

JNC TJ7440 2005-074 /

深部地下水調査(DH-5号孔)追加採水分析

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

1999年5月

三井金属資源開発株式会社

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

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

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

© 核燃料サイクル開発機構

(Japan Nuclear Cycle Development Institute) 2005

深部地下水調査(DH-5号孔)追加採水分析

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

濱 博也*、山田 毅*、井出 光良*、高橋 英一郎*、
山本 勝也*、中嶋 敏秀*、渡部 武雄*

要 旨

1997年、岐阜県土岐市泉町定林寺の動力炉・核燃料開発事業団(現、核燃料サイクル開発機構)東濃地科学センター土岐分室敷地内において、孔長502.3mのDH-5号孔が深部地下水調査を目的として、土岐花崗岩中に掘削された。本報告書は、地表から地下深部までの地質構造、地質環境の有する水理学的・地球化学的特性を把握するため、このDH-5号孔の深度323.8~330.8mの深層地下水を対象とした調査結果をまとめたものである。調査項目は以下のとおりである。

- ①地下水の採水
- ②原位置における物理化学パラメータ測定
- ③連続地上採水中の主要化学成分分析
- ④地下水の化学分析

以上の調査を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- ・物理化学パラメータ測定によると、地下水は、アルカリ性で、低還元性かつイオン溶解物の少ない低緩衝性である。また、硫化物イオンはほとんど含まれていない。
- ・同位体分析によると、地下水は、太平洋側の天水を起源とし、数十年程度の比較的新しい年代のものであると推測される。
- ・トリリニヤーダイアグラムによる水質区分では、アルカリ土類重炭酸塩型に、水質化学相では、陽イオン相が Ca^{2+} - Na^+ 、陰イオン相が HCO_3^- - Cl^- - SO_4^{2-} に分類される。
- ・微生物分析では、地下水中に亜硝酸酸化菌・亜硝酸還元菌・硝酸還元菌が検出された。

本報告書は、三井金属資源開発株式会社が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務成果に関するものである。

機構担当部課室：東濃地科学センター 地層科学研究グループ

*三井金属資源開発株式会社

Additional groundwater sampling and analysis in the investigation of deep groundwater (DH-5 hole)

Hiroshi Hama*, Tsuyoshi Yamada*, Mitsuyoshi Ide*, Eiichiro Takahashi*,
Katsuya Yamamoto*, Toshihide Nakajima* and Takeo Watabe*

Abstract

In 1997, DH-5 hole was drilled at P.N.C. (present J.N.C.) Toki Branch of Tono Geoscience Center in Gifu prefecture. The borehole was drilled to a depth of 502.3 meters in Toki granite in order to investigate the deep groundwater. This report describes the investigation of the groundwater conducted at depth from 323.8 to 330.8 meters to make clear geological, hydrogeological and geochemical characteristics of study area. The investigation includes the following items;

- i) Sampling of the groundwater
- ii) Measurement of physical chemistry parameters of the groundwater in the borehole
- iii) Chemical analysis of the main composition of the groundwater during the continuous sampling
- iv) Chemical analysis of the groundwater

It has become clear the following points;

- The physical chemistry parameters of groundwater was alkalic, low deoxidize and buffer ability. There were few total ions and sulfide ions in the groundwater.
- The isotopic analysis showed that the groundwater was regarded as rainwater in origin on the side of the Pacific Ocean and was relatively young with the age of a few decades.
- According to the trilinear diagram, the groundwater was classified into $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ type. Based on hydrochemical facies, the groundwater was classified into Ca^{2+} - Na^+ and HCO_3^- - Cl^- - SO_4^{2-} in the cation and anion facies, respectively.
- Nitrite oxidizing bacteria, nitrite reducing bacteria and nitrate reducing bacteria were detected in the groundwater by the bacteria analysis.

This work was performed by Mitsui Mineral Development Engineering Co., LTD. under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC Liaison : Geoscience Research Execution Group, Tono Geoscience Center

* Mitsui Mineral Development Engineering Co., LTD.

目 次

1. 調査概要	1
1.1 件名	1
1.2 目的	1
1.3 調査位置	1
1.4 調査期間	1
1.5 調査項目	1
1.6 調査工事概要	1
1.7 担当者	2
2. 地下水の採水	5
2.1 採水装置	5
2.1.1 地上部の構成	7
2.1.2 中継部の構成	7
2.1.3 孔内部の構成	8
2.2 作業内容	8
2.2.1 装置の借用・搬入	11
2.2.2 装置の設置	11
2.2.3 ケーシング・パッカーの挿入	11
2.2.4 地上試験	15
2.2.5 パッカー拡張	17
2.2.6 連続地上採水	17
2.2.7 バッチ式採水	18
2.2.8 パッカー収縮	18
2.2.9 ケーシング・パッカーの回収	18
2.2.10 装置の洗浄・点検	18
2.2.11 装置の搬出・返却	19
2.3 作業結果	19
2.3.1 地上試験結果	19
2.3.2 パッカー拡張・パッカー圧力モニタリング結果	21
2.3.3 連続地上採水結果	28
2.3.4 バッチ式採水結果	50
2.3.5 パッカー収縮結果	54
2.4 工場点検・整備	58

2.4.1	パッカーシステム点検整備	58
2.4.2	連続採水点検整備	58
2.4.3	採水ユニット点検整備	65
2.4.4	結合ユニット点検整備	71
2.4.5	総合検査	80
2.4.6	まとめ	85
3.	原位置における物理化学パラメータ測定	89
3.1	測定装置	89
3.1.1	測定項目	89
3.1.2	地球化学検層ユニットの構造	90
3.1.3	センサーの構成	91
3.2	作業内容	93
3.2.1	ユニットの電氣的チェック	93
3.2.2	センサーの校正	94
3.2.3	ユニット組立・耐圧試験	96
3.2.4	ユニット連結・通信試験	96
3.2.5	連続測定	96
3.2.6	ドリフト測定	96
3.3	作業結果	97
3.3.1	ユニットの電氣的チェックの結果	97
3.3.2	センサーの校正結果	100
3.3.3	ユニット耐圧・通信試験結果	100
3.3.4	連続測定結果	101
3.3.5	ドリフト測定結果	120
3.4	考察	124
3.4.1	補正方法の種類	124
3.4.2	補正方法の選択	125
3.4.3	補正方法	127
3.4.4	補正結果	131
3.5	まとめ	151
4.	連続地上採水中の主要化学成分分析	152
4.1	分析項目	152
4.2	試料保存方法	152

4.3	分析方法	153
4.3.1	水素イオン指数(pH)・電気伝導度(EC)の計測方法	153
4.3.2	Si・Ti・Al ³⁺ ・T.Fe・Mn・Mg ²⁺ ・Ca ²⁺ ・Sr ²⁺	153
4.3.3	Na ⁺ ・K ⁺	153
4.3.4	F ⁻ ・Cl ⁻ ・NO ₂ ⁻ ・Br ⁻ ・NO ₃ ⁻ ・SO ₄ ²⁻	153
4.3.5	PO ₄ ³⁻	154
4.3.6	HCO ₃ ⁻	154
4.3.7	ウラニン	154
4.4	分析結果	155
4.5	考察	167
4.5.1	連続地上採水試料のイオンバランス	167
4.5.2	化学成分から計算した電気伝導度	169
4.5.3	原位置における物理化学パラメータ測定との比較	171
5.	地下水化学分析	173
5.1	分析項目	173
5.2	試料保存方法	176
5.3	分析方法	179
5.3.1	同位体の分析方法	179
5.3.2	溶存ガスの分析方法	186
5.3.3	主要化学成分の分析方法	194
5.3.4	微量化学成分の分析方法	203
5.3.5	微生物の分析方法	209
5.4	分析結果	221
5.4.1	同位体の分析結果	221
5.4.2	溶存ガスの分析結果	222
5.4.3	主要化学成分の分析結果	222
5.4.4	微量化学成分の分析結果	225
5.4.5	微生物の分析結果	227
5.5	考察	234
5.5.1	分析結果の比較	234
5.5.2	地下水のイオンバランス	244
5.5.3	化学成分から計算した電気伝導度	244
5.5.4	トリチウム濃度による地下水の年代推定	245
5.5.5	δD・δ ¹⁸ Oによる水起源の推定	246

5.5.6 化学成分の分析結果から評価した地下水の水質	248
5.5.7 水素イオン指数と酸化還元電位からみた微生物の存在可能性	250
5.6 まとめ	252
参考文献	255

表目次

表1.1.1 深部地下水調査(DH-5号孔)追加採水分析の現地作業実績工程表	4
表2.1.1 1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の仕様	5
表2.1.2 1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の構成	7
表2.2.1 地下水の採水における現場作業実績工程表	9
表2.2.2(1) 孔内ユニットの導通・絶縁抵抗の定格値(結合ユニット)	15
表2.2.2(2) 孔内ユニットの導通・絶縁抵抗の定格値(採水ユニット)	15
表2.2.2(3) 孔内ユニットの導通・絶縁抵抗の定格値(連続採水ユニット)	16
表2.3.1(1) 孔内ユニットの導通・絶縁チェック結果(結合ユニット)	19
表2.3.1(2) 孔内ユニットの導通・絶縁チェック結果(採水ユニット)	20
表2.3.1(3) 孔内ユニットの導通・絶縁チェック結果(連続採水ユニット)	20
表2.3.2 ユニット作動時の電流消費量	20
表2.3.3 ソフトウェアのダウンロードおよび通信データの確認結果	21
表2.3.4 バルブ作動確認結果	21
表2.3.5 水回路開通確認結果	21
表2.3.6 パッカー再拡張前後の圧力	22
表2.3.7 連続採水・バッチ式採水確認試験結果	22
表2.3.8(1) パッカー圧力モニタリング結果(1/3)	24
表2.3.8(2) パッカー圧力モニタリング結果(2/3)	25
表2.3.8(3) パッカー圧力モニタリング結果(3/3)	26
表2.3.9(1) 連続地上採水結果(1/14)	29
表2.3.9(2) 連続地上採水結果(2/14)	30
表2.3.9(3) 連続地上採水結果(3/14)	31
表2.3.9(4) 連続地上採水結果(4/14)	32
表2.3.9(5) 連続地上採水結果(5/14)	33

表2.3.9(6) 連続地上採水結果(6/14)	34
表2.3.9(7) 連続地上採水結果(7/14)	35
表2.3.9(8) 連続地上採水結果(8/14)	36
表2.3.9(9) 連続地上採水結果(9/14)	37
表2.3.9(10) 連続地上採水結果(10/14)	38
表2.3.9(11) 連続地上採水結果(11/14)	39
表2.3.9(12) 連続地上採水結果(12/14)	40
表2.3.9(13) 連続地上採水結果(13/14)	41
表2.3.9(14) 連続地上採水結果(14/14)	42
表2.3.10(1) 連続地上採水時の採水量測定結果(1/3)	47
表2.3.10(2) 連続地上採水時の採水量測定結果(2/3)	48
表2.3.10(3) 連続地上採水時の採水量測定結果(3/3)	49
表2.3.11(1) バッチ式採水結果(1/3)	51
表2.3.11(2) バッチ式採水結果(2/3)	52
表2.3.11(3) バッチ式採水結果(3/3)	53
表2.3.12(1) パッカー収縮結果(1/2)	55
表2.3.12(2) パッカー収縮結果(2/2)	56
表2.4.1(1) 連続採水ユニット導通・絶縁検査結果(各点検前)	59
表2.4.1(2) 連続採水ユニット導通・絶縁検査結果(修理・組立完成后)	60
表2.4.1(3) 連続採水ユニット導通・絶縁検査結果(正常値)	60
表2.4.2 連続採水ユニットのバルブ位置検出機構検査結果	62
表2.4.3 連続採水ユニットの水回路確認結果	62
表2.4.4 連続採水ユニットのバルブ耐圧検査結果(部品交換前)	62
表2.4.5 連続採水ユニットのバルブ耐圧検査結果(部品交換後)	63
表2.4.6 ポテンショメータ検査結果	63
表2.4.7 両方向ポンプ作動検査結果	64
表2.4.8(1) 採水ユニット導通・絶縁検査結果(各点検前)	66
表2.4.8(2) 採水ユニット導通・絶縁検査結果(修理・組立完成后)	66
表2.4.8(3) 採水ユニット導通・絶縁検査結果(正常値)	67
表2.4.9 採水作動検査結果	68
表2.4.10 採水圧力計検査結果	70
表2.4.11(1) 結合ユニット導通・絶縁検査結果	72
表2.4.11(2) 結合ユニット導通・絶縁検査結果(正常値)	72
表2.4.12 結合ユニットの水回路確認結果	73
表2.4.13 結合ユニットのバルブ位置検出機構検査結果	74

表2.4.14 結合ユニットのバルブ耐圧検査結果	74
表2.4.15 ノンスピルカプラ(凹)耐圧検査結果	75
表2.4.16 結合機構検査結果	76
表2.4.17 近接計検査結果	77
表2.4.18 採水区間圧力計検査結果	78
表2.4.19 パッカー圧力計検査結果	79
表2.4.20 孔内システム耐圧試験結果	81
表2.4.21 ポンプ作動検査結果	84
表2.4.22 採水駆動試験結果	85
表2.4.23 1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器タイプⅡ(2.0号機) 点検・整備結果一覧	87～88
表3.1.1 物理化学パラメータの測定項目	89
表3.2.1 原位置における物理化学パラメータ測定の現場作業実績工程表	93
表3.2.2 ユニットの電氣的チェックにおける入力値と標準出力電位	94
表3.2.3 センサーの校正に用いた標準液	95
表3.2.4 センサー校正時の標準指示電位	95
表3.3.1(1) ユニットの電氣的チェックの結果(水素イオン指数)	97
表3.3.1(2) ユニットの電氣的チェックの結果(酸化還元電位：白金電極)	97
表3.3.1(3) ユニットの電氣的チェックの結果(酸化還元電位：金電極)	98
表3.3.1(4) ユニットの電氣的チェックの結果(酸化還元電位：グラシーカーボン電極)	98
表3.3.1(5) ユニットの電氣的チェックの結果(硫化物イオン電位)	98
表3.3.1(6) ユニットの電氣的チェックの結果(電気伝導度：交流二電極式)	99
表3.3.1(7) ユニットの電氣的チェックの結果(電気伝導度：電磁誘導式)	99
表3.3.1(8) ユニットの電氣的チェックの結果(水温)	99
表3.3.2 センサーの校正結果	100
表3.3.3(1) 物理化学パラメータの連続測定結果(1/8)	102
表3.3.3(2) 物理化学パラメータの連続測定結果(2/8)	103
表3.3.3(3) 物理化学パラメータの連続測定結果(3/8)	104
表3.3.3(4) 物理化学パラメータの連続測定結果(4/8)	105
表3.3.3(5) 物理化学パラメータの連続測定結果(5/8)	106
表3.3.3(6) 物理化学パラメータの連続測定結果(6/8)	107
表3.3.3(7) 物理化学パラメータの連続測定結果(7/8)	108
表3.3.3(8) 物理化学パラメータの連続測定結果(8/8)	109
表3.3.4 孔内水の地上測定結果	120

表3.3.5 標準液によるセンサーのチェック結果	121
表3.3.6 中間ドリフト測定結果と再校正結果	121
表3.3.7 ドリフト測定結果	122
表3.3.8 ドリフト量の算出結果	123
表3.3.9 仕様精度から求めた指示電位	123
表3.4.1 補正基準とドリフト量の比較	126
表3.4.2 校正時の指示電位差とドリフト測定時の指示電位差の比較	127
表3.4.3 校正係数の算出結果	132
表3.4.4 総ドリフト量の算出結果	132
表3.4.5 校正からドリフト測定までの経過時間	133
表3.4.6(1) 物理化学パラメータの連続測定結果[補正済](1/8)	135
表3.4.6(2) 物理化学パラメータの連続測定結果[補正済](2/8)	136
表3.4.6(3) 物理化学パラメータの連続測定結果[補正済](3/8)	137
表3.4.6(4) 物理化学パラメータの連続測定結果[補正済](4/8)	138
表3.4.6(5) 物理化学パラメータの連続測定結果[補正済](5/8)	139
表3.4.6(6) 物理化学パラメータの連続測定結果[補正済](6/8)	140
表3.4.6(7) 物理化学パラメータの連続測定結果[補正済](7/8)	141
表3.4.6(8) 物理化学パラメータの連続測定結果[補正済](8/8)	142
表3.5.1 DH-5号孔の深度323.8~330.8mにおける物理化学パラメータの測定結果	151
表4.1.1 連続地上採水中の主要化学成分分析の分析項目	152
表4.3.1 誘導結合プラズマ発光分光分析における測定波長と精度	153
表4.3.2 イオンクロマトグラフ分析の測定条件	154
表4.4.1 連続地上採水中の主要化学成分分析結果	156
表4.5.1 連続地上採水試料のイオンバランス	168
表4.5.2 主なイオンの極限当量電気伝導度	169
表4.5.3 分析結果から算出した電気伝導度	170
表5.1.1 地下水化学分析の分析項目	173
表5.1.2 同位体の分析項目	173
表5.1.3 溶存ガスの分析項目	173
表5.1.4 主要化学成分の分析項目	174
表5.1.5 微量化学成分の分析項目	175
表5.1.6 微生物の分析項目	175
表5.2.1(1) 試料の保存方法(同位体)	176

表5.2.1(2) 試料の保存方法(溶存ガス)	176
表5.2.1(3) 試料の保存方法(主要化学成分)	177
表5.2.1(4) 試料の保存方法(微量化学成分)	178
表5.2.1(5) 試料の保存方法(微生物)	179
表5.3.1 溶存ガスの分析条件(分析所A)	188
表5.3.2 溶存ガスの分析条件(分析所B)	191
表5.3.3 溶存ガスの分析条件(分析所C)	193
表5.3.4 誘導結合プラズマ発光分析の測定波長	194
表5.3.5 イオンクロマトグラフの測定条件(分析所A)	195
表5.3.6 イオンクロマトグラフの測定条件(分析所B)	198
表5.3.7 イオンクロマトグラフの測定条件(分析所C)	200
表5.3.8 誘導結合プラズマ質量分析法の測定条件(分析所A)	204
表5.3.9 誘導結合プラズマ質量分析法の測定条件(分析所B)	206
表5.3.10 誘導結合プラズマ質量分析法の測定条件(分析所C)	208
表5.3.11 鉄酸化菌用培地(2%硫酸第一鉄を含むSilverman9K培地)組成(分析所A) ·	209
表5.3.12 硫酸塩還元菌用培地組成(分析所A)	210
表5.3.13 メタン生成菌用培地組成(分析所A)	211
表5.3.14 アンモニア酸化菌用培地組成(分析所A)	211
表5.3.15 亜硝酸酸化菌用培地組成(分析所A)	212
表5.3.16 亜硝酸還元菌用培地組成(分析所A)	212
表5.3.17 硝酸還元菌用培地組成(分析所A)	212
表5.3.18 鉄酸化菌用培地(1230A培地)組成(分析所B・分析所C)	214
表5.3.19 硫酸塩還元菌用培地(改良ISA培地)組成(分析所B・分析所C)	215
表5.3.20 メタン生成菌用培地組成(分析所B)	215
表5.3.21 アンモニア酸化菌用培地組成(分析所B・分析所C)	216
表5.3.22 亜硝酸酸化菌用培地組成(分析所B・分析所C)	217
表5.3.23 亜硝酸還元菌・硝酸還元菌用培地組成(分析所B)	217
表5.3.24 メタン生成菌用培地組成(分析所C)	220
表5.3.25 亜硝酸還元菌用培地組成(分析所C)	220
表5.3.26 硝酸還元菌用培地組成(分析所C)	221
表5.4.1 同位体の分析結果	222
表5.4.2 溶存ガスの分析結果	222
表5.4.3 主要化学成分の分析結果	224
表5.4.4 微量化学成分の分析結果	226
表5.4.5 全菌数の計数結果	227

表5.4.6(1) 菌数の計数におけるMPN法結果(分析所A)	227
表5.4.6(2) 菌数の計数におけるMPN法結果(分析所B)	227
表5.4.6(3) 菌数の計数におけるMPN法結果(分析所C)	228
表5.4.7 微生物の計数結果	228
表5.4.8 GenBankデータベースによるホモロジー検索結果	231
表5.5.1 棄却係数Qの値	235
表5.5.2 Qテストによる同位体分析結果の棄却検定結果	235
表5.5.3 Qテストによる溶存ガス分析結果の棄却検定結果	236
表5.5.4 Qテストによる主要化学成分分析結果の棄却検定結果	238
表5.5.5 Qテストによる微量化学成分分析結果の棄却検定結果	241
表5.5.6 地下水のイオンバランス	244
表5.5.7 分析結果から算出した電気伝導度	245
表5.5.8 トリチウム濃度から計算した地下水年代	246
表5.5.9 水質化学相の分類	250
表5.6.1 地下水化学分析結果(同位体・溶存ガス・主要化学成分・微量化学成分) ..	253
表5.6.2 微生物の分析結果	254

図目次

図1.1.1 深部地下水調査(DH-5号孔)追加採水分析の調査位置図	3
図2.1.1 1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の概略図	6
図2.2.2 ケーシング・パッカーの設置深度および寸法	12
図2.2.3 パッカーシステム接続・挿入時の使用工具	13
図2.2.4 ケーシング接続・挿入時の使用工具	14
図2.3.1(1) パッカー圧力モニタリング結果(孔内圧力)	27
図2.3.1(2) パッカー圧力モニタリング結果(パッカー圧力)	27
図2.3.1(3) パッカー圧力モニタリング結果(パッカー有効圧力)	28
図2.3.2(1) 連続地上採水結果(孔内圧力)	43
図2.3.2(2) 連続地上採水結果(孔内圧力)	43
図2.3.2(3) 連続地上採水結果(パッカー圧力)	44
図2.3.2(4) 連続地上採水結果(パッカー圧力)	44
図2.3.2(5) 連続地上採水結果(パッカー有効圧力)	45

図2.3.2(6) 連続地上採水結果(パッカー有効圧力)	45
図2.3.3(1) パッカー収縮結果(孔内圧力)	56
図2.3.3(2) パッカー収縮結果(パッカー圧力)	57
図2.3.3(3) パッカー収縮結果(パッカー有効圧力)	57
図2.4.1 連続採水ユニットの導通・絶縁検査方法	59
図2.4.2 連続採水ユニットのバルブ作動検査方法	61
図2.4.3 両方向ポンプ作動検査	64
図2.4.4 採水ユニットの導通・絶縁検査方法	65
図2.4.5 採水作動検査方法	68
図2.4.6 採水圧力計検査方法	69
図2.4.7 採水圧力計検査結果	70
図2.4.8 結合ユニットの導通・絶縁検査方法	71
図2.4.9 結合ユニットのバルブ作動検査方法	73
図2.4.10 近接計検査方法	76
図2.4.11 結合ユニットの圧力計検査方法	78
図2.4.12 採水区間圧力計検査結果	79
図2.4.13 パッカー圧力計検査結果	80
図2.4.14 ユニット耐圧検査方法	81
図2.4.15 連続採水ユニット耐圧試験結果	82
図2.4.16 採水ユニット耐圧試験結果	82
図2.4.17 結合ユニット耐圧試験結果	83
図3.1.1 地球化学検層ユニットの構造概要	90
図3.1.2 1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の 各ユニットと地球化学検層ユニットの連結順序	91
図3.3.1(1) 物理化学パラメータの測定結果(水素イオン指数)	110
図3.3.1(2) 物理化学パラメータの測定結果(水素イオン指数)	110
図3.3.1(3) 物理化学パラメータの測定結果(酸化還元電位: Pt電極)	111
図3.3.1(4) 物理化学パラメータの測定結果(酸化還元電位: Pt電極)	111
図3.3.1(5) 物理化学パラメータの測定結果(酸化還元電位: Au電極)	112
図3.3.1(6) 物理化学パラメータの測定結果(酸化還元電位: Au電極)	112
図3.3.1(7) 物理化学パラメータの測定結果(酸化還元電位: GC電極)	113
図3.3.1(8) 物理化学パラメータの測定結果(酸化還元電位: GC電極)	113
図3.3.1(9) 物理化学パラメータの測定結果(硫化物イオン電位)	114
図3.3.1(10) 物理化学パラメータの測定結果(硫化物イオン電位)	114

図3.3.1(11) 物理化学パラメータの測定結果(電気伝導度：交流二電極式)	115
図3.3.1(12) 物理化学パラメータの測定結果(電気伝導度：交流二電極式)	115
図3.3.1(13) 物理化学パラメータの測定結果(電気伝導度：電磁誘導式)	116
図3.3.1(14) 物理化学パラメータの測定結果(電気伝導度：電磁誘導式)	116
図3.3.1(15) 物理化学パラメータの測定結果(水温)	117
図3.3.1(16) 物理化学パラメータの測定結果(水温)	117
図3.3.2(1) 地球化学検層ユニットの監視結果(12V電源電圧)	118
図3.3.2(2) 地球化学検層ユニットの監視結果(12V電源電圧)	118
図3.3.2(3) 地球化学検層ユニットの監視結果(データ処理基板温度)	119
図3.3.2(4) 地球化学検層ユニットの監視結果(データ処理基板温度)	119
図3.4.1(1) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](水素イオン指数)	143
図3.4.1(2) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](水素イオン指数)	143
図3.4.1(3) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](酸化還元電位：Pt電極)	144
図3.4.1(4) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](酸化還元電位：Pt電極)	144
図3.4.1(5) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](酸化還元電位：Au電極)	145
図3.4.1(6) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](酸化還元電位：Au電極)	145
図3.4.1(7) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](酸化還元電位：GC電極)	146
図3.4.1(8) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](酸化還元電位：GC電極)	146
図3.4.1(9) 物理化学パラメータの測定結果[測定済](硫化物イオン電位)	147
図3.4.1(10) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](硫化物イオン電位)	147
図3.4.1(11) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](電気伝導度：交流二電極式) ..	148
図3.4.1(12) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](電気伝導度：交流二電極式) ..	148
図3.4.1(13) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](電気伝導度：電磁誘導式) ...	149
図3.4.1(14) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](電気伝導度：電磁誘導式) ...	149
図3.4.1(15) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](水温)	150
図3.4.1(16) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](水温)	150
図4.4.1(1) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(水素イオン指数)	157
図4.4.1(2) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(電気伝導度)	157
図4.4.1(3) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Si)	158
図4.4.1(4) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Ti)	158
図4.4.1(5) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Al ³⁺)	159
図4.4.1(6) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(T. Fe)	159
図4.4.1(7) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Mn)	160
図4.4.1(8) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Mg ²⁺)	160

