

JNC TJ7440 2005-035

~~PNC ZJ1174 01-001~~

~~限定資料~~

西南日本非グリーンタフ地域新第三紀花崗 岩類の深部地質環境データ(地下水)の購入

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1991年8月

三井金属鉱業株式会社

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
してください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松 4 番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課
電話：029-282-1122 (代表)
ファックス：029-282-7980
電子メール：jserv@jnc.go.jp

Inquires about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

◎核燃料サイクル開発機構
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2005

~~その資料は、動燃事業団の開発事業を進めるため、特に限られた関係者だけに開示
するものです。ついでには、複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示
又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことは使用しな
いよう特に注意して下さい。~~

本資料についての問合せは下記に願います。

~~〒107 東京都港区赤坂1-9-13~~

~~—動力炉・核燃料開発事業団—~~

~~技術協力部 技術管理室~~

西南日本非グリーンタフ地域新第三紀花崗 岩類の深部地質環境データ(地下水)の購入

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1991年8月

三井金属鉱業株式会社

1991年 8月

西南日本非グリーンタフ地域新第三紀花崗岩類の深部地質環境データ（地下水）の購入

■■■■■*、■■■■■*、■■■■■*、■■■■■*

要 旨

本資料は既存の鉍床探査資料の中から、鹿児島県肝属郡田代町における深度 325.00mの深地田代N o. 1 試錐孔内で、動燃式B A Tシステム（500m対応）により深度GL-118.0～119.0mの区間において採取された地下水を分析し、そのデータを取りまとめたものである。

採取期間中 147回採水を行い、累積採水量は69,800ml（サンプリングカプセル区間容積の約113倍）である。

試料採取と同時に現地にて測定した地下水の温度、pH、電気伝導度は、地下水温度16.5～18.5℃（平均17.7℃）、pH6.5～8.4（平均8.2）、電気伝導度127～133 $\mu\text{s}/\text{cm}$ （平均131 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ）である。

ウラン濃度の変化を定期的にモニターするため、採取した地下水サンプル 147本のうち22本のサンプルを化学分析した結果、ウラン濃度は0.001ppm以下を示した。ウラン濃度から判断すると、採水区間は真の地下水と考えられる。

地下水の化学組成はCaHCO₃型でFe²⁺、Cl⁻+NO₃⁻の濃度は低い。一般にこの型は循環性地下水に多く見られる。

同位体分析の結果、 $\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O} + 15$ の線上に位置し、本地下水は天水起源であると解釈される。またトリチウム濃度は1.9(TR)を示し、その年齢は30年以上経過していると考えられる。

本報告書は三井金属鉍業(株)が動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務の成果である。

契約番号：022A1103

事業団担当部課室：環境技術開発推進本部 地層科学研究グループ (■■■■■)

*三井金属鉍業株式会社 資源開発部

JNC TJ7440 2005-035

~~COMMERCIAL PROPRIETARY~~

~~PNC 711174 91-001~~

AUGUST, 991

A Study of Deep Tertiary Period Granitic Rocks of the non-Green Tuff Region of Southwest Japan.

██████████ * ██████████ * ██████████ * ██████████ *

ABSTRACT

Data derived from the analysis of samples obtained from a 325 meter deep borehole (Shinchi Tashiro No.1) in Tashiro-cho, Kimotsuki District, Kagoshima Prefecture is presented in this report.

A Total of 147 groundwater samples with a total volume of 69,800ml, were taken from this borehole, between depths of 118 and 119 meters.

These samples have been analyzed and the groundwater temperature has been found to be 16.5 to 18.5°C with a pH of 6.5 to 8.4. The electrical conductivity of the water was 127 to 133 $\mu\text{s}/\text{cm}$. The concentration of uranium in the groundwater was less than 0.001ppm and concentrations of Fe, Cl and NO_3 were very low.

The age of the groundwater samples was estimated to be about 30 yeres by tritiumanalysis.

This work was performed by Mitsui Mining and Smelting CO., Ltd. under contract with the Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

PNC Liaison : Geosciences Research Program, Radioactive Waste Management Project

██████████
* : Mitsui Mining & Smelting Co., Ltd., Geology & Exploration Dept.

目 次

1. 資料調査の概要	3
1.1 件名	3
1.2 目的	3
1.3 資料採取位置及び採水箇所	3
1.4 資料調査期間	3
1.5 資料調査分析項目	3
1.6 担当者	3
2. 地形・地質	4
2.1 地形概要	4
2.2 地質概要	4
3. 調査方法	11
3.1 試料採取	11
3.2 採取位置	13
3.3 現地測定	14
3.4 地下水の水質化学分析法	17
4. 調査結果	19
4.1 現地調査結果	19
4.2 分析結果	20
5. 考 察	33
6. ま と め	34

参考文献

付録Ⅰ．採取位置

付録Ⅱ．フミン酸・フルボ酸

図表一覧

図 1.1	資料調査位置図	1~2
図 2.1	概略地質図及び断面図	7~8
図 2.2	模式地質柱状図	9
図 2.3	深地田代No.1孔模式柱状図	10
図 3.1	試料採取装置構成図	12
図 3.2	深地田代No.1孔総合検層柱状図	15~16
図 4.1	地下水のpH経時変化図	25
図 4.2	地下水の電気伝導度経時変化図	26
図 4.3	地下水化学成分のキーダイアグラム	31
図 4.4	地下水化学成分のヘキサダイアグラム	32
図 4.5	地下水の $\delta^{2}\text{H}$ と $\delta^{18}\text{O}$ の関係	32
表 3.1	地下水試料前処理方法・採水量	13
表 3.2	深地田代No.1孔透水試験結果	14
表 3.3	溶存化学成分の分析方法・測定限界	18
表 3.4	溶存化学成分の分析方法・測定誤差	17
表 3.5	同位体分析方法・分析精度・測定限界	17
表 4.1	地下水サンプリングのpH、電気伝導度測定	21~24
表 4.2	地下水の採水量	19
表 4.3	ウラニン濃度分析結果	27
表 4.4	地下水の化学成分	29
表 4.5	地下水の同位体成分	30
表 5.1	本地下水の特徴	33

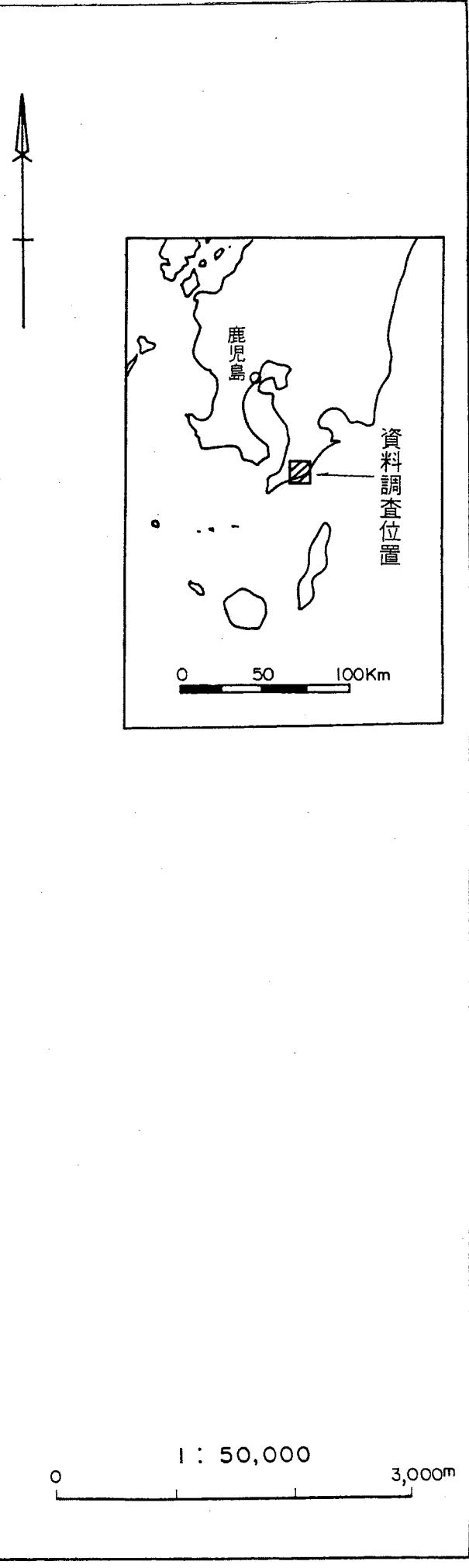
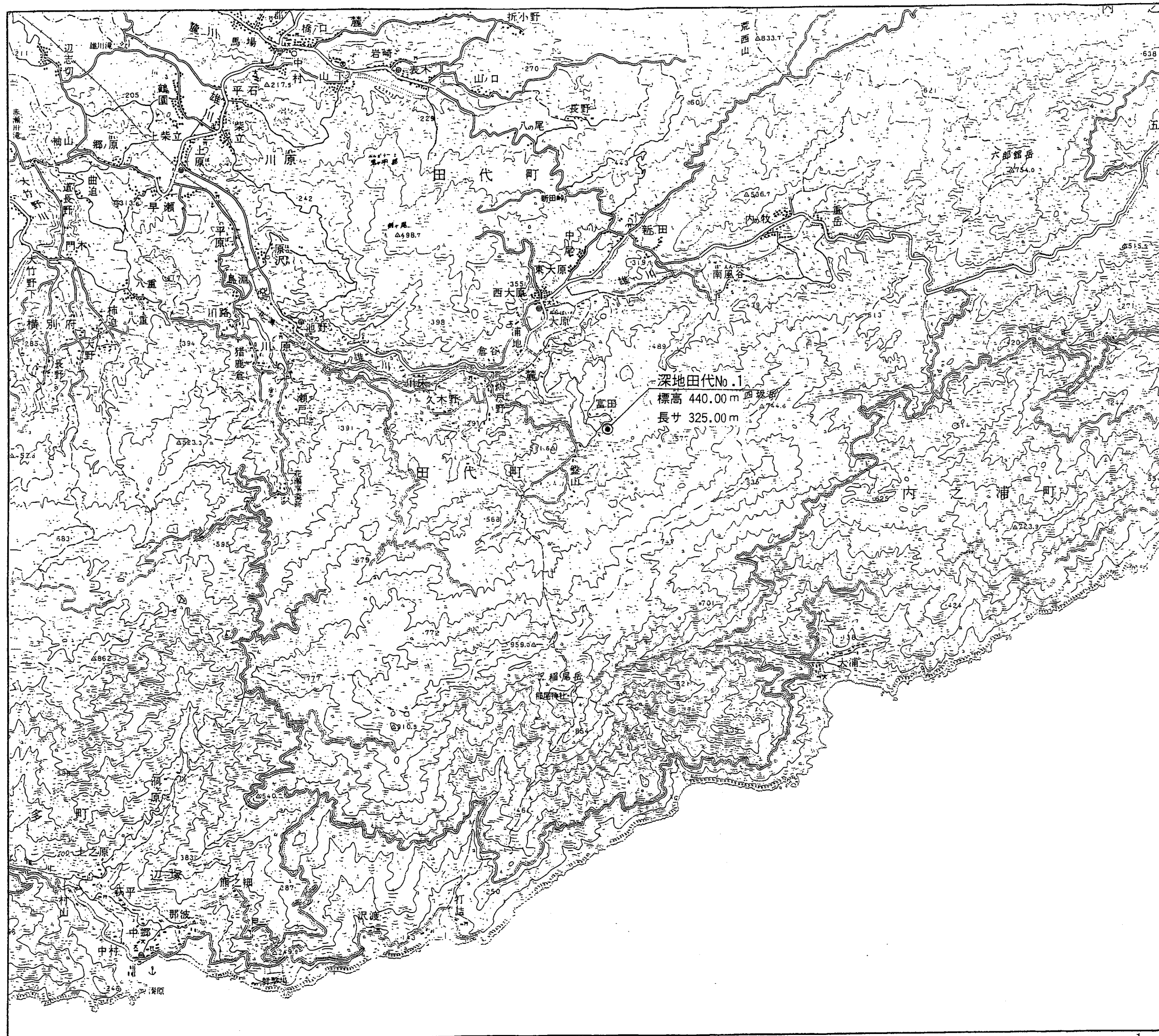


