

JNC TN7400 2000-004

公開資料

DH-4号孔における調査研究報告書

1999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下さい。

〒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-cho, Toki-shi, Gifu-Pref. 509-5102

Japan

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

1988

目 次

1. はじめに	1
2. 地質概要	1
3. 試錐掘削および調査・研究の実績	4
4. 調査研究結果	8
(1)地質調査	8
(2)水理調査	10
①間隙水圧の測定結果	10
②透水係数の測定結果	11
(3)温度検層	13
(4)ボアホールテレビ測定	14
(5)試錐孔の孔曲り測定	15
(6)採水調査	15
(7)フローメータ検層	18
(8)簡易揚水試験	19
5. まとめ	21
6. 特記事項	21

1. はじめに

東濃地科学センターでは、地層処分研究開発の基盤である地層科学研究の一環として、広域地下水流動研究を平成4年度から実施している。広域地下水流動研究は、東濃鉾山を中心とした約10km×10kmの地域（図1参照）を対象に、地下水の流れを明らかにするための研究のみならず、地質・地質構造、地下水の地球化学などの分野の研究を包含した総合的な地質環境を把握するための調査研究である。

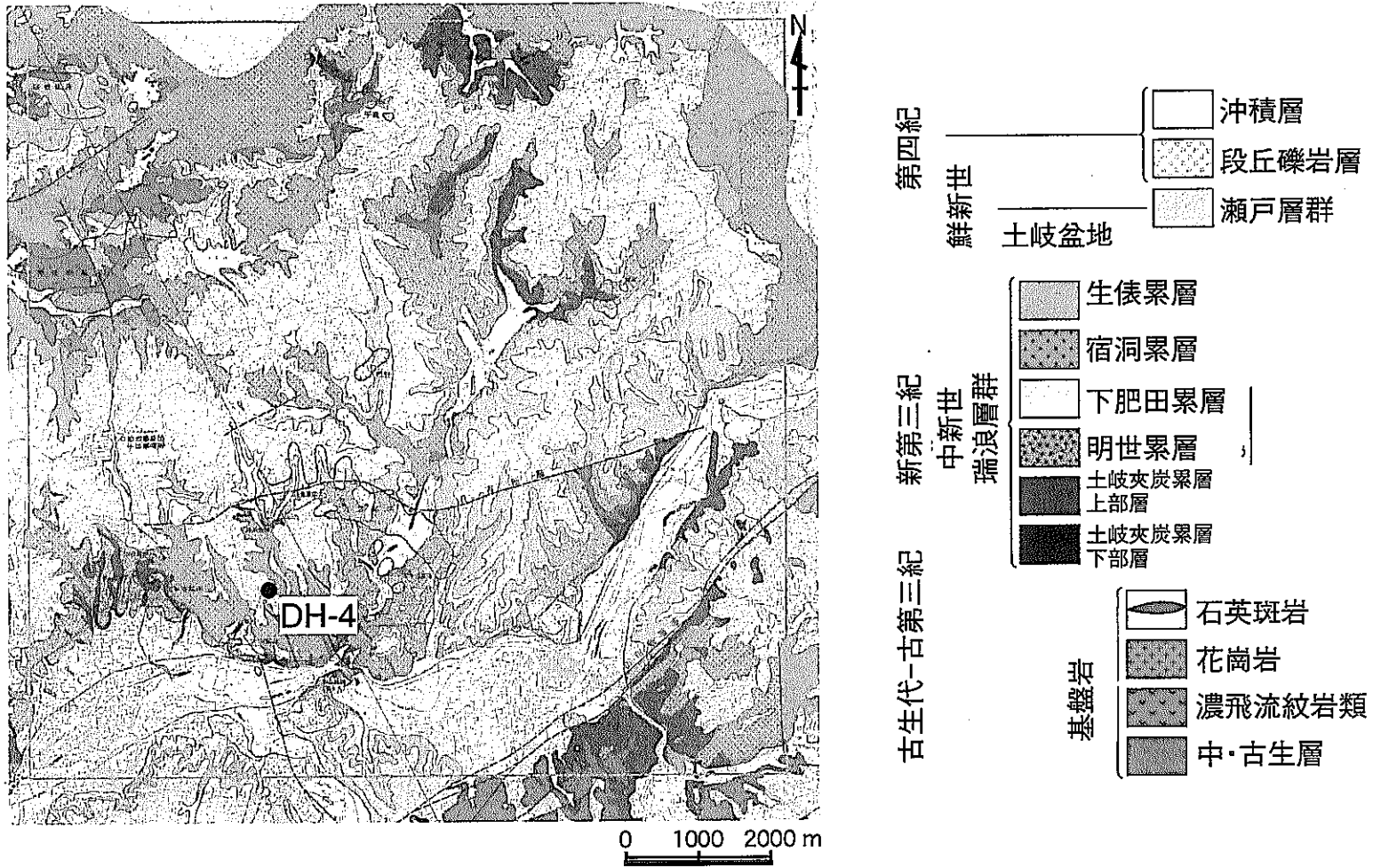
この研究においては、地下深部のデータを直接取得できる試錐孔を用いた調査研究が非常に重要であり、地下深部の地質や地質構造に関する調査研究、地下水の流れに関する調査研究、地下水の水質に関する研究などが1本の試錐孔を用いて多角的に実施されている。

