

広域地下水流動研究

年度計画書（平成10年度）

（技術報告）

1998年11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。

〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺 959-31

核燃料サイクル開発機構

東濃地科学センター

研究調整グループ

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :

Co-ordination Group,

Tono Geoscience Center,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

959-31, Jorinji, Izumi-machi, Toki-shi, Gifu-ken 509-5102,

Japan

|| 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Developement Institute)

1998

[目 次]

1. はじめに	1
2. 広域地下水流动研究の概要	1
3. 平成10年度計画の概要	1
4. 試錐調査	1
5. 地質・地質構造に関する調査・研究	9
5.1 地球物理学的調査（空中・地表）	9
5.2 解析	9
6. 地下水の水理・地球化学に関する調査・研究	10
6.1 地下水の水理	10
6.1.1 表層水理調査	10
6.1.2 深層水理調査	11
6.1.3 地下水の水理に関する解析	11
6.2 地下水の地球化学	11
6.2.1 場の理解のための調査	11
6.2.2 データの品質管理	12
6.2.3 地下水の地球化学に関する解析	12
6.3 地下水の長期観測	12
7. 調査技術・調査機器の開発	13
7.1 試錐掘削技術開発	13
7.2 地質構造調査技術開発	13
7.3 地下水の水理・地球化学特性調査技術開発	14
8. 参考文献	15

1. はじめに

本計画書は「広域地下水流動研究基本計画書」（東濃地科学センター、1997）に基づき、核燃料サイクル開発機構（サイクル機構）が、岐阜県土岐市に所有する東濃鉱山とその周辺域において実施する広域地下水流動研究について、平成10年度の計画を示したものである。

2. 広域地下水流動研究の概要

広域地下水流動研究は、地層科学研究の一環として平成4年度から岐阜県土岐市にある東濃鉱山、およびその周辺域において進めている。東濃鉱山が位置する東濃地域については、先新第三紀の花崗岩類の基盤を新第三紀堆積岩が覆い、かつ複数の断層が存在するという日本においても普遍的にみられる地質構造を有するとともに、サイクル機構が長年にわたって実施してきた東濃ウラン鉱床を対象とした調査研究や地層科学研究の成果として得られた知見や技術が蓄積されている。

本研究では、このような特徴を有する東濃地域において約10km四方の研究実施領域を設定し、地表から地下深部までの地下水の水理や水質などを明らかにするために必要な調査・解析・評価の技術ならびに調査解析結果の妥当性を評価するための技術開発を実施する。

3. 平成10年度計画の概要

平成10年度は、平成9年度に着手した現地調査（試錐調査（3本）、岩芯試験ほか）を引き続き実施すると共に、新たな現地調査（試錐調査（4本）、岩芯試験、物理探査、水理観測ほか）を実施する予定である。また、現場以外の業務として、調査技術・調査機器の開発、さらに、調査結果を基に現状での地質構造概念モデルおよび水理地質構造モデルの作成、地下水の地球化学データの取りまとめ、地下水流動解析を行う予定である。

本計画の平成11年3月までのスケジュールを表1～3に示す。

4. 試錐調査

平成10年度の試錐掘削は、昨年度から継続しているDH-6、7、8、9号孔（各1,000m級）、および新規にDH-10、11、12、13号孔（各1,000m級）の試錐掘削を実施し、それらの岩芯および試錐孔を用いて以下に示す調査を行う。既存の試錐位置は、図1に示す。これらの調査で得られた成果は、地質構造、地下水の水理、地下水の地球化学、および岩盤力学の各研究分野へ反映される。なお、これら以外に試錐孔を用いた調査として、地下水の長期観測があるが、これについては5.3節に示した。

表-1 平成10年度 調査・研究スケジュール (1/3)

	平成10年度											
	H10											H11
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(1) 試錐掘削を用いた調査												
DH-6												
DH-7												
DH-8												
DH-9												
DH-10 (仮称)												
DH-11 (仮称)												
DH-12 (仮称)												
DH-13 (仮称)												
(2) 地質構造および岩盤力学												
空中物理探査 (磁気)												
電磁探査 (MT法)												
物理探査手法適用試験												
地質学的調査												
地質構造概念モデルの作成												

