

JNC TN 7400 99-003

超深地層研究所計画

年度報告書（平成9年度）

（技術報告）

1998年12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. 地表からの調査予測研究段階の概要	1
3. 平成9年度の調査研究概要	1
4. 地質構造	4
4. 1 試錐調査	4
4. 1. 1 MIU-1号孔	4
4. 1. 2 MIU-2号孔	4
4. 2 電気探査	4
4. 2. 1 目的	4
4. 2. 2 実施内容	4
4. 2. 3 今後の課題	6
5. 地下水の水理に関する調査・研究	10
5. 1 表層水理調査	10
5. 1. 1 実施内容	10
5. 1. 2 今後の予定	11
5. 2 深層水理調査	12
5. 2. 1 実施内容	12
5. 2. 2 今後の予定	13
5. 3 地下水位観測	13

6. 調査技術・調査機器の開発	1 8
6. 1 試錐掘削技術開発	1 8
6. 1. 1 リバース三重管ワイヤライン掘削工法の開発	1 8
6. 1. 2 部分保孔装置の開発	1 9
6. 2 地質構造調査調査技術開発	2 3
6. 2. 1 弾性波トモグラフィー調査技術開発	2 3
6. 3 地下水の水理特性・地球化学特性調査技術開発	2 4
6. 3. 1 1,000m 対応水理試験装置の開発	2 4
6. 3. 2 試錐孔を利用した長期モニタリング装置の開発	2 4
6. 3. 3 1,000m 対応地下水の地球化学特性調査機器の製作	2 5
6. 4 岩盤の力学特性調査技術開発	2 6
6. 4. 1 1,000m 対応初期応力測定装置の開発	2 6
6. 5 データベース	3 0
6. 5. 1 調査データ用データベースシステム	3 0
6. 5. 2 工程管理用データベースシステム	3 2
6. 6 地質環境データ解析・可視化システムの構築	3 2
6. 6. 1 目的	3 2
6. 6. 2 実施内容	3 3
6. 7 VR技術・情報公開技術	3 3
6. 7. 1 VR技術による仮想体験	3 3
6. 7. 2 技術説明用模型	3 5
7. まとめ	5 0
8. 参考文献	5 1

1. はじめに

本報告書は「超深地層研究所年度計画書（平成9年度）」（東濃地科学センター、1998）に基づき、核燃料サイクル開発機構（サイクル機構）が岐阜県瑞浪市に所有する正馬様洞用地を研究の実施領域とする超深地層研究所計画（現在は「地表からの調査予測研究段階」）の平成9年度の調査研究成果を示したものである。

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。この段階では地表からの物理探査や試錐調査によって地質構造の概略を把握し、これに基づいて、地質構造概念モデル、水理地質構造モデル、および地下水の地球化学モデルなどを構築する。これらのモデルは、地下水流動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。これらの研究の結果に基づき、深部地質環境の特徴、地下施設の建設に伴う地下水の流動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、引き続き実施する掘削を伴う調査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地表から地質環境に関するデータを取得し、地下の地質環境の概略を把握し、地下施設の建設が地質環境に与える影響を予測する。
- ②上記で行う予測の結果を、坑道の掘削を伴う研究段階に取得される情報との比較により検証するための評価方法を決定する。
- ③本段階で取得される情報と予測結果に基づき、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決定する。

3. 平成9年度の調査研究概要

平成9年度は現場での調査研究に着手し、地表物理探査、試錐調査（1孔：MIU-1）を開始した（表3.1参照）。この試錐調査は平成10年度まで継続されるため、調査結果を基に実施する地質構造概念モデルや水理地質構造モデルの作成、地下水流動解析、および試錐孔を利用する地下水の地球化学に関する調査研究は、平成10年度に実施することとなった。また、現場以外の業務として、

試錐掘削技術の開発、地下水の水理・地球化学特性調査機器の製作などのほか、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、地質環境環を3次元的に表示する可視化システムの構築を行った。

表3.1 平成9年度 調査・研究スケジュール（実績）

	平成9年度												
	H9												H10
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
(1)地質・地質構造													
試錐調査（MIU-1）								搬入					掘削・記載
電気探査（比抵抗法）						↔							
(3)地下水の水理								観測					
表層水理調査													
深層水理調査*													MIU-1
地下水位観測	設置							観測AN-1,3					
↔													
(4)調査技術・調査機器													
三重管掘削工法の開発							ビットの適用試験						掘削装置の設計
部分保孔装置の開発													部分ケーシング保孔装置の設計
弾性波トモグラフィー調査技術													スパーカ震源の設計・製作
1,000m対応水理試験装置の開発						高温環境型の製作							
1,000m対応長期モニタリング装置の開発													
1,000m対応地球化学特性調査機器の開発						高温環境型の製作							計測機器システムの調査
1,000m対応初期応力測定装置の開発													改良
調査データ用データベースシステムの開発								データ登録					
工程管理用データベースシステムの開発													事例調査
地質環境データ解析・可視化システムの開発									開発				
VR技術による仮想体験													開発
技術説明用模型の製作													技術説明用模型の改良
													モーリング模型の設計

(注) *印は、試錐調査に付随して実施した。

4. 地質・地質構造に関する調査・研究

地質・地質構造に関する研究では、研究実施領域における、①地表から地下深部までの地質・地質構造の把握、②地質構造概念モデルの構築とその妥当性の検証、③施設スケール（数百m四方）における地質構造の体系的な調査手法の開発を目的としている。平成9年度は、地表物理探査、およびMIU-1号試錐孔（深度約1,000m）の掘削を開始し、電気探査、岩芯記載・物理検層・BTV・コア試験などの調査を実施した。試錐調査開始の遅れにより、調査の一部および解析作業は平成10年度に継続して実施することとなった。

4.1 試錐調査

4.1.1 MIU-1号孔

研究実施領域中央部における地下深部の地質・地質構造の把握を目的とする（位置は、図4.1.1参照）。平成10年度まで掘削は継続され、平成9年度末時点において深度約430mまで達した。調査の結果は、平成10年度報告に示す。なお、MIU-2号孔は、平成10年度に実施することとなった。

4.2 電気探査

4.2.1 目的

研究実施領域において比抵抗法による電気探査を実施した。本調査の目的は浅部地下構造の解明をはかること、特に基盤花崗岩の不整合面付近の形状を把握することである。

4.2.2 実施内容

(1) 調査場所

正馬様洞用地内の林道沿い（図4.2.1参照）

(2) 測定方法

測定機器：McOHM-21

Power Booster（最大400V, 400mA）

測線長：計画測線の内、林道沿いの部分（測点No.15～No.37：長さ220m）

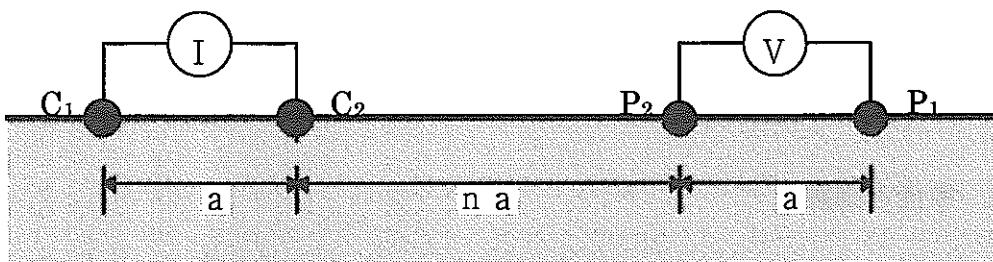
で測定を実施した。(残りの区間については、4.2.3に示す理由により取り止めた。)

測点間隔：10m

電極配置：ダイポール・ダイポール配置（下図参照）

電極間隔 : $a = 10, 20, 40\text{m}$

電極隔離係数 : $n = 1 \sim 20$



C_1, C_2 ：電流電極、 P_1, P_2 ：電位電極

ダイポール・ダイポール配置での見掛け比抵抗値(ρ_a)は下式で求められる。

$$\rho_a = 2n(n+1)(n+2) \pi a V / I \quad \cdots(1)\text{式}$$

(3) 測定の結果

計画測線の内、準備が簡便な林道の直線状の区間で先行して測定を実施した。正馬様用地内では浅部に分布する堆積層（瑞浪層群）の比抵抗が非常に低いため、データ取得では、電流電極と電位電極の距離が大きく（電極隔離係数(n)が5以上）なると、最大400mAの電流を流しても測定される電位差は1mV以下の小さい値になった。さらに、nが10以上では測定値は0.01mVオーダーになり、測定毎の変動も大きく不安定になった。本測定機の受信分解能が6 μV 、測定最小値が0.01mVであることを考慮すれば、電極隔離係数が大きい深部のデータの精度（S/N比）は低いと判断される。

この測定データから算出した見掛け比抵抗値をプロットした見掛け比抵抗断面図（地下の比抵抗分布を定性的に見るための疑似断面）を図4.2.2に示す。本図によれば、本調査地の見掛け比抵抗値は測線南部の表層部および深部の一部で100 $\Omega\cdot\text{m}$ 以上を示すほかは数10 $\Omega\cdot\text{m}$ と低い。特に、中深部では10 $\Omega\cdot\text{m}$ 以下の非常に低い値を示す所も見られる。ただし、深部では、電位差と電流値の比(V/I)の多くが0.0001となるため、同じ電極隔離係数では同じ見掛け比抵抗値となっており、信頼性に欠ける（(1)式参照）。なお、V/Iの値が0.0000で計算不能の部分もある。

このデータに対し、2次元インバージョンを試みた。このインバージョン計算の収束状況は悪く、特に最深部のセルの比抵抗値はかなり不安定なものであ

った。この結果得られた2次元比抵抗構造モデルを図4.2.3に示す。本比抵抗構造は大局的には $10\ \Omega\cdot m$ 以下の浅部と数 $100\ \Omega\cdot m$ 以上の深部に分けられる。既存の地質データをもとに解釈すれば、深度60mまでの低比抵抗部は堆積層（瑞浪層群）、 $1,000\ \Omega\cdot m$ 以上の高比抵抗を示す深度80m以深は基盤の花崗岩、その中間の深度60~80mの中比抵抗部は花崗岩上部の風化部、基底礫層に相当するものと解釈できる。また、基盤花崗岩（風化部）の深度は南から北へ深くなる傾向が見られる。

ただし、上述したように、深部データの精度が低く、解析結果も不安定であることに留意する必要がある。

4. 2. 3 今後の課題

測定精度を向上させるためには測定電位差を上げる必要がある。そのためには地面に流す電流値を上げればよいが、McOHM-21システムの最大電流値は400mAであり、これ以上は流せない。

別の方法としては、電位電極間隔の大きい電極配置で測定する方法がある。例えば、二極法やウェンナー配置である。ただし、二極法では遠電極を探査深度の10倍以上離して設置する必要があり、充分な距離を離した遠電極を正馬様用地内に設置することは困難である。ウェンナー配置の場合、ダイポール・ダイポール配置に比べ分解能はやや劣るが、同じ電流値、同じ探査深度での電位差は大きくなり、測定値は安定する可能性がある。ただし、この配置では電流電極間隔も大きいので、必要な電流を流すことができるかが問題となる。

以上より、現有のシステムを用いた電気探査では、浅部に比抵抗が非常に低い層が分布する本調査地では精度のよいデータを取得することは難しく、残りの部分の測定を追加してもよい結果は期待できない。

したがって、平成10年度以降には電磁探査の1手法であるMT法（Magneto-Telluric法）による比抵抗構造探査を実施する。MT法では浅部を人工信号、深部を自然信号を利用して調査する方法が開発されており、それらを組み合わせて浅部から深部までの比抵抗構造を求めることができる。また、電線や市街地からのノイズが予想される場所でも、ノイズのない遠方の地点で同時に取得したデータを参照することにより、S/N比を向上させる手法（リモートリファレンス法）も開発されており、この手法を用いた調査計画を策定する。