本報告書は、広域地下水流動研究のための試錐孔として4番目に掘削されたDH-4号孔で行われた試錐掘削ならびに各種調査研究の結果の概要をまとめたものである。DH-4号孔は泉町河合地内に掘削され、掘削深度は約550mである。詳細な位置については、図1を参照されたい。

2. 地質概要

本地域の地質は、先新第三紀の花崗岩類および美濃地帯に属する中・古生代の堆積岩類からなる基盤岩類とこれらを不整合に覆う中新世、漸新世、第四紀の堆積岩類から構成されている。

基盤岩類（先新第三紀の花崗岩類と中・古生代の堆積岩類）および中新統（中新世に形成された岩層）はおもに丘陵を形成しており、これらの上位には、漸新統（漸新世に形成された岩層）の瀬戸層群がほぼ水平に分布し、「土岐面」と呼ばれる丘陵頂面をなしています。第四紀の岩層は丘陵周辺の崖錐堆積物、河岸段丘堆積物および沖積層で構成されている。参考として図1に試錐孔周辺の地質図を、表1に地質年代表を示す。



東濃地域地質図および鉱床分布図
(日本のウラン鉱床(II)・動燃1988より抜粋加筆)

図1 研究領域の地質および試錐孔位置

表1 地質年代表

(単位：百万年)

代	紀	世	年		
新生代	第四紀	完新世	0		
		更新世	0.01		
	第三紀	新第三紀	鮮新世	1.7	
			中新世	5.1	
		古第三紀	漸新世	24	
			始新世	38	
			暁新世	55	
				65	
		中生代	先第三紀	後期	96
				前期	143
ジュラ紀	後期		162		
	中期		177		
	前期		212		
三疊紀	後期		234		
	中期		242		
	前期		247		
古生代	二疊紀		289		

3. 試錐掘削および調査研究の実績

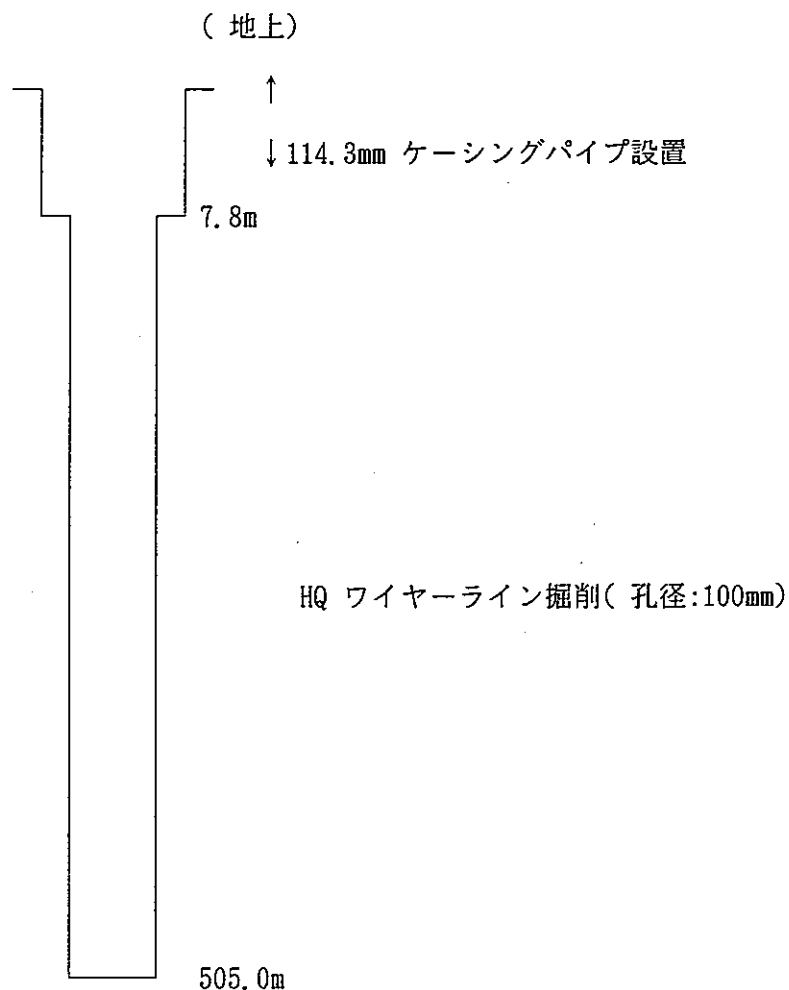
(1) 試錐掘削

(第1回目)

