

超深地層研究所計画
平成8年度調査研究報告書

1997年11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: Geotechics
Development Section, Tono Geoscience Center, Power Reactor and Nuclear Fuel
Development Corporation 959-31, Jorinji, Izumi-cho, Toki-shi, Gifu-ken 509-5102, Japan.

目 次

1. はじめに	1
2. 地表からの調査予測研究段階の概要	1
3. 平成8年度の調査研究概要	1
4. 調査研究結果	3
4.1 地質構造	3
4.1.1 既存文献解析	3
4.2 地下水水理	11
4.2.1 水理地質構造の推定	11
4.3 調査技術・調査機器	16
4.3.1 水理調査のための調査技術・機器開発	16
4.3.2 地下水の地球化学調査のための調査技術・機器開発	23
4.3.3 試錐掘削技術	29
4.3.4 力学特性調査のための調査技術・機器開発	33
4.3.5 データベース	38
4.3.6 解析・可視化技術	40
[参考文献]	43

1. はじめに

平成8年度報告書は、「超深地層研究所計画 年度計画書（平成8年度）」に基づき実施された研究を取りまとめたものである。平成8年度は第1段階である地表からの調査予測研究段階の初年度にあたる。

2. 地表からの調査予測研究段階の概要

地表からの調査予測研究段階では、地質構造、地下水の水理や地球化学などに関する研究が主体となる。この段階では物理探査や試錐調査によって、研究対象領域の地質構造の概略を把握し、これに基づいて地質構造を簡明に示す地質構造モデル、さらに水理地質構造モデルや地下水の地球化学モデルを構築する。これらのモデルは、地下水流动解析や地下施設の設計などの基礎となる。また、取得される膨大な情報を効率よく管理し活用するために不可欠なデータ管理システムなどの構築を行う。これらの研究結果に基づき、深部地質環境の特徴、地下施設の建設に伴う地下水の流动と水質の変化などを予測すると同時に、予測結果を評価する基準や方法を決定しておく。また、地下施設の詳細設計を行うとともに、この段階に続く坑道の掘削を伴う研究段階の詳細な研究計画を決定する。

地表からの調査予測研究段階の段階目標は、以下の3項目である。

- (1)地表からの調査により取得される地質環境に関するデータを基に、地下の地質環境を推定し、地下施設建設に伴う影響を予測すること。
- (2)予測の結果の評価方法を定めること。
- (3)地下施設の詳細設計を行い、坑道の掘削を伴う研究段階の計画を詳細に決定すること。

地表からの調査予測研究段階の主なスケジュールを表2.1に示す。

3. 平成8年度の調査研究概要

当初、平成8年度には、現場での調査研究として1,000m級の試錐孔の掘削および水理試験・採水・分析、電気探査を行ない、現場以外の業務として、水理・地球化学調査機器の製作、データベースの構築等を行う計画であった。しかし、諸般の事情により現場での調査研究は平成9年度に実施することとなった。このため、平成8年度は各種調査技術・機器開発として、水理・地球化学調査機器の製作、調査で取得された種々のデータを管理するデータベースの構築、および研究成果を3次元的に表示するために必要な可視化システムの構築などを行った。

表2.1 地表からの調査予測研究の主なスケジュール

	H 8	H 9	H10	H11	H12	H13
(1)試錐掘削						
(2)地質構造 ・岩芯記載／調査 ・物理検層 ・室内分析／試験 ・トモグラフィー 調査						
(3)水理 ・機器製作 ・透水試験 ・水圧観測						
(4)地球化学 ・機器製作 ・採水・分析						
(5)解析・評価						

(注) 岩芯記載／調査、物理検層、透水試験等は試錐調査として実施する。

4. 調査研究結果

4.1 地質構造

地下深部の地下水の水理学的性質並びに地球化学的性質は、岩相あるいは割れ目帯や破碎帶などの地質構造に影響されるものと考えられる。本研究においては、地下水の流动経路や地下水の地球化学的反応プロセスなどを解明するため、超深地層研究所を中心とした研究対象領域の地下深部の地質構造、岩相や割れ目分布などを把握することを目的とする。平成8年度は、既存文献の解析を行った。

4.1.1 既存文献解析

(1) 目的

地質文献を基に、正馬様洞周辺の結晶質岩の分布や特徴などについて検討を行い、地質構造モデルを構築することを目的とする。

(2) 内容

東濃地域の土岐花崗岩の分布を中心とした地域を対象に、地形・地質に関する文献を収集・整理し、知見を取りまとめた。

①地形

本地域は、その北西と南東に山地が発達し、間に丘陵地が広がり、中央部に北東～南西方向の軸をもった船底状の地形概観を示す。北部の山地内には木曽川が流れ、先行性の河川として深い谷を刻んでいる。南東の山地と丘陵地との境界は、屏風山付近では北東一南北方向に走る断層（屏風山断層）により崖錐堆積物を伴う急峻な崖となり明瞭に隔てられるが、南西に向かうに従い、山地と丘陵地との境界は不明瞭になる。丘陵の中央部には北東から南西に向かって土岐川が流れ、その本流および支流の沿岸に段丘が発達して台地をつくり、河川周辺には沖積地が広がる。

この地形と地質の間には対応関係がみられ、この地域では中生代の基盤岩類の分布する地域が山地となり、第三系・第四系の分布する地域が丘陵地となっている。鮮新統の瀬戸層群の土岐砂礫層は土岐面と呼ばれる丘陵地の頂面を形成する。

東濃地域（土岐・瑞浪盆地の東から多治見盆地にかけて）の盆地南縁には屏風山断層・笠原断層などの断層地形が見られ、これらは第四紀に入ってからの活動した痕跡を有する活断層である。

②広域地質概要

東濃地域の地質は大きくは、古い方より、美濃帯の堆積岩類（三畳紀～ジュラ紀）、花崗岩・流紋岩（白亜紀～古第三紀）、中新統、鮮新統、それ以降の堆積物に区分される。

美濃帯の堆積岩は砂岩・泥岩・チャートを主とし、ほぼ東北東～西南西方向の走向を持つ地質構造であり、三畳紀からジュラ紀後期の地層が断層により繰り返し現れているものである（Wakita, 1988）。

花崗岩類は、主に南部の美濃三河高原にいわゆる領家帶花崗岩が分布するが、超深地層研究所予定地が位置する土岐・瑞浪盆地内にも分布の直径が約10kmの土岐花崗岩（石原・

鈴木, 1969)の岩体がある。土岐花崗岩は、東方の苗木一上松花崗岩の一部と考えられている。濃飛流紋岩は北東部の瑞浪市釜戸町以東に分布する。土岐市付近の花崗岩中には北北西一南南東方向の走行をもつ石英斑岩の岩脈が見られる。

これらの基盤岩類の上に、中新統(瑞浪層群、可児層群)の堆積盆が、土岐・瑞浪盆地と可児盆地を中心に広がる。糸魚川(1980)によれば、瑞浪層群は下位より、土岐夾炭累層、本郷累層・明世累層、生俵累層に分けられる。全体として上位ほど細粒化し、瑞浪層群の分布が広がり、海進を表す地層である。土岐・瑞浪盆地南部では300m以上の層厚となる。

鮮新統の瀬戸層群は、主としてチャート・濃飛流紋岩の礫よりなる砂礫層(土岐砂礫層)であり、下部には粘土層(土岐口陶土層)がある。瀬戸層群は地形的な高所に丘陵を形成して分布する。

日本の活断層(活断層研究会編, 1980)では、東濃地域の盆地南東縁には屏風山断層・笠原断層などの西北西一東南東方向の活断層が、また多治見盆地西縁・恵那地区ではそれぞれ華立断層・赤河断層が示されており、いずれも逆断層成分をもった確実度Iの活断層である。屏風山断層・笠原断層は東濃地域の盆地南限を画する南側上昇の活断層である。

③超深地層研究所周辺の地質

超深地層研究所周辺の地質は、下位より花崗岩類、瑞浪層群および瀬戸層群からなる(図4.1.1.1、図4.1.1.2)。各地層の概要は次の通りである。

(a) 花崗岩類

三河～東濃地域の花崗岩類は、領家研究グループ(1972)やNakai(1976)などにより研究され、大きくは古期領家花崗岩(ほぼ濃飛流紋岩より古い)、新規領家花崗岩、およびそれより新しい花崗岩類に分けられる。この地域の花崗岩は、花崗岩の間の貫入関係や濃飛流紋岩との関係などに基づいて7または9つの活動ステージが区分されている。東濃地域には、南部に新規領家花崗岩のうちの伊奈川花崗岩(小原花崗岩・澄川花崗岩)が分布し、その北側すなわち土岐・瑞浪盆地周辺には土岐花崗岩・苗木花崗岩が確認されている。

超深地層研究所周辺に分布する土岐花崗岩は、石原・鈴木(1969)により「ウラン鉱床の基盤となる土岐・瑞浪地域の花崗岩」として命名されているが、その後厳密な定義はされていない。土岐花崗岩を苗木花崗岩と分けて示すもの(仲井, 1988)もあるが、一般には東方の苗木一上松花崗岩に相当する花崗岩として扱われている(石原・鈴木, 1969)。土岐花崗岩(苗木一上松花崗岩)は領家花崗岩には含めず、それよりも新しい花崗岩(三河～東濃地域の花崗岩類のうちの最も新しい花崗岩)であることが、露頭で観察される貫入関係により分かっている(領家研究グループ, 1972; Nakai, 1976)。土岐花崗岩は14×12kmの広がりをもち、美濃帯の中古生層の層理面を切る形で非調和に分布する。

土岐花崗岩は全体に細～粗粒の黒雲母花崗岩で、石原・鈴木(1969)によれば岩相により6タイプに分けられ、その中でも中～粗粒黒雲母花崗岩が最も広く分布する。分布西縁の御嵩町でのみ角閃石を含むものが認められる。中～粗粒黒雲母花崗岩は、含有するウラン・トリウムにより石英が暗色を示す。岩体のやや西よりにあたる月吉鉱床の基盤をなすものは、カリ長石の斑晶(まれに20×40mmの巨晶)を含む斑状黒雲母花崗岩である。

土岐花崗岩の年代は、Shibata and Ishihara(1979)によればRb-Sr全岩法で 72.3 ± 3.9 Ma、黒雲母によるK-Ar法では65～70Maの値が示されている。

(b) 瑞浪層群

瑞浪盆地での地質分布・地層区分は、糸魚川(1980;1988)にまとめられている。東濃地域では土岐・瑞浪盆地、可児盆地、岩村盆地に中新統が分布するが、これらはいわゆる瀬戸内区の中新統（広島県から長野県に至る前期～中期中新統）に位置づけられる地層である。

瑞浪層群は、大まかにいって、下位より土岐夾炭累層（礫や亜炭を含む非海成層）、本郷累層・明世累層（それぞれ、非海成および浅海成の凝灰質砂岩、泥岩）、生俵累層（泥岩）の3つのユニットに分けられる。上位の地層ほど堆積物が細粒化して分布域が広がることや深い海を示す化石が見られることから、海進を表す地層であることがわかる。

土岐・瑞浪盆地における瑞浪層群は、全体に南傾斜を示すが、月吉断層と南部の山田断層帯が顕著な断層である（いずれも大きさは東北東一西南西方向の断層）。瑞浪層群は山田断層帯の北側で最も厚く300m以上となり、山田断層帯より南側では基盤岩が上昇して盆地は浅くなっている(Uemura, 1961; Matsuzawa and Uemura, 1967)。

瑞浪層群の年代については、糸魚川(1980)では瀬戸内区の他の地域の中新統との層序対比・古生物学的データにより、前期～中期中新世（瑞浪盆地では20～15Ma）とされている。古生物学的研究では、浮遊性有孔虫化石により明世累層と生俵累層がそれぞれB1ow (1969) のN 8帯とN 9帯にあたると推定されている（池辺ほか, 1973など）。

ウラン鉱床とその地質学的背景についての最近の研究には小林(1989)や林(1989)があり、瑞浪層群の最下部（土岐夾炭累層）は断層系の活動により形成されたチャンネルに堆積したもので、鉱床は花崗岩を起源としたウランが地下水の作用により濃集したものと考えられている。

(c) 瀬戸層群

瀬戸層群に対比される砂礫層を主とする地層は伊勢湾周辺に広く分布し、東海湖に堆積した一連の地層（“東海層群”）であると考えられている。東濃地域はその北東の端部にあたる。

土岐口陶土層は、起源の物質である基盤地質や堆積環境の違いを反映して地区により異なる層相を示す(Fujii, 1968)。

土岐川以北まで広く分布する土岐砂礫層の形成過程は、木曽(1959)、糸魚川(1974)によると、阿寺断層と屏風山断層によりできた盆地に周辺の河川からの流入物質が形成した扇状地の堆積物、あるいは瑞浪盆地付近では、現在より南を流れていた“古木曽川”的氾濫原堆積物と考えられている。

土岐・瑞浪盆地南部の瀬戸層群は、中山(1985)、陶土団体研究グループ(1982)によると、南部の南上がりの断層に規制された陥没盆地に堆積した崖錐性の角礫および背後の花崗岩基盤から洗い流された細粒分が堆積したものと考えられる。

(d) リニアメント判読図の編集

東濃地域の土岐花崗岩を中心とした約35km四方の調査領域におけるリニアメント判読図を基に、編集を行った。図4.1.1.3に編集したルリニアメント判読図を示す。また、東濃

鉱山東部の超深地層研究所周辺の拡大図を図4.1.1.4に示す。超深地層研究所周辺には、数本のリニアメントが判読された。超深地層研究所用地内には北西—南東系リニアメントが判読された他、用地東方に北東—南西系リニアメントおよび用地北方に東西系リニアメントが判読された。東西系リニアメントは、月吉断層に調和的である。