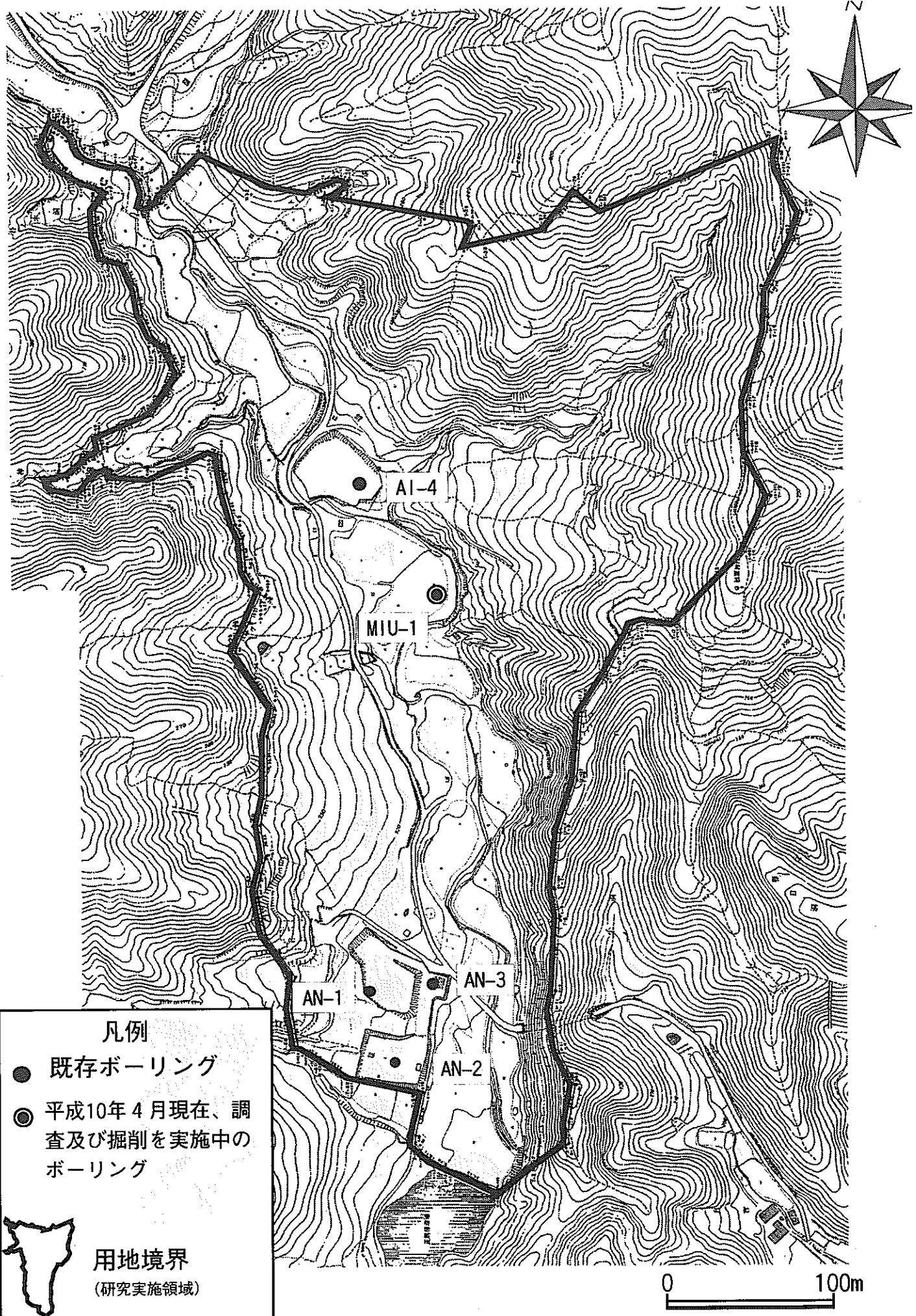


図4.1.1 超深地層研究所計画における試錐孔位置図

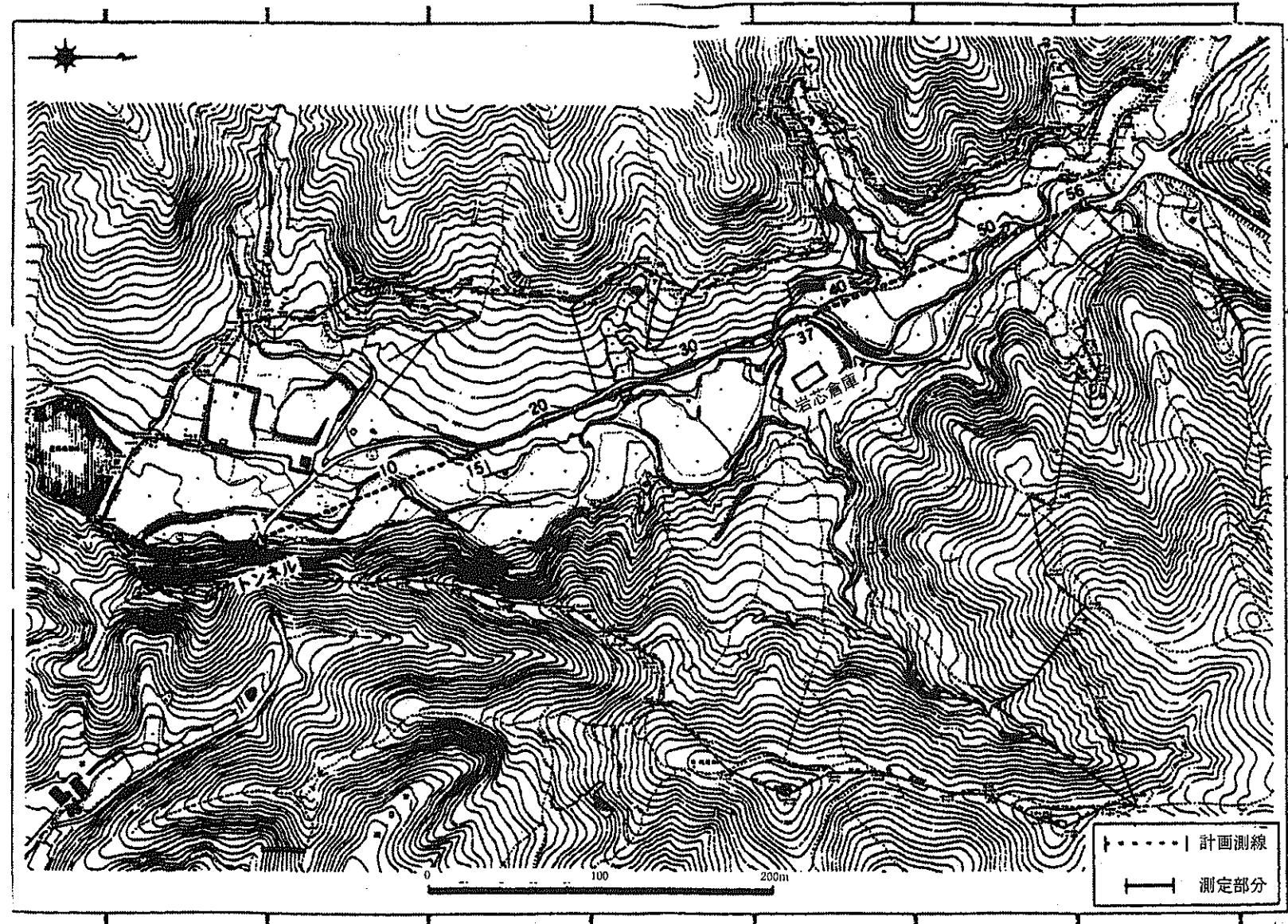


図 4. 2. 1 測線位置図

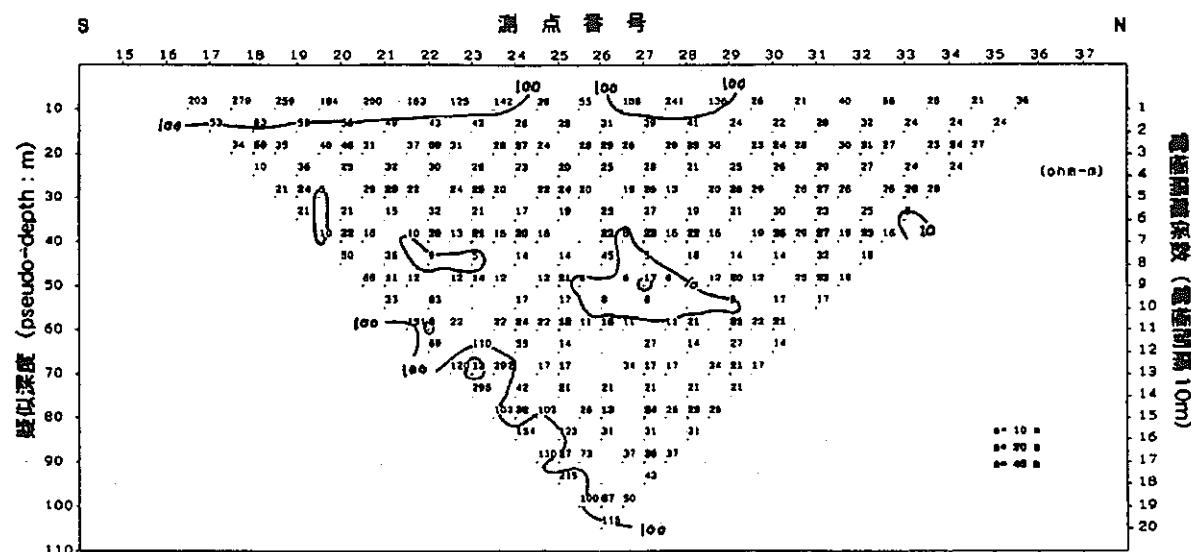


図4.2.2 見掛け比抵抗断面図

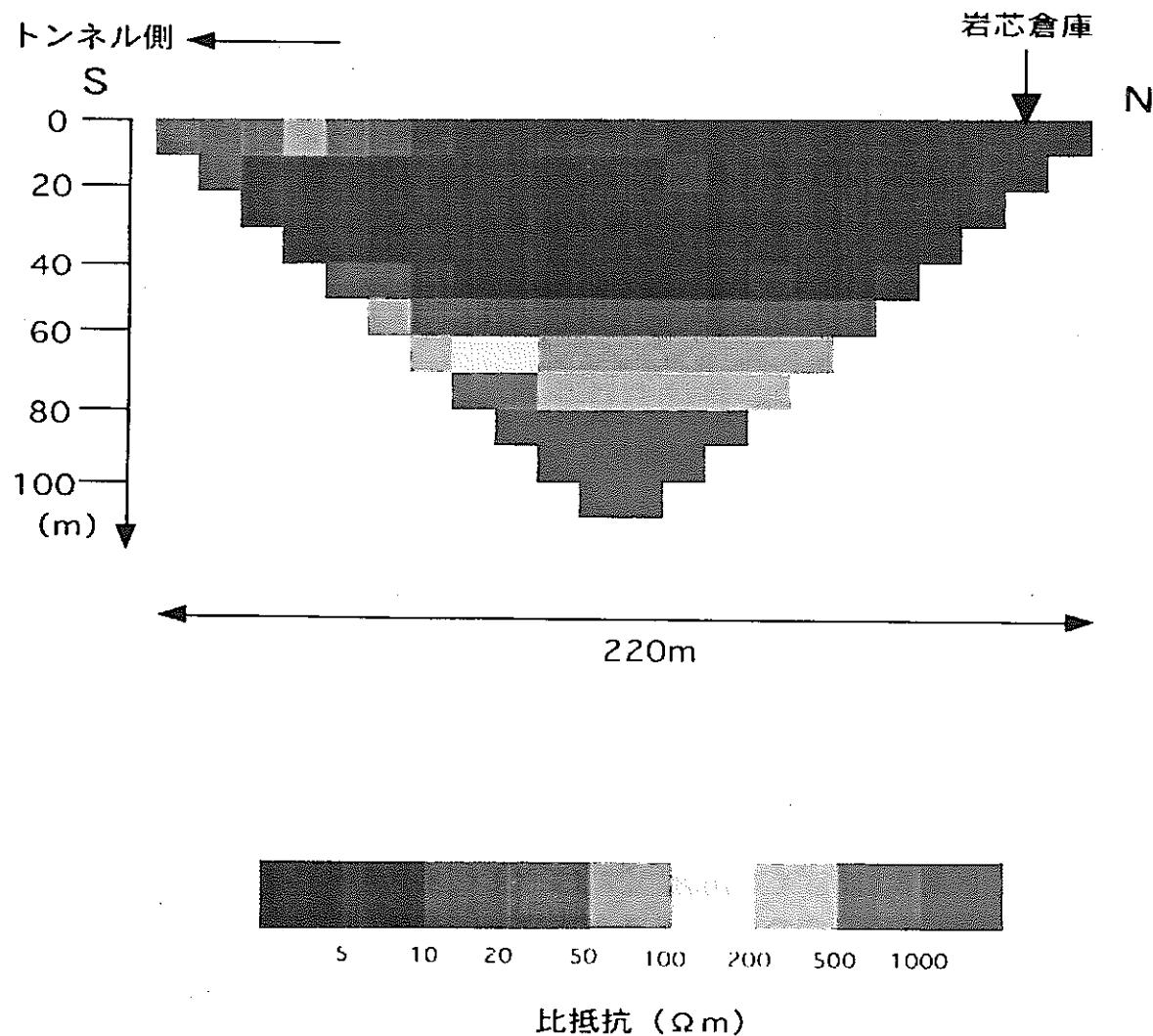


図4.2.3 2次元解析比抵抗断面図

5. 地下水の水理に関する調査・研究

本研究は、表層から地下深部までの岩盤、および断層・破碎帯などの水理地質構造の水理学的性質の把握（水理地質構造モデルの構築）、および地下施設の建設前の地下水流动と地下施設の建設に伴う水理学的影响の予測・検証のための調査・解析・評価する手法を構築することを目的として、表層水理調査、深層水理調査、地下水流动解析を実施する。この際、本調査領域を包含する広域地下水流动研究の成果についても有効に活用していく。

5. 1 表層水理調査

5. 1. 1 実施内容

未固結砂礫層中の地下水流动および未固結砂礫層から堆積岩層への浸透量を把握するため、正馬川流域内の小流域（正馬様用地内の北東部に位置する東側斜面）に地下水位を観測する試錐孔（97MS-01号孔（ストレーナ位置：瑞浪層群上部）と97MS-02号孔（ストレーナ位置：瑞浪層群基底））を孔間距離1mで掘削し、水圧センサー式水位計を設置した。（図5. 1. 1）

(1) 浅層試錐調査

97MS-01号孔は、表層部の地質構造を把握するため、オールコア掘削とし、97MS-02号孔はノンコア掘削とした。両孔の地下水位計設置状況および地下水位を図5. 1. 2に示す。

(i) 水理試験

水理試験は、瀬戸層群中の3区間(97MS-02)および瑞浪層群中の1区間(97MS-01)において実施した。試験区間は、観測井戸のストレーナ区間となる2区間と、これ以外の瀬戸層群中の2区間の計4区間である。

- [区間1] 6.00～ 7.00 (97MS-02) 瀬戸層群礫層
- [区間2] 10.00～ 11.00 (97MS-02) 瀬戸層群礫層
- [区間3] 15.30～ 16.80 (97MS-02) 瀬戸層群基底部、小礫混じり粘土質砂
- [区間4] 18.00～ 20.00 (97MS-01) 瑞浪層群上部、砂質シルト岩

なお、区間1と2は不飽和帶で、回復法による実施が困難であったため、注水法により計測した。透水係数を以下に示す。

- [区間1] 6.00～ 7.00 注水法 $K = 2.3 \times 10^{-5} (\text{cm/s})$

[区間 2] 10.00 ~ 11.00	注水法	$K = 2.2 \times 10^{-5} (\text{cm/s})$
[区間 3] 15.30 ~ 16.80	回復法	$K = 8.8 \times 10^{-5} (\text{cm/s}) , S = 1.7 \times 10^{-7}$
[区間 4] 18.00 ~ 20.00	回復法	$K = 1.3 \times 10^{-5} (\text{cm/s}) , S = 3.4 \times 10^{-7}$

(K: 透水係数、 S: 貯留係数)

(ii) 土質試験

透水試験区間のコアを対象として、粒度分析を行った結果、瀬戸層群中に対応する区間 1 ~ 3 では、淘汰の悪い粒径分布を示し、粒径 10mm 付近に最頻値が見られた。瑞浪層群中の区間 4 では、粒径 0.02 ~ 0.1mm (シルト ~ 細砂分) の多い比較的淘汰の良い粒径分布を示している。

(2) 表層水理定数観測

97MS-01 号孔 (ストレーナ位置: 瑞浪層群上部) 、97MS-02 号孔 (ストレーナ位置: 瀬戸層群基底) で計測した約 8 カ月 (平成 9 年 8 月から平成 10 年 3 月) の地下水位観測の結果を図 5. 1. 3 に示す。瑞浪層群上部での地下水位を観測する 97MS-01 号孔では、冬季の渴水時期を除いて深度 18m で定常状態を示し、降水の影響は見られない。一方、瀬戸層群基底部での地下水位を観測する 97MS-02 号孔では、深度 14m 付近でほぼ定常状態を示すが、降水量の影響を受けて地下水位が変化する傾向が見られる。

(3) まとめ

瀬戸層群と瑞浪層群の不整合面は、97MS-01 号孔で深度 16.62m に認められる。瀬戸層群中の地下水位は、瀬戸層群基底部に 1 面のみが認められ、これより上部は不飽和浸透しているとみられる。基底部の約 65cm は礫が小さくやや砂質で、鉄の沈着が著しいことから主要な水みちと考えられる。また、瑞浪層群上部の水位は、深度約 18m 付近にあり、瀬戸層群基底部での水位より 3 ~ 4m 低いことが明らかとなった。推定される地下水流动の概念を図 5. 1. 4 に示す。

5. 1. 2 今後の予定

平成 9 年度に設置した地下水位計による観測を継続するとともに、平成 10 年度は、同流域に河川流量計、土壤水分計、気象観測装置を設置し、地下水かん養量を算出するための観測を開始する。

5. 2 深層水理調査

5. 2. 1 実施内容

正馬様用地内に掘削中の試錐孔(MIU-1号孔)を用いて、岩盤の間隙水圧および透水性と、その深度依存性を把握するための透水試験を実施した。試験区間は、地質構造調査で実施する岩芯記載、物理検層および BTV 調査の結果に基づいて風化部、健岩部、割れ目帯を選定した。また、掘削の終了した区間については試錐孔掘削約 100m 毎に掘削を停止し、1,000m 対応揚水試験装置を用いて、揚水試験を行った。

(1) 大深度試錐孔の掘削

MIU-1号孔を深度 439m (平成 10 年 3 月現在) まで掘削した。MIU-1号孔は、地表から深度 88.7m まで瑞浪層群の堆積岩が分布し、それ以深は花崗岩であった。

(2) 透水試験

深度 103.5m までの部分 (堆積岩～花崗岩風化部) において、10 点の透水試験を実施した。試験区間と透水係数を表 5. 2. 1 に示す。

透水試験は、堆積岩部分 (明世累層、土岐挟炭累層、不整合) と、花崗岩風化部の透水性を把握した。その結果、透水係数の分布では各岩相とともに 10^{-5} ~ 10^{-6} cm/s オーダーを示すことがわかった。また、間隙水圧 (平衡水位) の分布では、深度 39m 付近の含礫シルト岩を境界に間隙水圧の分布が異なり、帶水層として 2 つに別れることが分かった。

(3) 揚水試験

揚水試験は、堆積岩部および花崗岩部の平均的な透水係数を把握するために、掘削を約 100m 間隔で停止してシングルパッカーを用いて実施した。実際の測定区間長は、地下水位の関係および、遮水パッカー部分の岩盤状況により若干の長短が生じた。平成 9 年度は、試錐孔の掘削深度が 439m までであったため、深度 403.5m までの結果を示す。試験区間と透水係数を表 5. 2. 2 に示す。

揚水試験によって得られた透水係数の分布では、堆積岩から花崗岩の風化部で 10^{-6} cm/s オーダーを示すが、それ以深の区間では 10^{-5} cm/s オーダーの値を示すことが分かった。

5. 2. 2 今後の予定

試錐孔の掘削および揚水試験は平成10年度も継続し、深度約1,000mまで実施する。また、深度約1,000m掘削終了後に、花崗岩部の透水試験を実施し、健岩部、割れ目帯などの透水係数を測定する。

