

我が国における地下水の
水質に関するデータの収集・解析

1992年6月

瀬尾俊弘

清水和彦

動力炉・核燃料開発事業団
中部事業所 環境地質課

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒509-51 岐阜県土岐市泉町定林寺園戸959-31
動力炉・核燃料開発事業団
中部事業所 技術開発課

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation) 1992

要 旨

我が国における地下水の水質を概略的に把握することを目的として、文献調査によるデータの収集および解析を行った。収集した文献は、過去36年間に公開された公共機関の報告書や地下水関係の学会誌など約 3,600件で、このうち有効な水質データが記載されている文献 401件からデータの抽出を行った。抽出したデータは、各種統計処理をほどこしやすいように、市販の表計算ソフトを用いてデータファイル化した。これまでに収集したデータ数は14,541件にのぼる。

収集したデータには、(1)用水や温泉などに関連して得られたものが多い、(2)正確な採水深度を特定できるものが少ない、(3)酸化還元電位のデータが少ない、などの特徴がある。

これらのデータをもとに、地下水中の主要溶存成分濃度とpHならびにこれらと地下水の起源や深度などとの関係について解析した。ただし、大部分のデータには正確な採水深度が示されていないため、深度による水質の変化を定量的に解析することはできなかった。本調査では、採水用のストレーナー深度や井戸深度を採水深度とみなすことにより、深度による水質変化の傾向を定性的に把握することを主眼に解析を行った。主な結果は以下のとおりである。

- (1)各溶存成分濃度は、低濃度側に偏した頻度分布を示す。この傾向は、塩素濃度についてとくに顕著に認められる。収集したデータにおける塩素濃度の平均値および最大値はそれぞれ68,800mg/lおよび 1,313mg/lであるのに対し、最頻値は10mg/l以下である。
- (2)溶存成分濃度が極端に高いデータは、温泉水などの特殊な地下水に関するものがある。各溶存成分濃度の平均値は、このような高濃度の地下水の影響を強く受ける。
- (3)pHは、7.0～7.2を中心とした正規分布を示し、大部分が5～10の範囲にある。また、深度が深くなるにしたがって、酸性から中性～弱アルカリ性に変化する傾向が認められる。
- (4)降水起源と考えられる地下水の化学組成やその深度変化は、母岩の種類によって特徴的であり、一般に深度が深くなるにしたがって濃度が増加する傾向が認められる。

Literature survey and analysis of groundwater geochemistry in Japan

Toshihiro SEO* and Kazuhiko SHIMIZU*

ABSTRACT

Data collection on groundwater geochemistry has been carried out in order to understand the geochemical characteristics of groundwater in Japan. The total of 14,541 data sets has been collected from 401 literatures, which include public reports and journals concerning geochemistry of groundwater. Collected data sets have the following features:

- (1) Most of the data have been obtained in the field of water irrigation and hot spring.
- (2) Most of the data have no precise depth of sampling.
- (3) Few data have information on redox potential.

On the basis of the data sets, pH and concentration of major dissolved components, and their relationship with depth and origin were analyzed. However, the relationship between groundwater geochemistry and depth could not be quantitatively analyzed as most of the data have no precise sampling depth. In this paper, the depth of strainer or borehole was regarded as sampling depth in order to qualitatively analyze the variation of groundwater geochemistry with depth. The following results were obtained:

- (1) Concentration of each dissolved component shows an unsymmetrical distribution of frequency inclined toward the low-concentration side. This unsymmetrical distribution is conspicuously recognized in chlorine concentration. Although the mode of chlorine concentration is less than 10mg/l, the average and maximum values reach up 68,800mg/l and 1,313mg/l respectively.
- (2) The data on groundwater containing a high concentration of dissolved components are mainly derived from hot spring, seawater and so on. The average concentration of each dissolved component is controlled by the data on such highly concentrated groundwater.
- (3) The values of pH show a normal distribution with an average of 7.0 - 7.2 and mostly range from 5 to 10. The value of pH has a tendency to vary from acid to neutral - weak alkaline with depth.
- (4) Geochemical characteristics of groundwater which can be considered to originate from meteoric water depend on the kind of host rocks. Concentration of dissolved components in such groundwater has a general tendency to increase with depth.

*Chubu Works, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation

目次

	ページ
1. はじめに	1
2. 文献データの収集・整理	1
3. 収集データの特徴	2
4. 地下水の水質に関するデータ解析	3
4.1 全データについての解析結果	3
4.1.1 pHと主要溶存成分濃度の範囲（最大値・最小値）	3
4.1.2 pHと主要溶存成分濃度の平均値	4
4.1.3 pHと主要溶存成分濃度の頻度分布	4
4.1.4 温泉などを除いたデータのpHと主要溶存成分濃度	4
4.1.5 全データについての解析結果のまとめ	4
4.2 降水起源と考えられる地下水の特徴	5
4.2.1 降水起源と考えられる地下水データの抽出	5
4.2.2 降水起源と考えられる地下水についての解析結果	6
5. 考察	7
6. 謝辞	8
7. 引用文献	8
8. 図表集	9

1. はじめに

本調査は、事業団が実施している地質環境調査の一環として行ったものである。地質環境調査では、現在、我が国における地質環境の特性を全国規模で把握することを目的として、岩石の物理的特性、水理学的特性、化学的特性および地下水の地球化学的特性などに関する情報の取得・収集を行っている。

本調査は、我が国における地下水の水質を概略的に把握することを目的として、文献調査によるデータの収集および解析を行ったものである。調査は、(1)過去36年間に公開された我が国の地下水に関する文献の収集、(2)収集文献からの有効データの抽出・データファイル化、(3)データファイルを用いた解析、の順で行った。データの解析は、(1)我が国における地下水水質の概略的な特徴の把握、(2)我が国における地下水の水質を規制している要因の把握、(3)地下水水質と貯留母岩との関係の把握、に重点を置いて行った。また、これらの解析に先立ち、(4)収集したデータ自体の質や特徴についての検討を行った。

本報告では、2章にデータの収集・整理の手順、3章に上記(4)の検討結果、4章に上記(1)(2)(3)の観点から行った解析結果をまとめた。

なお、本調査の拠り所とした文献資料約 3,600件は、埼玉大学名誉教授 関陽太郎先生のご好意により、提供して頂いたものである。

2. 文献データの収集・整理

(1)文献収集

我が国における地下水の水質の概要を把握するため、1953年～1988年の36年間に発行された全国各地の地下水に関する公開文献3,576件を収集した。これらの文献のうち、有用な水質データ（pH、温度、主要溶存成分等）が示されている401件を調査対象として、データの抽出を行った。調査の対象とした文献は、公共研究機関の報告書や地下水関係の学会誌などであるが、全体の約4分の1は都道府県の衛生研究所などの報告書である（表1）。

(2)データファイルの作成

各文献中に記載されている地下水の水質に関するデータを、表2に示すような「地下水データワークシート」に1試料ごとに記入していった。このデータシートをもとに、各種統計処理がほどこしやすいようにパソコン用の表計算ソフトを用いて抽出データのデータファイル化を行った。文献からデータを抽出する際、同一地点における経時変化が示されているものについては最新のデータを、また平均値が示されているものについては平均値を採用した。さらに、複数の文献に同一のデータが記載されている場合には、それらを1件のデータとして集計した。このようにして収集されたデータの総計は14,541件にのぼった。

3. 収集データの特徴

収集したデータについて、種々の観点からみた特徴を以下にまとめる。

(1)収集地域

収集したデータを都道府県別に集計した結果を表3に示す。各都道府県ごとにデータが得られているが、その件数には相当のばらつきがある。

(2)利用目的

収集したデータを利用目的別に集計した結果を表4に示す。収集したデータには、用水を目的とした比較的浅い深度の地下水を対象としたデータおよび温・鉱泉地域や油田地域などの特殊な地域のデータが多いことがわかる。

(3)水源

表5には水源別の集計結果を示す。70%以上が井戸から採取された地下水であり、ポンプやエアリフトにより井戸口元へ揚水した地下水（あるいは自噴地下水）を分析している例がほとんどである。

(4)採水深度

収集したデータには、正確な採水深度や採水方法が示されているものは極めて少なく、パッカーで採水区間を区切って、一定深度に滞水している地下水だけを採取した例は皆無に近い。

本調査では便宜上、採水深度の明示がないデータで、井戸のストレーナー深度が記載されているものについてはその深度を採水深度とし、また井戸深度のみが示されているものについては、井戸深度を採水深度とした。したがって、本報告で示した深度の大部分は、採取された地下水の想定しうる最深値を表したものである。収集したデータをこのようにして求めた採水深度別に集計した結果を表6に示す。同表から、採水深度が求められないデータが半数近くを占め、また、採水深度が求められたデータについても、500m以深のものは少ないことがわかる。200m以浅のデータが多いのは、表4に示したように、比較的浅い深度を対象とする用水関係の地下水データが多いためである。

(5)貯留母岩

表7には地下水の貯留母岩別に集計した結果を示す。多くは比較的新しい時代の地層中の地下水に関するデータであり、とくに第四紀層中のものが多い。このことも比較的浅い深度を対象とする用水関係のデータが多いことと関連している。一方、貯留母岩が不明なものも全体の4分の1と多い。このことは、採水深度が特定できないデータが多いことに起因している。

(6)データ項目

データ項目についての特徴としては、pH、温度、溶存成分濃度などは比較的そろって

いるのに対して、酸化還元電位のデータが少ないことが挙げられる。酸化還元電位が示されているものは294件と全体の2%に過ぎない。とくに、表8に示すように、数百m以深のデータで酸化還元電位が示されているものは極めて少ない。採水深度が200m以深で酸化還元電位が得られているデータは9件のみであった(表9)。

(7)収集したデータの特徴

今回の文献調査によって収集した水質データの主な特徴は、以下のようにまとめることができる。

- 用水、温泉・鉱泉、油井などに関連して得られたデータが多い。
- 第四紀層中の地下水を対象としたデータが多い。
- 採水深度が示されていないデータおよび採水深度を特定できないデータが多い。
- 地下深部とくに500m以深のデータが少ない。
- 酸化還元電位に関するデータが少ない。とくに数百m以深で酸化還元電位が示されているデータは非常に少ない。

これらのデータを用いて解析を行う場合には、上記の点を十分認識しておく必要がある。

4. 地下水の水質に関するデータ解析

4.1 全データについての解析結果

文献調査で収集した14,541件の地下水データ(以下全データと呼ぶ)のデータファイルをもとに、各データ項目について最大・最小値および平均値の集計等を行った。なお、上述したように、解析の対象としたデータの大部分は、比較的浅い深度から採取された地下水に関するものである。

4.1.1 pHと主要溶存成分濃度の範囲(最大・最小値)

全データのpHと主要溶存成分濃度の最大・最小値を表10に示す。pHと主要溶存成分濃度の最大値は、同表に付記した「日本の温泉」の値に等しいか、あるいはそれよりも大きい値を示す。pHの最大値と最小値は、それぞれ釧路炭田の12.1および焼山温泉の0.4である。また主要溶存成分についても、たとえばNa濃度の最大値は日本の温泉の最大値と同じ(有馬温泉のデータ)である。このように、全データのpHや主要溶存成分濃度の最大値は、温泉や油田・炭田などの特殊な地域のデータである。

4.1.2 pHと主要溶存成分濃度の平均値

全データのpHと主要溶存成分濃度の平均値についても表10に示す。pHの平均値は中性である。一方、各溶存成分濃度の平均値はSO₄濃度を除けば、「日本の温泉」の平均値に近い値となる。これは、全データ中には温泉や油田・炭田などの溶存成分に富む地下水のデータが多いためと考えられる。ただし、後述するように溶存成分濃度の頻度分布をみると、データの大部分は平均値よりも低い値となっている。このことは、各溶存成分濃度の平均値は、温泉などの濃度が極端に高いデータの影響を強く受けていることを意味している。

4.1.3 pHと主要溶存成分濃度の頻度分布

各溶存成分濃度は、低濃度側に偏した頻度分布を示す。例えば、Cl濃度の平均値は1,313mg/l（最大値は68,800mg/l）であるが、図1に示すようにその最頻値は5～10mg/lであり、濃度が増加するにしたがって頻度が二次関数的に減少する頻度分布を示している。図2には横軸を常用対数としたCl濃度の頻度分布を示す。Cl濃度は、最頻値から4オーダー以上も高い範囲にまで分布している。この様な傾向は、他の溶存成分についても同様に認められる（図3～8）。一方、pHの頻度分布は、最頻値と平均値が一致した7.0～7.2を中心とした正規分布を示す（図9）。

なお、図2のCl濃度の頻度分布において、海水の値（海水のCl濃度≒19,000mg/l、 $\log_{10}19,000\text{mg/Kg}\approx 4.3$ ）の付近にピークが認められる。このことは、全データ中には、海水の影響を受けた地下水のデータが多く含まれていることを意味している。

4.1.4 温泉などを除いたデータのpHと主要溶存成分濃度

全データから表3に示した温泉・鉱泉、地熱関係、油井、ガス井関係の文献から抽出したデータを除いたデータ（7,969件）を集計した結果を表11に示す。これらのデータの平均的な組成はNa-Cl型となり、両成分の最大値は海水のそれに近い値を示す。このことは、これらのデータの中にも、海水などの影響を受けた地下水のデータが多く含まれていることを意味している。

全データから温泉などを除いたデータについてのpHの頻度分布を図10に示す。温泉などを除いたデータのpHの大部分は、5から10の範囲にある。

4.1.5 全データについての解析結果のまとめ

以上の解析結果から、今回の文献調査によって収集したデータの中には、温泉や油田

・炭田地域の地下水あるいは海水が混合した地下水が多く含まれており、全データの最大値や平均値を求めれば、このような溶存成分に富む地下水の影響が強く現れることがわかった。これは、収集したデータそのものに、温泉などの特殊な地域の地下水を対象としたものが多いことにもよるが、我が国のように火山や温泉の分布が広く、周囲を海に囲まれた国土では、むしろ当然のこととも言える。ただし、上述した各溶存成分濃度の頻度分布にみられるように、頻度としては溶存成分濃度の低いデータが過半を占めている。溶存成分濃度の低いデータには、用水関係などの比較的浅い深度の地下水を対象としたデータが多い。このような地下水は、主に降水を起源とした地下水と考えられる。

4.2 降水起源と考えられる地下水の特徴

地下水の水質は、主にその起源と母岩との反応によって決まる。ここでは地下水の水質と貯留母岩との関係やその深度に対する変化を把握するため、降水起源と考えられる地下水に着目してデータの解析を行った。降水は、海水や温泉水などにくらべて溶存成分濃度が低いため、これを起源とする地下水の水質には母岩との反応の結果が顕著に現れると考えられる。

4.2.1 降水起源と考えられる地下水データの抽出

全データから温泉水や海水の影響を受けている地下水などのデータを除くことにより、降水起源と考えられる地下水データの抽出を行った。ただし、海水や温泉水の影響を受けている地下水とそうでない地下水のデータとを厳密に区別することは難しい。ここでは、以下の基準を設定して、全データのうちこれらを満たしたデータを「降水起源と考えられる地下水」として抽出した。

- ① $5.7 \leq \text{pH} \leq 10$
- ② 水温 $\leq (3 \text{ }^\circ\text{C}/100\text{m}) \times \text{深度}(\text{m}) + 20^\circ\text{C}$
- ③ Cl^- 濃度 $\leq 141\text{mg/l}$ 、 SO_4 濃度 $\leq 100\text{mg/l}$

(1) pH ($5.7 \leq \text{pH} \leq 10$) 条件による選別

地下水は、通常、有機物の分解によって生じた炭酸ガスが地中より主にナトリウムを溶出させるため、pHがアルカリ性側へ移行する(杉崎・杉浦, 1979)。pHが5以下を示す水としては、湿原地などにしばしば見いだされる有機腐植酸に起因するものや、温泉や鉱山廃水の影響のあるところの無機の酸性水が考えられる(半谷・小倉, 1990)。これらのことを考慮し、通常の岩石-水反応に規制された地下水とは考えにくい酸性の地下水を除くため、大気と水が平衡にあるときの理論値 (pH=5.7) をpHの下限とした。ま

た、pHが非常に高い領域も通常の岩石-水反応では考えにくいいため、pHの分布を考慮してpH=10を上限とした。

(2)水温 (3℃/100m) × 深度(m) + 20℃条件による選別

水温に関しては、日本における平均的な地下増温率が100mにつき3℃ないし4℃である(新井, 1968; 力武・萩原, 1976; 力武, 1978)ことを考慮し、温泉地域や地熱地域などの地下増温率が高い場所のデータを除外する観点で上記の条件を設定した。

(3)Cl濃度とSO₄濃度による選別

Cl濃度やSO₄濃度が極端に高い地下水は、海水や工業排水などが混入した可能性が考えられる。たとえば、一般にClイオンは地中に起源がなく、海岸近くでのClイオンの増加は海水の浸透に起因する(杉崎, 1963; 杉崎・杉浦, 1979)とされている。ただし、本調査で収集したデータの中から海水や工業排水などの影響を受けたデータを除外するに際し、明確な基準を設定することは困難である。ここでは、便宜上、Cl濃度とSO₄濃度の累積頻度分布図(図11、12)を作成し、その後背値である141mg/l および100mg/lを上限としてデータの選別を行った。

4.2.2 降水起源と考えられる地下水についての解析結果

前項の条件によって、全データの中から「降水起源と考えられる地下水データ(海水や温泉等の影響が少ないと考えられるデータ)」として、5,127件のデータが抽出された。それらの平均値および最大・最小値を表11に示す。これらの地下水の主要溶存成分は、Na、CaおよびHCO₃である。また、主要溶存成分濃度の深度別平均値(図13)をみると、深度が増すにしたがって、水質がNa、Ca-HCO₃型からNa-HCO₃型に変化することがわかる。とくに、500m以深でNaおよびHCO₃濃度が急激に増加する傾向が認められる。

抽出した地下水データについて、母岩の種類ごとに採水深度とpHおよび主要溶存成分濃度の関係ならびに陽イオンと陰イオンの関係を調べた。ただし、岩種によってはデータ数が不十分であるため、ここではデータ数が100件以上の新第三紀堆積岩(323件)、第四紀火山岩類(172件)および第四紀堆積岩(3,284件)を母岩とする地下水についての解析結果をまとめる。それぞれについて、主要溶存成分の深度ごとの平均値(ヘキサダイアグラム)および各溶存成分間の相関図を示す。

(1)新第三紀堆積岩地帯の地下水(図14~図18)

- ・Na-HCO₃型を示す。
- ・採水深度が深くなるにしたがって、pHおよびHCO₃、Na濃度が高くなる傾向がある。とくに500m以深でHCO₃、Na濃度が明瞭に増大する。
- ・採水深度とK、Ca、Mg、Cl濃度との間には、相関はほとんど認められない。
- ・HCO₃濃度が増加するにしたがって、pHが高くなる傾向がある。

- ・ Na/HCO₃ (当量) 比は 1 に近い。
- ・ HCO₃濃度とK、Ca、Mg、SO₄、Cl濃度との間には、相関はほとんど認められない。

(2) 第四紀火山岩類地帯の地下水 (図19～図23)

- ・ Na, Mg-HCO₃型を示す。
- ・ 採水深度が深くなるにしたがって、HCO₃、Na、Mg濃度が増加する。とくに200m以深でそれらの濃度が急激に増大する。
- ・ Na/HCO₃、Ca/HCO₃およびMg/HCO₃ (当量) 比はいずれも0.25に近く、K/HCO₃ (当量) 比は0.1程度である。
- ・ HCO₃濃度とSO₄、Cl濃度との間には、相関はほとんど認められない。

(3) 第四紀堆積岩中の地下水 (図24～図28)

