

本資料は2002年10月25日付けで登録区分  
変更する。

東濃地科学センター【研究調整グループ】

# 我が国の地下水に関する地質学的調査

## 報 告 書

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1991年3月

株式会社 ダイヤコンサルタント

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、特に限られた関係者だけに開示するものです。ついては、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に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。

〒509-51  
岐阜県土岐市泉町定林寺字園戸959-31  
動力炉・核燃料開発事業団  
中部事業所  
環境地質課

本資料は、核燃料サイクル開発機構の開発業務を進めるために作成されたものです。  
したがって、その利用は限られた範囲としており、その取扱には十分な注意を払ってください。この資料の全部又は一部を複写・複製・転載あるいは引用する場合、特別の許可を必要としますので、下記にお問い合わせ下さい。

〒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

Inquiries 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)  
1991

本文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。

〒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

Inquiries 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

# 我が国の地下水に関する地質学的調査

## 報 告 書

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1991年3月

株式会社 ダイヤコンサルタント

1991年 3月



# 我が国の地下水に関する地質学的調査

米田茂夫<sup>\*-1</sup>, 小屋開地稔<sup>\*-1</sup>, 桜本勇治<sup>\*-2</sup>

## 要　　旨

地層処分に関連した調査研究の一環として、地質環境の適性評価や処分システムの性能評価に資することを目的とし、我が国の地下水の地球化学的性質に関する既存データの収集・解析を実施した。収集したデータ数は約15,000である。

貯留母岩別の平均的な地下水の水質は、石灰岩や第四紀堆積層などで  $\text{Ca}(\text{Na})\text{-HCO}_3$  型、花崗岩類、玄武岩類及び新第三紀堆積岩などで  $\text{Na}\text{-Cl}$  型を示す。

また、温鉱泉・化石海水及び海水の影響を排除する条件で抽出した約5000データを用いて、地下水の水質と貯留母岩の岩種等の関係を検討し、以下に示す知見を得た。

- ・  $\text{CO}_2$  に対してある程度解放的な環境下の地下水は、貯留母岩との反応が進行すれば、その岩種にかかわらず、pH及び $\text{Na}^+ \cdot \text{HCO}_3^-$  濃度が高くなる。
- ・  $\text{CO}_2$  に対して比較的閉鎖的な環境下の地下水は、貯留母岩との反応が進行すれば、その岩種にかかわらず、pHが高くなるが、さほど $\text{Na}^+ \cdot \text{HCO}_3^-$  濃度が高くならない。

※ 本報告書は、株式会社ダイヤコンサルタントが動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した研究の成果である。

契約番号……………02CD610

事業団担当部課室：環境地質課

<sup>\*-1</sup> 株式会社ダイヤコンサルタント名古屋支店

<sup>\*-2</sup> 株式会社ダイヤコンサルタント本店技術本部

## まえがき

この報告書は、動力炉・核燃料事業団中部事業所のご発注により株式会社ダイヤコンサルタントが実施した「我が国の地下水に関する地質学的調査」の結果をとりまとめたものである。

地層処分に関わる研究開発として、我が国の地質環境を全国規模で把握する調査研究が行われてきている。本件調査は、その一環として、我が国の地下水に関する既存データの収集・解析により、地質環境の適性評価や処分システムの性能評価に資するべきデータを整備することを目的として平成元年度より実施しているものである。

平成2年度は、前年度に引き続き我が国の地下水に関する地球化学的データの整備を進め、

- ① どこにどのような地下水があるか？（地下水の地球化学的データの整理）
- ② 地下水の水質と貯留母岩の岩種との関係は？（岩石と水の相互作用の解析）

の2点を主眼に検討を行ったものである。

調査の実施に際しては、動力炉・核燃料開発事業団中部事業所環境地質課の関係各位には、種々の御助言や御指導を賜った。ここに記して謝意を表する次第である。

平成3年3月

株式会社ダイヤコンサルタント

## 目 次

### まえがき

1. 調査概要	1
2. 調査方法	3
2. 1 地下水文献	3
2. 2 知識データシートの作成	5
2. 3 地下水データワークシートの作成	7
2. 3. 1 対象とする地下水分析データ	7
2. 3. 2 ワークシートの様式と記入項目	7
2. 3. 3 ワークシート記入方法	9
2. 3. 4 ワークシート集の作成	14
2. 4 データ位置図の作成	14
2. 5 地下水データのパソコン処理	15
3. 文献および地下水分析データの概要	19
3. 1 文献	19
3. 2 地下水分析データ	20
3. 3 主要分析項目の集計結果	24
4. 地下水水質の地域的性状	29
- どこにどのような地下水があるか -	
4. 1 地理的区分による各地域の地下水の水質	29
4. 1. 1 概要	29
4. 1. 2 記載	32
4. 2 地質環境単元区分による各地域の地下水の水質	42
4. 2. 1 概要	42
4. 2. 2 記載	45
5. 選択データの集計結果	47
5. 1 概要	47
5. 2 記載	49

6.	地下水の水質と貯留母岩の岩種との関係	55
6. 1	地下水の水質データの抽出条件	55
6. 2	地下水の水質と貯留母岩との関係の検討	64
6. 3	濃尾平野での地下水の流動過程における水質の変化	97
7.	まとめ	103

[付録]

- ▽ 1. 別冊「図表集」  
 ▽ 2. 別冊「知識データ集」

[別納品]

- ▽ 1. 地下水データワークシート集 1式（別紙目録1）  
 ▽ 2. 地下水データフロッピーディスク 1式（別紙目録2）  
 ▽ 3. 地下水データ一覧表 1式（別紙目録3）  
 ▽ 4. 地下水データ位置図 1式（2分冊）

## 図 表 目 次

表 2 - 1	地質環境単元の区分とその地域	11
表 2 - 2	地下水データ入力項目一覧表	18
表 3 - 1	文献数量	20
表 3 - 2	A 文献のテーマ別分類	20
表 3 - 3	抽出データ数	21
表 3 - 4	水源別データ数	22
表 3 - 5	利用目的(等)別データ数	22
表 3 - 6	採水深度別データ数(全データ)	23
表 3 - 7	主要分析項目の集計結果	26
表 4 - 1	都道府県別データ数	31
表 4 - 2	地域別深度別データ数	32
表 4 - 3	岩種別データ数	43
表 4 - 4	地質環境単元別データ数	44
表 5 - 1	花崗岩地域の深度別水質型(選択データ)	50
表 5 - 2	先新第三紀堆積岩地域の深度別水質型(選択データ)	53
図 2 - 1	調査・作業の流れ図	5
図 3 - 1	採水深度頻度分布図	24
図 3 - 2	全データ pH 頻度分布図	27
図 3 - 3	全データ Cl <sup>-</sup> 濃度頻度分布図(普通目盛)	28
図 3 - 4	全データ Cl <sup>-</sup> 濃度頻度分布図(対数目盛)	29
図 4 - 1	北海道地域の深度別平均値のヘキサダイヤグラム	34
図 4 - 2	地域別深度別幾何平均値のヘキサダイヤグラム	35
図 4 - 3 (1)	採水深度別トリリニヤーダイヤグラム(北海道、幾何平均値)	36
図 4 - 3 (2)	採水深度別トリリニヤーダイヤグラム(東北、幾何平均値)	37
図 4 - 3 (3)	採水深度別トリリニヤーダイヤグラム(関東、幾何平均値)	38

図 4 - 3 (4)	採水深度別トリリニヤーダイヤグラム（中部、幾何平均値）	39
図 4 - 3 (5)	採水深度別トリリニヤーダイヤグラム（近畿、幾何平均値）	40
図 4 - 3 (6)	採水深度別トリリニヤーダイヤグラム（四国、幾何平均値）	41
図 4 - 3 (7)	採水深度別トリリニヤーダイヤグラム（九州、幾何平均値）	42
図 4 - 4	全データ岩種別幾何平均値のトリリニヤーダイヤグラムと ヘキサダイヤグラム	47
図 5 - 1	選択データ岩種別幾何平均値のトリリニヤーダイヤグラムと ヘキサダイヤグラム	51
図 6 - 1	解析データ抽出流れ図	57
図 6 - 2	pH頻度分布図	58
図 6 - 3	採水深度と水温の関係図	59
図 6 - 4	$\text{Cl}^-$ 濃度頻度分布図	60
図 6 - 5	$\text{SO}_4^{2-}$ 濃度頻度分布図	61
図 6 - 6	$\text{Cl}^-$ 濃度の累積頻度分布図（条件設定用6005データ）	62
図 6 - 7	$\text{SO}_4^{2-}$ 濃度の累積頻度分布図（条件設定用6005データ）	63
図 6 - 8	解析データ岩種別幾何平均値のトリリニヤーダイヤグラムと ヘキサダイヤグラム	64
図 6 - 9	採水深度とpH及び陰イオン濃度との関係図（花崗岩類）	73
図 6 - 10	採水深度と陽イオン濃度との関係図（花崗岩類）	74
図 6 - 11	$\text{HCO}_3^-$ 濃度とpH及び陰イオン濃度との関係図（花崗岩類）	75
図 6 - 12	$\text{HCO}_3^-$ 濃度と陽イオン濃度との関係図（花崗岩類）	76
図 6 - 13	採水深度とpH及び陰イオン濃度との関係図（玄武岩類）	77
図 6 - 14	採水深度と陽イオン濃度との関係図（玄武岩類）	78
図 6 - 15	$\text{HCO}_3^-$ 濃度とpH及び陰イオン濃度との関係図（玄武岩類）	79
図 6 - 16	$\text{HCO}_3^-$ 濃度と陽イオン濃度との関係図（玄武岩類）	80
図 6 - 17	採水深度とpH及び陰イオン濃度との関係図 (先新第三紀堆積岩)	81
図 6 - 18	採水深度と陽イオン濃度との関係図 (先新第三紀堆積岩)	82

図 6 - 19	$\text{HCO}_3^-$ 濃度と pH 及び陰イオン濃度との関係図 (先新第三紀堆積岩) .....	83
図 6 - 20	$\text{HCO}_3^-$ 濃度と陽イオン濃度との関係図 (先新第三紀堆積岩) .....	84
図 6 - 21	採水深度と pH 及び陰イオン濃度との関係図 (新第三紀堆積岩) .....	85
図 6 - 22	採水深度と陽イオン濃度との関係図 (新第三紀堆積岩) .....	86
図 6 - 23	$\text{HCO}_3^-$ 濃度と pH 及び陰イオン濃度との関係図 (新第三紀堆積岩) .....	87
図 6 - 24	$\text{HCO}_3^-$ 濃度と陽イオン濃度との関係図 (新第三紀堆積岩) .....	88
図 6 - 25	採水深度と pH 及び陰イオン濃度との関係図 (第四紀火山岩類) .....	89
図 6 - 26	採水深度と陽イオン濃度との関係図 (第四紀火山岩類) .....	90
図 6 - 27	$\text{HCO}_3^-$ 濃度と pH 及び陰イオン濃度との関係図 (第四紀火山岩類) .....	91
図 6 - 28	$\text{HCO}_3^-$ 濃度と陽イオン濃度との関係図 (第四紀火山岩類) .....	92
図 6 - 29	採水深度と pH 及び陰イオン濃度との関係図 (第四紀堆積層) .....	93
図 6 - 30	採水深度と陽イオン濃度との関係図 (第四紀堆積層) .....	94
図 6 - 31	$\text{HCO}_3^-$ 濃度と pH 及び陰イオン濃度との関係図 (第四紀堆積層) .....	95
図 6 - 32	$\text{HCO}_3^-$ 濃度と陽イオン濃度との関係図 (第四紀堆積層) .....	96
図 6 - 33	全解析データの深度別幾何平均値のヘキサダイヤグラム .....	97
図 6 - 34	採水深度と pH 及び陰イオン濃度との関係図 (濃尾平野) .....	101
図 6 - 35	採水深度と陽イオン濃度との関係図 (濃尾平野) .....	102
図 6 - 36	採水深度と $\text{SiO}_2$ 濃度との関係図 (濃尾平野) .....	103
図 6 - 37	採水深度と $\text{dis. O}_2$ 濃度との関係図 (濃尾平野) .....	103

目録1. 地下水データワークシート集

通し番号	文献ファイル	通し番号	文献ファイル	通し番号	文献ファイル
1	1953(1)	31	1963(1)-(2)	61	1980(1)-(3)
2	"(1)2	32	"(3)	62	"(4)
3	1954(1)	33	1964(1)	63	"(5)
4	1955(1)	34	"(2)	64	"(6)
5	"(2)	35	1965(1)-(2)	65	1981(1)-(3)
6	1956(1)1	36	"(2)-(3)	66	"(4)
7	"(1)2	37	1966(2)-(3)	67	"(5)-(6)
8	"(1)3	38	1967(1)	68	1982(1)-(3)
9	"(1)4	39	1968(1)	69	"(3)-(6)
10	"(2)	40	"(2)	70	1983(1)
11	1957(1)	41	"(3)	71	"(2)
12	"(2)	42	"(4)	72	"(3)
13	1958(1)1	43	1969(1)	73	"(4)-(8)
14	"(1)2	44	"(2)	74	1984(1)-(5)
15	"(2)	45	1970(1)-(4)	75	"(6)-(8)
16	1959(1)	46	"(5)	76	1985(1)-(3)
17	"(2)1	47	1971(1)	77	"(4)-(5)
18	"(2)2	48	"(2)1	78	"(6)-(8)
19	1960(1)	49	"(2)2-(3)	79	1986(1)
20	"(2)1	50	1972(1)-(2)	80	"(2)-(9)
21	"(2)2	51	"(3)	81	1987(1)-(6)
22	1961(1)	52	1973(1)	82	1988(1)-(3)
23	"(2)	53	"(2)-(3)		
24	1962(1)	54	1974(1)-(4)		
25	"(2)	55	1975(2)-(4)		
26	"(3)1	56	1976(1)-(3)		
27	"(3)2	57	1977(1)-(6)		
28	"(3)3	58	1978(1)-(3)		
29	"(3)4	59	"(4)-(6)		
30	"(4)	60	1979(1)-(6)		

目録2. 地下水データフロッピーディスク

番号	データの年代	ファイル名	番号	データの年代	ファイル名
1	1953-1955	GWD53, GWD54, GWD55	11	1970-1971	GWD70, GWD71
2	1956	GWD56	12	1972-1973	GWD72, GWD73
3	1957-1958	GWD57, GWD58	13	1974-1976	GWD74, GWD75, GWD76
4	1959	GWD59	14	1977-1979	GWD77, GWD78, GWD79
5	1960-1961	GWD60, GWD61	15	1980	GWD80
6	1962	GWD62-1	16	1981-1982	GWD81, GWD82
7	1962	GWD62-2	17	1983	GWD83
8	1963-1964	GWD63, GWD64	18	1984-1985	GWD84, GWD85
9	1965-1967	GWD65, GWD66, GWD67	19	1986-1988	GWD86, GWD87, GWD88
10	1968-1969	GWD68, GWD69	-		

目録3. 地下水データ一覧表  
(アウトプット集)

番号	データの年代
1	1953-1958
2	1959-1962
3	1963-1969
4	1970-1976
5	1977-1980
6	1981-1984
7	1984-1988

## 1. 調査概要

- 1) 件名：我が国の地下水に関する地質学的調査
- 2) 目的：我が国における地層処分の実現可能性を技術的に示すためには、処分システムを構成する地質環境についての把握が不可欠である。地質環境は地質学・地質工学・水理地質学・地球化学等の各種特性から成り立っているが、それらを全国規模で把握する調査研究が不可欠であり、その中でも特に処分システムに直接的影響を及ぼすと考えられる地下水の特性に関する調査研究は極めて重要である。

本件調査は、我が国の地質環境を全国規模で把握するための調査の一環として、主として地球化学・地質学の分野で蓄積された我が国の地下水に関する既存のデータの収集・解析により、地質環境の適性評価や処分システムの性能評価に資るべきデータを整備することを目的とし平成元年度より実施しているものである。

平成元年度は地球化学・地質学等の既存文献の調査研究により、我が国の地下水に関する一部の地球化学的データが整備された。

平成2年度は我が国の地下水に関する地球化学的データの整備を更に進めるとともに、地下水と地層の地球化学的及び水理地質学的な相互作用を把握するための作業を実施する。

- 3) 内容：
  - ① 我が国の地下水に係わる地球化学的データの整理
    - (1) データの抽出
    - (2) データの整理(ワークシート作成)
    - (3) データの検討

② 地下水の地球化学的特性と母岩との関係の整理

(1) 報告書の作成

(2) 知識データシートの作成

4) 数量：作業対象文献数；404（平成元年度分を含む）

地下水データ数；15,426（平成元年度分を含む）

5) 期間：自；平成2年10月26日

至；平成3年 3月20日

6) 計画：動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所環境地質課

7) 実施：株式会社ダイヤコンサルタント 名古屋支店  
本店技術本部

## 2. 調査方法

調査・作業の流れ図を図2-1に示す。

### 2.1 地下水文献

我が国の地下水に係わる地球化学的データの抽出作業の対象文献は事業団が保有している約3500件である。

これらの文献は昭和63年度までに、埼玉大学関陽太郎教授のもとで収集整理されたもので、資料番号、地下水分析データの有無、地表下50mを基準とした浅層地下水と深層地下水の区別、及び下記の総合的な判定評価（ランク）が示されている。<sup>\*1</sup>

A：きわめて重要なもの

B：かなり必要なもの

C：あまり必要でないもの

これらの文献のうち、1953～1980年のAランク文献については、平成元年度に地下水データの抽出・整理が完了している。

本年度は、1981～1988年のAランク文献（1953～1980年の補足文献を含む）について地下水データの抽出・整理を行ったほか、Bランク文献についても下記の基準で抽出・整理を行った。

○分析データの数が極めて少ない岩種・地質環境単元を貯留母岩とする地下水の分析データ

○主要溶存イオン、pH、水温等の分析値の揃ったデータ

---

\*1 関 陽太郎（1988）：我が国における深部地下水の地球化学的特性の既存資料の解析、委員会資料 文献番号 88-031

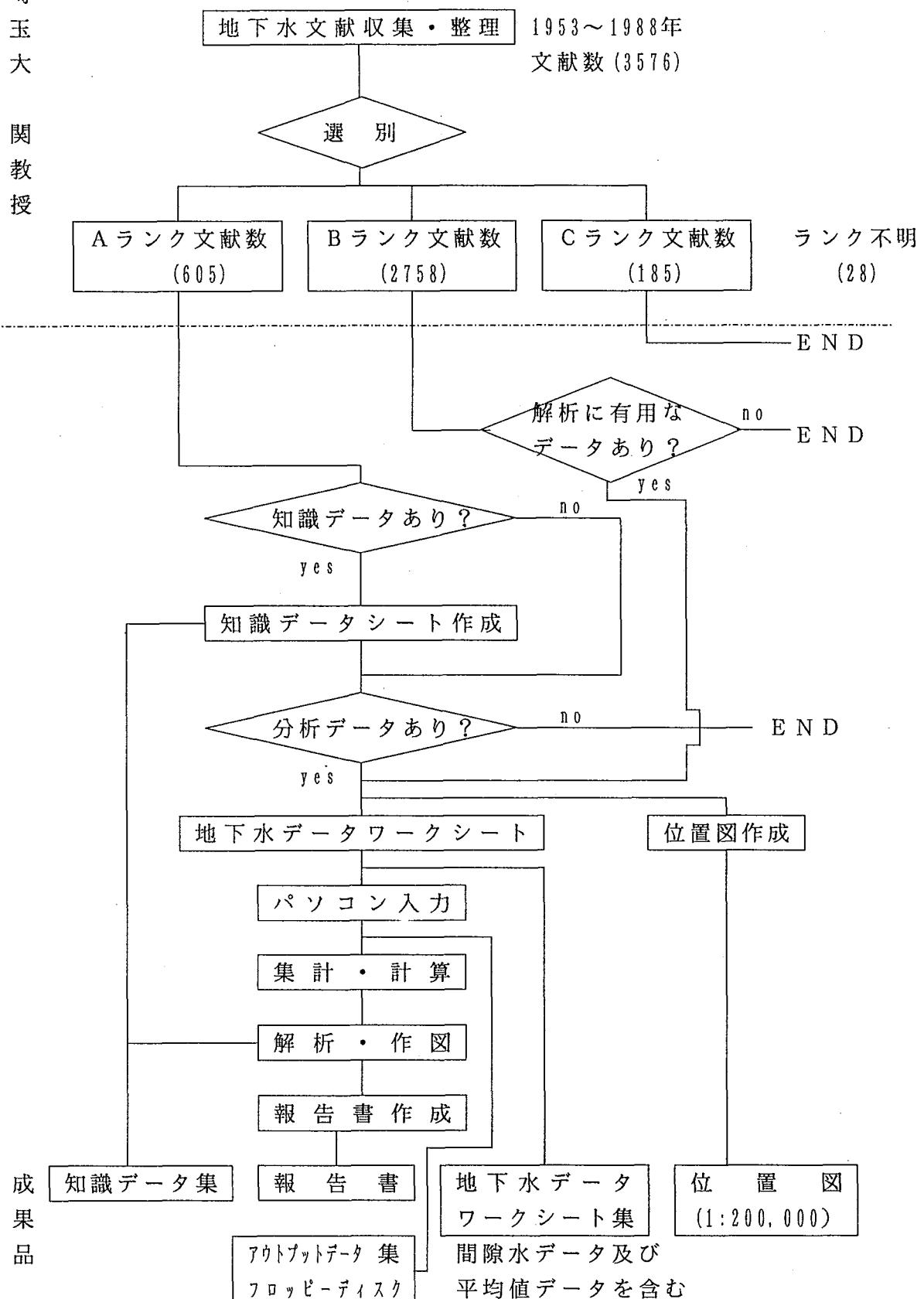


図2-1 調査・作業の流れ図

## 2. 2 知識データシートの作成

調査対象文献より、地下水の地球化学的特性について記載された部分を抽出し、様式1の知識データシートを作成、別冊の知識データシート集にとりまとめた。抽出した主な知識データとしては下記のようなものがある。

- ① 地下水の水質と母岩の関係等の記載
- ② 地下水の起源等の記載
- ③ 流動に伴う地下水の水質の変化等の記載

## 知識データシート

文献番号：□□□—□□□□□

著者名	
題名・副題	
<hr/>	

## 2. 3 地下水データワークシートの作成

### 2.3.1 対象とする地下水分析データ

地下水データの収集は、1)各地域、各地質環境単元地域の地下水の水質の現況把握、2)岩石と水の相互作用の解明を目的とする。したがって、対象文献に表示された全てのデータを作業対象としたが、調査の目的や解析作業を考慮して、下記データは除外した。

#### ① 表流水の分析データ

表流水であることが明記されているもの。

表流水と推定されるもの。

なお、伏流水は対象データとした。

#### ② 同一地点で複数の分析データ

同一地点での地下水の経時、経年変化が示されたデータは、最新のデータ（最新の分析項目の多いデータ）あるいは、平均値が示されたものは平均値を対象とした。

#### ③ 引用資料

引用文献が明示されているものは除外した。

なお、地域の平均値のみが表示されている文献は、「平均値」データシートに記入、ボーリングコアなどの間隙水の分析データは「間隙水」データシートに記入した。

### 2.3.2 ワークシートの様式と記入項目

ワークシートの様式を様式2に示す。

ワークシート記入項目は、対象文献に表示された全ての項目とした。様式2に表示していない項目としては下記のようなものがある。

## 地下水データワークシート

様式 2

文献番号 : [ ] - [ ] 標本番号 : [ ]  
 採水年月日 : 19 [ ] - [ ] ~ [ ]

採水位置					
母岩(地層・岩種名)		地質環境単元			
水源種別 ( )		深度		m	
採水深度					
流出量	$m^3/d$	水温	$^{\circ}C$	気温	$^{\circ}C$
電気伝導度 ( $^{\circ}C$ )	$\mu S/cm$	水質(外観・臭味)			
水比重 ( $^{\circ}C$ )	$\Omega \cdot cm$	比重 ( $^{\circ}C$ )			
pH		Eh		mV	
R pH		蒸発残留物		mg/l	
Na <sup>+</sup>	mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		mg/l	
K <sup>+</sup>	mg/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>		mg/l	
Ca <sup>2+</sup>	mg/l	Cl <sup>-</sup>		mg/l	
Mg <sup>2+</sup>	mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		mg/l	
Fe <sup>2+</sup>	mg/l	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>		mg/l	
Fe <sup>3+</sup>	mg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		mg/l	
T-Fe	mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		mg/l	
Al <sup>3+</sup>	mg/l	Br <sup>-</sup>		mg/l	
Mn <sup>2+</sup>	mg/l	I <sup>-</sup>		mg/l	
Li <sup>+</sup>	mg/l	F <sup>-</sup>		mg/l	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l			mg/l	
	mg/l			mg/l	
	mg/l			mg/l	
	mg/l			mg/l	
	mg/l			mg/l	
P	mg/l	dis. O <sub>2</sub>		cc/l	
SiO <sub>2</sub>	mg/l	dis.		cc/l	
KMnO <sub>4</sub> 消費量	mg/l				
硬度 ( )					
アルカリ度 ( )		free CO <sub>2</sub>		mg/l	
過剰塩基 ( )		free H <sub>2</sub> S		mg/l	
酸度 ( )					
備考 :					

○ 陽イオン	$H^+$ , $Sr^{2+}$ , $Cu^{2+}$ , $Pb^{2+}$ , $Zn^{2+}$ , $Cd^{2+}$
○ 陰イオン	$PO_4^{3-}$ , $HPO_4^{2-}$ , $BO_2^-$ , $HSO_4^-$ , $HSO_3^-$ , $HSO_3^-$ , $HSiO_3^-$ , $SiO_3^{2-}$ , $HS^-$ , $SO_3^{2-}$ , $OH^-$
○ 化合物など	$S(T-S)$ , $As(T-As)$
	$HB_2O_2$ , $NaHCO_3$ , $P_2O_5$ , $H_2SiO_3$
○ 放射性元素	$Ra$ , $Rn$
○ 同位体	$\delta^{18}O$ , $\delta D$ , $^3H$
○ 溶存ガス	$N_2$ , $A(Ar)$ , $CH_4$ , $CnHm$ , $He$ $CH_4 + N_2 + etc.$
○ その他微量成分	

### 2.3.3 ワークシート記入方法

- 1) 文献番号：貸与資料に付された番号を記入。例；61-045
- 2) 標本番号：文献に番号記号の付してあるものはそのまま記入。  
ないものには番号を付した。（パソコン入力のため，ひらがな，かたかな，ローマ数字，ギリシャ文字はアルファベットやアラビア数字に換えた）
- 3) 採水年月日：分析表や本文中に記載された年月日を記入。期間で示されたものは開始および終了年月日を記入。
- 4) 採水位置（及び名称利用者）：文献に記載されたものを可能な限り詳細に記入。
- 5) 母岩（地層・岩種名）：“地質時代名+地層（岩石）名”を記入したが，各水源の地質状況を記載した文献は非常に稀であった。本文中の地質記載を参考にしたが，本文中にも地質記載の全くないものがあり，これらは“不明”と記入してある。
- 6) 地質環境単元名：表2-1に示す36単元と第四紀層3単元（下

表 2 - 1 地質環境単元の区分とその地域

地質構造区 時代・岩種		西南・中部日本		北日本
		外 帯	内 帯	
先 新 第 三 紀	花 岗 岩 類 (白亜紀-古第三紀)		G <sub>1</sub> II	G <sub>1</sub> III
	花 岗 岩 類 (ジュラ紀以前)		G <sub>2</sub> II	G <sub>2</sub> III
	斑 レ イ 岩 類	A I	A II	A III
	流 紋 岩 類		R II	
	玄 武 岩 類	B I	B II	B III
	先新第三紀堆積岩 (中・古生代)	P <sub>1</sub> I	P <sub>1</sub> II	P <sub>1</sub> III
	先新第三紀堆積岩 (古第三紀)	P <sub>2</sub> I	P <sub>2</sub> II	P <sub>2</sub> III
新 第 三 紀 四 紀	石 灰 岩	L I	L II	L III
	結 晶 片 岩 類	M I	M II	M III
地質構造区 時代・岩種		西南 日本		東 北 日 本
		非ケリソタフ地域	ケリソタフ地域	非ケリソタフ地域 ケリソタフ地域
花 岗 岩 類	G IV			
流 紋 岩 類	R IV	R V		
玄 武 岩 類	B IV	B V	B VI	
新 第 三 紀 堆 積 岩	N IV	N V	N VI	
堆 積 層	Q S			
火 山 岩 類	Q V			
石 灰 岩	Q L			

記) 併せて 39 単元とした。

Q S ; 第四紀堆積層

Q V ; 第四紀火山岩類

Q L : 第四紀石灰岩類

なお、地質環境単元区分の詳細については「我が国の地質環境単元に関する地質学的調査」報告書(PNC SJ 7308 89-001)を参照されたい。

7) 水源種別及び利用目的：下記の分類を試みた。

水源種別の 分類	1. 井戸（掘井戸、打込井、ボーリング）
	2. 湧泉（伏流水、洞穴水を含む）
	3. 坑道（横井戸、トンネル、坑道）
	4. 凝縮水（噴気凝縮水）
	5. 不明
利用目的 などの分類	a. 用水（上水、工業、農業用など）
	b. 温泉・鉱泉
	c. 油井、ガス井、ヨード井
	d. 坑道湧水
	e. 地すべり湧水
	f. 調査・観測井
	g. ガス徵

8) 深度（標高）：○井戸の場合、孔底深度（掘削深度）を記入  
○地表からの深度で記載されている坑道湧水  
○標高で記載されているものは「標高」と明記した。

○採水深度が記載されているものは採水深  
(下限) 欄に記入、採水層が幅で記載されているものは、その上限と下限を記入した。

9) 流出量： $\ell / \text{min}$  で表示されているものは  $\text{m}^3 / \text{day}$  に換算

10) 水温, 気温 : b. p (boiling point) は 100.0 °C とした。

11) 電気伝導度, 水比抵抗 : 文献に記載されている何れかを記入  
 $\Omega \cdot m$  表示は  $\Omega \cdot cm$  に換算。標準水温の記入欄を設けたが記載ないもの多い。

12) pH, R pH : 現地と試験室の両方の記載あるものは現地測定データを記入。

13) 水質 : 外観, 臭味等を簡略に記入。

14) 比重 : 密度で記載されているものを含む。

15) Eh :  $\pm mV$  で記入。

16) 蒸発残留物 : = 蒸発残渣

$$= E_R$$

= 溶解性固体物, 全固体物総量

$$= T.S \text{ or } T.S.M$$

厳密には異なるが整理の便宜上, 上記を「蒸発残留物」に記入した。

17) 溶存イオン : 単位は  $mg/l$  で示した。

$$ppm, mg/kg = mg/l \text{ とする。}$$

$$eqm, meq/l \rightarrow mg/l \text{ に換算。}$$

記入桁数は原著の記載のとおりとした。

換算値は ( ) 書きにしてある。

18) 溶解性ガス : 単位は  $cc/l$  ( $ml/l$ ) で示した。

19) KMnO<sub>4</sub> 消費量 : = COD

20) 硬度 : 文献のとおりに記入。 ( ) 内に文献記載の名称を記入。単位を明記した。

以下のようなものがある。

総硬度, 全硬度, EDTA 硬度

全硬度 ( $CaCO_3$ )

ドイツ硬度 ( $^{\circ}dH$ )

21) アルカリ度：文献のとおりに記入。（ ）内に文献記載の名称を記入。単位を明記した。

なお、アルカリ度表示があつて  $\text{HCO}_3^-$  表示がないものについては下式で換算したものを（ ）書きしてある。

$$\text{HCO}_3^- (\text{mg/l}) = (\text{アルカリ度} (\text{mg/l})) / 50.05 \times 61.02$$

$$\text{HCO}_3^- (\text{mg/l}) = \text{アルカリ度} (\text{meq/l}) \times 61.02$$

22) 酸 度：文献のとおりに記入。（ ）内に文献記載の名称を記入。単位を明記した。

23) 過剰塩基：同上

24) そ の 他：trace, tr, 痕跡, 微量, 多量, 1 >, n.d, ND 等は原著のとおりに記入した。

明らかなミスプリントは除外した。

#### 2.3.4 ワークシート集の作成

上記手法で作成した地下水データワークシートを文献ファイル毎にとりまとめ、別冊のワークシート集にとりまとめた。

#### 2.4 データ位置図の作成

1/20万地勢図にデータ位置をプロットした。文献に詳細な採水地点位置図が付されているものについては、採水位置を単点で記入し、文献番号及び標本番号を付した。しかし、採水位置が密集しているものについてはその範囲を示し、文献番号を付してある。また、採水位置図のないものについては文献記載の採水位置をもとに、その大略の位置に直径1～2cmの円を示してある。

データ位置図は別冊の地下水データ位置図集にとりまとめた。

## 2.5 地下水データのパソコン処理

### (1) 使用機種

- ① パソコン：日本電気 PC-9801RX 2台  
日本電気 PC-9801VM 1台
- ② プリンタ：日本電気 PC-PR201 3台
- ③ ハードディスク：CTS HDα-PC40-55 1台  
(43MB)
- ④ プロッタ：グラフティック MP4300 1台

### (2) 使用ソフト

数万～10万件のデータ処理を念頭に、今回の作業では日本語入力が可能なデータベースシステムである「桐」を使用した。その概要を下記に示す。

- ① 名称：データベースシステム 桐
- ② 製作販売元：株管理工学研究所
- ③ 動作環境
  - a) コンピューター本体：日本電気 PC-9801 シリーズ
  - b) ディスク装置：720KB 以上のもの 2台以上
  - c) 主記憶メモリ容量：512KB 以上
  - d) ディスプレー装置：640 × 400 ドットカラーまたは白黒
  - e) プリンタ：大部分のプリンタに対応
  - f) M S - D O S : バージョン 2.0 以降
- ④ データの仕様
  - a) 項目値の最大：文字列型：1000文字／1項目  
数值型，通貨型：有効数字16桁，範囲  $10^{-124} \sim 10^{+124}$   
整数型：範囲 -32768～+32767

- b) レコード最大長：1000文字（2000バイト）/1レコード
- c) 項目最大数：100項目/1レコード
- d) レコード最大数：ディスクの容量による
- e) 表ファイル：1表/1ファイル  
128Mバイト／1ファイル

#### ⑤ レコード数

今回作業のデータ（60項目）の場合

- a) 1MB のフロッピーディスク：約1000レコード
- b) 40MB のハードディスク：40,000～50,000レコード

#### (3) 入力条件

1) 入力項目は表2-3に示す60項目とした。

別紙2に示した項目に、都道府県名、名称利用者、利用目的、標高及び $H^+$ 、 $OH^-$ 、 $BO_2^-$ 、 $HBO_2$ 、 $T-CO_2$ を加えた。但し、硬度、アルカリ度、過剰塩基、酸度は表示方法や単位が多様であるため除外した。

2) 少数桁表示

データベース「桐」では有効桁表示ができないため、あらかじめ設定した少数桁（表2-2）で表示してある。例えば1と1.000は両者とも1.000で表示されている。

3) 未定義値

原著の空欄、-表示及び原著に表示されていない項目は全て未定義値とし0と区別可能である。アウトプット集では-表示をしてある。

4) 0表示

原著の0、なし、trace、tr、微量、痕跡、○○以下、○○>及び定量限界以下は0(0.000)表示とし、統計には含めた。

“n.d”及び“ND”と“多量”は未定義値とした。

表2-2 地下水データ入力項目一覧表

項目名	データ型	表示幅	値条件	小数桁
1 文献番号	文字列	4	字種(半角 )	
2 標本番号	文字列	4	字種(半角 )	
3 採水年	整数	6		
4 月	整数	2		
5 日	整数	2		
6 採水終了年月日	文字列	7	字種(半角 )	
7 都道府県名	文字列	5		
8 採水位置	文字列	15		
9 名称, 利用者	文字列	15		
10 母岩の地質, 地層名	文字列	16		
11 地質環境単元	文字列	6		
12 水源種別	文字列	4		
13 利用目的	文字列	6		
14 井戸深度	数値	8		1
15 採水深上限	数値	8		1
16 採水深下限	数値	10		1
17 採水標高	数値	8		1
18 流出量	数値	10		2
19 気温	数値	6		2
20 水温	数値	6		2
21 電気伝導度	数値	10		2
22 水比抵抗	数値	8		0
23 PH	数値	5		2
24 RPH	数値	5		2
25 水質(外観臭味)	文字列	15		4
26 比重	数値	8		1
27 EH	数値	8		1
28 蒸発残留物	数値	10		3
29 Na+	数値	8		3
30 K+	数値	8		3
31 Ca++	数値	8		3
32 Mg++	数値	8		3
33 Fe++	数値	8		3
34 Fe+++	数値	8		3
35 T-Fe	数値	8		3
36 Al+++	数値	8		3
37 Mn++	数値	8		3
38 Li+	数値	8		3
39 NH4+	数値	8		3
40 H+	数値	8		3
41 HC03-	数値	10		3
42 C03--	数値	8		3
43 Cl-	数値	10		3
44 SO4--	数値	10		3
45 S03--	数値	8		3
46 NO2-	数値	8		3
47 NO3-	数値	8		3
48 Br-	数値	8		3
49 I-	数値	8		3
50 F-	数値	8		3
51 OH-	数値	8		3
52 BO2-	数値	8		3
53 HBO2	数値	8		3
54 P	数値	8		3
55 SiO2	数値	8		3
56 KMnO4消費量	数値	10		3
57 dis.02	数値	8		3
58 free CO2	数値	8		3
59 free H2S	数値	8		3
60 T-CO2	数値	8		3