図4.4.1(9) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Ca ²⁺)	161
図4.4.1(10) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Sr ²⁺)	161
図4.4.1(11) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Na ⁺)	162
図4.4.1(12) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(K ⁺)	162
図4.4.1(13) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(F ⁻)	163
図4.4.1(14) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Cl ⁻)	163
図4.4.1(15) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(NO ₂ ⁻)	164
図4.4.1(16) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(PO ₄ ³⁻)	164
図4.4.1(17) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Br ⁻)	165
図4.4.1(18) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(NO ₃ ⁻)	165
図4.4.1(19) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(SO ₄ ²⁻)	166
図4.4.1(20) 連続地上採水中の主要化学成分分析(HCO ₃ ⁻)	166
図4.4.1(21) 連続地上採水中の主要化学成分分析(ウラン)	167
図4.5.1 電気伝導度の測定結果と計算結果の相関	171
図4.5.2 水素イオン指数の原位置測定結果と分析所における測定結果の相関	172
図4.5.3 電気伝導度の原位置測定結果と分析所における測定結果の相関	172
図5.3.1 採水容器から溶存ガス分析用試料を取出す方法(分析所A)	187
図5.3.2 試料水から溶存ガスを分離する方法(分析所A)	188
図5.3.3 採水容器から溶存ガス分析用試料を取出す方法(分析所B)	190
図5.3.4 試料水から溶存ガスを分離する方法(分析所B)	191
図5.3.5 採水凶器から溶存ガス分析用試料を取出す方法(分析所C)	192
図5.3.6 試料水から溶存ガスを分離する方法(分析所C)	193
図5.4.1(1) 普通染色した黒色菌叢の倍率2,000倍の顕微鏡写真(分析所A)	229
図5.4.1(2) 普通染色した黒色菌叢の倍率2,000倍の顕微鏡写真(分析所A)	229
図5.4.2 改良ISA平板培地による硫酸塩還元菌の培養結果	230
図5.4.3 Streak法による硫酸塩還元菌の分離	230
図5.4.4(1) 純粋分離された菌の倍率10,000倍のSEM写真(分析所C)	232
図5.4.4(2) 純粋分離された菌の倍率20,000倍のSEM写真(分析所C)	232
図5.4.4(3) 純粋分離された菌の倍率10,000倍のSEM写真(分析所C)	233
図5.4.4(4) 純粋分離された菌の倍率20,000倍のSEM写真(分析所C)	233
図5.5.1 同位体分析結果の比較	236
図5.5.2 溶存ガス分析結果の比較	237
図5.5.3(1) 主要化学成分分析結果の比較(1/2)	239
図5.5.3(2) 主要化学成分分析結果の比較(2/2)	239

図5.5.4(1) 微量化学成分分析結果の比較(1/4)	242
図5.5.4(2) 微量化学成分分析結果の比較(2/4)	242
図5.5.4(3) 微量化学成分分析結果の比較(3/4)	243
図5.5.4(4) 微量化学成分分析結果の比較(4/4)	243
図5.5.5 酸素安定同位体比と水素安定同位体比の関係	248
図5.5.6 トリリニャーダイアグラム	249
図5.5.7 Zajicによる微生物生育のためのEhとpHの範囲	251

1. 調査概要

1.1 件名

深部地下水調査(DH-5号孔)追加採水分析

1.2 目的

本調査は、平成9年度実施の深部地下水調査(DH-5号孔)の一部再調査を実施したものである。この調査は、東濃地科学センターで実施されている広域地下水流動調査研究の一環として地表から地下深部までの地質構造、地質環境の有する水理学的・地球化学的特性を把握することを目的とする。

1.3 調査位置

岐阜県土岐市泉町定林寺

動力炉・核燃料開発事業団(現、核燃料サイクル開発機構) 土岐分室敷地内

(図1.1.1参照)

調査対象のDH-5号孔は、白亜紀から古第三紀にかけて貫入した花崗岩(土岐花崗岩)に平成9年に掘削された。孔口標高は310.4m、掘削長は502.3mである。

1.4 調査期間

平成10年8月17日～平成11年5月31日

1.5 調査項目

- | | |
|---------------------|-----------------------------------|
| ①整地作業 | |
| ②仮設工事 | |
| ③ダミー検層 | 深度30～350m |
| ④ボアホールテレビ観測 | 深度320～332m |
| ⑤地下水の採水 | 連続地上採水およびバッチ式採水
深度323.8～330.8m |
| ⑥原位置における物理化学パラメータ測定 | 深度323.8～330.8m |
| ⑦連続地上採水中の主要化学成分分析 | 連続地上採水試料34試料、21項目 |
| ⑧地下水の化学分析 | バッチ式採水試料3試料、95項目 |

1.6 調査工事概要

本調査工事は、平成10年8月17日に現地調査に着手し、調査敷地の整地作業、試錐槽の組立および機器設備の設営を行った後、平成10年8月24日、ダミー検層、ボ

アホールテレビ観測を実施した。

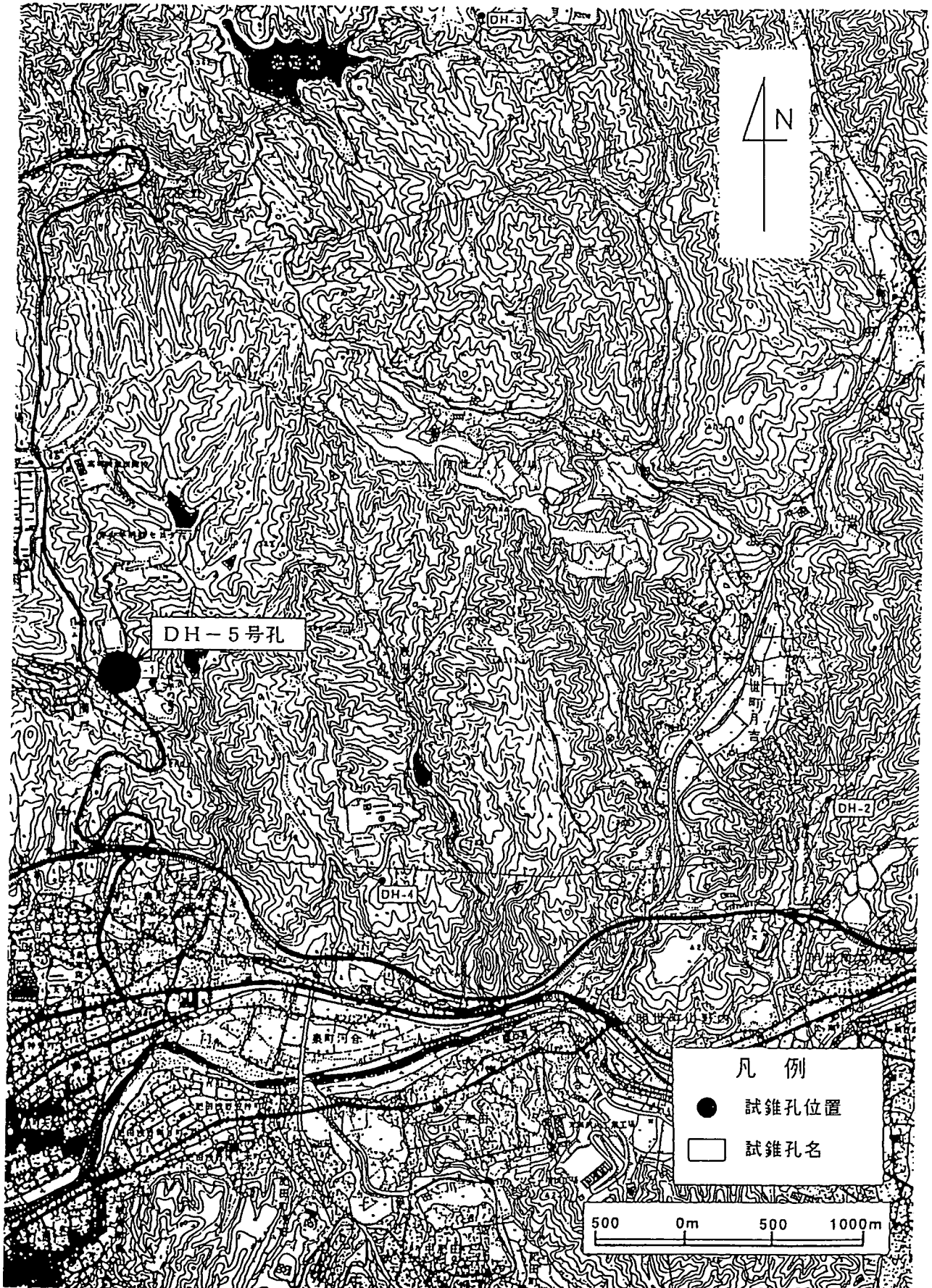
地下水の採水は、平成10年8月24日に調査機器搬入を開始し、平成10年9月14日に現地作業を終了した。また、これと並行して実施した原位置における物理化学パラメータ測定は、平成10年8月26日に調査機器搬入を開始し、平成10年9月4日に作業を終了した。

その後、試錐櫓の解体、機器設備の撤去、調査敷地の復旧作業を行い、平成10年9月20日にすべての現地調査作業を終了した。

表1.1.1に深部地下水調査(DH-5号孔)追加採水分析の現地作業実績工程表を示す。

1.7 担当者

管 理 責 任 者	濱	博 也
技 術 責 任 者	山 田	毅
技術責任者代理者(調査担当)	井 出	光 良
技術責任者代理者(試錐担当)	高 橋	英一郎
主 任 技 術 者(試錐担当)	山 本	勝 也
主 任 技 術 者(調査担当)	中 嶋	敏 秀
〃	渡 部	武 雄



国土地理院発行 1:25000地形図「土岐」を基に作成

図1.1.1 深部地下水調査(DH-5号孔)追加採水分析の調査位置図

表1.1.1 深部地下水調査(DH-5号孔)追加採水分析の現地作業実績工程表

	8月							9月																																
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日					
整地作業・仮設工事																																								
ダミー検層																																								
ポアホールテレビ観測																																								
地下水の採水 (連続地上採水) (バッチ式採水)																																								
物理化学パラメータ測定 (連続測定)																																								

2. 地下水の採水

ダミー検層・ボアホールテレビ観測を実施後、1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器を用いて、花崗岩中で地下水の採水を行った。採水深度は、平成9年度実施の深部地下水調査(DH-5号孔)と同じ、深度323.80~330.80mとした。この区間は、平成9年度の調査で、物理検層・水理試験の結果から湧水が認められ、相対的に透水性が高く、コア観察・ボアホールテレビ観測の結果からパッカー設置に支障となるような亀裂が孔壁に認められないことが確認されている。なお、今回のボアホールテレビ観測でも同様であった。

2.1 採水装置

本調査で使用した1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器は、被圧不活性状態で地下水を地上に回収する目的で開発されたものである。今回の採水では、1.1号機と2.0号機を使用した。以下に本装置の概要について述べる。

本装置の仕様を表2.1.1に、装置の概略図を図2.1.1に示す。

表2.1.1 1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の仕様

適応深度	GL-1,000m
適応孔径	φ75~130mm
耐温度性能	0~50℃
採水方式	ポンプ式およびバッチ式
採水量	ポンプ式：1~100ml/min バッチ式：500ml/回
挿入方式	ケーシングシステム
地下水位低下限界	GL-300m
測定項目	圧力(孔内・採水・パッカー) 採水量(連続採水量・バッチ式採水量) 温度(モーター・孔内・各ユニット) 各ユニット電圧(12V系・24V系) ユニット深度 ケーブル張力

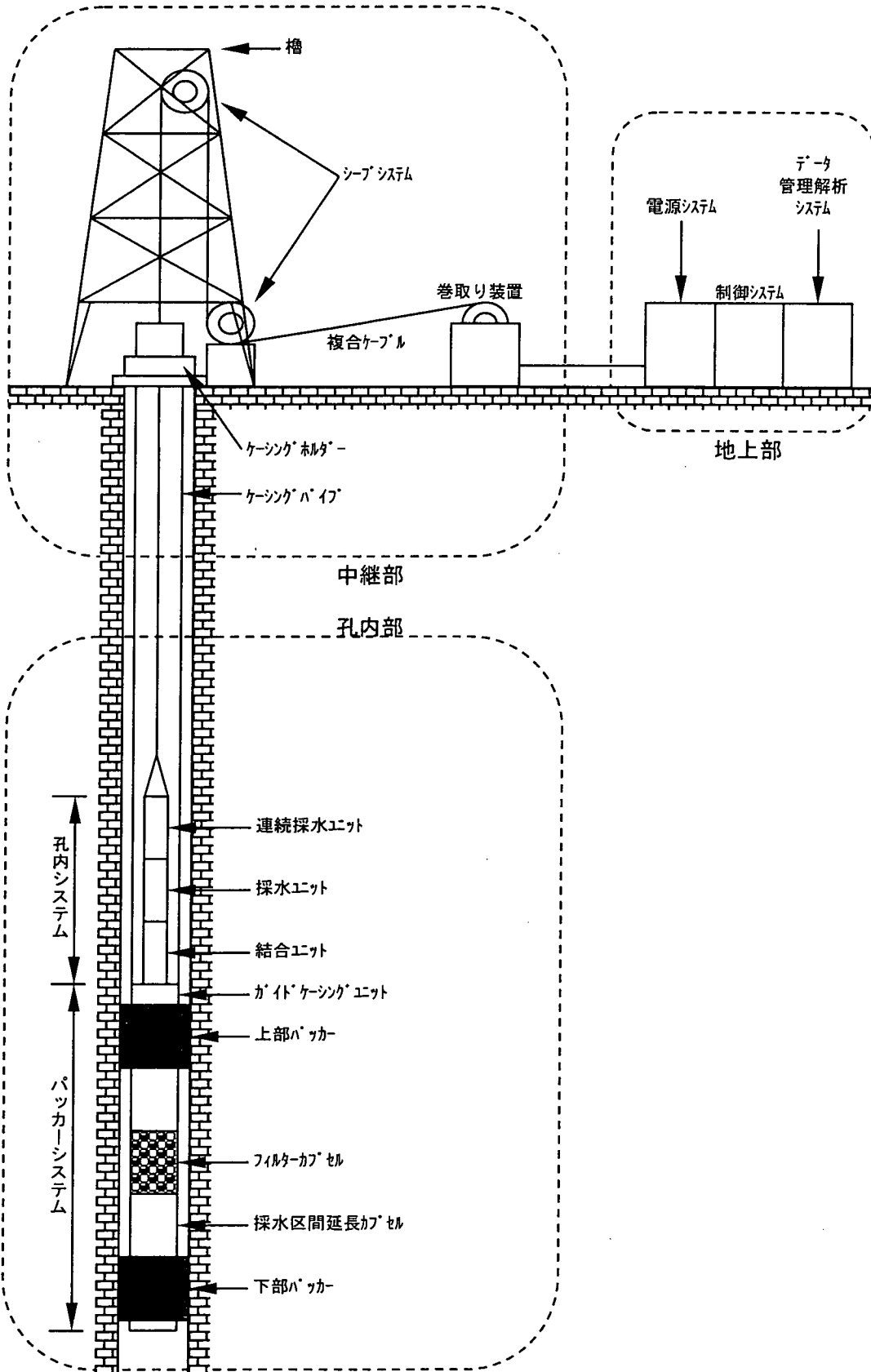


図2. 1. 1 1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の概略図

本装置は、表2.1.2に示すように、大きく地上部・中継部・孔内部の3つの部分に分類でき、各部はそれぞれ次のような機能・役割をもつ。

表2.1.2 1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の構成

地上部	電源システム	
	制御システム	
	データ管理解析システム	
中継部	ケーシングシステム	ケーシングパイプ
		ケーシングホルダー
		ホイスティングスイベル
	複合ケーブルシステム	複合ケーブル
		巻取り装置
		シーブシステム
信号・電源ケーブル		
孔内部	パッカーシステム	上部パッカー
		下部パッカー
		採水区間延長カプセル
		フィルターカプセル
		ガイドケーシングユニット
	孔内システム	結合ユニット
		採水ユニット
		連続採水ユニット

2.1.1 地上部の構成

地上部は、電源システム、制御システム、データ管理解析システムから構成される。電源システムは、孔内システムへ電力(DC12V、DC24V)を供給し、制御システム・データ管理解析システムは、孔内システムの作動制御および計測データ(圧力・温度等)の表示・収録を行なう。

2.1.2 中継部の構成

中継部は、ケーシングシステムと複合ケーブルシステムから構成される。

ケーシングパイプは、パッカーシステムの試錐孔内への挿入ならびに保持・引上げに使用され、孔内システムを保護する機能も兼ね備えている。パイプの伸びによる深度誤差を低減するため、材質にはステンレス鋼が用いられている。ケーシングパイプの昇降や固定には、専用のケーシングホルダーとホイスティングス

イベルが用いられる。

複合ケーブルは、電力供給用電線、通信用光ファイバー、採水用水チューブを一体化したもので、巻取り装置によって送り出し・巻取りが行われる。なお、巻取り装置には光信号と電気信号の相互変換機能も付加されている。地上と孔内部間の通信は、測定信号の減衰低減やノイズによる装置の誤作動を少なくするため光通信が使用されている。複合ケーブルの方向変換には、専用のシーブシステムが用いられる。

2.1.3 孔内部の構成

孔内部は、パッカーシステムと孔内システムから構成される。

パッカーシステムは、採水区間を閉鎖するための上部パッカー・下部パッカー、2つのパッカー間の距離(採水区間長)を調節するための採水区間延長カプセル、採水区間の地下水を装置内に導入するためのフィルターカプセル、パッカーシステムと孔内システムの結合を補助するガイドケーシングユニットからなる。

孔内システムは、本採水装置の主要機能を集約した部分で、結合・採水・連続採水の3ユニットからなり、各ユニットそれぞれに、CPU基板・アンプ基板・I/O基板が内蔵されている。結合ユニットは、直接、パッカーシステムと結合する部分で、内部には、パッカー圧力計、孔内圧力計、水温計、結合距離計が備わっている。

採水ユニットは、バッチ式採水用の採水容器を収納する部分で、両端針、圧力計が備わっている。採水容器は、通常は密閉状態で、採水時のみ、地下水導入のため両端針が差し込まれる。よって、予め採水容器を減圧状態にし、容器内の圧力が孔内圧力と平衡となるまで採水を行えば、容器内の地下水は被圧不活性状態を保持されたまま地上に回収できる。

連続採水ユニットは、パッカーを拡張・収縮する機能、採水区間の地下水を地上または試錐孔内に排出する機能をもつ。これらの機能を実現するため、連続採水ユニットには、両方向ポンプおよび水回路切替バルブが備わっている。

なお、連続採水ユニットと採水ユニットの間に地球化学検層ユニットを接続し、連続採水ユニット内の両方向ポンプを作動させるにより、地下水の物理化学パラメータを測定しながら、複合ケーブルを通して、地下水を地上で採取することが可能となる。

2.2 作業内容

本調査では、平成10年8月24日から同年9月14日までの延べ22日間、現場作業を実施した。表2.2.1に現場作業の実績工程表を、図2.2.1に現場作業の流れを示す。

表2.2.1 地下水の採水における現場作業実績工程表

	8月							9月															
	24 月	25 火	26 水	27 木	28 金	29 土	30 日	31 月	1 火	2 水	3 木	4 金	5 土	6 日	7 月	8 火	9 水	10 木	11 金	12 土	13 日	14 月	
作業者安全教育	■																						
装置の借用・搬入・設置	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ケーシング・パッカーの挿入			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
地上試験				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
パッカー拡張(24時間体制)				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
連続地上採水(24時間体制)				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
パッチ式採水(24時間体制)				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
パッカー収縮																							
ケーシング・パッカーの回収																							
装置の修理・点検・整備																							
装置の搬出・返却																							

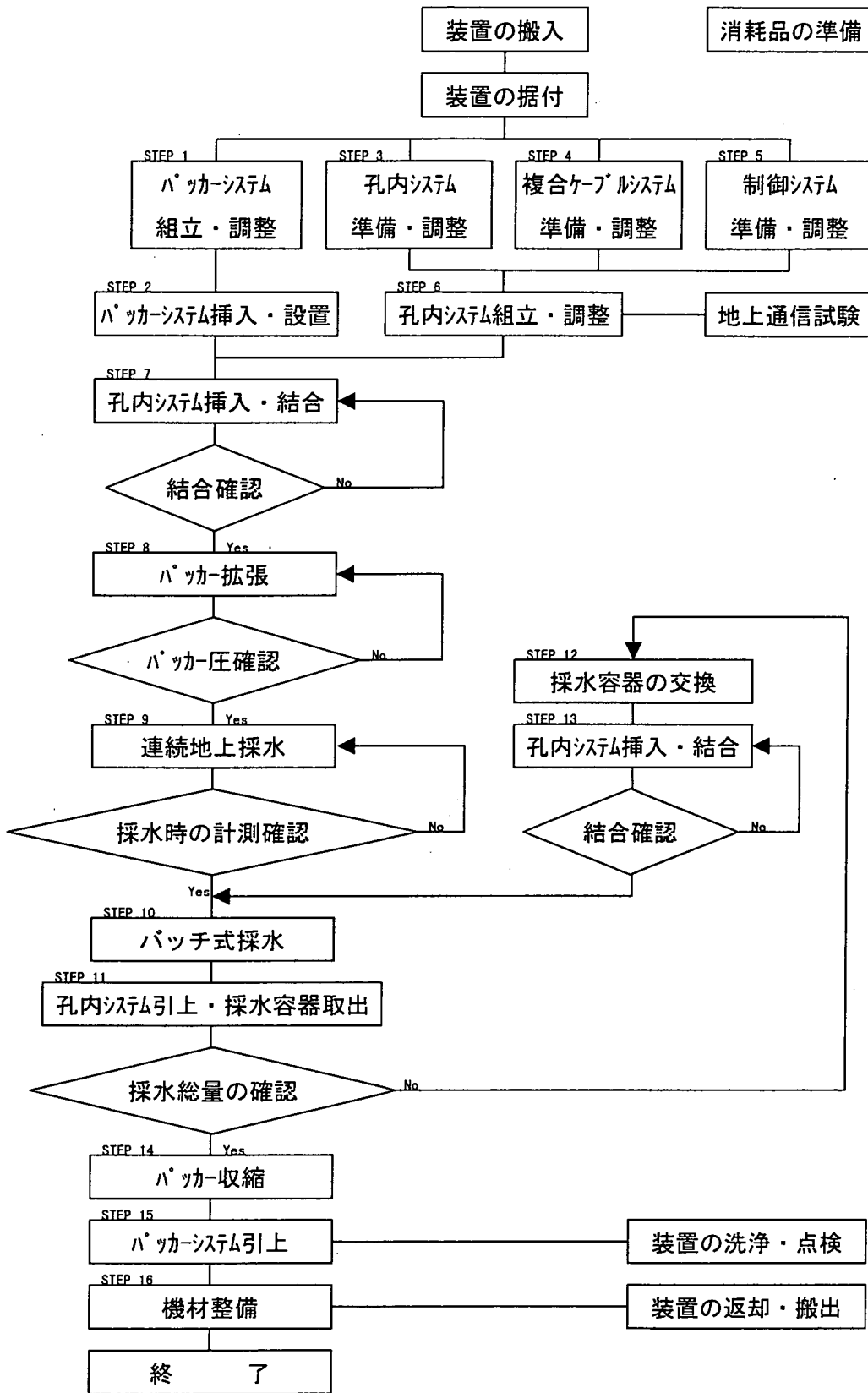


図2.2.1 地下水の採水における作業の流れ

2.2.1 装置の借用・搬入

平成10年8月24日、動力炉・核燃料開発事業団土岐倉庫にて、1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器を借用し、調査地点に搬入した。巻取り装置・ケーシングパイプ等の重量物の積み込み・積み卸しには、10 t ラフタークレーンを用い、運搬は、4 t ユニック車と1ボックス車で行った。

2.2.2 装置の設置

巻取り装置は、DH-5号孔から約10m離れた位置に10 t ラフタークレーンを用いて設置した。次に、反転シーブ台および反転シーブを、DH-5号孔近くまで4 t ユニック車で運搬し、人力で位置を微調整した後、櫓のベース・支柱にCグリップ・レバーブロックで固定した。なお、主シーブは、パッカーおよびケーシングパイプを挿入後、試錐機のウインチでこれらを吊り上げて位置出しを行い、フレームを櫓支柱の外側に固定し、逆側よりレバーブロックで引っ張った。

2.2.3 ケーシング・パッカーの挿入

ケーシングシステムとパッカーシステムの挿入は、試錐機を用い、図2.2.2に示すように、下部パッカー・採水区間延長カプセル(フィルターカプセルを含む)・上部パッカー・ガイドケーシング・ケーシングパイプの順に行った。深度323.80～330.80mに採水区間が確保されるように、上部パッカー・下部パッカーを降下してケーシングホルダーで固定した。なお、図2.2.2には、ケーシングおよびパッカーの設置深度と寸法等も付記した。

パッカーシステムの接続は、図2.2.3に示すパッカーユニット保護キャップ兼吊り金具を使用し、ウインチにてパッカーを吊り上げて孔口付近まで移動させ、孔口カバープレートでパッカーの爪部分を固定しながら実施した。

また、ケーシングパイプの接続は、図2.2.4に示すスイベルを使用し、試錐機のウインチにてケーシングパイプを吊り上げて孔口付近まで移動させ、専用のケーシングパイプホルダー(耐荷重20 t)で固定しながら実施した。