- ・ 採水深度が表層付近の場合はNa, Ca-HCO₃型であるが、深部ではNa-HCO₃型である。
- ・ 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。
- ・ 採水深度の増大に伴う溶存成分濃度の明瞭な増大は認められない。
- ・ 採水深度とNa、K、Ca、Mg、Cl、HCO₃濃度との間には、相関はほとんど認められない。
- ・ Na/HCO₃ (当量) 比は 1 に近い。
- ・ HCO₃濃度とK、Ca、Mg、SO₄、Cl濃度との間には、相関はほとんど認められない。

5. 考察

以上、我が国の地下水の水質に関して、今回の文献調査で得られたデータから言えるところの概略をまとめた。ただし、深部地下水の水質を詳細に解析して行く上で、これまでに収集したデータには以下のような問題がある。

- ① 採水深度と母岩の種類の不確かさ
- ② 利用目的や母岩の種類によるデータ量の偏り

①に関しては、採水深度が特定されているデータが非常に少なく、今回の解析においては、井戸深度などを採水深度としたが、孔底よりも浅いところに帯水層があった場合、採取データはその帯水層からの地下水の影響を強く受けていることになる。また、深度によって地層の種類が変化する場合、採水深度が特定できなければ、母岩も特定できないことになる。②に関しては、比較的浅い深度を対象とする用水関係や温泉地域などのデータが多く、地域、母岩の種類、深度によってデータ数に相当のばらつきがある。したがって、これらの条件ごとに地下水の水質を定量的に把握することは現状のデータだけでは難しい。

今後は、文献データに基づくさらに詳細な解析を行うとともに、パッカー等を使用し

て任意の深度からの地下水を採取することにより、代表的な岩種や地域における地下水の水質を空間的に把握して行くことが重要である。

6. 謝辞

本調査の拠り所とした文献資料約 3,600件を提供して頂いた、関陽太郎先生に深く感謝致します。

7. 引用文献

新井正 (1968) : 陸水の温度, 「陸水」 (山本荘毅編), 地球科学講座 9, pp25-39, 共立出版

太田一也 (1971) : 島原半島における温泉の地質学的研究, 九州大学理学部島原温泉研究所研究報告第 8 号, pp1-33

太田一也 (1973) : 諫早炭田北部の地下水—とくに純重曹泉の成因について—, 松下久道教授記念論文集, pp391-406

力武常次 (1978) : 日本列島の科学, 226p, 東海大学出版会

力武常次・萩原幸雄 (1976) : 物理地学, 278p, 東海大学出版会

杉崎隆一 (1963) : 地下水の起源と由来—その化学的考察—, 用水と廃水, Vol. 5, No. 11, pp877-889

杉崎隆一・杉浦孜 (1979) : 地下水質と地下の流動紀行—濃尾平野の例を中心として—日本河川水年間, 日本河川協会編, pp885-897

半谷高久・小倉紀雄 (1985) : 水質調査法, 378p, 丸善

湯原構三・瀬野錦蔵 (1977) : 温泉学, 293p, 地人書館

表1 地下水データ出典一覧表

出展	数量	出展	数量
都道府県報告書* ¹	119	陸水学会誌	4
地質調査所月報	77	九大島原温泉研究所研究報告	3
大学報告書* ²	38	秋田大地下資源研究施設報告	3
工業用水	29	石油技術協会誌	3
温泉科学	19	地質学雑誌	2
温泉工学会誌	17	電力中央研究所報告	2
地質調査所報告	12	地熱学会誌	2
岡山大温泉研究所報告	6	地熱	2
地球化学	6	地学雑誌	1
京大防災研究所年報	5	土木学会論文報告集	1
応用地質	5	火山	1
地方通産局報告書	5	その他	35
地下水学会誌	4	合計	401

*¹地方自治体関係機関報告書（北海道地下資源研究所報告、各衛生研究所報告等）

*²大学紀要、文部省科学研究費報告書等

表 2. 地下水データワークシート記入例

文献番号	73-053	標本番号	79		
母岩	角閃安山岩質凝灰岩	地質環境単元	第四紀火山岩類		
水源種別	井戸(用水)	採水位置	(略)		
採水年月日	1971年9月29日	孔底深度	300 m		
流出量	— m ³ /d	採水深度	—		
電気伝導度	— μS/cm	水温	24.0 °C	気温	— °C
水比抵抗	350 Ω·cm	水質(外観・臭味)	—		
pH	6.29	比重	—		
RpH	8.32	Eh	170	mV	
Na ⁺	183.3 mg/l	蒸発残留物	2030.5	mg/l	
K ⁺	30.9 mg/l	HCO ₃ ⁻	2061.7	mg/l	
Ca ²⁺	182.5 mg/l	CO ₃ ²⁻	—	mg/l	
Mg ²⁺	266.6 mg/l	Cl ⁻	123.2	mg/l	
Fe ²⁺	— mg/l	SO ₄ ²⁻	77.0	mg/l	
Fe ³⁺	— mg/l	SO ₃ ²⁻	—	mg/l	
T. Fe	0.84 mg/l	NO ₃ ⁻	—	mg/l	
Al ³⁺	— mg/l	NO ₂ ⁻	—	mg/l	
Mn ²⁺	9.69 mg/l	Br ⁻	—	mg/l	
Li ⁺	0.36 mg/l	I ⁻	—	mg/l	
NH ₄ ⁺	— mg/l	F ⁻	—	mg/l	
P	— mg/l				
SiO ₂	119.6 mg/l	dis. O ₂	—	cc/l	
KMnO ₄ 消費量	— mg/l	free CO ₂	1006.7	mg/l	
硬度	—	free H ₂ S	0.0	mg/l	
アルカリ度	—				
過剰塩基	—				
酸度	—				

表3 都道府県別データ数

都道府県名	全データ数	地域別	都道府県名	全データ数	地域別
北海道	3,650	北海道 3,650	滋賀 京都 大阪 奈良 山梨 兵庫	43 45 333 58 201 218	近畿 898
青森 秋田 山形 岩手 宮城 福島	277 631 1,041 72 202 524	東北 2,747	岡山 広島 鳥取 島根 山梨	52 13 379 46 77	中国 567
茨城 栃木 群馬 埼玉 東京 千葉 神奈川	526 142 513 166 229 316 465	関東 2,357	徳島 香川 愛媛 高知	45 29 173 44	四国 291
山形 静冈 新潟 富山 石川 福井 長野 岐阜 愛知 三重	184 785 314 217 117 159 478 87 393 87	中部 2,821	福井 佐賀 長門 熊野 大分 宮崎 鹿児島 沖縄	134 94 283 204 143 128 102 105	九州 1,193
			不明	17	17
			計	14,541	14,541

表4 利用目的別データ数

利用目的	データ数 (%)
用水 (上水・工業・農業用等)	6,172 (42.4)
温泉・鉱泉	5,029 (34.6)
油井・ガス井・ヨード井	1,781 (12.2)
坑道湧水	711 (4.9)
地すべり湧水	241 (1.7)
調査・観測井	534 (3.7)
ガス徴	31 (0.2)
不明	42 (0.3)
合 計	14,541(100.0)

表5 水源別データ数

水 源	データ数 (%)
井戸 (掘井戸・打込井戸・ボーリング)	10,207 (70.2)
湧水 (伏流水・洞穴水を含む)	1,837 (12.6)
坑道 (横井戸・トンネルを含む)	1,128 (7.8)
噴気凝縮水	6 (0.0)
不明	1,363 (9.4)
合 計	14,541(100.0)

表6 採水深度別データ数

深度(m)	データ数 (%)
50未満	2,712 (18.7)
50～100	1,866 (12.8)
100～200	1,857 (12.8)
200～500	993 (6.8)
500～1000	338 (2.3)
1000以上	289 (2.0)
不明	6,486 (44.6)
合 計	14,541(100.0)

表7 岩種別データ数

岩種	データ数 (%)	岩種	データ数 (%)
花崗岩類	823 (5.7)	片岩	61 (0.4)
斑れい岩類	14 (0.1)	新第三紀堆積岩	1,763 (12.1)
流紋岩類	192 (1.3)	第四紀火山岩類	880 (6.1)
安山岩・玄武岩類	841 (5.8)	第四紀堆積層	5,585 (38.4)
先新第三紀堆積岩	563 (3.9)	不明	3,684 (25.3)
石灰岩	135 (0.9)	合計	14,541(100.0)

表8 深度別酸化還元電位データ数

深度(m)	データ数
0 ~100	171
100 ~200	41
200 ~300	6
300 ~400	2
400 以上	1
不明	73
合計	294

表9 200m以深の酸化還元電位が測定された地下水データ

岩種	採水地点	孔底深度 (GL-m)	pH	Eh (mV)	水温 (°C)	陽イオン					陰イオン				文献
						Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	全Fe	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂	
第四紀火山岩	長崎*	212	6.70	110	27.2	121.5	22.4	82.6	149.2	0.75	1261.6	25.4	14.2	110.5	1
第四紀火山岩	長崎*	212	6.85	60	15.3	15.2	3.9	37.5	21.0	15.65	246.3	4.3	21.6	104.0	1
第四紀堆積岩	長崎	250	7.30	-80	34.5	147.0	12.4	13.1	6.9	1.51	473.3	6.4	tr.	78.6	1
第四紀堆積岩	長崎	300	6.70	25	30.6	22.0	7.1	25.0	5.8	0.11	166.8	5.6	tr.	104.6	1
古第三紀層	長崎	300	8.30	120	21.3	655.3	2.1	1.1	2.7	0.06	1427.7	36.6	4.2	19.8	2
第四紀火山岩	長崎	300	6.29	170	24.0	183.3	30.9	182.5	266.6	0.84	2061.7	123.2	77.0	119.6	1
古第三紀層	佐賀	316	8.62	-220	16.9	183.0	2.0	8.0	tr.	0.69	434.5	32.5	3.9	25.5	2
第四紀火山岩	長崎	353	6.92	140	30.2	279.5	31.3	52.9	97.6	0.10	1351.4	27.2	tr.	112.0	1
第四紀火山岩	長崎	801	6.72	100	34.3	186.8	20.8	81.0	126.4	0.56	1326.8	23.5	tr.	133.8	1

* : 異なる試錐孔における測定・分析データ。

文献1 : 太田 一也(1973)

文献2 : 太田 一也(1971)

表10 主要溶存成分濃度の集計結果

項目	全地下水データ			日本の温泉 (湯原、瀬野, 1977)		
	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値
pH	0.4	12.1	7.1	0.4	10.0	—
Na ⁺ (mg/l)	—	20,533	745.7	—	20,533	773
K ⁺ (mg/l)	—	6,218	36.0	—	4,664	45
Ca ²⁺ (mg/l)	—	5,169	131.6	—	5,000	222
Mg ²⁺ (mg/l)	—	4,000	38.5	—	1,003	49
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	—	11,325	300.2	—	9,000	474
Cl ⁻ (mg/l)	—	68,800	1,313.1	—	43,790	1,260
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	—	84,000	175.1	—	49,930	1,650
SiO ₂ (mg/l)	—	809	45.5	—	—	—

表11 温泉等を除くデータ(7,969件)の集計結果

項目	最小値	最大値	平均値
pH	2.8	12.1	7.1
Na ⁺ (mg/l)	—	11,449	426.1
K ⁺ (mg/l)	—	679	10.9
Ca ²⁺ (mg/l)	—	3,347	85.3
Mg ²⁺ (mg/l)	—	3,620	31.0
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	—	6,200	137.6
Cl ⁻ (mg/l)	—	19,602	614.6
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	—	4,240	114.9
SiO ₂ (mg/l)	—	525	38.2

表12 降水起源と考えられ地下水(5,127件)の集計結果

項目	最小値	最大値	平均値
pH	5.8	9.8	7.1
Na ⁺ (mg/l)	—	653	29.9
K ⁺ (mg/l)	—	124	4.3
Ca ²⁺ (mg/l)	—	395	17.1
Mg ²⁺ (mg/l)	—	267	7.7
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	—	2,062	145.3
Cl ⁻ (mg/l)	—	141	20.6
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	—	95	9.0
SiO ₂ (mg/l)	—	231	42.5