#### (4) 集計用データの作成

##### ① 重複データの除外・選別

- 同一文献中の重複データの除外
- 同一地点の同一データの除外
- 同一地点の採水時期の異なるデータについては原則として最新のものを採用

##### ② データの修正

- 採水深下限を主要な集計項目にするため、井戸深度が分っているが採水深下限が明記されていないものは  
$$\text{採水深度下限} = \text{井戸深度}$$

とした。

- 対数計算の処理として0.000を最少桁表示とした。

例 井戸深度  $0.0\text{m} \rightarrow 0.1\text{m}$

主要イオン等  $0.000\text{mg/l} \rightarrow 0.001\text{mg/l}$

#### (5) 集計及び図化

“桐”に付属している集計機能で、全項目について、最大値、最小値、算術平均を求めた。主要項目については項集計機能を用いて標準偏差を求めた。

図化は、多量のデータを扱う必要があるため、XYプロッタを使用することとし、下記図面の描画ソフトの開発を試みた。

- ヒストグラム
- ヘキサダイヤグラム
- トリリニヤーダイヤグラム
- XYプロット図

### 3. 文献および地下水分析データの概要

#### 3. 1 文献

##### (1) 数量 (別冊表1. 1参照)

地下水文献の総数、各ランク毎の文献数を表3-1に示す。

表3-1 文献数量

	文献数	地下水データ 抽出文献	知識データシート 抽出文献
A ランク文献	605	379	207
B ランク文献	2758	25	—
C ランク文献	185	—	—
ランク不明	28	—	—
総文献数	3576	404	207

##### (2) A文献の分類 (別冊表1. 1参照)

A文献についてテーマ別に分類したものを表3-2に示す。

表3-2 A文献のテーマ別分類

時代 テーマ	文献数	%
用水関係	116	19.4
温泉鉱泉	151	25.3
炭坑鉱山	11	1.8
ガス・油井	38	6.4
地熱関係	7	1.2
水理地質	75	12.6
一般地質	5	0.8
防災地質	12	2.0
土木工事	8	1.3
地球化学	106	17.8
環境汚染	3	0.5
廃棄物関係・その他	65	10.9
計	597	100.0
不明	8	

### 3.2 地下水分析データ

#### (1) 数量

抽出データ数を表3-3に示す。以下“全データ”=集計用全データとする。

表3-3 抽出データ数

摘要	データ数
(平成元年度作業)	
1953～1980年抽出データ	11,081
修正削除データ	△ 12
(以下平成2年度作業)	
1981～1988年抽出データ	3,429
1953～1980年補足抽出データ	696
B文献抽出データ	232
総合計	15,426
重複データ	△ 885
集計用全データ	14,541

#### (2) 地下水水源状況

地下水の水源別データ数を表3-4、利用目的別のデータ数を表3-5に示す。

表3-4 水源別データ数

種 別	平成元年度データ		全 デ タ	
	デ タ 数	%	デ タ 数	%
井 戸	7,894	71.2	10,207	70.2
湧 水	1,425	12.9	1,837	12.6
坑 道	776	7.0	1,128	7.8
(凝縮水)	6	0.1	6	0.0
不 明	980	8.8	1,363	9.4
計	11,081	100.0	14,541	100.0

表3-5 利用目的(等)別データ数

区 分	平成元年度データ		全 デ タ		備 考
	デ タ 数	%	デ タ 数	%	
用 水	5,063	45.7	6,172	42.4	
温泉鉱泉地熱	3,383	30.5	5,029	34.6	温泉地熱調査井を含む
油井, ガス井,	1,737	15.7	1,781	12.2	ガス調査井, 用水
ヨード井					/ガス井を含む
坑 道 湧 水	351	3.2	711	4.9	
地すべり湧水	169	1.5	241	1.7	
調査観測井	307	2.8	534	3.7	
ガ ス 徵	32	0.3	31	0.2	
不 明	39	0.4	42	0.3	
計	11,081	100.1	14,541	100.0	

### (3) 採水深度

地下水の地球化学的性状の鉛直的な分布を知ることが今回調査の主目的の一つである。ところが、抽出したデータのはほとんどは何らかの目的で利用されているものが多く、ポンプやエアリフトにより井戸口元へ揚水された地下水（あるいは自噴地下水）を分析供試体としている例がほとんどである。正確な採水位置や採水方法が示されている文献は極めて少ない。

したがって、今回の作業では、文献に記されている深度に関する情報を下記のように整理し、集計に供した。

① 採水深度が単一の深度で明記されているもの

“採水深度” = 「採水深下限」

② 井戸のストレーナー深度などが幅で示されているもの

“採水深度” = 「採水深下限」

③ 井戸深度のみ示されているもの

“採水深度” = 「井戸深度」 = 「採水深下限」

以下、本報告では“採水深度”を上記の定義で使用する。

井戸を水源とするデータの採水深度別データ数を表3-6に、頻度分布図を図3-1に示す。

表3-6 採水深度別データ数（全データ）

深 度 (m)	デ タ 数
0 以上 50未満	2,712
50～ 100	1,866
100～ 200	1,857
200～ 500	993
500～ 1000	338
1000以上	289
深度不明	6,486
計	14,541

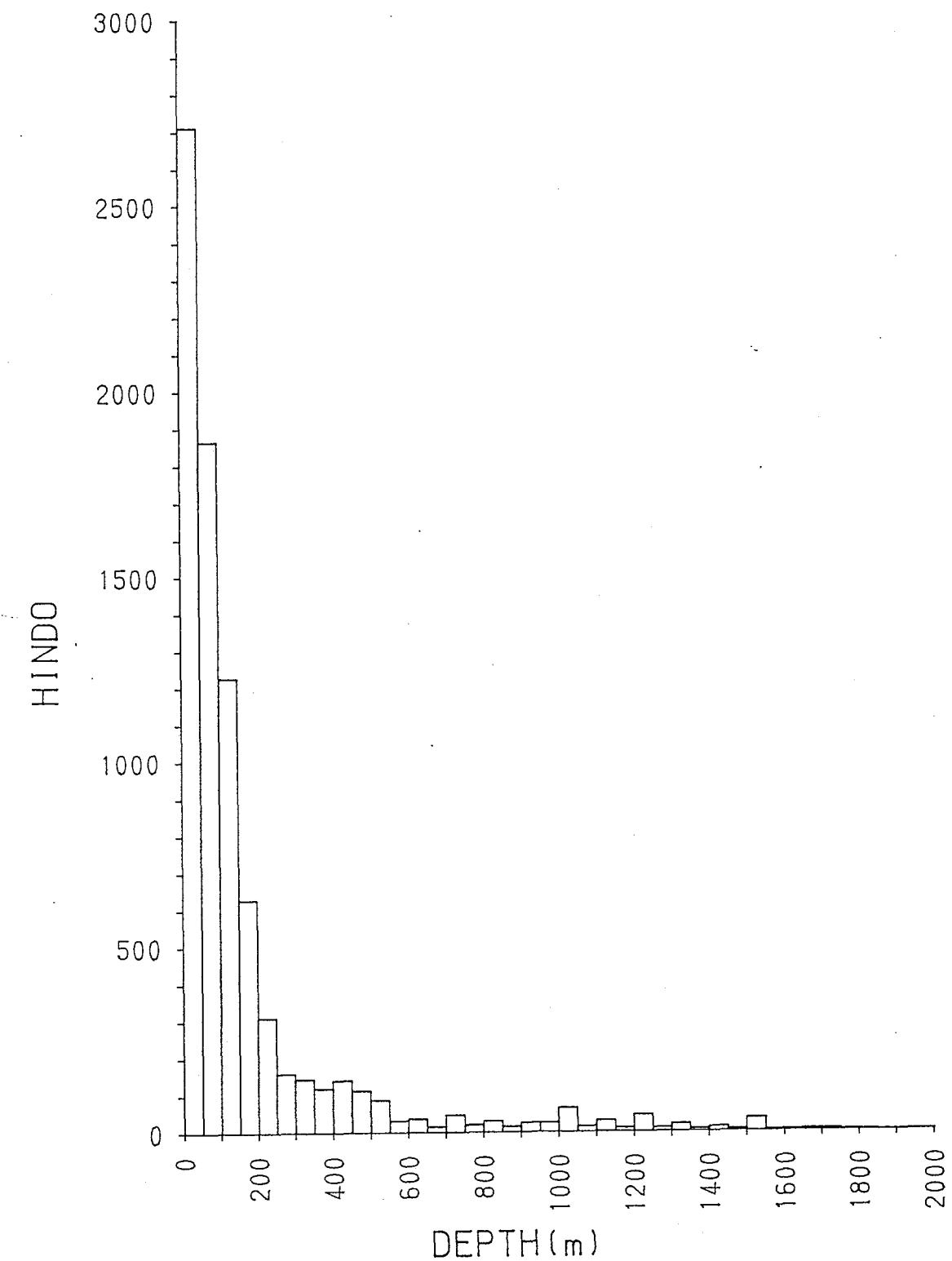


図 3 - 1 採水深度頻度分布図

### 3. 3 主要分析項目の集計結果

主要分析項目についての全データの集計結果を表3-7に示す。

全データには温泉鉱泉や油田かん水など溶存成分の多いデータが含まれている。したがって、全データの最大値は表3-7の右端に示した日本の温泉で知られている最大値に等しいかあるいはそれより大きい値を示すものが多い。一例をあげると、 $\text{Na}^+$ の最大値は有馬温泉のデータで日本の温泉の最大値と全く一致する。 $\text{pH}$ の最大値は釧路炭田、最小値は焼山温泉のデータである。

同様な理由で、全データの算術平均値も日本の温泉の平均値に近い値で、 $\text{SO}_4^{2-}$ を除けば、成分構成比は全く同様である。

図3-2, 3-3に全データの

H及び $\text{Cl}^-$ 濃度の頻度分布図を示す。 $\text{pH}$ は算術平均値の7.0~7.2を中心とした正規分布を示すのに対し、 $\text{Cl}^-$ 濃度は著しく負側に偏した非対称分布を示す。すなわち、最頻値は $10\text{mg/l}$ 以下にあり、濃度が増加するに従って頻度が二次関数的に減少する分布形態を示す。このような傾向は $\text{Cl}^-$ 濃度のみならず他の溶存イオンについても認められる。

図3-4は横軸を常用対数で示した頻度分布図で、これより $\text{Cl}^-$ 濃度は対数正規分布に近い頻度分布を示すことが分る。したがって、解析検討のための統計量として幾何平均値も必要と考えられる。幾何平均値( $\bar{x}_g$ )は下式で求められる。

$$\log \bar{x}_g = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log x_i$$

表3-7 主要分析項目の集計結果

項 目	最大 値	最 小 値	算 術 平 均 値	幾 何 平 均 値	日本 の 温 泉 *	
					最 大 値	最 小 値
pH	12.08	0.40	7.12		9.95	0.4
Na <sup>+</sup> (mg/l)	20,533	—	745.714	75.053	20,533 (114,200)	—
K <sup>+</sup> (mg/l)	6,218	—	35.998	5.647	4,664 (17,950)	—
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	5,169	—	131.602	26.719	5,000	—
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	4,000	—	38.514	5.464	1,003	—
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	11,325	—	300.209	107.812	9,000	—
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	68,800	—	1,313.079	66.107	43,790 (188,800)	—
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	84,000	—	175.052	4.284	49,930	—
蒸発残留物 (mg/l)	76,100	—	2,161.866	—	85,940 (335,700)	—
T-Fe (mg/l)	280	—	2.382	—	—	—
Al <sup>3+</sup> (mg/l)	7,140	—	23.315	—	6,274	—
F <sup>-</sup> (mg/l)	80	—	2.194	—	16 (32)	—
BO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	90.4	—	6.074	—	—	—
HB <sub>2</sub> (mg/l)	2,344	—	62.674	—	5,544	—
SiO <sub>2</sub> (mg/l)	809	—	45.535	—	—	—

\* 湯原浩三 (1969) : 「温泉学」地人書館 ( ) 内は九重大岳3号井

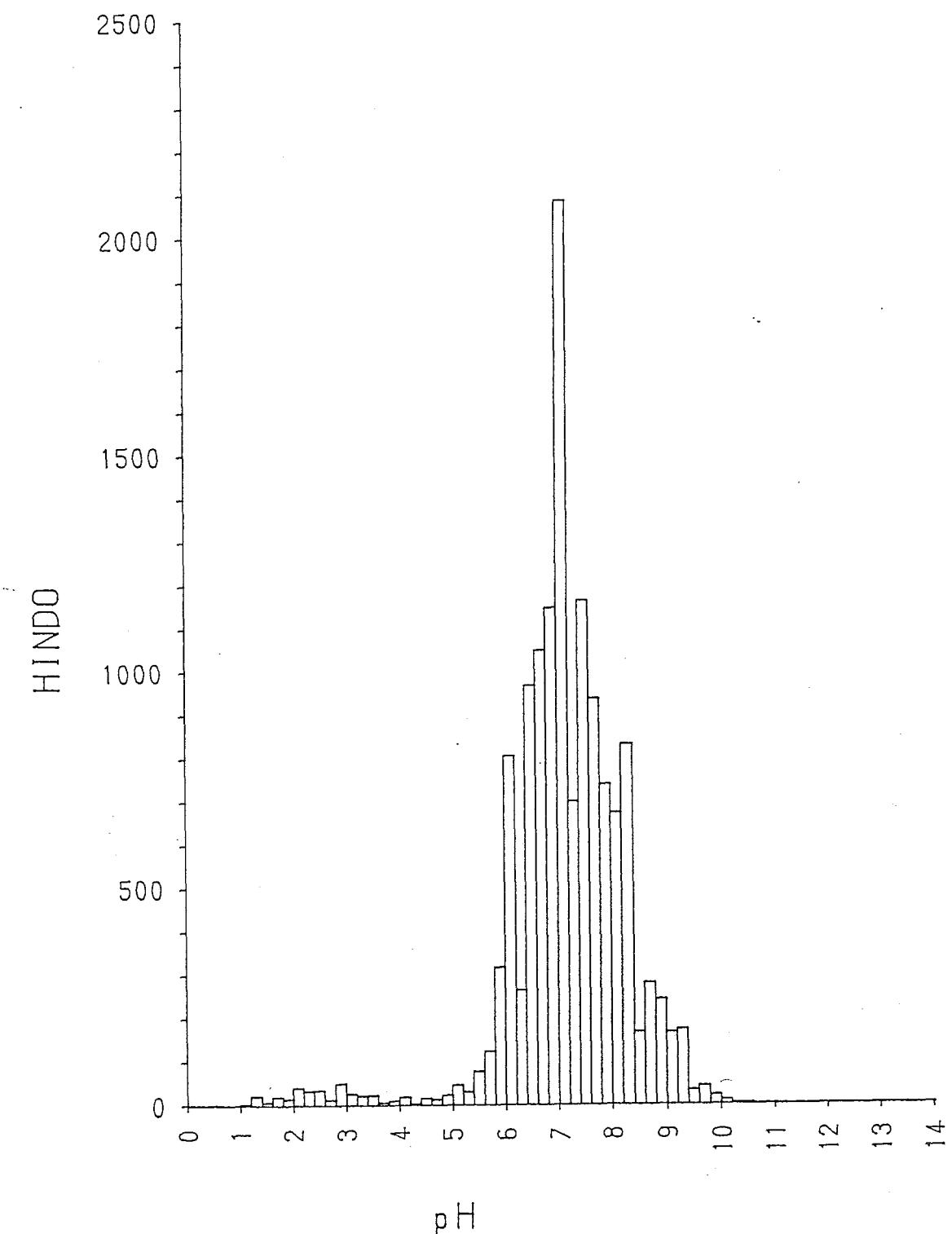


図 3-2 全データ pH 頻度分布図

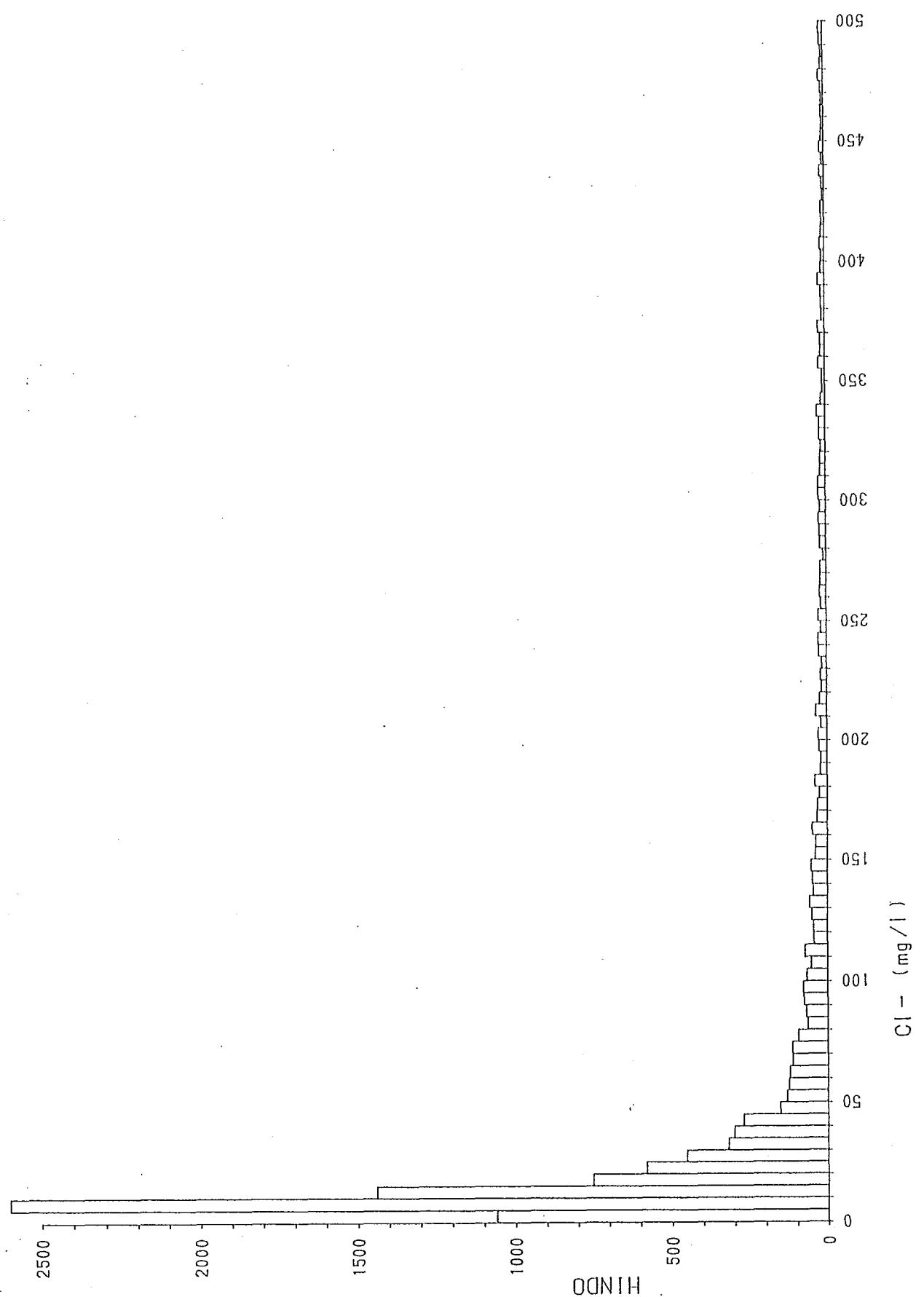


図 3-3 全データ  $\text{Cl}^-$  濃度頻度分布図（普通目盛）

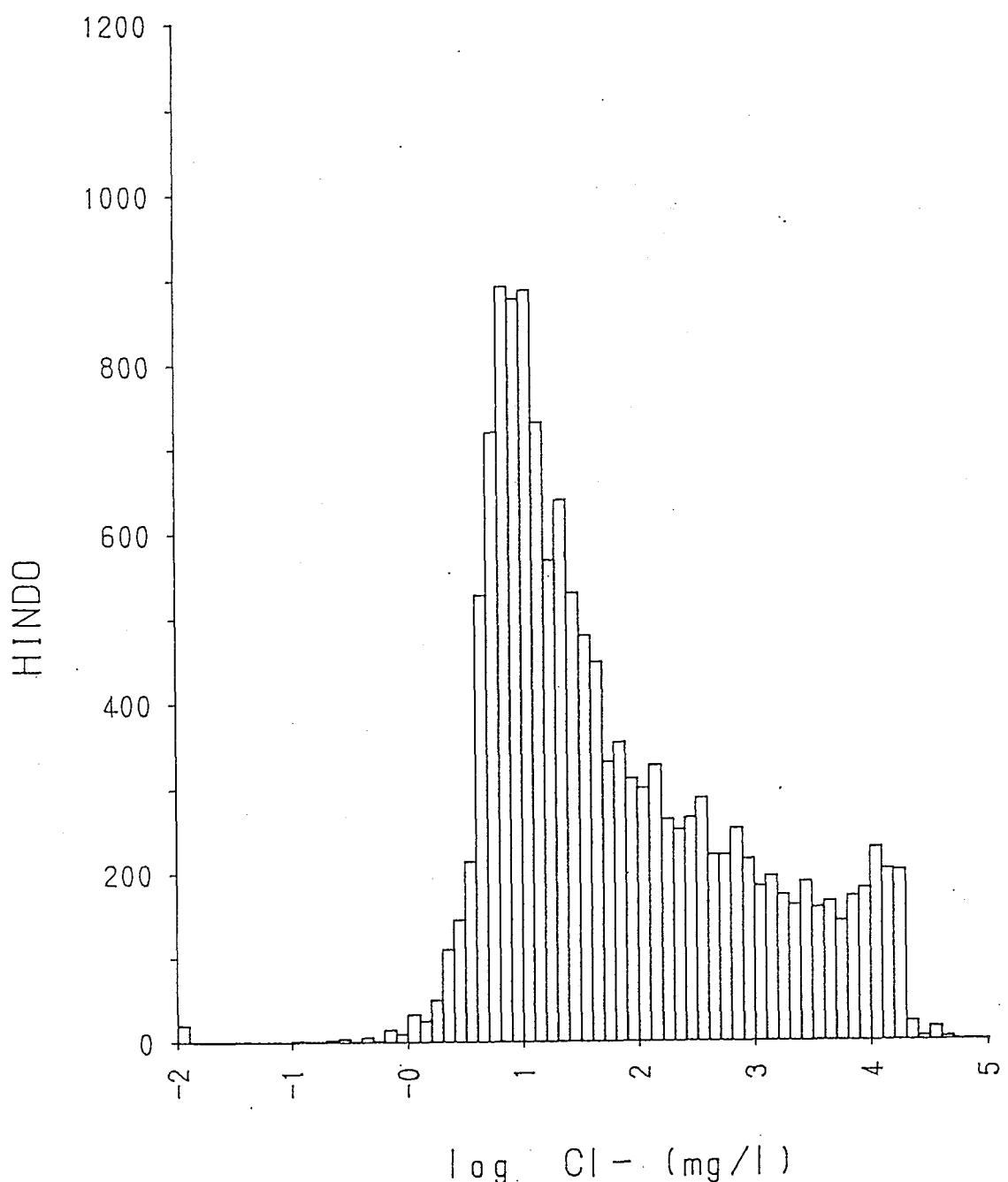


図3-4 全データCl<sup>-</sup>濃度頻度分布図(対数目盛)

## 4. 地下水水質の地域的性状 —どこにどのような地下水があるか—

### 4.1 地理的区分による各地域の地下水の水質

#### 4.1.1 概要

全データを都道府県別に分類したものを表4-1に示す。平成元年度の集計でも明らかであったように、データの数は東日本に多く西日本では著しく少ない傾向がある。これは、地下水資源の量をある程度反映しているものとみなされる。なお、不明としたものは、文献中の記載から都道府県名が判断できないものである。

本節では、全国を、北海道、東北、関東、北陸、近畿、中国、四国および九州の8地域に区分した場合の各地域の地下水水質の特徴について検討する。

各地域の深度別データ数を表4-2に示す。

表4-1 都道府県別データ数

都道府県名	平成元年度データ数	全データ数	地域別	都道府県名	平成元年度データ数	全データ数	地域別
北海道	2,666	3,650	北海道	滋賀	32	43	
青森	261	277		京都	40	45	
秋田	493	631		大阪	339	333	
山形	988	1,041		奈良	12	58	
岩手	16	72		和歌山	214	201	近畿
宮城	175	202	東北	兵庫	111	218	898
福島	504	524	2,747	岡山	48	52	
茨城	317	526		広島	0	13	
栃木	38	142		鳥取	374	379	
群馬	334	513		島根	41	46	中国
埼玉	160	166		山口	77	77	567
東京	224	229		徳島	26	45	
千葉	158	316	関東	香川	29	29	
神奈川	303	465	2,357	愛媛	141	173	四国
山梨	133	184		高知	32	44	291
静岡	636	785		福岡	51	134	
新潟	191	314		佐賀	32	94	
富山	142	217		長崎	264	283	
石川	90	117		熊本	105	204	
福井	121	159		大分	53	143	
長野	317	478		宮崎	104	128	
岐阜	41	87		鹿児島	102	102	九州
愛知	461	393	中部	沖縄	2	105	1,193
三重	72	87	2,821	不明	11	17	17
				計	11,081	14,541	14,541

表4-2 地域別深度別データ数

地域 \ 深度	0～50m	50～100	100～200	200～500	500～1000	1000m以上	深度不明	計
北海道	1,048	612	554	170	138	177	951	3,650
東北	488	350	325	316	80	47	1,141	2,747
関東	412	315	307	151	56	13	1,103	2,357
中部	397	318	321	245	41	52	1,447	2,821
近畿	95	94	187	65	4	0	453	898
中国	7	2	0	2	0	0	556	567
四国	67	29	17	3	3	0	172	291
九州	198	146	146	41	16	0	646	1,193
計	2,712	1,866	1,857	993	338	289	6,486	14,541

#### 4.1.2 記載

各地域の地下水データを別冊図表集の下記図表にとりまとめた。

##### 〔地域別集計図表類〕

表2.2 地下水データ地域別集計表

表2.3 地下水データ地域別（深度別）集計表

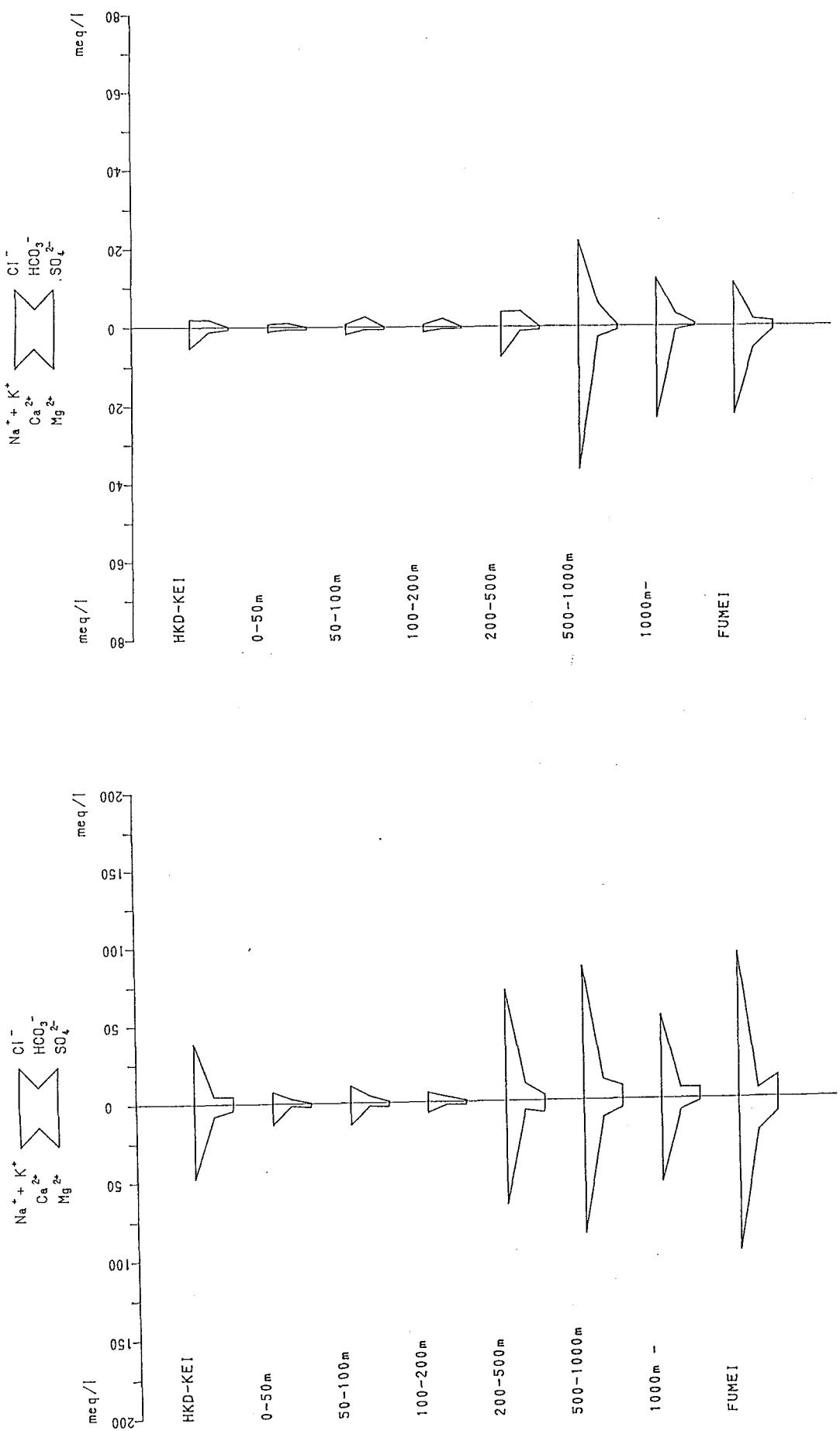
図2.2 全データ地域別深度別ヘキサダイヤグラム

図2.3 全データ地域別深度別トリリニヤーダイヤグラム

図4-1は、北海道地域の集計結果より作成した深度別平均値のヘキサダイヤグラムを示したもので、左の図が算術平均値、右が幾何平均値である。算術平均値でみると地下水の水質型は各深度ともNa-Cl型を示し、深度200m以深で $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 濃度が著しく高くなる傾向が認められる。これに対して、幾何平均値で作成したヘキサダイヤグラムでみると、深度0～200m未満では $\text{Na}-\text{HCO}_3$ ～ $\text{Ca}-\text{HCO}_3$ 型、200m以深では濃度の高いNa-Cl型となる。

図4-2は、各地域の深度別幾何平均値のヘキサダイヤグラムを、図4-3はそのトリリニヤーダイヤグラムを示したものである。北海道、東北及び中部地域では深度200mを、関東地域では深度500mを境に、 $\text{Ca}-\text{HCO}_3$ ～ $\text{Na}-\text{HCO}_3$ 型からNa-Cl型への変化が認められる。これに対して、近畿、四国及び九州地域では深度とともに $\text{Ca}-\text{HCO}_3$ 型から $\text{Na}-\text{HCO}_3$ 型へ次第に変化している。このことは東北日本と西南日本の地質条件（特に化石塩水を伴う新第三紀グリーンタフ地域の分布）の差異に起因していることも考えられる。

