

広域地下水流動研究

年度計画書（平成 14 年度）

（技術報告）

2002年7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製・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)

目次

1. はじめに	1
2. 広域スケールを対象とした調査・研究	1
3. ローカルスケールを対象とした調査・研究	3
4. 調査技術・調査機器の開発	5
5. スケジュール	7
参考文献	8

参 考:地質環境特性に関する研究

1. はじめに

広域地下水流動研究は、広域における地質環境、特に地下水の流動特性・地球化学特性、およびこれらの特性を規定する地形・地質を把握するための体系的な調査・解析技術の開発を重要な研究課題として、平成4年度から岐阜県土岐市にある東濃鉾山およびその周辺域を研究開発の場として実施されている。

本研究は、開始後の5年間(平成4年度～平成8年度)は、主として調査・解析に関する要素技術の開発のその有効性・適用性の確認に主眼を置いた研究が行われた。その後は、平成9年3月に策定された「広域地下水流動研究基本計画書」(動燃事業団, 1997)に則り、要素技術の開発と並行して、広域を対象とした地質・地質構造、地下水の流動特性および地球化学特性に関する研究を通して地質環境の調査技術の体系化に向けた研究が進められている(サイクル機構, 2000; 小出・前田, 2001)。これらの調査・研究成果は深部地質環境のデータとして平成11年度に国へ提出した地層処分研究開発成果の第2次取りまとめ(サイクル機構, 1999)に反映されている。

本計画書は、広域地下水流動研究に関する平成14年度計画を示したものである。

なお、花崗岩を対象とした地質環境に関する研究に関する全体スコープについては本計画書の参考に示す通り、対象とする空間スケールを広域スケール(数十 km 四方以上)、ローカルスケール(数 km 四方)、ブロックスケール(数百 m 四方)に設定し、このうち広域地下水流動研究は、広域スケールとローカルスケールを対象としたものである(サイクル機構, 2002)。

2. 広域スケールを対象とした調査・研究

広域地下水流動研究の主な目的は、広域(ここでは地下水流動系の涵養域から流出域までを包含する数 km 四方以上の領域)における地表から地下深部までの地質・地質構造、地下水の流動特性や地球化学特性などを明らかにするために必要な調査・解析ならびに調査・解析結果の妥当性を評価するための技術の開発(動燃事業団, 1997)であり、この目標に向け、地下深部の地質環境に係わる現象やメカニズムに関する研究を進めている。

本研究のように広範囲な領域の地質環境を対象とする段階では、密度の高い調査の実施は現実的には困難であり、調査手段も文献調査や空中および地上からの調査に限定される。したがって、このような段階における地質環境の評価項目と評価に必要な調査の質と量を検討するための事例を提示することが、調査・評価技術の整備にあたり重要である。

このような観点から広域地下水流動研究では、実際の地質環境を対象とした調査研究を通して、限定された情報量で地質環境の何がどの程度把握できるのかを事例的に示すとともに、用いられた各種調査・評価技術の適用性の確認、およびそれらの技術の組合せや手順などを示した調査・評価フローの構築を目標としている。

調査・評価技術の適用性評価にあたっては、測定データや解析結果に含まれる不確実性の評価も重要である。これらの不確実性は、対象となる地質環境の不均質性や異方性の程度とともに調査量と深く関係するものと考えられることから、既存情報に基づく地質環境の概念モデルを出発点とし、「計画立案 調査・解析 モデルの構築(更新)」といった一連のプロセスを繰り返し、段階的に地質環境のモデル化を進めることにより、不確実性を考慮した

地質環境の調査・評価技術に関する研究開発を実施している。

研究実施領域の設定には、研究対象となる地下水流動系の涵養域から流出域までを包含する必要があるために、文献情報に基づく予察的な地下水流動解析を実施し、解析から得られた深度 1,000m 付近までの地下水の流動方向に基づき、図1に示す約 10km 四方の研究実施領域を設定した(動燃事業団, 1998)。

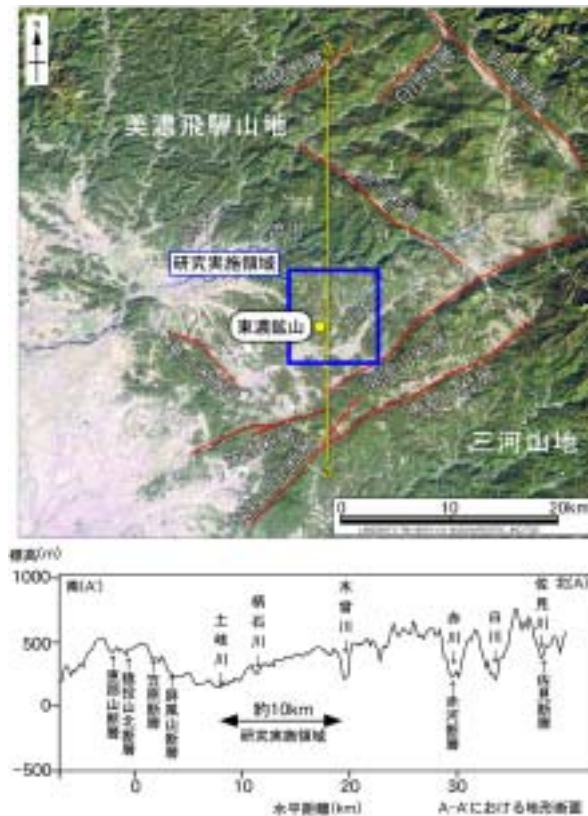


図1 広域地下水流動研究の研究実施領域

地表から地下深部(約 1,000m)までの地下水流動を理解するためには、ローカルスケール(数 km 四方)を対象とした地下水流動のモデル化(水理地質構造のモデル化および地下水流動解析)を行う必要がある。また、このローカルスケールにおけるモデル領域や境界条件を設定するためには、地形や流域形状を考慮した広域スケール(数十 km 四方)を対象とした予察的な地下水流動解析を行う必要がある。

