

超深地層研究所・第1段階(2002年度-2004年度) におけるプロジェクト管理の評価と得られた教訓

Evaluation of Project Management and Learned Lessons
in the Mizunami Underground Research Laboratory
Project Phase I (FY 2002 - FY 2004)

小出 馨 池田 幸喜 竹内 真司 太田 久仁雄
坂巻 昌工

Kaoru KOIDE, Koki IKEDA, Shinji TAKEUCHI, Kunio OTA
and Masanori SAKAMAKI

地層処分研究開発部門

Geological Isolation Research and Development Directorate

JAEA
Evaluation

August 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ます。

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920

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

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920

超深地層研究所・第1段階（2002年度－2004年度）における
プロジェクト管理の評価と得られた教訓

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
小出 鑿，池田 幸喜⁺¹，竹内 真司⁺¹，
太田 久仁雄⁺²，坂巻 昌工

(2007年1月30日受理)

独立行政法人・日本原子力研究開発機構^{注a)}東濃地科学センターにおいて進められている超深地層研究所計画（以下、研究所計画という）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」（原子力委員会、1994）において示されている「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」との方針及び深地層の研究施設の位置づけ並びにその重要性に基づき策定された。1995年8月の計画公表から2002年1月の研究所建設用地の変更^{注b)}までは、我が国初の地層処分技術に関する研究開発のための深地層の研究施設を建設するということで、これまで組織が経験したことのない地域社会との関わりの中で、競合する、研究開発の目標達成と社会科学的な配慮の均衡点を模索していた6年間であった。

研究所建設用地変更後の研究所計画では、処分事業及び国の安全規制の計画に対して適切なリードタイムをもって研究開発を進めるため、研究所計画の地表からの調査予測研究段階（以下、第1段階という）における調査研究を2002年度から2004年度までの3年間で実施することとした。その間、結晶質岩からなる地質環境において最も重要な研究対象である岩盤中の不連続構造の抽出及びその地質学的、水理学的特性の把握を主体とした一連の調査研究を実施し、研究対象である土岐花崗岩体の地質学的、力学的、水理学的、地球化学的特性及び地下水の地球化学特性に関するデータを取得した。これによって、東海研究開発センターが実施している地層処分の工学技術及び安全評価技術の信頼性向上に向けた研究開発にとっても重要な事項である地質環境の各種特性や調査・評価技術に関する知識や経験を蓄積することができた。

本報告書では、研究所建設用地変更後の研究所計画の第1段階における調査研究（野外調査）を通して得られた知識及び経験を基に、プロジェクト管理において主要な項目である計画の立案、現場監理、品質保証のあり方、計画を円滑に推進するためのステークホルダーとの関わり方など、プロジェクト管理に係る項目の実績評価及び各項目に関する教訓を、基となった事例を含めて取りまとめ、プロジェクト管理における改善事項を提案する。

注a) 日本原子力研究所と核燃料サイクル開発機構との統合による独立行政法人（2005年10月に設立）

注b) 当初、岐阜県瑞浪市明世町内の機構所有地を研究所建設地としていたが、2001年の瑞浪市の提案を受け入れ、同じく明世町内の瑞浪市の市有地へ研究所建設用地を変更した。

Evaluation of Project Management and Leaned Lessons in the Mizunami Underground Research
Laboratory Project Phase I (FY 2002 – FY 2004)

Kaoru KOIDE, Koki IKEDA⁺¹, Shinji TAKEUCHI⁺¹,
Kunio OTA⁺² and Masanori SAKAMAKI

Tono Geoscientific Research Unit

Geological Isolation Research and Development Directorate, Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received January 30, 2007)

The Mizunami Underground Research Laboratory (MIU) Project is one of the two URL projects in Japan and has been conducted by the Japan Atomic Energy Agency (JAEA)[★] at the Tono Geoscience Center in Mizunami city, Gifu prefecture. The MIU project was planned according to the long-term program on research, development and utilization of nuclear energy of the Atomic Energy Commission of Japan that was updated in 1994. For the initial six years from announcement of the MIU project in August 1995 to change of the MIU construction site in January 2002, the Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC), the predecessor of the present JAEA had to proceed by carefully balancing the trade-offs between achievement of R&D objects and social scientific considerations in order to gain local acceptance of the MIU project in the most severe social environment ever experienced by JNC.

After changing the location of the MIU construction site to the present location, planning for the first phase of the MIU project was specified surface-based investigations lasting three years, FY 2002-2004, in order to perform R&D activities with adequate lead-time for the national geological disposal program. During the first phase, surface-based investigations, such as geological mapping, geophysical surveys and borehole investigations were conducted to gain understandings of the geological environment of crystalline rock, the Toki granite. Information on geological, rock mechanical, hydrogeological and geochemical characteristics of rock, geological structures and groundwater was obtained by these investigations. Consequently, knowledge and experiences regarding characterization of the deep underground crystalline rock environment and investigation and modelling techniques were gained through the first phase investigations. Obtained data will also contribute to R&D of engineered barrier system and safety assessment for geological disposal systems being conducted at the Tokai Research and Development Center in Tokai village, Ibaraki prefecture.

This report describes the evaluation result and leaned lessons based on the knowledge and experiences related to project management for surface-based investigations gained during the first phase of the MIU project at the new MIU construction site for FY 2002-2004, and proposes several ideas to improve project management manner in future phases.

Keywords: Mizunami Underground Research Laboratory, MIU Project, Surface-based Investigation, Leaned Lesson, Project Management

★JAEA is the result of the integration of the Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI) and the Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC) in October 2005.

+1 Tono Geoscience Center, +2 Horonobe Underground Research Unit

目 次

1.	はじめに	1
2.	超深地層研究所計画の概要	2
2.1	研究課題	2
2.2	計画の概要	3
2.2.1	目標	3
2.2.2	瑞浪超深地層研究所の概要	3
3.	研究所計画を進めるにあたっての制約	7
4.	第1段階の調査研究における基本方針と計画の具体化	9
4.1	地質環境特性の調査・評価技術の開発における基本方針	9
4.1.1	調査研究の個別目標と課題の設定	9
4.1.2	空間スケールの設定	9
4.1.3	繰り返しアプローチの適用	11
4.1.4	統合化データフローの構築	13
4.2	第1段階の調査研究計画の具体化	17
4.2.1	調査研究計画立案の基本方針	17
4.2.2	実施調査研究項目	20
4.2.3	調査研究の進め方	21
4.2.4	調査研究工程	22
4.3	品質保証	22
4.4	現場監理（安全確保、工程管理、環境保全）	23
4.5	組織・人材育成	24
5.	第1段階の調査研究実績（野外調査）の評価と課題	25
5.1	第1段階におけるプロジェクト管理の評価	25
5.1.1	計画立案と調査研究の監理	25
5.1.2	品質保証	27
5.1.3	現場監理（安全確保、工程管理、環境保全）	31
5.1.4	組織・人材育成	32
5.2	調査研究時における問題の発生原因と対策	33
5.2.1	深層ボーリング調査	33
5.2.2	孔間弾性波トモグラフィ探査	39
6.	第1段階を通して得られた教訓	43
6.1	計画立案・契約について	43
6.2	現場監理について	46
6.3	品質保証について	49
7.	おわりに	50
	参考文献	51
	APPENDIX I 研究成果の分野別発表実績	53
	APPENDIX II 深地層の研究施設における研究計画等検討部会開催実績	65

Contents

1.	Introduction	1
2.	Outline of Mizunami Underground Research Laboratory Project	2
2.1	Study issues	2
2.2	Overview of study plans	3
2.2.1	Objectives	3
2.2.2	Geological conditions around site and planned facilities	3
3.	Constraints on progress of MIU project	7
4.	Characterization strategy	9
4.1	Principle and plan to develop investigation and evaluation techniques	9
4.1.1	Goal and study issue of each investigation	9
4.1.2	Concept of Spacial scales	9
4.1.3	Iterative approach	11
4.1.4	Development of geosynthesis data flow	13
4.2	Planning of investigation program for the first phase	17
4.2.1	Concept of planning	17
4.2.2	Investigations needed for characterization and research	20
4.2.3	Investigation approach	21
4.2.4	Time schedule	22
4.3	Quality assurance	22
4.4	Management (safety, time schedule, environment)	23
4.5	Organization and training	24
5.	Results and problems of investigation for the first phase	25
5.1	Evaluation of project management	25
5.1.1	Planning and management of investigation and research	25
5.1.2	Quality assurance	27
5.1.3	Management (safety, time schedule, environment)	31
5.1.4	Organization and training	32
5.2	Technical problems of investigations	33
5.2.1	Deep borehole investigation	33
5.2.2	Multi-boreholes seismic tomograph	39
6.	Learned Lessons in regard to project management thought the first phase	43
6.1	Planning and contract	43
6.2	Management of field works	46
6.3	Quality assurance	49
7.	Summary	50
	References	51
	APPENDIX I List of technical documents of each discipline	53
	APPENDIX II List of items of URL technical committee	65

図 目 次

図 1	日本原子力研究開発機構の研究開発拠点	2
図 2	超深地層研究所計画のための研究用地（研究所用地と正馬様用地）	4
図 3	瑞浪超深地層研究所周辺の地質概況	5
図 4	瑞浪超深地層研究所の研究坑道（現行計画）	5
図 5	瑞浪超深地層研究所の地上施設	6
図 6	調査研究の個別目標と課題	10
図 7	空間スケールの概念	11
図 8	調査研究の繰り返しアプローチ	12
図 9	地質構造の概念モデル	12
図 10	統合化データフロー（サイト・スケール：既存情報を用いた調査・解析）	14
図 11	統合化データフロー（サイト・スケール：地表からの調査・解析）	15
図 12	統合化データフロー（サイト・スケール：ボーリング孔を利用した調査・解析）	16
図 13	地質環境調査フローの例	18
図 14	断層などの不連続構造の特性を考慮した処分場レイアウトの概念	19
図 15	超深地層研究所計画・第1段階における調査研究の進め方	21
図 16	研究担当グループの組織体制	24
図 17	深層ボーリング調査（MIZ-1号孔）における調査結果（地質構造）	35
図 18	孔間弾性波トモグラフィ探査の配置（計画時）	40
図 19	調査仕様変更後の弾性波及び比抵抗トモグラフィ探査	41
図 20	地上発振－孔内受振の弾性波トモグラフィ探査において使用した震源装置	42
図 21	PDPCを活用した問題発生を想定した調査計画立案の概念	44
図 22	PDPCを用いた深層ボーリング調査の工程検討事例	45

表 目 次

表 1	超深地層研究所計画の全体工程	4
表 2	空間スケールの対象範囲と位置づけ	10
表 3	各研究課題に対する第1段階における調査研究項目（野外調査）	21
表 4	第1段階の調査研究（野外調査）計画工程表（2002年度当初）	22
表 5	第1段階の調査研究（野外調査）実績工程表	25
表 6	第1段階において実施した調査研究の概要（野外調査）	26

This is a blank page.

