based Continuum Model)で行うことを踏まえ、岩盤力学概念モデルをもとに力学物性分布を定量的に表現した岩盤力学モデルを構築する。また、調査の種類・量、解析評価の手法と結果の精度との関係を段階的に整理する。

さらに、第1段階前半の調査・研究成果により例示した第1段階前半の調査・解析・評価の統合化フロー(図5)を踏まえ、第1段階における最終的な岩盤力学モデルの妥当性を確認するために必要な、研究坑道を掘削しつつ取得する情報と岩盤力学モデルとの比較項目、比較・評価方法を整理する。研究坑道を掘削しつつ取得する情報と岩盤力学モデルとの比較項目、比較・評価方法は、モデル化手法、立坑掘削時に行う調査・試験の種類・量などに依存するため、これらの検討と平仄をあわせながら検討する。

(iii) 岩盤力学モデル構築のための調査技術の体系化

第1段階で適用した地表からの調査技術の適用性の評価は、第1段階に行う岩盤力学モデルの各パラメータの推定結果および研究坑道の掘削に伴う岩盤力学特性の変化の予測結果と、第2段階の調査・試験で得られるデータとの比較をとおして行う。そのため、第1段階の研究成果の取りまとめに向けて地表からの調査技術の適用性の評価とその体系化を行うためには、第1段階での調査技術の適用と岩盤力学モデルの各パラメータの推定から、第2段階の調査試験で得られる調査・試験で得られるデータとの比較・調査技術の適用性の評価までの全体のフローを構築し、そのフローに沿って第1段階における調査技術の研究成果を取りまとめる必要がある。

平成13年度においては、第1段階における最終的な岩盤力学モデルの妥当性を確認するために必要な、研究坑道を掘削しつつ取得する情報と地質構造モデルとの比較項目、比較・評価方法(「(ii) 岩盤力学モデルの構築」で検討)の検討結果を踏まえ、第1段階での調査技術の適用と岩盤力学モデルの各パラメータの推定から、第2段階の調査試験で得られる調査・試験で得られるデータとの比較・調査技術の適用性の評価までのフローを構築する。

また、前述した調査技術の適用性の評価までのフロー、平成12年度に研究成果の統合化の一環として作成した各分野(地質・地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、岩盤力学)ごとの関係を踏まえた第1段階前半の調査・解析・評価の統合化フロー(図5)、海外の先行事例(Almén K-E. et al., 1994)を参考に、第1段階のモデル化に必要な各地質構造要素ごとのパラメータの設定までのフローを整理する。さらに、各調査・試験項目ごとに、設定したパラメータに対する適用性に関する知見を整理する。

5. 2. 1. 5 物質移動に関する調査・研究

(1) 平成13年度の概要

平成13年度の物質移動に関する調査・研究の主な内容は以下のとおりである。

①土岐花崗岩中における物質移行・遅延現象を把握するための基礎情報を蓄積する。

(2) 実施内容

第1段階前半においては、岩芯を用いた室内調査・試験などにより、土岐花崗岩中における物質移行・遅延現象を把握するための基礎情報として、透水性割れ目およびその近傍岩盤の地球化学的・鉱物学的特性、空隙構造特性および収着・拡散特性に関する情報を整備する。また、天然に存在する核種を用いた調査・研究を実施し、地質学的に長時間にわたる物質の移行・遅延現象を把握する。

平成13年度においては、主にMIU-4号孔の岩芯を利用し、透水性割れ目中の割れ目充填鉱物層およびその近傍の岩盤を対象とした室内調査・分析を実施するとともに、地球化学的・鉱物学的特性、空隙構造特性および収着・拡散特性に関する情報を取得する。また、対象とする透水性割れ目の水理学的特性や地下水の地球化学的的特性などに関する情報も含めて整備し、これらの情報に基づき、研究坑道における物質移行試験などや物質移行解析などの計画の立案を開始する。さらに、岩芯試料を用い、透水性割れ目およびその近傍岩盤における天然ウラン系列核種や希土類元素などの分布や存在量を把握し、地質学的に長期間にわたる物質の移行・遅延現象に関する情報を取得する。