広域スケールでの地下水流動のモデル化においては、対象とする地下水流動系の地下水域の把握、特に涵養域および流出域の同定と、より限定された領域であるローカルスケールでのモデル化領域や境界条件の設定が主要な目標となる。そのためには、対象とする地下水流動系を適切に把握するためのモデル化領域や境界条件の設定方法を構築することが重要な研究課題となる。

平成 14 年度は、上記研究課題に基づき以下の研究開発テーマを設定し、ローカルスケール等での成果を取り入れつつ、地下水流動解析等を進めていく。

広域スケールでのモデル化領域の設定方法

広域スケールでの水理地質構造の概念モデルの構築

ローカルスケールでのモデル化領域および境界条件の設定方法

また、地質環境の長期安定性に関する研究の成果を反映して、変動を考慮した場合の流動特性の分布を例示するとともに、地下水流動の長期挙動予測に係わる合理的な解析手法を構築していく。平成 14 年度は、地質環境の長期安定性に関する研究の一環として、東濃地域を対象とした地形発達シミュレーションを実施する予定である。

3. ローカルスケールを対象とした調査・研究

ローカルスケールでの地下水流動のモデル化においては、広域スケールに比べて対象領域内の地下水流動をより詳細に評価することが要求される。そのため、地質媒体が本来持つ不均質性や限定された調査項目・量に起因する調査データ、水理地質構造モデル構築手法、および地下水流動解析手法(解析モデル構築技術)が有する不確実性の評価、およびこれらの地下水流動解析結果への影響の評価が重要となる。

特に、地下水流動のモデル化にあたり、断層破碎帯の分布、規模や特性に関する調査研究を実施することが重要である。しかし、断層が露頭で観察されるケースは稀であり、存在が明らかな場合においても、断層本体およびその周辺岩盤が破碎や変質を受けて脆弱な状態にあることから、断層の規模や特性を明らかにするための調査に制約を受けることが多い。このため、脆弱な岩盤状態においても地質環境の各種特性データの品質を確保しつつ取得できる調査技術の整備と調査フローの構築が重要な技術課題である。

一方、地下水流動解析を実施するにあたり、境界条件の設定根拠・解析結果の検証データとなる表層水理定数や地下水位および間隙水圧の分布と季節変動を把握するためのモニタリングが重要である。例えば、現在実施している間隙水圧・水質などのモニタリングは、超深地層研究所計画における研究坑道掘削に伴う変化を捉え、現象のモデル化のためにも利用されることから長期間にわたるため、モニタリング技術やデータの解析・評価手法の有効性、観測システムの長期健全性を評価していく必要がある。

また、地下水の地球化学的状態は、地下水の流動経路や反応に係わる地下水滞留時間に支配されているといえることから、地下水の地球化学的特性を適切に理解するためには、地下水が賦存する岩盤の地球化学特性に関する情報とともに、地下水の流動特性に関する情報が必要である。一方地下水流動の観点においても、構築された地下水流動モデルと地下水の地球化学的状態との間に矛盾がないことを示すことができれば、地下水流動モデルの妥当性を示す有力な根拠になりえる。したがって、地下水流動モデルと地球化学モデルの整合性を確認することは、地下水流動モデルの評価手法を構築する上でも重要な課題である。

以上に基づき、平成 14 年度において以下の研究課題に対して調査・研究を進めていく。

- 断層破碎帯を考慮した調査技術および調査フローの構築
- 地質環境のモニタリング技術および調査フローの構築
- ローカルスケールにおける地下水流動モデル化技術の構築
- 地下水流動モデルと地球化学モデルの整合性の確認

(1) 断層破碎帯を考慮した調査技術および調査フローの構築

本課題は、断層破碎帯の位置の特定に関する調査技術および断層破碎帯の規模や特性に関する調査技術を構築し、断層破碎帯を対象とした調査フローを構築することを目標とする。調査フローの構築にあたっては、「調査フローの立案・評価・改良」のプロセスにより、詳

細かつ現実に則したプログラムの構築を目指す。平成 14 年度は、平成 13 年度までに推定された岩相および基盤不整合面の性状把握や、大規模な断層破砕帯の分布・性状を推定するために、地質踏査、地表物理探査、試錐調査等を実施する。

(i) 地質踏査

リモートセンシング調査で判読されたりニアメントなどの地質学的意味を評価する目的で露頭調査を実施する。また、平成 13 年度に断層破砕帯の分布・性状を推定するために実施した高密度電気探査結果を確認するための露頭調査などを実施する。

(ii) 地表物理探査

大規模な断層破砕帯などの地質構造の分布・性状や岩相・基盤不整合面の位置などを把握することを目的として、DH-2 号孔を用いた VSP (Vertical Seismic Profiling) 調査や反射法弾性波探査を実施する。

なお、反射法弾性波探査結果を用いて、平成 15 年度以降に掘削される 1,000m 級試錐孔の掘削位置や調査内容を具体化していく。

(iii) 試錐調査

断層や割れ目などの地質・地質構造に関する情報を取得するために、既存試錐孔である DH-2 号孔での調査を実施するとともに、1,000m 級試錐孔 (2 孔、平成 15 年度掘削終了予定) の掘削を開始し、試錐孔を利用した水理特性や地下水の地球化学特性の把握を開始する。ただし 1,000m 級試錐孔の掘削位置や調査内容については、平成 14 年度に実施される地表物理探査などに基づき具体化する。

DH-2 号孔では、物理・流体検層、BTV、水理試験等が実施された後、地下水長期観測システムを設置し、間隙水圧などのモニタリングを実施する。

(2) 地質環境のモニタリング技術および調査フローの構築

本課題では、モニタリング技術やデータの解析・評価手法の有効性、観測システムの長期健全性を評価し、モニタリングに関する技術的課題に対する解決策の提示と調査フローの構築を目指すとともに、処分事業の各段階におけるモニタリングの定義や位置づけを明確にした上で、モニタリングの項目や要求される仕様を検討していく。