1. はじめに

本報告書は、原子力政策大綱（原子力委員会、2005）に示されている深地層の研究施設を活用した深地層の科学的研究の一環として実施している超深地層研究所計画（以下、研究所計画という）において、研究所建設用地が、独立行政法人・日本原子力研究開発機構^{注1)}（以下、原子力機構という）の所有地（瑞浪市明世町月吉区：以下、正馬様用地といふ）から瑞浪市の市有地（瑞浪市明世町山野内区）へ変更された後の地表からの調査予測研究段階（2002年度～2004年度：以下、第1段階といふ）を通して得られた知識及び経験に基づき、第1段階における野外調査の計画立案や現場監理などのプロジェクト管理の実績を報告するとともに、関連する知識、ノウハウ及び今後の課題の整理を目的に取りまとめたものである。

そのため、研究所計画の第1段階を通して、これまでに得られた科学的・技術的知見に関しては、「超深地層研究所計画における地表からの調査予測研究段階（第1段階）研究成果報告書（日本原子力研究開発機構、2007）」を参照されたい。

本報告書は本章以降、6つの章から構成されている。各章における内容は以下の通りである。

第2章では、研究所計画の意義や位置づけ及び研究開発目標など、本計画の内容を概説する。

第3章では、第4章以降で述べる第1段階における調査研究の基本方針や計画立案にあたっての検討過程及びその結果の必然性を理解してもらう目的で、研究所計画の実施にあたっての前提条件やそれに至る経緯などの背景を解説する。

第4章では、研究開発業務としての本質やプロジェクトの円滑な推進を担保するうえで必要不可欠と考えられる段階目標の設定、及び取得されるデータやその解釈に対する品質保証、安全対策、環境保全及び研究所計画の重要な役割の一つである研究者・技術者の育成に関する考え方などの第1段階におけるプロジェクト管理の基本理念及び具体的方策を示す。

第5章では、第1段階における野外調査に関するプロジェクト管理の実績評価、並びに発生した主要な技術的問題点とその問題を解決するために実施した対処方法などについて報告する。

第6章では、第1段階を通して得られたプロジェクト管理上の教訓を、幌延深地層研究計画や、処分事業及び国の安全規制へも寄与できるよう、より一般化した表現で要点を箱書きとし、その背景を解説としてまとめた。

第7章は、研究所建設用地の変更からの3年間を振り返り、特に社会科学的な観点から今後のプロジェクト管理にとって重要と考えられる項目をまとめ、本報告書の結語とする。

^{注1)} 日本原子力研究所と核燃料サイクル開発機構との統合による独立行政法人（2005年10月に設立）

2. 超深地層研究所計画の概要

2.1 研究課題

原子力機構においては、原子力委員会（2000）及び原子力安全委員会（2000）が示している「第2次取りまとめ」（核燃料サイクル開発機構、1999）以降における地層処分技術に関する研究開発の課題を踏まえ、以下に示す2つの目標を設定している。

- ・**目標①「実際の地質環境への地層処分技術の適用性確認」**

「第2次取りまとめ」までに整備してきた様々な要素技術を深地層の研究施設（東濃地科学センター・幌延深地層研究センター：図1）等において、実際の地質環境へ適用し、その技術的信頼性を確認しつつ、調査の進展に応じた段階的な地層処分技術として体系化していく。

- ・**目標②「地層処分システムの長期挙動の理解」**

深地層の研究施設及び地層処分基盤研究施設や地層処分放射化学研究施設（東海研究開発センター：図1）等での試験研究を通じて、地層処分システムに関連する現象への理解をさらに深め、より現実に即した評価手法へと改良・高度化をはかり、長期にわたる評価の信頼性を高めていく。

東濃地科学センターでは、上記の目標に対して、深地層の科学的研究の課題として以下を設定している。

目標①→課題①「地質環境特性の調査・評価技術の開発」

課題②「深地層における工学技術の基礎の開発」

目標②→課題③「地質環境の長期安定性に関する研究」

これらの課題に対しては、研究所計画の他に、「広域地下水流动研究」及び「地質環境の長期安定性に関する研究」の3つの研究開発プロジェクトとして取り組んでいる。



図1 日本原子力研究開発機構の研究開発拠点

2.2 計画の概要

研究所計画は、2.1 章における目標①の課題①及び課題②として示されている「地質環境特性の調査・評価技術の開発」及び「深地層における工学技術の基礎の開発」に向け、結晶質岩からなる地質環境（岩石及び地下水）を主な研究対象とした深地層の研究施設における研究開発プロジェクトである（核燃料サイクル開発機構、2002）。

研究所計画では、研究坑道の建設工程及びこれに伴う研究開発の課題、対象、空間スケール等の違いを考慮し、約 20 年にわたる計画全体を「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」、「第 3 段階：研究坑道を利用した研究段階」の 3 つの段階に区分して進めている。これにより、人工的な擾乱を受けてない地質環境、及びその地質環境が研究坑道の掘削によって変化していく状況を把握することが可能となる。また、段階的に地質環境に関する情報量が増加することから、調査の種類・量と解析評価の結果の精度との関係を事例的に示すことが可能になる。

2.2.1 目標

研究所計画の全体目標及び段階目標を以下に示す（核燃料サイクル開発機構、2002）。

【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及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及び施工計画の策定
- 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及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及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

2.2.2 瑞浪超深地層研究所の概要

研究所計画は、当初、正馬様用地（図 2）において 1996 年度より開始され、地上物理探査やボーリング調査などの地表からの調査研究が行われた。しかし、研究所計画の推進に必要な道路整備に関して、正馬様用地周辺地区の理解が得られなかった。このような状況の中、2001 年 7 月に瑞浪市から建設地点の市有地への移転の提案を受け、2002 年 1 月に正馬様用地の約 2 km 南東に位置する瑞浪市明世町内の面積約 7.8ha の市有地（以下、研究所用地という：図 2）の賃貸借契

約を瑞浪市と締結した。これに伴い基本計画（核燃料サイクル開発機構、2002）を2002年2月に改定した。

本計画の全体工程（基本計画改定時）を表1に示す。

研究所用地周辺には、この地域の基盤として白亜紀の花崗岩（土岐花崗岩）が広く分布し、その上位に新第三紀中新世の堆積岩（瑞浪層群）及び新第三紀鮮新世の固結度の低い砂礫層（瀬戸層群）が分布する（図3）。

瑞浪超深地層研究所の研究坑道は、主として研究対象である土岐花崗岩中に建設され、主立坑、換気立坑、二つの水平坑道群（中間ステージと最深ステージ）及び深度100mごとに主立坑と換気立坑をつなぐ水平坑道（予備ステージ）から構成される計画である。（図4）。また、地上施設は、立坑掘削用の櫓設備を収納した掘削タワー、巻上設備、コンクリートプラント、受変電設備（非常発電設備）、排水処理設備、及び管理棟などからなる（図5）。なお、研究坑道の配置は、研究の進展に伴い必要に応じて見直される。

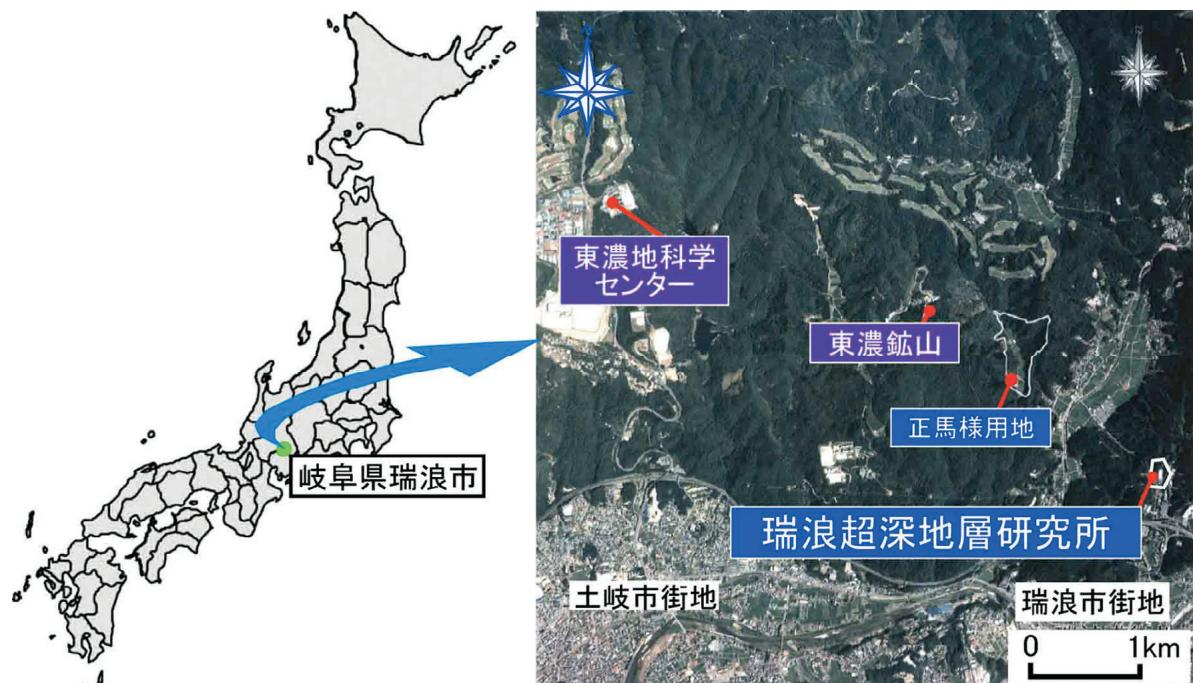
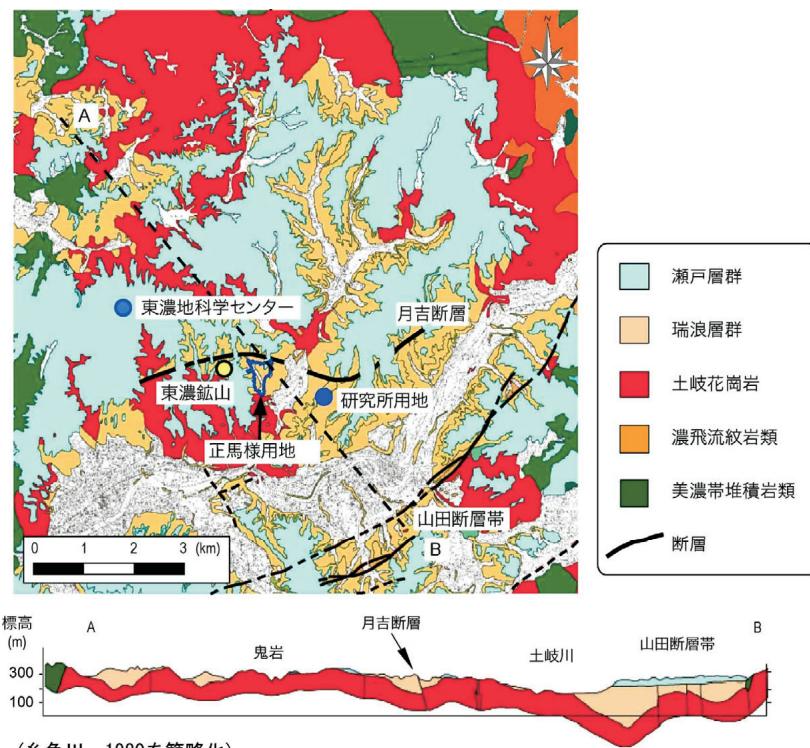


図2 超深地層研究所計画のための研究用地（研究所用地と正馬様用地）

表1 超深地層研究所計画の全体工程
(基本計画改定時：2002年2月)