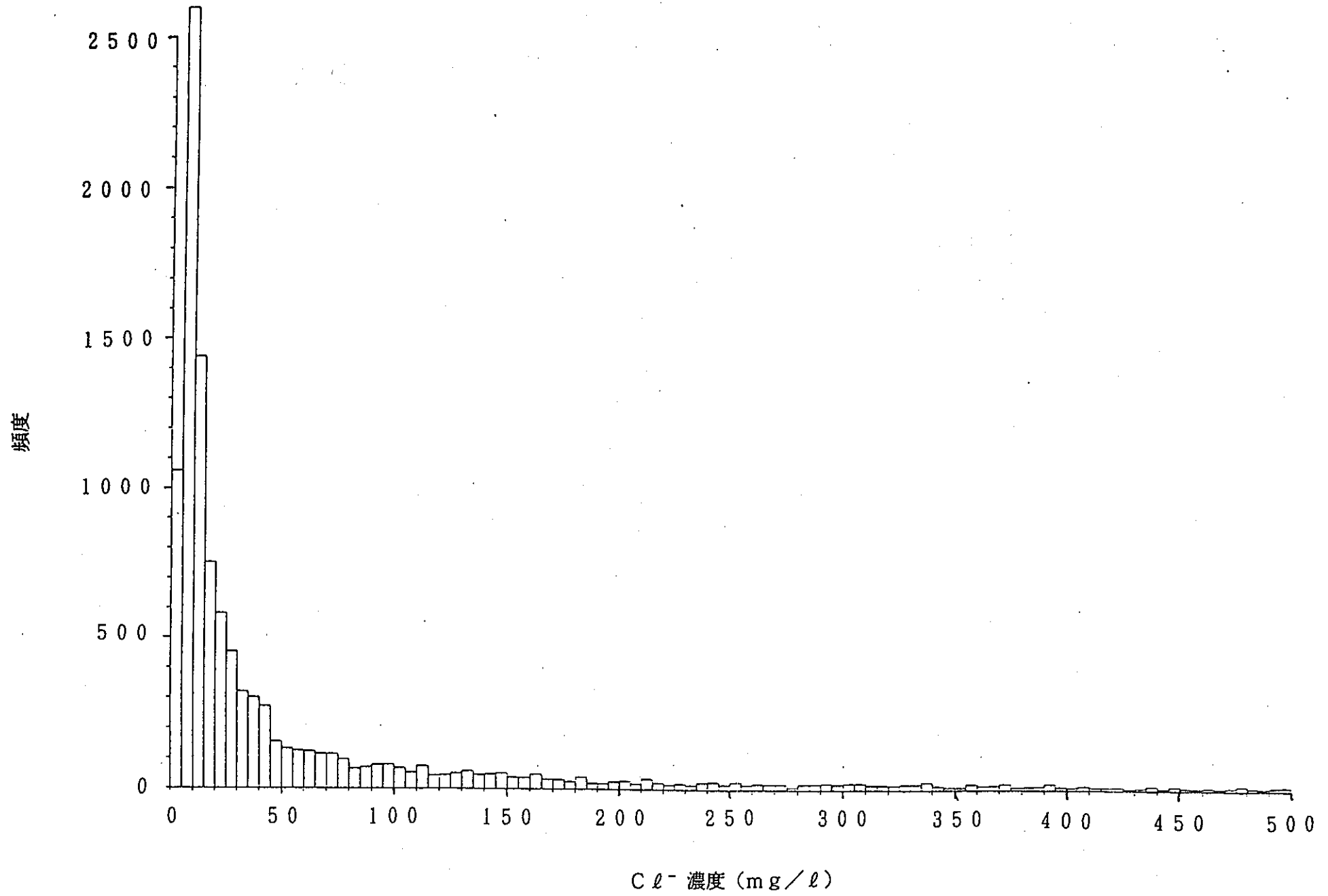


図1. 全データCl⁻濃度頻度分布図

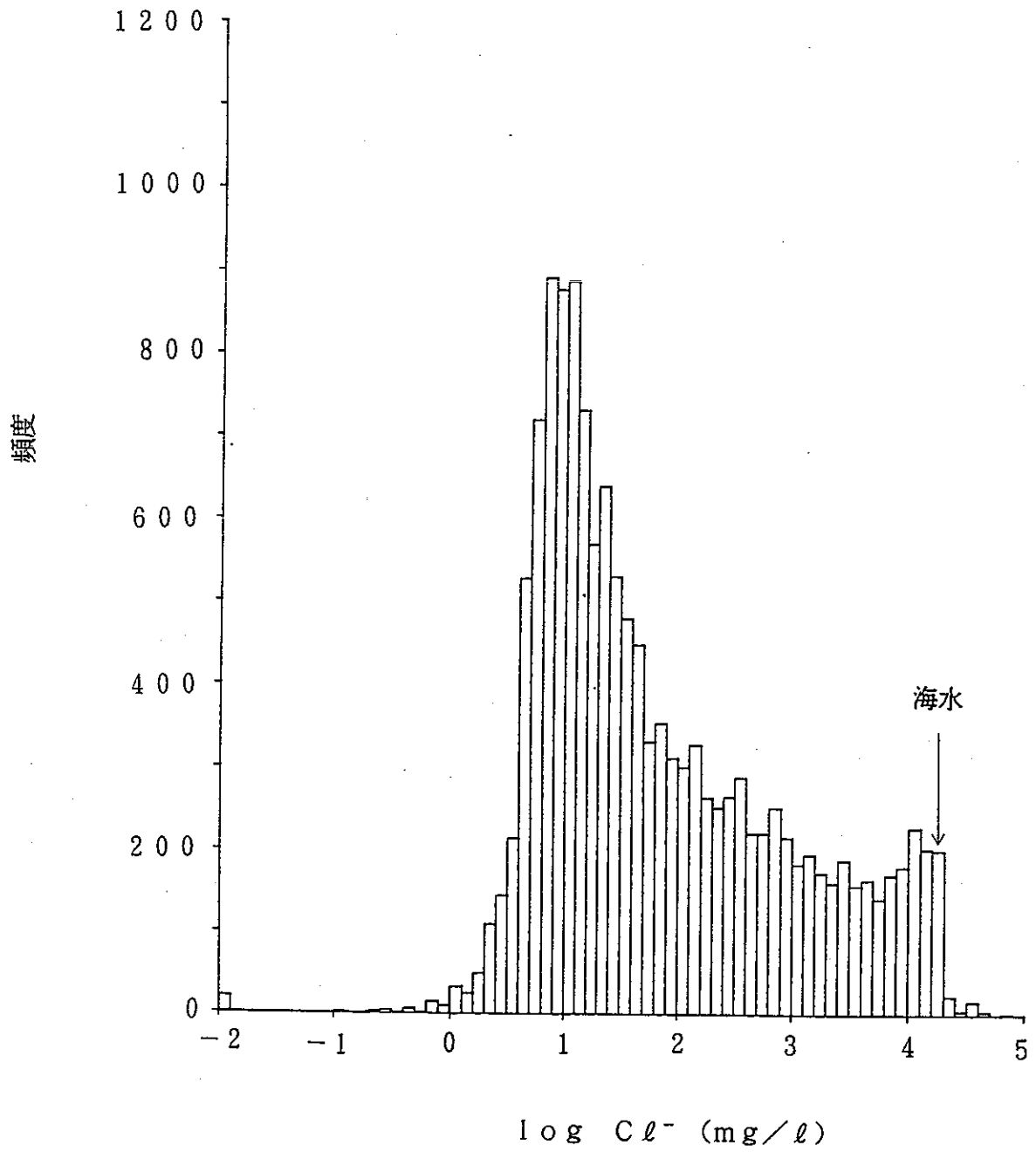


図2. 全データ Cl^- 濃度頻度分布図

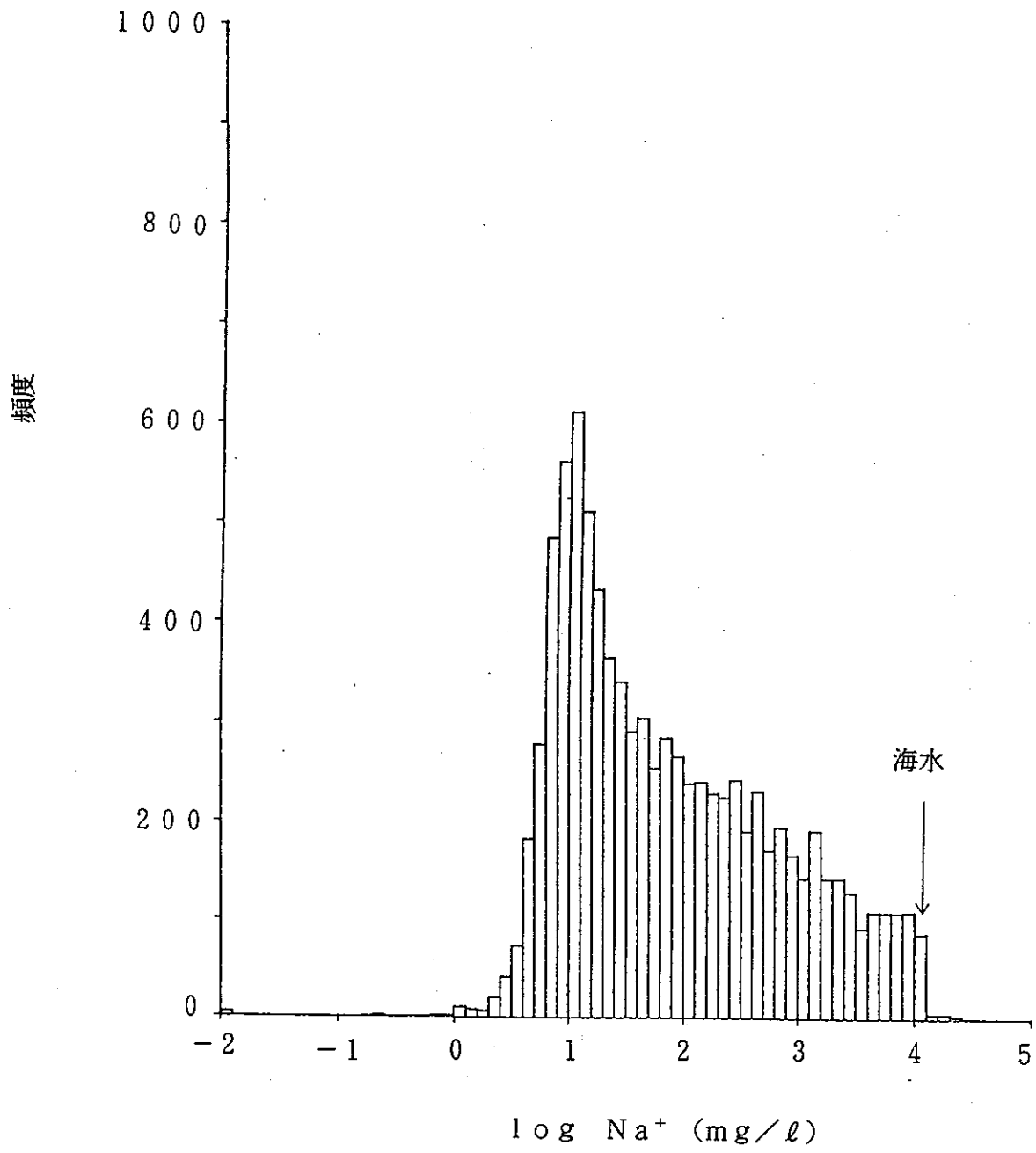


図3. 全データNa⁺濃度頻度分布図

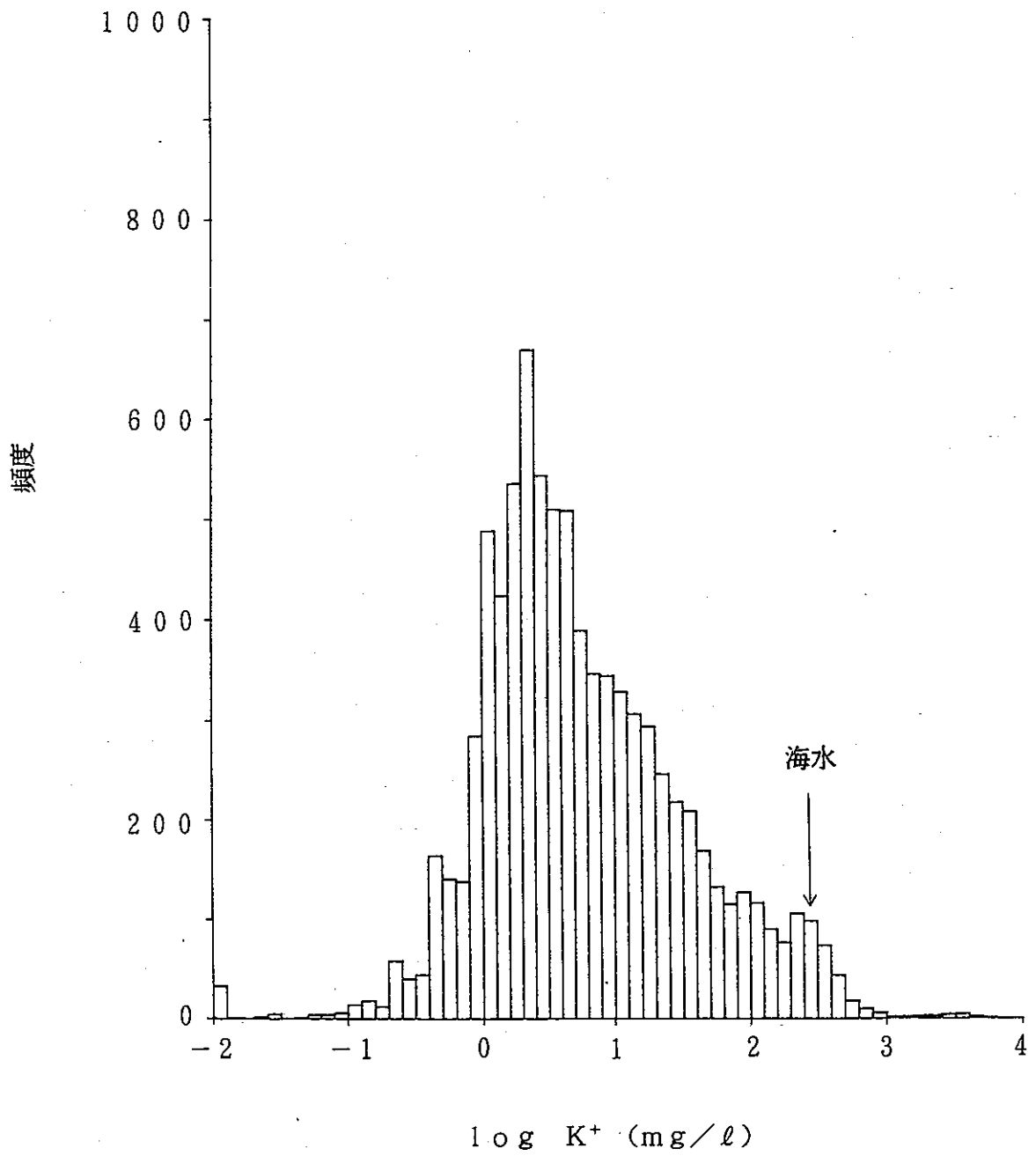


図4. 全データ K^+ 濃度頻度分布図

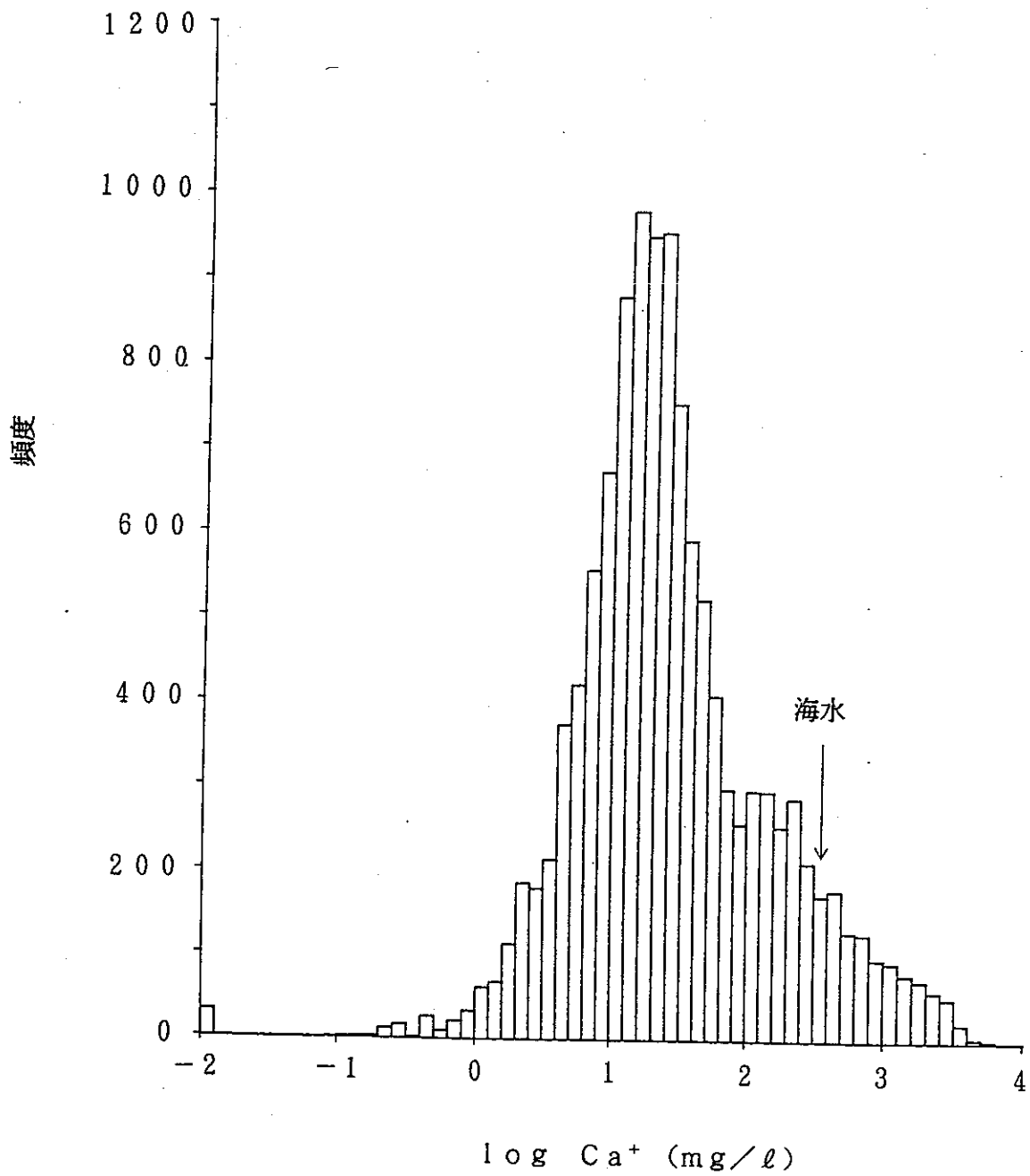


図5. 全データ Ca^+ 濃度頻度分布図

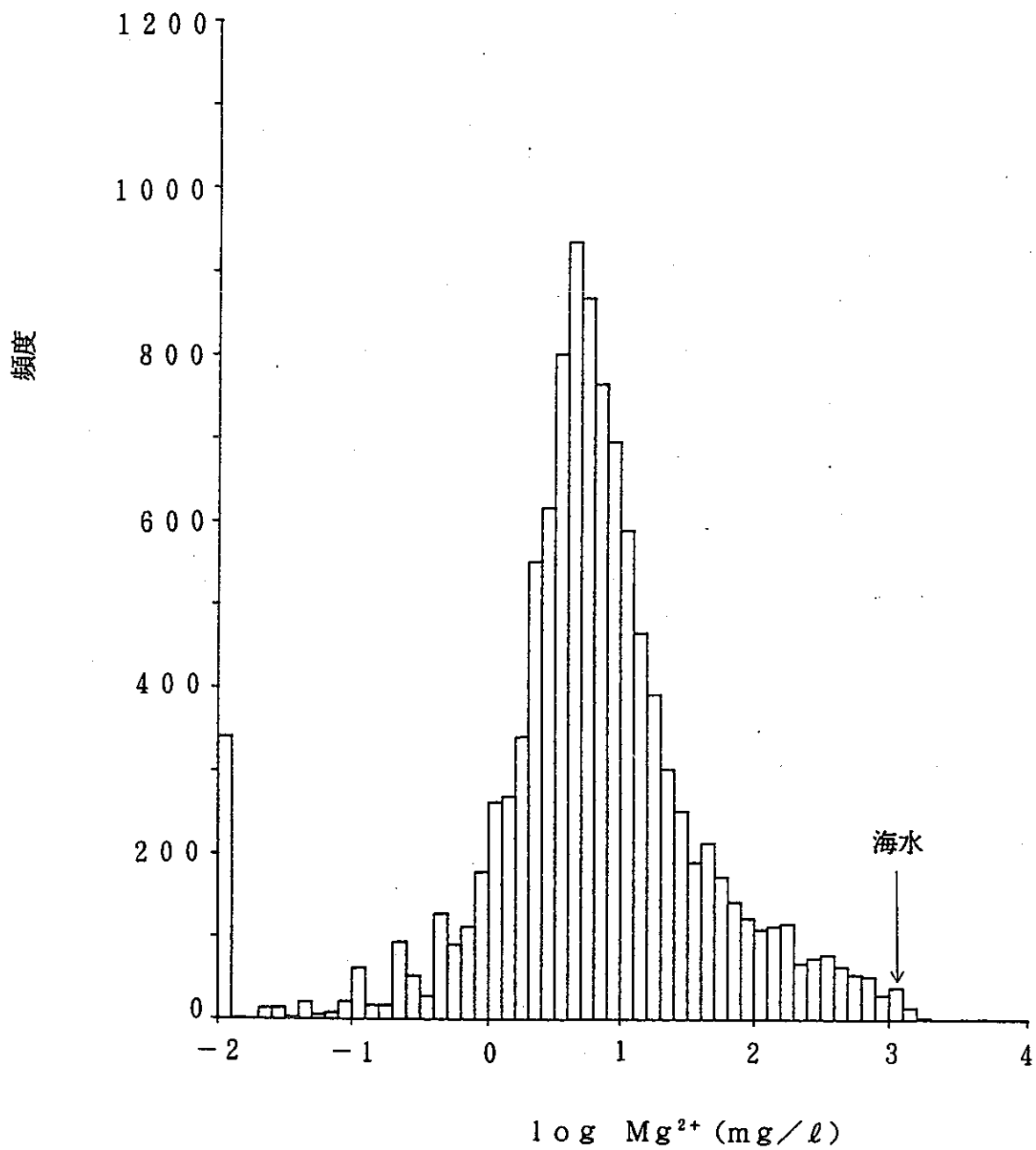


図6. 全データ Mg^{2+} 濃度頻度分布図

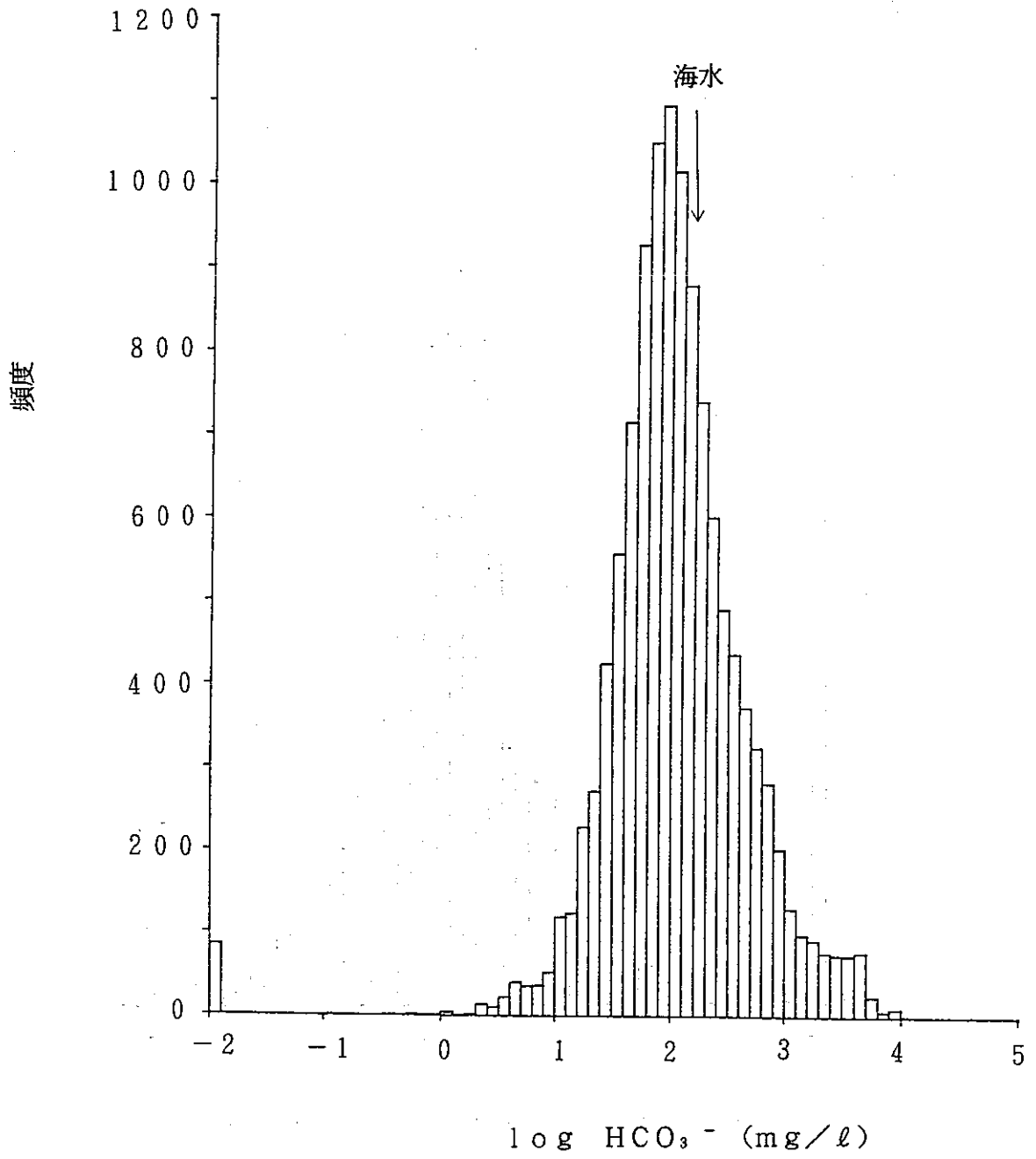