平成 14 年度は、モニタリングシステムの長期健全性を評価するための情報を取得するために、平成 13 年度に引き続き既存の観測装置や新規に設置する観測装置を用いて水収支観測・間隙水圧観測・水質観測などを実施する。

(3) ローカルスケールにおける地下水流動モデル化技術の構築

本課題では、地質媒体が本来持つ不均質性や限定された調査項目・量に起因する調査データ、水理地質構造モデル構築手法、および地下水流動解析手法 (解析モデル構築技術) が有する不確実性の評価、およびこれらの地下水流動解析結果への影響を評価し、調査・モデル化技術の体系化を目指す。さらに、広域スケールにおいて構築された地下水流動モデル化技術と併せて、広域スケールからローカルスケールまでの一連のモデル化技術の構築を目指すとともに、ブロックスケールの境界条件を設定するために必要な情報を整備していく。

平成 14 年度は、ローカルスケールでの地下水流動解析の上部境界条件設定などに資す

るため、広い領域における表層水理定数の設定に関する検討を行う。

(4) 地下水流動モデルと地球化学モデルの整合性の確認

本課題では、地下水の流動特性に関する情報を考慮し、現在の地球化学的状态を説明し得る水質形成モデルの構築、研究対象領域内に分布する堆積岩および花崗岩の pH や酸化還元の緩衝能力に関する定量的評価を目指す。

平成 14 年度は、MP システムを用いた水質のモニタリングを継続し、新規試錐孔での地下水の採水分析を実施するほか、微生物などが地下水の水質や酸化還元に与える影響を検討していく。

4. 調査技術・調査機器の開発

広域地下水流動研究に関連する平成 14 年度の調査技術・調査機器の開発として、以下の項目が挙げられる。

地質構造調査技術開発

地下水の水理特性・地球化学特性調査技術開発

データベースの構築

以下に、平成 14 年度における開発計画を示す。

地質構造調査技術開発

これまでに、DH-12、DH-13 号孔等における試錐調査によって得られた知見、透水性割れ目に関する国内外の研究事例などを参考に、鉱物学的・地球化学的手法を用いた解析、地球物理学的手法を用いた解析、および構造地質学的手法を用いた解析を試みた。

平成 14 年度においては、反射法弾性波探査結果を基に、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、弾性波探査の測線上に掘削された試錐孔を利用し VSP 探査を実施する。

地下水の水理特性・地球化学特性調査技術開発

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、1,000 m 対応および高温(70 度)対応の調査機器および単孔式揚水試験に対応できる調査機器を開発してきた。平成 13 年度までに、パッカーの遮水性をさらに向上させるため、および多数の亀裂を有する岩盤においても遮水性を確保するために、パッカーを多数連結して同時拡張を行える機能を付加する改良を行った。

平成 14 年度においては、これまでの使用実績を確認し、適宜改良を行う。また、本装置を、高透水性区間でも対応可能な装置に改良する。

さらに、水理試験データの品質を確保するために、現場調査から水理パラメータ算出に至るマニュアルの作成を行う。

データベースの構築

平成 14 年度については、これまでに構築してきた調査用データベースの運用を通して、適宜改良を行う。

5. スケジュール

平成 14 年度に実施する主な調査・研究のスケジュールを表 1 に示す。

表 1 平成 14 年度 調査・研究スケジュール

	平成14年度											
	H14										H15	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
1. 広域スケールを対象とした調査・研究												
(1) 広域スケールにおけるモデル化技術の構築												
広域スケールでのモデル化領域の設定方法の検討	←											
広域スケールでの水理地質構造の概念モデルの構築	←											
ローカルスケールでのモデル化領域および境界条件の設定方法の検討	←											
2. ローカルスケールを対象とした調査・研究												
(1) 断層破砕帯を考慮した調査技術および調査フローの構築												
地表踏査						←	→					
地表物理探査							←	→				
試錐調査					←	DH-2	→			←	2孔	
(2) 地質環境モニタリング技術および調査フローの構築												
(3) ローカルスケールにおける地下水流動モデル化技術の構築												
(4) 地下水流動モデルと地球化学モデルとの統合												
3. 調査技術・調査機器の開発												
地質構造調査技術開発												
地下水の水理特性・地球化学特性調査技術開発												
データベースの構築												

参考文献

動力炉・核燃料開発事業団(1997):広域地下水流動研究基本計画書,動燃事業団計画資料, PNC TN7020 98-001.

動力炉・核燃料開発事業団(1998):東濃地域を対象とした広域地下水流動解析,動燃事業団成果報告書, PNC TN7400 98-004.

核燃料サイクル開発機構(1999):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(2000):広域地下水流動研究の現状-平成4年度~平成11年度-,サイクル機構技術資料, JNC TN7400 2000-014.

核燃料サイクル開発機構(2002):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-平成13年度報告-,サイクル機構技術資料, JNC TN1400 2002-003.

小出 馨,前田勝彦(2001):東濃地域を対象とした広域地下水流動研究の現状(その2),サイクル機構技報, No.12, pp.107-122.