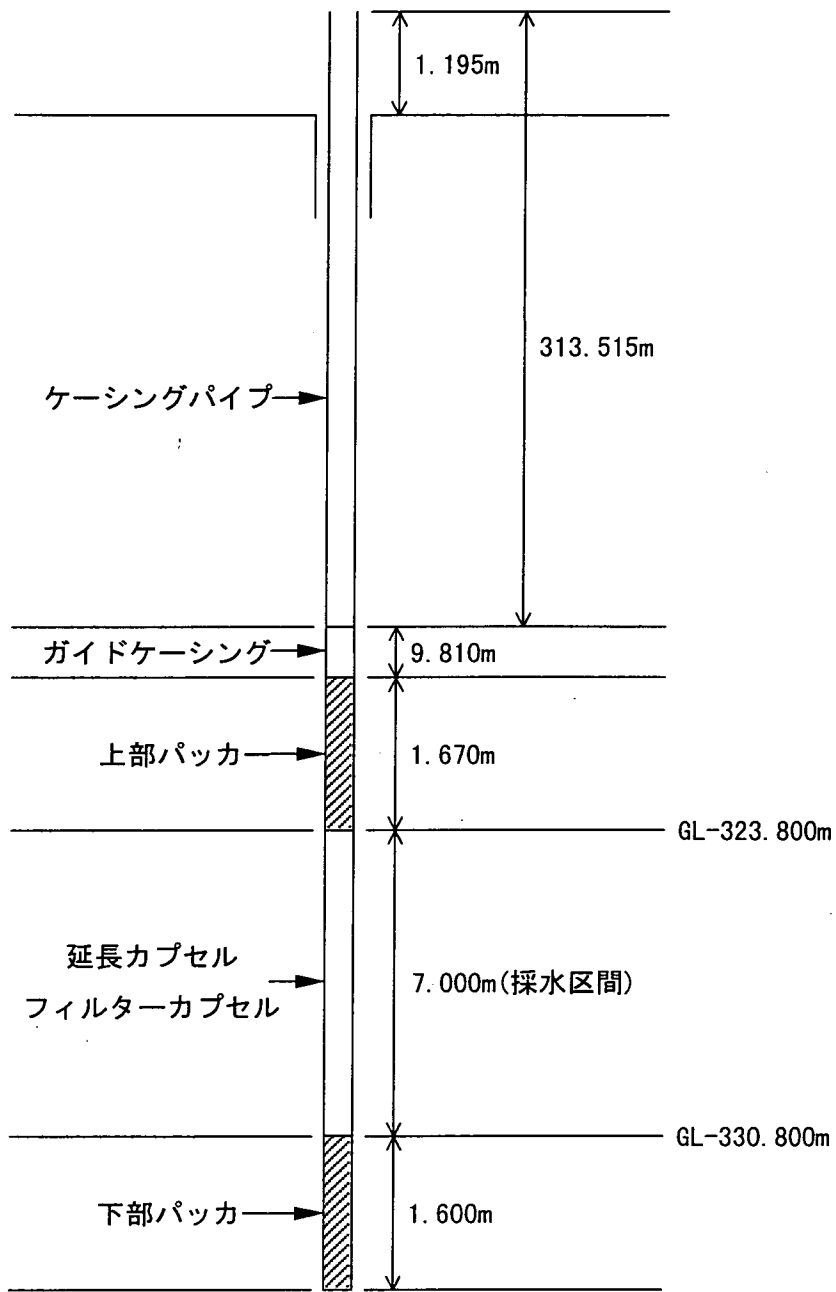


図2.2.2 ケーシング・パッカーの設置深度および寸法

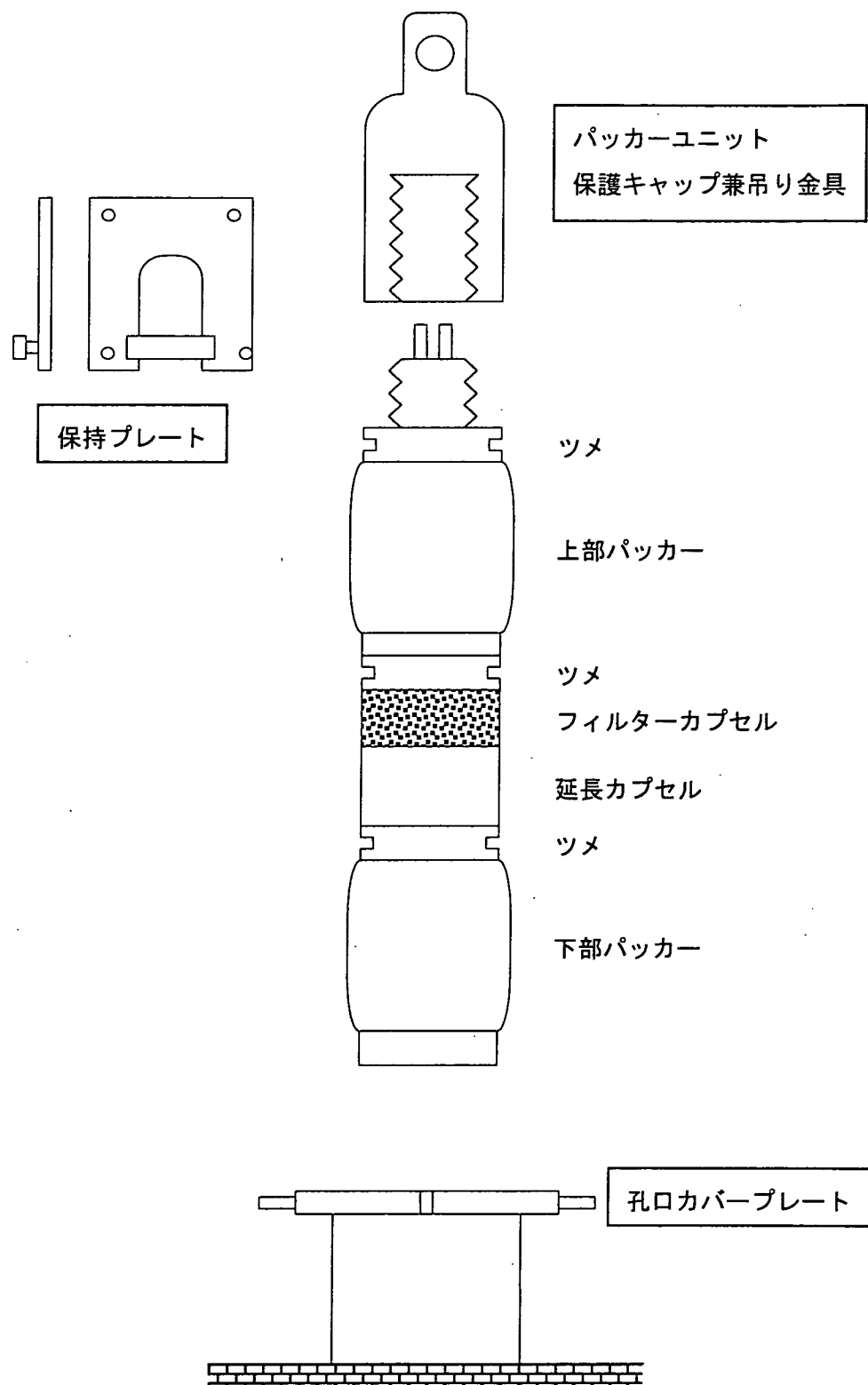


図2.2.3 パッカーシステム接続・挿入時の使用工具

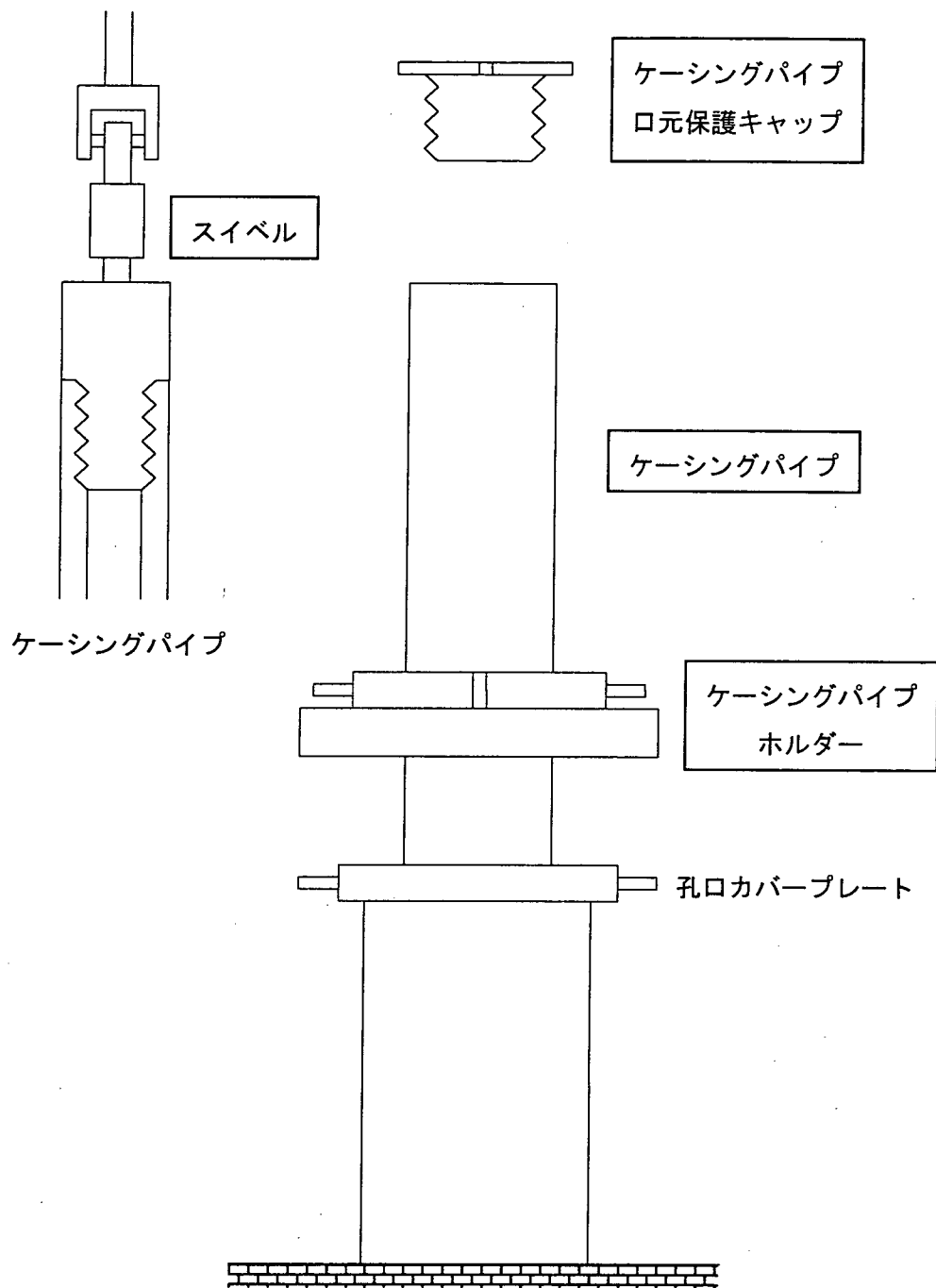


図2.2.4 ケーシング接続・挿入時の使用工具

2.2.4 地上試験

ここでは、2.0号機を対象として実施した採水開始前の地上試験の方法について述べる。

(1) 孔内ユニットの導通・絶縁チェック

孔内ユニット単体(結合・採水・連続採水の各ユニット)毎にユニットボディならびに複合コネクタの凸部にて、テスタを使用して導通・絶縁チェックを実施した。測定された抵抗値は、表2.2.2に示す各ユニットの導通・絶縁抵抗の定格値と比較し、異常のないことを確認した。

表2.2.2(1) 孔内ユニットの導通・絶縁抵抗の定格値(結合ユニット)

	ボディ	赤	白	黒	緑	青	黄	茶
赤	>1M	—	—	—	—	—	—	—
白	>1M	>1M	—	—	—	—	—	—
黒	>1M	15±5k	>1M	—	—	—	—	—
緑	>1M	>1M	>1M	>1M	—	—	—	—
青	>1M	32±5k	>1M	17±5k	>1M	—	—	—
黄	>1M	25±5k	>1M	10±5k	>1M	27±5k	—	—
茶	>1M	32±5k	>1M	17±5k	>1M	34±5k	27±5k	—
灰	>1M	25±5k	>1M	10±5k	>1M	27±5k	20±5k	27±5k

注) 赤・白等の色は複合コネクタ凸部のケーブルカラーを表し、数値の単位はΩ。

表2.2.2(2) 孔内ユニットの導通・絶縁抵抗の定格値(採水ユニット)

	ボディ	赤	白	黒	緑	青	黄	茶
赤	>1M	—	—	—	—	—	—	—
白	>1M	>10M	—	—	—	—	—	—
黒	>1M	15±5k	>1M	—	—	—	—	—
緑	>1M	>1M	2±1k	>1M	—	—	—	—
青	>1M	32±5k	>1M	17±5k	>1M	—	—	—
黄	>1M	25±5k	>1M	10±5k	>1M	27±5k	—	—
茶	>1M	32±5k	>1M	17±5k	>1M	34±5k	27±5k	—
灰	>1M	25±5k	>1M	10±5k	>1M	27±5k	20±5k	27±5k

注) 赤・白等の色は複合コネクタ凸部のケーブルカラーを表し、数値の単位はΩ。

表2.2.2(3) 孔内ユニットの導通・絶縁抵抗の定格値(連続採水ユニット)

	ボディ	赤	白	黒	緑	青	黄	茶
赤	>1M	—	—	—	—	—	—	—
白	>1M	>20M	—	—	—	—	—	—
黒	>1M	15±5k	>1M	—	—	—	—	—
緑	>1M	>10M	>1M	>1M	—	—	—	—
青	>1M	33±5k	>1M	17±5k	>1M	—	—	—
黄	>1M	25±5k	>1M	10±5k	>1M	28±5k	—	—
茶	>1M	33±5k	>1M	17±5k	>1M	35±5k	28±5k	—
灰	>1M	26±5k	>1M	11±5k	>1M	28±5k	21±5k	28±5k

注) 赤・白等の色は複合コネクタ凸部のケーブルカラーを表し、数値の単位はΩ。

(2) 孔内ユニットの接続および電源装置の作動確認

(1)の孔内ユニット導通・絶縁チェックを実施後、巻取り装置・複合ケーブルを使用して、ユニットを孔口にて垂直状態に保持し、結合ユニット・採水ユニット・連続採水ユニット・ケーブル先端部の順に組み立てた。

次に電源ライン(地上制御装置・複合ケーブル・孔内ユニット)をすべて接続し、電源装置を作動させ、12V系・24V系の消費電流を電流計にて確認した。なお、定格値は12V系、24V系それぞれ、1.1A、0.1Aである。

(3) 通信確認

過電流の発生がないことを確認した上で、孔内ユニットへソフトウェアのダウンロードを実施した。ダウンロードは、連続採水ユニット・採水ユニット・結合ユニットの順で行い、正常にダウンロードが終了した後、各ユニットから送られてくる通信データを制御システムのモニター画面上で確認した。

(4) バルブ作動確認

連続採水ユニット3バルブ・結合ユニット1バルブの各水回路切替のバルブ作動確認を行った。各バルブの作動はポートの切替により、作動確認は通信確認と同じく、制御システムのモニター画面上で行った。

(5) 水回路開通確認

ダミー回路複合コネクタを用いて、連続採水ユニット3バルブ・結合ユニット1バルブを切替え、実際に水回路が開通することを、水回路に圧縮空気を流すことにより確認した。

2.2.5 パッカー拡張

孔内に設置したパッカーシステムと孔内ユニットを結合し、パッカーを拡張した。

まず、連続採水・採水・結合の3ユニットを巻取り装置で孔内に挿入し、パッカーユニットと結合させた。次に、拡張開始前の孔内水圧を測定し、孔内ユニット内の両方向ポンプとバルブの操作により地上から蒸留水を送水し、パッカーの拡張を開始した。パッカー有効圧力が6 kgf/cm²以上確保された時点で拡張を終了した。

引き続き、24時間体制でパッカー圧力のモニタリングを行い、5 kgf/cm²以上のパッカー有効圧力が確保されるように、必要に応じて、パッカーの再拡張を実施した。また、モニタリング中は、並行して装置の設置深度で連続地上採水とバッチ式採水が可能かどうかを確認した。連続採水の確認は、採水区間の水を孔内に排出することにより行い、バッチ式採水の確認は、通常のパッチ式採水と同様の方法で実施した。

2.2.6 連続地上採水

パッカー拡張および拡張後のパッカー圧力のモニタリングに引き続いて、パッカーで閉鎖された区間の水を地上に連続して回収する連続地上採水を実施した。連続地上採水もパッカー拡張と同様、孔内ユニットの両方向ポンプとバルブを操作して行い、採水中は、連続採水ユニットと採水ユニットの間に地球化学検層ユニットを接続することにより、原位置における物理化学パラメータを測定した。

また、回収した地下水は、連続地上採水量が採水区間体積に達する毎に、処理(1規定硝酸・蒸留水洗浄後、乾燥処理)済の500ml中蓋付ポリエチレン容器に移し替え、連続地上採水中の主要化学成分分析に供した。それ以外の地下水については、ポリエチレン容器と同様の処理をした20ℓポリタンクに保存した。

なお、本採水作業では、孔径96mm・パッカー径68mm・採水区間長7mであるので、採水区間体積は次式のように25.2ℓと計算される。

$$\begin{aligned} [\text{採水区間体積}(\text{cm}^3)] &= \frac{[\text{孔径}(\text{cm})]^2 - [\text{パッカー径}(\text{cm})]^2}{4} \times \pi \times [\text{採水区間長}(\text{cm})] \\ &= \frac{9.6^2 - 6.8^2}{4} \times \pi \times 700 \\ &= 25,245(\text{cm}^3) \\ &\cong 25.2(\ell) \end{aligned}$$

2.2.7 バッチ式採水

連続地上採水で、採水区間が地層水(本来、その深度に存在している地下水)に置換したことを確認後、バッチ式採水を実施した。

バッチ式採水では、まず地上にて、連続採水・採水・結合の3ユニットを結合し、予め純水洗浄・共洗いをし、ArもしくはHeガスによるパージと減圧処理を行った採水容器(容量0.5ℓ)を採水ユニットに組み込んだ。次に、巻取り装置にて3ユニットを降下し、結合部の洗浄を行った後、パッカーシステムと結合させた。結合確認後、ポンプを3ストローク作動させ、ユニット内の水を採水区間内の水に置換した。最後に、バルブを操作し、採水容器に採水区間内の水を導入し、孔内圧力と採水圧力が平衡になるまで静置し、孔内ユニットと共に地上に回収した。

2.2.8 パッカー収縮

バッチ式採水終了後、両方向ポンプを拡張時と逆方向に作動させ、パッカーの収縮を行った。収縮終了時には、パッカーからの排水量がパッカー拡張時の注水量とほぼ等しいことを確認した。

2.2.9 ケーシング・パッカーの回収

パッカーの収縮を確認した後、連続採水・採水・結合の3ユニットを複合ケーブルから切り離し、主シープ・反転シープの撤去を行い、ケーシングパイプおよびパッカーシステムの引き上げを試錐機のウインチにて行った。

2.2.10 装置の洗浄・点検

試錐孔より引き上げた機材のうち、ケーシングパイプおよびパッカーシステムは清水(水道水)で入念に洗浄した。また、上部パッカー・下部パッカーのパッカーゴムについては新品と交換した。その他の孔内システムについては以下の手順で洗浄を行った。

- (1) 結合・採水・連続採水の各ユニットの水回路内に残留する孔内水(地下水)をArガスで排除した後、蒸留水を用いて同回路内を洗浄した。洗浄後、再びArガスを用いて蒸留水を排除した。
- (2) (1)の作業時に、各ユニット接続部のスライム付着・接続部変形等の有無を目視により確認した。また、バルブの切替により水回路が正常に作動することを確認した。

(3)採水ユニット収納部はスライム等の有無を確認するとともに蒸留水で洗浄を行った。

なお、複合ケーブル内の水回路(ステンレスパイプ)についても、孔内システムと同様の手順で洗浄を行った。

2.2.11 装置の搬出・返却

本調査で借用した1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器一式は、平成10年9月14日に、調査地点への搬入時と同様、1ボックス車・4tユニック車・10tラフタークレーンを用いて、積み込み、運搬、積み卸しを行い、動力炉・核燃料開発事業団土岐倉庫に返却した。

2.3 作業結果

2.3.1 地上試験結果

(1)孔内ユニットの導通・絶縁チェック結果

孔内ユニットの導通・絶縁チェック結果を結合・採水・連続採水の各ユニット別に表2.3.1に示す。なお、表中の色は全て複合コネクタの凸部のケーブルカラーである。これら結果を表2.2.2の定格値と比較し、3ユニットとも異常のないことを確認した。

表2.3.1(1) 孔内ユニットの導通・絶縁チェック結果(結合ユニット)

	ボディ	赤	白	黒	緑	青	黄	茶
赤	>20M	—	—	—	—	—	—	—
白	>20M	>20M	—	—	—	—	—	—
黒	>20M	15k	>20M	—	—	—	—	—
緑	>20M	>20M	1-20M	>20M	—	—	—	—
青	>20M	32k	>20M	17k	>20M	—	—	—
黄	>20M	25k	>20M	10k	>20M	27k	—	—
茶	>20M	32k	>20M	17k	>20M	34k	27k	—
灰	>20M	25k	>20M	10k	>20M	27k	20k	27k

注)赤・白等の色は複合コネクタ凸部のケーブルカラーを表し、数値の単位はΩ。

表2.3.1(2) 孔内ユニットの導通・絶縁チェック結果(採水ユニット)

	ボディ	赤	白	黒	緑	青	黄	茶
赤	>20M	—	—	—	—	—	—	—
白	>20M	>20M	—	—	—	—	—	—
黒	>20M	15k	>20M	—	—	—	—	—
緑	>20M	>20M	2.5k	>20M	—	—	—	—
青	>20M	32k	>20M	17k	>20M	—	—	—
黄	>20M	25k	>20M	10k	>20M	27k	—	—
茶	>20M	32k	>20M	17k	>20M	34k	27k	—
灰	>20M	25k	>20M	10k	>20M	27k	20k	27k

注) 赤・白等の色は複合コネクタ凸部のケーブルカラーを表し、数値の単位はΩ。

表2.3.1(3) 孔内ユニットの導通・絶縁チェック結果(連続採水ユニット)

	ボディ	赤	白	黒	緑	青	黄	茶
赤	>20M	—	—	—	—	—	—	—
白	>20M	>20M	—	—	—	—	—	—
黒	>20M	15k	>20M	—	—	—	—	—
緑	>20M	>20M	1-20M	>20M	—	—	—	—
青	>20M	33k	>20M	17k	>20M	—	—	—
黄	>20M	25k	>20M	10k	>20M	28k	—	—
茶	>20M	32k	>20M	17k	>20M	35k	28k	—
灰	>20M	26k	>20M	11k	>20M	28k	21k	28k

注) 赤・白等の色は複合コネクタ凸部のケーブルカラーを表し、数値の単位はΩ。

(2) 電源装置の作動確認結果

地上制御装置・複合ケーブル・孔内ユニットの電源ラインをすべて接続し、電源装置を作動させた状態での12V系・24V系の消費電流をその定格値と共に表2.3.2に示す。この結果では電流消費量に異常は認められない。

表2.3.2 ユニット作動時の電流消費量

	定格値(A)	計測値(A)	評価
12V系電源	1.1	1.2	正常
24V系電源	0.1	0.1	正常

(3) 通信確認結果

孔内ユニットへのソフトウェアのダウンロード結果、各ユニットの通信データの確認結果は、表2.3.3に示すようにすべて正常であった。

表2.3.3 ソフトウェアのダウンロードおよび通信データの確認結果

	結合ユニット	採水ユニット	連続採水ユニット
ソフトウェアのダウンロード	正 常	正 常	正 常
通信データ	正 常	正 常	正 常

(4) バルブ作動確認結果

連続採水ユニット3バルブ、結合ユニット1バルブの各水回路切替バルブの作動確認結果を表2.3.4に示す。制御システムのモニター画面で、各バルブとも、指示どおりに作動することが確認された。

表2.3.4 バルブ作動確認結果

バルブ名	評 価
BV-1(連続採水ユニット内)	正 常
BV-P1(連続採水ユニット内)	正 常
BV-P2(連続採水ユニット内)	正 常
BV-2(結合ユニット内)	正 常

(5) 水回路開通確認結果

圧縮空気の導入による水回路の開通確認結果を表2.3.5に示す。すべての回路で詰りは認められなかった。

表2.3.5 水回路開通確認結果

回 路	評 価
採水区間→地上(連続採水ユニット)	正 常
採水区間→孔内(連続採水ユニット)	正 常
パッカー→地上(結合ユニット)	正 常
採水区間→地上(結合ユニット)	正 常

2.3.2 パッカー拡張・パッカー圧力モニタリング結果

平成10年8月27日14時20分から、ポンプスピードを5(90~100ml)に設定してパッカーの拡張を実施した。拡張開始から約2時間20分経過した16時40分、パッカ

一有効圧力が6.0kgf/cm²(孔内圧力29.0kgf/cm²、パッカー圧力35.0kgf/cm²)に達したので、拡張を停止した。なお、拡張開始直前の孔内水圧は、29.0kgf/cm²であった。拡張中の電流値は0.8～1.0Aと電氣的に特に異常は認められず、拡張に要した蒸留水の量は、12.4ℓ(86ml/ストローク×145ストローク=12.4ℓ)であった。パッカー設置区間の孔径は、過去の孔径検層では平均98.1mmで、パッカー拡張に必要な蒸留水の量をこの平均孔径から概算すると11.8ℓとなる。以上からは、パッカーは正常に機能し、漏水はないと考えられる。

その後、17時20分、18時20分、翌28日13時10分の計3回、再拡張を実施した。再拡張前後の圧力を表2.3.6に示す。

表2.3.6 パッカー再拡張前後の圧力

	孔内圧力 (kgf/cm ²)	パッカー圧力 (kgf/cm ²)	パッカー有効圧力 (kgf/cm ²)
再拡張1回目直前	29.0	34.1	5.1
再拡張1回目直後	29.0	35.1	6.1
再拡張2回目直前	29.0	34.5	5.5
再拡張2回目直後	29.0	35.1	6.1
再拡張3回目直前	29.1	34.5	5.4
再拡張3回目直後	29.1	35.1	6.0

平成10年8月27日14時20分から翌28日14時30分までのパッカー圧力モニタリングと並行して、27日17時30分から連続採水の確認試験、18時10分からバッチ式採水の確認試験を行った。連続採水の確認試験では、採水区間の地下水を地上ではなく孔内に排水し、孔内の圧力減少と電流値を確認した。また、バッチ式採水の確認試験では、採水容器内の圧力を10.7kgf/cm²にして行い、孔内の圧力減少を確認した。表2.3.7に示すように、各採水確認試験における孔内の圧力減少は小さく、深度323.80～330.80mでの採水は可能であると判断した。

表2.3.7 連続採水・バッチ式採水確認試験結果

		孔内圧力減少 (kgf/cm ²)	備 考
連続採水	ポンプスピード2	0.0	35ml/min、電流値0.7A
	ポンプスピード4	0.0	60ml/min、電流値0.9A
	ポンプスピード5	0.0	80ml/min、電流値1.1A
	ポンプスピード6	0.0	90ml/min、電流値1.2A
	ポンプスピード7	0.1	115ml/min、電流値1.5A
バッチ式採水		0.2	採水圧力10.7→29.0kgf/cm ²

パッカー圧力モニタリング結果として、約5秒毎に記録された孔内・パッカー・パッカー有効圧力の各データを約5分間隔で抜粋し、表2.3.8に示す。なお、28日の9時44分から13時4分までは、地球化学検層ユニットの連結・通信試験を実施するため、パッカーシステムと孔内ユニットの結合を解除した。そのため、その間の記録データは割愛した。

図2.3.1には、表2.3.8の孔内・パッカー・パッカー有効圧力をパッカー拡張開始からの経過時間に対してプロットした。

孔内圧力は、採水確認試験の影響と考えられる圧力低下(拡張開始後3～4時間)を除き、パッカーシステムと孔内ユニットの切り離し(拡張開始後約19時間半)まで、約29.0kgf/cm²で安定していた。パッカーシステムと孔内ユニットの再結合(拡張開始後22時間半)後は、約29.1kgf/cm²で、0.1kgf/cm²程度の圧力上昇が認められた。

パッカー圧力・パッカー有効圧力の記録では、パッカーの拡張とその後3回にわたる再拡張による圧力上昇と拡張停止後のなだらかな圧力減衰が明瞭に表れた。モニタリング中の圧力挙動からパッカーシステムは正常に作動し、採水区間はパッカーにより遮水されていると判断した。なお、モニタリング終了時のパッカー有効圧力は5.8kgf/cm²であった。

表2.3.8(1) パッカー圧力モニタリング結果(1/3)