(i) 室内調査・分析

MIU-4号孔の岩芯を利用し、透水性割れ目中の割れ目充填鉱物層およびその近傍の岩盤を対象とした室内調査・分析を実施し、地球化学的・鉱物学的特性、空隙構造特性および収着・拡散特性に関する情報を取得する。また、対象とする透水性割れ目の水理学的特性や地下水の地球化学的的特性などに関する情報を整備する。これらの情報に基づき、研究坑道における物質移行試験などや物質移行解析などの計画の立案を開始する。

(ii) 天然に存在する核種を用いた調査・研究

透水性割れ目およびその近傍岩盤におけるマトリックス拡散現象を把握するための基礎的な情報として、岩芯試料を用い、透水性割れ目およびその近傍岩盤における天然ウラン系列核種や希土類元素などの分布や存在量などを把握し、地質学的に長期間にわたる物質の移行・遅延現象に関する情報を取得する。

5. 2. 2 調査技術・調査機器の開発

(1) 平成 13 年度の概要

地表からの調査・研究に関し，平成 12 年度までに開発の終了していない調査・解析・評価技術および調査機器について，調査・解析・評価技術および調査機器の適用場所，適用時期などを含め，第 1 段階における開発計画を見直す。この開発計画に基づき，必要な調査・解析・評価技術および調査機器の開発を行う。また，超深地層研究所計画において開発，適用，改良された個々の調査・解析・評価技術および調査機器については，本計画に適用した根拠，適用条件，適用範囲，取得したデータの解析技術，品質保証などを整理し，報告書として取りまとめる。

(2) 実施内容

本計画の各研究分野で必要とされる調査技術・調査機器の開発として，以下の項目が挙げられる。

①地質構造調査技術開発

- ・既存技術の適用性の評価

②地下水の水理特性・地球化学特性調査技術開発

- ・1,000m 対応水理試験対応装置，1,000m 対応地下水の地球化学特性調査機器の改良・高度化
- ・1,000m 対応揚水試験装置の改良・高度化
- ・水理試験データの解析手法の高度化

③岩盤の力学特性調査技術開発

- ・1,000m 対応初期応力測定装置の開発

④次段階以降に必要となる調査技術・調査機器の開発

- ・連続波レーダー調査技術開発
- ・正弦波水理試験システムの開発
- ・トモグラフィデータの解析手法の高度化

⑤データベースの構築

- ・調査データ用データベースシステムの構築
- ・工程管理用データベースシステムの構築

⑥地質環境データ解析・可視化システムの構築

⑦情報公開技術の開発

- ・VR システムの構築

以下にこれらの概要およびこれまでの開発状況，ならびに平成 13 年度における開発計画を示す。

①地質構造調査技術開発

地質構造調査における各種の既存調査技術の適用結果を取りまとめ、個々の調査・解析・評価技術の適用条件や適用範囲を明確にする。

平成 12 年度までに、これまでに実施した反射法弾性波探査の再解析結果などをもとに、地質構造の空間的な広がり把握のために適用した手法の予備的な評価と取りまとめを行うとともに、MIU-4 号孔における試錐調査における岩芯観察結果、BTV 調査結果および物理検層結果などの新たな調査の結果を順次吟味し、それらの相互比較と組み合わせの検討をとおして、水みちなどの特定、割れ目の分布とその幾何学的特性などを把握するための調査技術の適用条件や適用範囲について検討した。

平成 13 年度については、反射法弾性波探査結果をもとに、より確実に不整合や割れ目帯および断層などの不連続構造を推定するための補完的な技術の有効性確認のために、過去に実施した弾性波探査の測線上に試錐孔を掘削し、VSP 探査を実施する。また、MIU-4 号孔における試錐調査において、水みちの特定、割れ目の分布および幾何学的特性を把握するための技術の有効性確認を継続し、その結果をとりまとめる。