【参 考：地質環境特性に関する研究】

1. 地質環境特性に関する研究のこれまでの概要

東濃地科学センターが地質環境特性に関する研究を進めている岐阜県東濃地域には、白亜紀の花崗岩(土岐花崗岩)が広く分布する。この土岐花崗岩を基盤として、新第三紀中新世の堆積岩(瑞浪層群)と、固結度の低い新第三紀鮮新世の砂礫層(瀬戸層群)が分布する。これらのうち、わが国に広く分布する白亜紀花崗岩体のひとつである、土岐花崗岩を主な対象として、広域地下水流動研究および超深地層研究所計画を進めている(図1)。

特に広域地下水流動研究は、深地層の科学的研究の一環として、平成4年度から東濃鉦山周辺地域を研究開発の場として実施している。本研究の目標は、広域(ここでは地下水流動系の涵養域から流出域までを包含する数十 km 四方以上の領域)における地表から地下深部までの地質・地質構造、地下水の流動特性や地球化学特性などを明らかにするために必要な調査・解析技術の開発と、その適用性の評価であり、この目標に向け、地下深部の地質環境に関わる現象やそのメカニズムに関する研究を進めている。本研究では、開始から5年程度の間は、主として調査・解析技術に関する要素技術とその有効性・適用性の確認に主眼を置いた調査・研究を行った。具体的には、試錐調査を中心に深度 1,000m 対応の地下水調査機器を実用化するとともに、試錐孔の清水掘削技術などのノウハウを蓄積した(サイクル機構, 2000; 小出・前田, 2001)。また、これらの試錐調査により得られた地下水の流動特性および地球化学特性の深度方向の変化などを整理し、「第2次取りまとめ」に反映した。これまでに行われてきた試錐調査の位置を図2に示す。「第2次取りまとめ」以降は、それまでの要素技術開発と並行して、地下深部の地下水流動系の全体像を把握するための地上からの調査技術やモデル化技術の整備を進めている。

今後、地質環境特性に関する研究を進めるにあたっては、実際の地質環境を対象とした調査・研究を通して、取得される情報量と地質環境の理解の程度との関係を事例的に示すとともに、用いられた各種調査・解析技術の適用性の評価と、それらの技術の組合せや手順および適用に際しての留意点などを示した調査・解析フローの構築がひとつの重要な課題である。そのためには、特に、瑞浪超深地層研究所用地とそれを対象領域として含む広域地下水流動研究の研究成果を相互に活用するよう計画を策定し、広い領域から研究坑道展開する瑞浪超深地層研究所用地までのスケールを対象とした調査手法および調査データを一連のものとして、調査・解析手法の適用性に関する知見を蓄積することが必要となる。

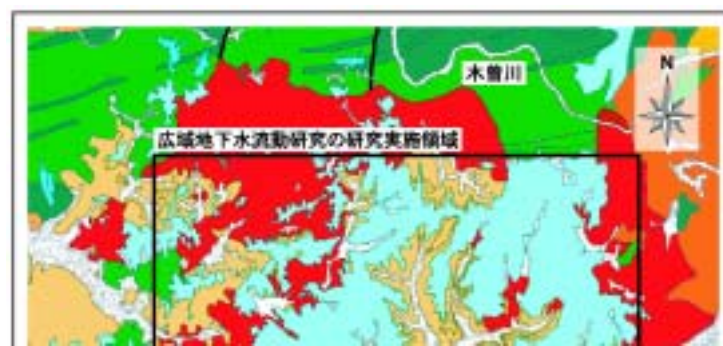
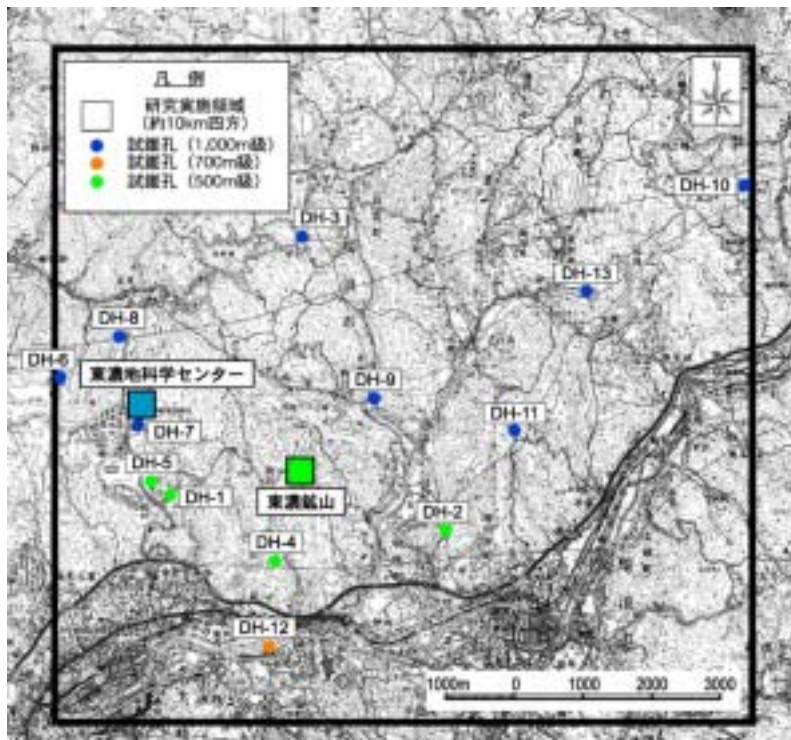


図1 東濃地域の地質概要



この地図は国土院発行1/50,000地形図（美濃加茂、恵那）を使用

図2 広域地下水流動研究で実施した試錐調査位置図(サイクル機構, 2001)

2. 地質環境特性に関する研究の今後の進め方

2.1 調査・研究のアプローチ

地質環境特性に関する研究を行う場合, 岩盤の不均質性を考慮した調査・研究のアプローチが重要である。しかしながら, 不均質な岩盤から取得した限られた量・品質のデータに基づく地質環境モデル(例えば, 水理地質構造モデル)の構築には任意性があり, そのモデルを用いた解析結果(例えば, 地下水流動解析結果)には不確実性が含まれる。また, データが限られてくることに起因して, 様々なデータの解釈やモデル化・解析の方法が適用され, これが地下水流動解析結果などの不確実性を増幅する原因ともなっており, ともしれば解析結果の不確実性や解釈の不確実性のために有効な調査が実施できずデータの不確実性を生ずることとなる。さらに, 性能評価への展開を考えた場合, 上述した不確実性に加えてモデルの簡略化に伴う不確実性や核種移行特性の不確実性が加味されることになる(図3)。理想的には, 原位置データ, データの解釈, 地質環境のモデル化の各段階における不確実性を定量的に評価するとともに, 評価全体にわたる不確実性の影響の伝播を分析し, それぞれの不確実性の影響度と重要な不確実性要因の種類についての検討を繰り返し行い不確実性の要因を洗い出すとともに, 不確実性の低減に資する効果的な取り組みが必要となる。そのため, 以下に示す2つの考え方を基本に, 調査・研究を進める。