データ収録 日時	孔内圧力 (kgf/cm ²)	パッカー圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)	データ収録 日時	孔内圧力 (kgf/cm ²)	パッカー圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)
1998/08/27 14:19:09	29.02	29.04	0.02	1998/08/27 18:29:08	28.98	34.86	5.88
1998/08/27 14:24:09	28.97	29.89	0.92	1998/08/27 18:34:08	28.99	34.84	5.85
1998/08/27 14:29:08	28.97	30.15	1.18	1998/08/27 18:39:07	28.99	34.82	5.82
1998/08/27 14:34:09	28.97	30.35	1.38	1998/08/27 18:44:07	29.00	34.80	5.81
1998/08/27 14:39:09	28.98	30.54	1.56	1998/08/27 18:49:07	29.00	34.79	5.78
1998/08/27 14:44:09	28.98	30.68	1.70	1998/08/27 18:54:07	29.00	34.77	5.77
1998/08/27 14:49:09	28.98	30.78	1.81	1998/08/27 18:59:06	29.00	34.77	5.77
1998/08/27 14:54:09	28.98	30.86	1.88	1998/08/27 19:04:06	29.00	34.74	5.74
1998/08/27 14:59:05	28.98	30.91	1.93	1998/08/27 19:09:06	29.00	34.75	5.75
1998/08/27 15:04:04	28.98	30.96	1.98	1998/08/27 19:14:05	29.00	34.74	5.73
1998/08/27 15:09:09	28.98	31.00	2.03	1998/08/27 19:19:05	29.00	34.73	5.72
1998/08/27 15:14:09	28.98	31.05	2.06	1998/08/27 19:24:05	29.00	34.72	5.72
1998/08/27 15:19:09	28.98	31.07	2.09	1998/08/27 19:29:05	29.00	34.72	5.72
1998/08/27 15:24:07	28.98	31.10	2.12	1998/08/27 19:34:06	29.01	34.70	5.70
1998/08/27 15:29:07	28.97	31.14	2.16	1998/08/27 19:39:05	29.01	34.70	5.69
1998/08/27 15:34:07	28.97	31.16	2.19	1998/08/27 19:44:05	29.01	34.68	5.68
1998/08/27 15:39:07	28.98	31.20	2.22	1998/08/27 19:49:05	29.01	34.68	5.68
1998/08/27 15:44:06	28.98	31.23	2.25	1998/08/27 19:54:04	29.01	34.68	5.67
1998/08/27 15:49:06	28.98	31.26	2.28	1998/08/27 19:59:09	29.01	34.68	5.67
1998/08/27 15:54:06	28.97	31.25	2.28	1998/08/27 20:04:09	29.01	34.67	5.66
1998/08/27 15:59:06	28.98	31.28	2.30	1998/08/27 20:09:09	29.01	34.66	5.65
1998/08/27 16:04:05	28.98	31.32	2.35	1998/08/27 20:14:08	29.01	34.66	5.65
1998/08/27 16:09:05	28.97	31.39	2.42	1998/08/27 20:19:08	29.01	34.65	5.65
1998/08/27 16:14:05	28.97	31.46	2.48	1998/08/27 20:24:08	29.01	34.65	5.64
1998/08/27 16:19:04	28.97	31.59	2.62	1998/08/27 20:29:07	29.01	34.64	5.63
1998/08/27 16:24:09	28.97	32.12	3.14	1998/08/27 20:34:07	29.01	34.63	5.63
1998/08/27 16:29:09	28.97	32.90	3.93	1998/08/27 20:39:07	29.01	34.63	5.62
1998/08/27 16:34:09	28.98	33.62	4.64	1998/08/27 20:44:07	29.01	34.63	5.62
1998/08/27 16:39:05	28.97	34.52	5.55	1998/08/27 20:49:06	29.01	34.62	5.61
1998/08/27 16:44:09	28.98	34.30	5.32	1998/08/27 20:54:06	29.01	34.62	5.61
1998/08/27 16:49:09	28.98	34.21	5.23	1998/08/27 20:59:06	29.01	34.62	5.61
1998/08/27 16:54:09	28.98	34.15	5.17	1998/08/27 21:04:05	29.01	34.62	5.61
1998/08/27 16:59:09	28.99	34.12	5.13	1998/08/27 21:09:05	29.01	34.62	5.61
1998/08/27 17:04:08	28.99	34.09	5.10	1998/08/27 21:14:05	29.01	34.61	5.61
1998/08/27 17:09:08	28.99	34.07	5.08	1998/08/27 21:19:04	29.00	34.60	5.60
1998/08/27 17:14:08	28.99	34.04	5.05	1998/08/27 21:24:09	29.01	34.60	5.59
1998/08/27 17:19:07	29.00	34.03	5.03	1998/08/27 21:29:05	29.01	34.60	5.59
1998/08/27 17:24:07	28.99	34.78	5.79	1998/08/27 21:34:05	29.01	34.59	5.58
1998/08/27 17:29:06	29.00	34.71	5.71	1998/08/27 21:39:05	29.01	34.59	5.58
1998/08/27 17:34:07	28.98	34.67	5.68	1998/08/27 21:44:04	29.01	34.59	5.58
1998/08/27 17:39:06	28.97	34.63	5.66	1998/08/27 21:49:09	29.01	34.58	5.57
1998/08/27 17:44:07	28.97	34.59	5.63	1998/08/27 21:54:09	29.01	34.58	5.57
1998/08/27 17:49:08	28.97	34.57	5.61	1998/08/27 21:59:09	29.01	34.58	5.57
1998/08/27 17:54:08	28.90	34.55	5.66	1998/08/27 22:04:08	29.01	34.57	5.56
1998/08/27 17:59:05	28.97	34.53	5.56	1998/08/27 22:09:08	29.02	34.58	5.56
1998/08/27 18:04:06	28.95	34.52	5.57	1998/08/27 22:14:08	29.01	34.57	5.56
1998/08/27 18:09:06	28.97	34.51	5.54	1998/08/27 22:19:07	29.01	34.57	5.56
1998/08/27 18:14:07	28.97	34.49	5.53	1998/08/27 22:24:07	29.01	34.57	5.56
1998/08/27 18:19:09	28.97	34.62	5.65	1998/08/27 22:29:07	29.01	34.57	5.56
1998/08/27 18:24:08	28.98	34.90	5.91	1998/08/27 22:34:06	29.00	34.56	5.55

表2.3.8(2) パッカー圧力モニタリング結果(2/3)

データ収録 日時	孔内圧力 (kgf/cm ²)	パッカー圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)	データ収録 日時	孔内圧力 (kgf/cm ²)	パッカー圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)
1998/08/27 22:39:06	29.01	34.56	5.55	1998/08/28 02:49:06	29.01	34.48	5.47
1998/08/27 22:44:08	29.01	34.56	5.55	1998/08/28 02:54:06	29.01	34.47	5.46
1998/08/27 22:49:08	29.02	34.56	5.54	1998/08/28 02:59:05	29.01	34.48	5.47
1998/08/27 22:54:07	29.01	34.55	5.54	1998/08/28 03:04:05	29.01	34.48	5.47
1998/08/27 22:59:07	29.01	34.55	5.54	1998/08/28 03:09:05	29.01	34.47	5.47
1998/08/27 23:04:07	29.01	34.55	5.54	1998/08/28 03:14:04	29.01	34.47	5.47
1998/08/27 23:09:06	29.01	34.54	5.54	1998/08/28 03:19:09	29.00	34.48	5.48
1998/08/27 23:14:06	29.01	34.54	5.53	1998/08/28 03:24:09	29.00	34.47	5.47
1998/08/27 23:19:06	29.01	34.54	5.54	1998/08/28 03:29:09	29.01	34.47	5.46
1998/08/27 23:24:06	29.01	34.54	5.53	1998/08/28 03:34:08	29.01	34.47	5.47
1998/08/27 23:29:05	29.00	34.54	5.54	1998/08/28 03:39:08	29.01	34.47	5.46
1998/08/27 23:34:05	29.01	34.54	5.53	1998/08/28 03:44:08	29.01	34.47	5.46
1998/08/27 23:39:05	29.00	34.53	5.53	1998/08/28 03:49:08	29.01	34.47	5.46
1998/08/27 23:44:07	29.01	34.53	5.53	1998/08/28 03:54:07	29.01	34.46	5.46
1998/08/27 23:49:07	29.00	34.53	5.53	1998/08/28 03:59:06	29.00	34.47	5.47
1998/08/27 23:54:06	29.01	34.53	5.52	1998/08/28 04:04:05	29.01	34.46	5.46
1998/08/27 23:59:05	29.01	34.53	5.52	1998/08/28 04:09:05	29.01	34.46	5.46
1998/08/28 00:04:05	29.01	34.52	5.52	1998/08/28 04:14:05	29.01	34.46	5.46
1998/08/28 00:09:09	29.01	34.52	5.52	1998/08/28 04:19:05	29.00	34.46	5.46
1998/08/28 00:14:09	29.00	34.52	5.53	1998/08/28 04:24:09	29.01	34.47	5.46
1998/08/28 00:19:09	29.01	34.52	5.51	1998/08/28 04:29:09	29.01	34.46	5.46
1998/08/28 00:24:09	29.00	34.51	5.51	1998/08/28 04:34:09	29.00	34.46	5.46
1998/08/28 00:29:08	29.01	34.52	5.51	1998/08/28 04:39:08	29.01	34.46	5.45
1998/08/28 00:34:08	29.01	34.52	5.51	1998/08/28 04:44:08	29.00	34.45	5.45
1998/08/28 00:39:08	29.00	34.52	5.51	1998/08/28 04:49:08	29.00	34.46	5.46
1998/08/28 00:44:07	29.01	34.51	5.50	1998/08/28 04:54:07	29.00	34.46	5.46
1998/08/28 00:49:07	29.00	34.51	5.50	1998/08/28 04:59:07	29.01	34.46	5.45
1998/08/28 00:54:07	29.01	34.51	5.50	1998/08/28 05:04:07	29.01	34.46	5.45
1998/08/28 00:59:06	29.01	34.51	5.50	1998/08/28 05:09:07	29.01	34.46	5.45
1998/08/28 01:04:06	29.01	34.51	5.50	1998/08/28 05:14:06	29.01	34.46	5.45
1998/08/28 01:09:05	29.00	34.51	5.51	1998/08/28 05:19:06	29.00	34.45	5.44
1998/08/28 01:14:05	29.00	34.50	5.50	1998/08/28 05:24:06	29.00	34.45	5.45
1998/08/28 01:19:05	29.01	34.50	5.50	1998/08/28 05:29:05	29.01	34.45	5.44
1998/08/28 01:24:05	29.01	34.50	5.50	1998/08/28 05:34:05	29.00	34.45	5.45
1998/08/28 01:29:05	29.01	34.50	5.49	1998/08/28 05:39:09	29.00	34.45	5.44
1998/08/28 01:34:05	29.01	34.50	5.49	1998/08/28 05:44:08	29.00	34.45	5.44
1998/08/28 01:39:04	29.00	34.50	5.50	1998/08/28 05:49:06	29.01	34.45	5.44
1998/08/28 01:44:09	29.00	34.50	5.50	1998/08/28 05:54:06	29.00	34.45	5.44
1998/08/28 01:49:09	29.00	34.50	5.50	1998/08/28 05:59:05	29.01	34.45	5.44
1998/08/28 01:54:09	29.00	34.49	5.49	1998/08/28 06:04:05	29.01	34.45	5.44
1998/08/28 01:59:08	29.01	34.49	5.49	1998/08/28 06:09:05	29.01	34.45	5.44
1998/08/28 02:04:08	29.00	34.49	5.49	1998/08/28 06:14:04	29.01	34.45	5.44
1998/08/28 02:09:08	29.01	34.49	5.48	1998/08/28 06:19:09	29.01	34.45	5.44
1998/08/28 02:14:07	29.01	34.49	5.48	1998/08/28 06:24:09	29.01	34.45	5.44
1998/08/28 02:19:06	29.01	34.49	5.48	1998/08/28 06:29:09	29.01	34.45	5.44
1998/08/28 02:24:08	29.01	34.49	5.48	1998/08/28 06:34:09	29.01	34.44	5.43
1998/08/28 02:29:08	29.01	34.48	5.48	1998/08/28 06:39:08	29.01	34.44	5.44
1998/08/28 02:34:07	29.01	34.49	5.48	1998/08/28 06:44:08	29.01	34.44	5.44
1998/08/28 02:39:07	29.00	34.48	5.48	1998/08/28 06:49:09	29.01	34.44	5.44
1998/08/28 02:44:07	29.00	34.48	5.48	1998/08/28 06:54:06	29.00	34.44	5.44

表2.3.8(3) パッカー圧力モニタリング結果(3/3)

データ収録 日時	孔内圧力 (kgf/cm ²)	パッカー圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)	データ収録 日時	孔内圧力 (kgf/cm ²)	パッカー圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)
1998/08/28 06:59:06	29.01	34.44	5.43	1998/08/28 09:14:07	29.01	34.42	5.41
1998/08/28 07:04:05	29.01	34.44	5.43	1998/08/28 09:19:07	29.01	34.42	5.41
1998/08/28 07:09:05	29.01	34.44	5.43	1998/08/28 09:24:06	29.01	34.42	5.41
1998/08/28 07:14:05	29.01	34.43	5.43	1998/08/28 09:29:06	29.01	34.42	5.42
1998/08/28 07:19:04	29.01	34.43	5.43	1998/08/28 09:34:06	29.01	34.42	5.41
1998/08/28 07:24:09	29.01	34.44	5.43	1998/08/28 09:39:06	29.01	34.42	5.41
1998/08/28 07:29:09	29.01	34.43	5.43	1998/08/28 09:44:06	28.99	34.42	5.43
1998/08/28 07:34:09	29.00	34.44	5.44	1998/08/28 13:04:06	29.13	34.50	5.37
1998/08/28 07:39:08	29.01	34.43	5.43	1998/08/28 13:09:08	29.13	35.12	5.99
1998/08/28 07:44:08	29.01	34.43	5.42	1998/08/28 13:14:05	29.13	35.03	5.90
1998/08/28 07:49:08	29.01	34.43	5.43	1998/08/28 13:19:07	29.13	35.01	5.88
1998/08/28 07:54:04	29.01	34.43	5.42	1998/08/28 13:24:06	29.13	35.00	5.86
1998/08/28 07:59:04	29.01	34.43	5.42	1998/08/28 13:29:08	29.14	35.11	5.98
1998/08/28 08:04:05	29.01	34.43	5.42	1998/08/28 13:34:05	29.13	35.11	5.98
1998/08/28 08:09:05	29.01	34.43	5.42	1998/08/28 13:39:07	29.14	35.06	5.92
1998/08/28 08:14:09	29.01	34.43	5.42	1998/08/28 13:44:09	29.14	35.03	5.88
1998/08/28 08:19:09	29.01	34.43	5.42	1998/08/28 13:49:06	29.14	35.00	5.86
1998/08/28 08:24:09	29.01	34.43	5.42	1998/08/28 13:54:08	29.14	34.99	5.84
1998/08/28 08:29:05	29.01	34.43	5.42	1998/08/28 13:59:05	29.14	34.99	5.84
1998/08/28 08:34:04	29.01	34.43	5.42	1998/08/28 14:04:08	29.14	34.98	5.84
1998/08/28 08:39:09	29.01	34.42	5.41	1998/08/28 14:09:05	29.15	34.98	5.83
1998/08/28 08:44:09	29.01	34.42	5.41	1998/08/28 14:14:07	29.14	34.97	5.82
1998/08/28 08:49:09	29.01	34.43	5.42	1998/08/28 14:19:09	29.14	34.97	5.82
1998/08/28 08:54:08	29.01	34.42	5.41	1998/08/28 14:24:07	29.14	34.97	5.82
1998/08/28 08:59:07	29.01	34.43	5.42	1998/08/28 14:29:08	29.13	34.97	5.84
1998/08/28 09:04:07	29.01	34.42	5.42	1998/08/28 14:31:23	29.13	34.97	5.83
1998/08/28 09:09:07	29.01	34.42	5.41				

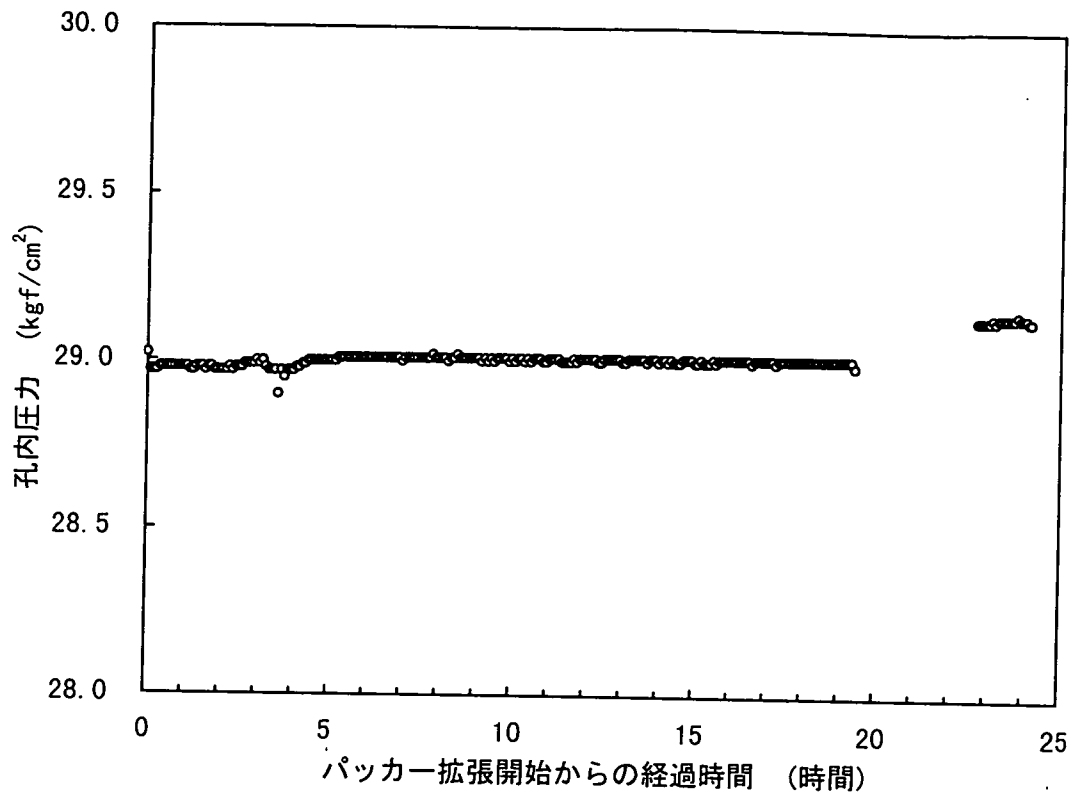


図2.3.1(1) パッカー圧力モニタリング結果(孔内圧力)

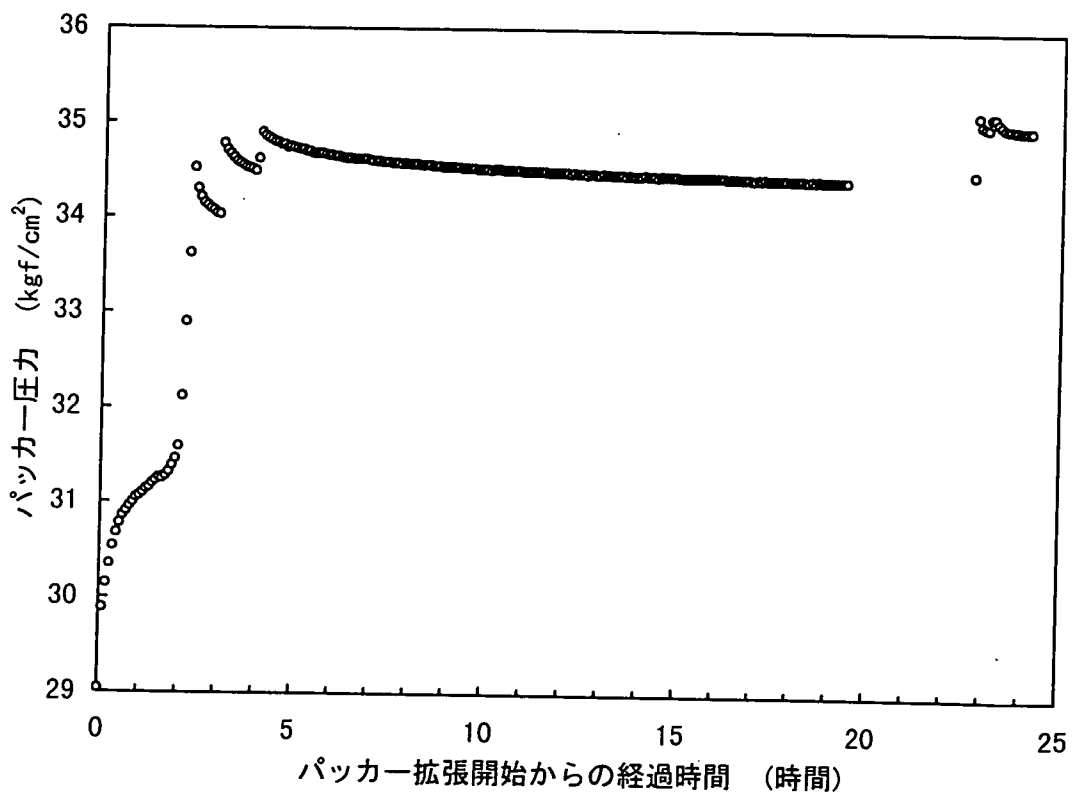


図2.3.1(2) パッカー圧力モニタリング結果(パッカー圧力)

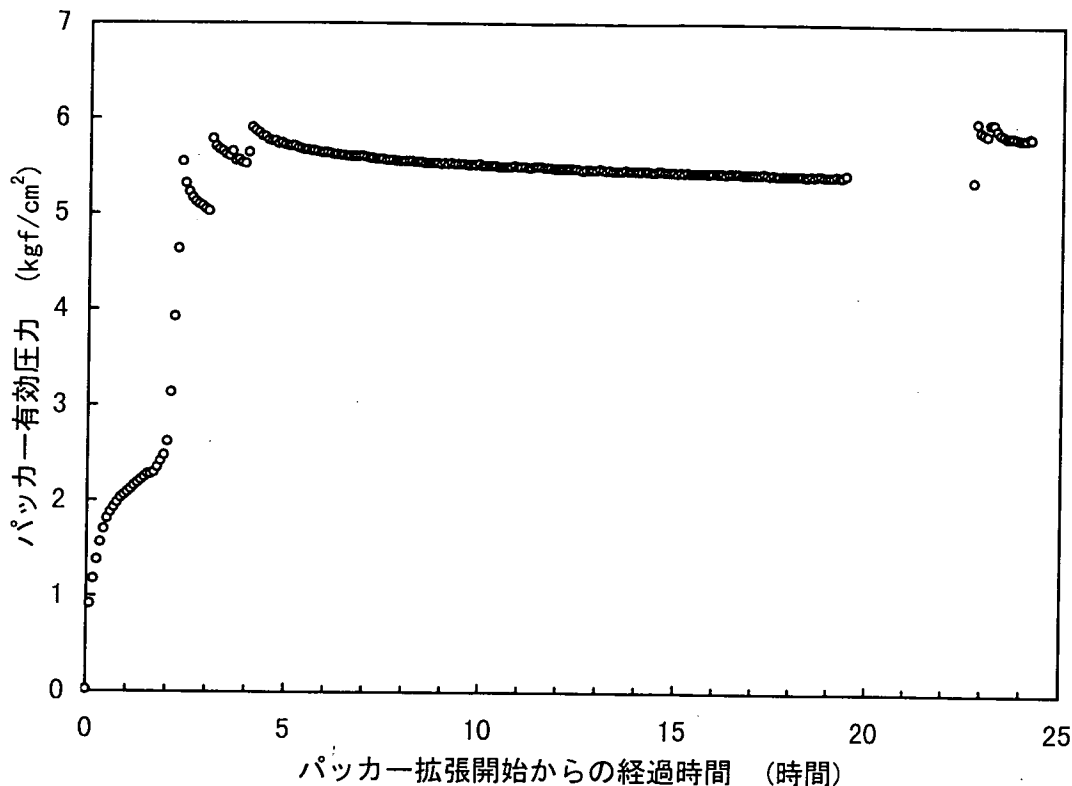


図2.3.1(3) パッカー圧力モニタリング結果(パッカー有効圧力)

2.3.3 連続地上採水結果

平成10年8月28日14時30分から9月3日10時40分までの約140時間、連続地上採水を実施した。ただし、8月29日10時30分から14時30分の約4時間は、地球化学検層ユニットのセンサーのチェックのために採水を中断した。

ポンプスピードは、開始時は5(計算値75~80ml/min、実測値83ml/min)に設定し、8月31日13時15分に7(計算値120~125ml/min、実測値127ml/min)に変更した。全採水量は、計算値で約810ℓ、重量測定では約850ℓに達した。

連続地上採水中に約5秒毎に記録された各種データを約20分間隔で抜粋し、連続地上採水結果として、表2.3.9に示す。なお、上述の8月29日10時30分から14時30分の採水中断中のデータは割愛した。

図2.3.2には、表2.3.9に示したデータのうち、孔内・パッカー・パッカー有効圧力を、採水開始からの経過時間ならびに連続採水量に対してプロットした。

孔内圧力は、採水開始から採水中断(開始後約20時間)までは約29.1kgf/cm²で、採水再開(開始後約24時間)後は約29.0kgf/cm²と0.1kgf/cm²程度低下した。また、採水速度を変更(開始後約70時間)後は、変更前に比べ、圧力変動が大きくなった。

連続地上採水開始直後、約35.0kgf/cm²であったパッカー圧力は、全体として低下傾向にあったが、連続地上採水終了時点では、約34.6kgf/cm²でほぼ安定し、パッカー有効圧力は、常に5kgf/cm²以上を確保できた。

表2.3.9(1) 連続地上採水結果(1/14)