図1. 1 資料調査位置図

1. 資料調査の概要

1.1 件名

西南日本非グリーンタフ地域新第三紀花崗岩類の深部地質環境データ（地下水）の購入

1.2 目的

我が国の高レベル放射性廃棄物地層処分システムの性能評価と概念設計に資する地質環境モデルデータセットの整備のためのデータ集積の一環として、岩石の物性や地層の水理学的特性等に関する資料を購入し、モデルデータセットの構築に資することを目的とする。

1.3 資料採取位置及び採水箇所（図1.1）

鹿児島県肝属郡田代町富田南方、深地田代No. 1孔

採水箇所GL-118.0～119.0m区間：透水係数 7.78×10^{-10} cm/sec、
間隙水圧 GL-0.16m

1.4 資料調査期間

平成3年3月26日～平成3年8月29日

1.5 資料調査分析項目

本資料調査の化学分析項目は次のとおりである。

温度、pH、ORP、電気伝導度、 O_2 、 N_2 、 H_2 、He、 CH_4 、CO、 CO_2 、TOC、フミン酸、フルボ酸、 SiO_2 、 Na^+ 、 K^+ 、 Li^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Sr^{2+} 、 Al^{3+} 、 Mn^{2+} 、 Fe^{2+} 、全Fe、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 F^- 、 Br^- 、 I^- 、 S^{2-} 、 PO_4^{3-} 、 SO_4^{2-} 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、ウラニン、 3H 、 δ^2H 、 $\delta^{18}O$ 。

1.6 担当者



2. 地形・地質

調査箇所周辺の地形・地質の概要はPNC Z14174(1990)に基づいて述べる。

2.1 地形概要

対象地区は、大隅半島南東岸に北東-南西方向に連なる肝属山地の北西麓に位置し、標高1,000m未満の山岳地形を呈する。

対象地付近には、肝属山地の主稜から派生する北西-南東方向の尾根が延びており、水系もそれらの支稜の間を縫う形に、ほぼ南東から北西へと流下し大原南方で雄川に合流する。雄川の流路は大原付近で肝属山地の伸張方向に平行な北東-南西の方向であるのに対し、下流の池野付近ではこれに直交する北西-南東の方向になり、当地域の地形が地質構造の規制を蒙って形成されたことを示している。

試錐地点は、雄川左岸の支流の一つがわずかに屈曲して、東西方向の浅い谷を形成する部分に位置する。

2.2 地質概要(図2.1, 図2.2, 図2.3)

対象地区周辺は、地質構造区分上西南日本外帯に属している。基盤をなす最も古い地層は、四万十累層群上部に対比される日南層群(暁新世~中新世前期)である。今井ほか(1975)によれば、大隅半島に露出する日南層群はその下部層及び中部層に属し、岩相は、砂岩及び砂岩・頁岩薄互層(下部層)、頁岩及び流紋岩質凝灰岩薄層(中部層)からなる。下部層は、大隅半島先端の佐多岬に分布し、暁新世前期~始新世後期の有孔虫化石を産する(Kuwano, 1960)。中部層は、大隅半島の東部に分布する(今井ほか、1975、1980、九州地方土木地質図編纂委員会、1986)。

大隅半島には新第三紀中新世に貫入した花崗閃緑岩類が広く分布している。これらは、西南日本外帯における最大の露出面積を有し、大隅花崗閃緑岩体と呼ばれている。大隅花崗閃緑岩体は、日南層群を貫き北東-南西の伸張方向を示して分布し、この分布形態と地形の起伏やリニアメントがほぼ調和している。

大庭(1961)は、大隅花崗閃緑岩体を次の3型に分類した。

- ① 内之浦型：石英、正長石、斜長石、黒雲母、角閃石及びカミングトン閃石からなる優白質の花崗閃緑岩である。
- ② 辺田大川型：鹿児島湾岸沿いに分布し、やや暗色の細粒花崗岩で、粘土質岩源のゼノリスに富む。
- ③ 湯之谷型：岩体北部に狭長な分布を示し、弱い片理を示す黒雲母花崗閃緑岩である。

上記3岩型は互いに漸移しており、いずれの岩型とも全体にゼノリスが多く、かなり不均質であるという共通の特徴を有している。

また野沢・太田(1967)は内之浦地域のものについて、花崗閃緑岩・アダメロ岩からなる岸良岩体及び国見岩体、暗色トータル岩・花崗閃緑岩・アダメロ岩からなる

川口トータル岩、細粒花崗岩・花崗閃緑岩・アダメロ岩からなる甫余志岳細粒花崗岩、塊状アプライトに区分した。

さらに、中村ほか(1982)及び山本ほか(1983)は大隅花崗閃緑岩体を以下の7岩型に区分している。

- ① 片田大川型：やや斑状、中～細粒のホルンブレンド含有黒雲母花崗閃緑岩。
- ② 大浦型：斑状、中～細粒のカミングトン閃石含有黒雲母花崗閃緑岩。
- ③ 高山型：斑状、中粒のザクロ石含有黒雲母花崗閃緑岩～花崗岩。スピネルを特徴的に含む。
- ④ 花瀬型：斑状～等粒状、粗～中粒カミングトン閃石含有花崗閃緑岩～花崗岩。
- ⑤ 川口型：斑状、粗～細粒斜方輝石カミングトン閃石含有黒雲母花崗閃緑岩～花崗岩。まれに白雲母、ザクロ石及び電気石を含む。
- ⑥ 甫余志岳型：斑状、中～細粒黒雲母花崗閃緑岩～花崗岩。まれに白雲母、ザクロ石及びスピネルを含む。
- ⑦ 国見型：ザクロ石含有白雲母黒雲母アプライト質花崗岩。

今回の調査対象区域に分布する花崗閃緑岩は、大庭(1961)による内之浦型に、また中村ほか(1982)及び山本ほか(1983)による花瀬型に属する。

第四系は、日南層群と大隅花崗閃緑岩体を不整合に覆い、大隅半島北西部の丘陵地に分布する。岩相は、軽石凝灰角礫岩及び溶結凝灰岩で、これらは、始良火山及び阿多火山のカルデラ形成に関連した火山噴出物である。

This is a blank page.

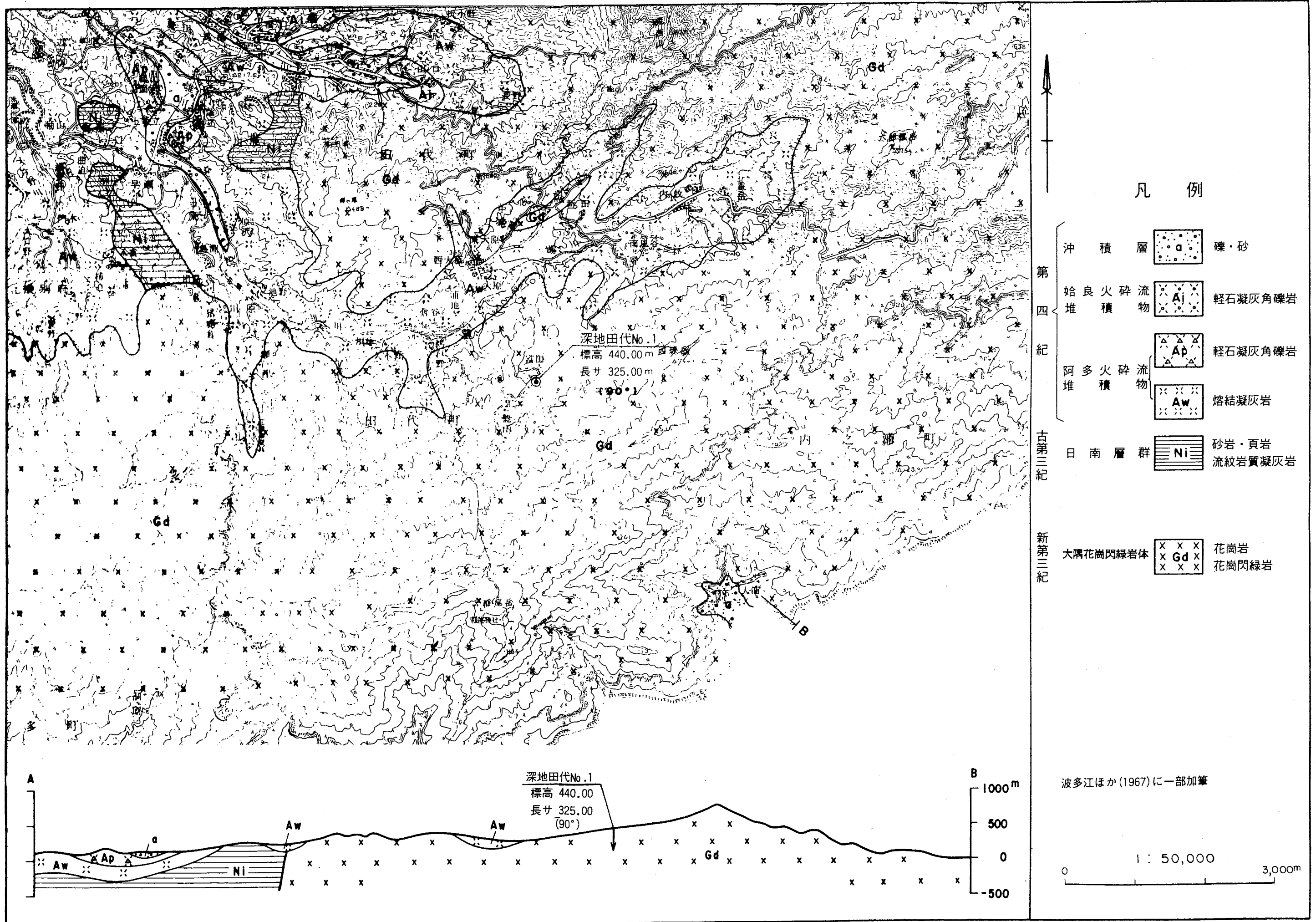
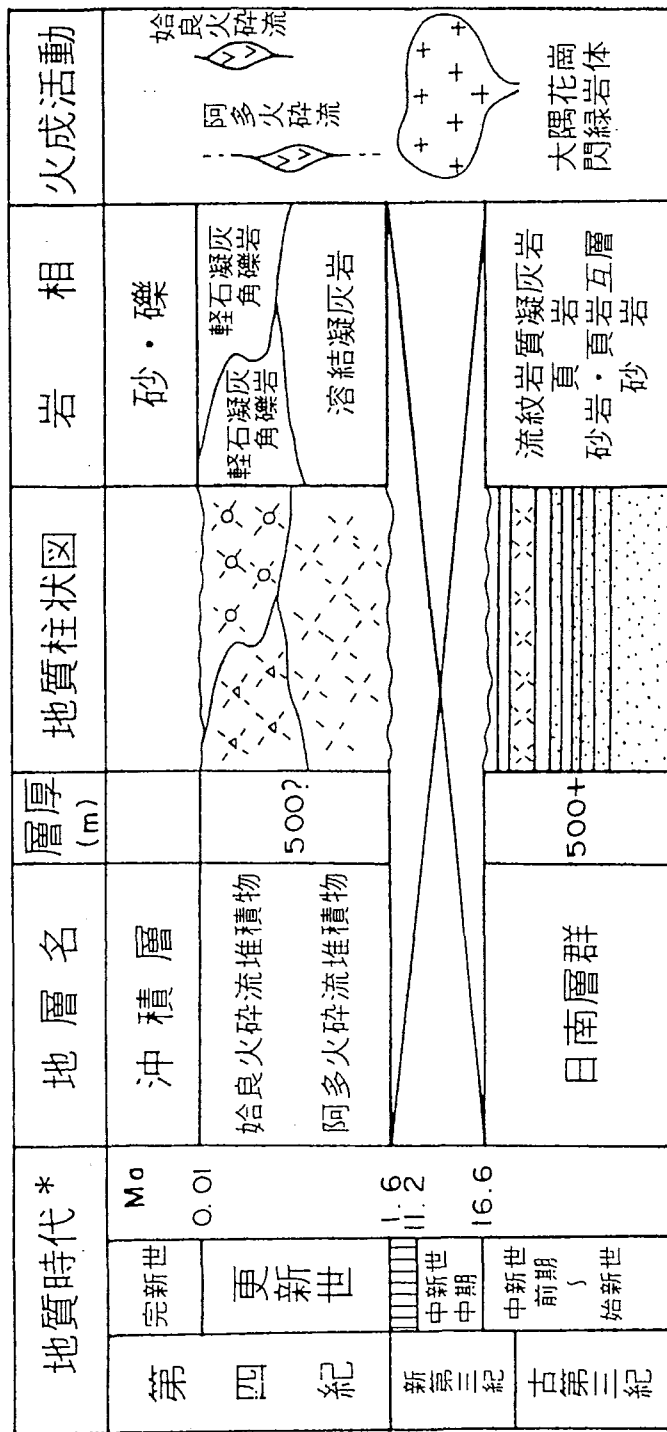