5. 3 地下水位観測

試錐孔および立坑が掘削される前の地下水位の定常状態を把握するため、正馬様用地内の既存孔AN-1,3号孔に水位計を設置し、地下水位観測を平成9年5月1日から開始した。AN-1,3号孔は、上部の堆積岩部分がケーシングパイプにより保孔されており、堆積岩部分は遮水され、花崗岩部分の間隙水圧が観測されているものと思われる。水圧センサー式水位計を用いて計測した約1年間の観測結果を図5. 3. 1に示す。

AN-1号孔の地下水位は、年間を通して若干の季節変動等の影響が見られるものの、深度20~21mでほぼ定常状態を示す。AN-3号孔の地下水位もAN-1号孔同様の傾向を示し、深度18~20mでほぼ定常状態を示す。なお、平成9年10月に水圧センサー式水位計を交換して以降、観測値の変動が大きくなっている。原因については、調査中である。

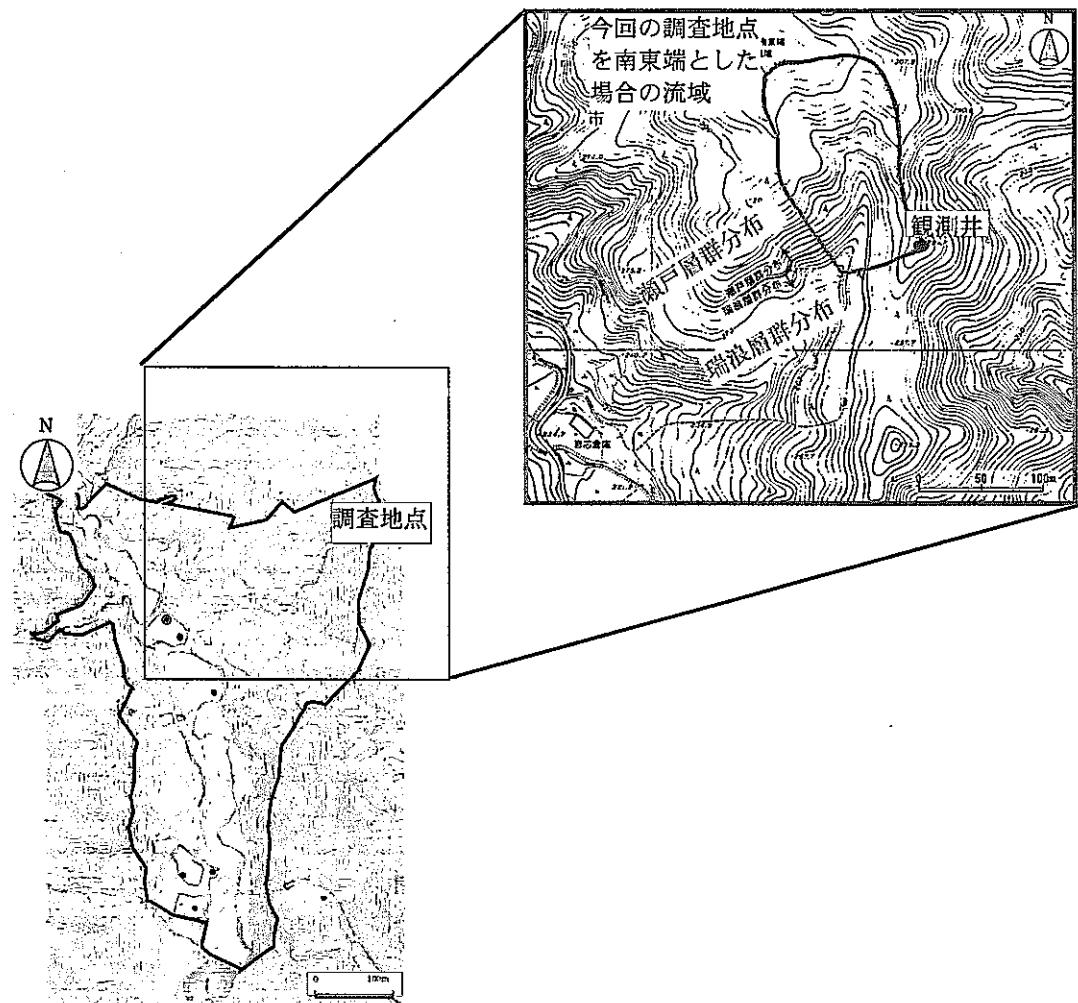


図 5. 1. 1 観測井設置位置図

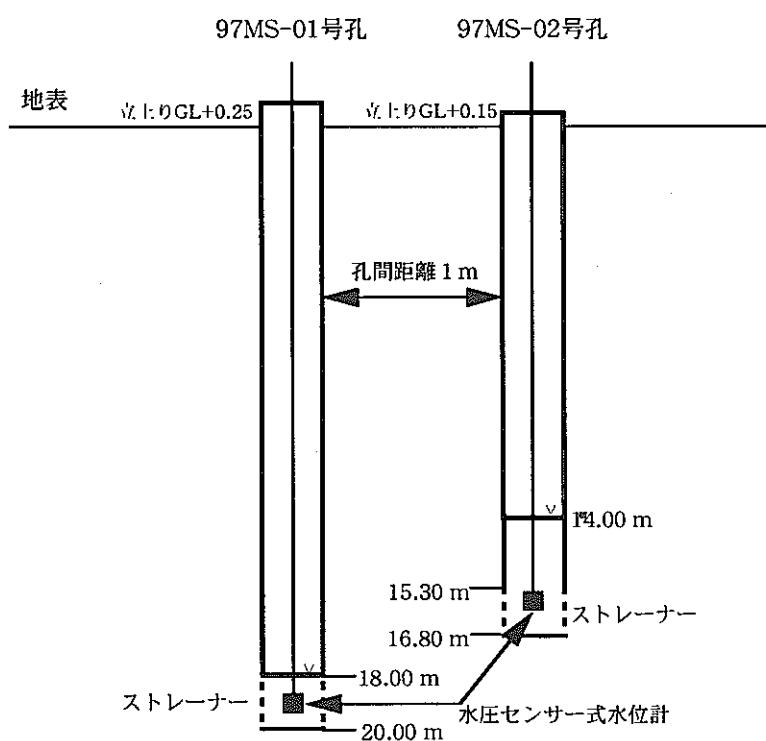
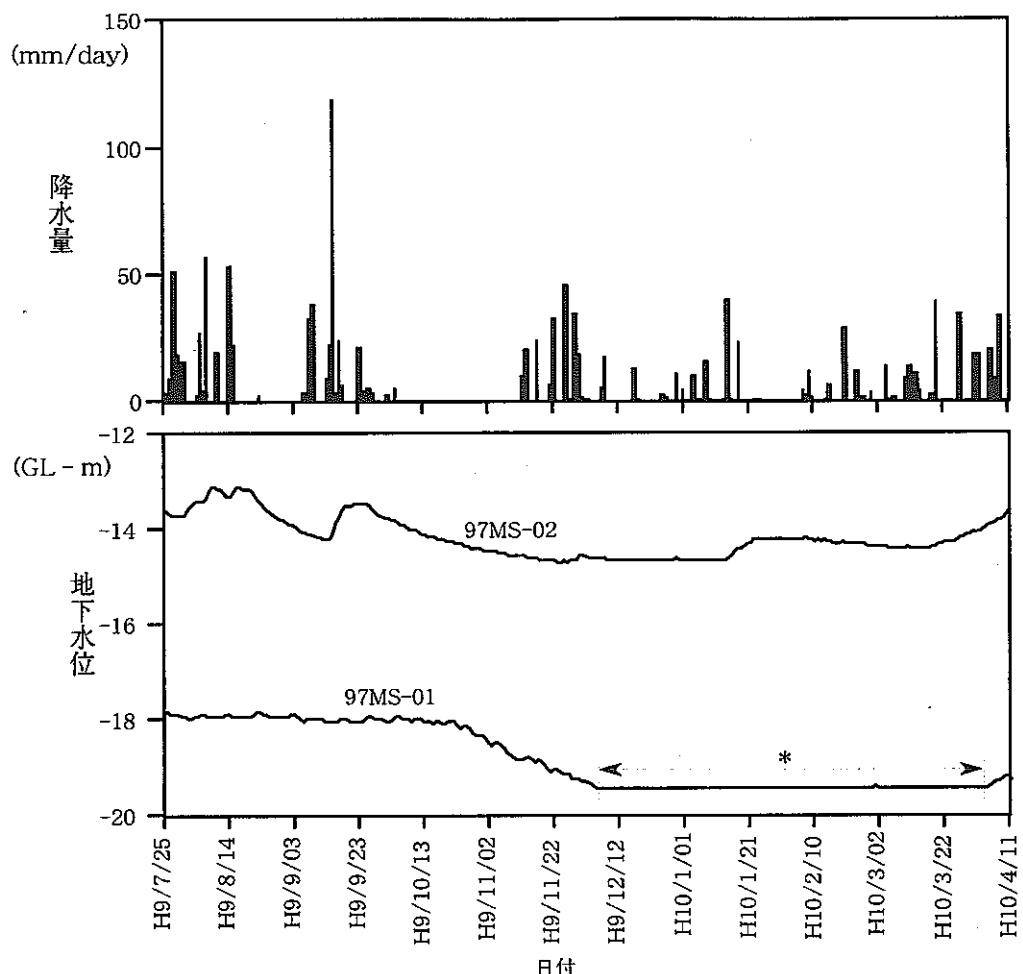


図 5. 1. 2 観測井および地下水位センサー設置状況



* 水位が地下水計設置深度より低下したため計測不能

図 5. 1. 3 地下水位長期観測結果

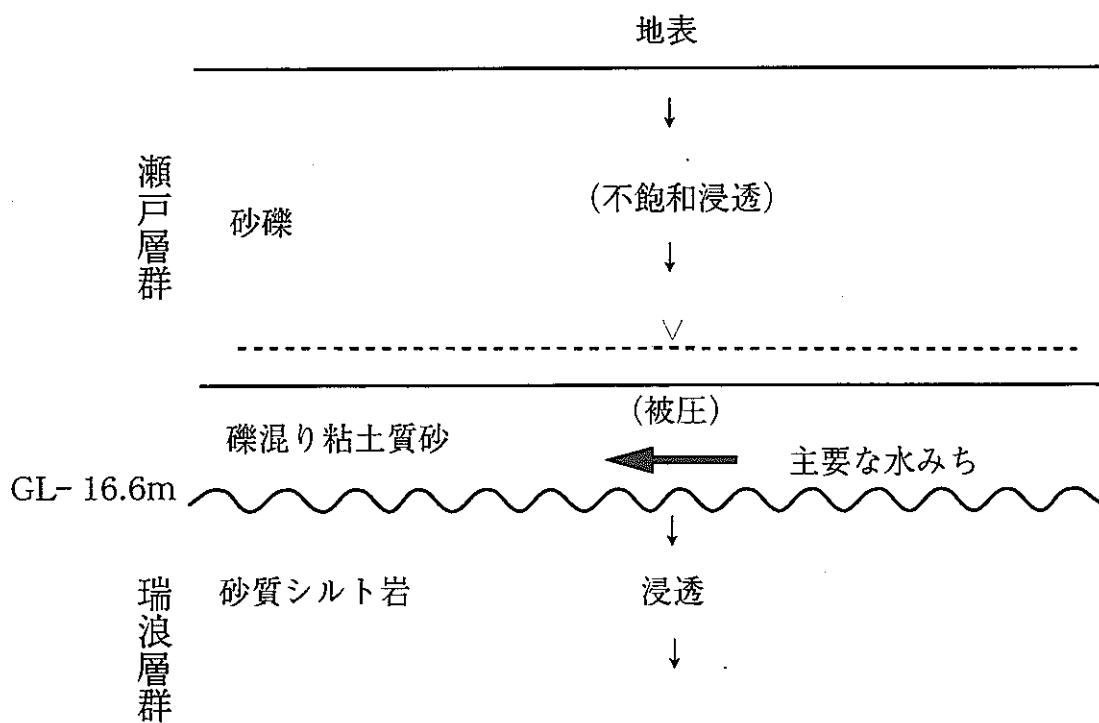


図 5. 1. 4 調査結果から推定される地下水流動

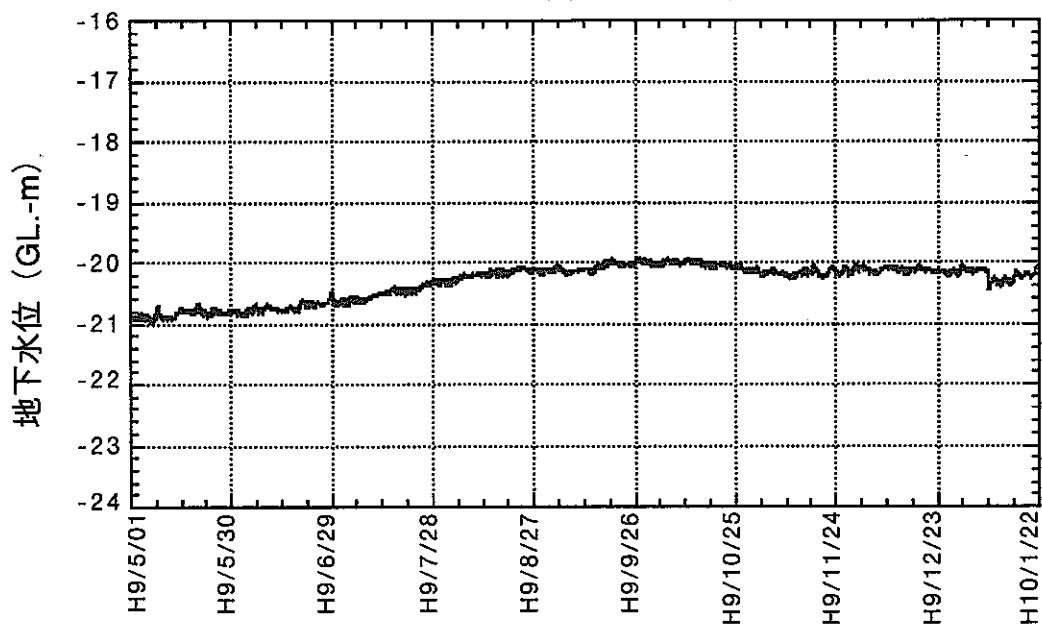
測定深度(m)上部	測定深度(m)下部	透水係数(cm/sec)	平衡水位(m)	岩相
18.0	23.0	1.00E-05	9.79	凝灰質砂岩(明世累層)
23.0	28.0	9.00E-06	11.35	凝灰質砂岩(明世累層)
29.3	39.3	6.00E-06	11.78	凝灰質砂岩・礫岩(土岐夾炭累層)
39.8	41.8	8.00E-05	20.79	礫岩・含礫シルト岩(土岐夾炭累層)
40.0	50.0	2.00E-05	21.03	礫岩・凝灰質泥岩(土岐夾炭累層)
50.3	60.3	2.00E-05	21.52	凝灰質泥岩・礫岩(土岐夾炭累層)
61.3	71.3	2.00E-05	21.91	凝灰質砂岩・シルト岩(土岐夾炭累層)
69.3	79.3	2.00E-05	21.61	凝灰質砂岩(土岐夾炭累層)
82.0	92.0	2.00E-05	21.65	凝灰質砂岩・基底礫岩(不整合)
93.5	103.5	8.00E-06	21.49	花崗岩風化部

表5. 2. 1 MIU-1号孔透水試験結果(堆積岩部～花崗岩風化部)

測定深度(m)上部	測定深度(m)下部	測定区間長(cm)	透水係数(cm/sec)	平衡水位(m)	揚水量(cc/s)	水位低下量(cm)	岩相
50.0	103.5	5350.0	5.60E-06	21.25	16.7	620	堆積岩～花崗岩風化部
108.2	203.5	9530.0	6.10E-05	21.45	208.3	430	花崗岩
210.6	302.5	9190.0	2.40E-05	20.03	141.8	760	花崗岩
299.7	403.5	10380.0	1.20E-05	20.59	46.7	470	花崗岩

表5. 2. 2 MIU-1号孔揚水試験結果(堆積岩部～花崗岩部)

AN-1 (平成 9 年度)



