

# 広域地下水水流動研究基本計画書

1997年3月

動力炉・核燃料開発事業団  
東濃地科学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺959-31

動力炉・核燃料開発事業団

東濃地科学センター

技術開発課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to : Geotechnics Development Section. Tono Geoscience Center. Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 959-31, Jorinji, Izumi-machi, Toki-shi, gifu-ken 509-5102, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation) 1998

## 【目 次】

1. はじめに	1
2. 研究の目的	1
3. 研究の進め方	1
4. 研究の現状	2
5. 研究内容	4
(1) 地質・地質構造に関する研究	4
(2) 地下水の水理・地球化学に関する研究	6
(3) 研究成果の統合化	6
6. 本研究で用いる調査技術	8
7. 研究実施体制	8
8. スケジュール	8

## 1. はじめに

動力炉・核燃料開発事業団（以下、動燃事業団とする）は、昭和61年度より、高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発の基盤研究である地層科学的研究を進めてきた。

平成4年度からは、東濃鉱山を中心とした広い範囲を例として広域地下水流动研究を実施してきた。

本計画書は、これまでの研究成果を踏まえ、今後の広域地下水流动研究について総合的な研究計画としてとりまとめたものである。

## 2. 研究の目的

本研究は、広域（ここでは地下水流动に関する涵養域から流出域を含む数km四方以上の領域を指す、以下、調査解析領域とする）における地表から地下深部までの地質・地質構造、地下水の水理や水質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を目的とする。

## 3. 研究の進め方

本研究での技術開発には、個々の調査技術、調査機器の開発・改良とともに、研究対象項目の明確化、調査・解析・評価技術の開発を含む。さらに、上記の技術開発には、調査によるデータの取得が必要となるため、これまでに開発された要素技術を適用し、地下水の水理に関する調査のみならず、地下水流动の場となる地質・地質構造に関する調査および地下水の地球化学的調査を行い、地表から地下深部までの地質・地質構造、地下水の水理や水質などを明らかにし、一連の調査技術としての体系化を行う。

ある領域における地下水流动を把握する上で重要な岩盤の性質として、「岩盤の地質学的・水理学的不均質性」が考えられる。「岩盤の地質学的・水理学的不均質性」をもたらす要素としては、①地下深部から表層に達するような地質学的（水理学的）不連続構造（例えば、割れ目帯、断層、岩脈など）、②岩盤が有する水理学的な不均質性（例えば、高透水性領域となりうる風化・変質帶および低透水性領域となりうるマトリックス部など）が相当すると考えられる。さらに、本研究は広域を対象とすることから、これらの研究対象項目の規模もそれに合致するような大きなスケールの地質構造の把握が重要な研究対象となると考えられる。また、本研究では亀裂性岩盤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・解析技術の検討も必要となる。

研究の手順としては、本技術開発を効率的に行う観点から調査解析領域の設定を行い、地質・地質構造の観点から、地表地質図や試錐孔を用いた調査から作成した地質断面図などを基に、①、②を抽出あるいは推定し、この領域において認められる地質構造を概念的に表現し、「地質構造概念モデル」を構築する。次に、岩盤の水理学的な性質に関する調

査・試験の成果を踏まえて、「地質構造概念モデル」に岩盤の透水性などの水理学的情報を与えて「水理地質構造モデル」を構築する。この「水理地質構造モデル」を基に「地下水水流動解析」を実施し、調査解析領域内の地下水水流動を推定する。さらに、地下水の水質の分布、起源、年代などに関する調査・試験の成果および、地質・地質構造、地下水の水理に関する研究から得られる情報を基にして構築した「地下水の地球化学モデル」を用いて「地球化学解析」を行い、地下水の水質の分布を推定する。各モデルの構築フローは、5.(3). ①に示す。

「地下水水流動解析」で得られた推定結果（地下水の流向・流速など）を、地下水の流動経路沿いの岩石の種類などによる水質形成機構、滞留時間などの情報を含む「地球化学解析」の結果および、試錐孔を用いて長期的に地下水の水圧、水質の変化を観測した「地下水に関する長期観測データ」などと比較することにより、一連の調査・解析技術および、その結果の「妥当性の評価」を行う。

評価の基準は、国内外の先行事例や専門家の意見などを基に設定するが、実際に解析に利用できたデータの質や量、関連分野の学問的・技術的進歩および本研究の反映先のニーズなどを勘案して、基準を最適化していく。