データ収録 日時	孔内 圧力 (kgf/cm ²)	ハッカ- 圧力 (kgf/cm ²)	ハッカ- 有効圧力 (kgf/cm ²)	排水総量 (ℓ)	モーター 温度 (°C)	孔内 温度 (°C)	ユニット内温度			12V系ユニット電源電圧		24V系ユニット電源電圧		
							連続採水 (°C)	採水 (°C)	結合 (°C)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)	連続採水 (V)	採水 (V)
1998/08/28 14:31:29	29.11	34.97	5.86	2.06	20.38	19.63	27.03	25.86	25.46	11.44	11.11	21.17	20.88	21.06
1998/08/28 14:51:28	29.07	34.94	5.87	3.41	24.10	19.73	24.29	23.31	22.34	11.35	11.22	23.14	22.87	23.20
1998/08/28 15:11:29	29.06	34.90	5.84	4.96	24.68	19.75	24.68	23.31	22.34	11.39	11.01	23.14	22.87	23.17
1998/08/28 15:31:27	29.06	34.88	5.82	6.52	25.07	19.77	24.68	23.31	22.34	11.52	11.16	23.17	22.90	23.28
1998/08/28 15:51:28	29.06	34.86	5.81	8.09	25.46	19.77	24.88	23.51	22.34	11.52	11.10	23.11	22.90	23.25
1998/08/28 16:11:27	29.06	34.84	5.79	9.68	27.22	19.77	24.68	23.31	22.34	11.76	11.16	23.31	23.05	23.25
1998/08/28 16:31:25	29.05	34.84	5.79	11.26	27.81	19.77	25.07	23.31	22.34	11.54	11.25	23.20	22.99	23.34
1998/08/28 16:51:27	29.10	34.84	5.74	12.81	27.42	19.77	23.90	23.31	22.34	11.71	11.13	24.75	24.43	24.63
1998/08/28 17:11:29	29.06	34.97	5.91	14.34	24.68	19.77	24.68	23.31	22.34	11.64	11.07	23.31	23.05	23.25
1998/08/28 17:31:27	29.06	34.96	5.90	15.87	26.44	19.77	24.68	23.31	22.34	11.35	11.01	24.63	22.84	23.28
1998/08/28 17:51:26	29.06	34.96	5.90	17.42	25.66	19.77	24.88	23.51	22.34	11.51	11.23	23.23	22.99	23.28
1998/08/28 18:11:28	29.06	34.95	5.89	18.96	26.05	19.78	24.68	23.31	22.34	11.35	11.10	23.17	23.02	23.28
1998/08/28 18:31:26	29.07	34.91	5.85	20.49	23.90	19.80	24.88	23.31	22.34	11.38	11.08	23.25	22.96	23.20
1998/08/28 18:51:25	29.07	34.88	5.81	22.00	25.07	19.80	24.88	23.31	22.14	11.74	11.26	23.31	23.08	23.25
1998/08/28 19:11:27	29.11	34.87	5.77	23.52	25.27	19.79	25.07	23.31	22.34	11.54	11.30	24.40	24.13	24.49
1998/08/28 19:31:25	29.11	34.85	5.74	25.03	25.27	19.80	24.88	23.31	22.34	11.42	11.10	24.72	24.37	24.60
1998/08/28 19:51:28	29.07	34.84	5.77	26.54	26.05	19.79	25.07	23.51	22.53	11.58	11.29	23.08	22.96	23.34
1998/08/28 20:11:26	29.07	34.83	5.76	28.04	25.07	19.79	24.10	23.31	22.34	11.50	11.28	23.23	23.02	23.34
1998/08/28 20:31:25	29.07	34.82	5.75	29.55	25.46	19.79	23.70	23.31	22.34	11.38	11.08	23.28	23.02	23.28
1998/08/28 20:51:29	29.06	34.80	5.74	31.09	26.44	19.79	25.07	23.51	22.34	11.41	11.11	23.31	23.02	23.23
1998/08/28 21:11:27	29.07	34.80	5.74	32.61	27.42	19.78	25.07	23.51	22.34	11.42	11.25	23.25	23.02	23.25
1998/08/28 21:31:27	29.10	34.79	5.70	34.14	27.81	19.78	24.68	23.31	22.53	11.50	11.28	24.40	24.05	24.43
1998/08/28 21:51:27	29.06	34.79	5.74	35.67	28.01	19.78	24.88	23.51	22.34	11.57	11.45	23.28	23.11	23.37
1998/08/28 22:11:26	29.11	34.79	5.69	37.20	28.01	19.78	24.88	23.31	22.53	11.50	11.25	24.40	24.05	24.43
1998/08/28 22:31:29	29.06	34.79	5.74	38.72	28.01	19.78	25.07	23.51	22.34	11.35	11.14	23.34	23.05	23.28
1998/08/28 22:51:27	29.10	34.79	5.69	40.25	27.81	19.78	25.27	23.51	22.14	11.44	11.19	24.37	24.19	24.43
1998/08/28 23:11:29	29.06	34.79	5.73	41.77	28.01	19.78	25.07	23.31	22.34	11.44	11.25	23.25	23.02	23.43
1998/08/28 23:31:27	29.06	34.78	5.72	43.29	27.81	19.78	24.49	23.51	22.34	11.54	11.11	23.25	23.17	23.31
1998/08/28 23:51:25	29.10	34.78	5.67	44.81	28.40	19.77	25.07	23.31	22.53	11.39	11.04	24.72	24.37	24.60
1998/08/29 00:11:28	29.05	34.78	5.72	46.34	28.01	19.77	25.27	23.31	22.34	11.57	11.26	23.34	23.05	23.43
1998/08/29 00:31:26	29.10	34.78	5.67	47.86	28.01	19.77	25.07	23.31	22.34	11.32	11.11	23.34	24.11	24.34

表2.3.3.9(2) 連続地上採水結果(2/14)

データ収録 日時	孔内 圧力 (kgf/cm ²)		パッカー 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)	排水総量 (ℓ)	モーター 温度 (°C)	孔内 温度 (°C)		ユニット内温度			12V系ユニット電源電圧		24V系ユニット電源電圧	
	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)					連続採水 (°C)	採水 (°C)	結合 (°C)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)
1998/08/29 00:51:25	29.06	34.77	5.71	49.37	28.01	19.78	25.46	23.31	22.34	11.70	11.55	11.04	23.31	23.11	23.34
1998/08/29 01:11:28	29.06	34.76	5.71	50.90	28.20	19.78	25.27	23.31	22.34	11.74	11.20	11.04	23.43	23.11	23.31
1998/08/29 01:31:26	29.05	34.77	5.72	52.41	27.81	19.77	25.07	23.51	22.34	11.36	11.11	10.88	23.37	23.11	23.34
1998/08/29 01:51:24	29.10	34.76	5.66	53.92	28.01	19.78	25.27	23.31	22.34	11.76	11.38	11.06	24.55	24.49	24.69
1998/08/29 02:11:28	29.06	34.76	5.70	55.45	26.44	19.78	25.27	23.31	22.34	11.69	11.58	11.11	23.28	23.08	23.43
1998/08/29 02:31:26	29.06	34.96	5.90	56.93	24.29	19.83	24.68	23.31	22.34	11.44	11.20	11.29	23.28	23.05	23.43
1998/08/29 02:51:28	29.07	34.90	5.83	58.40	24.88	19.83	24.88	23.51	22.53	11.38	11.06	11.10	23.34	23.02	23.31
1998/08/29 03:11:27	29.06	34.86	5.80	59.89	23.51	19.82	24.88	23.31	22.53	11.52	11.36	11.23	23.25	23.02	23.37
1998/08/29 03:31:25	29.07	34.84	5.77	61.38	25.07	19.81	25.07	23.51	22.34	11.54	11.39	11.39	23.25	23.02	23.37
1998/08/29 03:51:28	29.07	34.82	5.75	62.87	25.27	19.81	25.07	23.51	22.34	11.63	11.54	11.04	23.25	23.08	23.40
1998/08/29 04:11:27	29.10	34.81	5.71	64.37	25.66	19.80	24.88	23.51	22.53	11.44	11.28	11.26	24.34	24.34	24.63
1998/08/29 04:31:25	29.10	34.80	5.70	65.88	25.66	19.80	24.88	23.51	22.34	11.58	11.52	11.03	24.43	24.19	24.52
1998/08/29 04:51:27	29.11	34.79	5.68	67.38	26.25	19.80	25.27	23.31	22.53	11.52	11.20	11.19	24.78	24.28	24.60
1998/08/29 05:11:25	29.06	34.78	5.72	68.89	26.44	19.80	25.27	23.31	22.34	11.51	11.32	11.23	23.31	23.02	23.31
1998/08/29 05:31:26	29.06	34.77	5.71	70.42	25.86	19.80	25.07	23.51	22.53	11.54	11.25	11.25	23.37	23.14	23.31
1998/08/29 05:51:29	29.11	34.77	5.66	71.94	26.83	19.80	25.07	23.31	22.53	11.66	11.25	11.30	24.63	24.31	23.28
1998/08/29 06:11:28	29.06	34.77	5.71	73.47	27.03	19.80	25.27	23.51	22.53	11.45	11.42	11.10	23.34	23.08	23.40
1998/08/29 06:31:28	29.12	34.76	5.65	74.99	27.61	19.80	25.07	23.51	22.53	11.50	11.50	11.03	24.46	24.19	24.49
1998/08/29 06:51:27	29.06	34.76	5.71	76.52	27.61	19.80	25.07	23.51	22.53	11.48	11.16	11.13	23.43	23.14	23.31
1998/08/29 07:11:29	29.10	34.77	5.66	78.05	27.61	19.80	25.27	23.31	22.34	11.52	11.32	11.04	24.63	24.37	24.75
1998/08/29 07:31:27	29.06	34.76	5.70	79.57	28.01	19.79	25.07	23.51	22.53	11.35	11.28	11.13	23.28	23.05	23.37
1998/08/29 07:51:26	29.06	34.75	5.69	81.10	26.44	19.79	25.07	23.51	22.34	11.36	11.08	11.10	23.28	23.05	23.34
1998/08/29 08:11:29	29.06	34.75	5.69	82.64	27.61	19.79	25.27	23.31	22.53	11.44	11.13	11.03	23.40	23.05	23.28
1998/08/29 08:31:28	29.06	34.74	5.69	84.16	27.81	19.79	25.27	23.51	22.53	11.52	11.26	10.98	23.40	23.17	23.40
1998/08/29 08:51:25	29.06	34.75	5.69	85.69	28.01	19.79	25.07	23.51	22.34	11.30	11.22	11.06	23.23	23.02	23.31
1998/08/29 09:11:28	29.07	34.75	5.68	87.21	28.20	19.79	23.90	23.31	22.34	11.28	11.04	11.00	23.28	23.11	23.28
1998/08/29 09:31:26	29.06	34.75	5.69	88.74	27.81	19.78	25.27	23.51	22.53	11.30	11.06	10.94	23.34	23.02	23.28
1998/08/29 09:51:28	29.11	34.74	5.64	90.26	27.81	19.78	25.07	23.70	22.53	11.36	10.98	10.84	24.37	24.13	24.49
1998/08/29 10:11:27	29.06	34.74	5.68	91.77	28.20	19.78	25.07	23.51	22.34	11.76	11.45	10.91	23.25	23.05	23.34
1998/08/29 10:29:21	29.08	34.74	5.66	93.14	28.01	19.79	25.07	23.51	22.34	11.33	11.03	10.97	23.28	24.08	24.34
1998/08/29 14:51:25	28.94	34.64	5.70	94.18	26.64	19.40	24.10	23.31	22.53	11.30	11.23	10.98	23.23	22.96	23.31

表2.3.9(3) 連続地上採水結果(3/14)

データ収録 日時	孔内 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)	排水総量 (ℓ)	モーター 温度 (°C)	孔内 温度 (°C)	ユニット内温度			12V系ユニット電源電圧			24V系ユニット電源電圧		
							連続採水 (°C)	採水 (°C)	結合 (°C)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)
1998/08/29 15:11:29	28.94	34.63	5.69	95.69	25.86	19.47	24.68	23.12	22.14	11.50	11.11	11.07	23.17	22.90	23.20
1998/08/29 15:31:27	28.94	34.63	5.69	97.20	27.81	19.51	24.68	23.12	22.14	11.67	11.30	10.91	23.20	23.02	23.31
1998/08/29 15:51:25	28.95	34.63	5.68	98.73	27.42	19.53	24.68	23.12	22.14	11.54	11.29	10.94	23.31	23.11	23.34
1998/08/29 16:11:27	28.94	34.63	5.69	100.24	27.81	19.54	25.07	23.12	22.34	11.39	11.10	10.92	23.25	22.99	23.23
1998/08/29 16:31:29	28.94	34.62	5.68	101.76	27.81	19.54	25.27	22.92	22.34	11.60	11.35	11.16	23.17	22.99	23.37
1998/08/29 16:51:27	28.98	34.62	5.63	103.29	27.61	19.55	25.07	23.31	22.14	11.71	11.48	11.04	24.43	24.13	24.49
1998/08/29 17:11:25	28.94	34.62	5.68	104.80	27.61	19.55	25.27	23.31	22.34	11.63	11.25	11.22	23.23	22.93	23.25
1998/08/29 17:31:29	28.95	34.62	5.67	106.33	27.81	19.56	24.29	23.31	21.95	11.45	11.30	11.25	23.08	22.93	23.25
1998/08/29 17:51:27	28.95	34.62	5.67	107.84	28.01	19.55	25.27	23.31	22.53	11.64	11.47	11.08	24.69	23.08	23.31
1998/08/29 18:11:25	28.94	34.61	5.67	109.37	27.61	19.56	25.07	23.31	22.34	11.48	11.14	11.17	23.31	23.02	23.23
1998/08/29 18:31:24	28.98	34.61	5.63	110.90	27.81	19.57	25.27	23.31	22.14	11.60	11.50	11.10	24.40	24.08	24.46
1998/08/29 18:51:28	28.94	34.62	5.68	112.43	28.01	19.56	25.27	23.31	22.34	11.61	11.41	11.32	23.20	22.96	23.37
1998/08/29 19:11:26	28.99	34.62	5.63	113.95	27.42	19.56	25.27	23.31	22.34	11.45	11.48	11.03	24.75	24.40	24.72
1998/08/29 19:31:29	28.94	34.62	5.68	115.48	27.42	19.56	25.07	23.31	22.34	11.63	11.33	11.04	23.23	23.02	23.40
1998/08/29 19:51:27	28.95	34.63	5.67	116.99	26.05	19.56	25.07	23.31	22.34	11.52	11.22	11.08	23.28	23.02	23.20
1998/08/29 20:11:25	28.95	34.63	5.68	118.49	25.46	19.56	25.07	23.31	22.34	11.63	11.42	11.11	23.23	23.05	23.37
1998/08/29 20:31:25	28.95	34.63	5.67	120.00	26.25	19.56	25.46	23.31	21.95	11.41	11.35	10.88	23.25	23.08	23.37
1998/08/29 20:51:29	28.95	34.62	5.67	121.52	25.46	19.57	25.07	23.31	22.53	11.25	11.13	11.06	23.31	22.99	23.31
1998/08/29 21:11:27	28.99	34.62	5.63	123.02	24.68	19.57	25.07	23.31	22.53	11.38	11.01	10.97	24.72	24.25	24.60
1998/08/29 21:31:26	28.95	34.62	5.67	124.55	27.61	19.57	25.07	23.31	22.53	11.50	11.14	10.84	23.25	23.05	23.34
1998/08/29 21:51:25	28.99	34.62	5.62	126.08	27.81	19.58	23.70	23.31	22.34	11.54	11.00	10.86	24.75	24.46	24.66
1998/08/29 22:11:28	28.94	34.62	5.67	127.62	27.81	19.57	25.46	23.31	22.14	11.38	11.23	11.20	23.25	22.99	23.43
1998/08/29 22:31:29	28.94	34.61	5.67	129.14	27.81	19.57	25.46	23.31	22.53	11.38	11.26	11.14	23.28	23.05	23.43
1998/08/29 22:51:24	28.95	34.61	5.66	130.66	27.81	19.57	25.46	23.31	22.34	11.48	11.04	10.86	23.28	23.08	23.25
1998/08/29 23:11:27	28.95	34.61	5.66	132.19	28.01	19.57	25.27	23.31	22.53	11.51	11.38	10.94	23.25	23.05	23.34
1998/08/29 23:31:26	28.99	34.61	5.62	133.73	27.81	19.57	25.07	23.31	22.34	11.36	11.00	11.00	24.40	24.11	24.37
1998/08/29 23:51:24	28.94	34.61	5.67	135.26	27.81	19.58	25.46	23.31	22.53	11.51	11.06	10.91	23.31	23.14	23.34
1998/08/30 00:11:28	28.94	34.61	5.66	136.79	28.20	19.57	25.27	22.92	22.53	11.48	11.36	10.97	23.25	23.08	23.43
1998/08/30 00:31:24	28.95	34.60	5.65	138.32	27.81	19.57	25.46	23.31	22.53	11.48	11.28	11.01	23.25	23.08	23.43
1998/08/30 00:51:28	28.95	34.61	5.66	139.86	28.01	19.57	25.46	23.31	22.34	11.38	11.01	11.01	23.28	23.02	23.28
1998/08/30 01:11:26	28.95	34.60	5.66	141.39	28.20	19.57	25.66	23.12	22.34	11.55	11.22	11.16	23.25	22.99	23.31

表2.3.9(4) 連続地上採水結果(4/14)

データ収録 日時	孔内 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)	排水総量 (ℓ)	モーター 温度 (°C)	孔内 温度 (°C)	ユニット内温度			12V系ユニット電源電圧			24V系ユニット電源電圧		
							連続採水 (°C)	採水 (°C)	結合 (°C)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)
1998/08/30 01:31:25	28.99	34.61	5.62	142.93	28.01	19.57	25.66	23.31	22.14	11.41	11.13	11.10	24.34	24.34	24.66
1998/08/30 01:51:29	28.98	34.60	5.62	144.48	28.20	19.57	24.88	23.31	22.34	11.48	11.28	10.98	24.46	24.13	24.49
1998/08/30 02:11:27	28.94	34.60	5.66	146.02	28.20	19.58	25.07	23.51	22.34	11.66	11.45	11.00	23.28	23.11	23.40
1998/08/30 02:31:26	28.94	34.60	5.66	147.56	27.81	19.58	25.46	23.51	22.53	11.41	11.26	11.19	23.25	23.05	23.37
1998/08/30 02:51:24	28.94	34.60	5.66	149.10	28.20	19.57	25.46	23.31	22.53	11.42	11.29	11.22	23.34	23.02	23.34
1998/08/30 03:11:28	28.94	34.60	5.66	150.65	28.01	19.57	25.46	23.31	22.53	11.51	11.30	11.35	23.28	23.05	23.40
1998/08/30 03:31:26	28.95	34.60	5.65	152.20	28.40	19.57	25.27	23.51	22.53	11.70	11.30	11.11	23.40	23.11	23.49
1998/08/30 03:51:24	28.94	34.60	5.66	153.74	28.01	19.57	25.27	23.51	22.53	11.47	11.13	11.13	23.34	23.05	23.31
1998/08/30 04:11:28	28.94	34.59	5.66	155.30	27.81	19.57	24.10	23.31	22.53	11.58	11.39	11.10	23.34	23.08	23.49
1998/08/30 04:31:25	28.94	34.59	5.66	156.84	28.01	19.57	25.27	23.31	22.53	11.48	11.20	11.25	23.34	23.02	23.34
1998/08/30 04:51:28	28.93	34.60	5.66	158.40	27.81	19.57	25.27	23.31	22.53	11.58	11.23	11.04	23.40	23.11	23.34
1998/08/30 05:11:26	28.93	34.59	5.66	159.95	28.20	19.58	25.27	23.31	22.53	11.80	11.47	11.08	23.37	23.20	23.40
1998/08/30 05:31:29	28.99	34.59	5.61	161.51	28.01	19.58	25.46	23.51	22.53	11.55	11.20	11.06	23.43	24.13	24.37
1998/08/30 05:51:27	28.98	34.59	5.61	163.06	28.20	19.58	25.46	23.51	22.34	11.74	11.16	11.00	24.78	24.46	24.63
1998/08/30 06:11:27	28.94	34.60	5.66	164.61	28.20	19.57	25.27	23.31	22.14	11.48	11.28	11.01	23.31	23.14	23.34
1998/08/30 06:31:25	28.94	34.59	5.65	166.17	28.01	19.58	25.46	23.51	22.53	11.58	11.33	11.35	23.28	23.05	23.37
1998/08/30 06:51:29	28.94	34.60	5.66	167.74	27.61	19.58	25.27	23.51	22.53	11.47	11.33	11.30	23.31	23.02	23.31
1998/08/30 07:11:29	28.94	34.59	5.65	169.29	27.81	19.57	25.46	23.31	22.53	11.67	11.41	11.26	23.34	23.02	23.46
1998/08/30 07:31:27	28.94	34.59	5.66	170.86	28.01	19.58	25.27	23.31	22.53	11.83	11.54	11.13	23.34	23.17	23.40
1998/08/30 07:51:25	28.93	34.59	5.66	172.42	26.44	19.58	25.27	23.31	22.34	11.51	11.25	11.28	23.28	22.99	23.34
1998/08/30 08:11:29	28.98	34.59	5.61	173.98	28.20	19.58	25.27	23.31	22.53	11.63	11.33	11.17	24.43	24.16	24.52
1998/08/30 08:31:28	28.94	34.59	5.65	175.52	28.40	19.58	25.46	23.51	22.53	11.48	11.25	11.23	23.37	23.02	23.28
1998/08/30 08:51:26	28.94	34.59	5.65	177.08	27.81	19.58	25.27	23.51	22.14	11.51	11.22	11.16	23.28	23.02	23.23
1998/08/30 09:11:25	28.95	34.59	5.64	178.64	27.81	19.58	25.27	23.31	22.34	11.51	11.25	11.26	23.25	22.99	23.31
1998/08/30 09:31:28	28.94	34.59	5.65	180.20	27.81	19.58	25.27	23.31	22.34	11.74	11.28	11.04	23.31	23.11	23.28
1998/08/30 09:51:27	28.94	34.59	5.65	181.75	28.01	19.58	25.27	23.31	22.53	11.51	11.16	11.00	23.34	23.05	23.25
1998/08/30 10:11:25	28.95	34.59	5.64	183.31	28.20	19.58	25.27	23.51	22.34	11.41	11.13	11.11	23.25	22.99	23.46
1998/08/30 10:31:29	28.94	34.60	5.66	184.86	26.44	19.58	25.27	23.51	22.53	11.51	11.16	11.04	23.34	23.05	23.23
1998/08/30 10:51:27	28.93	34.59	5.66	186.42	28.20	19.58	25.27	23.31	22.53	11.38	11.20	11.07	23.25	23.05	23.25
1998/08/30 11:11:25	28.94	34.59	5.65	187.97	27.61	19.58	25.27	23.51	22.34	11.47	11.19	11.17	23.17	22.93	23.28
1998/08/30 11:31:29	28.94	34.59	5.65	189.53	27.81	19.58	25.27	23.51	22.53	11.32	11.16	10.98	23.02	22.99	23.25

表2.3.9(5) 連続地上採水結果(5/14)

データ収録 日時	孔内 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)	排水総量 (ℓ)	モーター 温度 (°C)	孔内 温度 (°C)	ユニット内温度			12V系ユニット電源電圧		24V系ユニット電源電圧			
							連続採水 (°C)	採水 (°C)	結合 (°C)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)
1998/08/30 11:51:25	28.95	34.59	5.65	191.08	27.81	19.57	25.46	23.12	22.53	11.67	11.42	10.94	23.25	22.99	23.28
1998/08/30 12:11:29	28.94	34.59	5.65	192.63	26.25	19.58	25.46	23.31	22.34	11.58	11.14	11.16	23.14	22.90	23.25
1998/08/30 12:31:27	28.93	34.58	5.65	194.18	27.61	19.58	25.66	23.31	22.53	11.44	11.11	11.10	23.02	22.90	23.17
1998/08/30 12:51:25	28.94	34.59	5.65	195.72	28.40	19.57	25.27	23.51	22.34	11.66	11.20	11.28	23.20	22.93	23.28
1998/08/30 13:11:29	28.94	34.58	5.65	197.28	28.01	19.57	25.27	23.51	22.34	11.33	11.07	11.06	23.08	22.84	23.17
1998/08/30 13:31:27	28.94	34.59	5.65	198.82	27.61	19.58	25.66	23.31	22.53	11.36	11.29	10.91	23.23	23.02	23.25
1998/08/30 13:51:25	28.93	34.58	5.65	200.37	27.61	19.57	25.66	23.31	22.53	11.54	11.25	11.20	23.14	22.90	23.28
1998/08/30 14:11:29	28.94	34.59	5.65	201.93	28.01	19.58	25.46	23.51	22.53	11.48	11.39	10.94	23.25	22.96	23.23
1998/08/30 14:31:27	28.94	34.58	5.64	203.47	28.01	19.58	25.46	23.51	22.53	11.61	11.32	11.04	23.17	22.87	23.25
1998/08/30 14:51:26	28.98	34.58	5.60	205.03	27.81	19.57	25.46	23.31	22.53	11.30	11.11	11.00	23.05	23.96	24.25
1998/08/30 15:11:29	28.98	34.58	5.61	206.57	27.81	19.57	25.27	23.51	22.34	11.39	11.16	11.06	24.57	24.22	24.57
1998/08/30 15:31:27	28.98	34.59	5.61	208.12	27.61	19.58	25.07	23.31	22.53	11.48	11.01	11.01	24.57	24.25	24.55
1998/08/30 15:51:25	28.95	34.58	5.63	209.67	27.03	19.58	25.07	23.31	22.53	11.76	11.25	10.97	23.02	22.84	23.20
1998/08/30 16:11:29	28.94	34.58	5.65	211.23	27.61	19.57	25.46	23.31	22.53	11.38	11.13	10.95	23.17	22.93	23.14
1998/08/30 16:31:29	28.94	34.59	5.65	212.78	27.81	19.58	25.27	23.31	22.53	11.39	11.11	10.97	23.17	22.93	23.14
1998/08/30 16:51:28	28.94	34.58	5.64	214.33	27.81	19.58	25.46	23.31	22.34	11.54	11.44	11.00	23.20	22.90	23.25
1998/08/30 17:11:26	28.94	34.58	5.65	215.89	28.01	19.58	25.46	23.31	22.34	11.63	11.39	10.94	23.20	22.93	23.20
1998/08/30 17:31:24	28.99	34.58	5.59	217.45	27.61	19.57	25.46	23.31	22.53	11.35	11.08	11.06	24.34	24.05	24.31
1998/08/30 17:51:28	28.94	34.58	5.64	219.02	27.61	19.57	25.27	23.31	22.53	11.48	11.19	11.11	23.08	22.87	23.17
1998/08/30 18:11:26	28.94	34.58	5.64	220.58	27.03	19.58	25.27	23.31	22.53	11.45	11.25	11.07	23.08	22.87	23.20
1998/08/30 18:31:24	28.99	34.58	5.60	222.14	28.01	19.58	25.27	23.31	22.53	11.45	11.20	11.00	24.75	24.43	24.66
1998/08/30 18:51:28	28.94	34.57	5.63	223.71	27.81	19.58	25.46	23.31	22.14	11.45	11.13	10.98	23.11	22.93	23.11
1998/08/30 19:11:26	28.98	34.58	5.60	225.28	27.81	19.58	25.27	23.31	22.53	11.55	11.28	11.36	24.31	24.02	24.40
1998/08/30 19:31:27	28.94	34.58	5.64	226.84	27.61	19.58	25.46	23.51	22.34	11.48	11.16	11.23	23.11	22.90	23.23
1998/08/30 19:51:26	28.94	34.58	5.65	228.41	28.20	19.58	25.27	23.51	22.53	11.48	11.10	11.13	23.14	22.87	23.20
1998/08/30 20:11:27	28.94	34.58	5.64	229.97	27.42	19.58	25.46	23.51	22.53	11.38	11.10	11.13	23.23	22.96	23.14
1998/08/30 20:31:28	28.94	34.58	5.64	231.55	27.42	19.58	25.27	23.31	22.53	11.45	11.13	10.95	23.23	22.90	23.28
1998/08/30 20:51:29	28.94	34.58	5.65	233.12	27.61	19.57	25.27	22.92	22.53	11.55	11.36	11.23	23.11	22.90	23.20
1998/08/30 21:11:29	28.99	34.59	5.61	234.69	25.86	19.57	25.27	23.31	22.34	11.39	11.13	11.04	23.20	22.99	23.20
1998/08/30 21:31:24	28.94	34.68	5.74	236.21	25.07	19.58	24.88	23.51	22.34	11.50	11.35	11.01	24.34	24.11	24.43
1998/08/30 21:51:25	28.95	34.64	5.70	237.75	24.88	19.61	24.88	23.12	22.34	11.39	11.20	11.06	23.25	22.99	23.20

表2.3.9(6) 連続地上採水結果(6/14)