図7. 全データ HCO_3^- 濃度頻度分布図

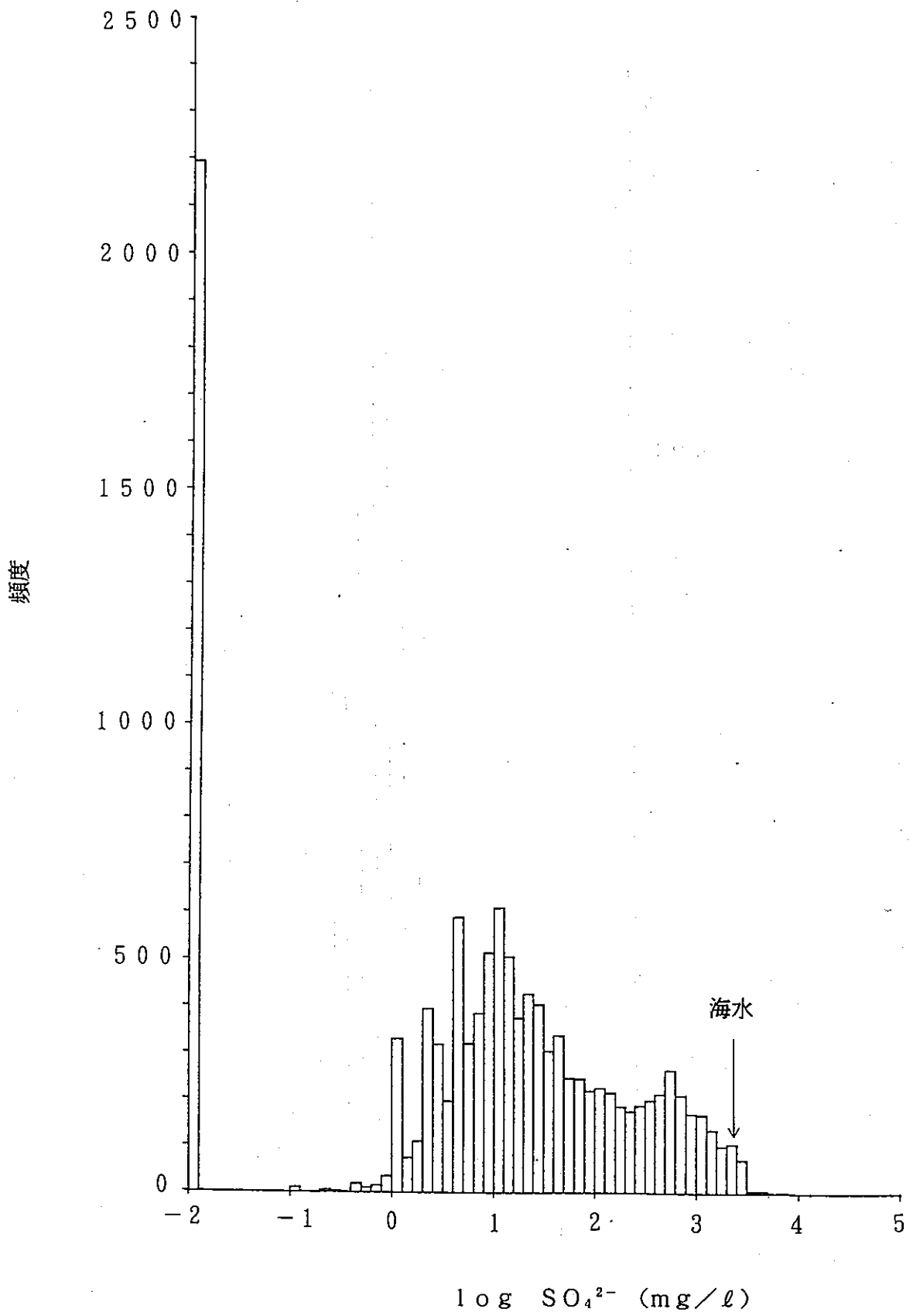


図8. 全データSO₄²⁻濃度頻度分布図

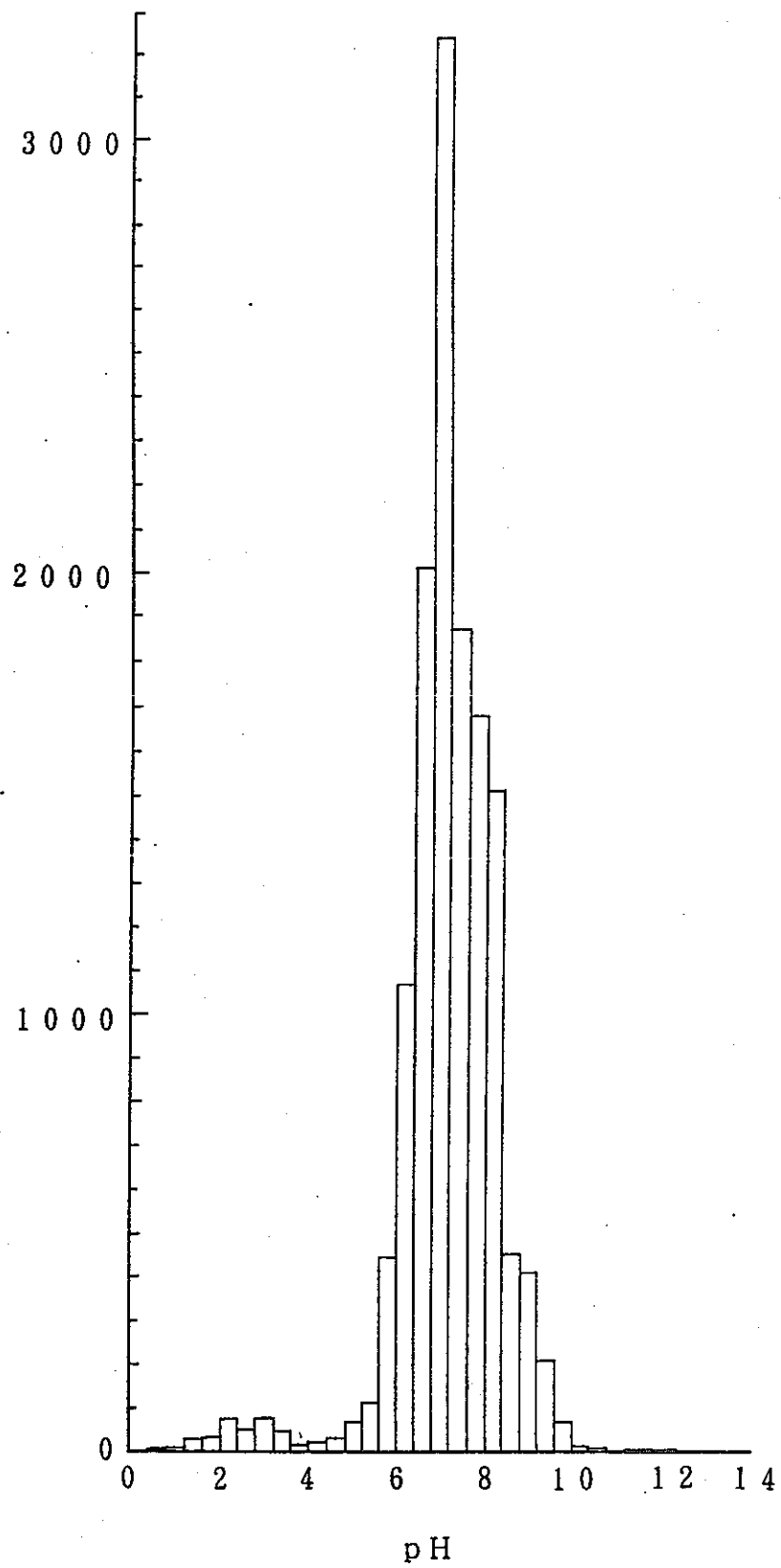


図9. 全データ pH 頻度分布図

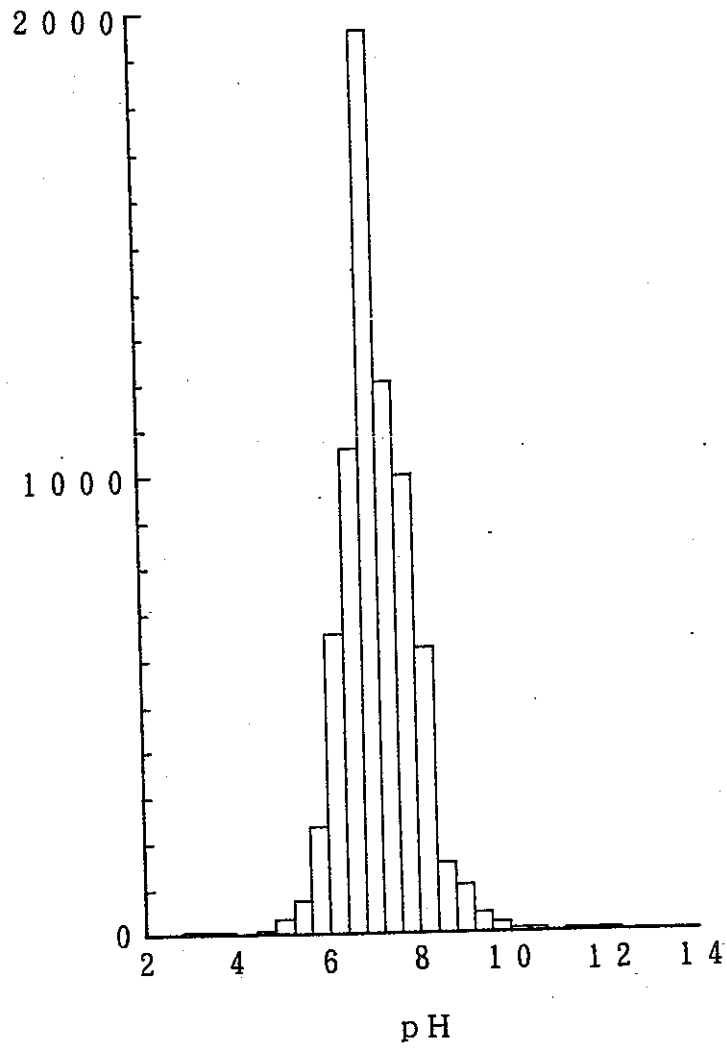


図10. 選択データ（温泉などを除いたデータ）pH頻度分布図

対数確率紙

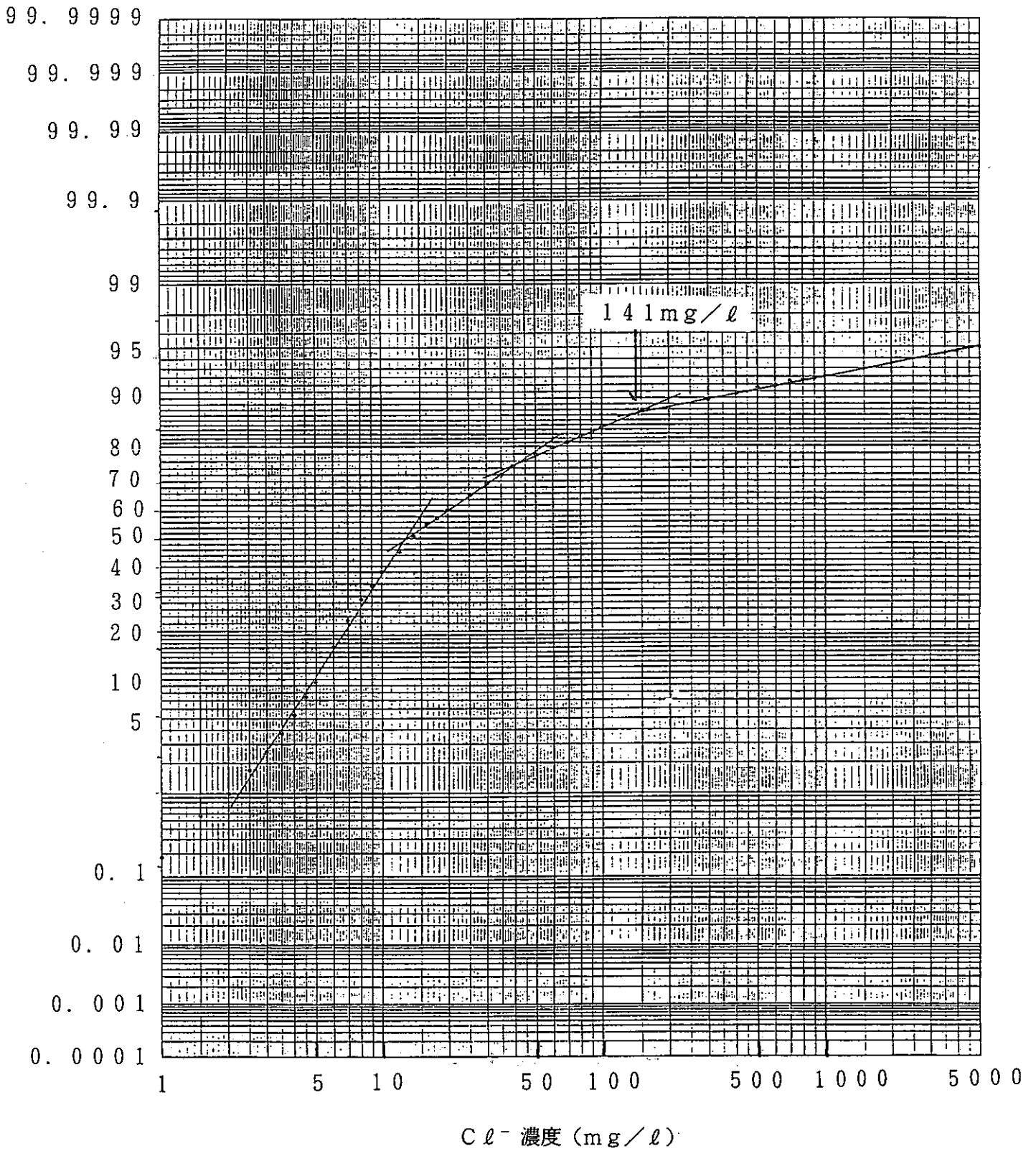


図11. 全データCl⁻濃度累積頻度分布図

対数確率紙

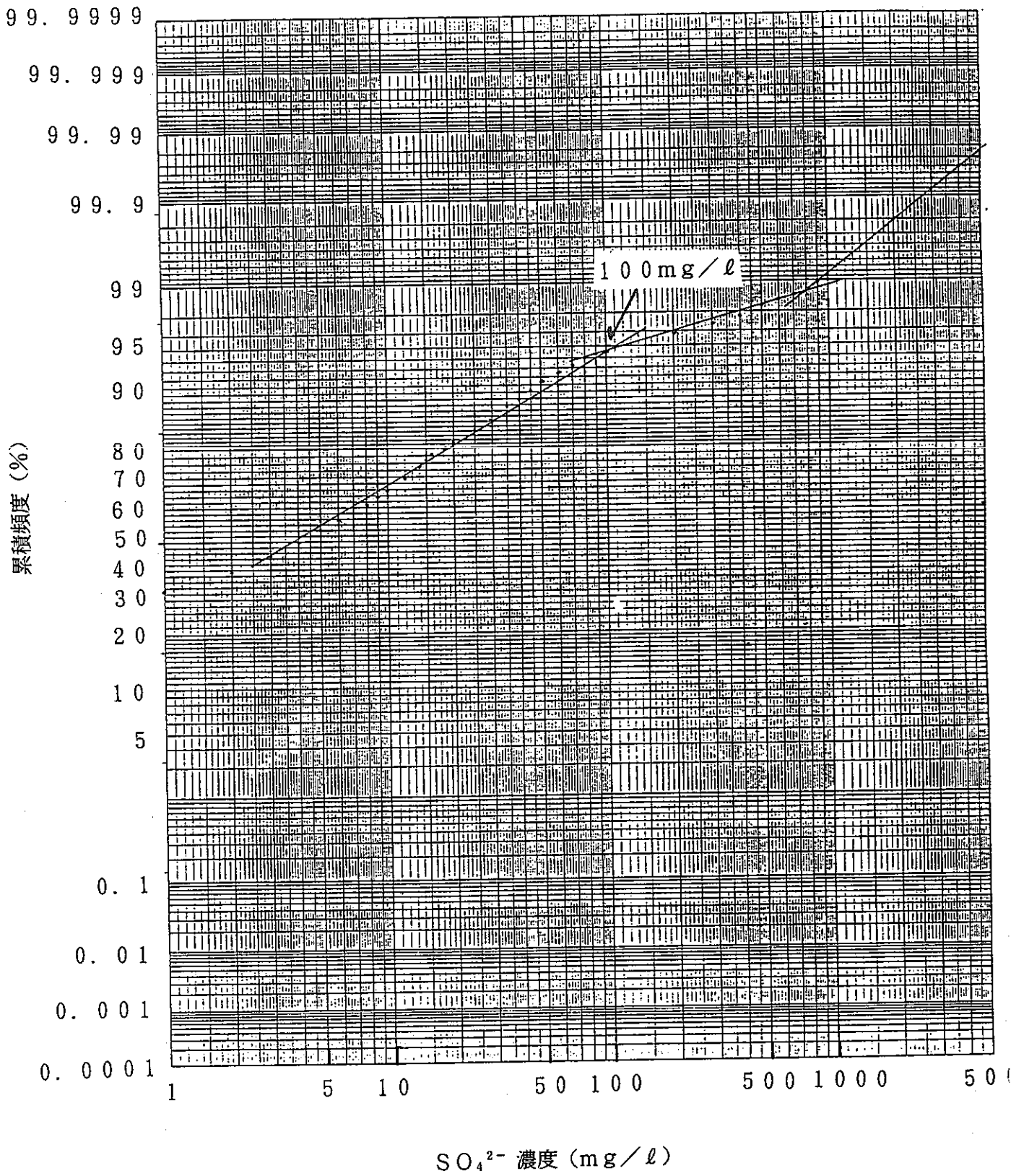


図12. 全データSO₄²⁻ 濃度累積頻度分布図

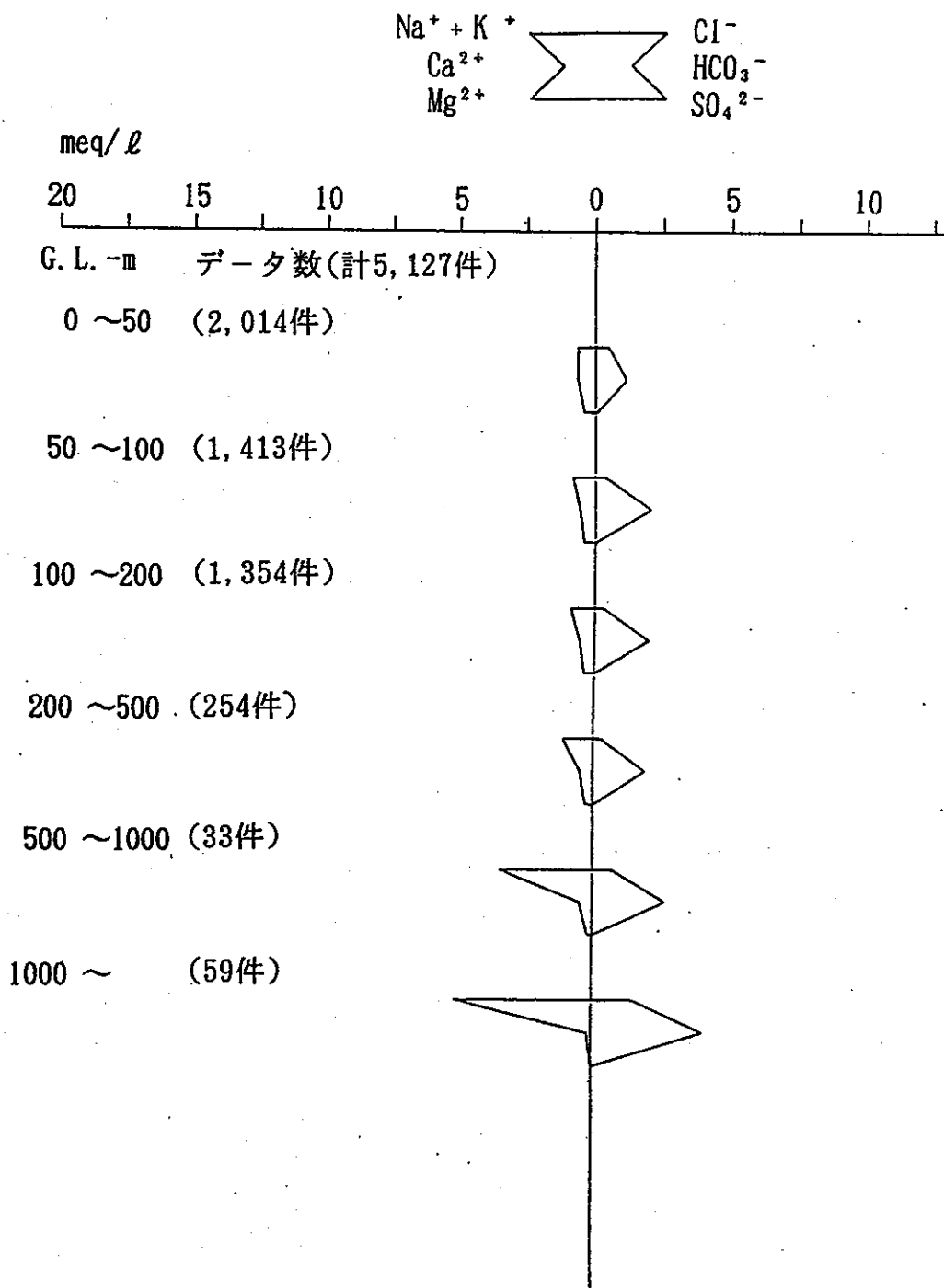


図13. 降水起源と考えられる地下水の深度別ヘキサダイアグラム