*大深度試錐孔DH-10～13 (仮称)については、実施時期および場所が未定である。

表－2 平成10年度 調査・研究スケジュール（2/3）

	平成10年度												
	H10												H11
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
(3)地下水の水理													
表層水理調査													
深層水理調査													
水理地質構造モデルの構築													
地下水流動解析													
水理定数の空間分布の推定法 の開発													
(4)地下水の地球化学													
地下水の地球化学的調査													
岩盤の地質学・地球化学的調査													
データの品質管理													
化学組成分布の推定													
水質形成機構の解析													
(5)地下水の長期観測													
間隙水圧長期モニタリング													
水質の長期モニタリング													

表一 3 平成10年度 調査・研究スケジュール（3/3）

	平成10年度												
	H10												H11
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
(6) 調査技術・機器													
①試錐掘削技術開発													
部分保孔装置の開発										←	→		
②地質構造調査技術開発													
既存技術の適用性の評価													
③地下水の水理地球化学特性調査 技術開発													
1,000m対応水理試験装置の 改良・高度化	←	→											
1,000m対応地下水の地球化学 特性調査機器の改良・高度化	←	→											
単孔式水理試験データ解析手法の 高度化	←	→											

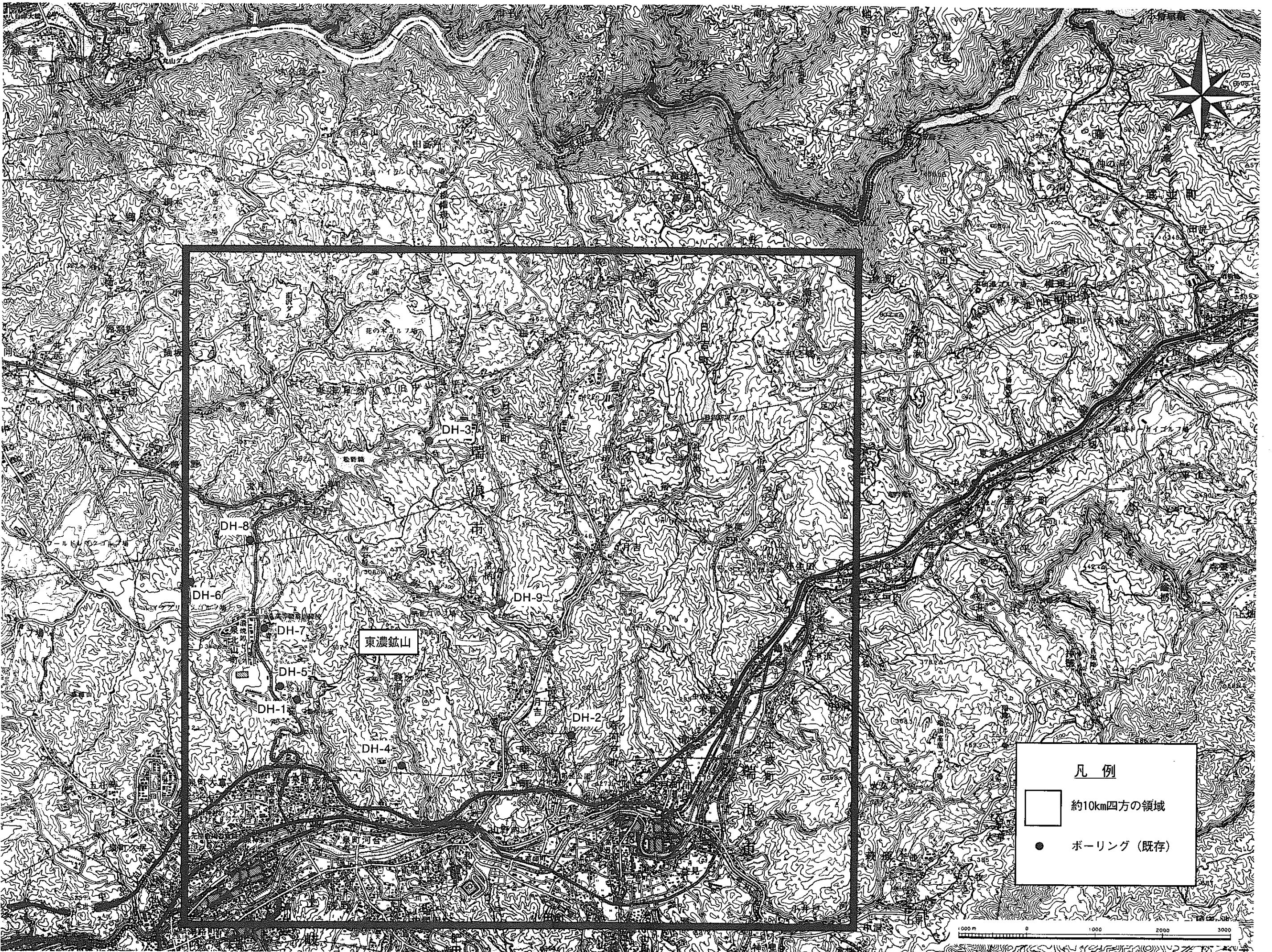


図1 試錐掘削位置図 - 5 -

(1) D H - 6 、 D H - 7 、 D H - 8 号孔

昨年度から継続中。

①岩芯記載

実施項目：岩相、断層及び割れ目分布、変質帯の分布および形態、変質鉱物
および割れ目充填鉱物、岩盤等級、R Q Dなど

実施区間：全掘削区間

②検層

実施項目：電気検層、密度検層、中性子・ガンマ線検層、音波検層、温度検層、
孔径検層、孔曲がり検層

実施区間：50～1,010m

③ボアホールテレビ調査（B T V調査）

実施区間：50～1,010m

④岩石鉱物試験

実施項目：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

実施項目：
・物理試験（有効間隙率、密度、弾性波速度など）
・力学試験（一軸圧縮試験、三軸圧縮試験供試体、圧裂引張試験）
・熱特性試験（熱伝導率、比熱、熱膨張率）
・帶磁率・比抵抗試験

⑥初期応力測定

実施項目：A E ／ D R A 試験