データ収録 日時	孔内 圧力 (kgf/cm ²)	ハッカ- 圧力 (kgf/cm ²)	ハッカ- 有効圧力 (kgf/cm ²)	排水総量 (L)	モーター 温度 (°C)	孔内 温度 (°C)	ユニット内温度			12V系ユニット電源電圧			24V系ユニット電源電圧		
							連続採水 (°C)	採水 (°C)	結合 (°C)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)
1998/08/30 22:11:25	28.99	34.62	5.63	239.30	24.88	19.61	25.07	23.51	22.34	11.55	11.20	10.95	24.40	24.46	24.60
1998/08/30 22:31:26	28.92	34.59	5.67	240.84	25.66	19.60	25.07	23.51	22.53	11.45	11.14	11.11	24.66	22.81	23.23
1998/08/30 22:51:26	28.94	34.59	5.65	242.42	27.03	19.59	25.07	23.31	22.34	11.58	11.16	10.98	23.28	23.05	23.25
1998/08/30 23:11:27	28.94	34.59	5.65	243.98	27.61	19.58	25.27	23.31	22.53	11.48	11.22	11.04	23.20	22.96	23.20
1998/08/30 23:31:28	28.95	34.60	5.66	245.54	25.66	19.58	25.27	23.31	22.34	11.69	11.28	11.06	23.31	23.02	23.23
1998/08/30 23:51:29	28.95	34.60	5.65	247.08	25.46	19.59	25.07	23.31	22.53	11.79	11.23	11.03	23.23	23.02	23.23
1998/08/31 00:11:29	28.95	34.58	5.64	248.64	26.05	19.59	25.27	23.51	22.34	11.80	11.44	11.11	23.31	23.08	23.25
1998/08/31 00:31:24	29.04	34.59	5.55	250.21	27.61	19.58	25.27	23.31	22.53	11.51	11.19	11.03	23.31	23.46	24.28
1998/08/31 00:51:25	28.95	34.58	5.63	251.79	27.81	19.58	24.68	23.31	22.34	11.42	11.29	11.20	23.23	22.96	23.31
1998/08/31 01:11:25	28.94	34.58	5.64	253.36	27.81	19.58	25.46	23.51	22.34	11.47	11.33	11.19	23.23	22.93	23.23
1998/08/31 01:31:27	28.99	34.58	5.60	254.95	27.42	19.58	25.46	23.51	22.53	11.48	11.33	11.28	24.52	24.28	24.63
1998/08/31 01:51:28	28.94	34.58	5.64	256.54	28.01	19.58	25.27	23.51	22.34	11.47	11.30	11.23	23.23	22.96	23.31
1998/08/31 02:11:25	28.94	34.58	5.64	258.11	27.81	19.58	23.90	23.31	22.53	11.67	11.54	11.11	23.28	23.02	23.34
1998/08/31 02:31:26	28.94	34.58	5.64	259.69	27.81	19.58	25.27	23.51	22.34	11.47	11.20	11.11	23.14	23.02	23.28
1998/08/31 02:51:27	28.94	34.57	5.63	261.27	27.81	19.57	25.66	23.51	22.53	11.47	11.42	11.26	23.23	22.96	23.31
1998/08/31 03:11:28	28.98	34.57	5.59	262.86	27.81	19.58	25.46	23.51	22.53	11.54	11.22	11.13	24.43	24.34	24.60
1998/08/31 03:31:29	28.99	34.58	5.59	264.45	27.61	19.58	25.46	23.51	22.34	11.70	11.25	11.08	24.46	24.13	24.37
1998/08/31 03:51:26	28.94	34.58	5.64	266.02	27.81	19.57	25.27	23.51	22.53	11.80	11.19	11.06	23.40	23.11	23.23
1998/08/31 04:11:27	28.94	34.57	5.63	267.61	27.03	19.58	25.07	23.51	22.53	11.63	11.55	11.14	23.28	23.08	23.37
1998/08/31 04:31:29	28.94	34.57	5.63	269.19	28.01	19.58	25.27	23.31	22.14	11.52	11.28	11.26	23.31	22.99	23.28
1998/08/31 04:51:24	28.99	34.58	5.59	270.77	27.81	19.58	25.46	23.31	22.53	11.69	11.41	11.14	24.43	24.11	24.46
1998/08/31 05:11:25	29.00	34.57	5.58	272.36	28.20	19.58	25.46	23.31	22.34	11.66	11.54	11.07	23.28	24.13	24.43
1998/08/31 05:31:26	28.94	34.57	5.63	273.94	28.01	19.57	25.27	23.31	22.53	11.86	11.50	11.13	23.34	23.11	23.31
1998/08/31 05:51:27	28.94	34.57	5.62	275.53	28.01	19.58	25.27	23.31	22.34	11.48	11.29	11.07	23.31	23.11	23.31
1998/08/31 06:11:27	28.94	34.57	5.63	277.10	28.01	19.58	25.27	23.51	22.34	11.88	11.60	11.14	23.34	23.08	23.34
1998/08/31 06:31:28	28.95	34.57	5.63	278.69	27.61	19.58	25.46	23.51	22.34	11.66	11.28	11.42	23.25	22.99	23.31
1998/08/31 06:51:28	28.98	34.57	5.59	280.27	28.01	19.58	25.27	23.51	22.53	11.51	11.47	11.26	24.66	24.37	24.75
1998/08/31 07:11:25	28.94	34.57	5.63	281.86	28.01	19.58	25.27	23.12	22.34	11.63	11.35	11.28	23.23	23.02	23.37
1998/08/31 07:31:26	28.94	34.57	5.62	283.44	28.01	19.58	25.46	23.31	22.34	11.71	11.58	11.07	23.23	23.11	23.37
1998/08/31 07:51:28	28.94	34.57	5.63	285.02	28.01	19.58	25.27	23.31	22.53	11.67	11.60	11.17	23.25	23.11	23.40
1998/08/31 08:11:28	28.94	34.57	5.63	286.60	27.81	19.58	25.46	23.51	22.53	11.69	11.35	11.32	23.17	22.99	23.34

表2.3.3.9(7) 連続地上採水結果(7/14)

データ収録 日時	孔内 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)	排水総量 (ℓ)	モーター 温度 (°C)	孔内 温度 (°C)	ユニット内温度			12V系ユニット電源電圧			24V系ユニット電源電圧		
							連続採水 (°C)	採水 (°C)	結合 (°C)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)
1998/08/31 08:31:29	28.99	34.57	5.59	288.19	28.01	19.58	25.27	22.92	22.34	11.48	11.19	11.08	24.37	24.37	24.63
1998/08/31 08:51:24	28.94	34.57	5.63	289.76	28.20	19.58	25.46	23.51	22.53	11.39	11.16	11.26	23.20	22.99	23.25
1998/08/31 09:11:25	28.94	34.57	5.63	291.35	28.01	19.58	25.66	23.51	22.34	11.66	11.39	11.07	23.23	23.02	23.37
1998/08/31 09:31:26	28.94	34.58	5.64	292.93	27.81	19.58	25.46	23.31	22.34	11.69	11.36	11.06	23.20	22.96	23.31
1998/08/31 09:51:27	28.95	34.57	5.62	294.52	27.81	19.58	25.46	23.31	22.34	11.50	11.19	11.01	23.31	23.02	23.25
1998/08/31 10:11:28	28.94	34.57	5.63	296.10	28.01	19.58	25.46	23.31	22.53	11.45	11.28	11.07	23.23	23.02	23.25
1998/08/31 10:31:29	28.99	34.57	5.59	297.69	28.01	19.58	25.27	23.31	22.53	11.54	11.20	11.16	24.60	24.28	24.60
1998/08/31 10:51:29	28.95	34.57	5.62	299.28	27.81	19.58	23.90	23.31	22.53	11.67	11.48	11.07	23.28	22.96	23.31
1998/08/31 11:11:25	28.94	34.57	5.63	300.84	28.01	19.58	25.27	23.31	22.34	11.50	11.28	11.19	23.14	22.90	23.23
1998/08/31 11:31:24	28.94	34.57	5.62	302.43	27.61	19.58	25.46	23.51	22.53	11.44	11.22	11.20	23.17	22.93	23.28
1998/08/31 11:51:25	28.95	34.57	5.62	304.01	28.01	19.58	23.90	23.31	22.34	11.45	11.19	11.04	23.20	22.99	23.20
1998/08/31 12:11:25	28.95	34.57	5.63	305.60	27.61	19.58	25.46	23.31	22.34	11.39	11.20	11.01	23.20	22.99	23.20
1998/08/31 12:31:27	28.94	34.57	5.63	307.20	28.01	19.58	25.27	23.31	22.53	11.66	11.47	11.03	23.17	22.96	23.28
1998/08/31 12:51:27	28.95	34.57	5.62	308.79	27.81	19.58	25.27	23.31	22.53	11.41	11.13	11.16	23.14	22.87	23.17
1998/08/31 13:11:24	28.95	34.57	5.62	309.91	24.88	19.57	26.05	23.90	22.73	11.52	11.33	11.29	22.93	22.70	23.08
1998/08/31 13:31:25	28.89	34.56	5.67	311.87	27.61	19.58	25.07	23.31	22.53	11.44	11.25	11.13	22.40	22.29	22.58
1998/08/31 13:51:28	28.88	34.57	5.69	314.28	28.59	19.59	24.10	23.31	22.34	11.71	11.33	11.11	22.55	22.26	22.64
1998/08/31 14:11:29	28.89	34.57	5.67	316.68	28.79	19.58	25.07	23.31	22.14	11.54	11.52	10.98	22.55	22.32	22.64
1998/08/31 14:31:29	28.89	34.57	5.68	319.08	28.40	19.59	25.27	23.31	22.34	11.45	11.44	11.01	22.58	22.32	22.61
1998/08/31 14:51:29	28.89	34.57	5.68	321.47	28.59	19.58	25.07	23.51	22.53	11.41	11.20	11.14	22.37	22.29	22.55
1998/08/31 15:11:25	28.98	34.57	5.59	323.88	28.40	19.58	25.27	23.51	22.53	11.32	11.11	10.98	22.46	23.96	24.16
1998/08/31 15:31:25	28.88	34.57	5.68	326.26	27.42	19.59	25.27	23.51	22.53	11.52	11.19	11.17	22.46	22.23	22.52
1998/08/31 15:51:27	28.88	34.56	5.68	328.65	28.79	19.59	25.27	23.31	22.53	11.51	11.10	11.08	22.52	22.26	22.49
1998/08/31 16:11:27	28.99	34.57	5.58	331.06	28.20	19.59	25.07	23.51	22.34	11.39	11.11	10.95	24.25	23.99	24.22
1998/08/31 16:31:28	28.89	34.57	5.68	333.46	28.59	19.59	25.46	23.31	22.53	11.41	11.26	10.97	22.52	22.29	22.61
1998/08/31 16:51:27	28.89	34.57	5.68	335.85	28.79	19.58	25.27	23.31	22.34	11.44	11.14	11.11	22.52	22.32	22.58
1998/08/31 17:11:27	28.89	34.57	5.68	338.25	28.40	19.58	25.27	23.51	22.34	11.76	11.45	10.98	22.58	22.40	22.67
1998/08/31 17:31:28	28.89	34.57	5.67	340.65	28.40	19.59	24.88	23.31	22.34	11.39	11.23	10.97	22.64	22.40	22.67
1998/08/31 17:51:28	28.89	34.57	5.67	343.05	28.59	19.58	25.27	23.31	22.34	11.51	11.33	11.10	22.55	22.32	22.67
1998/08/31 18:11:29	28.90	34.56	5.66	345.46	28.40	19.59	25.46	22.92	22.34	11.60	11.38	11.17	22.67	22.37	22.76
1998/08/31 18:31:29	28.99	34.57	5.58	347.87	28.79	19.59	25.27	23.31	22.34	11.38	11.19	11.16	24.46	24.11	24.40

表2.3.9(8) 連続地上採水結果(8/14)

データ収録 日時	孔内 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)	排水総量 (L)	モーター 温度 (°C)	孔内 温度 (°C)	ユニット内温度			12V系ユニット電源電圧			24V系ユニット電源電圧		
							連続採水 (°C)	採水 (°C)	結合 (°C)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)
1998/08/31 18:51:24	28.99	34.57	5.58	350.28	28.20	19.59	25.27	23.31	22.34	11.52	11.41	11.25	24.28	23.96	24.37
1998/08/31 19:11:25	28.99	34.57	5.58	352.69	28.79	19.59	25.27	23.51	22.53	11.32	11.22	11.23	24.28	23.93	24.28
1998/08/31 19:31:26	28.99	34.57	5.58	355.09	28.20	19.59	25.46	23.51	22.34	11.57	11.30	11.13	24.22	23.96	24.31
1998/08/31 19:51:27	28.99	34.57	5.58	357.50	28.59	19.59	25.27	23.51	22.34	11.60	11.36	11.00	24.22	24.19	24.55
1998/08/31 20:11:27	28.99	34.57	5.58	359.91	28.79	19.59	25.46	23.31	22.34	11.58	11.52	11.07	24.55	24.22	24.52
1998/08/31 20:31:27	28.89	34.57	5.68	362.32	28.40	19.59	25.27	23.31	22.34	11.55	11.23	11.30	24.43	21.96	22.84
1998/08/31 20:51:28	28.89	34.57	5.68	364.73	28.79	19.59	25.07	23.51	22.34	11.44	11.32	11.25	22.52	22.37	22.55
1998/08/31 21:11:28	28.89	34.57	5.67	367.15	28.20	19.58	25.27	23.31	22.34	11.67	11.14	11.04	22.64	22.40	22.67
1998/08/31 21:31:28	28.89	34.57	5.68	369.57	28.59	19.59	25.27	23.31	22.34	11.51	11.14	11.11	22.55	22.40	22.64
1998/08/31 21:51:29	28.98	34.57	5.59	371.99	28.98	19.59	24.88	23.31	22.34	11.50	11.22	11.06	24.34	24.05	24.25
1998/08/31 22:11:29	28.99	34.57	5.58	374.40	28.59	19.59	25.27	23.31	22.14	11.54	11.36	11.41	24.25	23.87	24.43
1998/08/31 22:31:25	28.99	34.57	5.59	376.81	28.59	19.59	25.27	23.31	22.34	11.70	11.32	11.08	24.52	24.25	24.49
1998/08/31 22:51:27	28.88	34.57	5.69	379.23	28.79	19.59	25.27	23.51	22.53	11.50	11.28	11.16	22.70	22.43	22.70
1998/08/31 23:11:29	28.88	34.57	5.68	381.66	28.59	19.59	25.07	23.51	22.34	11.61	11.38	11.41	22.58	22.43	22.79
1998/08/31 23:31:25	28.88	34.57	5.68	384.07	28.40	19.58	25.27	23.31	22.34	11.44	11.25	11.23	22.67	22.49	22.73
1998/08/31 23:51:27	28.99	34.57	5.58	386.48	28.59	19.59	25.27	23.31	22.34	11.42	11.29	11.19	24.31	23.96	24.46
1998/09/01 00:11:29	28.89	34.57	5.68	388.90	28.20	19.59	25.27	23.31	22.53	11.54	11.54	11.17	22.64	22.32	22.55
1998/09/01 00:31:29	28.99	34.57	5.58	391.30	28.79	19.59	25.27	23.31	22.34	11.70	11.28	11.06	24.57	24.25	24.40
1998/09/01 00:51:25	28.99	34.57	5.58	393.71	28.59	19.58	25.27	23.31	22.14	11.51	11.41	11.08	22.46	23.99	24.34
1998/09/01 01:11:26	28.98	34.57	5.59	396.12	28.79	19.59	25.27	23.31	22.53	11.48	11.26	11.14	24.40	24.02	24.28
1998/09/01 01:31:28	28.89	34.57	5.68	398.52	28.59	19.59	25.27	23.51	22.34	11.82	11.20	11.23	22.79	22.55	22.70
1998/09/01 01:51:24	28.88	34.57	5.68	400.93	28.79	19.59	25.46	23.51	22.34	11.70	11.35	11.14	24.55	22.70	22.84
1998/09/01 02:11:25	28.88	34.57	5.68	403.35	28.59	19.59	25.66	23.51	22.53	11.55	11.22	11.14	22.73	22.52	22.76
1998/09/01 02:31:26	28.88	34.57	5.69	405.79	28.59	19.59	25.46	23.51	22.14	11.51	11.30	11.16	22.79	22.55	22.76
1998/09/01 02:51:27	28.99	34.57	5.58	408.20	28.59	19.59	25.46	23.70	22.34	11.66	11.48	11.14	24.55	24.22	24.57
1998/09/01 03:11:28	28.88	34.57	5.69	410.63	28.79	19.59	25.66	23.31	22.53	11.48	11.33	11.32	22.76	22.43	22.79
1998/09/01 03:31:29	28.99	34.57	5.59	413.06	28.40	19.59	25.46	23.51	22.34	11.85	11.22	11.10	24.31	24.25	24.46
1998/09/01 03:51:26	28.88	34.57	5.68	415.48	28.79	19.59	25.27	23.51	22.34	11.54	11.42	11.35	22.76	22.49	22.76
1998/09/01 04:11:25	28.99	34.57	5.58	417.92	28.98	19.59	25.27	23.31	22.34	11.58	11.47	11.16	24.25	24.02	24.37
1998/09/01 04:31:26	28.88	34.57	5.69	420.35	28.40	19.59	24.88	23.31	22.34	11.76	11.60	11.20	22.81	22.55	22.87
1998/09/01 04:51:26	28.99	34.57	5.58	422.78	28.59	19.59	25.27	23.51	22.53	11.48	11.32	11.28	24.28	23.96	24.52

表2.3.9(9) 連続地上採水結果(9/14)

データ収録 日時	孔内 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)	排水総量 (ℓ)	モーター 温度 (°C)	孔内 温度 (°C)	ユニット内温度			12V系ユニット電源電圧		24V系ユニット電源電圧		
							連続採水 (°C)	採水 (°C)	結合 (°C)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)	連続採水 (V)	採水 (V)
1998/09/01 05:11:27	28.88	34.57	5.69	425.21	28.59	19.59	25.46	23.51	22.53	11.67	11.50	22.70	22.58	22.90
1998/09/01 05:31:29	28.88	34.57	5.69	427.64	28.59	19.59	25.27	23.31	22.34	11.70	11.64	22.79	22.64	22.90
1998/09/01 05:51:25	28.88	34.56	5.68	430.07	28.59	19.59	25.66	23.70	22.34	11.77	11.29	22.52	22.64	22.81
1998/09/01 06:11:26	28.88	34.57	5.68	432.50	28.79	19.59	25.07	23.31	22.34	11.76	11.69	22.79	22.61	22.84
1998/09/01 06:31:27	28.99	34.57	5.58	434.95	28.79	19.59	25.27	23.31	22.14	11.69	11.58	24.31	24.05	24.40
1998/09/01 06:51:28	28.88	34.57	5.69	437.38	28.40	19.59	25.27	23.31	22.34	11.73	11.45	22.76	22.52	22.87
1998/09/01 07:11:26	28.99	34.57	5.58	439.80	28.59	19.58	25.27	23.51	22.53	11.58	11.23	24.57	24.28	24.46
1998/09/01 07:31:27	28.88	34.57	5.68	442.25	28.40	19.59	25.46	23.31	22.34	11.67	11.36	22.70	22.49	22.84
1998/09/01 07:51:28	28.88	34.57	5.69	444.67	28.40	19.59	25.27	23.31	22.34	11.61	11.26	22.67	22.43	22.79
1998/09/01 08:11:28	28.95	34.57	5.62	447.11	28.59	19.59	25.46	23.51	22.34	11.52	11.28	22.73	22.52	24.19
1998/09/01 08:31:29	28.88	34.56	5.68	449.52	27.61	19.59	25.07	23.51	22.53	11.54	11.25	22.61	22.43	22.73
1998/09/01 08:51:29	28.88	34.57	5.68	451.96	28.40	19.59	25.07	23.31	22.34	11.64	11.35	22.67	22.37	22.76
1998/09/01 09:11:29	28.99	34.57	5.58	454.38	28.79	19.59	25.46	23.31	22.53	11.50	11.32	24.25	23.90	24.37
1998/09/01 09:31:25	28.75	34.56	5.81	456.79	28.40	19.59	25.27	23.51	22.34	11.67	11.35	24.52	24.19	22.76
1998/09/01 09:51:26	28.88	34.57	5.68	459.22	28.40	19.59	25.07	23.31	22.34	11.69	11.32	22.61	22.37	22.70
1998/09/01 10:11:27	28.88	34.57	5.69	461.64	28.79	19.59	25.27	23.31	22.34	11.44	11.38	22.55	22.37	22.76
1998/09/01 10:31:28	28.99	34.57	5.58	464.06	28.59	19.59	25.07	23.31	22.53	11.76	11.57	22.34	22.37	22.76
1998/09/01 10:51:28	28.99	34.58	5.59	466.46	28.40	19.59	25.46	23.12	22.34	11.36	11.13	24.34	24.02	24.31
1998/09/01 11:11:29	28.89	34.56	5.67	468.88	28.20	19.58	25.27	23.31	22.53	11.51	11.22	24.55	24.22	24.43
1998/09/01 11:31:24	28.98	34.57	5.59	471.28	28.40	19.59	25.46	23.31	22.53	11.48	11.17	22.46	22.26	22.52
1998/09/01 11:51:25	28.88	34.57	5.68	473.69	28.59	19.59	25.07	23.51	22.34	11.51	11.25	24.40	24.22	24.43
1998/09/01 12:11:26	28.89	34.57	5.67	476.10	28.59	19.59	25.07	23.31	22.34	11.69	11.29	22.52	22.29	22.58
1998/09/01 12:31:26	28.89	34.57	5.68	478.50	28.59	19.58	25.07	23.31	22.34	11.42	11.26	22.49	22.26	22.61
1998/09/01 12:51:27	28.89	34.57	5.68	480.91	28.79	19.59	25.27	23.31	22.14	11.33	11.16	22.64	22.32	22.58
1998/09/01 13:11:28	28.98	34.57	5.59	483.32	28.40	19.59	25.07	23.31	22.34	11.69	11.29	22.99	22.37	22.58
1998/09/01 13:31:27	28.99	34.57	5.58	485.73	28.40	19.59	25.27	23.51	22.34	11.26	11.19	24.40	24.11	23.11
1998/09/01 13:51:28	28.99	34.57	5.58	488.14	28.40	19.59	25.07	23.31	22.34	11.52	11.39	24.25	24.16	24.49
1998/09/01 14:11:29	28.98	34.57	5.59	490.54	28.40	19.59	25.07	23.51	22.34	11.50	11.29	24.22	23.87	24.22
1998/09/01 14:31:27	28.88	34.57	5.59	492.95	28.59	19.59	23.70	23.31	22.34	11.39	11.10	24.22	23.93	24.19
1998/09/01 14:51:28	28.89	34.57	5.69	495.36	28.59	19.59	25.46	23.31	22.53	11.39	11.45	22.55	22.32	22.58
1998/09/01 15:11:28	28.88	34.57	5.68	497.76	28.40	19.59	25.07	23.31	22.34	11.55	11.22	22.40	22.20	22.49
1998/09/01 15:31:28	28.88	34.57	5.69	497.76	28.40	19.59	24.88	23.31	22.34	11.36	11.13	22.52	22.32	22.52

表2.3.9(10) 連続地上採水結果(10/14)

データ収録 日時	孔内 圧力 (kgf/cm ²)	ハッカー 圧力 (kgf/cm ²)	ハッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)	排水総量 (ℓ)	モーター 温度 (°C)	孔内 温度 (°C)	ユニット内温度			12V系ユニット電源電圧			24V系ユニット電源電圧		
							連続採水 (°C)	採水 (°C)	結合 (°C)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)
1998/09/01 15:31:27	28.88	34.57	5.68	500.16	28.40	19.59	25.07	23.31	22.34	11.64	11.41	10.92	22.52	22.32	22.58
1998/09/01 15:51:28	28.88	34.57	5.69	502.56	28.40	19.59	25.27	23.31	22.34	11.35	11.08	10.95	22.46	22.35	22.49
1998/09/01 16:11:28	28.88	34.57	5.68	504.97	28.40	19.59	25.27	23.51	22.34	11.42	11.11	10.97	22.46	22.29	22.49
1998/09/01 16:31:29	28.88	34.57	5.69	507.37	28.59	19.59	25.27	23.51	22.34	11.61	11.20	11.00	22.40	22.26	22.58
1998/09/01 16:51:24	28.98	34.57	5.59	509.77	28.40	19.59	25.46	23.31	22.34	11.26	11.14	10.94	24.55	24.25	24.46
1998/09/01 17:11:25	28.87	34.57	5.70	512.17	28.20	19.59	25.07	23.51	22.34	11.45	11.28	11.20	24.43	21.73	22.64
1998/09/01 17:31:25	28.99	34.57	5.58	514.58	28.59	19.59	25.07	23.31	22.34	11.47	11.08	10.94	24.60	24.22	24.40
1998/09/01 17:51:26	28.88	34.57	5.69	516.99	28.79	19.59	25.27	23.51	22.34	11.47	11.30	11.01	24.60	22.32	22.73
1998/09/01 18:11:27	28.88	34.56	5.68	519.40	28.59	19.59	25.27	23.31	22.53	11.58	11.22	11.11	22.52	22.20	22.61
1998/09/01 18:31:28	28.88	34.57	5.69	521.82	28.40	19.59	24.10	23.51	22.34	11.63	11.38	10.97	22.58	22.32	22.55
1998/09/01 18:51:29	28.88	34.57	5.69	524.23	28.40	19.59	25.46	23.51	22.53	11.38	11.08	10.98	22.52	22.32	22.58
1998/09/01 19:11:24	28.89	34.57	5.68	526.62	28.40	19.59	25.27	23.31	22.34	11.39	11.23	11.13	22.58	22.29	22.55
1998/09/01 19:31:25	28.88	34.57	5.69	529.04	28.40	19.59	25.27	23.31	22.34	11.42	11.14	11.00	22.52	22.37	22.52
1998/09/01 19:51:25	28.88	34.57	5.68	531.45	28.59	19.59	25.27	23.31	22.53	11.48	11.26	10.98	22.37	22.40	22.61
1998/09/01 20:11:26	28.89	34.56	5.67	533.87	28.20	19.59	25.46	23.51	22.34	11.57	11.28	11.03	22.61	22.40	22.64
1998/09/01 20:31:27	28.88	34.57	5.69	536.29	28.59	19.59	25.27	23.51	22.34	11.64	11.48	11.04	22.55	22.35	22.70
1998/09/01 20:51:27	28.99	34.58	5.59	538.70	28.59	19.59	25.27	23.31	22.53	11.41	11.19	11.14	24.22	23.90	24.25
1998/09/01 21:11:28	28.98	34.57	5.59	541.11	28.59	19.59	25.07	23.31	22.53	11.60	11.22	11.06	24.60	24.25	24.49
1998/09/01 21:31:29	28.88	34.57	5.68	543.53	28.40	19.59	25.07	23.51	22.34	11.48	11.13	11.11	22.61	22.40	22.64
1998/09/01 21:51:24	28.89	34.57	5.68	545.94	28.59	19.59	25.07	23.51	22.34	11.57	11.38	11.45	22.58	22.35	22.70
1998/09/01 22:11:26	28.89	34.57	5.68	548.37	28.20	19.59	25.27	23.31	22.53	11.44	11.23	11.11	22.64	22.37	22.64
1998/09/01 22:31:26	28.99	34.57	5.58	550.79	28.79	19.59	25.07	23.51	22.34	11.77	11.45	11.07	24.34	24.13	24.31
1998/09/01 22:51:27	28.89	34.57	5.69	553.20	28.59	19.59	25.27	23.31	22.34	11.58	11.22	11.13	22.64	22.43	22.61
1998/09/01 23:11:27	28.88	34.57	5.69	555.63	28.59	19.59	25.07	23.31	22.53	11.51	11.41	11.35	22.61	22.35	22.67
1998/09/01 23:31:28	28.99	34.57	5.59	558.05	28.59	19.59	25.27	22.92	22.34	11.76	11.14	11.00	24.34	24.02	24.25
1998/09/01 23:51:25	29.01	34.57	5.57	560.46	28.01	19.59	25.27	23.31	22.14	11.50	11.17	11.11	24.37	23.90	24.22
1998/09/02 00:11:25	28.89	34.57	5.68	562.88	28.79	19.59	25.27	23.51	22.34	11.47	11.39	11.39	22.61	22.40	22.79
1998/09/02 00:31:27	28.95	34.57	5.62	565.32	28.59	19.59	25.07	23.31	22.34	11.50	11.28	11.06	22.76	24.05	24.22
1998/09/02 00:51:28	28.89	34.57	5.68	567.73	28.59	19.59	25.66	23.51	22.53	11.74	11.29	11.06	22.84	22.61	22.76
1998/09/02 01:11:28	28.88	34.57	5.69	570.16	28.79	19.59	25.27	23.31	22.34	11.63	11.57	11.08	22.67	22.52	22.79
1998/09/02 01:31:24	28.89	34.57	5.68	572.59	28.59	19.59	25.27	23.31	22.34	11.48	11.39	11.29	22.70	22.46	22.76