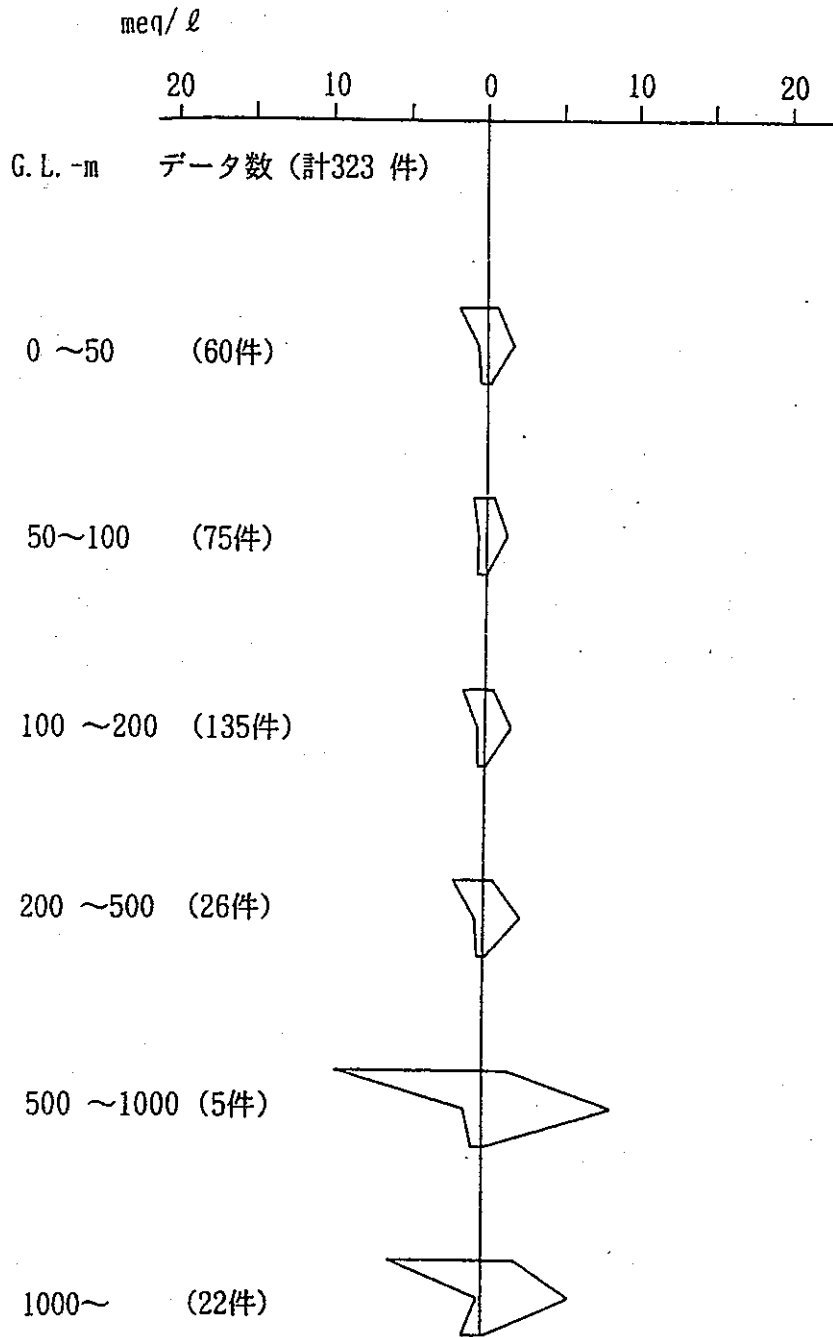
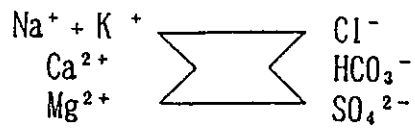


図14. 新第三紀堆積岩地帯の地下水の化学組成 (ヘキサダイアグラム)

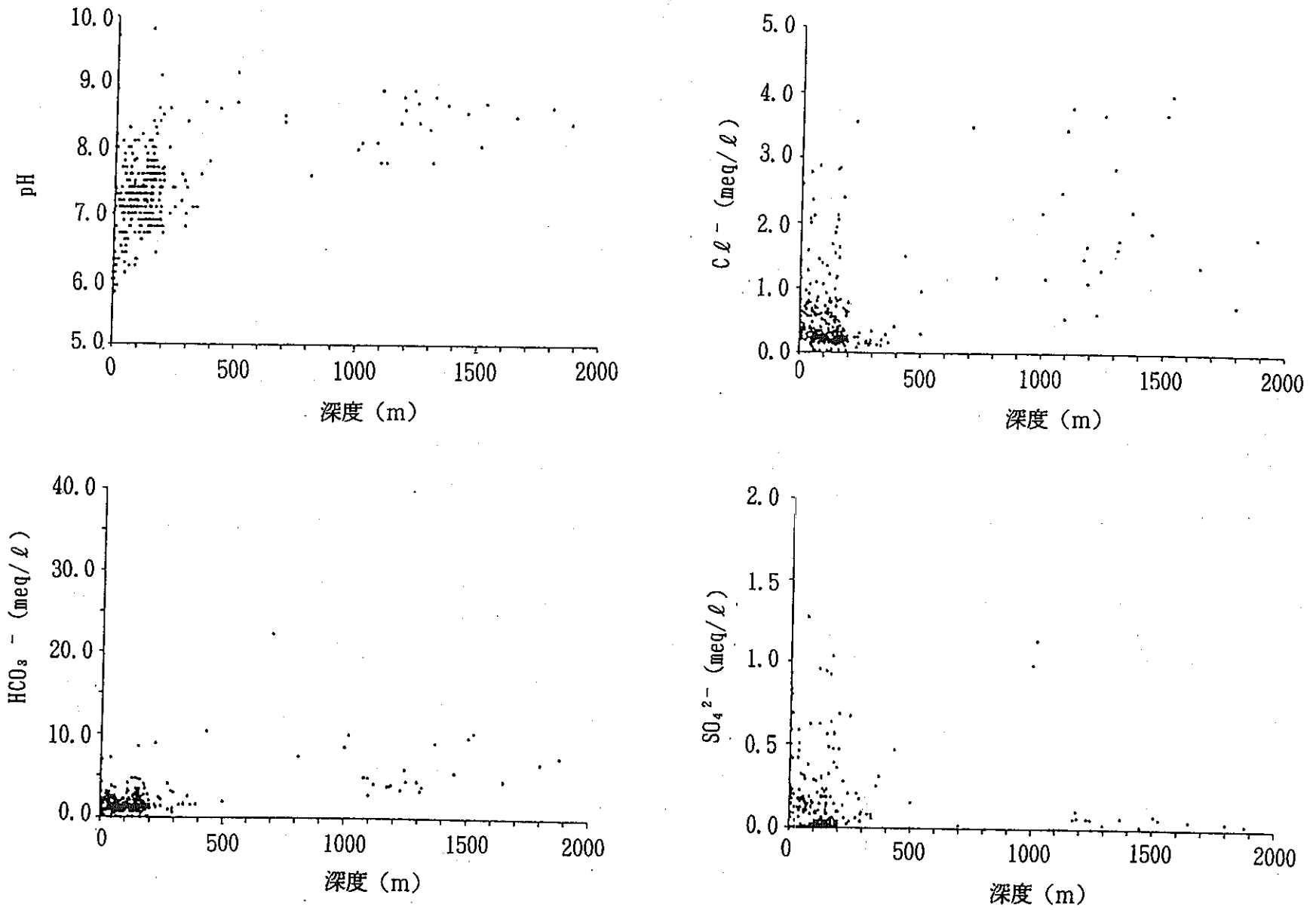


図15. 採水深度とpHおよび陰イオン濃度との関係図 (新第三紀堆積岩)

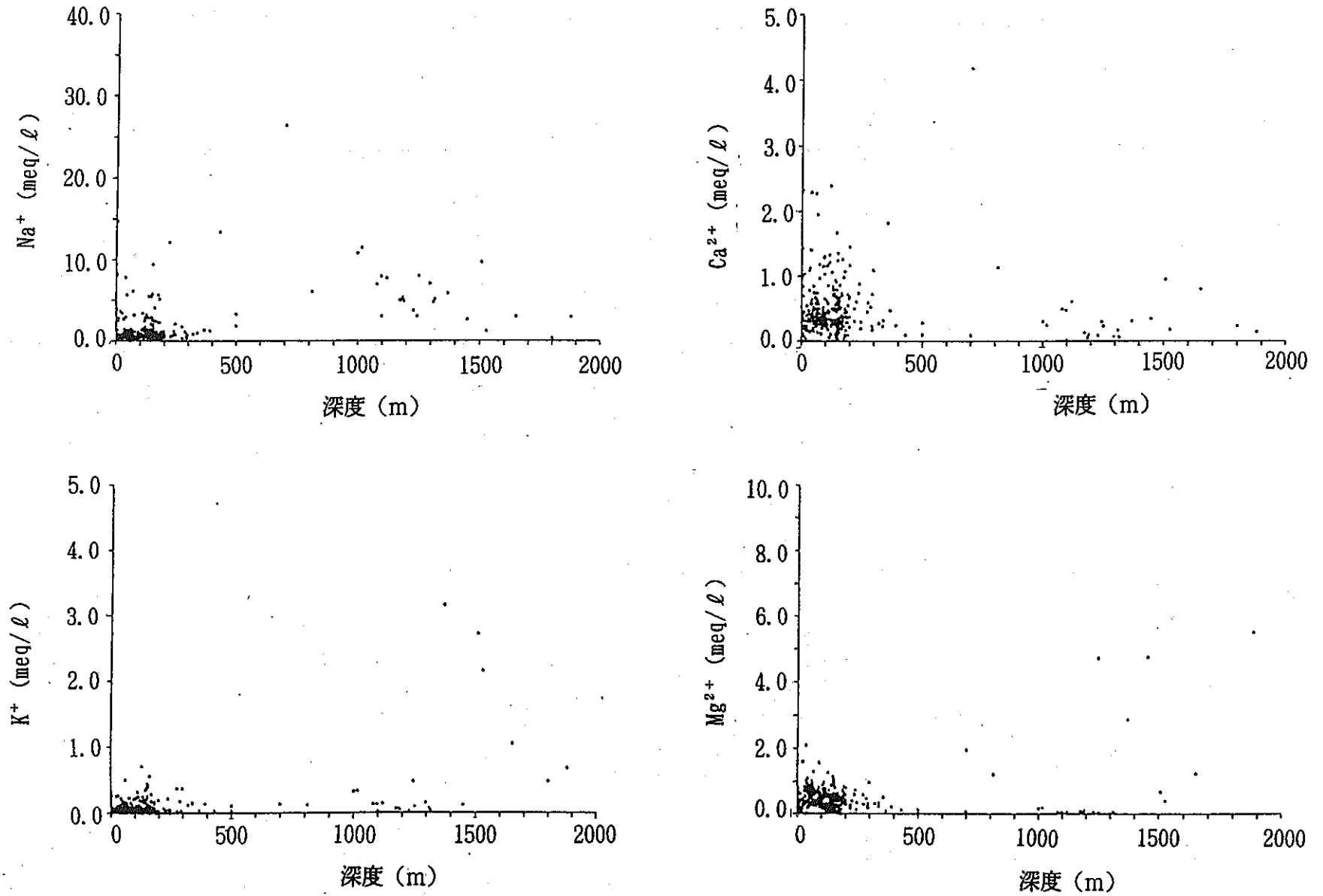


図16. 採水深度と陽イオン濃度との関係図 (新第三紀堆積岩)

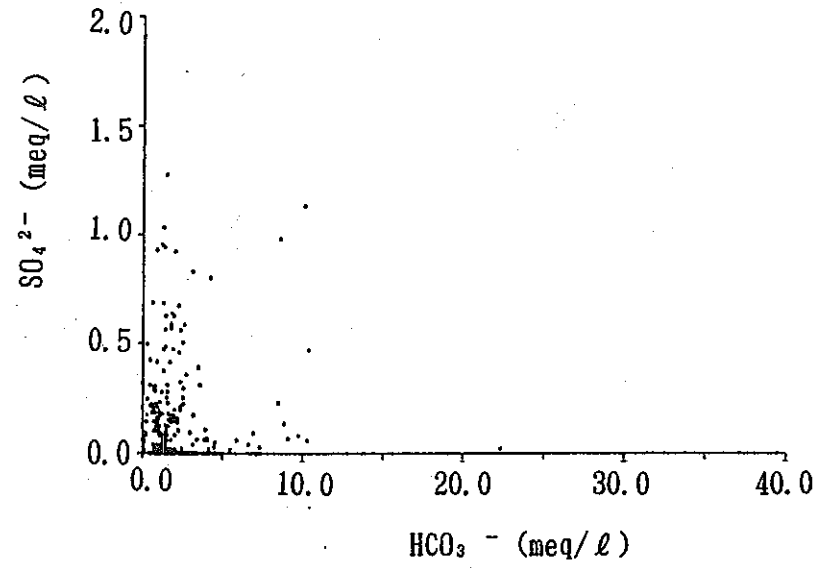
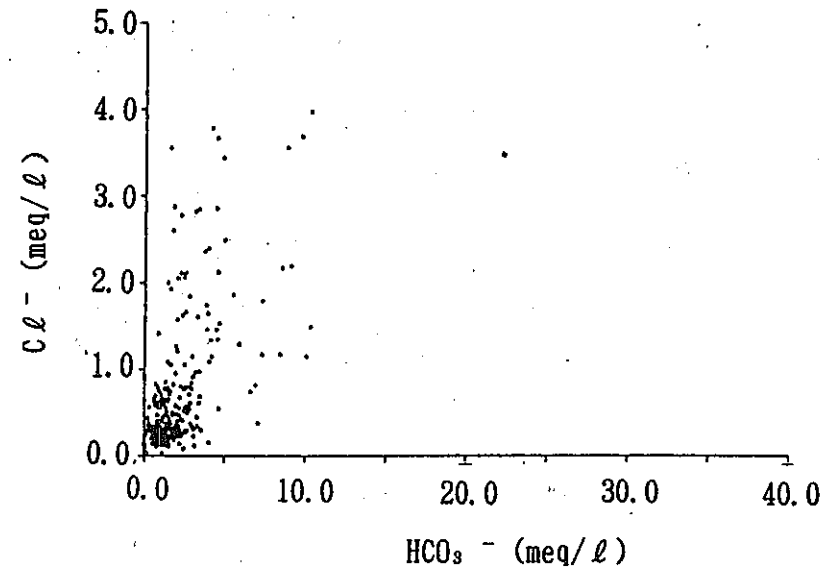
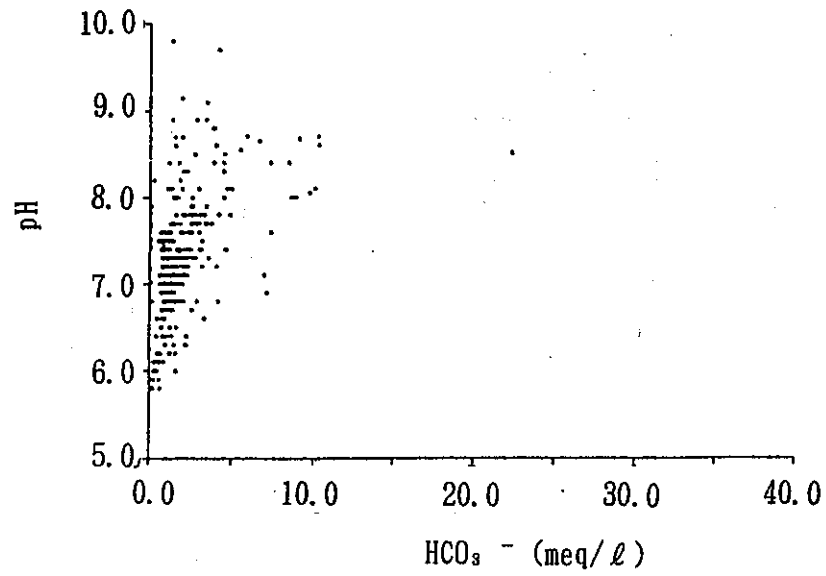


図17. HCO₃⁻ 濃度とpHおよび陰イオン濃度との関係図 (新第三紀堆積岩)