① 掘削期間：1994年11月11日～1995年 3月20日（請負業者実施）

② 掘削深度：505.0m

③ 掘削孔径：



(第2回目)

請負業者が掘削した深度505.0mより下部の掘削を動燃事業団の直営班で追加掘削を行った。掘削は深度550.5mまで行ったが、掘削パイプの切断事故を起こした。掘削パイプの一部は回収したが、残りは現在も深度534.6m～550.5mの区間に残留している。

①掘削期間：1995年 7月10日～1995年11月17日（直営班実施）

②掘削深度：550.5m

③掘削孔径：HQ ワイヤライン掘削（孔径：100mm）

（掘削パイプの回収作業）

①作業期間：1995年11月20日～1996年 1月16日（直営班実施）

②回収深度：深度534.60m まで

(2)岩石固化材（ウレタン）による保孔試験

試錐孔口元ケーシングを固定するため、DH-1号でもテストした岩石固化材（ウレタン）を使用した。

①試験日：1994年11月26日

②試験機器：ウレタン注入装置

③ウレタン注入深度：0～7.8m

(3)水理試験

水理試験は、試錐掘削終了後に実施した。

①試験期間：1995年 2月 1日～1995年 2月28日

②試験機器：動燃式低水圧制御水理試験装置(JFT500)

③試験深度： 1. GL- 99.0～102.0m

2. GL-185.5～188.5m

3. GL-189.0～197.0m

4. GL-239.0～242.0m

5. GL-345.0～353.0m

6. GL-378.5～381.5m

7. GL-413.0～416.0m

8. GL-461.0～472.0m

9. GL-472.0～475.0m

10. GL-494.0～497.0m

計 10 点実施

(4)物理検層

物理検層は、試錐孔周辺の岩盤の物性値を調べ、水理試験等の参考データとするために実施した。

- ①測定期間 : 1995年 1月27日～1995年 1月29日
- ②測定深度 : 505.0m
- ③測定種目 :
 - ・ 温度検層 (試錐孔内の温度分布)
 - ・ 電気検層 (岩盤の電気抵抗)
 - ・ 孔径検層 (試錐孔の孔径)
 - ・ 中性子検層 (岩盤の含水率等)
 - ・ 音波検層 (岩盤の音波速度)
 - ・ 密度検層 (岩盤の密度)
 - ・ ボアホールテレビュワー検層(試錐孔壁の割れ目観察)

(5)ボアホールテレビ測定

ボアホールテレビ測定は、試錐孔壁の割れ目の分布状況をテレビカメラにより測定するもので、水理試験等の参考データとするために実施した。

- ①測定期間 : 1995年 1月25日～1995年 1月26日
- ②再測定日 : 1995年 2月 4日(上記日時の測定時に機器の不具合が発生し再測定を実施)
- ③測定深度 : 502.0m

(6)試錐孔の孔曲がり測定

- ①試験日 : 1995年 8月 2日
- ②試験機器 : 孔井記録傾斜儀(村田式マルチプルショット)
- ③測定深度 : 0～500m(10m間隔)

(7)採水調査

- ①採水期間 : 1994年12月26日～1995年 3月15日
- ②採水機器 : パッカー式地下水サンプラー
- ③採水深度 : 186m(花崗岩)

(8)フローメータ検層

- ①試験期間 : 1996年 3月 5日～1996年 3月 6日
- ②試験方法 : スピナー型測定装置を用いた孔内流速の測定

(9)簡易揚水試験

- ①試験期間 : 1997年 2月28日～1997年 3月 7日
- ②試験方法 : エアーリフト法による揚水

4. 調査研究結果

DH-4号孔で実施した調査研究および適用試験の結果について報告する。

(1)地質調査

DH-4号孔は花崗岩類からなる岩盤に掘削された。花崗岩類は中粒の黒雲母花崗岩で構成されている。水理試験の測定区間で採取した岩芯の岩相等を表2に示す。

表2-1 DH-4号孔の水理試験測定区間の岩芯の岩相等

測定区間 〔GL-m〕	岩種区分	地層名	区間長に 換算した RQD(%)	記事
99.0~102.0	中粒 黒雲母花崗岩	土	37.0	小割れ目帯。 緑泥岩の充填。
185.5~188.5	中粒 黒雲母花崗岩	岐	18.0	割れ目帯。弱放射能異常 部乳白色化変質。酸化鉍 物緑泥岩の充填。
189.0~197.0	中粒 黒雲母花崗岩	崗	19.0	割れ目帯。 掘削時の逸水。 粘土鉍物の充填。
239.0~242.0	中粒 黒雲母花崗岩	岩	10.0	割れ目帯。 孔径拡大部。