年 度	19 96	19 97	19 98	19 99	20 00	20 01	20 02	20 03	20 04	20 05	20 06	20 07	20 08	20 09	20 10	20 11	20 12	20 13	20 14	20 15
	H 8	H 9	H 10	H 11	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	H 18	H 19	H 20	H 21	H 22	H 23	H 24	H 25	H 26	H 27
研究段階																				
第1段階																				
第2段階																				
第3段階																				



(糸魚川、1980を簡略化)

図3 瑞浪超深地層研究所周辺の地質概況

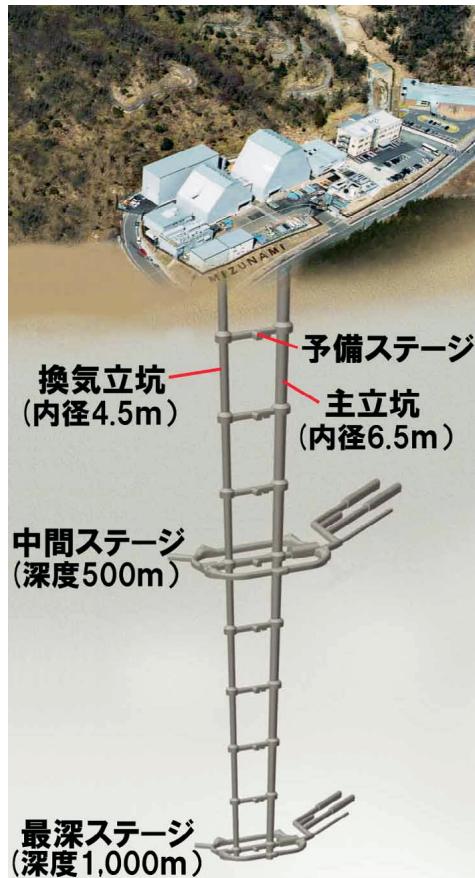


図4 瑞浪超深地層研究所の研究坑道（現行計画）

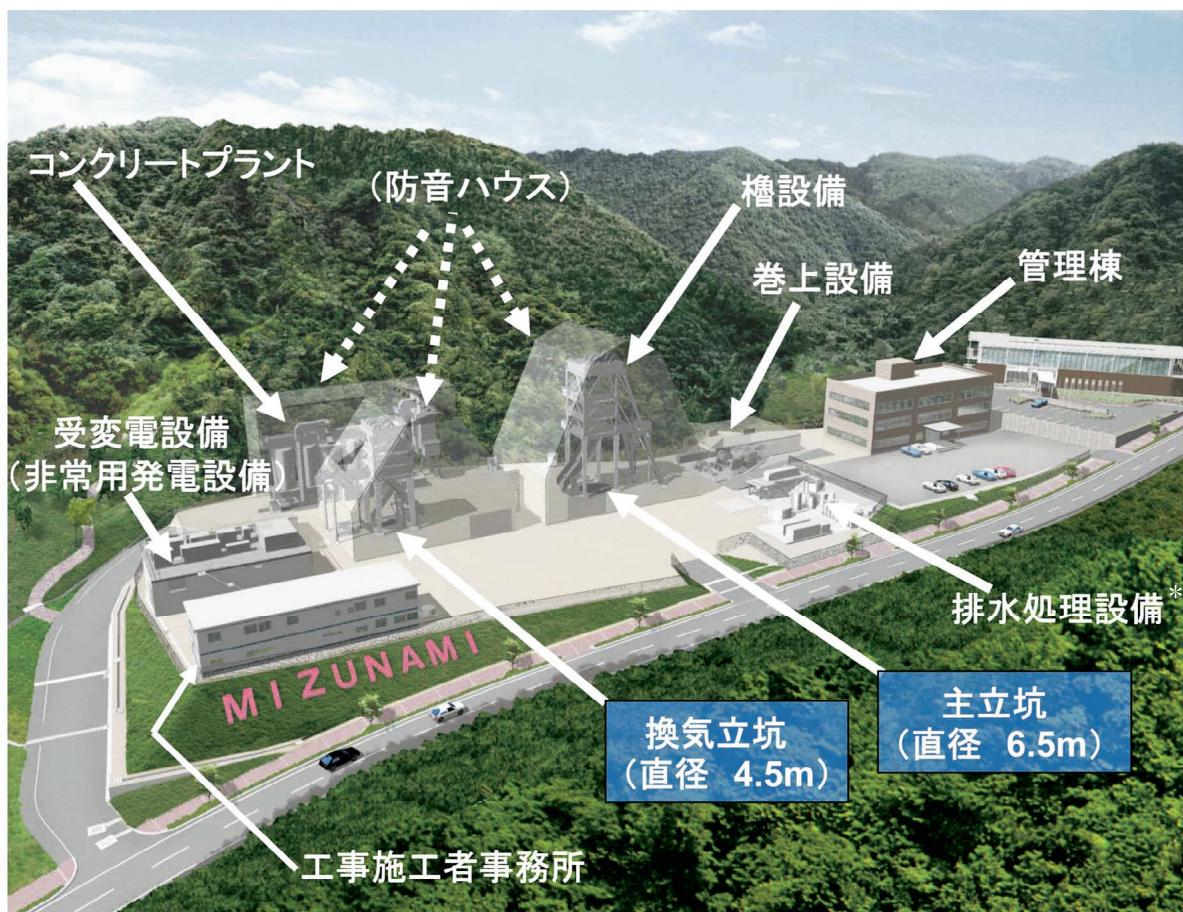


図5 瑞浪超深地層研究所の地上施設

3. 研究所計画を進めるにあたっての制約

本章では、第4章以降で述べる第1段階における調査研究の基本方針や計画の具体化にあたっての検討過程とその結果の必然性をより深く理解してもらうために、研究所計画推進にあたっての制約を、社会情勢を含めて解説する。

東濃地科学センターは、1995年8月21日の研究所計画の公表以来、本計画が地域社会に受け入れられるように、研究開発業務の透明性の確保、処分事業との明確な区分及び研究所への放射性廃棄物の持ち込み・使用を行わないこと等を関係自治体や地元自治会に説明してきた。1995年12月28日には、岐阜県、瑞浪市、土岐市、動力炉・核燃料開発事業団（当時）の間で「東濃地科学センターにおける地層科学研究に係る協定書（四者協定）」を締結し、翌1996年度より研究所計画は正式に開始された。

しかし、計画公表時におけるテレビ報道などによって、正馬様用地近隣地区の方々の間に「研究所が最終処分場につながる」等の不安が生じた。このような地元の方々の不安を払拭するため、自治会に対する説明会の開催や説明資料の全戸配布など、研究所計画に対する理解を得るために広報活動を従業員一丸となって取り組んできた。しかし、地元の方々の不安を払拭しきれず、正馬様用地における研究所建設に対する理解は十分に得られなかつた。そのため、正馬様用地内では、物理探査やボーリング調査、及び沈砂池などの環境保全関連の工事を除き、用地周辺での地下水モニタリング網の整備や研究坑道の建設工事の見通しは不透明な状態であった。

このような社会情勢による研究開発業務への影響は、研究所計画のみならず、東濃地科学センターが実施していた、より広い地質環境を対象としていた広域地下水流动研究にも波及した。そのため、正馬様用地や東濃鉱山周辺の地区では、新規の調査研究が実施できない状況が続き、研究目的にとって必ずしも理想的なボーリング孔の配置などができず、制約条件の中での工夫が求められることとなつた。

研究所計画の見通しが不透明な中、2001年6月に瑞浪市から研究所建設予定地の市有地（瑞浪市明世町）への移転に関する提案を受け、同年7月に本件の受諾を瑞浪市に回答し、翌年1月17日に「超深地層研究所計画に関する土地賃貸借契約及び協定」を締結した。その後、1月25日に市有地において現場作業に着手、3月には現場事務所を開所し、7月から用地の造成工事を開始、翌年7月には研究坑道の掘削工事に着手して現在に至っている。

このように、動力炉・核燃料開発事業団（計画公表当時）及びその後身である核燃料サイクル開発機構（研究所用地移転当時）は、研究所計画を地域社会に、より良く理解してもらうため、関係自治体と各種の協定を締結し、また、各自治体の議会などでの質疑において、研究開発を行なうに当たっての基本姿勢を説明している。以下に、これまで締結した協定や各自治体への説明のうち、特に研究開発業務に係る事項を示す。

① 研究所を処分場にしないことに関する担保

- 放射性廃棄物を研究所へ持ち込むことや、研究所で使用することは一切しないし、将来においても放射性廃棄物の処分場とはしない。
- 研究所を放射性廃棄物の最終処分実施主体へ譲渡し、又は貸与しない。
- 計測機器に用いられている密封された放射性核種を除き、放射性トレーサーなどの放射性物質を一切持ち込まないし使用しない。

② 研究期間

- 全体の研究期間は約20年。なお、基本計画や研究段階ごとの計画の見直し・改定に伴い、必要に応じて見直す。

- 市有地の土地賃貸借の期間は 2002 年 1 月 17 日から 2022 年 1 月 16 日までの 20 年間とする。ただし、期間の延長が必要となった場合は、瑞浪市と別途協議して決定するものとする。

③ 研究場所、研究領域、掘削深度

- 瑞浪市の市有地（研究所用地）に研究坑道などを設置する。
- 調査研究の実施領域は、研究坑道やその坑道からのボーリングなどを含め、賃貸借契約を締結した市有地の範囲内とする。
- 研究坑道の深度は地下 1,000m までを計画する。

④ 共同研究

- 研究所を第三者に譲渡し、貸与し、又は担保の目的に提供しない。
- 大学などの研究機関に研究所の施設を使用させる場合は、瑞浪市の承認を得る。
- 研究所は、広く国内外の研究者に開放し、極限環境における最先端の研究が行われる中核的な研究施設として整備するとともに、民間企業についても広く門戸を開放して研究を進めていく。

⑤ 環境への影響

- 研究所の設置、または研究の実施に関し、環境に影響を及ぼさないように努める。

⑥ 研究所の運営

- 研究終了後は、原則、原状に復すが、瑞浪市が希望する場合は、跡利用について相談し誠意をもって対応する。

上記の協定書の条項及び議会などの説明において、第 1 段階の調査研究計画に直接制限を与える内容は、③の「研究領域」である。これにより、ボーリング調査による詳細な地質環境における現象や特性などのデータ取得は、研究所用地の領域（約 7.8 ha）内に限定されることになる。特に地下水流动の研究分野においては、モデル解析上の必要性から研究所用地の範囲を超えて、表層や深層の水理・水文データを取得するとともに、構築したモデルの評価や更新のための地下水のモニタリングが必要である。このような領域に関する研究上の制約に対しては、より広い領域を研究対象としている広域地下水流动研究（例えば、動力炉・核燃料開発事業団、1997）における研究成果を活用することによって補う工夫が必要となる。しかし、広域地下水流动研究で得られたデータは、研究対象とする空間スケールの違い等から研究所計画の各研究分野における要求を必ずしも十分に満たすものではない。

当時を振り返っての結果論的な批評は容易であるが、競合する、研究開発目標の達成と現実的な社会科学的配慮との均衡点を模索した結果が上記の条項などであり、我が国初の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ための深地層の研究施設を受け容れるという地域社会の英断と研究計画を推進していく上で必要な地元の方々の理解・協力は、これらの条項なしでは得られなかつたことを強調したい。