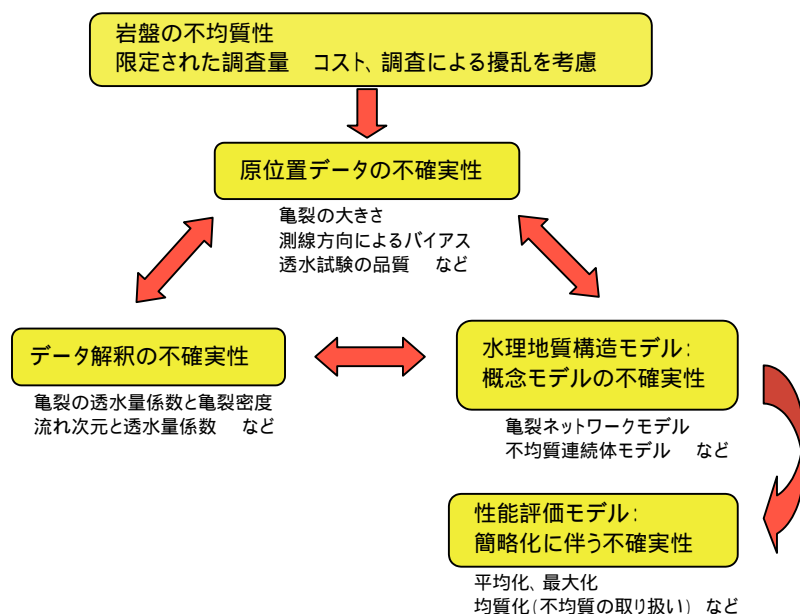



図3 地質環境の把握に関わる不確実性

統合化データフロー

正馬様用地における調査・研究において、調査・研究の全体のストラテジーとゴールを明確にしつつ全体の体系化と、各分野の知見の統合化を図るため、先行事例を参考にして（Nagra, 1999）、調査開始からデータ解釈、地質環境のモデル化を通して評価に至るまでのデータの流れと成果の反映項目を系統的に整理した統合化データフロー（Synthesis diagram）を構築している（図4）。

広域地下水流動研究を進めるにあたっては、正馬様用地で構築された統合化データフローを参考に構築する。これらの統合化データフローに沿って調査・研究の成果の統合化を進めるとともに、必要に応じて、統合化データフローを改良する。これらの知見により、地表からの調査・解析の統合化の方法論を例示することとなる。

図4 統合化のデータフローの例(地質・地質構造)
( 地質・地質構造のデータフローに直接関係する部分)

繰り返しアプローチ

地質環境特性に関する研究では、対象となるスケールは広域から段階的に調査・研究を進める。また、調査も目的に応じて地表踏査、物理探査、試錐調査と段階的に推移し、試錐調査は単孔から多孔間と調査が進展する。これらの過程を通して得られる

地質環境特性に関するデータの種類と数量は，段階的に増加する。調査の進展に応じて統合化データフローを更新しつつ，データやその解釈の不確実性を考慮して地質環境をモデル化し評価項目を定量化する。重要度が高く現実的に不確実性の低減に寄与しうる項目を統合化データフローに基づき抽出し，次の調査計画へ反映させる。これらのアプローチを調査の進展に応じて繰り返し実施することで，不確実性の低減に向けた合理的な調査と評価の体系を段階的に例示することとなる（図5）。

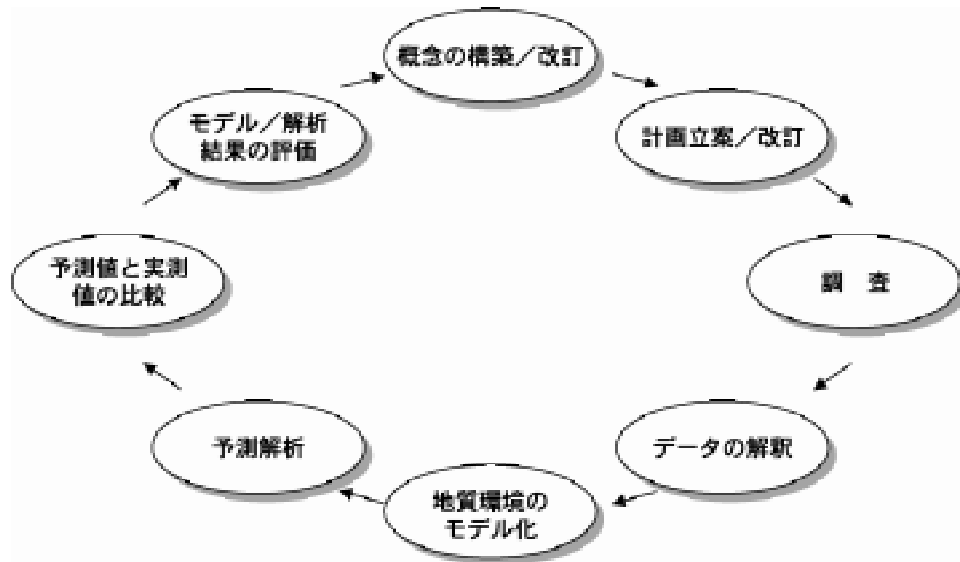


図5 調査ステップごとの調査・解析・評価の繰り返しアプローチ

2.2 スケール

地質環境特性に関する研究の成果は，処分事業における各段階の技術基盤となるよう，深部地質環境の調査・解析手法の基盤の整備を行うとともに，安全基準等の整備に対する技術基盤とする必要がある。そのため，対象とする地質環境の範囲と，建設する地下研究施設の大きさを踏まえ，海外の研究事例（Gustafsson G. et.al., 1991）を参考に，以下に示すような広域，ローカル，ブロックスケールにわけて，地表からの調査・研究を進める（図6）。これらの調査・研究により，広域スケールから順に，対象とする地質環境を絞るとともに，段階的に調査の精度を上げながら，調査で取得する情報量と地質環境の理解の程度に関する知見を得る。これらを通じて，使用した調査・解析手法の適用性の評価を例示することができる。