図2. 1 概略地質図及び断面図



*絶対年代値はPALMER(1983)による

図 2. 2 槓式地質柱状図

深度 (m)	厚さ (m)	柱状	岩石名	岩体名
18.30	18.30		ノンコア	
23.10	4.70		アプライト	大 隅 花 崗 閃 緑 岩 体
48.90	25.80		風化花崗閃緑岩	
59.09	10.19		アプライト	
72.28	13.19		花崗閃緑岩	
76.50	4.22		アプライト	
111.62	35.12		花崗閃緑岩	
115.20	3.58		アプライト	
127.75	12.55		花崗閃緑岩	
135.82	8.07		アプライト	
144.85	9.03		花崗閃緑岩	
150.60	5.75		アプライト	
325.00	174.40		花崗閃緑岩	

図 2. 3 深地田代 No. 1 孔模式柱状図

3. 調査方法

3.1 試料採取

3.1.1 採取装置の概要

本システム（パッカー式地下水サンプラー）は閉鎖系のサンプラーに試錐孔内の採水セクションを仕切るためのパッカーシステムを組合せたものである（図3.1）。サンプリングカプセルはラバーパッカーを上下2箇所にも備え、両パッカー間には採水ポートとなるストレーナーパイプ、フィルターチップを有している。ラバーパッカーには圧力セルから圧力チューブを通して水が送られゴム膜は水圧によって膨脹を保っている。圧力セル内での水圧発生はチッ素ガスボンベのガス圧によって行われる。

サンプリングカプセルはロッド昇降装置によってステンレス製ロッドを継ぎ足しながら所定深度まで降下させる。ステンレス製ロッドはサンプリングカプセルを保持する以外に、地下水サンプラーのガイドパイプとしての役割も果たす。

地下水サンプラーはその内部に採水容器を組み込み、電動ウィンチあるいは手動によってステンレス製ロッド内部をサンプリングカプセルまで降下あるいは地上まで巻き上げられる。

3.1.2 試料採取方法

地下水の採取は深地田代No.1孔を利用し、サンプリングカプセル及びステンレスロッドを孔内に挿入し、深度GL-118.0～119.0mの地点に設置してサンプラーによって地下水を採取した後、これを外気に触れることなく地上まで繰返し採取した。採水量の測定は、計量カップによって行い、サンプラーの採水容器は最大500ml/回である。

採取した試料水は、ポリエチレン容器を蒸溜水で洗浄した後、試料水で数回洗浄し、試料水を容器内にごみなどの浮遊物が入らないよう口元まで一杯に入れ蜜栓した。また分析目的に応じた各種の前処理を実施した。さらに地下水採取と同時に水温測定、pH測定及び電気伝導度の測定を行った。

ポリエチレン容器に入れた試料水は、分析までの経過時間を短くするため、できるだけ早目に分析場所へ輸送した。

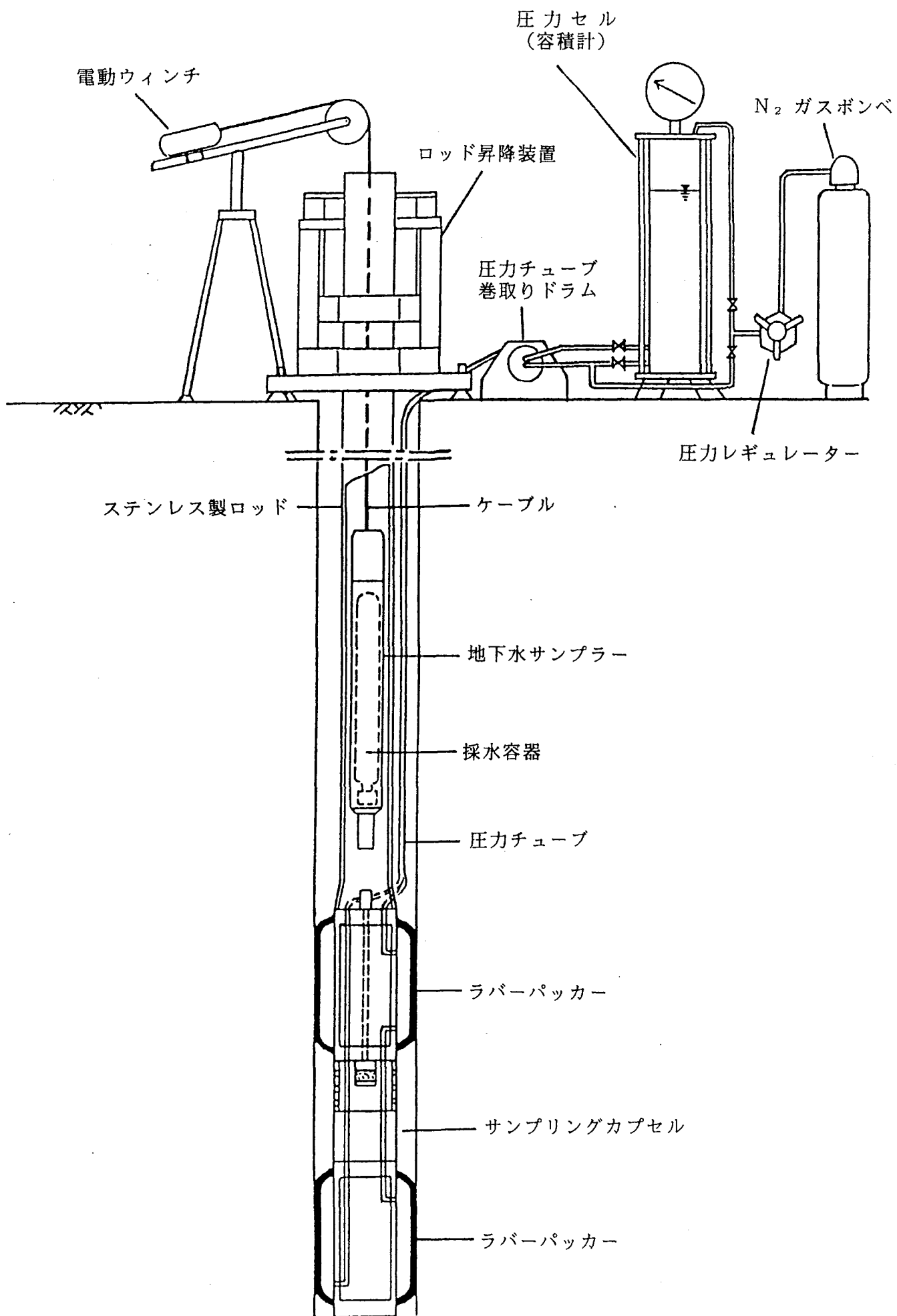


図 3. 1 試料採取装置構成図

3.1.3 前処理と採取量

現地で試料採取後、分析成分に応じ各種の前処理を施した。表3.1に前処理の方法、採水量、分析項目を示す。なお、分析に使用した試料水はA～Fに示す位置のサンプルを用いた（表4.1参照）。前処理の各項目は、各々次の操作で行った。

(1) 塩酸（HCl）処理

6N・HCl試薬を、試料水100mlに対し1mlの割合で加える。

(2) 水酸化カリウム（KOH）処理

3N・KOH試薬を、試料水100mlに対し1mlの割合で加える。

(3) 酢酸カドミウム（Cd）処理

Cd（CH₃OOH）試薬を、試料水100mlに対し1mlの割合で加える。

なお、ポリビンに入れた試料水は栓を施して冷暗所へ保存し、分析所へ送付した。

表3.1 地下水試料前処理方法・採水量

処 理	採水量 (ml)	分 析 項 目	採水位置
無 処 理	15.000	pH、ORP、電気伝導度、 SiO ₂ 、Cl ⁻ 、F ⁻ 、 Br ⁻ 、I ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、 SO ₄ ²⁻ 、NO ₂ ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、 ³ H、δ ² H、δ ¹⁸ O	A
	4.000	O ₂ 、N ₂ 、H ₂ 、He、 CH ₄ 、CO ₂ 、TOC、 フミン酸、フルボ酸	B
	10.550	ウラニン	C
塩 酸 処 理	1.000	Na ⁺ 、K ⁺ 、Li ⁺ 、 Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、Sr ²⁺ 、 Al ³⁺ 、Mn ²⁺ 、Fe ²⁺ 、 全Fe、NH ₄ ⁺	D
水酸化カリウム	1.000	CO ₂ 、HCO ₃ ⁻	E
酢酸カドミウム	1.000	S ²⁻	F