4. 第1段階の調査研究における基本方針と計画の具体化

2005年9月に公開した「高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する知識基盤の構築－平成17年取りまとめ一分冊1 深地層の科学的研究－」（核燃料サイクル開発機構, 2005）に、東濃地科学センターで実施している地質環境特性の調査・評価技術の開発を進める上で基本的な方針や考え方方が取りまとめられている。

本章では、「平成17年取りまとめ」の中で記されている研究所計画における調査研究の基本方針の抜粋を以下に示すと共に、第3章で述べた研究上の制約の中で、この基本方針に則り、どのような議論が行なわれ、調査研究計画を具体化していったか、その過程と結果を記す。

4.1 地質環境特性の調査・評価技術の開発における基本方針

4.1.1 調査研究の個別目標と課題の設定

地層処分における地質環境の役割としては、①廃棄物を長期にわたって物理的に隔離すること、②人工バリアにとって適切な設置環境を提供すること、及び③天然バリアとして機能することの3点が期待されている（核燃料サイクル開発機構, 1999）。地質環境がこれらの役割を果たし、地層処分の技術的実現性をより確かなものとしていくためには、地質環境が長期にわたり十分に安定であることが求められる。そのうえで、地質環境には以下のようないくつかの条件及び特性が期待される。

- 対象とする岩盤が十分な深度に分布し、地下施設を建設するうえで十分な空間的広がりを有すること。
- 対象とする岩盤が地下施設を建設できる力学的安定性を有し、緩衝材を適切に維持でき、かつ人間が安全に作業ができる温度環境を確保することができる。
- 緩衝材の流出、オーバーパックの腐食及びガラスの溶解を抑制する観点から、処分場を通過する地下水水流束が低く地下水が還元的であること。
- 対象とする岩盤中の地下水流动が緩慢で移行距離が長く、核種移行に十分な遅延効果が期待できること。
- 生物圏に至る放射性核種の濃度を低減させる観点から、対象とする岩盤に核種の希釈効果が期待できること。

地質環境特性の調査・評価技術の開発においては、地層処分にとって重要な上記の地質環境の条件及び特性を地下施設の設計・施工及び安全評価の観点から調査研究の個別目標として整理し、その個別目標から設定した課題に対して、取得したデータや知見などを含めて研究成果として反映させ、また、これを念頭に置いて地質環境特性の調査・評価技術の開発を体系的に進めていく必要がある。さらに、地層処分に関する安全上の側面のみならず、環境保全や社会的な側面からの評価（環境影響評価；例えばAECL, 1994 ; Posiva, 1999 ; DOE, 2002）も、トンネルやダムなどの大規模事業における環境アセスメントと同様に重要であると考えられる（核燃料サイクル開発機構, 2004）。研究所計画では実際に研究坑道を建設し調査研究を進めていくことから、地下深部における研究坑道の建設が周辺環境に与える影響を事例的に評価することが可能である。

以上のような背景から、結晶質岩を研究対象とした地質環境特性の調査・評価技術の開発では、地下施設の設計・施工、安全評価、環境影響評価の各観点から、その個別目標と課題を設定した（図6）。

4.1.2 空間スケールの設定

調査にあたって対象とする空間的広がり（以下、空間スケールという）を調査の進展に応じて区分するという考え方とは、ダムやトンネル工事、原子力発電所の建設など、土木工事の分野にお



(核燃料サイクル開発機構, 2005 p. 4-8)

図 6 調査研究の個別目標と課題

いては、一般的な調査概念となっている。同様に地層処分の分野においても、地下施設の設計、施工及び安全評価への調査研究成果の反映を念頭に置き、対象とする地質構造や現象の規模に応じて複数の空間スケールを設定している。ただし、安全評価の基盤となる地下水流動や物質移動の解析を実施することから、一般的な土木工事などと比較して、区分したスケール間での地質環境特性や現象の整合性、連続性がより強く求められることが、地層処分技術の研究開発における地質環境特性の調査・評価技術の開発の特徴と言える。

具体的には、地表からの調査研究を通して地層処分にとって重要な地質環境の条件及び特性を段階的に理解するとともに、地下水流動や物質移動などの現象の評価を行うことから、涵養域から流出域までの一つの地下水系や研究所用地及び研究坑道のレイアウト等に着目して、表2及び図7に示すリージョナル、ローカル、サイト、ブロックの4つの空間スケールを調査研究の目的に応じて設定した（核燃料サイクル開発機構, 2004）。なお、リージョナル・スケールは、ローカル・スケールにおける研究領域及び解析上の境界条件を設定するためのものであることから、調査研究の個別目標と課題は設定していない。

表 2 空間スケールの対象範囲と位置づけ

空間スケール／対象範囲		位置づけ
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

(核燃料サイクル開発機構, 2005 p. 4-10)

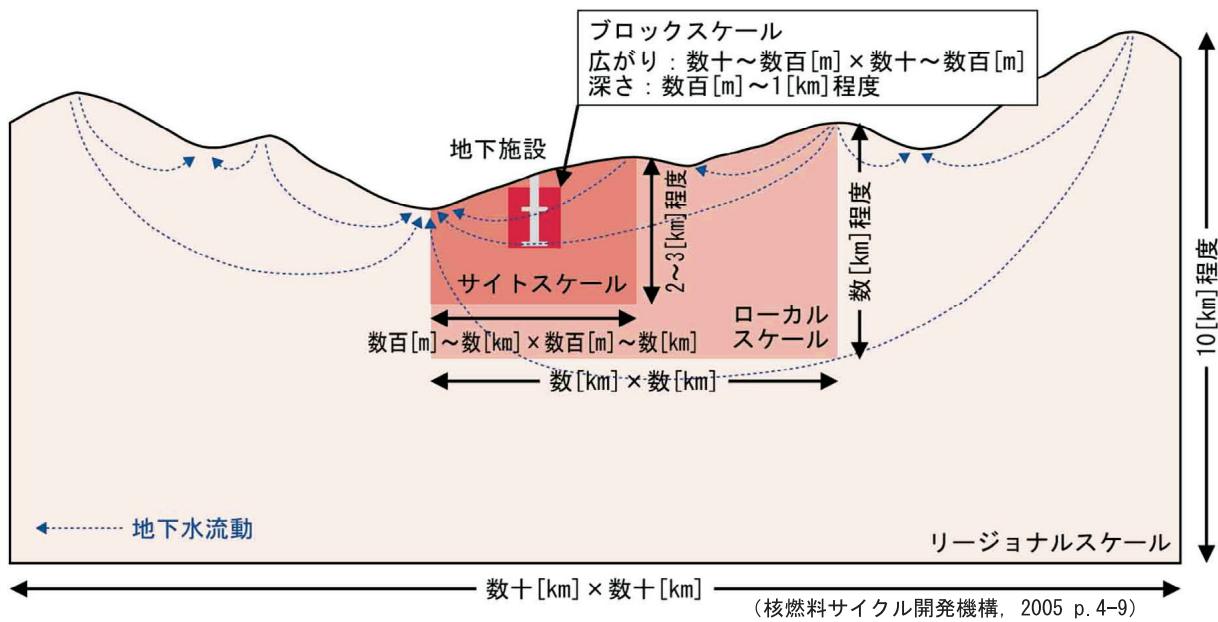


図 7 空間スケールの概念

また、ブロック・スケールは、地下施設近傍の応力場、研究坑道の掘削影響や地下水流入量の予測解析などを実施する場合に、それに必要な領域をサイト・スケールの地質環境モデルから切り出して詳細にモデル化する空間スケールである。したがって、第1段階におけるブロック・スケールにおける調査研究は、基本的にサイト・スケールの調査研究に含まれるため、以下に述べる調査研究の繰り返しアプローチ及び統合化データフローは、ローカル・スケール及びサイト・スケールの調査研究のみを対象とした。

4.1.3 繰り返しアプローチの適用

地質環境の条件及び特性を段階的に理解するための調査研究を進める場合、実際には空間的、時間的、さらには経済的に多くの制約が課されることが予想される。このような条件下で効率的に調査研究を進めるためには、調査研究の進展に伴う情報の質・量と地質環境の理解度との関係を順次評価し、その結果を次段階の調査研究へ反映することが合理的である。このための基本的な考え方が 図8 に示す「繰り返しアプローチ」である。「繰り返しアプローチ」における一つのループは、以下の8項目で構成されている。

なお、「繰り返しアプローチ」のループの回数や1ループ当たりの調査項目・量は、対象とする地質環境や調査にあたっての制約条件などを考慮して設定されるべきものと考える。

① 概念の構築（更新）

既存の地質環境特性に関する情報に基づき、地層区分にとって重要な地質環境の条件及び特性を抽出し、対象となる範囲の地質環境の概念モデルを構築（更新）する（太田ほか, 1999: 図9）。

② 計画立案（更新）

前述の地質環境の概念モデル、調査研究の個別目標と課題、空間スケールの概念に基づき、調査研究計画を具体化する。

③ 調査の実施

④ データの解釈

調査研究によって得られたデータをモデル化・解析するための情報として解釈し、地質環境特性の空間分布やデータが有する不確実性の幅などとして整理する。

⑤ モデル化・解析

データの解釈の結果を基に、地質構造、水理地質構造、地球化学、岩盤力学及び物質移動に関する地質環境モデルを構築する。ただし、空間スケールごとに対象とする調査研究の個別目標と課題が異なるため、段階ごとにモデル化・解析の対象を設定する。また、構築した地質環境モデルの妥当性の評価やキャリブレーションを行うため、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地下水の流動や水質の変化などを予測する。

