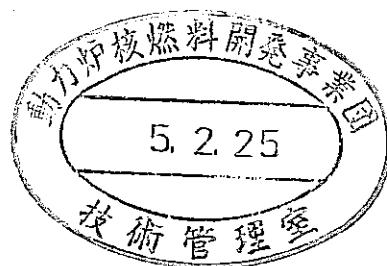


分配係数及び実効拡散係数の測定方法の開発

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書)



1991年10月

三菱原子力工業株式会社

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。については、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に特に注意して下さい。

本資料についての問合せは下記に願います。

〒107 東京都港区赤坂1-9-13

動力炉・核燃料開発事業団

技術協力部 技術管理室

限 定 資 料

PNC ZJ1214 91-010

1991年10月

分配係数及び実効拡散係数の測定方法の開発

瀧 洋 * 羽田晃治 *

要 旨

低レベル放射性廃棄物の処分方法として、地層処分法が検討されている。地層中における核種の移行挙動の解明は、安全性評価上重要な検討課題である。岩石等に対する核種の分配係数及び実効拡散係数は、移行挙動の主要な影響因子であるが、そのデータは少ない。本研究では、岩石等に対する核種の分配係数及び実効拡散係数を測定する方法を開発することを目的として、各種岩石及びベントナイトと放射性核種による基礎的試験を実施した。

得られた結果を以下に示す。

(1) 各種岩石(ベントナイト)に対する ^{113}Sn , ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{226}Ra の分配係数に関する基礎データが得られた。

- ① ^{113}Sn 分配係数: $> 240 (\text{ml/g})$ 海水及び純水模擬地下水
- ② ^{95}Zr 分配係数: $700 \sim 3,000 (\text{ml/g})$ 海水模擬地下水
 $1000 \sim 40,000 (\text{ml/g})$ 純水模擬地下水
- ③ ^{95}Nb 分配係数: $300 \sim 7,000 (\text{ml/g})$ 海水模擬地下水
 $200 \sim 40,000 (\text{ml/g})$ 純水模擬地下水
- ④ ^{226}Ra 分配係数: 約 $30 (\text{ml/g})$ 海水模擬地下水
 $500 \sim 600 (\text{ml/g})$ 純水模擬地下水

(2) 各種岩石に対する ^{134}Cs , ^{99}Tc , ^{237}Np の実効拡散係数に関する基礎データが得られた。

- ① ^{134}Cs 実効拡散係数: $10^{-8} \sim 10^{-9} (\text{cm}^2/\text{sec})$
- ② ^{99}Tc 実効拡散係数: $10^{-9} \sim 10^{-10} (\text{cm}^2/\text{sec})$
- ③ ^{237}Np 実効拡散係数: $10^{-8} \sim 10^{-9} (\text{cm}^2/\text{sec})$

(3) pH及び共存イオンは、分配係数測定試験及び実効拡散係数測定試験における重要な影響因子である。

本報告書は、三菱原子力工業株式会社が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

契約番号：020D0163

事業団担当者：環境技術開発部 地層処分開発室

芦田 敬

* 三菱原子力工業株式会社 大宮研究所

COMMERCIAL PROPRIETARY
PNC ZJ1214 91-010
OCTOBER, 1991

Measurement Study on Distribution Coefficient and Effective Diffusion Coefficient for some Rocks and Bentonite

H. Taki* , K. Hata*

A b s t r a c t

Recently, the geological disposal system of radioactive waste package have been investigated.

Migration and transport behavior of radioactive isotopes through a repository media are the major concern to the risk evaluation and the performance assessment for the isolation of radioactive waste package from biosphere environment.

Distribution coefficient (K_d) and effective diffusion coefficient (D_e) have the definitive effects on the migration and the transport behavior of radioactive waste package in a repository media.

However, basic data on K_d and D_e are far insufficient for the risk evaluation and the performance assessment.

The purpose of the present work was to develop the experimental methods of measuring K_d and D_e for some natural minerals.

To measure K_d and D_e for nuclides, some basic experiments were conducted by using radioactive isotopes, rocks and bentonite.

The results were summarized as follows.

(1) Kd of ^{113}Sn , ^{95}Zr , ^{95}Nb , and ^{226}Ra for rocks and bentonite were obtained, as follows.

- ① ^{113}Sn Kd : > 240 ($\text{m}\ell/\text{g}$) sea water and pure water
- ② ^{95}Zr Kd : 700~ 3,000 ($\text{m}\ell/\text{g}$) sea water
- Kd : 1000~40,000 ($\text{m}\ell/\text{g}$) pure water
- ③ ^{95}Nb Kd : 300~ 7,000 ($\text{m}\ell/\text{g}$) sea water
- Kd : 200~40,000 ($\text{m}\ell/\text{g}$) pure water
- ④ ^{226}Ra Kd : about 30 ($\text{m}\ell/\text{g}$) sea water
- Kd : 500~ 600 ($\text{m}\ell/\text{g}$) pure water

(2) De of ^{134}Cs , ^{99}Tc , and ^{237}Np for rocks were obtained, as follows.

- ① ^{134}Cs De : $10^{-8} \sim 10^{-9}$ (cm^2/sec)
- ② ^{99}Tc De : $10^{-9} \sim 10^{-10}$ (cm^2/sec)
- ③ ^{237}Np De : $10^{-8} \sim 10^{-9}$ (cm^2/sec)

(3) The pH value and ionic strength are the important factors affecting Kd and De.

Work performed by Mitsubishi Atomic Power Industries, Inc. under contract with
Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

PNC Liaison : Geological Isolation Technology Section, (GIS) Waste Technology
Development Division, Tokai Works, PNC. (TAKASHI ASHIDA)

* Mitsubishi Atomic Power Industries, Inc. Omiya Technical Institute.

目 次

| | 頁 |
|---------------------------------------|-------|
| ・和文要旨 | I |
| ・英文要旨 | III |
| ・目 次 | V |
| ・図 目 次 (1/2) | VII |
| ・図 目 次 (2/2) | VIII |
| ・表 目 次 (1/2) | IX |
| ・表 目 次 (2/2) | X |
| 1. まえがき | 1 |
| 2. 実施内容 | 2 |
| 2.1 試験装置の設計・製作 | 2 |
| 2.2 岩石及びベントナイトと純水及び海水との平衡液の作製 | 2 |
| 2.3 岩石等に対する核種の分配係数測定試験 | 2 |
| 2.4 岩石に対する核種の実効拡散係数測定試験 | 2 |
| 3. 試 験 | 2 |
| 3.1 供試材 | 2 |
| 3.1.1 分配係数測定試験用粉碎岩石及びベントナイト (PNC殿支給品) | 2 |
| 3.1.2 実効拡散係数測定試験用加工岩石 (PNC殿支給品) | 3 |
| 3.1.3 人工海水 (PNC殿支給品) | 3 |
| 3.1.4 R I | 3 |
| 3.2 試験装置(拡散セル)の設計・製作 | 3 |
| 3.3 岩石及びベントナイトと純水及び海水との平衡液の作製 | 3 |
| 3.4 R I 溶液添加後のpH変化確認予備試験 | 3 |
| 3.5 試験液の作製 | 4 |
| 3.5.1 分配係数測定試験用試験液 | 4 |
| 3.5.2 実効拡散係数測定試験用試験液 | 4 |

| | |
|------------------------------------|--------|
| 3.6 分配係数測定試験 | 5 |
| 3.7 実効拡散係数測定試験 | 5 |
| 3.8 サンプリング及び測定 | 5 |
| 3.8.1 分配係数測定試験 | 5 |
| 3.8.2 実効拡散係数測定試験 | 5 |
| 4. 試験結果及び評価 | 6 |
| 4.1 分配係数測定試験 | 6 |
| 4.1.1 岩石及びベントナイトと純水及び海水との平衡液の作製 | 6 |
| 4.1.2 R I 溶液添加後のpH変化確認予備試験 | 6 |
| 4.1.3 試験液の作製 | 7 |
| 4.1.4 ^{113}Sn 分配係数測定試験 | 9 |
| 4.1.5 ^{95}Zr 分配係数測定試験 | 11 |
| 4.1.6 ^{95}Nb 分配係数測定試験 | 12 |
| 4.1.7 ^{226}Ra 分配係数測定試験 | 12 |
| 4.2 実効拡散係数測定試験 | 13 |
| 4.2.1 加工岩石試験前海水及び純水中浸漬 | 13 |
| 4.2.2 試験前加工岩石漏洩確認 | 13 |
| 4.2.3 ^{134}Cs 実効拡散係数測定試験 | 13 |
| 4.2.4 ^{99}Tc 実効拡散係数測定試験 | 15 |
| 4.2.5 ^{237}Np 実効拡散係数測定試験 | 16 |
| 5. まとめ | 17 |
| 6. 参考文献 | 19 |

図 目 次 (1/2)

| | 頁 |
|--|----|
| 図3-1 加工岩石形状 | 20 |
| 図3-2 拡散セル | 21 |
| 図3-3 ^{113}Sn 試験液作製及び核種濃度測定前処理方法 | 22 |
| 図3-4 ^{95}Zr 試験液作製及び核種濃度測定前処理方法 | 23 |
| 図3-5 ^{226}Ra 試験液作製及び核種濃度測定前処理方法 | 24 |
| 図3-6 分配係数測定試験方法 | 25 |
| 図3-7 実効拡散係数測定試験方法 | 26 |
| 図3-8 加工岩石取付図 | 27 |
| 図3-9 分配係数測定試験サンプリング及び測定前処理 | 28 |
| 図3-10 $0.45\ \mu\text{m}$ 及び $0.2\ \mu\text{m}$ フィルタ前処理 | 29 |
| 図3-11 限外濾過フィルタ前処理 | 30 |
| 図3-12 実効拡散係数測定試験サンプリング及び測定前処理(^{134}Cs , ^{237}Np) | 31 |
| 図3-13 実効拡散係数測定試験サンプリング及び測定前処理(^{99}Tc) | 32 |
| 図4-1 平衡液pH測定結果 | 33 |
| 図4-2 純水平衡液電導度測定結果 | 34 |
| 図4-3 海水平衡液電導度測定結果 | 35 |
| 図4-4 岩石(ベントナイト)平衡液元素濃度測定結果(その1) | 36 |
| 図4-5 岩石(ベントナイト)平衡液元素濃度測定結果(その2) | 37 |
| 図4-6 岩石(ベントナイト)平衡液元素濃度測定結果(その3) | 38 |
| 図4-7 岩石(ベントナイト)平衡液元素濃度測定結果(その4) | 39 |
| 図4-8 岩石(ベントナイト)平衡液元素濃度測定結果(その5) | 40 |
| 図4-9 岩石(ベントナイト)平衡液元素濃度測定結果(その6) | 41 |
| 図4-10 RI添加後のpH変化確認予備試験結果 | 42 |
| 図4-11 水酸イオン OH^- と溶解度の小さい化合物を作る陽イオン | 43 |
| 図4-12 試験液 ^{95}Zr 濃度測定結果 | 44 |
| 図4-13 試験液 ^{95}Nb 濃度測定結果 | 45 |
| 図4-14 試験液 ^{226}Ra 濃度測定結果 | 46 |

図 目 次 (2/2)

| | 頁 |
|---|----|
| 図4-15 $^{113}\text{S}\text{n}$ 試験液 pH 測定結果 | 47 |
| 図4-16 ^{95}Zr (^{95}Nb) 試験液 pH 測定結果 | 48 |
| 図4-17 ^{226}Ra 試験液 pH 測定結果 | 49 |
| 図4-18 花崗閃綠岩重量測定結果 | 50 |
| 図4-19 斑レイ岩重量測定結果 | 51 |
| 図4-20 流紋岩重量測定結果 | 52 |
| 図4-21 玄武岩重量測定結果 | 53 |
| 図4-22 泥岩重量測定結果 | 54 |
| 図4-23 緑色片岩重量測定結果 | 55 |
| 図4-24 砂質片岩重量測定結果 | 56 |
| 図4-25 泥質片岩重量測定結果 | 57 |
| 図4-26 花崗閃綠岩- ^{134}Cs 濃度 | 58 |
| 図4-27 流紋岩- ^{134}Cs 濃度 | 59 |
| 図4-28 緑色片岩- ^{134}Cs 濃度 | 60 |
| 図4-29 砂質片岩- ^{134}Cs 濃度 | 61 |
| 図4-30 泥 岩- ^{134}Cs 濃度 | 62 |
| 図4-31 花崗閃綠岩- ^{99}Tc 濃度 | 63 |
| 図4-32 緑色片岩- ^{99}Tc 濃度 (海水) | 64 |
| 図4-33 緑色片岩- ^{99}Tc 濃度 (純水) | 65 |
| 図4-34 砂質片岩- ^{99}Tc 濃度 | 66 |
| 図4-35 泥 岩- ^{99}Tc 濃度 | 67 |
| 図4-36 花崗閃綠岩- ^{237}Np 濃度 | 68 |
| 図4-37 流紋岩- ^{237}Np 濃度 | 69 |

表 目 次 (1/2)

| | 頁 |
|---|----|
| 表3- 1 加工岩石寸法測定結果 (No. 1) | 70 |
| 表3- 2 加工岩石寸法測定結果 (No. 2) | 71 |
| 表3- 3 加工岩石寸法測定結果 (No. 3) | 72 |
| 表3- 4 人工海水成分分析結果 | 73 |
| 表3- 5 R I 溶液仕様 | 74 |
| 表3- 6 分配係数測定試験条件 | 75 |
| 表3- 7 分配係数測定試験岩石種及び核種 | 75 |
| 表3- 8 実効拡散係数測定試験条件 | 76 |
| 表3- 9 実効拡散係数測定試験岩石種及び核種 | 76 |
| 表4- 1 平衡液 pH, 電導度測定結果 | 77 |
| 表4- 2 平衡液元素濃度測定結果 | 78 |
| 表4- 3 R I 溶液添加時の pH 変化確認予備試験結果 | 79 |
| 表4- 4 分配係数測定試験試験液 pH 調整結果 (No. 1) | 80 |
| 表4- 5 分配係数測定試験試験液 pH 調整結果 (No. 2) | 81 |
| 表4- 6 試験前試験液 pH 及び ¹¹³ Sn 濃度 | 82 |
| 表4- 7 試験前試験液 pH 及び ⁹⁵ Zr 濃度 | 83 |
| 表4- 8 試験前試験液 pH 及び ⁹⁵ Nb 濃度 | 84 |
| 表4- 9 試験前試験液 pH 及び ²²⁶ Ra 濃度 | 85 |
| 表4-10 ¹¹³ Sn, ⁹⁵ Zr 減少率 | 86 |
| 表4-11 ⁹⁵ Zr, ²²⁶ Ra 減少率 | 87 |
| 表4-12 試験液 ¹¹³ Sn 濃度測定結果 | 88 |
| 表4-13 試験液 ⁹⁵ Zr 濃度測定結果 | 89 |
| 表4-14 試験液 ⁹⁵ Nb 濃度測定結果 | 90 |
| 表4-15 試験液 ²²⁶ Ra 濃度測定結果 | 91 |
| 表4-16 ¹¹³ Sn 分配係数 (Kds) | 92 |
| 表4-17 ⁹⁵ Zr 分配係数 (Kdz) | 93 |
| 表4-18 ⁹⁵ Nb 分配係数 (Kdn) | 94 |

表 目 次 (2/2)

| | 頁 |
|---|-----|
| 表4-19 ^{226}Ra 分配係数 ($K d_R$) | 95 |
| 表4-20 加工岩石重量測定結果 (No. 1) | 96 |
| 表4-21 加工岩石重量測定結果 (No. 2) | 97 |
| 表4-22 加工岩石重量測定結果 (No. 3) | 98 |
| 表4-23 加工岩石重量測定結果 (No. 4) | 99 |
| 表4-24 実効拡散係数測定試験用加工岩石漏洩状況及び対策 | 100 |
| 表4-25 ^{134}Cs 試験液 pH 測定結果 | 101 |
| 表4-26 ^{99}Tc 試験液 pH 測定結果 | 102 |
| 表4-27 ^{237}Np 試験液 pH 測定結果 | 103 |
| 表4-28 ^{134}Cs 濃度測定結果 | 104 |
| 表4-29 ^{99}Tc 濃度測定結果 | 105 |
| 表4-30 ^{237}Np 濃度測定結果 | 106 |
| 表4-31 ^{134}Cs 実効拡散係数 (D_e) 及び rock capacity factor (α) | 107 |
| 表4-32 ^{99}Tc 実効拡散係数 (D_e) 及び rock capacity factor (α) | 107 |
| 表4-33 ^{237}Np 実効拡散係数 (D_e) 及び rock capacity factor (α) | 107 |

1. まえがき

再処理工場で発生する低レベル放射性廃棄物の処分を行うにあたり、核種の地層中における挙動は重要な評価項目の1つである。しかし、その評価項目のうちで主要な影響因子である岩石等に対する核種の分配係数及び実効拡散係数のデータは、特に不足している。⁽¹⁾

本研究では、岩石等に対する核種の分配係数及び実効拡散係数を測定する方法を開発することを目的として、各種岩石及びベントナイトと放射性核種を用いてバッチ法による吸着試験及びThrough-Diffusion法による定常拡散試験を実施した。

本報告書は、上記により得られた成果をまとめたものである。

2. 実施内容

本試験研究では、岩石等に対する核種の分配係数及び実効拡散係数を測定する方法を開発することを目的として、以下の研究を実施した。

2.1 試験装置の設計・製作

分配係数測定試験は、ポリ容器に試験液と岩石（ベントナイト）を入れ、所定時間毎に試験液内核種濃度を測定するバッチ法を採用した。実効拡散係数測定試験では、中央に岩石をセットし高濃度の拡散源から岩石試料を拡散してきた核種の濃度変化から実効拡散係数を求めるThrough-Diffusion 法を採用した。Through-Diffusion法による実効拡散係数測定試験では、拡散セルを設計・製作した。

2.2 岩石及びベントナイトと純水及び海水との平衡液の作製

地層内部の地下水は、周囲の岩石等と平衡状態になっていると考えられるため、純水及び海水と岩石及びベントナイトの平衡液を作製し、模擬地下水とした。

2.3 岩石等に対する核種の分配係数測定試験

ポリ容器に試験液と岩石（ベントナイト）を入れ、所定時間毎に試験液をサンプリングし固液分離した後、試験液内核種濃度を測定することにより分配係数を求めた。

2.4 岩石に対する核種の実効拡散係数測定試験

Through-Diffusion 法により、実効拡散係数測定試験を行った。すなわち、拡散セルの中央に岩石をセットし、一方のセルには拡散源となる高濃度R I 溶液（試験液）を入れ、もう一方のセルに純水または海水を入れる。所定時間毎に拡散側純水及び海水を所定量サンプリングして核種濃度を測定し、実効拡散係数を求めた。

3. 試験

3.1 供試材

3.1.1 分配係数測定試験用粉碎岩石及びベントナイト（P N C 殿支給品）

本試験では、花崗閃緑岩、玄武岩、凝灰岩、泥岩及びベントナイト（クニゲルV 1）を粉碎して供試材とした。岩石の粒度は41メッシュ以下である。

3.1.2 実効拡散係数測定試験用加工岩石（PNC 殿支給品）

図3-1に加工岩石の形状を示す。加工岩石は外径30mm、厚さ5mmである。本試験では、この加工岩石を内径30mm、外径55mmのリングにはめ込み、接合部をエポキシ系接着剤で接着して拡散セルに組み込み、試験を実施した。

表3-1～3に寸法測定結果を示す。

3.1.3 人工海水（PNC 殿支給品）

本試験では、人工海水にR Iを添加して試験液を作製した。表3-4に人工海水の成分分析結果を示す。

3.1.4 R I

試験に供したR Iの仕様を表3-5に示す。

3.2 試験装置（拡散セル）の設計・製作

図3-2に実効拡散係数測定試験用に製作した拡散セルを示す。以下にその仕様を示す。

- ・材質 セル：アクリル（蓋：テフロン、パッキン：シリコンゴム）
- ・セル形状 $45\text{mm} \times 45\text{mm} \times 50\text{mm}$
- ・セル容量 100 ml

3.3 岩石及びベントナイトと純水及び海水との平衡液の作製

平衡液は、純水及び人工海水に岩石及びベントナイトを岩石固液比1:10、ベントナイト固液比1:50の条件で浸漬して作製した。平衡の確認は、1回／1日攪拌しながら所定時間毎にサンプリングして岩石及びベントナイトの主要構成元素並びにpH及び電導度を測定することにより行った。元素の測定はサンプルを $0.2\mu\text{m}$ フィルタで濾過した後、ICP発光分光分析により行った。

3.4 R I溶液添加後のpH変化確認予備試験

分配係数及び実効拡散係数測定試験においては、pHの変化が影響することが考えられる。市販のR I溶液は、極低濃度のR Iを化学的に安定な状態で存在させるため、一般的に酸またはアルカリの溶液となっている。このため、岩石及びベントナイト平衡液にR I溶液を添加した場合、pHが変化することが考えられる。さらに岩石及びベントナイトの添加によってもpHが変化すると考えられる。

以上の点より、予備試験を実施してR Iを使用した試験時のp H変化を測定した。

1) 試験方法

- ① 岩石及びベントナイト平衡液を固液分離するため、 $0.45\mu m$ フィルタで濾過
- ② 塩酸(H C 1)をR I溶液添加時と同量添加し、p H測定
- ③ 岩石及びベントナイトを添加し、p H測定
- ④ 以後p Hが平衡になるまで適時p H測定

2) 試験条件

- ① 平衡液量 : $50mL$
- ② 添加H C 1濃度 : 1 N ($1 mol/L$)
- ③ H C 1添加量 : ^{113}Sn 模擬液 $0.60mL (6.0 \times 10^{-4} mol)$
 ^{95}Zr 模擬液 $0.10mL (1.0 \times 10^{-4} mol)$
 ^{226}Ra 模擬液 $0.83mL (8.3 \times 10^{-4} mol)$
- ④ 岩石添加量 : 5 g
- ⑤ ベントナイト添加量 : 1 g

3.5 試験液の作製

3.5.1 分配係数測定試験用試験液

分配係数測定用試験液は、当初計画では岩石及びベントナイトと純水及び海水平衡液にR Iを添加した後、1 Nの水酸化ナトリウム(NaOH)をそれぞれの平衡液のp Hに戻るまで添加し作製する予定であったが、後述の試験結果で述べるように、p Hを上昇させることにより ^{113}Sn 及び ^{95}Zr は不溶性の化合物をつくってしまうため、p H調整は実施しないこととした。

図3-3～5に各核種の試験液作製及び核種濃度測定前処理方法を示す。

$0.45\mu m$ フィルタ濾過は、固液分離及び不溶性化合物分離のために行った。

3.5.2 実効拡散係数測定試験用試験液

拡散源側試験液(高濃度R I溶液)は純水及び海水にR I溶液を所定量添加して作製した。拡散側試験液(純水及び海水)は、R I添加後の拡散源側試験液と同じp Hになるように硝酸(HNO₃)を添加して調整した。

3.6 分配係数測定試験

図3-6に分配係数測定試験の試験方法を示す。200mℓポリビン（PNC殿指定品：ニッコーイージーボトル）に、岩石10g（ベントナイト：2g）と試験液（純水及び海水）100mℓを入れ、攪拌した後恒温槽に静置して試験を開始した。以後は所定時間毎にポリビン内試験液をサンプリングし、pH及び核種濃度を測定した。また試験中は1回／日攪拌した。

表3-6に試験条件を、表3-7に岩石種及び核種を示す。

3.7 実効拡散係数測定試験

図3-7に実効拡散係数測定試験の試験方法を示す。加工岩石を図3-8に示すように拡散セルにセットした後、拡散側セルに純水（海水）を100mℓ入れ、1日静置し漏洩の無いことを確認した後、拡散源側セルにRIを添加した試験液を入れて試験を開始した。

試験開始後は、所定時間毎に拡散側試験液を2.5mℓサンプリングし、pH及び核種濃度を測定した。サンプリングした後、拡散側セルにサンプリング量と同量の純水または海水を注入し、拡散側セル内の液位を一定にして試験を継続した。

表3-8に試験条件を、表3-9に岩石種及び核種を示す。

3.8 サンプリング及び測定

3.8.1 分配係数測定試験

図3-9にサンプリング及び測定前処理方法を示す。静置状態では、岩石（ベントナイト）がポリビンの底に沈降しているため、サンプリング直前に十分攪拌した後、微量精密ピペットで迅速にサンプリングし、サンプリングによる固液比の変化を防止した。サンプリングした試験液は、0.45μmフィルタ、0.2μmフィルタ、限外濾過膜（分画分子量：10,000）により濾過し、固液分離した後、Ge半導体検出器による核種濃度測定及びガラス電極によるpH測定を行った。

各フィルタは、濾過に先立ちフィルタへの核種の吸着防止及びpH変化による吸着防止のため、図3-10、11に示す前処理を行った。

3.8.2 実効拡散係数測定試験

図3-12、13に各核種のサンプリング及び測定前処理方法を示す。¹³⁷Cs及び²³⁷Npは、サンプリングした試験液を無処理でφ47mm濾紙に含浸させ、Ge半導

体検出器 (^{237}Np は低エネルギー用 Ge 半導体検出器) による核種濃度測定及びガラス電極による pH 測定を行った。 ^{89}Tc は β 線核種のため、Re キャリヤーを添加し、共沈処理を行った後 2π ガスフローカウンターにより核種濃度測定及びガラス電極による pH 測定を行った。

4. 試験結果及び評価

4.1 分配係数測定試験

4.1.1 岩石及びベントナイトと純水及び海水との平衡液の作製

図4-1～3 及び表4-1 に純水及び海水に岩石（ベントナイト）を添加した後の pH 及び電導度測定結果を示す。

岩石（ベントナイト）の添加により凝灰岩は酸性側に pH が変化し、他の岩石及びベントナイトはアルカリ側に変化した。人工海水はイオン強度が強い（pH 約 8, 電導度 45.5 mS/cm）ため、岩石（ベントナイト）添加後の経時変化は凝灰岩の pH を除き明確ではない。純水は緩衝作用が少ないため、岩石（ベントナイト）の添加により pH 及び電導は大きく変化した。その後 pH は時間の経過とともに徐々に低下し、電導度は上昇した。pH の低下は CO_2 の溶解による炭酸イオンの生成によるもの、また電導度の上昇は岩石（ベントナイト）構成元素の溶出によるものと考えられる。図4-4～9 及び表4-2 に元素濃度測定結果を示す。Si は岩石及びベントナイト添加後、時間の経過とともに増加し、約 50 日で平衡に達している。Na, Fe 及び Al は約 20 日後には平衡に達していると考えられる。Si の溶出について純水と海水を比較すると、初期海水平衡液内の Si 濃度は純水平衡液の 1/2～1/3 であったが、平衡到達時にはほぼ同じ濃度となった。

4.1.2 RI 溶液添加後の pH 変化確認予備試験

図4-10 及び表4-3 に試験結果を示す。

ベントナイト-純水平衡液は $0.45 \mu\text{m}$ フィルタでは濾過できなかった。模擬 RI 溶液 (1N HCl 溶液) 添加前岩石（ベントナイト）平衡液の pH は 7.9～9.5 であったが、模擬 RI 溶液添加により 1.9～3.4 に低下した。岩石（ベントナイト）の添加により時間の経過とともに pH が上昇し、6～7 日でベントナイト-海水平衡液を除き、ほぼ平衡に達している。RI 及び岩石（ベントナイト）添加前と添加後の平衡 pH を比較すると、花崗閃緑岩、玄武岩よりも凝灰岩及び泥岩が添加前の pH 値により近い値になる傾向が見られる。

4.1.3 試験液の作製

図3-3～5に示す試験液作製方法において、当初計画では1N(1mol/l)NaOH添加によるpH調整後の0.45μmフィルタ濾過までで、試験液作製は終了する予定であったが、濾過終了後、GMカウンタで濾過液の放射能測定を行ったところ、濾過液の放射能は著しく減少していた。また、フィルタには多量の放射能が検出され、添加したRIの多くがフィルタに捕集されていることが確認された。このため、本試験では濾過を終了した試験液については再度RIを添加し、その後のpH調整は実施しないこととした。またpH調整まで終了している試験液はRI溶液と同量のHClを添加し、生成した水酸化物等を再溶解した。表4-4～5にRI溶液添加量及びpH調整のために添加したNaOH溶液添加量を示す。

表4-6～9にRI再添加、または水酸化物再溶解後、0.45μmフィルタで濾過した濾過液のRI濃度を示す。測定前処理として、図3-3～5に示すように0.45μm, 0.2μm各フィルタ及び限外濾過膜による濾過を実施した。

^{113}Sn の添加量は各試験液とも同量（試験No.13及び15は ^{113}Sn 濃度が低かったため再々添加）であるが、濾過後の濃度は100～400Bq/mlとなり、試験液組成による濃度変化が認められた。濾過フィルタによる濃度差は認められなかった。

玄武岩-純水試験液（試験No.13及び15）のpHが低いのは、上記のように ^{113}Sn を再々添加したことによるものである。

$^{95}\text{Zr}(\text{Nb})$ の添加量も、各試験液とも同量（試験No.2は0.45μmフィルタ濾過後再度 ^{95}Zr を添加、試験No.14及び16はpH調整後RI添加時pHに戻した後再度 ^{95}Zr を添加）であるが、濾過後の濃度は ^{113}Sn の場合よりも大きな変化が認められた。玄武岩-純水試験液（試験No.14及び16）はpHを下げ、再度 ^{95}Zr を添加しても濾過により濃度は著しく低下した。 ^{95}Zr も濾過フィルタによる濃度差は認められなかった。

^{226}Ra は、いずれの組成の試験液も濾過による濃度低下はなかった。また濾過フィルタによる濃度差も認められなかった。

前述のように、 ^{113}Sn 及び $^{95}\text{Zr}(\text{Nb})$ はRI添加後にNaOHによりpH調整し、0.45μmフィルタで濾過した後RI濃度を測定したところ、添加濃度と比較して著しく低い値となった。表4-10に ^{113}Sn 及び ^{95}Zr について添加したRI量に対する濾過後の試験液内RI量の割合（減少率）を求めた結果を示す。 ^{95}Zr は、試験No.2（花崗閃緑岩-海水）試験液のみ上記減少率を測定するため濾過後の測定を行った。

試験No.2（花崗閃緑岩－海水）試験液を除く⁹⁵Zr及び²²⁶Ra試験液は、再度HClを添加してRI添加時のpHに戻した後、0.45μmフィルタで濾過してRI濃度を測定した。表4-11に⁹⁵Zr（試験No.2試験液を除く）及び²²⁶Raについて、添加したRI量に対する濾過後の試験液内RIの割合（減少率）を求めた結果を示す。

表4-10において、pH調整を実施した場合の減少率は岩石種（ベントナイト）、初期試験液pH、純水または海水により¹¹³Snの減少率が大きく異なっている。特に玄武岩－純水及びベントナイト－純水試験液では、添加した¹¹³Snのほぼ全量が0.45μmフィルタに捕集されている。

また花崗閃緑岩－海水試験液で¹¹³Snと⁹⁵Zrを比較すると、¹¹³Snが20%～30%の減少率であるのに対し、⁹⁵Zrは約11%と低い値となった。表4-11に示すNaOH添加後、HClを添加してRI添加時のpHに戻した場合の⁹⁵Zr減少率を求めた結果でも、pH調整を実施した場合と同様に岩石種（ベントナイト）、初期試験液pH、純水または海水により減少率は大きく異なっている。玄武岩－純水試験液は、¹¹³Snと同様に低い値となった。

²²⁶Raは純水及び海水試験液とも90%以上の減少率であった。

Sn及びZrは、図4-11に示すように水酸イオン(OH⁻)と溶解度の小さい化合物をつくる陽イオンとして知られており、⁽²⁾本試験の場合、pH調整のためにNaOHを添加したことにより水酸化物を生成し、0.45μmフィルタに捕集されたことが試験液内のRI濃度減少の一因と考えられる。

濾過後の試験液内RI濃度の減少が上記pH調整によるものであることを確認するため、岩石平衡液（花崗閃緑岩－海水）に¹¹³Snを添加し、pH調整を行わずに0.45μmフィルタで濾過した後放射能測定を行った。その結果、約90%の減少率（濾過後平衡液内¹¹³Sn量/¹¹³Sn添加量×100%）であった。

溶液中の放射性核種の存在状態を調べる試験がいくつか報告されているが、⁽³⁾それによれば、Sn, Zr, Nb等の元素はpH～2付近からコロイドを生成し、pH3付近でほぼ平衡に達する。これらの試験は、10⁻¹⁰～10⁻¹¹M濃度の溶液をpH調整した後、限外濾過しフィルターに捕集される割合を調べる方法で行われた。その結果、pH2付近からフィルターに捕集され、pH3以上では90%以上が捕集されたと報告されている。

本試験の場合、岩石（ベントナイト）平衡液のpHは8～9（凝灰岩平衡液は4.6～4.8）であり、RI添加後でもpHは2～3である。従ってRI添加時点

すでにコロイドが生成しているものと考えられる。さらにNaOHを添加してpHを上昇させることにより、コロイド生成が進行したと考えられる。

また岩石（ベントナイト）平衡液の種類によって、減少率が異なる原因として共存イオンの影響（例えばAl塩が存在すると溶液中でZrの重合は起こらないが、Alがないと重合が観察されるとの報告がある）が考えられるが明確ではない。

4.1.4 ^{113}Sn 分配係数測定試験

表4-12に岩石（ベントナイト）添加後の濃度測定結果を示す。添加1日後（試験開始後1日）に試験液をサンプリングし限外濾過後、濾過液1mLをマウント（φ47mm濾紙）し、Ge半導体検出器で3,000秒計測したが、すべての試験液の ^{113}Sn 濃度は検出限界以下となった。このため、以後の試験は所定時間毎に試験液のpHを測定し、pHが平衡になった時点で吸着も平衡に達したものと判断し、浸漬試験を終了した。

表4-12に示す濃度は、測定時点における濃度を試験開始時点に減衰補正した値である。

図4-15に試験液のpH測定結果を示すが、岩石（ベントナイト）添加後1日で急激に上昇し、以後の上昇は少なく、試験開始後6日～8日ではほぼ平衡に達している。このため試験開始10日後に再度pHを確認し、試験液全量をサンプリングし浸漬試験を終了した。

サンプリングした試験液は0.45μmのフィルタで濾過し、固液分離した後濾過液量を測定し、全量を100mLポリビンに入れ ^{113}Sn 濃度を測定した。濾過液量は50～80mL（ブランク試験液は約25mL）であり、測定時間は3,000～30,000秒とした。岩石を添加した試験液（試験No.1, 5, 9, 13, 35, 36, 38, 39, 41, 45）の濾過後 ^{113}Sn 濃度は全て検出限界以下であった。

表4-12に示す岩石を添加した試験液の10日後の ^{113}Sn 濃度は検出限界値である。

ブランク試験液の ^{113}Sn 濃度も試験時間とともに減少し、10日後のブランク試験液の濃度は試験前の30～80%となった。この原因是RIの添加後に0.45μmフィルタで濾過し、RI添加時に生成した不溶性の水酸化物等を除去した後も新たな水酸化物等が生成したものと考えられるが、明確ではない。

減少率は岩石種、純水または海水で異なっており、特に泥岩で著しい。泥岩－海水の減少率が70%であるのに対し、泥岩－純水では26%に低下した。

岩石種、純水または海水試験液で減少率が異なる原因については、前述のように試験液の pH 及び共存元素の影響と考えられる。

本試験で採用したバッチ法による分配係数は、液相核種濃度の変化から次式により求められる。

$$Kd = \frac{\{Co - (C_{BO} - C_{BI}) - C_1\} \times V}{W} \times \frac{1}{C_1} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

Kd : 分配係数 (ml/g)

C_0 : 岩石(ベントナイト)添加前液相核種濃度(Bq/ml)

C_1 : 吸着平衡時液相核種濃度 (Bq/ml)

C_{B0} : ブランク試験液試験前核種濃度 (Bq/ml)

C_{B1} : ブランク試験液平衡時核種濃度 (Bq/ml)

V : 試驗液量 (ml)

W : 岩石 (ベントナイト) 添加量 (g)

本試験の場合、平衡後の ^{113}Sn 濃度が全て検出限界以下となつたため、(1)式における C_1 を求めることができなかつた。このため C_1 に表4-12に示した検出限界値を用いて ^{113}Sn の分配係数 K_{ds} を求めた。その結果を表4-16に示す。上記のように C_1 に検出限界値を用いたため、真の K_{ds} は本結果より大きな値になると考へられる。

また海水試験液と純水試験液との比較では、明確な傾向は認められない。岩石及びベントナイトへの核種の吸着は物理的吸着、化学的吸着及びイオン交換反応と考えると、海水には多量の元素が含まれており、これらの元素が¹¹³Snとともに競合吸着すると考えられる。このため、海水試験液の分配係数は純水試験液の分配係数より小さな値となると考えられるが、本試験では明確ではない。この原因には以下のことが考えられる。

- (1) 吸着平衡時液相核種濃度 C_1 に検出限界値を用いたため、海水及び純水の平衡時液相濃度がほぼ同じ値になった。
 - (2) ブランク試験液の ^{113}Sn 濃度が減少し、その減少率は岩石種、海水または純水によって異なる。

すなわち、本試験の場合、岩石添加試験液の ^{113}Sn の減少分からブランク試験液の減少分を差し引いた残りが岩石（ベントナイト）に吸着した ^{113}Sn 量として $K_{d\ s}$ を算出しているため、上記(1)及び(2)が $K_{d\ s}$ の値に大きく影響したものと考えられる。

4.1.5 ^{95}Zr 分配係数測定試験

表4-13に岩石（ベントナイト）添加後、 ^{113}Sn と同様の方法により測定した ^{95}Zr 濃度測定結果を示す。 ^{113}Sn と同様に岩石（ベントナイト）添加により、 ^{95}Zr 濃度は著しく低下した。このため試験開始 7 日後からは比較的濃度の高い花崗閃緑岩－海水試験液の濃度を測定し、吸着平衡を確認した後試験液全量をサンプリングした。サンプリングした試験液は、 $0.45\ \mu\text{m}$ フィルタで濾過した後 ^{95}Zr 濃度を測定した。

図4-12によれば、約10日で ^{95}Zr は吸着平衡に達している。

試験液の ^{95}Zr 濃度はいずれも海水試験液の値が高く、ブランク試験液の ^{95}Zr 濃度は試験期間中ほぼ一定であり、減少する傾向は見られない。

^{95}Zr の分配係数 $K_{d\ z}$ を求めた結果を表4-17に示す。花崗閃緑岩、玄武岩、凝灰岩では、海水の $K_{d\ z} <$ 純水の $K_{d\ z}$ であり、泥岩は海水の $K_{d\ z} =$ 純水の $K_{d\ z}$ 、ベントナイトでは海水の $K_{d\ z} >$ 純水の $K_{d\ z}$ であった。

表4-11に示す減少率では泥岩及びベントナイトの場合、海水試験液と比較して純水試験液の減少率が低く、試験前試験液の濃度が低くなっている。一方吸着平衡後の平衡濃度は、他の岩石と比較して海水と純水の濃度差が少ないため、海水の $K_{d\ z}$ が純水の $K_{d\ z}$ と同等、あるいは海水の $K_{d\ z}$ が大となったものと考えられる。

図4-16にpH測定結果を示す。pHは岩石（ベントナイト）添加後1日で急激に上昇し、以後の上昇は少なく7～10日後にはほぼ平衡に達している。

4.1.6 ^{95}Nb 分配係数測定試験

図4-13及び表4-14に岩石添加後の ^{95}Nb 濃度測定結果を示す。

^{95}Nb は ^{95}Zr より短半減期の娘核種であり、化学的相互分離が困難であることから、 ^{95}Zr と同じ試験液で同操作により試験を実施し、 ^{95}Zr からの生成補正及び半減期補正により濃度を求めた。図4-13及び表4-14の試験前 ^{95}Nb 濃度は補正後の濃度である。岩石添加後は、娘核種である ^{95}Zr が急激に減少することから ^{95}Nb の生成量も少なくなり、分配係数測定に対する影響は小さいと考えられ（試験前 ^{95}Zr 濃度が最も高い試験No.2の場合でも、岩石添加1日後までに生成する ^{95}Nb 量は $> 1 \text{Bq}/\text{mL}$ ）、補正是行っていない。

岩石添加後の ^{95}Nb 濃度は、1～10日後の濃度低下が大きく、14日後には平衡に達した。吸着平衡達成後の純水試験液内の ^{95}Nb 濃度は、ベントナイトを除きいずれも海水試験液より低い。ブランク試験液内濃度の減少は、 ^{113}Sn と比較して少ない。サンプリングした試験液は、 $0.45 \mu\text{m}$ フィルタで濾過した後 ^{95}Nb 濃度を測定した。

^{95}Nb の分配係数 K_{d_N} を求めた結果を表4-18に示す。花崗閃緑岩、玄武岩、凝灰岩、泥岩では、海水試験液の $K_{d_N} <$ 純水試験液の K_{d_N} であり、ベントナイトでは海水試験液の $K_{d_N} >$ 純水試験液の K_{d_N} であった。

4.1.7 ^{226}Ra 分配係数測定試験

図4-14及び表4-15に岩石添加後の濃度測定結果を示す。試験液 ^{226}Ra 濃度は、岩石添加後1～3日の濃度低下が大きく、以後緩やかに減少し14日後には平衡に達した。吸着平衡達成後の純水試験液内 ^{226}Ra 濃度は、海水試験液の約1/10であった。サンプリングした試験液は $0.45 \mu\text{m}$ フィルタで濾過した後、 ^{226}Ra 濃度を測定した。表4-19に ^{226}Ra の分配係数 K_{d_R} を示す。

海水試験液の K_{d_R} は約 30mL/g であり、純水試験液の K_{d_R} は $500 \sim 600 \text{mL/g}$ であった。図4-17にpH測定結果を示す。pHは岩石（ベントナイト）添加後1日で急激に上昇し、以後の上昇は少なく3～7日後にはほぼ平衡に達している。

4.2 実効拡散係数測定試験

4.2.1 加工岩石試験前海水及び純水中浸漬

実効拡散係数測定試験に供する加工岩石は、試験に先立ち海水及び純水に長期間浸漬し、飽和させた。浸漬は空気中、大気圧で行い、浸漬期間中適宜重量測定を行い飽和を確認した。