図4-1 北海道地域の深度別平均値のヘキサダイヤグラム  
 ハナ・盆地付近 士・底面付近



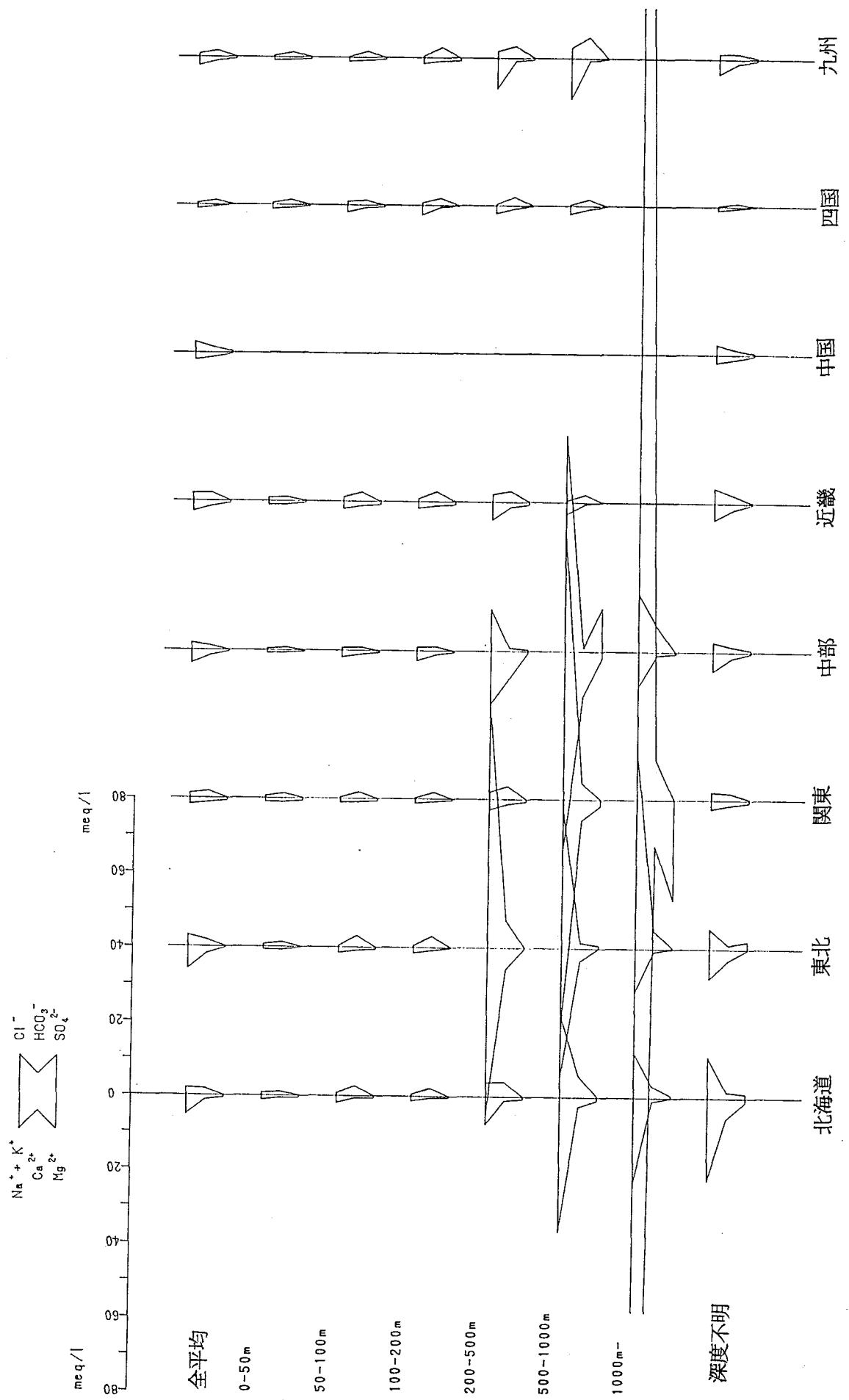


図4-2 地域別深度別幾何平均値のヘキサダイヤグラム

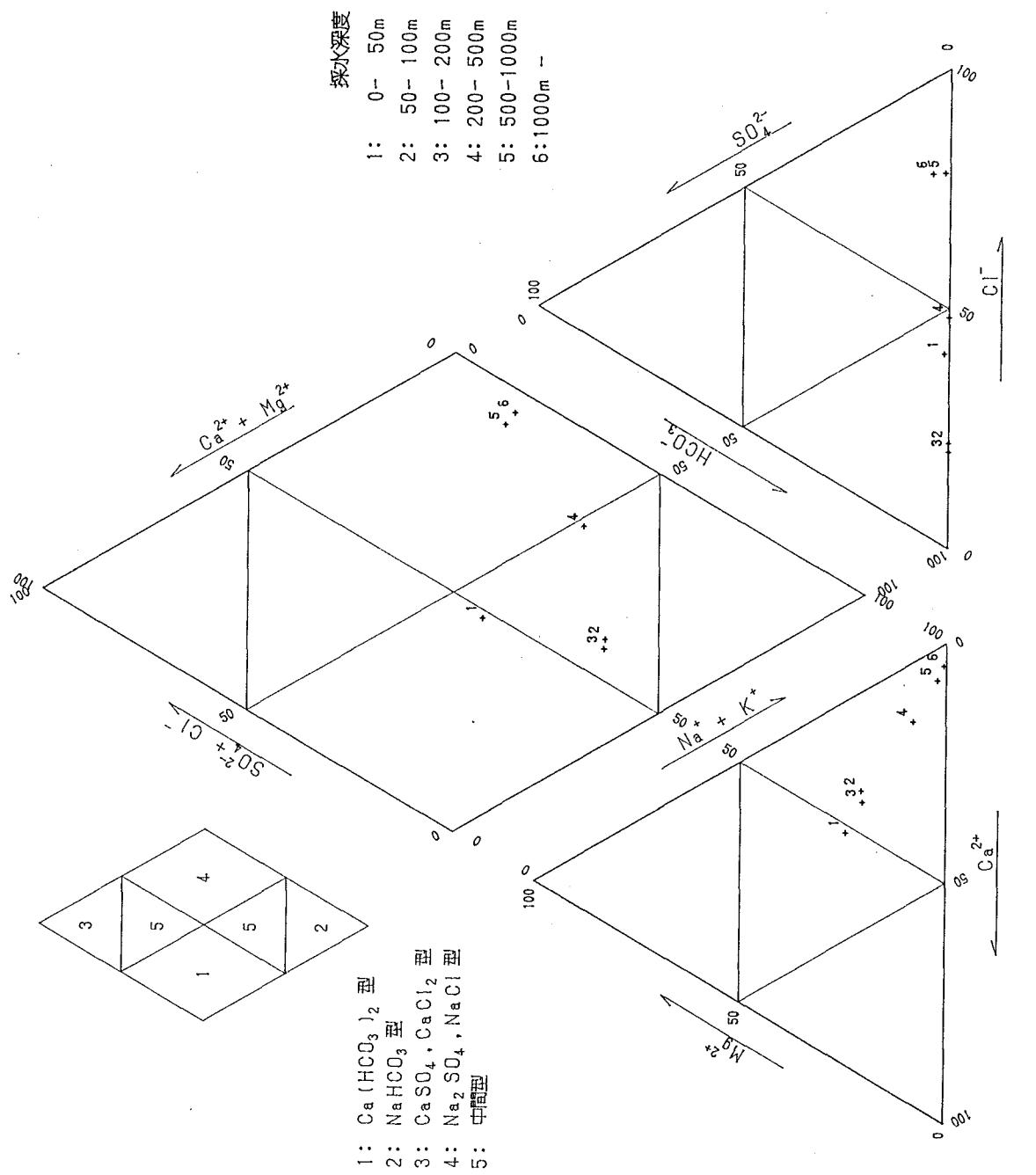


図4-3(1) 採水深度別トリニティヤーダイヤグラム

図4-3(2) 採水深度別トリニティヤータイグラム 東北

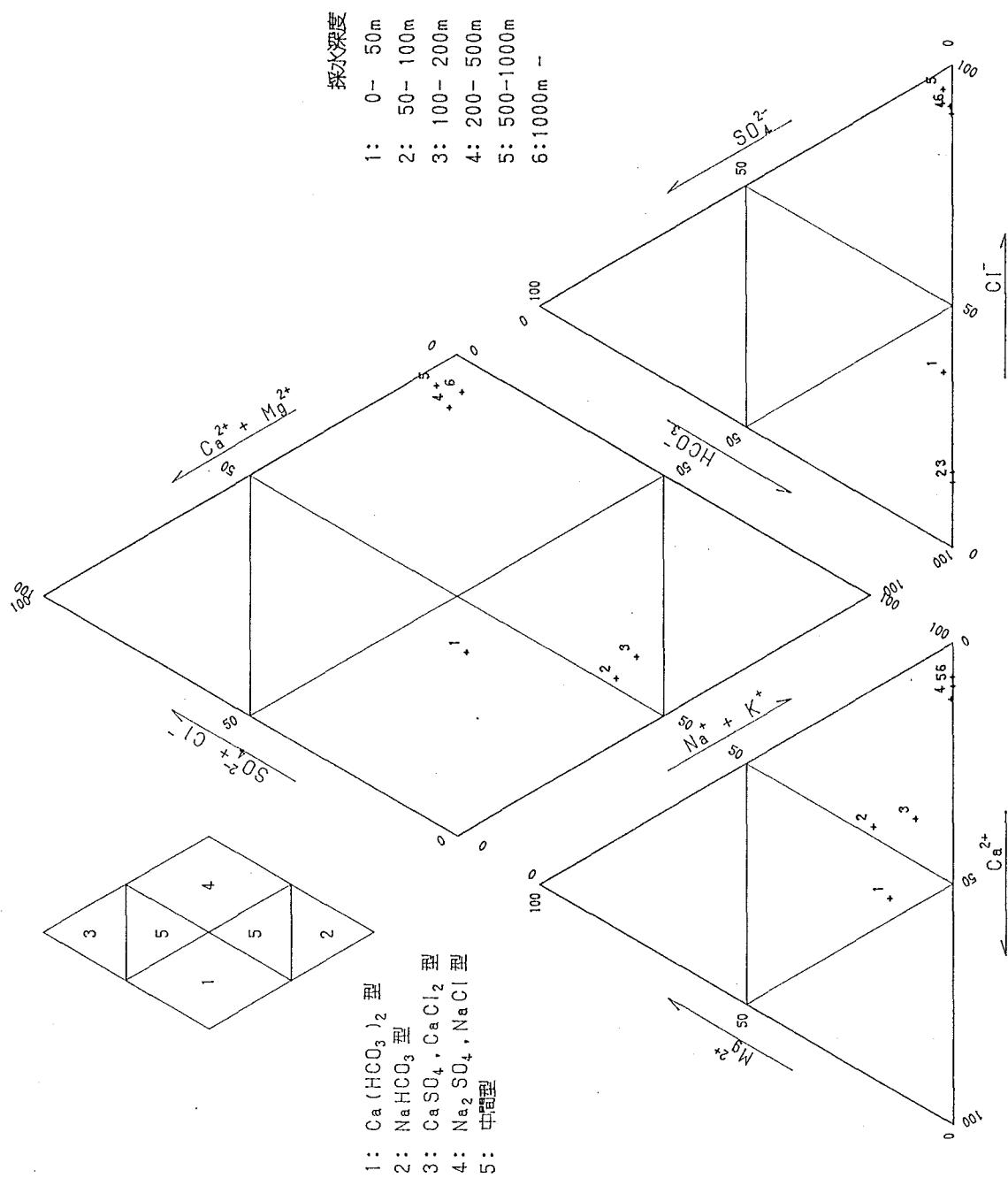
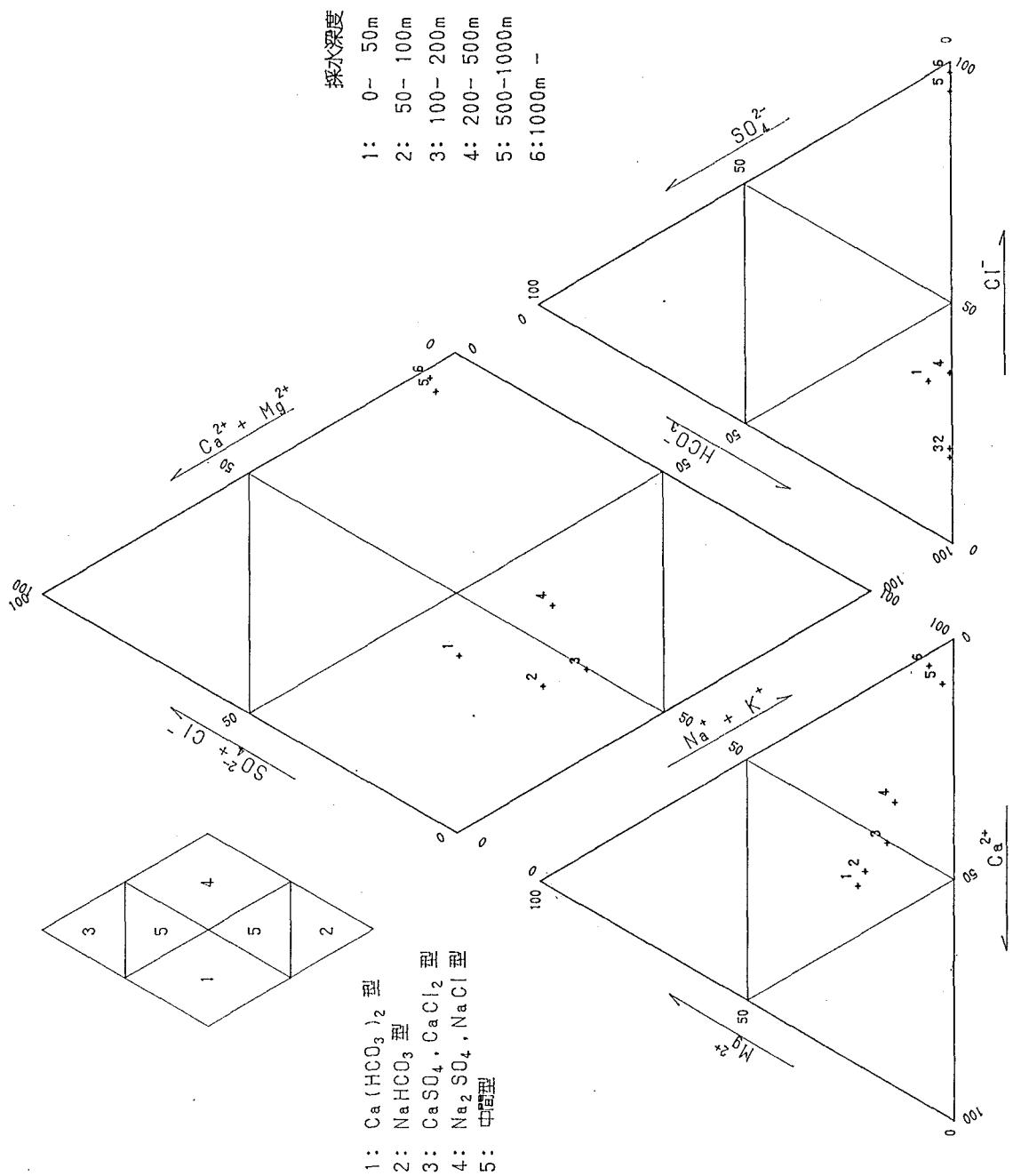


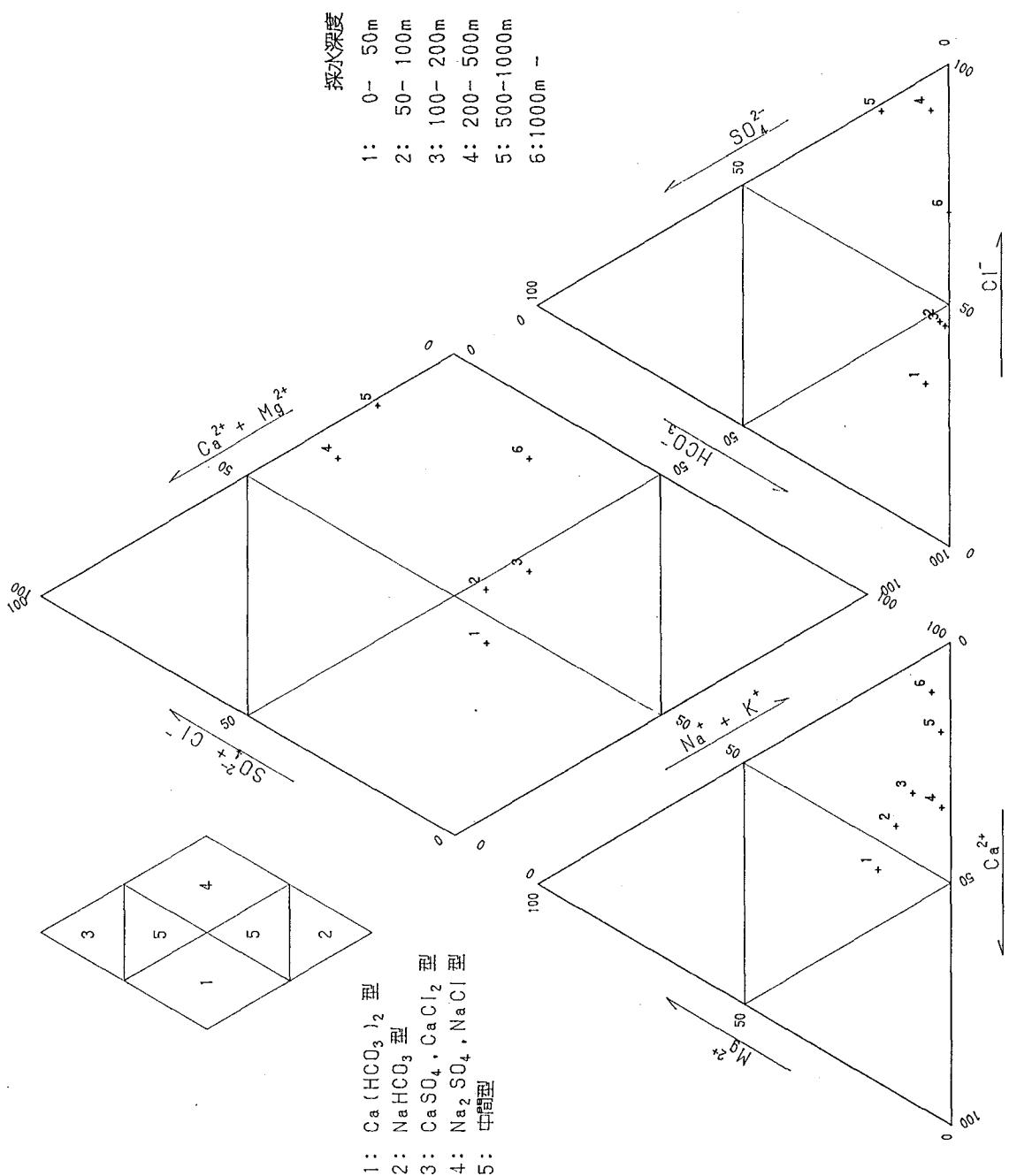
図4-3(3) 採水深度別トリニヤーダイヤグラム 関東



中部

採水深度別トリニヤータイアグラム

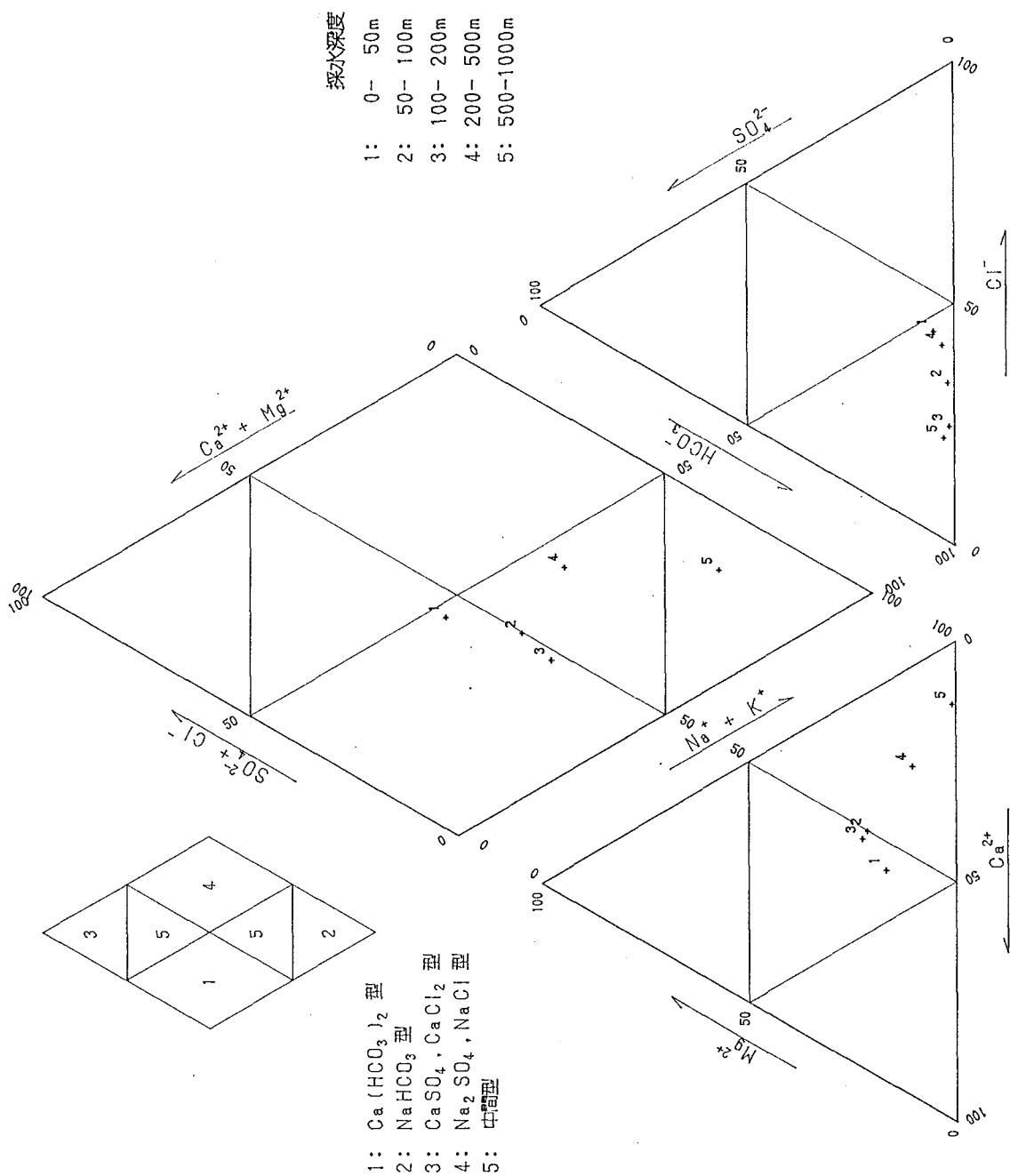
図4-3(4)



近畿

採水深度別トリニティヤーグラム

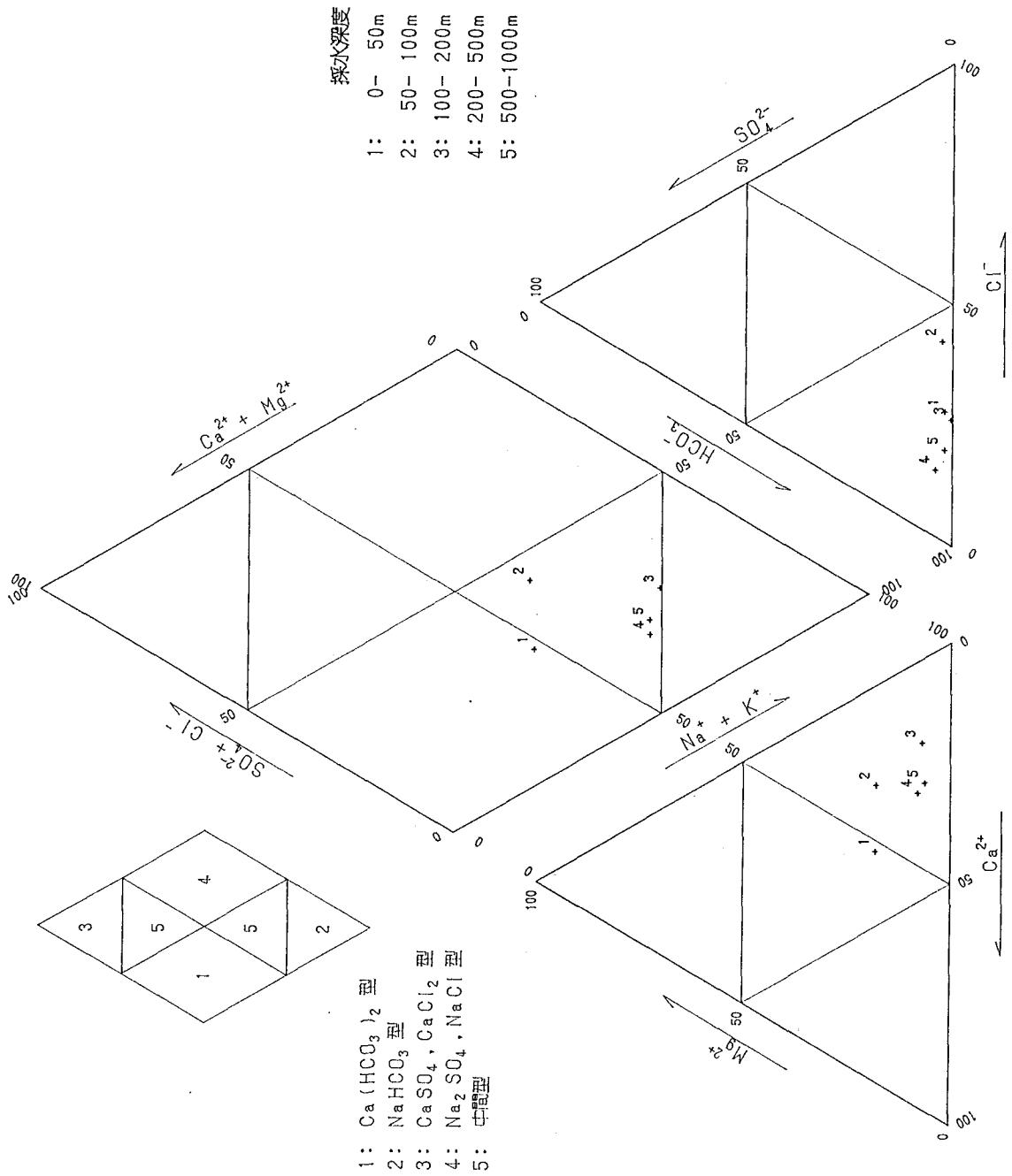
図4-3(5)



四国

採水深度別トリニヤータイヤグラム

図4-3(6)



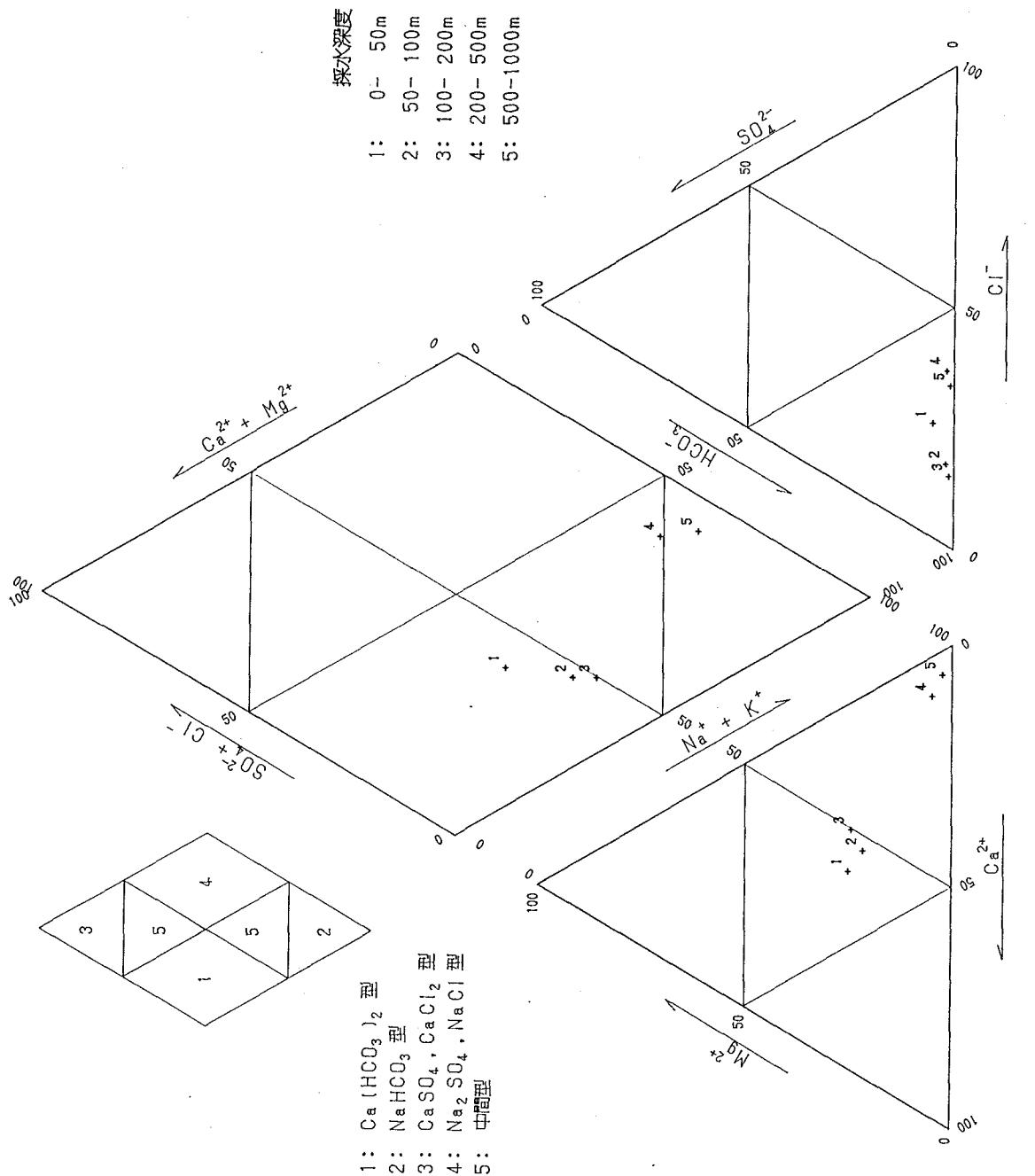


図4-3(7) 採水深度別トリニティダイヤグラム 九州

## 4.2 地質環境単元区分による各地域の地下水の水質

### 4.2.1 概要

別冊表3.1に、地下水の帶水層・母岩を地質環境単元で分類したデータ数を示す。表4-3はこれを岩種別にとりまとめたデータ数を示したものである。表中の選択データについては5章で、解析データについては6章で述べる。また、2種類混合としたものは、帶水層・単元が2種類－例えば井戸のストレーナーが第四紀層と花崗岩にまたがっているもの－であるため、岩種・単元別の集計からは除外している。

表4-3 岩種別データ数

記号	岩種名	全データ		選択データ		解析データ	備考
		平成2年度	元年度	平成2年度	元年度		
G	花崗岩類	823	663	69	39	17	
A	斑レイ岩類	14	13	11	11	0	
R	流紋岩類	192	94	18	1	3	
B	玄武岩類	841	662	335	197	17	
P	先新第三紀堆積岩	563	354	378	239	34	
L	石灰岩	135	91	134	91	0	QLを含む
M	結晶片岩類	61	18	26	10	3	
N	新第三紀堆積岩	1,763	1,521	507	370	323	
QS	第四紀火山岩類	880	599	367	278	172	
QV	第四紀堆積層	5,585	4,801	4,273	3,532	3,585	
小計		10,857	8,818	6,118	4,768	4,154	
2種類混合		1,234	1,077	1,068	965	714	
不明		2,450	1,186	511	173	259	
合計		14,541	11,081	7,697	5,906	5,127	

表4-1は、全データについての地質環境単元別深度別データ数を示したものである。地質環境単元が明らかな10,846データのうち、深度が明らかなものは約60%で、その90%以上は新第三紀堆積岩と第四紀層であり、火成岩類や古期岩類のデータは著しく少ない。

なお、全データの花崗岩類には「G<sub>1</sub> II / G<sub>2</sub> II」が10試料、先新第三紀堆積岩には「P<sub>2</sub> I / P<sub>1</sub> I」が1試料含まれる。

地質環境単元は岩種と地質構造区の組み合わせで分類されている。本節では、上記のようにデータの少ないものもあるが、地質環境単元地域の地下水水質について検討する。

表4-4 地質環境単元別データ数

岩種名	単元名	0~50m	50~100	100~200	200~500	500~1000	1000m以上	深度不明	計
G 花崗岩類	G <sub>1</sub> II	8	3	5	8	5	-	300	329
	G <sub>1</sub> III	1	2	-	1	2	-	52	58
	G <sub>2</sub> III	5	2	13	85	45	3	182	335
	GIV	-	-	-	-	-	-	27	27
	GVII	-	2	5	9	1	-	47	64
A 斑レイ岩類	A I	-	-	-	-	-	-	11	11
	A II	-	-	-	-	-	-	2	2
	A III	-	-	-	-	-	-	1	1
R 流紋岩類	R II	9	1	-	-	-	-	94	104
	R IV	-	-	-	-	-	-	1	1
	R VII	-	1	11	11	10	8	46	87
B 玄武岩類	B IV	1	-	2	-	-	-	60	63
	B V	15	-	1	1	-	-	-	17
	B VII	15	21	31	24	27	15	628	761
P 先新第三紀 堆積岩	P <sub>1</sub> I	6	4	7	2	1	-	64	84
	P <sub>1</sub> II	6	1	-	-	-	-	57	64
	P <sub>1</sub> III	3	2	-	-	3	1	24	33
	P <sub>2</sub> I	2	-	-	-	-	-	12	14
	P <sub>2</sub> II	3	9	5	3	-	-	83	103
	P <sub>2</sub> III	2	1	2	17	13	1	228	264
L 石灰岩	L I	-	-	-	-	-	-	1	1
	L II	-	-	-	-	-	-	90	90
	L III	-	-	-	-	-	-	19	19
	QL	4	4	-	-	-	-	17	25
M 結晶片岩類	M I	2	1	-	1	-	-	55	59
	M II	-	-	-	-	-	-	1	1
	M III	-	-	-	-	1	-	-	1
N 新第三紀 堆積岩	N IV	8	11	52	44	1	26	128	270
	N V	20	1	1	8	6	-	35	71
	N VI	34	55	60	66	40	36	99	390
	N VII	43	71	131	335	62	50	340	1032
Q V 第四紀 火山岩類		81	74	113	36	18	11	547	880
		2131	1226	967	172	6	-	1083	5585
計		2399	1492	1406	823	241	151	4334	10846

#### 4.2.2 記載

地質環境単元別の集計結果を別冊図表集の下記図表にとりまとめた。なお、この中には各岩種別の集計結果も含まれる。

〔地質環境単元別集計図表類〕

表3.2 地下水データ単元別集計表

表3.3 地下水データ深度別集計表

図3.2 全データ単元別深度別ヘキサダイヤグラム

図3.3 全データ単元別深度別トリリニヤーダイヤグラム

前述のように、堆積岩を除く各単元のデータのうち深度の明らかなデータは限られている。したがって、このような限られた統計量を用いて各地質環境単元別深度別の地下水の水質特徴を記載することには問題があると考えられる。例えば、比較的データの多いG<sub>2</sub>Ⅲ単元（北日本ジュラ紀以前花崗岩類）でみても、データの全ては常磐炭田の坑内湧水（温泉）である。

図4-4は花崗岩類など10岩種で区分した各岩種別幾何平均値のトリリニヤーダイヤグラムとヘキサダイヤグラムを示したものである。石灰岩と斑レイ岩類の平均値はCa-HCO<sub>3</sub>型、第四紀堆積層ではCa-HCO<sub>3</sub>～Na-HCO<sub>3</sub>型を示す。これに対して、花崗岩類、流紋岩類、玄武岩類、先新第三紀堆積岩、結晶片岩類、新第三紀堆積岩及び第四紀火山岩類では、化石海水や塩水浸入の影響を受けてNa-Cl型を示している。

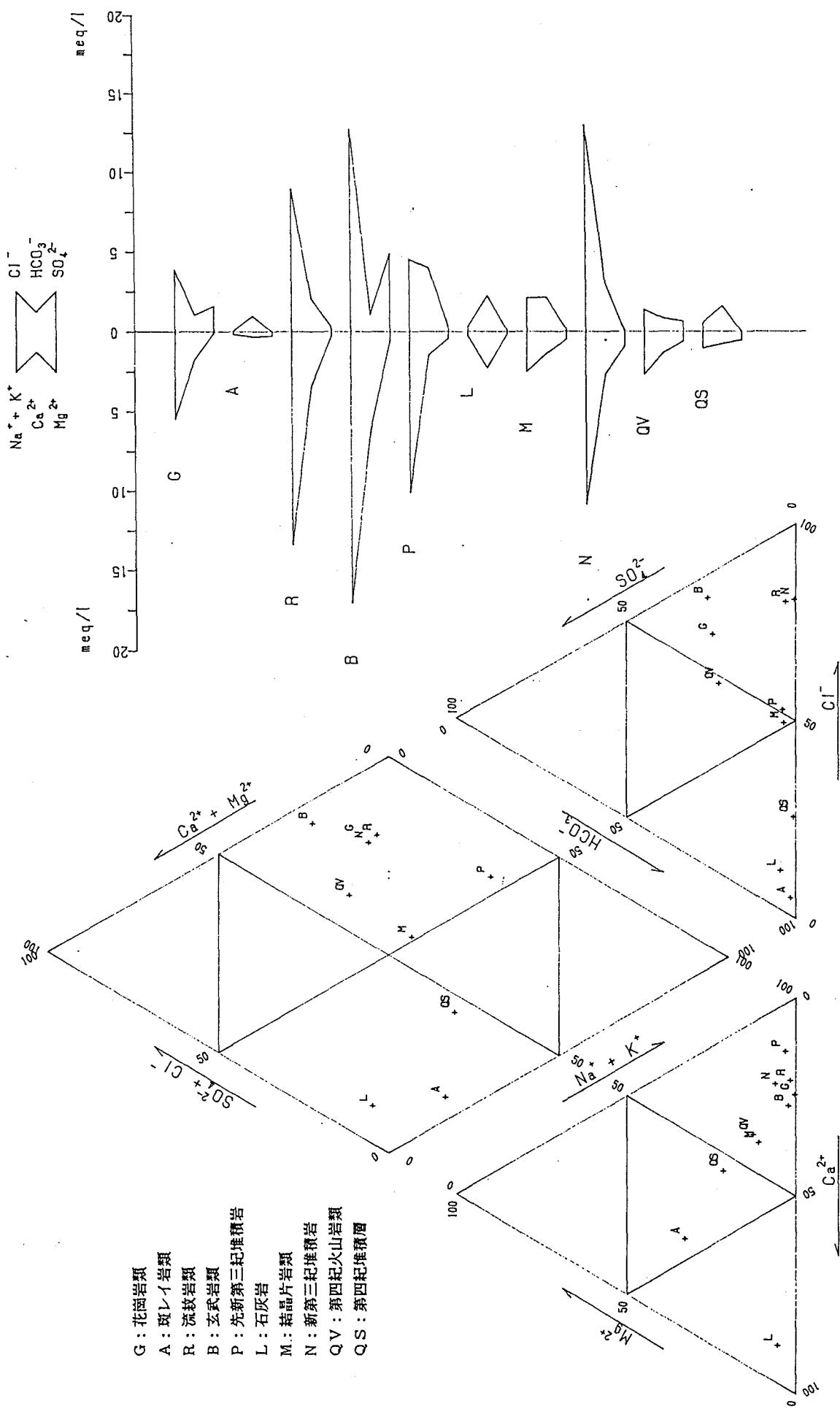


図4-4 全データ岩種別幾何平均値のトリニティダイヤグラムとヘキサダイヤグラム

## 5. 選択データの集計結果

### 5.1 概要

前年度は地下水の水質と貯留母岩の岩種との関係を検討するため、以下の条件を設定して解析を試みた。

条件とは、全データの「利用目的」の項目に注目し、上記の検討の障害になると考えられる下記を除外することである。

- ① 温泉、鉱泉とその調査井
- ② 地熱関係及び（噴気）凝縮水
- ③ 油井、ガス井及びヨード井

①、②は主として火山性温泉・地熱に関するデータの除外、③は化石塩水に関するデータの除外を考慮したものである。

しかし、前年度の報告書に示されているように、集計の結果を結論的に言えば、地下水の水質と岩種との関係検討には不十分であり、別の観点からの何らかの選別条件の設定が必要と考えられた。その理由には以下のようなものである。

① 集計の結果明らかになった各岩種の平均的な地下水の水質型は、石灰岩とデータの少ない2、3の岩種を除いて全てNa-CI型を示し、かつその濃度も比較的高い値を示すものがある。この原因は上記の選別条件では海岸地域の海水浸入の影響や化石塩水の一部、及び人為的汚染の影響が除去されないことによると考えられる。

② 逆に、温泉・鉱泉の除去により非火山性の温泉－例えば超深層地下水を利用した温泉などが除去されている。

以上のように、上記条件による選択データで地下水の水質と岩種との関係を検討することには問題が多いと思われるが、データの量が増えていることもあるため、今年度も前年度と同様な条件でデータの選択を行って各岩種・単元の地下水の水質について検討を行った。

以下、上記条件で選択したデータを“選択データ”と呼び、後述の解析に供したデータを“解析データ”と呼ぶことにする。

選択データの岩種別データ数を表4-3(p.43)に、下記図表を別冊に付する。

[選択データ集計図表類]

表4.2 地下水データ集計表(選択)

表4.3 選択データ深度別集計表(岩種・単元別)

図4.2 選択データヘキサダイヤグラム

図4.3 選択データトリリニヤーダイヤグラム

## 5.2 記載

図5-1は選択データを10岩種で区分した各岩種別幾何平均値のトリリニヤーダイヤグラムとヘキサダイヤグラムを示したものである。図4-4(p.47)に示した全データの図と比べると、温鉱泉や化石海水の影響が除去されて、花崗岩類、流紋岩類、結晶片岩類、新第三紀堆積岩及び第四紀火山岩類ではNa-Cl型であったものがCa-HCO<sub>3</sub>～Na-HCO<sub>3</sub>型となる。しかし、玄武岩類及び先新第三紀堆積岩では依然としてNa-Cl型を示し、海水浸入などの影響が残っている。以下各岩種・単元別に記載する。