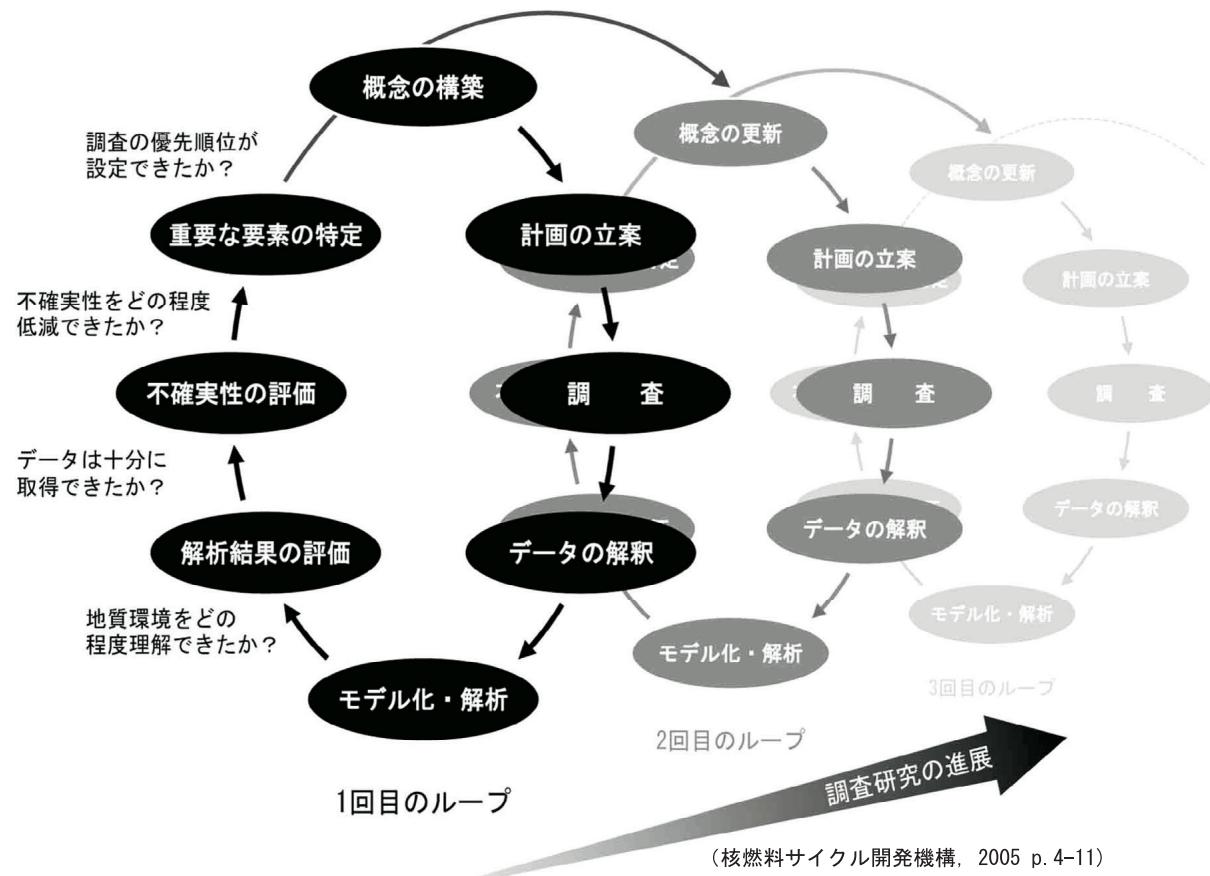


図8 調査研究の繰り返しアプローチ

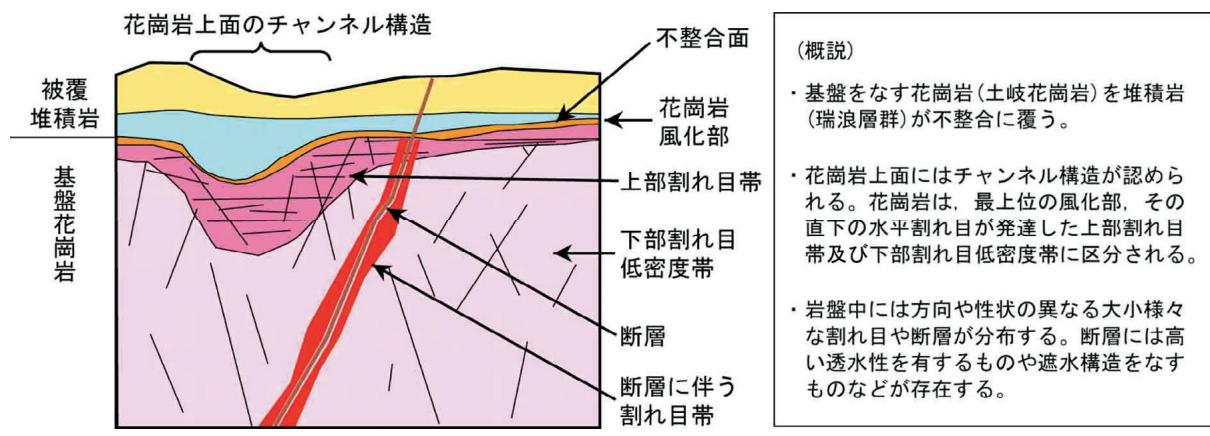


図9 地質構造の概念モデル

⑥ 解析結果の評価

モデル化・解析の結果から、調査研究の個別目標と課題に向けた地質環境特性に関する情報が十分に取得できたか、あるいは、対象とする地質環境をどこまで理解・記述できたか等について評価する。また、対象とする現象や測定する物性値などが異なる各分野のモデル間の整合性を考察することも構築した地質環境モデルの妥当性を評価する上で重要である。

⑦ 不確実性の評価

不確実性の評価指標を定め、地質環境モデルの基本ケースと代替ケースにおける解析結果の差異を比較し易い形に整理する。次に調査研究の個別目標と課題の解決に向けたモデル化・解析の結果の妥当性や信頼性を向上させるために、データの品質や解釈、モデル化手法の違い等に起因する不確実性（解析結果の分散）を前述の評価指標を用いて感度解析などの手段によって定量化し、不確実性の低減の度合いを順次示していく。

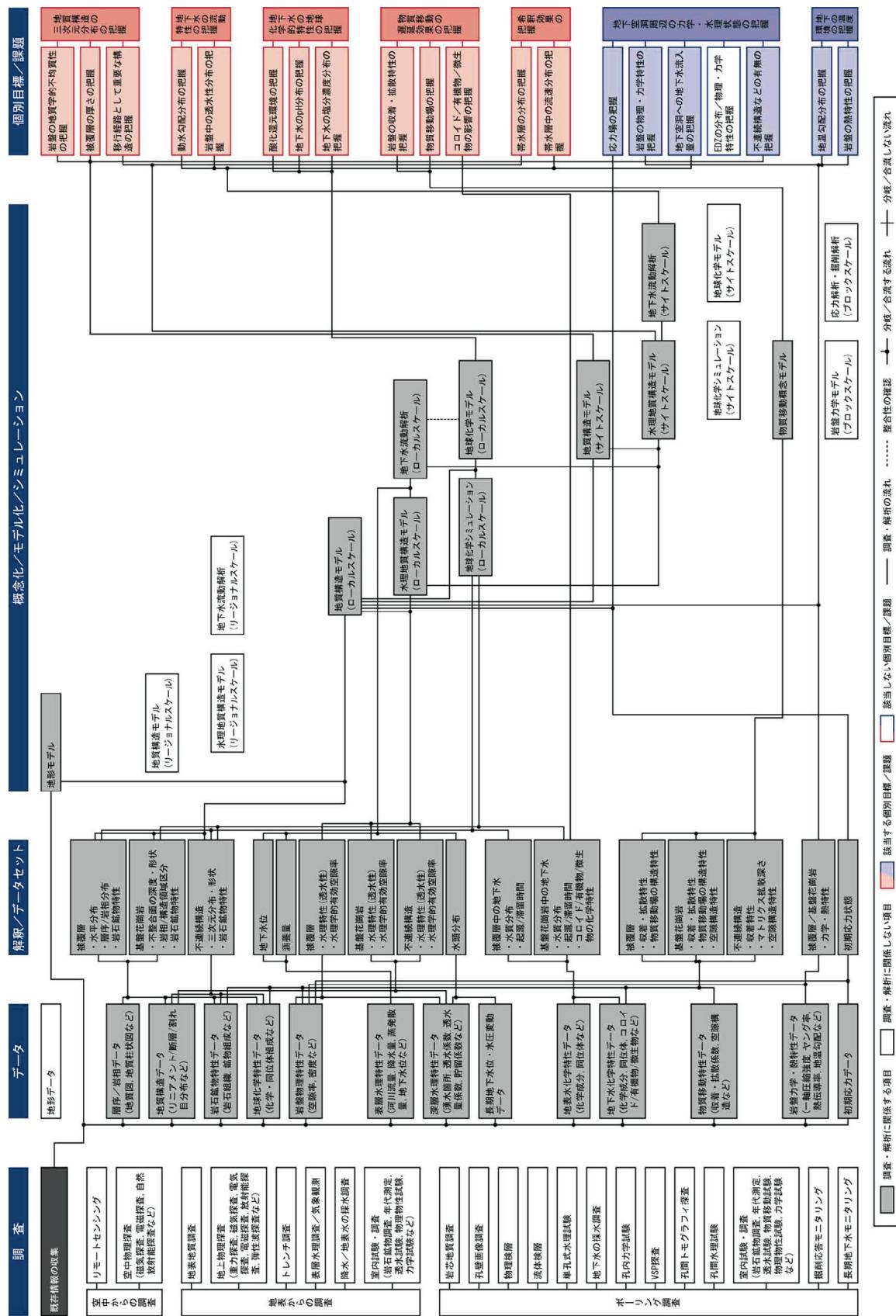
⑧ 重要な要素の特定

①から⑦までの結果を踏まえ、地質環境モデルの不確実性を低減する上で重要な要素（特定の地質構造やその特性）を次段階における調査研究の対象として特定する。

4.1.4 統合化データフローの構築

統合化データフローとは、地下施設の設計、施工及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、地表からの調査研究の種類と組み合わせ、取得するデータの種類、データの解釈及び分野間での情報の統合など、実際の作業やデータ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、さらにその詳細化、並びに合理化を段階的に図ることによって、地層処分にとって重要な地質環境の条件及び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となる。

研究所計画においては、海外のサイト特性調査の事例（Wellenberg Project；Nagra, 1997）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を構築した（太田ほか, 2005：図10, 11, 12）。