②地下水の水理特性・地球化学特性調査技術開発

(a) 1,000m 対応水理試験装置、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水理特性・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、1,000m 対応および高温（70 度）対応の調査機器を開発する。

平成 12 年度までに、1,000m 対応および高温（70 度）対応であり、かつ機動性や操作性を向上させた高温環境型の水理試験装置、地球化学特性調査機器を製作し、取得するデータの解析プログラムの改良を行った。また、屈曲孔に対応させるための改良を行うとともに、遮水性向上のために検層ユニットの水回路と水理試験装置光ケーブルコネクタを改良した。

平成 13 年度については、使用する現場に応じて必要な改良を行う。

(b) 1,000m 対応揚水試験装置の改良・高度化

地表から地下深部までを対象とした単孔式揚水試験に対応できる、1,000m 対応および高温（70 度）対応の調査機器を開発する。本装置は平成 9 年度に製作を終了し、平成 10 年度および平成 11 年度に MIU-1～3 号孔で実施した水理試験において活用した。

平成 12 年度までに、揚水ポンプの直上にパッカー機能を新たに付加し、井戸貯留の影響を小さくし、短期間の揚水試験に対応できるよう改良を行った。

平成 13 年度については、定流量揚水試験の井戸貯留を小さくする手法として、スラグテスト時に使用するロッドを利用して閉鎖区間を形成する方法を検討する。

③水理試験データの解析手法の高度化

単孔式水理試験の解析手法高度化の一環として、時間微分プロットについて、解析手法を整備、MIU-4 号孔の試錐調査における水理試験データへの適用をとおし、その活用法について体系的な整理を行う。

平成 12 年度はこれまでの成果を踏まえ、取得データの品質保証の観点から適切な試験手法の選択、効率的な試験条件・手順の設定、適切なデータ解析等を組合せた一

連のプロセスを MIU-4 号孔の試錐調査に適用し、その実用性を検討した。

平成 13 年度については、前年度、とくに水理試験評価を行う上で有効性が確認された観測データの時間微分プロットについて検討を行う。具体的には、複雑な水理場での適用性向上を図るため、多様な水理モデルを対象に標準曲線の整理および自動マッチング手法の開発を行う。また、これを受け当該手法の活用法を体系的に整理する。

④岩盤の力学特性調査技術開発

(a) 1,000m 対応初期応力測定装置の開発

岩盤の初期応力データは、研究坑道掘削時の岩盤の力学的変形挙動などに関する研究や、研究坑道の設計施工に必要な不可欠である。既存の初期応力測定方法は、それぞれに長所短所を有しており、地表から地下深部までを対象とした汎用性のある初期応力の測定方法が確立されているわけではない。したがって、既存の測定技術の評価をとおして、地表から地下深部までの岩盤の三次元初期応力に関するデータを取得することが可能な測定方法を開発する。

平成 12 年度までに、装置の基本設計および各部の製作を行い、それらを装置として組み上げ室内にて作動確認試験を実施した。

平成 13 年度は、室内にて作動確認を終了した装置を用い、原位置にて三次元応力測定を実施し、既存の初期応力測定結果との比較を通じて同装置の適用性を確認する。

⑤データベースの構築

(a) 調査データ用データベースシステムの構築

本計画では今後、膨大な種類と量の調査データが取得される。データの効率的かつ有機的な利用のため、平成 11 年度までに、データを適切に管理する調査データ用データベース（試錐孔内での時系列データを管理するテーブルなどを含む）を構築し運用している。また、平成 12 年度においては、データベースに最終的に登録する前の入力データの品質を担保するためのマニュアルおよび体制について、基本的な考え方を取りまとめるとともに、あわせて、効果的な運用を図るための運用方法の改良を行った。

平成 13 年度については、これまでに構築してきたデータベースの運用を通して今後の開発課題を取りまとめる。

なお、平成 14 年度以降に行われる予定である地表における地盤の開削工事や研究坑道掘削工事の工程管理・記録用データベースについては、第 2 段階に取得する地質環境特性の変化に関する情報の解釈に重要なことから、「10. 研究坑道の掘削を伴う研究段階の調査・研究計画の策定」の「(2) (ii) 第 2 段階以降に必要となる調査技術・調査機器の開発」に含めて行うこととする。