### (1) G岩種(花崗岩類)

温泉等を除いたデータのうち、花崗岩類を湧出母岩とするデータには、兵庫県六甲トンネル(文献番号73-075、81-177)、三重県青山新トンネル(77-059)の坑道湧水や茨城県北部花崗岩地帯の湧泉(B78-071)及び兵庫県一宮町崩壊地湧水(78-137)など採水深度不明のものが多い。これらの坑道湧水や地表湧泉の多くは、Ca-HCO<sub>3</sub>型を示す。

採水深度の明らかなデータが少ないこともあって、深度別幾何平均値の水質型は表5-1に示すように多様である。

表5-1 花崗岩地域の深度別水質型(選択データ)

採水深度(m)	水質型	データ数	主なデータ
0～50	Na-HCO <sub>3</sub> Ca-HCO <sub>3</sub>	7	兵庫猪名川町(83-063B) 茨城真壁町(B88-031C)
50～100	Na-HCO <sub>3</sub>	2	兵庫六甲山地(85-171)、同上(B88-031C)
100～200	Na-Cl	1	大阪北摂山地(85-171)
200～500	—	0	—
500～1000	—	3	茨城北部(B78-071)、滋賀愛東町(78-029)

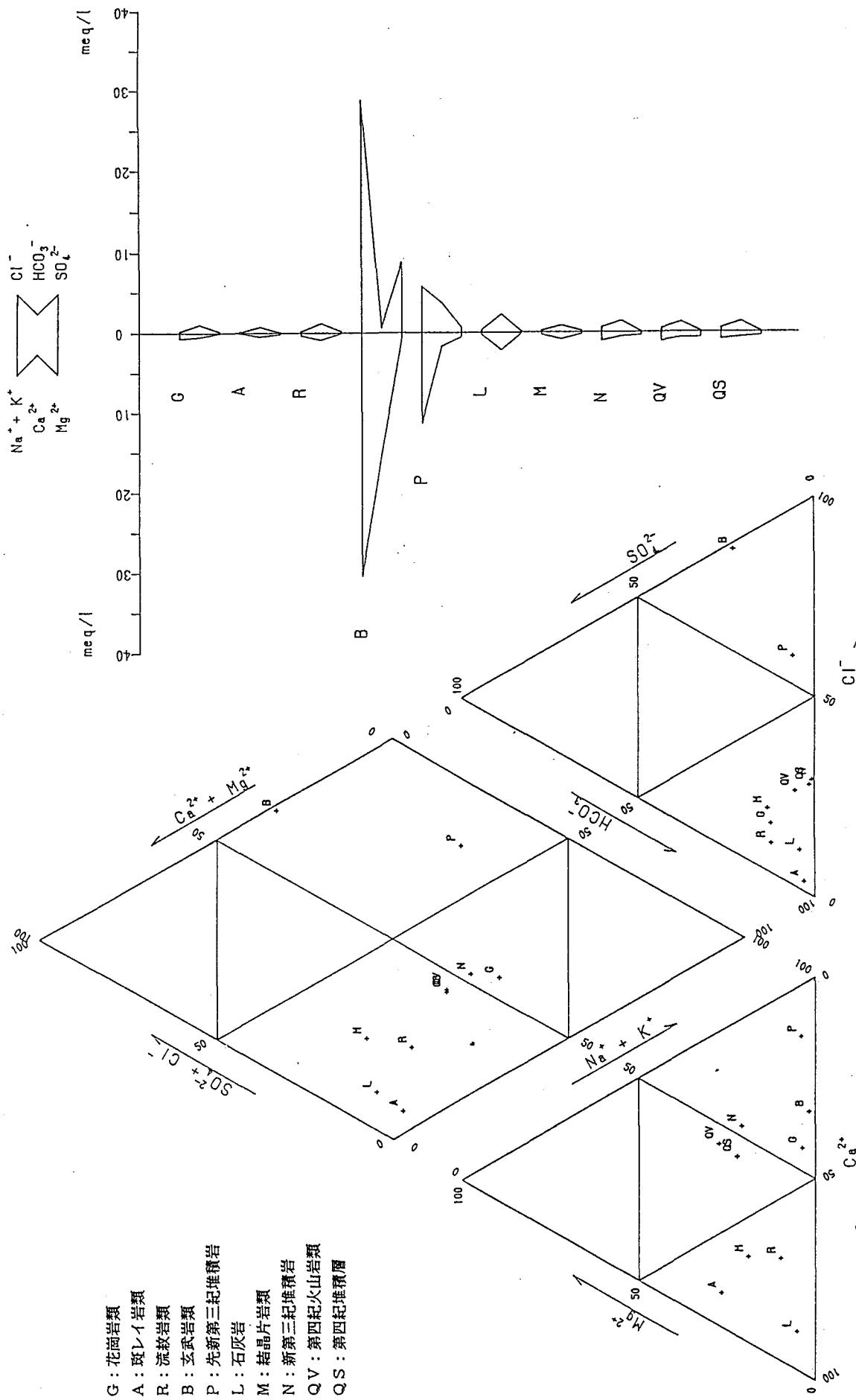


図5-1 選択データ岩種別幾何平均値のトリニヤーダイヤグラムとヘキサダイヤグラム

## (2) A 岩種（斑レイ岩類）

徳島県御荷鉢帯の地すべり湧水(73-081)のみで、水質は  $\text{Ca}-\text{HCO}_3$  型を示す。

## (3) R 岩種（流紋岩類）

兵庫県猪名川町浅井戸(83-063B)のデータがあるが、 $\text{SO}_4^{2-}$ -イオンの分析が行われていないため水質型の検討は行えない。深度不明のデータとしては岐阜県根尾川上流地下発電所坑道湧水が主なもので、 $\text{Ca}-\text{HCO}_3$  型の水質組成を示している。

## (4) B 岩種（玄武岩類）

B 岩種のデータは新第三紀の B VII がほとんどで他に B IV、B V がある。深度（または土被り）が明らかなデータでみると、深度 50m 未満では低濃度の  $\text{Na}-\text{HCO}_3$  型を示す。主なものは富山県福光町の地すべり地(B72-082)のデータである。深度 100~200m のものは、北海道狩太町の調査井(62-047)と青函トンネルのデータ(70-074)で  $\text{Na}-\text{Cl}$  型となる。しかし両データとも  $\text{SO}_4^{2-}$  または  $\text{HCO}_3^-$  の分析値がなくトリリニヤーダイヤグラムにはプロットできない。

深度不明のデータは青函トンネル(80-091)と大阪亀の瀬地すべり(72-103)の 2 文献のもので、前者での海水浸入による  $\text{Na}-\text{Cl}$  型が顕著である。

## (5) P 岩種（先新第三紀堆積岩）

P 岩種についても全体の 80% は深度不明のデータである。これらのデータとしては釧路(62-029)、筑豊(B63-044)、常磐(65-043)、宇部(70-044)、石狩(71-021, 72-029) 諸炭田の坑道湧水がほとんどを占め、水質型は算術平均値、幾何平均値とも  $\text{Na}-\text{Cl}$  型を示す。他に、高知県秩父帯の地すべり(73-081)、北海道美唄市地すべり(71-020) 等がある。

深度が明らかなデータの深度別幾何平均値の水質型を表5-2に示す。

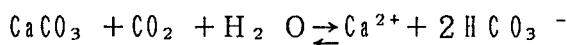
表5-2 先新第三紀堆積岩地域の深度別水質型（選択データ）

採水深度 (m)	水質型	データ数	主なデータ
0～50	Ca-HCO <sub>3</sub>	16	沖縄古生層(65-025)、兵庫猪名川丹波帶(83-063B) 長崎古第三系(71-043)、茨城古第三系(70-042)
50～100	Na-HCO <sub>3</sub>	10	長崎古第三系(71-043)、茨城古第三系(70-042)
100～200	Na-HCO <sub>3</sub>	7	長崎古第三系(71-043)、茨城古第三系(70-042)
200～500	Na-Cl	18	長崎古第三系(71-043)、常磐炭田(70-042)
500～1000	Na-Cl	12	常磐炭田(70-042)

#### (6) L岩種（石灰岩）

石灰洞湧水のデータ（福岡平尾台79-130、山口秋吉台80-131、岩手安家洞81-054及び84-081）の他、沖縄県の第四紀石灰岩中の井戸のデータ（66-036及び82-142など）がある。いずれも典型的なCa-HCO<sub>3</sub>型を示す。石灰岩とCO<sub>2</sub>を含む水との反応は周知の事実であるが、一例として吉村ほか1名(80-131)の記載を下記に引用する。

“土壤中のCO<sub>2</sub>分圧は大気中のそれに比べるとかなり高く、地中に浸透していく間に、雨水はCO<sub>2</sub>を多量に溶かし込む。この弱酸性の水は、石灰岩地域において主に



により接触する石灰岩を溶蝕し、溶存成分量を増加する。”

#### (7) M岩種（結晶片岩類）

徳島県三波川帶地すべり地の湧水(73-081, B79-045)がほとんどで水質はCa-HCO<sub>3</sub>型を示す。

茨城県高萩市の地質調査所調査井(B72-034)では深度700mの緑色片岩中の地下水をベーラーで採水している。この水質型は上位の古第三紀層の地下水同様にNa-Cl型を示している。

(8) N岩種(新第三紀堆積岩)

後述のNIV～NVI单元を合わせたデータについて取りまとめたもので、上記の岩種に比してデータ数が多い。

全データの算術平均値ではNa-Cl型を示すが、これは海成層を帶水層とするデータが含まれているため、幾何平均値ではNa-HCO<sub>3</sub>型となる。

深度別幾何平均値は、各深度ともNa-HCO<sub>3</sub>型で深度とともにNa<sup>+</sup>及びCl<sup>-</sup>イオンの濃度が高くなる傾向が認められる。

(9) NIV单元(西日本非グリーンタフ地域)

三重県の奄芸層群(57-016, 63-026)や大阪・兵庫の大阪層群(71-029, 81-103)中の井戸資料の他、岐阜県東濃鉱山(88-013)の坑道湧水及び滋賀県の串林地すべり(74-098)湧水のデータなどがある。他に沖縄県島尻層群中の深井戸データ(65-025)があり、これは著しくNaCl richである。深度別にみると算術平均値では50m以深でNa-Cl型であるが、幾何平均値では深度200～500mがNa-Cl型である他はNa-HCO<sub>3</sub>型となる。

(10) NV单元(西日本グリーンタフ地域)

本单元のデータは富山県氷見市周辺地すべり地の調査ボーリングや湧水のデータ(B72-082)に限られ、水質型はNa-HCO<sub>3</sub>型を示す。

(11) NVI单元(東日本非グリーンタフ地域)

北海道築別炭坑(57-024)、天北(70-020, 83-013)や美唄・深川周

辺(66-049, 68-064)の鮮新統、茨城多賀層群(70-042)、福島棚倉層(79-080)及び三浦半島鮮新統(83-064)など主に井戸のデータからなる。

深度別の幾何平均値では各深度とも  $\text{Ca}-\text{HCO}_3$  ~  $\text{Na}-\text{HCO}_3$  型を示す。

#### (12) N VII 単元（東日本グリーンタフ地域）

北海道各地(59-045, 62-067, 86-067, 86-147)、宮城県北部(62-030, 77-089)の他八戸、新庄、十日町などの井戸資料(83-079)の他、新潟県下の地すべり(75-033)などのデータがある。

全データの算術平均値の水質型は  $\text{Na}-\text{Cl}$  型であるが、幾何平均値では  $\text{Na}-\text{HCO}_3$  型である。

深度別の幾何平均値では各深度とも  $\text{Ca}-\text{HCO}_3$  ~  $\text{Na}-\text{HCO}_3$  型となる。

#### (13) Q V 岩種（第四紀火山岩類）

全データの算術平均値は  $\text{Na}-\text{Cl}$  型を示すが、これは、例えば富士山麓のデータ(67-010, 85-034)のように塩水化の著しいデータが含まれているためとみなされる。トリリニヤーダイヤグラムでは塩水化の著しいデータを除けば大部分が  $\text{Ca}-\text{HCO}_3$  型であることを示している。全体に  $\text{Mg}/\text{Ca}$  比が高い傾向が認められる。

#### (14) Q S 岩種（第四紀堆積層）

全データの平均、深度別の算術平均値の水質型はいずれも  $\text{Na}-\text{Cl}$  型を示す。しかし、トリリニヤーダイヤグラムではほとんどが  $\text{Ca}-\text{HCO}_3$  型の範囲に入っており、深度別幾何平均値でみると、深度とともに  $\text{Ca}-\text{HCO}_3$  型から  $\text{Na}-\text{HCO}_3$  型へ変化している様子が伺える。

## 6. 地下水の水質と貯留母岩の岩種との関係

### 6. 1 地下水の水質データの抽出条件

地下水の水質と貯留母岩の岩種との関係や地下水の流動過程における水質の変化等を検討するには、まず温泉・鉱泉・化石海水及び海水の影響を受けていないと考えられる地下水の水質データを抽出することが不可欠である。

このようなデータを抽出するには、①pH、②地温勾配、③Cl<sup>-</sup>濃度及び④SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度を考慮しなければならない。各項目の具体的な条件としては、次のように考えられる（図6-1 解析データ抽出の流れ図参照）。

①の条件としては、空気 (CO<sub>2</sub> : 0.003%) と平衡関係にある水のpHが5.7であること、超塩基性岩地帯を除けばpH≥10を示す鉱泉が極まれであることから判断すると、5.7≤pH<10が適当である（図6-2 頻度分布図参照）。

②の条件としては、日本の平均地温勾配が3°C/100mであること、浅層地下水の水温が6.0~20.0°Cの範囲に集中することから判断すると、地温勾配≤3°C/100m（ただし、地表の温度を20°Cとする）が適当である（図6-3 採水深度と水温の関係図参照）。

③・④については、①・②の条件を満たした地下水の水質データを用いてCl<sup>-</sup>濃度およびSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度の頻度分布図（図6-4, 6-5）・累積頻度分布図（図6-6, 6-7）を作成し、これらの図から異常値と後背値を分け、基準値を設定するのが望ましい。すなわち、図6-6, 6-7に示されるように、Cl<sup>-</sup>濃度およびSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度の条件としては、それぞれCl<sup>-</sup>濃度<141mg/l、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度<100mg/lが適当である。

なお、上記の条件で抽出した解析データ（データ数=5,127）より求めた各岩種の平均的な地下水の水質は、図6-8に示すように、第四紀堆積層と第四紀火山岩類でCa-HCO<sub>3</sub>型、新第三紀層と玄武岩類が中間型、花崗岩類、流紋岩類、先新第三紀堆積岩及び結晶片岩類でNa-HCO<sub>3</sub>型となる。

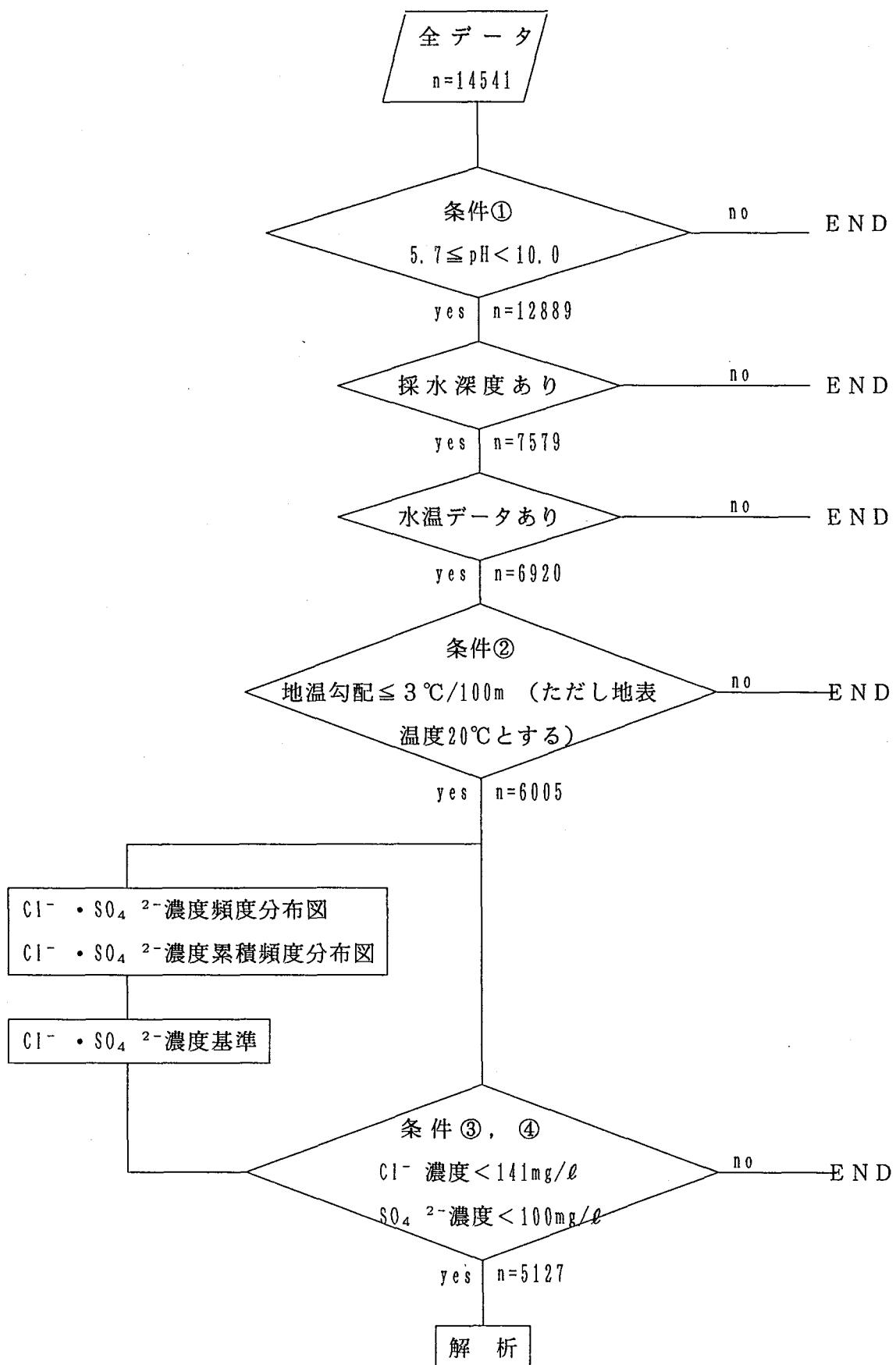
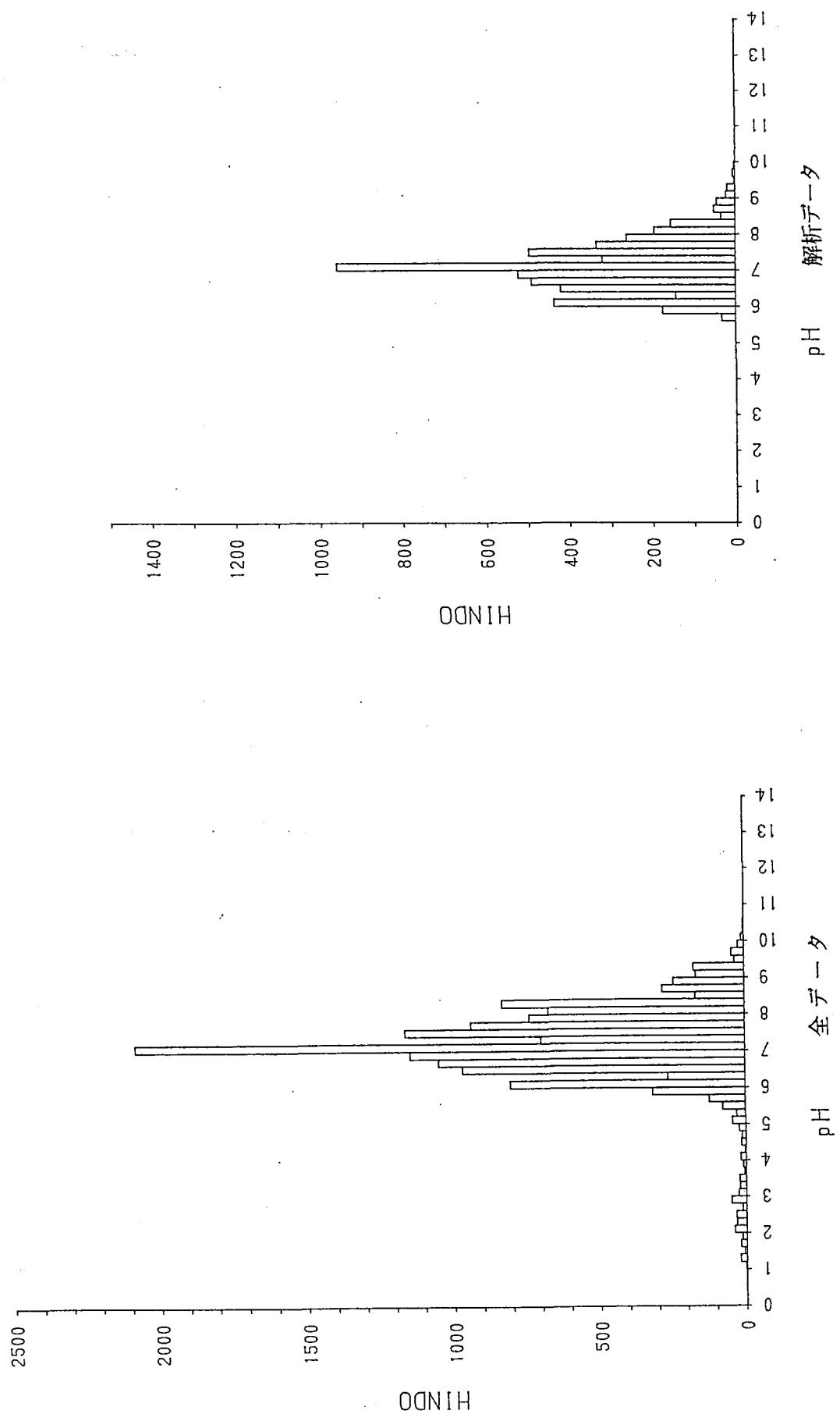


図 6-1 解析データ抽出流れ図

図 6-2 pH頻度分布図



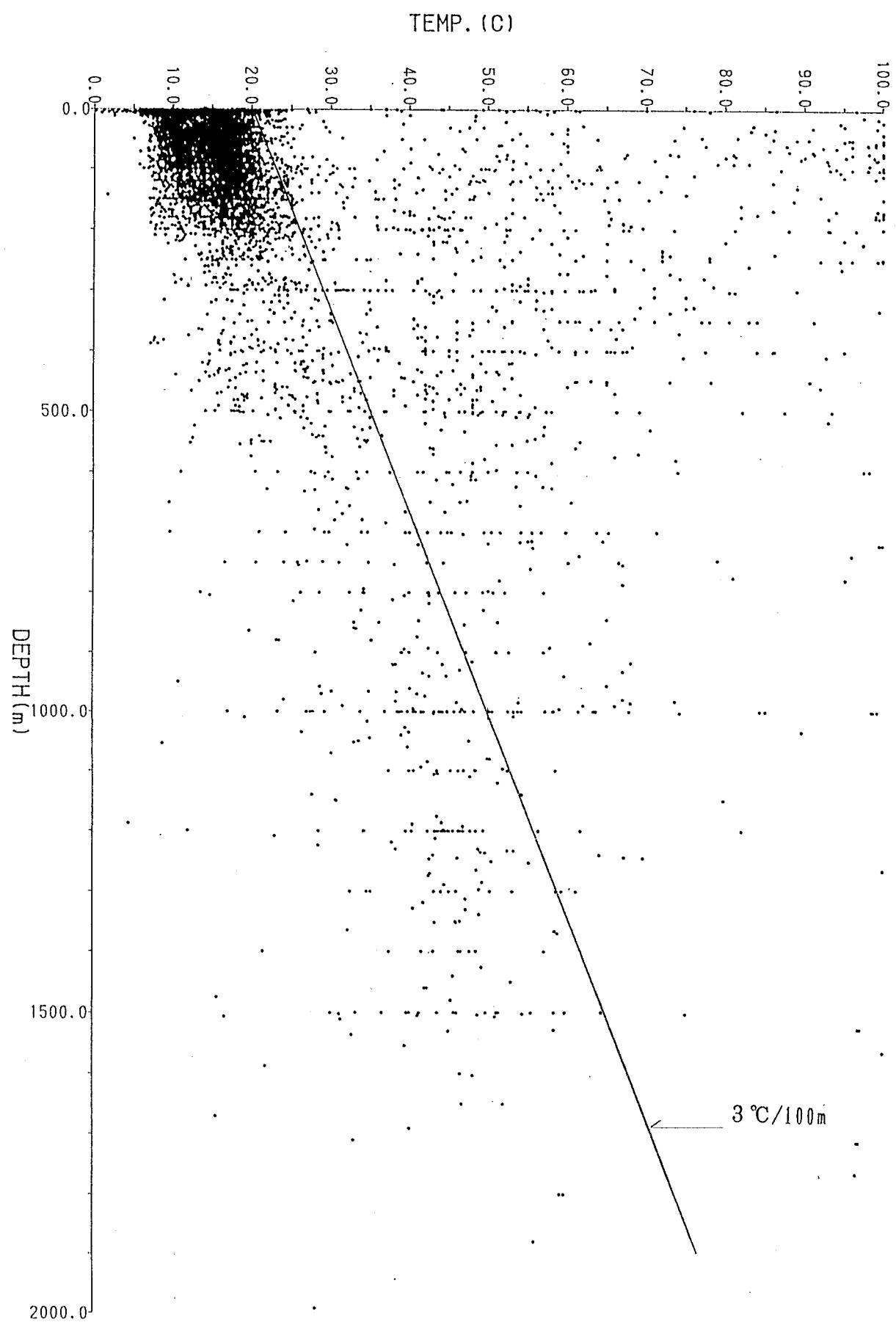


図 6 - 3 採水深度と水温の関係図

図 6-4  $\text{Cl}^-$  濃度頻度分布図

条件設定検討データ

全データ

$\log \text{Cl}^- (\text{mg/l})$

$\log \text{Cl}^- (\text{mg/l})$

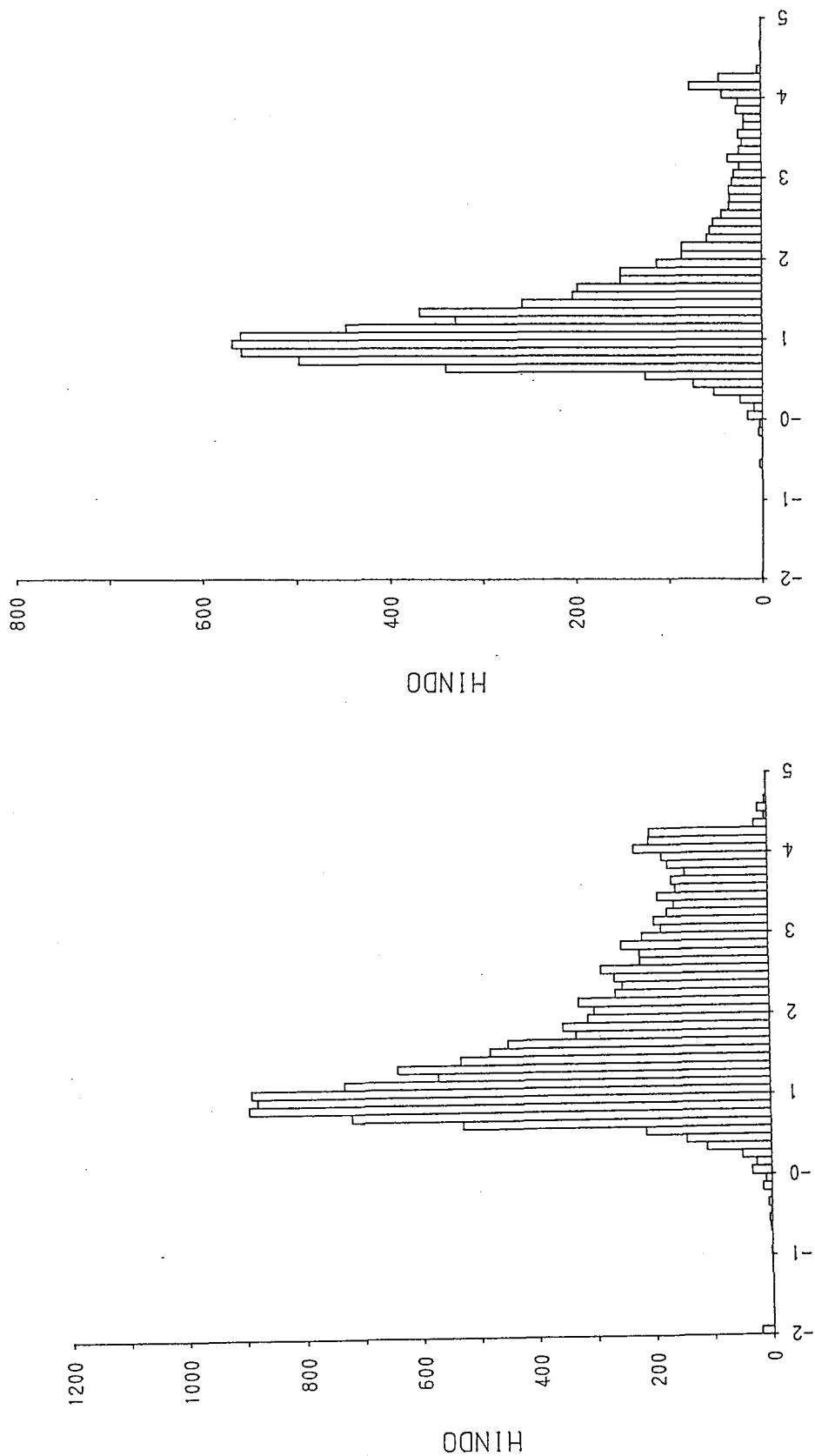
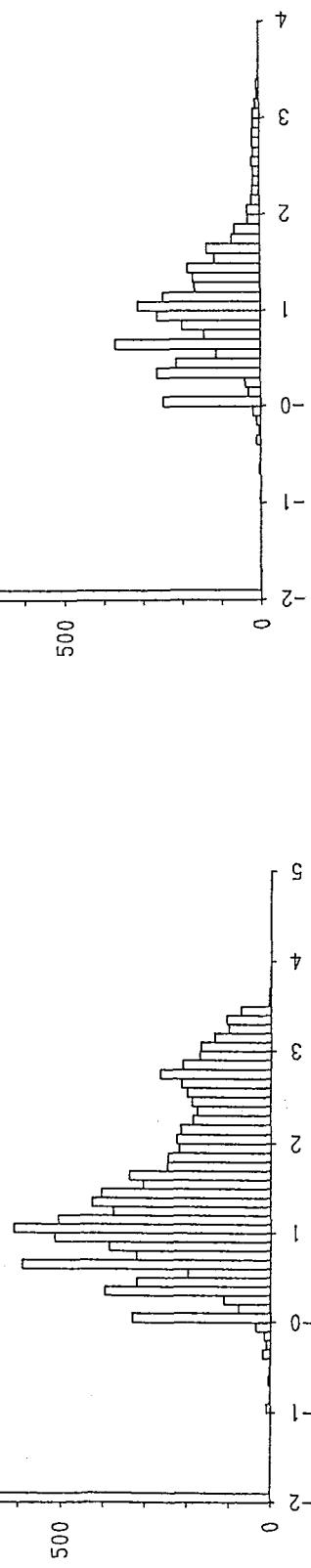
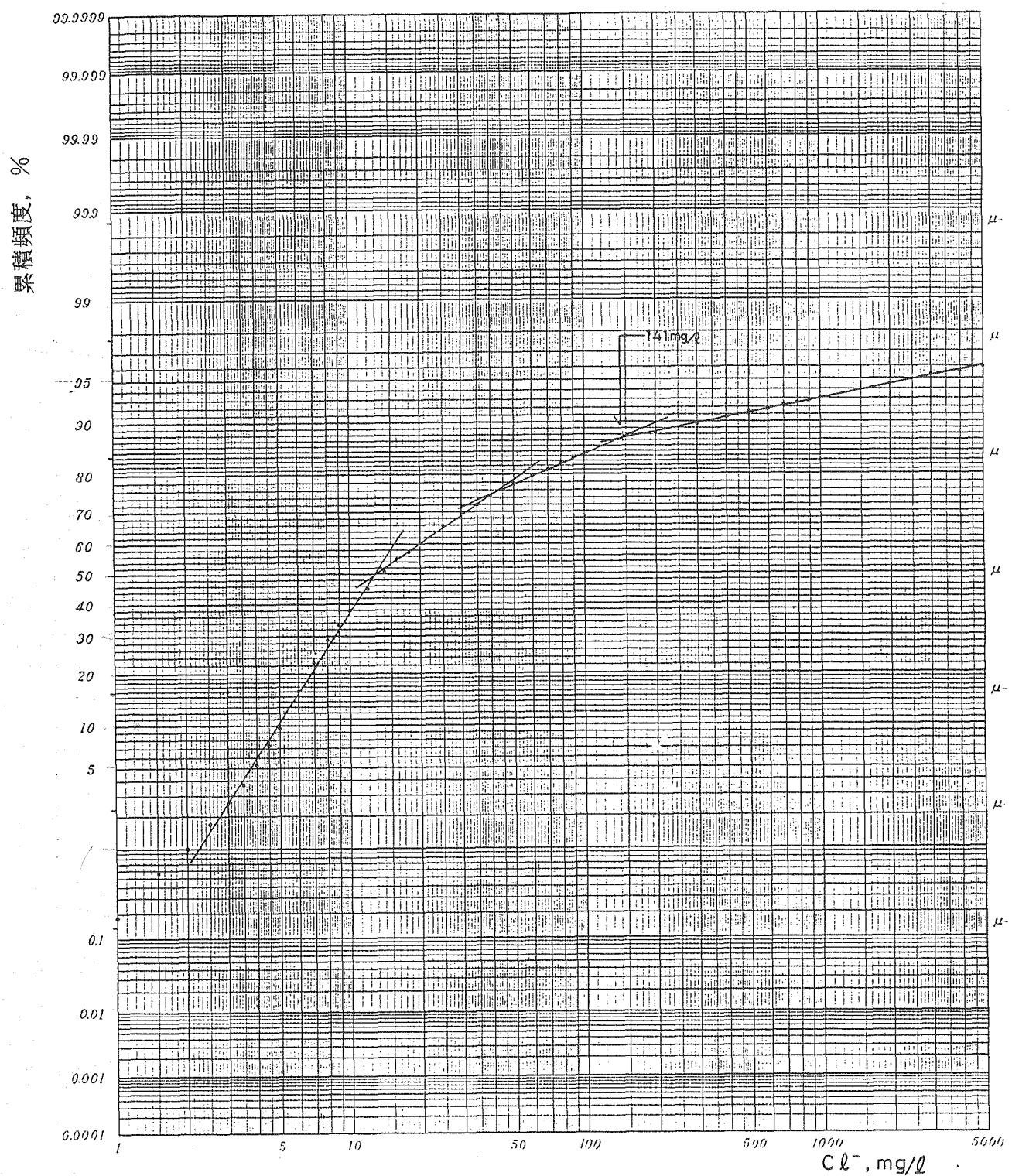