図4-18～25及び表4-20～23に重量測定結果を示す。重量増加は約80日の浸漬でほぼ平衡に達している。凝灰岩は海水及び純水に浸漬することにより岩石の剥離、亀裂が発生したため、実効拡散係数測定試験は実施しなかった。

4.2.2 試験前加工岩石漏洩確認

実効拡散係数測定試験用加工岩石および拡散セルは、試験に先立ち漏洩確認を実施した。

拡散セルに海水及び純水で飽和させた加工岩石をセットし、拡散側に海水及び純水を100ml入れ、蓋を開放した状態で約1日静置し拡散源（R I 添加）側への漏洩の有無を確認したところ、相当数の加工岩石に明らかな漏洩が認められた。代表的な漏洩状況とその対策を表4-24に示す。岩石の亀裂と認められるケースは新たな岩石と交換、アクリルと岩石の接合部の接着不良と認められるケースは接合部をエポキシ系接着剤で補強した。

4.2.3 ^{134}Cs 実効拡散係数測定試験

表4-25に拡散側試験液のpH測定結果を示す。pHはいずれの試験ケースも試験開始後約20日でほぼ平衡に達している。

表4-28に拡散側試験液の ^{134}Cs 濃度を測定した結果を示す。拡散側試験液 ^{134}Cs の濃度上昇が認められた試験ケースは、花崗閃緑岩－海水、流紋岩－海水、流紋岩－純水、緑色片岩－海水、緑色片岩－純水、砂質片岩－海水、砂質片岩－純水、泥質片岩－海水の8ケースであった。

図4-26～30は、上記8ケースの拡散側試験液 ^{134}Cs 濃度変化を示したものである。試験ケースNo.39：砂質片岩－海水は、試験開始21日後、その他のケースでは35～90日後から ^{134}Cs が検出され、その後直線的に濃度が上昇した。図中の直線は試験開始後50～178日までのデータを最小二乗法によって直線回帰したものである。一次回帰直線の相関係数は、0.981～0.998であり、ほぼ定常拡散になっているものと考えられる。

拡散側核種濃度 $C_2(t)$ は、時間が十分長くなった定常拡散状態では以下の式で表わされる。⁽⁴⁾

$$C_2(t) = \frac{A \cdot l \cdot C_1}{V} \left\{ \frac{De \cdot t}{l^2} - \frac{\alpha}{6} \right\} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

D_e : 実効拡散係数

C_1 : 拡散源側核種濃度 (Bq/ml)

$C_2(t)$: 拡散側核種濃度 (Bq/ml)

A : 岩石の断面積 (cm^2)

1 : 岩石の厚さ (cm)

V : 扩散侧之水容积 (cm³)

：拉散時間 (sec)

α : rock capacity factor ($= s + K d / c$)

空隙率 (一)

K_d : 吸着係数

岩石の密度 (g/cm^3)

温度・圧力が一定であれば、拡散側核種濃度 $C_2(t)$ は定常状態において時間変化に対して $D_e \cdot A \cdot C_1 \cdot / V \cdot l$ の傾きを持った直線となる。この直線の傾きから拡散物質の吸着等の化学的性質とは無関係に実効拡散係数 D_e を求めることができる。

(2)式より、拡散側核種濃度の実測値から直線の一次回帰式 $a x + b$ における傾き a を求める。

$$a = \frac{De \cdot A \cdot C_1}{V \cdot l} \quad (3)$$

従って、(3)式より

$$De = \frac{a \cdot V \cdot l}{A \cdot C_1} \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

また α は(4)式より求めた D や e 及び(2)式において $C_2(t)=0$, すなわち時間軸との切片における t の値より求める。

(2)式より

従って、

$$\alpha = \frac{6 \cdot De \cdot t}{l^2} \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

(4)式より求めた実効拡散係数 (D_e) 及び(6)式より求めたrock capacity factor (α)を表4-31に示す。

では、 $10^{-8} \sim 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{sec}$ であり、先行試験データ ($10^{-13} \text{ m}^2/\text{sec}$: ^{137}Cs -花崗岩⁽⁵⁾ $10^{-7} \sim 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{sec}$: ^{134}Cs -花崗岩⁽⁶⁾) と同オーダーであった。

4.2.4 ^{99}Tc 塞效拋散係數測定試驗

表4-26に拡散側試験液のpH測定結果を示す。⁹⁹Tc実効拡散係数測定試験のサンプリングは、試験開始約40日後から実施したが、いずれの試験ケースもpHは約40日後には平衡に達している。

表4-39に拡散側試験液の⁹⁹Tc濃度を測定した結果を示す。拡散側試験液の⁹⁹Tc濃度上昇が認められた試験ケースは、花崗閃緑岩－海水、緑色片岩－海水、緑色片岩－純水、砂質片岩－海水、泥質片岩－海水の5ケースであった。

図4-31～35は、上記5ケースの拡散側試験液の ^{90}Tc 濃度変化を示したものである。図4-33に示す緑色片岩-純水試験ケースで、40～80日にかけて ^{90}Tc 濃度の減少傾向が認められるが、この原因は明確ではない。

図4-31～32に示す花崗閃緑岩－海水及び緑色片岩－海水の2ケースでは、試験開始40日後には⁹⁰Tcが検出され、その後直線的に濃度が上昇した。図中の直線は40～80日までのデータを最小二乗法によって直線回帰したものである。一次回帰直線の相関係数は、0.998以上であり、ほぼ定常拡散になっているものと考えられる。

図4-34～35に示す砂質片岩－海水及び泥質片岩－海水の2ケースは、約160日の試験時間では検出された ^{90}Tc 濃度が低く、定常拡散と判断するには無理があるが、60～160日のデータを最小二乗法で直線回帰し、実効拡散係数を算出した。

^{134}Cs と同様に(4)式より求めた実効拡散係数 (D_e) 及び(6)式より求めた rock capacity factor (α) を表4-32に示す。

Deは $10^{-9} \sim 10^{-10}$ cm³/secのオーダーであった。

4.2.5 ^{237}Np 実効拡散係数測定試験

表4-27に拡散側試験液のpH測定結果を示す。 ^{237}Np 実効拡散係数測定試験のサンプリングは試験開始約40日後から実施したが、いずれの試験ケースもpHは約40日後には平衡に達している。

表4-30に拡散側試験液 ^{237}Np 濃度を測定した結果を示す。拡散側試験液の ^{237}Np 濃度上昇が認められた試験ケースは、花崗閃緑岩-純水及び流紋岩-純水の2ケースであった。図4-36及び37に上記2ケースの ^{237}Np 濃度変化を示すが、いずれも約160日の試験期間では検出された ^{237}Np 濃度が低く定常拡散とするには無理があるが、160日までのデータを最小二乗法で直線回帰し、実効拡散係数を算出した。

(4)式より求めた実効拡散係数(D_e)及び(6)式より求めたrock capacity factor(α)を表4-33に示す。

5. まとめ

岩石等に対する核種の分配係数及び実効拡散係数の測定方法を開発することを目的として、各種岩石及びベントナイトと放射性核種による基礎的試験を実施し、以下に示す知見を得た。

(1) ^{113}Sn 分配係数測定試験

Sn は、中性～アルカリ溶液中で水酸化物コロイド等を生成し、著しく溶解度が低下する。

^{113}Sn の各種岩石及びベントナイトに対する分配係数 (K_{d_s}) として、 >240 (ml/g) が得られた。

(2) $^{95}\text{Zr}(\text{Nb})$ 分配係数測定試験

$\text{Zr}(\text{Nb})$ は、中性～アルカリ溶液中で水酸化物コロイド等を生成し、著しく溶解度が低下する。

^{95}Zr の各種岩石及びベントナイトに対する分配係数 (K_{d_z}) として、海水試験液では $700\sim3,000$ (ml/g)、純水試験液では $1,000\sim40,000$ (ml/g) が得られた。

^{95}Nb の各種岩石及びベントナイトに対する分配係数 (K_{d_N}) として、海水試験液では $300\sim7,000$ (ml/g)、純水試験液では $200\sim40,000$ (ml/g) が得られた。

純水試験液の分配係数は、海水試験液の分配係数より大となる傾向が見られる。

(3) ^{226}Ra 分配係数測定試験

^{226}Ra モル濃度 1×10^{-7} (mol/l) 以下では、中性～アルカリ溶液中でコロイド等の生成は認められない。

^{226}Ra の泥岩に対する分配係数 (K_{d_R}) として、海水試験液では約 30 (ml/g)、純水試験液では $500\sim600$ (ml/g) が得られた。

純水試験液の分配係数は海水試験液の分配係数より大となる傾向が見られる。

(4) 実効拡散係数測定試験

^{134}Cs , ^{237}Np の各種岩石に対する実効拡散係数として、 $10^{-8}\sim10^{-9}$ (cm^2/sec)、

^{89}Tc の各種岩石に対する実効拡散係数として、 $10^{-9}\sim10^{-10}$ (cm^2/sec) が得られた。

(5) 分配係数及び実効拡散係数測定における影響因子として, pH, E h, 共存イオン等が考えられ, 今後, より実際の地下水系を模擬した試験によりこれらの影響をしていく必要がある。

6. 参考文献

- (1) (放射性廃棄物の地層処分に関する地球化学プロセス) : テクノ・プロジェクト
Co-ordinating Group on Geological Disposal of Radioactive Waste,
GEOLOGICAL DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE GEOCHEMICAL PROCESSES, OECD/NEA,
October (1982)
- (2) ケムス化学, pp. 160-163, 共立出版
- (3) Yu. P. Davydov, (坂上正信, 市川富士夫 訳),
溶液中の放射性核種の存在状態, pp. 160-164, 現代工学社
- (4) 熊田正弘他, 岩石コアを用いた放射性核種の拡散実験,
JAERI-M 90-179, (1990)
- (5) B. Torstenfelt, T. Ittner, B. Allard, K. Andersson, U. Olofsson,
Mobilities of Radionuclides in fresh and fractured crystalline rock
KBS-TR-82-26 (1982)
- (6) 塚本政樹他, 花崗岩中への放射性セシウムの散挙動, 日本原子力学会予稿集
「昭63秋の大会」, J45, pp. 169 (1988)

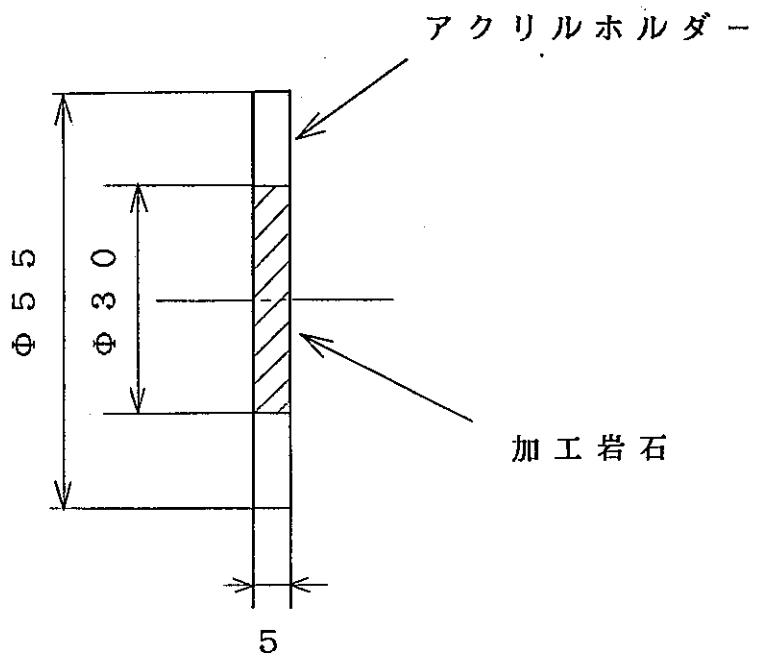
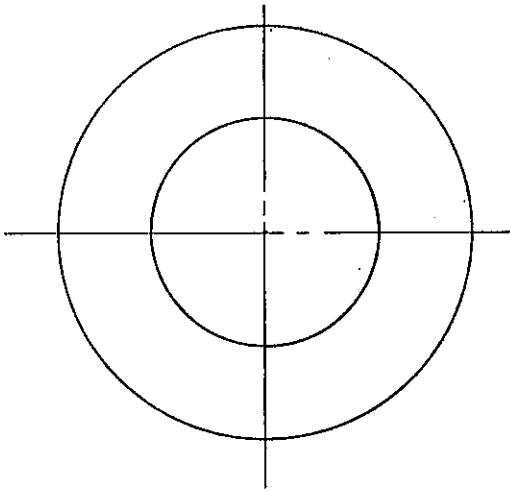


図 3 - 1 加工岩石形状

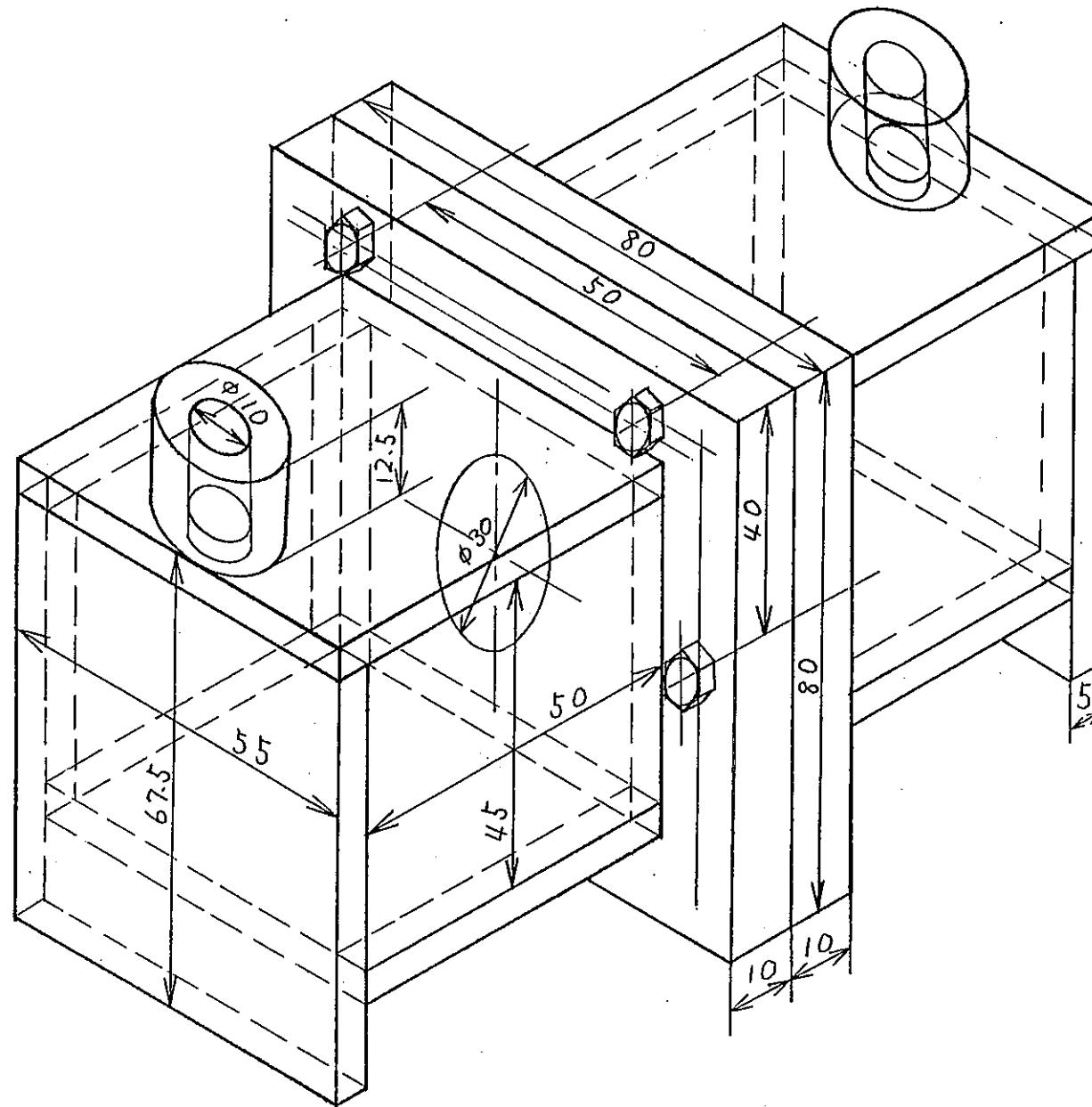


図 3 - 2 拡散セル

(1) ^{113}Sn

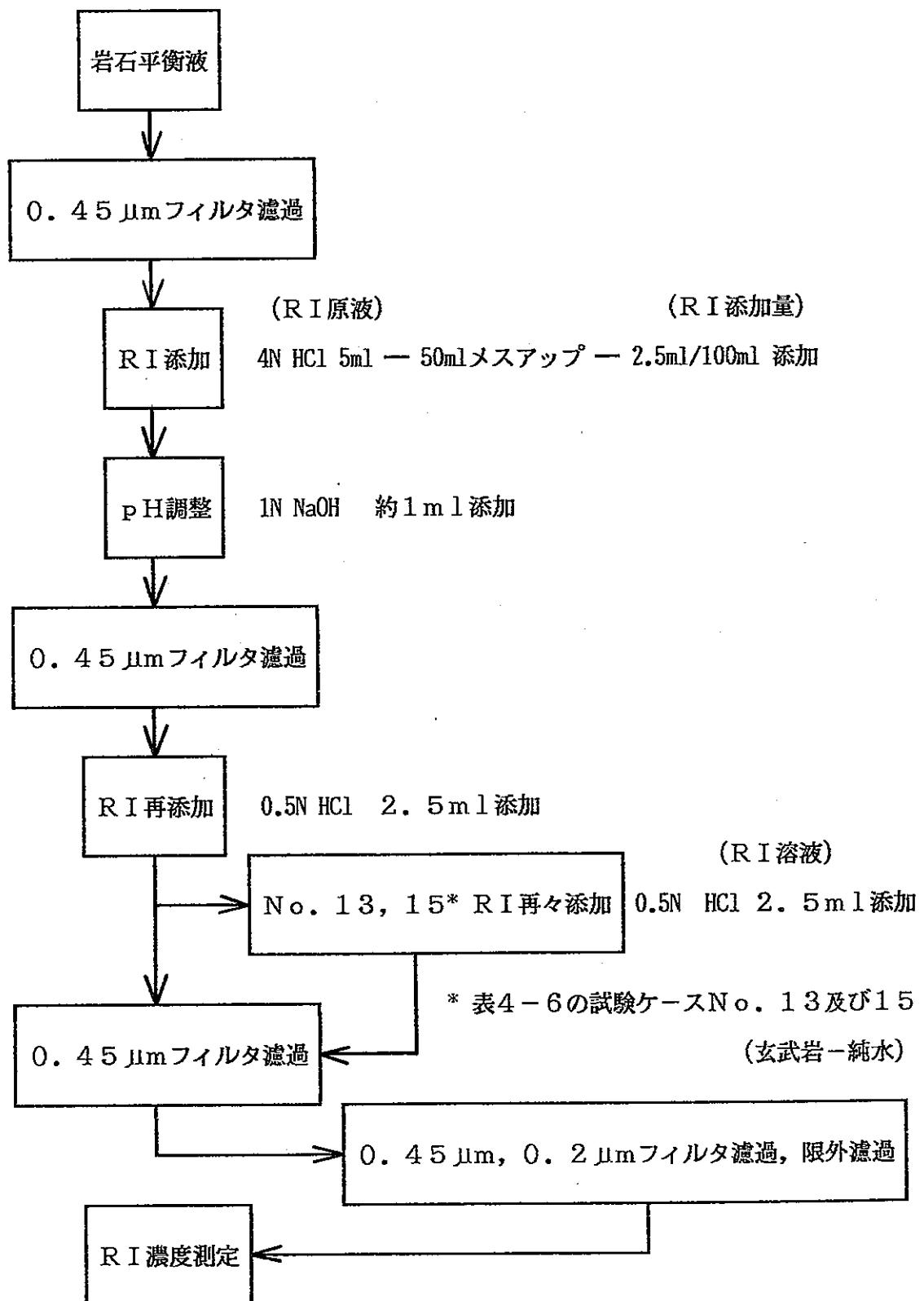


図3-3 ^{113}Sn 試験液作製及び核種濃度測定前処理方法

(2) ^{95}Zr (^{95}Nb)

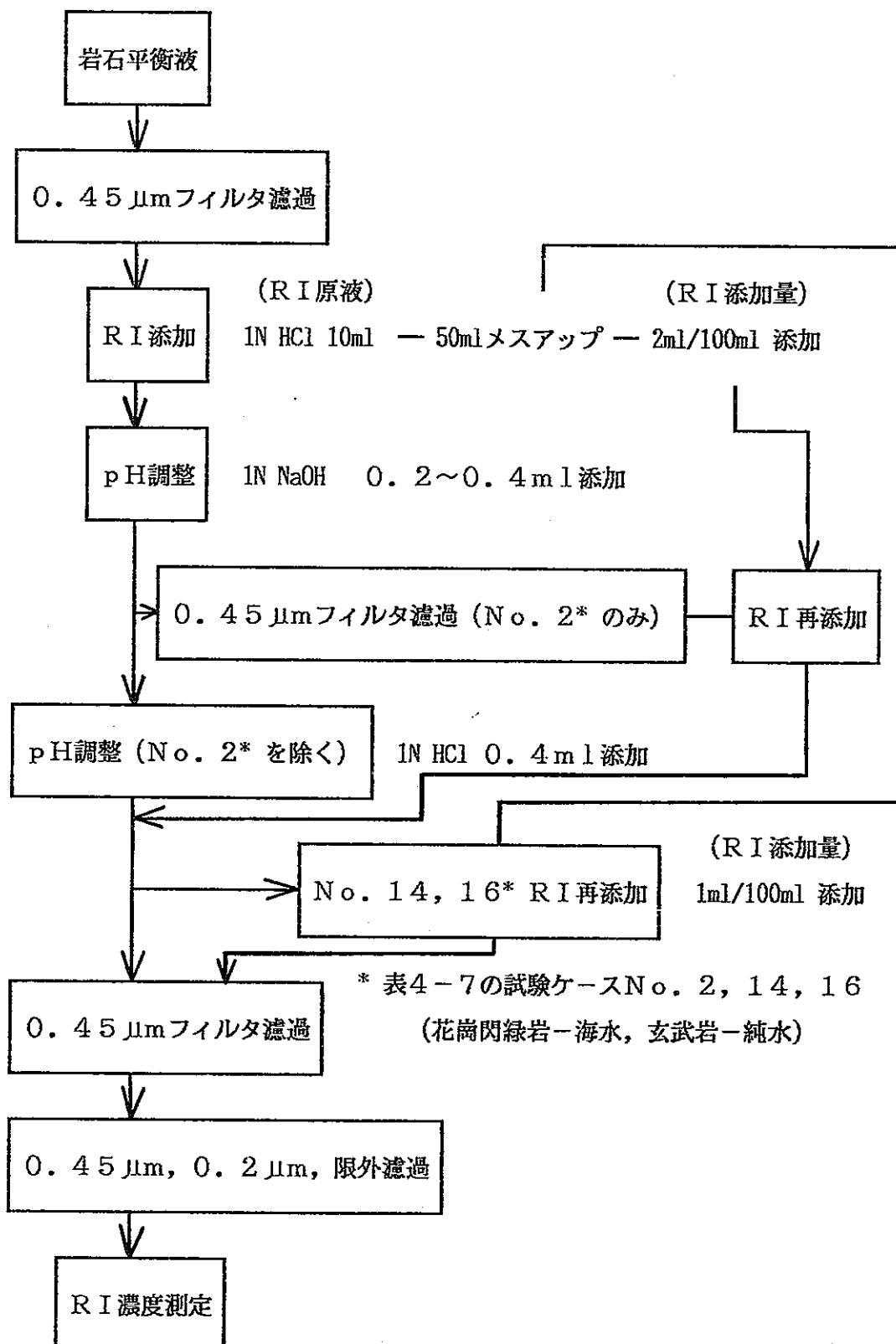


図3-4 ^{95}Zr 試験液作製及び核種濃度測定前処理方法

(3) ^{226}Ra

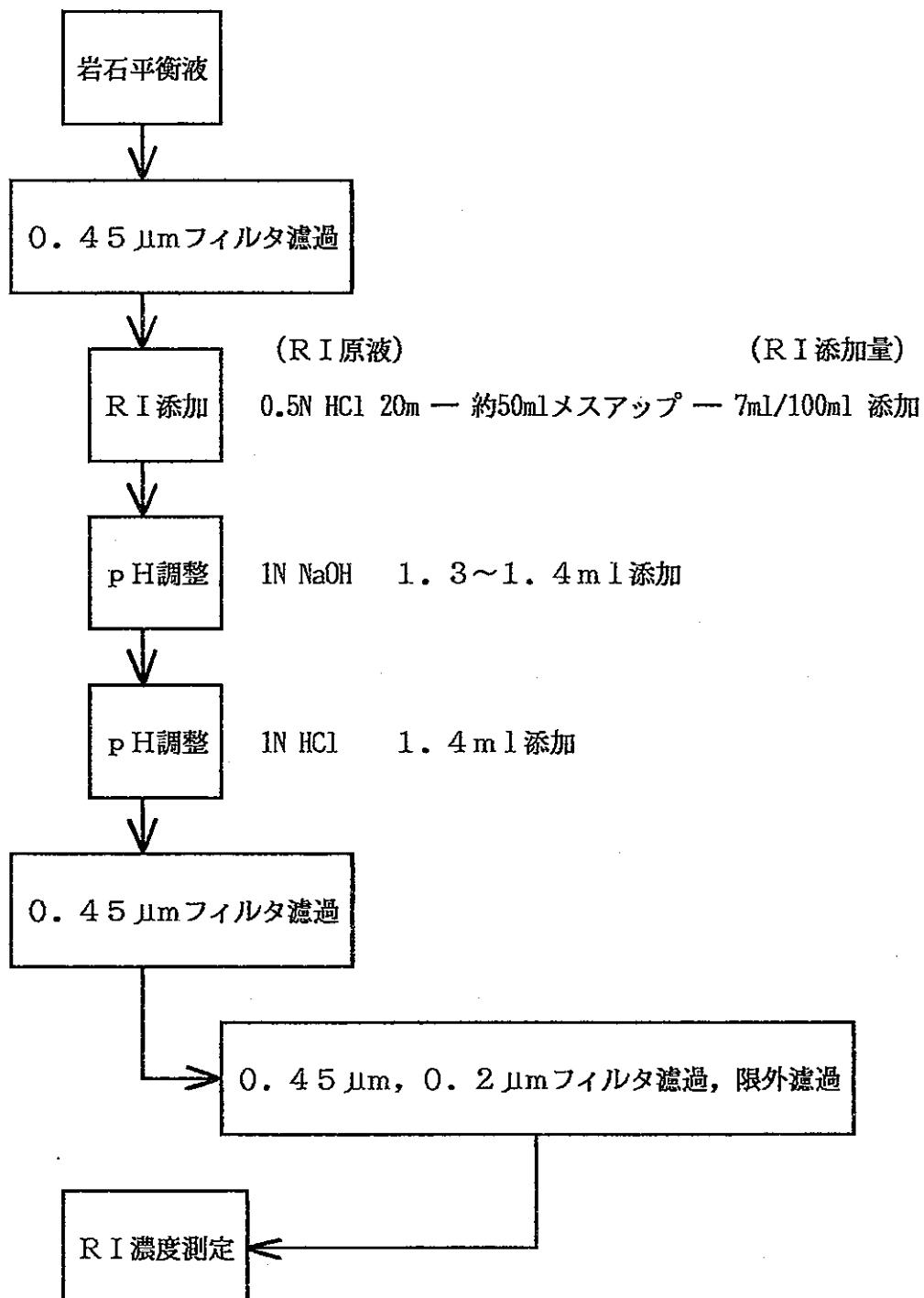


図3-5 ^{226}Ra 試験液作製及び核種濃度測定前処理方法

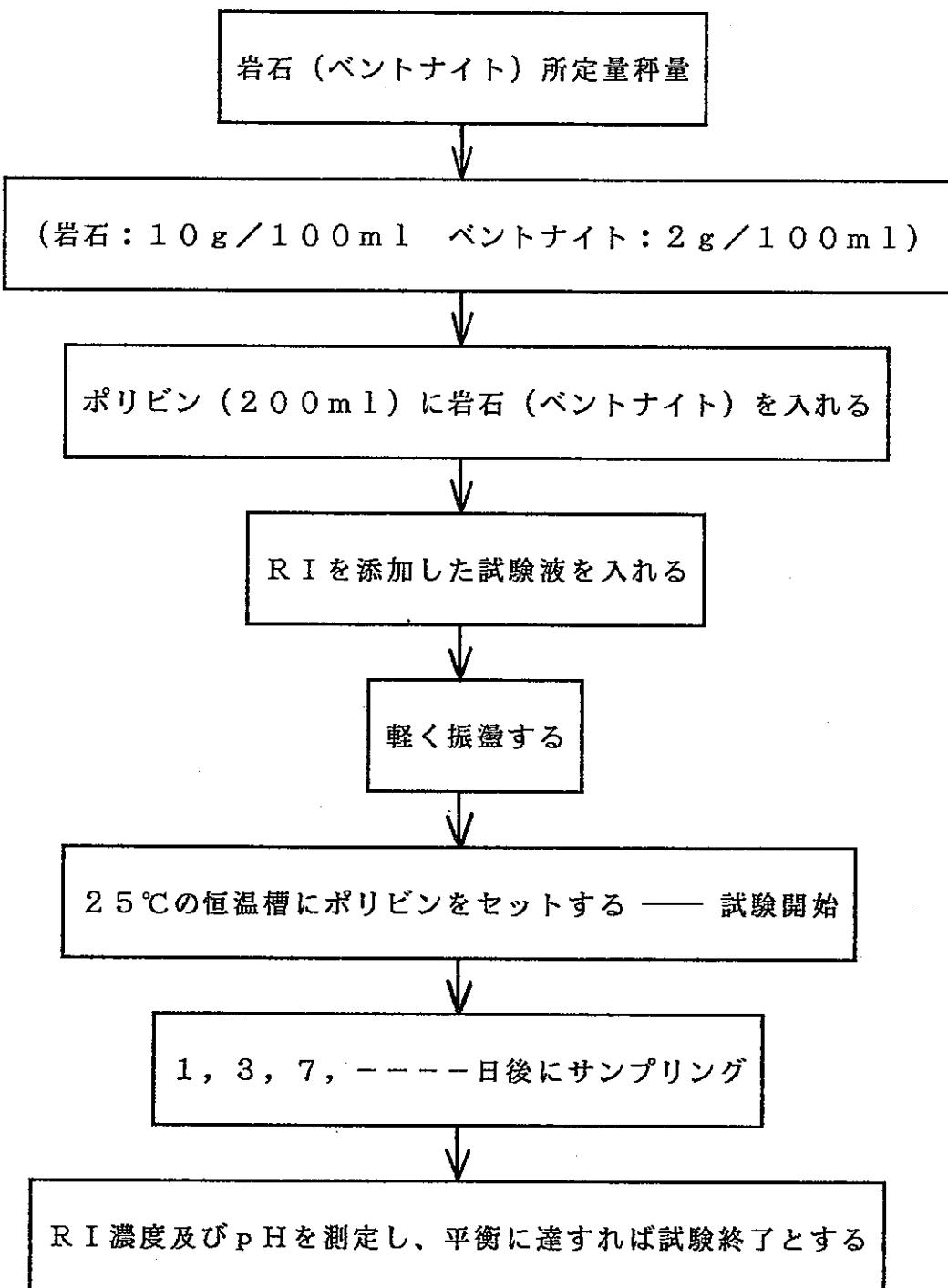


図3-6 分配係数測定試験方法

拡散セルに岩石（半月以上純水または海水に浸漬し、浸漬前後の重量を測定したもの）をセットし組立てる

↓
拡散側セルに純水（海水）を入れる（100ml）

そのまましばらく静置し、漏洩のないことを確認する

拡散源側セルにR Iを添加した純水（海水）を入れる（100ml）——試験開始

所定時間毎に拡散側溶液をサンプリング

R I濃度及びpHを測定し、定常拡散状態に達すれば試験終了とする

図3-7 実効拡散係数測定試験方法

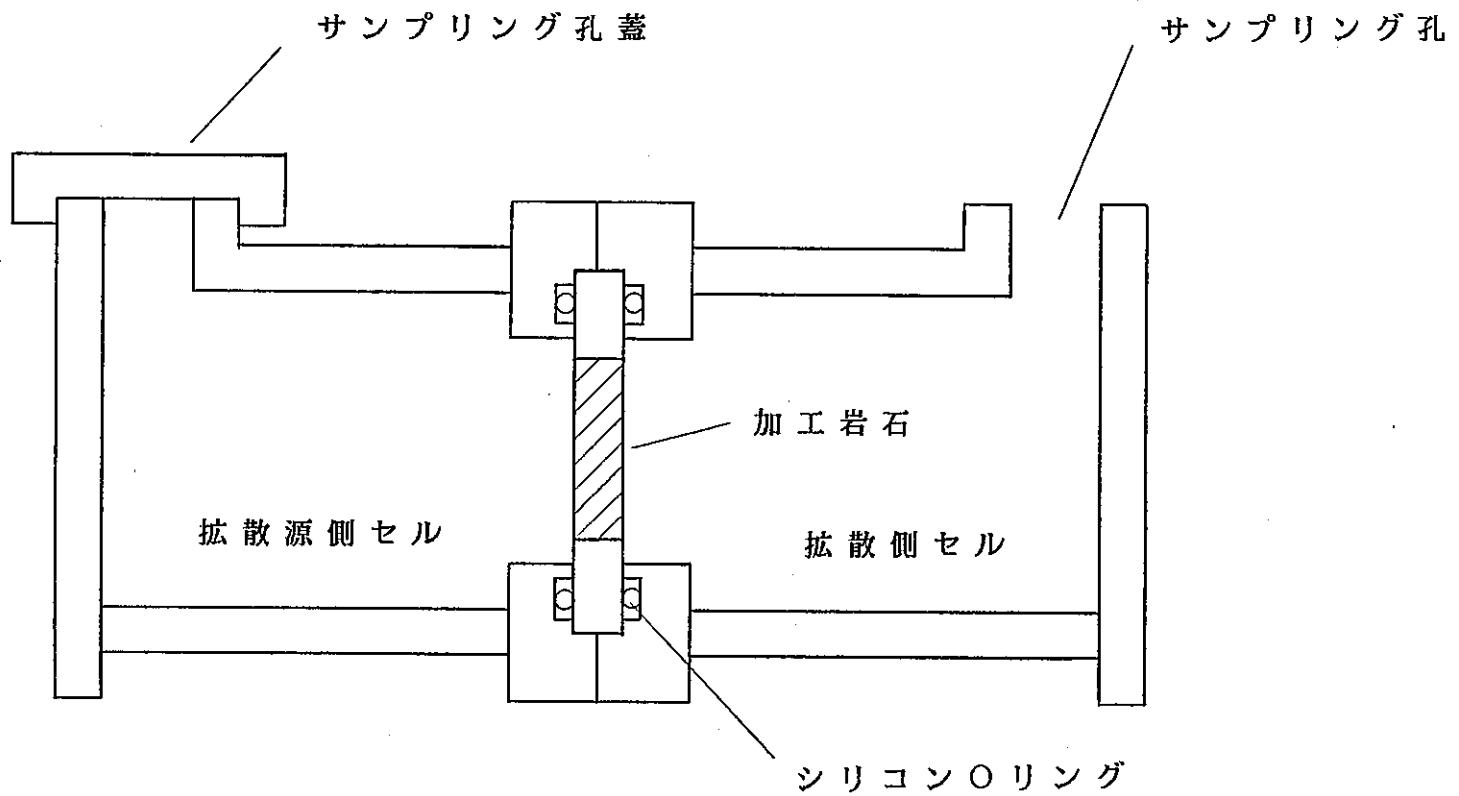


図 3 - 8 加工岩石取付図

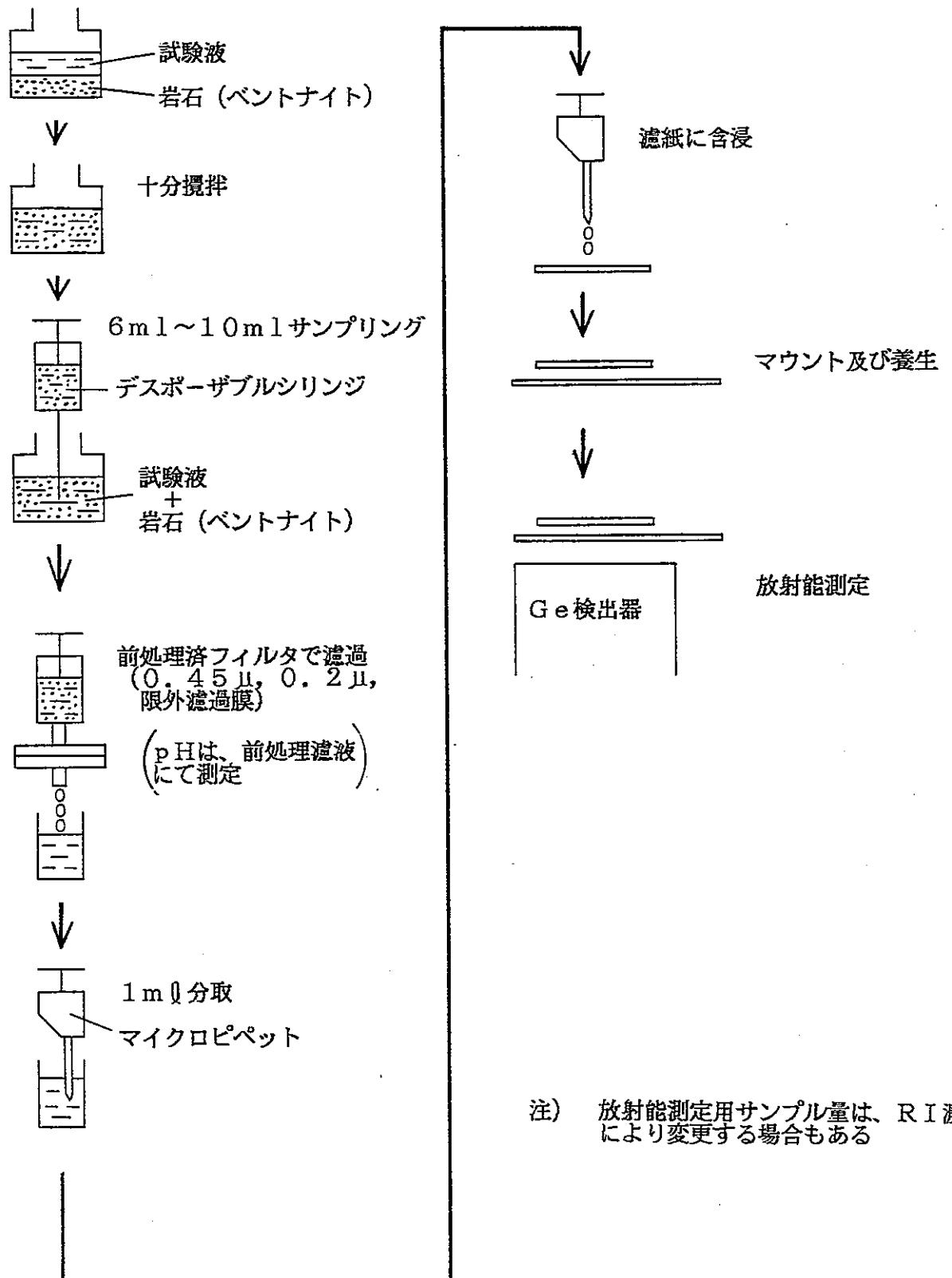


図3-9 分配係数測定試験サンプリング及び測定前処理 ($^{95}\text{Zr} + ^{95}\text{Nb}$, ^{113}Sn , ^{226}Ra)