(3) 土岐花崗岩の分布等に関する調査課題

土岐花崗岩の分布や構造に関する課題は、以下の通りである。

- ・分布範囲の詳細な把握
- ・周辺岩体との接觸関係の把握
- ・岩体内部の岩相変化の把握
- ・岩体内部の構造（断層・割れ目）
- ・花崗岩体以外の構造の把握

上記の課題の中で、岩体内部の岩相の変化の把握、および岩体内部の構造（断層・割れ目）については、超深地層研究所計画においても、地質構造モデル構築にあたって重要な情報であり、今後土岐花崗岩に関する研究成果を取り入れていくものとする。

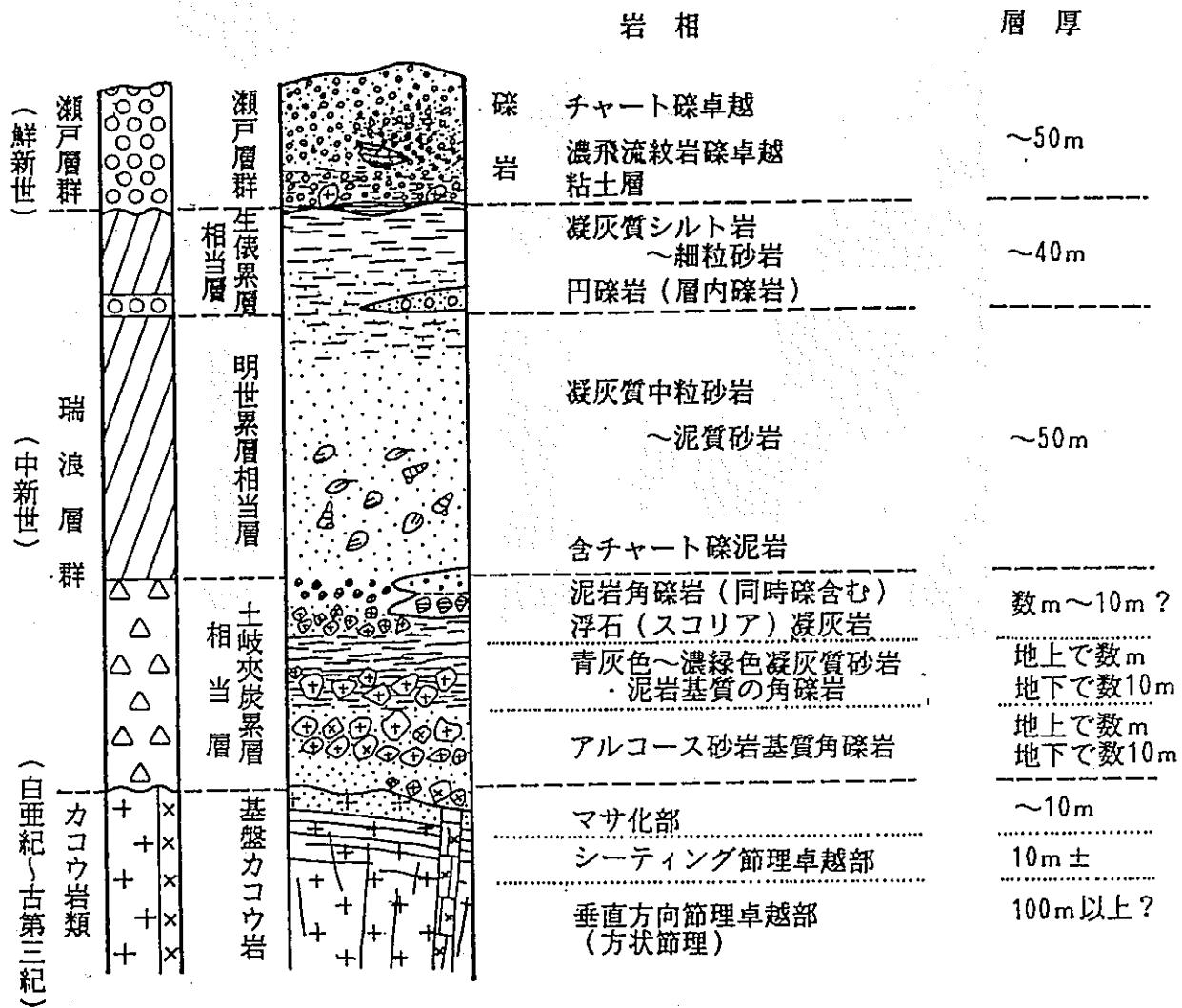
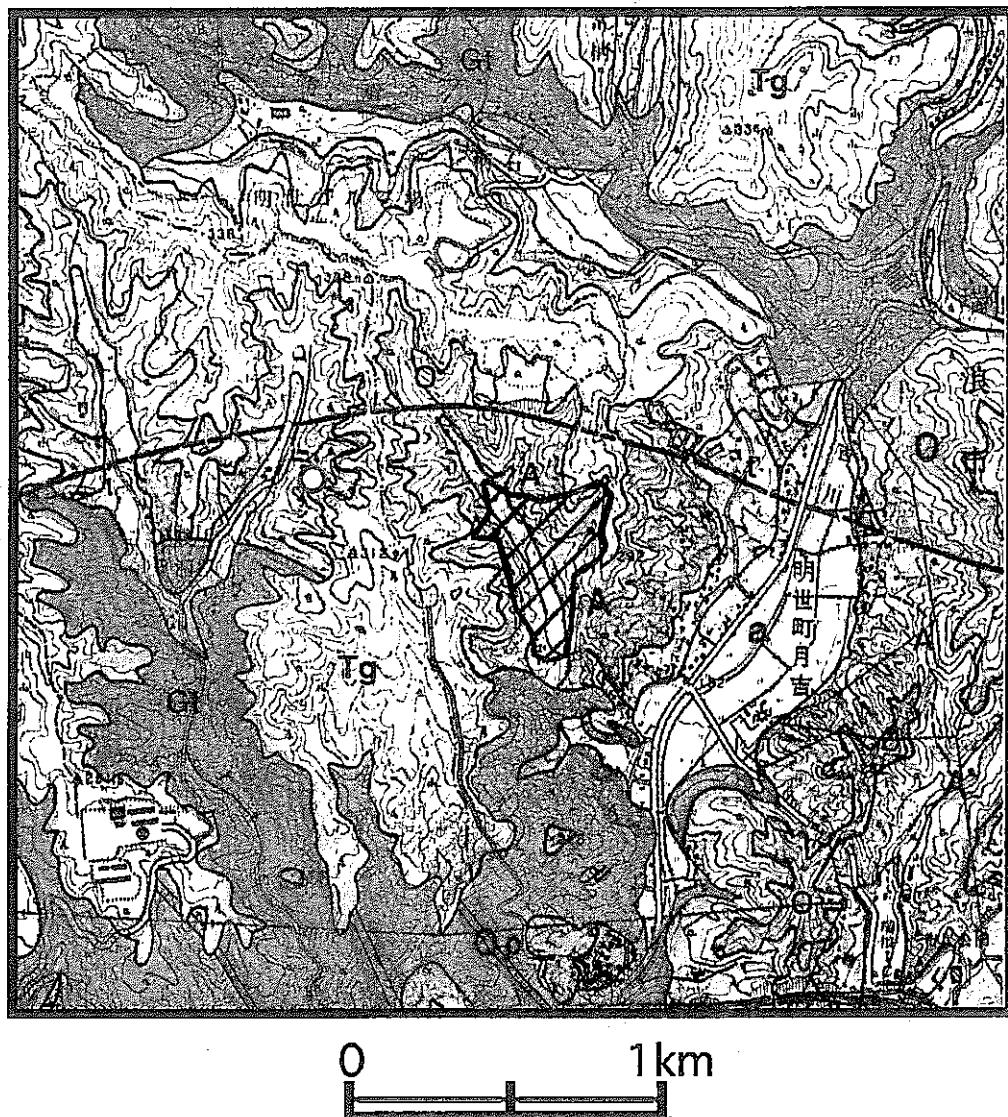


図 4.1.1.1 調査地域模式地質柱状図



凡 例

Tg	土岐砂礫層（瀬戸層群）	a	沖積層
O	生猿累層（瑞浪層群）	t	崖錐性堆積物
A	明世累層（瑞浪層群）	—	月吉断層
Gt	石英斑岩	— — —	（推定断層）
Gt	土岐花崗岩	○	東濃鉱山
		▨	超深地層研究所

図 4.1.1.2 超深地層研究所周辺の地質図

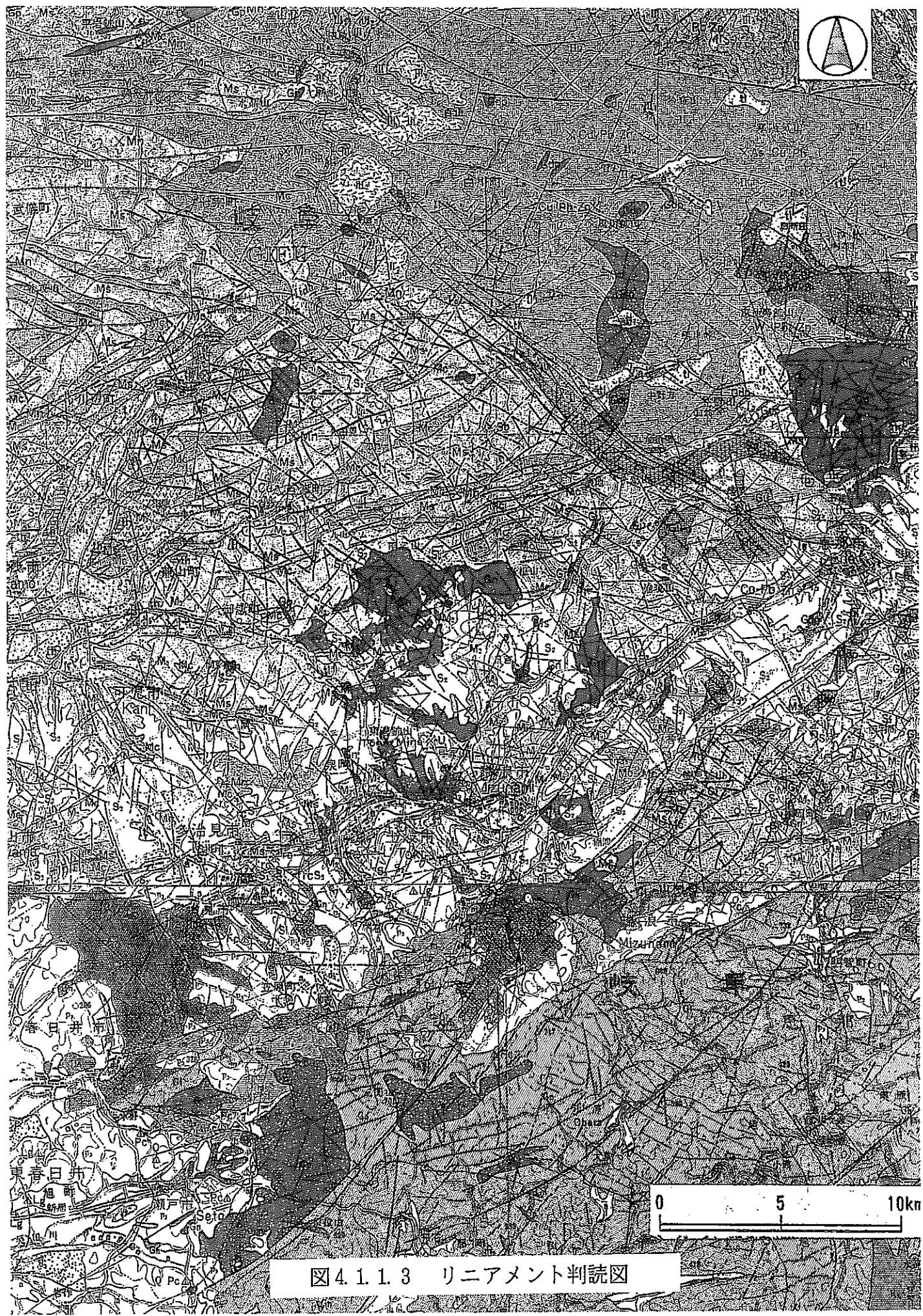


図4.1.1.3 リニアメント判読図



0 1km

凡 例

Tg	土岐砂礫層（瀬戸層群）	a	沖積層	斜線	超深地層研究所
O	生俵累層（瑞浪層群）	t	崖錐性堆積物		
A	明世累層（瑞浪層群）			—	月吉断層
Q	石英斑岩			---	(推定断層)
Gt	土岐花崗岩		○	東濃鉱山	
—	SPOT, LANDSAT, 航空写真で判読されたリニアメント				
---	SPOT, 航空写真で判読されたリニアメント				
-.-	LANDSAT, 航空写真で判読されたリニアメント				
-·-	SPOT, LANDSAT, で判読されたリニアメント				
-·-	SPOTのみで判読されたリニアメント				
-·-	LANDSATのみで判読されたリニアメント				
——	航空写真のみで判読されたリニアメント				

図4.1.1.4 リニアメント判読図（拡大図）

4.2 地下水水理

地質環境の構成要素である地下水の動きを把握するためには、地下水の流速と流動経路を決定する岩盤の透水係数の分布、水頭を決定する地形、および浸透流解析上の境界条件となる地下水涵養量などの情報が必要である。本研究では、超深地層研究所を中心とする研究対象領域の自然状態の地下水流动を把握し、地下施設の掘削に伴う地下水流动の変化を予測するための調査・試験および解析と並行して、透水係数の深度依存性の把握、破碎帶の水理学的性質の解明などを目的とする。平成8年度は、既存資料に基づき水理地質構造の推定を行った。