図 6-5  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度頻度分布図

条件設定検討データ

全データ





JIS A4 No. A4-142

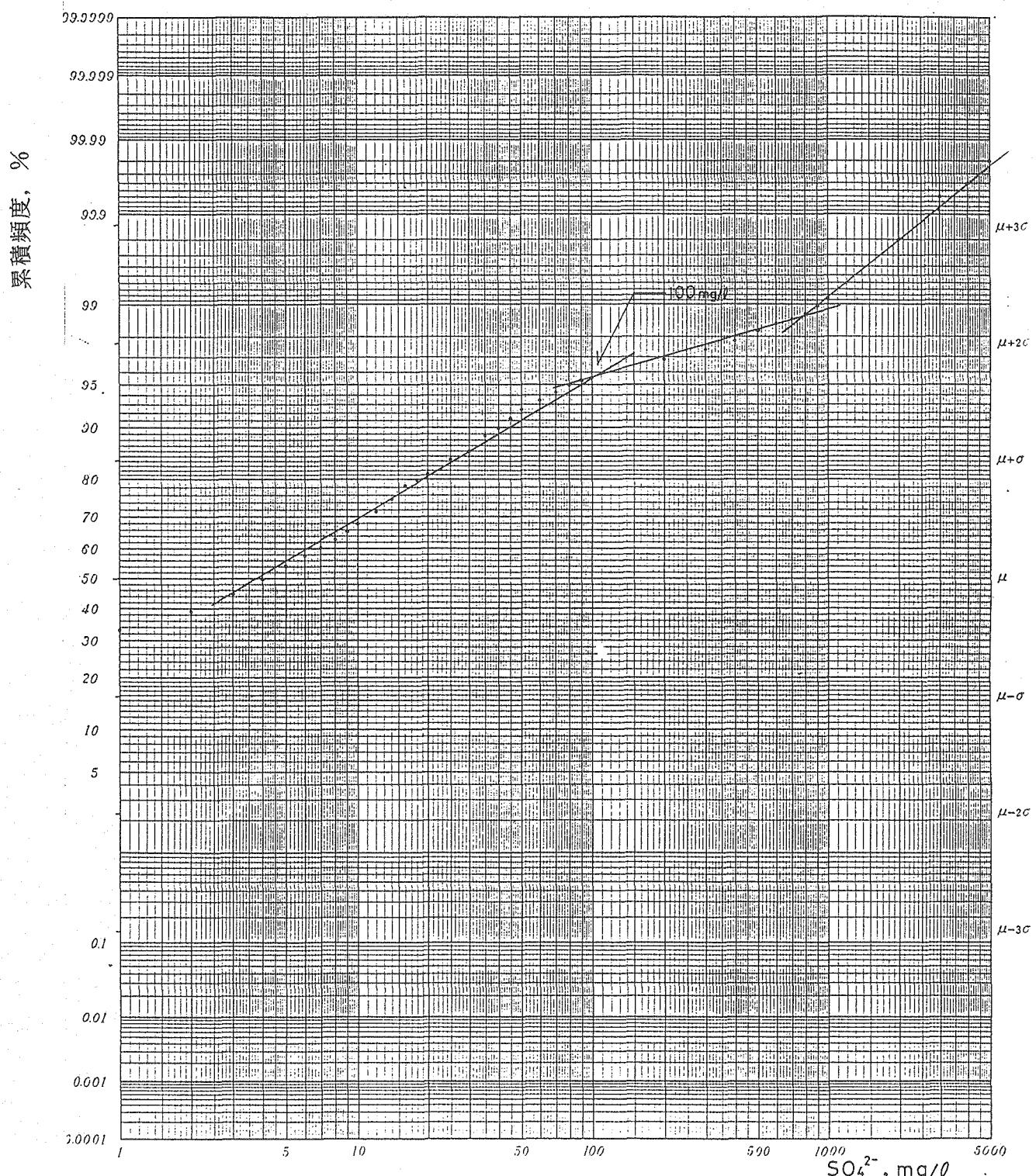
$$\text{確率密度関数 } f(x) = \frac{M}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(\log x - \log M)^2 / 2\sigma^2}$$

$$(M = \log_{10} e, x > 0)$$

図 6-6 Cl<sup>-</sup> 濃度の累積頻度分布図（条件設定用 6005 データ）

## 対数確率紙

Technian



JIS A4 No. A4-対2

$$\text{確率密度関数 } f(x) = \frac{M}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} e^{-(\log x - \log M)^2 / 2\sigma_x^2}$$

$$(M = \log_{10} e, x > 0)$$

図 6-7  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度の累積頻度分布図（条件設定用 6005 データ）

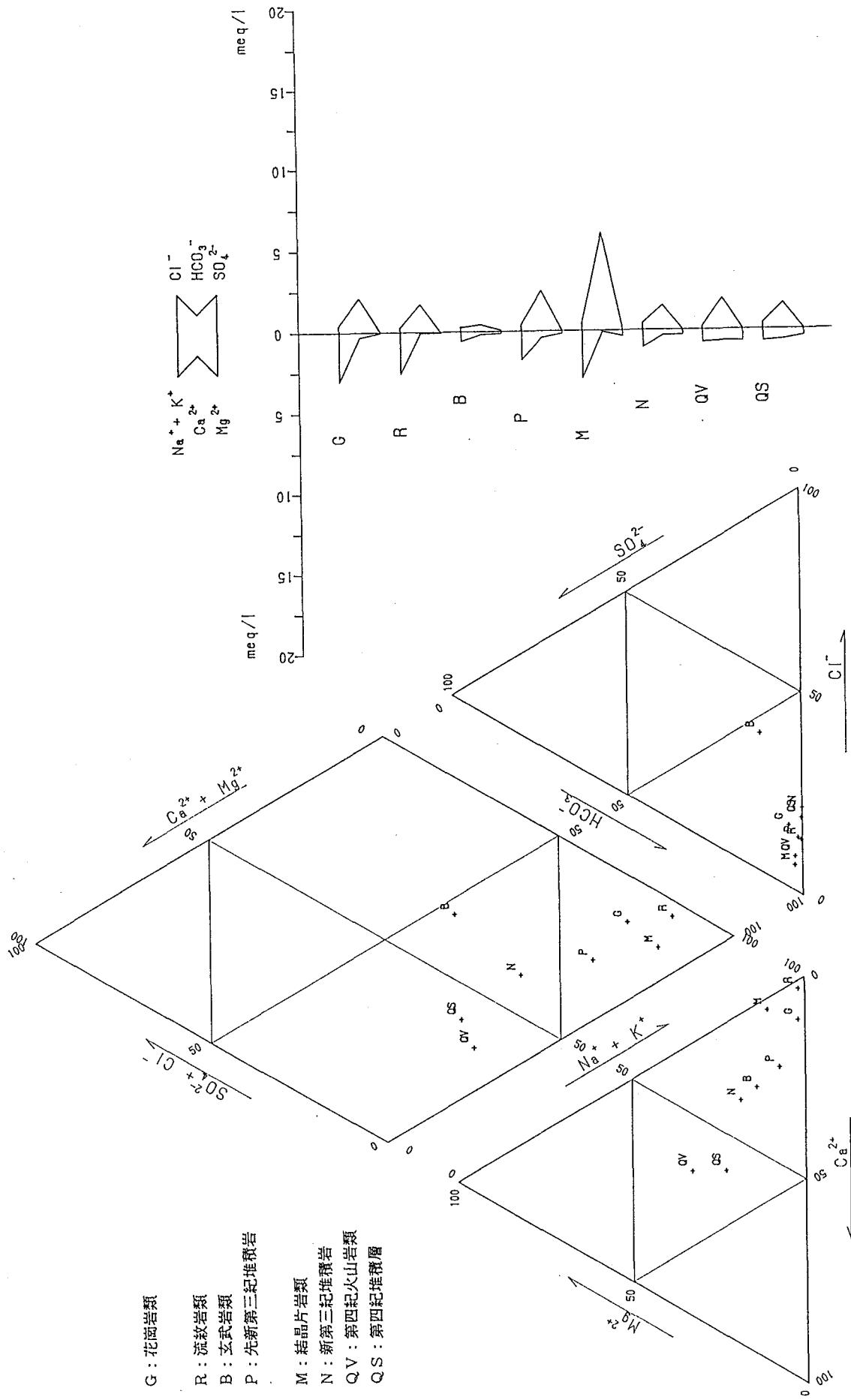


図 6-8 解析データ岩種別幾何平均値のトリリニヤーダイヤグラムとヘキサダイヤグラム

## 6. 2 地下水の水質と貯留母岩の岩種との関係の検討

地下水の水質、特に溶存成分量は、①地下水中に含まれる  $H^+$  濃度、②貯留母岩との反応時間及び③貯留母岩の鉱物組成（特に、分解し易い鉱物の含有量）に大きく影響される。①の  $H^+$  は、温泉・鉱泉および火山ガスの影響がなく、貯留母岩中に硫化鉱物が存在しない場合は、大気中の  $CO_2$  やかん養地域の地表付近で、有機物の微生物による好気的分解や根の呼吸作用により生産される  $CO_2$  、あるいは貯留母岩に含まれる有機物の、微生物による好気的分解により生産される  $CO_2$  が水に溶け込むこと ( $H_2O + CO_2 = H^+ + HCO_3^-$ ) により供給される。したがって、 $H^+$  の供給量はかん養地域の岩種及び貯留母岩の岩種により異なる。②の反応時間は、厳密には貯留母岩の透水係数を考慮しなければならないが、深度と比例すると考えられる。③の鉱物組成は岩種により異なる。

また、 $CO_2$  を含む水が岩石と接触すると、例えば次のような反応が起こり  $HCO_3^-$  濃度が高くなる。それ故、 $HCO_3^-$  濃度は水と岩石の反応の度合を示すことになる。

そこで、6. 1で示した条件をもとに抽出した地下水の水質データを、さらに岩種 (G : 花崗岩類、R : 流紋岩類 : B : 玄武岩類、P : 先新第三紀堆積岩、M : 結晶片岩類、N : 新第三紀堆積岩、

Q V : 第四紀火山岩類、Q S : 第四紀堆積層) 別に分け、次に示す図表を作成し、地下水の水質と貯留母岩の岩種との関係、地下水の流動過程における水質の変化等について以下に検討する。

- ① 採水深度 (0 ~ 50m、50~100m、100 ~ 200m、200 ~ 500m、500 ~ 1000m、1000m 以上) 別主要項目 (採水深度・水温・ $\text{pH}$ ・ $\text{Na}^+$ ・ $\text{K}^+$ ・ $\text{Ca}^{2+}$ ・ $\text{Mg}^{2+}$ ・ $\text{SO}_4^{2-}$ ・ $\text{Cl}^-$ ・ $\text{HCO}_3^-$ ) の最大値・最小値及び平均値一覧表
- ② 主要項目の頻度分布図
- ③ 採水深度別トリリニヤーダイヤグラム及びヘキサダイヤグラム (ただし、ヘキサダイヤグラムは最大値・最小値及び平均値で作成)
- ④ 採水深度と  $\text{pH}$  の関係図
- ⑤ 採水深度と  $\text{HCO}_3^-$  濃度との関係図
- ⑥ 採水深度と  $\text{Cl}^-$  濃度との関係図
- ⑦ 採水深度と  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度との関係図
- ⑧ 採水深度と  $\text{Na}^+$  濃度との関係図
- ⑨ 採水深度と  $\text{K}^+$  濃度との関係図
- ⑩ 採水深度と  $\text{Ca}^{2+}$  濃度との関係図
- ⑪ 採水深度と  $\text{Mg}^{2+}$  濃度との関係図
- ⑫  $\text{HCO}_3^-$  濃度と  $\text{pH}$  の関係図
- ⑬  $\text{HCO}_3^-$  濃度と  $\text{Cl}^-$  濃度との関係図
- ⑭  $\text{HCO}_3^-$  濃度と  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度との関係図
- ⑮  $\text{HCO}_3^-$  濃度と  $\text{Na}^+$  濃度との関係図
- ⑯  $\text{HCO}_3^-$  濃度と  $\text{K}^+$  濃度との関係図
- ⑰  $\text{HCO}_3^-$  濃度と  $\text{Ca}^{2+}$  濃度との関係図
- ⑱  $\text{HCO}_3^-$  濃度と  $\text{Mg}^{2+}$  濃度との関係図

なお、これらの図表を別冊図表集表 6 (pp. 109 ~ 131), 図 6 (pp. 433 ~ 814) に示す。

### (1) 花崗岩類 (G) 地帯の地下水

地下水の採水深度と pH 及び  $\text{Na}^+$  •  $\text{K}^+$  •  $\text{Ca}^{2+}$  •  $\text{Mg}^{2+}$  •  $\text{SO}_4^{2-}$  •  $\text{Cl}^-$  •  $\text{HCO}_3^-$  濃度との関係、 $\text{HCO}_3^-$  濃度と pH 及び  $\text{Na}^+$  •  $\text{K}^+$  •  $\text{Ca}^{2+}$  •  $\text{Mg}^{2+}$  •  $\text{SO}_4^{2-}$  •  $\text{Cl}^-$  濃度との関係をみると、次のようなことがいえる（図 6-9 ~ 12 参照）。

- a) 採水深度と pH 及び  $\text{Na}^+$  •  $\text{K}^+$  •  $\text{Ca}^{2+}$  •  $\text{Mg}^{2+}$  •  $\text{SO}_4^{2-}$  •  $\text{Cl}^-$  •  $\text{HCO}_3^-$  濃度との間には、相関はほとんど認められない。
- b)  $\text{HCO}_3^-$  濃度が増加するにしたがって pH が高くなる傾向と  $\text{HCO}_3^-$  濃度がさほど増加しないにもかかわらず pH が著しく高くなる傾向がある。
- c)  $\text{HCO}_3^-$  濃度が増加するにしたがって  $\text{Na}^+$  濃度が高くなる傾向がある。なお、 $\text{Na}^+ / \text{HCO}_3^-$  (当量) 比は 1 に近い。
- d)  $\text{HCO}_3^-$  濃度と  $\text{K}^+$  •  $\text{Ca}^{2+}$  •  $\text{Mg}^{2+}$  •  $\text{SO}_4^{2-}$  •  $\text{Cl}^-$  濃度との間には、相関は認められない。

これらのことから判断すると、花崗岩類地帯の地下水のうち  $\text{CO}_2$  の供給量が少なく、 $\text{CO}_2$  に対して比較的閉鎖的な環境下のものは、貯留母岩との反応が進行すると、高 pH になるが、さほど  $\text{HCO}_3^-$  •  $\text{Na}^+$  濃度が高くならないと考えられる。一方、ある程度  $\text{CO}_2$  の供給がある環境下の地下水は、貯留母岩との反応が進行するにしたがって pH および  $\text{Na}^+$  •  $\text{HCO}_3^-$  濃度が高くなると考えられる。

### (2) 流紋岩類 (R) 地帯の地下水

データ数が少ないため、地下水と貯留母岩との反応の進行に伴なう水質の変化等についての検討を省略した。

### (3) 玄武岩類 (B) 地帯の地下水

地下水の採水深度と pH 及び  $\text{Na}^+$  •  $\text{K}^+$  •  $\text{Ca}^{2+}$  •  $\text{Mg}^{2+}$  •  $\text{SO}_4^{2-}$  •  $\text{Cl}^-$  濃度との関係をみると、次のようなことがいえる（図 6-13 ~ 16 参照）。

- a) 顕著ではないが、採水深度が深くなるにしたがって pH が高くなる傾向がある。
- b) 採水深度と  $\text{Na}^+$  •  $\text{K}^+$  •  $\text{Ca}^{2+}$  •  $\text{Mg}^{2+}$  •  $\text{SO}_4^{2-}$  •  $\text{Cl}^-$  •  $\text{HCO}_3^-$  濃度との間には、相関はほとんど認められない。
- c)  $\text{HCO}_3^-$  濃度がさほど増加しないにもかかわらず、pH が著しく高くなる傾向がある。
- d) 顕著ではないが、 $\text{HCO}_3^-$  濃度が高くなるにつれて、 $\text{Na}^+$  濃度が高くなる傾向がある。なお、 $\text{Na}^+ / \text{HCO}_3^-$  (当量) 比は 1 に近い。
- e)  $\text{HCO}_3^-$  濃度と  $\text{K}^+$  •  $\text{Ca}^{2+}$  •  $\text{Mg}^{2+}$  •  $\text{SO}_4^{2-}$  •  $\text{Cl}^-$  濃度との間には、相関はほとんど認められない。

これらのことから判断すると、玄武岩類地帯では、 $\text{CO}_2$  の供給量が少なく、 $\text{CO}_2$  に対して比較的閉鎖的な環境下で地下水が貯留母岩と反応する場合が多いため、高 pH で、さほど  $\text{HCO}_3^-$  濃度が高くない地下水が生成される可能性が高いと考えられる。また、貯留母岩との反応が進行すれば、陽イオンとしては、 $\text{Na}^+$  濃度が高くなる傾向がある。

#### (4) 先新第三紀堆積岩 (P) 地帯の地下水

地下水の採水深度と pH 及び  $\text{Na}^+$  •  $\text{K}^+$  •  $\text{Ca}^{2+}$  •  $\text{Mg}^{2+}$  •  $\text{SO}_4^{2-}$  •  $\text{Cl}^-$  •  $\text{HCO}_3^-$  濃度との関係、 $\text{HCO}_3^-$  濃度と pH 及び  $\text{Na}^+$  •  $\text{K}^+$  •  $\text{Ca}^{2+}$  •  $\text{Mg}^{2+}$  •  $\text{SO}_4^{2-}$  •  $\text{Cl}^-$  濃度との関係をみると、次のようなことがいえる (図 6-17~20 参照)。

- a) 顕著ではないが、採水深度が深くなるにしたがって pH が高くなる傾向がある。
- b) 採水深度と  $\text{Na}^+$  •  $\text{K}^+$  •  $\text{Ca}^{2+}$  •  $\text{Mg}^{2+}$  •  $\text{SO}_4^{2-}$  •  $\text{Cl}^-$  •  $\text{HCO}_3^-$  濃度との間には、相関はほとんど認められない。
- c)  $\text{HCO}_3^-$  濃度が増加するにしたがって pH が高くなる傾向がある。

- d) 顯著ではないが、 $\text{HCO}_3^-$  濃度が増加するにしたがって  $\text{Na}^+$  濃度が高くなる傾向がある。なお、 $\text{Na}^+ / \text{HCO}_3^-$  (当量) 比は 1 に近い。
- e)  $\text{HCO}_3^-$  濃度と  $\text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^-$  濃度との間には、相関はほとんど認められない。
- これらのことから判断すると、先新第三紀堆積岩地帯の地下水は、貯留母岩との反応が進行するにしたがって pH 及び  $\text{Na}^+ \cdot \text{HCO}_3^-$  濃度が高くなると考えられる。

#### (5) 結晶片岩類 (M) 地帯の地下水

データ数が少ないため、地下水と貯留母岩との反応の進行に伴う水質の変化等についての検討を省略した。

#### (6) 新第三紀堆積岩 (N) 地帯の地下水

地下水の採水深度と pH 及び  $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{HCO}_3^-$  濃度との関係、 $\text{HCO}_3^-$  濃度と pH 及び  $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^-$  濃度との関係をみると、次のようなことがいえる (図 6-21~24 参照)。

- a) 採水深度が深くなるにしたがって pH 及び  $\text{HCO}_3^- \cdot \text{Na}^+$  濃度が高くなる傾向がある。
- b) 採水深度が深くなるにしたがって  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度が低くなる傾向がある。
- c) 採水深度と  $\text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Cl}^-$  濃度との間には、相関はほとんど認められない。
- d)  $\text{HCO}_3^-$  濃度が増加するにしたがって pH が高くなる傾向がある。
- e)  $\text{HCO}_3^-$  濃度が増加するにしたがって  $\text{Na}^+$  濃度が高くなる傾向がある。なお、 $\text{Na}^+ / \text{HCO}_3^-$  (当量) 比は 1 に近い。

i)  $\text{HCO}_3^-$  濃度と  $\text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^-$  濃度との間には、相関はほとんど認められない。

これらのことから判断すると、新第三紀堆積岩地帯の地下水は、貯留母岩との反応が進行するにしたがって pH 及び  $\text{Na}^+ \cdot \text{HCO}_3^-$  濃度が高くなり、 $\text{SO}_4^{2-}$  濃度が低くなると考えられる。なお、 $\text{SO}_4^{2-}$  濃度が減少する原因としては、次のようなことが考えられる。すなわち、地下水と貯留母岩の反応が進行すれば、地下水中の溶存酸素が貯留母岩中の有機物や  $\text{Fe}^{2+}$  等の酸化のために消費され、その結果地下水が還元状態になり、その中に含まれている  $\text{SO}_4^{2-}$  は還元され  $\text{H}_2\text{S}$  に変化し、減少すると考えられる。

#### (7) 第四紀火山岩類 (QV) 地帯の地下水

地下水の採水深度と pH 及び  $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{HCO}_3^-$  濃度との関係、 $\text{HCO}_3^-$  濃度と pH 及び  $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^-$  濃度との関係をみると、次のようなことがいえる (図 6-25~28 参照)。

- a) 採水深度が深くなるにしたがって pH が高くなる傾向がある。
- b) 採水深度と  $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{HCO}_3^-$  濃度との間には、相関はほとんど認められない。
- c)  $\text{HCO}_3^-$  濃度が増加するにしたがって pH が高くなる傾向と  $\text{HCO}_3^-$  濃度がさほど増加しないにもかかわらず pH が高くなる傾向がある。
- d)  $\text{HCO}_3^-$  濃度が増加するにしたがって  $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+}$  濃度が高くなる傾向がある。なお、 $\text{Na}^+ / \text{HCO}_3^- \cdot \text{Ca}^{2+} / \text{HCO}_3^-$  及び  $\text{Mg}^{2+} / \text{HCO}_3^-$  (当量) 比はいずれも 0.25 に近く、 $\text{K}^+ / \text{HCO}_3^-$  (当量) 比は 0.1 程度である。
- e)  $\text{HCO}_3^-$  濃度と  $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^-$  濃度との間には、相関はほとんど認められない。

これらのことから判断すると、第四紀火山岩類地帯の地下水のうち  $\text{CO}_2$  の供給量が少なく、 $\text{CO}_2$  に対して比較的閉鎖的な環境下のものは、貯留母岩との反応が進行すると、高 pH となるが、さほど  $\text{HCO}_3^- \cdot \text{Na}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+}$  濃度が高くなないと考えられる。一方、 $\text{CO}_2$  の供給がある環境下の地下水は、貯留母岩との反応が進行するにしたがって pH 及び  $\text{Na}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{HCO}_3^-$  濃度が高くなると考えられる。

#### (8) 第四紀堆積層 (Q S) 地帯の地下水

地下水の採水深度と pH 及び  $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{HCO}_3^-$  濃度との関係、 $\text{HCO}_3^-$  濃度と pH 及び  $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^-$  濃度との関係をみると、次のようなことがいえる（図 6-29～32 参照）。

- a) 採水深度が深くなるにしたがって pH が高くなる傾向がある。
- b) 採水深度が深くなるにしたがって  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度が低くなる傾向がある。
- c) 採水深度と  $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{HCO}_3^-$  濃度との間には、相関はほとんど認められない。
- d)  $\text{HCO}_3^-$  濃度が増加するにしたがって pH が高くなる傾向と  $\text{HCO}_3^-$  濃度がさほど増加しないにもかかわらず pH が著しく高くなる傾向がある。
- e)  $\text{HCO}_3^-$  濃度が増加するにしたがって  $\text{Na}^+$  濃度が高くなる傾向がある。なお、 $\text{Na}^+ / \text{HCO}_3^-$  (当量) 比は 1 に近い。
- f)  $\text{HCO}_3^-$  濃度と  $\text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^-$  濃度との間には、相関はほとんど認められない。

これらのことから判断すると、第四紀堆積層地帯の地下水のうち  $\text{CO}_2$  の供給量が少なく、 $\text{CO}_2$  に対して比較的閉鎖的な環境下のものは、貯留母岩との反応が進行すると、高 pH になるが、さほど  $\text{HCO}_3^-$

・  $\text{Na}^+$  濃度が高くなないと考えられる。一方、 $\text{CO}_2$  の供給がある環境下の地下水は、貯留母岩との反応が進行するにしたがって  $\text{pH}$  及び  $\text{Na}^+ \cdot \text{HCO}_3^-$  濃度が高くなり、 $\text{SO}_4^{2-}$  濃度が低くなると考えられる。なお、 $\text{SO}_4^{2-}$  濃度が減少する原因は、新第三紀堆積岩地帯の地下水の場合と同じである。

以上述べてきたことを総括すると、 $\text{CO}_2$  に対してある程度解放的な環境下の地下水は、貯留母岩との反応が進行すれば、その岩種にかかわらず、 $\text{pH}$  および  $\text{Na}^+ \cdot \text{HCO}_3^-$  濃度が高くなるといえる。また、 $\text{CO}_2$  に対して比較的閉鎖的な環境下の地下水は、貯留母岩との反応が進行すれば、その岩種にかかわらず、 $\text{pH}$  が高くなるが、さほど  $\text{Na}^+ \cdot \text{HCO}_3^-$  濃度が高くならないといえる。

この見解は、全水質データの深度別平均値より作成したヘキサダイヤグラム（図 6-33）から読み取れる事実からも裏付けることができる。すなわち、深度 50m 以浅の地下水は低濃度の  $\text{Ca}(\text{Na})\text{-HCO}_3$  型の水質組成を示すが、深度が深くなるにしたがって、濃度が増加するとともに  $\text{Na}\text{-HCO}_3$  型の水質組成に変化していくという事実である。

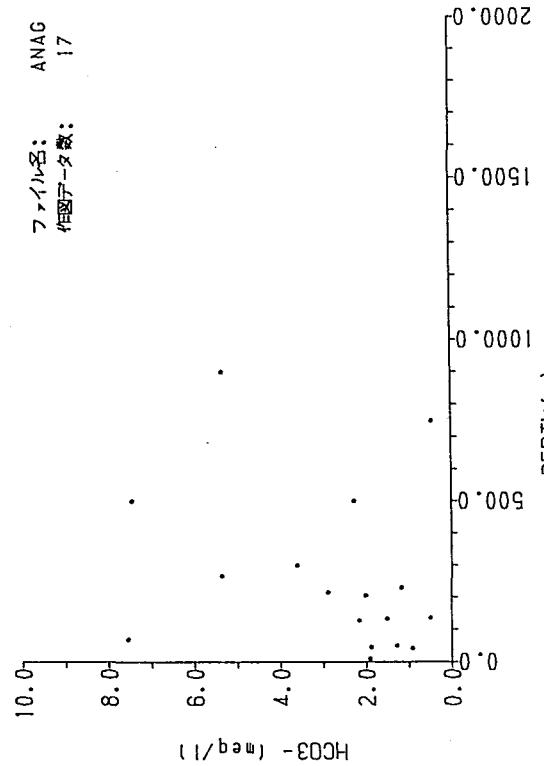
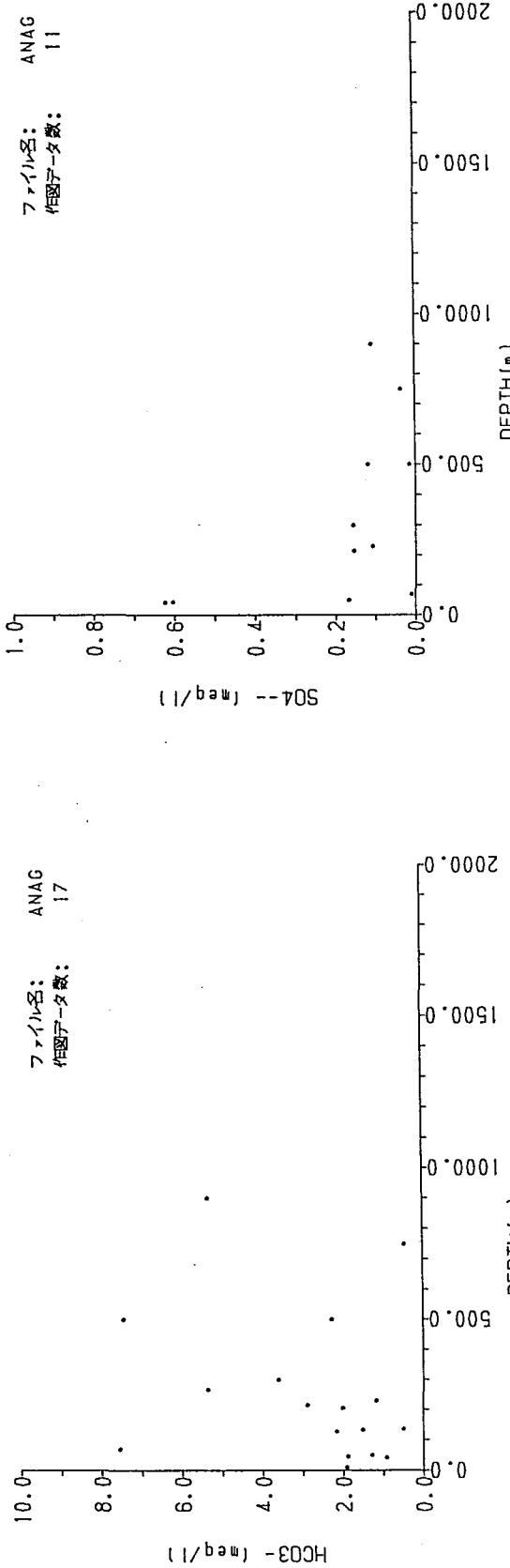
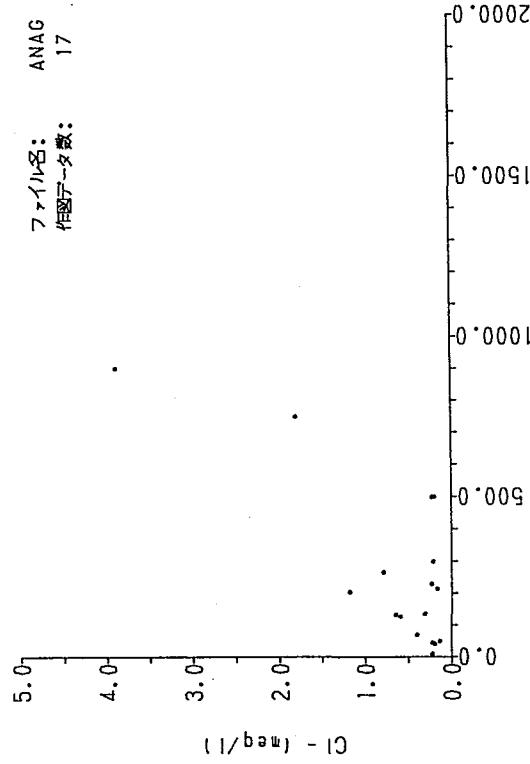
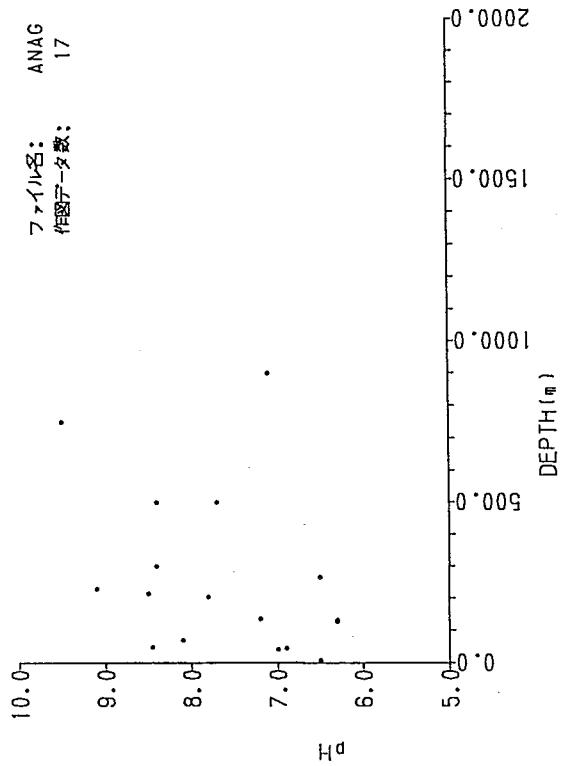
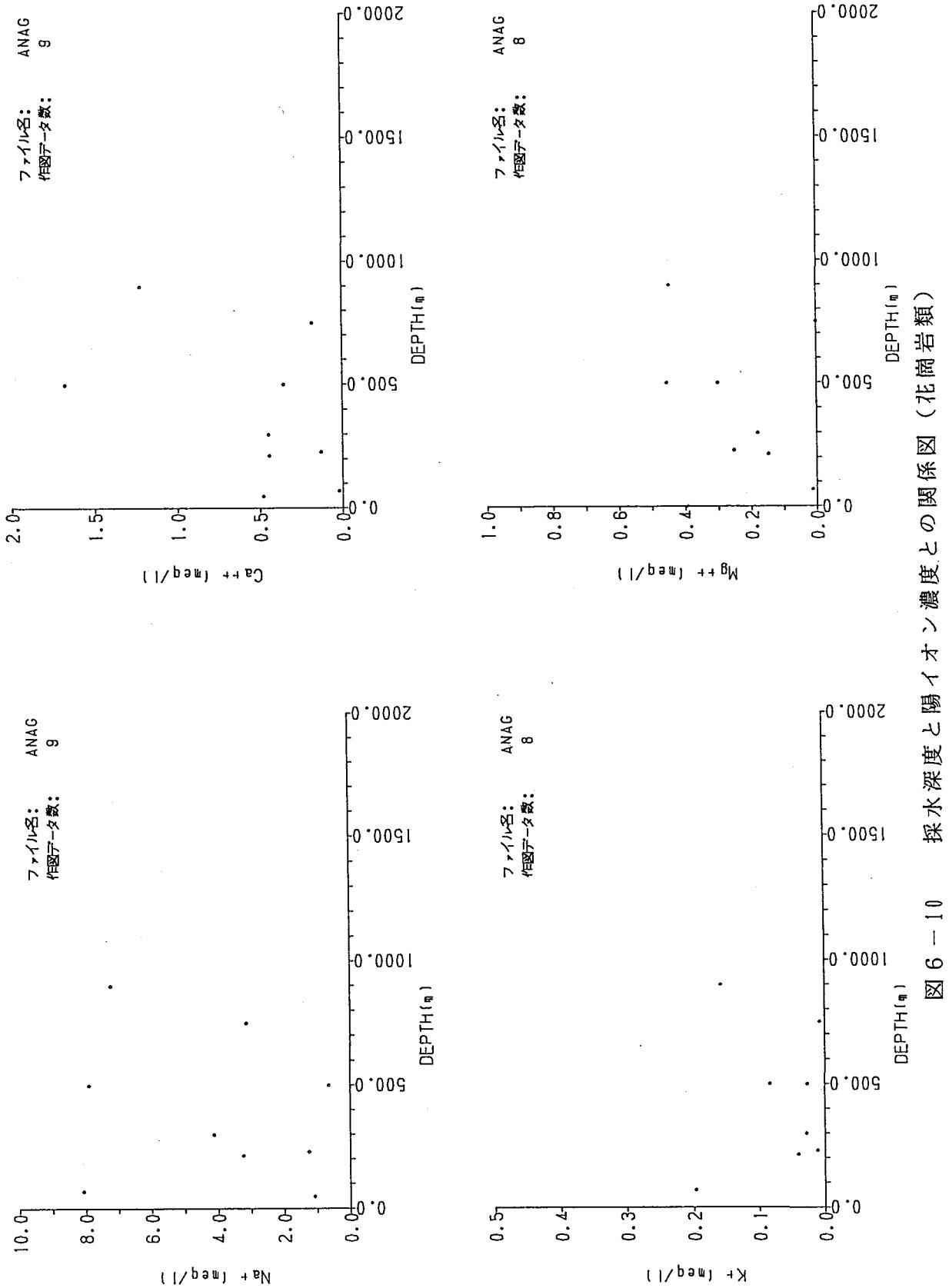
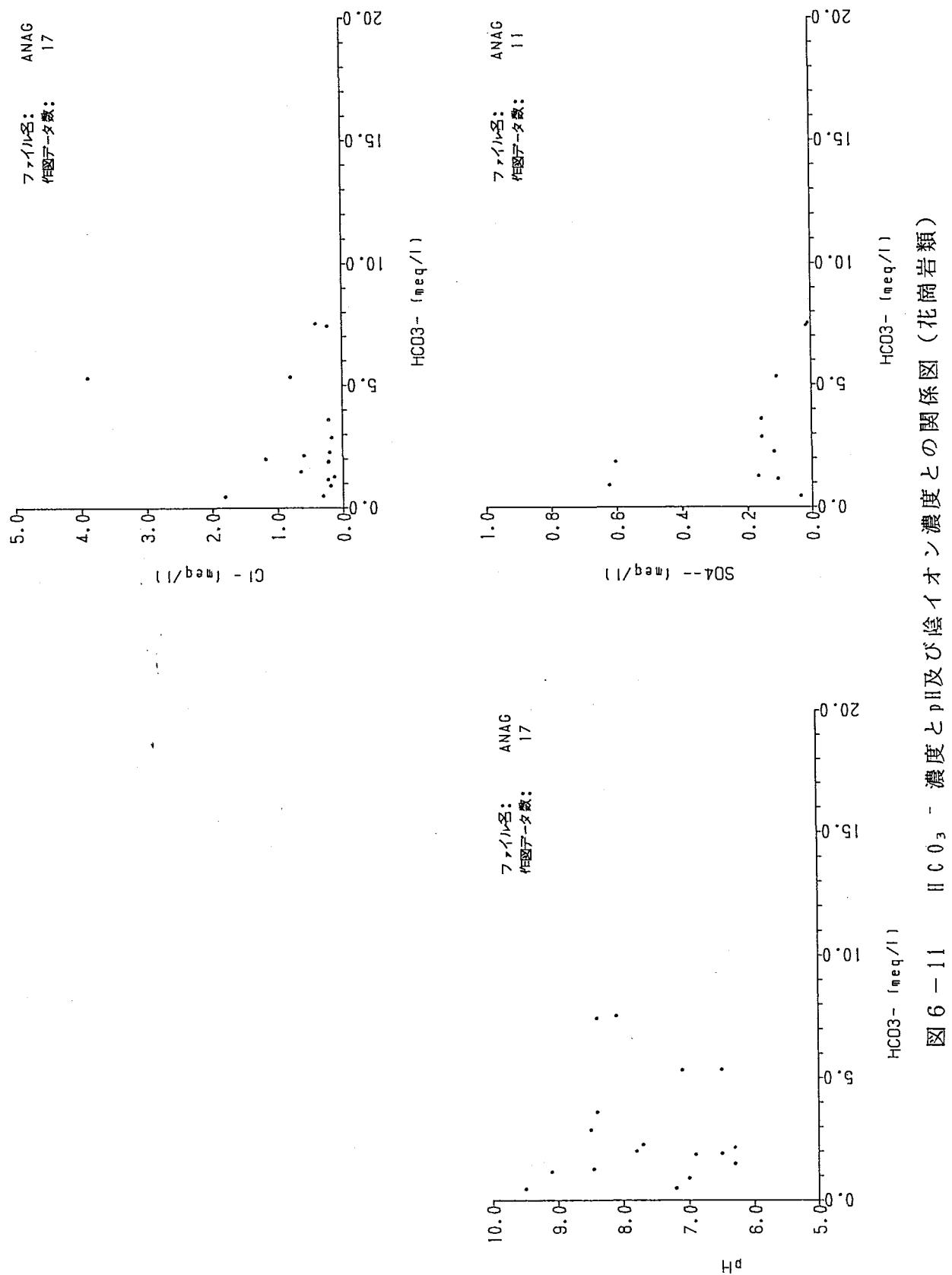