・平成10年1月以降はセンサー故障により3月まで未計測

AN-3 (平成 9 年度)

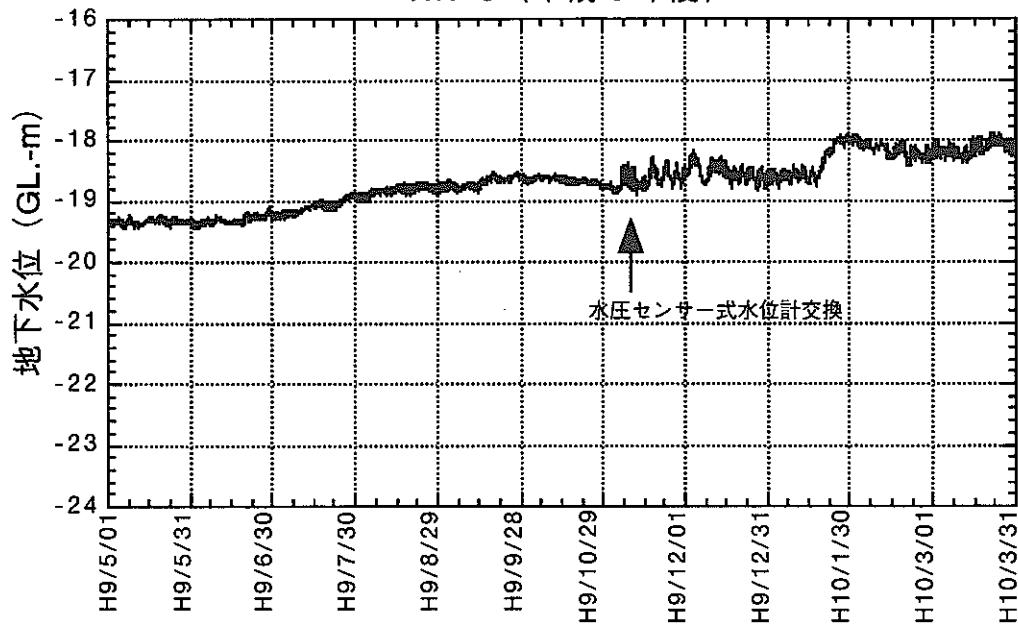


図 5 . 3 . 1 既存試錐孔 (AN-1,3) を用いた地下水位観測結果

6. 調査技術・調査機器の開発

6. 1 試錐掘削技術開発

岩盤本来の透水性や地下水の地球化学特性を極力乱さないためには、試錐孔の掘削の際に掘削流体に清水を利用するすることが望ましいが、その場合は泥水を利用する場合に較べ孔内崩壊が発生しやすい。そこで、清水とスライムの両方をロッド内に通すことにより、これらの孔壁との接触を防ぎ、孔壁の崩壊を最小限にとどめるリバース三重管ワイヤライン掘削工法（以下、三重管掘削工法と略す）や、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。

平成9年度は、三重管掘削工法を用いた掘削装置の設計を実施した。また、部分拡孔装置の現場適用試験の他、部分ケーシングおよびその挿入装置の設計を実施した。

6. 1. 1 リバース三重管ワイヤライン掘削工法の開発

孔内崩壊の要因としては、掘削流体（清水）とスライムが孔壁を荒らす影響が最も大きいと予想されるため、これらを孔壁に接触させないのが崩壊を防ぐ最良の対処法であると考えられる。破碎帯等における清水掘削工法を確立するために、掘削流体およびスライムをロッド内に通す三重管掘削工法が最も有効で実現性が高いとの判断に基づいて、平成9年度は同工法用の掘削装置の設計を実施した。今後は、同装置の製作および適用試験を行い、実際の現場掘削に実用していく予定である。以下に三重管掘削工法を用いた掘削装置の概要について記載する。

(1) 開発仕様

- ①オールコアリングのためワイヤライン工法を基本とする。
- ②孔壁をできるだけ荒らさない装置とする。
- ③掘削孔径は約 ϕ 100mm とする。
- ④掘削深度は 1,000m とする。
- ⑤湧水、逸水層でも掘削できる装置とする。

(2) 装置の概要

三重管掘削工法とは、掘削流体（清水）とスライムの両方をロッド内を通して掘削する工法であり、本掘削工法を採用することにより、孔内崩壊が発生する可能性を低減することが可能である。装置の概念図を図6.1.1に示す。この図のように、清水とスライムの両方をロッド内に通すことにより、これらは孔壁と接触することなく、孔壁の崩壊を最少限にとどめることができる。また、逸水層に遭遇しても問題なく掘削することが可能である。しかし、ロッド内の流路は狭くなるため、スライムの流量に制約が生じ搬出機能が低下する懸念がある。そこで、搬出ラインにエアーを注入し、エアーリフト効果（スライムの見掛けの密度を低下させる）により、十分なスライム搬出機能を確保する。本工法を用いた掘削装置は、①コアバーレル、②ボーリングロッドおよび③口元装置から構成される。以下にその概要を記載する。

(i) コアバーレル

掘削装置の最下部に位置し、ビットで切り取ったコアを採取する。従来のワイヤライン工法を基本とし、オールコアリングが可能である。上部でボーリングロッドと接続し下端のビットで掘削するアウターチューブと、コアを収納し着脱が可能なインナーチューブからなる。

(ii) ボーリングロッド

コアバーレルの上部に位置し、試錐機からの回転と給圧をビットに伝えるとともに、清水、スライムおよびエアーを運搬する送水・送風管の働きをする。

(iii) 口元装置

回転しているボーリングロッド内に清水、エアーを送り、ボーリングロッド内からスライムを回収する。また、スライムは真空引きでも回収可能である。

6. 1. 2 部分保孔装置の開発

現在開発中の部分保孔装置は、部分拡孔ビットと部分ケーシングおよびその挿入装置からなる。部分的な孔内崩壊に遭遇した場合の基本的な対処の方法は、崩壊部を含めて部分的に試錐孔を拡孔し、その拡孔部分にケーシングを挿入するものである。部分拡孔ビットに関しては、平成8年度に製作、平成9年度に適用試

験を実施し、その実用性を確認した。また、部分ケーシングとその挿入装置に関しては、平成9年度に設計を実施した。以下にそれぞれの概要について記載する。

(1) 部分拡孔ビットの現場適用試験

部分的に岩盤を拡孔するビットの製作および室内試験を平成8年度に実施した。この部分拡孔ビットの機能を確認するため、DH-5号孔の深度100m付近で区間長約1mの部分拡孔および拡孔後のキャリパー検層を行い、安定した地層での装置の作動を確認した。

以下に部分拡孔ビットの現場適用試験の概要と結果について記載する。

(i) ビットの概要

開発した部分拡孔ビットは、水圧で刃先を拡張することにより、HQサイズで掘削した試錐孔（内径φ96mm）をφ150mmまで拡孔する。部分拡孔ビットの拡張・収縮の原理を図6.1.2に示す。

(ii) 試験内容

試験の一般事項を表6.1.1に示す。本試験では、部分拡孔ビットの実用性を試錐孔内で確認すること、およびその試験結果をもとに今後の改善項目を抽出することを主題とした。試験では、まず地上で刃先の拡張・収縮の作動を確認した後、拡孔ビットを孔内に挿入し、1回目の拡孔を深度98.85～99.15m間で実施した。1回目の拡孔後、揚管し刃先の状況等を確認した後、拡孔ビットを再度孔内に挿入し、2回目の拡孔を深度100.00～101.04m間で実施した。2回の部分拡孔終了後、拡孔結果を確認するためキャリパー検層を行い、適用試験を終了した。

(iii) 試験結果

(a) 1回目の拡孔

拡孔試験は次の要領で行った。

- ・部分拡孔ビットを拡孔したい箇所の上部まで降下する。
- ・上記位置で部分拡孔ビットを回転させる。
- ・回転させながら除々に刃先を拡張しつつ掘進を開始する。（刃先の拡張は、水圧による。）

また、拡孔の際の掘進速度は、平成9年度に実施した花崗岩ブロックを用いた室内試験の結果（東濃地科学センター, 1997）を踏まえて1cm/分

とした。当初の計画では、深度 98.85~100.00m 間の 115cm 区間 1箇所を拡孔する予定であったが、拡孔を開始したところ予想しない現象（・掘削音が静かである。・試錐機の電流値が予想より低く、トルクが生じていない。）が生じ、刃先が正常に拡張しているか判断できなかつたため、拡孔装置を回収し刃先の磨耗状態を確認した。

確認した刃先の状況を図 6. 1. 3 に示す。拡孔区間は深度 98.85~99.15m の 30cm 区間であり、拡孔時間は 45 分間であった。揚管した拡孔装置の刃先を確認したところ、磨耗痕の位置などから判断し刃先が完全には拡張していない可能性が考えられたため、運転条件を変更して 2 回目の拡孔試験を実施することにした。また、1 回目の拡孔試験中、試錐機の回転数を 100rpm から 130rpm にあげた瞬間、ロッドのバイブレーションが発生したため、回転数を元に戻した。しかし、100rpm まで減速した後も一度バイブレーションが発生した。

(b) 2 回目の拡孔

1 回目の拡孔試験において刃先が完全に拡張していなかつた可能性があることを考慮して、2 回目の拡孔試験では、刃先を ϕ 150mm まで拡張させることに重点を置き、最大給水圧力を 7.0kgf/cm^2 から 18.5kgf/cm^2 まで上昇させた。またロッドのバイブレーションを低減させるため、ロッドの長さを 5m から 3m に短くした。

試験は、次の要領で実施した。

- ・部分拡孔ビットを拡孔したい箇所の上部まで下降する。
- ・上記位置で部分拡孔ビットを回転させる。
- ・上記位置で掘進せずに刃先を拡張させる。
- ・刃先が完全に拡張したことが確認された後、掘進を開始する。

なお、運転条件による拡孔形状を比較するため、1 回目の拡孔部は残し、拡孔深度を深度 100.00~101.04m 間に変更した。

試験開始後、最初の 20 分間は同位置で回転させ、掘削音および試錐機の電流値の変化などから刃先が拡張したと判断された後、掘進を開始した。

2 回目の拡孔試験結果は次の通りである。

- ・1 回目で発生したロッドのバイブレーションは発生せず、試錐機の回転数は 140rpm まで上昇できた。
- ・深度 100.00~101.04m 間の 104 cm を拡孔するのに 151 分を要した。
- ・回収した刃先に予め塗っておいたペンキのはげ具合および刃先の磨耗具合により、刃先は ϕ 150mm まで拡張したことが確認できた。

- ・回収した刃先ボトム部先端が約 2mm 角で磨耗していた。その他には、著しい磨耗および損傷は認められなかった。刃先の磨耗状況を図 6. 1. 4 に示す。

(c) キャリパー検層

拡孔試験の翌日に行ったキャリパー検層の結果を図 6. 1. 5 に示す。これにより、2 回の試験いずれも孔径 ϕ 96mm の試錐孔を ϕ 150mm まで拡孔したことを確認できた。

(iv) 評価

当初の予定通り、孔径 ϕ 96mm の試錐孔の 1 m 区間を孔径 ϕ 150mm まで拡孔したことにより、安定した地層であれば、拡孔装置は十分機能することが確認できた。また、刃先拡張時には、わずかであるが掘削音および試錐機電流値の変化が認められた。しかし、2 回目の試験では、刃先ボトム部先端にのみ著しい磨耗が認められ、これ以上使用できない状態であった。1 回目の拡孔試験では全く認められなかった磨耗なので、刃先の拡張方法に原因があるものと推測される。拡孔装置は本来、破碎帯などの不安定な軟弱層での使用を目的としており、安定した硬い地層を掘削しない方が望ましい。実際に破碎帯などの不安定な軟弱層に適用する場合は、その上部にある安定した地層から掘進することとなる。1 回目の試験では、除々に刃先を拡張しつつ掘進したい部分で刃先が完全に拡張する方法を探った。しかし 2 回目の試験のように、拡孔したい部分の上部の安定した地層で完全に拡張するまで掘削を行うと、より刃先の摩耗が進展し、寿命が短くなるものと考えられる。よって今後は、拡張を確実に行う方法と、刃先の材質や形状の検討が必要と考えられる。

(2) 部分ケーシングおよびその挿入装置の設計

部分ケーシングおよびその挿入装置は、部分拡孔された範囲をケーシングで保孔するものであり、平成 9 年度に装置の設計を終了した。平成 10 年度には装置を製作し、平成 11 年度の適用試験を経て、実際の現場掘削に適用していく予定である。

その詳細については、平成 10 年度報告書に示す。

6. 2 地質構造調査技術開発

6. 2. 1 弾性波トモグラフィー調査技術開発

(1) 目的

地下深部での不連続面の広がりを把握するために、深度 1,000m 程度の試錐孔を利用した弾性波トモグラフィー調査の技術開発を実施する。本開発は、適用試験を含む孔内震源（非破壊震源）の開発とデータ解析技術開発からなり、平成 9 年度は孔内震源の設計・製作を実施した。

(2) 実施内容

弾性波トモグラフィーデータの取得に必要な基本的なハードウェアは、試錐孔内用震源、受振器、データ収録装置である。試錐孔内用震源として従来の火薬等を用いる方法では、孔壁の崩壊を招き、その後試錐孔を利用した調査が不可能となる。そこで、試錐孔（発震孔）の崩壊を防ぐために非破壊震源を開発する必要がある。一方、それ以外の機器については、既存の機器が適用可能である。平成 9 年度は、試錐孔内用の非破壊震源であるスパーク震源の設計・製作を実施した。この震源を用いた現場性能試験は、平成 10 年度に実施する。

表 6. 2. 1 にスパーク震源の基本仕様を示す。超深地層研究所計画において掘削される直径約 100mm、深度 1,000m 程度の試錐孔に適用可能なよう、装置の外径を最大で 80mm とし、耐圧性能を地下 2,000m の静水圧に相当する最大 200Bar、耐温度性能を地下 1,000m で想定される最大 70°C とした。

図 6. 2. 1 にスパーク震源（孔内部）の概念図を示す。孔内部は、電気回路基板が収められているエレクトロニクスセクションと大容量のコンデンサーが収められているキャパシタセクション、およびスパーク電極が収められているエレクトロードセクションから構成される。その他、地上部の装置として、発震のスイッチや孔内部への給電装置などを有するコントロールパネルがある。本スパーク震源は、一対の電極を用いて瞬間放電させることにより生じるエネルギーを電解液を介して音響波として外部に伝える仕組みである。

製作時には室内試験も合わせて実施し、水槽内において本スパーク震源からの弾性波を受振させることで、基本性能を確認した。

(3) 今後の課題

調査に適用する前に、本スパークー震源を用いて弾性波トモグラフィー適用試験を実施し、本スパークー震源による弾性波トモグラフィー調査の有効性を確認するとともに、最適な調査仕様の検討を行う。

6. 3 地下水の水理特性・地球化学特性調査技術開発

6. 3. 1 1,000m 対応水理試験装置の開発

(1) 目的

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開発する。

(2) 実施内容

本装置は、平成8年度から製作を開始し、平成9年8月に完成した。装置の概念図を図6. 3. 1に示す。また、基本仕様を表6. 3. 1に示す。

本装置の製作に際しては、本装置のプロトタイプを基に耐温度性能、測定精度、操作性の向上を図るための開発課題を設定し、機能の付加、またはプロトタイプの改良により、設定した課題を実現した。装置の概要は、平成8年度報告書の通り（東濃地科学センター, 1997）で、設計との変更点はない。

(3) 今後の課題

今後は、本計画および広域地下水流动研究での調査に本装置を活用すると共に、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。

6. 3. 2 1,000m 対応長期モニタリング装置の開発

(1) 目的

超深地層研究所計画での間隙水圧の長期モニタリングは、基本的に既存技術

である「間隙水圧の長期モニタリングシステム（MP システム）」を活用して実施できることから、調査を通して MP システムの有効性を把握する。しかし、大規模な揚水試験や第 2 段階での立坑の掘削によって発生する地下水位の低下などに起因する高差圧環境下では、MP システムによるモニタリングが困難と予想されるため、高差圧環境下に対応する「長期モニタリング装置」を開発する。これは、現在の地表からの調査予測研究段階から坑道を利用した調査研究段階まで継続される「間隙水圧の長期モニタリング」および「水質の長期モニタリング」に適用する。