4.2.1 水理地質構造の推定

(1)目的

未固結砂礫層、新第三紀層および花崗岩中の地下水流动を把握することを目的とし、既存資料に基づき超深地層研究所周辺の3次元の水理地質構造を推定した。

(2)実施内容

①対象領域

超深地層研究所建設予定地である正馬様洞および東濃鉱山を含む南北2.0km、東西2.2km、標高0m以浅の領域（図4.2.1.1）を対象とした。

②水理地質ユニットの区分

各地層の透水性の観点から、対象領域に掘削した試錐孔のうち167本の試錐孔（図4.2.1.2）の柱状図および電気検層による見かけ比抵抗値の変化に基づき、尾方ほか（1992）の区分を参考に、水理学的に意味のある岩相を水理地質ユニットとして区分した。電気検層が実施されていない試錐孔については、当該試錐孔周辺の電気検層データが取得されている試錐柱状図との岩相対比によって区分した。尾方ほか（1992）が行った区分のうち、隣り合う地層で透水係数が同様の値を示す場合は、原位置透水試験結果を考慮して同一のユニットとした。表4.2.1.1に、尾方ほか（1992）が行った水理地質ユニットの区分と今回の区分の対比と、これまでの原位置透水試験で得られた透水係数の平均値を示す。ここで、花崗岩風化部（不整合から約20mの範囲）には、これまでの原位置透水試験の結果から、 $10^{-6} \sim 10^{-5}$ cm/secオーダーと比較的高い値が得られており、その上位に分布する瑞浪層群の基底礫岩と同様の値を示すことから、この2つを同一のユニットとして扱った。

③水理地質構造モデルの推定

水理地質ユニットの区分の結果に基づき、対象領域の水理地質構造モデルを3次元地質解析システム GEORAMAを用いて作成した（水理定数の空間分布の推定）。GEORAMAでは、水理地質構造の推定にあたり、各試錐孔位置での地層境界の深度を基にその境界面（地層面）の空間的な広がりが推定される。推定した水理地質構造モデルを図4.2.1.3～4.2.1.4に示す。

対象地域の地質は下位より花崗岩、瑞浪層群、瀬戸層群からなり、上述のとおりこれらを10種類の水理地質ユニットに区分した。対象領域内では、最下位の花崗岩健岩部(e10)

の深度は標高0m以浅であり、月吉チャンネルと呼ばれる正馬様洞用地を通るNW-S E方向の谷部を形成している。花崗岩風化部、瑞浪層群および瀬戸層群に相当するe1～e9の水理地質ユニットは花崗岩基盤の谷部を埋めるように分布している。対象地域の中央部には、破碎帯に粘土を挟む月吉断層（東濃鉱山ではN 80° E 60° Sの逆断層）が分布しており、その落差は30m 程度である。

(3)今後の課題

- ①推定した水理地質構造モデルに基づいて数値モデルを作成し、地下水流动解析を実施し、超深地層研究所周辺の地下水流動を把握する。
- ②今後の超深地層研究所計画の進捗、および広域地下水流动研究における調査データの蓄積により堆積岩の下位の基盤花崗岩中の割れ目帯等の情報を入力し、水理地質構造モデルの精度を向上させる。
- ③超深地層研究所計画の主な研究対象が、花崗岩であることから、亀裂性岩盤の適切なモデル化手法を検討する。

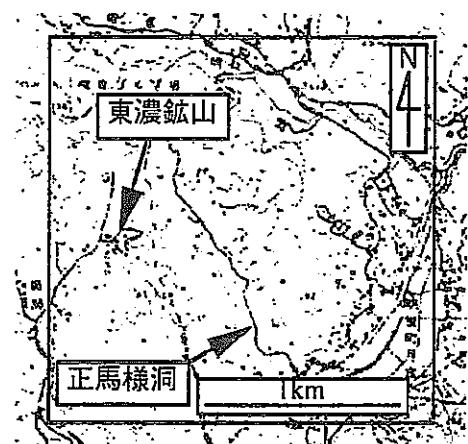


図4.2.1.1 解析対象領域

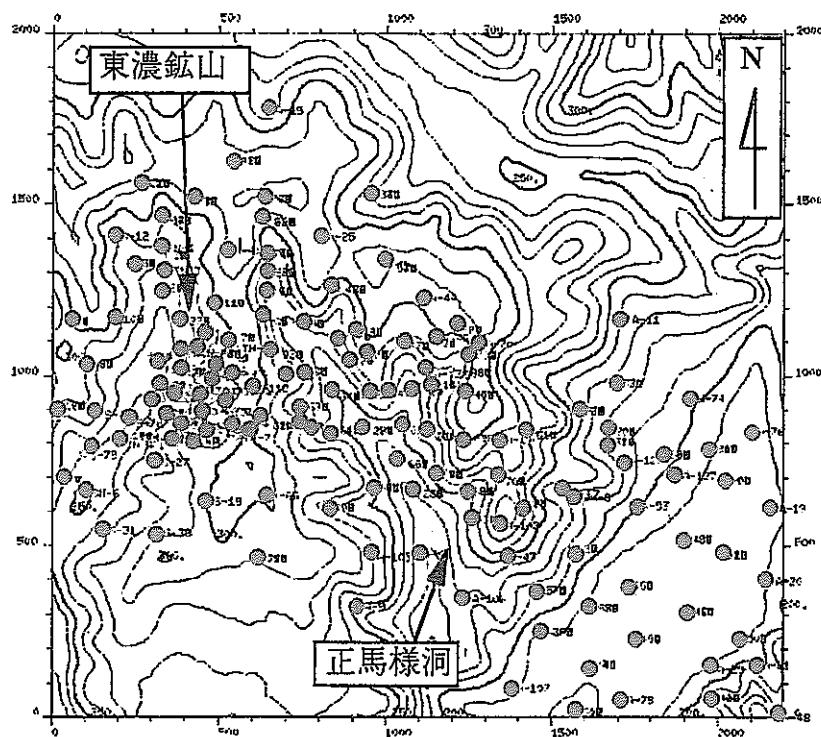


図4.2.1.2 試錐孔位置

表4.2.1.1 水理地質ユニットの区分

今回の区分	尾方他 (1992) の区分	平均透水係数 (cm/sec)	地層名
e1	11	1.00E-05	表土+瀬戸層群
e2	10	5.00E-08	生俵累層 (シルト岩)
e3	9a,9b	5.00E-06	生俵累層 (砂岩、礫岩)
e4	7,8	1.00E-06	明世累層 (砂岩)
e5	6	5.00E-08	明世累層 (砂質凝灰岩)
e6	5	1.00E-07	明世累層 (砂岩、礫岩)
e7	4a1,4a2	5.00E-07	土岐夾炭累層 (砂岩、礫岩)
e8	3a2	1.00E-06	土岐夾炭累層 (砂岩礫岩互層)
e9	3a1,2	1.00E-05	土岐夾炭累層基底礫岩 +花崗岩風化部
e10	1	1.00E-07	花崗岩健岩部

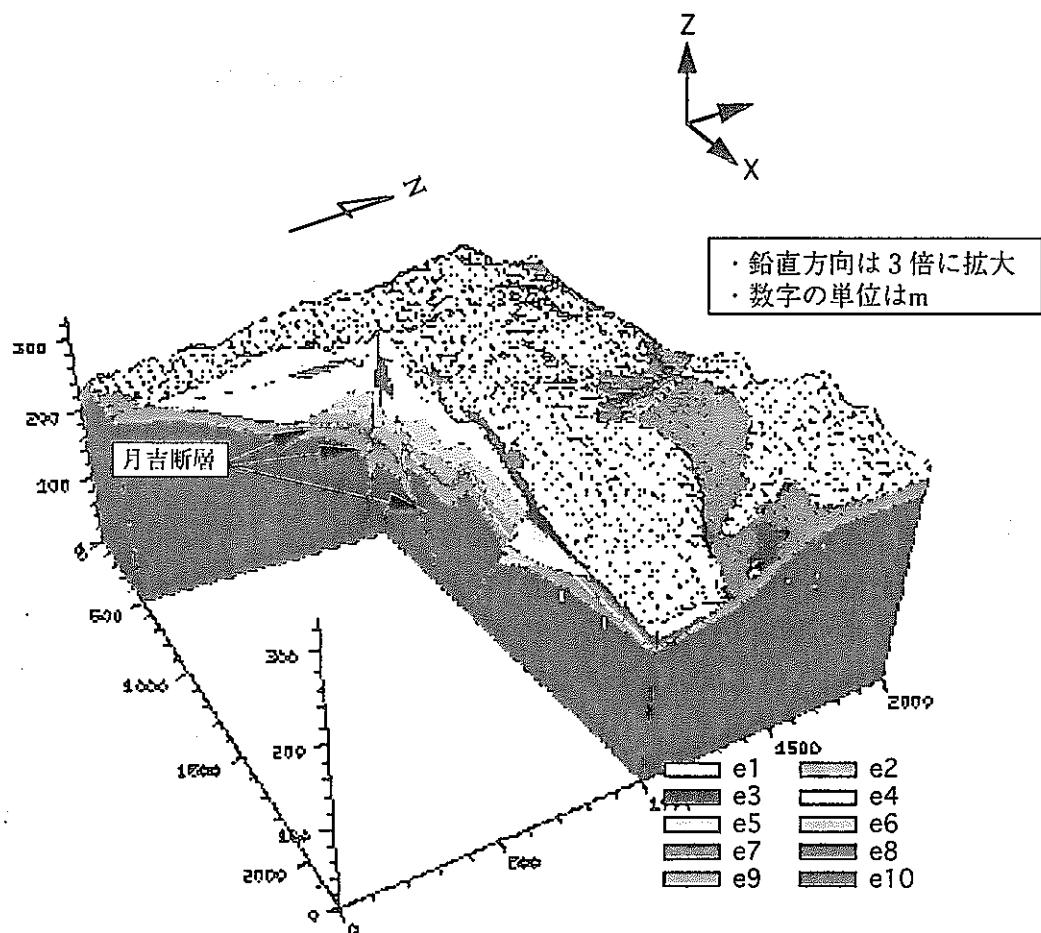


図4.2.1.3 水理地質構造モデル
(ブロックダイアグラム)

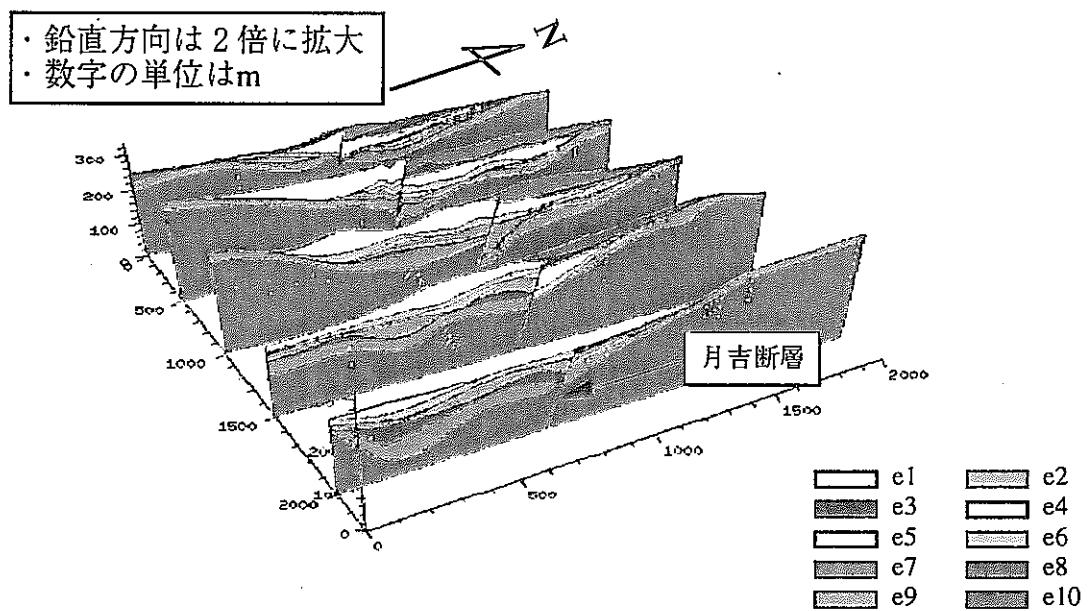


図4.2.1.4 水理地質構造モデル
(パネルダイアグラム)

4.3 調査技術・調査機器

平成8年度は、既存技術・機器の改良・高度化、新しい技術・機器の開発などについて検討した。調査機器の開発として、地下水の水理および地球化学調査のための高温環境型の試験装置の改良、試錐孔を利用した長期モニタリング装置の設計および部分拡孔装置の開発などを行った。調査技術の開発としては、初期応力測定に関する調査、データベースの開発および地質環境データの総合解析とその結果を3次元的に可視化する計算機システムを構築した。

平成8年度に実施した各調査技術・機器開発の状況を、以下に項目別に示す。

4.3.1 水理調査のための調査技術・機器開発

4.3.1.1 高温環境型1,000m対応水理試験装置の製作

超深地層研究所計画においては、地表から地下深部までの水理特性に関する信頼性の高いデータを取得し、地質環境の性質を正確に把握することが重要である。このため、地表から掘削した試錐孔において1,000mまで調査できる水理試験装置として、既存の水理試験装置について使用可能な環境温度をさらに高める改良(50°Cから70°C)、および機動性やメンテナンス性を高めるための改良を含めた、1,000m対応水理試験装置の仕様の検討を行い、製作を開始した。なお完成予定は、平成9年度8月であり、完成後は本計画および広域地下水流动研究での調査に活用するとともに、調査への活用を通じて調査手順のマニュアル化を進めていく予定である。以下に製作を行っている装置の概要について記載する。

(1)開発課題

本装置の開発に際しては、具体的に以下に示す課題を設定して開発を行った。

①耐温度性能の向上

より高い温度条件の下での調査を可能とするために、装置全体の耐温度性能を向上させる。

②試験データの信頼性向上

(a)定常法による試験データをクロスチェックするための機能を備える。

(b)孔内部の温度上昇に伴う圧力計への影響をキャンセルできる構造とする。

③操作性の向上

現場調査を確実に進めるため、装置の操作性を向上させる。

(2)試験装置の概要

改良を実施した後の装置の概念図を図4.3.1.1に、基本仕様を表4.3.1.1に示す。ここでは、開発課題を解決するために高温環境型で新たに加えた機能、および改良点について述べる。