図 6-9 採水深度と pH 及び陰イオン濃度との関係図（花崗岩類）





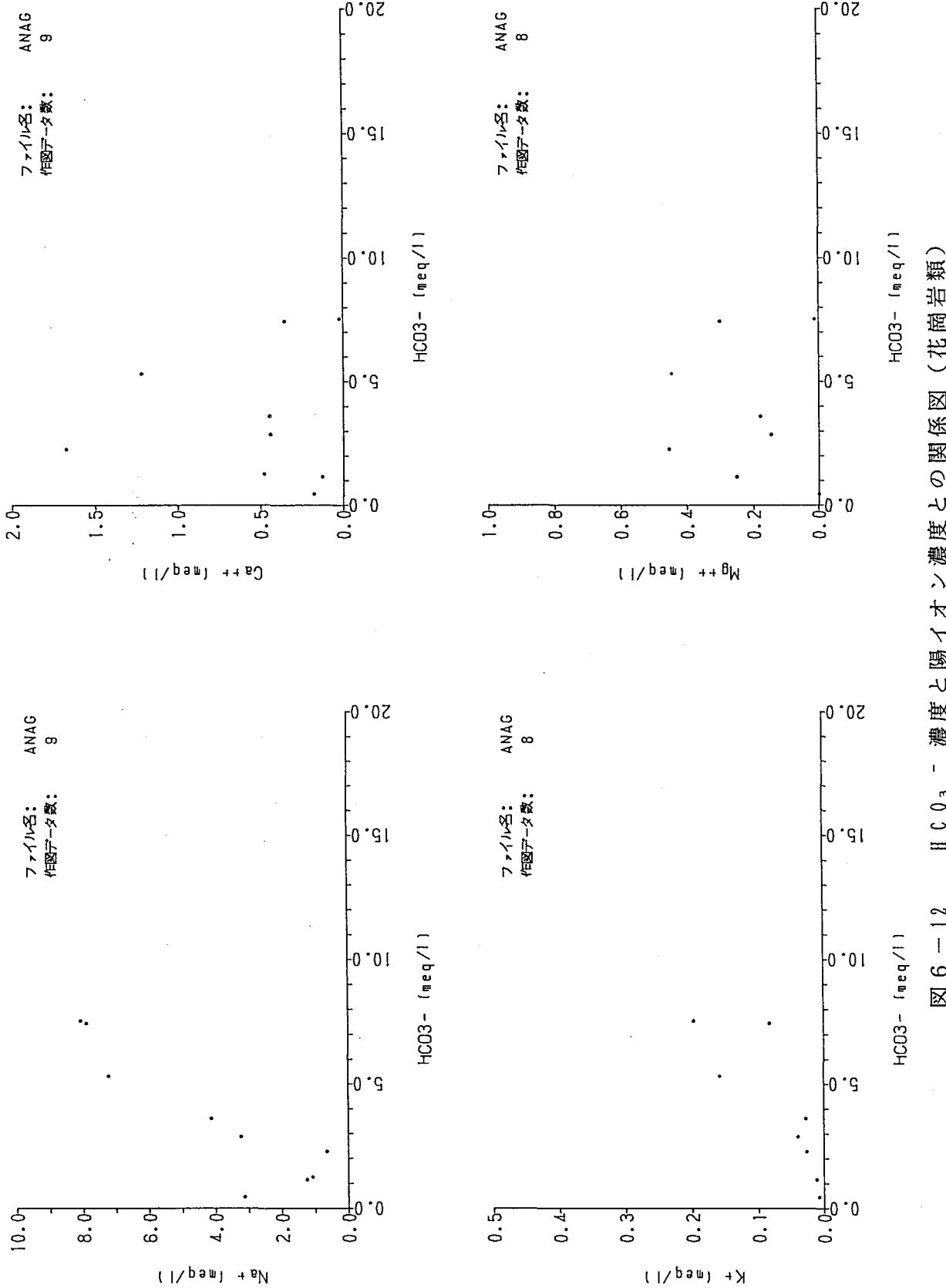


図 6-12  $\text{HCO}_3^-$  - 濃度と陽イオン濃度との関係図 (花崗岩類)

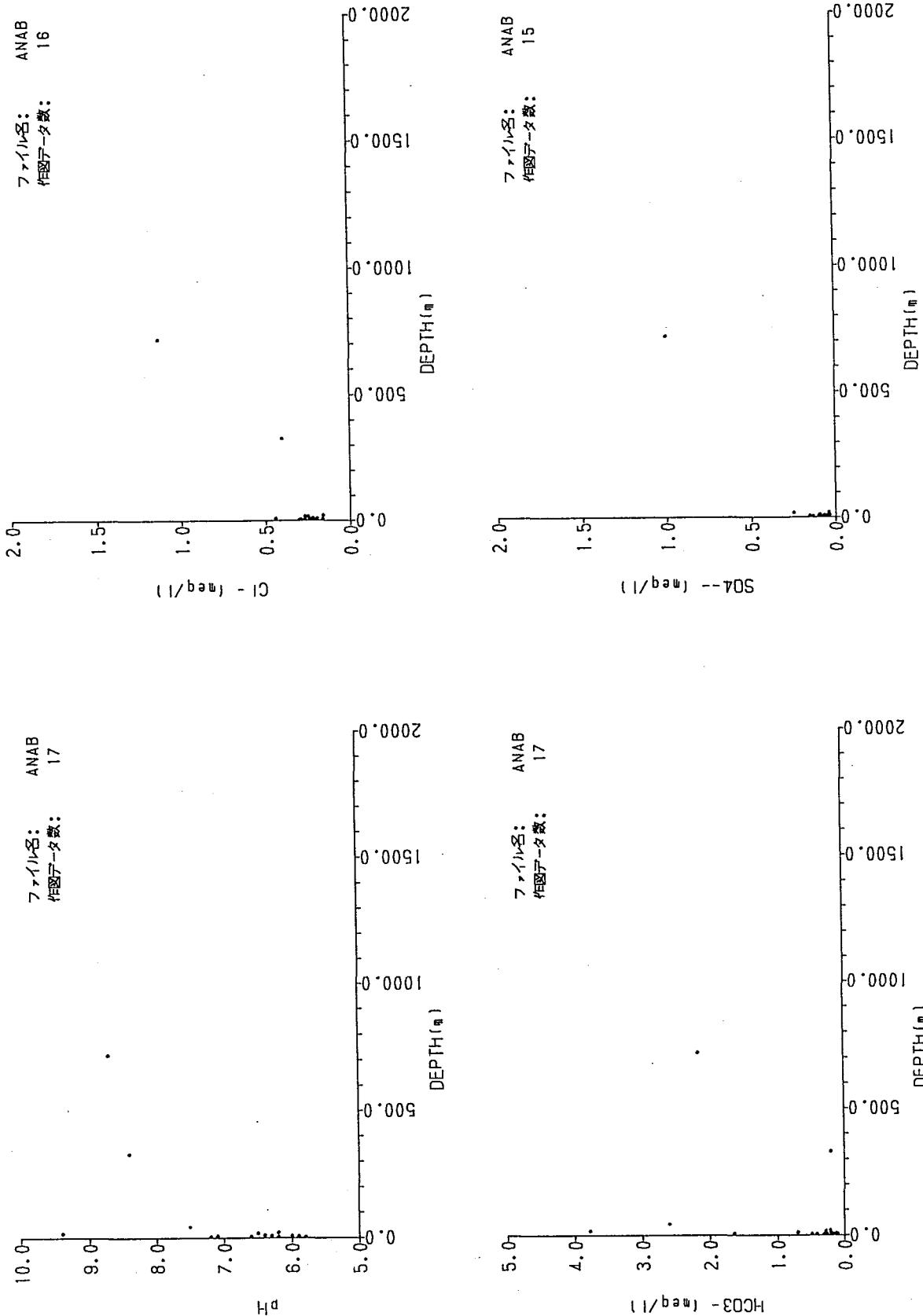


図 6-13 採水深度とpH及び陰イオン濃度との関係図（玄武岩類）

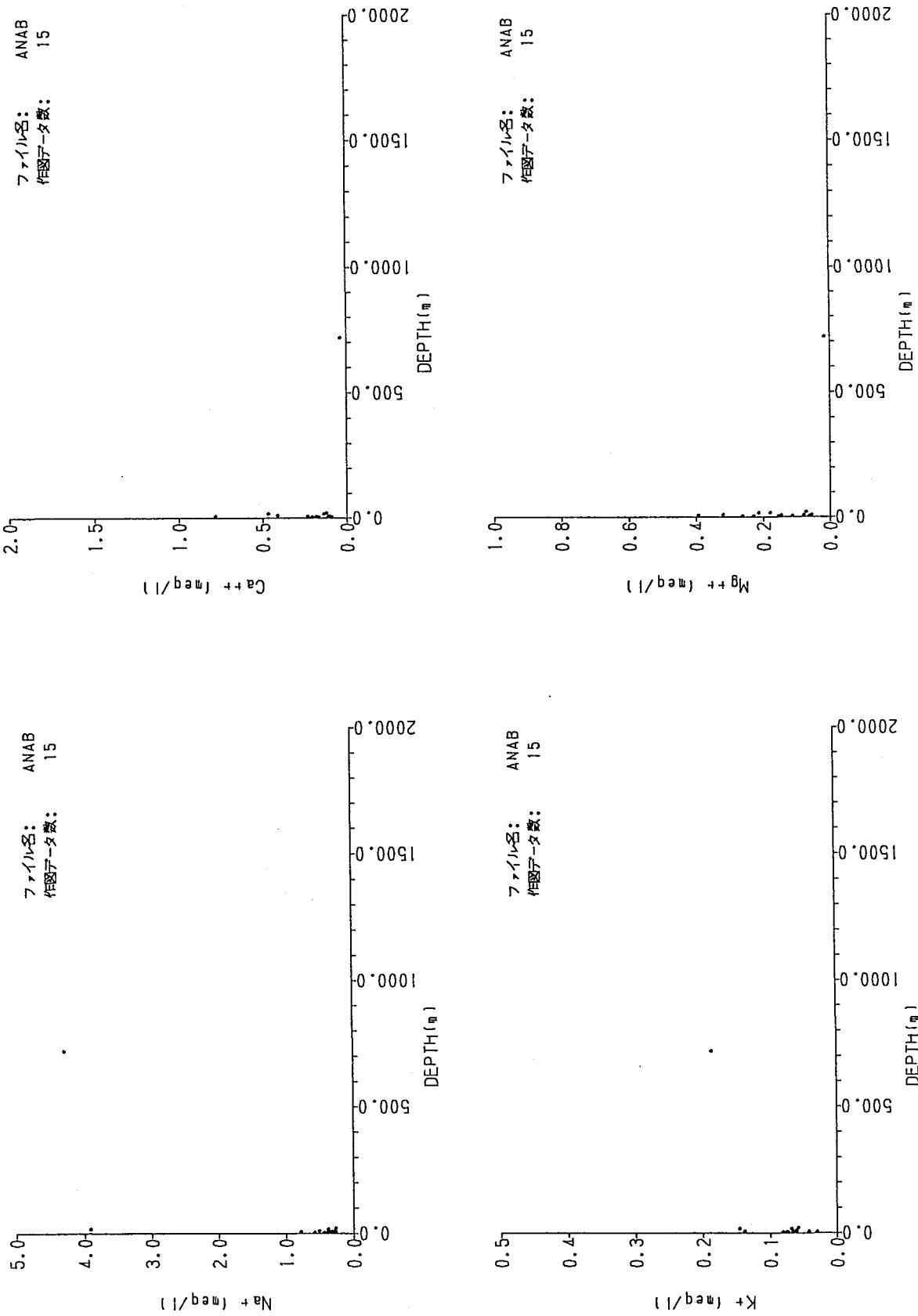


図 6-14 採水深度と陽イオン濃度との関係図（玄武岩類）

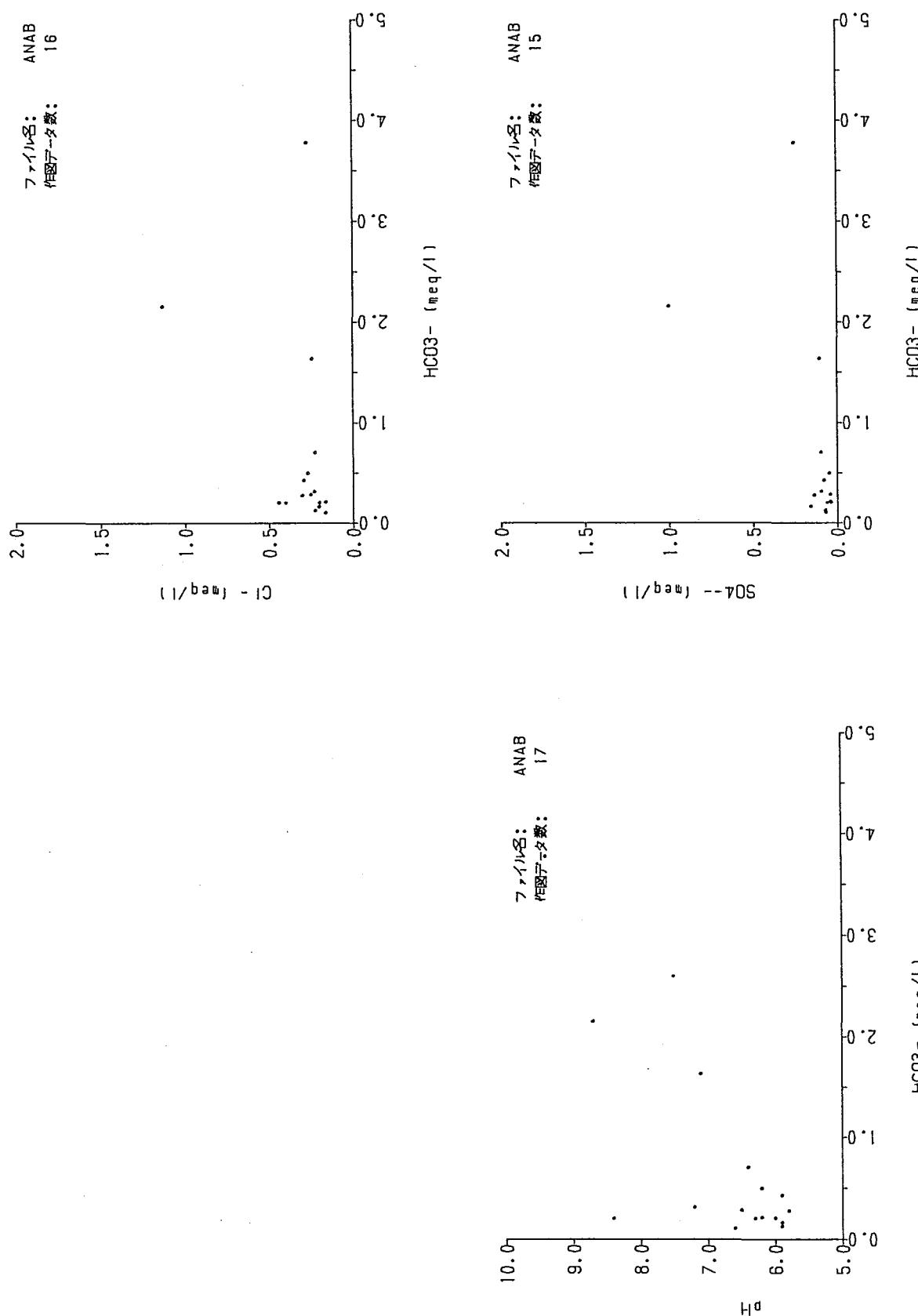


図 6-15  $\text{HCO}_3^-$  濃度と  $\text{pH}$  及び陰イオン濃度との関係図（玄武岩類）

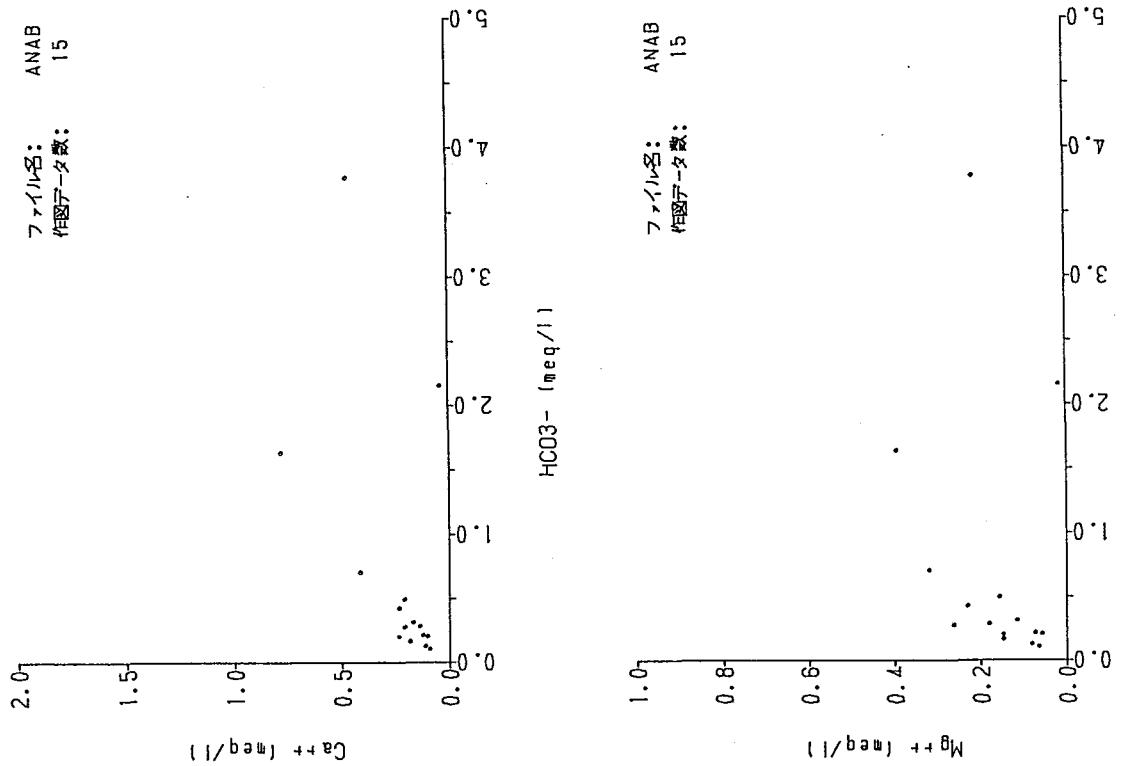
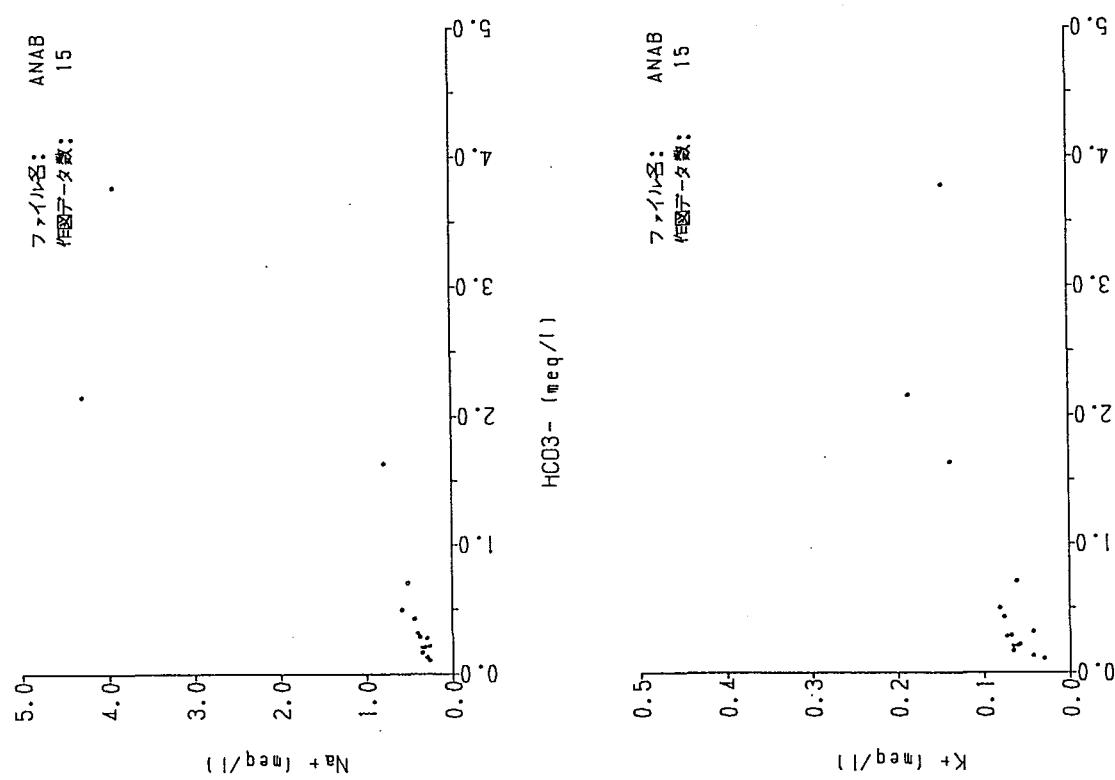


図 6-16 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度と陽イオン濃度との関係図(玄武岩類)

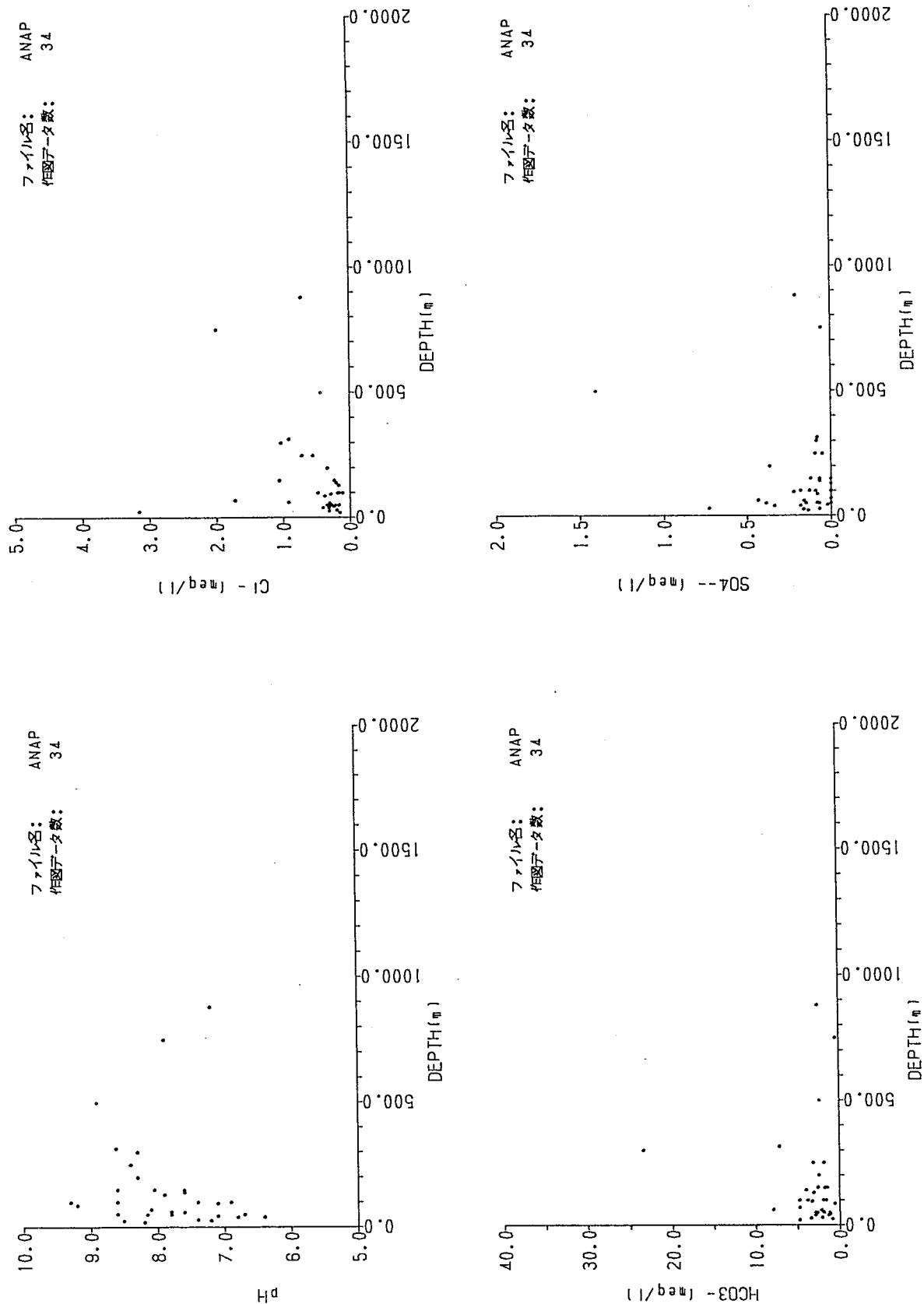
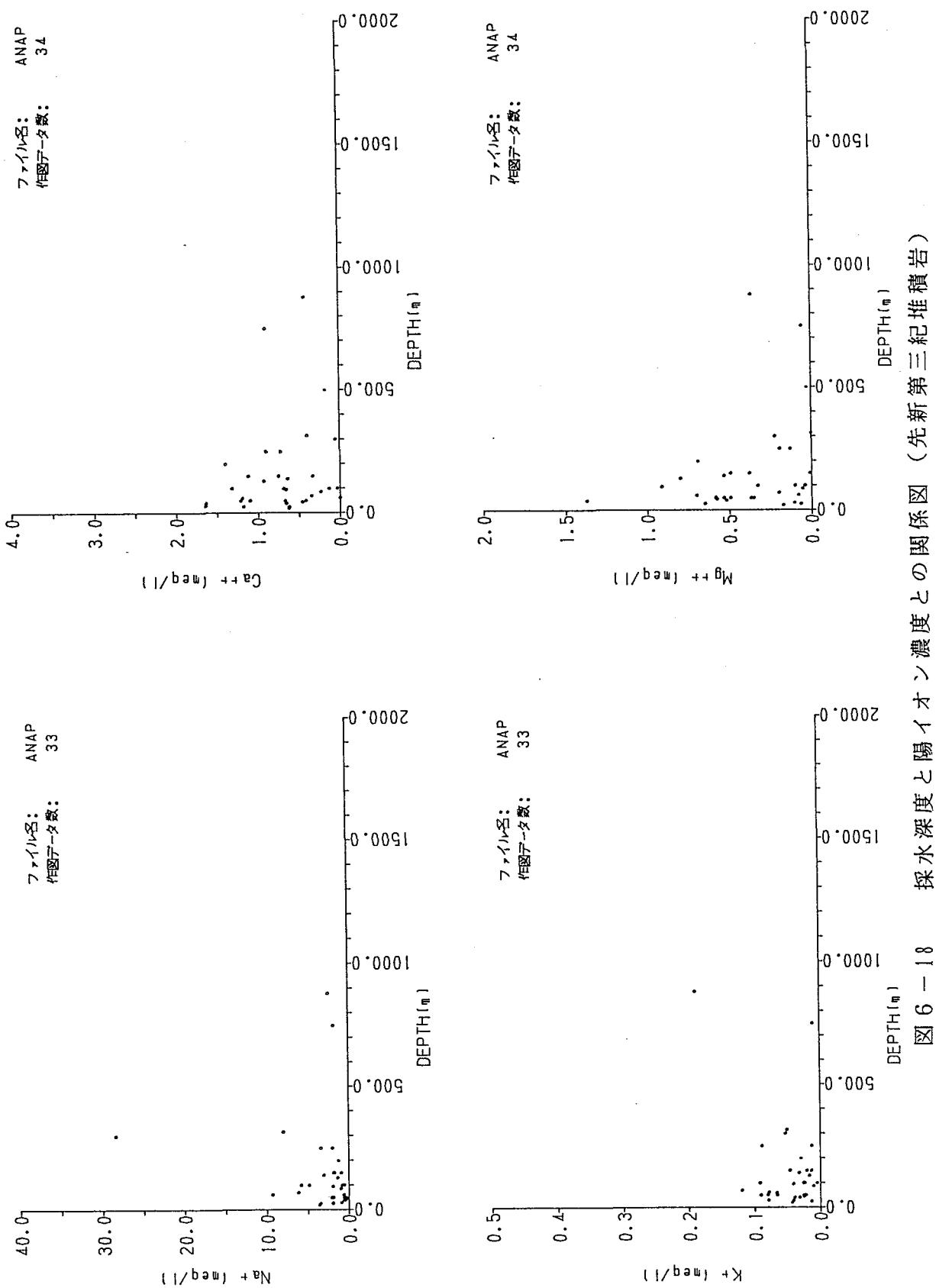


図 6-17 採水深度と pH 及び陰イオン濃度との関係図（先新第三紀堆積岩）



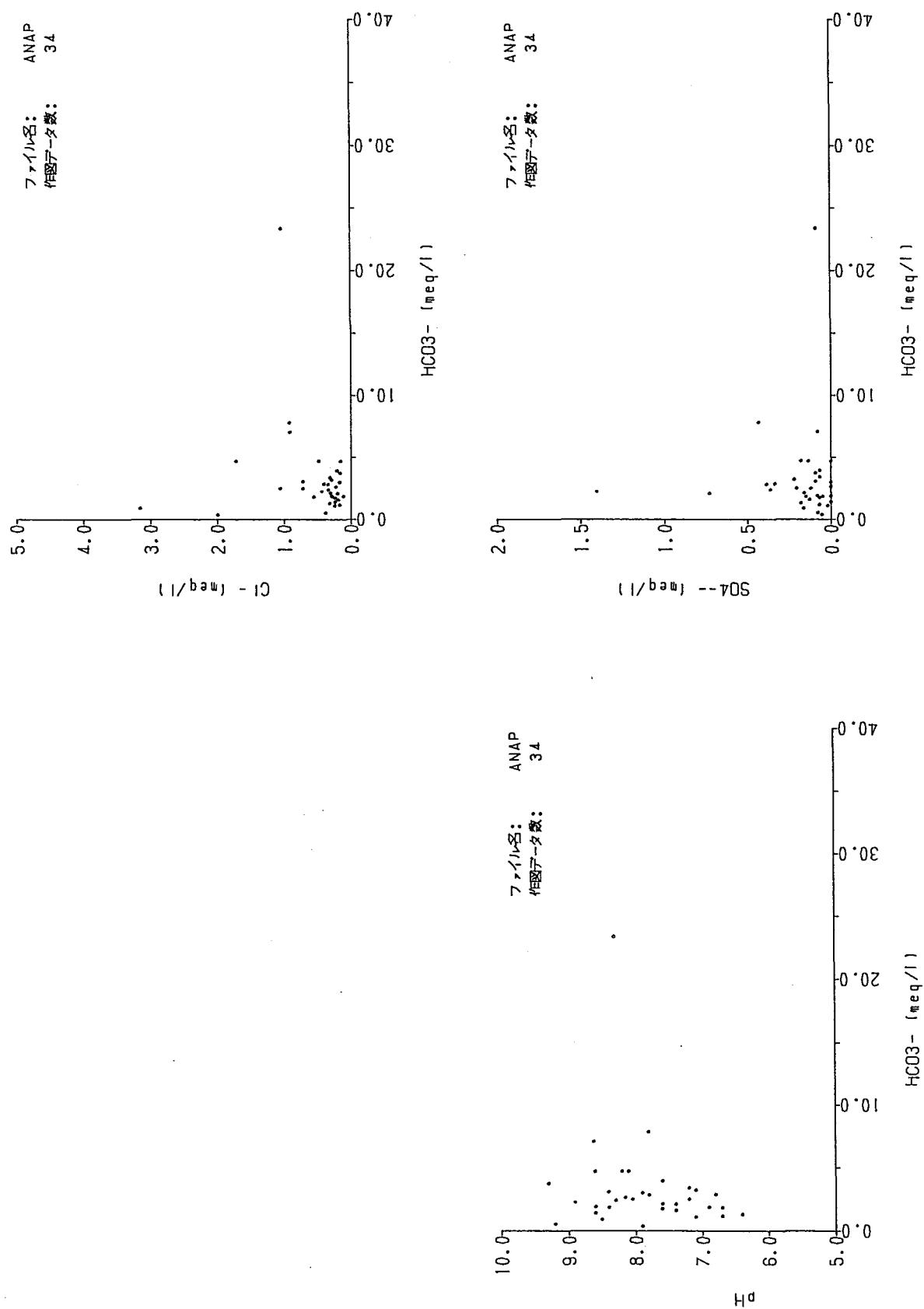


図 6-19  $\text{HCO}_3^-$  濃度と  $\text{pH}$  及び陰イオン濃度との関係図 (先新第三紀堆積岩)

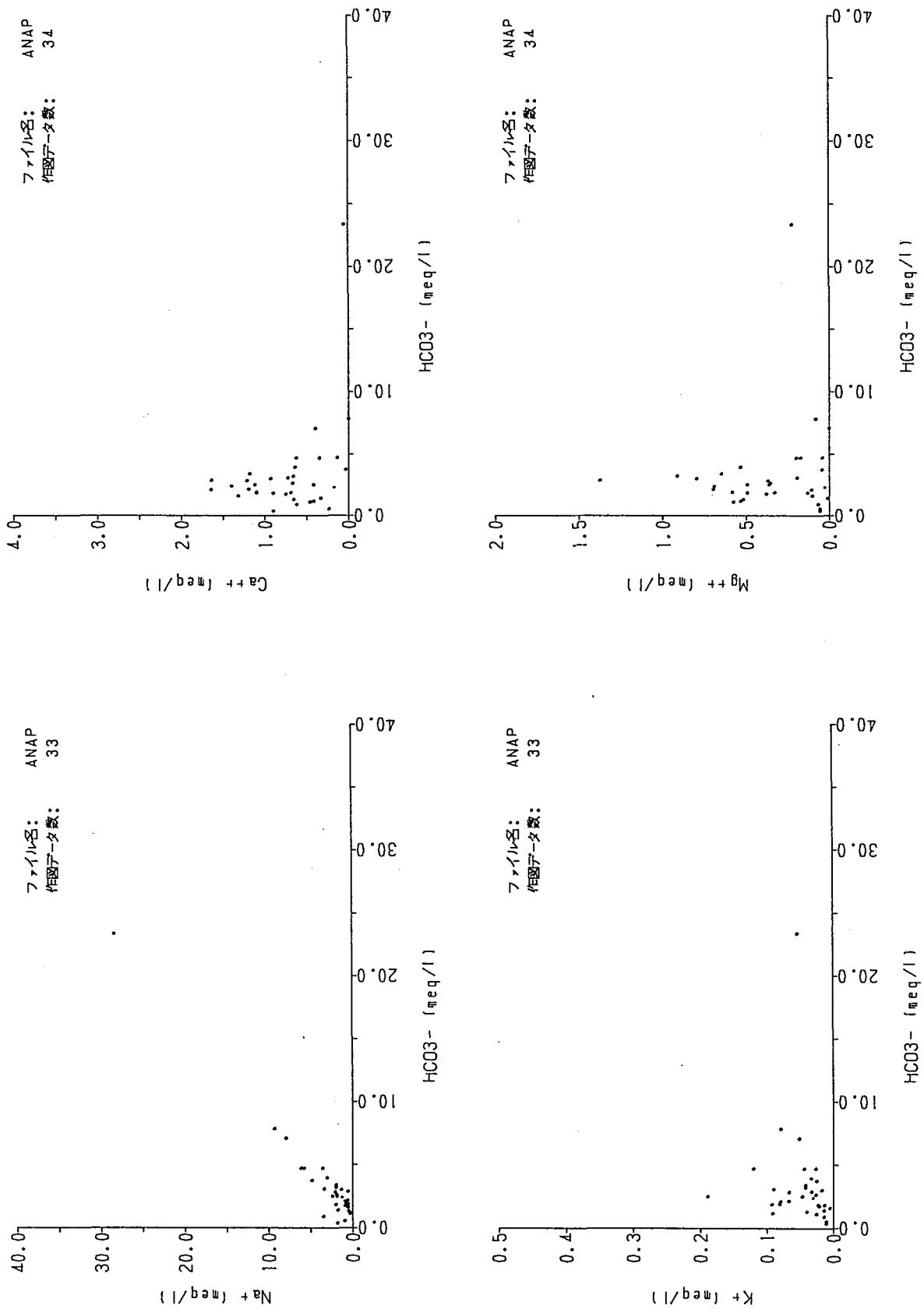


図 6-20  $\text{HCO}_3^-$  濃度と陽イオン濃度との関係図 (先新第三紀堆積岩)