⑦水理試験

実施項目：単孔式透水試験、間隙水圧測定、室内透水試験、
フローメーター検層

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、
硫化物イオン濃度

室内分析項目：主要溶存成分、微量溶存成分、溶存ガス、環境同位体
微生物

(2) D H - 9 号孔

昨年度から継続中。

①岩芯記載

実施項目：岩相、断層及び割れ目分布、変質帯の分布および形態、変質鉱物
および割れ目充填鉱物、岩盤等級、R Q Dなど

実施区間：全掘削区間

②検層

実施項目：電気検層、密度検層、中性子・ガンマ線検層、音波検層、温度検層、
孔径検層、孔曲がり検層

実施区間：50～1,010m

③ボアホールテレビ調査（BTV 調査）

実施区間：50～1,010m

④岩石鉱物試験

実施項目：顕微鏡観察、X線回折、全岩化学組成分析

⑤水理試験

実施項目：単孔式揚水試験、単孔式透水試験、間隙水圧測定、室内透水試験、

⑥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、
硫化物イオン濃度

室内分析項目：主要溶存成分、微量溶存成分、溶存ガス、環境同位体
微生物

(3) DH-10号孔、DH-11号孔（仮称）

新規に掘削を行い、以下に示す調査を実施する。

①岩芯記載

実施項目：岩相、断層及び割れ目分布、変質帯の分布および形態、変質鉱物
および割れ目充填鉱物、岩盤等級、R Q Dなど

実施区間：全掘削区間

②検層

実施項目：電気検層、密度検層、中性子・ガンマ線検層、音波検層、温度検層、
孔径検層、孔曲がり検層

実施区間：100～1,010m

③ボアホールテレビ調査（BTV 調査）

実施区間：100～1,010m

④岩石鉱物試験

実施項目：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

実施項目：物理試験（有効間隙率、密度、弾性波速度など）

- ・力学試験（一軸圧縮試験、三軸圧縮試験供試体、圧裂引張試験）
- ・熱特性試験（熱伝導率、比熱、熱膨張率）
- ・帶磁率・比抵抗試験

⑥初期応力測定

実施項目：A E ／ D R A 試験

⑦水理試験

実施項目：単孔式揚水試験、単孔式透水試験、間隙水圧測定、室内透水試験、
フローメーター検層

(4) DH-12号孔、DH-13号孔（仮称）

新規に掘削を行い、以下に示す調査を実施する。

①岩芯記載

実施項目：岩相、断層及び割れ目分布、変質帯の分布および形態、変質鉱物
および割れ目充填鉱物、岩盤等級、R Q D など

実施区間：全掘削区間

②検層

実施項目：電気検層、密度検層、中性子・ガンマ線検層、音波検層、温度検層、
孔径検層、孔曲がり検層

実施区間：50～1,010m

③ボアホールテレビ調査（BTV 調査）

実施区間：50～1,010m

④岩石鉱物試験

実施項目：顕微鏡観察、X線回折、全岩化学組成分析

⑤岩芯室内物性試験

- ・物理試験（有効間隙率、密度、弾性波速度など）
- ・力学試験（一軸圧縮試験、三軸圧縮試験供試体、圧裂引張試験）
- ・熱特性試験（熱伝導率、比熱、熱膨張率）
- ・帶磁率・比抵抗試験