①70°C対応型電子基板の設置

開発課題の①を解決するために、孔内部の電子基板の耐温度性能を現存装置の50°Cから70°Cに上げる。具体的には、電子基板の耐温度性能の向上の他に電源やパッカー用電磁バルブの発熱体を電子基板やセンサー類から離れた場所に設置し、熱による影響を低減でき

る構造とする。

②定流量注水試験機能の付加

開発課題の②の(a)を解決するために、現存装置の孔内部・揚水ポンプに注水機能を備える。このことにより、定常法の試験に関しては定流量揚水・注水試験が行え、取得した試験データをクロスチェックすることができる。

③背圧調整用バルブの設置

開発課題の①と②の(b)を解決するために、圧力測定を行う差圧計の背圧を調整するためのバルブを設置し、孔内部の温度上昇に伴う差圧計への影響をキャンセルできる機能とする。

④管路の簡素化

開発課題の②と③を解決するために、現存装置の孔内部・トリップバルブを廃止し管路を簡素化する。これに伴って、内部に空間的な余裕ができることから配管径を拡大し、管路抵抗を減らす。また、併せてメンテナンス性を向上させることができる。

⑤電動バルブの採用

開発課題の①と②の(b)を解決するために、現存装置の孔内部・測定区間用バルブを電磁バルブから電動バルブに変更する。このことにより、孔内部の発熱を抑え、センサー類への熱的影響を低減する。

⑥ユニット長の短縮

開発課題の③を解決するために、孔内部を構成する個々のユニット長さを4m以下として、操作性と運搬性を向上させる。

⑦深度情報の自動入力

開発課題の②と③を解決するために、現存装置では計測者が声で入力していたBTVデータの深度情報を、深度検出装置による自動入力とする。このことにより、作業を簡素化することができ、人為的なミスを低減することができる。

4.3.1.2 試錐孔を利用した長期モニタリング装置の開発

超深地層研究所計画では、地表から掘削した試錐孔において、地下深部岩盤の間隙水圧を精度良く、数年から十数年にわたり連続的に観測するため、大深度対応地下水の長期モニタリング装置が必要であり、そのための装置開発を進めている。この装置は、立坑等の掘削前から掘削後にかけて大きく変化すると考えられる水理環境に柔軟に対処できる機能と、割れ目帯等でしばしば発生する大きな水位低下や水圧上昇が発生する場合でも、間隙水圧の観測や地下水の採取が確実に行える機能を必要とする。以上の点を踏まえて本年度は、深度1000m対応のモニタリング装置の設計を実施した。また、観測区間の地下水を被圧不活性状態で採取し、地上に回収するための採水用プローブの設計も併せて行った。今後、実験機の製作に着手する予定である。ここでは、全体的な装置の概要について記載する。

(1)開発課題

本装置の開発に際しての課題を具体化し、以下の通り設定した。

①差圧計測原理の適用

深度に左右されない高精度で均一なデータを取得するため、差圧計によりケーシングパイプ内の圧力と観測区間の差圧を順次計測する原理を適用する。

②高差圧環境への適応

大きく変化する水理環境下での調査を可能にするために、構造上高い遮水性能を確保する。

③耐温度性能の確保

高い温度条件下での調査を可能にするため、より高い耐温度性能を確保する。

④採水機能の付加

観測区間の地下水を被圧不活性状態で回収するための採水機能を備える。

(2)装置の概要

図4.3.1.2に装置の概念図を示す。装置は大きくダウンホールユニット、インナープローブユニット、データ観測・制御ユニットで構成される。ここでは、それぞれの概要について記載する。

①ダウンホールユニット

ダウンホールユニットは、計測ユニット、パッカー拡張用ポート、外部遮水パッカー、ケーシングパイプで構成される。それぞれの構造と特徴は以下の通り。

(a)計測ポートとパッカー拡張用ポート

開発課題の②を解決するために、両ポートはケーシングパイプ内と試錐孔内または外部遮水パッカー内の水回路を確実に開閉でき、かつ3MPaの圧力を確実に遮水できる構造とした。なお、計測ポートとパッcker拡張用ポートは同じ構造である。

(b)外部遮水パッカー

開発課題の②を解決するために、外部遮水パッカーはケーシングパイプ内の地下水を利用して水圧で拡張し、差圧3MPaの圧力を確実に遮水できる構造とした。

(c)ケーシングパイプ

開発課題の①を解決するために、ケーシングパイプは測定区間と測定区間長を任意に設定するための長さの異なる3種類を設定した。また、ケーシングパイプ内の水位を任意のレベルに調整できる構造とした。

②インナープローブユニット

インナープローブユニットは、電子基板、水圧観測用プローブ、採水用プローブ、インナープローブ用ケーブルで構成される。それぞれの構造と特徴は以下の通り。

(a)電子基板

開発課題の③を解決するために、電子基板は、インナープローブを構成するセンサー やモーター類を70°Cの温度環境下でも制御できるようにした。

(b)水圧観測用プローブ

水圧観測用プローブは、採水用プローブと接続が可能で、計測・パッcker拡張用両ポートへの確実な結合と開閉、および開発課題の①に示した原理で水圧の測定ができる構造とした。

(c)採水用プローブ

開発課題の④を解決するために、採水用プローブは前述した水圧観測用プローブと接

続でき、測定区間の地下水を被圧不活性状態で採取し、地上に回収できる構造とした。

(d) インナープローブ用ケーブル

インナープローブ用ケーブルは、電源供給と制御・観測信号の伝達を確実に行い、インナープローブの重量とケーブルの自重が加わった場合でも破断しないように、図4.3.1.3に示す構造とした。

③データ観測・制御ユニット

データ観測・制御ユニットは、データ観測装置、インナープローブ制御装置、ケーブル巻き取りドラム、パッカー加圧装置で構成される。

(a) データ観測装置

データ観測装置は、インナープローブから送られる圧力データの表示と保存、および同プローブの深度情報を表示できるようにした。

(b) インナープローブ制御装置

インナープローブ制御装置には、水圧観測用プローブに電源を供給する機能と同プローブを制御するスイッチ類を集約した。

(c) ケーブル巻き取りドラム

ケーブル巻き取りドラムは、インナープローブ用ケーブル1,050mを巻き取る能力、2,500N以上の巻き上げ能力、巻き取り速度調整機能等を備える。

(d) パッカー加圧装置

パッカー加圧装置は、パッカー加圧用ケーシングヘッド、コンプレッサーおよび圧力制御装置で構成され、インナープローブを介して外部遮水パッカーを加圧し、拡張（収納）できる構造とした。

表4.3.1.1 高温環境型1,000m対応水理試験装置基本仕様

耐温度性能	70℃まで
適 応 深 度	深度 1,000mまで
適 応 孔 径	φ75~100mmまで
孔内部の最大外径	φ70mm以下
試 験 項 目	間隙水圧測定、 透水試験（定常法、非定常法、パルス法）
透水係数の測定範囲	$10^{-6} \sim 10^{-11}$ m/s オーダー
特 殊 機 能	BTV機能（前方・側方同時監視型）