3.2 採取位置

採水箇所：深地田代No. 1孔、GL-118.0～119.0m区間

採水箇所の選定は、付録Iに示す通り、当初の採取位置GL-207.5～208.5mにて作業を行っていたが、作業中パッカー・ロッド落下事故により、採取位置を

GL-118.0～119.0mに変更した。透水係数は 10^{-10} cm/secである。

GL-118.0～119.0 m 区間付近の形態

割れ目：P。タイプ卓越

変質：顕著な変質帯は存在していない

充填鉱物：方解石、沸石

なお、平成2年度に実施した透水試験結果及び総合検層柱状図を表3.2、
図3.2に示す。

表3.2 深地田代No.1孔透水試験結果

No.	測定深度 (GL-m)	測定区間 (m)	間隙水圧 (GL±m)	透水係数 (cm/sec)
1	72.00～74.00	2.00	+1.42	1.14×10^{-6}
2	81.50～82.50	1.00	+0.08	1.00×10^{-10} 以下
3	118.00～119.00	1.00	+0.16	7.78×10^{-10}
4	145.50～146.50	1.00	+0.42	1.17×10^{-6}
5	175.00～176.00	1.00	+0.35	4.40×10^{-6}
6	207.50～208.50	1.00	-0.61	1.08×10^{-4}
7	250.00～251.00	1.00	-1.14	6.24×10^{-5}
8	272.00～273.00	1.00	-1.05	5.52×10^{-5}
9	289.00～290.00	1.00	-1.29	5.93×10^{-5}
10	317.00～318.00	1.00	-1.96	1.73×10^{-4}

3.3 現地測定

採取期間中、地上にて次の測定を実施した。

(1) 温度

地下水温度の測定は棒状水銀温度計を使用し、採水量の測定時に実施した。

(2) pH

pH測定はガラス電極製のpH計H-7HP（堀場製作所株式会社製）を使用した。採取期間中、3種類のpH標準溶液（pH4, 7, 9）による較正を実施し、電極を試料水にてよく洗浄してから測定を行った。

(3) 電気伝導度

電気伝導度測定は携帯用伝導度計SC51セル（横河北辰電機株式会社製）を使用した。測定はセルは試料水にてよく洗浄してから行い、同時に水温も測定し、次式にて25℃における電気伝導度に換算した。

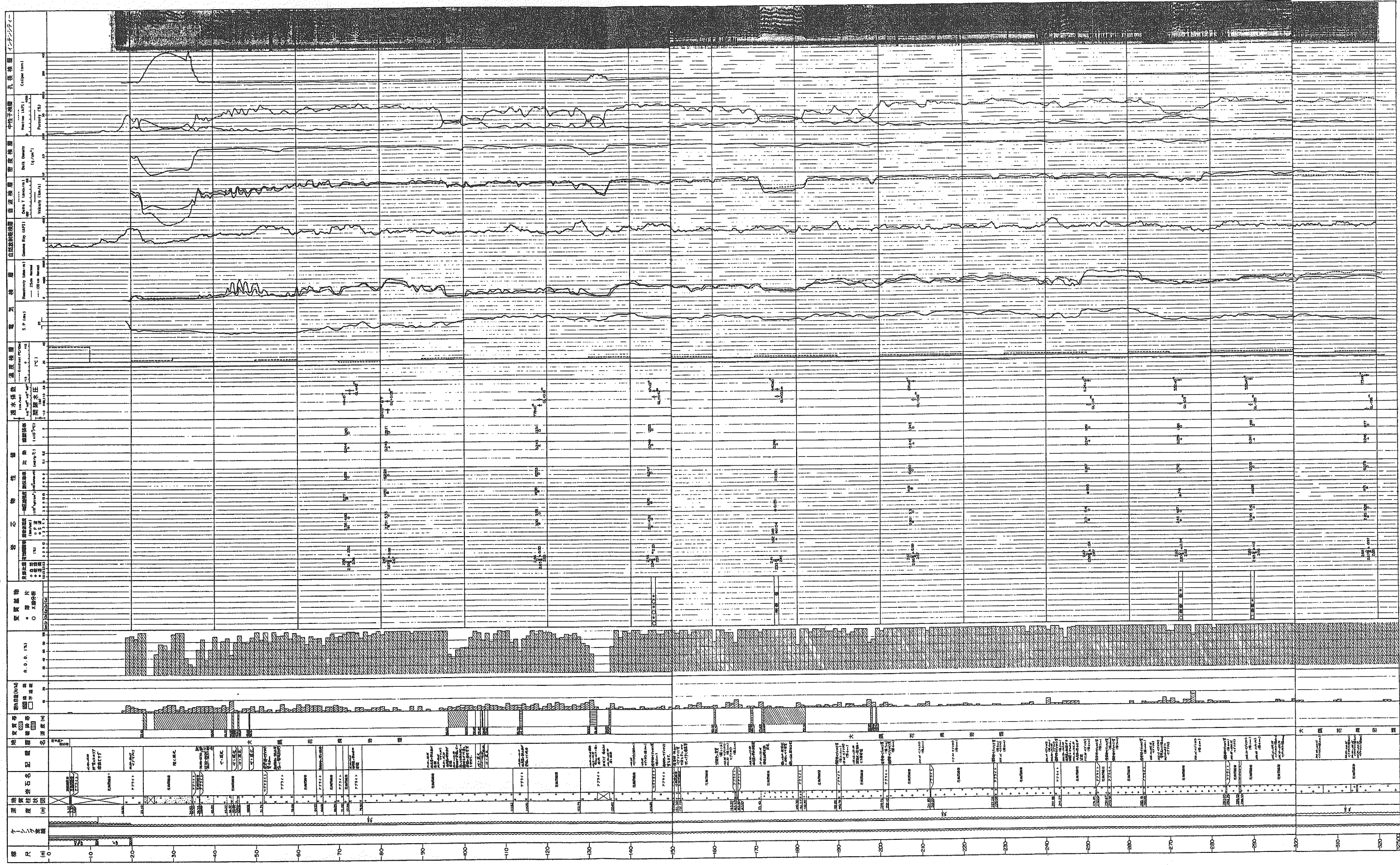


図3. 2 深地田代No. 1孔総合検層柱状図

$$\text{補正值} = \frac{25.0 + 21.5}{\text{測定時水温} + 21.5}$$

3.4 地下水の水質化学分析法

3.4.1 溶存化学成分の分析法

溶存化学成分の分析方法及びその分析測定限界を表3.3に示す。

分析は、三菱マテリアル株式会社中央研究所にて実施した。

本調査で実施した分析法に対する測定誤差は、必要に応じて地球化学的標準資料で検定されているが、各分析法に対して想定される誤差は表3.4のとおりである。

表3.4 溶存化学成分の分析方法・測定誤差

分析方法	測定誤差
原子吸光法	5%以内
吸光光度法	5 "
炎光光度法	5 "
滴定法	10 "
重量法	5 "
イオンクロマト法	5 "
ガスクロマト法	1 "
蛍光分光光度法	0.001 ppm

3.4.2 同位体分析法

同位体分析方法及びその分析精度・測定限界を表3.5に示す。

分析は、三菱マテリアル株式会社中央研究所に依頼した。

表3.5 同位体分析方法・分析精度・測定限界

分析項目	分析精度・測定限界	分析方法
^3H	0.3 (TR)	B線計数法
$\delta ^2\text{H}$	1 (0/00)	質量分析法
$\delta ^{18}\text{O}$	0.1 (0/00)	質量分析法

表 3. 3 溶存化学成分の分析方法・測定限界

分析項目	測定限界	分析方法
pH	0.01	ガラス電極法
ORP	1 (mV)	酸化還元電位計による
電気伝導度	1 ($\mu\text{S}/\text{cm}$, 25°C)	導電率計による
O ₂	0.1 (mg/l)	ガスクロマトグラフ法
N ₂	0.1 (mg/l)	ガスクロマトグラフ法
H ₂	0.1 (mg/l)	ガスクロマトグラフ法
He	0.1 (mg/l)	ガスクロマトグラフ法
CH ₄	0.1 (mg/l)	ガスクロマトグラフ法
CO	0.1 (mg/l)	滴定法
CO ₂	10 (mg/l)	滴定法
TOC	0.1 (mg/l)	吸光光度法
フミン酸	0.1 (mg/l)	吸光光度法
フルボ酸	0.1 (mg/l)	吸光光度法
SiO ₂	2 (mg/l)	重量法
Na ⁺	0.03 (mg/l)	炎光光度法
K ⁺	0.04 (mg/l)	炎光光度法
Li ⁺	0.01 (mg/l)	炎光光度法
Ca ²⁺	0.2 (mg/l)	原子吸光光度法
Mg ²⁺	0.02 (mg/l)	原子吸光光度法
Sr ²⁺	0.01 (mg/l)	原子吸光光度法
Al ³⁺	0.01 (mg/l)	原子吸光光度法
Mn ²⁺	0.01 (mg/l)	原子吸光光度法
Fe ²⁺	0.05 (mg/l)	原子吸光光度法
全Fe	0.02 (mg/l)	原子吸光光度法
HCO ₃ ⁻	10 (mg/l)	滴定法
Cl ⁻	0.4 (mg/l)	イオンクロマトグラフ法
F ⁻	0.1 (mg/l)	吸光光度法
Br ⁻	0.1 (mg/l)	滴定法
I ⁻	0.2 (mg/l)	滴定法
S ²⁻	0.1 (mg/l)	滴定法
PO ₄ ³⁻	0.005 (mg/l)	吸光光度法
SO ₄ ²⁻	1 (mg/l)	イオンクロマトグラフ法
NO ₂ ⁻	0.5 (mg/l)	吸光光度法
NO ₃ ⁻	0.005 (mg/l)	吸光光度法
NH ₄ ⁺	0.01 (mg/l)	吸光光度法
ウラン	0.001 (mg/l)	蛍光分光光度法

4. 調査結果

4.1 現地調査結果

地下水採取と同時に測定したすべてのサンプリング結果について、採取日時、採水時間、採水量、水温、pH、電気伝導度を表4.1にまとめた。また採水位置に示すA～Fは、表3.1の分析を実施したサンプル位置を示す。

地下水採取期間中のpH及び電気伝導度を経時変化として図4.1、図4.2に示した。

1) 採水時間・採水量

地下水採取を行う前にサンプリングテストを実施した。採水時間を10分とし、この時の採水量は500mlを得たため、10分間でほぼ満水になることを予想し、以後の採水はすべて10分以上の時間で行った。しかし、最終日の一部で採水量260～340mlと特に少なかった。この原因は、地下水サンプル本体に取り付けている両端注射針をサンプリングカプセルに挿入する際、ゴムのめずまりを起こしたものと考えられる。採水量は計量カップによって測定し、累積採水量は69,800ml（サンプリングカプセル区間容積の約113倍）である。

採取期間中の採水量を表4.2に示す。

表4.2 地下水の採水量

採取日	採水回数 (回)	採水量 (ml)
1991. 7. 24	17	8,260
7. 25	18	8,660
7. 26	23	10,850
7. 27	24	12,280
7. 28	22	10,600
7. 29	22	10,700
7. 30	21	9,450
計 7日間	147	69,800