ここで、調査・解析技術の妥当性が不十分と評価された場合は、上記の調査・研究プロセスを繰り返す。具体的には推定された結果が、所期の基準を満たしていない場合、解析に用いた入力データおよびモデルを吟味し、調査・解析上の不備の有無を確認する。この結果を基に、入力データおよびモデルの再検討を行い、さらに必要に応じ追加調査を実施し、不足している情報を補う（図1）。このようなプロセスの繰り返しによって「妥当性の評価」を行い、設定された研究対象項目の正当性、かつ十分であることを確認し、各研究項目に関する調査技術の有効性を評価する。

さらに、モデル化・解析・評価にいたる一連の「研究成果の統合化」を行い、広域の地下水水流動を把握する上で必要な調査・解析・評価技術を体系化する（図1）。

#### 4. 研究の現状

東濃鉱山周辺では、昭和39年の月吉ウラン鉱床の発見以来、新第三紀堆積岩を対象に、約20年間、試錐調査を中心とする資源調査が実施され、新第三紀堆積岩の地質構造や基盤花崗岩との不整合面の形状などが詳細に明らかにされている。また、昭和61年度から地層科学的研究の一環として実施されている研究において、本地域における未固結砂礫層、新第三紀堆積岩、および基盤花崗岩（不整合近傍）の地下水の水質や年代が測定されている。さらに、平成元年度からの東濃鉱山第2立坑掘削影響試験においては、その近傍の領域で新第三紀堆積岩の透水係数、地下水位、地下水涵養量などに関するデータが取得されている。

東濃鉱山周辺におけるこれまでの調査結果や、一般的な知見（地下水の流れは、地形や地質・地質構造、および河川などに支配されると考えられる）を基に、土岐市、瑞浪市周辺の尾根部および、土岐川、日吉川などの河川を境界とした領域を例として地下水水流動解析を実施し、東濃鉱山を含む上記領域の地下水水流動を概略的に把握した。