⑥地質環境データ解析・可視化システムの構築

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地下水流動解析を行うとともに、地下水流動などの解析結果を三次元に可視化できる一連のシステムを構築する。本システムは分野の異なる研究間に地質環境の認識の共有化を図ることのみならず、専門家以外への情報提供にも重要な道具となる。

平成 12 年度においては、平成 11 年度までに構築されたシステムが有する飽和不飽

和浸透流解析コードに、研究をとおして得られた知見をもとに、割れ目の透水異方性などを考慮できる機能を追加し、当初計画した機能を全て包含したシステムが構築された。

平成 12 年度までに本システムの開発は終了した。今後は本格的な運用に入るとともに、今後の運用で抽出される課題などについては適宜、改善を図る計画とする。

⑦情報提供技術の開発

(a) VR システムの構築

本計画を一般の方々にわかりやすく説明するため、VR（バーチャルリアリティー）技術を利用した情報提供を実現する。

平成 12 年度までに、本計画において実施している調査・研究について一般の方々の理解を促進させるために、VR システムの適用を開始し、本計画および研究所施設紹介のためのデスクトップパソコン用の「超深地層研究所の仮想体験」ソフトの開発と改良などを実施するとともに、従来作成したソフトウェアの整理・改良、超深地層研究所に設置する具体的なシステムの検討、および、関連して必要となる VR 技術の開発などを行った。

平成 13 年度においては、一般の方々に楽しみながら地下のことを知っていただくためのアミューズメント性を持たせた地下のことを学ぶことができるソフトの追加や、より現実に近い VR 体験をできるように、視覚以外の感覚も利用した VR 技術の開発などを行う。

5. 3 研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予測

(1) 平成 13 年度の概要

平成 13 年度の研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予測に関する主な内容は以下のとおりである。

- ①予測する項目と予測に適用する解析手法を抽出する。
- ②予測結果と立坑掘削時に取得するデータとの比較・評価の方法を抽出する。

(2) 実施内容

(i) 立坑掘削に伴う地下水流動場の変化の予測

研究坑道掘削に伴う地下水流動場の変化は、構築した水理地質構造モデルおよびデータセットに基づき予測する。予測する項目（地下水流動を規制する要因）については、東濃鉦山において実施した立坑掘削影響試験や国外における同様の調査・研究事例などを参考にして抽出する。一方、予測結果の妥当性については研究坑道の掘削に伴って実施する表層・深層水理調査、長期水圧観測および研究坑道における湧水量測定の結果、ならびに地下水の地球化学特性に関する情報などとの比較をとおして評価する。なお、項目ごとの定量的な評価基準（どの程度一致していれば妥当とするのか）についても、国外における同様の調査・研究事例などを参考にして決定する。

平成 13 年度においては、予測する項目（地下水流動を規制する要因）を抽出するとともに、各々の項目ごとに予測に適用する解析手法を整理する。また、予測結果と立坑掘削時に取得するデータとの比較・評価の方法を整理する。予測結果と立坑掘削時に取得するデータとの比較・評価の方法は、予測に適用する解析手法、立坑掘削時に行う調査・試験の種類・量などに依存するため、これらの検討と平仄をあわせながら検討する。

(ii) 立坑掘削に伴う地下水の地球化学的特性の変化の予測

研究坑道掘削に伴う地下水流動場の変化により生じる深部地下水の地球化学的特性に関する変化を、構築した地球化学モデルおよびデータセットに基づき予測する。この予測にあたっては、研究坑道に伴う地下水の水質の変化のみならず、地下水位の低下および岩盤中への大気の侵入による深部地質環境の酸化還元条件の変化についても考慮する。予測すべき具体的な項目については、国外における同様の調査・研究事例などを参考として抽出する。一方、予測結果の妥当性については、研究坑道の掘削を伴って実施する地下水採水や化学分析などの結果をとおして評価する。なお、項目ごとの定量的な評価基準（どの程度一致していれば妥当とするのか）についても、国外における同様の調査・研究事例などを参考にして決定する。