(2) 実施内容

平成 9 年度は、実用機の設計・製作に先駆けて実施した深度 200m を対象とした実験機の設計（平成 8 年度に実施）に基づき、深度 200m を対象とした実験機の製作を行っている（平成 10 年に完成予定）。装置の概念図を図 6. 3. 2 に示す。また、基本仕様を表 6. 3. 2 に示す。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。装置の概要は、平成 8 年度報告書の通り（東濃地科学センター, 1997）で、設計との変更点はない。

(3) 今後の課題

本装置の現場適用試験を通じて実用機の開発に必要となる情報を取得し、開発課題を抽出すると共に、本計画で活用する実用機を開発する。

6. 3. 3 1,000m 対応地下水の地球化学特性調査機器の製作

(1) 目的

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）と地球化学検層（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℃）での使用が可能で、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開発する。

(2) 実施内容

各ユニットは、平成8年度から製作を開始し、平成9年8月に完成した。採水機能を有するユニットの概念図を図6.3.3に、基本仕様を表6.3.3に示す。また、地球化学検層の機能を有するユニットの概念図を図6.3.4に、基本仕様を表6.3.4に示す。

この装置の製作に際しては、プロトタイプを基に耐温度性能、測定精度、操作性の向上を図るための開発課題を設定し、機能の付加、または、プロトタイプの改良により、設定した課題を実現した。装置の概要は、平成8年度報告書の通り（東濃地科学センター, 1997）で、設計との変更点はない。

(3) 今後の課題

今後は、本計画および広域地下水水流動研究での調査に本装置を活用すると共に、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。

6. 4 岩盤の力学特性調査技術開発

6. 4. 1 1,000m 対応初期応力測定装置の開発

(1) 目的

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における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 における三次元初期応力を求めることができる信頼性の高い方法は現状では存在しない。

上記のような状況を踏まえて、本技術開発では、深度 1,000m を対象として、三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ている。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。平成9年度には、この文献調査の結果をもとに、深度 1,000m の初期応力測定手法の選定を実施し、装置の

概念設計および技術的な課題について検討した。

(2) 実施内容

(i) 深度 1,000m の初期応力測定手法の選定

平成 8 年度に実施した文献調査結果から、初期応力を算出する際に設けられる仮定に関する情報が整理された。これによると、後述する方法以外のほとんどは、ひとつの主応力方向は鉛直方向である。その値は岩盤の密度分布を積分して求めた土被り圧に等しいと仮定するか、もしくは、このいずれかを仮定している。鉛直方向の応力は地表の起伏の影響や断層や褶曲などの地質構造の影響を受けるため、この仮定は必ずしも正しくない。また、地表が平坦でかつ地質構造が一様均質であっても、これらの仮定が妥当か否かは測定結果を待たねばならない。したがって、今回の研究のように、大深度における測定では、事前情報が少ないために、仮定を設けずに三次元主応力を求めることができる方法を適用することが必要と言える。

ボーリング孔を用いる方法で、主応力の大きさと方向に関して、仮定を設けず三次元初期応力状態を決定できる方法は、

①応力解放法 (Hallbjorn, L., 1986, Hallbjorn, L.ほか, 1990, Leite, M. H.ほか, 1996)

②人工ノッチを入れた水圧破碎法 (Hayashi, K.ほか, 1989)

③HTPF と地震の発振機構解析の組み合わせ法 (Zoback, M. D., 1993)

④掘削で誘起された引張き裂を用いる方法 (Okabe, T., 1996)

の 4 つである。また、ボーリングコアを用いる方法では、定方位コアが得られれば、

⑤A E 法 (金川忠他, 1981)

⑥D R A 法 (山本清彦, 1985)

⑦A S R 法 (Matsuki, K. and Takeuchi, K., 1989)

の方法が上記の様な仮定無しに三次元主応力が算出できる。

ボーリング孔を用いる方法のうち①の応力解放法については、SSPB (Swedish State Power Board) が開発したプローブ (Hallbjorn, L., 1986) を用いた測定は数百回の実績がある。その他の方法 (②、③、④) の適用例は 1 回のみである。③の方法は、地質状況によっては三次元応力を算出できない可能性があり、④の方法は、1 方向のボーリング孔のみでは三次元応力を算出できない上に、引張き裂の発生を事前に予測できないという短所がある。

ボーリングコアを用いる方法については、いずれの方法も、あるパラメー

ターの変曲点から初期応力を算出するが、そのパラメータの変曲点が、現在の初期応力のみでなく、過去の初期応力をも反映する場合があり、その違いを確認する方法が無い。測定されたパラメーターの変曲点の中から測定値を選び出すには、ボーリング孔を用いる方法による初期応力測定の結果と比較するか、土被り圧と対比する必要がある。

以上のように、三次元初期応力を算出する際の仮定や測定上の制約条件が少なく、測定の実績が多い方法は、応力解放法と言える。この方法は深度500m程度までは適用実績があり、これを1,000m対応まで改良する方が、不確定要素に左右される方法を選択するよりは、今回の技術開発に適合していると考えられる。すなわち、既存の装置に対して、耐水圧、耐高温及びハンドリングの困難さを改良すれば1,000m対応の応力解放法の装置の開発は可能と考えられる。

(ii) 装置の概念設計および技術的課題の検討（図6.4.1参照）

(a) 装置の基本的な部材

SSPBのプローブや三次元の主応力は算出できないもののカナダAECLで開発されたDDGS(Doorstopper Gauge System)(Thompson, P. M.ほか, 1991)を概観すると、プローブは以下の4つの部材から構成されていることが分かる。

- ・ひずみゲージのセルおよび接着剤
- ・ひずみゲージをパイロットボーリング孔の壁面に接着するための貼り付け装置
- ・レコーダー
- ・ひずみゲージの方位の測定装置

(b) 各部材の概念設計と課題

各部材の機能、仕様及び問題点を以下に示す。

(ア) ひずみゲージのセルおよび接着剤

- ・ひずみゲージの設計

1回の測定によって完全な三次元の主応力を求めるためには、ひずみゲージを異なる6つ以上の方向に配置することが必要である。ひずみゲージそのものの寸法は想定されるパイロット孔の径と比較して十分に小さいことから、データの欠損も考慮してゲージの数に余裕を

持たせ9枚とした。これはCSIR三軸ひずみセルと同数である。

・接着剤の検討

プローブが孔底に到達するまでにひずみゲージに塗布した接着剤が流れ落ちてしまうと、孔壁とひずみゲージとの接着が正しく行われず、岩盤の変形がひずみゲージに正確に伝わらない。これを防ぐために、接着剤には流れ落ちないための十分な粘性を持たせる工夫が必要となる。接着剤は、SSPBやDDGSでは、水中でもひずみゲージが岩石に接着できるように、アクリルレジンタイプを使用しており、硬化までに2時間程度を要する。本年度の問題点の抽出結果は、平成10年度に実施する装置の設計に反映させる。

(イ) 貼り付け装置

・ひずみゲージへの加圧方法の検討

この装置には、プローブが孔底に到達するまで、ひずみゲージ、レコーダー及び方位測定装置を保護し、孔底到達後にはひずみゲージをパイロット孔の壁面に貼り付ける機能が求められる。SSPBやDDGSでは、接着材が硬化するまでの間、装置の重量を利用してひずみゲージに一定の圧力を与える。ひずみゲージ接着のために、鉛直方向の力を水平方向に均等に分散する方法を検討する必要がある。

・ひずみゲージおよびレコーダーの着脱方法の検討

接着後には、ひずみゲージとレコーダー以外の装置を回収しなければならない。他の装置との着脱には、確実で単純な方法が理想である。

(ウ) レコーダー

・装置の小型化

レコーダーは、オーバーコアリングの開始から終了までの間に、ひずみゲージ9枚と温度及び時刻を記録する。電源はリチウム電池から供給する。データのサンプリング間隔や測定開始時刻などの測定条件の設定やデータの回収は、RS-232Cインターフェイスを介してパソコン用コンピューターで行う。既存の部品の組み合わせで概念設計したところ、全長が1450mmとなり、小型化の検討が必要となった。

(エ) 方位測定装置

・既存装置の適用

市販の孔井方位傾斜儀計を用いて、任意の方向の傾斜したボーリング孔の方針と傾斜、任意の軸と基準となるひずみゲージの回転角を測

定する。

(c) 装置の寸法および全体構成

超深地層研究所計画における 1,000m のボーリング孔は、HQ サイズ(孔径 100mm) が基本となっているが、通常行われている調査では NQ サイズ(孔径が 78mm) が一般的である。このことを考慮して、プローブの各部材の寸法(径)を検討し、各部材を組み立てると図 6. 4. 1 のように外経が 60mm となり、通常の調査での適用においても寸法上の問題点は無い。しかし、4 つの部材の組み合わせの際に、10MPa という耐水圧性を保持したまま、貼り付け装置とその他の部材との接続・切り離しが行えるようにすることが課題である。

(3) 今後の予定

1,000m 対応の応力解放法による測定装置の開発については、平成 10 年度に詳細設計および製作を実施し、平成 11 年度適用試験を実施する計画である。

6. 5 データベース

第 1 段階で実施される様々な調査や試験で得られるデータを一元管理し、データの効率的活用を図るために必要な調査データ用データベースシステム、ならびに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を構築する。

6. 5. 1 調査データ用データベースシステム

(1) 目的

平成 8 年度より、調査用データベースシステムの整備を行っている。その目的を以下に記す。

- ①調査データを長期間管理する。
- ②データの検索や切り出しを容易にする。
- ③様々な分野の研究者間でのデータの共有化を図る。
- ④データ取得時の状況や解析過程の情報の管理によりデータの品質を保証する。

(2) 実施内容

(i) データベースシステムへのデータの登録

地層科学研究において既に取得されているデータをデータベースシステムに登録する作業を行った。登録したデータの種類を以下に記す。

試錐孔データ : AN-1~8, DH-1~4, TH-1~8 の位置情報

物理検層データ : 上記試錐孔の物理検層データ

水理試験データ : 上記試錐孔で実施された孔内水理試験結果から計算された透水係数、間隙水圧

地質柱状図 : 上記試錐孔の地質柱状図

表層水理データ : 東濃鉱山周辺の試錐孔での地下水位、河川流量、および正馬様洞での気象データの1日毎の数値

(ii) データベースシステムの改良

平成8年度に導入した調査データ用データベースシステムに対して改良を実施した。具体的な改良項目を以下に記す。

- ①調査データの取得方法や解析方法などデータの品質を保証する情報を管理するためのテーブルの追加
- ②試錐孔での岩芯記載、化学分析のデータを管理するためのテーブルの追加
- ③試錐孔内での時系列データを管理するためのテーブルの追加
- ④BTV 検層によりピックアップされた孔内岩盤き裂の情報を検索・表示する機能の追加
- ⑤パソコンを利用した簡易検索ソフトウェアの開発

(iii) データベースシステムの運用

調査データ用データベースシステムを、センター内の研究者に開放し、運用を開始した。運用開始にあたり、利用講習会を実施した。

(3) 今後の課題

(i) データの登録

次年度以降も、計画の進展に伴って得られるデータを調査データ用データベースシステムに登録を行う。

(ii) データベースシステムの改良

今後、立坑の掘削を伴う調査などのデータの種類の増加に備えて、データ

ベースシステムに改良を加える。また、同時に整備を行っている地質環境データ解析・可視化システムとの間でデータの共有を図る。更に、多くの研究者の利用の促進をすすめるために、事業団 LAN を利用したイントラネットを構築する。

(iii) データベースシステムの運用

今後も、適宜データベースの利用講習会を行ない、研究者の利用を促進する。

6. 5. 2 工程管理用データベースシステム

(1) 目的

超深地層研究所計画では、複数の調査および工事が同時に実施される予定である。これらは同じ敷地内で並行して実施されるので、両者の調整を行う必要がある。また、ある地点で取得された試験値・測定値は、同時に別の地点で行われている工事や他の研究・試験の影響を受けていることも考えられる。このため、各作業の「現場での活動の記録」を保存しておく必要がある。

そこで、上記の2つの要求を満たすような工程管理データベースシステムを構築する。

(2) 実施内容

平成9年度は、建設会社の事例の調査を行い、東濃地科学センターに導入するべき形態や規模について検討を行った。

(3) 今後の課題

平成9年度に行なった事例調査を元に、平成10年度以降、工程管理データベースシステムの構築を行い、運用を行なう。

6. 6 地質環境データ解析・可視化システムの構築

6. 6. 1 目的

本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地質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。

6. 6. 2 実施内容

平成9年度は、昨年度に実施したシステムの構築に関する調査・検討の成果（東濃地科学センター, 1997）に基づいて、ハードウェア、ソフトウェアを導入し、本システムを構築した。

本システムは、メインシステムとサブシステムから構成される。メインシステムは、地質構造概念モデルや地下水流動解析の結果などを画像化する3次元グラフィックス機能、解析に必要なデータおよび地質構造概念モデル等の画像データを体系的に蓄積するデータベース機能、さらに地下水流動解析機能を有する。サブシステムでは、各種探査データを整理、加工、解析する機能を有し、地質構造概念モデルを作成する支援システムとして利用する。また、本システムで利用するデータは、6. 5. 1に示した調査データ用データベースシステムから取り出したデータを基にして、編集・加工を施したものと、本システム用のデータとして蓄積・利用する。

6. 7 VR技術・情報公開技術

6. 7. 1 VR技術による仮想体験

(1) 目的

平成9年度に、超深地層研究所計画の概要を一般の方々へ伝達する方法としてのVR技術の有効性を示すことを目的として、VR技術による仮想体験をどのように活用していくことができるかという視点で作業を開始した。平成9年度は、その1年目であり、VR技術の現状調査と、正馬様洞用地内のコミュニティープラザに設置する体験シミュレータを作製した。

(2) 実施内容

VR技術による仮想体験に関しては、以下の2点を実施した。

(i) VR 技術の現状調査

VR 技術を超深地層研究所計画に活用するに先立ち、VR 技術の現在および将来の動向について、ディスプレイシステム、センサーシステム、シミュレーションシステムに分けて調査を行い、原理および応用例について整理した。また、VR 技術の当計画への活用について調査を行い、ハードウェアおよびソフトウェアについてコミュニティープラザに設置が適当と思われる VR システムを検討した。

ハードウェアについては、VR システムが地元住民への PA の役割を持つこと、コミュニティープラザが小規模であり専属のオペレータを配置する予定がないこと等から、コンパクトで完成度が高くかつ操作の容易な少人数対応のシステムが適切である。

ソフトウェアについては、同様に上記施設が地元住民への PA の役割を持つことから、以下の内容が適切である。

- ①超深地層研究所計画の説明
- ②超深地層研究所施設の紹介
- ③研究成果の説明

同時に、アミューズメント性を持たせることで内容に対する興味を醸成することことが必要であるとの提案を受け、5つのソフトウェアのシナリオを試作した。

(ii) 超深地層研究所体験シミュレータの製作

「完成した超深地層研究所を仮想的に訪問する」内容の WindowsNT パソコン上で動作する VR ソフトウェアを作成した。内容は、研究所敷地、研究管理棟、坑口建屋、エレベータ、地下施設を仮想的に見学することができるというものであり、現在、コミュニティープラザにおいて公開している。

(3) 今後の課題

今後は、今年度に製作した超深地層研究所体験シミュレータを、一般の方々から寄せられた感想をもとに改良することが必要である。改良点としては、以下の点が考えられる。

- ①現在、仮想体験をすることができないコア倉庫、ワークショップ等の施設について、仮想体験ができるようにする。
- ②現在、仮想体験ができる施設についてもその説明、また超深地層研究所計画に関する研究内容の説明がないことから、説明を受けられるようにする。

③対象者は幅広い年齢層が想定されることから、研究内容、施設説明だけでは対象者により楽しんでいただくことが難しいと考えられる。そのため、本年度試作したシナリオ案を基に娛樂性のあるソフトウェアを製作し、システムに導入する。

6. 7. 2 技術説明用模型

(1) 目的

平成 8 年度に、超深地層研究所計画での研究内容の概要を一般の方々に伝えるため、同施設の技術説明用模型を製作した。その後、同模型を用いて超深地層研究所計画の説明を行っているが、同模型の一部表現に対して趣旨の理解が困難であるとの指摘があった。したがってその指摘箇所を改善するため、同模型の改造を実施した。