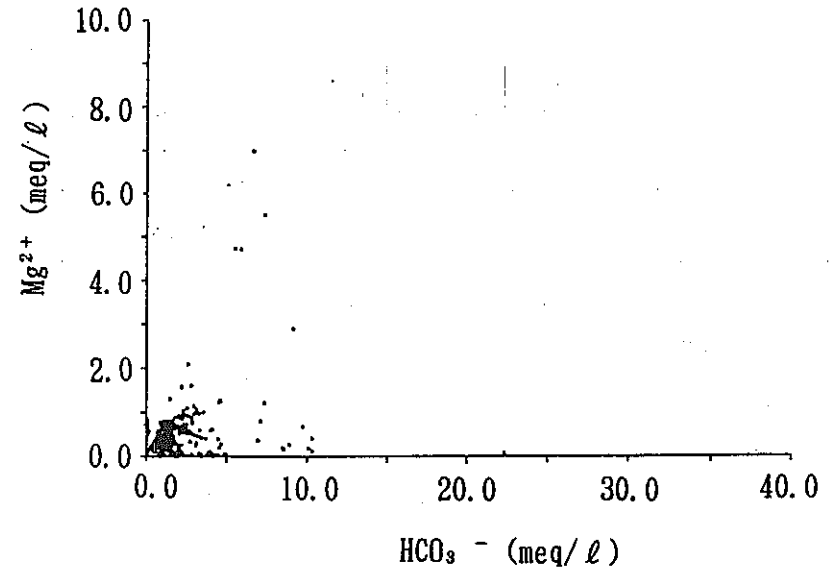
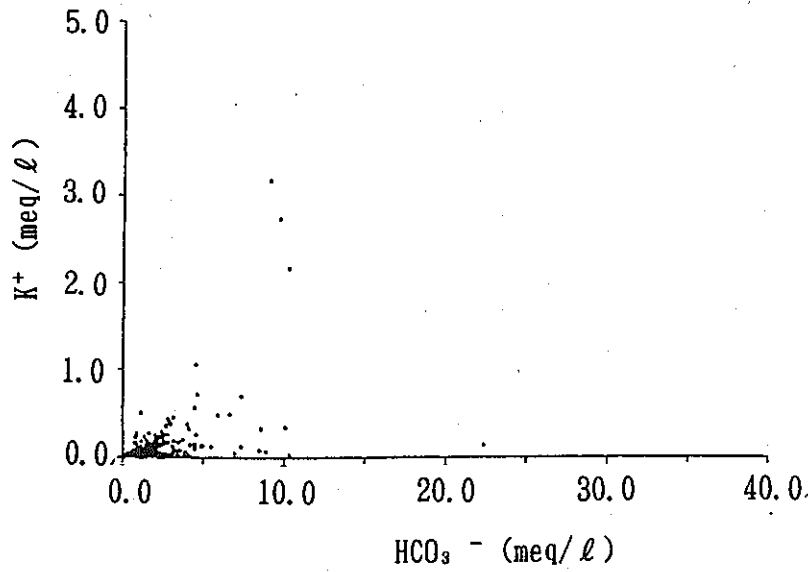
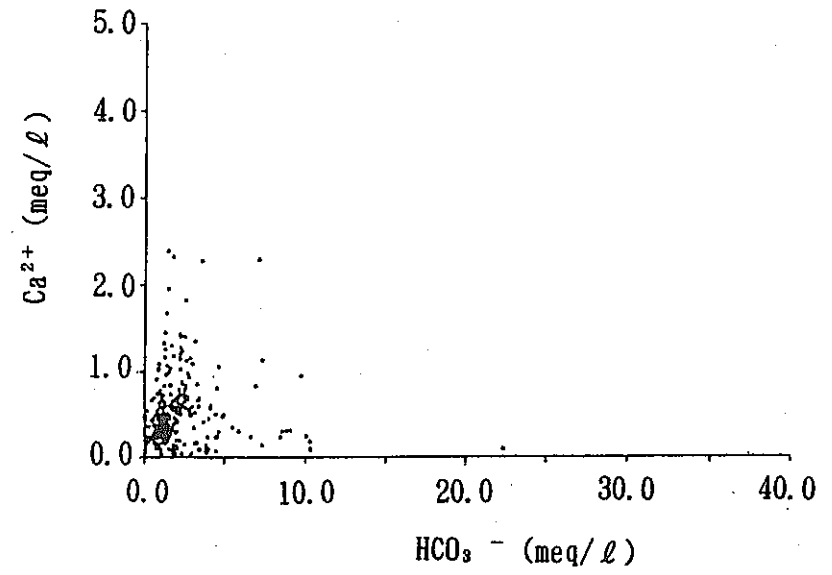
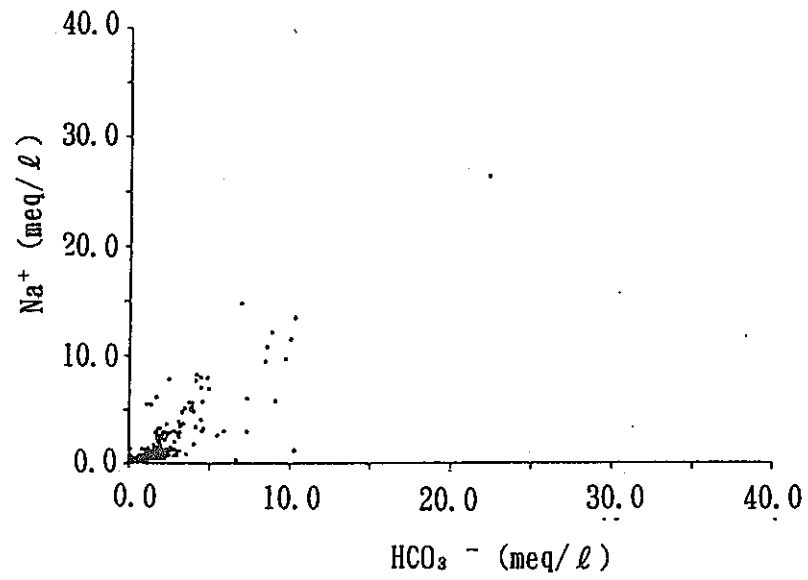


図18. HCO_3^- 濃度と陽イオン濃度との関係図 (新第三紀堆積岩)

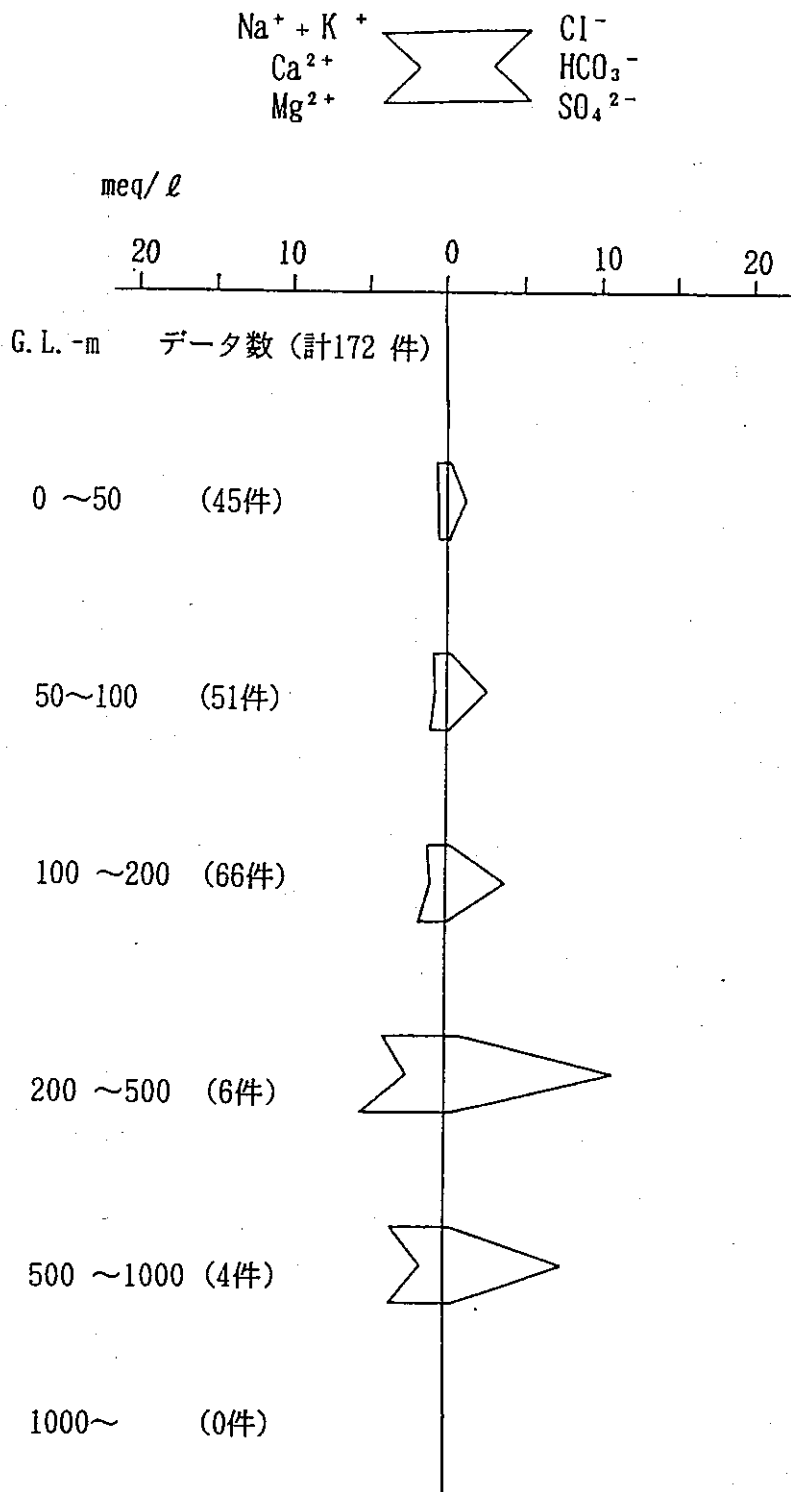


図19. 第四紀火山岩類地帯の地下水の化学組成 (ヘキサダイアグラム)

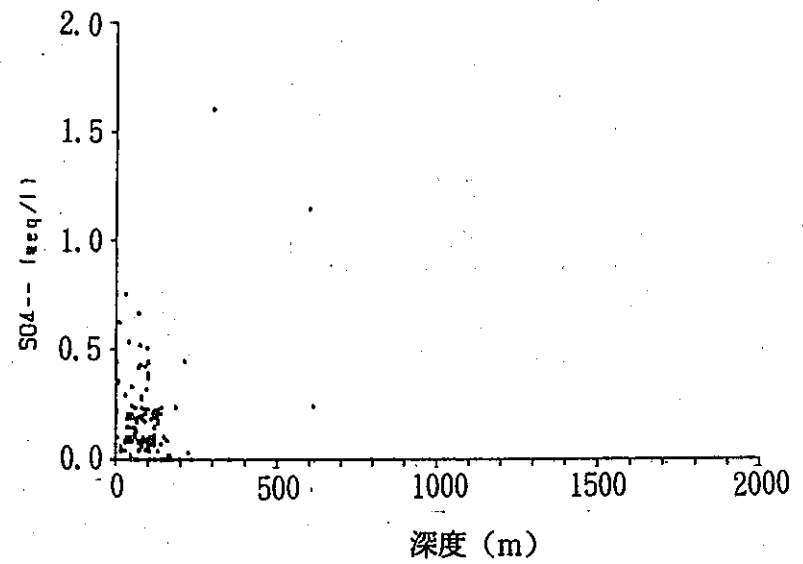
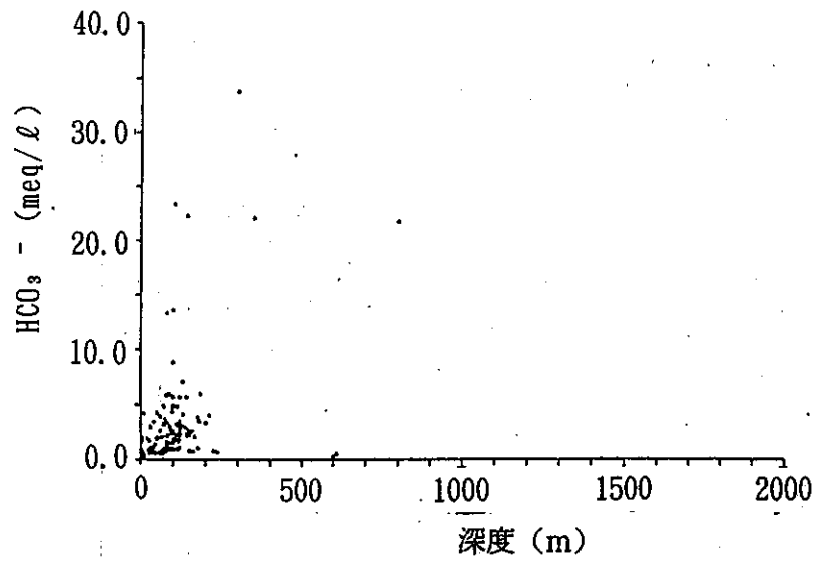
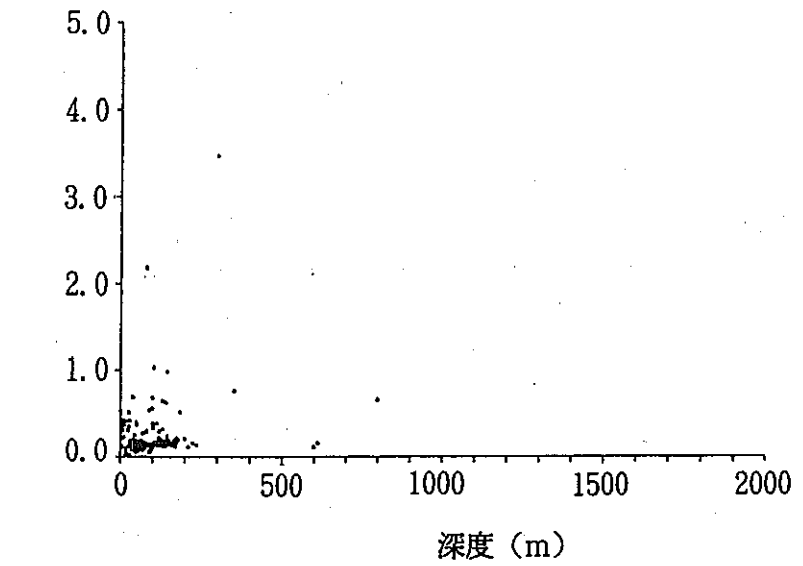
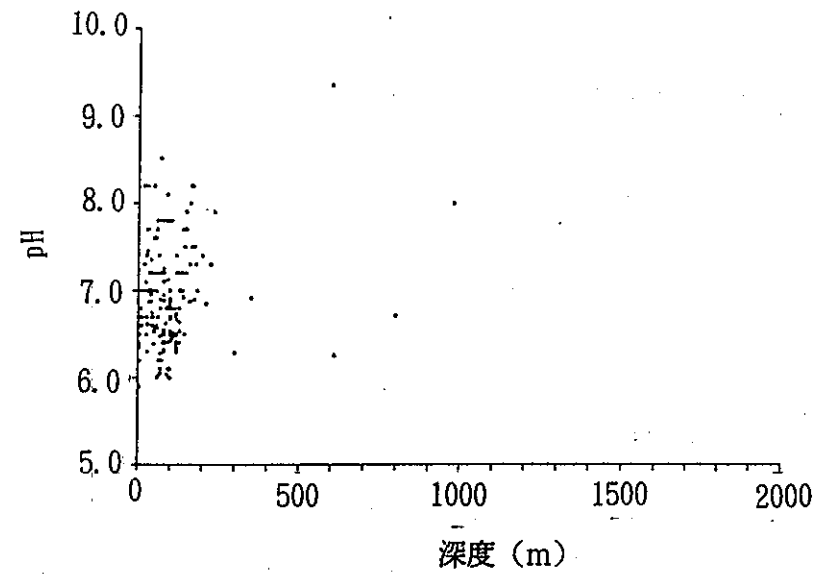


図20. 採水深度とpHおよび陰イオン濃度との関係図 (第四紀火山岩類)

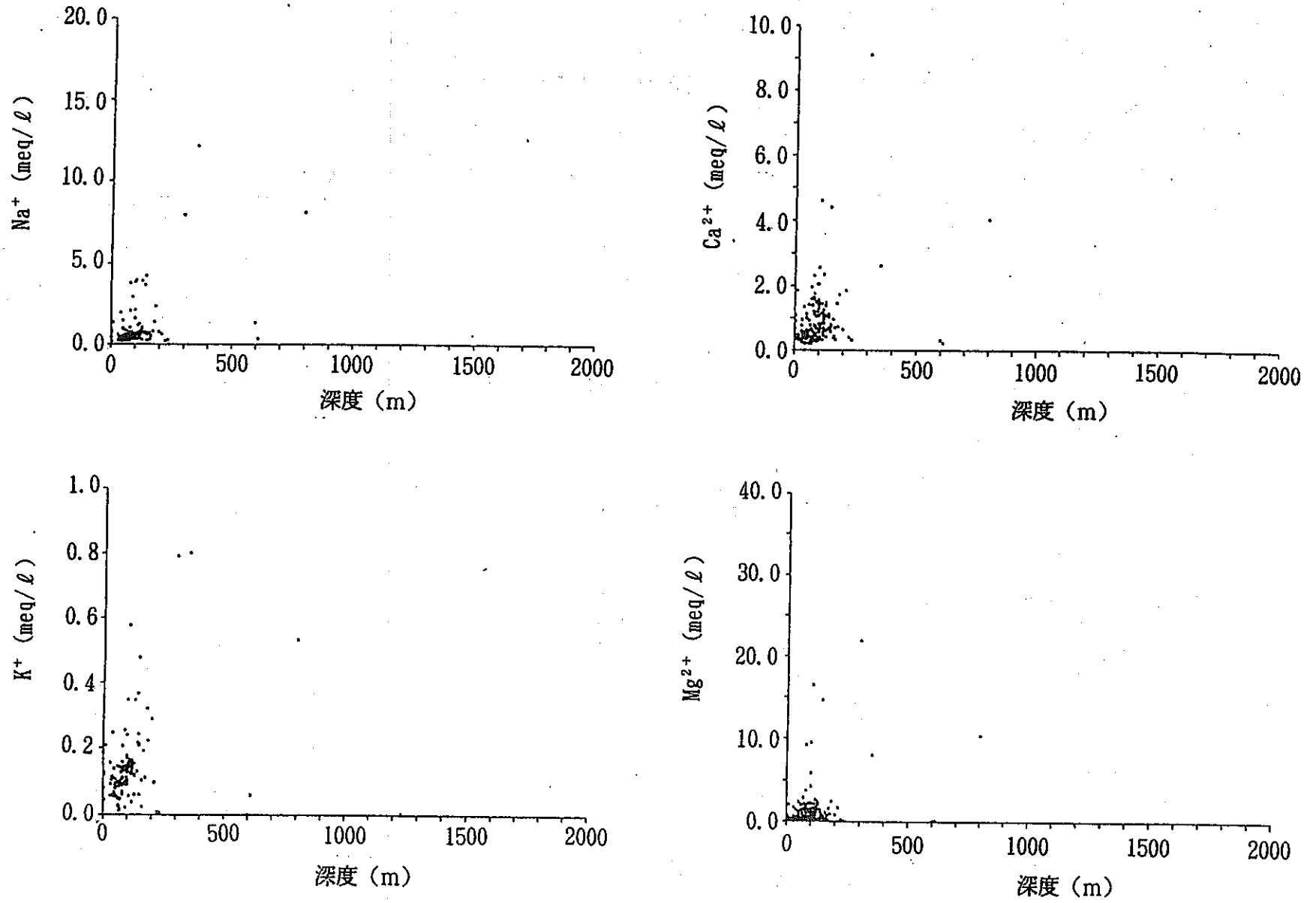


図21. 採水深度と陽イオン濃度との関係図 (第四紀火山岩類)