平成 13 年度においては、予測する項目を抽出するとともに、各々の項目ごとに予測に適用する解析手法を整理する。また、予測結果と立坑掘削時に取得するデータとの比較・評価の方法を整理する。予測結果と立坑掘削時に取得するデータとの比較・評価の方法は、予測に適用する解析手法、立坑掘削時に行う調査・試験の種類・量などに依存するため、これらの検討と平仄をあわせながら検討する。

(iii) 立坑掘削に伴う岩盤の力学的特性の変化の予測

研究坑道掘削に伴う坑道周辺岩盤の変形挙動および応力変化、ならびに応力集中に伴う岩盤の損傷範囲（塑性域の範囲）は、研究坑道のレイアウト案に基づき、構築した岩盤力学モデルおよびデータセットを用いて予測する。予測すべき具体的な項目については、国外における同様の調査・研究事例などを参考にして抽出する。この予測にあたっては、大規模地下空洞掘削時の力学解析に適用実績があり、不連続面の影響を考慮できる数種類の解析モデル（クラックテンソル、MBC、BEMF など）を用いる。一方、予測結果の妥当性については、研究坑道の掘削に伴って実施する岩盤の力学的特性調査・立坑変位計測および立坑掘削損傷領域調査の結果との比較をとおして評価する。なお、項目ごとの定量的な評価基準（どの程度一致していれば妥当とするのか）についても、国外における同様の調査・研究事例などを参考にして決定する。

平成 13 年度においては、予測する項目を抽出するとともに、各々の項目ごとに予測に適用する解析手法を整理する。また、予測結果と立坑掘削時に取得するデータとの比較・評価の方法を整理する。予測結果と立坑掘削時に取得するデータとの比較・評価の方法は、予測に適用する解析手法、立坑掘削時に行う調査・試験の種類・量などに依存するため、これらの検討と平仄をあわせながら検討する。さらに、これまでの調査結果に基づき岩盤力学モデルを構築し、立坑掘削に伴う岩盤の力学的影響の予測を行う。平成 13 年度に行う予測解析では、モデル化手法として、MBC (Micromechanics-Based Continuum Model) を用いる。

5. 4 研究坑道の詳細設計および施工計画の策定

(1) 平成 13 年度の概要

平成 13 年度の研究坑道の詳細設計および施工計画の策定に関する主な内容は以下のとおりである。

- ①「坑道の掘削を伴う研究段階」および「坑道を利用する研究段階」における研究計画に基づいて、研究坑道の詳細レイアウトを決定する。
- ②研究坑道掘削に必要な資機材や機器設備などの仕様および具体的な施工計画を決定する。

(2) 実施内容

研究坑道で実施する調査・研究項目の目的、内容について詳細に検討し、これらの研究を適切に実施できるようなレイアウトとなるよう最深ステージ、中間ステージ、予備ステージについて詳細に検討する。詳細な検討にあたっては、①地表からの予測結果の検証、②坑道スケールの地質環境モデルの構築、の 2 項目を考慮し、それらをもとに第 2 次取りまとめ報告書で示された今後の研究開発課題などの必要性も踏まえて検討する。

研究坑道掘削に必要な資機材や機器設備などの仕様および具体的な施工計画については、研究坑道の詳細レイアウトをもとに資機材や機器設備などを選定し、具体的な安全対策などの検討を行うことにより仕様、施工計画を決定する。

研究坑道の詳細設計および施工計画の策定は、第 1 段階から得られた地質環境特性に関する知見、第 2 段階の調査・試験計画の策定状況も踏まえ、調査・試験計画との整合性をとりつつ、合理的かつ実現可能な施工計画としていく。