統合作業チーム（サイト・スケーラ化）既存情報を利用した調査・解析（核燃料サイクル開発機構、2005 p.4-48）

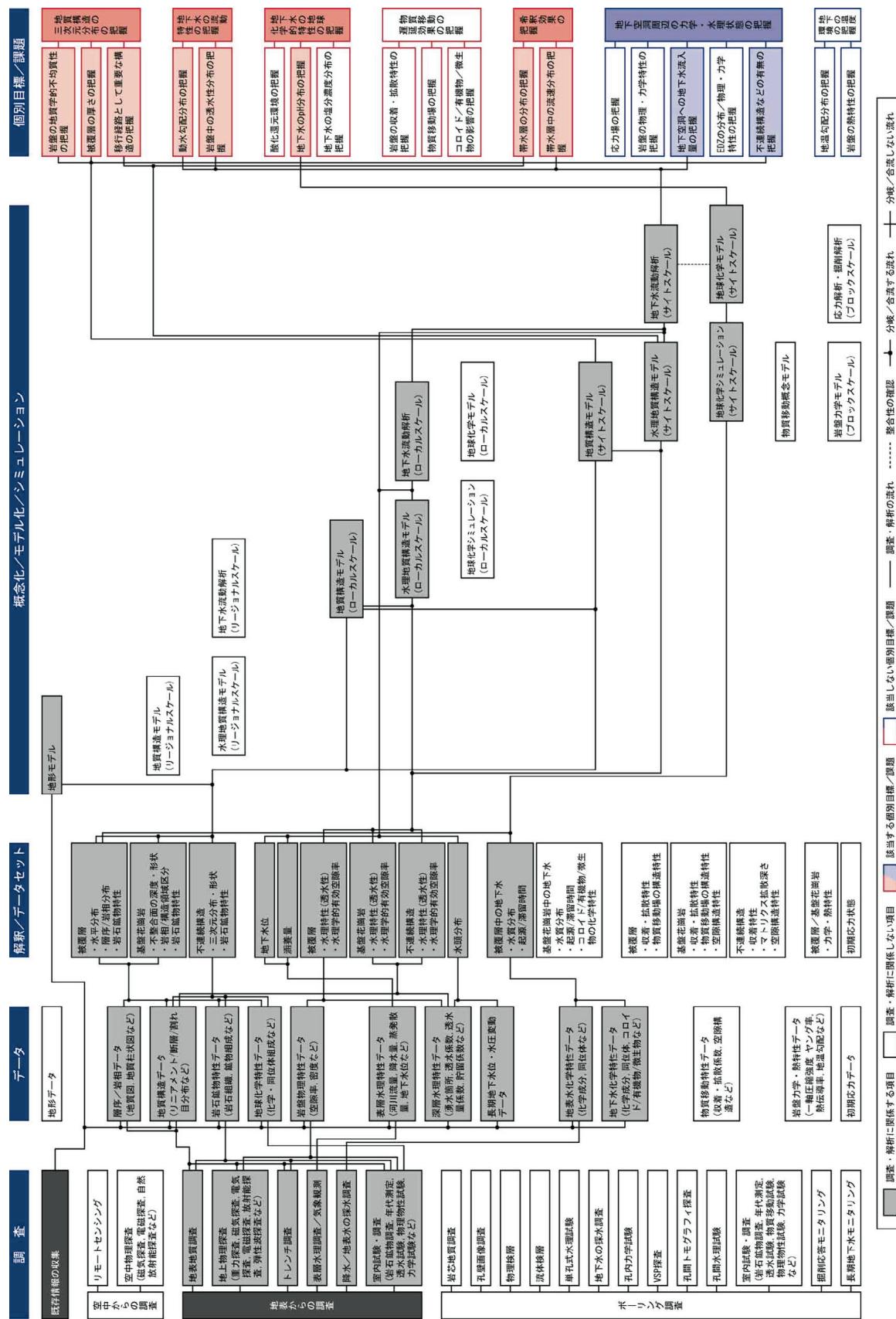
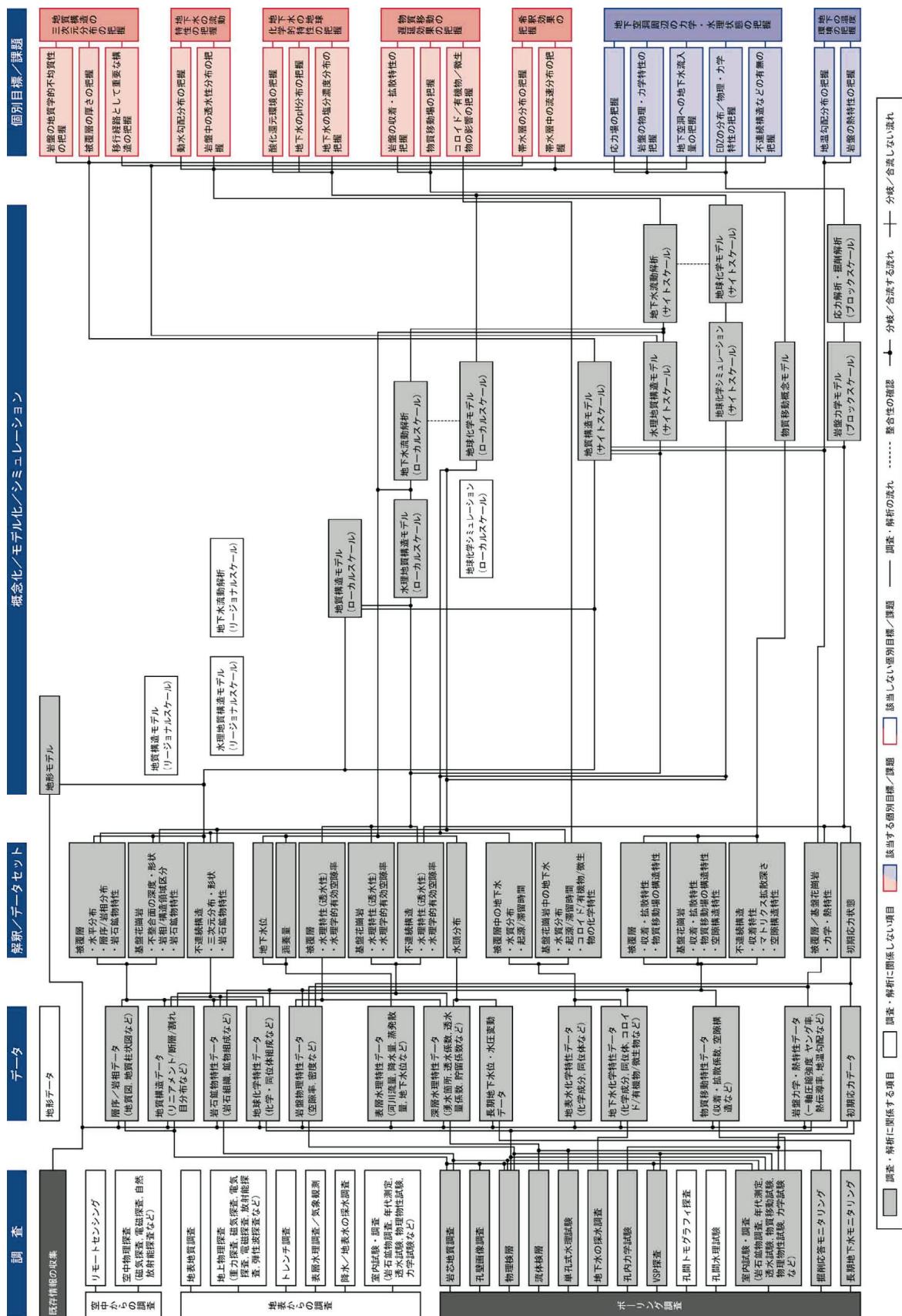


図 11 統合化データフロー (サイドスケール) 地表からの調査・解釈 (核燃料サイクル開発機構, 2005 p. 4-49)



12 統合化データフロー (サイト・スケール : ポーリング孔を利用した調査・解析) (核燃料サイクル開発機構, 2005 p.4-50)

4.2 第1段階の調査研究計画の具体化

本章では、4.1章で述べた研究開発の基本方針に基づき、研究所計画の基本計画書（核燃料サイクル開発機構、2002）に挙げた第1段階の目標を達成するため、調査研究計画の策定において、第3章で示した研究上の制約事項などを考慮しつつ検討した過程及びその結果を記す。

4.2.1 調査研究計画立案の基本方針

研究所計画に与えられた時間や研究資源、及び制約事項を考慮して、4.1章に示した地質環境の条件及び特性に関する研究課題の解決、並びに地質環境の不均質性に起因する不確実性を低減するための「繰り返しアプローチ」の有効性を示すため、第1段階の調査研究計画を具体化するうえで、以下の事項を考慮した。

(1) 考慮事項

① 調査研究計画立案時の入力情報（既存情報）

- 海外の地下研究所プロジェクトにおける先行事例
- 大学などの機構外の研究者や研究機関による論文や報告書類
- 昭和61年度から東濃地科学センターにおいて開始した地層科学研究の成果
- 研究所計画として平成8年度より開始した正馬様用地における第1段階の成果
- 原子燃料公社及び後身の動力炉・核燃料開発事業団が昭和38年度から昭和62年度まで、東濃鉱山及びその周辺で実施したウラン探査で得られた新第三紀層の層序や地質学的特徴及び基盤花崗岩との不整合面深度に関する情報（動力炉・核燃料開発事業団、1994）

② 調査研究の目標（第1段階の段階目標の具体化）

- 第2次取りまとめ・分冊1（核燃料サイクル開発機構、1999）の「第IV章 地質環境調査技術」に提示した地質環境の調査の考え方（図13）や必要とされる調査・評価技術に関する実際の地質環境における有効性・適用性評価の例示
- 繰り返しアプローチの実践による地質環境モデルの不確実性低減の例示
- 実際の地質環境を対象とした調査研究及びそれに付随するプロジェクト管理を通して得られる知識、経験、ノウハウの蓄積とその知識化
- 研究所計画の社会的受容及び地域社会との共生に関する社会科学的な教訓とその知識化

③ 調査研究上の制約事項

- 研究所計画でのボーリング調査は研究所用地内に限定する。
- 国の地層処分計画に基づく処分事業及び国の安全規制両面への時宜を得た研究成果の反映を可能とする適切なリードタイムを確保するため、第1段階の野外における調査研究は2002年度から2004年度までの3年間とする。
- 同様な理由で、研究坑道の掘削工事（研究所用地内の整地作業や地上施設の建設作業を含む）と並行して調査研究を実施する。
- 複数のボーリング調査の同時実施によるボーリング孔の掘削や孔内試験による相互干渉を避ける調査研究工程とする。
- 研究資源（予算・人員）

(2) 基本方針

研究所計画においては、上記の考慮事項、特に研究期間（3年間）やボーリング調査の実施範囲の制限によって、スウェーデン（SKB）が実施している地下研究所プロジェクトのような実際の処分場のサイト選定時と同等と想定される規模での調査研究の実施は困難である。そのため、上記①②に示した「調査研究の成果目標」を最低限達成し得る調査研究の基本方針を検討した。

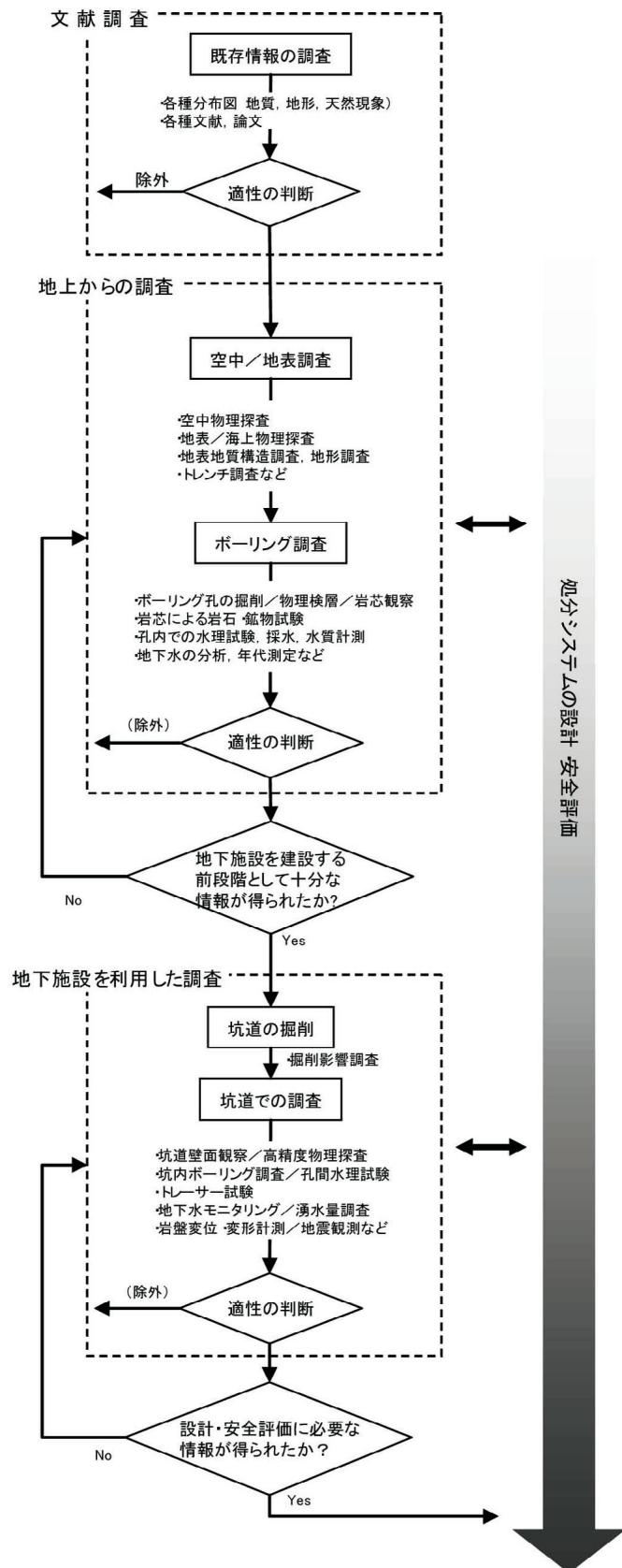


図 13 地質環境調査フローの例

第2次取りまとめ・分冊3(核燃料サイクル開発機構, 1999)の「第4.2.1章 人工バリアの設置環境に係る特性」において、地下施設の設計、施工及び安全評価で考慮すべき地質構造の例として、断層と地下施設のレイアウトの概念図(図14)が示されている。この図は、地下施設の設計、施工及び安全評価を行ううえで、断層の位置、規模、及びその水理学的特性を把握し、それらを評価・分類することが重要であることを示している。特に研究所計画が研究対象としている結晶質岩は、岩盤中の断層破碎帯や割れ目などの不連続構造が重要な地下水の流动経路を形成すると考えられる。そのため、地下施設の設計、施工及び安全評価を行ううえで、不連続構造の空間的な分布と水理学的な特性の把握は極めて重要な調査目標となる。