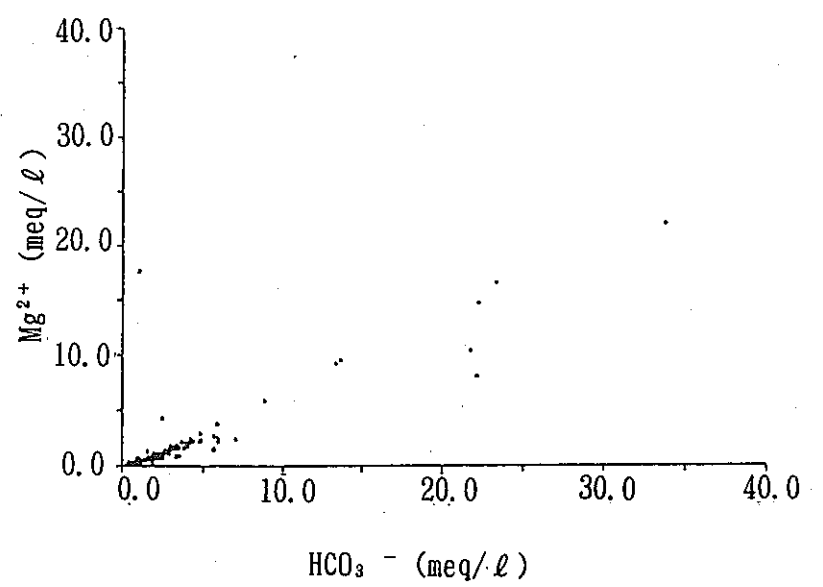
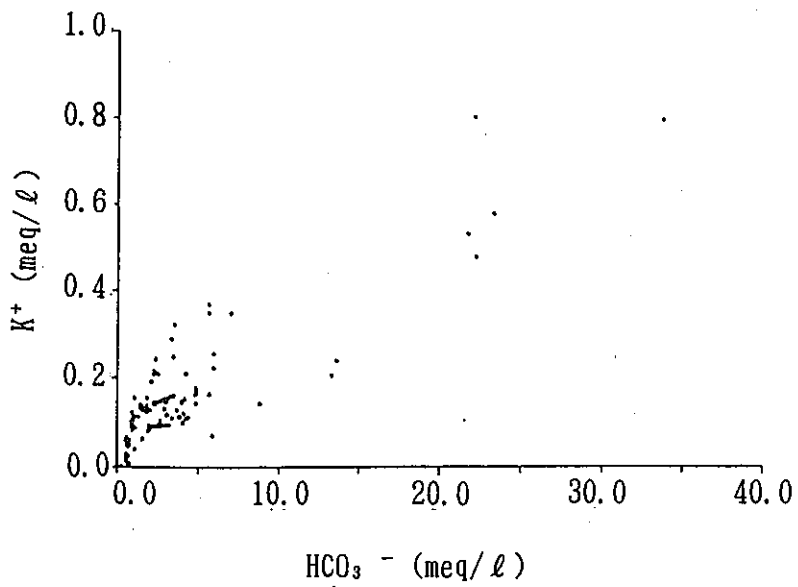
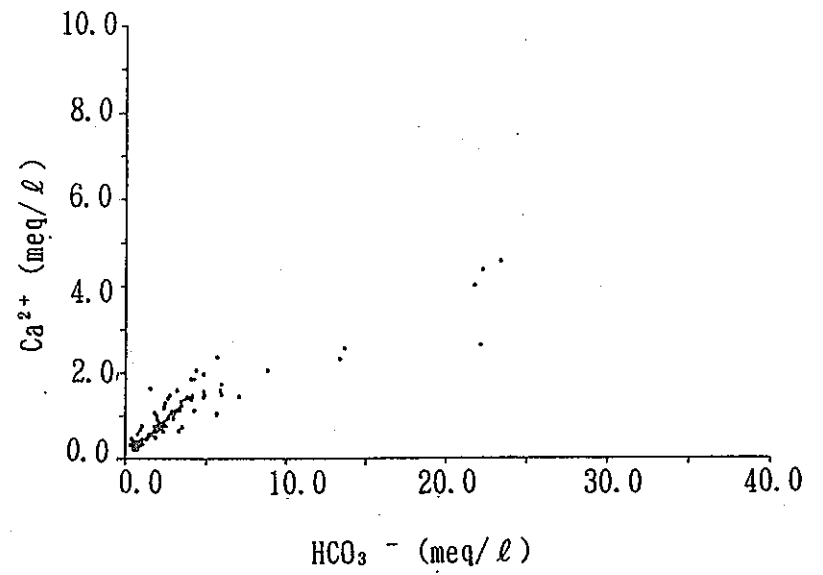
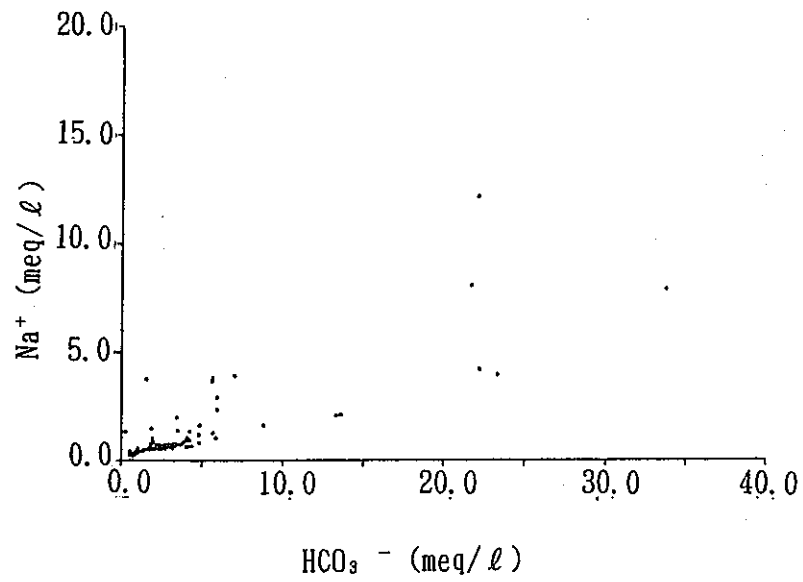


図22. HCO_3^- 濃度と陽イオン濃度との関係図 (第四紀火山岩類)

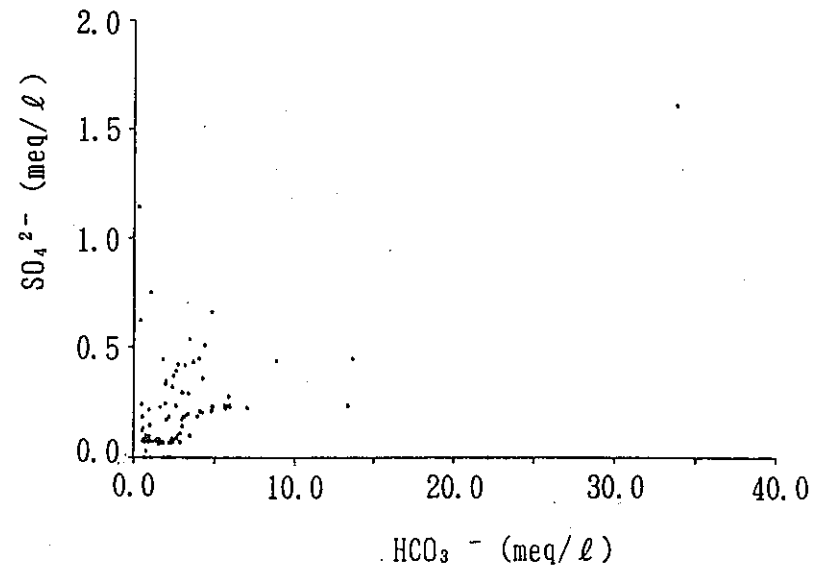
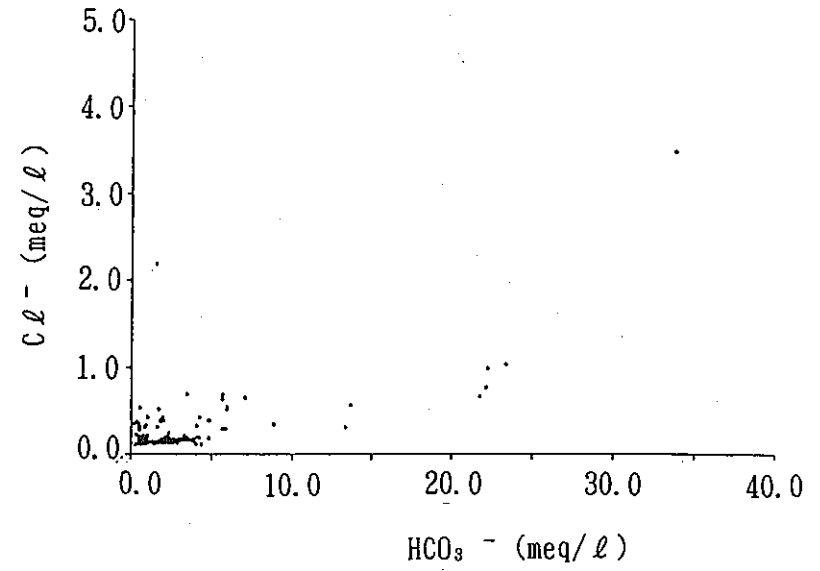
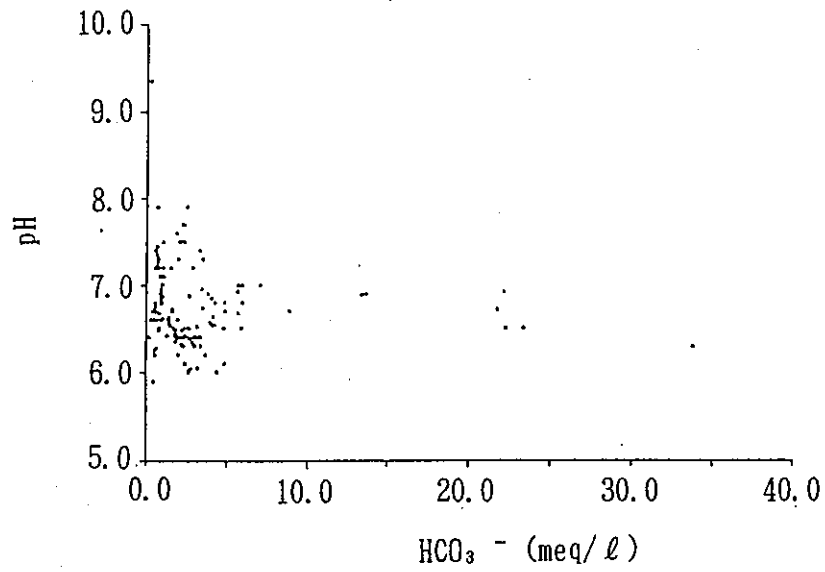


図 2 3. HCO_3^- 濃度と pH および陰イオン濃度との関係図 (第四紀火山岩類)

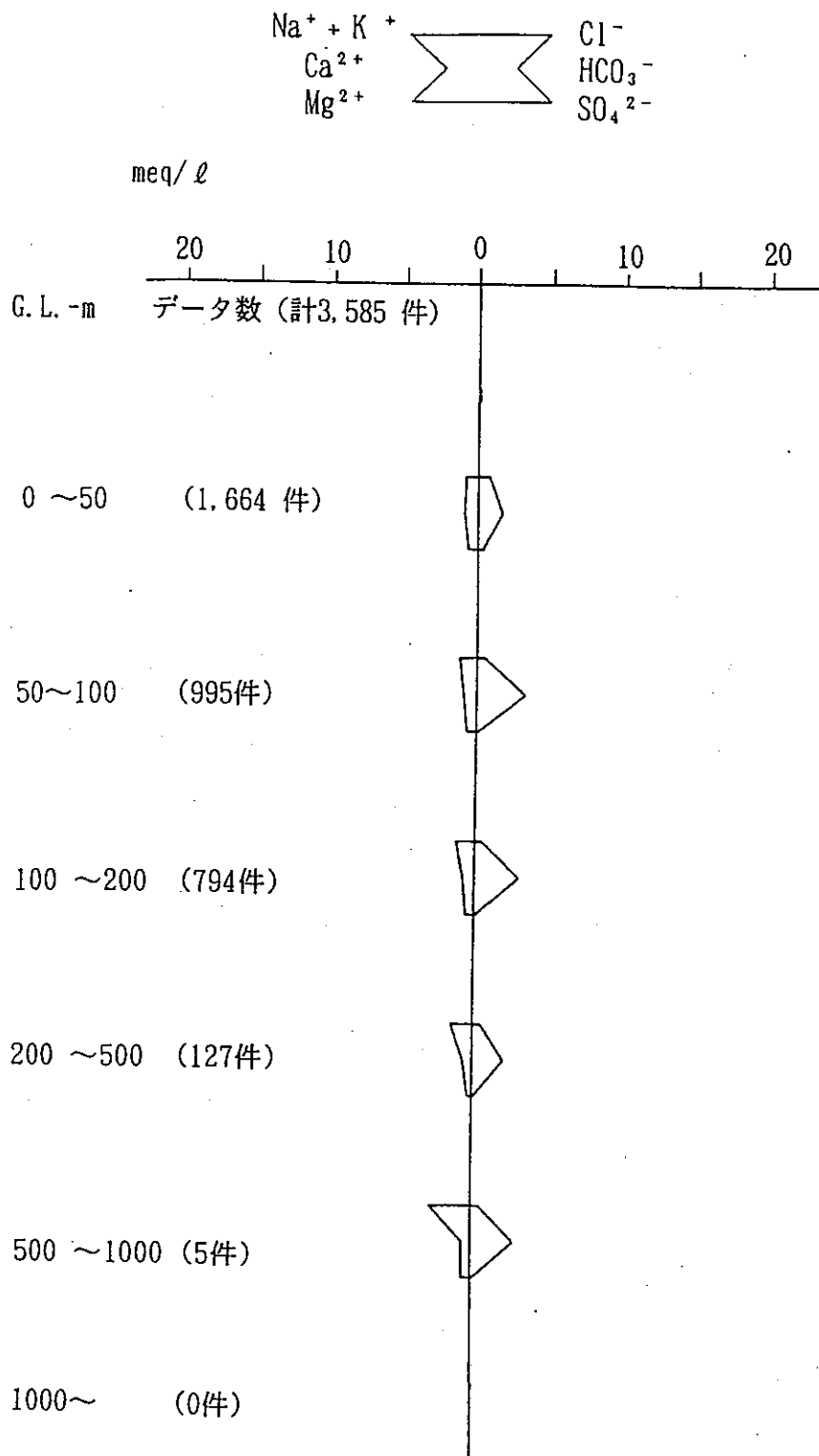


図 2 4. 第四紀堆積岩地帯の地下水の化学組成 (ヘキサダイアグラム)

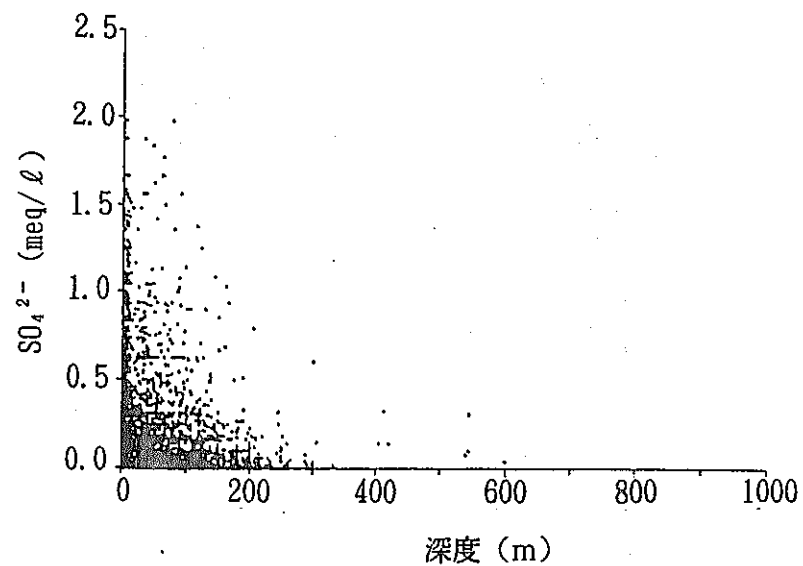
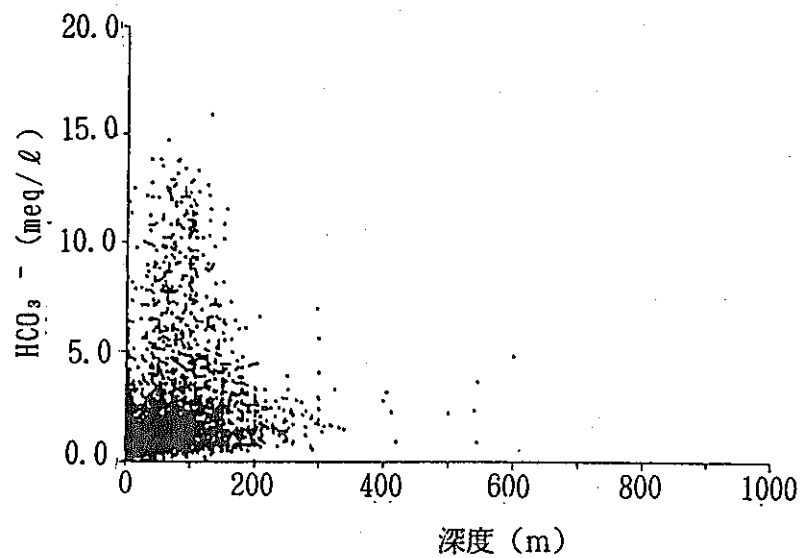
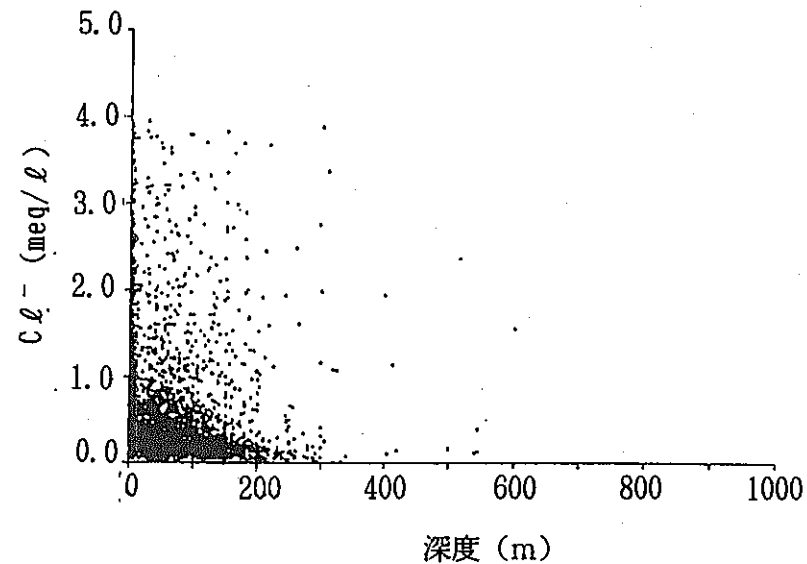
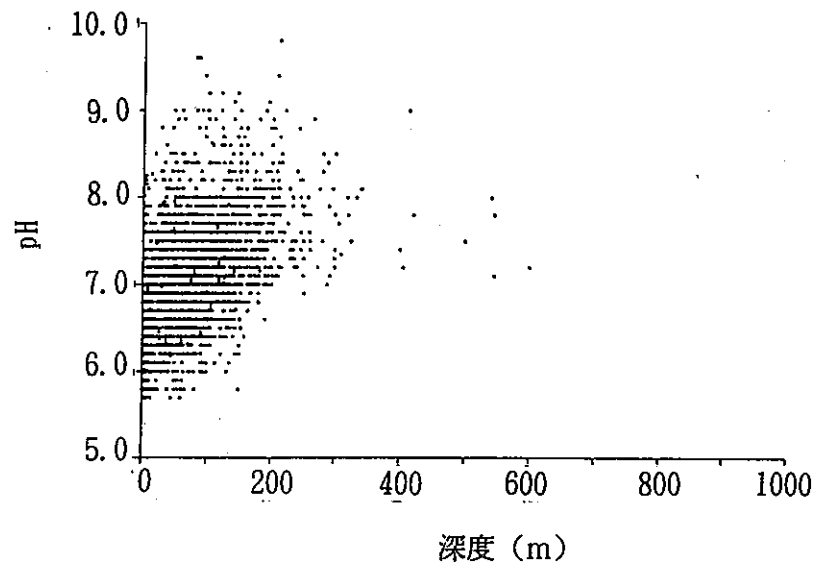


図25. 採水深度とpHおよび陰イオン濃度との関係図 (第四紀堆積岩)