表 2 - 2 DH - 4 号孔の水利試験測定区間の岩芯の岩相等

測定区間 〔GL - m〕	岩種区分	地 層 名	区 間 長 に 換 算 し た R Q D (%)	記 事
345.0~353.0	中 粒 黒雲母花崗岩	土 岐 花 崗 岩	0	断層部。孔径拡大部。 割れ目帯。 暗緑色変質。
378.5~381.5	中 粒 黒雲母花崗岩		63.0	小割れ目帯。 石英脈。
413.0~416.0	中 粒 黒雲母花崗岩		93.0	健全部。
461.0~469.0	中 粒 黒雲母花崗岩		0	方解石, 石英, 緑泥岩 脈。孔径拡大部。 割れ目帯。
472.0~475.0	中 粒 黒雲母花崗岩		0	割れ目帯。 孔径拡大部。
494.0~497.0	中 粒 黒雲母花崗岩		70.0	割れ目帯。 暗赤色変質。

(2)水理調査

地下水の流れを明らかにするために必要な基礎データを得る目的で、間隙水圧の測定と透水係数の測定を行った。間隙水圧とは、孔内の岩盤中の隙間を満たしている水の圧力のことである。また透水係数とは岩盤中の水の透り易さを表す係数である。以下、それらの測定結果について述べる。

①間隙水圧の測定結果

表 3 に間隙水圧の測定結果を示した。

表 3 間隙水圧の測定結果

測定区間[GL-m]	平衡水位[GL-m]	水位長[m]	岩 相	地 層
99.0～102.0	59.0	40.0	中粒黒雲母花崗岩	土 岐 花 崗 岩
185.5～188.5	62.0	123.5		
189.0～197.0	62.9	126.1		
239.0～242.0	61.7	177.3		
345.0～353.0	62.9	282.1		
378.5～381.5	62.6	215.9		
413.0～416.0	62.5	350.5		
461.0～469.0	64.4	396.6		
472.0～475.0	64.7	407.3		
494.0～497.0	63.0	431.0		

ここで、GL-mとは地表面からの距離を表し、また平衡水位とは、水位の変化が安定した時の水位である。通常、間隙水圧は水柱の長さで表す。例えば測定区間が[GL-60.0m～62.5m]の場合、その水位長は平衡水位[GL-11.0m]を、測定区間の上部の深度[GL-60.0m]から差し引いた長さとなる。

従って、水位長： $[GL-60.0m] - [GL-11.0m] = [49.0m]$ で表される。つまり水位長が大きいほど、その測定区間での岩盤の間隙水圧が高いことになる。

この調査結果から、DH-4号孔では間隙水圧はほぼ静水圧分布していることが明らかになった。

②透水係数の測定結果

表4に透水係数の測定結果を示した。

表4 透水係数の測定結果

測定深度[GL-m]	岩 相	透水係数[GL-m]
99.0~102.0	中粒黒雲母花崗岩	8.4×10^{-9} cm/sec
185.5~188.5	中粒黒雲母花崗岩	1.4×10^{-3} cm/sec
189.0~197.0	中粒黒雲母花崗岩	6.8×10^{-4} cm/sec
239.0~242.0	中粒黒雲母花崗岩	1.4×10^{-3} cm/sec
345.0~353.5	中粒黒雲母花崗岩	7.8×10^{-7} cm/sec
378.5~381.5	中粒黒雲母花崗岩	3.3×10^{-8} cm/sec
413.0~416.0	中粒黒雲母花崗岩	3.2×10^{-8} cm/sec
461.0~469.0	中粒黒雲母花崗岩	3.1×10^{-7} cm/sec
472.0~475.5	中粒黒雲母花崗岩	2.3×10^{-7} cm/sec
494.5~497.0	中粒黒雲母花崗岩	1.1×10^{-8} cm/sec