2) 地下水温度

採水期間中の水温は16.5～18.5℃（水温較差2℃）の範囲であるが、水温測定時に気温の影響を受け、若干の温度変化が含まれているものと考えられる。地下水温度の平均値は17.7℃である。

3) pH

pHは6.5～8.4（平均 8.2）の範囲で、中性から弱アルカリ性を示す。

全体に各採取日の初回から数回は、いずれにおいてもpHが低く、採水回数を増すごとにpHが徐々に高くなる。低いpHはサンプリングカプセル区間内に孔内地下水が新たに流入してきた値を示しているものと推定される。pHは最終的には8.3前後で、真の地下水に相当した水が採取され出すと一定値に安定する傾向にある。

また孔口から湧水している地下水のpHを測定した結果、pH6.5～6.7を示し、サンプルNo.1～No.3とほぼ同じ値を示すことから、当初の孔内水の値を示しているものと考えられる。

4) 電気伝導度

地下水の電気伝導度は水温に応じて変動するが、25℃標準値に換算すると127～133 $\mu\text{s}/\text{cm}$ （平均 131 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ）の範囲でほとんど変動していない。

室内分析における電気伝導度は73.8 $\mu\text{s}/\text{cm}$ で、現地の測定値と多少の相違を示している。これは、測定装置・キャリブレーション等の違いにより生じたものと考えられる。

4.2 分析結果

1) 地下水のウラニウム濃度

147回採取した地下水サンプルのうち、表4.1の備考に示した22本のサンプルについて化学分析を行い、そのウラニウム濃度を測定した。表4.3にウラニウム濃度分析結果を示す。

サンプル22本のウラニウム濃度はすべて0.001ppm以下を示している。ウラニウム濃度から判断すると、深度GL-118.0～119.0m区間から採取した地下水は真の地下水と考えられる。

表 4.1 地下水サンプリングのpH, 電気伝導度測定

サンプルNo.	地下水採取日時	採水時間 (min)	採水量 (ml)	地下水温度 (℃)	pH	電気伝導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$, 25℃補正)	採水位置	備 考
1 (1-1)	7.24 9:36-46	10	500	18.0	6.5	127	C	
2 (1-2)	7.24 10:00-10	10	480	18.0	6.6	129		
3 (1-3)	7.24 10:30-40	10	490	18.0	7.1	130		
4 (1-4)	7.24 11:00-10	10	490	18.0	7.7	130		
5 (1-5)	7.24 11:31-41	10	490	18.0	7.5	133	C	
6 (1-6)	7.24 11:59-09	10	480	18.5	7.6	132		
7 (1-7)	7.24 13:20-30	10	490	18.5	7.7	129		
8 (1-8)	7.24 13:48-58	10	490	18.5	7.7	130		
9 (1-9)	7.24 14:16-26	10	490	18.5	8.0	131		
10 (1-10)	7.24 14:43-53	10	490	18.5	8.0	129	C	
11 (1-11)	7.24 15:07-17	10	480	18.5	8.1	130		
12 (1-12)	7.24 15:33-43	10	480	18.5	8.0	129		
13 (1-13)	7.24 16:00-10	10	480	18.5	8.1	130		
14 (1-14)	7.24 16:28-39	11	480	18.0	8.1	129		
15 (1-15)	7.24 16:56-06	10	490	18.0	8.1	130		
16 (1-16)	7.24 17:22-32	10	480	18.0	8.2	130	C	
17 (1-17)	7.24 17:50-00	10	480	18.0	8.2	130		
18 (2-1)	7.25 8:35-45	10	480	17.5	7.9	131	C	
19 (2-2)	7.25 9:00-10	10	480	17.5	7.7	130		
20 (2-3)	7.25 9:25-35	10	480	17.5	8.0	129		
21 (2-4)	7.25 9:55-05	10	480	18.0	8.0	130		
22 (2-5)	7.25 11:34-44	10	480	18.0	8.0	130		
23 (2-6)	7.25 11:59-09	10	480	17.5	8.1	127		
24 (2-7)	7.25 12:50-00	10	490	17.5	8.1	129		
25 (2-8)	7.25 13:13-23	10	480	17.5	8.0	129		
26 (2-9)	7.25 13:38-48	10	480	17.5	8.0	130	C	
27 (2-10)	7.25 14:02-12	10	480	17.5	8.0	130		
28 (2-11)	7.25 14:26-36	10	490	17.5	8.2	129		
29 (2-12)	7.25 14:49-59	10	480	17.5	8.3	129		
30 (2-13)	7.25 15:12-22	10	480	17.5	8.2	129		
31 (2-14)	7.25 15:47-57	10	480	17.5	8.2	130		
32 (2-15)	7.25 16:10-20	10	480	17.5	8.2	131		
33 (2-16)	7.25 16:32-42	10	480	17.0	8.2	130		
34 (2-17)	7.25 16:54-04	10	480	17.0	8.2	131		
35 (2-18)	7.25 17:15-25	10	480	17.0	8.2	130	C	

サンプルNo.	地下水採取日時	採水時間 (min)	採水量 (ml)	地下水温度 (℃)	pH	電気伝導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$, 25℃補正)	採水位置	備考
36 (3-1)	7.26 8:26-36	10	470	17.5	7.6	132	C	Aについては 7.26の試料水使用
37 (3-2)	7.26 8:48-00	12	480	17.5	7.9	131		
38 (3-3)	7.26 9:12-22	10	470	17.5	8.0	132		
39 (3-4)	7.26 9:35-45	10	470	17.5	8.0	130		
40 (3-5)	7.26 9:55-06	11	470	17.5	8.1	130		
41 (3-6)	7.26 10:16-26	10	470	18.0	8.1	129		
42 (3-7)	7.26 10:39-50	11	480	18.0	8.1	131		
43 (3-8)	7.26 11:00-11	11	480	18.0	8.1	130		
44 (3-9)	7.26 11:25-36	11	480	18.0	8.1	130		
45 (3-10)	7.26 12:36-46	10	470	18.0	8.0	130		
46 (3-11)	7.26 12:56-06	10	470	18.0	8.0	131	C	
47 (3-12)	7.26 13:16-26	10	470	18.0	7.9	132		
48 (3-13)	7.26 13:37-47	10	470	18.0	8.1	132		
49 (3-14)	7.26 13:59-09	10	470	18.0	8.1	130		
50 (3-15)	7.26 14:20-30	10	470	18.0	8.2	130		
51 (3-16)	7.26 14:40-50	10	470	18.0	8.1	132		
52 (3-17)	7.26 15:24-34	10	470	18.0	8.0	132		
53 (3-18)	7.26 15:46-56	10	470	18.0	8.2	132		
54 (3-19)	7.26 16:06-16	10	470	18.0	8.2	132		
55 (3-20)	7.26 16:27-37	10	470	18.0	8.1	131		
56 (3-21)	7.26 16:47-57	10	470	17.5	8.2	133		
57 (3-22)	7.26 17:07-17	10	470	17.5	8.3	133		
58 (3-23)	7.26 17:27-37	10	470	17.5	8.2	130	C	
59 (4-1)	7.27 8:29-39	10	470	17.0	7.9	132	C	Aについては 7.27の試料水使用
60 (4-2)	7.27 8:50-00	10	470	17.0	8.0	131		
61 (4-3)	7.27 9:12-22	10	470	17.0	8.3	130		
62 (4-4)	7.27 9:33-43	10	470	17.0	8.2	130		
63 (4-5)	7.27 9:56-06	10	480	17.0	8.3	131		
64 (4-6)	7.27 10:19-29	10	470	17.0	8.3	131		
65 (4-7)	7.27 10:40-50	10	470	17.0	8.2	131		
66 (4-8)	7.27 11:06-16	10	470	17.0	8.2	131		
67 (4-9)	7.27 11:27-37	10	470	17.0	8.1	130		
68 (4-10)	7.27 11:47-57	10	480	17.0	8.3	132		
69 (4-11)	7.27 12:08-18	10	470	17.0	8.3	132	C	
70 (4-12)	7.27 12:28-38	10	470	17.0	8.3	132		
71 (4-13)	7.27 13:25-35	10	470	17.0	8.2	132		
72 (4-14)	7.27 13:46-56	10	470	17.0	8.2	130		

サンプルNo.	地下水採取日時	採水時間 (min)	採水量 (ml)	地下水温度 (℃)	pH	電気伝導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$, 25℃補正)	採水位置	備 考
73 (4-15)	7. 27 14:06-16	10	470	17. 0	8. 2	130		
74 (4-16)	7. 27 14:26-36	10	470	17. 0	8. 2	132		
75 (4-17)	7. 27 14:47-57	10	470	17. 0	8. 2	130		
76 (4-18)	7. 27 15:07-17	10	460	17. 0	8. 3	132		
77 (4-19)	7. 27 15:29-39	10	470	17. 0	8. 2	131		
78 (4-20)	7. 27 15:49-59	10	470	17. 0	8. 2	131		
79 (4-21)	7. 27 16:11-21	10	470	17. 0	8. 2	131		
80 (4-22)	7. 27 16:33-43	10	470	17. 0	8. 3	131		
81 (4-23)	7. 27 16:54-04	10	460	17. 0	8. 3	131		
82 (4-24)	7. 27 17:15-25	10	470	17. 0	8. 2	132	C	
83 (5- 1)	7. 28 9:04-14	10	480	16. 5	8. 0	132	C	
84 (5- 2)	7. 28 9:24-34	10	480	16. 5	8. 2	132		
85 (5- 3)	7. 28 9:44-54	10	460	16. 5	8. 2	130	B	
86 (5- 4)	7. 28 10:05-15	10	470	17. 0	8. 3	132	B	
87 (5- 5)	7. 28 10:27-40	13	500	17. 0	8. 3	131	B	
88 (5- 6)	7. 28 10:50-01	11	500	17. 0	8. 4	133		
89 (5- 7)	7. 28 11:11-22	11	500	17. 0	8. 4	131		
90 (5- 8)	7. 28 11:31-46	15	500	17. 0	8. 3	131		
91 (5- 9)	7. 28 11:58-08	10	480	17. 0	8. 3	130	C	
92 (5-10)	7. 28 12:51-01	10	500	17. 0	8. 3	130	B	
93 (5-11)	7. 28 13:12-22	10	500	17. 0	8. 3	131	B	
94 (5-12)	7. 28 13:33-43	10	480	17. 0	8. 3	131	B	
95 (5-13)	7. 28 13:54-04	10	480	17. 0	8. 3	130		
96 (5-14)	7. 28 14:16-26	10	470	17. 0	8. 3	132		
97 (5-15)	7. 28 14:40-50	10	470	17. 0	8. 4	133	B	
98 (5-16)	7. 28 15:03-13	10	470	17. 0	8. 4	132	B	
99 (5-17)	7. 28 15:25-40	15	500	17. 0	8. 4	132	B	
100 (5-18)	7. 28 15:48-58	10	470	17. 0	8. 3	132	B	
101 (5-19)	7. 28 16:10-20	10	470	17. 0	8. 4	131	B	
102 (5-20)	7. 28 16:32-47	15	470	17. 0	8. 4	132	B	
103 (5-21)	7. 28 16:58-10	12	480	17. 0	8. 3	131		
104 (5-22)	7. 28 17:20-30	10	470	17. 0	8. 4	131	C	
105 (6- 1)	7. 29 8:50-00	10	480	18. 0	8. 0	133	C	
106 (6- 2)	7. 29 9:10-20	10	490	18. 0	8. 3	133		Aについては 7. 29の試料水使用
107 (6- 3)	7. 29 9:31-41	10	470	18. 0	8. 3	133		
108 (6- 4)	7. 29 9:51-01	10	490	18. 0	8. 4	133		
109 (6- 5)	7. 29 10:11-21	10	500	18. 0	8. 4	132		