- 広域スケール（数十 km 四方以上）

本研究に関わる地表からの調査・研究では，ローカルスケールの対象領域および境界条件を設定することを目的とし，文献調査および既存データに基づく地形解析などにより感度解析的に地下水流動解析を行う。この解析・評価を通じて，サイト特性調査を展開すべきローカルスケールの対象領域や境界条件の設定に関する手

法の適用性を例示することとなる。

- ローカルスケール (数 km 四方)

本スケールは、瑞浪超深地層研究所用地を囲む、地下水の涵養域から流出域を含む範囲である。本スケールを対象とした地表からの調査・研究では、水理特性に関する評価項目として、地層処分システムの安全性を評価する上で重要と考えられるパラメータ、並びにブロックスケールの境界条件を設定するために重要と考えられるパラメータとして、地下水の移行経路、流量分布、ブロックスケールの領域の地下水流動場(水頭・流量分布)などを設定し、段階的に行う調査・研究の計画立案、データの解釈、地質環境のモデル化および評価を通して、地質環境の理解の程度を確認していく。この過程を通じて、地表からの調査・研究で最も重要なローカルスケールにおける調査・解析手法の適用性を評価することとなる。

- ブロックスケール (数百 m 四方)

本スケールは、ローカルスケールで構築した地質環境モデルを、実際に研究坑道や研究坑道から行う試錐調査などにより得られた情報で評価するための領域と位置づける。なお、本スケールの対象領域の範囲は、地表からの調査・研究で取得される地質環境の情報と、第2段階および第3段階で扱う各分野の課題を基に設定するため、その範囲については、今後行う第2段階および第3段階の調査・研究の具体化と並行して行っていく。

これらのスケールのうち、広域スケールおよびローカルスケールを対象とした調査・研究は主に広域地下水流動研究で、ブロックスケールを対象とした調査・研究は主に超深地層研究所計画で行っており、それぞれの研究成果は相互に活用していく。

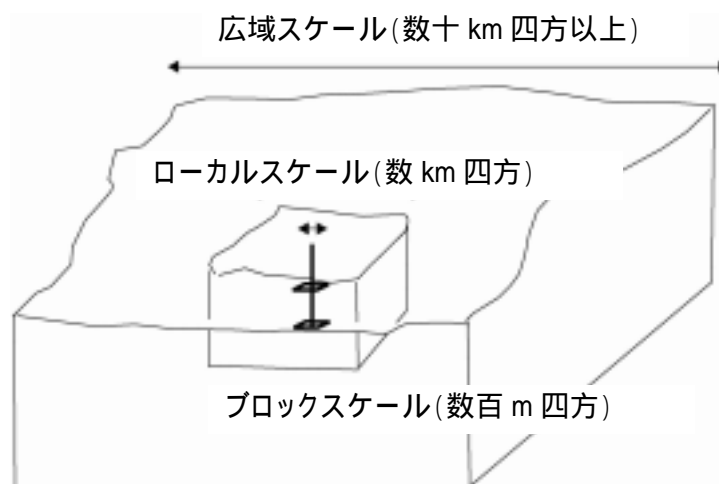


図6 スケールの概念

2.3 これまでの成果

平成 13 年度までに，リニアメント解析および地表における地表概査を行い，地質構造モデルを構築した。これらの情報により得られた地質環境の情報により，地表からの調査・研究で確認する必要のある地質環境特性を抽出した。

地質・地質構造

- ・ 研究所用地周辺には，基盤である後期白亜系の土岐花崗岩とそれを覆う第三系の瑞浪層群が分布する（図 1）。
- ・ 堆積岩と花崗岩の不整合面には，起伏の変化に富むチャンネル構造が存在する（図 7）。
- ・ リニアメント判読結果から，北北西 - 南南東系，北西 - 南東系，北東 - 南西系，東西系から構成される複数の不連続構造が分布する可能性が想定される（図 8）。

地下水の水理

- ・ 研究所用地周辺の地下水は，地形に依存し，概ね北東から南西の方向に流れている（図 9）。
- ・ 「地質・地質構造」に示したチャンネル構造，地質構造，断層などに，地下水流動は規制されていると考えられる。
- ・ 地表から 400m 深度までの花崗岩の透水性は，それ以深の花崗岩と比較し数オーダー透水性が高い。

地下水の化学

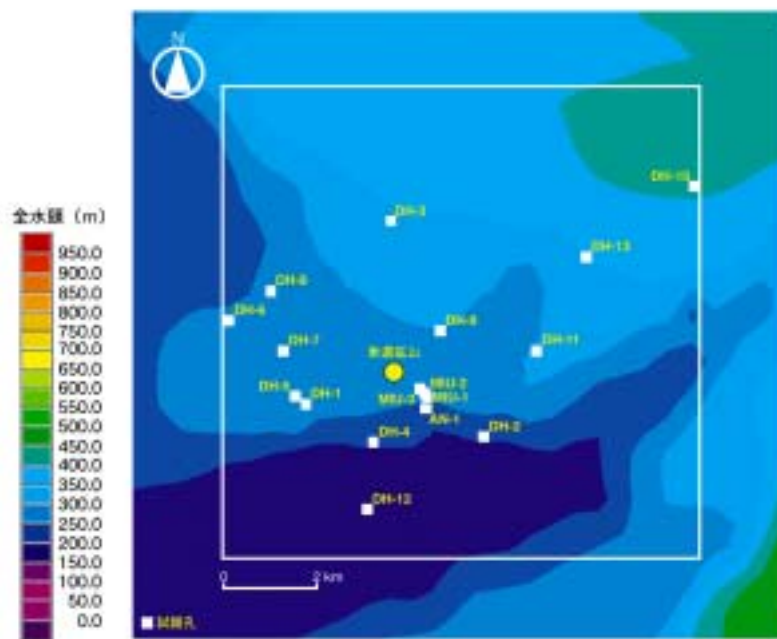
- ・ 堆積岩中に酸化還元境界が存在する可能性が高い。
- ・ 花崗岩中の浅部（深度 300m 以浅）の地下水は Na-Ca-HCO₃ 型で，中性（pH7）かつ酸化性（Eh>0mV）の地下水であるのに対し，深部（深度 300m 以深）の地下水は，Na-HCO₃ 型で，弱アルカリ性（pH9）かつ還元性（Eh<-300mV）の地下水である（図 10）。
- ・ 土岐川近傍で掘削された試錐孔（DH-12 号孔）において，上記の地下水と異なる，Na-Cl 型の地下水が確認されている（図 10）。