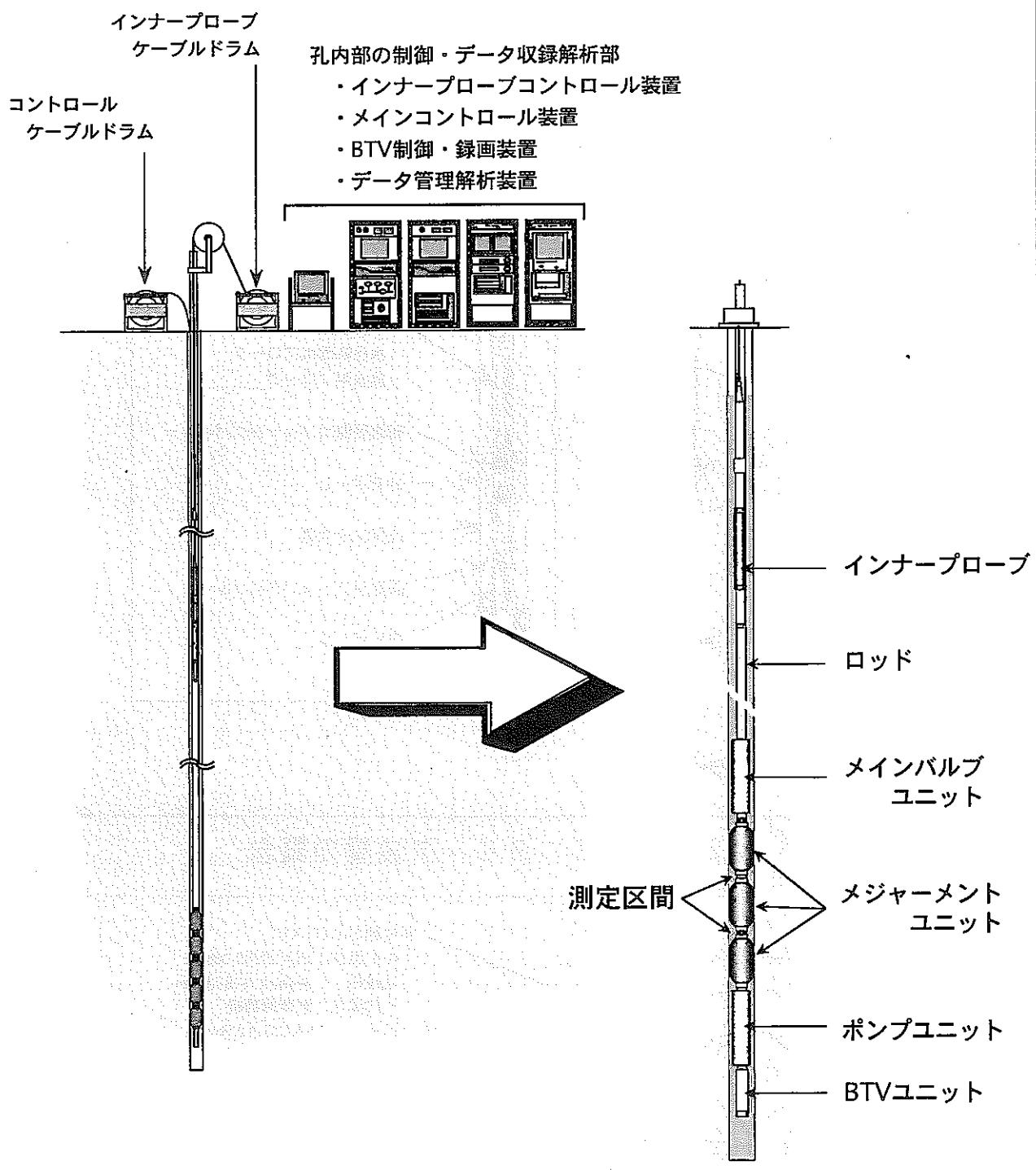


図4.3.1.1 高温環境型1,000m対応水理試験装置の概念

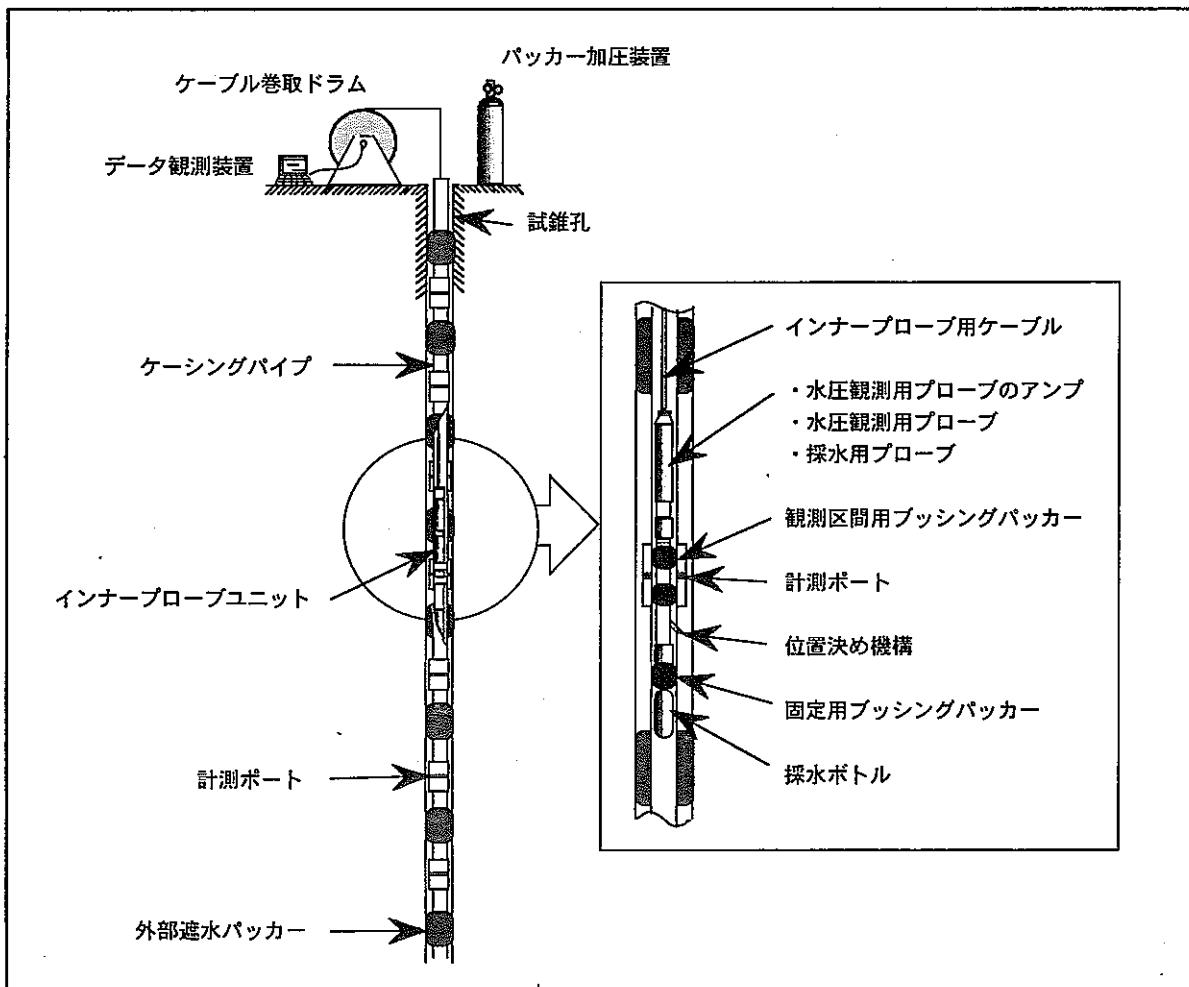


図 4.3.1.2 長期モニタリング装置の概念

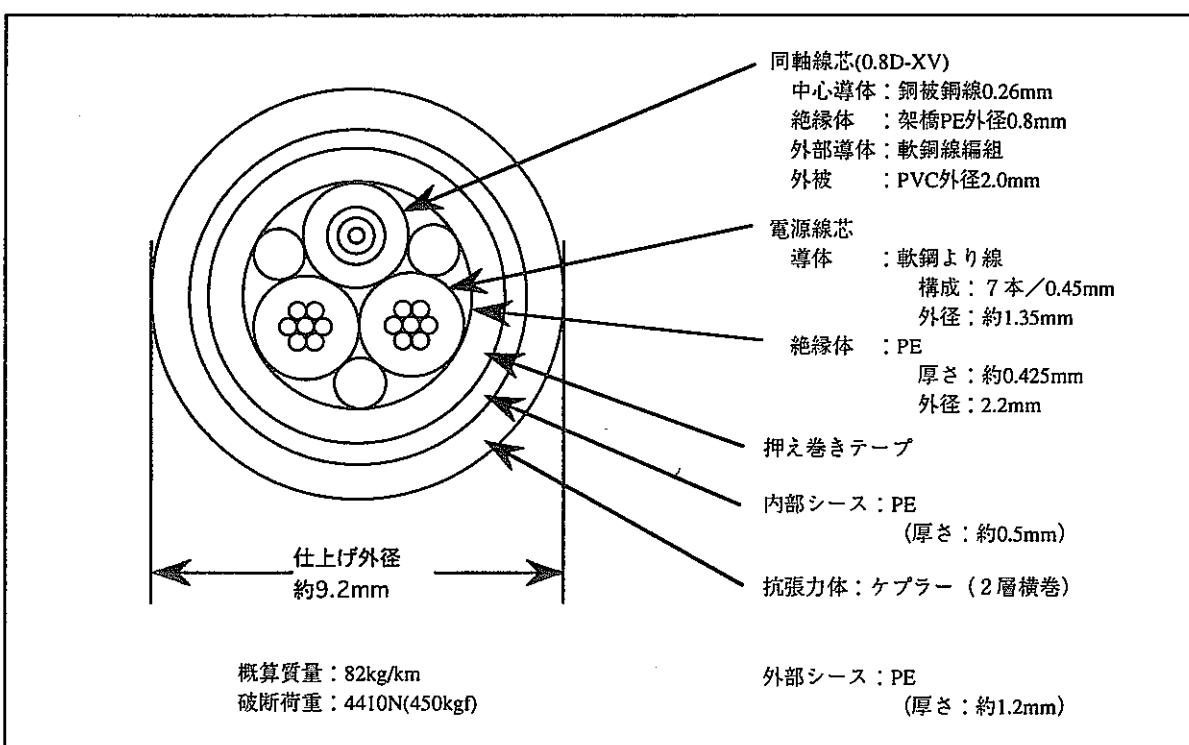


図 4.3.1.3 インナープローブ用ケーブルの概念

4.3.2 地下水の地球化学調査のための調査技術・機器開発

4.3.2.1 高温環境型1,000m対応採水試験装置の製作

超深地層研究所計画においては、地表から地下深部までの地下水の地球科学特性に関する信頼性の高いデータを取得することが要求される。こたために、地表から掘削した試錐孔において深度1,000mまで調査できる採水装置として、既存の採水試験装置について、使用可能な環境温度をさらに高める改良（50°Cから70°C）、および機動性やメンテナンス性を高めるための改良を含めた、1,000m対応採水試験装置の仕様の検討を行い、製作を開始した。完成予定は、平成9年度8月であり、完成後は本計画および広域地下水流动研究での調査に活用するとともに、調査への活用を通じて調査手順のマニュアル化を進めていく予定である。以下に製作を行っている装置の概要について記載する。

(1)開発課題

本装置の開発に際して、以下に示す項目を具体的な開発項目として設定した。

①耐温度性能の向上

より高い温度条件下での調査を可能にするために、孔内部の耐温度性能を70°Cまで向上させる。

②操作性の向上

調査をより確実かつ円滑に進めるために、ケーブルシステムなどの重量機材を小型・軽量化する。

③防水機能の向上

過酷な孔内環境下（～15 MPa）での調査を、より確実かつ安全に進めるために、孔内部の防水機構を多重化する。

(2)改良後の試験装置の概要

改良後の試験装置概要を図4.3.2.1に、試験装置の基本仕様を表4.3.2.1に示す。以下に前述した開発課題を解決するために、高温環境型で新たに加えた機能、および改良点の概要について述べる。

①各ユニット共通点

(a)70°C対応電子基板の設置

孔内システムの各ユニット内に内蔵する電子基板（C P U基板、アンプ基板、I／O基板）の耐温度性能を50°Cから70°Cに向上させる。

(b)防水型複合コネクターの設置

孔内システムのユニット内の機器破損等に起因する漏水が、他のユニットに及ばないように、各ユニット接続部の複合コネクターに 15MPaの防水性能を有するブロック（電気接続8ライン、通水回路1ライン）を設置し、ユニット間の遮水機能を向上させる。

(c)基板防水ブロックの設置

孔内システムのユニット内の機器破損等に起因する漏水から、内蔵されている電子基板を保護するために、電子基板収納部の両端に 15MPaの防水性能を有するブロック（電気接続42ライン、通水回路1ライン）を設置し、ユニット内の防水機能を向上させる。

(d)単体分解構造の採用

装置のメンテナンスを容易にするために、装置の分解を極力行わないで部品交換ができる構造にする。

②結合ユニット

〔圧力逃がし弁の設置〕

孔内システムとパッカーシステムの結合時に発生する過剰水圧に起因する各ユニット内蔵部品の破損を防ぐために、圧力逃がし弁を設置する。

③採水ユニット

〔C型採水容器の収納部の採用〕

採水容器の安全な設置と、本体強度の向上を図るために、採水容器収納部の溝を偏心構造（U型）から同心円構造（C型）に改良する。

④連続採水ユニット

〔定圧ポンプ制御の採用〕

パッカー拡張時の過剰拡張（過剰加圧）や連続採水時の過剰採水（過剰減圧）による装置の破損を防ぐために、ポンプの制御方法を流量制御から、定圧制御に改良する。

⑤複合ケーブル

〔細型化・軽量化の実施〕

複合ケーブル（通水回路1本、電源回路8本、通信光ファイバー3本）を細型化（ $\phi 32 \rightarrow \phi 23\text{mm}$ ）し、それにより軽量化（ $1,100\text{kg} \rightarrow 670\text{kg}$ ）する。

⑥ケーブル巻き取り装置

〔リモコン操作の採用〕

巻き取り装置の操作をより安全に行うために、リモコン操作機能を設置する。

4. 3. 2 高温環境型1,000m対応地球化学検層ユニットの製作

既存の地球化学検層ユニットについて、既存の検層ユニットの使用可能な環境温度をさらに高める改良（50°Cから70°C）、および機動性やメンテナンス性を高めるための改良を含めた、1,000m対応地球化学検層ユニットの仕様の検討を行い、製作を開始した。完成予定は、平成9年度8月であり、完成後は本計画および広域地下水流动研究での調査に活用するとともに、調査への活用を通じて調査手順のマニュアル化を進めていく予定である。以下に製作を行っている検層ユニットの概要について記載する。

(1)開発課題

本ユニットの開発に際して、以下に示す項目を具体的な開発項目として設定した。

①耐温度性能の向上

より高い温度条件下での調査を可能にするために、孔内部の耐温度性能を70°Cまで向上させる。

②測定データの質の向上

地下水の物理化学パラメータ測定値をより精度良く測定できる構造とする。

③操作性の向上

ユニットの全長を極力短くする。

(2)ユニットの概要

ユニットの基本仕様を表4.3.2.2に、試験装置の概略を改良前後で比較し、図4.3.2.2に示す。以下に前述した開発課題を解決するために、高温環境型で新たに加えた機能、および改良点の概要について述べる。

①70°C対応電子基板・センサーの設置

ユニット内部の電子基板（データ処理基板、アンプ基板）と各センサーの耐温度性能を50°Cから70°Cに向上させる。

②センサー部内容積の減容

地下水がセンサー部内に滞留することを防ぐために、センサー部に導水スペーサーを設置する。

③pH複合電極内へのプリアンプの設置

pHセンサーとアンプ基板間にプリアンプを設置して、外部からの電気的ノイズを削減する。

④pHガラス電極と参照電極の1本化（複合化）

調査での操作性を向上させるために、pHセンサーをpHガラス電極と参照電極の複合電極とし、校正作業時、組立て作業時の操作性を向上させる。

⑤ユニット長の短縮

調査での操作性を向上させる、またユニット内容積を減らすために、各センサーの配置を縦列配置から向かい合わせ配置とし、ユニットの全長を短縮する。

表4.3.2.1 高温環境型1,000m対応採水試験装置の基本仕様

適 応 深 度	深度 1,000mまで
適 応 温 度	0～70°Cまで（凍結なきこと）
適 応 孔 径	φ75～130mmまで
挿 入 方 法	ケーシングシステム
採水区間の設定方法	ダブルパッカー方式またはシングルパッカー方式
測定・作業方法	パッカー圧力、間隙水圧、採水容器内圧力、水温 地下水採水
採 水 方 法	ポンプによる連続採水（ポンプアップ方式） 被圧不活性状態での採水（バッチ式採水）
地下水位低下限界	G.L. -300mまで

表4.3.2.2 高温環境型1,000m対応地球化学検層ユニットの基本仕様

適 応 深 度	深度 1,000mまで
適 応 温 度	0～70°Cまで（凍結なきこと）
適 応 孔 径	φ75～130mmまで
測 定 項 目	pH、水温、電気伝導度、酸化還元電位、硫化物イオン濃度
測 定 方 法	電極式