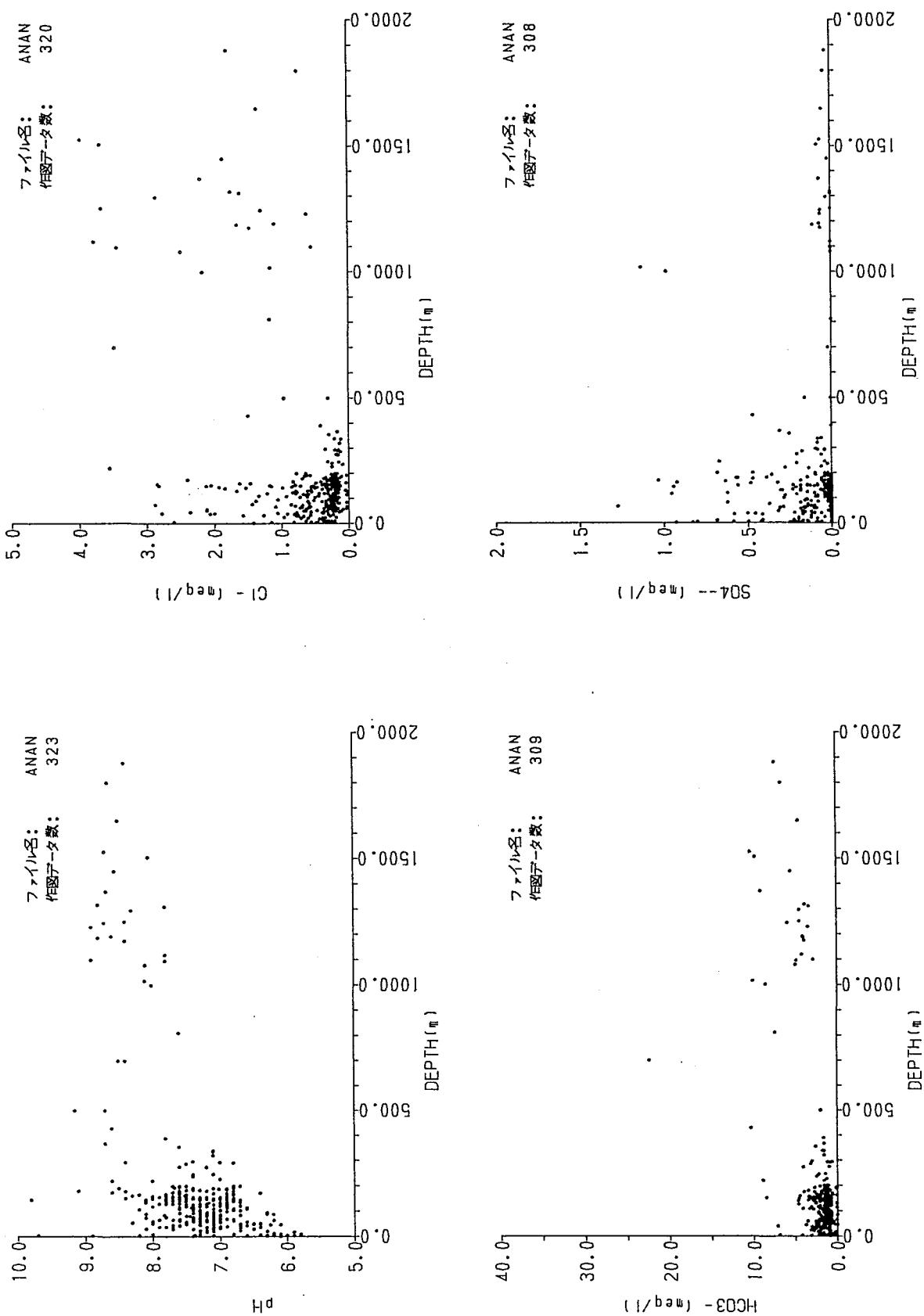


図 6-21 採水深度と pH 及び陰イオン濃度との関係図 (新第三紀堆積岩)

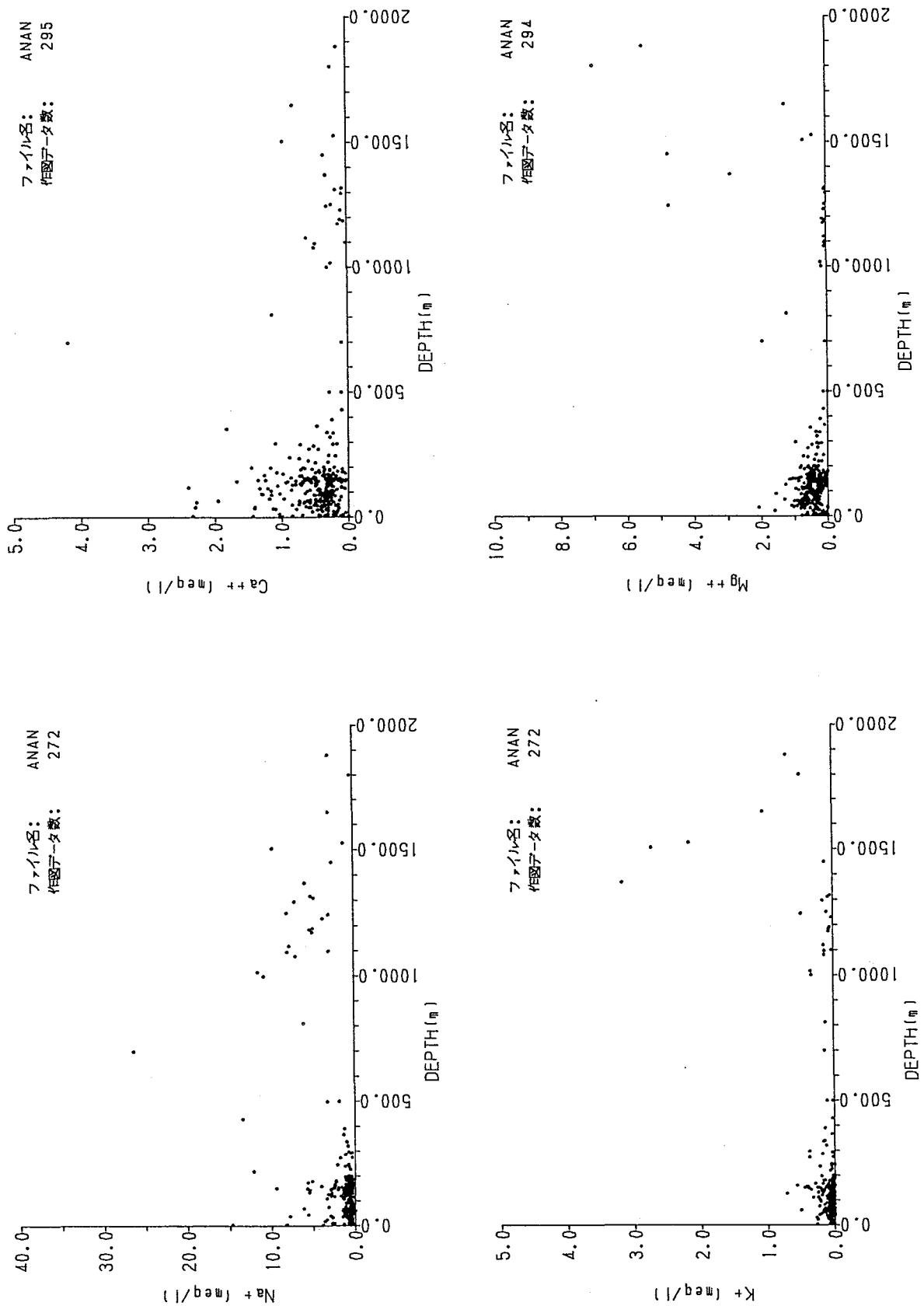


図 6-22 採水深度と陽イオン濃度との関係図 (新第三紀堆積岩)

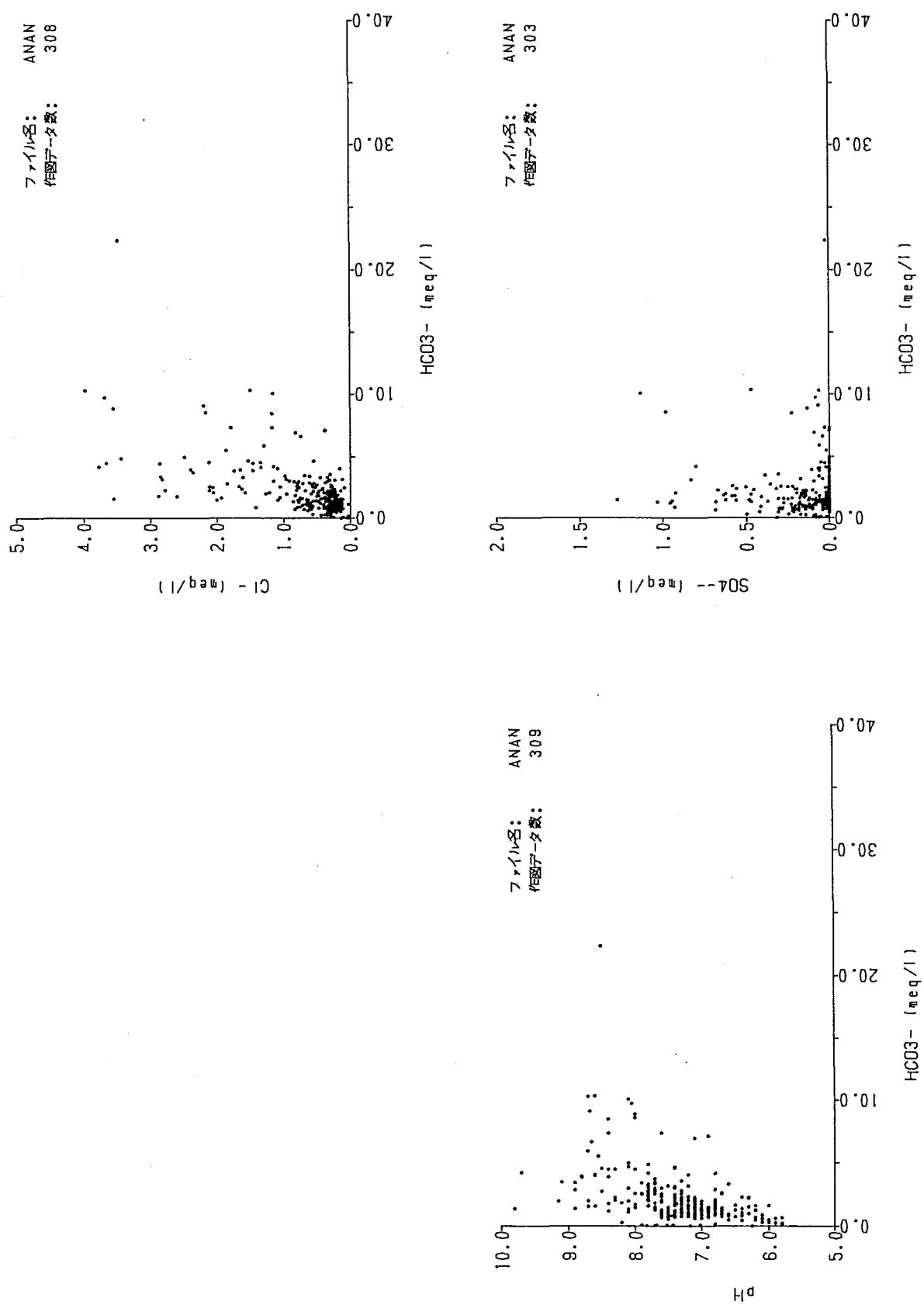


図 6-23  $\text{HCO}_3^-$  濃度と pH 及び陰イオン濃度との関係図 (新第三紀堆積岩)

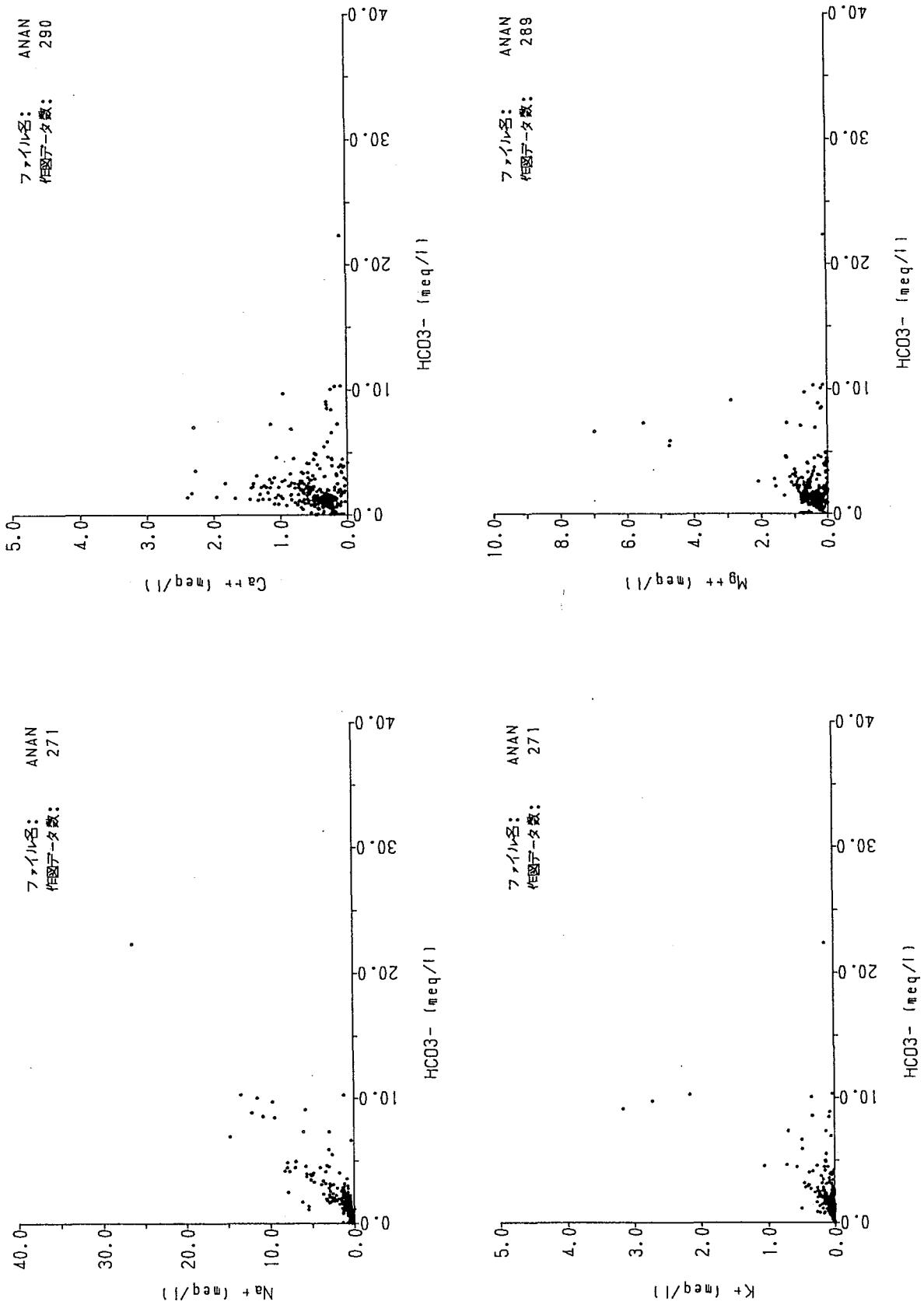


図 6-24  $\text{HCO}_3^-$  濃度と陽イオン濃度との関係図 (新第三紀堆積岩)

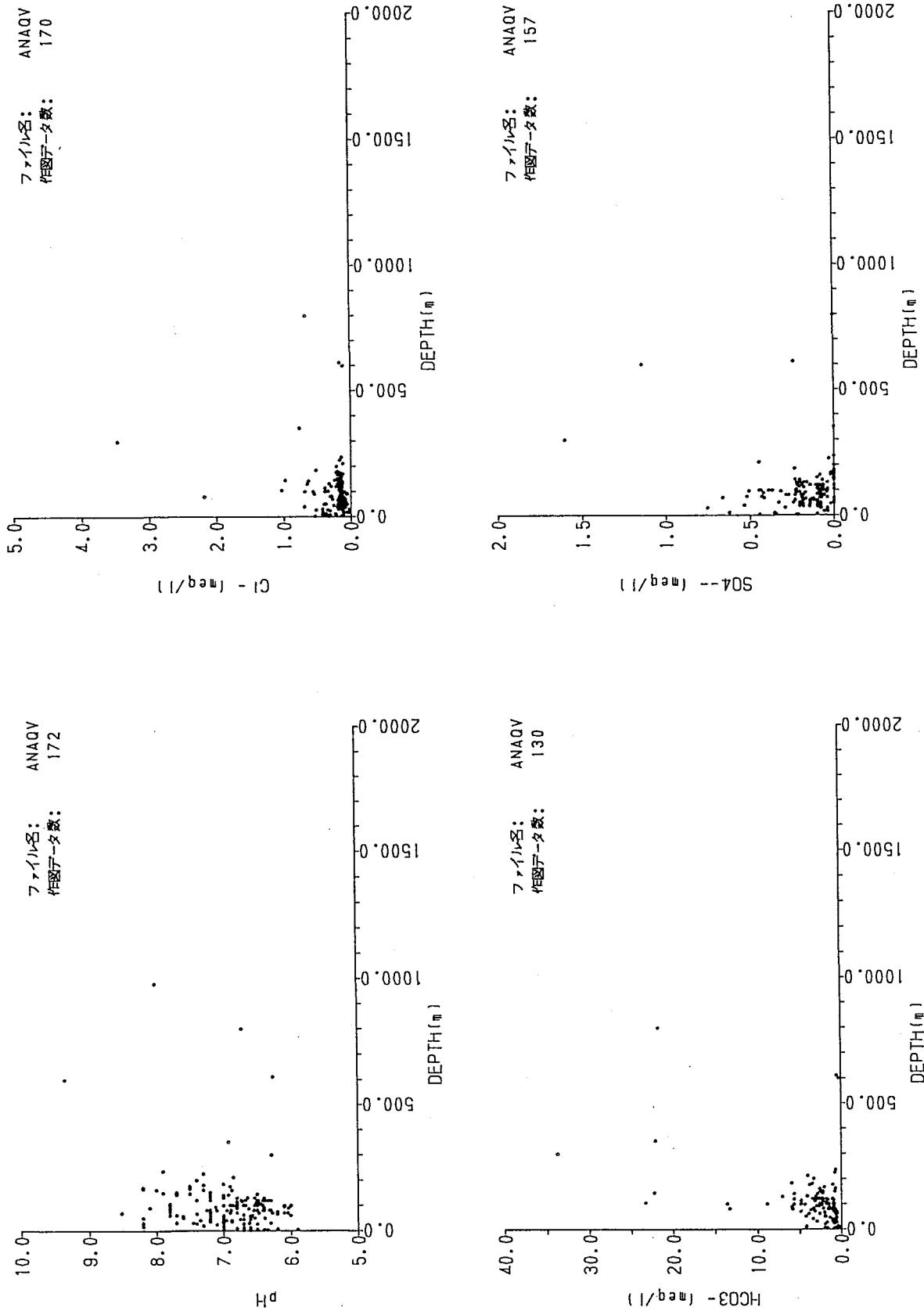


図 6-25 採水深度と $\text{pH}$ 及び陰イオン濃度との関係図(第四紀火山岩類)

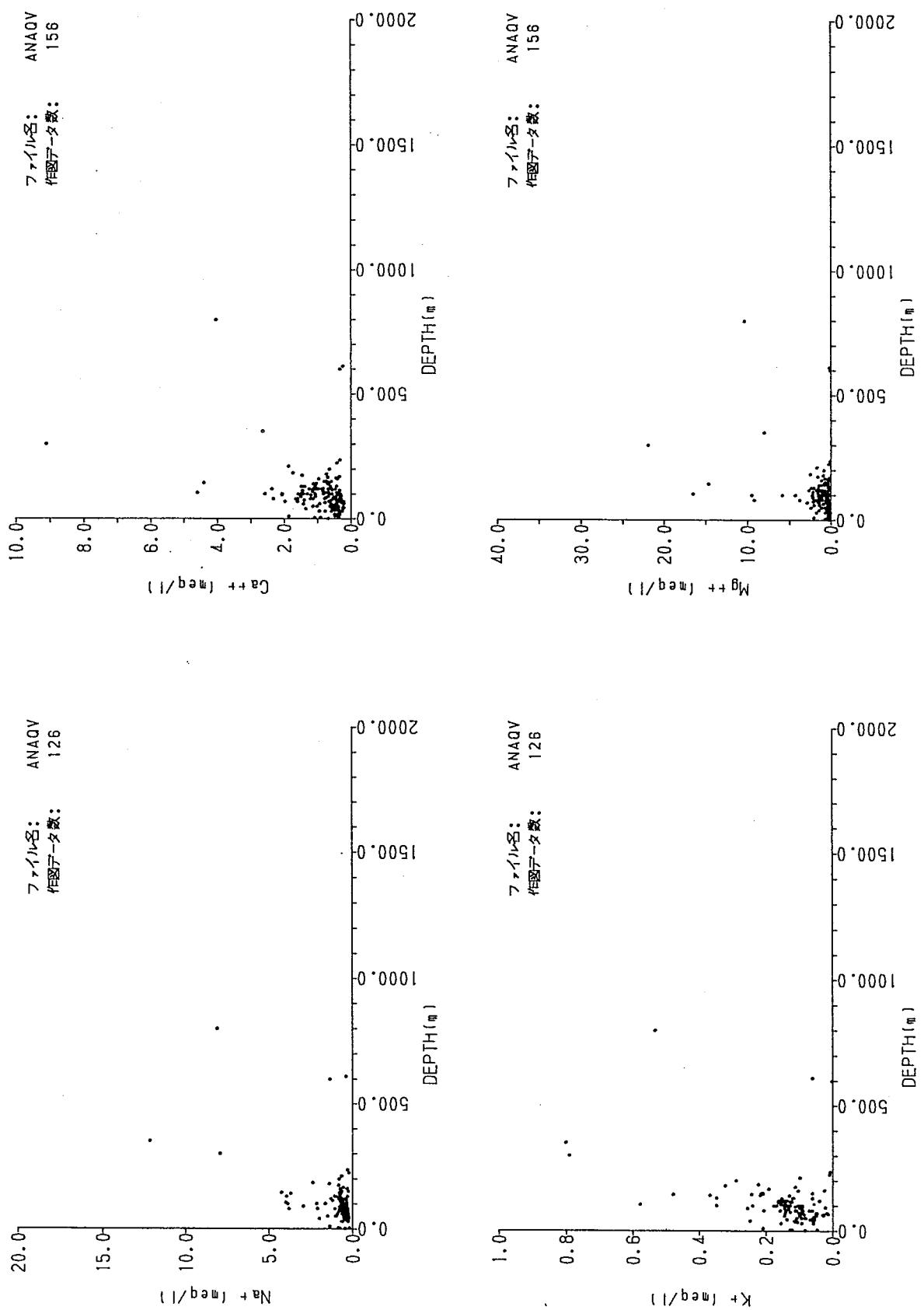
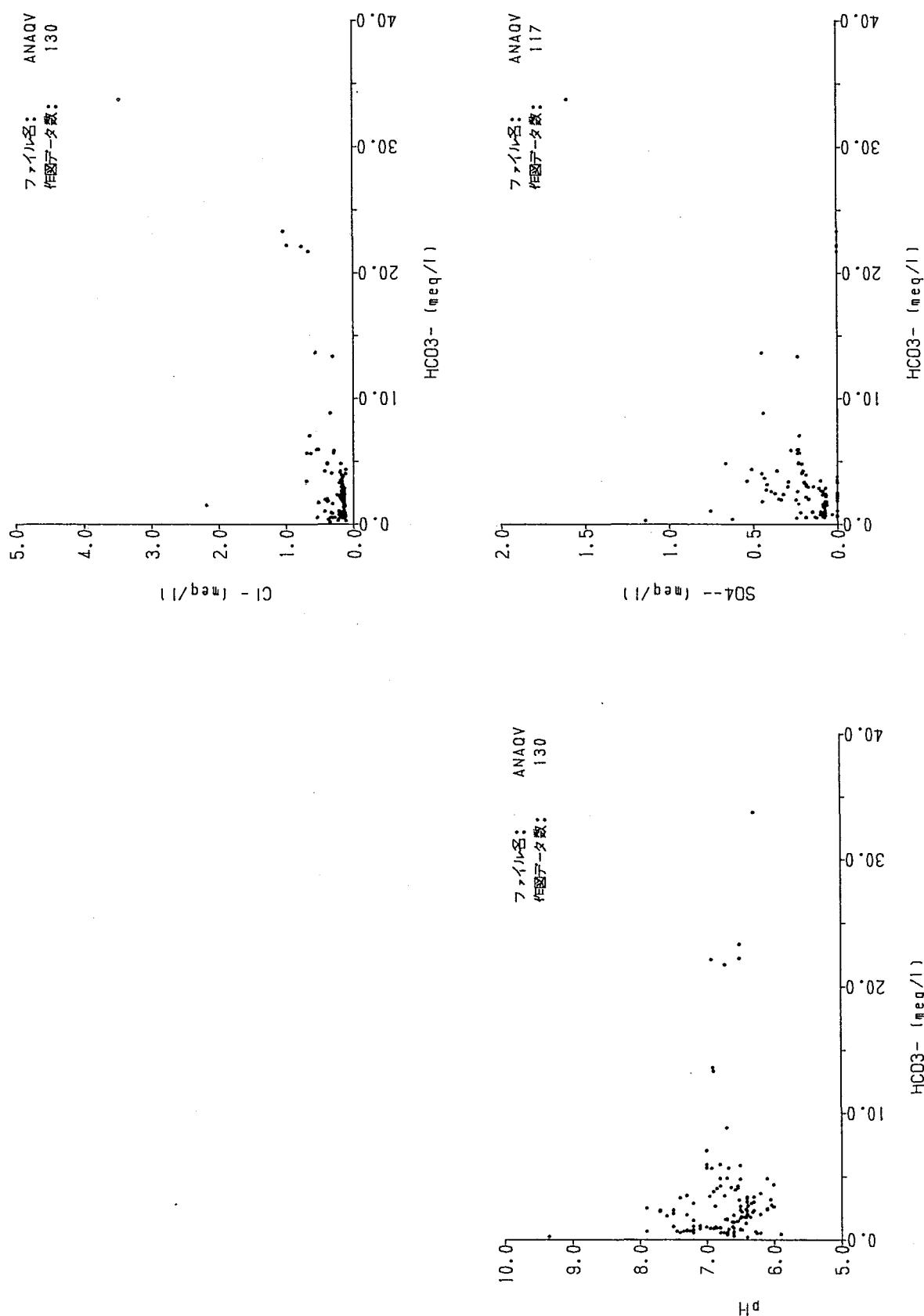


図 6-26 採水深度と陽イオン濃度との関係図（第四紀火山岩類）

図 6-27  $\text{HCO}_3^-$  濃度と pH 及び陰イオン濃度との関係図 (第四紀火山岩類)



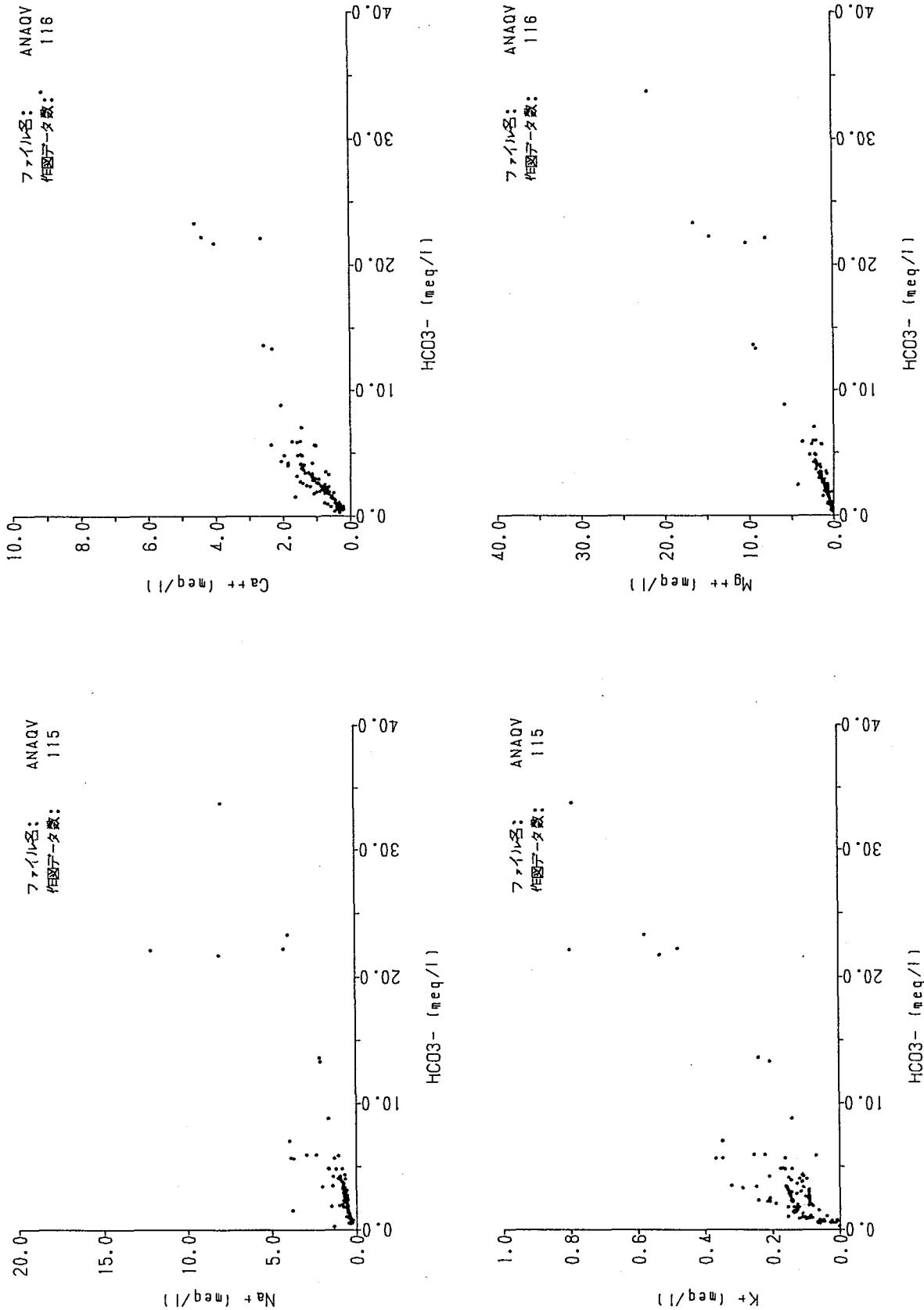


図 6-28  $\text{HCO}_3^-$  濃度と陽イオン濃度との関係図（第四紀火山岩類）

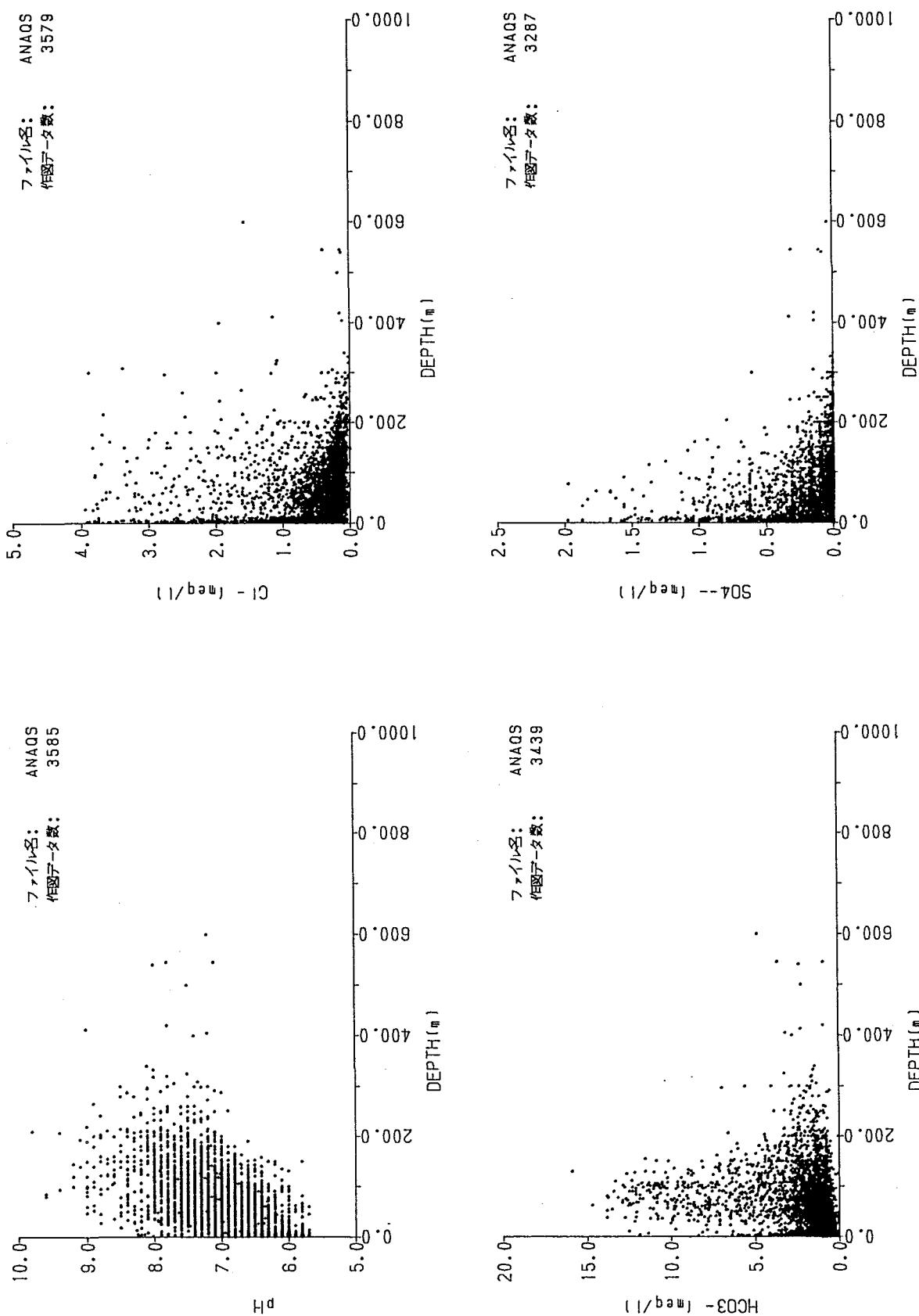


図 6-29 採水深度と pH 及び陰イオン濃度との関係図（第四紀堆積層）

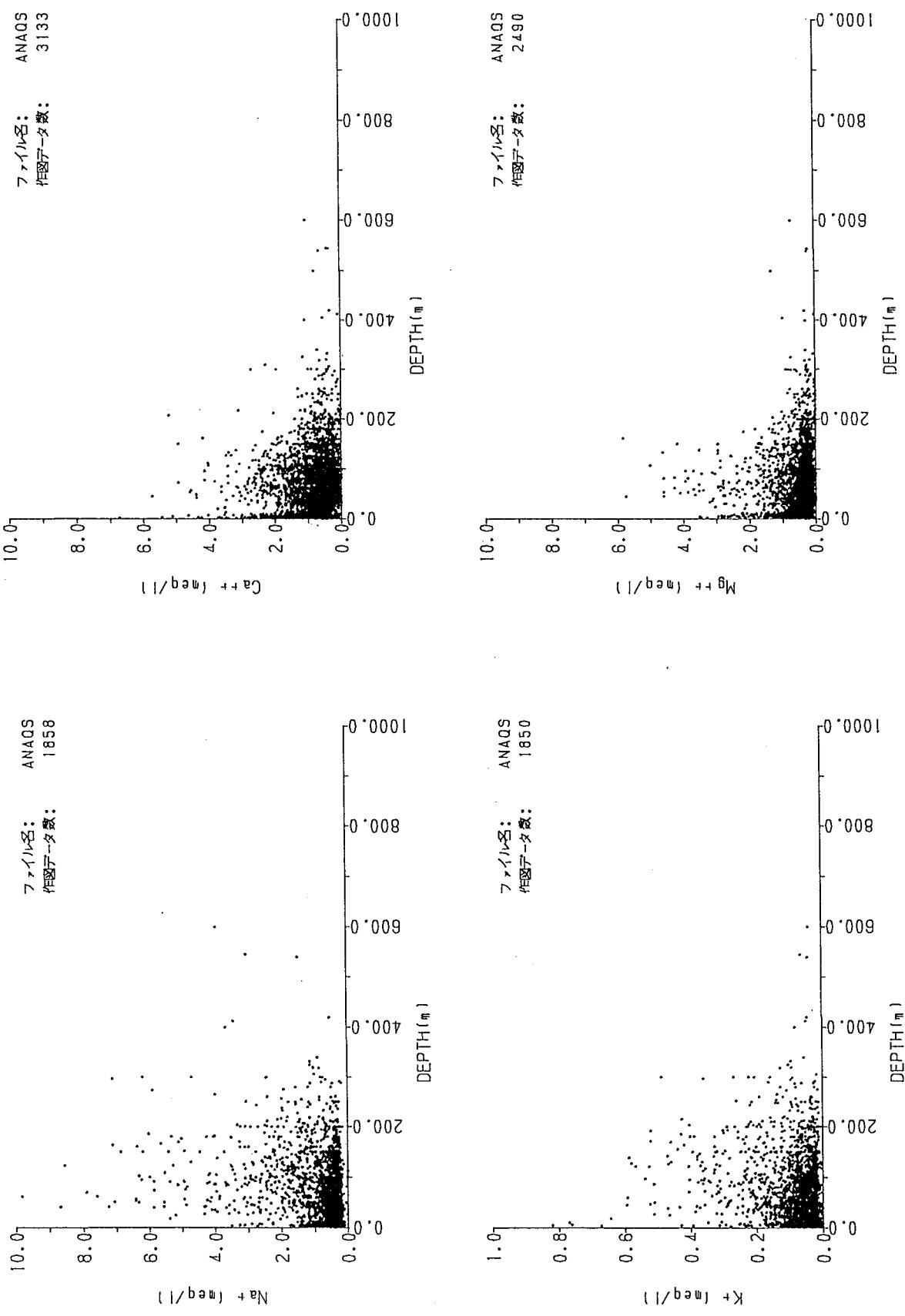
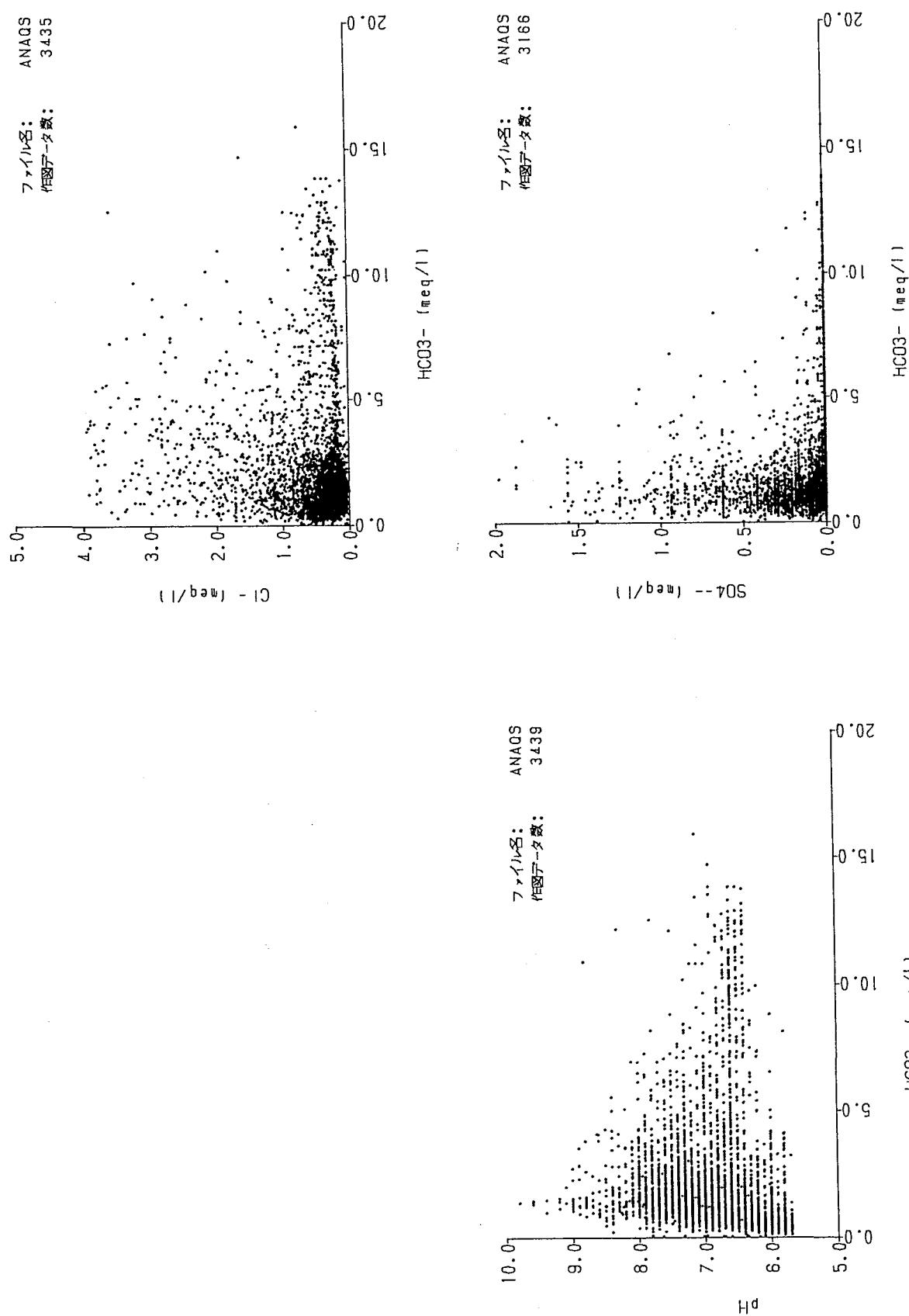