DH-4号孔の花崗岩類は全体に割れ目が発達しており、割れ目の多い部分で高い透水係数が得られている。図2に得られた透水係数と岩相の関係を示した。

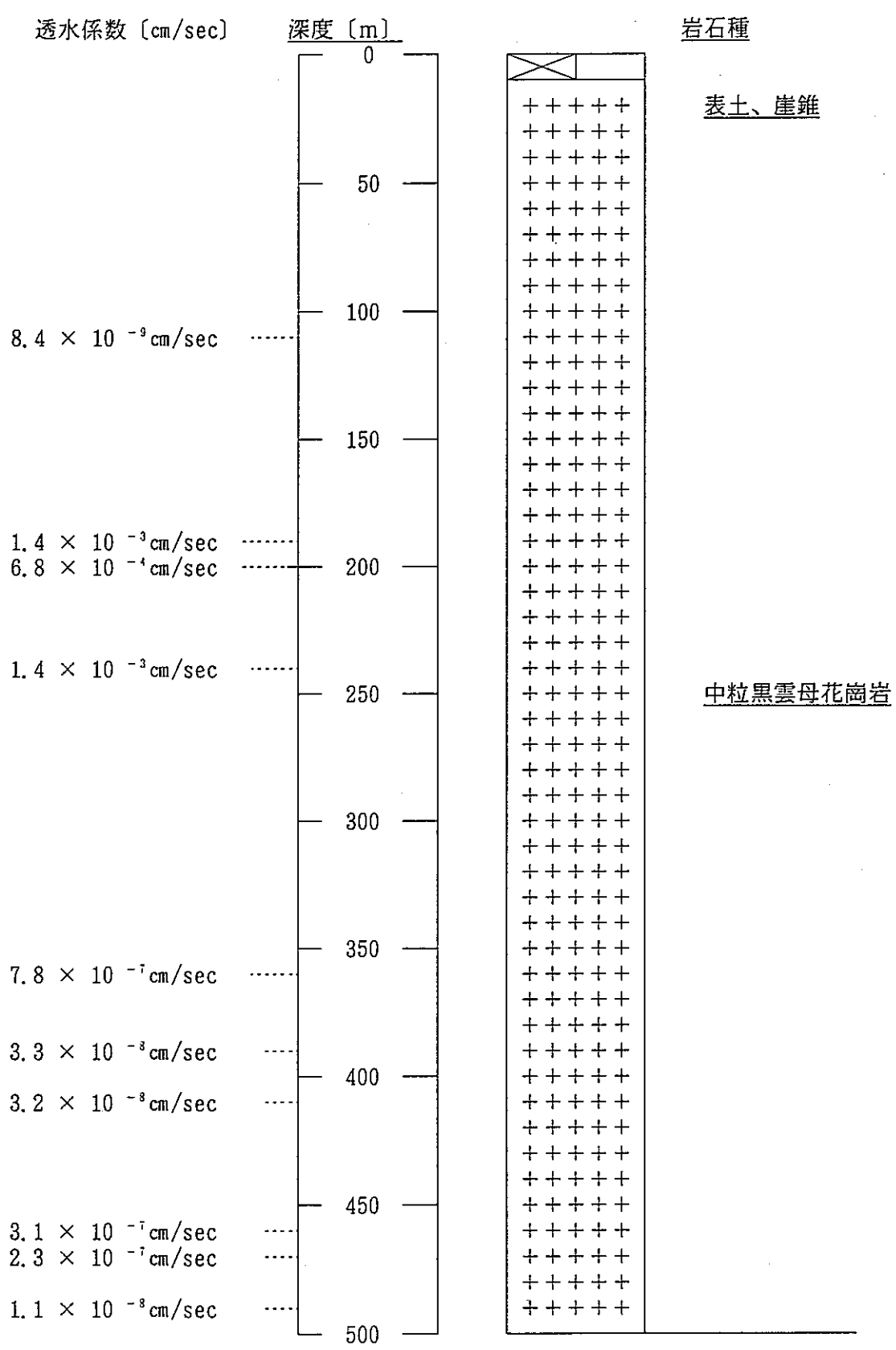


図2 DH-4号孔の柱状図と透水係数

(3)温度検層

図3にDH-4号孔の測定区間全体の温度曲線を示す。

温度曲線から本孔の温度特性について述べると、地表付近の気温の影響を除けば、温度勾配は平均地温勾配： $0.33^{\circ}\text{C}/10\text{m}$ であり、日本の一般的な地温勾配 $0.30^{\circ}\text{C}/10\text{m}$ とほぼ同じ値を示しており、本地域は熱流量の小さな地域であると考えられる。