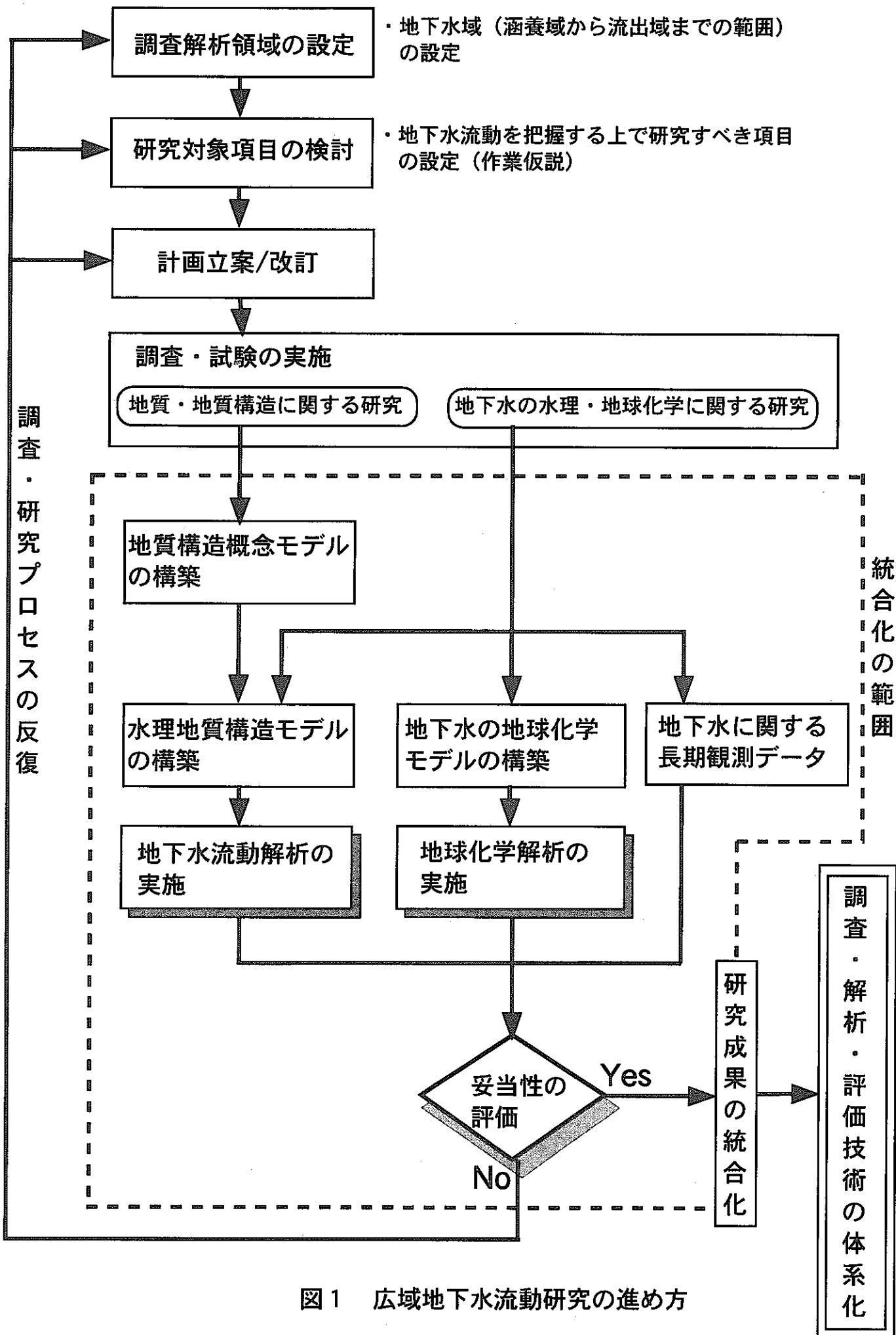


図1 広域地下水流动研究の進め方

平成4年度からは、上に示したような広い領域の地下水の流動を、より詳細に解析・評価する手法の開発に着手し、そのために必要なデータを取得するために、深度500mまでの試錐孔を用いて、地質学的、水理学的、地球化学的データの取得を行って来た。

## 5. 研究内容

これまでの研究では、地下水流動解析を実施する領域の内側に着目して調査研究を行ってきたが、局所的な地下水の流れは、その周囲の大局的な地下水の流れと何らかの関係を持っているものと考えられる。したがって、一つの地下水流動系をより正確に把握するためには、その周囲の大局的な地下水の流れの中での位置づけを明らかにしておく必要がある。そこで、この観点から東濃鉱山周辺の地下水流動を再検討することにした。

一般的に地下水は、標高の高い所から低い所へ流れるが、流路上に存在する断層などの地質構造がその地下水の流向や流速に影響を与えることから、東濃地域の地形や断層に関する文献などの調査をした。その結果、本地域においては、図2に示す約30km四方の領域が河川や屏風山断層、華立断層、赤河断層、および白川断層の延長部によって区切られ、これらが東濃地域の大局的な地下水流動場を決定していると考えられる。

本研究が主に地下水流動を対象とすることから、調査解析領域は、地下水の涵養域から流出域という一つの地下水流動場とする。東濃鉱山周辺での分水界（涵養域）や主要河川（流出域）の位置を検討した結果、この領域として図2に示す約10km四方の領域が想定された。また、この領域の地質学的、水理学的な位置づけを確認するため、図2に示す約30km四方の領域を対象に、大規模な地質・地質構造と概略的な地下水流動の分布を把握する調査・解析を実施することとした。

なお、調査解析領域は、調査研究の進捗に伴って得られる新たな知見に基づき、適宜見直すこととする。

地下水流動を規定しているのは、流動の場となる地形、地質・地質構造や地下水の水圧分布などである。また、地下水の水質は、地下水の流動経路沿いの岩石の鉱物組成や化学組成などと関係している。このため、本研究を以下の構成とする。

- ①地質・地質構造に関する研究
  - ②地下水の水理・地球化学に関する研究
- さらに、両研究分野の成果を統合して、対象となる地質環境を包括的に理解するため、  
③研究成果の統合化  
を行う。

### (1)地質・地質構造に関する研究

地質・地質構造に関する研究では、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、水みちとなりうる断層や割れ目帯などの位置、連続性、性状を把握する。

本研究では、まず、約30km四方の領域における概略的な地質・地質構造の把握を目的とした文献調査、空中写真判読、および空中物理探査を実施する。次に、約10km四方の領域において、地表踏査による地質・地質構造の規模や性状の把握、地質・地質構造を詳細に