サンプルNo.	地下水採取日時	採水時間 (min)	採水量 (ml)	地下水温度 (℃)	pH	電気伝導度 (μ S/cm, 25℃補正)	採水位置	備考
110 (6-6)	7.29 10:34-44	10	500	18.0	8.4	131		
111 (6-7)	7.29 10:55-05	10	480	18.0	8.4	130		
112 (6-8)	7.29 11:16-26	10	500	18.5	8.3	131		
113 (6-9)	7.29 11:36-46	10	500	18.5	8.3	131		
114 (6-10)	7.29 12:02-12	10	490	18.5	8.3	130		
115 (6-11)	7.29 12:56-06	10	500	18.5	8.3	133		
116 (6-12)	7.29 13:18-28	10	490	18.5	8.3	132	C	
117 (6-13)	7.29 13:40-50	10	480	18.5	8.4	131		
118 (6-14)	7.29 14:02-12	10	480	18.5	8.4	132		
119 (6-15)	7.29 14:26-36	10	480	18.5	8.4	133		
120 (6-16)	7.29 14:48-58	10	480	18.5	8.4	131		
121 (6-17)	7.29 15:12-22	10	480	18.5	8.4	132		
122 (6-18)	7.29 15:34-44	10	470	18.5	8.4	133		
123 (6-19)	7.29 15:58-08	10	470	18.5	8.3	130		
124 (6-20)	7.29 16:26-36	10	490	18.5	8.4	132		
125 (6-21)	7.29 16:56-07	10	480	18.5	8.3	132		
126 (6-22)	7.29 17:17-27	10	500	18.5	8.4	131	C	
127 (7-1)	7.30 8:37-47	10	460	18.5	8.1	132	C	
128 (7-2)	7.30 8:57-09	12	470	18.5	8.3	133		
129 (7-3)	7.30 9:17-27	10	470	18.5	8.3	131	D	
130 (7-4)	7.30 9:38-48	10	490	18.5	8.4	132	D	
131 (7-5)	7.30 10:02-12	10	490	18.5	8.4	133	D	
132 (7-6)	7.30 10:24-34	10	500	18.5	8.4	131	F	
133 (7-7)	7.30 10:48-58	10	500	18.5	8.4	131	F	
134 (7-8)	7.30 11:11-21	10	500	18.5	8.4	131	F	
135 (7-9)	7.30 11:32-42	10	420	18.5	8.4	131		
136 (7-10)	7.30 11:54-04	10	500	18.5	8.4	132		
137 (7-11)	7.30 12:57-07	10	470	18.5	8.4	131	C	
138 (7-12)	7.30 13:21-31	10	500	18.5	8.4	131		
139 (7-13)	7.30 13:43-53	10	480	18.5	8.4	131	E	
140 (7-14)	7.30 14:05-15	10	340*	18.5	8.4	130	E	* 両端注射針の目づまり
141 (7-15)	7.30 14:30-40	10	300*	18.5	8.4	130	E	"
142 (7-16)	7.30 14:55-10	15	320*	18.5	8.4	130	E	"
143 (7-17)	7.30 15:25-35	10	500	18.5	8.4	132	E	
144 (7-18)	7.30 15:49-59	10	480	18.5	8.4	131		
145 (7-19)	7.30 16:12-22	10	500	18.5	8.4	133		
146 (7-20)	7.30 16:40-50	10	260*	18.5	8.4	131		* 両端注射針の目づまり
147 (7-21)	7.30 17:06-16	10	500	18.5	8.4	133	C	