図 6-30 採水深度と陽イオン濃度との関係図（第四紀堆積層）

図 6-31  $\text{HCO}_3^-$  濃度と pH 及び陰イオン濃度との関係図 (第四紀堆積層)



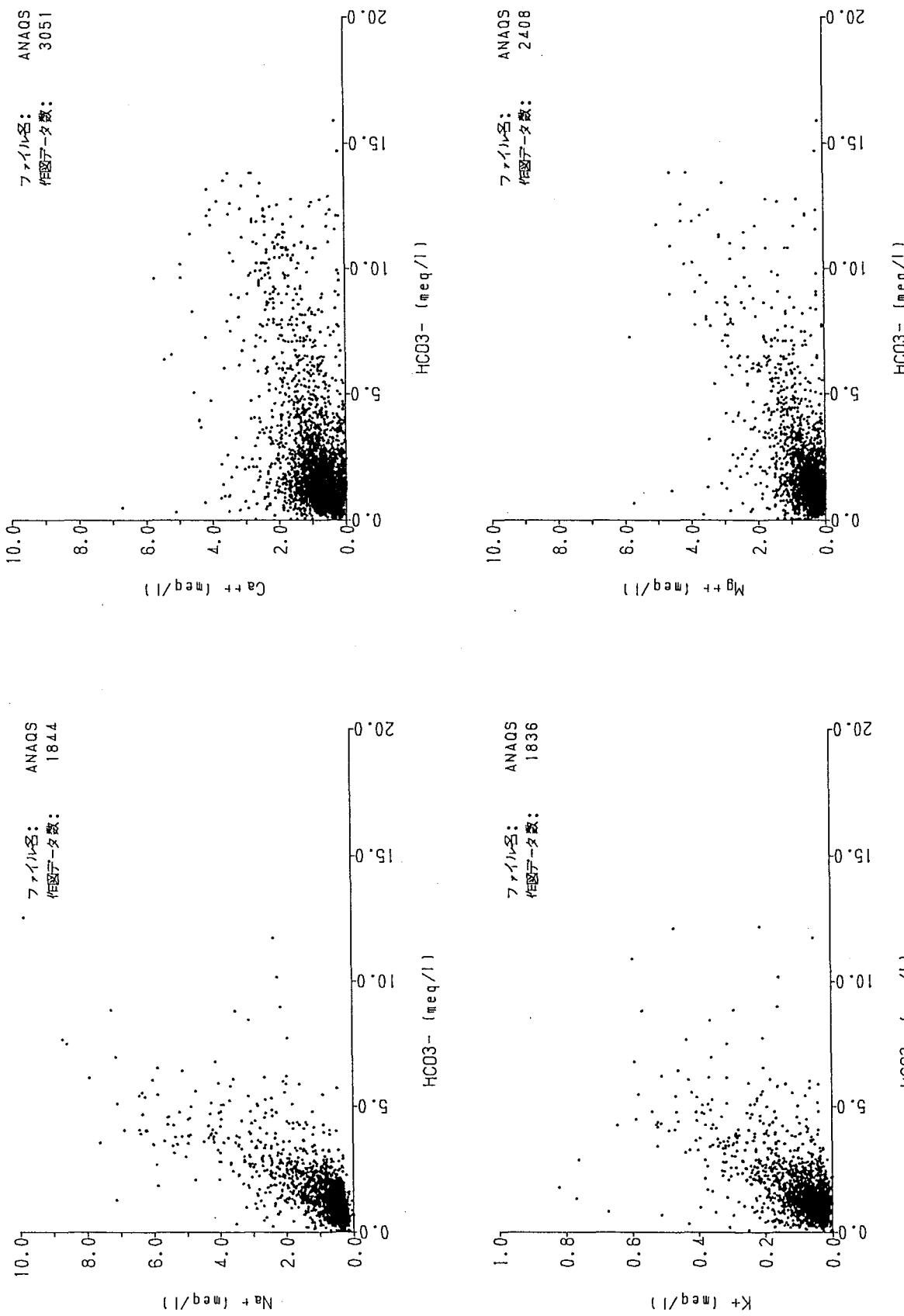


図 6-32  $\text{HCO}_3^-$  濃度と陽イオン濃度との関係図（第四紀堆積層）

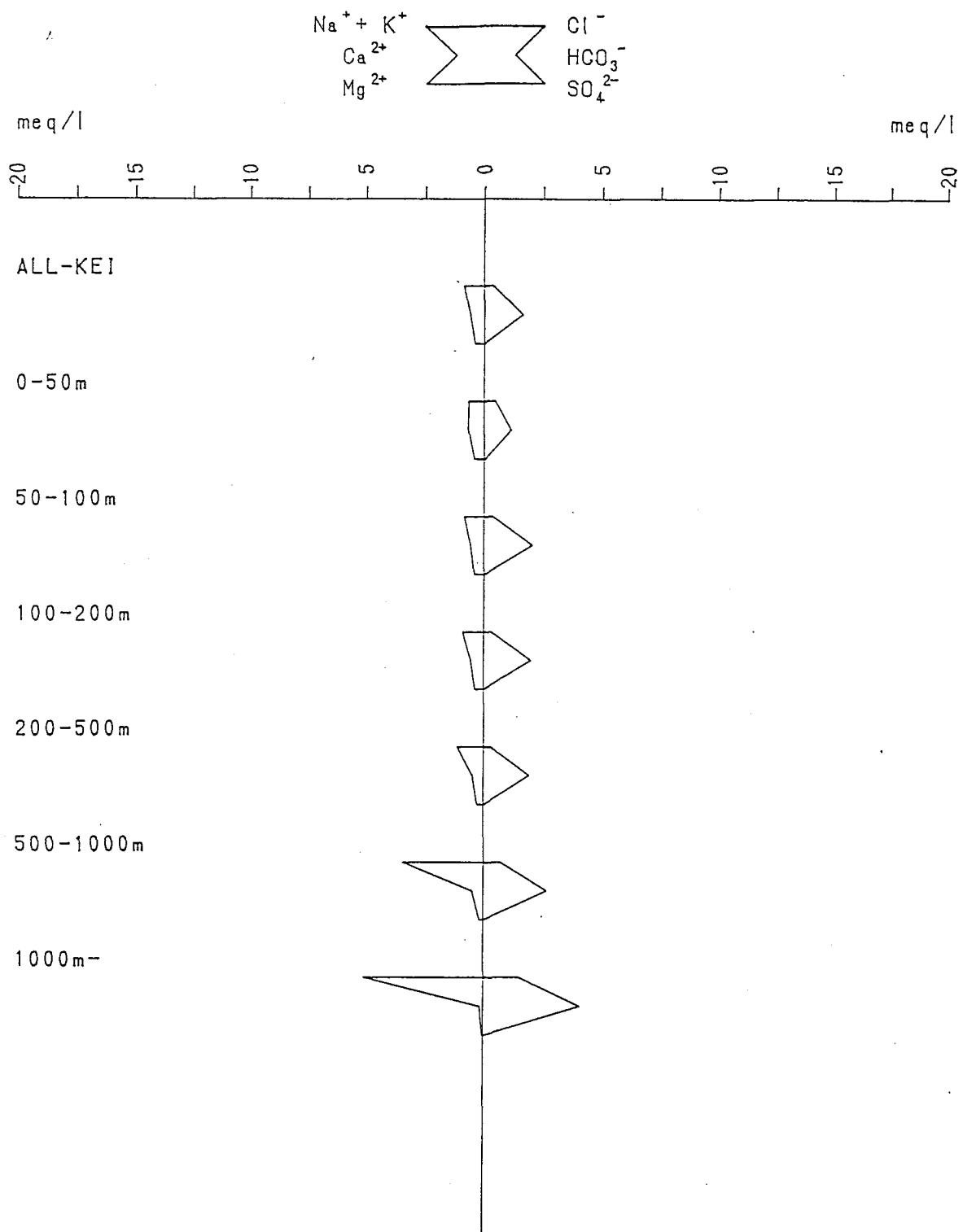


図 6-33 全解析データの深度別幾何平均値のヘキサダイヤグラム

### 6. 3 濃尾平野での地下水の流動過程における水質の変化

濃尾平野に賦存する地下水の水質データ（6. 1で示した条件をもとに抽出したデータ）から、次に示す図を作成し、地下水の流動過程における水質の変化について以下に検討する。

- ① 採水深度とpHの関係図
- ② 採水深度と $\text{HCO}_3^-$ 濃度との関係図
- ③ 採水深度と $\text{Cl}^-$ 濃度との関係図
- ④ 採水深度と $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度との関係図
- ⑤ 採水深度と $\text{Na}^+$ 濃度との関係図
- ⑥ 採水深度と $\text{K}^+$ 濃度との関係図
- ⑦ 採水深度と $\text{Ca}^{2+}$ 濃度との関係図
- ⑧ 採水深度と $\text{Mg}^{2+}$ 濃度との関係図

なお、これらの図を図6-34、6-35に示す。

地下水の採水深度とpH及び $\text{Na}^+$ ・ $\text{K}^+$ ・ $\text{Ca}^{2+}$ ・ $\text{Mg}^{2+}$ ・ $\text{SO}_4^{2-}$ ・ $\text{Cl}^-$ ・ $\text{HCO}_3^-$ 濃度との関係をみると、次のようなことがいえる。

- a) pHは、採水深度が100m以浅では一つの例外を除けば5.9～8.3の範囲に、100～300mでは6.4～8.5の範囲に、1000m以深では7.8～8.7の範囲にあり、深度が深くなると高くなる傾向を示している。
- b)  $\text{HCO}_3^-$ 濃度は、採水深度が300m以浅では二三の例外を除けば0.0～5.5 meq/lの範囲に、1000m以深では、3.0～10.5 meq/lの範囲にあり、深度が深くなると高くなる傾向を示している。
- c)  $\text{Cl}^-$ 濃度は、採水深度が300m以浅では0.0～3.7 meq/lの範囲に、1000m以深では、0.75～4.0 meq/lの範囲にある。このように、 $\text{Cl}^-$ 濃度には、深度が深くなると高くなる傾向はほとんど認められない。
- d)  $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度は、採水深度が100m以浅では0.0～1.1 meq/lの

範囲に、100～300mでは0.0～0.3 meq/lの範囲に、1000m以深では、0.1 meq/l以下にあり、深度が深くなると低くなる傾向を示している。

- e)  $\text{Na}^+$  濃度は、採水深度が300m以浅では0.0～8.0 meq/lの範囲に、1000m以深では、0.0～10.0 meq/lの範囲にある。このように、 $\text{Na}^+$  濃度には、深度が深くなると高くなる傾向はほとんど認められない。
- f)  $\text{K}^+$  濃度は、採水深度が300m以浅では二三の例外を除けば0.0～0.25 meq/lの範囲に、1000m以深では、0.1～3.2 meq/lの範囲にあり、さほど明確ではないが、深度が深くなると高くなる傾向を示している。
- g)  $\text{Ca}^{2+}$  濃度は、採水深度が100m以浅では0.0～2.1 meq/lの範囲に、100～300mでは0.0～1.6 meq/lの範囲に、1000m以深では、0.1～1.0 meq/lの範囲にあり、深度が深くなると低くなる傾向を示している。
- h)  $\text{Mg}^{2+}$  濃度は、採水深度が300m以浅では0.0～1.6 meq/lの範囲に、1000m以深では、0.0～7.0 meq/l範囲にあり、さほど明確ではないが、深度が深くなると高くなる傾向を示している。

以上のように、濃尾平野では、地下水の流動過程において、貯留母岩との反応が進行すれば地下水の $\text{pH}$ 及び $\text{HCO}_3^-$ ・ $\text{K}^+$ ・ $\text{Mg}^{2+}$ 濃度が高くなり、 $\text{SO}_4^{2-}$ ・ $\text{Ca}^{2+}$ 濃度が低くなる傾向が認められる。このことは、6.2の結論とほぼ調和している。なお、 $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度が減少する原因は、前述したように、地下水と貯留母岩の反応が進行することにより、地下水が還元状態になり、その中に含まれている $\text{SO}_4^{2-}$ が還元され $\text{H}_2\text{S}$ に変化し、減少するためであると考えられる。また、 $\text{Ca}^{2+}$ 濃度が減少する原因としては、② $\text{pH}$ が高くなると $\text{Ca}^{2+}$ が $\text{CaCO}_3$ として沈殿すること、②粘土鉱物とのイオン交換により $\text{Ca}^{2+}$ が粘土鉱物により保持され減少することが挙げられる。

なお、濃尾平野では  $\text{SiO}_2$  および  $\text{dis. O}_2$  濃度について検討するため、図 6-36、6-37に採水深度との関係図を作成した。

地下水の採水深度と  $\text{SiO}_2$ ・ $\text{dis. O}_2$  濃度との関係をみると、次のようなことがいえる。

- $\text{SiO}_2$  濃度は、採水深度が 100m 以浅では 5 ~ 72 mg/l の範囲に、100 ~ 350m では 1 例を除けば 12 ~ 93 mg/l の範囲にある。深度 350m 以深についてはデータがないため検討できないが、深度 350m までのデータでは、深度が深くなると濃度が高くなる傾向を示している。
- $\text{dis. O}_2$  濃度は、採水深度が 350m 以浅では 0 ~ 8.5 ml/l の範囲に、1000m 以深では 0 ~ 0.5 ml/l の範囲にある。深度 350 ~ 1000m 間のデータがないため、さほど明確ではないが、深度が深くなると濃度は低くなる傾向を示している。

以上のように、濃尾平野では、地下水の流動過程において貯留母岩との反応が進行すれば、 $\text{SiO}_2$  濃度は高くなり、 $\text{dis. O}_2$  が低くなる傾向が認められる。 $\text{SiO}_2$  については、地下水と貯留母岩との反応が進行することにより鉱物が分解し、 $\text{SiO}_2$  が供給されるために増加することが挙げられる。 $\text{dis. O}_2$  については、地層中の有機物の分解や  $\text{Fe}^{2+}$  等の酸化に消費されるため減少することが挙げられる。

図 6-34 採水深度と pH 及び陰イオン濃度との関係図（濃尾平野）

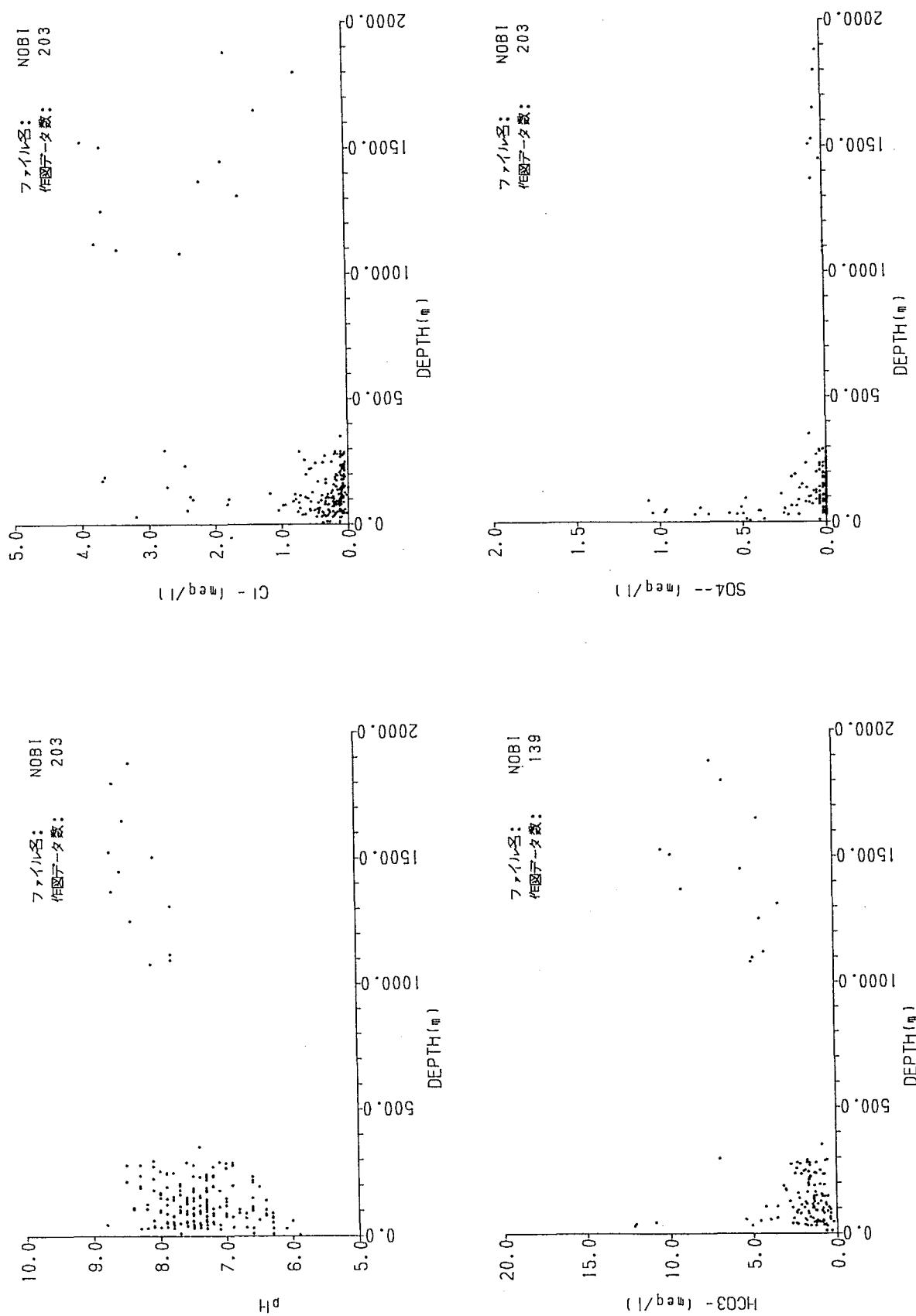
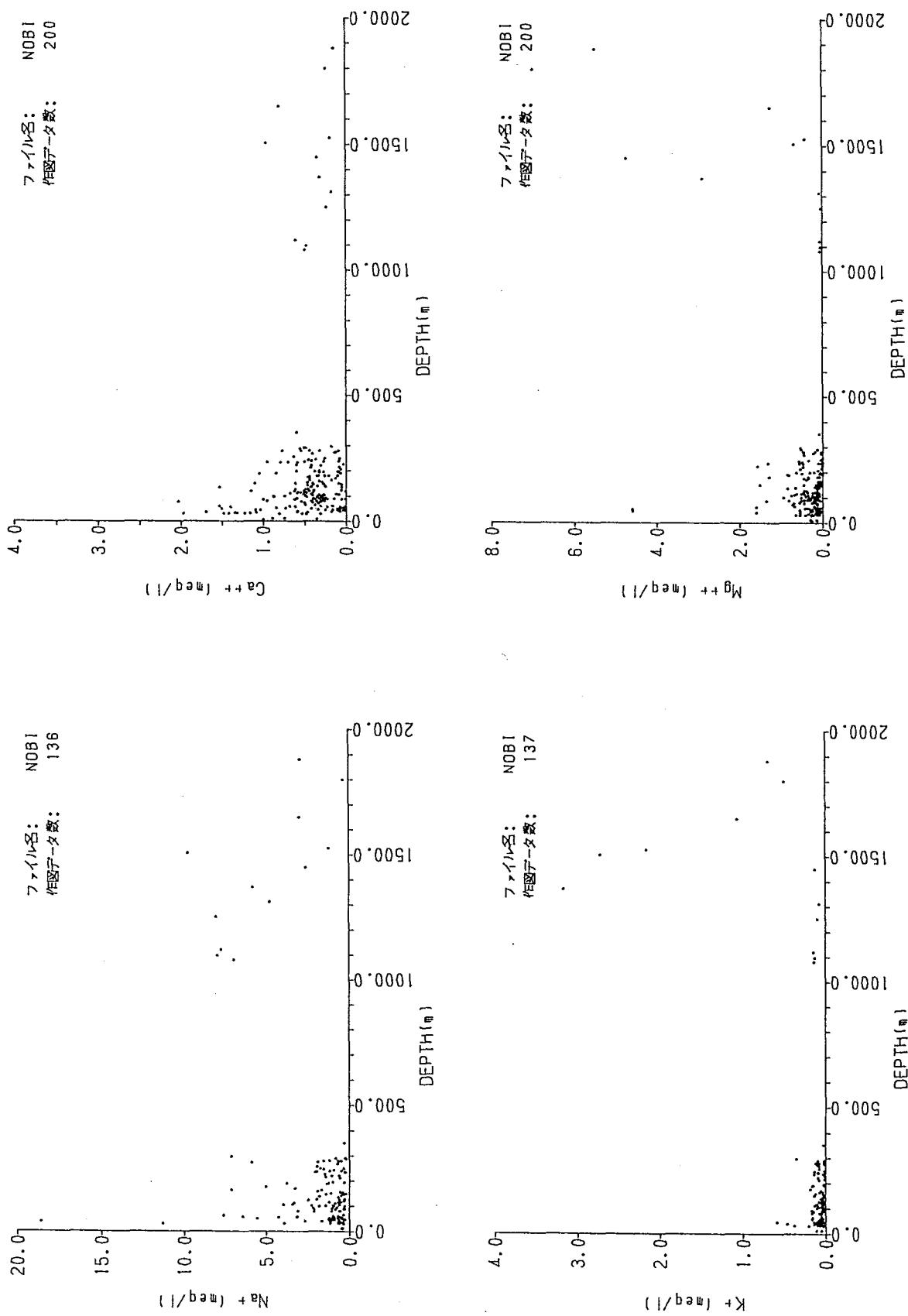
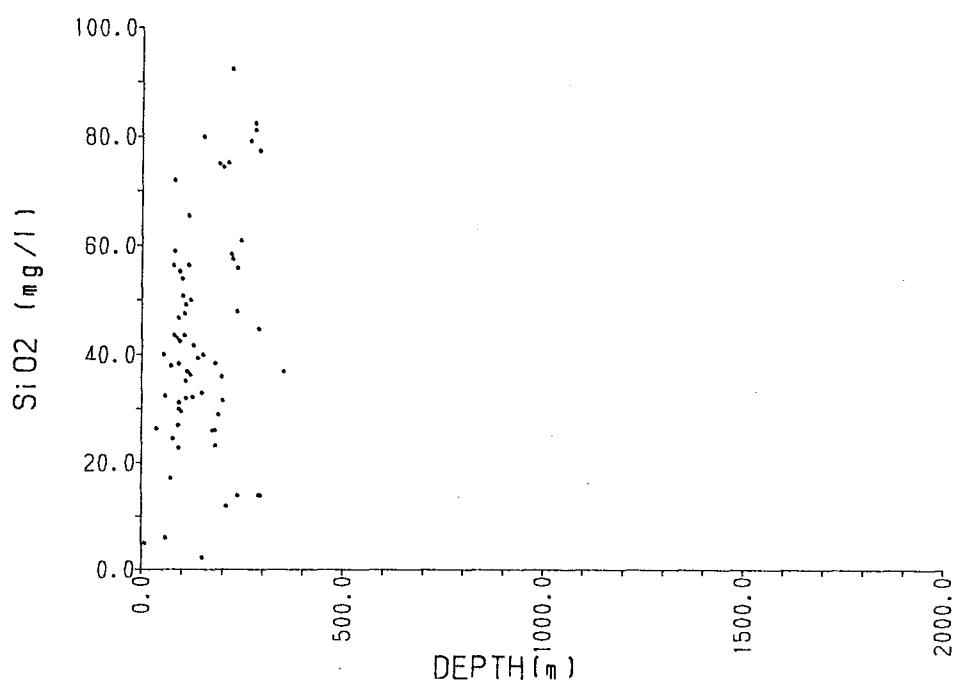


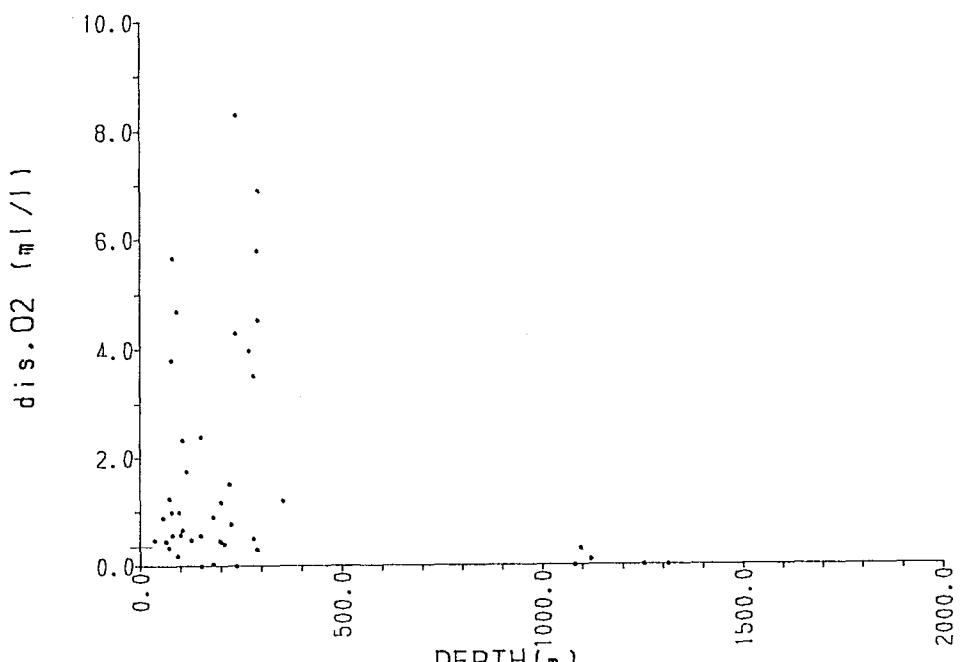
図 6-35 採水深度と陽イオン濃度との関係図（灘尾平野）





作図データ数： 67

図 6-36 採水深度と SiO<sub>2</sub> 濃度との関係図（濃尾平野）



作図データ数： 44

図 6-37 採水深度と dis. O<sub>2</sub> 濃度との関係図（濃尾平野）

## 7.まとめ

地層処分に関連して行われてきている調査研究の一環として、地質環境の適性評価や処分システムの性能評価に資することを目的に、我が国の地下水に関する既存データの収集・解析を実施した。その結果は以下のように要約できる。

- 事業団の保有する 3,576 件の文献のうち、A ランク文献を主とする 404 文献より地下水（分析）データを抽出し、地下水データワークシート及び（採水地点）位置図を作成した。また、207 文献より知識データシートを抽出した。
- 抽出した地下水データの総数は 15,426 データで、このうち重複データ等を除く 14,541 データをパソコン入力し集計を行った。
- 全データのうち、採水深度または井戸深度が判明しているものは約 8,000 データあり、そのうち深度 1,000m 以上のデータは 289 である。
- 全データの 80% は東日本（北海道、東北、関東及び中部）のもので、これらの地域の地下水の水質を幾何平均値でみると、深度 200m 付近までが  $\text{Ca}-\text{HCO}_3$  ~  $\text{Na}-\text{HCO}_3$  型で、200m 付近より深くなると  $\text{Na}-\text{Cl}$  型を示す。これに対して、西日本（近畿、中国、四国及び九州）の地下水の水質は深度の増加とともに  $\text{Ca}-\text{HCO}_3$  型から  $\text{Na}-\text{HCO}_3$  型への変化が認められる。
- 全データの 10 岩種（花崗岩類、斑レイ岩類、流紋岩類、玄武岩類、先新第三紀堆積岩、石灰岩、結晶片岩類、新第三紀堆積岩、第四紀火山岩類及び第四紀堆積層）別の幾何平均値でみると、石灰岩と斑レイ岩類は  $\text{Ca}-\text{HCO}_3$  型、第四紀堆積層は  $\text{Ca}-\text{HCO}_3$  ~  $\text{Na}-\text{HCO}_3$  型であるが、他の 7 岩種はともに  $\text{Na}-\text{Cl}$  型を示す。これは温泉鉱泉や化石塩水などの塩水の影響を受けたデータが多いことによる。
- 地質構造区と岩種により区分された 39 の地質環境単元別に深度別

の集計を行ったが、新第三紀堆積岩や第四紀層を除いて、データ数が少ないため個々の検討を行うに至っていない。新第三紀堆積岩地帯の地下水の水質の幾何平均値では各深度とも Na-Cl 型を示し、深度 200m 以深で  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  濃度が著しく高くなる傾向が認められる。第四紀層地帯では、 $\text{Ca}-\text{HCO}_3$  型の地下水が深度とともに  $\text{Na}-\text{HCO}_3$  型に変化している。

- ・温泉・鉱泉、油・ガス田かん水及び地熱関係などのデータを除いた約 7,700 データ（選択データ）の岩種別幾何平均値では、ほとんどの岩種で  $\text{Ca}-\text{HCO}_3$  型ないしは  $\text{Na}-\text{HCO}_3$  型となるが、玄武岩類及び先新第三紀堆積岩では Na-Cl 型である。これは海水浸入の影響を受けたデータが含まれていることによる。
- ・地下水の水質と貯留母岩の岩種との関係や地下水の流動過程における水質の変化等を検討するには、まず火山性の温泉・鉱泉、化石海水及び海水の影響を受けていないと考えられるデータを抽出することが不可欠と考えられる。
- ・頻度分布図や X-Y 関係図及び地球化学的考察から、以下の抽出条件を設定した。

- ①  $5.7 \leq \text{pH} < 10$
- ② 地温勾配  $\leq 3^\circ\text{C}/100\text{m}$  (ただし、地表温度 =  $20^\circ\text{C}$ )
- ③  $\text{Cl}^-$  濃度  $< 141\text{mg/l}$
- ④  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度  $< 100\text{mg/l}$

- ・上記条件で抽出した 5,127 データ（解析データ）を岩種別及び深度別に集計し、各種の図表を作成し上記の検討を行った。
- ・地下水と貯留母岩との反応時間を示す要素である採水深度と pH 及び主要溶存イオンとの関係図から、各岩種に共通して次のようなことがいえる。
  - ① 採水深度が深くなるにしたがって pH が高くなる傾向を示すことが多い。

- ② 採水深度と  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$  及び  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度の間には、新第三紀堆積岩など一部を除いて、相関はほとんど認められない。
- ・地下水と貯留母岩の反応の度合を示す要素である  $\text{HCO}_3^-$  濃度と pH 及び主要溶存イオンとの関係図から、各岩種に共通して次のようなことがいえる。
    - ①  $\text{HCO}_3^-$  濃度が増加するにしたがって pH が高くなる傾向と  $\text{HCO}_3^-$  濃度がさほど増加しないにもかかわらず pH が著しく高くなる傾向がある。
    - ②  $\text{HCO}_3^-$  濃度が増加するにしたがって  $\text{Na}^+$  濃度が高くなる傾向がある。
    - ③  $\text{HCO}_3^-$  濃度とその他の溶存イオン濃度との間には、相関はほとんど認められない。
  - ・以上を総括すると、 $\text{CO}_2$  に対してある程度解放的な環境下の地下水は、貯留母岩との反応が進行すれば、その岩種にかかわらず、pH および  $\text{Na}^+ \cdot \text{HCO}_3^-$  濃度が高くなるといえる。また、 $\text{CO}_2$  に対して比較的閉鎖的な環境下の地下水は、貯留母岩との反応が進行すれば、その岩種にかかわらず、pH が高くなるが、さほど  $\text{Na}^+ \cdot \text{HCO}_3^-$  濃度が高くならないといえる。
  - ・この見解は、全水質データの深度別平均値より作成したヘキサダイヤグラムから読み取れる事実からも裏付けることができる。すなわち、深度 50m 以浅の地下水は低濃度の  $\text{Ca}(\text{Na})\text{-HCO}_3$  型の水質組成を示すが、深度が深くなるにしたがって、濃度が増加するとともに  $\text{Na}\text{-HCO}_3$  型の水質組成に変化していくという事実である。

今回の調査により、これまでに我が国で公表された地下水の地球化学的性質に関する情報の多くが収集されたと考えられる。したがって、どの地域（地質環境単元）のどの深度にどのようなデータが

あるかは、今回作成したデータベースから容易に抽出可能となった。しかし、第四紀層や新第三紀堆積岩を除く岩種の分布地帯ではデータ量が少なく、かつそれが温泉等の特殊なデータであることが多い。したがって、これらの地帯では今回収集したデータ＝代表値であるかどうかには疑問が残される。

したがって、今後さらに地下水に関するデータの収集を行う必要があると考えられる。しかし、既存データからこれ以上のデータ収集はかなり難しいので、今後はモデル地域を選定しボーリング掘削による採水→分析によるデータ収集が必要と思われる。