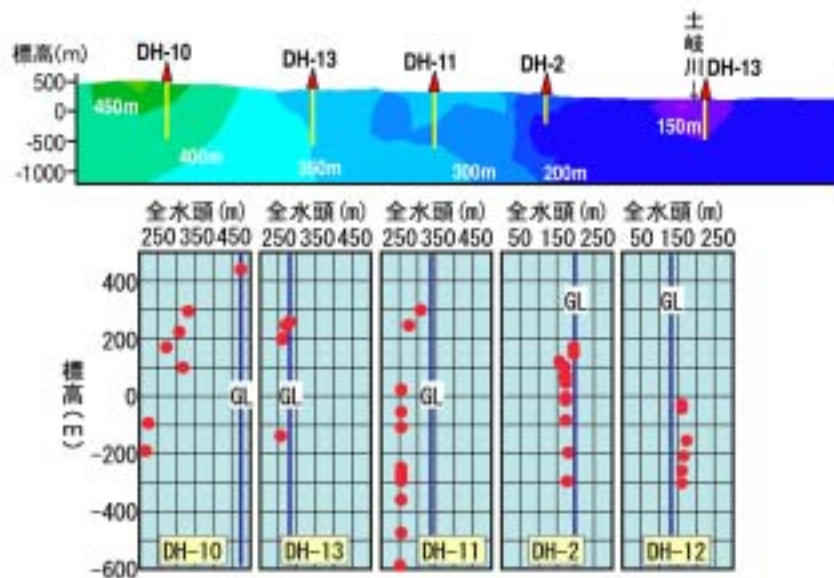
図7 堆積岩と基盤花崗岩の不整合面の等高線図(サイクル機構, 2001)



図8 リニアメント分布図
 (高密度電気探査は、平成 13 年度実施)
 (サイクル機構, 2002)



(a) 標高-1,000mにおける地下水の全水頭分布(解析結果)



(b) DH-10 号孔 ~ DH-12 号孔間の全水頭分布
(解析結果(上), 実測値(下))

図9 地下水流動解析結果(サイクル機構, 2001)

図10 地下水の水質(サイクル機構, 2001)

2.4 調査ステップ

地質環境特性に関する研究の調査ステップの概念を以下に示す(図11)。

ステップ1: 広域スケールにおける地下水流動解析

広域スケールでの地下水流動を理解し，ローカルスケールの解析領域および境界条件を設定することを目的とし，文献調査および地形解析結果に基づき，地形，断層，および断層やモデルに設定する各地質の水理パラメータや境界条件に着目し，地下水流動解析（感度解析）を行う。この結果から，地下 1,000m の地下水の涵養域から流出域を含む 1 つの地下水流動系を包含する範囲を，ローカルスケールの領域の地下水流動場を対象領域として設定する。

ステップ 2：既存情報等に基づく地質環境のモデル化

ステップ 1 で設定したローカルスケールの対象領域において，既存情報に基いたローカルスケールの地質環境モデルを構築する。また，このモデルを用い，地下水流動解析を行う。この際，水理特性に関する評価項目として，地層処分システムの安全性を評価する上で重要と考えられるパラメータ，並びにブロックスケールの領域の地下水流動場を推定するために重要と考えられるパラメータとして，地下水の移行経路，流量分布，水頭分布を設定し，ステップ 3 以降に行う調査・研究計画の立案，さらには，調査により得られたデータの解釈，地質環境のモデル化および評価を通して，地質環境の理解度を確認していくこととなる。

ステップ 3：地上物理探査，浅層試錐調査，既存試錐孔における調査などに基づく地質環境のモデル化

研究所用地およびその周辺の地質構造（断層などの不連続構造，堆積岩と花崗岩の不整合面の形状，堆積岩の堆積岩など）に関する情報を取得するため地上物理探査を行う。また，堆積岩から花崗岩風化部までを含む浅層部（以下，浅層部）の地質環境（地質・地質構造，地下水流動，地下水の地球化学）を把握するため，また研究所用地内に存在が想定されている北北西 - 南南東系の断層などの有無と位置を確認するため，研究所用地で浅層試錐調査を行う。さらに，研究所用地近傍の既存試錐孔を利用して，地下約 500m までの地質・地質構造，岩盤の水理，地下水の水質，岩盤力学に関する情報を取得する。これら浅層部，および研究所用地近傍の約 500m までの地質環境の情報に基づき，ローカルスケールの地質環境モデルの更新およびブロックスケールの地質環境モデルの構築を行う。調査を行った浅層試錐孔と既存試錐孔は，必要に応じてモニタリング孔として用いる。

ステップ 4：地上物理探査および深層試錐調査等に基づく地質環境のモデル化

本ステップは 2 つのステップに区分される。最初のステップでは，ステップ 3 の結果を踏まえ，研究所用地およびその周辺で深層試錐調査を行う。さらに，次のステップでは，研究所用地周辺で 2 回目の地上物理探査を行い，その情報に基づき深層試錐調査を行う。これらの深層部の地質環境の情報に基づき地質環境モデルを更新する。