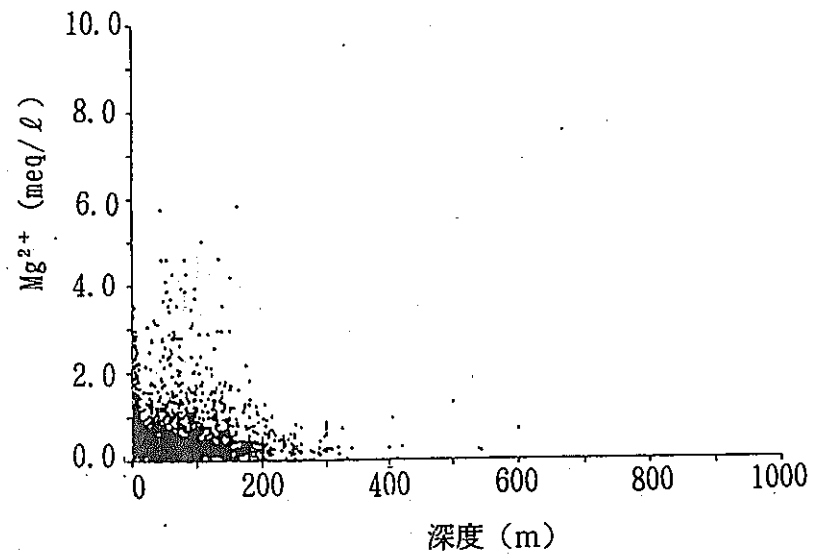
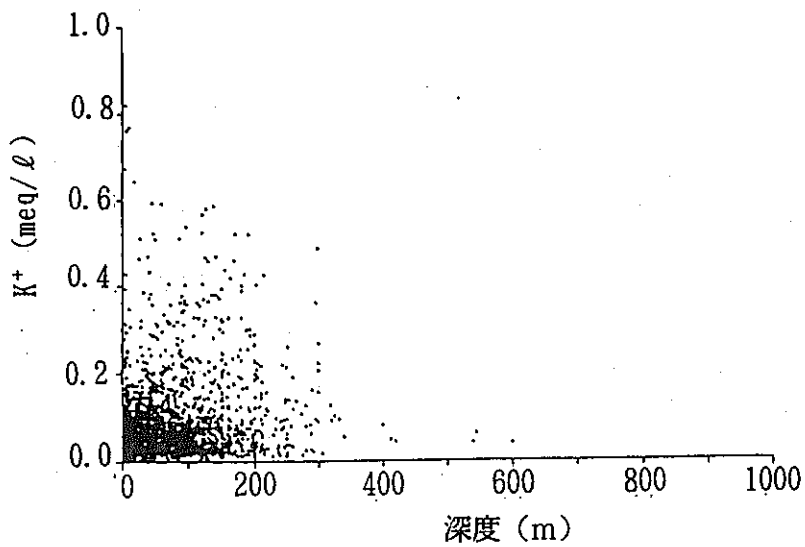
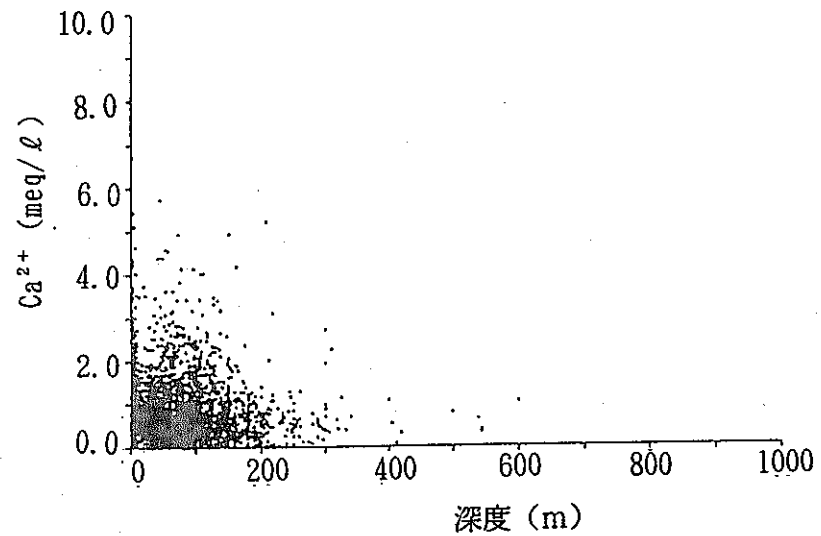
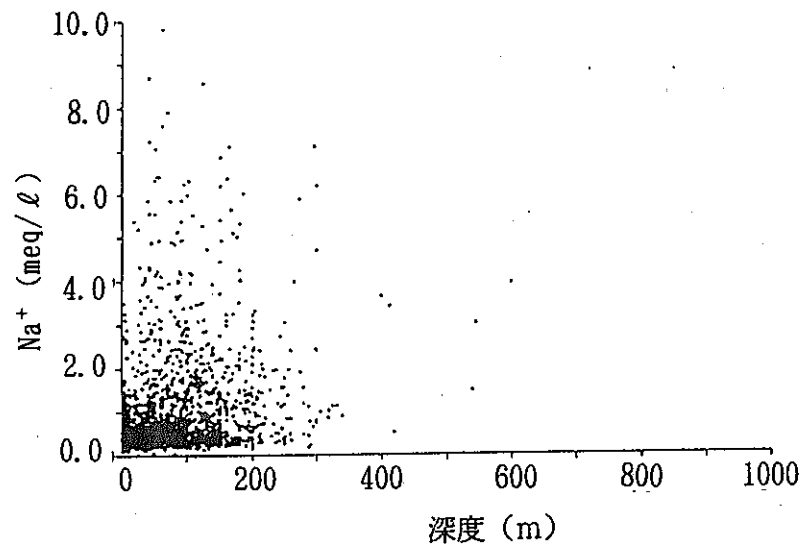


図26. 採水深度と陽イオン濃度との関係図(第四紀堆積岩)

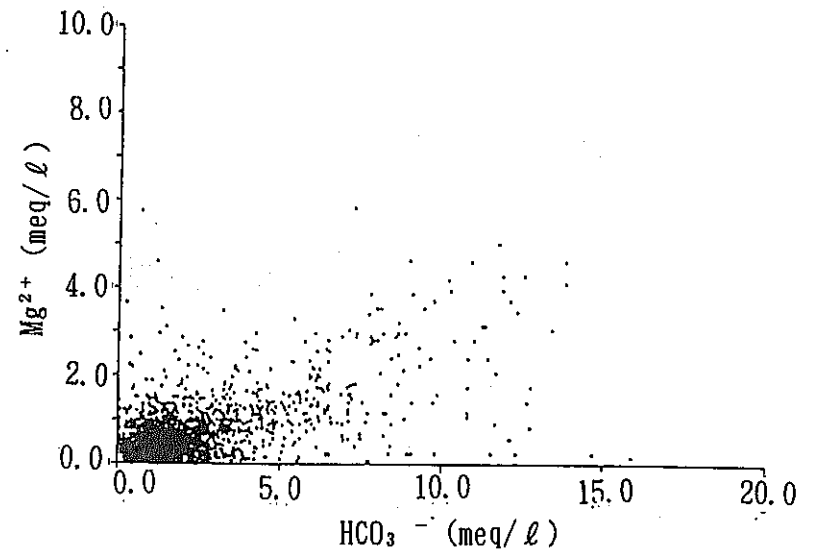
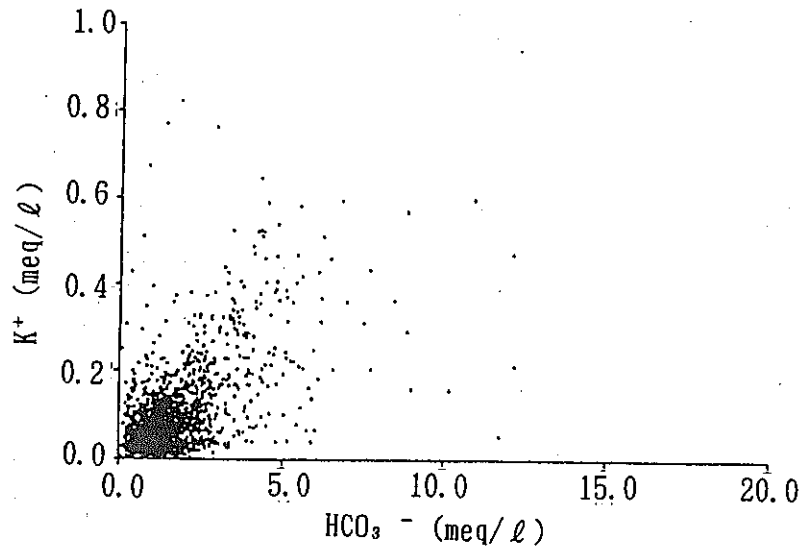
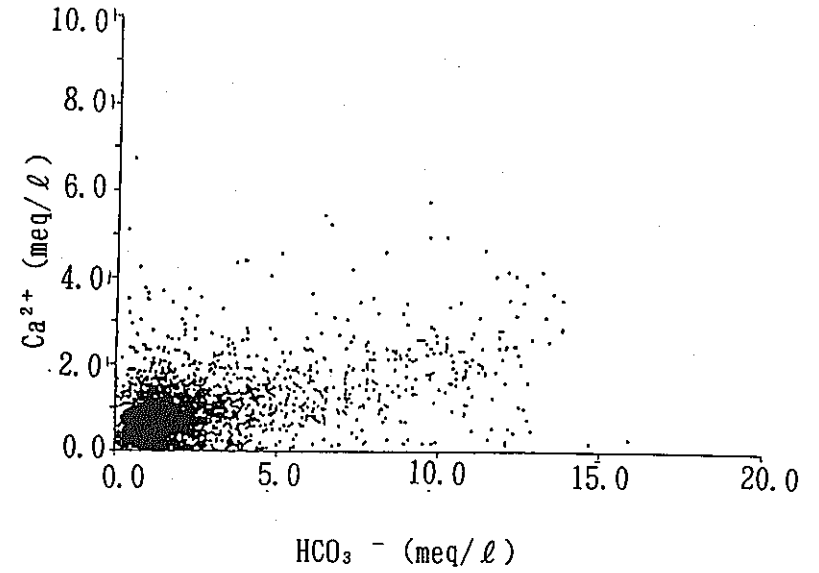
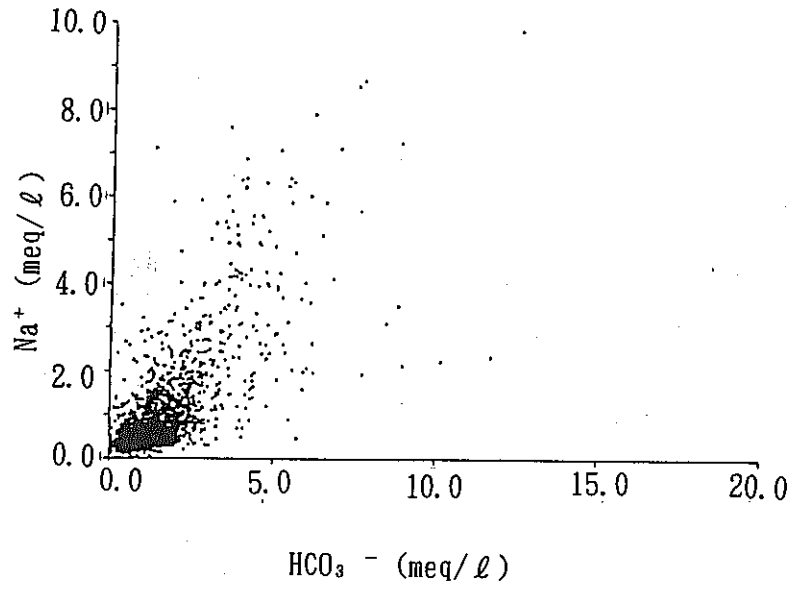


図27. HCO_3^- 濃度と陽イオン濃度との関係図 (第四紀堆積層)

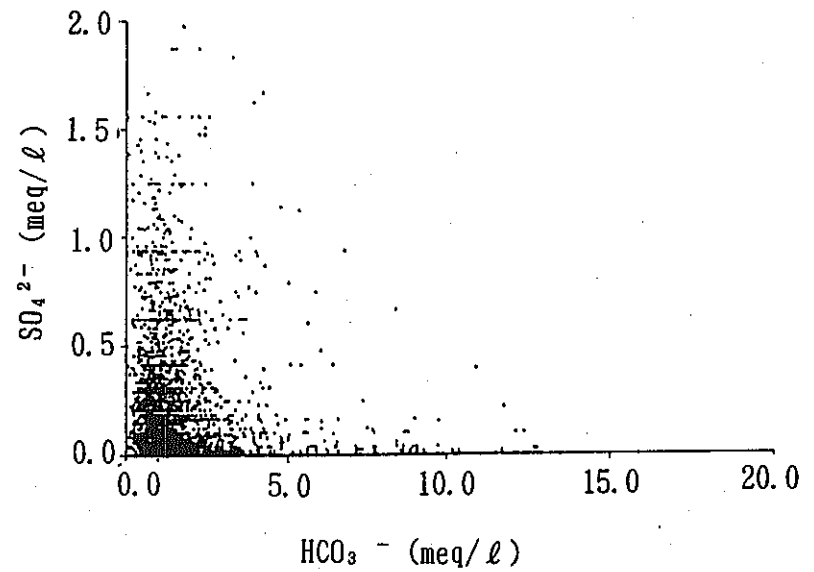
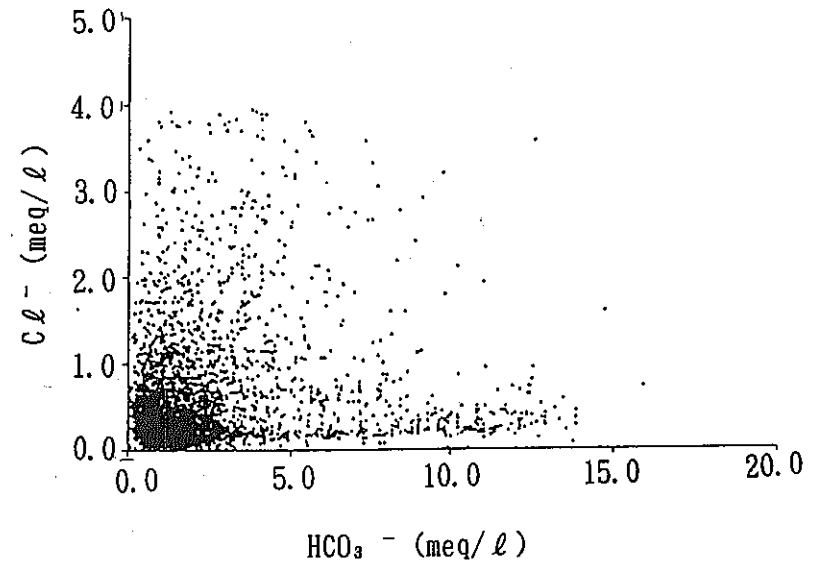
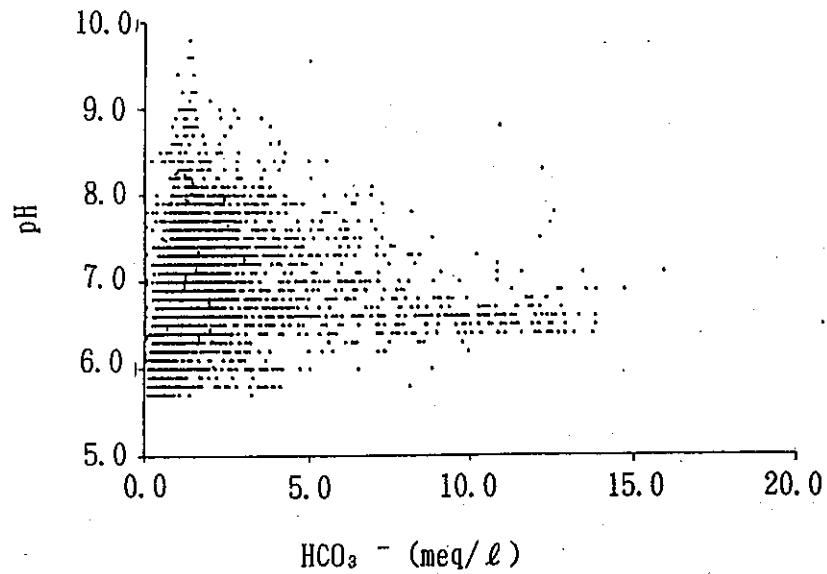


図28. HCO₃⁻濃度とpHおよび陰イオン濃度との関係図(第四紀堆積層)

— 技術レポートリスト —

- TR/GE 89-01 清水和彦：地質環境データベースシステムの開発研究（基本設計），
PNC TN7410 89-029
- TR/GE 89-02 仙波毅・尾方伸久・坪田浩二：ボアホールレーダの我が国における花
崗岩岩盤への適用試験，PNC TN7410 90-003
- TR/GE 89-03 武田精悦（訳）：国際ストリパプロジェクト，PNC TN7410 90-004
- TR/GE 89-04 尾方伸久・大澤英昭：地下水特性調査技術開発の現状，検層技術(1)，
PNC TN7410 90-005
- TR/GE 89-05 尾方伸久・大澤英昭：地下水特性調査技術開発の現状，検層技術(2)，
PNC TN7410 90-006
- TR/GE 89-06 大澤英昭・吉田英一：深部花崗岩中の割れ目解析－花崗岩岩盤におけ
る割れ目特性およびその分布特性に関する研究－，
PNC TN7410 90-007
- TR/GE 89-07 杉原弘造・二宮康郎：堆積岩盤中における掘削影響評価－掘削による
緩み領域の計測・評価手法の研究開発－，
PNC TN7410 90-009
- TR/GE 89-08 柳澤孝一：広域地下水流動調査の現状について，PNC TN7410 90-021
- TR/GE 89-09 吉田英一：粘土質岩中における核種移行試験・研究－ベルギー・モル
原子力研究所との共同研究（その1）－，
PNC TN7410 90-019
- TR/GE 90-01 今井久・柳澤孝一：3次元飽和不飽和浸透流解析プログラムTAGSACの
概要，PNC TN7410 90-026

- TR/GE 90-02 野原壯・瀬尾俊弘・落合洋治：ウラン鉱床を利用したナチュラルアナログ研究（その1）－ウラン系列核種の放射非平衡について－，PNC TN7410 91-030
- TR/GE 90-03 吉田英一：粘土質岩中における核種移行試験研究－ベルギー・モル原子力研究所との共同研究（その2）－，PNC TN7410 91-017
- TR/GE 90-04 柳澤孝一・今井久・斎藤章・大澤英昭・中島誠：立坑掘削影響試験における地下水流動影響予測解析，PNC TN7410 91-013
- TR/GE 90-05 清水和彦：地質環境の長期的隔離能に係わる天然事象について(1)
－気候変動と海面変動－，PNC TN7410 91-010
- TR/GE 91-01 Yoshida, H., M. Yui and T. Shibutani: A Study of Influence Factor on Uranium Fixation in the Tono Uranium Deposit, Japan, PNC TN7410 91-061
- TR/GE 91-02 中野勝志・斎藤章・花木達美：難透水性岩石を対象とした室内透水試験装置の開発，PNC TN7410 91-050
- TR/GE 91-03 尾方伸久・大澤英昭・仙波毅・柳澤孝一：多変量統計解析手法を用いた結晶質岩盤の割れ目解析，PNC TN7410 92-001
- TR/GE 91-04 石丸恒存・清水和彦：地質環境の長期的隔離性能に係わる天然事象について(2)－火山活動－，PNC TN7410 91-031
- TR/GE 91-05 仙波毅・尾方伸久・長谷川健・岩崎浩・渡辺邦夫：ボアホールレーダーによる結晶質岩盤中の割れ目帯調査－釜石鉱山原位置試験場における調査について－，PNC TN7410 92-005
- TR/GE 92-01 柳澤孝一， 古屋和夫， 大澤英昭， 若松尚則， 梅田浩司：我が国における地盤の透水性に関する調査・研究（その1），
PNC TN7410 92-015

- TR/GE 92-02 佐藤稔紀・石丸恒存・杉原弘造・清水和彦：文献調査による我が国の
岩石の物理的特性に関するデータの収集，PNC TN7410 92-018
- TR/GE 92-03 瀬尾俊弘，清水和彦：我が国における地下水の水質に関するデータの
収集・解析，PNC TN7410 92-017
- TR/GE 92-04 柳澤孝一，今井久，古屋和夫，若松尚則，梅田浩司：我が国を対象とした
地下水流動解析－その1 中部日本を対象にした地下水流動解
析－，PNC TN7410 92-019
- TR/GE 92-05 柳澤孝一，若松尚則，梅田浩司，今井久，古屋和夫：我が国における
水理地質学的特性に関する調査・研究，
PNC TN7410 92-012