表2.3.9(11) 連続地上採水結果(11/14)

データ収録 日時	孔内 圧力 (kgf/cm ²)	ハッカ- 圧力 (kgf/cm ²)	ハッカ- 有効圧力 (kgf/cm ²)	排水総量 (ℓ)	モーター 温度 (°C)	孔内 温度 (°C)	ユニット内温度			12V系ユニット電源電圧			24V系ユニット電源電圧		
							連続採水 (°C)	採水 (°C)	結合 (°C)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)
1998/09/02 01:51:26	28.88	34.57	5.69	575.00	28.79	19.59	25.27	23.51	22.53	11.93	11.28	11.07	22.73	22.55	22.79
1998/09/02 02:11:26	28.88	34.57	5.69	577.44	28.79	19.59	25.46	23.31	22.34	11.50	11.29	11.23	22.67	22.49	22.76
1998/09/02 02:31:26	28.89	34.57	5.68	579.86	28.59	19.59	24.88	23.51	22.53	11.60	11.45	11.36	22.76	22.52	22.84
1998/09/02 02:51:27	28.90	34.57	5.68	582.31	28.40	19.59	25.27	23.31	22.53	11.71	11.22	11.01	22.73	22.55	24.25
1998/09/02 03:11:27	28.89	34.57	5.68	584.72	28.79	19.59	25.27	23.31	22.53	11.60	11.26	11.17	22.81	22.49	22.76
1998/09/02 03:31:29	29.00	34.57	5.58	587.17	28.79	19.59	25.27	23.31	22.34	11.66	11.52	11.16	24.28	24.02	24.37
1998/09/02 03:51:29	28.88	34.56	5.68	589.59	28.40	19.59	25.46	23.31	22.53	11.48	11.36	11.33	22.70	22.52	22.84
1998/09/02 04:11:24	28.99	34.57	5.59	592.02	28.40	19.59	25.46	23.31	22.14	11.50	11.25	11.32	23.64	23.93	24.25
1998/09/02 04:31:25	28.89	34.57	5.68	594.45	28.40	19.59	25.46	23.51	22.34	11.66	11.38	11.26	22.52	22.49	22.79
1998/09/02 04:51:27	28.99	34.57	5.59	596.88	28.40	19.59	25.27	23.51	22.53	11.55	11.26	11.29	24.40	24.08	24.28
1998/09/02 05:11:26	28.88	34.57	5.69	599.31	28.59	19.59	25.46	23.51	22.34	11.66	11.28	11.36	22.67	22.52	22.81
1998/09/02 05:31:27	28.99	34.57	5.58	601.74	28.59	19.59	24.88	23.31	22.34	11.50	11.33	11.32	24.46	24.22	24.46
1998/09/02 05:51:28	28.89	34.57	5.68	604.18	28.79	19.59	25.46	23.51	22.34	11.52	11.33	11.32	22.81	22.55	22.84
1998/09/02 06:11:27	28.88	34.57	5.68	606.61	28.59	19.59	24.88	23.51	22.34	11.67	11.44	11.36	22.76	22.49	22.84
1998/09/02 06:31:27	28.98	34.57	5.59	609.05	28.79	19.59	25.46	23.51	22.53	11.74	11.61	11.14	24.34	24.05	24.37
1998/09/02 06:51:28	28.88	34.57	5.69	611.49	28.40	19.59	25.27	23.51	22.34	11.58	11.35	11.29	22.76	22.52	22.84
1998/09/02 07:11:24	28.98	34.57	5.59	613.91	28.59	19.59	25.46	23.31	22.53	11.76	11.42	11.14	24.52	24.28	24.49
1998/09/02 07:31:26	28.98	34.57	5.59	616.36	28.79	19.59	25.27	23.31	22.53	11.77	11.33	11.08	24.34	24.11	24.28
1998/09/02 07:51:24	28.88	34.56	5.68	618.78	28.40	19.59	25.07	23.51	22.53	11.58	11.28	11.23	22.79	22.58	22.76
1998/09/02 08:11:25	28.99	34.57	5.58	621.22	28.79	19.59	25.27	23.70	22.34	11.66	11.41	11.41	24.28	23.96	24.37
1998/09/02 08:31:25	28.88	34.57	5.69	623.65	28.79	19.59	25.27	23.51	22.34	11.95	11.52	11.08	22.76	22.58	22.81
1998/09/02 08:51:26	28.98	34.57	5.59	626.08	28.59	19.59	25.27	23.51	22.53	11.55	11.22	10.95	24.60	24.28	24.46
1998/09/02 09:11:27	28.88	34.57	5.68	628.52	28.40	19.59	25.27	23.31	22.53	11.66	11.26	11.16	22.58	22.43	22.76
1998/09/02 09:31:25	28.88	34.57	5.68	630.94	28.40	19.59	25.07	23.31	22.34	11.52	11.26	11.04	24.57	23.96	22.90
1998/09/02 09:51:25	28.88	34.57	5.69	633.38	28.40	19.59	25.27	23.51	22.34	11.67	11.36	11.11	22.64	22.40	22.81
1998/09/02 10:11:26	28.89	34.57	5.69	635.80	28.79	19.59	25.27	23.51	22.53	11.54	11.22	11.10	22.70	22.52	22.70
1998/09/02 10:31:27	28.98	34.57	5.59	638.25	28.79	19.59	25.46	23.31	22.53	11.45	11.23	11.23	24.34	23.87	24.25
1998/09/02 10:51:29	28.88	34.57	5.69	640.67	28.79	19.59	25.07	23.31	22.34	11.51	11.36	11.30	22.58	22.40	22.70
1998/09/02 11:11:29	28.98	34.57	5.59	643.11	28.59	19.59	25.46	23.31	22.34	11.61	11.25	11.47	24.22	23.93	24.31
1998/09/02 11:31:25	28.99	34.57	5.58	645.52	28.20	19.59	25.27	23.31	22.34	11.55	11.36	11.39	24.46	24.13	24.55
1998/09/02 11:51:25	28.88	34.57	5.69	647.94	28.59	19.59	25.46	23.31	22.34	11.41	11.23	10.97	22.58	22.43	22.64

表2.3.9(12) 連続地上採水結果(12/14)

データ収録 日時	孔内 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)	排水総量 (ℓ)	モーター 温度 (°C)	孔内 温度 (°C)	ユニット内温度			12V系ユニット電源電圧		24V系ユニット電源電圧			
							連続採水 (°C)	採水 (°C)	結合 (°C)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)
1998/09/02 12:11:25	28.88	34.57	5.69	650.36	28.20	19.59	25.27	23.31	22.53	11.44	11.25	11.16	22.55	22.32	22.61
1998/09/02 12:31:26	28.88	34.57	5.69	652.78	28.40	19.59	24.88	23.31	22.34	11.44	11.25	11.25	22.55	22.29	22.64
1998/09/02 12:51:27	28.99	34.57	5.59	655.19	28.40	19.59	25.46	23.31	22.34	11.50	11.14	11.11	24.19	23.87	24.19
1998/09/02 13:11:27	28.88	34.57	5.68	657.60	28.40	19.59	25.46	23.31	22.34	11.44	11.25	11.10	22.58	22.29	22.55
1998/09/02 13:31:29	28.88	34.57	5.69	660.03	28.59	19.59	25.46	23.31	22.34	11.42	11.17	11.04	22.52	22.32	22.58
1998/09/02 13:51:24	28.88	34.57	5.69	662.44	28.40	19.59	25.46	23.51	22.34	11.35	11.13	11.04	22.46	22.32	22.55
1998/09/02 14:11:25	28.88	34.57	5.69	664.86	28.20	19.59	25.46	23.31	22.53	11.42	11.16	11.01	22.46	22.29	22.55
1998/09/02 14:31:27	28.99	34.57	5.58	667.27	28.59	19.59	25.27	23.51	22.53	11.32	11.13	11.00	24.55	24.25	24.46
1998/09/02 14:51:29	28.89	34.57	5.69	669.70	28.59	19.59	25.07	23.31	22.53	11.35	11.17	11.10	22.52	22.29	22.55
1998/09/02 15:11:29	28.88	34.57	5.69	672.12	28.40	19.59	25.27	23.31	22.34	11.51	11.17	11.19	22.46	22.26	22.58
1998/09/02 15:31:25	29.06	34.57	5.52	674.54	28.40	19.59	24.10	23.51	22.34	11.55	11.30	11.30	22.52	23.43	24.22
1998/09/02 15:51:26	28.99	34.57	5.58	676.95	28.40	19.59	25.46	23.51	22.34	11.33	11.07	10.97	24.25	24.16	24.40
1998/09/02 16:11:27	28.88	34.57	5.68	679.36	28.40	19.59	25.27	23.51	22.53	11.52	11.26	11.28	22.52	22.26	22.55
1998/09/02 16:31:28	28.88	34.57	5.69	681.78	28.01	19.59	25.27	23.31	22.53	11.35	11.20	10.94	22.49	22.29	22.55
1998/09/02 16:51:29	28.88	34.57	5.70	684.20	28.01	19.59	25.07	23.51	22.34	11.29	11.17	11.04	22.43	22.26	22.52
1998/09/02 17:11:25	28.89	34.57	5.68	686.61	28.20	19.59	25.27	23.31	22.53	11.67	11.42	11.04	22.55	22.35	22.58
1998/09/02 17:31:25	28.89	34.57	5.67	689.03	28.59	19.59	25.27	23.31	22.53	11.45	11.11	11.11	22.37	22.20	22.49
1998/09/02 17:51:26	28.99	34.57	5.59	691.44	28.40	19.59	25.46	23.51	22.34	11.30	11.14	11.14	23.93	23.78	24.05
1998/09/02 18:11:28	28.99	34.58	5.59	693.85	28.20	19.59	25.27	23.31	22.53	11.48	11.26	10.98	24.46	24.19	24.57
1998/09/02 18:31:29	28.88	34.57	5.69	696.26	28.59	19.59	25.07	23.31	22.14	11.55	11.32	11.20	22.90	22.37	22.64
1998/09/02 18:51:25	28.99	34.57	5.58	698.66	28.20	19.59	25.27	23.51	22.34	11.51	11.32	11.35	24.52	24.16	24.57
1998/09/02 19:11:25	28.89	34.57	5.68	701.08	28.59	19.59	25.07	23.70	22.34	11.47	11.17	11.13	22.55	22.29	22.52
1998/09/02 19:31:26	28.89	34.57	5.68	703.51	28.40	19.59	25.27	23.51	22.34	11.67	11.28	11.03	22.43	22.20	22.58
1998/09/02 19:51:26	28.99	34.57	5.59	705.93	28.59	19.59	25.27	23.12	22.34	11.64	11.17	11.04	24.22	23.99	24.25
1998/09/02 20:11:27	28.99	34.57	5.58	708.34	28.40	19.59	25.46	23.31	22.34	11.44	11.20	10.98	24.63	24.22	24.40
1998/09/02 20:31:28	28.88	34.57	5.69	710.77	28.59	19.59	25.27	23.31	22.53	11.66	11.30	11.19	22.37	22.17	22.49
1998/09/02 20:51:29	29.01	34.57	5.57	713.20	28.40	19.59	24.88	23.31	22.53	11.66	11.30	11.03	22.43	23.93	24.28
1998/09/02 21:11:24	29.00	34.57	5.57	715.61	28.40	19.59	25.27	23.51	22.34	11.70	11.20	11.06	22.52	23.99	24.22
1998/09/02 21:31:28	28.89	34.57	5.68	718.02	28.59	19.59	25.27	23.51	22.53	11.51	11.13	11.14	22.52	22.37	22.58
1998/09/02 21:51:29	28.89	34.57	5.69	720.46	28.40	19.59	25.46	23.31	22.34	11.58	11.19	11.00	22.49	22.29	22.49
1998/09/02 22:11:29	28.99	34.57	5.59	722.87	28.98	19.59	25.27	23.51	22.53	11.60	11.41	11.13	24.46	24.22	24.57

表2.3.9(13) 連続地上採水結果(13/14)

データ収録 日時	孔内 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 圧力 (kgf/cm ²)	パッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)	排水総量 (ℓ)	モーター 温度 (°C)	孔内 温度 (°C)	ユニット内温度			12V系ユニット電源電圧			24V系ユニット電源電圧		
							連続採水 (°C)	採水 (°C)	結合 (°C)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)
1998/09/02 22:31:28	28.88	34.57	5.69	725.31	28.40	19.59	25.27	23.51	22.53	11.74	11.57	11.16	22.46	22.35	22.58
1998/09/02 22:51:28	28.99	34.58	5.59	727.73	28.40	19.59	24.88	23.31	22.53	11.60	11.36	11.16	24.52	24.16	24.60
1998/09/02 23:11:29	28.89	34.57	5.68	730.16	28.40	19.59	25.27	23.51	22.34	11.70	11.44	11.13	22.55	22.32	22.67
1998/09/02 23:31:28	28.99	34.58	5.59	732.59	28.40	19.59	25.27	23.51	22.53	11.45	11.33	11.36	24.08	23.90	24.31
1998/09/02 23:51:29	28.89	34.57	5.69	735.00	28.59	19.59	24.29	23.31	22.34	11.64	11.41	11.36	22.67	22.37	22.67
1998/09/03 00:11:24	28.89	34.57	5.68	737.43	28.79	19.59	25.46	23.31	22.53	11.69	11.22	11.33	22.49	22.29	22.61
1998/09/03 00:31:27	29.00	34.57	5.57	739.86	28.59	19.59	25.46	23.31	22.14	11.61	11.33	11.33	24.31	23.96	24.31
1998/09/03 00:51:27	28.89	34.58	5.69	742.27	28.98	19.59	25.46	23.31	22.34	11.76	11.67	11.14	22.58	22.35	22.61
1998/09/03 01:11:28	28.89	34.57	5.68	744.70	28.59	19.59	25.46	23.51	22.53	11.50	11.25	11.28	22.55	22.32	22.58
1998/09/03 01:31:27	28.98	34.57	5.60	747.13	27.61	19.59	25.27	23.31	22.34	11.67	11.29	11.33	24.28	23.96	24.25
1998/09/03 01:51:27	28.89	34.57	5.69	749.56	28.79	19.59	25.46	23.31	22.53	11.85	11.33	11.11	22.67	22.49	22.67
1998/09/03 02:11:28	28.99	34.58	5.59	751.98	28.79	19.59	25.27	23.51	22.53	11.54	11.20	11.25	24.40	24.16	24.46
1998/09/03 02:31:29	28.89	34.57	5.68	754.42	28.59	19.59	25.27	23.31	22.34	11.71	11.57	11.17	22.61	22.37	22.73
1998/09/03 02:51:25	28.99	34.58	5.59	756.84	28.59	19.59	24.68	23.31	22.53	11.88	11.39	11.19	24.63	24.31	24.52
1998/09/03 03:11:25	28.89	34.57	5.68	759.28	28.79	19.59	25.46	23.51	22.34	11.88	11.36	11.16	22.64	22.49	22.61
1998/09/03 03:31:26	28.89	34.58	5.69	761.70	28.79	19.59	25.46	23.31	22.53	11.74	11.39	11.16	22.70	22.40	22.76
1998/09/03 03:51:26	28.99	34.58	5.59	764.15	28.40	19.59	25.27	23.31	22.34	11.95	11.36	11.17	24.28	24.05	24.25
1998/09/03 04:11:27	28.89	34.57	5.68	766.58	28.79	19.59	25.27	23.31	22.53	11.64	11.35	11.16	22.70	22.49	22.67
1998/09/03 04:31:27	28.99	34.57	5.58	769.01	28.59	19.59	25.27	23.31	22.34	11.58	11.29	11.32	24.57	24.13	24.49
1998/09/03 04:51:28	28.95	34.57	5.62	771.46	28.79	19.59	25.27	23.51	22.34	11.73	11.66	11.14	22.79	23.99	24.34
1998/09/03 05:11:29	28.89	34.57	5.68	773.90	28.59	19.59	25.07	23.51	22.53	11.85	11.51	11.23	22.58	22.40	22.76
1998/09/03 05:31:29	28.89	34.57	5.68	776.33	28.59	19.59	25.46	23.31	22.53	11.80	11.66	11.25	22.79	22.64	22.90
1998/09/03 05:51:24	28.99	34.58	5.59	778.77	28.59	19.59	25.27	23.31	22.34	11.60	11.33	11.30	24.28	23.96	24.52
1998/09/03 06:11:25	29.00	34.58	5.58	781.22	28.59	19.59	25.46	23.31	22.53	11.92	11.48	11.20	24.31	24.31	24.52
1998/09/03 06:31:25	28.99	34.57	5.59	783.68	28.59	19.59	25.27	23.51	22.34	11.80	11.71	11.19	24.28	24.02	24.34
1998/09/03 06:51:26	28.88	34.57	5.69	786.12	28.59	19.59	24.10	23.31	22.53	11.86	11.32	11.20	22.67	22.43	22.64
1998/09/03 07:11:27	28.89	34.57	5.68	788.55	28.79	19.59	25.66	23.31	22.34	11.74	11.33	11.23	22.79	22.43	22.73
1998/09/03 07:31:28	28.88	34.57	5.70	790.99	28.59	19.59	23.90	23.31	22.34	11.79	11.32	11.14	22.93	22.64	22.76
1998/09/03 07:51:29	28.99	34.57	5.59	793.44	28.79	19.59	25.46	23.31	22.53	11.61	11.32	11.11	24.37	24.02	24.19
1998/09/03 08:11:27	28.89	34.57	5.68	795.87	28.40	19.59	25.46	23.31	22.53	11.51	11.35	11.36	22.55	22.37	22.64
1998/09/03 08:31:25	28.99	34.57	5.59	798.30	28.20	19.59	25.07	23.31	22.34	11.63	11.26	11.07	24.37	24.08	24.22

表2.3.9(14) 連続地上採水結果(14/14)

データ収録 日時	孔内 圧力 (kgf/cm ²)	ハッカ- 圧力 (kgf/cm ²)	ハッカ- 有効圧力 (kgf/cm ²)	排水総量 (ℓ)	モーター 温度 (°C)	孔内 温度 (°C)	ユニット内温度			12V系ユニット電源電圧		24V系ユニット電源電圧			
							連続採水 (°C)	採水 (°C)	結合 (°C)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)	連続採水 (V)	採水 (V)	結合 (V)
1998/09/03 08:51:26	28.89	34.57	5.68	800.72	28.40	19.59	25.27	23.51	22.34	11.71	11.30	11.23	22.49	22.32	22.61
1998/09/03 09:11:26	28.88	34.57	5.69	803.15	28.59	19.59	24.10	23.31	22.53	11.54	11.22	11.10	22.55	22.32	22.64
1998/09/03 09:31:27	28.89	34.57	5.68	805.56	28.40	19.59	25.07	23.31	22.53	11.60	11.25	11.13	22.67	22.23	22.52
1998/09/03 09:51:27	28.88	34.57	5.69	808.01	28.40	19.59	25.27	23.31	22.53	11.71	11.22	11.13	22.67	22.46	22.61
1998/09/03 10:11:28	28.89	34.57	5.68	810.43	27.22	19.59	25.27	23.51	22.53	11.66	11.16	11.17	22.55	22.29	22.55
1998/09/03 10:31:29	28.98	34.57	5.60	812.87	28.40	19.59	25.46	23.51	22.53	11.63	11.25	11.08	22.55	23.99	24.22
1998/09/03 10:39:16	28.88	34.57	5.69	813.82	28.40	19.59	25.27	23.51	22.34	11.58	11.45	11.07	22.43	22.29	22.52

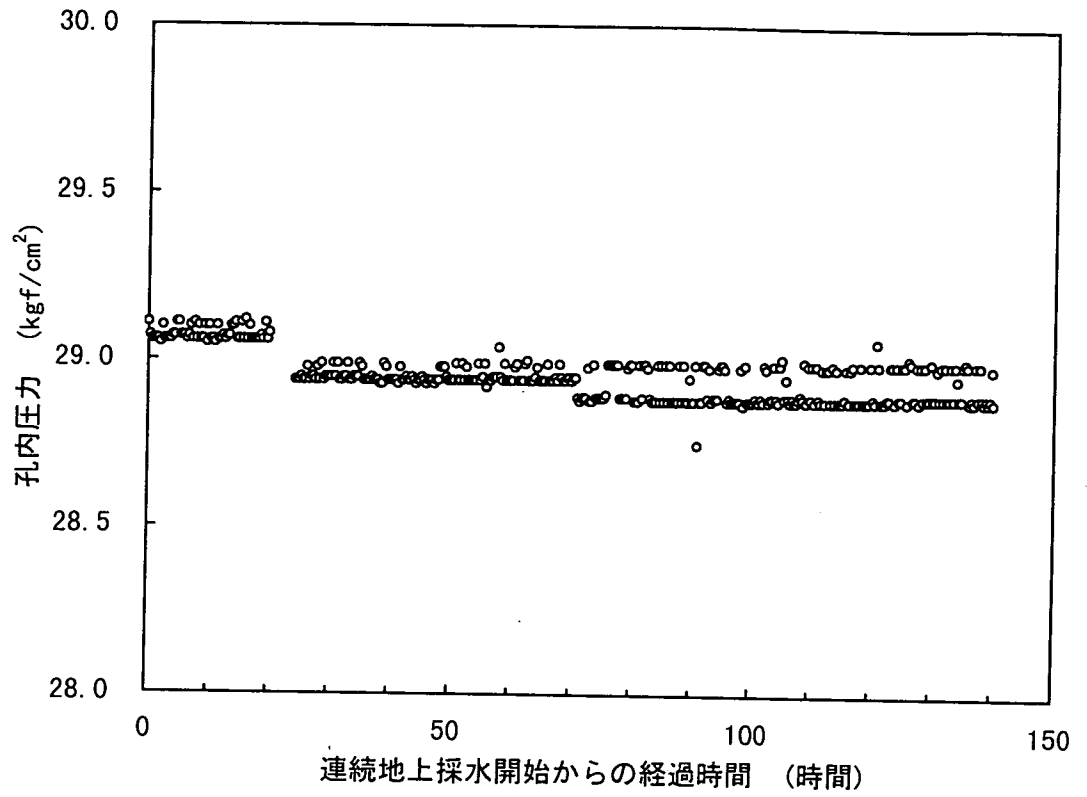


図2.3.2(1) 連続地上採水結果(孔内圧力)

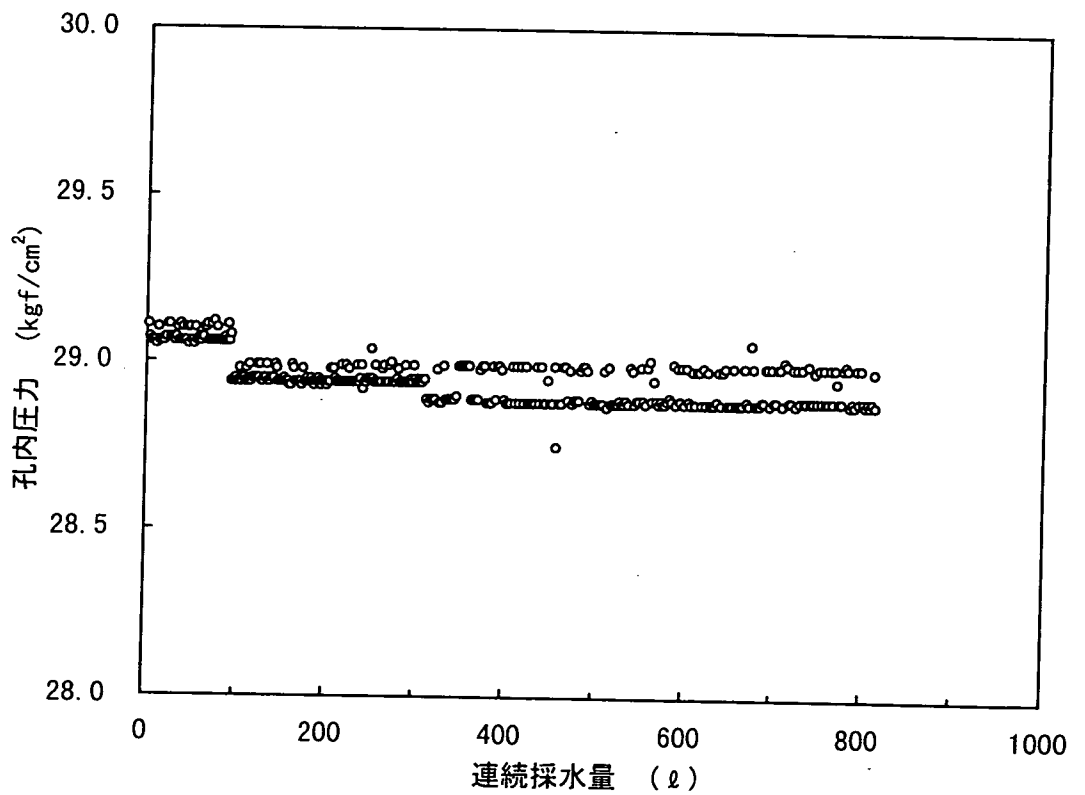


図2.3.2(2) 連続地上採水結果(孔内圧力)

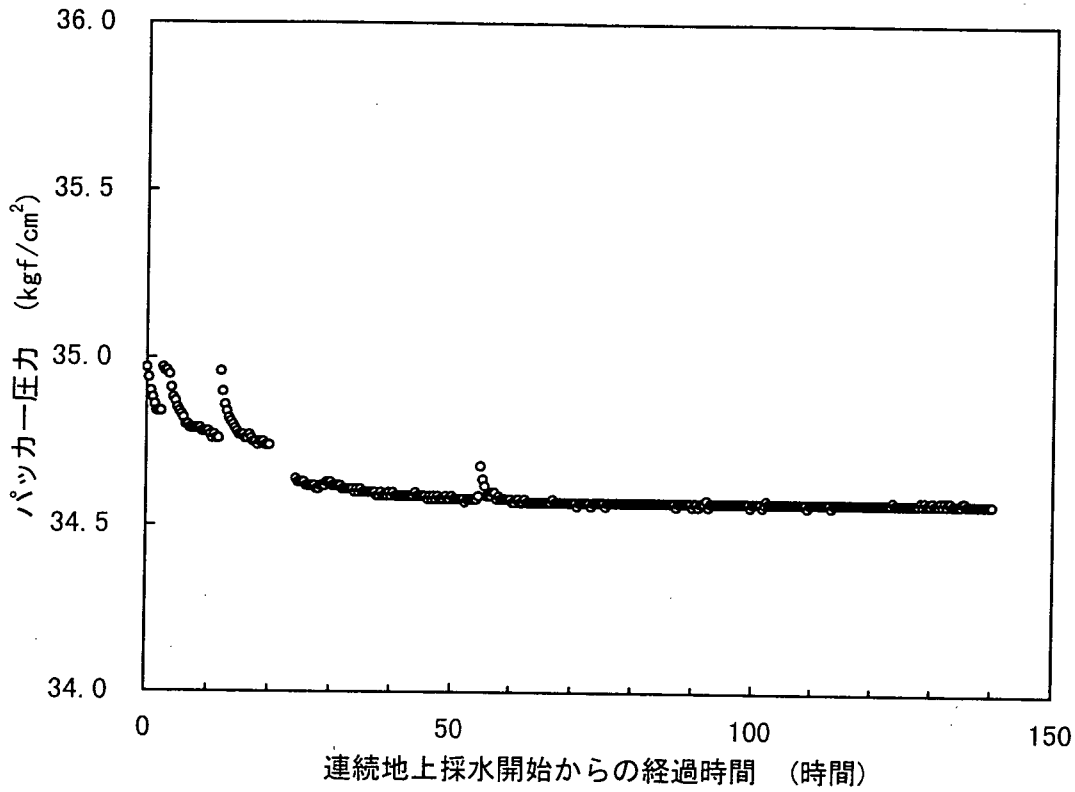


図2.3.2(3) 連続地上採水結果(パッカー圧力)