以上のことから、研究所計画においては、地下水流动に大きく関与する不連続構造の分布とその水理学的特性の把握を第1段階における調査研究の主目標とした。しかし、前述の研究期間及びボーリング調査の実施範囲などの制約事項などによって、現行計画における研究坑道の展開を考慮した地下水流动解析にとって必要な範囲の調査研究の実施は困難と考えられた。そのため、研究所用地内で実施可能な調査研究として次の方針を設定した。

- 研究所計画においては、「第2次取りまとめ」に示された調査フロー(図13)及び個々の調査技術を実際の地質環境に適用し、地下施設の設計、施工及び安全評価に必要とされる地質環境の情報を、要求される信頼レベルで取得できることを例示することを必須の達成目標とする。
- 研究対象である土岐花崗岩を被覆する新第三紀層の堆積岩は、研究所用地における地下水のポテンシャル分布や水質形成、ならびに酸化還元境界などの地球化学的な環境に大きく関与していると考えられる。そのため、花崗岩中の地質環境の特性及び現象を理解する上で必要不可欠な情報であることから、新第三紀層の堆積岩も研究対象とする。

具体的には、広域地下水流动研究における空中写真判読、地表踏査、物理探査などの成果を活用し、研究所用地内において、「不連続構造の有無の推定」→「推定された不連続構造の確認」→「確認された不連続構造の地質学的・水理学的特性の把握」→「地質環境モデルの構築」→「不確実性低減に向けた次段階の調査課題の抽出」という一連の調査・評価プロセスに必要な技術項目を網羅的に実施し、それらの有効性・適用性を評価するとともに、品質保証上のノウハウ等を蓄積することを目指した。

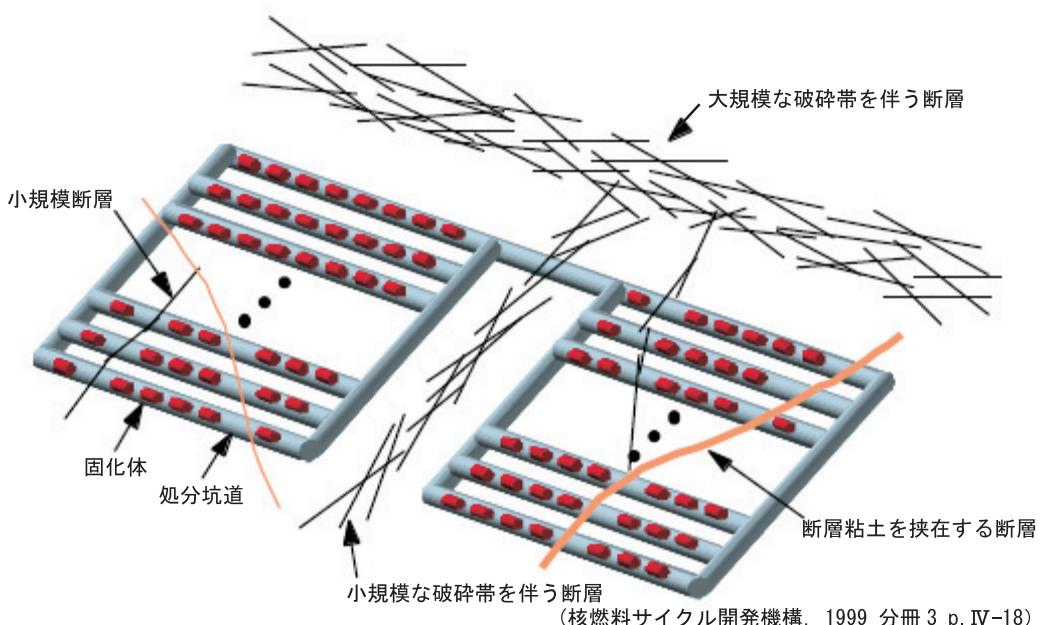


図14 断層などの不連続構造の特性を考慮した処分場レイアウトの概念

上記方針によって第1段階の調査研究を実施した場合の利点及び問題点として以下の事項が考えられる。

【利点】

- 亀裂性岩盤における地下施設の設計、施工及び安全評価にとって、特に重要な断層などの不連続構造の調査・評価プロセスを実際の地質環境に対して一通り実施することにより、各手法の有効性・適用性の評価及び調査・評価技術の体系化が可能となる。
- 与えられた調査研究期間内で実施可能であり、調査量、特にボーリング調査の本数が少ないことから、例えば Almén et al. (1994) で指摘されている各調査間の干渉による測定データへの影響を回避するための調査研究工程の調整が容易である。

【問題点】

- 地下施設の設計・施工及び安全評価にとって必要な調査研究を網羅的に行う調査研究計画は現実的に困難であることから、第1段階の調査研究の実績が、直接、処分事業における地表からの調査段階（概要調査及び精密調査前半）の調査量や期間を判断するための参考として十分ではない。
- 調査の範囲や密度が限定されるため、地質環境モデルにおいて調査が実施されなかった部分の不確実性が改善されないまま残存する。

しかし、上記の問題点については、以下のような考え方で対処可能と考える。

前者の調査の量及び期間に関する問題点については、第1段階では地下施設の設計、施工及び安全評価のうえで重要とされる断層などの不連続構造の調査・評価プロセスの主要構成要素を漏れなく実施することから、第1段階での調査研究実績は、不連続構造を把握するための「単位調査量」として見なせると考えられる。したがって、実際の処分事業の調査においては、候補地で考慮すべき不連続構造の数と研究所計画の第1段階における調査研究実績を掛け合わせることで、概略的な調査量及び期間が推定可能と考えられる。

次に調査の未実施部分における地質環境モデルの不確実性の残存問題は、研究所計画固有の問題ではなく、処分事業においても社会上の制約などにより調査範囲や量が限定される可能性は十分考えられる。清水（2004）が述べているように「いかなる調査を行っても地下の地質環境を理解し尽くすことはできないし、そもそも地層処分という概念は、それを要求してはいない。地層処分が求めることは、『理解の不確かさを考慮しても、安全性に十分な余裕を見込めるとの確信』である」ことから、限られた情報から導かれる各段階での評価結果に対する信頼性の評価、つまり、結果の妥当性の評価と次段階で解決すべき課題の抽出が、段階的な事業推進にとって重要とされている。そのため、第1段階における研究結果を事例として、処分事業及び国の安全規制双方の支援研究機関などの専門家を交えて、評価の方法や課題抽出の手順などを議論することが、今後の処分事業及び国の安全規制の両面に対して大いに役立つものと考える。

4.2.2 実施調査研究項目

4.2.1 章で示した研究所計画に関する制約事項やそれを考慮した調査研究の基本方針に基づき、4.1.1 章で抽出した地質環境特性の調査・評価技術の開発にとって重要な調査研究の個別目標と課題に対応した調査項目（野外調査）を表 3 に示す。

表3 各研究課題に対する第1段階における調査研究項目（野外調査）

研究開発分野	個別目標	課題	調査項目							
			反射法 弾性波探査	浅層ボーリング 調査	深層ボーリング 調査	VSP探査	孔内初期 応力測定	孔間トモグラフィ 探査	孔間水理 試験	長期 モニタリング
安全評価	地質構造の三次元分布の把握	岩盤の地質学的不均質性の把握	○	○	○	○		○		
		被覆層の厚さの把握	○	○	○	○				
	地下水の流动特性の把握	移行経路として重要な構造の把握	○	○	○	○		○	○	○
		動水勾配の分布の把握	○	○	○	○		○	○	○
	地下水の地球化学的特性の把握	岩盤中の透水性分布の把握	○	○	○	○		○	○	○
		酸化還元環境の把握		○	○					
	物質移動の遅延効果の把握	地下水のpH分布の把握		○	○					
		地下水の塩分濃度分布の把握		○	○					
	希釈効果の把握	岩盤の吸着・拡散特性の把握		○	○					
		物質移動場の把握		○	○					
地下施設の設計・施工	地下空洞周辺の力学・水理状態の把握	コロイド／有機酸／微生物の影響の把握*								
		帯水層の分布の把握		○	○					○
		帯水層中の流速分布の把握		○	○					○
		応力場の把握			○			○		
		岩盤の物理・力学特性の把握			○					
	地下空洞への地下水流入量の把握	地下空洞への地下水流入量の把握		○	○	○		○	○	○
		EDZの分布／物理・力学特性の把握*								
	地下の温度環境の把握	不連続構造などの有無の把握	○	○	○	○		○		
		地温勾配分布の把握		○	○					
		岩盤の熱特性の把握		○	○					
環境影響評価	地下施設建設が周辺環境へ与える影響の把握	地下水位分布への影響の把握								○
		地下水圧分布への影響の把握		○	○					○
		地下水の水質への影響の把握								○
		振動・騒音の把握**								

*: 第2段階において実施 **: 研究坑道掘削工事の一環として実施

4.2.3 調査研究の進め方

研究所計画の第1段階における地質環境の条件及び特性を理解する手順として、図13に示すように「文献調査^{注2)}」→地表からの調査」を基本として、さらに「地表からの調査」においては、「空中／地表調査」と「ボーリング調査」に区分した。このプロセスを情報の量と質の関係で換言すれば、広い領域の概略的な情報から調査範囲を限定し、その限定された領域において詳細な情報を取得するという流れとなる。このような進め方の利点は、「空中／地表調査」の代表的な調査手法であるリモートセンシングや空中物理探査のように面的に調査ができる手法を用いて広い領域を調査することによって、地下施設の設計、施工及び安全評価にとって重要であり、かつ影響範囲も大きいと予想される規模の大きな地質構造の見落しが少なく、一方、詳細な情報を必要とされる項目に対しては、範囲を限定してボーリング調査を行うことによって調査コストを抑えることができるということである。上記の考え方に基づき、調査項目の実施手順の概念を図15に示す。