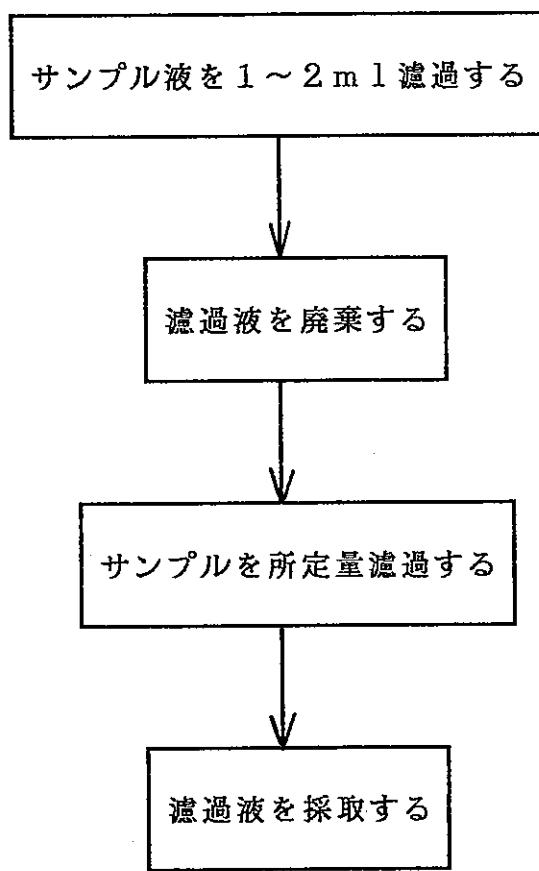


図3-10 0.45μm及び0.2μmフィルタ前処理

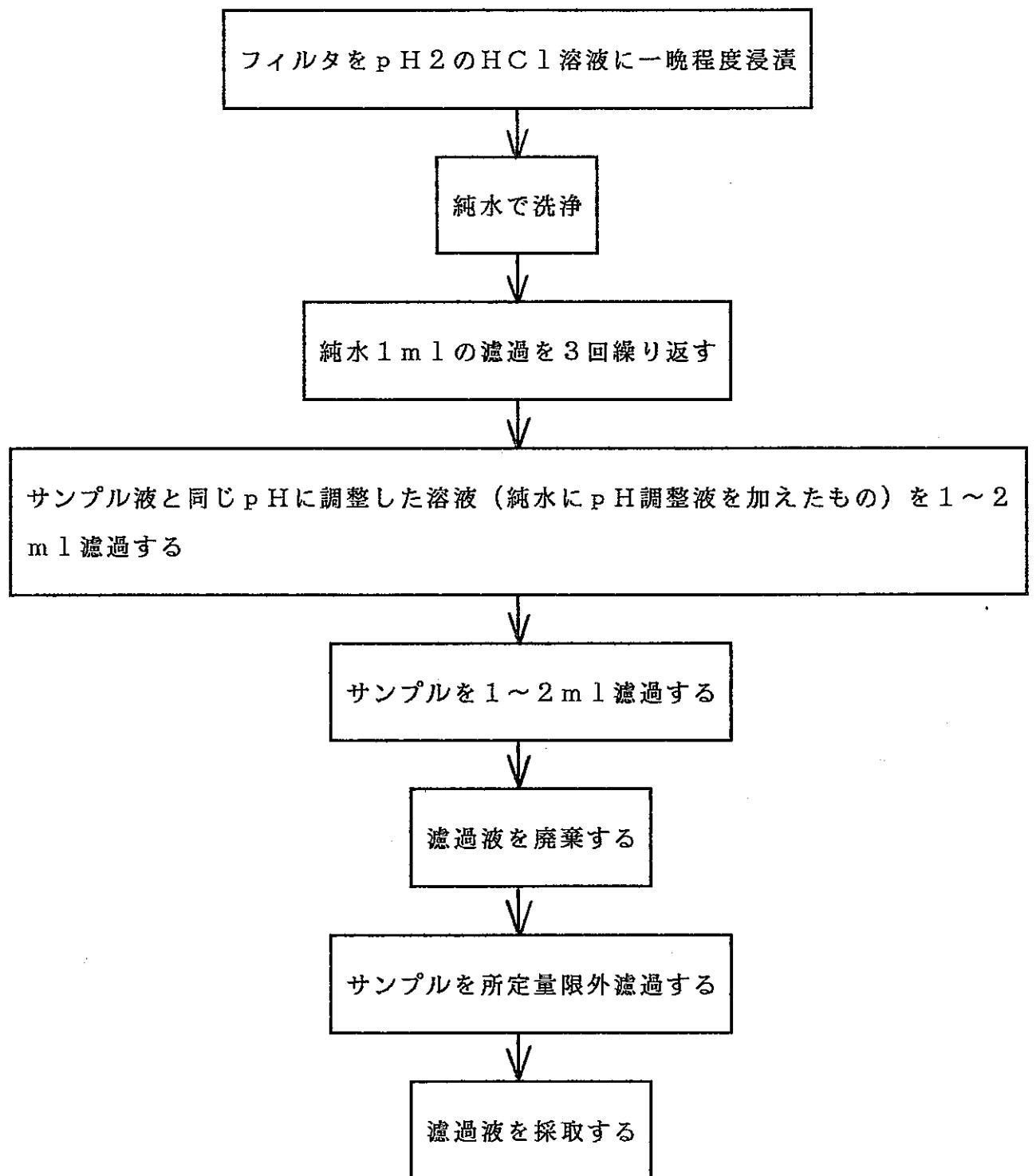


図3-11 限外濾過フィルタ前処理

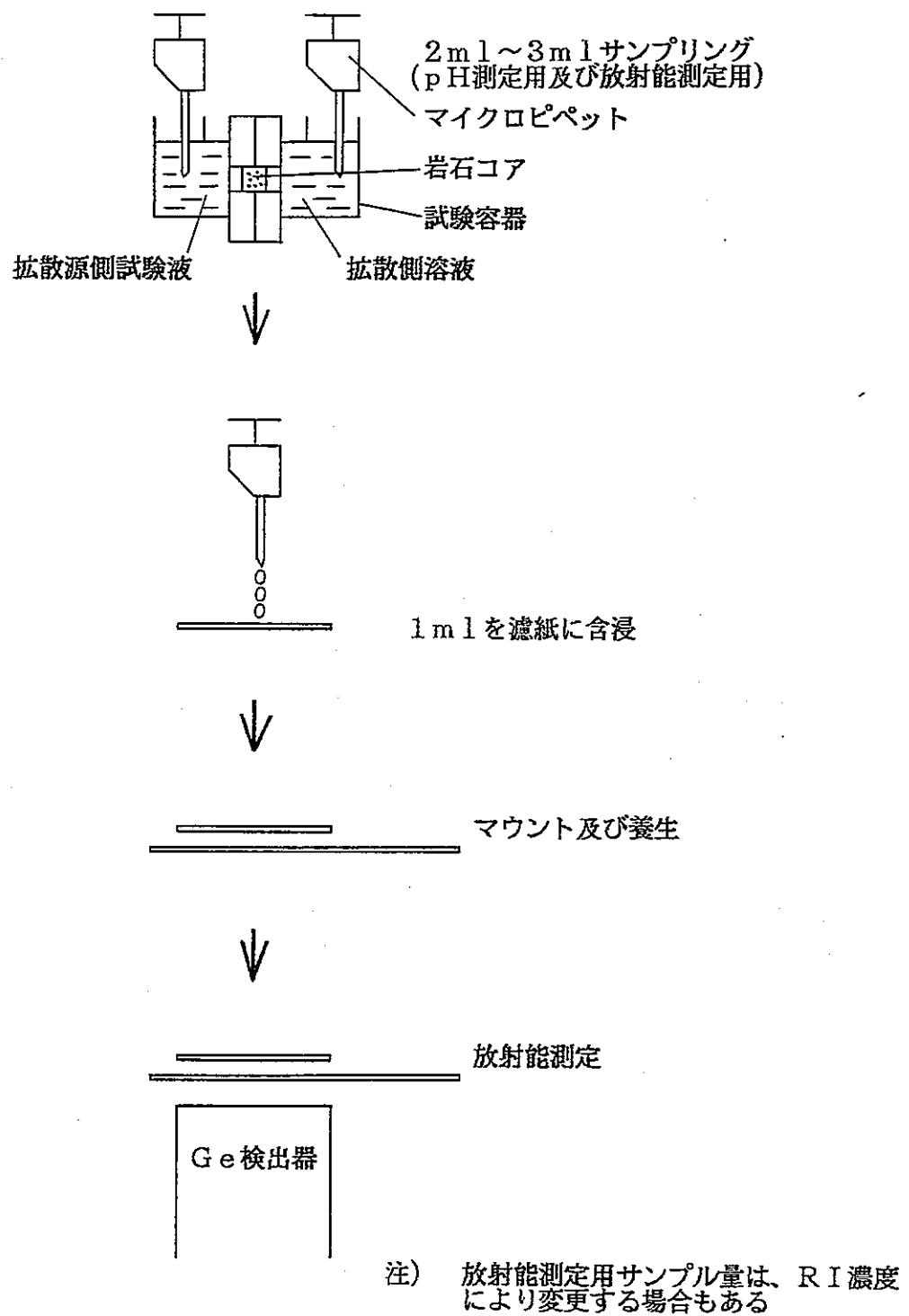


図3-12 実効拡散係数測定試験サンプリング及び測定前処理 (^{134}Cs , ^{237}Np)

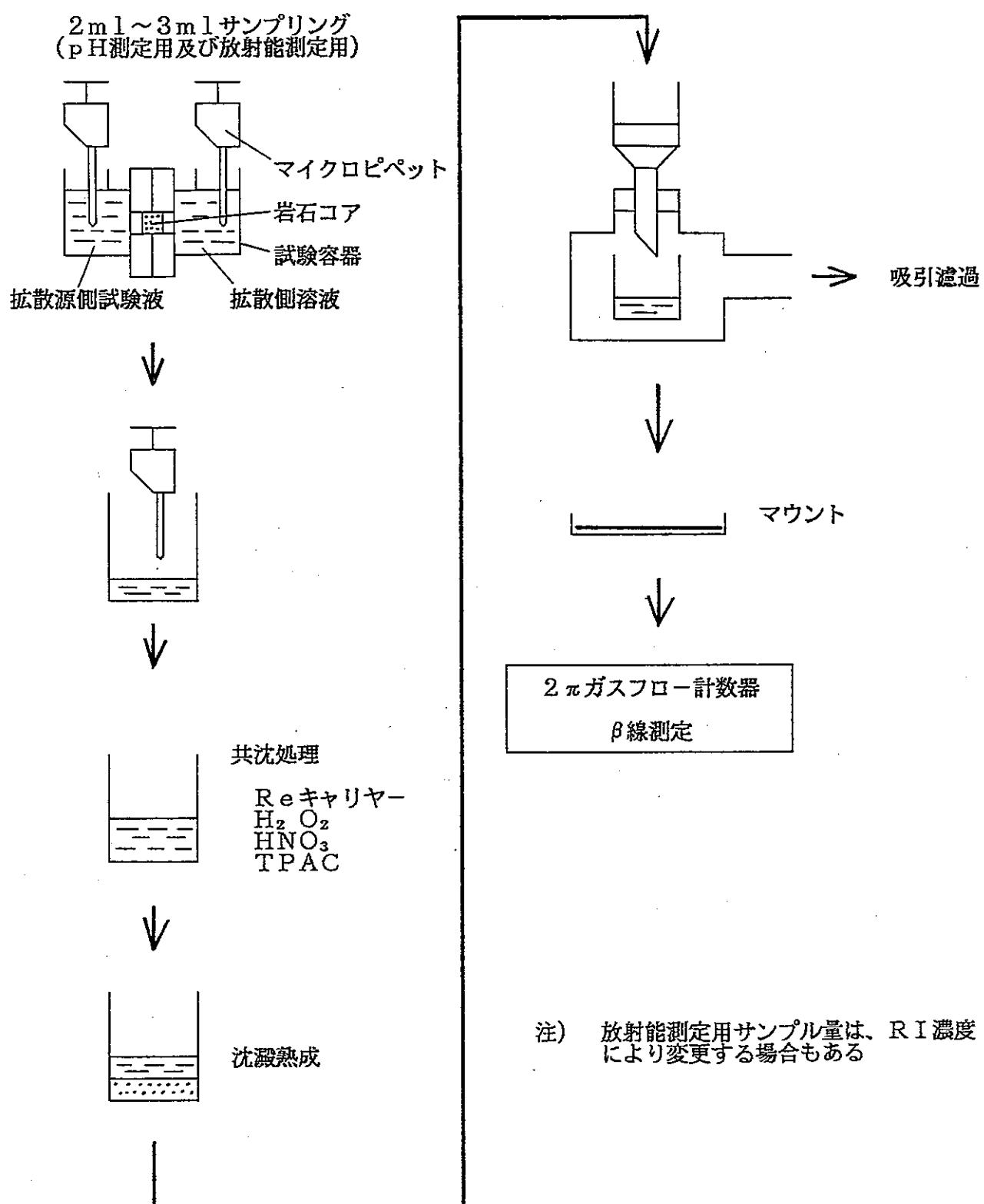


図3-13 実効拡散係数測定試験サンプリング及び測定前処理 (^{99}Tc)

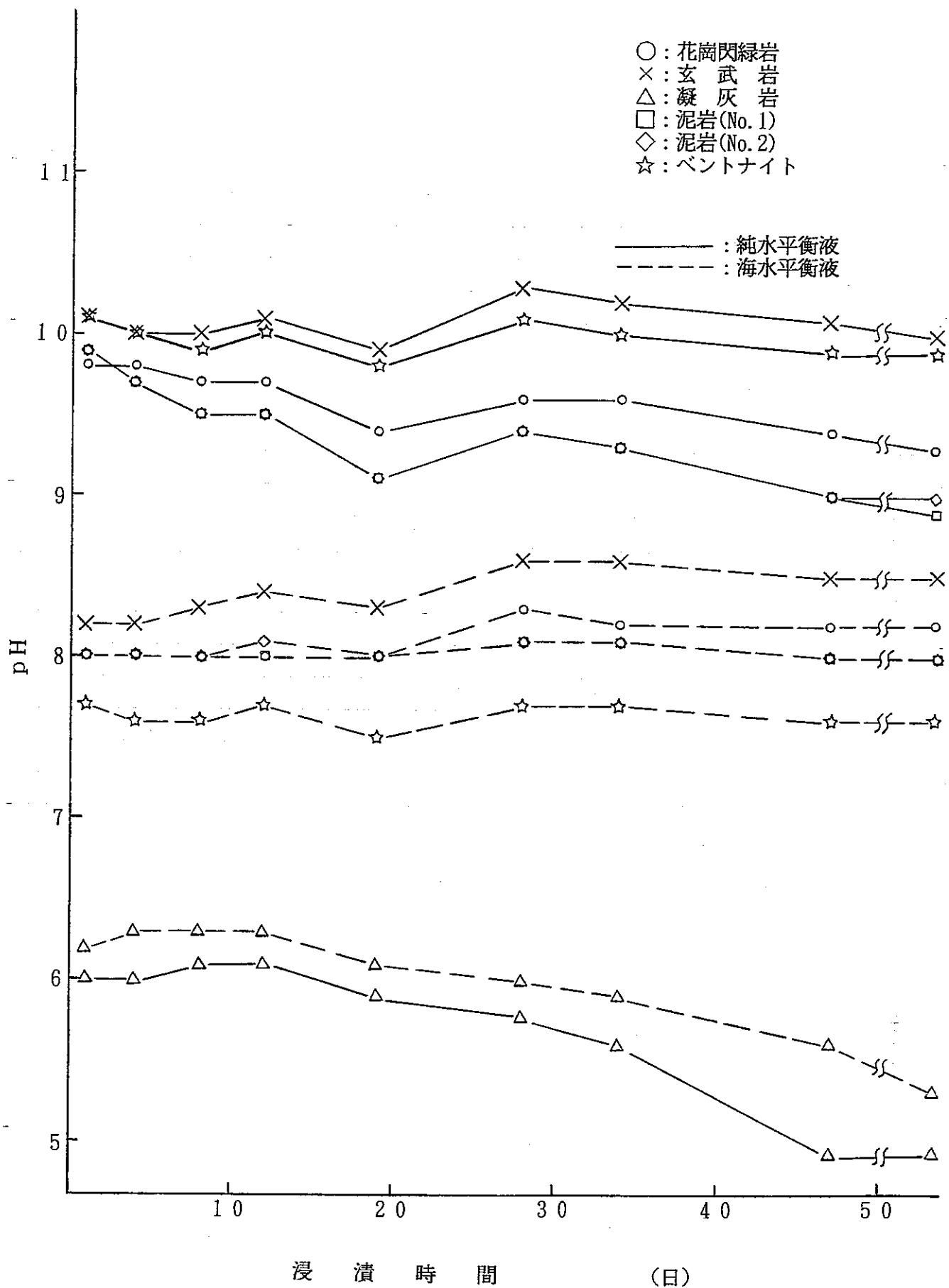


図4-1 平衡液pH測定結果

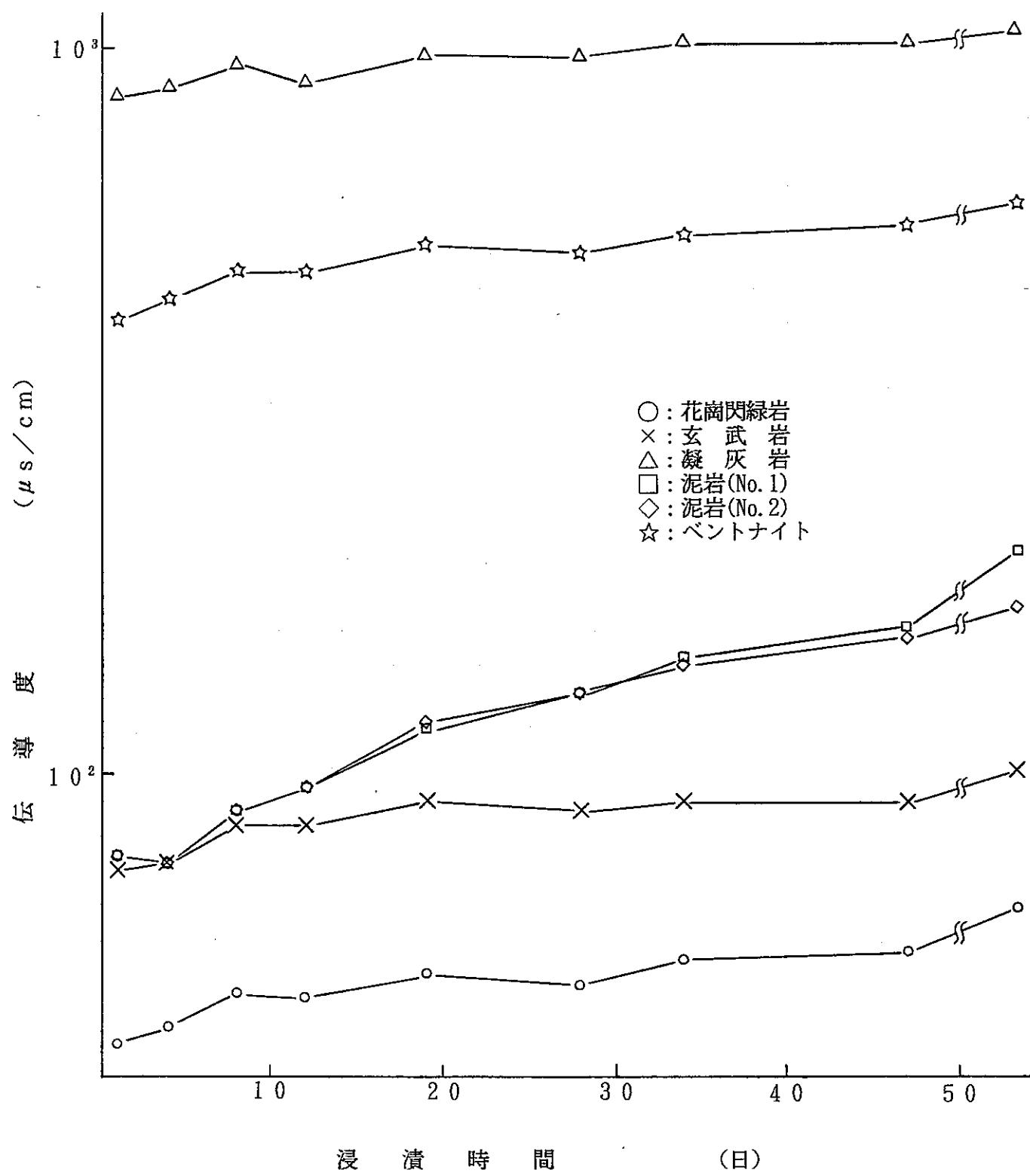


図4-2 純水平衡液伝導度測定結果

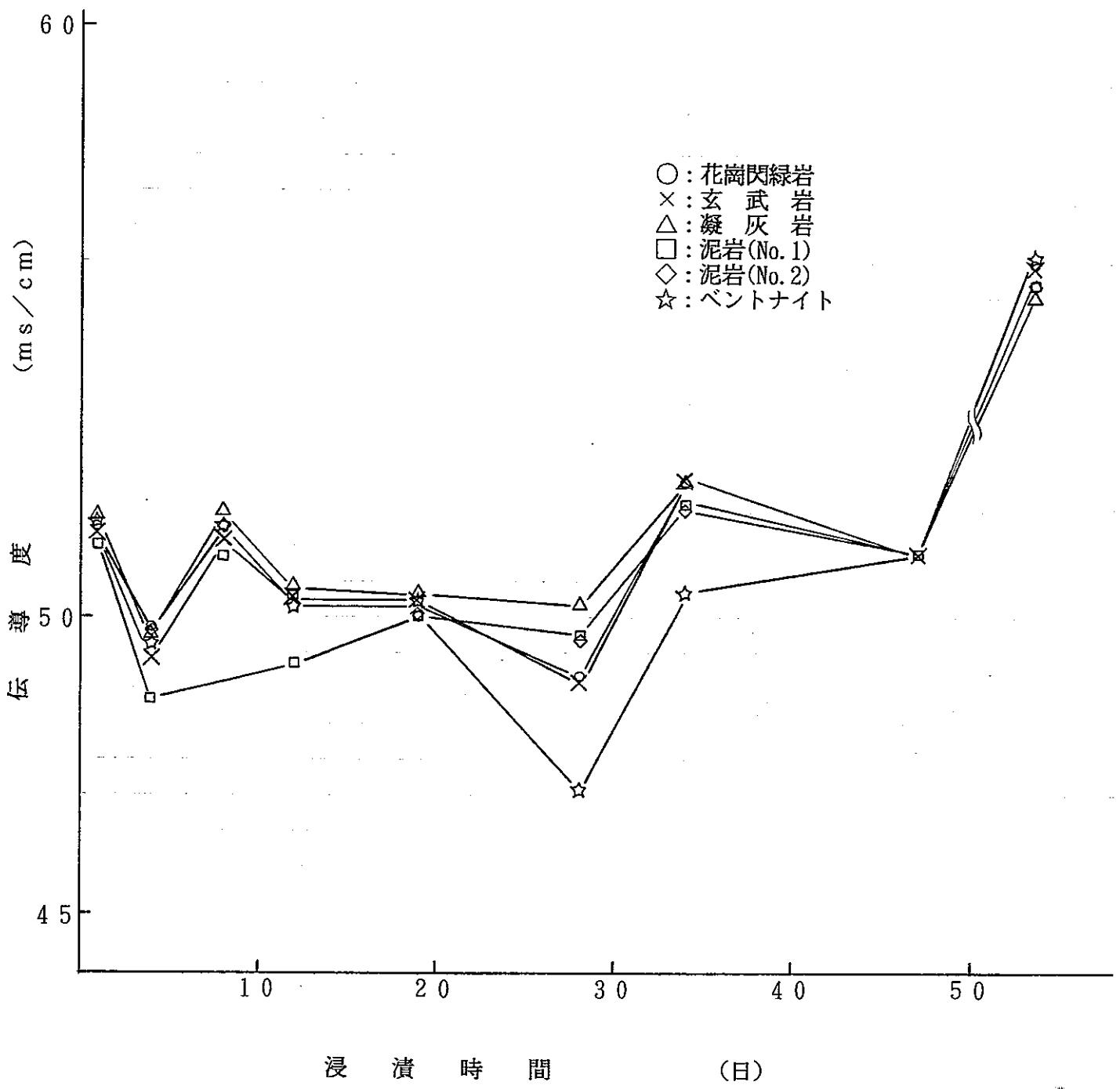


図4-3 海水平衡液伝導度測定結果

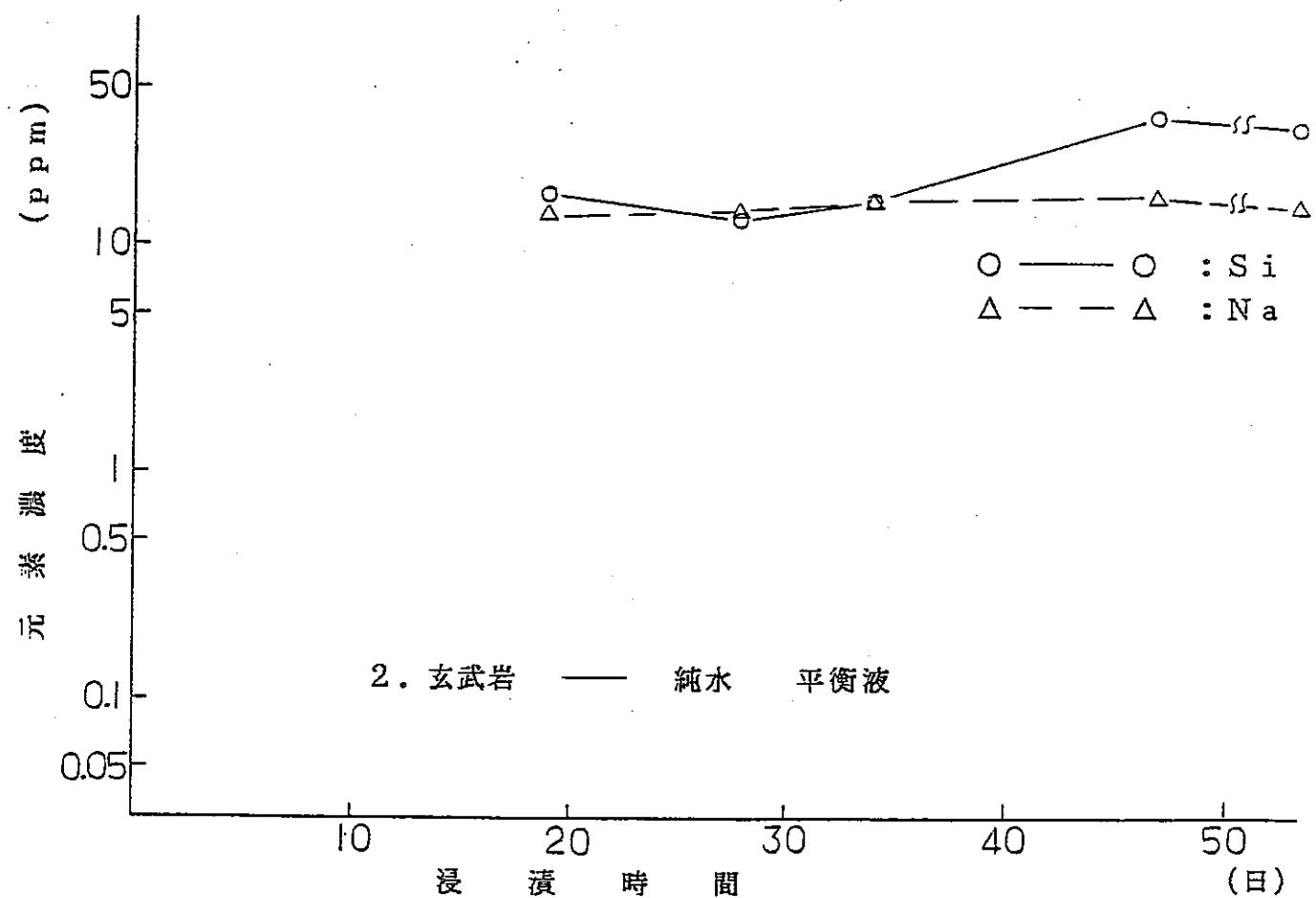
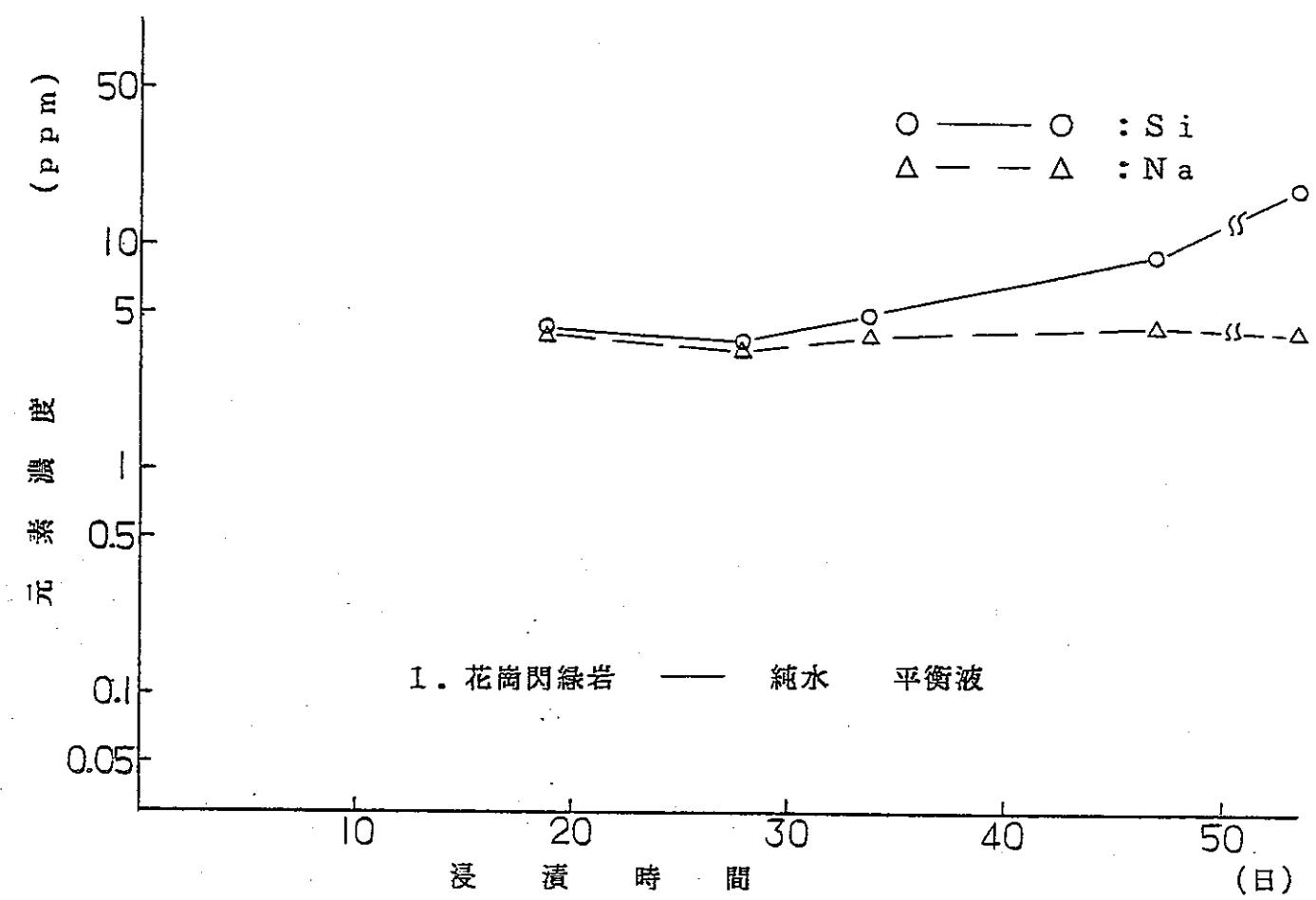


図4-4 岩石(ペントナイト) 平衡液元素濃度測定結果 (その1)

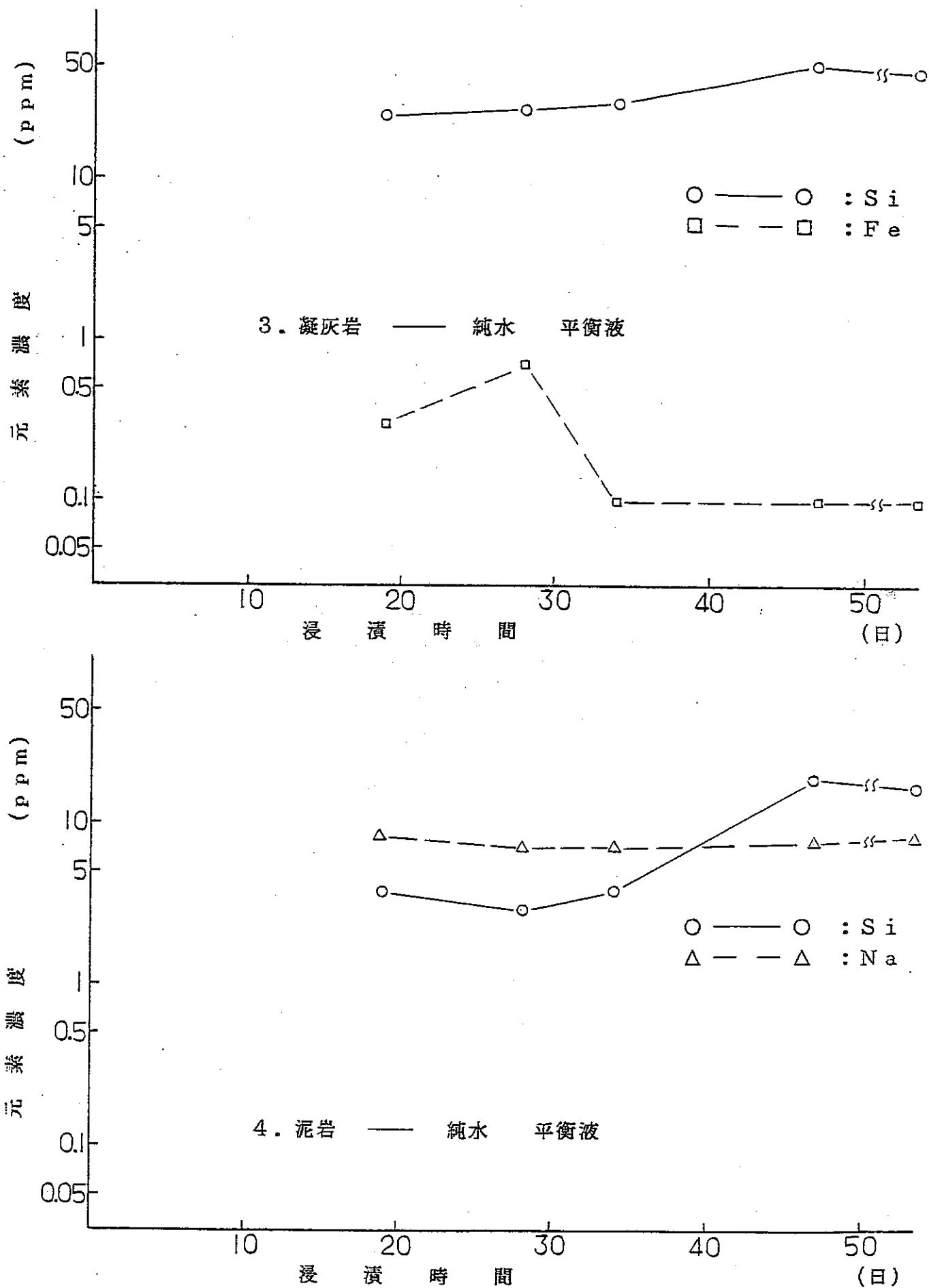


図4-5 岩石(ペントナイト)平衡液元素濃度測定結果(その2)

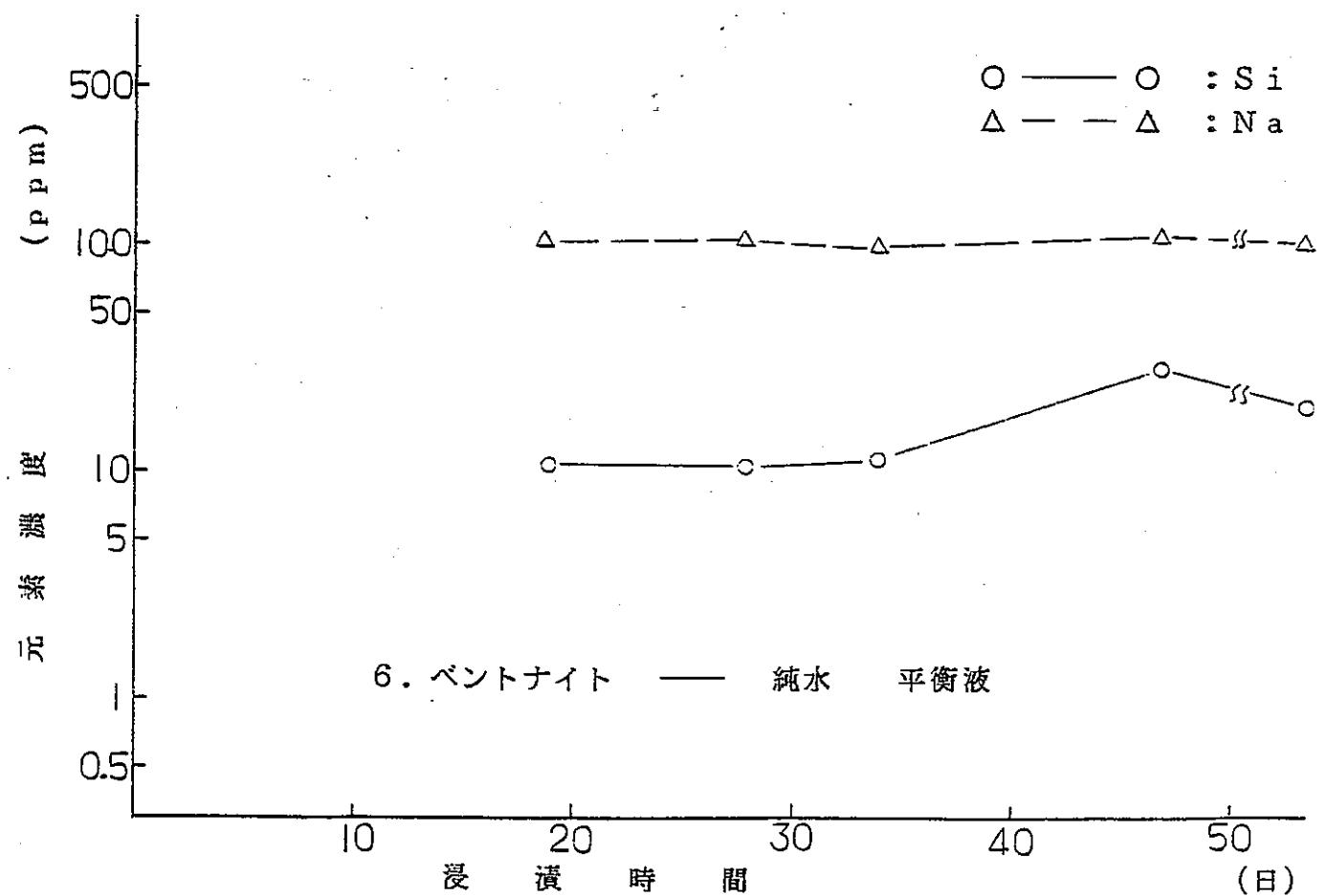
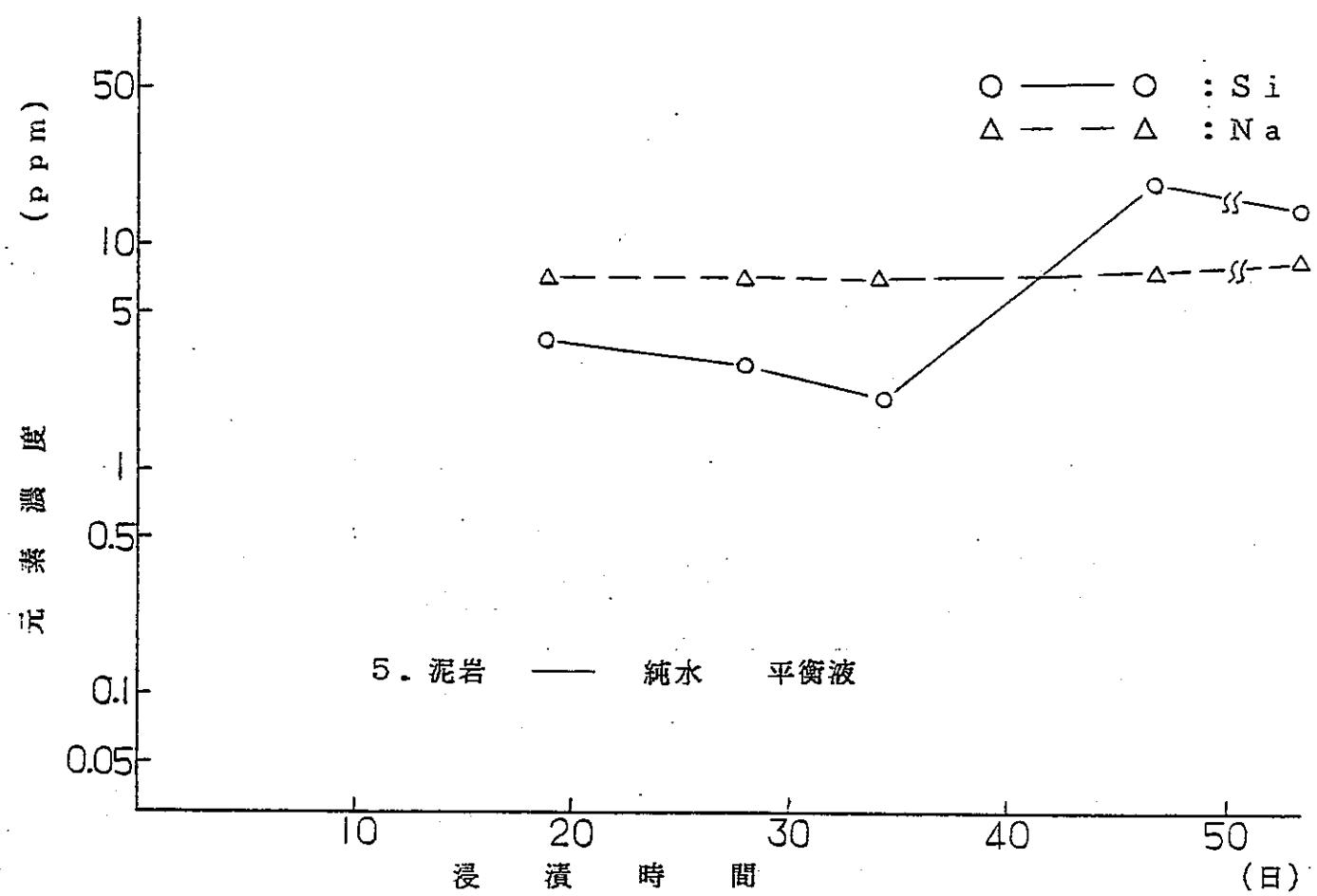


図4-6 岩石(ベントナイト)平衡液元素濃度測定結果(その3)