孔内温度は深度190m, 200m, 290m, 350m付近で暖やかな温度低下を示しているが、これは孔内水の流動等による影響と思われる。

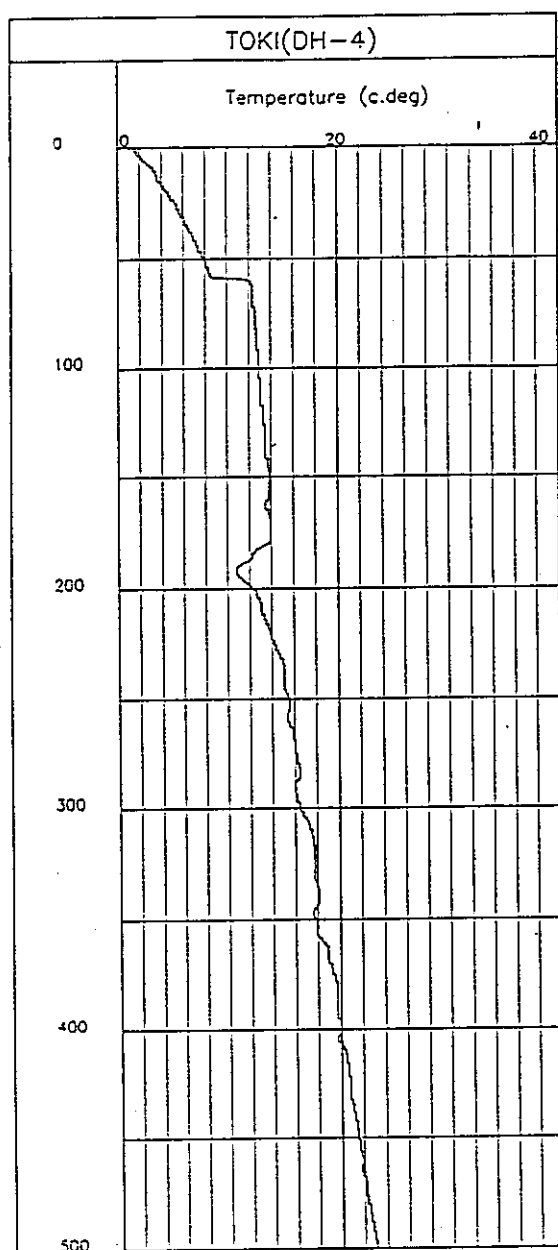


図3 DH-4号孔の温度特性

(4)ボアホールテレビ測定

試錐孔と交差する割れ目を観察するためにボアホールテレビ測定を行った。図4はその結果の一例である。DH-4号孔の岩芯は破碎されたものが見受けられたが、それは割れ目が互いに交わる2方向に発達しているためであることが、この測定の結果確認された。