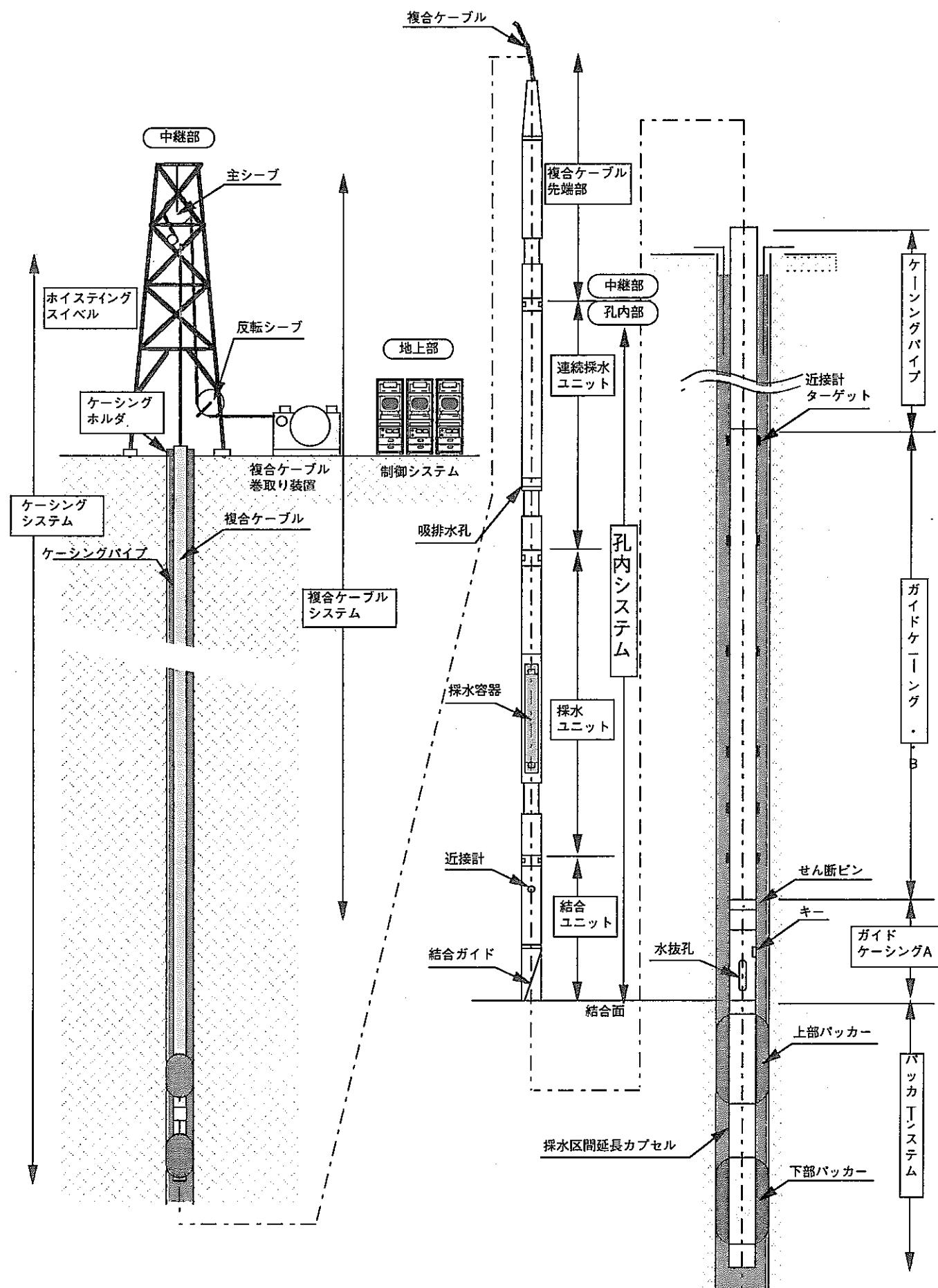


図 4.3.2.1 高温環境型1,000m対応採水試験装置の概要

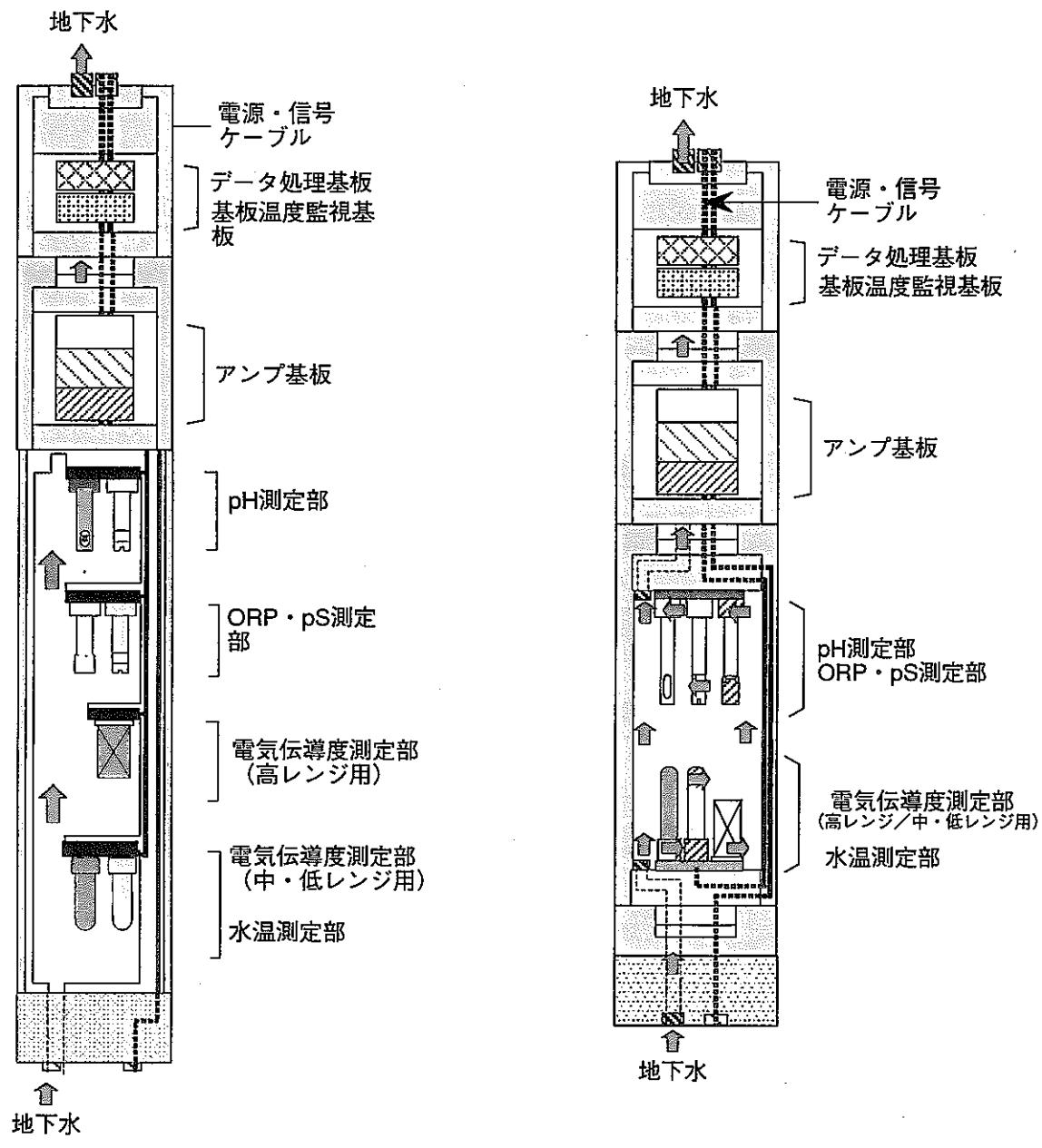


図 4.3.2.2 地球化学検層ユニットの概要

4.3.3 試錐掘削技術

岩盤本来の透水性や地下水の地球化学的性質を極力乱さないために、試錐孔の掘削に際しては泥水を使用せず、掘削流体として清水を利用することを、超深地層研究所計画では原則としている。しかし、掘削流体として泥水を用いない場合は、孔内崩壊が発生しやすい。そこで、出来るだけ孔内崩壊を誘発しない掘削方法（三重管掘削工法）や、部分的な孔内崩壊に対応するために部分保孔技術の開発を行っている。部分保孔技術は、部分拡孔装置、部分ケーシング（ストレーナー付き）装填技術等から構成され、平成8年度は部分拡孔装置を開発した。

(1)部分拡孔装置の開発

破碎帶等の試錐孔中の軟弱部を保孔するために、岩盤を部分的に拡孔できる特殊ビットを開発した。

①部分拡孔用特殊ビット（以下、拡孔ビットという）の設計・製作

従来の試錐掘削技術の中で考案された、ケーシングパイプカッターの概念（水圧により刃先が伸縮する）を応用し、HQサイズで掘削した試錐孔（内径φ98mm）を内径φ150mmまで拡孔する硬岩用拡孔ビットを設計・製作した。

なお、拡孔ビットの基本仕様を表4.3.3.1に、概念図を4.3.3.1に示す。

②室内試験における拡孔ビットの性能確認

工場内に持ち込んだ花崗岩ブロックを、拡孔ビットで拡孔し、開発仕様が満たされていることを確認した。確認項目は、以下の2点である。

(a)刃先の伸縮状態

拡孔ビットを花崗岩ブロックに挿入する前に、水圧を加えて刃先の伸縮状態と拡張圧を確認した。

(b)花崗岩ブロックを用いた掘削状態

花崗岩ブロック（0.5×0.5×1.0m）をHQサイズ（内径φ98mm）にて掘削貫通した後、拡孔ビットを取り付けて花崗岩ブロックの上面0.3mから0.7mまでを拡孔し、拡孔時間および拡孔径等を確認した。

③主な成果

(a)刃先の伸縮状態

拡孔ビットを花崗岩ブロックに挿入する前に、拡孔ビットに水圧をかけると1kg/cm²で刃先が外径φ150mmまで拡張して、水圧を開放すると元の状態（外径φ96mm）まで収縮することを確認した。

(b)花崗岩ブロックを用いた掘削状態

花崗岩ブロックを実際に掘削し、以下の内容を確認した。

- ・水圧開放時には、拡孔ビット外径がφ96mmまで収縮するため、支障無くHQ孔に挿入できる。
- ・花崗岩ブロックの上面0.3mから0.7mまでの0.4mを、23分で拡孔した。
- ・拡孔終了後の水圧開放時には、拡孔ビット外径が外径φ96mmまで収縮し、支障無く回収が行える。
- ・花崗岩ブロックの拡孔部を、0.1m毎に4箇所輪切りにし、拡孔部内径を測定した

ところ、全て $\phi 150$ mm以上あり、拡孔表面も非常に滑らかであった。

なお、花崗岩ブロックの拡孔状態を図4.3.3.2に、拡孔部の輪切り面を図4.3.3.3に示す。

④今後の予定

開発した技術は、順次、本計画における試錐掘削に適用し、必要に応じて改良を加えつつ実績を重ねていく。

表 4.3.3.1 部分拡孔用特殊ビットの基本仕様

形状 刃先収縮時	外径 $\phi 96\text{mm}$
刃先拡張時	外径 $\phi 150\text{mm}$
強度 管体部 刃先部	引張強度（降伏点強度）98tf以上 回転トルク（〃）4100kgf·m以上
材質	S 4 5 C調質材
刃先の伸縮方法	水圧駆動と機械構造の併用

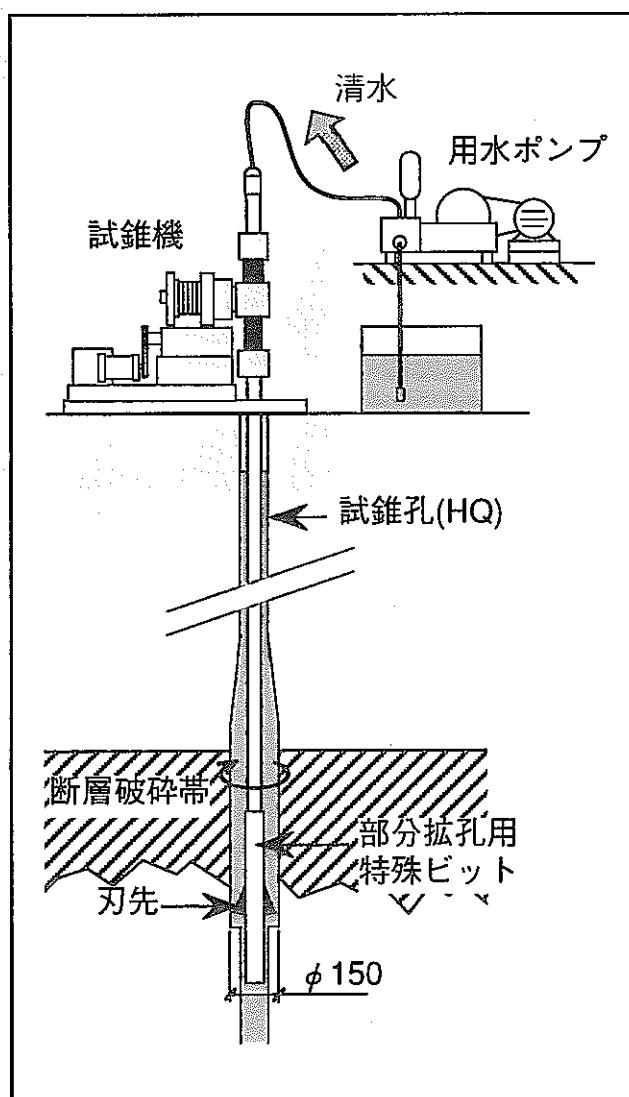


図 4.3.3.1 部分拡孔用特殊ビットの概念図

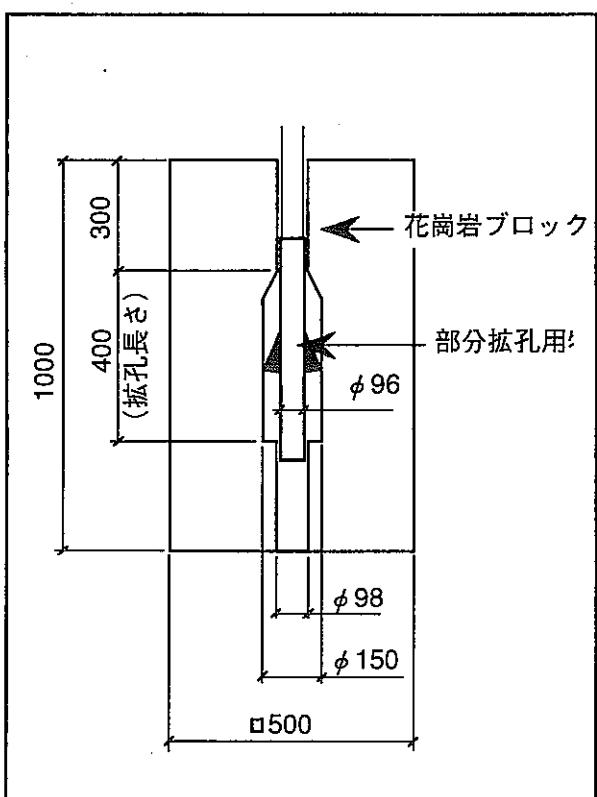


図4.3.3.2 花崗岩ブロックの拡孔状態

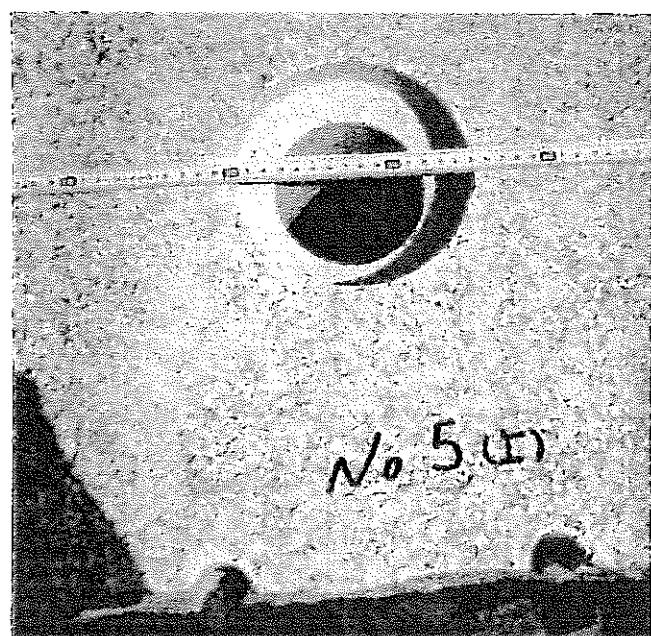


図4.3.3.3 拡孔部の輪切り面

4.3.4 力学特性調査のための調査技術・機器開発

(1)深部岩盤における初期応力測定に関する調査

①目的

超深地層研究所計画では、地表から深度1,000m程度までの地質環境を予測するための手法の開発を行うとともに、実測データを取得する。岩盤の初期応力は、地質環境のデータのひとつであるとともに、超深地層研究所計画の地下施設の設計の最適化や安定性の評価あるいは坑道掘削による影響を数値解析で評価する際の境界条件として不可欠である。