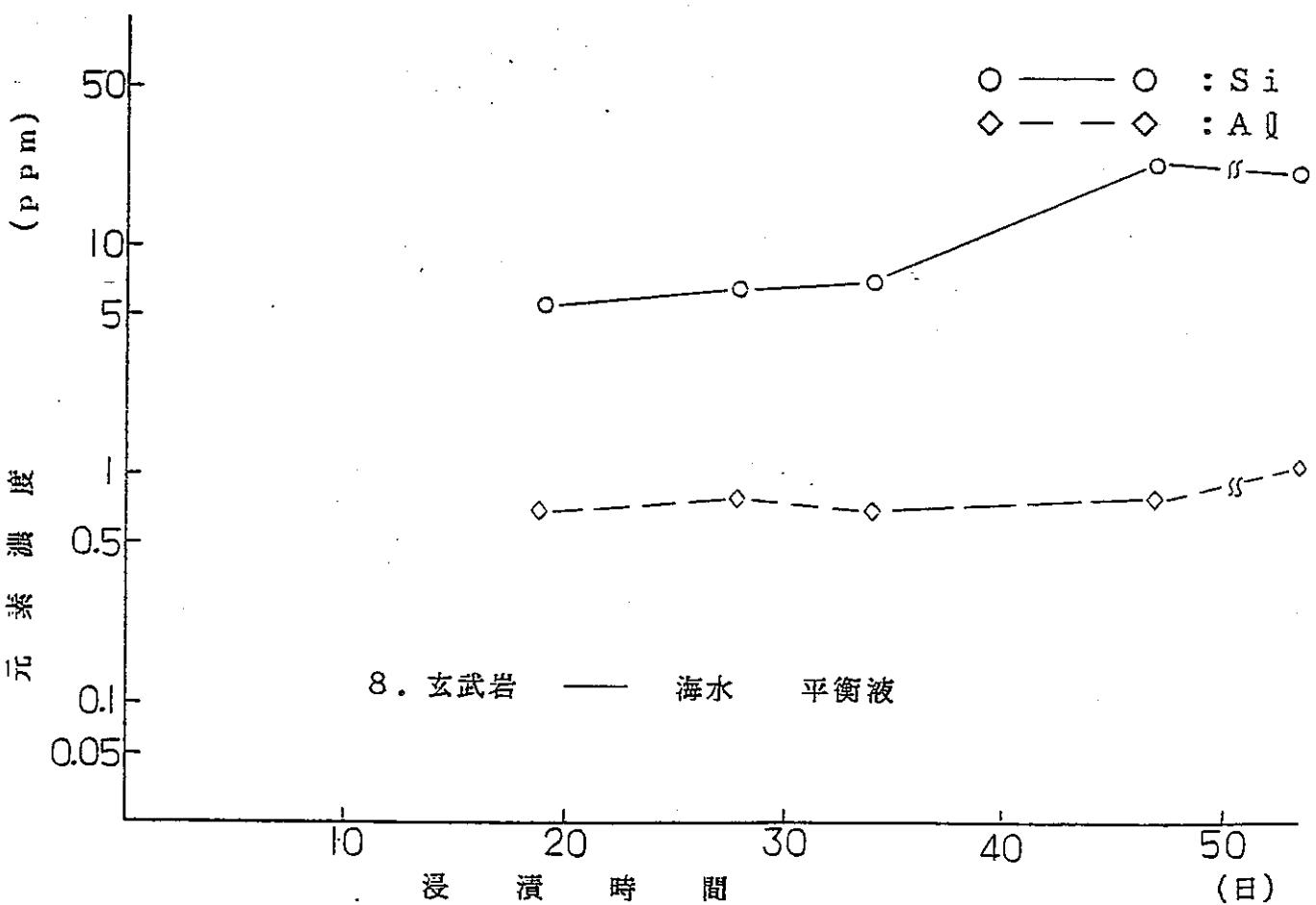
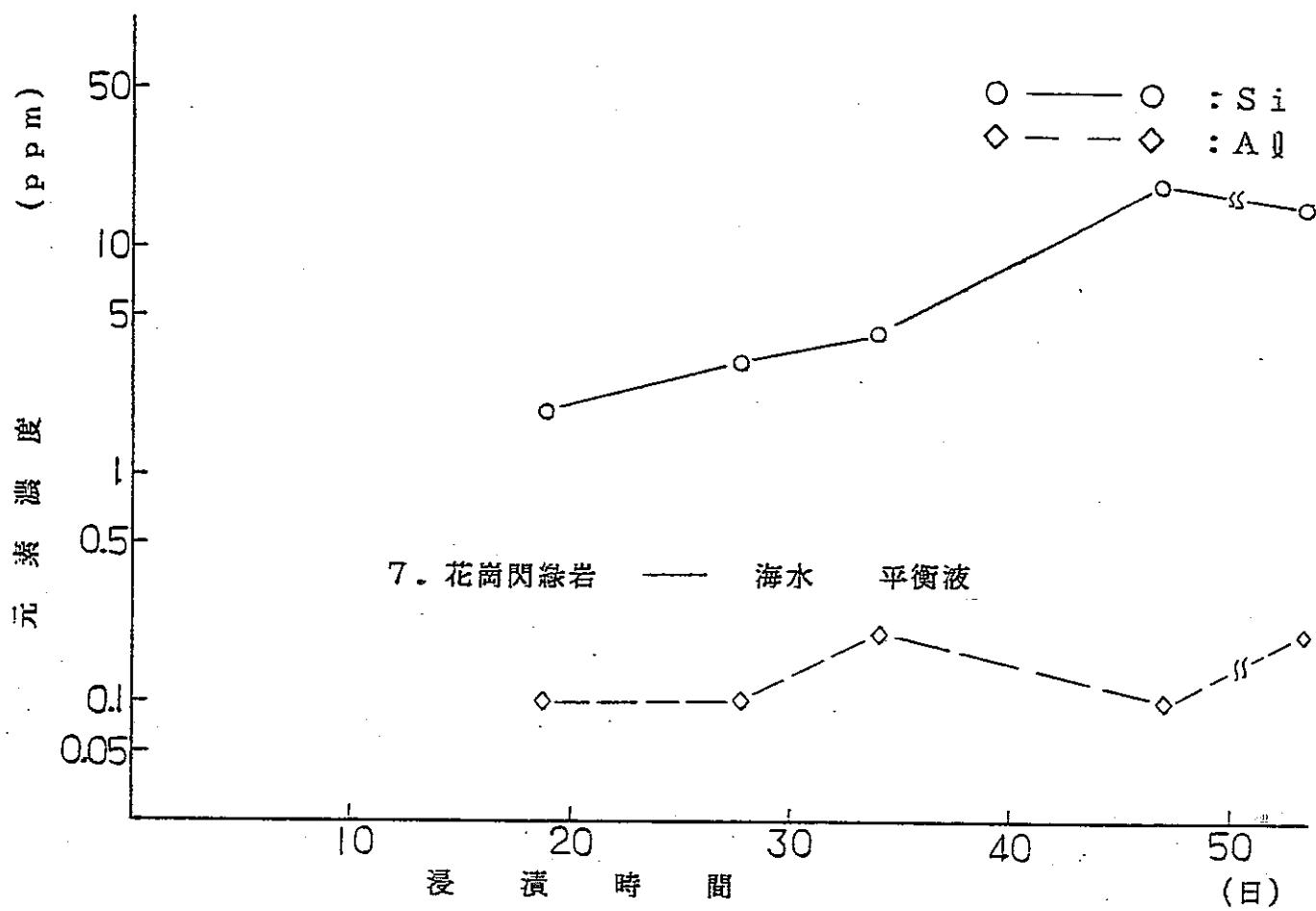


図4-7 岩石(ペントナイト)平衡液元素濃度測定結果(その4)

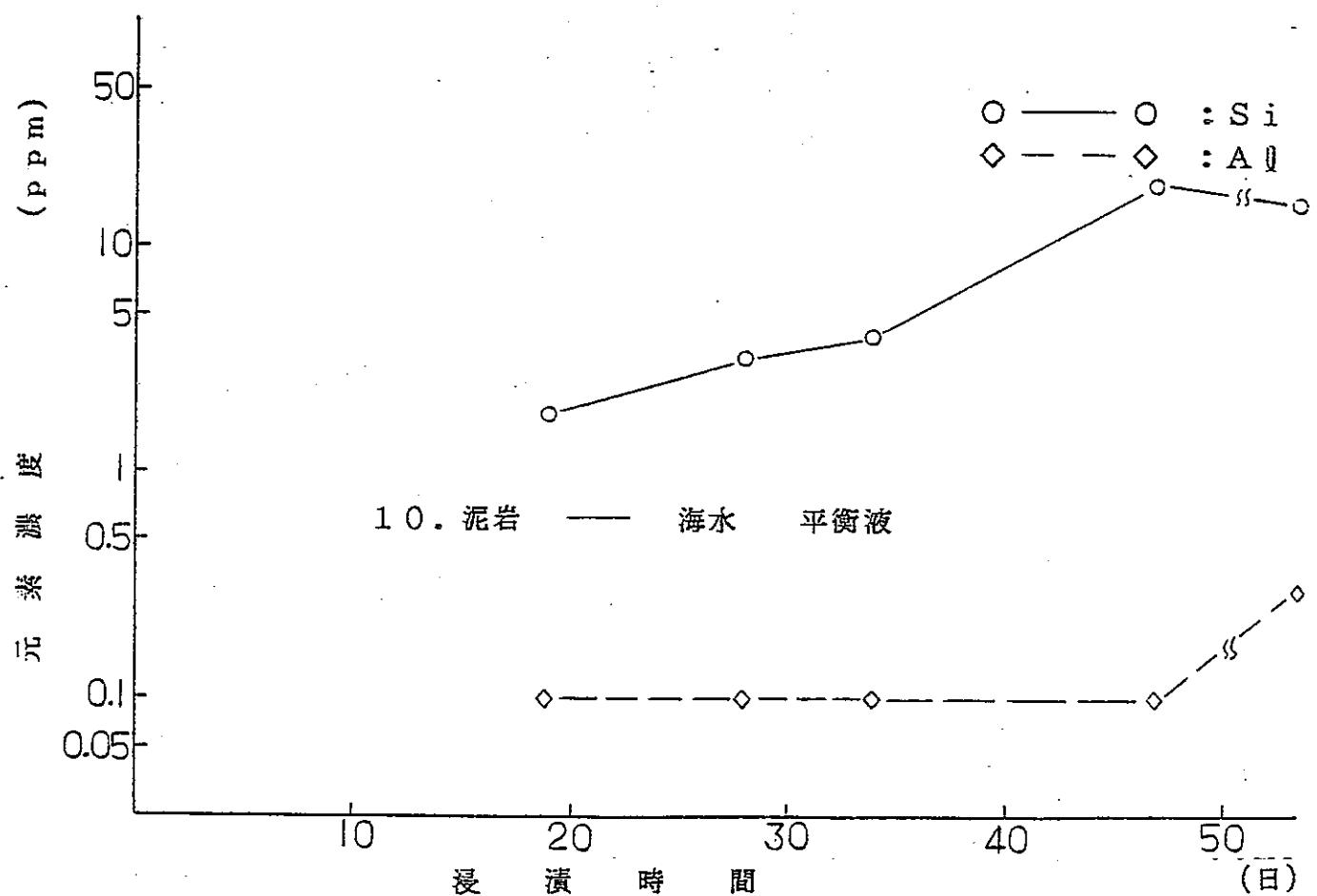
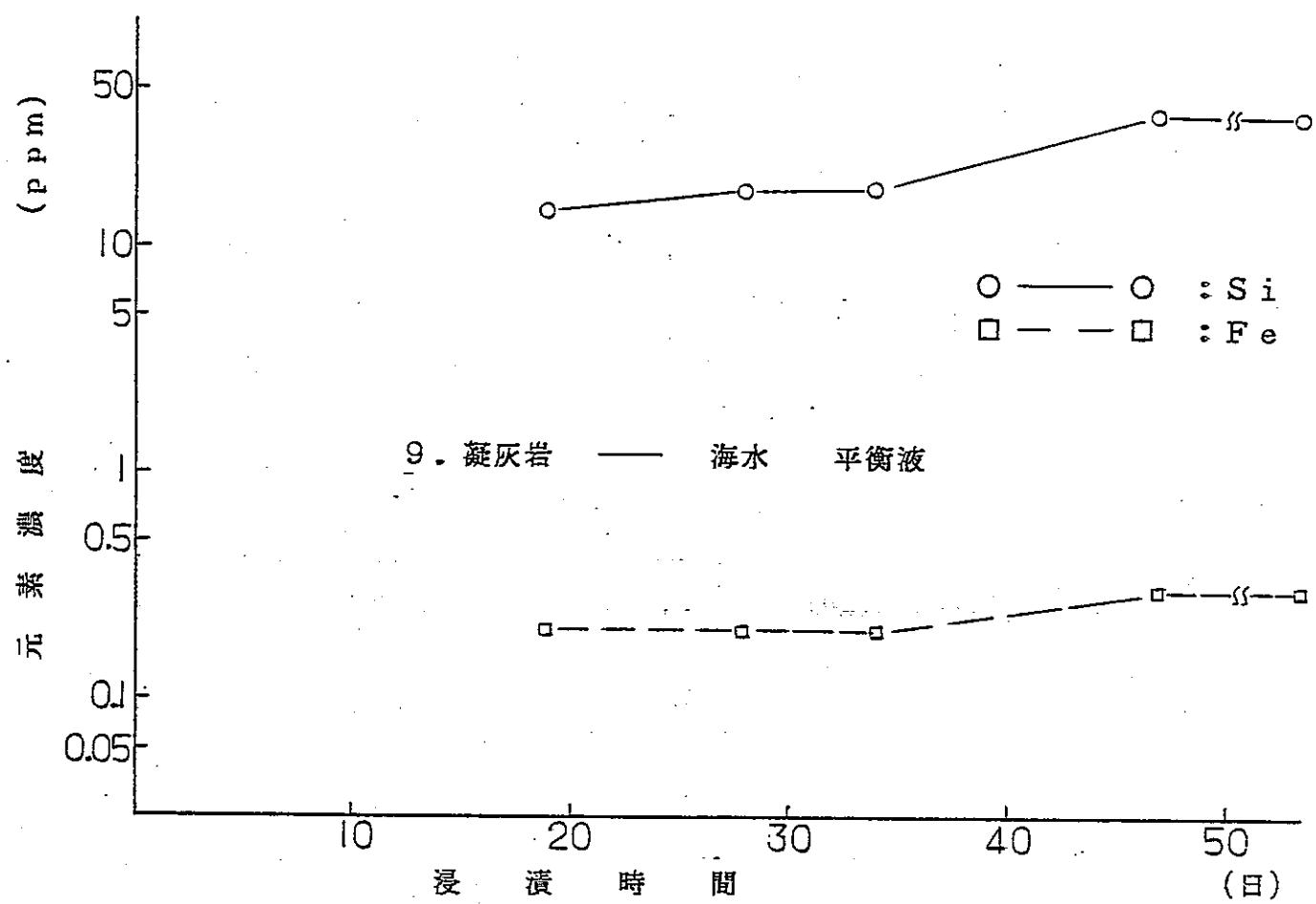


図4-8 岩石(ペントナイト)平衡液元素濃度測定結果(その5)

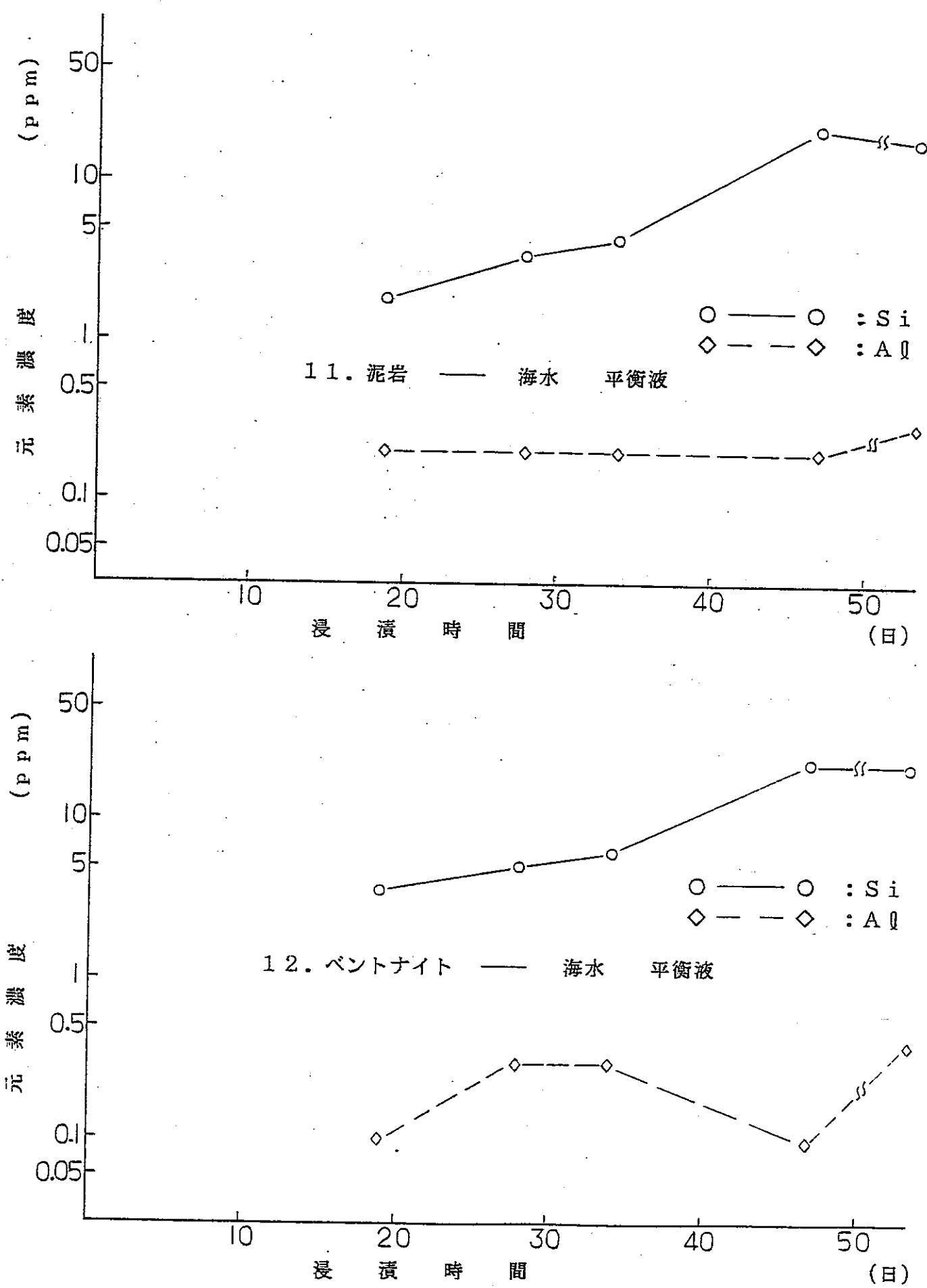


図4-9 岩石(ベントナイト) 平衡液元素濃度測定結果 (その6)

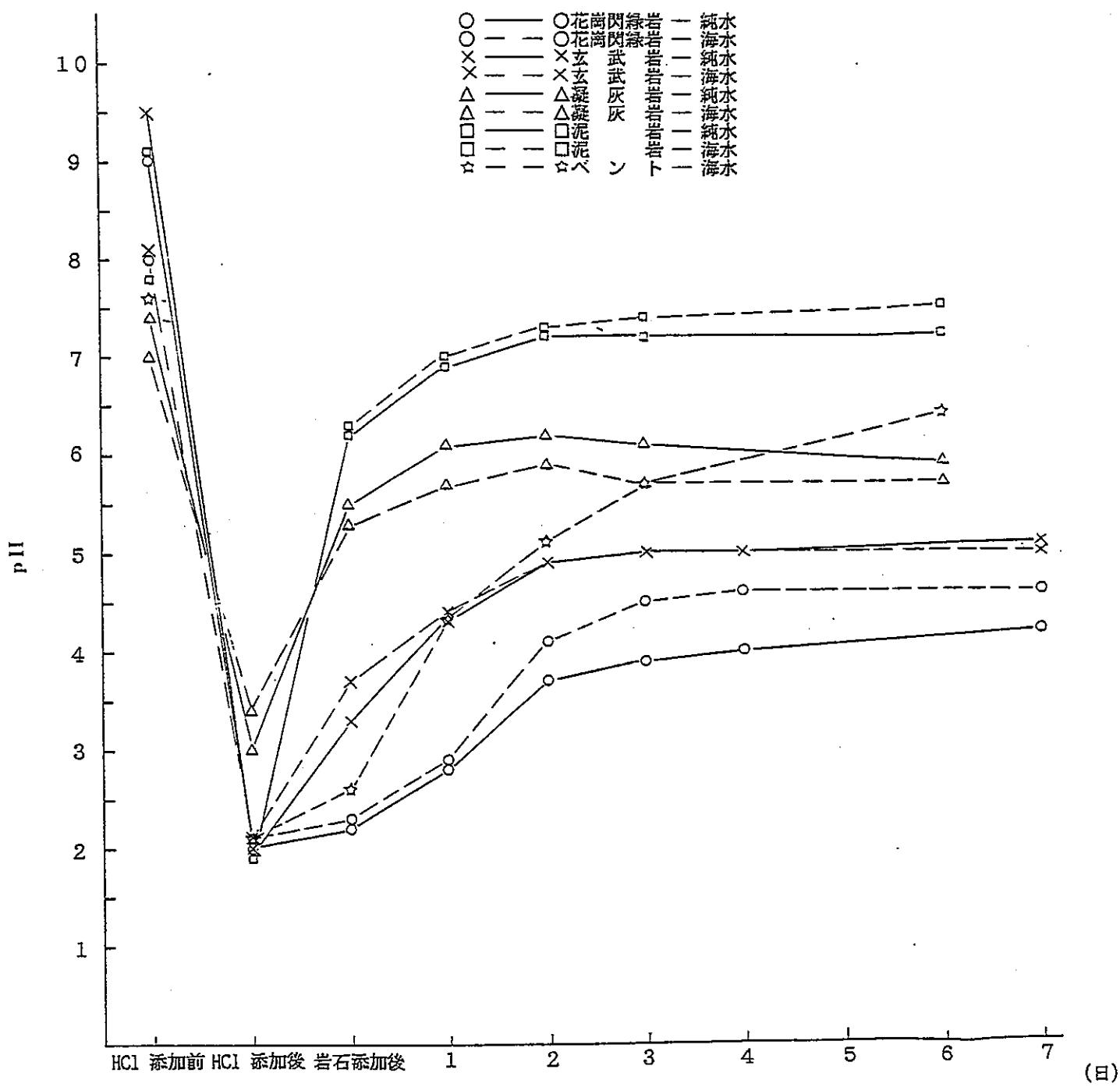


図4-10 R.I.添加後のpH変化確認予備試験結果

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Be | | | | | | | | | | | | | |
| Mg | | | | | | | | | | | | Al | |
| Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As |
| | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb |
| | La | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | | Pb | Bi |