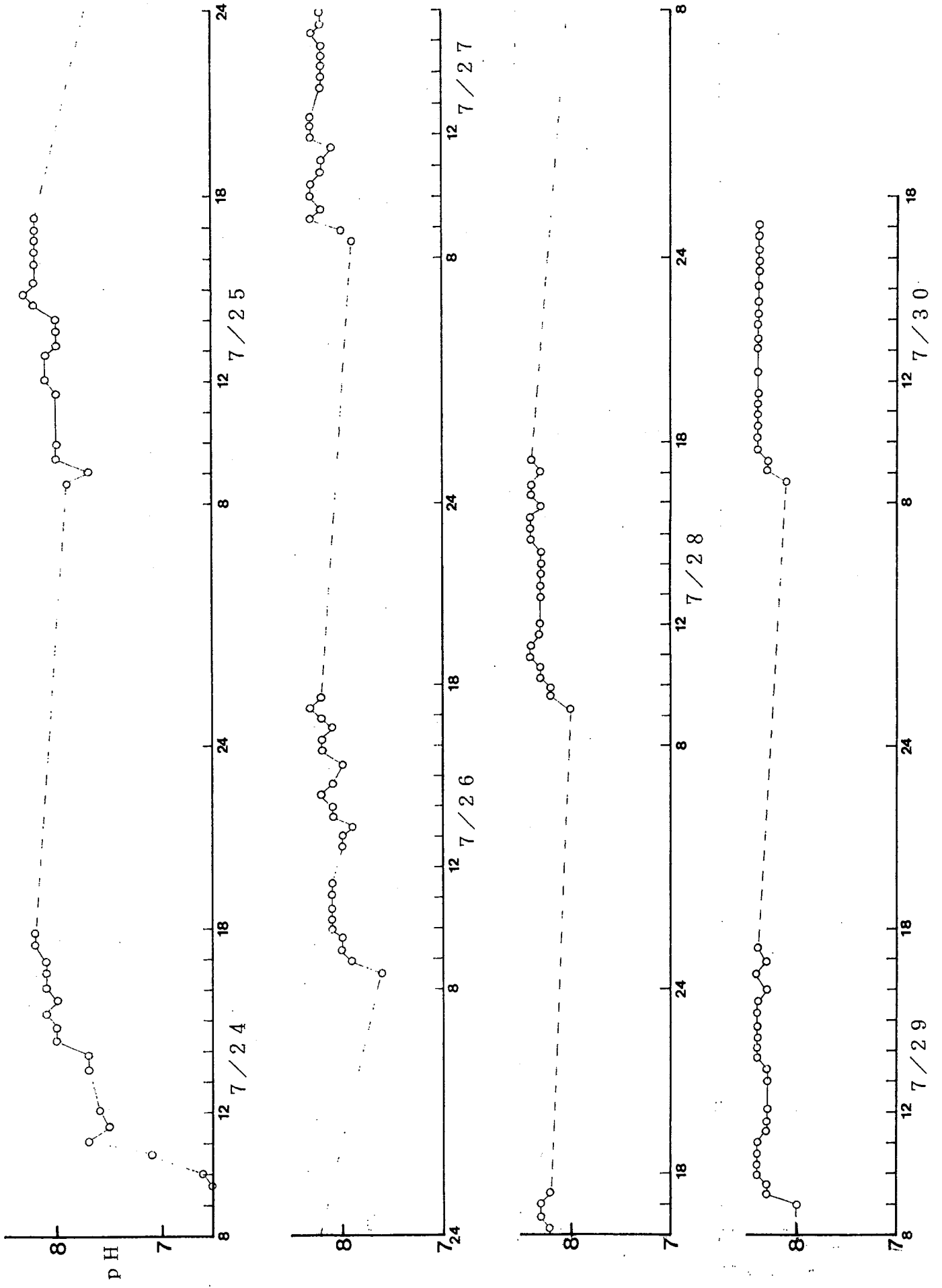


図4-1-1 地下水のpH経時変化図

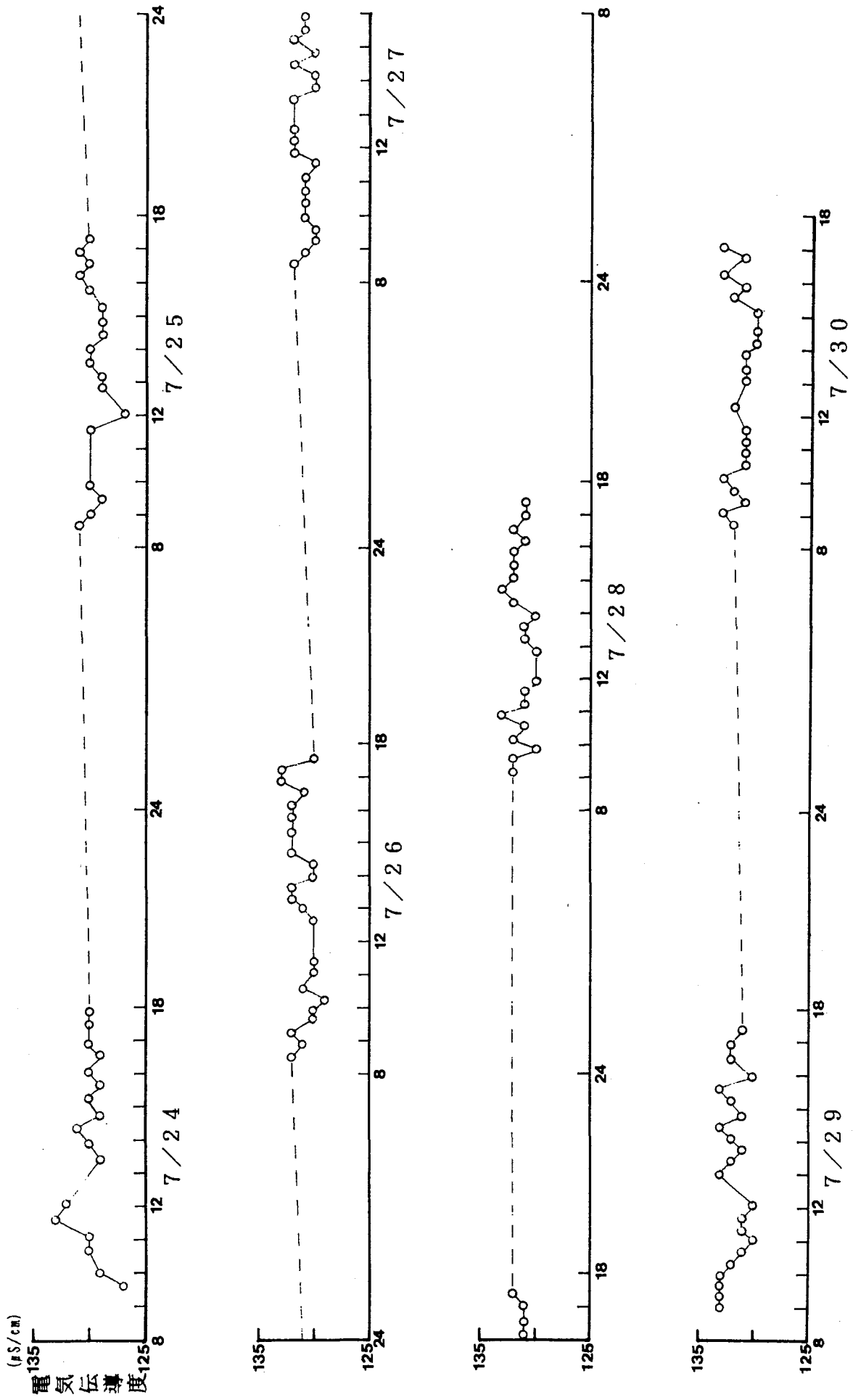


図 4. 2 地下水の電気伝導度経時変化図

表 4. 3 ウラニン濃度分析結果

採取日	サンプルNo.	ウラニン濃度 (ppm)
7.24	1 (1-1)	<0.001
7.24	5 (1-5)	"
7.24	10 (1-10)	"
7.24	16 (1-16)	"
7.25	18 (2-1)	"
7.25	26 (2-9)	"
7.25	35 (2-18)	"
7.26	36 (3-1)	"
7.26	46 (3-11)	"
7.26	58 (3-23)	"
7.27	59 (4-1)	"
7.27	69 (4-11)	"
7.27	82 (4-24)	"
7.28	83 (5-1)	"
7.28	91 (5-9)	"
7.28	104 (5-22)	"
7.29	105 (6-1)	"
7.29	116 (6-12)	"
7.29	126 (6-22)	"
7.30	127 (7-1)	"
7.30	137 (7-11)	"
7.30	147 (7-21)	"

2) 地下水の化学成分結果

採取された地下水の分析結果を表4.4に示す。

水質分析の結果について水質組成をみるために、キーダイアグラムとヘキサダイアグラムを用いてまとめた結果を図4.3と図4.4に示す。

①キーダイアグラムによる分類

キーダイアグラムは水質組成を読み取る方法で、主要成分を次式を用いて陽イオン ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+}) 及び陰イオン ($\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$ 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^-) の百分率としてプロットしたものである。

$$\text{HCO}_3^- (\%) = \frac{\text{HCO}_3^-}{\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^- + \text{HCO}_3^-} \times 100$$

$$[\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-] (\%) = 100 - \text{HCO}_3^- (\%)$$

$$[\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-] (\%) = \frac{\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-}{\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^- + \text{HCO}_3^-} \times 100$$

$$\text{SO}_4^{2-} (\%) = 100 - [\text{Cl}^- + \text{NO}_3^- + \text{HCO}_3^-] (\%)$$

$$[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}] (\%) = \frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+} \times 100$$

$$[\text{Na}^+ + \text{K}^+] (\%) = 100 - [\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}] (\%)$$

$$\text{Ca}^{2+} (\%) = \frac{\text{Ca}^{2+}}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+} \times 100$$

$$\text{Mg}^{2+} (\%) = 100 - [\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+}] (\%)$$

表 4. 4 地下水の化学成分

分析項目	分析結果	分析項目	分析結果
pH	7.8	Mg ²⁺ (mg/l)	2.9
ORP (mV)	334	Sr ²⁺ (mg/l)	<0.01
電気伝導度 (μs/cm, 25℃)	73.8	Al ³⁺ (mg/l)	0.06
O ₂ (mg/l)	0.4	Mn ²⁺ (mg/l)	0.04
N ₂ (mg/l)	0.6	Fe ²⁺ (mg/l)	0.06
H ₂ (mg/l)	N. D	全Fe (mg/l)	0.06
He (mg/l)	N. D	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	58.6
CH ₄ (mg/l)	N. D	Cl ⁻ (mg/l)	4.1
CO (mg/l)	N. D	F ⁻ (mg/l)	0.15
CO ₂ (mg/l)	44	Br ⁻ (mg/l)	0.27
TOC (mg/l)	0.42	I ⁻ (mg/l)	<0.2
フミン酸 (mg/l)	N. D	S ²⁻ (mg/l)	<0.1
フルボ酸 (mg/l)	0.42	PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0.06
SiO ₂ (mg/l)	26.0	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	2.9
Na ⁺ (mg/l)	9.2	NO ₂ ⁻ (mg/l)	<0.5
K ⁺ (mg/l)	0.9	NO ₃ ⁻ (mg/l)	10.7
Li ⁺ (mg/l)	<0.01	NH ₄ ⁺ (mg/l)	0.07
Ca ²⁺ (mg/l)	14.8	ウラニン (ppm)	<0.001

* N. Dは検出限界以下

キーマイアグラムによれば、陽イオンは $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ が約70%と富み、 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ は30%程度と少ない。陰イオンは HCO_3^- が74%程度と多く含まれている。本ダイヤグラムより地下水の水質組成は CaHCO_3 型で炭酸カルシウムを主成分としている。

②ヘキサダイヤグラムによる分類

ヘキサダイヤグラムは組成比率と量的関係を同時に表示する方法で、主要成分（陽イオン； Fe^{2+} 、 $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 、陰イオン； SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 $\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$ ）の当量比を左右の水平濃度軸にプロットし各点を結んだ図形である。

ヘキサダイヤグラムによれば、 Fe^{2+} 、 $\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$ の濃度は低く、 $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 、 HCO_3^- の濃度が高い CaHCO_3 型あるいは MgHCO_3 型の水質組成であるが、 Mg と Ca のイオン当量を比較すると CaHCO_3 型の炭酸カルシウム型である。

3) 地下水の同位体成分結果

水質分析した ^3H 、 $\delta^2\text{H}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ を表4.5に示す。

表4.5 地下水の同位体成分

分析項目	分析結果
^3H (TR)	1.9 ± 0.3
$\delta^2\text{H}$ (0/00)	-40.4
$\delta^{18}\text{O}$ (0/00)	-6.9

分析結果から $\delta^2\text{H}$ と $\delta^{18}\text{O}$ の関係を図4.5に示した。

日本の天水は $\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O} + 10$ (太平洋起源の水) の線と $\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O} + 26$ (日本海起源の水) の間で $\delta^2\text{H}$ が $-40 \sim -100$ (0/00) の範囲に入る (松葉谷治, 1985)。本地下水の $\delta^2\text{H}$ は -40 (0/00) 程度で、ほぼ $\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O} + 15$ の線上に位置している。以上のことから本地下水は、天水起源であると解釈できる。

トリチウム (^3H) は半減期12.26のβ壊変で ^3He になる。天水に含まれる ^3H の初生値を15 (TR) (松葉谷治, 1986) と仮定すると、本地下水の年齢は30年以上と推定される。