具体的には、図 3 に示すとおり、MIU-4 号孔試錐調査によるモデルの構築および解析・評価の結果、長期揚水試験によるモデルの構築および解析・評価の結果、研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予備的な予測、および第 1 段階の研究成果による最終的な予測の結果を段階的に反映し、施工計画の見直しを行うこととする。

なお、研究坑道の掘削は、研究実施領域周辺の地下水位などに影響を与える可能性もあることから、研究坑道の掘削前に、周辺地域の井戸の地下水位とその変動幅に関する調査を行う計画を策定する。

5. 5 研究坑道の掘削を伴う研究段階の調査・研究計画の策定

(1) 平成 13 年度の概要

平成 13 年度の研究坑道の掘削を伴う研究段階（第 2 段階）の調査・研究計画の策定に関する主な内容は以下のとおりである。

- ①第 1 段階前半で検討した第 2 段階における概略的な調査・研究計画（サイクル機構, 2001）に基づき、第 2 段階の調査・研究成果の反映先を設定し、調査・解析・評価フロー（案）を作成する。
- ②MIU-4 号孔の試錐調査の解析・評価結果を踏まえ、①で作成した調査・解析・評価フロー（案）の修正を行う。
- ③①および②の調査・解析・評価フロー（案）、ならびに現時点での調査・研究および施工計画のスケジュールを参考に、第 2 段階以降の調査・研究に適用する必要がある調査技術・調査機器の開発計画を明確にするとともに、そのスケジュールに向け、必要な開発を行う。

(2) 実施内容

(i) 調査・研究計画

第 1 段階前半までに、取得した深部地質環境に関わる情報を踏まえ、国外における同様の調査・研究事例や原子力委員会（1994）が示した深地層の研究施設に求める成果などを考慮し、研究坑道の掘削を伴う研究段階ならびに研究坑道を利用した研究段階において実施する必要がある調査・研究項目を選定し（サイクル機構, 1999）、その必要性（優先度）について検討した。これらの結果は、基本計画（2001）の各論「研究坑道の掘削を伴う研究段階（第 2 段階）の計画」に示されている。

平成 13 年度は、これまでの検討結果を踏まえ、第 2 段階の調査・研究成果の反映先（第 1 段階の予測結果との比較・評価、第 3 段階の調査・研究位置の選定、施工計画の具体化など）を設定し、それに向けての調査・解析・評価フロー（案）を作成する。作成した調査・解析・評価フロー（案）は、MIU-4 号孔の試錐調査の解析・評価結果を踏まえ見直していく。

第 2 段階および第 3 段階の調査・研究計画の策定は、図 3 に示すマイルストーンを踏まえ、段階的に行う（図 4）。

上記の調査・試験計画の策定は、施工計画との整合性をとりつつ、合理的かつ実現可能な調査・試験計画としていく。

具体的には、図 4 に示すとおり、MIU-4 号孔試錐調査によるモデルの構築および解析・評価の結果、長期揚水試験によるモデルの構築および解析・評価の結果、研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予備的な予測、および第 1 段階の研究成果による最終的な予測の結果を段階的に反映し、第 2 段階の詳細な調査・研究計画、第 3 段階の概略的な調査・研究計画の作成・見直しを行っていく。

「研究坑道の掘削を伴う研究段階」（第 2 段階）における調査・研究については、第 1 段階で策定される第 2 段階の調査・研究計画の具体化に必要な解析などを平成 13 年度より開始する。なお、これらの解析については、第 1 段階で行う地質環境モデルの構築、研究坑道の掘削に伴う深部地質環境の変化の予測の解析と深く関連すること

から、これらの解析・評価と合わせて行う。

(ii) 第2段階以降に必要な調査技術・調査機器の開発

第1段階前半で検討した第2段階における概略的な調査・研究計画，「(i) 調査・研究計画」で作成した第1段階前半の調査・解析・評価の統合化フロー，ならびに現時点での調査・研究および施工計画のスケジュールを参考に，第2段階以降に必要な調査技術・調査機器を抽出するとともに，適用する調査・研究計画および適用時期を設定し，それらの開発計画を作成する。また，上記の開発計画に基づき，今年度の開発を開始することが必要な調査技術・調査機器については，その開発を開始する。現時点で取り上げられている第2段階以降に必要な調査技術・調査機器の開発項目は，以下のとおりである。