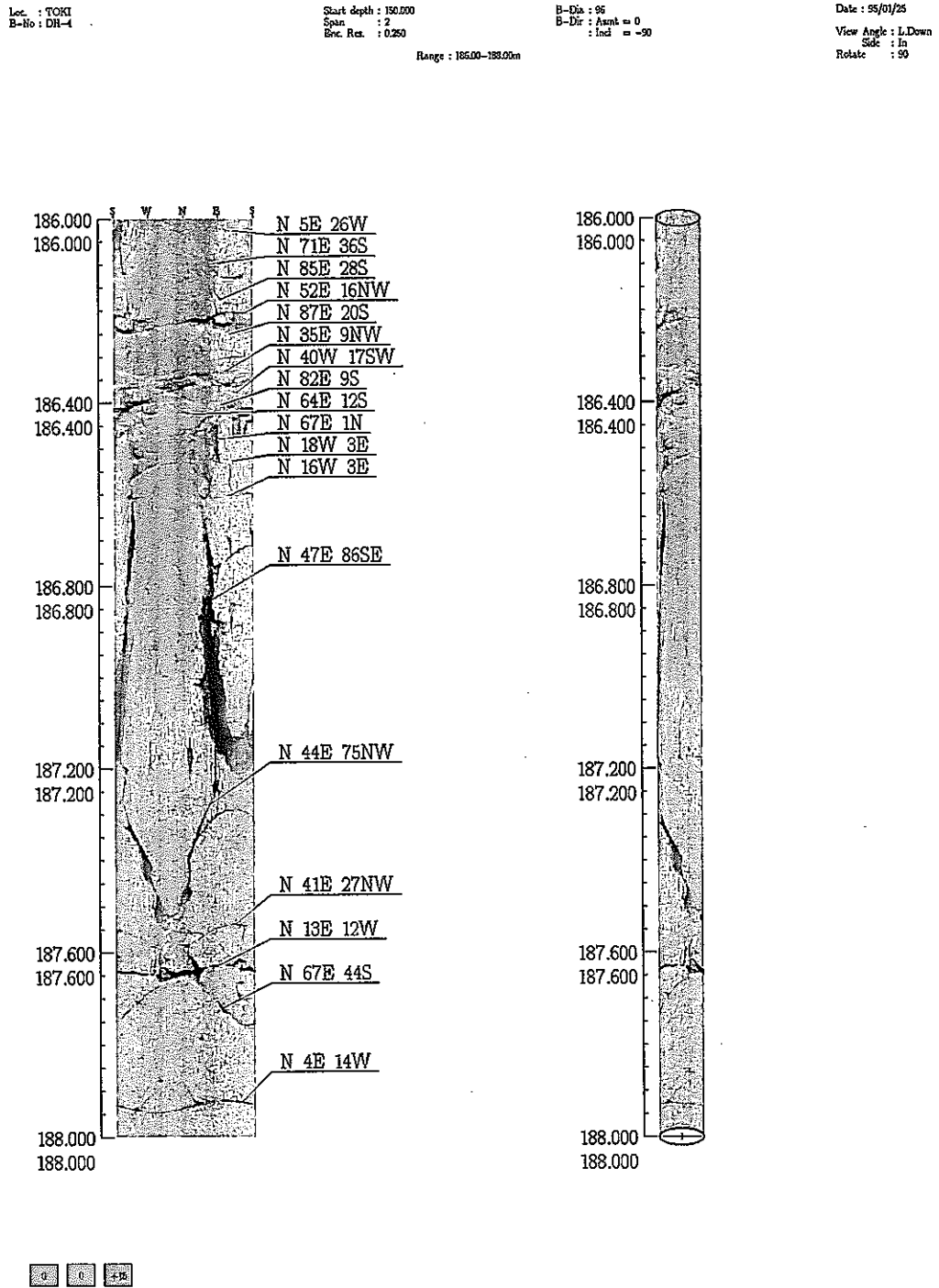


図4 ボアホールテレビ測定の結果の一例 DH-4号孔 [186m~188m]

(5) 試錐孔の孔曲り測定

試錐孔の孔曲り測定の結果、DH-4号孔は孔底でほぼ東(N85° E)に7° 20' 傾斜していることが確認された。

(6) 採水調査

土岐花崗岩中の地下水の水質や起源・年代を把握するためにDH-4号孔において地下水の採水および採取された水の分析を行った。

- ① 採水期間 : 1997年 3月 7日～1997年 4月19日
- ② 地下水採水深度 : 186m
- ③ 岩相 : 花崗岩
- ④ 採水方法 : 東濃地科学センターで開発したパッカー式地下水サンプラーを用いて、地下水を原位置の圧力・雰囲気を保ったままで採取する。

⑤ 分析項目

(i) 主要化学成分

ケイ素, チタン, アルミニウム, 鉄, マンガン, マグネシウム, カルシウム,
ストロンチウム, ナトリウム, カリウム, フッ素, 塩素, 亜硝酸, 硝酸,
リン酸, シュウ素, 硫酸

(ii) 物理化学パラメータ

pH, 電気伝導度, 温度, 酸化還元電位

(iii) 環境同位体

水素同位体, 酸素同位体

⑥ 調査結果

表5に採取された地下水の分析結果を示す。調査地点の地下水は中性で、その水質はナトリウムと鉄、カルシウムに富むことが判明した。また、環境同位体(トリチウム)の測定から、数十年前に降った雨水が地下水となっていることが判明した。

表 5 - 1 地下水の採水条件

DH - 4 号孔		(単位)
深さ	- 1 8 6	(G. L. -m)
海拔	8 0 . 6	(S. L. m)
p H	6 . 8	
水温	1 3	(° C)
総溶存成分濃度	1 5 0	(mg/ ℓ)

表 - 5 -2 地下水分析結果

試料名	Si	Ti	Al	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Σ Fe	Mn	Mg ²⁺
(単位)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
DH-4(1)	5.6	<0.01	<0.02	9.34	<0.05	9.34	0.77	1.88

注) 表中の < 0 . 0 1 等の表示は、検出限界以下であることを示す。

表 - 5 -3 地下水分析結果

試料名	Ca ²⁺	Sr ²⁺	Na ⁺	K ⁺	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻
(単位)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
DH-4(1)	17.6	0.11	13.3	6.13	4.99	2.74	<0.02	<0.02

表-5-4 地下水分析結果

試料名	Br ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	δ D	δ ¹⁸ O	トリウム
(単位)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(‰)	(‰)	(TU)
DH-4(1)	0.08	0.02	0.09	5.72	-52.5	-8	4.6

(7)フローメータ検層

花崗岩中の透水性割れ目を検出するための技術開発の一環として、フローメータ検層を実施した。

- ①測定期間 : 1996年 3月 5日～1996年 3月 6日
- ②測定深度 : 0m ～ 455m
- ③測定方法 : 自然状態および注水状態での孔内流速の測定
- ④結果

今回の測定より、孔内における地下水の流出入は主に透水性割れ目帯に規制されていることが明らかになった。また、本試錐孔ではその測定結果から4つの高透水性ゾーンが認められた(図5)。