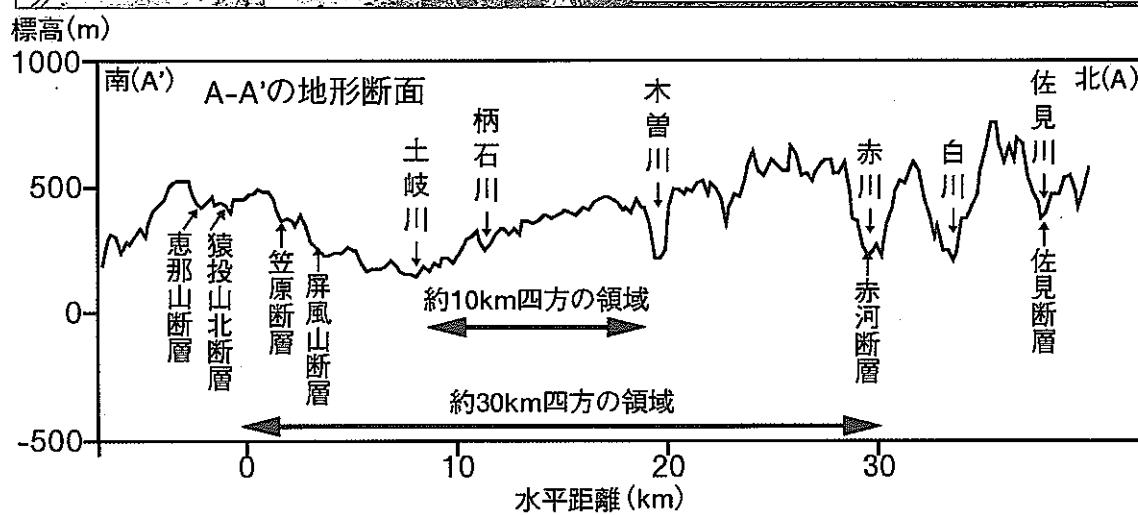
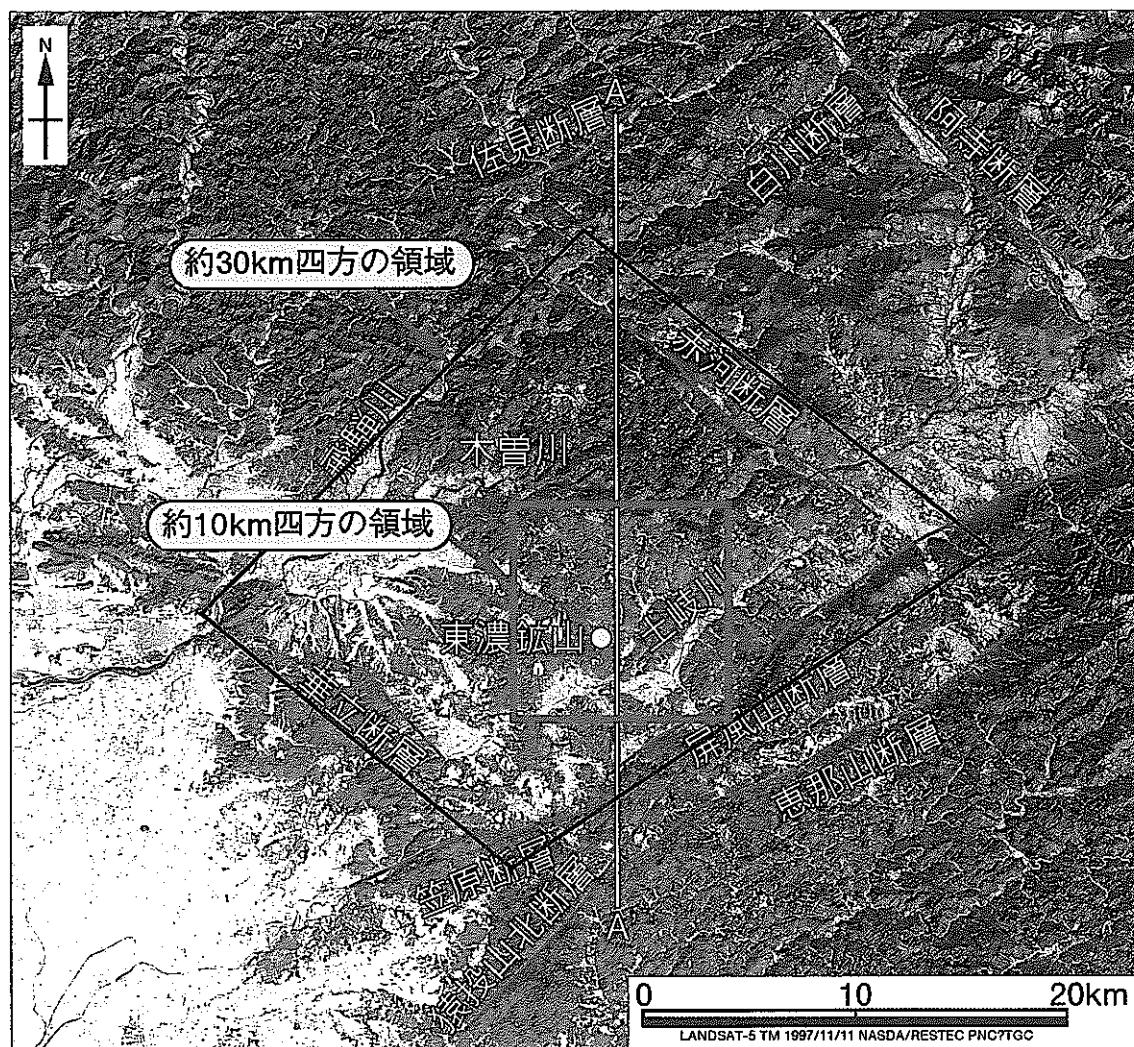