(a) 連続波レーダー調査技術の開発

レーダートモグラフィ調査が適用されるスケールは，一般に数10m程度が限界であるが，信号に連続波を採用することにより，探査距離を飛躍的に拡大できる可能性がある。

平成12年度までに，連続波レーダー実験機を試作し，アンテナ特性の取得など基礎試験を実施した。また，探査距離の拡大と空間分解能の向上の両立をはかるため，合成開口処理や存否セプストラム解析の適用研究を実施するとともに，通常の地下レーダーの卓越周波数より低く距離減衰の少ないサブメガヘルツ帯域用の，時間区間蓄積型汎用データロガーの開発を行った。

平成13年度においては，12年度までに開発した実験機と時間区間蓄積型データロガーを組み合わせ，地下レーダーとしては比較的低い周波数における特性試験を実施し，探査距離の拡大と空間分解能の向上の両立の検証に着手する。

(b) 正弦波水理試験システムの開発

坑道の掘削を伴う調査においては，岩盤の平均的な水理特性のみならず，割れ目に着目した水理特性や水理学的な連続性などに関する情報を取得することが重要となる。正弦波水理試験は，坑道の掘削に伴い変化する複雑な場においても，信頼性の高いデータを取得できる有効な試験技術である。

平成12年度までに孔間の不均質場を推定するための解析手法の開発の基礎的な研究として，孔間試験(正弦波水理試験)を模擬した数値実験を行った。その結果，発信孔から方向かえた2本以上の観測孔を設置することにより，孔間に存在している不均質部分の特性を把握できることが示唆された。

平成13年度においては，正弦波水理試験により空間的な水理パラメータを推定するための手法の検討を適宜行う。

(c) トモグラフィデータの解析手法の高度化

坑道を利用した調査・研究段階においては，複数の試錐孔を利用した各種のトモグラフィ調査が，地下深部での不連続面の広がりや調査するうえで有効である。

平成12年度までに，弾性波トモグラフィの分解能向上を目的としてフルウェーブインバージョンと呼ばれるデータ解析を実施するとともに，解析手法が有する課題・

改良点の抽出を行った。

平成 13 年度においては、抽出された課題のうちとくに速度構造初期モデル依存性が大きい点（初期モデルから大幅な修正が期待できない点や初期モデルと真の速度構造の違いが大きいと安定した解が得にくい点など）について、他の解法の導入などを含めて改良を検討する。

(d) 工事の工程管理・記録用データベースシステムの構築

平成 14 年度以降に予定されている地表の地盤の開削および研究坑道掘削が開始されると、本計画では複数の調査および工事が同時に実施される。工事の工程管理およびその記録のデータベースは、第 2 段階で取得する地質環境特性に変化に関する情報の解釈に必要な情報である。そのため、各作業の「現場での活動記録」を保存し、同時に行われた作業を確認することを可能とするためのデータベースを構築する。

平成 13 年度においては、データベースに記録保存することが必要な項目の抽出と、今後のデータベースの構築計画を策定する。

(iii) 第 2 段階以降に必要とされる解析手法の開発

(a) 応力集中による岩盤破壊のモデル化手法の開発

第 2 段階以降、地下深部に坑道が展開された場合に生じる可能性のある応力集中による岩盤破壊のメカニズムを解明するとともに、それを考慮し物性変化を定量的にモデル化する手法を構築することを目的として、応力集中による岩盤破壊のモデル化手法の開発を行う。このため、岩石ブロック（高さ 50cm×幅 50cm×奥行 30cm 程度）を用いて、実際の研究坑道の掘削を模擬した室内試験を行い、応力集中などに伴う坑道周辺岩盤の力学的挙動および損傷をそれに伴う岩盤の力学物性の変化を把握する。さらに、岩石ブロックを用いたせん断試験を行うとともに、試験後の岩石ブロックから供試体を採取し、応力履歴と空隙構造特性および力学物性との関係を把握する。くわえて、これらの結果に基づき、新たな解析コードを開発する。