⑥初期応力測定

実施項目：A E ／ D R A 試験

⑦水理試験

実施項目：単孔式揚水試験、単孔式透水試験、間隙水圧測定、室内透水試験、
フローメーター検層

⑧採水・分析

原位置測定項目：水温、p H、酸化還元電位、電気伝導度、

硫化物イオン濃度

室内分析項目　：主要溶存成分、微量溶存成分、溶存ガス、環境同位体
微生物

5. 地質・地質構造および岩盤の力学特性に関する調査・研究

地質構造に関する研究では、研究実施領域において、地下水の主要流動経路の特定や水質形成機構の解明などの観点から、従来の地質調査に比較して、より詳細に断層・破碎帯や割れ目帯などの位置、連続性、性状を把握し、地質構造概念モデルとして示す。また、地下空洞の設計・建設などの工学的技術開発および地質構造の検討のためには、岩盤の物性および岩盤内の初期応力の把握が必要である。本年度は、研究実施領域でのこれら地質構造ならびに岩盤の物性、初期応力を明らかにするため、第3章に示す試錐調査および下記の各種試験を実施する。さらに、各調査の結果を解析し、地質構造概念モデルとして示す。

5.1 地球物理学的調査（空中・地表）

(1) 空中物理探査

岩盤の諸物性値の把握、岩相境界の抽出、断層などの断裂系の検出のため、約10km四方の研究実施領域において、ヘリコプターによる空中物理探査（磁気探査、VLF法探査、放射能探査、周波数領域磁気探査）を実施する。また、本調査の実施にあたり、測定の詳細仕様を決定するための予備調査を東濃鉱山周辺域（2.5×1.6km）で実施する。

(2) 地上物理探査

(2)-1 電磁探査（MT法）

約10km四方の研究実施領域の基盤面の形状や基盤内の変質帯や破碎帯などの分布を把握するために、電磁探査（MT法）を実施する。

(2)-2 物理探査手法適用試験

正馬様のサイクル機構用地内の林道に沿う1測線で、反射法による弾性波探査の適用試験を実施する。この結果を基に、堆積岩と花崗岩の地層境界および断層等の地質構造の把握への、当手法の適用方法を検討する。

5.2 解析

これまでに取得された試錐調査結果をとりまとめ、土岐花崗岩の地質構造を三次元的

に把握し、個々の地質構造要素について水理学的特性の評価を行う。また、これらの検討結果を基に、地質構造のモデル化を行う。

(1) 地質学的調査

試錐調査で実施する、岩芯記載、検層、BTV、岩石鉱物試験、岩芯室内物性試験、年代測定および地表からの物理探査の結果をとりまとめ、土岐花崗岩の有する地質学的・地球化学的特性の三次元分布を把握する。

(2) 地質構造概念モデルの作成

試錐調査により取得された地質学・水理学的データをコンパイルし、考慮するべきと考えられる地質構造要素と水理学的特性との相関関係を把握し、地質構造概念モデルを作成する。当初は二次元的なモデルとして表現するが、最終的には昨年度構築した可視化システムを用いて三次元的な地質構造概念モデルを作成する。対象とする領域は、試錐孔DH-5～8号孔で囲まれた領域、および約10km四方の研究実施領域全域である。

6. 地下水の水理・地球化学に関する研究

6.1 地下水の水理

地下水の水理に関する研究では、地下深部の地下水の動水勾配、岩盤の水理学的性質、および水みちや遮水壁的な役割を果たすと考えられる地質構造要素（断層や割れ目帯など）の水理学的性質を把握する。また、本研究では亀裂性岩盤（花崗岩）が主な研究対象となるため、亀裂性岩盤を対象とした地下水流动調査・解析手法の検討を行う。

6.1.1 表層水理調査

表層に分布する未固結砂礫層中の地下水の涵養量および基盤岩への浸透量の把握、また、基盤岩風化部を含めた表層付近での透水係数や不飽和特性の把握を目的として、堆積構造、層厚、透水性、自由地下水水面の高さ、水質を調査するための浅層試錐孔を掘削する。また、地質構成別の地下水涵養量の違いを明らかにするため、これまで観測していない花崗岩分布域の流域に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、土壤水分計）を設置し、地下水涵養量を算定する。この成果は地下水流动解析での境界条件や初期条件の設定に反映される。