図2 研究対象領域

把握するための空中物理探査、地上物理探査、地表踏査、および試錐調査を実施する。

### (2)地下水の水理・地球化学に関する研究

地下水の水理に関する研究では、地下深部における地下水の水圧分布、岩盤の水理学的性質、および地下水の主要な流動経路あるいは、逆に遮水壁的な働きをすると考えられる断層や割れ目帯の水理学的性質を把握する。また、地下水の地球化学に関する研究では、地下深部の地下水の地球化学データの取得が重要であり、さらに地下水の水質形成機構の解明のため、地下水の地球化学的性質を、地質・地質構造および地下水の流動方向に関する情報と合わせて把握する。

本研究では、岩盤および存在が確認された断層・破碎帶などの水理学的性質、ならびにその場に存在する地下水の地球化学的性質の把握、および解析時の境界条件や初期条件を設定するための試錐孔を利用した水理・採水試験、地表における水収支観測や河川水の水質調査などを実施する。

### (3)研究成果の統合化

#### ①モデルの構築

各モデルの構築概念を図3および、以下に示す。

##### a) 地質構造概念モデル

地表および空中からの調査・試験の結果から、地下深部から表層に達するような地質学的（水理学的）不連続構造（例えば、割れ目帯、断層、岩脈など）および、表層・基盤岩類が有する岩相変化、風化・変質帯、割れ目帯などを、本研究が広域を対象とすることから、規模もそれに合致するような大きなスケールの地質構造としてとらえ、地質構造概念モデルを構築する。

##### b) 水理地質構造モデル

地質・地質構造に関する研究で明らかになった岩盤および存在が確認された断層・破碎帶、風化・変質帯、割れ目帯などの水理学的特性および、岩盤が有する水理学的な不均質性（例えば、高透水性領域となりうる風化・変質帯および低透水性領域となりうるマトリックス部など）を、試錐孔を用いた水理調査により明らかにし、地質構造概念モデルに透水性などの水理学的情報を与え、水理地質構造モデルを構築する。

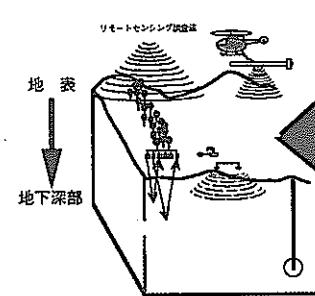
##### c) 地下水の地球化学モデル

試錐孔を用いた地球化学的調査によって得られた地下水の溶存化学成分濃度の分布、酸化還元境界、地下水の年代などに、地質・地質構造、地下水の水理に関する研究から得られる情報（地下水の流動方向と、それを規制する地質構造など）を取り入れて地下水の地球化学モデルを構築する。

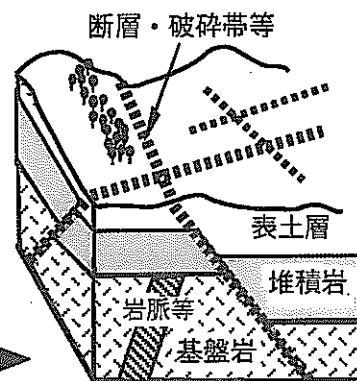
#### ②解析

構築した水理地質構造モデルを用いて、地下水流動解析、および地球化学解析を実施し、調査解析領域の地下水流動、および地下水の水質の分布を推定する。

(空中および地上物理探査の実施)