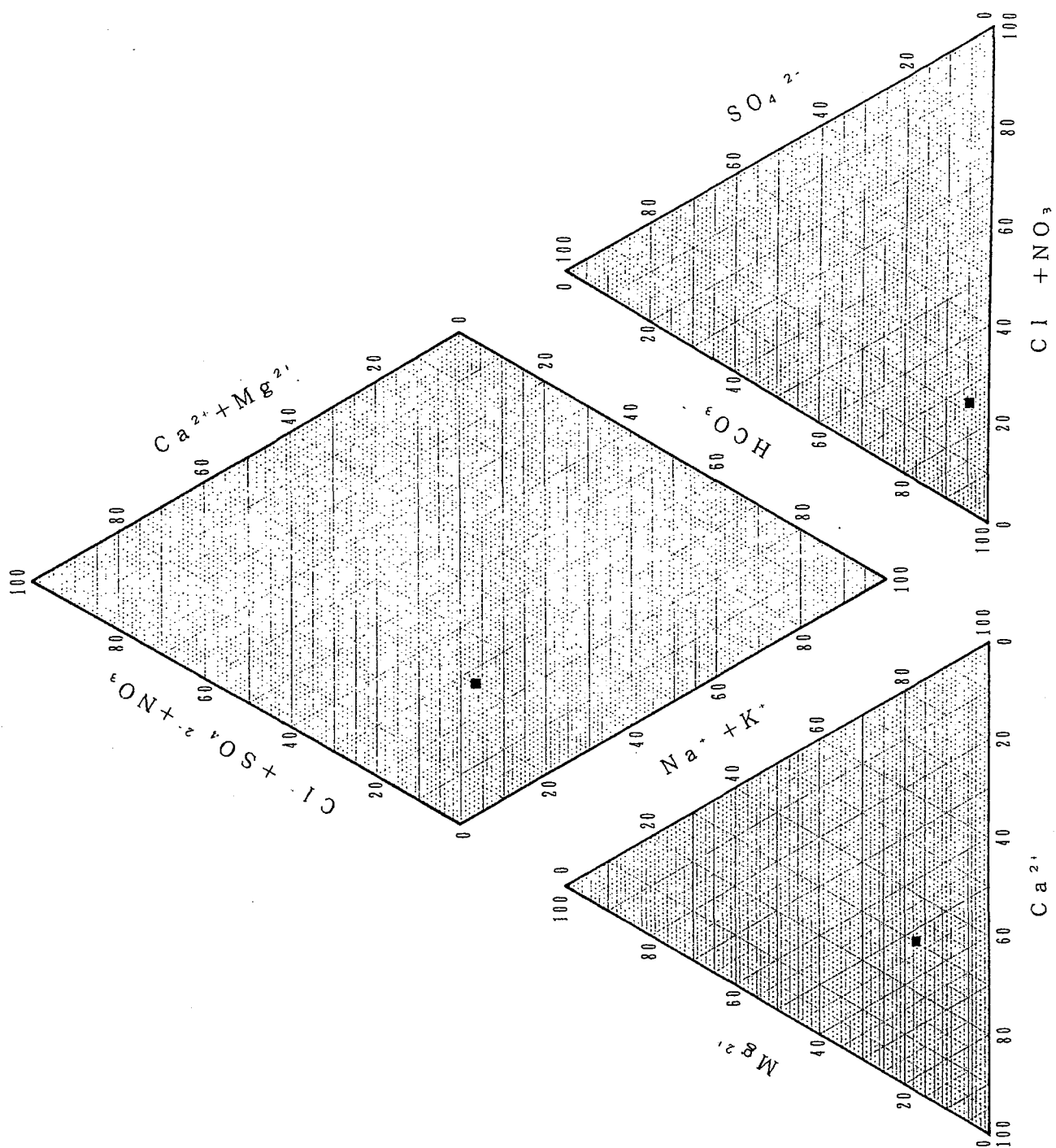


図4. 3 地下水化学成分のキーダイアグラム

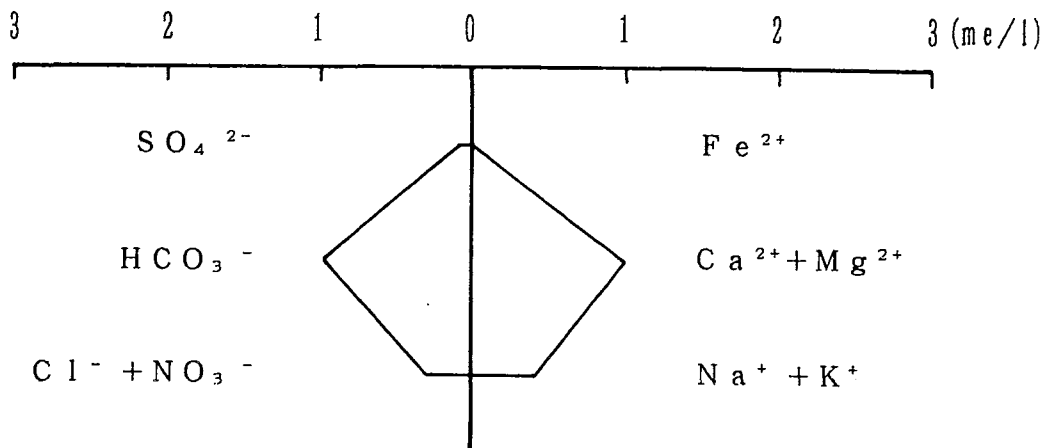


図4. 4 地下水化学成分のヘキサダイアグラム

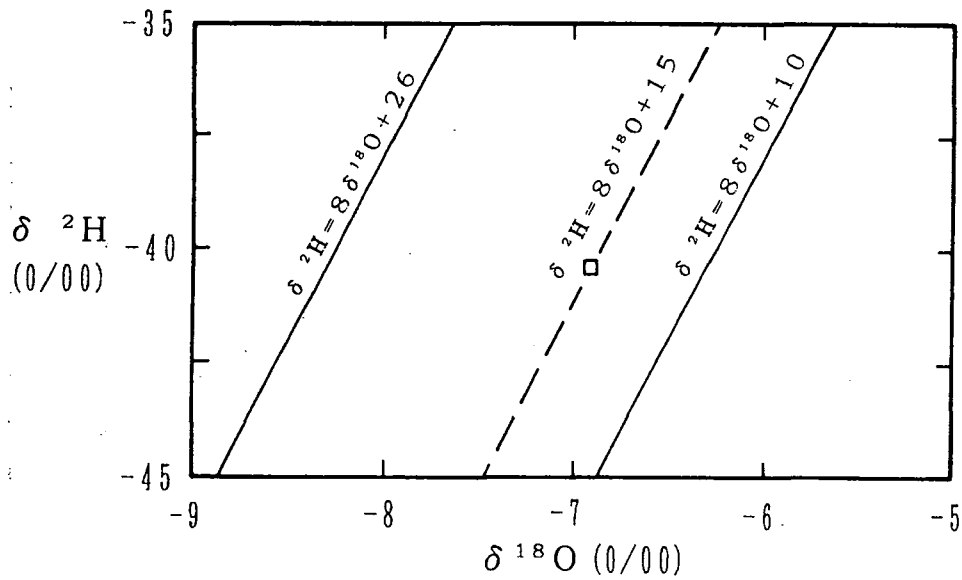


図4. 5 地下水の $\delta^{2}\text{H}$ と $\delta^{18}\text{O}$ の関係

5. 考 察

現地にて測定したPH、電気伝導度及び水質分析結果をもとに、本地下水の水質の特徴を表5. 1に示した。

表5. 1 本地下水の特徴

区 分	P H	電気伝導度	キーダイアグラム	ヘキサダイアグラム
循環性地下水	○	◎	◎	◎
停滞性地下水	◎			

(出典：桜本勇治及び建設省土木研究所)

PHの値はサンプルNo. 1～No. 3を除いた7.5～8.4の範囲で弱アルカリ性を示している。一般に自然水のpHは、循環性地下水で6.5～7.9、停滞性地下水で7.5～8.5の値を示す(桜本勇治, 1991)。本地下水のpHは循環性地下水あるいは停滞性地下水の範囲に入るが、測定値のみを考えた場合、停滞性地下水に属すると推定される。

電気伝導度からは127～133 $\mu\text{s}/\text{cm}$ の値を示している。一般に自然水の電気伝導度100～300 $\mu\text{s}/\text{cm}$ の値は循環性地下水を示すことから(桜本勇治, 1991)、本地下水は循環性地下水と考えられる。

キーダイアグラム及びヘキサダイアグラムから本地下水の水質組成は CaHCO_3 型で炭酸カルシウムを主成分としている。建設省土木研究所(1990)によれば、この型は循環性地下水に多く見られている。

以上のことから本地下水の特徴は、PHからはどちらのタイプに分類するか断定できないが、電気伝導度及び水質組成から判断すると循環性地下水に属すると考えられる。

6. ま と め

調査結果をまとめると以下のとおりである。

- ① 地下水は深地田代No. 1孔を利用し、深度GL-118.0~119.0mの区間において採水された。累積採水量は69,800ml（サンプリングカプセル区間容積の約113倍）である。
- ② 地下水採取と同時に現地で測定した地下水の温度は16.5~18.5℃（平均17.7℃）、pHは6.5~8.4（平均8.2）、電気伝導度は127~133 $\mu\text{s}/\text{cm}$ （平均131 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ）である。
- ③ ウラニウム濃度はすべて0.001ppm以下を示している。濃度から判断すると、採取した地下水は真の地下水と判断できる。
- ④ 水質分析の結果から、水質解析法としてキーマイアグラム及びヘキサマイアグラムを作成した。いずれのマイアグラムも $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 、 Fe^{2+} 、 $\text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$ の濃度が低く、 $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 、 HCO_3^- の濃度が高い CaHCO_3 型である。
- ⑤ 同位体成分の $\delta^2\text{H}$ と $\delta^{18}\text{O}$ の関係から $\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O} + 15$ の線上に位置し、本地下水は天水起源であると解釈された。またトリチウムの値は $^3\text{H} = 1.9(\text{TR})$ を示し、その年齢は30年以上経過していると考えられる。

参 考 文 献

- 浅田 誠一、内出 茂、小林 基宏、定量分析：技報堂出版株式会社(1989)
- 動力炉・核燃料開発事業団、パッカー式地下水サンプラー（PGS-500NQNU、HQ型）の製作：PNC SJ4411 89-001(1989)
- 動力炉・核燃料開発事業団、東濃鉱山における花崗岩の断裂系の特性調査と岩盤評価：PNC SY7469 89-009(1989)
- 動力炉・核燃料開発事業団、西南日本非グリーンタフ地域花崗岩類の地質環境モデルデータセット整備のための深部地質環境データ：PNC ZJ4174 90-001(1990)
- 動力炉・核燃料開発事業団、地化学特性値の取得を目的とした原位置採水・地下水計測技術の適用試験：PNC PJ1060 91-001(1990)
- 今井 功、寺岡易司、奥村公男、九州四万十帯の構造区分：地団研専報, No. 19, pp. 179-189(1975)
- 今井 功、寺岡易司、小野晃司、松井和典、奥村公男、1：500,000 地質図「鹿児島」：地調(1980)
- 建設省土木研究所、関東平野北部地域における地下水の水質と同位体比：地下水技術(1990)
- 九州地方土木地質図編纂委員会、九州地方土木地質図及び解説書：国土開発技術開発センター、東京(1986)
- 松葉谷 治、地熱水の同位体地球科学1：地熱エネルギー、Vol. 10, No. 2 (No. 30) pp. 112~115(1985)
- 松葉谷 治、地熱水の同位体地球科学3：地熱エネルギー、Vol. 11, No. 1 (No. 33) pp. 31~36(1986)
- 中村俊文、山本温彦、大庭 昇、富田克利、鹿児島県大隅花崗閃緑岩体の地質および岩石学的研究：地質学会89年学術大会演旨、鹿児島, p. 441(1982)
- 野沢 保、太田良平、5万分の1地質図幅「内之浦地域の地質」：地調(1967)
- 大庭 昇、大隅花崗岩の岩石化学的研究：資源研彙報、Vol. 54-55, pp. 148~152(1961)
- 桜本 勇治、地下水の水質調査：地下水技術(1991)
- 山本温彦、大庭 昇、高隈山花崗岩体・大隅花崗閃緑岩体の地質・岩石：日本地質学会、鹿児島、pp. 61-79(1983)

< 付録 I >

採 取 位 置

(採取位置について)

1. 採水作業 (当初の採取位置は深度GL-207.5~208.5m)

平成3年7月1日~2日:採水作業準備、

2日:孔内へパッカー・ロッド挿入作業中、パッカー・ロッド
落下(ロッド頭部の深度GL-115m)。

2. 回収作業 (第1回)

平成3年7月3日~9日:回収器具製作後、回収作業実施。

10日:回収作業中、ロッド切断。

(破断によるパッカー・ロッドの再度落下はなく、エアー
ホースが強力な楔となっている模様。ロッド頭部の深
度GL-172m)。

3. 採水作業

貴事業団のご承認・ご指示をうけたのち、深度GL-117.0~118.0mで採水を実施。

平成3年7月24日~30日:採水。

4. 回収作業 (第2回)

平成3年11月18日~28日:回収機材準備後、回収作業。

28日:回収作業中、孔内のエアーホース類が障害物となり回収
できず(ロッド頭部の深度GL-203.3m)。

29日:貴事業団へこれまでの結果及び回収作業経緯を報告し、
技術的にも回収作業の継続は無理と判断したため回収作
業を一時中断し、貴事業団のご指示をおおぎ、中止のご
承認をうけたのち撤収に入った。

29日~30日:一部機材搬出

12月7日~10日:解体・撤収

5. 回収後の孔内状況:ロッド頭部の深度GL-115m

6. 孔内残留機材:HQパッカー(長さ3m)	一式
ステンレスロッド(長さ3m)	31本
エアーホース	約200m

< 付録Ⅱ >

フミン酸・フルボ酸について

1. フミン酸・フルボ酸について

フミン酸・フルボ酸は、当初土壌の有機物として定義されたものですが、天然水中の有機物に関してこの用語が使用されることもあるようです。

土壌中のフミン酸・フルボ酸は、土壌からアルカリ水溶液（濃度・試剤はいろいろある）によって抽出される茶褐色から黒褐色に着色した物質で、フミン酸はこのアルカリ水溶液を酸性（一般にはpH 2以下）としたときに沈殿となるもの、フルボ酸は酸性水溶液にとどまる有機物として定義されます。したがって、これらは特定の化合物を表すものではなく、そのような性質をもった物質の混合物であるとみるべきものです。また、天然水中に微量で溶解している水中有機物の場合は、多孔質樹脂に吸着させ濃縮補集したものをアルカリで溶離させ、その後、土壌有機物と同様にアルカリ可溶かつ酸不溶のものをフミン酸、アルカリにも酸にも可溶なものをフルボ酸と定義しています。ただし、古い水の場合には水中有機物のほとんど全部がフルボ酸であるとみなせますので、今回はTOC（全有機炭素量）＝フルボ酸として御報告しました。

2. 分析方法・手順

水中のTOCは、試料水を触媒上で高温酸化することにより、二酸化炭素としてセルに導入し、濃度を赤外吸収強度で求めます。今回の分析手順として、試料水3mlに3%リン酸を加えて酸性とし、窒素ガスをおだやかに3分間通気させて無機炭酸塩及び溶存炭酸を除去した後、TOC計（Shimadzu TOC-500）に30 μ l注入して測定したものです。なお、検量線はフルタ酸水素カリウムを用いて作製した。