ステップ 5：孔間トモグラフィー，孔間水理試験等に基づく地質環境のモデル化

研究所用地近傍の既存試錐孔および研究所用地で掘削した深層試錐孔を用いて，孔間トモグラフィーおよび孔間水理試験を行い，地質環境モデルの更新を行う。

なお，プロジェクトの品質管理という観点では，各ステップの成果をレビューし，

次のステップに進むことが妥当であることを判断した後で、次のステップに進むべきではあるが、時間的な制約のため、各ステップを同時並行的に進めなければならない。そのため、適宜、その時点まで得られた成果の取りまとめ状況の質を勘案しつつ、次のステップへ知見を反映することが必要である。

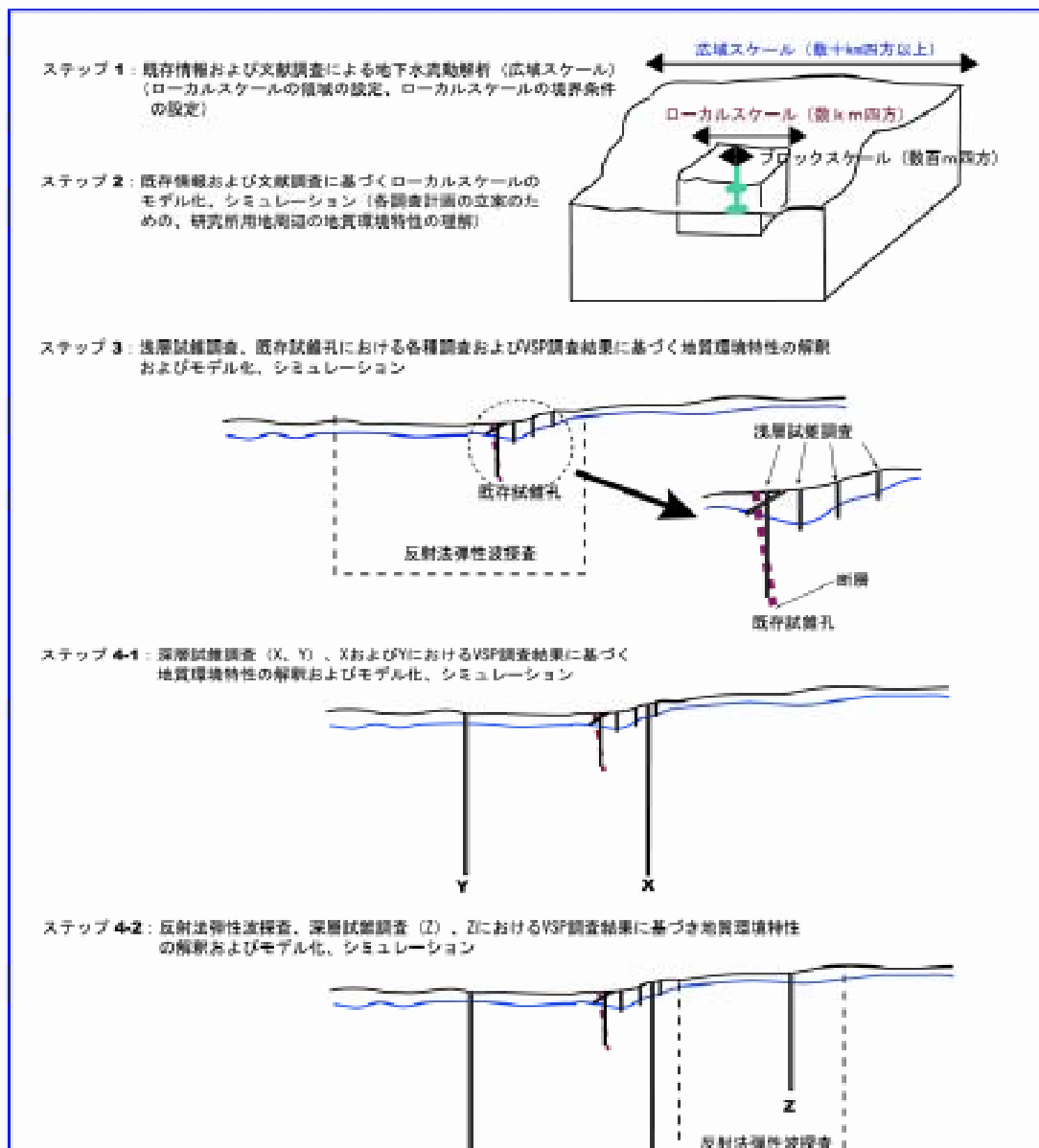


図 11 調査ステップの概念

参考文献

糸魚川淳二(1980):瑞浪地域の地質,瑞浪市化石博物館専報, No. 1, pp. 1-50.

Gustafsson G., Liedholm M, Rhén I., Stanfors R. and Wikberg P.(1991): Äspö Hard Rock Laboratory. Predictions prior to excavation and the process of their validation, SKB Technical Report 91-23.

核燃料サイクル開発機構(2000):広域地下水流動研究の現状-平成 4 年度～平成 11 年度-, サイクル機構技術資料, JNC TN7400 2000-014.

核燃料サイクル開発機構(2001):広域地下水流動研究年度報告書(平成 12 年度), サイクル機構技術資料, JNC TN7410 2001-017.

核燃料サイクル開発機構(2002):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-平成 13 年度報告-, サイクル機構技術資料, JNC TN1400 2002-003.

小出 馨, 前田勝彦(2001):東濃地域を対象とした広域地下水流動研究の現状(その2), サイクル機構技報, No.12, pp.107-122.

Nagra (1999) : Synthesis of the geological investigations at Wellenberg, Nagra Bulletin, No 32.