また、本計画の理解のためには調査手法の一つである試錐掘削に対する理解を深める必要があるが、試錐掘削技術は一般に知られておらず、口頭や資料で理解を求めるることは困難であった。したがってより一層の理解をしていただくため、本年度に試錐掘削の技術説明用模型の概略設計を行い、平成 10 年度には同技術説明用模型を製作することとした。

(2) 実施内容

(i) 施設説明用模型

施設の技術説明用模型（図 6. 7. 1）の改造については、以下の 2 点を実施した。

①ボーリングの表現方法の変更および地下水採水表現の追加

地上から地下方向に発光ダイオードを累重点灯させることでボーリング掘削を表現していたものを、従来は露出していたダイオードを周囲と同じ岩石模様を塗装した半透明のパイプで被うとともに、ダイオード間隔を狭めて掘削の連続的な動きを表現できるように改良した。また、地下水採水を表現するために、掘削表現用の黄色ダイオードの中に青色ダイオードを追加し、地下から地上方向に順次点灯させることとした。

②地下坑道表現箇所の改造

従来は水平坑道は 1 段だけであったが、これを 4 段にし立体化するとと

もに斜坑や排気坑も併せて設置し、将来の施設の様子をより具体的に把握できるようにした。

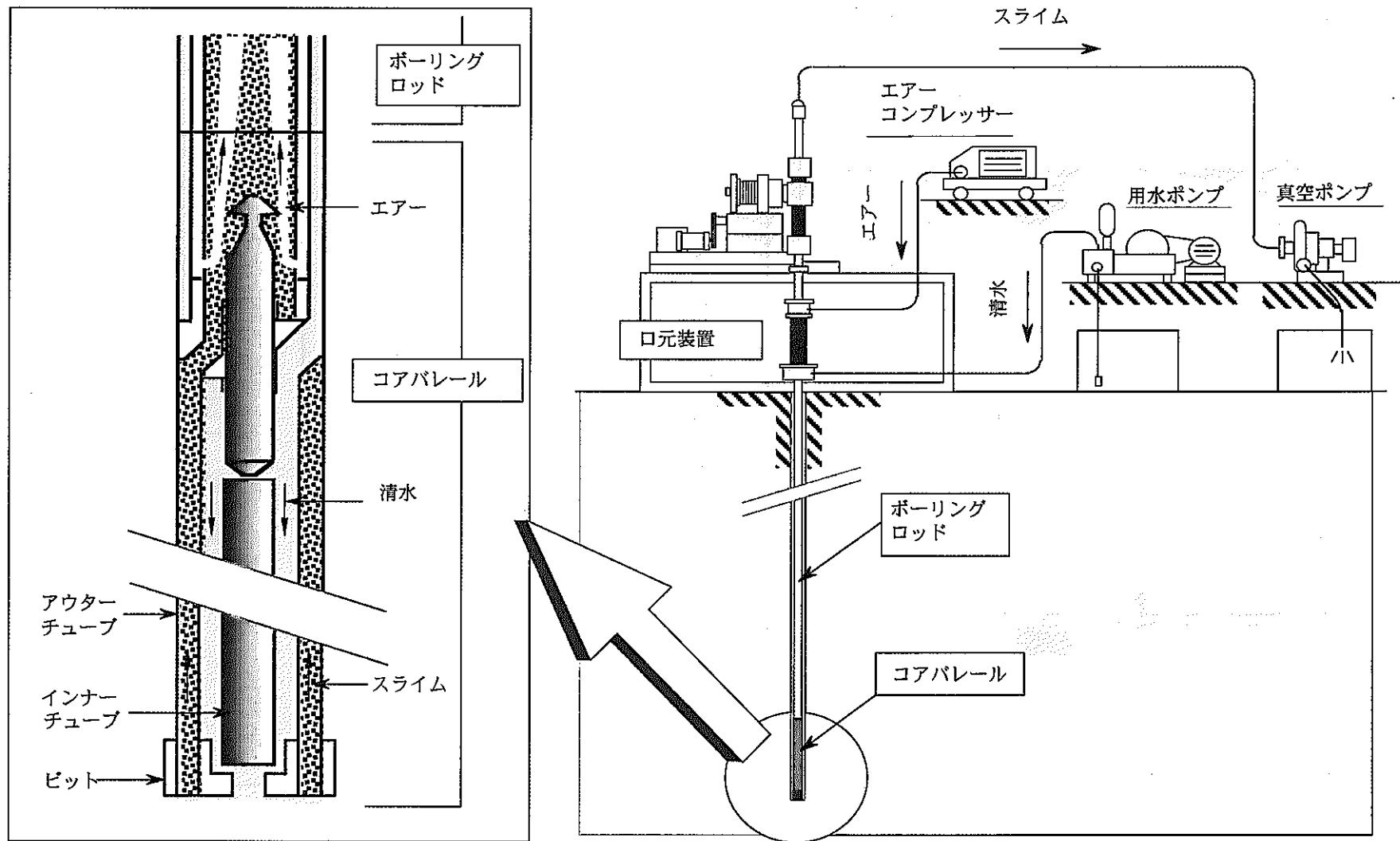
(ii) 試錐掘削説明用模型

試錐掘削の技術説明用模型の製作については、一般の方々が模型上でボーリング技術を体験できるような演出を採用するとともに、必要に応じ映像も採用するよう、概略設計を行った。

(3) 今後の課題

施設説明用模型の改造については、今後も一般の方々からの表現方法が不十分であるなどの指摘があった場合は、隨時改良を実施する。

ボーリング技術の説明用模型の製作については、設計後に製作し公開するが、技術の理解がより容易になるように、表現方法などの検討を継続して行う。



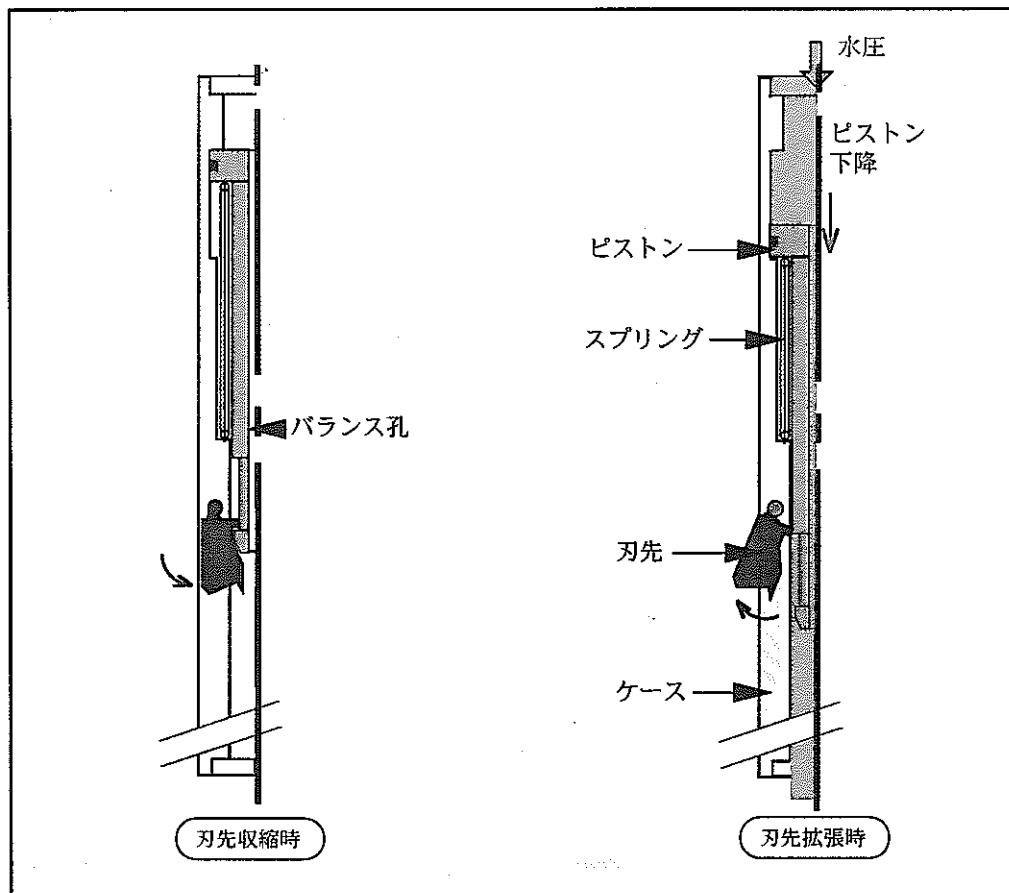


図6.1.2 部分拡孔装置の原理

試験工程	平成9年8月29日 地上での刃先の伸縮確認 拡孔装置の挿入 平成9年8月30日 拡孔試験 平成9年8月31日 キャリパー検層
試験場所	岐阜県土岐市泉町定林寺 若人の丘 DH-5号孔
試錐孔	深 度 : GL-409.00m 試験深度 : 1回目 GL-98.85~99.15m 2回目 GL-100.0~101.04m 内 径 : ϕ 96mm 地 質 : 花崗岩 水 位 : GL-30m

表6.1.1 試験の一般事項

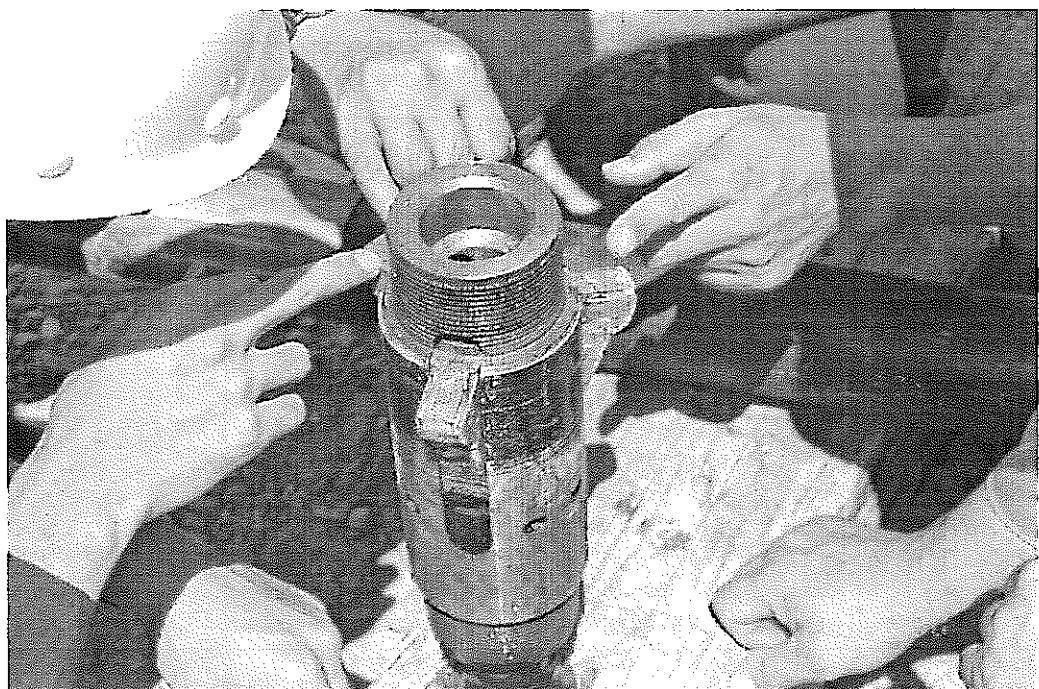


図 6. 1. 3 確認した刃先の状況（1回目）

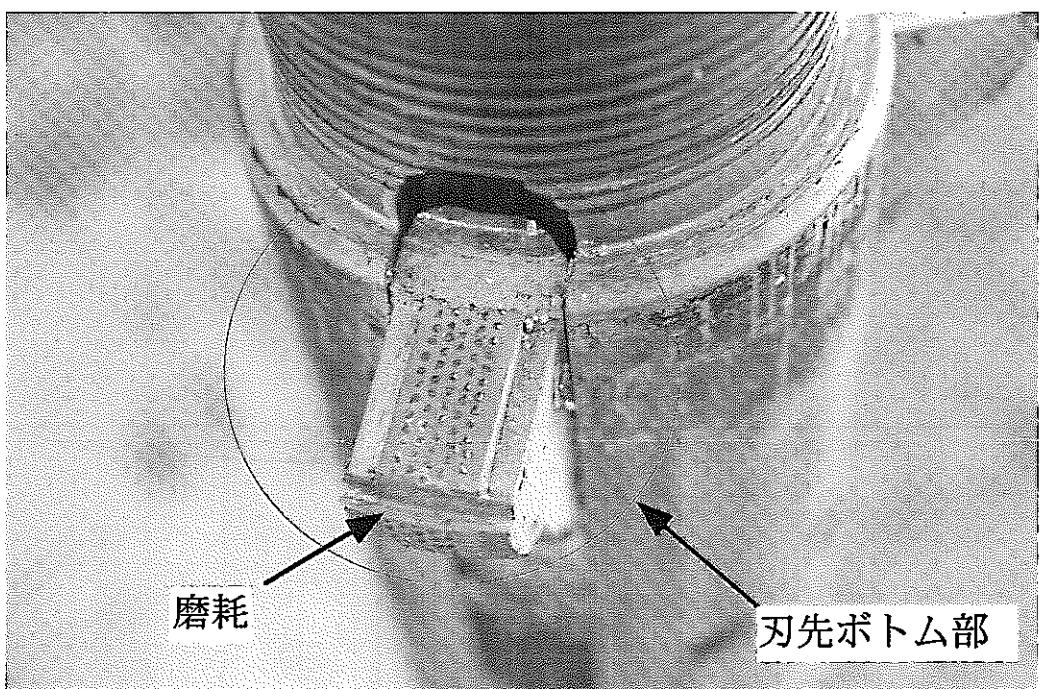


図 6. 1. 4 刀先の磨耗状況（2回目）

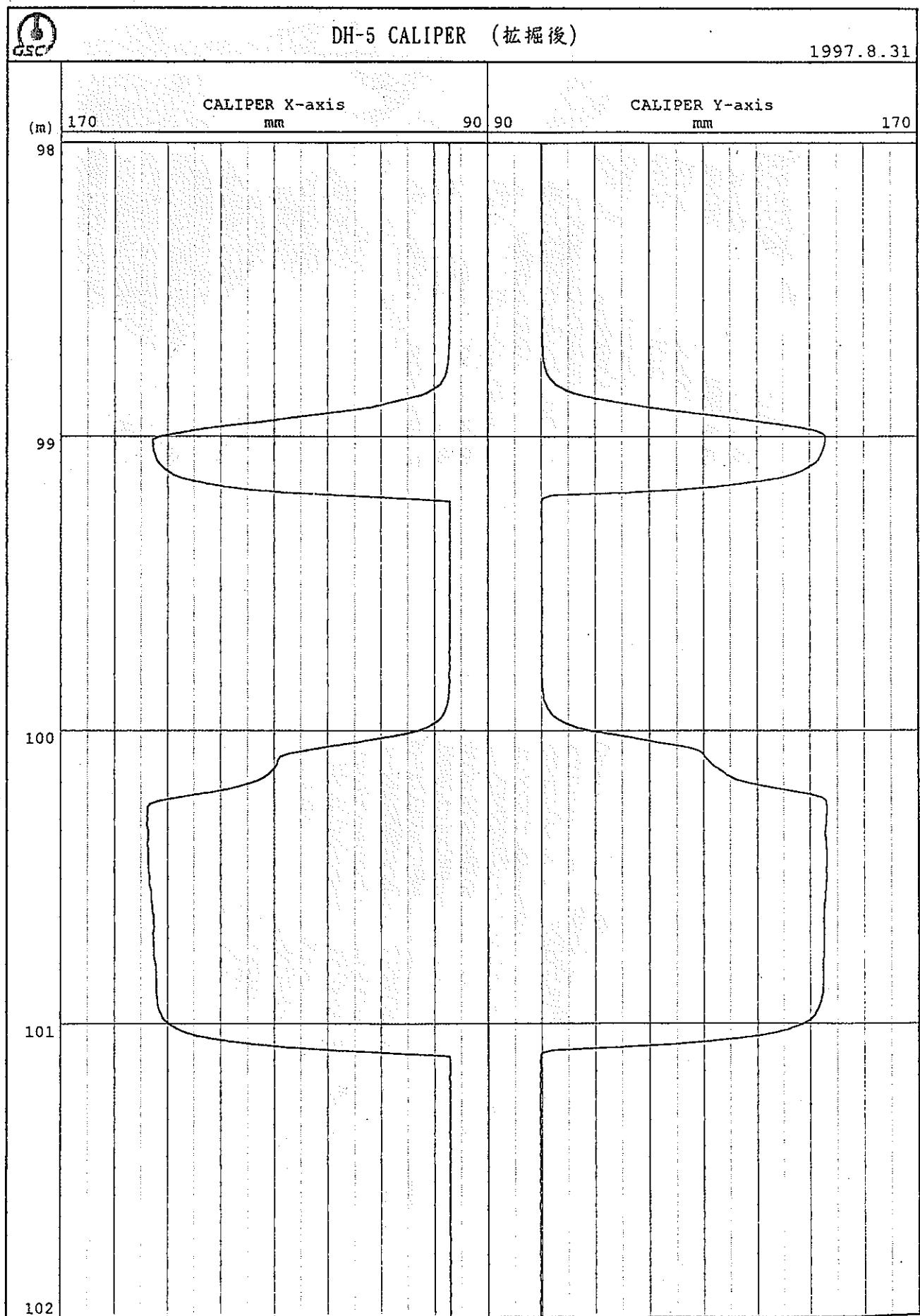


図6.1.5 キャリパー検層結果

項目	仕様
1. 寸法	
外径	最大80mm
全長（組み立て時）	4,370mm
2. 使用環境	
圧力	最大 200 Bar
温度	10°C~70°C
コントロールパネル電源	100V (50/60Hz)
3. 基本性能	
弾性波の周波数帯域	100~2,000Hz以上
弾性波の圧力レベル	震源から 1m の距離で 1.5Bar ± 10%
発震レート	1 分あたり 2 回以上