図4-11 水酸イオンOH⁻と溶解度の小さい化合物を作る陽イオン

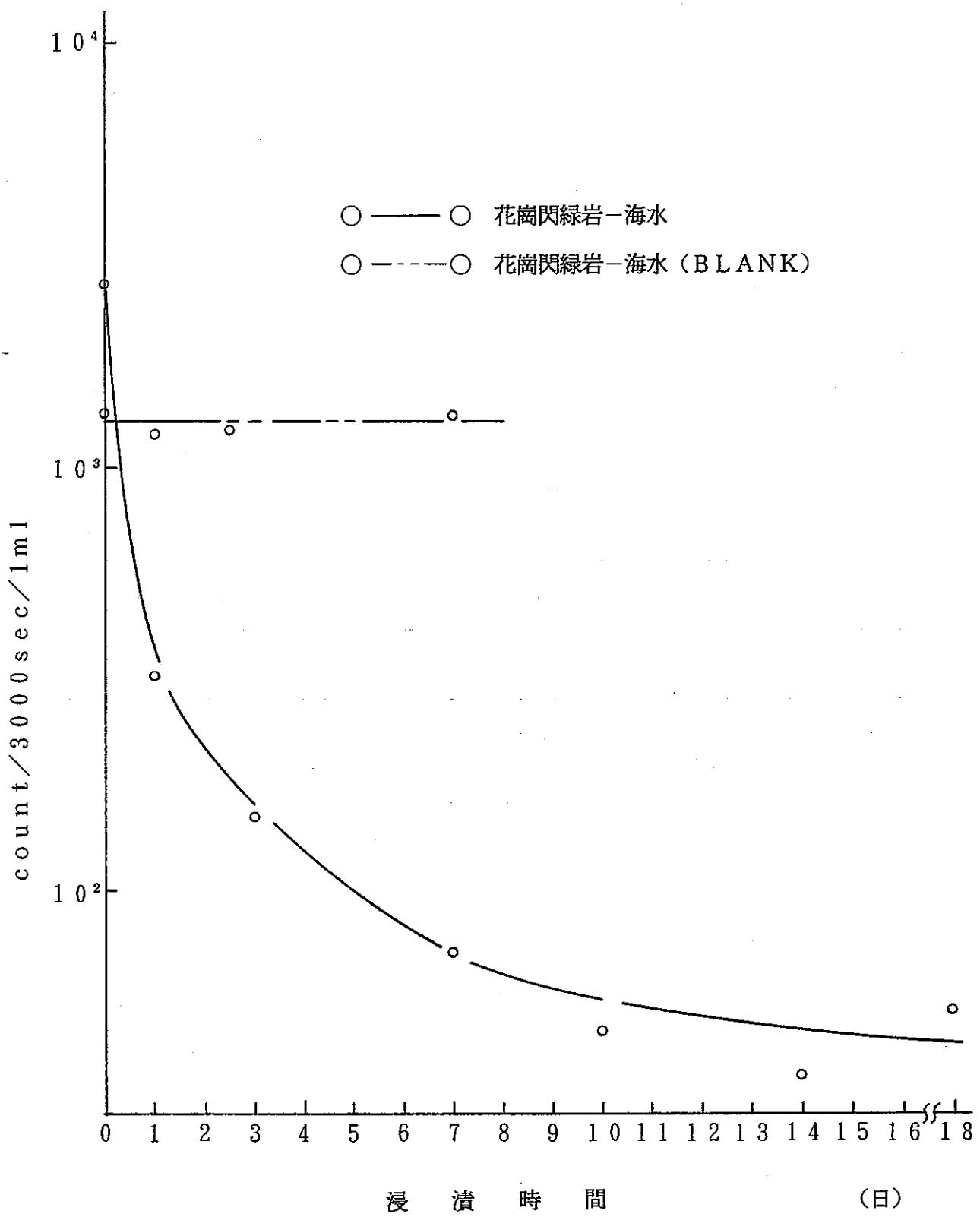


図4-12 試験液⁹⁵Zr濃度測定結果

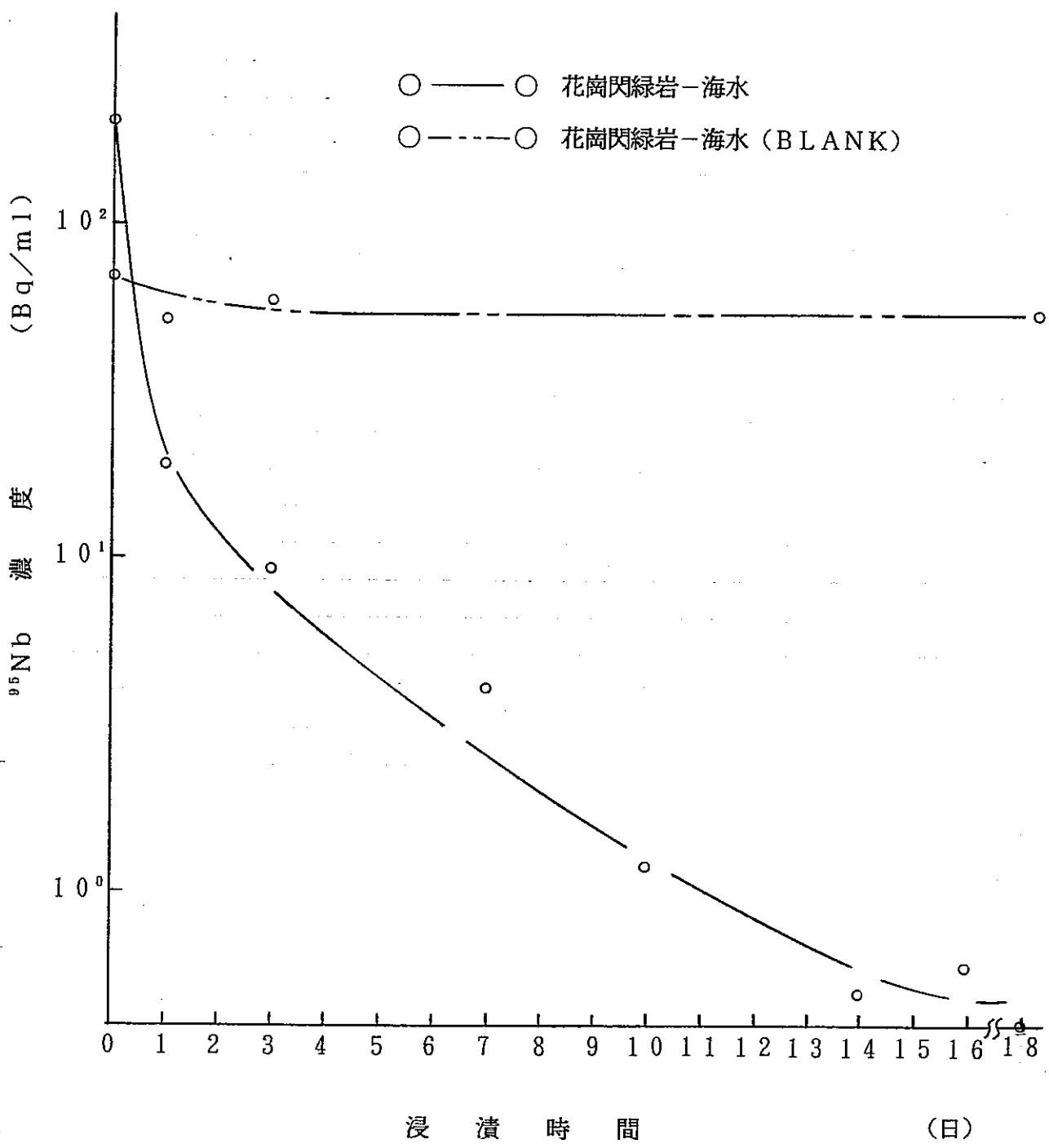


図 4-13 試験液⁹⁵Nb濃度測定結果

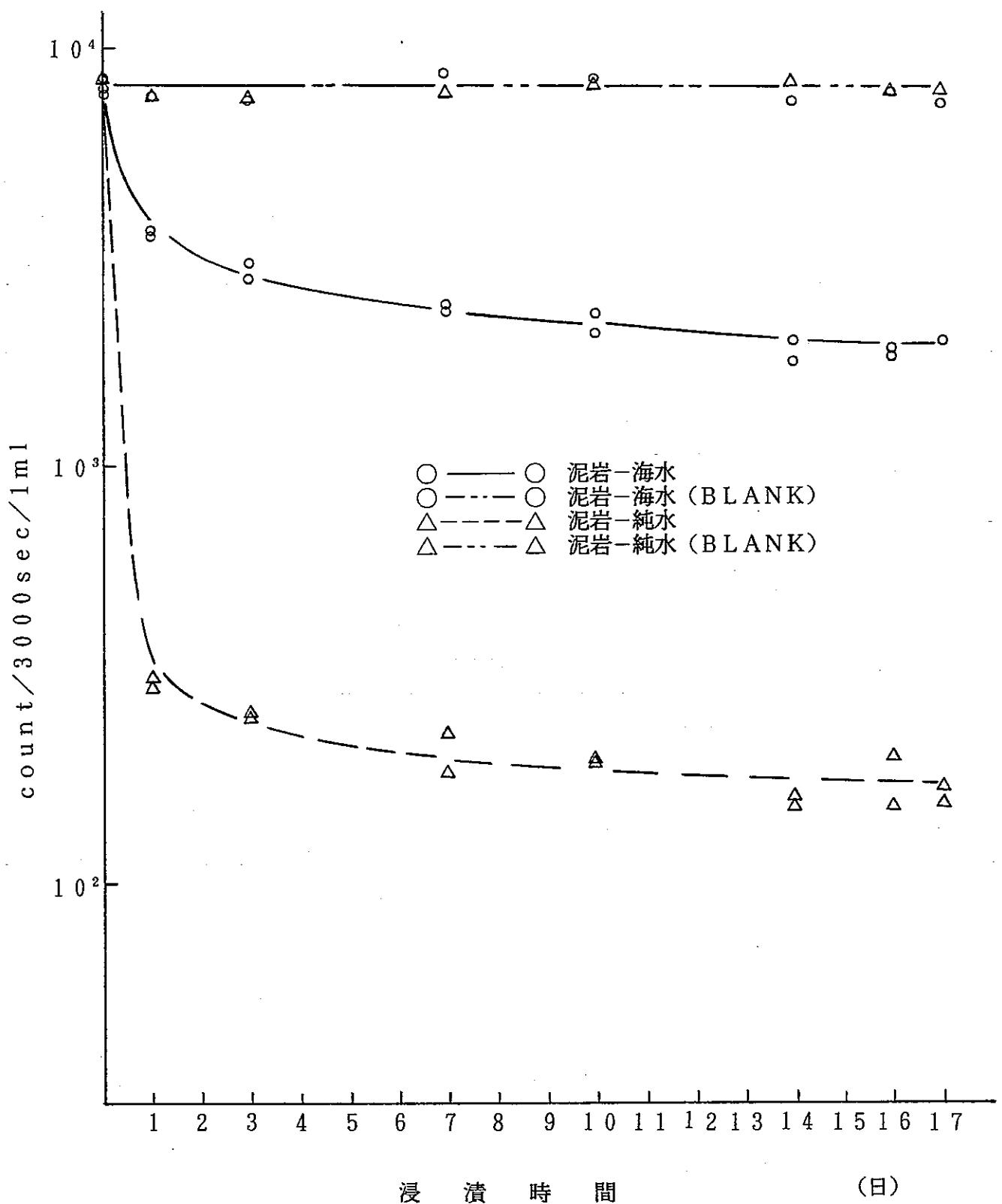


図4-14 試験液 ^{226}Ra 濃度測定結果

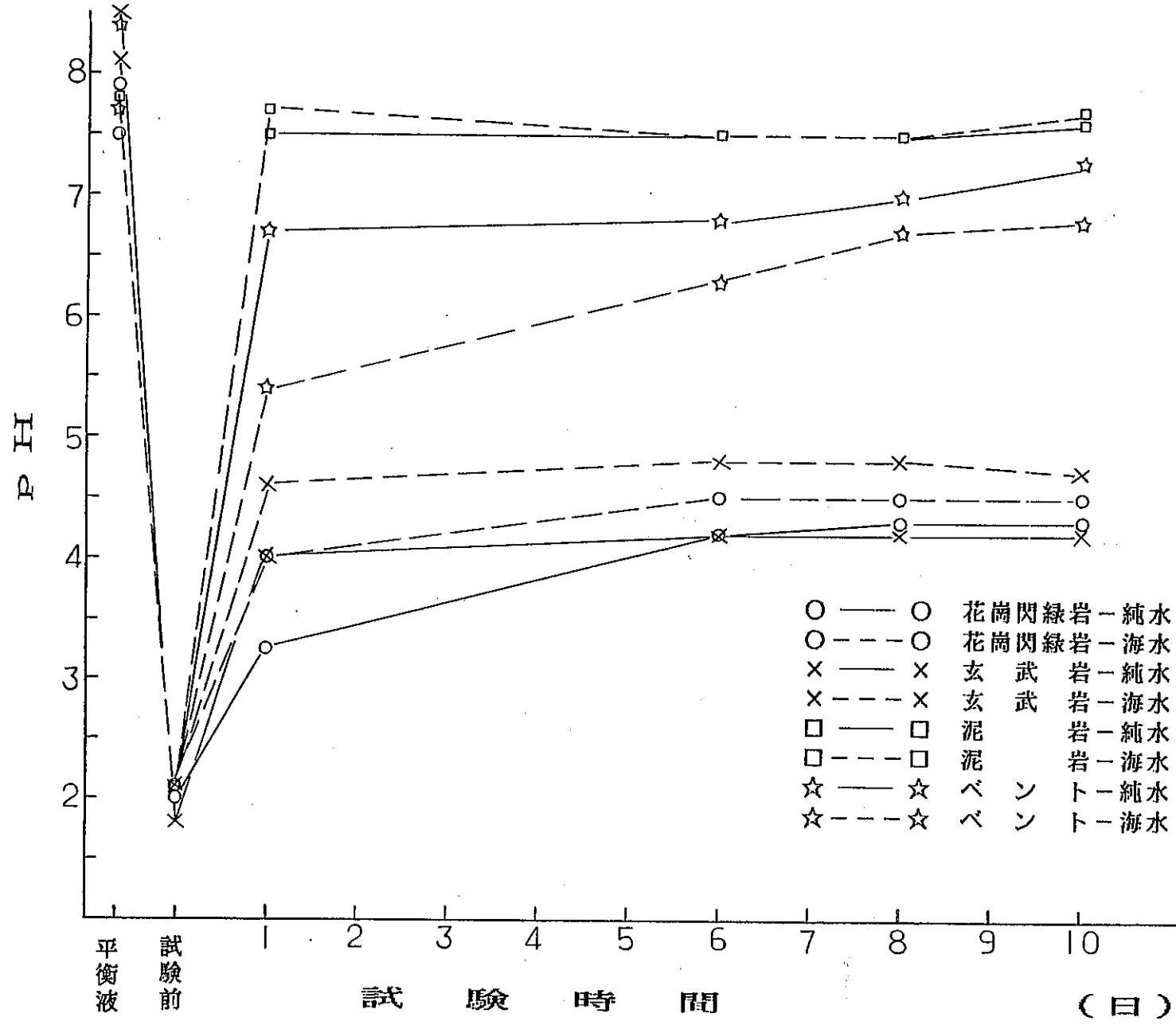


図4-15 ^{113}Sn 試験液pH測定結果

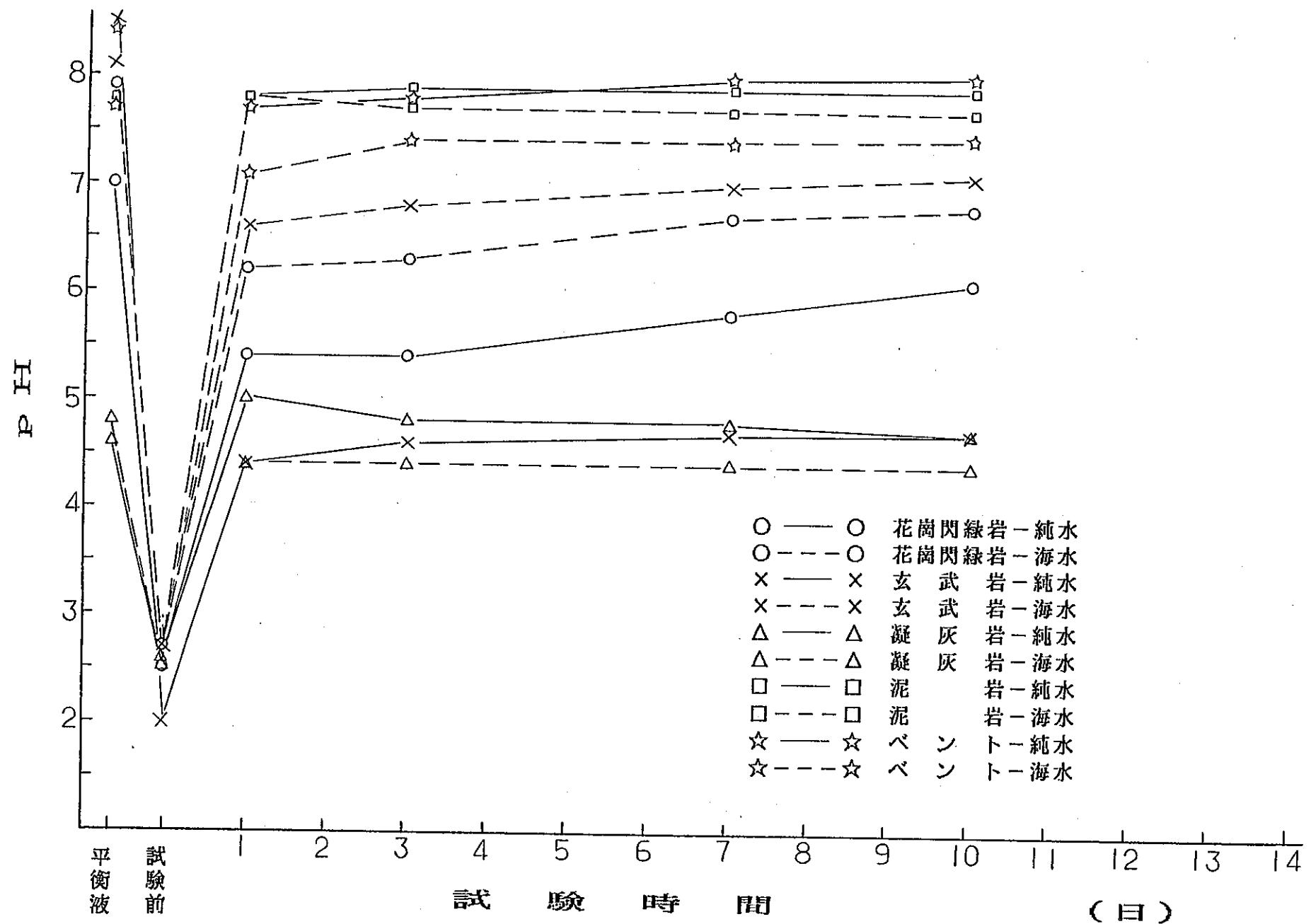


図4-16 ^{95}Zr (^{95}Nb) 試験液pH測定結果

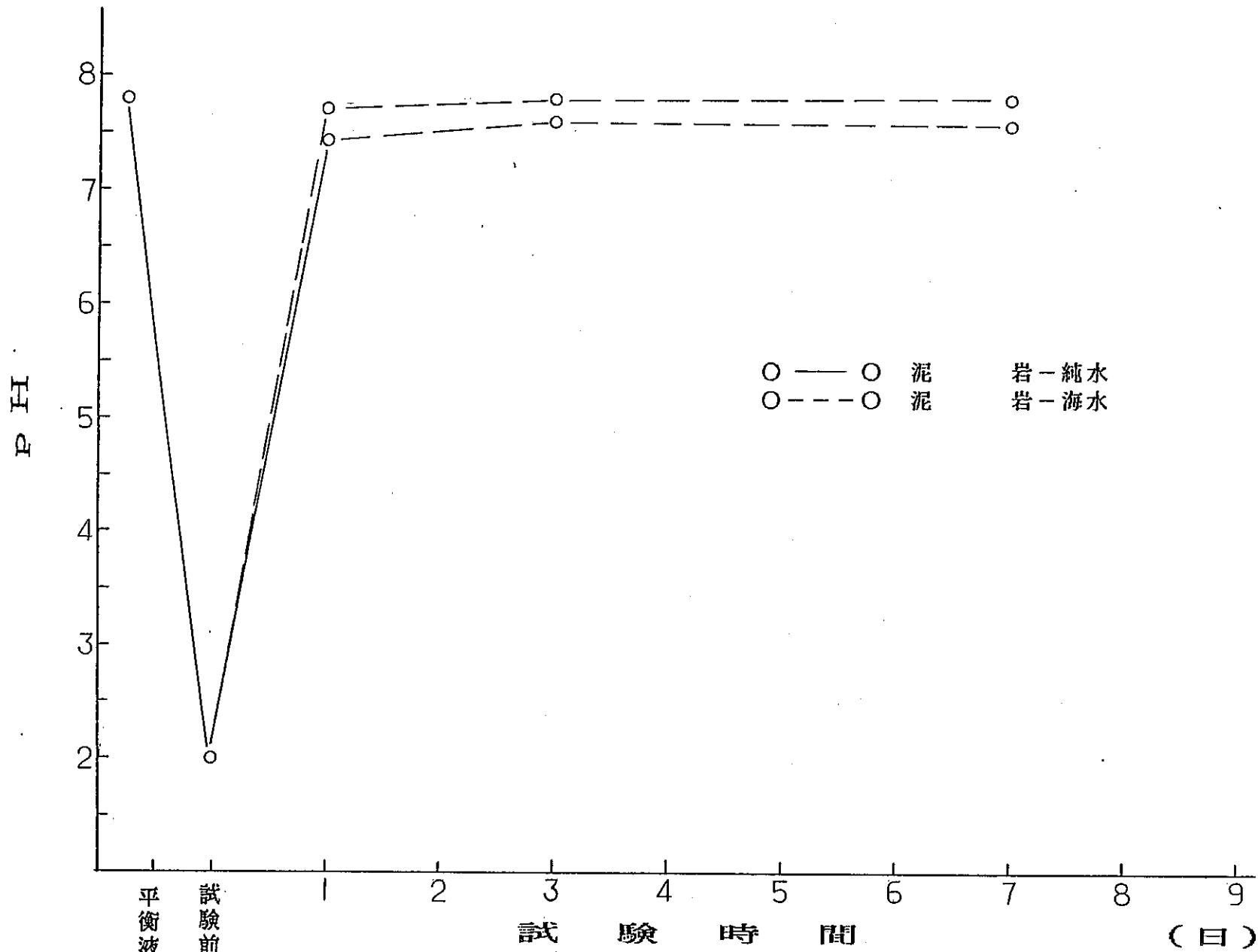


図4-17 ^{226}Ra 試験液 pH 測定結果

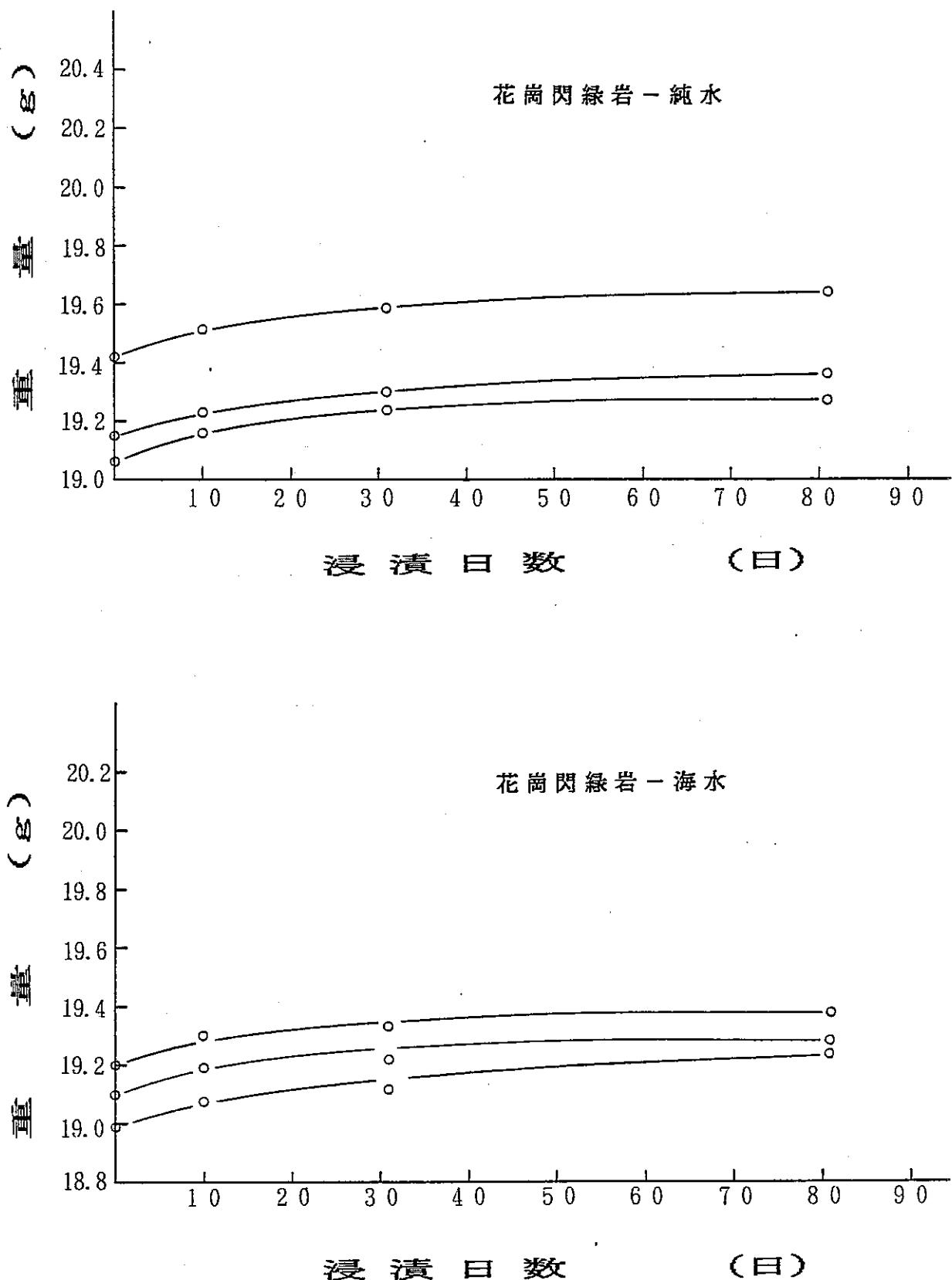
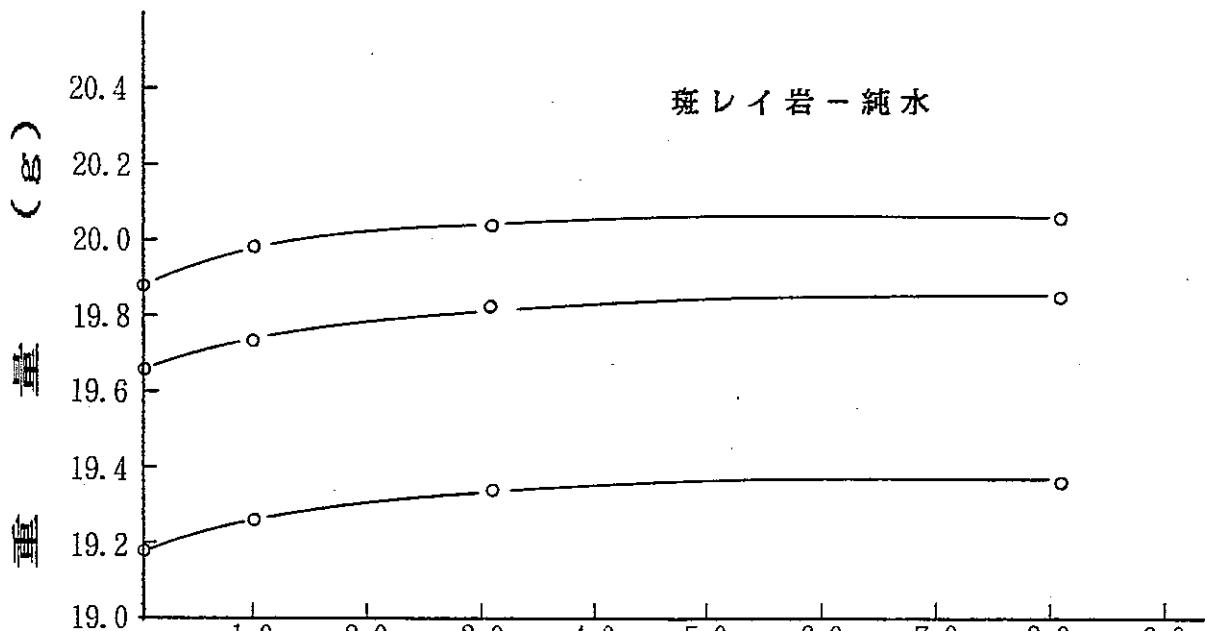
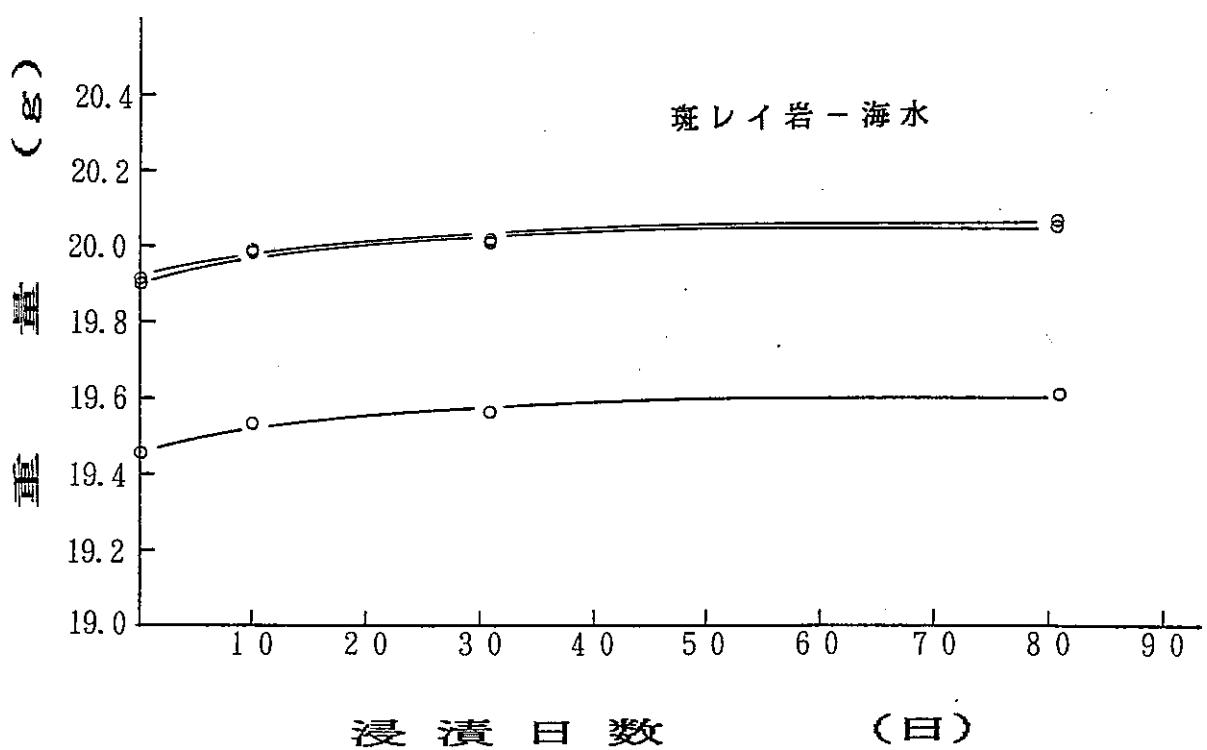


図4-18 花崗閃綠岩重量測定結果



浸漬日数 (日)



浸漬日数 (日)

図4-19 斑レイ岩重量測定結果

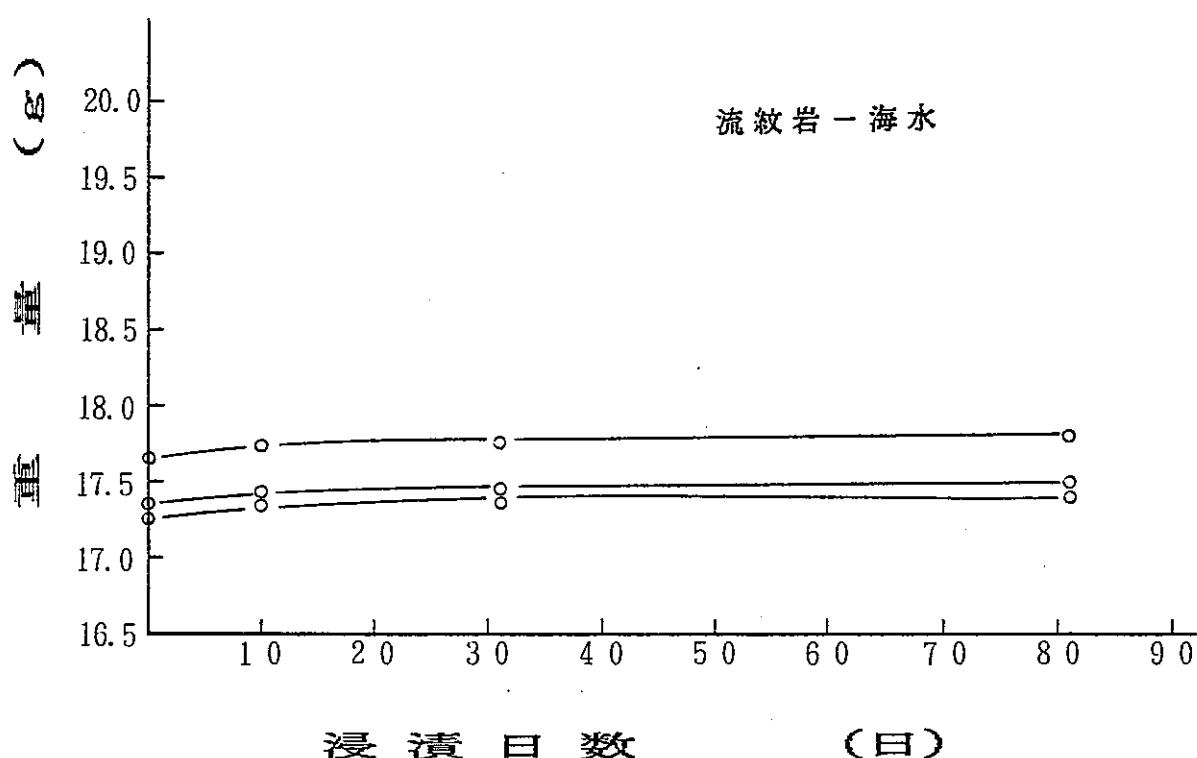
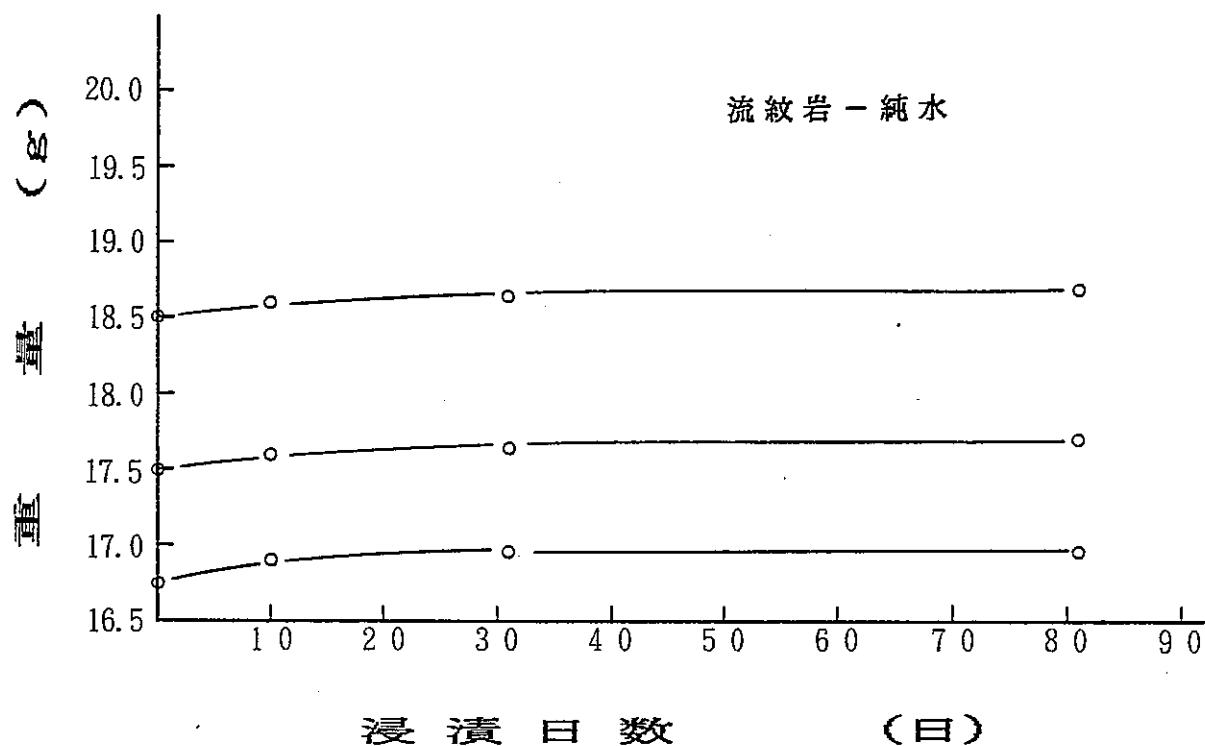


図 4 - 20 流紋岩重量測定結果

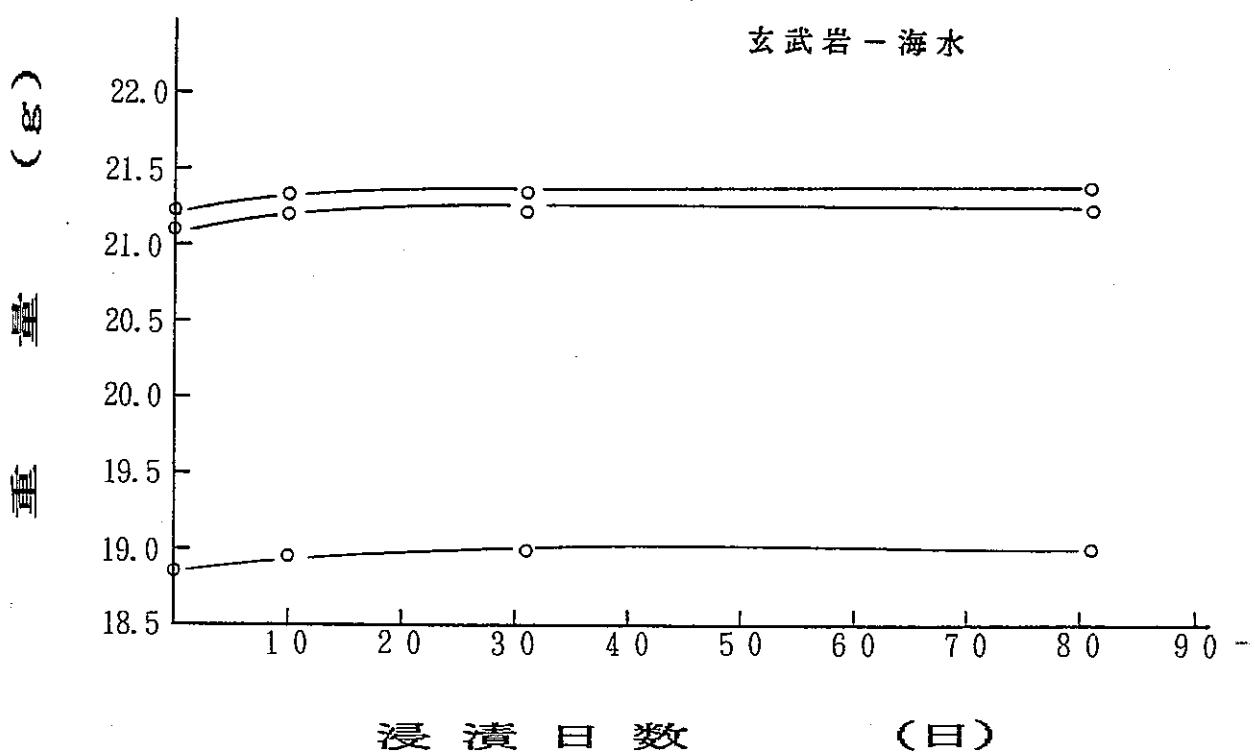
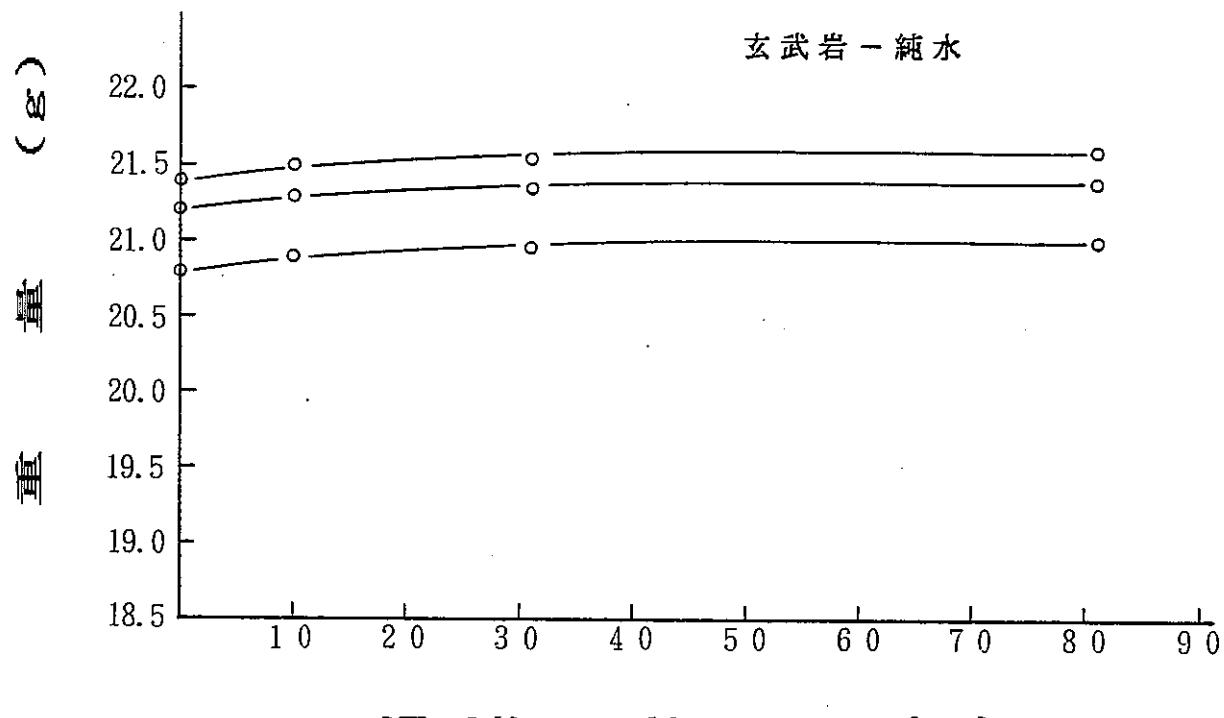


図 4 - 21 玄武岩重量測定結果

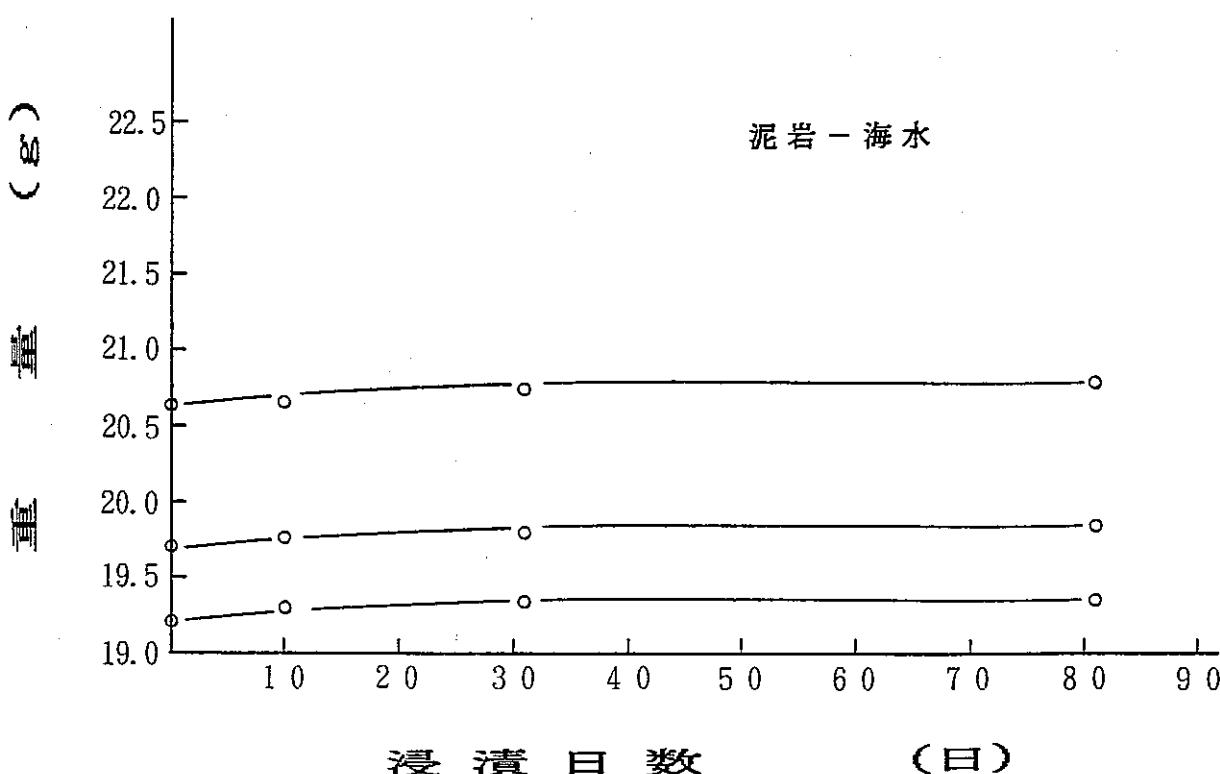
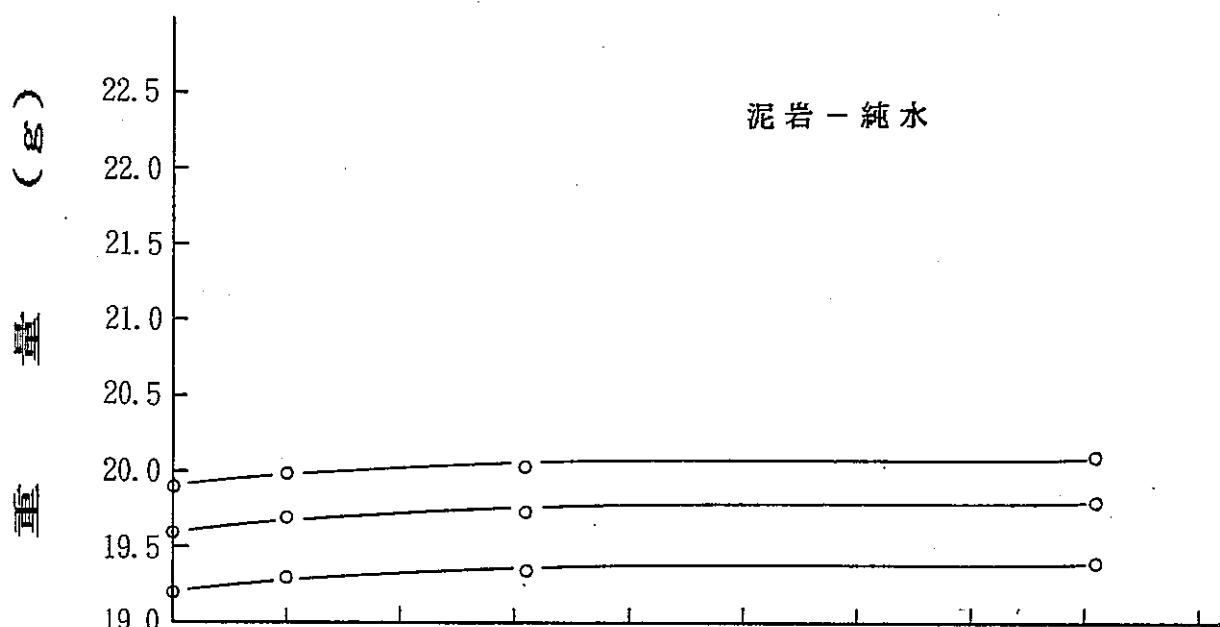


図4-22 泥岩重量測定結果

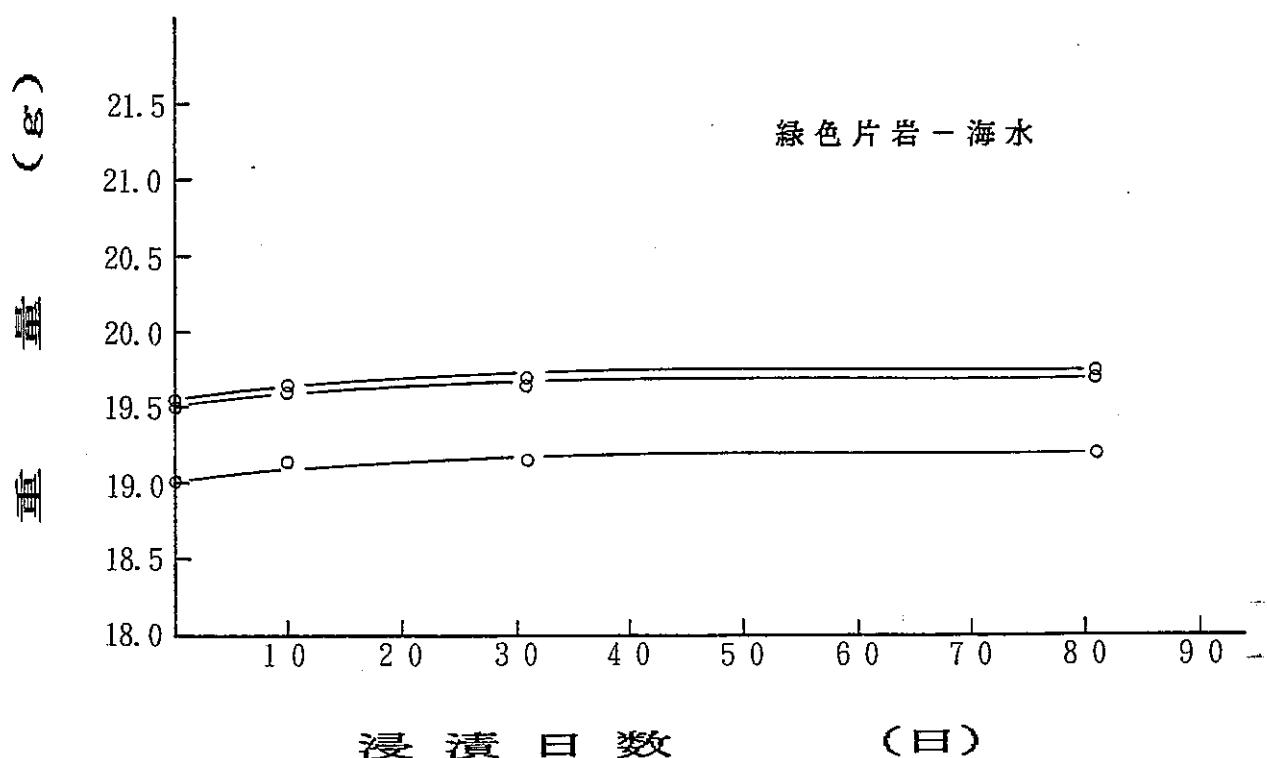
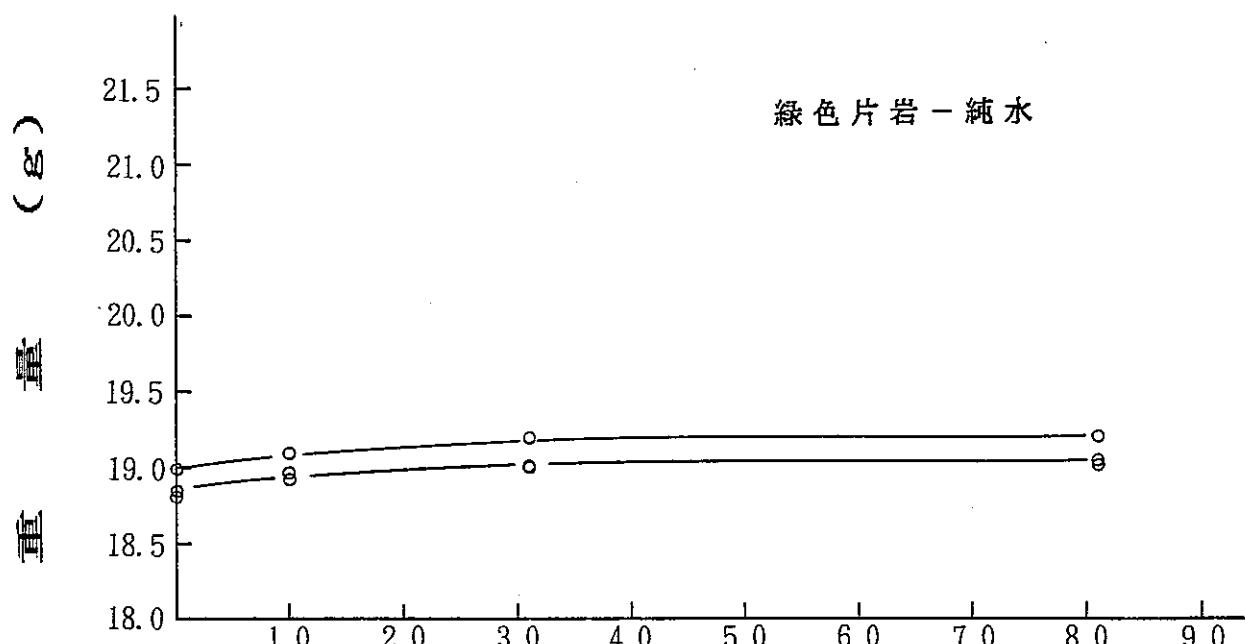