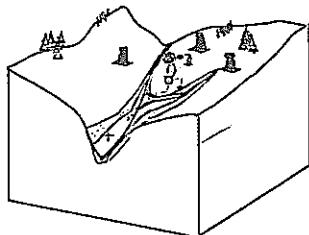


### 地質構造概念モデル



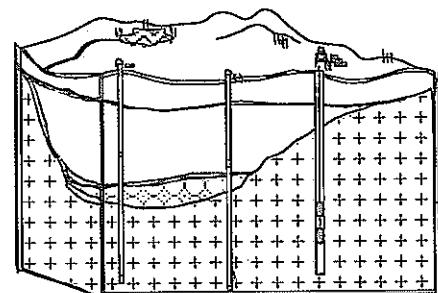
地表から地下深部にわたる地質構造を総合的に把握し断層・破碎帶等をモデル化する。

(地表地質踏査の実施)

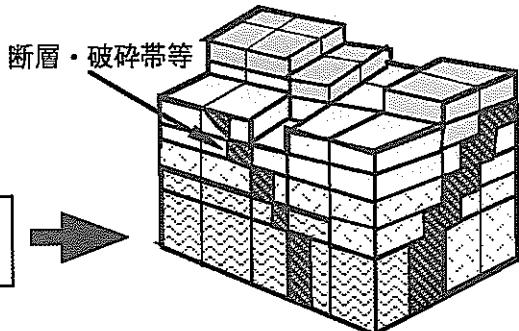


地質・地質構造に関するデータ

(試錐孔を用いた調査の実施)



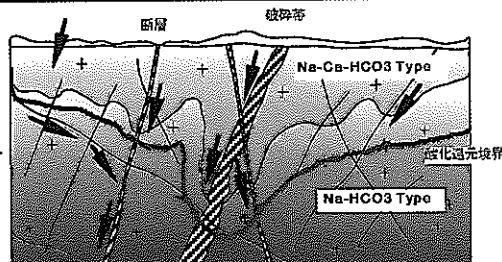
透水係数・水圧等のデータ



地下水の流向や流速を把握するために、地質構造概念モデルに透水性などの水理学的情報を付加してモデル化し地下水流动解析を実施する。

### 地下水の地球化学モデル

地下水の水質・年代データ



地下水の水質形成機構等を把握するためのモデルを構築し地球化学解析を実施し、地下水流动解析結果の検証を行う。

図 3 各モデルの構築概念

### ③評価

(3)の②で得られた結果を、事前に設定した評価基準に照合して、解析結果および一連の調査技術の妥当性を評価し体系化を行う。

## 6. 本研究で用いる調査技術

本研究では、動燃事業団がこれまで開発してきた調査機器を含め、現有の調査技術を適用する。適用された調査技術の実績（データの精度、調査機器の信頼性など）を評価することにより、調査機器あるいはデータ解析技術の改良を研究と並行して進める。さらに、個々の調査技術の組み合わせについて検討し、調査技術の体系化を図る。

また、研究の過程で遭遇する新たな技術的課題については、その解決に向けた技術開発を実施し、その成果を本研究に反映するとともに、必要に応じて開発を継続していく。

## 7. 研究実施体制

本研究は、地質学、水理学、地球化学などの多岐にわたる基礎的、かつ、極めて学際的な研究であり、その実施にあたっては高度な知識や技術が要求されることから、国際協力を含め、関係機関や大学などの協力を得つつ進める。また、地下深部は、エネルギー資源の備蓄など、新たな空間利用の場として期待されていることから、本研究における研究資源や成果は、動燃事業団のみならず、広く活用できるようにする。

## 8. スケジュール

本研究の主な調査・解析は、平成17年（2005年）頃を目途に終了する。その後は、解析結果の検証や調査技術の評価、さらに地下水の流動と水質の長期変動の把握を目的とした地下水位および地下水の水質の長期観測を継続する。

本研究の成果は、地層処分研究開発の基盤となるものであり、第2次取りまとめと、それ以降の地層処分研究開発に反映されるとともに、深地層についての学術的な研究にも利用される。また、その調査・解析・評価技術は、地上から地下深部の地質環境を調査する技術の技術的拠り所となるものである。

本基本計画書の内容およびスケジュールは、研究の進展に伴って得られる新たな知見を踏まえ、適宜、見直すこととする。

本研究のスケジュールの概要を表1に示す。

以上

表1 広域地下水流动研究スケジュール