一般に用いられている初期応力測定手法は、水圧破碎法や応力解放法などの試錐孔を利用する方法と、A E法やD R A法などのコアを利用する方法がある。それぞれの手法は、実用段階から研究開発段階までの様々なレベルにあるとともに、測定・解析する上での制約条件があること、さらには適用深度についても制限がある。このため、深度1,000mにおける3次元初期応力を求めることができる信頼性の高い手法は現状では存在しない。

上記のような状況を踏まえて、本研究では、深度1,000mを対象として、3次元初期応力を測定する手法を確立することを目的とし、平成8年度は国内外の研究事例を文献調査により収集した。

②内容

(a)国内外の文献調査

近年発表された、国内外の学会誌や講演会の要旨集などを対象として、文献調査を実施した。調査の対象とした文献は、地表から掘削した大深度試錐孔あるいはそのコアを利用して深部岩盤の初期応力測定を実施した例について述べたものである。国内の文献については、1991年以降の文献を対象とした。海外の文献については、1985年以降の文献を対象とした。以上の文献調査の結果に基づき、適用深度の制約条件と測定手法を適用する際の仮定を整理した。

(b)超深地層研究所計画における初期応力測定方法の提案

(a)の結果に基づき、超深地層研究所計画での初期応力測定方法について提案を行った。

③結果

(a) 国内外の文献調査

国内の文献19編と海外の文献79編を抽出し、とりまとめを実施した。

適用深度の制限については、応力解放法を除くすべてで1,000m以深での適用が可能である。応力解放法については、適用実績が500m程度である。

各測定手法を適用する際の仮定については、仮定を設けないで3次元初期応力を求めることができる方法で、複数回以上の測定実績がある方法は応力解放法とコアを用いた方法(A E法、D R A法、A S R法)である。その他の方法で初期応力を求める場合、設けた仮説の成立性を判定する必要がある。適用深度の制約条件と各測定手法を適用する際の仮定を整理した結果を表4.3.4.1に示す。

(b) 超深地層研究所計画における初期応力測定方法の提案

(a)の文献調査の結果に基づいて、試錐孔の掘削前・掘削中・掘削後における調査に分類し、それぞれにおいて実施可能な初期応力測定調査項目を割り当てた(表4.3.4.2)。

調査項目としては、手法の適用性を判断するための調査、初期応力を推定する調査、お

より、初期応力を直接的に求める調査に分けることができる。このうち、初期応力を直接的に求める調査としては、これまでに実施した釜石鉱山や東濃鉱山での初期応力測定の結果を参考にして、一般的に信頼性が高いと言われている応力解放法と水圧破碎法を基本とするとともに、簡便に測定ができるコアを用いた方法も併用して測定を実施することとする。また、測定結果に応じて、各手法の適用性を判断するための調査を行うこととする。さらに、測定を実施するために必要な機器開発や適用試験も行うこととする。

表4.3.4.1 各種測定方法の仮定する調査項目、測定項目、得られる情報、採用深度の制約条件（その1）

測定方法	初期応力に関する主な仮定	測定項目	初期応力に関して得られる情報	適用深度に関する制約条件
水圧破砕	水圧破碎法およびリークオフテスト ひとつの中応力方向は鉛直であり、鉛直応力成分は被り地圧に等しい。	P_s 、 P_r 、 P_b 、 P_o 、き裂の方位、 ρ	S_h と S_b の大きさ、 S_h の方位	パッカーの耐熱(200°C)および耐圧(70MPa)。 ブレイクアウトの発生。
	HTPF ひとつの中応力方向は鉛直であり、初期応力状態は深度の線形関数である。	P_s 、き裂の走向傾斜、 (ρ)	S_h と S_b の大きさ、 S_h の方位	同上
	HTPF+発震機構解析 初期応力状態は深度の線形関数である。	P_s 、き裂の走向傾斜 微小地震	完全な3次元初期応力状態	同上
	FPT ひとつの中応力方向は鉛直であり、鉛直応力成分は被り地圧に等しい。 初期応力状態は深度の線形関数である。	P_s 、 P_r 、き裂の走向傾斜、 ρ	S_h と S_b の大きさ、 S_h の方位	同上
	Hayashi et alの方法 なし。	縦き裂： P_s 、 P_r 、 P_o 、き裂の方位 横き裂： P_s 、 P_r 、 P_o 、き裂の走向傾斜 人工ノッチ： P_s 、 P_r 、 P_o	完全な3次元初期応力状態	同上。人工ノッチの近傍で縦き裂と天然の横き裂を造成する必要がある。
	Ljunggren and Amadeiの方法 ひとつの中応力方向は鉛直であり、鉛直応力成分は被り地圧に等しい。 水平き裂に適用。	P_b 、 P_o 、 ν 、 σ_c 、 T 、 ρ	S_h と S_b の取り得る範囲	パッカーの耐熱(200°C)および耐圧(70MPa)。 ブレイクアウトの発生。
ボアホールブレイクアウト	ひとつの中応力方向は鉛直である。	4アームディプメーター、BHTVあるいはMFIによる検層	S_h の方位	ボアホール軸の傾斜は鉛直方向からの5°～10°以内。
	ひとつの中応力方向は鉛直であり、鉛直応力成分は被り地圧に等しい。	BHTVあるいはMFIによる検層。 ϕ_b 、 C_o 、 μ 、 P_o 、 ν 、 S_h 、 (κ)	S_h の方位と大きさ	同上
	ひとつの中応力方向は鉛直であり、鉛直応力成分は被り地圧に等しい。	BHTVあるいはMFIによる検層。 ϕ_b 、 C_o 、 μ 、 P_o 、 ν 、 (κ)	S_h と S_b の大きさ、 S_h の方位	同上
	ひとつの中応力方向は鉛直である。	4アームディプメーター、BHTVあるいはMFIによる検層	S_h の方位	同上
掘削によって誘起された引張き裂	測定範囲で初期応力は一様である。	BHTVあるいはMFIによる検層 ϕ 、 δ 、 θ_mN 、 γ_m	完全な3次元初期応力状態	θ_mN と γ_m を測定する深度におけるボアホールの ϕ と δ は大きく異なる必要がある。すなわち、鉛直なボアホールには適用できない。
	オーバーコアアーリング法	解散ひずみ、 E 、 ν	完全な3次元初期応力状態	コアディスキングの発生。現在のところ、深度500m程度まで適用例がある。
地震の発震機構解析	震源層には二対の偶力が働く。	P波あるいはS波の初動分布	S_h の方位	特になし。

表4.3.4.1 各種測定方法の仮定する調査項目、測定項目、得られる情報、採用深度の制約条件（その2）

コアを用いる方法	DSCA法	応力解放によって生じるマイクロクラックは初期主応力方向に垂直に配向し、その量は初期応力の大きさに比例する。鉛直応力成分は被り地圧に等しい。	静水圧下における岩石試料のひずみ	完全な3次元初期応力状態	定方位コアが採取できること。
	AE法	なし。	一軸圧縮試験におけるAEレベル	完全な3次元初期応力状態	定方位コアが採取できること。
	DR法	なし。	一軸圧縮試験における応力-ひずみ線図	完全な3次元初期応力状態	同上
	ASR法	なし。あるいは鉛直応力成分は被り地圧に等しい。	採取直後のボーリングコアの非弾性ひずみ回復	完全な3次元初期応力状態	同上
	TSR法	コアの熱ひずみと初期応力の方向には関連性がある。	コアを加熱するときの熱ひずみ	実用の域に達していない。	同上
	コアの弾性波速度の異方性	応力解放によって生じるマイクロクラックは初期主応力方向に垂直に配向し、その量は初期応力の大きさに比例する。	P波あるいはS波の速度分布	S_H の方位あるいは3次元主応力軸の方向	同上
	コアディスキング	ひとつの主応力方向は鉛直であり、鉛直応力成分は被り地圧に等しい。	サドル状に分離したディスクの側面の最も高い部分の方位	S_H の方位	同上
	センターラインクランク	ひとつの主応力方向は鉛直である。	コアの軸方向に分離した面の方位	S_H の方位	同上
	コア直径の精密測定	ひとつの主応力方向は鉛直である。	コア直径の精密測定	S_H の方位	同上
	コアのすべり面の解析	鉛直応力成分は被り地圧に等しい。き裂面のせん断応力の方向はき裂のすべり方向と一致する。	き裂面のストライエーションの方向と法線ベクトルの方向、 μ 、 P_0	完全な3次元初期応力状態	同上

S_H : 最大水平主応力、 S_h : 最小水平主応力、 P_d : シャットインプレッシャー、 P_r : リオープニングプレッシャー、 P_b : ブレイクダウンプレッシャー、 P_o : ポアプレッシャー、
 E : ヤング率、 ν : ポアソン比、 ρ : 岩盤の平均密度、 σ_c : 岩石の一軸圧縮強度、 T : 岩石の引張強度、 κ : 岩石の線膨張係数、 μ : 断層あるいはき裂のまさつ係数、
 ϕ_b : ブレイクアウトの幅、 ϕ : ボアホールの方位、 δ : ボアホールの傾斜、 θ_mN : 引張き裂の発生する位置、 γ_m : 引張き裂のボアホール軸に対する傾き。

BHTV: Bore Hole TeleViewer、MFI: Formation Microlmager

表4.3.4.2 初期応力測定に関する調査項目

	調査項目	目的
ボーリングを開始する前の予備調査	(1)既存のボーリングコア a.コアの弾性波速度分布 (DSA法、AE法、DR法) b.コアのすべり面の調査 c.き裂間隔、RQD	a.弾性異方性の有無によってコアの測定に基礎を置く方法が適用できるかを判定する。 b.ストライエーションから初期応力が推定できるか判定する。 c.岩盤の特性寸法を推定する。
	(2)断層タイプの調査	ブレイクアウトから応力の大きさを推定するときにその範囲を狭くする。
	(3)初期応力データ	ブレイクアウトの発生を予測する。
ボーリング中の初期応力測定	(1)ボアホールの傾斜	ひとつの主応力方向が鉛直でボアホールの方向と一致すると仮定する測定方法が適用できるようにする。ブレイクアウトとキーシートを混同しないようにする。
	(2)掘削流体の圧力と流量	引張き裂の発生を検知する。
	(3)掘進率	岩盤の特性寸法を決定する。
	(4)コアディスキング	S_H の方向を決定する。
	(5)センターラインクラック	
	(6)オーバーコアリング	3次元初期応力状態を決定する。
	(7)ASR法	
ボーリング終了後の調査	(1)BHTV、FMIあるいはキャリパーによる検層	ブレイクアウト、掘削あるいは水圧破碎によって誘起された引張き裂を調査する。
	(2)水圧破碎法	S_h と S_H の大きさおよびあるいは S_H の方位を決定する。
	(3)HTPF法、FPT法	S_h と S_H の大きさおよび方位の深度分布を決定する。
	(4)AE法、DR法	コアが受けている完全な3次元初期応力を決定する。
	(5)コアのすべり面解析	コアが採取された範囲の3次元初期応力の方向および比を決定する。
	(6)DSCA法、コアの弾性波速度分布測定、コアの直径の精密測定、TSR法	コアが受けている3次元あるいは2次元の初期応力の方向およびあるいは比を決定する。

4.3.5 データベース

超深地層研究所計画ならびに広域地下水流动研究においては、今後膨大な量のデータが取得される。そのデータを適切に管理することは、データの効率的で有機的な利用に極めて重要であることから、平成8年度に地層科学的研究のためのデータベースシステムを調査し、統合型地下資源データベースシステムGeoBase を導入した。

(1)データベースの利用目的

データベースの利用目的は以下のように要約される。

- ・データの検索やデータの取り出しを容易にする。
- ・異なる調査試験研究間でのデータの共有化を図る。
- ・異なる試験手法で得られたデータの相互比較により、データの品質を保証する。
- ・データの第三者への公開を容易にする。

(2)データベースの内容

このデータベースシステムでは、リレーショナルデータベースシステムORACLE 7を用いて、空間分布情報（地質、物理探査、地球化学、イメージ画像等）、深度情報（検層、孔内水理試験等）、時系列情報（地下水位モニタリングデータ、河川流量モニタリングデータ等）に関するデータベースを構築し、上記のような種類の異なるデータを3次元的に展開して、表示できる機能を有している。この機能は、地下の様子を直観的に把握するのに有效である。また、GeoBase は、データを登録しているテーブルの構造と検索・表示部が分離されて設計されているために改良が容易であり、導入時点で完全に対応していないデータや新たに取得される種類のデータに対しても、導入後の改良で登録が可能になる。

本データベースは、超深地層研究所計画、および広域地下水流动研究で取得されるデータをほとんど登録可能であることから、調査データ用として最適なシステムであるといえる。

(3)次年度以降の予定

平成9年度以降、本データベースの改良を行い、実際の調査データの効率的な管理・運用に用いる。具体的な改良項目は、取り扱うデータの拡張（データの取得時の情報、現地で取得した生データ、解析方法などの品質を保証する情報の追加）、事業団基幹LANへ接続し研究者が利用し易い環境の整備等を予定している。図4.3.5.1に、整備するデータベースの構成図を示す。