図4-23 緑色片岩重量測定結果

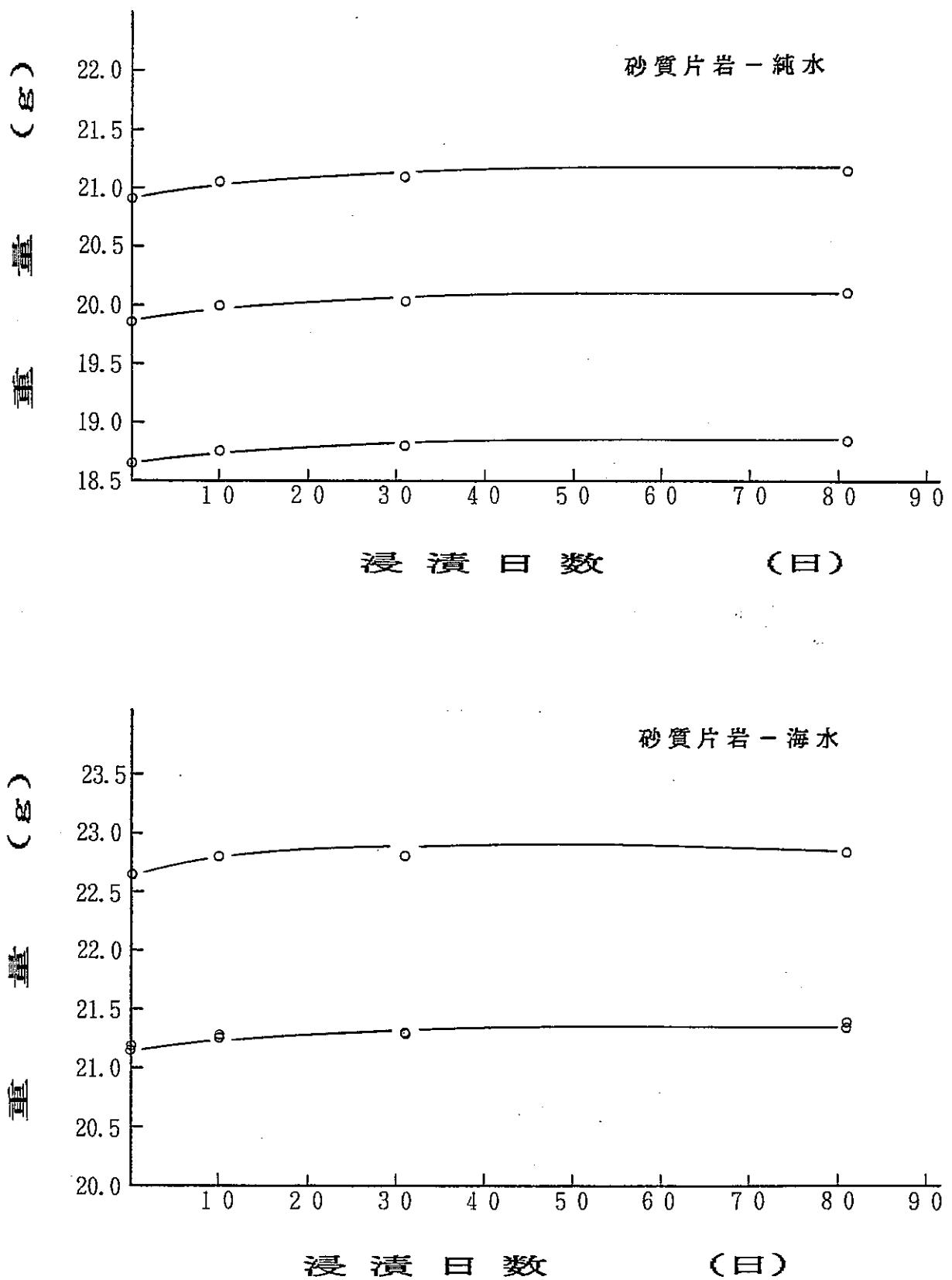


図4-24 砂質片岩重量測定結果

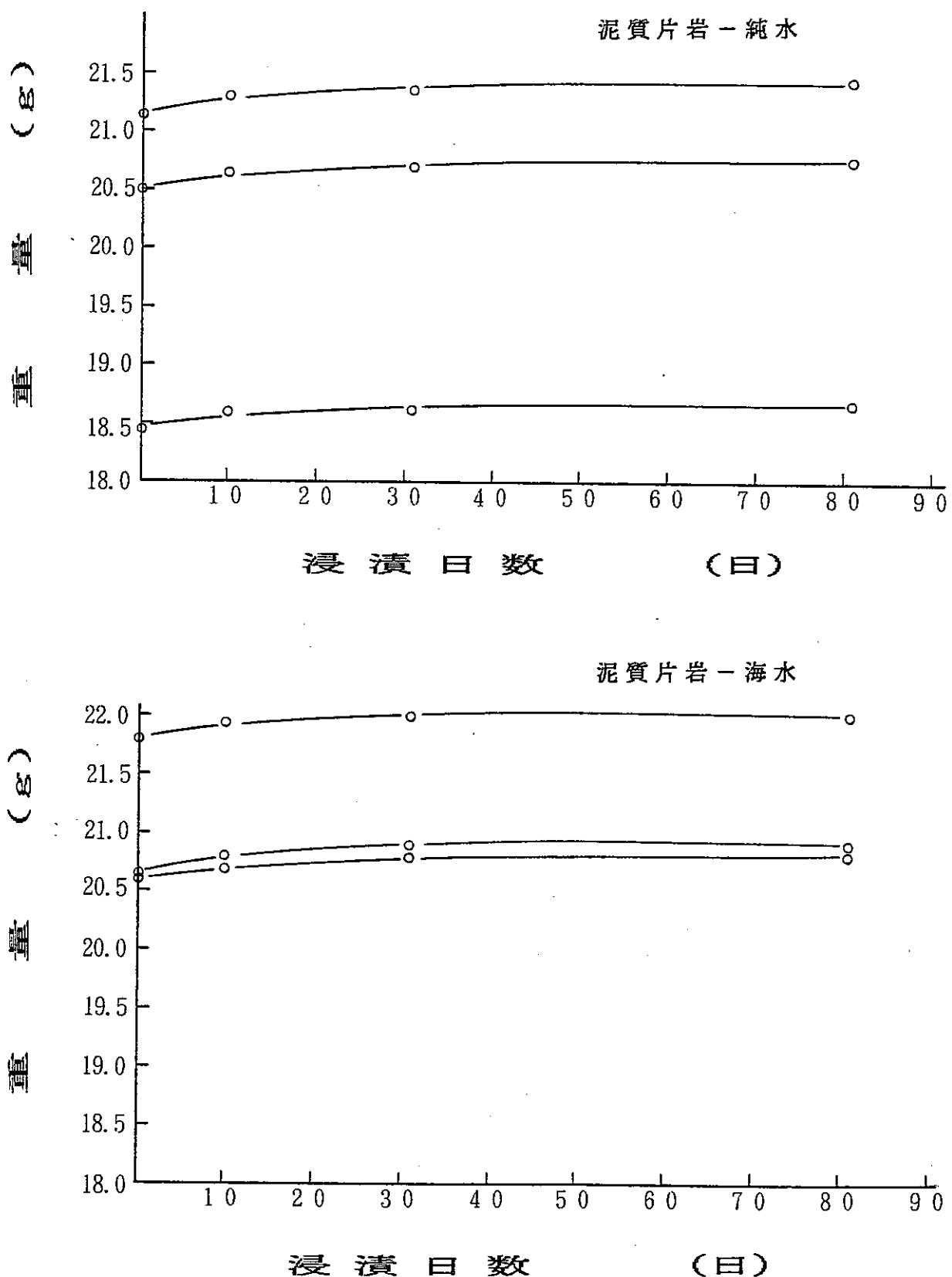


図 4-25 泥質片岩重量測定結果

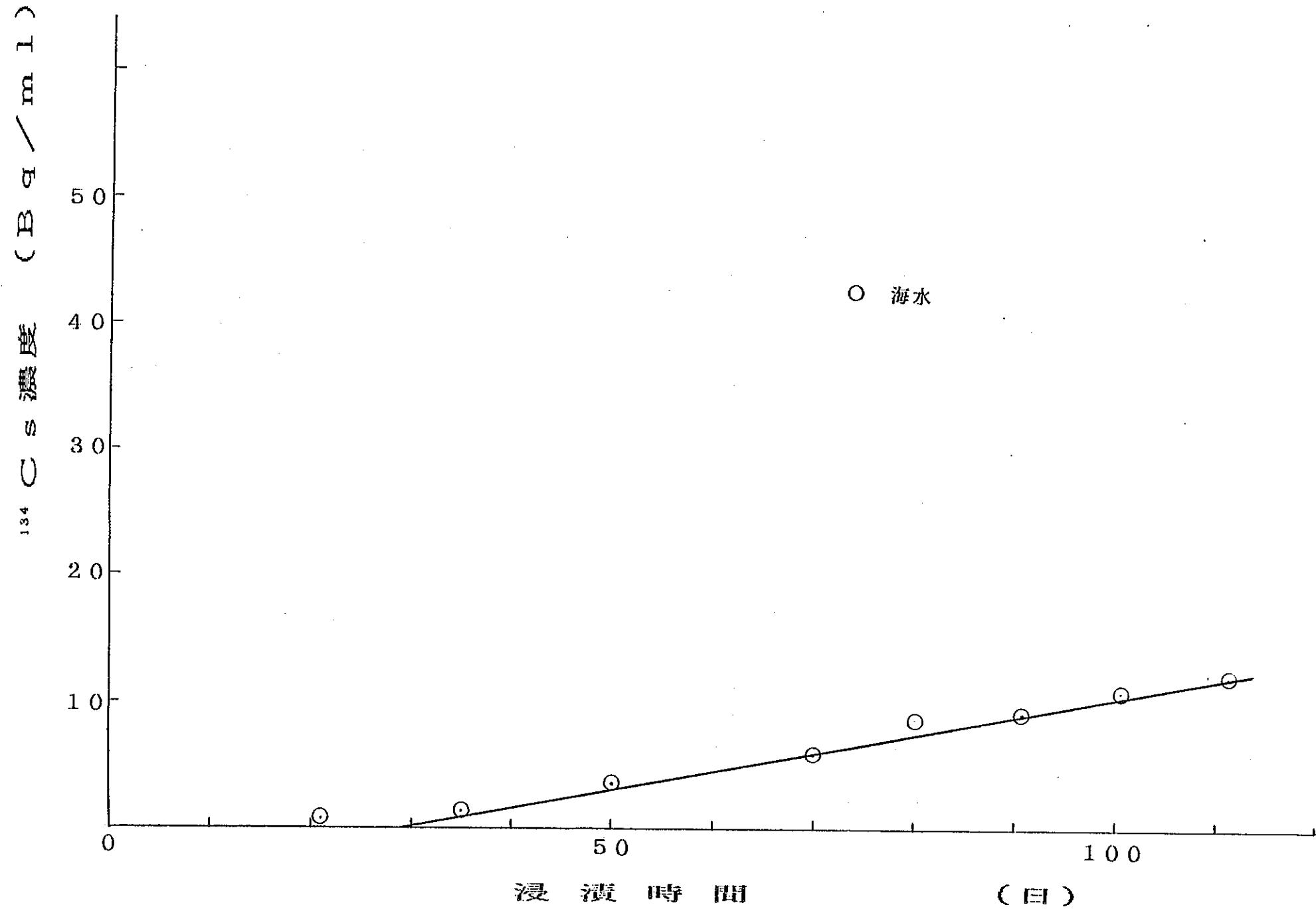


図4-26 花崗閃綠岩- Cs^{134} 濃度

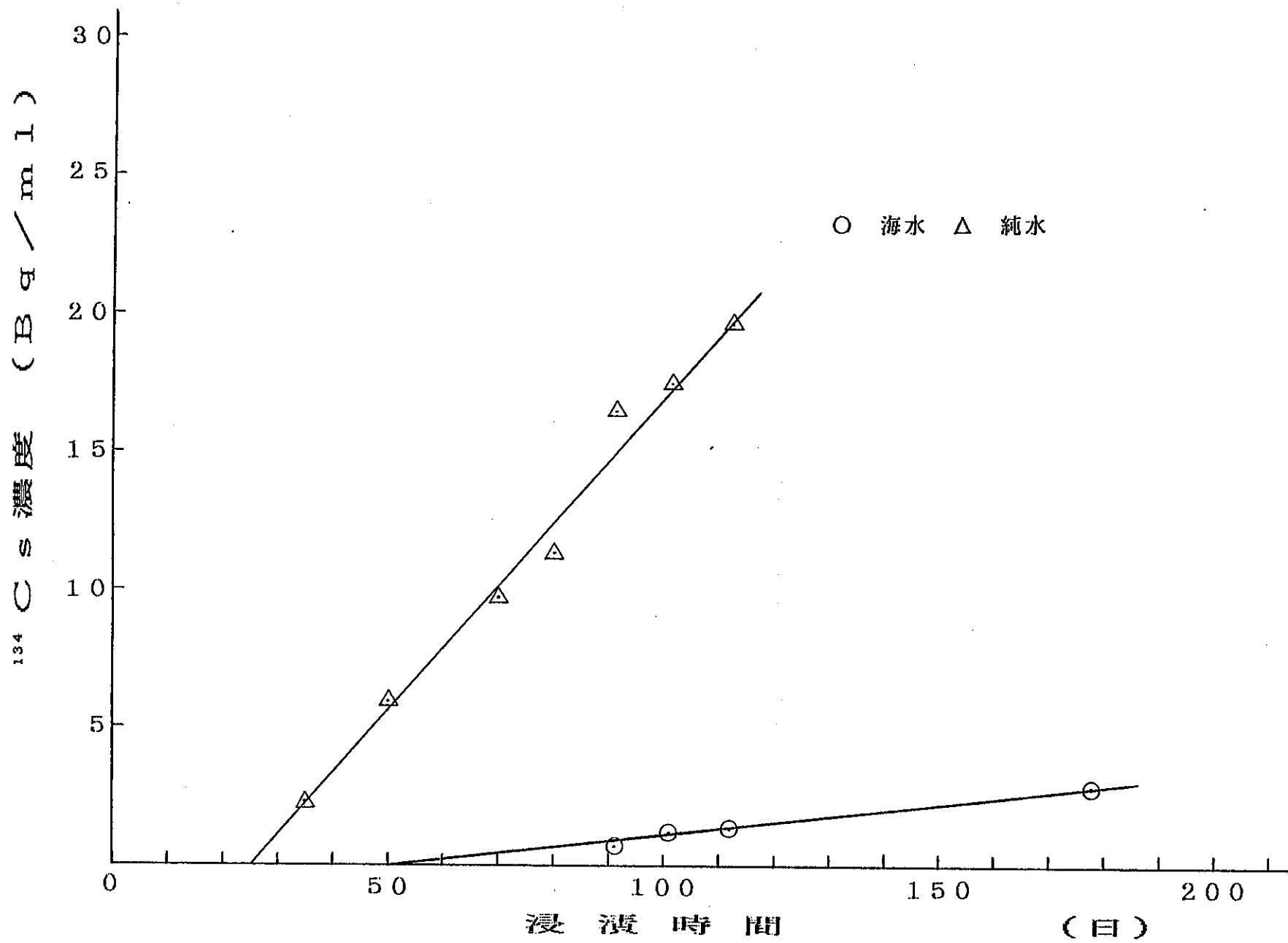


図4-27 流紋岩- Cs^{134} 濃度

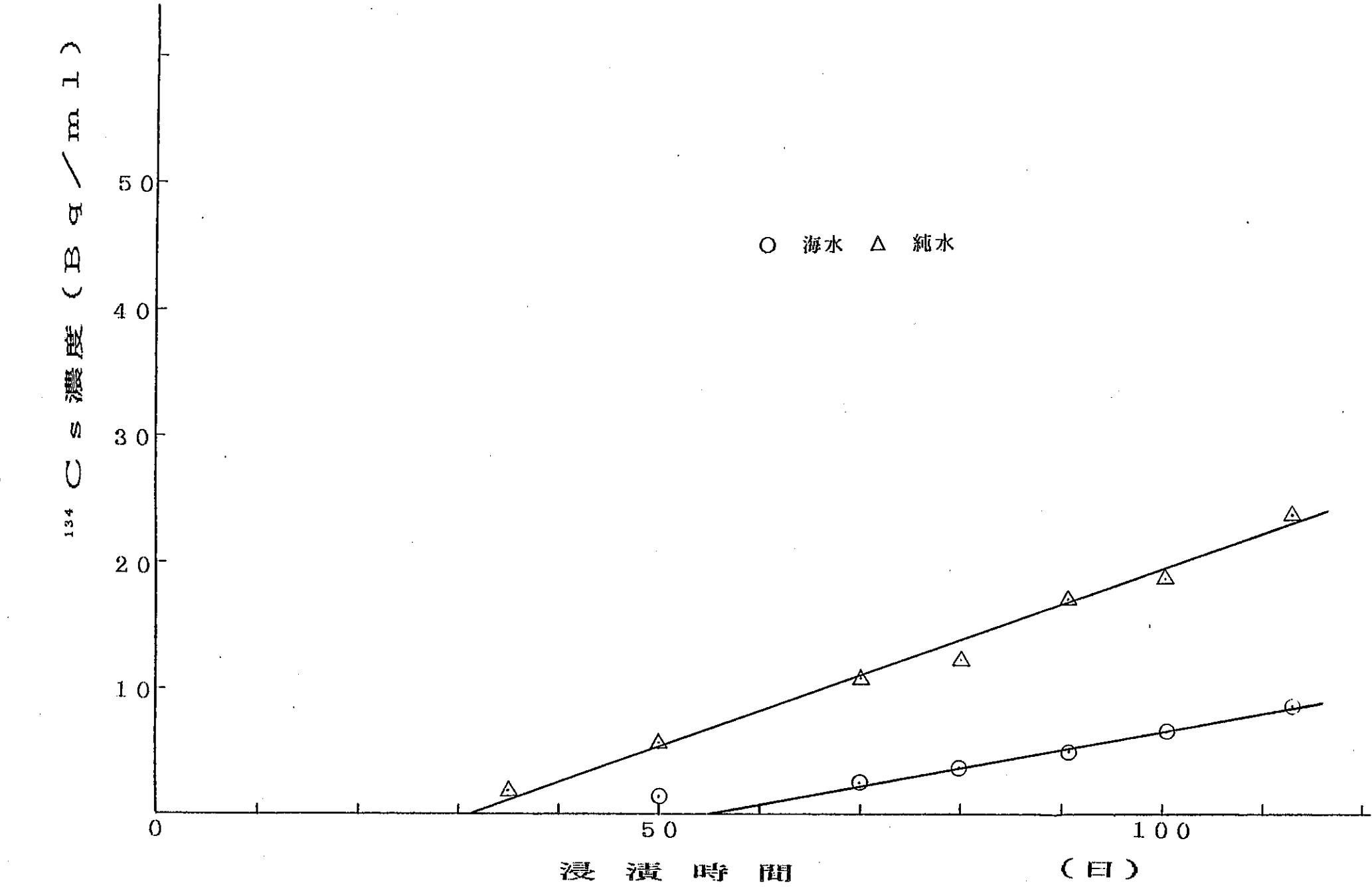


図4-28 緑色片岩- ^{134}Cs 濃度

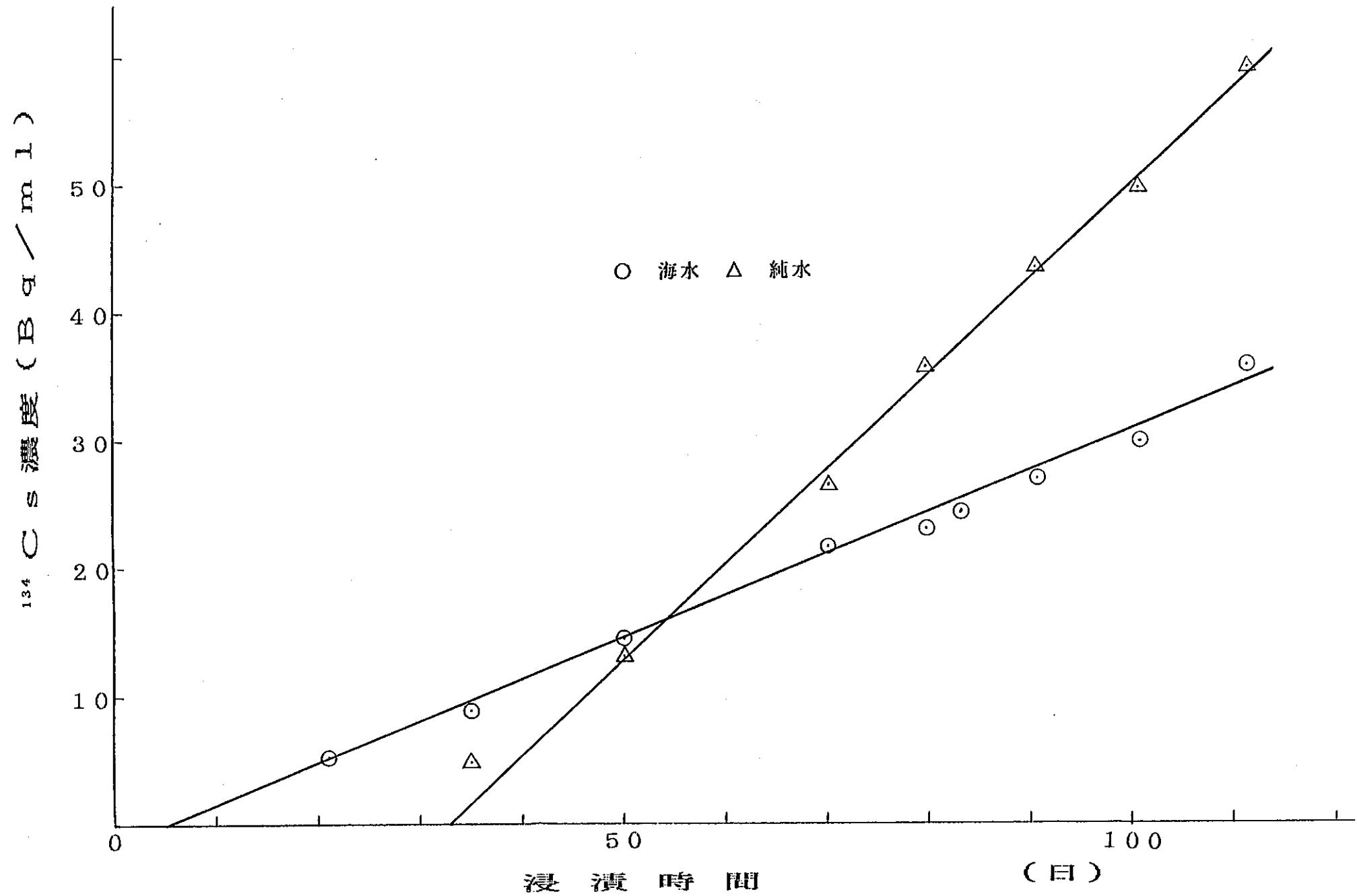


図4-29 砂質片岩- ^{134}Cs 濃度

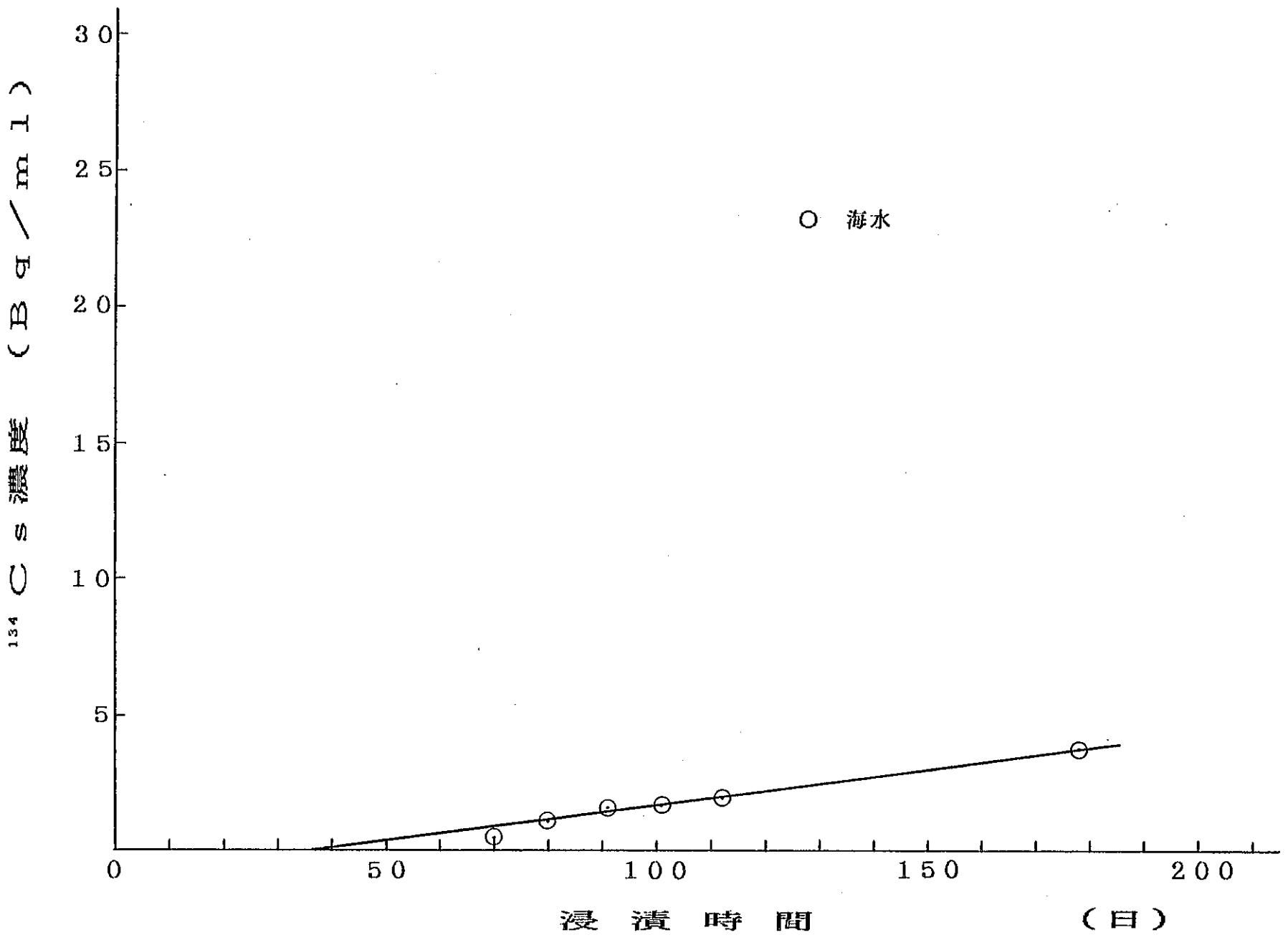


図4-30 泥岩- ^{134}Cs 濃度

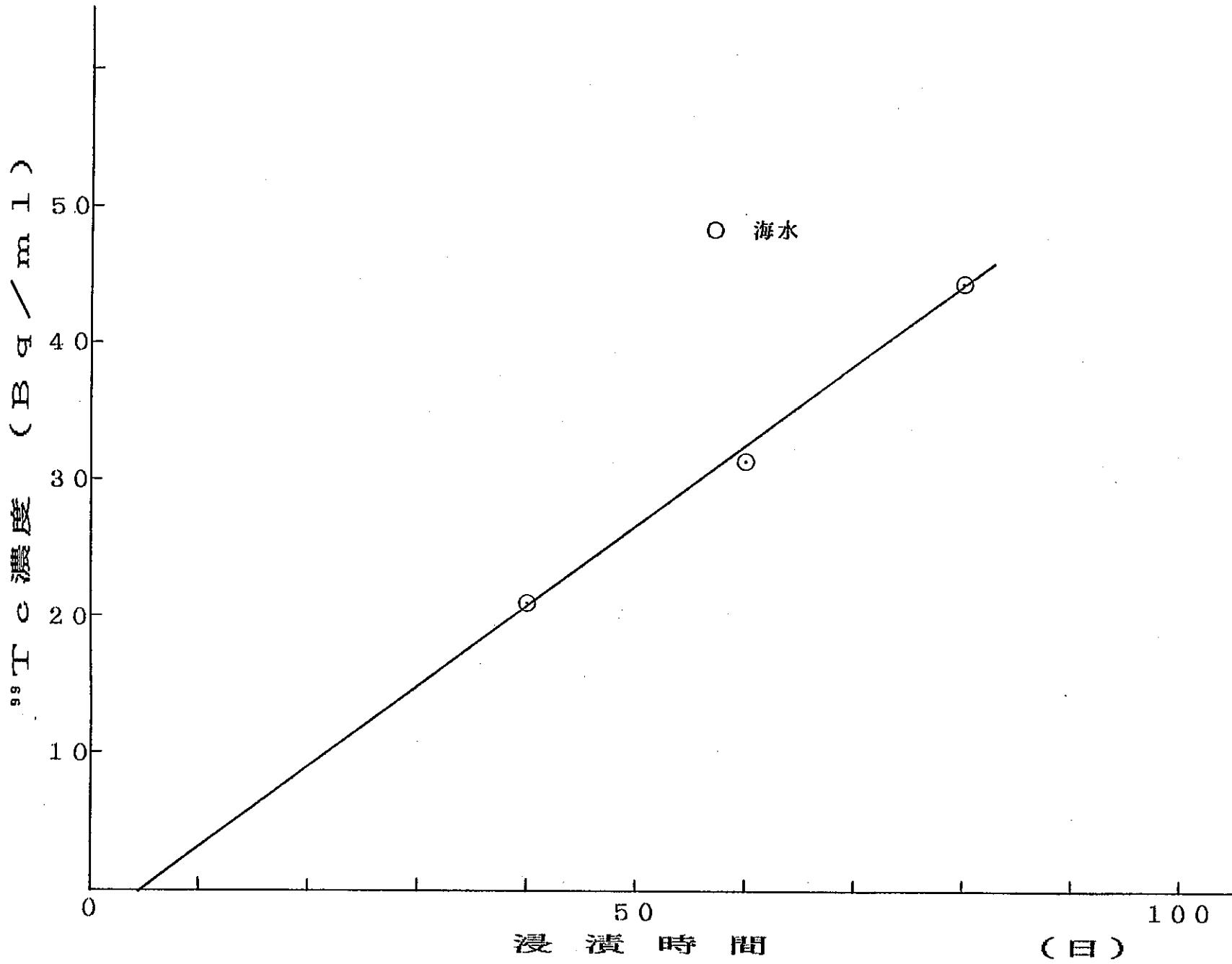


図4-31 花崗閃綠岩- ^{99}Tc 濃度

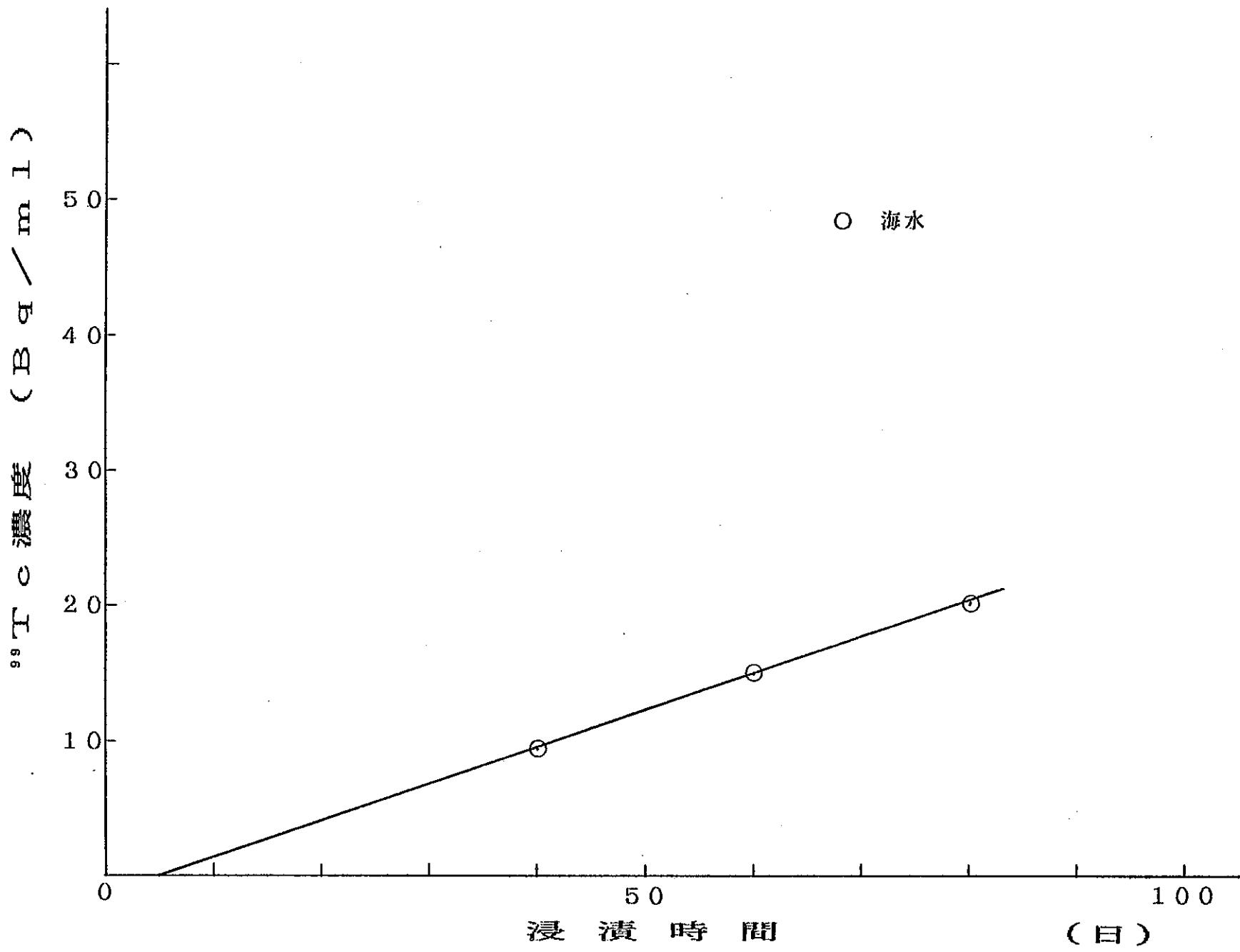


図4-32 緑色片岩- ^{99}Tc 濃度(海水)

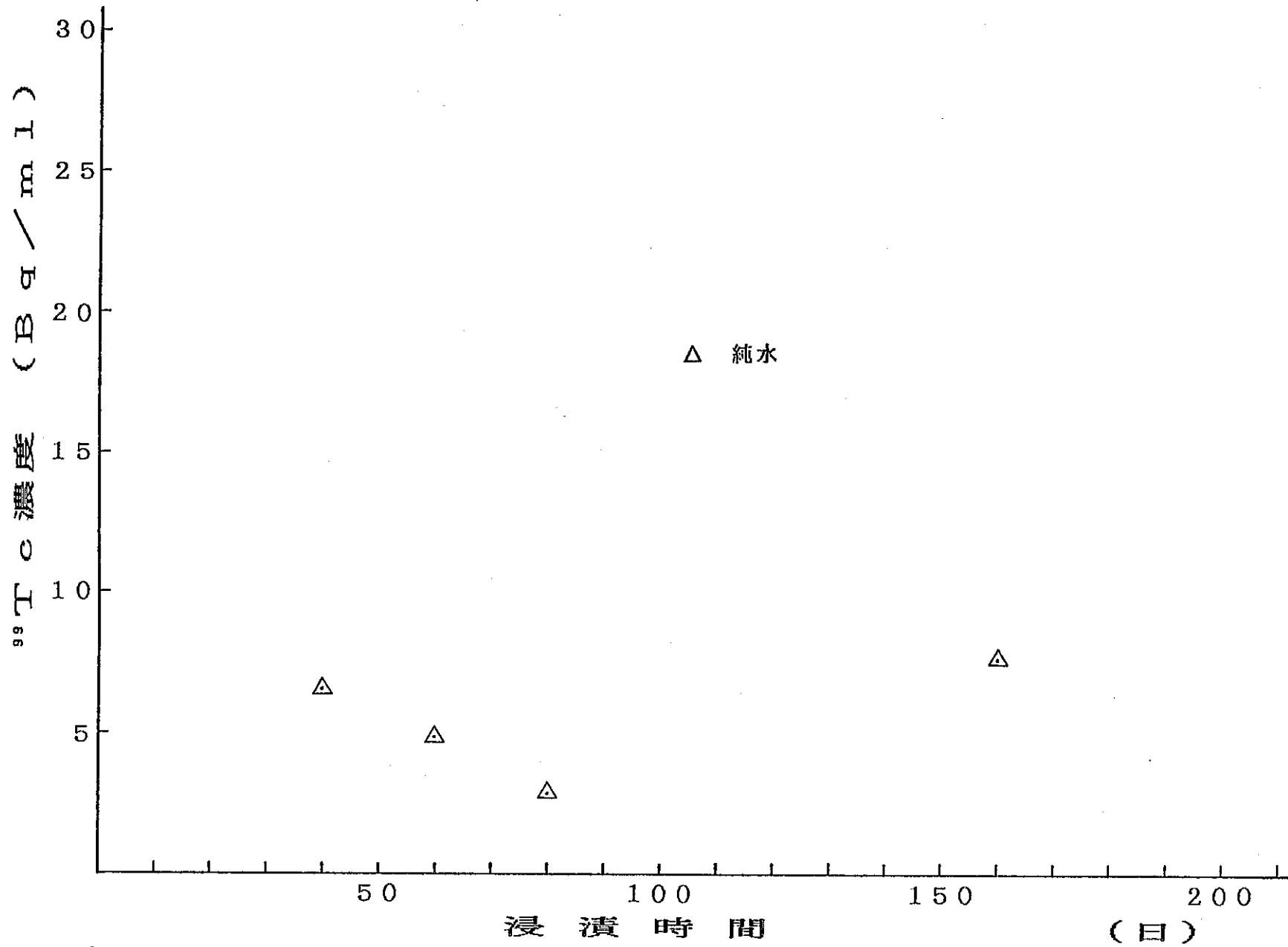


図4-33 緑色片岩- ^{99}Tc 濃度(純水)