表 6. 2. 1 スパークー震源の基本仕様

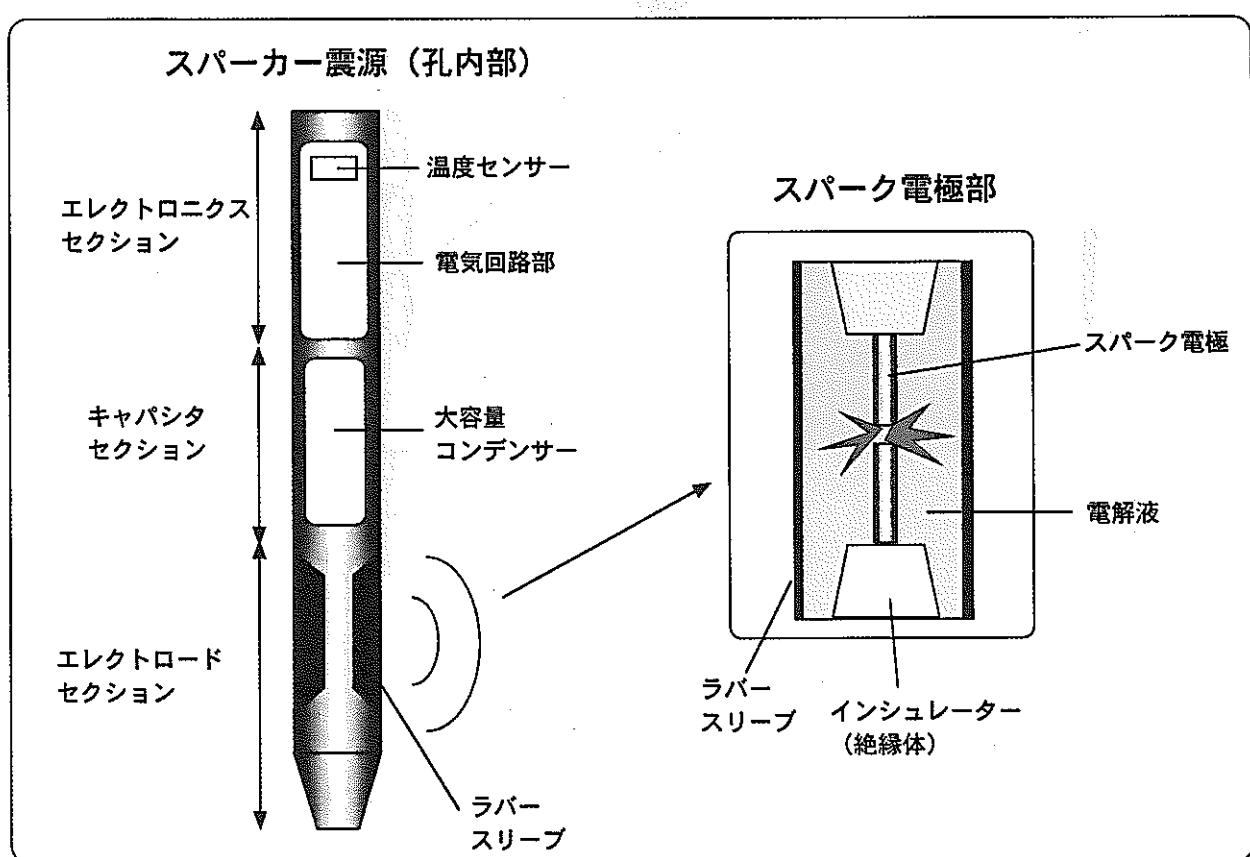


図 6. 2. 1 スパークー震源概念図

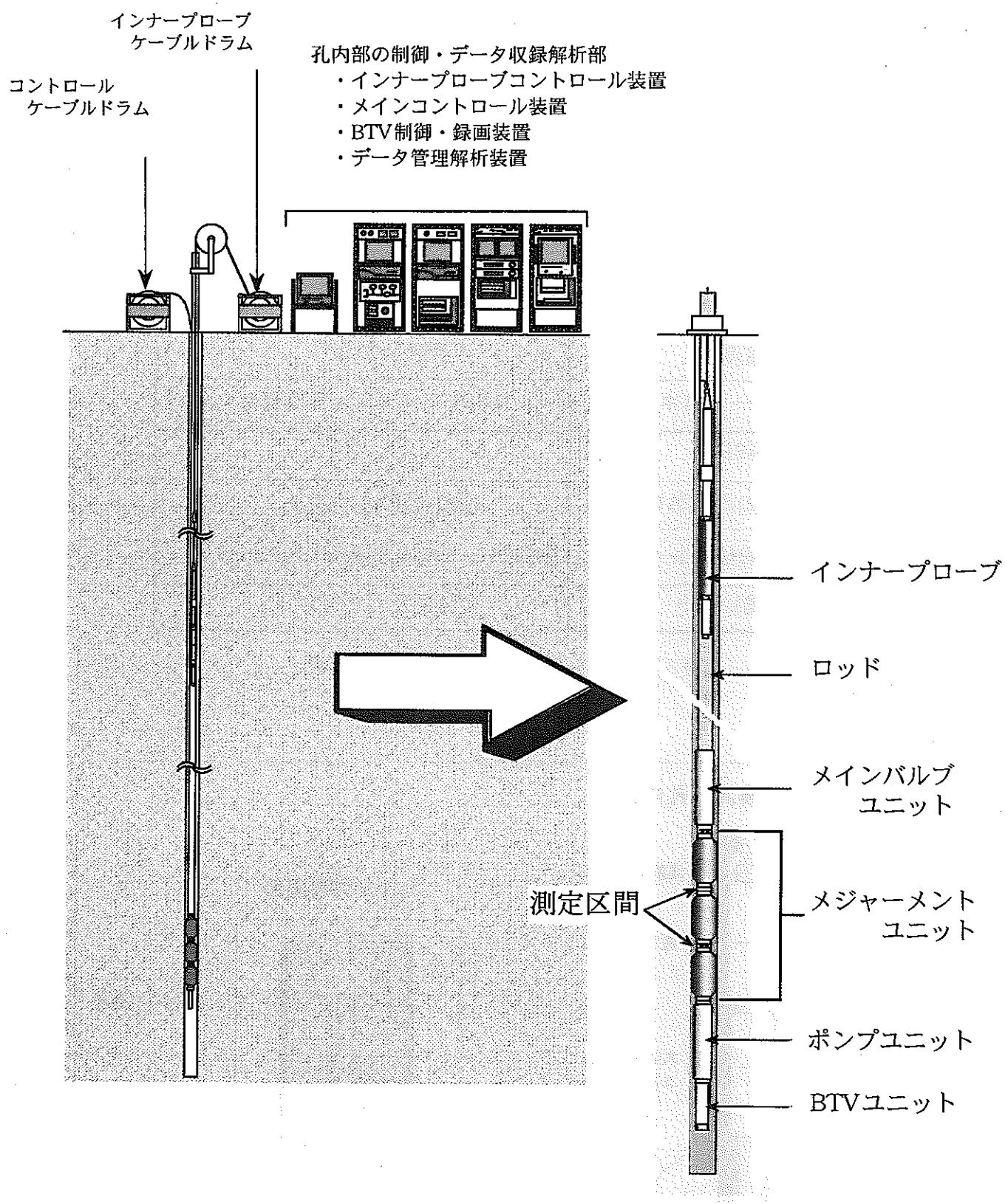


図 6. 3. 1 高温環境型1,000m対応水理試験装置の概要

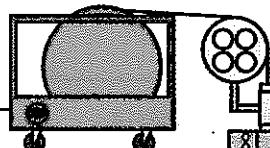
データ観測・制御装置

・インナープローブ制御装置

・データ観測収録装置

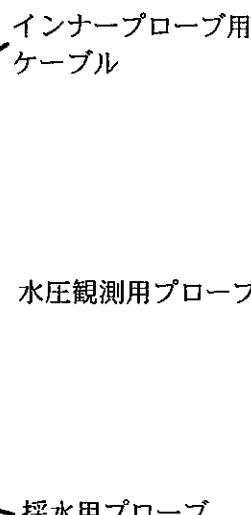
・ケーブル巻き取りドラム

・パッカー加圧装置



インナープローブユニット

- ・インナープローブ用ケーブル
- ・水圧観測用プローブ
- ・採水用プローブ



試錐孔

ダウンホールユニット

- ・ケーシングパイプ
- ・外部遮水パッカー
- ・計測／パッカー拡張ポート

図6. 3. 2 1,000m対応長期モニタリング装置の概要

適応深度	深度1,000mまで
適応温度	0~70°Cまで
適応孔径	φ 75~130mm
孔内部の最大外径	φ 70mm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	BTM機能(前方・側方同時監視型)

表6.3.1 高温環境型1,000m対応水理試験装置の基本仕様

適応深度	深度1,000mまで
適応孔径	φ 86~120mm
試験項目	間隙水圧測定、バッチ式採水
差圧条件	最大30kgf/cm ²
孔内水位の低下限界	最大G.L.-975m
観測区間数	最大20区間
観測区間長	2~25m(1m単位で調節可能)
耐温度性能	0~70°Cまで