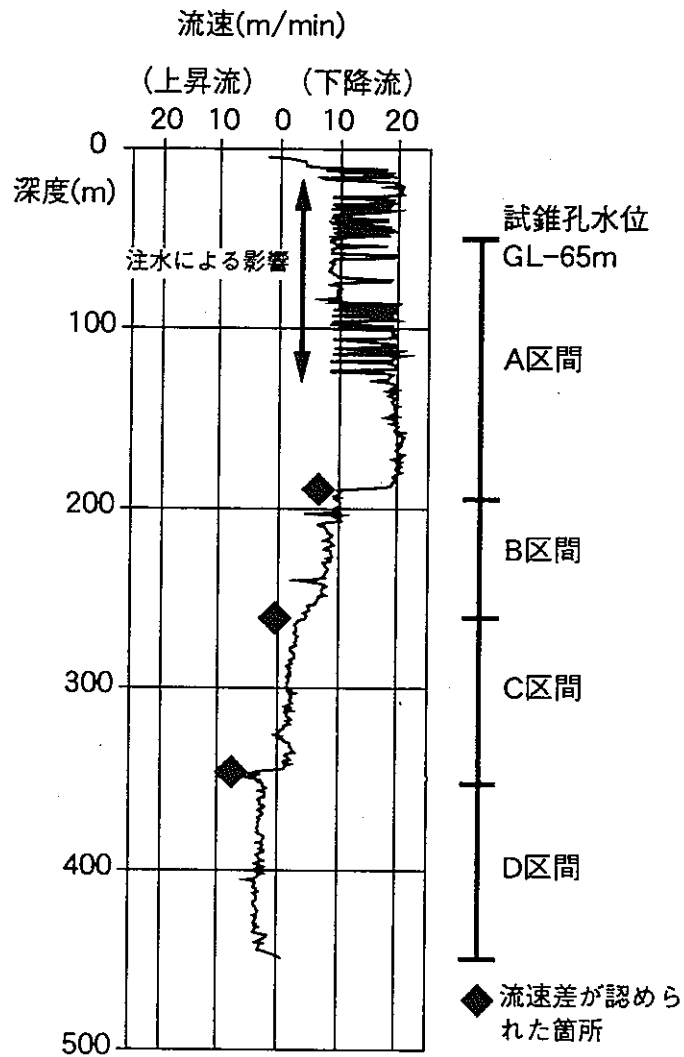


図5 フローメータ検層測定結果

(8)簡易揚水試験

DH-4号孔における揚水量を把握するために、エアーリフト法による簡易揚水試験を実施した。

①試験の仕様

試験日時 : 1997年 2月28日～1997年 3月 7日

揚水時間 : 1日平均3.5時間

17- 吹き込み圧力 : 10kg/cm²

17- 吹き込み深度 : 147m

②試験結果

累積揚水量 : 84,000 l

毎分当たりの揚水量 : 約40 l / 分

③DH-4号孔から採水した水の分析結果

表-6-1 地下水分析結果

試料名	pH	EC	Si	Ti	Al ³⁺	Pb	Cr	As
(単位)	—	μS/cm	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
DH-4(1)	7.2	102	23.99	<0.01	<0.1	<0.1	<0.04	<0.01

注) 表中の <0.01 等の表示は、検出限界以下であることを示す。

表-6-2 地下水分析結果

試料名	T. Fe	Mn	Cu	Zn	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Sr ²⁺	Na ⁺
(単位)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
DH-4(1)	1.45	0.28	<0.05	<0.01	0.37	8.05	0.06	10.50

表-6-3 地下水分析結果

試料名	K ⁻	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
(単位)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
DH-4(1)	1.55	3.30	1.17	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	5.72

表-6-4 地下水分析結果

試料名	U	TC	IC	TOC	NPOC	Hg	Cd	CN
(単位)	(ppb)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
DH-4(1)	1.65	9.84	8.9	0.91	0.93	<0.0005	<0.01	<0.001

結果として、DH-4号孔からは1分間に40ℓ程度の水を汲むことが可能であること汲み出された水には重金属等の有害物質は含まれていないことが判明した。ただし、飲料水として用いるためには、保健所等で水質の検査を受ける必要がある。

5. まとめ

DH-4号孔での調査研究の結果についてまとめると、以下のようになる。

- ①DH-4号孔付近の岩盤は花崗岩類で構成されており、割れ目が発達している。
- ②DH-4号孔では間隙水圧はほぼ静水圧分布をしている。
- ③DH-4号孔からは1分間に40ℓ以上の水を汲むことが可能であること、汲み出された水には重金属等の有害物質は含まれていないことが判明した。ただし、飲料水として用いるためには、保健所等で水質の検査を受ける必要がある。
- ④DH-4号孔で得られた深度方向の温度勾配は、日本の一般的な地温勾と同程度であり、地下に熱源がある可能性は低い地域と考えられる。

6. 特記事項

DH-4号孔の深度0m～500mまでには多量の地下水や温泉水の湧水は認められない。