また、調査や工事の工程を管理するために必要な工程管理用データベースシステムの調査・検討を実施する。

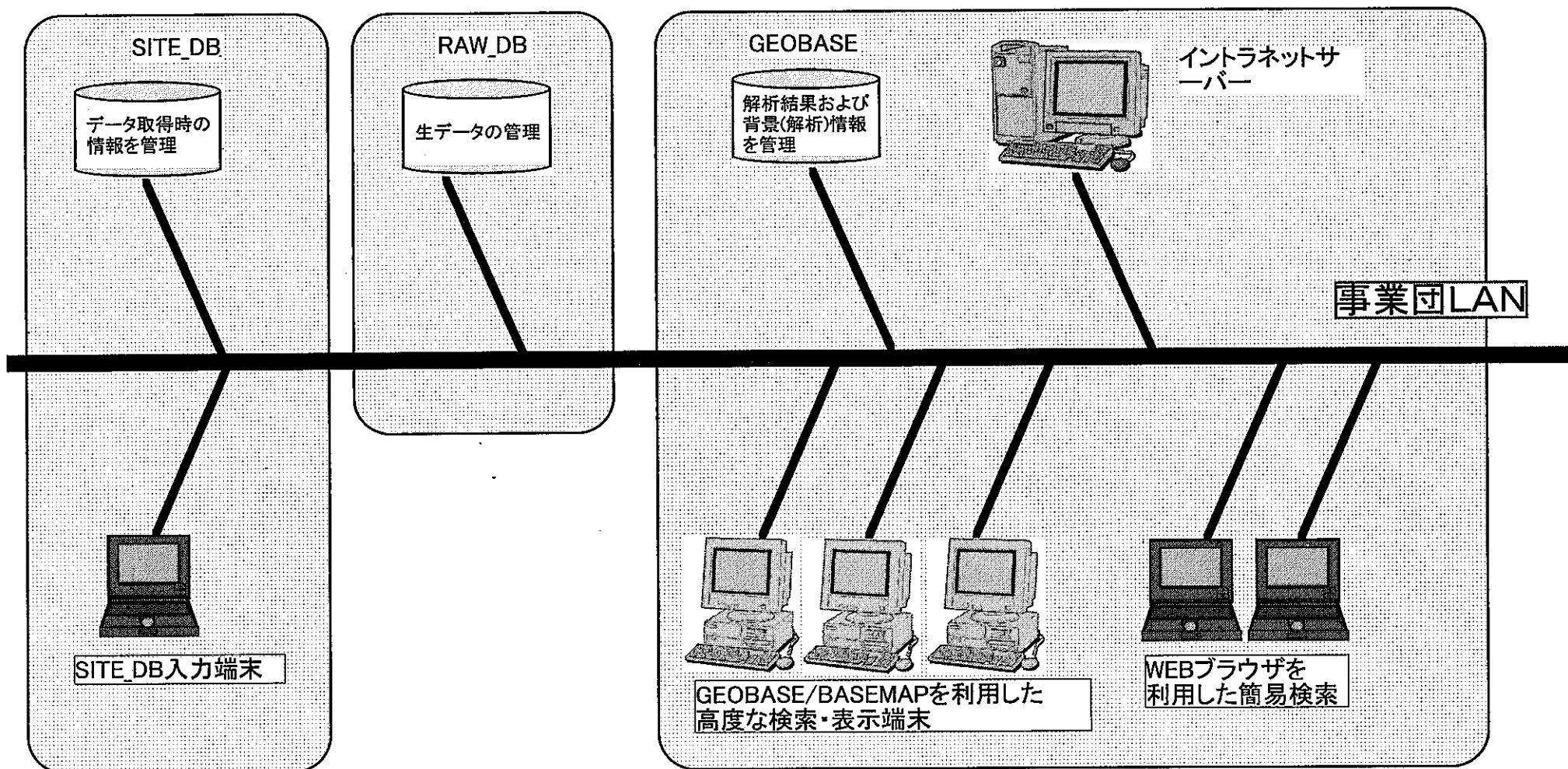


図 4.3.5.1 調査データ用データベース構成図

4.3.6 解析・可視化技術

超深地層研究所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、さらに地質構造や地下水の流動現象などを解析し、その結果を3次元的に可視化できる計算機システムを構築する。本システムは分野の異なる研究者間のモデルなどに関する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（手段）となる。

平成8年度は、地質環境データ解析・可視化システムを構築するために必要なソフトウェアについての調査・検討を行い、システム構築の準備を行った。以下にシステムの概略を示す。

(1)システムの全体構成

本システムは、現象解析を行うメインシステムと地質構造モデル化支援のためのサブシステムから構成され、2つのシステムを独立したハードウェア上に構築する。ただし、2つのシステムは事業団のネットワークでお互いに結合されて、1つのシステムとして稼働させる。システムの構成図を、図4.3.6.1に示す。

なお、本解析・可視化のためのシステムの構築は、平成10年3月を目標に作業を行っている。

(2)メインシステムの機能

a)機能1

機能1は、対象地域のデータセット、地質構造モデルおよび地下水流動解析などの動的なシミュレーション結果を編集し、3次元コンピュータグラフィックス機能により画像化するものである。さらに、補助機能として、グラフィックスエディター、デジタイザーエディターなどの各種エディターや2次元および3次元グリッドジェネレーターを備える。ソフトウェアとして、Dynamic Graphic Inc.のEarthVisionを使用する。

b)機能2

機能2は、次に示すデータを体系的に蓄積するとともに、機能1および機能3のモジュールに情報を転送する機能である。

- ・対象地域に関するデータ
- ・地質構造に関するデータ
- ・水理学的特性データ
- ・地下水の地球化学特性データ
- ・試錐データ

c)機能3

機能3は、機能2に含まれる諸情報のうち、水理学的解析に必要となる情報（地質構造および透水係数データなど）を読み込み、3次元不均質透水係数場を推定する機能（岩体マトリックス部分に統計的フラクタルモデルを、また亀裂部分には統計的ネットワークモデルを適用して、それぞれ対応する統計値を求める機能）である。また、この推定結果を用いて非定常の地下水流動解析ソルバーも備えている。さらに、推定された不均質透水係数および地下水流動解析結果を機能1を実現するモジュールのインターフェースに転送する機能を有する。

(3)サブシステム

地質構造モデル化支援システムは、石油探査、資源探査などのための地質構造解析に必要なデータの整理、加工、解析などを行う一連のサブシステム群から構成される。サブシステム群には、2次元および3次元地震探査法データ解析ソフトウェア、検層データ解析ソフトウェア、衛生画像処理プログラム、地質図作成ソフトウェア、地質構造モデル作成ソフトウェアなどがある。また、作成された地質構造モデルから3次元有限要素法（TAGS AC）のメッシュを生成する機能も有する。ソフトウェアとして、LANDMARK社のパッケージソフトウェアを使用する。

(4)ハードウェアの構成

a)メインシステム

- ・シリコングラフィックス社製Indigo2 Maximum INPACT Graphics
- ・20インチディスプレイ 2台

b)サブシステム

- ・シリコングラフィックス社製02 Workstation
- ・17インチディスプレイ 1台
- ・HPプロッター

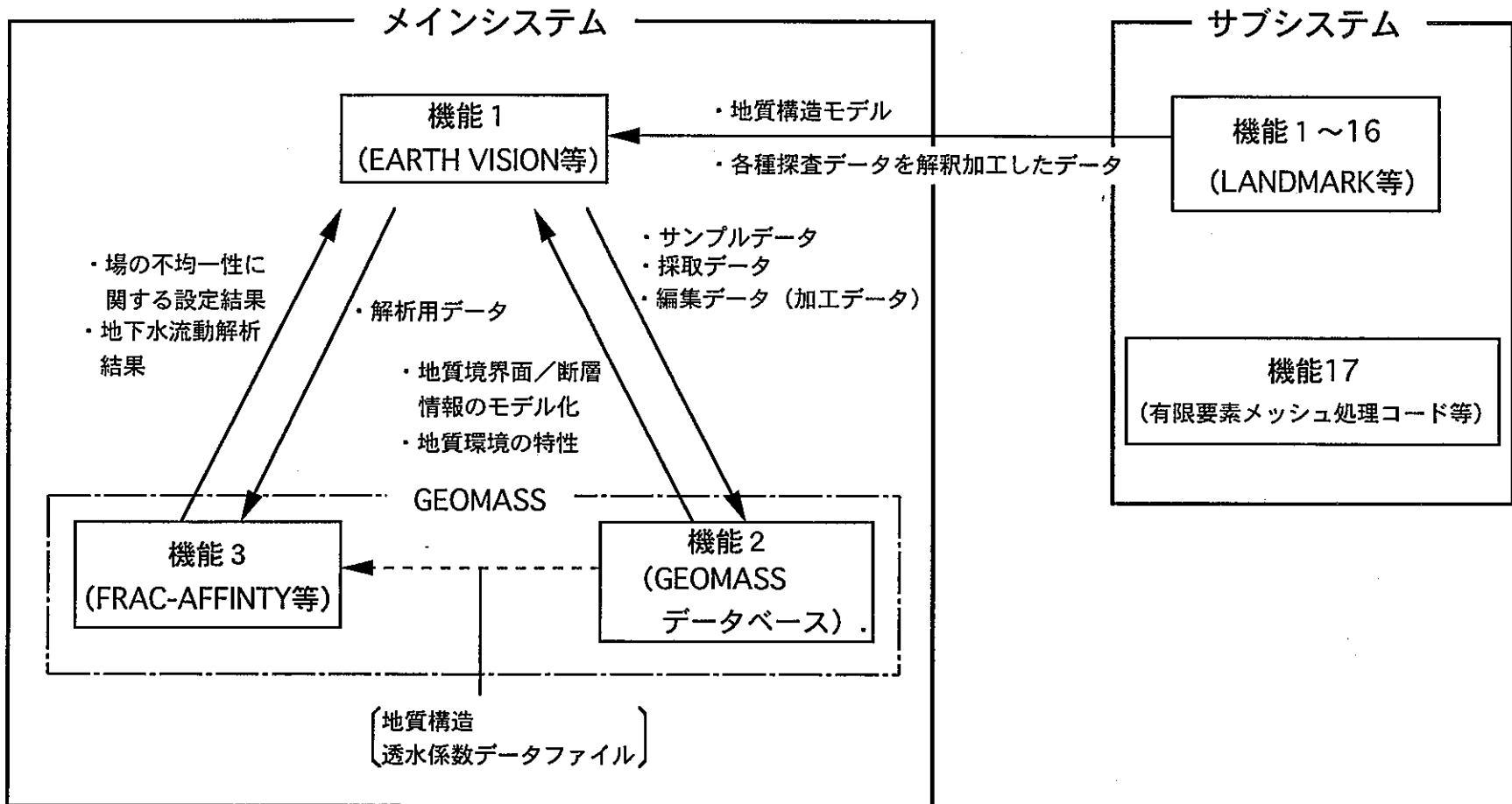


図 4.3.6.1 解析・可視化システム構成図

[参考文献]

- 動燃事業団 1996 超深地層研究所研究 地層科学研究 基本計画. PNC TN7070 96-002.
- 動燃事業団 1997 深部岩盤の初期応力測定に関する文献調査. PNC TJ7401 97-001.
- Fujii, N 1968 Geogenesis of the Fireclay Deposits in Tajimi-Toki District, Gifu Prefecture, Central Japan: Rep. Geol. Surv. Japan. No. 230, 1-56.
- 林 譲治 1989 瀬戸内区の東部地域における中新世の瑞浪陥没盆地の形成と水成ウラン鉱床の生成、陥没—その構造・機能・応用—. 地団研専報, 36, 247-259.
- 池辺展生、高柳洋吉、千地万造、鎮西清高、池辺 穣、中世吉幸次郎、柴田 賢 1973 日本新第三系対比試案. 地質学論集, No. 8, 215-219.
- 石原瞬三、鈴木淑夫 1969 東濃地方ウラン鉱床の基盤花崗岩類. 地調報告, 232, 113-127.
- 糸魚川淳二 1974 瑞浪層群の古環境・古地理・地史. 瑞浪市化石博物館研究報告. No.1, 365-368.
- 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, 1-50.
- 糸魚川淳二 1988 瀬戸内区の中新統(1)概説(2)東濃地域 日本地質 5 中部地方Ⅱ. 共立出版, 116-120.
- 活断層研究会編 1980 日本の活断層.
- 木曾敏行 1959 恵那盆地の地形発達について. 地理評, 32, No. 7, 365-373.
- 小林孝男 1989 岐阜県可児盆地東部の地質とウラン鉱化作用. 鉱山地質, 39, No. 2, 79-94.
- Matsuzawa, I and Uemura, T 1967 Geotectonic Studies on the Toki Miocene Sedimentary basin, Central Japan. Jour. Earth Sci., Nagoya Univ., 15, 35-79.
- Nakai, Y, 1976 Petrographical and petrochemical studies of the Ryoke granites in the Mikawa-Tono district, central Japan. Bull Aichi Univ. Educ. (Nat. Sci.), 25, 97-112.
- 仲井 豊 1988 日本地質 5 中部地方Ⅱ. 共立出版, 97-99.
- 中山勝博 1985 岐阜県土岐市南部における瀬戸層群の堆積盆地. 地団研専報, No.29, 119-130.
- 尾方伸久・大澤英昭・中野勝志・柳澤孝一・西垣誠 1992 堆積岩の地質学的特性および水係数、見かけ比抵抗相互の関係とその水理地質構造モデル化への適用. 応用地質, 32, No. 6, 51-62.
- 領家研究グループ 1972 中部地方領家帯の花崗岩類の相互関係. 地球科学, 26, 205-216
- Sibata, K and Ishihara, S, 1979 Rb-Sr whole-rock and K-Ar mineral ages of granitic rocks in Japan. Geochem. J., 13, 113-119.
- 陶土団体研究グループ 1982 岐阜県瑞浪市南部の瀬戸層群—瀬戸層群の堆積盆地の発生に関する研究(2)—. 地団研専報, No.24, 143-155.
- Uemura, T 1961 Tectonic development of the Miocene Sedimentary basins of east Mino, Central Japan. Jour. Earth. SCI., Nagoya Univ., 9, No. 2, 394-417.

Wakita, K., 1988 Origin of chaotically mixed rock bodies in the Early Jurassic to Early Cretaceous sedimentary complex of the Mino Terrain, Japan. Bull. Geol. Surv. Japan.