表6.3.2 長期モニタリング装置の基本仕様

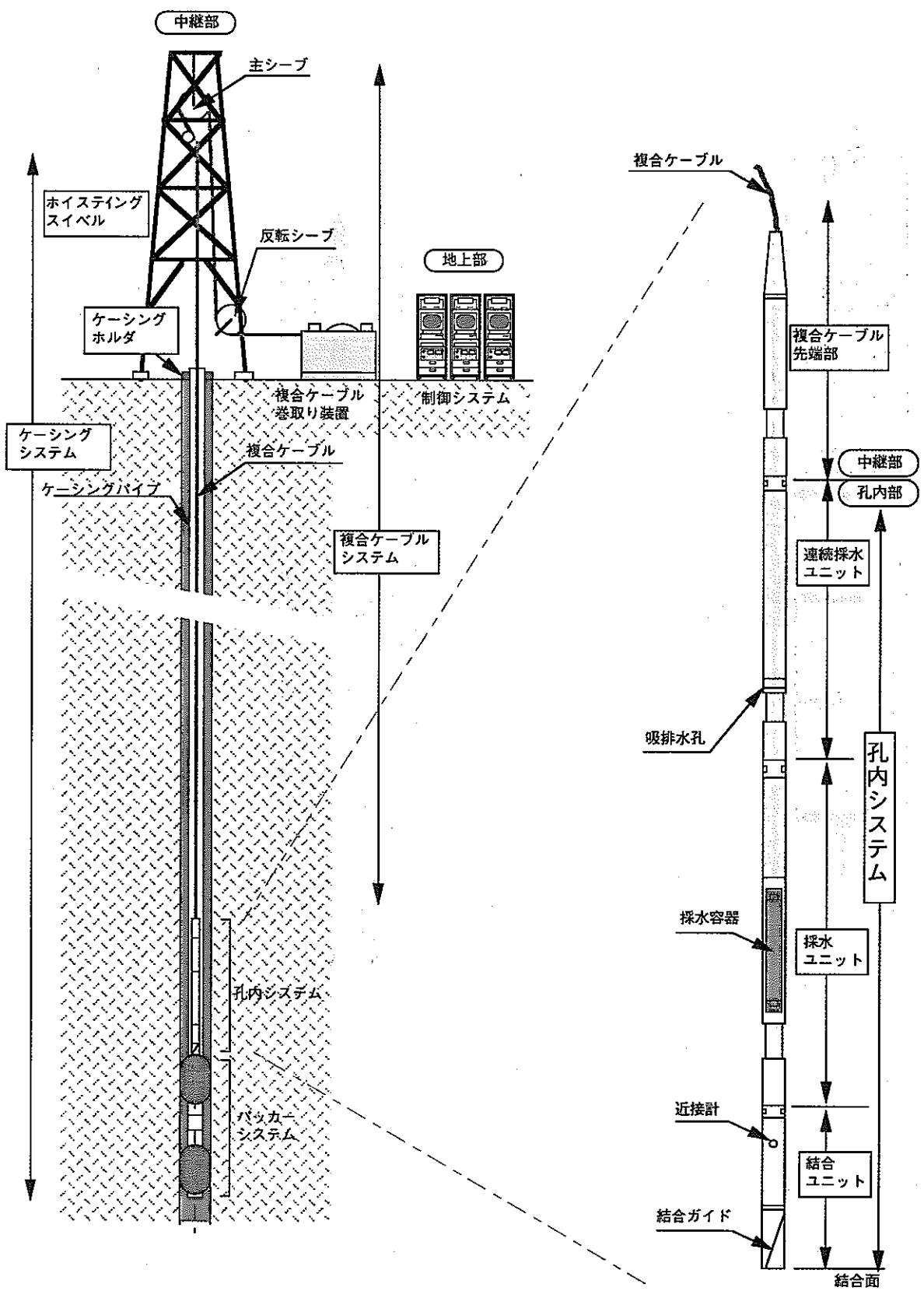


図6.3.3 高温環境型1,000m対応採水試験装置の概要

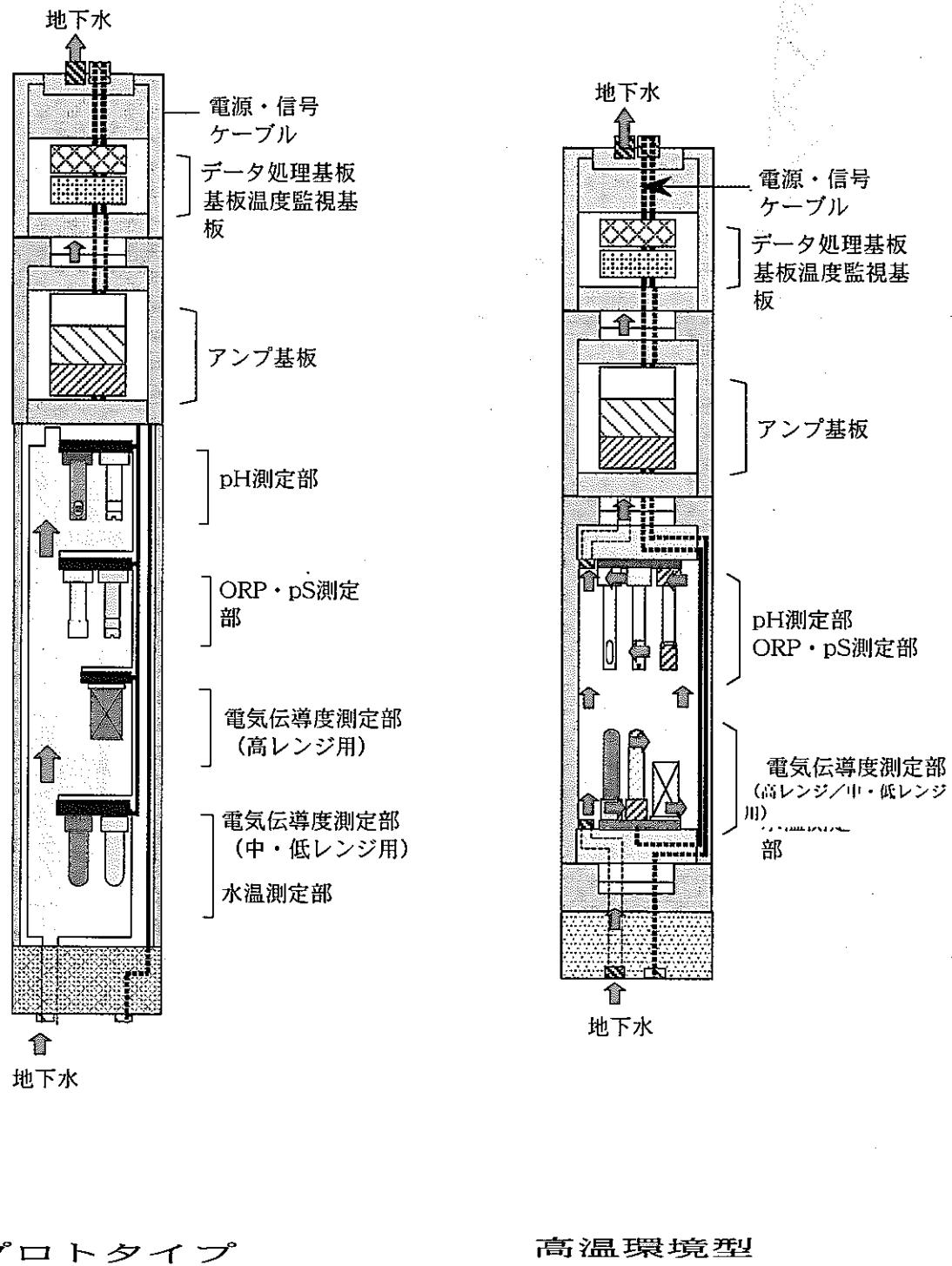


図6. 3. 4 高温環境型地球化学検層ユニットの概要

適応深度	深度1,000mまで
適応温度	0~70°Cまで
適応孔径	φ75~130mm
挿入方法	ケーシングシステム
採水区間の設置方法	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）
地下水低下限界	G.L.-300m

表6.3.3 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
適応孔径	φ75~130mm
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

表6.3.4 高温環境型1,000m対応検層ユニットの基本仕様

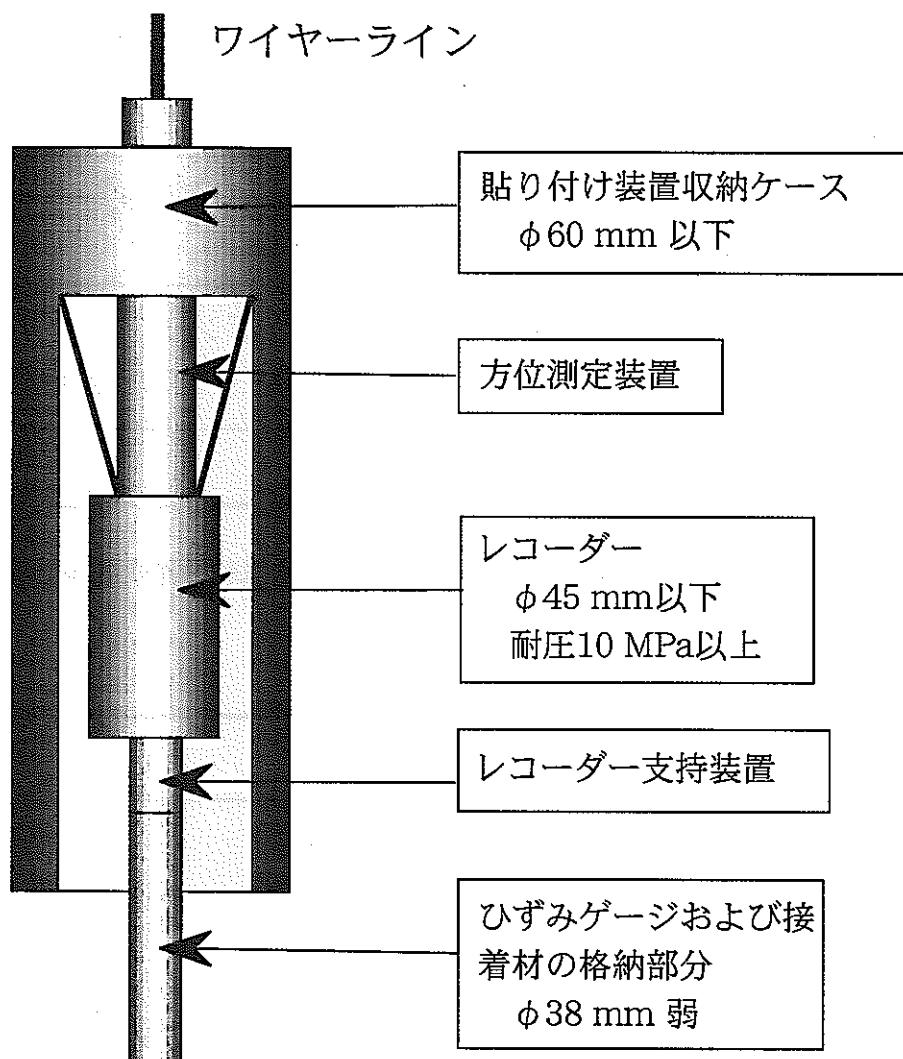


図6.4.1 プローブの概念図

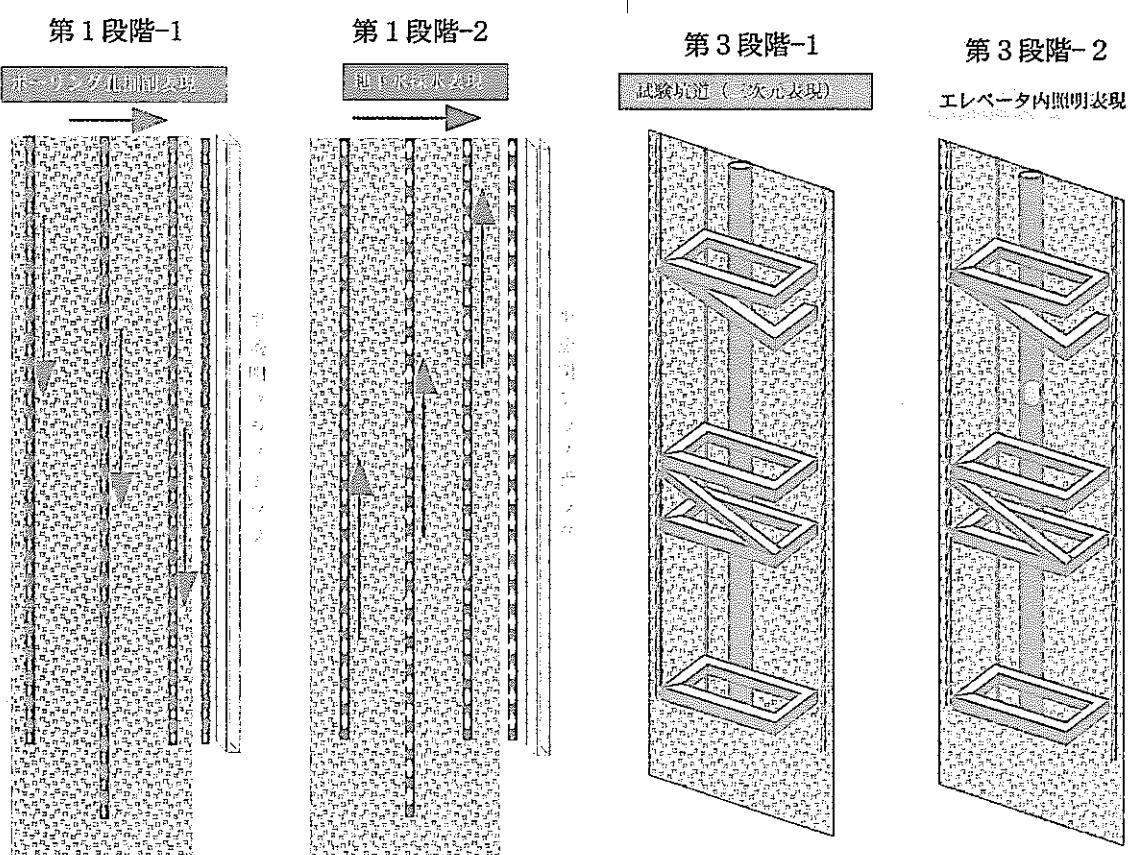
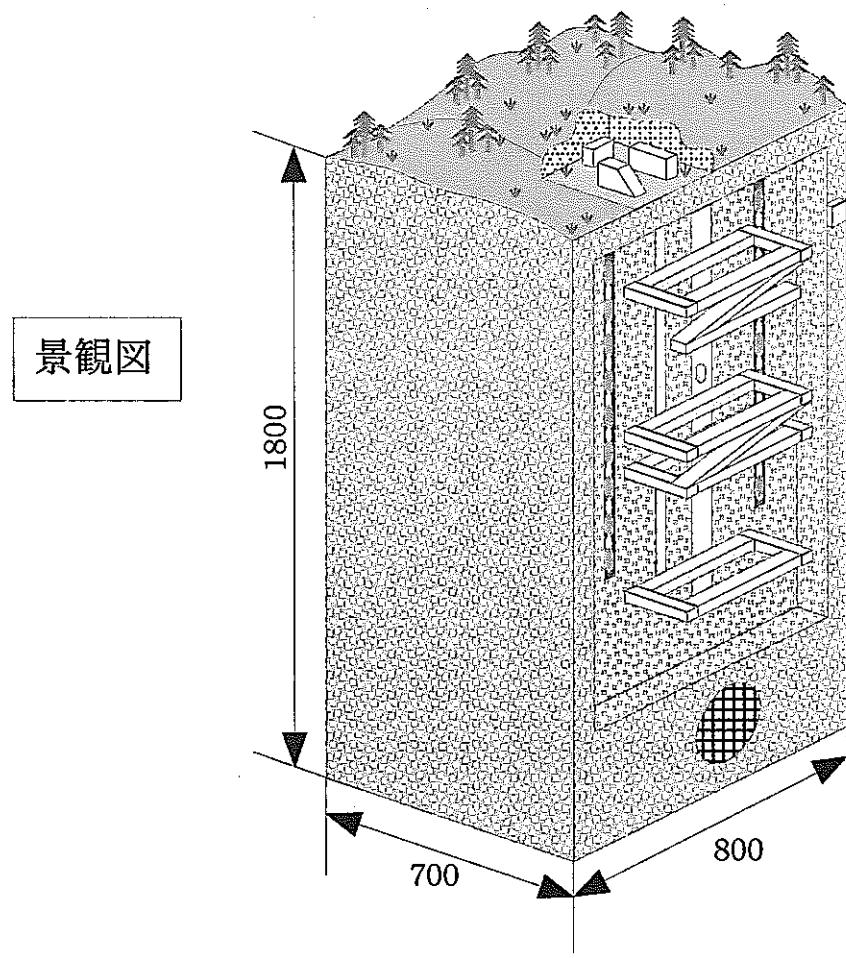


図 6. 7. 1 超深地層研究所計画の技術説明用模型の概念図

7. まとめ

平成9年度は、試錐調査、物理探査などの現地調査に着手したが、多くが平成10年度に継続して実施することとなり、調査・試験データの取りまとめ、および調査結果に基づく検討は、平成10年度に実施することとなった。さらに平成10年度には、2孔の試錐調査、物理探査など、新規の現地調査を予定している。本年度の主な研究成果としては以下のものがある。

(1) 地質・地質構造

- ・比抵抗法電気探査により、 $10 \Omega\text{-m}$ 以下の浅部と数 $100 \Omega\text{-m}$ 以上の深部に分かれる比抵抗構造を把握した。

(2) 地下水の水理

- ・浅層試錐孔（97MS-01,02）により、瑞浪層群の透水係数（ $2.2 \times 10^{-5} \sim 8.8 \times 10^{-5}$ (cm/s)）および瀬戸層群での透水係数（ 1.3×10^{-5} (cm/s)）を把握し、また地下水位長期観測により、瑞浪層群では冬季の渴水が影響し、瀬戸層群では降水が影響する傾向が見られた。
- ・新規の試錐孔（MIU-1）により、堆積岩部（明世累層、土岐炭累層、不整合部）での透水係数（各岩相ともに $10^{-5} \sim 10^{-6}$ (cm/s)オーダー）を把握し、また間隙水圧の観測により深度39m付近に帶水層が分かれる境界があることが分かった。
- ・既存の試錐孔（AN-1,3）での花崗岩部の間隙水圧観測により、年間を通して間隙水圧の変動が少ないことが分かった。

(3) 調査技術・調査機器の開発

- ・1,000m対応水理試験装置および1,000m対応地球化学特性調査機器の高温環境型を製作した。
- ・地質環境データ解析・可視化システムを設置した。

8. 参考文献

- 東濃地科学センター(1996)：超深地層研究所地層科学研究基本計画，PNC TN7070 96-002
- 東濃地科学センター(1997)：超深地層研究所計画年度計画書(平成9年度)，PNC TN7010 97-005
- 東濃地科学センター(1997)：超深地層研究所計画平成8年度調査研究報告書，PNC TN7410 97-042
- 金川忠他(1981)：岩石のカイザーエフエクトを利用した地圧測定法，電力中央研究所報告，研究報告381004，1981
- 山本清彦(1985)：岩石試料内応力場の微細構造と先行応力記憶機構，昭和58, 59年度科学研究費補助金(一般研究B)研究成果報告書，1985
- Hallbjorn, L.(1986) : Rock stress measurements performed by Swedish State Power Board, Proc. International Symposium on Rock Stress Measurement, Stockholm, pp.197-206, 1986
- Hallbjorn, L., Ingevald, K., Martna, J. and Strindell, L. (1990) : A new automatic probe for measuring triaxial stresses in deep bore holes, Tunneling and Underground Space Technology. Vol.5, pp.141-145, 1990
- Leite, M. H., Corthesy, R., Gill, D. E., St-Onge, M. and Don, N. (1996) : The IAM - A down-the-hole conditioner / data logger for the modified doorstopper technique, Proc. 2nd North American Rock Mechanics Symposium, Aubertin, pp.929-936, 1996
- Hayashi, K., Ito, T. and Abe, H. (1989) : In situ stress determination by hydraulic fracturing - a method employing an artificial nozch, Int. J. Rock Mech. Sci. & Geomech. Abstr. Vol.26, pp.197-202, 1989
- Zoback, M. D.(1993) : In situ stress measurements and geologic processes, Proc. of a short course in- Modern In Situ Stress Measurement Method, Univ. of Wisconsin Madison, pp.1-23, 1993
- Okabe, T., Shinohara, N., Takasugi, S. and Hayashi, K.(1996) : Earth crust field estimation by using vertical fractures caused by borehole drilling, Proc. 8th international Symposium on the Observation of the Continental Crust Through Drilling, Tsukuba, 1996
- Matsuki, K. and Takeuchi, K.(1989) : Three-dimentional in situ stress determination by anelastic strain recovery of a rock core, Int. J. Rock Mech. Sci. & Geomech. Abstr. Vol.26, pp.197-202, 1989
- Thompson, P. M., Corthesy, R. and Leite, M. H.(1991) : Rock Stress determinations at great depth using the modified doorstopper gauge, Rock Stress, Balkema, Rotterdam, pp.59-64, 1991