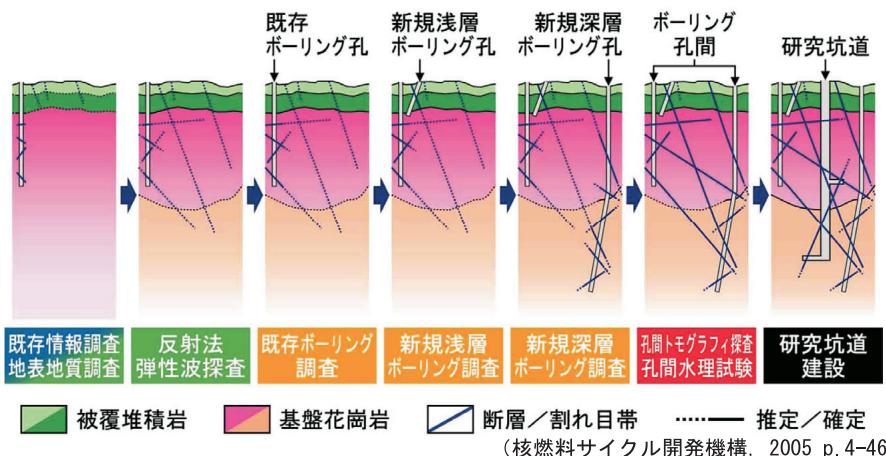


図15 超深地層研究所計画・第1段階における調査研究の進め方

注2) 文献調査では、研究対象領域の地質環境に関する既存情報の収集及びそれに基づく検討を実施した。既存情報としては、大学などの機関外の研究者による論文や報告書、及び機関内のウラン探鉱関連の調査結果、昭和61年度以来実施してきた地層科学研究の成果を利用した。

4.2.4 調査研究工程

4.2.2 章及び4.2.3 章で設定した調査項目と実施手順に基づき設定した2002年度から2004年度までの3年間の調査研究工程（2002年度当初の計画）を表4に示す。

表4 第1段階の調査研究（野外調査）計画工程表（2002年度当初）

調査研究項目(2002年度)	実施形態	2002年4月			2002年5月			2002年6月			2002年7月			2002年8月			2002年9月			2002年10月			2002年11月			2002年12月			2003年1月			2003年2月			2003年3月		
		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬			
地質踏査	内部																																				
反射法弾性波探査	外注																																				
浅層ボーリング調査	外注																																				
浅層地下水長期観測	外注																																				
深層ボーリング調査	外注																																				
調査研究項目(2003年度)	実施形態	2003年4月	2003年5月	2003年6月	2003年7月	2003年8月	2003年9月	2003年10月	2003年11月	2003年12月	2004年1月	2004年2月	2004年3月																								
浅層地下水長期観測	外注																																				
深層ボーリング調査	外注																																				
調査研究項目(2004年度)	実施形態	2004年4月	2004年5月	2004年6月	2004年7月	2004年8月	2004年9月	2004年10月	2004年11月	2004年12月	2005年1月	2005年2月	2005年3月																								
深層ボーリング調査	外注																																				
マルチオフセットVSP探査	外注																																				
孔間弾性波トモグラフィ探査	外注																																				
初期応力測定(水圧破碎法)	外注																																				
孔間水理試験	外注																																				
浅層地下水長期観測	外注																																				
深層地下水長期観測	外注																																				

4.3 品質保証

経済協力開発機構／原子力機関（OECD/NEA）は1994年に地層処分における統合化された性能評価に関する諮問委員会（12ヶ国、20機関が参加）を結成し、地層処分における安全評価に関する公開討論会の開催や、セーフティーケース及びそれらを根拠とする統合化された性能評価に関する現況を包括的に調査している。その最近の活動をまとめたOECD/NEA（2002）においては、地層処分技術の信頼性を構築するために以下の分野に関する議論が必要とされている。

- ① 提案された処分システムに関する信頼
- ② 処分システムに関するデータ及び知識に関する信頼
- ③ 評価アプローチに関する信頼
- ④ 統合化された性能評価モデルの信頼
- ⑤ セーフティーケースと統合された性能評価解析に関する信頼
- ⑥ 設計及びサイト特性調査へのフィードバックによる信頼

このうち、地質環境の条件及び特性の調査・評価技術の開発に関連する項目②については、

- 研究計画及びサイト調査の品質（計画・成果に対する専門家によるレビュー）^{注3)}
- 品質保証の手続き（品質保証方法の公開による透明性の確保）^{注3)}
- 多様な取得手法や情報源からのデータ（多面的な議論）^{注3)}
- 正式なデータ追跡手法の適用（情報の追跡性の確保）^{注3)}

の4項目が検討課題として挙げられており、「透明性」、「追跡性」、「公開性」、「専門家によるレビュー」といった処分事業及び安全規制に関する信頼性を高めるうえでの基本的な留意点が示されている。

注3) 括弧内の語句は著者が追記したもの。

地層処分に取り組む各国において、多様なステークホルダーの理解・信頼を得ていくうえで、上記4項目を包括した品質保証活動が必須であることが共通した認識である。このような品質保証に関する認識は、我が国の処分事業及び国の安全規制を支える研究機関にとっても重要である。研究所計画においても、品質保証手法の確立が地質環境の条件及び特性の調査・評価技術の信頼性向上の前提という認識から、海外の先行事例などを参考に、研究開発業務に対する品質保証の方針及び具体的方策を検討した。

(1) 研究所計画における品質保証の方針

研究開発業務における品質保証に関しても、上記の「透明性」、「追跡性」、「公開性」「専門家によるレビュー」の4項目が基本的な留意点であることには変わりがない。したがって、研究開発業務における一連のプロセス「計画立案→調査研究の実施→成果の取りまとめ→評価」の各段階で上記4項目を意識した対応が要求される。そのため、品質保証の体系としては、諸外国の例に倣い、さらに要求事項に対する顧客（ステークホルダー）満足度を品質保証の指標に取り込んだ最近の国際標準化機構（ISO：International Organization for Standardization）の規格（ISO 9001：2000）に基づく品質保証規則を策定し、2004年度から運用を開始した。

(2) 品質保証の具体策

研究所計画における品質保証の具体策として以下の事項を定めた。

① 透明性の確保

- 研究計画及び研究成果の報告
- 定期見学会の開催

② 追跡性の確保

- 各調査研究における調査研究計画書及び作業マニュアルの作成
- 報告書の階層化
- データ及び解析結果の記録・保存

③ 公開性の確保

- 計画書及び成果報告書類の公開
- 調査研究活動内容の周知
- 成果報告会の一般公開

④ 専門家によるレビュー

- 機構外の専門家で構成する委員会における研究計画及び成果のレビュー
- 国際共同研究の一環としての Nagra^{注4)}（イス）の専門家による研究計画及び成果のレビュー
- 研究成果の査読付き論文としての発表

4.4 現場監理（安全確保、工程管理、環境保全）

地質環境特性の調査・評価技術の開発であっても、原子力機構が実施している以上、社会的に原子力施設に準じた安全確保や環境保全への配慮が求められているのが現実である。その要求に真摯に応えつつ、着実に研究開発業務を遂行し、成果を提示していくことが、組織及び研究成果に対するステークホルダーの信頼を生み、研究所計画に対する理解・協力を得ることにつながる。したがって、安全確保、工程管理、環境保全は、研究所計画を推進するうえでの大前提であることから、以下に示すような方策を定めた。

^{注4)} National Cooperative for the disposal of Radioactive Waste（イス放射性廃棄物協同組合）の略

① 安全確保、工程管理

- 調査研究の各作業に対するリスク評価とそれに基づく保安対策の策定（安全性の向上）
- 毎作業日の始業前の打ち合わせによる前日の進捗状況と当日の作業内容（目標）の確認（計画外作業の防止、工程管理）
- 週 1 回の工程会議及び月 1 回の拡大工程会議の開催（工程管理と技術的問題の解決）
- 每作業日の安全巡視の実施（保安対策の実行確認及び是正指示）
- 毎月 1 回の研究坑道建設工事側と調査研究側との合同安全巡視の実施（安全意識の向上と多面的な安全確保の検討）
- 発注者・受注者合同の総合防災訓練の実施（事故・災害時対応の習熟）

② 環境保全

東濃地科学センターは、ISO 14001 の認証を 2002 年度に取得し、研究所計画で実施する研究開発業務も、策定した環境管理システムに則り実施した。

4.5 組織・人材育成

研究所計画の役割として、地層処分にとって重要な地下施設の設計、施工及び安全評価に必要とされる地質環境の条件及び特性に関する知見、調査試験に関するノウハウの蓄積のほかに、研究者・技術者の育成も重要な項目である。前者 2 項目については、報告書などの文書によって第三者へ伝達可能である。しかし、研究者・技術者個人のスキルについては、文書などの手段で第三者へ伝えることができないため、後継者を育成できるレベルまでスキルを向上させる必要がある。そのためには、個人差はあるが、担当分野に関する知識やスキルを向上させるため、ある一定の期間、担当業務を固定する必要がある。この人材育成に関する事項については、少なくとも研究所計画の第 1 段階の間は、研究開発の中核となるスタッフ（PI: Principal Investigator）の異動を行わない方針を探った。また、地質環境をより良く理解するために、異なる分野間のデータや解析結果を統合して、多面的な検討が必要であることから、研究担当グループでは、従来の分野別のチームの上位に、分野間を調整する統括 PI を配置するほか、各分野で共通する調査試験を監理するための調査試験チームを新たに設け、これらを分野別という縦割り組織に対する横串として、マトリックスを形成する組織体制を構築した（図 16）。

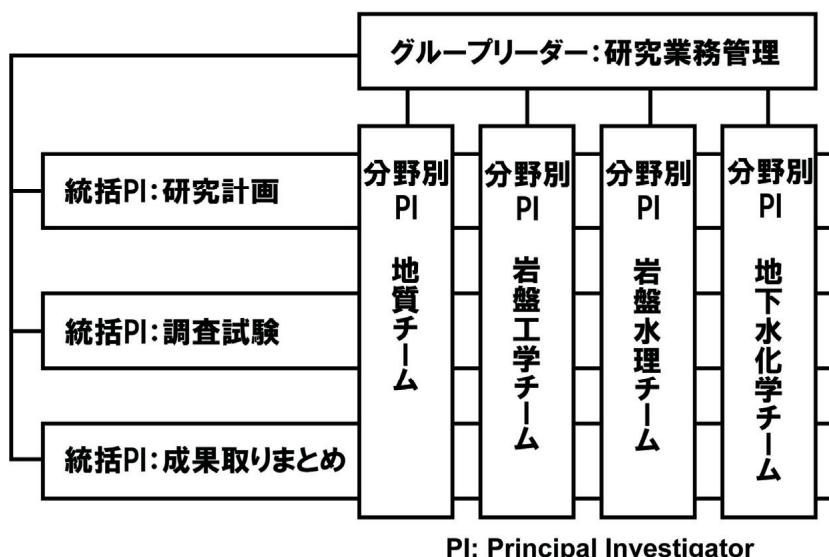


図 16 研究担当グループの組織体制