平成 13 年度においては、岩芯を用いた応力履歴によるダメージ量と物性変化との関連に関する室内試験と、解析モデルの開発を行う。

6. スケジュール

平成 12 年度に実施するおもな調査・研究のスケジュールを表 1 に示す。

表1 平成13年度 調査・研究スケジュール (1/3)

	平成13年度											
	H13									H14		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
1. 研究成果の統合化												
2. 地表からの調査・研究による地質環境モデルの構築												
2.1 地質環境のモデル化技術に関する研究												
(1) 地質・地質構造												
・ 地上物理探査												
・ 試錐調査												
・ 地質構造モデルの構築												
・ 調査技術の体系化												
(2) 地下水の水理												
・ 表層水理調査												
・ 深層水理調査												
- 水理試験												
- 長期揚水試験												
- 地下水圧の長期観測												
・ 水理地質構造モデルの構築・地下水流解析												
・ 調査技術の体系化												
(3) 地下水の地球化学												
・ 地表水・降水を対象とした地球化学調査												
・ 地下水を対象とした地球化学調査												
・ 固相を対象とした地球化学調査												
・ 地球化学モデルの構築												
・ 調査技術の体系化												
(4) 岩盤の力学特性												
・ 力学特性調査												
・ 力学モデルの構築・予備的な予測解析												
・ 調査技術の体系化												

表1 平成13年度 調査・研究スケジュール (3/3)

	平成13年度											
	H13									H14		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
4. 研究坑道の詳細設計および施工計画の策定 5. 研究坑道の掘削を伴う研究段階の調査・ 研究計画の策定 ・ 調査・研究計画 ・ 調査技術・調査機器の開発												
				調査・研究計画に基づく設計・施工計画の詳細化								
				調査・解析・評価の基本フローの作成								
				開発計画の作成								
				連続波レーダー調査技術、正弦波水理試験システム、 トモグラフィデータの解析手法の開発								

参考文献

Almén K-E. et al., (1994) : Äspö Hard Rock Laboratory – Feasibility and usefulness of the site investigation methods. Experience from the pre-investigation phase. SKB Technical Report 94-24.

動力炉・核燃料開発事業団 (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 TN7070 96-002.

原子力安全委員会 (2000) : 高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について (第1次報告) .

原子力委員会 (1994) : 21世紀の扉を開く原子力—原子力の研究, 開発及び利用に関する長期計画—.

原子力委員会 (2000) : 原子力の研究, 開発及び利用に関する長期計画 (平成12年11月24日) .

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会 (2000) : 我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術的信頼性の評価 (平成12年10月11日) .

Japan Nuclear Cycle Development Institute (1999) : Working Programme for MIU-4 Borehole Investigations, サイクル機構技術資料, JNC TN7410 99-007.

核燃料サイクル開発機構 (1999a) : わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—, サイクル機構技術資料, JNC TN1410 99-020～-024.

核燃料サイクル開発機構 (1999b) : 超深地層研究所地下施設の設計研究 [平成10年度], サイクル機構技術資料, JNC TN1400 99-001.

核燃料サイクル開発機構 (2000) : 超深地層研究所計画—地表からの調査予測研究段階計画—平成12～14年度計画書, サイクル機構技術資料, JNC TN7410 2000-001.

核燃料サイクル開発機構 (2001a) : 超深地層研究所計画の現状—平成8年度～平成11年度—, サイクル機構技術資料, JNC TN7400 2001-001.

核燃料サイクル開発機構 (2001b) : 超深地層研究所地層科学研究基本計画2001年4月, サイクル機構技術資料, JNC TN7400 2001-009.

見掛信一郎ほか (2000) : 超深地層研究所における研究計画と研究坑道設計の考え方, サイクル機構技報, No.6 pp.105-113.