本年度は、花崗岩の分布する柄石川流域および甘草川流域に表層水理定数観測システムを各々設置し長期観測を開始すると併に、柄石川流域では小流域を対象とした表層水

理定数観測システムの設置も実施する。

6.1.2 深層水理調査

試錐孔を利用して、表層から地下深部までの間隙水圧を測定し、地下深部における地下水の動水勾配を把握するとともに、岩盤の透水性とその深度依存性を把握するための透水試験を実施する。透水試験区間は、試錐調査で実施する岩芯記載、検層およびB T V調査の結果に基づいて決定する。これらのデータをとりまとめ、水理地質構造モデルの構築、および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。

6.1.3 地下水の水理に関する解析

(1) 水理地質構造モデルの構築

地質構造に関する研究で構築される地質構造概念モデルに透水性などの水理学的な情報を与えることによって水理地質構造モデルを構築する。対象とする領域は、試錐孔DH-5～8号孔で囲まれた領域、および約10km四方の研究実施領域全域である。

(2) 地下水流動解析

水理地質構造モデルを基に地下水流動を詳細に把握するための解析を行い、地下水の流動方向、動水勾配、涵養域から流出域までの滞留時間などを求める。

(3) 水理定数の空間分布の推定法の開発

フラクタル理論を用いた水理解析コードを用いて、適用解析を行う。

6.2 地下水の地球化学

本研究では、地質学的特徴が異なる岩相毎の地下水の地球化学的性質を把握し、地下水の溶存化学成分濃度分布と地下水の流動方向の概略を示す地下水の「地球化学モデル」を構築することによって、水質形成機構を明らかにすることを目的とする。

6.2.1 場の理解のための調査

(1) 地下水の地球化学的調査

地表から掘削した試錐孔（DH-6～9号孔）において、地球化学特性調査機器を利用して、地下水の採水および地球化学検層（pH、電気伝導度、酸化還元電位、硫化

物イオン濃度、水温）を行う。さらに室内での分析（主要溶存成分、微量溶存成分、溶存ガス、環境同位体、微生物、有機物）を実施する。

(2) 岩盤の地質学的・地球化学的調査

a) 炭酸塩鉱物中の炭素安定同位体比の測定

DH-5～8号孔の岩芯を対象として、地下水の年代（ ^{14}C 年代）を算出するため、炭酸塩鉱物中の炭素安定同位体比を測定する。

b) 電子顕微鏡観察

DH-5～8号孔の岩芯を対象として、地下水水質形成を考察するための基礎情報として、電子顕微鏡観察を行う。

c) 硫黄安定同位体比の測定

DH-5～8号孔の岩芯を対象として地下水の酸化還元電位に寄与する水-岩石反応を把握するために、硫黄鉱物中の硫黄安定同位体比を測定する。

6.2.2 データの品質管理

掘削水による汚染の程度を把握するため、地下水の採取方法および分析方法の検討を行う。地下水採取方法に関しては、本年度までに取得されるデータを基に、特に掘削水による汚染を把握するためのトレーサや、揚水試験との組み合わせ検討する。地下水の化学分析に関しては、試錐掘削用器具からの汚染の把握、現有の地下水採水装置の適用にともなう汚染の把握、複数の分析機関による同一試料の分析を通じて、分析方法の規格化を行う。

6.2.3 地下水の地球化学に関する解析

(1) 化学組成分布の推定

地質学的特徴の異なる岩盤部分毎の地下水の化学組成分布を推定する準備作業として、DH-3～8号孔における地下水の地球化学的データおよび岩石分析データを取りまとめ、データベースに登録する。