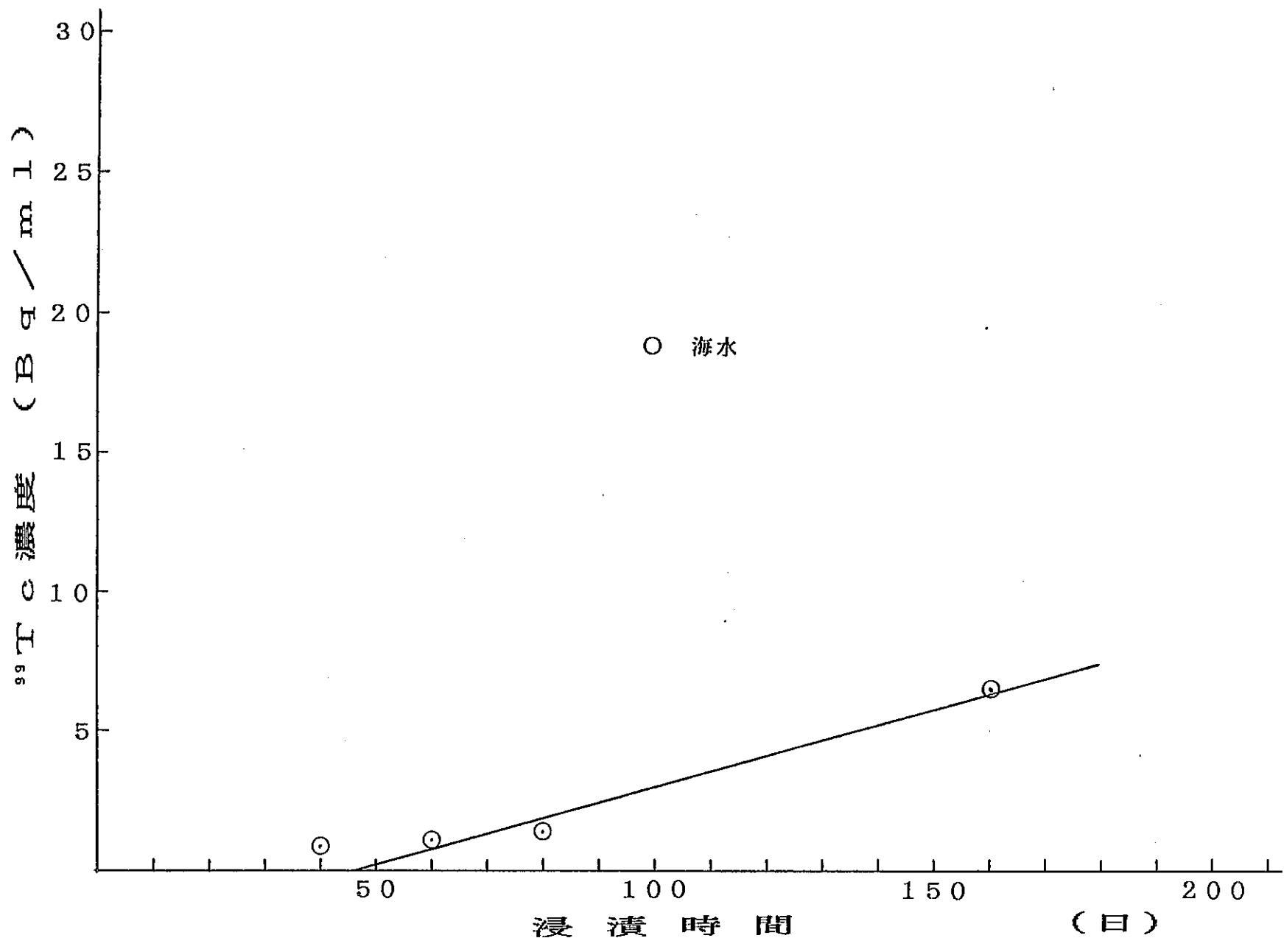


図4-34 砂質片岩- ^{99}Tc 濃度

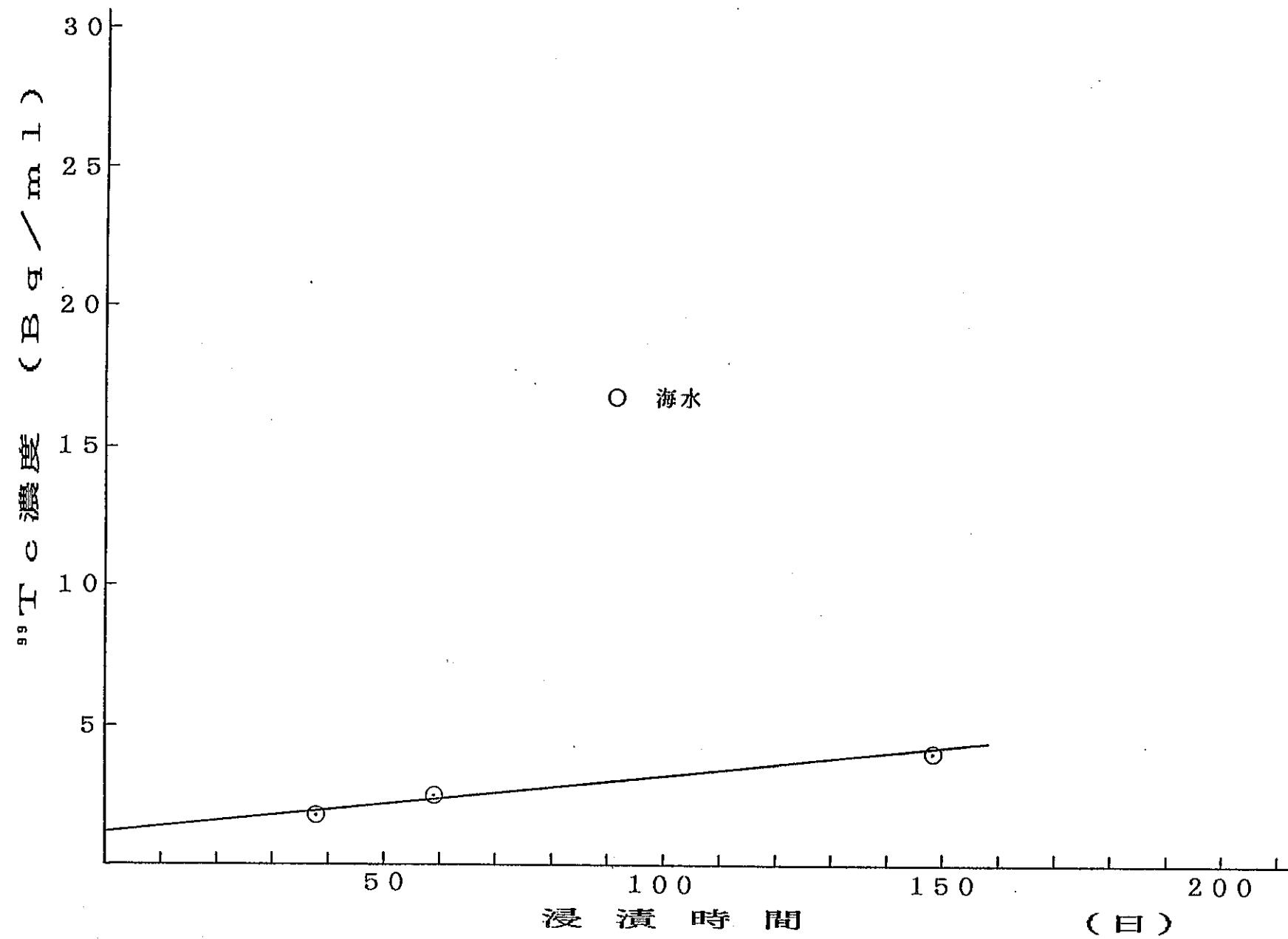


図4-35 泥質片岩- ^{99}Tc 濃度

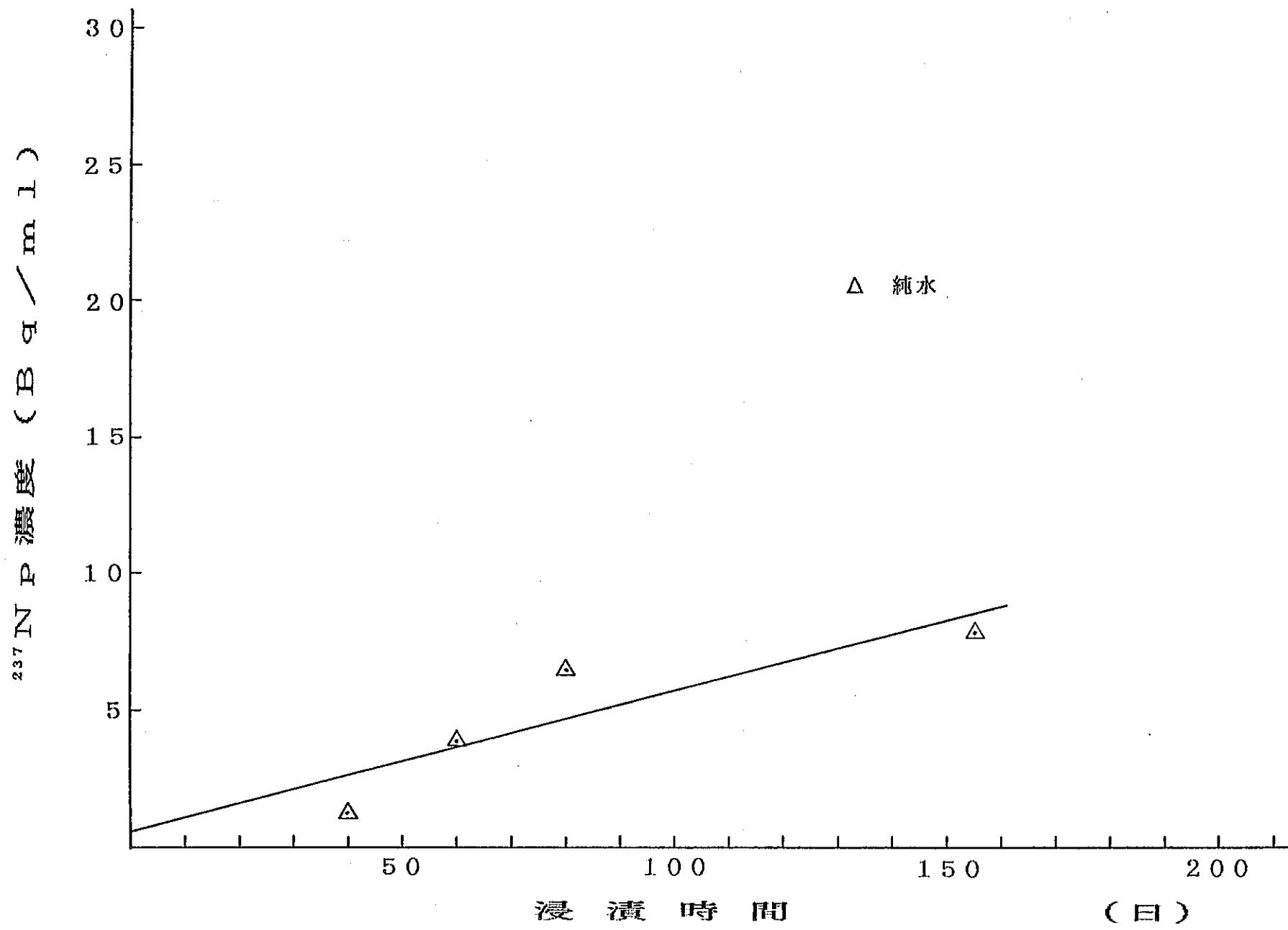


図4-36 花崗閃綠岩- ^{237}Np 濃度

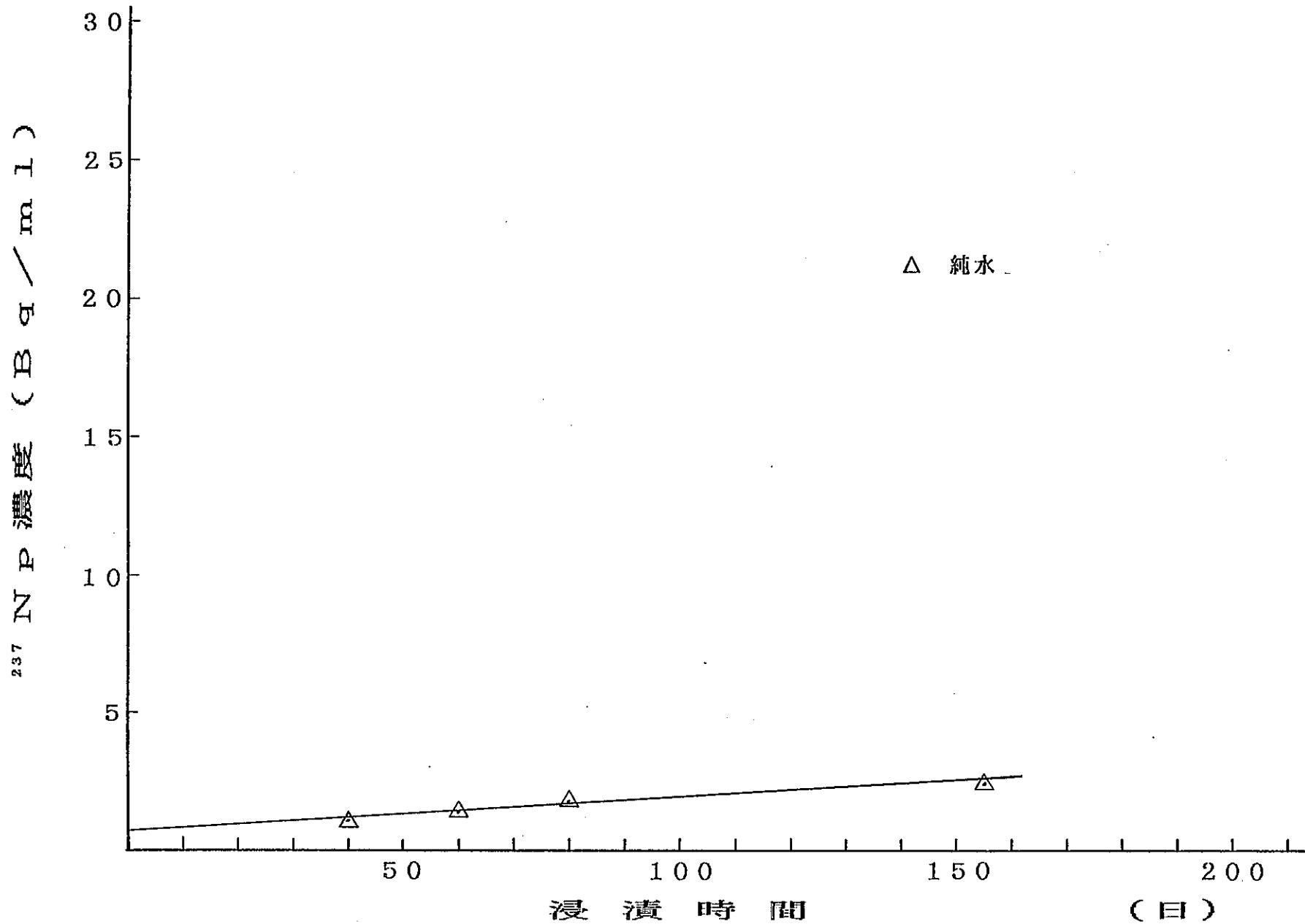


図4-37 流紋岩-²³⁷Np濃度

表3-1 加工岩石寸法測定結果（No.1）

| 1. 花崗閃綠岩 (単位mm) | | | | | 2. 斑レイ岩 (単位mm) | | | | | 3. 流紋岩 (単位mm) | | | | |
|-----------------|------|-----|------|-----|----------------|------|-----|------|-----|---------------|------|-----|------|-----|
| | 直 径 | 平 均 | 厚 さ | 平 均 | | 直 径 | 平 均 | 厚 さ | 平 均 | | 直 径 | 平 均 | 厚 さ | 平 均 |
| 1 | 29.5 | 30 | 5.60 | 5.6 | 1 | 29.0 | 29 | 4.75 | 4.8 | 1 | 29.0 | 29 | 4.48 | 4.5 |
| | 29.5 | | 5.60 | | | 29.0 | | 4.75 | | | 29.0 | 29 | 4.47 | |
| | 30.0 | | 5.65 | | | 29.0 | | 4.75 | | | 29.0 | | 4.47 | |
| 2 | 30.0 | 30 | 5.45 | 5.4 | 2 | 29.0 | 29 | 5.00 | 5.0 | 2 | 29.0 | 29 | 3.80 | 3.8 |
| | 30.0 | | 5.40 | | | 29.0 | | 5.00 | | | 29.0 | | 3.77 | |
| | 30.0 | | 5.45 | | | 29.0 | | 5.03 | | | 29.0 | | 3.68 | |
| 3 | 30.0 | 30 | 5.40 | 5.4 | 3 | 29.0 | 29 | 4.97 | 5.0 | 3 | 29.0 | 29 | 4.09 | 4.1 |
| | 30.0 | | 5.40 | | | 29.0 | | 5.00 | | | 29.0 | | 4.10 | |
| | 30.0 | | 5.40 | | | 29.0 | | 4.97 | | | 29.0 | | 4.00 | |
| 4 | 30.0 | 30 | 5.40 | 5.4 | 4 | 29.0 | 29 | 5.00 | 5.0 | 4 | 29.0 | 29 | 4.97 | 5.0 |
| | 30.0 | | 5.40 | | | 29.0 | | 4.97 | | | 29.0 | | 4.98 | |
| | 30.0 | | 5.40 | | | 29.0 | | 4.95 | | | 29.0 | | 4.98 | |
| 5 | 30.0 | 30 | 5.70 | 5.7 | 5 | 29.0 | 29 | 5.00 | 5.0 | 5 | 29.0 | 29 | 4.36 | 4.3 |
| | 30.0 | | 5.70 | | | 29.0 | | 5.00 | | | 29.0 | | 4.27 | |
| | 30.0 | | 5.60 | | | 29.0 | | 5.00 | | | 29.0 | | 4.21 | |
| 6 | 30.0 | 30 | 5.30 | 5.3 | 6 | 29.0 | 29 | 4.78 | 4.8 | 6 | 29.0 | 29 | 4.55 | 4.5 |
| | 30.0 | | 5.30 | | | 29.0 | | 4.80 | | | 29.0 | | 4.53 | |
| | 30.0 | | 5.30 | | | 29.0 | | 4.84 | | | 29.0 | | 4.53 | |
| 7 | 30.0 | 30 | 5.40 | 5.5 | 7 | 29.0 | 29 | 4.77 | 4.8 | 7 | 29.0 | 29 | 4.32 | 4.4 |
| | 30.0 | | 5.45 | | | 29.0 | | 4.76 | | | 29.0 | | 4.35 | |
| | 30.0 | | 5.50 | | | 29.0 | | 4.75 | | | 29.0 | | 4.38 | |

表3-2 加工岩石寸法測定結果 (No.2)

| 4. 玄武岩 | | | | | 5. 凝灰岩 | | | | | 6. 泥岩 | | | | |
|--------|------|-----|------|-----|--------|------|-----|------|-----|-------|------|-----|------|-----|
| | 直 径 | 平 均 | 厚 さ | 平 均 | | 直 径 | 平 均 | 厚 さ | 平 均 | | 直 径 | 平 均 | 厚 さ | 平 均 |
| 1 | 29.0 | 29 | 6.00 | 6.0 | 1 | 29.0 | 29 | 4.74 | 4.8 | 1 | 30.5 | 31 | 5.94 | 5.8 |
| | 29.0 | | 6.00 | | | 29.0 | | 4.73 | | | 30.5 | | 5.9 | |
| | 29.0 | | 5.97 | | | 29.0 | | 4.82 | | | 30.5 | | 5.39 | |
| 2 | 29.0 | 29 | 5.79 | 5.9 | 2 | 29.0 | 29 | 4.89 | 4.9 | 2 | 30.0 | 30 | 5.31 | 5.4 |
| | 29.0 | | 5.94 | | | 29.0 | | 4.88 | | | 30.0 | | 5.34 | |
| | 29.0 | | 6.10 | | | 29.0 | | 4.89 | | | 30.0 | | 5.40 | |
| 3 | 29.0 | 29 | 5.67 | 5.7 | 3 | 29.0 | 29 | 4.75 | 4.7 | 3 | 30.0 | 30 | 5.00 | 5.0 |
| | 29.0 | | 5.70 | | | 29.0 | | 4.72 | | | 30.0 | | 5.00 | |
| | 29.0 | | 5.74 | | | 29.0 | | 4.72 | | | 30.0 | | 4.98 | |
| 4 | 29.0 | 29 | 4.64 | 4.9 | 4 | 29.0 | 29 | 4.91 | 4.9 | 4 | 30.0 | 30 | 5.14 | 5.2 |
| | 29.0 | | 4.90 | | | 29.0 | | 4.91 | | | 30.0 | | 5.17 | |
| | 29.0 | | 5.06 | | | 29.0 | | 4.92 | | | 30.0 | | 5.15 | |
| 5 | 29.0 | 29 | 5.81 | 5.8 | 5 | 29.0 | 29 | 4.83 | 4.9 | 5 | 30.0 | 30 | 5.17 | 5.2 |
| | 29.0 | | 5.83 | | | 29.0 | | 4.90 | | | 30.0 | | 5.19 | |
| | 29.0 | | 5.85 | | | 29.0 | | 4.85 | | | 30.0 | | 5.21 | |
| 6 | 29.0 | 29 | 7.00 | 6.7 | 6 | 29.0 | 29 | 4.72 | 4.7 | 6 | 30.0 | 30 | 5.63 | 5.7 |
| | 29.0 | | 6.72 | | | 29.0 | | 4.71 | | | 30.0 | | 5.79 | |
| | 29.0 | | 6.40 | | | 29.0 | | 4.70 | | | 30.0 | | 5.81 | |
| 7 | 29.0 | 29 | 5.97 | 5.9 | 7 | 29.0 | 29 | 4.76 | 4.8 | 7 | 30.0 | 30 | 5.01 | 5.0 |
| | 29.0 | | 5.92 | | | 29.0 | | 4.75 | | | 30.0 | | 4.99 | |
| | 29.0 | | 5.89 | | | 29.0 | | 4.82 | | | 30.0 | | 4.91 | |

表3-3 加工岩石寸法測定結果 (No.3)

| 7. 緑色片岩 | | | | | (単位mm) 8. 砂質片岩 | | | | | (単位mm) 9. 泥質片岩 | | | | | (単位mm) | | | | |
|---------|------|-----|------|-----|----------------|------|-----|------|-----|----------------|------|-----|------|-----|--------|------|-----|------|-----|
| | 直 径 | 平 均 | 厚 さ | 平 均 | | 直 径 | 平 均 | 厚 さ | 平 均 | | 直 径 | 平 均 | 厚 さ | 平 均 | | 直 径 | 平 均 | 厚 さ | 平 均 |
| 1 | 29.0 | 29 | 4.79 | 4.8 | | 29.3 | 29 | 6.30 | 6.3 | | 29.0 | 29 | 6.30 | 6.4 | | 29.0 | 29 | 6.50 | 6.4 |
| | 29.0 | | 4.82 | | | 29.3 | | 6.27 | | | 29.0 | | 6.48 | | | 29.0 | | 5.18 | 4.9 |
| | 29.0 | | 4.81 | | | 29.3 | | 6.25 | | | 29.0 | | 4.90 | | | 29.0 | | 4.74 | |
| 2 | 29.0 | 29 | 4.59 | 4.6 | | 29.3 | 29 | 5.00 | 5.0 | | 29.0 | 29 | 5.08 | 4.9 | | 29.0 | 29 | 4.92 | 4.9 |
| | 29.0 | | 4.60 | | | 29.3 | | 5.06 | | | 29.0 | | 4.84 | | | 29.0 | | 6.14 | 6.2 |
| | 29.0 | | 4.58 | | | 29.3 | | 5.04 | | | 29.0 | | 6.19 | | | 29.0 | | 6.19 | |
| 3 | 29.0 | 29 | 4.73 | 4.6 | | 29.3 | 29 | 5.57 | 5.7 | | 29.0 | 29 | 6.63 | 6.3 | | 29.0 | 29 | 6.87 | 6.8 |
| | 29.0 | | 4.63 | | | 29.3 | | 5.72 | | | 29.0 | | 6.35 | | | 29.0 | | 6.81 | |
| | 29.0 | | 4.52 | | | 29.3 | | 5.82 | | | 29.0 | | 6.29 | | | 29.0 | | 6.76 | |
| 4 | 29.0 | 29 | 4.92 | 5.0 | | 29.3 | 29 | 6.09 | 6.3 | | 29.0 | 29 | 6.63 | 6.3 | | 29.0 | 29 | 6.14 | 6.2 |
| | 29.0 | | 4.98 | | | 29.3 | | 6.19 | | | 29.0 | | 6.63 | | | 29.0 | | 6.19 | |
| | 29.0 | | 5.02 | | | 29.3 | | 6.63 | | | 29.0 | | 6.05 | | | 29.0 | | 6.15 | |
| 5 | 29.0 | 29 | 4.59 | 4.7 | | 29.3 | 29 | 6.18 | 6.3 | | 29.0 | 29 | 6.35 | 6.3 | | 29.0 | 29 | 6.87 | 6.8 |
| | 29.0 | | 4.76 | | | 29.3 | | 6.29 | | | 29.0 | | 6.35 | | | 29.0 | | 6.81 | |
| | 29.0 | | 4.82 | | | 29.3 | | 6.35 | | | 29.0 | | 6.29 | | | 29.0 | | 6.76 | |
| 6 | 29.0 | 29 | 4.92 | 4.9 | | 29.3 | 29 | 6.38 | 6.3 | | 29.0 | 29 | 6.29 | 6.3 | | 29.0 | 29 | 6.23 | 6.2 |
| | 29.0 | | 4.86 | | | 29.3 | | 6.36 | | | 29.0 | | 6.29 | | | 29.0 | | 6.22 | |
| | 29.0 | | 4.82 | | | 29.3 | | 6.29 | | | 29.0 | | 6.05 | | | 29.0 | | 6.05 | |
| 7 | 29.0 | 29 | 5.04 | 5.1 | | 29.3 | 29 | 7.02 | 7.1 | | 29.0 | 29 | 7.10 | 7.1 | | 29.0 | 29 | 6.21 | 6.2 |
| | 29.0 | | 5.06 | | | 29.3 | | 7.10 | | | 29.0 | | 7.15 | | | 29.0 | | 6.17 | |
| | 29.0 | | 5.07 | | | 29.3 | | 7.15 | | | 29.0 | | 6.15 | | | 29.0 | | 6.15 | |

表3-4 人工海水成分分析結果（メークー分析値）

| 〔項 目〕 | | 〔規 格〕 | 〔分析値〕 |
|--------------------------------|-----|--------------|--------|
| C l ⁻ | ppm | 19,990 ± 5 % | 19,714 |
| S O ₄ ²⁻ | ppm | 2,768 ± 5 % | 2,768 |
| H C O ³⁻ | ppm | 144 ± 5 % | 146 |
| F ⁻ | ppm | 1.4 ± 5 % | 1.4 |
| B r ⁻ | ppm | 69 ± 5 % | 68 |
| B O ₃ ³⁻ | ppm | 26 ± 5 % | 27 |
| N a ⁺ | ppm | 11,028 ± 5 % | 10,940 |
| K ⁺ | ppm | 397 ± 5 % | 397 |
| C a ²⁺ | ppm | 418 ± 5 % | 418 |
| M g ²⁺ | ppm | 1,328 ± 5 % | 1,325 |
| S r ²⁺ | ppm | 61 ± 5 % | 59 |
| p H | | 7.58 ~ 8.07 | 7.80 |

表 3-5 R I 溶液仕様

| 核種 | 溶液仕様 | 溶液量 (ml) | 放射能濃度 (Bq/ml) | 検定日 | キャリヤー濃度 (g/ml) |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------|-------------------|------------|-----------------------------|
| ¹¹³ S n | 4M H C l | 5 | 4.8×10^5 | 1991.01.03 | 1.0×10^{-4} as S n |
| ⁹⁵ Z r + ⁹⁵ N b | 1N H C l | 10 | 3.9×10^5 | 1991.01.10 | 7.8×10^{-6} as Z r |
| | | | 3.3×10^5 | 1991.01.10 | 6.9×10^{-6} as N b |
| ²²⁸ R a | 0.5M H C l | 20 | 9.0×10^5 | 1990.07.01 | キャリヤーフリー |
| ⁹⁹ T c | 0.1M NH ₄ OH | 1 | 1.9×10^7 | 1991.01.04 | キャリヤーフリー |
| ²³⁷ N p | 2.2N H NO ₃ | 1 | 6.1×10^5 | 1990.04.14 | キャリヤーフリー |
| ¹³⁴ C s | C s C l 水溶液 | 1 | 2.5×10^6 | 1991.01.10 | 1.0×10^{-4} as C s |

表3-6 分配係数測定試験条件

| | | |
|-----|--------------------------------------|--------------|
| 液組成 | 海水との岩石（ベントナイト）平衡液及び純水との岩石（ベントナイト）平衡液 | |
| 期 間 | 1～180日 | |
| 温 度 | 室 温 (25°C) | |
| 固液比 | 岩 石 | 10 g / 100mℓ |
| | ベントナイト（クニゲルV1） | 2 g / 100mℓ |

表3-7 分配係数測定試験岩石種及び核種

| 岩 石 種 | 花崗閃綠岩 | | | 玄 武 岩 | | | 凝灰岩 | | 泥 岩 | | | ベントナイト | | | |
|-------|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|
| 核 種 | S n | N b | Z r | S n | N b | Z r | N b | Z r | R a | N b | Z r | S n | S n | N b | Z r |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

表3-8 実効拡散係数測定試験条件

| | |
|-----|---------|
| 液組成 | 海水及び純水 |
| 期 間 | 1か月～2か月 |
| 温 度 | 室 温 |

表3-9 分配係数測定試験岩石種及び核種

| | |
|-----|--|
| 岩石種 | 花崗閃綠岩, 斑レイ岩, 流紋岩, 玄武岩, 凝灰岩, 泥岩, 緑色片岩, 砂質片岩, 泥質片岩 |
| 核 種 | Cs, Tc, Np |

表4-1 平衡液 pH, 電導度測定結果

純水: $\mu\text{s}/\text{cm}$
海水: $\text{m}\text{s}/\text{cm}$

| No. | 平衡液組成 | 測定項目 | 浸漬後 1日 | 浸漬後 4日 | 浸漬後 8日 | 浸漬後 12日 | 浸漬後 19日 | 浸漬後 28日 | 浸漬後 34日 | 浸漬後 47日 | 浸漬後 55日 |
|-----|--------------|------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | 花崗閃綠岩 純水 | pH | 9.8 | 9.8 | 9.7 | 9.7 | 9.4 | 9.6 | 9.6 | 9.4 | 9.3 |
| | | 電導度 | 42.6 | 45.0 | 50.0 | 49.3 | 53.2 | 51.2 | 55.4 | 56.8 | 65.7 |
| 2 | 玄武岩 純水 | pH | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.1 | 9.9 | 10.3 | 10.2 | 10.1 | 10.0 |
| | | 電導度 | 73.2 | 75.2 | 85.0 | 85.2 | 92.0 | 88.7 | 91.9 | 91.5 | 102.0 |
| 3 | 凝灰岩 純水 | pH | 6.0 | 6.0 | 6.1 | 6.1 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 4.9 | 4.9 |
| | | 電導度 | 856.0 | 886.0 | 938.0 | 903.0 | 977.0 | 971.0 | 1017.0 | 1064.0 | 1227.0 |
| 4 | 泥岩 純水 | pH | 9.9 | 9.7 | 9.5 | 9.5 | 9.1 | 9.4 | 9.3 | 9.0 | 8.9 |
| | | 電導度 | 77.1 | 75.5 | 89.2 | 95.8 | 116.0 | 127.0 | 144.0 | 160.0 | 203.0 |
| 5 | 泥岩 純水 | pH | 9.9 | 9.7 | 9.5 | 9.5 | 9.1 | 9.4 | 9.3 | 9.0 | 9.0 |
| | | 電導度 | 76.6 | 75.5 | 89.3 | 94.9 | 118.0 | 129.0 | 142.0 | 153.0 | 188.0 |
| 6 | ペントナイト 純水 | pH | 10.1 | 10.0 | 9.9 | 10.0 | 9.8 | 10.1 | 10.0 | 9.9 | 9.9 |
| | | 電導度 | 421.0 | 448.0 | 493.0 | 493.0 | 536.0 | 522.0 | 552.0 | 568.0 | 613.0 |
| 7 | 花崗閃綠岩 海水 | pH | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.3 | 8.2 | 8.2 | 8.2 |
| | | 電導度 | 51.5 | 49.8 | 51.5 | 50.2 | 50.2 | 49.0 | 52.3 | 51.1 | 55.0 |
| 8 | 玄武岩 海水 | pH | 8.2 | 8.2 | 8.3 | 8.4 | 8.3 | 8.6 | 8.6 | 8.5 | 8.5 |
| | | 電導度 | 51.4 | 49.3 | 51.3 | 50.3 | 50.3 | 48.9 | 52.3 | 51.0 | 54.9 |
| 9 | 凝灰岩 海水 | pH | 6.2 | 6.3 | 6.3 | 6.3 | 6.1 | 6.0 | 5.9 | 5.6 | 5.3 |
| | | 電導度 | 51.7 | 49.7 | 51.8 | 50.5 | 50.4 | 50.2 | 52.3 | 51.0 | 54.4 |
| 10 | 泥岩 海水 | pH | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.1 | 8.1 | 8.0 | 8.0 |
| | | 電導度 | 51.2 | 48.6 | 51.0 | 49.2 | 50.0 | 49.7 | 51.9 | 50.6 | 54.6 |
| 11 | 泥岩 海水 | pH | 8.0 | 8.0 | 8.0 | 8.1 | 8.0 | 8.1 | 8.1 | 8.0 | 8.0 |
| | | 電導度 | 51.5 | 49.7 | 51.5 | 50.4 | 50.0 | 49.6 | 51.8 | 50.6 | 54.6 |
| 12 | ペントナイト 海水 | pH | 7.7 | 7.6 | 7.6 | 7.7 | 7.5 | 7.7 | 7.7 | 7.6 | 7.6 |
| | | 電導度 | 51.6 | 49.5 | 51.5 | 50.1 | 50.2 | 47.1 | 50.4 | 51.0 | 55.1 |

表4-2 平衡液元素濃度測定結果

| No. | 平衡液組成 | 測定元素 | 浸漬後19日 (ppm) | 浸漬後28日 (ppm) | 浸漬後34日 (ppm) | 浸漬後47日 (ppm) | 浸漬後55日 (ppm) |
|-----|--------------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 花崗閃綠岩 純水 | Si | 4.4 | 3.7 | 5.0 | 9.2 | 19.3 |
| | | Na | 4.0 | 3.6 | 4.0 | 4.5 | 4.4 |
| 2 | 玄武岩 純水 | Si | 17.3 | 13.1 | 16.0 | 37.5 | 31.9 |
| | | Na | 13.8 | 13.9 | 15.4 | 16.5 | 15.2 |
| 3 | 凝灰岩 純水 | Si | 24.4 | 27.8 | 30.3 | 51.0 | 48.2 |
| | | Fe | 0.3 | 0.7 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 4 | 泥岩 純水 | Si | 3.4 | 2.9 | 3.4 | 19.1 | 16.4 |
| | | Na | 8.4 | 7.2 | 7.3 | 7.8 | 8.2 |
| 5 | 泥岩 純水 | Si | 3.8 | 2.9 | 2.1 | 19.1 | 15.0 |
| | | Na | 7.5 | 7.1 | 7.1 | 7.5 | 9.0 |
| 6 | ベントナイト 純水 | Si | 10.7 | 10.6 | 11.3 | 28.7 | 19.3 |
| | | Na | 102.0 | 107.00 | 98.0 | 110.1 | 106.3 |
| 7 | 花崗閃綠岩 海水 | Si | 1.9 | 3.1 | 4.2 | 19.5 | 15.5 |
| | | Al | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| 8 | 玄武岩 海水 | Si | 5.6 | 6.6 | 7.4 | 22.7 | 21.5 |
| | | Al | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 1.1 |
| 9 | 凝灰岩 海水 | Si | 14.8 | 17.8 | 18.3 | 35.2 | 35.2 |
| | | Fe | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 |
| 10 | 泥岩 海水 | Si | 1.8 | 3.1 | 4.0 | 19.1 | 15.3 |
| | | Al | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 |
| 11 | 泥岩 海水 | Si | 1.8 | 3.4 | 4.4 | 21.7 | 18.8 |
| | | Al | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 |
| 12 | ベントナイト 海水 | Si | 3.6 | 5.1 | 6.3 | 23.2 | 22.2 |
| | | Al | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.4 |

分析装置 : ICP
前処理 : 0.2 μm メンブレンフィルタにて濾過

表 4 - 3 R I 溶液添加時の pH 变化確認予備試験結果

(pH)

| No. | HCl 添加前 | HCl 添加後 | 岩石等 添加直後 | 1日後 | 2日後 | 3日後 | 4日後 | 6日後 | 7日後 |
|-----|------------|------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 9.0 | 2.0 | 2.2 | 2.8 | 3.7 | 3.9 | 4.0 | — | 4.2 |
| 2 | 9.5 | 2.0 | 3.3 | 4.3 | 4.9 | 5.0 | 5.0 | — | 5.1 |
| 3 | 7.4 | 3.0 | 5.5 | 6.1 | 6.2 | 6.1 | — | 5.9 | — |
| 4 | 9.1 | 1.9 | 6.2 | 6.9 | 7.2 | 7.2 | — | 7.2 | — |
| 5 | 8.0 | 2.1 | 2.3 | 2.9 | 4.1 | 4.1 | 4.6 | — | 4.6 |
| 6 | 8.1 | 2.1 | 3.7 | 4.4 | 4.9 | 4.9 | 5.0 | — | 5.0 |
| 7 | 7.0 | 3.4 | 5.3 | 5.7 | 5.9 | 5.7 | — | 5.7 | — |
| 8 | 7.8 | 1.9 | 6.3 | 7.0 | 7.3 | 7.4 | — | 7.5 | — |
| 9 | 7.6 | 2.1 | 2.6 | 4.3 | 5.1 | 5.7 | — | 6.4 | — |

1 : 花崗閃綠岩 — 純水

2 : 玄武岩 — 純水

3 : 凝灰岩 — 純水

4 : 泥岩 — 純水

5 : 花崗閃綠岩 — 海水

6 : 玄武岩 — 海水

7 : 凝灰岩 — 海水

8 : 泥岩 — 海水

9 : ベントナイト — 海水

表4-4 分配係数測定試験試験液 pH調整結果

| 核種 | 組成 | 溶液量 (ml) | R I 添加前 pH | R I 添加後 pH | pH調整後 pH | R I 添加量 (ml) | pH調整方法 (NaOH 添加量 : ml) |
|-----|-----|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------------|-----------------------------|
| S n | 花-海 | 100 | 7.9 | 2.3 | 8.0 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.900 |
| S n | 花-海 | 100 | 7.9 | 2.3 | 8.0 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.905 |
| S n | 花-純 | 100 | 7.5 | 2.2 | 7.8 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.995 |
| S n | 花-純 | 100 | 7.5 | 2.2 | 7.5 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.991 |
| S n | 玄-海 | 100 | 8.1 | 2.3 | 8.1 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.863 |
| S n | 玄-海 | 100 | 8.1 | 2.3 | 8.1 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.870 |
| S n | 玄-純 | 100 | 8.9 | 2.2 | 8.9 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.964 |
| S n | 玄-純 | 100 | 8.9 | 2.2 | 8.9 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.962 |
| S n | 泥-海 | 100 | 7.8 | 2.2 | 7.8 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.912 |
| S n | 泥-海 | 100 | 7.8 | 2.2 | 7.8 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.923 |
| S n | 泥-海 | 100 | 7.8 | 2.2 | 7.8 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.900 |
| S n | 泥-純 | 100 | 7.8 | 2.1 | 7.8 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.950 |
| S n | 泥-純 | 100 | 7.8 | 2.1 | 7.8 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.961 |
| S n | 泥-純 | 100 | 7.8 | 2.1 | 7.9 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.960 |
| S n | ベ-海 | 100 | 7.7 | 2.3 | 7.7 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.876 |
| S n | ベ-海 | 100 | 7.7 | 2.3 | 7.6 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.882 |
| S n | ベ-純 | 100 | 8.7 | 2.3 | 8.7 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.824 |
| S n | ベ-純 | 100 | 8.7 | 2.3 | 8.7 | 4N HCl 0.25 | 1N NaOH 0.794 |
| Z r | 花-海 | 100 | 7.9 | 3.0 | 7.9 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.248 |
| Z r | 花-海 | 100 | 7.9 | 3.1 | 7.9 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.270 |
| Z r | 花-純 | 100 | 7.5 | 2.6 | 7.6 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.358 |
| Z r | 花-純 | 100 | 7.5 | 2.6 | 7.5 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.350 |
| Z r | 玄-海 | 100 | 8.1 | 3.1 | 8.1 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.226 |
| Z r | 玄-海 | 100 | 8.1 | 3.1 | 8.1 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.221 |
| Z r | 玄-純 | 100 | 8.9 | 2.7 | 8.9 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.326 |
| Z r | 玄-純 | 100 | 8.9 | 2.7 | 8.9 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.340 |
| Z r | 凝-海 | 100 | 4.8 | 2.6 | 4.8 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.390 |
| Z r | 凝-海 | 100 | 4.8 | 2.6 | 4.8 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.380 |
| Z r | 凝-純 | 100 | 4.8 | 2.6 | 4.8 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.380 |
| Z r | 凝-純 | 100 | 4.6 | 2.6 | 4.6 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.380 |

表4-5 分配係数測定試験試験液 pH調整結果

| 核種 | 組成 | 溶液量 (ml) | R I 添加前 pH | R I 添加後 pH | pH調整後 pH | R I 添加量 (ml) | pH調整方法 (NaOH添加量 : ml) |
|-----|-----|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------------|--------------------------|
| Z r | 凝-純 | 100 | 4.6 | 2.6 | 4.6 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.378 |
| Z r | 凝-純 | 100 | 4.6 | 2.6 | 4.6 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.388 |
| Z r | 泥-海 | 100 | 7.8 | 2.9 | 7.8 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.265 |
| Z r | 泥-海 | 100 | 7.8 | 2.9 | 7.8 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.271 |
| Z r | 泥-海 | 100 | 7.8 | 2.9 | 7.8 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.225 |
| Z r | 泥-純 | 100 | 7.8 | 2.7 | 7.8 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.324 |
| Z r | 泥-純 | 100 | 7.8 | 2.7 | 7.9 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.320 |
| Z r | 泥-純 | 100 | 7.8 | 2.7 | 7.8 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.270 |
| Z r | ペ-海 | 100 | 7.7 | 3.1 | 7.7 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.213 |
| Z r | ペ-海 | 100 | 7.7 | 3.1 | 7.7 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.220 |
| Z r | ペ-純 | 100 | 8.7 | 3.4 | 8.8 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.200 |
| Z r | ペ-純 | 100 | 8.7 | 3.4 | 8.7 | 1N HCl 0.20 | 1N NaOH 0.241 |
| R a | 泥-海 | 100 | 7.8 | 2.1 | 7.8 | 0.5N HCl 2.80 | 1N NaOH 1.348 |
| R a | 泥-海 | 100 | 7.8 | 2.1 | 7.8 | 0.5N HCl 2.80 | 1N NaOH 1.332 |
| R a | 泥-海 | 100 | 7.8 | 2.1 | 7.8 | 0.5N HCl 2.80 | 1N NaOH 1.323 |
| R a | 泥-純 | 100 | 7.8 | 2.0 | 7.8 | 0.5N HCl 2.80 | 1N NaOH 1.382 |
| R a | 泥-純 | 100 | 7.8 | 2.0 | 7.8 | 0.5N HCl 2.80 | 1N NaOH 1.396 |
| R a | 泥-純 | 100 | 7.8 | 2.0 | 7.8 | 0.5N HCl 2.80 | 1N NaOH 1.414 |

表4-6 試験前試験液 pH 及び ^{113}Sn 濃度

(Bq/ml)

| No. | 組成 | pH | 0.45 μ 濾過 | 0.2 μ 濾過 | 限外濾過 |
|-----|------------|-----|-----------|----------|------|
| 1 | 花崗閃綠岩 - 海水 | 2.1 | 241 | 224 | 190 |
| 3 | 花崗閃綠岩 - 海水 | 2.0 | 209 | 243 | 229 |
| 5 | 花崗閃綠岩 - 純水 | 2.0 | 207 | 215 | 232 |
| 7 | 花崗閃綠岩 - 純水 | 2.1 | 300 | 232 | 266 |
| 9 | 玄武岩 - 海水 | 2.1 | 209 | 257 | 255 |
| 11 | 玄武岩 - 海水 | 2.1 | 201 | 221 | 204 |
| 13 | 玄武岩 - 純水 | 1.8 | 99 | 85 | 85 |
| 15 | 玄武岩 - 純水 | 1.8 | 141 | 161 | 110 |
| 35 | 泥岩 - 海水 | 2.1 | 167 | 198 | 195 |
| 36 | 泥岩 - 海水 | 2.1 | 184 | 192 | 198 |
| 37 | 泥岩 - 海水 | 2.1 | 195 | 181 | 204 |
| 38 | 泥岩 - 純水 | 2.1 | 388 | 359 | 402 |
| 39 | 泥岩 - 純水 | 2.1 | 382 | 427 | 439 |
| 40 | 泥岩 - 純水 | 2.1 | 345 | 385 | 331 |
| 41 | ペント - 海水 | 2.1 | 229 | 209 | 192 |
| 43 | ペント - 海水 | 2.1 | 229 | 221 | 218 |
| 45 | ペント - 純水 | 2.1 | 139 | 139 | 125 |
| 47 | ペント - 純水 | 1.9 | 167 | 130 | 130 |

表4-7 試験前試験液 pH 及び⁹⁵Zr 濃度

(Bq/ml)

| No. | 組成 | pH | 0.45 μ 濾過 | 0.2 μ 濾過 | 限外濾過 |
|-----|----------|-----|-----------|----------|------|
| 2 | 花崗閃綠岩－海水 | 2.7 | 174 | 181 | 159 |
| 4 | 花崗閃綠岩－海水 | 2.6 | 87 | 103 | 85 |
| 6 | 花崗閃綠岩－純水 | 2.5 | 130 | 127 | 121 |
| 8 | 花崗閃綠岩－純水 | 2.5 | 118 | 118 | 111 |
| 10 | 玄武岩－海水 | 2.7 | 110 | 95 | 81 |
| 12 | 玄武岩－海水 | 2.7 | 98 | 106 | 102 |
| 14 | 玄武岩－純水 | 2.0 | 8 | 2 | 5 |
| 16 | 玄武岩－純水 | 1.9 | 3 | 4 | 6 |
| 17 | 凝灰岩－海水 | 2.5 | 144 | 150 | 143 |
| 18 | 凝灰岩－海水 | 2.5 | 152 | 139 | 138 |
| 19 | 凝灰岩－海水 | 2.5 | 155 | 149 | 140 |
| 20 | 凝灰岩－純水 | 2.6 | 134 | 122 | 136 |
| 21 | 凝灰岩－純水 | 2.6 | 150 | 135 | 131 |
| 22 | 凝灰岩－純水 | 2.6 | 133 | 144 | 130 |
| 29 | 泥岩－海水 | 2.6 | 95 | 107 | 85 |
| 30 | 泥岩－海水 | 2.6 | 77 | 78 | 73 |
| 31 | 泥岩－海水 | 2.6 | 69 | 81 | 64 |
| 32 | 泥岩－純水 | 2.5 | 32 | 29 | 23 |
| 33 | 泥岩－純水 | 2.5 | 29 | 27 | 24 |
| 34 | 泥岩－純水 | 2.5 | 40 | 38 | 24 |
| 42 | ベント－海水 | 2.6 | 151 | 126 | 145 |
| 44 | ベント－海水 | 2.6 | 165 | 156 | 147 |
| 46 | ベント－純水 | 2.6 | 78 | 81 | 77 |
| 48 | ベント－純水 | 2.7 | 101 | 108 | 86 |

表4-8 試験前試験液 pH 及び ^{95}Nb 濃度

(Bq/ml)

| No. | 組成 | pH | 0.45 μ 濾過 | 0.2 μ 濾過 | 限外濾過 |
|-----|----------|-----|-----------|----------|------|
| 2 | 花崗閃綠岩-海水 | 2.7 | 283 | 291 | 255 |
| 4 | 花崗閃綠岩-海水 | 2.6 | 70 | 68 | 79 |
| 6 | 花崗閃綠岩-純水 | 2.5 | 261 | 242 | 235 |
| 8 | 花崗閃綠岩-純水 | 2.5 | 214 | 205 | 223 |
| 10 | 玄武岩-海水 | 2.7 | 244 | 218 | 217 |
| 12 | 玄武岩-海水 | 2.7 | 248 | 231 | 242 |
| 14 | 玄武岩-純水 | 2.0 | 12 | 15 | 17 |
| 16 | 玄武岩-純水 | 1.9 | 14 | 10 | 13 |
| 17 | 凝灰岩-海水 | 2.5 | 238 | 262 | 223 |
| 18 | 凝灰岩-海水 | 2.5 | 226 | 220 | 224 |
| 19 | 凝灰岩-海水 | 2.5 | 258 | 250 | 250 |
| 20 | 凝灰岩-純水 | 2.6 | 244 | 220 | 223 |
| 21 | 凝灰岩-純水 | 2.6 | 235 | 229 | 214 |
| 22 | 凝灰岩-純水 | 2.6 | 243 | 249 | 192 |
| 29 | 泥岩-海水 | 2.6 | 97 | 84 | 85 |
| 30 | 泥岩-海水 | 2.6 | 103 | 90 | 89 |
| 31 | 泥岩-海水 | 2.6 | 109 | 111 | 98 |
| 32 | 泥岩-純水 | 2.5 | 241 | 209 | 208 |
| 33 | 泥岩-純水 | 2.5 | 229 | 206 | 195 |
| 34 | 泥岩-純水 | 2.5 | 175 | 195 | 164 |
| 42 | ベント-海水 | 2.6 | 240 | 231 | 207 |
| 44 | ベント-海水 | 2.6 | 253 | 248 | 220 |
| 46 | ベント-純水 | 2.6 | 139 | 141 | 115 |
| 48 | ベント-純水 | 2.7 | 158 | 167 | 119 |

表4-9 試験前試験液 pH 及び ^{226}Ra 濃度

(Bq/ml)

| No. | 組成 | pH | 0.45 μ 濾過 | 0.2 μ 濾過 | 限外濾過 |
|-----|-------|-----|-----------|----------|------|
| 23 | 泥岩-海水 | 2.0 | 919 | 981 | 904 |
| 24 | 泥岩-海水 | 2.0 | 963 | 932 | 987 |
| 25 | 泥岩-海水 | 2.0 | 894 | 952 | 979 |
| 26 | 泥岩-純水 | 2.0 | 964 | 917 | 906 |
| 27 | 泥岩-純水 | 2.0 | 987 | 959 | 921 |
| 28 | 泥岩-純水 | 2.0 | 985 | 903 | 932 |

表4-10 ^{113}Sn , ^{95}Zr 減少率

(pH調整-045 μm フィルタ濾過)

| 核種 | 組成 | No. | 濾過後濃度(A) (Bq/ml) | R I 添加量(A ₀) (Bq/ml) | 減少率(A/A ₀ ×100) (%) | 平衡液 pH | RI添加後 pH | pH調整後 pH |
|-------------------|-------|-----|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------|-------------|-------------|
| ^{113}Sn | 花-海 | 1 | 75 | 352 | 21 | 7.9 | 2.3 | 8.0 |
| " | " | 3 | 113 | " | 32 | 7.9 | 2.3 | 8.0 |
| " | 花-純 | 5 | 132 | " | 38 | 7.5 | 2.2 | 7.8 |
| " | " | 7 | 152 | " | 43 | 7.5 | 2.2 | 7.5 |
| " | 玄-海 | 9 | 141 | " | 40 | 8.1 | 2.3 | 8.1 |
| " | " | 11 | 87 | " | 25 | 8.1 | 2.3 | 8.1 |
| " | 玄-純 | 13 | 0 | " | 0 | 8.9 | 2.2 | 8.9 |
| " | " | 15 | 0 | " | 0 | 8.9 | 2.2 | 8.9 |
| " | " | 35 | 82 | " | 23 | 7.8 | 2.2 | 7.8 |
| " | 泥-海 | 36 | 85 | " | 24 | 7.8 | 2.2 | 7.8 |
| " | " | 37 | 92 | " | 26 | 7.8 | 2.2 | 7.8 |
| " | " | 38 | 307 | " | 87 | 7.8 | 2.1 | 7.8 |
| " | 泥-純 | 39 | 365 | " | 100 | 7.8 | 2.1 | 7.8 |
| " | " | 40 | 230 | " | 65 | 7.8 | 2.1 | 7.9 |
| " | " | 41 | 87 | " | 25 | 7.7 | 2.3 | 7.7 |
| " | " | 43 | 107 | " | 30 | 7.7 | 2.3 | 7.6 |
| " | ベント-純 | 45 | 6 | " | 2 | 8.7 | 2.3 | 8.7 |
| " | " | 47 | 11 | " | 3 | 8.7 | 2.3 | 8.7 |
| ^{95}Zr | 花-海 | 2 | 20 | 176 | 11 | 7.9 | 3.0 | 7.9 |

表4-11 ^{95}Zr , ^{226}Ra 減少率

(pH調整-HCl - 0.45 μm フィルタ濾過)

| 核種 | 組成 | No. | 濾過後濃度(A) (Bq/ml) | R I 添加量(A ₀) (Bq/ml) | 減少率 * (%) | 平衡液 pH | RI添加後 pH | NaOH 添加後pH | HCl 添加後pH |
|-------------------|------|-----|---------------------|-------------------------------------|--------------|-----------|-------------|---------------|--------------|
| ^{95}Zr | 花-海 | 4 | 106 | 200 | 53 | 7.9 | 3.1 | 7.9 | 2.6 |
| " | 花-純 | 6 | 149 | " | 74 | 7.5 | 2.6 | 7.6 | 2.5 |
| " | " | 8 | 137 | " | 68 | 7.5 | 2.6 | 7.5 | 2.5 |
| " | 玄-海 | 10 | 102 | " | 51 | 8.1 | 3.1 | 8.1 | 2.7 |
| " | " | 12 | 125 | " | 62 | 8.1 | 3.1 | 8.1 | 2.7 |
| " | 玄-純 | 14 | 6 | " | 3 | 8.9 | 2.7 | 8.9 | 2.0 |
| " | " | 16 | 7 | " | 3 | 8.9 | 2.7 | 8.9 | 1.9 |
| " | 凝-海 | 17 | 176 | " | 88 | 4.8 | 2.6 | 4.8 | 2.5 |
| " | " | 18 | 170 | " | 85 | 4.8 | 2.6 | 4.8 | 2.5 |
| " | " | 19 | 172 | " | 86 | 4.8 | 2.6 | 4.8 | 2.5 |
| " | 凝-純 | 20 | 171 | " | 85 | 4.6 | 2.6 | 4.6 | 2.6 |
| " | " | 21 | 161 | " | 80 | 4.6 | 2.6 | 4.6 | 2.6 |
| " | " | 22 | 160 | " | 80 | 4.6 | 2.6 | 4.6 | 2.6 |
| " | 泥-海 | 29 | 105 | " | 52 | 7.8 | 2.9 | 7.8 | 2.6 |
| " | " | 30 | 90 | " | 45 | 7.8 | 2.9 | 7.8 | 2.6 |
| " | " | 31 | 79 | " | 39 | 7.8 | 2.9 | 7.8 | 2.6 |
| " | 泥-純 | 32 | 28 | " | 14 | 7.8 | 2.7 | 7.8 | 2.5 |
| " | " | 33 | 30 | " | 15 | 7.8 | 2.7 | 7.9 | 2.5 |
| " | " | 34 | 30 | " | 15 | 7.8 | 2.7 | 7.8 | 2.5 |
| " | ベト-海 | 42 | 178 | " | 89 | 7.7 | 3.1 | 7.7 | 2.6 |
| " | " | 44 | 181 | " | 90 | 7.7 | 3.1 | 7.7 | 2.6 |
| " | ベト-純 | 46 | 95 | " | 47 | 8.7 | 3.4 | 8.8 | 2.7 |
| " | " | 48 | 106 | " | 53 | 8.7 | 3.4 | 8.7 | 2.0 |
| ^{226}Ra | 泥-海 | 23 | 904 | 984 | 92 | 7.8 | 2.1 | 7.8 | 2.0 |
| " | " | 24 | 987 | " | 100 | 7.8 | 2.1 | 7.8 | 2.0 |
| " | " | 25 | 979 | " | 99 | 7.8 | 2.1 | 7.8 | 2.0 |
| " | 泥-純 | 26 | 906 | " | 92 | 7.8 | 2.0 | 7.8 | 2.0 |
| " | " | 27 | 921 | " | 94 | 7.8 | 2.0 | 7.8 | 2.0 |
| " | " | 28 | 932 | " | 95 | 7.8 | 2.0 | 7.8 | 2.0 |

* 減少率 = A/A₀ × 100(%)

表4-12 試験液 ^{113}Sn 濃度測定結果

(Bq/ml)

| No. | 組成 | 試験前 | 1日後 | 10日後 | 備考 |
|-----|----------|-----|-------|--------|------|
| 1 | 花崗閃綠岩－海水 | 195 | N D * | 2.3 ** | |
| 3 | 花崗閃綠岩－海水 | 169 | | 142 | ブランク |
| 5 | 花崗閃綠岩－純水 | 168 | N D * | 2.1 ** | |
| 7 | 花崗閃綠岩－純水 | 243 | | 167 | ブランク |
| 9 | 玄武岩－海水 | 169 | N D * | 2.2 ** | |
| 11 | 玄武岩－海水 | 163 | | 136 | ブランク |
| 13 | 玄武岩－純水 | 80 | N D * | 1.6 ** | |
| 15 | 玄武岩－純水 | 114 | | 77 | ブランク |
| 35 | 泥岩－海水 | 135 | N D * | 2.0 ** | |
| 36 | 泥岩－海水 | 149 | N D * | 1.6 ** | |
| 37 | 泥岩－海水 | 158 | | 111 | ブランク |
| 38 | 泥岩－純水 | 314 | N D * | 2.1 ** | |
| 39 | 泥岩－純水 | 309 | N D * | 2.0 ** | |
| 40 | 泥岩－純水 | 279 | | 73 | ブランク |
| 41 | ベント－海水 | 185 | N D * | 2.6 ** | |
| 43 | ベント－海水 | 185 | | 144 | ブランク |
| 45 | ベント－純水 | 113 | N D * | 2.8 ** | |
| 47 | ベント－純水 | 135 | | 93 | ブランク |

* : 検出限界以下(Non Detective)

** : 検出限界値

表 4-13 試験液 ^{95}Zr 濃度測定結果

(Bq/ml)

| No. | 組成 | 試験前 | 1日後 | 3日後 | 7日後 | 10日後 | 14日後 | 18日後 | 24日後 | 備考 |
|-----|----------|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 2 | 花崗閃綠岩-海水 | 115 | 12 | 6.3 | 3.1 | 2.0 | 1.6 | 2.2 | 1.0 | |
| 4 | 花崗閃綠岩-海水 | 57 | 51 | 52 | | | | | 54 | プランク |
| 6 | 花崗閃綠岩-純水 | 86 | 1.7 | 0 | | | | | 0.02 | |
| 8 | 花崗閃綠岩-純水 | 78 | 70 | 76 | | | | | 73 | プランク |
| 10 | 玄武岩-海水 | 73 | 2.3 | 2.3 | | | | | 1.0 | |
| 12 | 玄武岩-海水 | 65 | 69 | 64 | | | | | 67 | プランク |
| 14 | 玄武岩-純水 | 5 | 0.08 | 0.5 | | | | | 0.04 | |
| 16 | 玄武岩-純水 | 2 | 1.9 | 1.2 | | | | | 1.9 | プランク |
| 17 | 凝灰岩-海水 | 95 | 4.5 | 3.1 | | | | | 0.6 | |
| 18 | 凝灰岩-海水 | 100 | 5.2 | 3.4 | | | | | 0.6 | |
| 19 | 凝灰岩-海水 | 102 | 98 | 96 | | | | | 93 | プランク |
| 20 | 凝灰岩-純水 | 88 | 1.5 | 0.8 | | | | | 0.13 | |
| 21 | 凝灰岩-純水 | 98 | 0.8 | 0.7 | | | | | 0.19 | |
| 22 | 凝灰岩-純水 | 86 | 94 | 96 | | | | | 90 | プランク |
| 29 | 泥岩-海水 | 62 | 2.7 | 3.1 | | | | | 0.2 | |
| 30 | 泥岩-海水 | 50 | 1.5 | 2.8 | | | | | 0.2 | |
| 31 | 泥岩-海水 | 45 | 39 | 40 | | | | | 46 | プランク |
| 32 | 泥岩-純水 | 21 | 2.1 | 1.7 | | | | | 0.07 | |
| 33 | 泥岩-純水 | 19 | 2.5 | 2.6 | | | | | 0.08 | |
| 34 | 泥岩-純水 | 26 | 23 | 24 | | | | | 24 | プランク |
| 42 | ベントー海水 | 98 | 4.7 | 3.4 | | | | | 0.6 | |
| 44 | ベントー海水 | 107 | 91 | 107 | | | | | 98 | プランク |
| 46 | ベントー純水 | 51 | 2.2 | 1.2 | | | | | 0.4 | |
| 48 | ベントー純水 | 66 | 60 | 69 | | | | | 56 | プランク |

表 4-14 試験液 ^{95}Nb 濃度測定結果

(Bq/ml)

| No. | 組成 | 試験前 | 1日後 | 3日後 | 7日後 | 10日後 | 14日後 | 18日後 | 24日後 | 備考 |
|-----|----------|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 2 | 花崗閃綠岩－海水 | 205 | 19 | 9.3 | 4.1 | 1.2 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | |
| 4 | 花崗閃綠岩－海水 | 69 | 52 | 59 | | | | | 55 | プランク |
| 6 | 花崗閃綠岩－純水 | 176 | 1.2 | 0.6 | | | | | 0.04 | |
| 8 | 花崗閃綠岩－純水 | 149 | 141 | 149 | | | | | 139 | プランク |
| 10 | 玄武岩－海水 | 160 | 1.5 | 0.8 | | | | | 0.3 | |
| 12 | 玄武岩－海水 | 156 | 159 | 157 | | | | | 153 | プランク |
| 14 | 玄武岩－純水 | 8.8 | 0.4 | 0.2 | | | | | 0.01 | |
| 16 | 玄武岩－純水 | 7.7 | 8.5 | 7.6 | | | | | 7.0 | プランク |
| 17 | 凝灰岩－海水 | 171 | 15.8 | 7.7 | | | | | 4.2 | |
| 18 | 凝灰岩－海水 | 170 | 12.5 | 7.3 | | | | | 4.1 | |
| 19 | 凝灰岩－海水 | 187 | 174 | 171 | | | | | 160 | プランク |
| 20 | 凝灰岩－純水 | 172 | 6.5 | 3.3 | | | | | 1.0 | |
| 21 | 凝灰岩－純水 | 174 | 6.6 | 3.3 | | | | | 1.0 | |
| 22 | 凝灰岩－純水 | 170 | 170 | 176 | | | | | 167 | プランク |
| 29 | 泥岩－海水 | 86 | 0.4 | 0.3 | | | | | 0.1 | |
| 30 | 泥岩－海水 | 81 | 0.2 | 0.5 | | | | | 0.1 | |
| 31 | 泥岩－海水 | 81 | 57 | 57 | | | | | 63 | プランク |
| 32 | 泥岩－純水 | 125 | 0.3 | 0.2 | | | | | 0.04 | |
| 33 | 泥岩－純水 | 118 | 0 | 0.2 | | | | | 0.04 | |
| 34 | 泥岩－純水 | 98 | 101 | 101 | | | | | 96 | プランク |
| 42 | ベント－海水 | 175 | 6.3 | 4.4 | | | | | 1.2 | |
| 44 | ベント－海水 | 187 | 155 | 170 | | | | | 154 | プランク |
| 46 | ベント－純水 | 98 | 4.2 | 3.5 | | | | | 3.1 | |
| 48 | ベント－純水 | 116 | 98 | 99 | | | | | 89 | プランク |

表4-15 試験液 ^{226}Ra 濃度測定結果

(Bq/ml)

| No. | 組 成 | 試験前 | 1日後 | 3日後 | 7日後 | 10日後 | 14日後 | 17日後 | 24日後 | 備 考 |
|-----|---------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 23 | 泥 岩-海 水 | 919 | 408 | 327 | 270 | 240 | 228 | 229 | 229 | |
| 24 | 泥 岩-海 水 | 963 | 414 | 354 | 282 | 267 | 203 | 225 | 224 | |
| 25 | 泥 岩-海 水 | 894 | 902 | 875 | 961 | 946 | 852 | 853 | 853 | プランク |
| 26 | 泥 岩-純 水 | 964 | 34 | 29 | 21 | 23 | 19 | 18 | 18 | |
| 27 | 泥 岩-純 水 | 987 | 36 | 30 | 26 | 22 | 18 | 17 | 17 | |
| 28 | 泥 岩-純 水 | 985 | 894 | 883 | 901 | 943 | 948 | 919 | 919 | プランク |

表4-16 ^{113}Sn 分配係数 (Kds)
(ml/g)

| 岩石種 | 試験液 | Kds |
|--------|-----|------|
| 花崗閃綠岩 | 海水 | >720 |
| | 純水 | >430 |
| 玄武岩 | 海水 | >640 |
| | 純水 | >260 |
| 泥岩 | 海水 | >430 |
| | | >630 |
| | 純水 | >500 |
| | | >500 |
| ベントナイト | 海水 | >540 |
| | 純水 | >240 |

表4-17 ^{95}Zr 分配係数 (K d z)

(ml/g)

| 岩石種 | 試験液 | K d z |
|--------|-----|-------|
| 花崗閃綠岩 | 海水 | 1110 |
| | 純水 | 40490 |
| 玄武岩 | 海水 | 720 |
| | 純水 | 1220 |
| 凝灰岩 | 海水 | 1420 |
| | | 1510 |
| | 純水 | 6760 |
| | | 4620 |
| 泥岩 | 海水 | 3090 |
| | | 2490 |
| | 純水 | 2700 |
| | | 2360 |
| ベントナイト | 海水 | 1470 |
| | 純水 | 1020 |

表4-18 ^{95}Nb 分配係数 (Kd_N)

(ml/g)

| 岩石種 | 試験液 | Kd _N |
|--------|-----|-----------------|
| 花崗閃綠岩 | 海水 | 4770 |
| | 純水 | 41490 |
| 玄武岩 | 海水 | 5223 |
| | 純水 | 8090 |
| 凝灰岩 | 海水 | 330 |
| | | 340 |
| | 純水 | 1680 |
| | | 1700 |
| 泥岩 | 海水 | 6790 |
| | | 6290 |
| | 純水 | 30740 |
| | | 28990 |
| ベントナイト | 海水 | 1173 |
| | 純水 | 219 |

表4-19 ^{226}Ra 分配係数 (K_{d_R})

(ml/g)

| 岩石種 | 試験液 | K_{d_R} |
|-----|-----|-----------|
| 泥岩 | 海水 | 28 |
| | | 31 |
| | 純水 | 490 |
| | | 570 |

表 4-20 加工岩石重量測定結果 (No. 1)

| 岩種 | No. | 組成 | 浸漬日數 (日) | 重 量 (g) | 重量增加分 (g) | 岩種 | No. | 組成 | 浸漬日數 (日) | 重 量 (g) | 重量增加分 (g) |
|-------|-----|----|-------------|------------|--------------|----|-----|----|-------------|------------|--------------|
| 花崗閃綠岩 | 1 | 純水 | 0 | 19.418 | 0.000 | 斑 | 1 | 純水 | 0 | 19.177 | 0.000 |
| | | | 10 | 19.513 | 0.095 | | | | 10 | 19.258 | 0.081 |
| | | | 31 | 19.589 | 0.171 | | | | 31 | 19.338 | 0.161 |
| | | | 81 | 19.638 | 0.220 | | | | 81 | 19.359 | 0.182 |
| | 2 | 純水 | 0 | 19.149 | 0.000 | レ | 2 | 純水 | 0 | 19.655 | 0.000 |
| | | | 10 | 19.229 | 0.080 | | | | 10 | 19.737 | 0.082 |
| | | | 31 | 19.296 | 0.147 | | | | 31 | 19.823 | 0.168 |
| | | | 81 | 19.361 | 0.212 | | | | 81 | 19.843 | 0.188 |
| | 3 | 純水 | 0 | 19.060 | 0.000 | イ | 3 | 純水 | 0 | 19.876 | 0.000 |
| | | | 10 | 19.160 | 0.100 | | | | 10 | 19.978 | 0.102 |
| | | | 31 | 19.243 | 0.183 | | | | 31 | 20.048 | 0.172 |
| | | | 81 | 19.271 | 0.211 | | | | 81 | 20.058 | 0.182 |
| | 4 | 海水 | 0 | 19.096 | 0.000 | 岩 | 4 | 海水 | 0 | 19.915 | 0.000 |
| | | | 10 | 19.192 | 0.096 | | | | 10 | 19.984 | 0.069 |
| | | | 31 | 19.219 | 0.150 | | | | 31 | 20.018 | 0.103 |
| | | | 81 | 19.285 | 0.225 | | | | 81 | 20.074 | 0.159 |
| | 6 | 海水 | 0 | 18.990 | 0.000 | 5 | 海水 | 海水 | 0 | 19.903 | 0.000 |
| | | | 10 | 19.073 | 0.083 | | | | 10 | 19.987 | 0.084 |
| | | | 31 | 19.113 | 0.123 | | | | 31 | 20.006 | 0.103 |
| | | | 81 | 19.169 | 0.179 | | | | 81 | 20.062 | 0.159 |
| | 7 | 海水 | 0 | 19.207 | 0.000 | 7 | 海水 | 海水 | 0 | 19.453 | 0.000 |
| | | | 10 | 19.299 | 0.092 | | | | 10 | 19.533 | 0.080 |
| | | | 31 | 19.331 | 0.124 | | | | 31 | 19.563 | 0.110 |
| | | | 81 | 19.382 | 0.175 | | | | 81 | 19.611 | 0.158 |

表 4-21 加工岩石重量測定結果 (No. 2)

| 岩種 | No. | 組成 | 浸漬日數 (日) | 重 量 (g) | 重量增加分 (g) |
|-----|-----|----|-------------|------------|--------------|
| 流紋岩 | 1 | 純水 | 0 | 17.493 | 0.000 |
| | | | 10 | 17.600 | 0.107 |
| | | | 31 | 17.641 | 0.148 |
| | | | 81 | 17.686 | 0.193 |
| | 3 | 純水 | 0 | 16.764 | 0.000 |
| | | | 10 | 16.903 | 0.139 |
| | | | 31 | 316.954 | 0.190 |
| | | | 81 | 16.962 | 0.198 |
| | 4 | 純水 | 0 | 18.503 | 0.000 |
| | | | 10 | 18.609 | 0.106 |
| | | | 31 | 18.638 | 0.135 |
| | | | 81 | 18.687 | 0.184 |
| | 5 | 海水 | 0 | 17.253 | 0.000 |
| | | | 10 | 17.340 | 0.087 |
| | | | 31 | 17.370 | 0.117 |
| | | | 81 | 17.412 | 0.159 |
| | 6 | 海水 | 0 | 17.655 | 0.000 |
| | | | 10 | 17.732 | 0.077 |
| | | | 31 | 17.766 | 0.111 |
| | | | 81 | 17.815 | 0.160 |
| | 7 | 海水 | 0 | 17.344 | 0.000 |
| | | | 10 | 17.430 | 0.086 |
| | | | 31 | 17.457 | 0.113 |
| | | | 81 | 17.506 | 0.162 |
| 玄武岩 | 1 | 純水 | 0 | 21.201 | 0.000 |
| | | | 10 | 21.304 | 0.103 |
| | | | 31 | 21.343 | 0.142 |
| | | | 81 | 21.384 | 0.183 |
| | 2 | 純水 | 0 | 21.404 | 0.000 |
| | | | 10 | 21.506 | 0.102 |
| | | | 31 | 21.541 | 0.137 |
| | | | 81 | 21.602 | 0.198 |
| | 3 | 純水 | 0 | 20.810 | 0.000 |
| | | | 10 | 20.899 | 0.089 |
| | | | 31 | 20.962 | 0.152 |
| | | | 81 | 21.000 | 0.190 |
| | 4 | 海水 | 0 | 18.860 | 0.000 |
| | | | 10 | 18.952 | 0.092 |
| | | | 31 | 18.984 | 0.124 |
| | | | 81 | 19.018 | 0.158 |
| | 5 | 海水 | 0 | 21.098 | 0.000 |
| | | | 10 | 21.195 | 0.097 |
| | | | 31 | 21.222 | 0.124 |
| | | | 81 | 21.263 | 0.165 |
| | 7 | 海水 | 0 | 21.225 | 0.000 |
| | | | 10 | 21.330 | 0.105 |
| | | | 31 | 21.341 | 0.116 |
| | | | 81 | 21.384 | 0.159 |

表 4 - 22 加工岩石重量測定結果 (No. 3)

| 岩種 | No. | 組成 | 浸漬日數 (日) | 重 量 (g) | 重量增加分 (g) | 岩種 | No. | 組成 | 浸漬日數 (日) | 重 量 (g) | 重量增加分 (g) |
|----|-----|----|-------------|------------|--------------|----|-----|----|-------------|------------|--------------|
| 泥岩 | 2 | 純水 | 0 | 19.901 | 0.000 | 1 | 純水 | 純水 | 0 | 18.842 | 0.000 |
| | | | 10 | 19.982 | 0.081 | | | | 10 | 18.972 | 0.130 |
| | | | 31 | 20.029 | 0.128 | | | | 31 | 19.020 | 0.180 |
| | | | 81 | 20.086 | 0.185 | | | | 81 | 19.061 | 0.219 |
| | 3 | 純水 | 0 | 19.196 | 0.000 | 2 | 純水 | 純水 | 0 | 18.977 | 0.000 |
| | | | 10 | 19.282 | 0.086 | | | | 10 | 19.108 | 0.131 |
| | | | 31 | 19.336 | 0.140 | | | | 31 | 19.185 | 0.208 |
| | | | 81 | 19.377 | 0.181 | | | | 81 | 19.195 | 0.218 |
| | 4 | 純水 | 0 | 19.613 | 0.000 | 3 | 純水 | 純水 | 0 | 18.820 | 0.000 |
| | | | 10 | 19.705 | 0.092 | | | | 10 | 18.926 | 0.106 |
| | | | 31 | 19.733 | 0.120 | | | | 31 | 18.990 | 0.170 |
| | | | 81 | 19.786 | 0.173 | | | | 81 | 19.012 | 0.192 |
| | 5 | 海水 | 0 | 19.690 | 0.000 | 4 | 海水 | 海水 | 0 | 19.500 | 0.000 |
| | | | 10 | 19.771 | 0.081 | | | | 10 | 19.600 | 0.100 |
| | | | 31 | 19.798 | 0.108 | | | | 31 | 19.629 | 0.129 |
| | | | 81 | 19.852 | 0.162 | | | | 81 | 19.678 | 0.178 |
| | 6 | 海水 | 0 | 20.633 | 0.000 | 5 | 海水 | 海水 | 0 | 19.022 | 0.000 |
| | | | 10 | 20.714 | 0.081 | | | | 10 | 19.143 | 0.121 |
| | | | 31 | 20.744 | 0.111 | | | | 31 | 19.151 | 0.129 |
| | | | 81 | 20.795 | 0.162 | | | | 81 | 19.192 | 0.170 |
| | 7 | 海水 | 0 | 19.218 | 0.000 | 6 | 海水 | 海水 | 0 | 19.546 | 0.000 |
| | | | 10 | 19.297 | 0.079 | | | | 10 | 19.643 | 0.097 |
| | | | 31 | 19.327 | 0.109 | | | | 31 | 19.677 | 0.131 |
| | | | 81 | 19.366 | 0.148 | | | | 81 | 19.720 | 0.174 |

表 4-23 加工岩石重量測定結果 (No. 4)

| 岩種 | No. | 組成 | 浸漬日數 (日) | 重 量 (g) | 重量增加分 (g) |
|----------|-----|----|-------------|------------|--------------|
| 砂質 泥岩 | 1 | 純水 | 0 | 20.924 | 0.000 |
| | | | 10 | 21.063 | 0.139 |
| | | | 31 | 21.097 | 0.173 |
| | | | 81 | 21.156 | 0.232 |
| | 2 | 純水 | 0 | 18.630 | 0.000 |
| | | | 10 | 18.743 | 0.113 |
| | | | 31 | 18.789 | 0.159 |
| | | | 81 | 18.829 | 0.199 |
| | 3 | 純水 | 0 | 19.870 | 0.000 |
| | | | 10 | 20.005 | 0.135 |
| | | | 31 | 20.038 | 0.168 |
| | | | 81 | 20.096 | 0.226 |
| | 5 | 海水 | 0 | 21.146 | 0.000 |
| | | | 10 | 21.272 | 0.126 |
| | | | 31 | 21.290 | 0.144 |
| | | | 81 | 21.340 | 0.194 |
| | 6 | 海水 | 0 | 21.168 | 0.000 |
| | | | 10 | 21.297 | 0.129 |
| | | | 31 | 21.329 | 0.161 |
| | | | 81 | 21.382 | 0.214 |
| | 7 | 海水 | 0 | 22.659 | 0.000 |
| | | | 10 | 22.775 | 0.116 |
| | | | 31 | 22.808 | 0.149 |
| | | | 81 | 22.849 | 0.190 |

| 岩種 | No. | 組成 | 浸漬日數 (日) | 重 量 (g) | 重量增加分 (g) |
|----------|-----|----|-------------|------------|--------------|
| 砂質 片岩 | 1 | 純水 | 0 | 21.140 | 0.000 |
| | | | 10 | 21.302 | 0.162 |
| | | | 31 | 21.345 | 0.205 |
| | | | 81 | 21.425 | 0.285 |
| | 3 | 純水 | 0 | 18.431 | 0.000 |
| | | | 10 | 18.578 | 0.147 |
| | | | 31 | 18.613 | 0.182 |
| | | | 81 | 18.676 | 0.245 |
| | 4 | 純水 | 0 | 20.495 | 0.000 |
| | | | 10 | 20.650 | 0.155 |
| | | | 31 | 20.697 | 0.202 |
| | | | 81 | 20.765 | 0.270 |
| | 5 | 海水 | 0 | 21.783 | 0.000 |
| | | | 10 | 21.928 | 0.145 |
| | | | 31 | 21.987 | 0.204 |
| | | | 81 | 22.012 | 0.229 |
| | 6 | 海水 | 0 | 20.585 | 0.000 |
| | | | 10 | 20.725 | 0.140 |
| | | | 31 | 20.766 | 0.81 |
| | | | 81 | 20.808 | 0.223 |
| | 7 | 海水 | 0 | 20.661 | 0.000 |
| | | | 10 | 20.812 | 0.151 |
| | | | 31 | 20.878 | 0.217 |
| | | | 81 | 20.899 | 0.238 |

表4-24 実効拡散係数測定試験用加工岩石漏洩状況及び対策

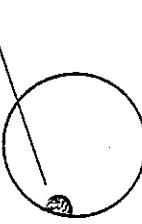
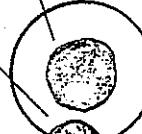
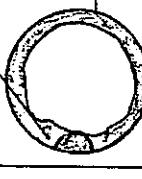
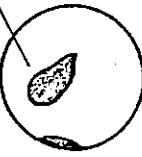
| 漏洩状況 | 漏洩原因 | 対策 |
|---|---------------------|-------------------------------|
| 岩石とアクリルの接合部分の最下部に水滴  | 岩石とアクリルの接着不良 | 岩石とアクリルの接合部をエポキシ系接着剤で補強 |
| 中央部が湿潤状態で岩石とアクリルの接合部分の最下部に水滴  | 岩石の亀裂及び岩石とアクリルの接着不良 | 予備の岩石を使用（この場合も岩石とアクリルの接合部は補強） |
| 岩石とアクリルの接合部分が全周にわたり湿潤状態で最下部に水滴  | 岩石とアクリルの接着不良 | 岩石とアクリルの接合部をエポキシ系接着剤で補強 |
| 岩石全体が湿潤状態で岩石の割れ目に水滴  | 岩石の亀裂 | 予備の岩石を使用（この場合も岩石とアクリルの接合部は補強） |

表4-25 ^{134}Cs 試験液 pH測定結果

| No. | 組成 | 試験前 | 21日後 | 35日後 | 50日後 | 53日後 | 70日後 | 80日後 | 83日後 | 91日後 | 101日後 | 112日後 | 178日後 |
|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 2 | 花-海 | 7.8 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | | 8.0 | 8.0 | | 8.1 | 8.0 | 8.0 | |
| 5 | 花-純 | 6.1 | 6.5 | 6.6 | 6.7 | | 6.7 | 6.6 | | 6.5 | 6.5 | 6.3 | |
| 8 | 斑-海 | 7.8 | 8.0 | 8.1 | 8.1 | | 8.1 | | 8.1 | | | | |
| 11 | 斑-純 | 6.1 | 6.3 | 6.6 | 6.5 | | 6.4 | 5.9 | | 5.9 | 6.1 | 5.7 | |
| 14 | 流-海 | 7.8 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | | 8.1 | 8.0 | | 8.1 | 8.0 | 8.1 | 8.0 |
| 17 | 流-純 | 6.1 | 6.4 | 6.6 | 6.6 | | 6.6 | 6.5 | | 6.2 | 6.2 | 6.1 | |
| 20 | 玄-海 | 7.8 | 7.9 | 7.8 | | 7.9 | 7.9 | 7.9 | | | | | |
| 23 | 玄-純 | 6.1 | 6.8 | 7.0 | 6.9 | | 6.9 | 6.8 | | 6.8 | 6.7 | 6.6 | |
| 27 | 泥-海 | 7.8 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | | 8.1 | 8.0 | | 8.1 | 8.1 | | |
| 30 | 泥-純 | 6.1 | 7.7 | 7.4 | 7.6 | | 7.6 | 8.2 | | 7.5 | 7.5 | 7.3 | |
| 33 | 緑-海 | 7.8 | 8.1 | 8.1 | 8.1 | | 8.1 | 8.1 | | 8.1 | 8.1 | 8.1 | |
| 36 | 緑-純 | 6.1 | 6.7 | 6.6 | 6.7 | | 6.7 | 6.6 | | 6.6 | 6.7 | 6.7 | |
| 39 | 砂-海 | 7.8 | 8.1 | 8.1 | 8.0 | | 8.0 | 8.0 | | 8.0 | 7.9 | 8.0 | |
| 42 | 砂-純 | 6.1 | 6.2 | 6.3 | 6.3 | | 6.3 | 6.3 | | 6.1 | 6.2 | 6.4 | |
| 45 | 泥片海 | 7.8 | 7.9 | 7.9 | 7.8 | | 7.8 | 7.8 | | 7.8 | 7.7 | 7.8 | 7.7 |

表 4-26 ^{99}Tc 試験液 pH 測定結果

| No. | 組成 | 試験前 | 38 日後 | 40 日後 | 43 日後 | 59 日後 | 60 日後 | 61 日後 | 80 日後 | 148 日後 | 160 日後 | 日後 | 日後 |
|-----|-----|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----|----|
| 1 | 花-海 | 7.9 | | 8.0 | | 8.1 | 8.1 | | 8.1 | | | | |
| 4 | 花-純 | 6.1 | | 6.8 | | | 6.9 | | 6.6 | | | | |
| 7 | 斑-海 | 7.9 | | 8.2 | | | | 8.1 | | | | | |
| 10 | 斑-純 | 6.1 | | 6.8 | | | 6.3 | | 6.4 | | | | |
| 13 | 流-海 | 7.9 | | 8.0 | | | 8.1 | | 8.1 | | | | |
| 16 | 流-純 | 6.1 | | 6.7 | | | 6.8 | | 6.5 | | | | |
| 19 | 玄-海 | 7.9 | | 8.0 | | | 8.1 | | 8.1 | | | | |
| 22 | 玄-純 | 6.1 | | 7.1 | | | 7.1 | | 6.7 | | | | |
| 26 | 泥-海 | 7.9 | 8.0 | | | 8.1 | | | | | | | |
| 29 | 泥-純 | 6.1 | | 7.0 | | | 7.5 | | | | | | |
| 32 | 緑-海 | 7.9 | | 8.0 | | | 8.2 | | 8.2 | | | | |
| 35 | 緑-純 | 6.1 | | 6.9 | | | 7.2 | | 6.8 | | 6.9 | | |
| 38 | 砂-海 | 7.9 | | 8.0 | | | 8.1 | | 8.1 | | 8.0 | | |
| 41 | 砂-純 | 6.1 | | 6.6 | | | 5.9 | | 5.7 | | | | |
| 44 | 泥片海 | 7.9 | 7.9 | | 7.7 | 8.0 | | | | 8.0 | | | |

表 4-27 ^{237}Np 試験液 pH 測定結果

| No. | 組成 | 試験前 | 38 日後 | 40 日後 | 60 日後 | 80 日後 | 155 日後 | | | | | | | |
|-----|-----|-----|----------|----------|----------|----------|-----------|--|--|--|--|--|--|--|
| 3 | 花-海 | 6.8 | | 7.8 | 7.8 | 7.9 | | | | | | | | |
| 6 | 花-純 | 3.1 | | 3.6 | 3.5 | 3.4 | 3.5 | | | | | | | |
| 9 | 斑-海 | 6.8 | | 7.9 | 8.0 | 8.0 | | | | | | | | |
| 12 | 斑-純 | 3.1 | 3.9 | | 4.0 | | | | | | | | | |
| 15 | 流-海 | 6.8 | | 7.9 | 8.0 | 8.0 | | | | | | | | |
| 18 | 流-純 | 3.1 | | 3.8 | 3.9 | 4.0 | 4.0 | | | | | | | |
| 24 | 玄-海 | 3.1 | | 4.4 | 4.5 | 4.4 | | | | | | | | |
| 28 | 玄-純 | 6.8 | | 8.0 | 8.0 | 8.0 | | | | | | | | |
| 31 | 泥-海 | 3.1 | | 7.5 | 7.9 | 7.3 | | | | | | | | |
| 34 | 泥-純 | 6.8 | | 7.0 | 7.4 | | | | | | | | | |
| 37 | 緑-海 | 3.1 | | 3.4 | 3.4 | 3.4 | | | | | | | | |
| 40 | 緑-純 | 6.8 | | 8.0 | 8.0 | 8.0 | | | | | | | | |
| 43 | 砂-海 | 3.1 | | 4.1 | 4.1 | | | | | | | | | |
| 46 | 砂-純 | 6.8 | | 7.8 | 7.9 | 7.8 | | | | | | | | |
| 49 | 泥片海 | 3.1 | | 3.2 | 3.2 | 3.1 | | | | | | | | |

表 4-28 ^{134}Cs 濃度測定結果

(Bq/ml)

| No. | 組成 | 拡散源 側濃度 | 21 日後 | 35 日後 | 50 日後 | 53 日後 | 70 日後 | 80 日後 | 83 日後 | 91 日後 | 101 日後 | 112 日後 | 178 日後 |
|-----|-----|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 2 | 花-海 | 1300 (1200) | 0.8 | 1.4 | 3.6 | | 5.9 | 8.7 | | 9.4 | 10.8 | 12.0 | |
| 5 | 花-純 | 1300 | 0 | 0.3 | 0.4 | | 0.2 | 0.6 | | 0.5 | 0.3 | 0.6 | |
| 8 | 斑-海 | 1300 | 0 | 0.3 | 0 | | 0.2 | | 0.1 | | | | |
| 11 | 斑-純 | 1300 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | | 0.4 | 0.3 | | 0 | 0.3 | 0.2 | |
| 14 | 流-海 | 1300 (1200) | 0 | 0 | 0.2 | | 0.5 | 0 | | 0.7 | 1.2 | 1.3 | 2.9 |
| 17 | 流-純 | 1300 (500) | 0.3 | 2.2 | 6.0 | | 9.7 | 11.4 | | 16.4 | 17.4 | 20.0 | |
| 20 | 玄-海 | 1300 | 0.2 | 0 | | 0.3 | 0 | 0.3 | | | | | |
| 23 | 玄-純 | 1300 | 0.4 | 0 | 0 | | 0.3 | 0.2 | | 0.2 | 0 | 0 | |
| 27 | 泥-海 | 1300 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | | 0.3 | 0.1 | | 0.3 | 0.12 | 0.3 | |
| 30 | 泥-純 | 1300 | 0.3 | 0 | 0.2 | | 0 | 0 | | 0.3 | 0 | 0.2 | |
| 33 | 緑-海 | 1300 (1200) | 0.4 | 0.4 | 1.4 | | 2.4 | 3.5 | | 5.3 | 6.6 | 8.7 | |
| 36 | 緑-純 | 1300 (900) | 0.2 | 1.9 | 5.8 | | 11.1 | 12.5 | | 17.1 | 18.7 | 24.2 | |
| 39 | 砂-海 | 1300 (1100) | 5.2 | 8.9 | 14.5 | | 21.6 | 23.2 | | 26.9 | 30.0 | 35.9 | |
| 42 | 砂-純 | 1300 (800) | 0.4 | 4.8 | 13.3 | | 26.6 | 35.9 | | 43.8 | 49.9 | 59.5 | |
| 45 | 泥片海 | 1300 (1300) | 0.3 | 0.2 | 0.1 | | 0.5 | 1.1 | | 1.6 | 1.7 | 2.0 | 3.8 |

() 内は試験後濃度

表 4-29 ^{99}Tc 濃度測定結果

(Bq/ml)

| No. | 組成 | 拡散源側濃度 | 38 日後 | 40 日後 | 43 日後 | 59 日後 | 60 日後 | 61 日後 | 80 日後 | 148 日後 | 160 日後 | 日後 | 日後 |
|-----|-----|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----|----|
| 1 | 花-海 | 7890 (7960) | | 21.1 | | | 31.5 | | 44.4 | | | | |
| 4 | 花-純 | 7560 | | 0.5 | | | 0.4 | | 0.2 | | | | |
| 7 | 斑-海 | 7890 | | 0.2 | | | | 0 | | | | | |
| 10 | 斑-純 | 7560 | | 0 | | | 0.2 | | 0 | | | | |
| 13 | 流-海 | 7890 | | 0.2 | | | 0.2 | | 0.3 | | | | |
| 16 | 流-純 | 7560 | | 0.2 | | | 0.1 | | 0 | | | | |
| 19 | 玄-海 | 7890 | | 0.1 | | | 0 | | 0 | | | | |
| 22 | 玄-純 | 7560 | | 0.1 | | | 0.1 | | 0 | | | | |
| 26 | 泥-海 | 7890 | 0.1 | | | 0 | | | | | | | |
| 29 | 泥-純 | 7560 | | 0.1 | | | 0 | | | | | | |
| 32 | 緑-海 | 7890 (7850) | | 9.4 | | | 15.0 | | 20.2 | | | | |
| 35 | 緑-純 | 7560 (6170) | | 6.6 | | | 4.9 | | 2.9 | | 7.9 | | |
| 38 | 砂-海 | 7890 (8250) | | 0.9 | | | 1.1 | | 1.4 | | 6.5 | | |
| 41 | 砂-純 | 7560 | | 0.3 | | | 0.2 | | 0.3 | | | | |
| 44 | 泥片海 | 7890 (7870) | 1.8 | | | 2.5 | | | | 4.0 | | | |

() 内は試験後濃度

表 4-30 ^{237}Np 濃度測定結果

(Bq/ml)

| No. | 組成 | 拡散源 側濃度 | 38 日後 | 40 日後 | 60 日後 | 80 日後 | 155 日後 | | | | | | | |
|-----|-----|--------------|----------|----------|----------|----------|-----------|--|--|--|--|--|--|--|
| 3 | 花-海 | 266 | | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| 6 | 花-純 | 293 (285) | | 1.3 | 3.9 | 6.5 | 7.9 | | | | | | | |
| 9 | 斑-海 | 266 | | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| 12 | 斑-純 | 293 | 0 | | 0 | | | | | | | | | |
| 15 | 流-海 | 266 | | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| 18 | 流-純 | 293 (290) | | 1.1 | 1.4 | 1.8 | 2.4 | | | | | | | |
| 24 | 玄-海 | 293 | | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| 28 | 玄-純 | 266 | | 0.7 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| 31 | 泥-海 | 293 | | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| 34 | 泥-純 | 266 | | 0 | 0 | | | | | | | | | |
| 37 | 緑-海 | 293 | | 0.2 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| 40 | 緑-純 | 266 | | 1.1 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| 43 | 砂-海 | 293 | | 0 | 0 | | | | | | | | | |
| 46 | 砂-純 | 266 | | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| 49 | 泥片海 | 293 | | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |

() 内は試験後濃度

表4-31 ^{134}Cs 実効拡散係数 (De) 及びRock Capacity Factor(α)

| No. | 組成 | De(cm ² /sec) | α |
|-----|--------------------------------|----------------------------|----------------------|
| 2 | ^{134}Cs - 花崗閃綠岩 - 海水 | 1.02×10^{-8} | 6.3×10^{-1} |
| 14 | ^{134}Cs - 流紋岩 - 海水 | 1.40×10^{-8} | 1.5×10^{-1} |
| 17 | ^{134}Cs - 流紋岩 - 純水 | 1.48×10^{-8} | 8.2×10^{-1} |
| 33 | ^{134}Cs - 緑色片岩 - 海水 | 9.00×10^{-9} | 1.0×10^0 |
| 36 | ^{134}Cs - 緑色片岩 - 純水 | 1.72×10^{-8} | 1.1×10^0 |
| 39 | ^{134}Cs - 砂質片岩 - 海水 | 1.97×10^{-8} | 2.7×10^{-1} |
| 42 | ^{134}Cs - 砂質片岩 - 純水 | 4.47×10^{-8} | 3.0×10^0 |
| 45 | ^{134}Cs - 泥質片岩 - 海水 | 1.73×10^{-8} | 1.4×10^{-1} |

表4-32 ^{99}Tc 実効拡散係数 (De) 及びRock Capacity Factor(α)

| No. | 組成 | De(cm ² /sec) | α |
|-----|-------------------------------|----------------------------|----------------------|
| 1 | ^{99}Tc - 花崗閃綠岩 - 海水 | 6.05×10^{-9} | 5.6×10^{-2} |
| 32 | ^{99}Tc - 緑色片岩 - 海水 | 2.80×10^{-9} | 2.9×10^{-2} |
| 38 | ^{99}Tc - 砂質片岩 - 海水 | 5.90×10^{-10} | 5.8×10^{-2} |
| 44 | ^{99}Tc - 泥質片岩 - 海水 | 1.98×10^{-10} | — |

表4-33 ^{237}Np 実効拡散係数 (De) 及びRock Capacity Factor(α)

| No. | 組成 | De(cm ² /sec) | α |
|-----|--------------------------------|----------------------------|----------|
| 6 | ^{237}Np - 花崗閃綠岩 - 純水 | 1.44×10^{-8} | — |
| 18 | ^{237}Np - 流紋岩 - 純水 | 3.06×10^{-9} | — |