(2) 水質形成機構の解析

地下水の水質形成機構の解明の準備作業として、DH-5～8号孔の岩芯を対象とした鉱物観察、地下水の熱力学解析を行う。

6.3 地下水の長期観測

地下水流动解析の結果の検証や調査技術の評価、さらに地下水の流动と水質の長期変動の把握を目的として、大深度試錐孔を利用した地下水の長期観測を実施する。

(1) 間隙水圧長期モニタリング

地下水流动解析の検証データ等とするため、DH-7号孔に「多点式間隙水圧観測システム（MPシステム）」を設置し、間隙水圧の長期観測を開始する。

(2) 水質の長期モニタリング

DH-7号孔での長期モニタリングと並行して、MPシステムの採水機能を用いた水質の長期観測を開始する。

7. 調査技術・調査機器の開発

広域地下水流动研究で対象とする深度および広がりのある領域に対し、地表からの調査によって地下深部までの地質環境が本来的に有する性質を正確に把握するために、対象とする地質環境に応じた適切な調査技術や調査機器を整備することが目的である。基本的には、東濃地科学センターが開発した調査機器を含め、既存の調査技術・調査機器を適用する。適用された調査技術・調査機器の実績（データの精度、調査機器の信頼性等）が各研究分野からの要求に達しない場合、その改良・高度化を行う。さらに、個々の調査手法を組み合わせて総合的に解析を行う体系化された地質環境調査手法を開発する。今年度は、各研究分野で用いられる個々の調査手法の充実を図る。

7.1 試錐掘削技術開発

(1) 部分保孔装置の開発

部分的な孔内崩壊に対応するため、部分保孔装置を開発する。部分保孔装置は、部分拡孔用ビット、部分ケーシングおよび部分ケーシング挿入装置から構成され、新規試錐孔の掘削のみならず、調査中に崩壊した既存試錐孔の保孔技術やリーミング技術としても適用できる。

本年度は、平成9年度に実施した部分ケーシングならびにその挿入装置の基本設計を基に、部分ケーシング保孔装置を製作する。なお、平成9年度に適用試験を実施した部分拡孔装置については、順次、本計画における試錐掘削に適用し、実績を重ねつつ、必要に応じて改良を加えていく。

7.2 地質構造調査技術開発

(1) 既存技術の適用性の評価

地質構造調査では、既存の調査技術（例えば、反射法弾性波探査や電磁探査など）

を用いることを基本とし、複数の調査結果を組み合わせて総合的な解析を実施し、地質構造モデルおよび水理地質構造モデルの構築に必要な情報を得る。調査に適用された各種調査技術の実績をとりまとめ、地質環境調査手法としての評価を行う。この評価は第2次とりまとめおよび調査手法の体系化に反映される。

本年度は、重力探査データの解析および固定翼機を用いた磁気調査についてとりまとめを行う。

7.3 地下水の水理・地球化学的特性調査技術開発

(1) 1,000m 対応水理試験装置の改良・高度化

地表から地下深部までの水理特性（間隙水圧、透水係数）に関する信頼性の高いデータを取得するため、既に開発されている水理試験装置（プロトタイプ）の開発技術を基に、地下1,000mでの地温（50℃から70℃）に対応させ、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を平成9年度に製作し、運用を開始した。本年度は同様の装置を2セット製作し、来年度以降の運用を図る。また、既存のプロトタイプ試験装置を屈曲孔に対応させるための改良を行う。

(2) 1,000m 対応地下水の地球化学特性調査機器の改良・高度化

地表から地下深部までの地下水の地球化学特性に関する信頼性の高いデータを取得するため、地球化学特性調査機器（プロトタイプ）が開発されている。本調査機器は採水機能（連続採水、被圧不活性状態の採水）と地球化学検査（pH、電気伝導度、酸化還元電位、硫化物イオン濃度、水温）の機能を有する各ユニットから構成される。

プロトタイプの開発技術を基に、地下1,000mでの地温（50℃から70℃）に対応させ、かつ機動性や操作性を向上させた高温環境型の地球化学調査機器を平成9年度に製作し、運用を開始した。本年度は同様の調査機器を2セット製作し、来年度以降の運用を図る。また、既存のプロトタイプ調査機器を屈曲孔に対応させるための改良を行う。

(3) 単孔式水理試験データ解析手法の高度化

できるだけ正確な水理地質構造モデルを構築するためには、調査機器のみならず、水理試験データの解析手法も高度化し、実測データから求められる水理パラメータ（透水係数や比貯留係数）の信頼性を高めることが重要である。上述の水理試験装置で実施できる水理試験手法について、既存の解析手法の適用性を把握するとともに既存の解析手法では考慮されてない種々の条件を考慮した解析手法の高度化を平成9年度に実施した。本年度は広域地下水流动研究の調査で取得された水理試験データに順次適用するとともに、これまでに取得したデータにも適用しデータの再解析を実施する。

8. 参考文献

東濃地科学センター：広域地下水流动研究基本計画書, PNC TN7020 98-001