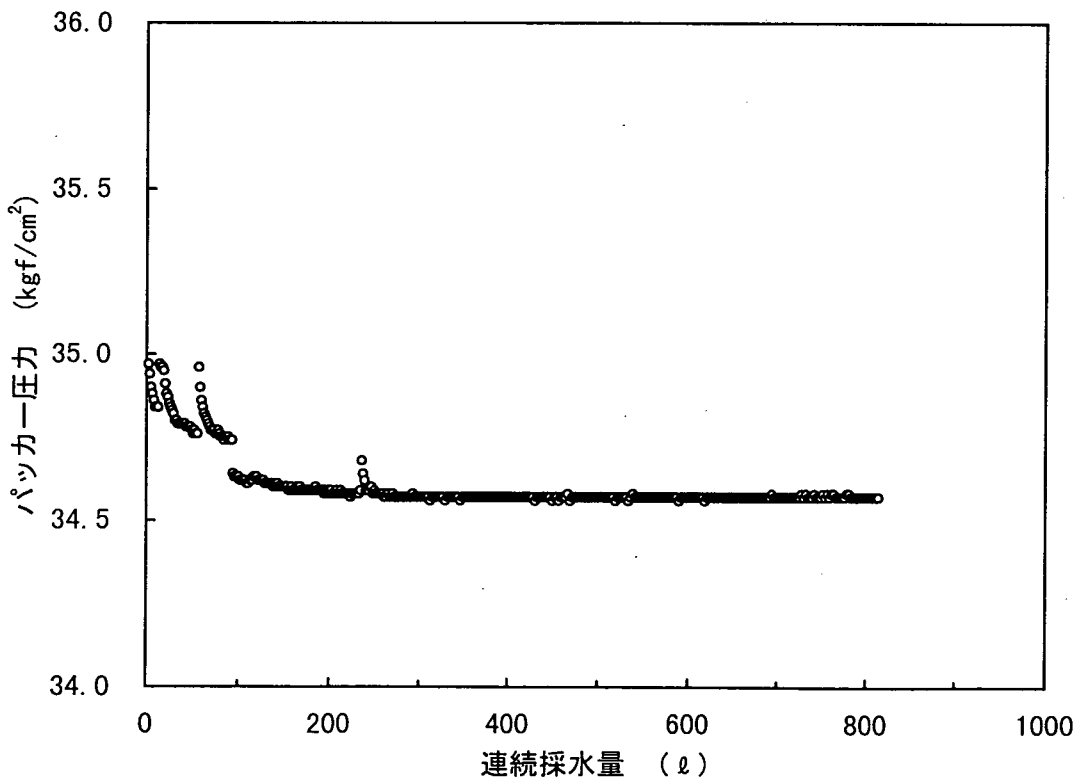


図2.3.2(4) 連続地上採水結果(パッカー圧力)

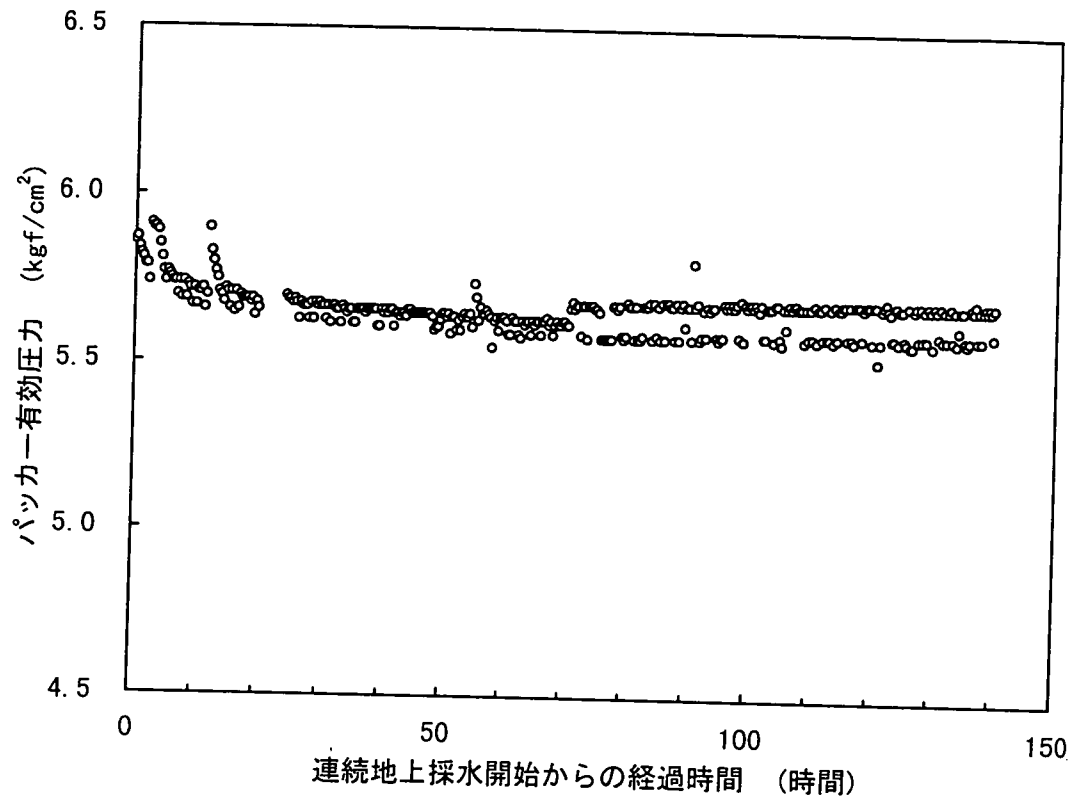


図2.3.2(5) 連続地上採水結果(パッカー有効圧力)

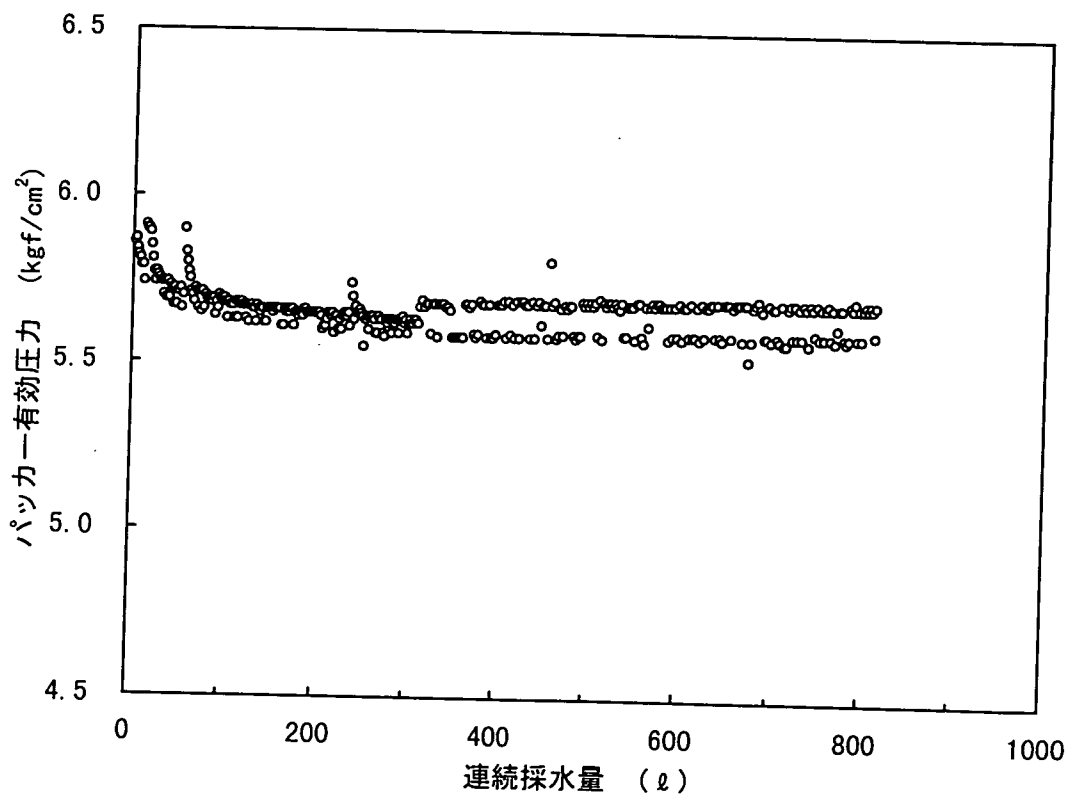


図2.3.2(6) 連続地上採水結果(パッカー有効圧力)

地上に回収した地下水は、重量測定によりその量を確認し、全量を保存した。保存容器には、1 規定硝酸・蒸留水で洗浄後、乾燥させた20 ℓ ポリタンクを用いた。また、採水量が採水区間体積に達する毎に、連続地上採水中の主要化学成分分析用試料として、別途、500ml 中蓋付ポリエチレン容器 2 本に保存した。ポリエチレン容器も、ポリタンクと同様、1 規定硝酸・蒸留水で洗浄後、乾燥させたものを使用した。

連続地上採水中、採水量を重量により確認した結果を表2.3.10に示す。表中の備考欄には、保存容器の番号と連続地上採水中の主要化学成分分析用試料の番号を記載した。

表2.3.10(1) 連続地上採水時の採水量測定結果(1/3)

計測日時	計測水量 (ℓ)	総採水量 (ℓ)	備 考
1998/08/28 16:25	10.0	10.0	ホース内水
1998/08/28 16:50	1.2	11.2	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-0)
1998/08/28 18:50	10.0	21.2	保存容器No. 1
1998/08/28 20:59	10.0	31.2	保存容器No. 1
1998/08/28 21:48	4.0	35.2	保存容器No. 1
1998/08/28 22:03	1.3	36.5	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-1)
1998/08/29 00:08	10.0	46.5	保存容器No. 2
1998/08/29 02:13	10.0	56.5	保存容器No. 2
1998/08/29 03:03	3.9	60.4	保存容器No. 2
1998/08/29 03:19	1.3	61.7	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-2)
1998/08/29 05:26	10.0	71.7	保存容器No. 3
1998/08/29 07:31	10.0	81.7	保存容器No. 3
1998/08/29 08:20	3.9	85.6	保存容器No. 3
1998/08/29 08:35	1.3	86.9	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-3)
1998/08/29 10:23	8.9	95.8	保存容器No. 4(採水を一時中断し、0.65ℓをセンサーのチェックに使用)
1998/08/29 16:40	10.0	105.8	保存容器No. 4
1998/08/29 17:43	5.0	110.8	保存容器No. 4
1998/08/29 18:00	1.3	112.1	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-4)
1998/08/29 20:00	10.0	122.1	保存容器No. 5
1998/08/29 22:08	10.0	132.1	保存容器No. 5
1998/08/29 22:57	3.9	136.0	保存容器No. 5
1998/08/29 23:11	1.3	137.3	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-5)
1998/08/30 01:17	10.0	147.3	保存容器No. 6
1998/08/30 03:23	10.0	157.3	保存容器No. 6
1998/08/30 04:10	3.9	161.2	保存容器No. 6
1998/08/30 04:25	1.3	162.5	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-6)
1998/08/30 06:27	10.0	172.5	保存容器No. 7
1998/08/30 08:28	10.0	182.5	保存容器No. 7
1998/08/30 09:14	3.9	186.4	保存容器No. 7
1998/08/30 09:30	1.3	187.7	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-7)
1998/08/30 11:35	10.0	197.7	保存容器No. 8
1998/08/30 13:40	10.2	207.9	保存容器No. 8
1998/08/30 14:24	3.7	211.6	保存容器No. 8
1998/08/30 14:40	1.3	212.9	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-8)
1998/08/30 16:40	10.0	222.9	保存容器No. 9
1998/08/30 18:44	10.0	232.9	保存容器No. 9
1998/08/30 19:30	3.9	236.8	保存容器No. 9
1998/08/30 19:45	1.3	238.1	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-9)
1998/08/30 21:49	10.0	248.1	保存容器No. 10
1998/08/31 23:52	10.0	258.1	保存容器No. 10
1998/08/31 00:39	3.9	262.0	保存容器No. 10
1998/08/31 00:55	1.3	263.3	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-10)
1998/08/31 02:55	10.0	273.3	保存容器No. 11
1998/08/31 04:56	10.0	283.3	保存容器No. 11
1998/08/31 05:43	3.9	287.2	保存容器No. 11
1998/08/31 05:58	1.3	288.5	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-11)
1998/08/31 07:58	10.0	298.5	保存容器No. 12
1998/08/31 09:58	10.0	308.5	保存容器No. 12
1998/08/31 10:46	3.9	312.4	保存容器No. 12
1998/08/31 10:51	1.2	313.6	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-12)

表2.3.10(2) 連続地上採水時の採水量測定結果(2/3)

計測日時	計測水量 (ℓ)	総採水量 (ℓ)	備 考
1998/08/31 13:00	10.0	323.6	保存容器No.13 (ポンプスピードを5から7に変更)
1998/08/31 14:30	10.0	333.6	保存容器No.13
1998/08/31 15:00	4.0	337.6	保存容器No.13
1998/08/31 15:12	1.2	338.8	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-13)
1998/08/31 16:30	10.0	348.8	保存容器No.14
1998/08/31 17:49	10.0	358.8	保存容器No.14
1998/08/31 18:21	4.0	362.8	保存容器No.14
1998/08/31 18:31	1.2	364.0	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-14)
1998/08/31 19:53	10.0	374.0	保存容器No.15
1998/08/31 21:07	10.0	384.0	保存容器No.15
1998/08/31 21:37	4.0	388.0	保存容器No.15
1998/08/31 21:46	1.2	389.2	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-15)
1998/09/01 23:05	10.0	399.2	保存容器No.16
1998/09/01 00:25	10.0	409.2	保存容器No.16
1998/09/01 00:55	4.0	413.2	保存容器No.16
1998/09/01 01:04	1.2	414.4	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-16)
1998/09/01 02:23	10.0	424.4	保存容器No.17
1998/09/01 03:40	10.0	434.4	保存容器No.17
1998/09/01 04:11	4.0	438.4	保存容器No.17
1998/09/01 04:20	1.2	439.6	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-17)
1998/09/01 05:39	10.0	449.6	保存容器No.18
1998/09/01 06:57	10.0	459.6	保存容器No.18
1998/09/01 07:28	4.0	463.6	保存容器No.18
1998/09/01 07:38	1.2	464.8	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-18)
1998/09/01 09:00	10.0	474.8	保存容器No.19
1998/09/01 10:16	10.0	484.8	保存容器No.19
1998/09/01 10:46	4.0	488.8	保存容器No.19
1998/09/01 10:58	1.2	490.0	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-19)
1998/09/01 12:16	10.0	500.0	保存容器No.20
1998/09/01 13:34	10.0	510.0	保存容器No.20
1998/09/01 14:06	4.0	514.0	保存容器No.20
1998/09/01 14:16	1.2	515.2	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-20)
1998/09/01 15:34	10.0	525.2	保存容器No.21
1998/09/01 16:53	10.0	535.2	保存容器No.21
1998/09/01 17:26	4.0	539.2	保存容器No.21
1998/09/01 17:35	1.2	540.4	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-21)
1998/09/01 18:56	10.0	550.4	保存容器No.22
1998/09/01 20:09	10.0	560.4	保存容器No.22
1998/09/01 20:40	4.0	564.4	保存容器No.22
1998/09/01 20:50	1.2	565.6	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-22)
1998/09/01 22:08	10.0	575.6	保存容器No.23
1998/09/01 23:27	10.0	585.6	保存容器No.23
1998/09/02 00:01	4.0	589.6	保存容器No.23
1998/09/02 00:10	1.2	590.8	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-23)
1998/09/02 01:28	10.0	600.8	保存容器No.24
1998/09/02 02:46	10.0	610.8	保存容器No.24
1998/09/02 03:18	4.0	614.8	保存容器No.24
1998/09/02 03:27	1.2	616.0	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-24)
1998/09/02 04:45	10.0	626.0	保存容器No.25
1998/09/02 06:03	10.0	636.0	保存容器No.25

表2.3.10(3) 連続地上採水時の採水量測定結果(3/3)

計測日時	計測水量 (ℓ)	総採水量 (ℓ)	備 考
1998/09/02 06:34	4.0	640.0	保存容器No. 25
1998/09/02 06:43	1.2	641.2	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-25)
1998/09/02 08:03	10.0	651.2	保存容器No. 26
1998/09/02 09:20	10.0	661.2	保存容器No. 26
1998/09/02 09:52	4.0	665.2	保存容器No. 26
1998/09/02 10:02	1.2	666.4	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-26)
1998/09/02 11:20	10.0	676.4	保存容器No. 27
1998/09/02 12:38	10.0	686.4	保存容器No. 27
1998/09/02 13:09	4.0	690.4	保存容器No. 27
1998/09/02 13:19	1.2	691.6	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-27)
1998/09/02 14:37	10.0	701.6	保存容器No. 28
1998/09/02 15:55	10.0	711.6	保存容器No. 28
1998/09/02 16:26	4.0	715.6	保存容器No. 28
1998/09/02 16:36	1.2	716.8	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-28)
1998/09/02 17:54	10.0	726.8	保存容器No. 29
1998/09/02 19:12	10.0	736.8	保存容器No. 29
1998/09/02 19:43	4.0	740.8	保存容器No. 29
1998/09/02 20:00	1.2	742.0	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-29)
1998/09/02 21:20	10.0	752.0	保存容器No. 30
1998/09/02 22:40	10.0	762.0	保存容器No. 30
1998/09/02 23:07	4.0	766.0	保存容器No. 30
1998/09/03 23:20	1.2	767.2	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-30)
1998/09/03 00:40	10.0	777.2	保存容器No. 31
1998/09/03 02:00	10.0	787.2	保存容器No. 31
1998/09/03 02:27	4.0	791.2	保存容器No. 31
1998/09/03 02:40	1.2	792.4	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-31)
1998/09/03 03:50	10.0	802.4	保存容器No. 32
1998/09/03 05:10	10.0	812.4	保存容器No. 32
1998/09/03 05:40	4.0	816.4	保存容器No. 32
1998/09/03 06:01	1.2	817.6	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-32)
1998/09/03 07:09	10.0	827.6	保存容器No. 33
1998/09/03 08:28	10.0	837.6	保存容器No. 33
1998/09/03 09:00	4.0	841.6	保存容器No. 33(2.3ℓを容器の共洗いに使用)
1998/09/03 09:10	1.2	842.8	連続地上採水中の主要化学分析用試料(DV-33)
1998/09/03 09:52	6.2	849.0	保存容器No. 34(全量6.2ℓを容器の共洗いに使用)

2.3.4 バッチ式採水結果

バッチ式採水は、9月3日から12日までの10日間、96回実施した。採水容器は、純度99.9995%以上のAr(95回目の分析所CのN₂・O₂分析用試料のみHe)を使用して3回以上、すべての容器に対して純ガスパージを実施した。

バッチ式採水の実施結果を表2.3.11に示す。全96回のバッチ式採水のうち、13回目、61回目の試料は、汚染されている可能性があったために廃棄し、74回目は、装置の故障により採水ができなかった。その結果、バッチ式採水で採取した地下水の化学分析用試料は、93回分の46.28ℓとなった。

作業実施中、13回目の採水終了後の孔内ユニット引上げ時に、孔内圧力とパッカー圧力が同じ値を示した。この原因としては、結合バルブもしくはノンスピルカプラの損傷が考えられたので、孔内ユニットを地上に引上げ後、結合バルブやノンスピルカプラの耐圧試験を実施した。その結果、結合ユニットのパッカー回路の遮水性低下が認められた。引き続き実施した結合ユニットの分解点検により、遮水性低下は、バルブのパッカー回路側のシートへの鉄粉の食い込みによるものと判明し、2.0号機の結合ユニットの点検・整備を実施した。

この点検・整備中、1.1号機の結合ユニットを借用して、バッチ式採水を再開した。再開後、最初の結合で、パッカー有効圧力が4.8kgf/cm²であったので、パッカーの再拡張を行い、パッカー有効圧力を6.0kgf/cm²とした。

その後、73回目までは大きなトラブルもなく順調に作業は進んだ。しかし、74回目のバッチ式採水中、採水ユニットの故障が判明したため、採水を中断し、採水ユニットを点検した。点検結果からは、採水駆動部の損傷が推察された。これ以上の現場点検作業は困難であると判断して、75回目以降の採水は、1.1号機の採水ユニットを用いて実施した。

表2.3.11(1) パッチ式採水結果(1/3)

採水回数	作業開始日	採水容器番号	採水初期 圧力 (kgf/cm ²)	降下 開始 時刻	結合ギャップ		排水 量 (回)	排水 初期 圧力 (kgf/cm ²)	孔内 圧力 (kgf/cm ²)	パッチ 圧力 (kgf/cm ²)	孔内 温度 (°C)	採水 時間 (min)	採水 圧力 (kgf/cm ²)	計算 採水量 (m ³)	引上 開始 時刻	回収時 孔内温度 (°C)	回収時 採水圧力 (kgf/cm ²)	引上 終了 時刻	累計 有効本数 (本)	累計 採水量 (m ³)	備 考
					A (mm)	B (mm)															
1	09/03	940810	-0.2			0.360	0.021		28.0	34.6	19.6	2	28.9	485	10:51	15.7	5.0		1	485	Arバージ・容器共洗い用
2	09/03	940802	-0.7	12:47	13:21	0.348	0.012		28.1	34.7	19.6	2	28.9	497	13:34	16.8	24.7	14:15	2	982	Arバージ・同位体
3	09/03	940807	-0.8	14:29	15:04	0.352	0.027		28.1	34.7	19.6	3	28.8	498	15:15	17.2	23.2	15:50	3	1480	Arバージ・同位体
4	09/03	940801	-0.8	16:00	16:37	0.352	0.002		28.1	34.7	19.6	3	28.9	498	18:49	17.5	22.8	17:25	4	1978	Arバージ・同位体
5	09/03	970305	-0.8	17:37	18:13	0.373	0.063		28.1	34.7	19.6	3	28.9	498	18:25	17.2	21.8	19:01	5	2478	Arバージ・同位体
6	09/03	940805	-0.8	19:12	19:51	0.432	0.156		28.1	34.7	19.5	3	28.9	498	20:04	17.1	22.4	20:40	6	2974	Arバージ・同位体
7	09/03	970303	-0.8	21:53	22:31	0.386	0.078		28.1	34.7	19.5	4	28.7	498	22:43	16.9	23.8	23:22	7	3472	Arバージ・同位体
8	09/03	961101	-0.8	23:34	00:13	0.352	0.021		28.1	34.7	19.5	3	28.9	498	00:25	16.7	24.2	01:02	8	3970	Arバージ・同位体
9	09/04	940808	-0.8	01:15	01:54	0.432	0.153		28.1	34.7	19.5	3	28.9	498	02:05	16.7	23.3	02:43	9	4468	Arバージ・同位体
10	09/04	940804	-0.8	02:55	03:34	0.457	0.188		28.1	34.6	19.5	3	28.9	498	03:45	16.7	22.4	04:24	10	4866	Arバージ・同位体
11	09/04	970302	-0.8	04:36	05:15	0.463	0.215		28.1	34.5	19.5	3	28.9	498	05:26	16.7	24.2	06:00	11	5464	Arバージ・同位体
12	09/04	970307	-0.8	06:12	06:48	0.386	0.072		28.1	34.3	19.5	3	28.9	498	06:59	16.7	24.2	07:37	12	5962	Arバージ・同位体
13	09/04		-0.8	07:52	08:30	0.365	0.048		28.1	34.4	19.6	3	28.9	498	08:46	16.7	23.8	09:22	13	5962	Arバージ・無効
14	09/05	940803	-0.8	08:34	09:20	0.208	0.142		28.0	34.7	19.4	3	28.9	498	09:38	16.7	23.9	10:15	14	6460	Arバージ・母集団に提出(結合ユニット1.1号機に交換)
15	09/05	970304	-0.8	10:30	11:07	0.224	0.161		28.0	34.6	19.4	3	28.9	498	11:18	17.0	22.7	11:55	15	6958	Arバージ・母集団に提出
16	09/05	970301	-0.8	12:05	12:43	0.213	0.136		28.0	34.6	19.5	3	28.9	498	12:53	17.2	24.1	13:29	16	7456	Arバージ・同位体
17	09/05	970306	-0.8	13:44	14:20	0.215	0.142		28.0	34.6	19.2	3	28.9	498	14:30	17.2	23.4	15:08	17	7954	Arバージ・同位体
18	09/05	940802	-0.8	15:39	16:14	0.212	0.136		28.0	34.6	19.1	3	28.9	498	16:23	17.0	23.8	17:01	18	8452	Arバージ・同位体
19	09/05	940807	-0.8	17:13	17:48	0.221	0.148		28.0	34.6	19.3	3	28.9	498	17:58	16.8	22.5	18:38	19	8950	Arバージ・同位体
20	09/05	940801	-0.8	18:50	19:27	0.215	0.142		28.0	34.6	19.1	3	28.9	498	19:37	16.8	24.0	20:15	20	9448	Arバージ・同位体
21	09/05	970305	-0.8	20:27	21:09	0.221	0.148		28.0	34.6	19.4	3	28.9	498	21:19	16.7	24.5	21:57	21	9946	Arバージ・同位体
22	09/05	940805	-0.8	22:07	22:49	0.218	0.148		28.0	34.6	19.4	3	28.9	498	22:59	16.6	24.0	23:39	22	10444	Arバージ・同位体
23	09/05	970303	-0.8	23:48	00:52	0.221	0.148		28.0	34.6	19.4	3	28.9	498	01:02	16.6	24.3	01:40	23	10943	Arバージ・同位体
24	09/06	961101	-0.8	01:49	02:33	0.221	0.148		28.0	34.6	19.4	3	28.9	499	02:43	16.6	24.1	03:22	24	11442	Arバージ・同位体
25	09/06	940808	-0.8	03:32	04:15	0.221	0.148		28.0	34.6	19.4	3	28.9	498	04:26	16.5	23.3	05:11	25	11940	Arバージ・同位体
26	09/06	940804	-0.8	05:21	06:06	0.224	0.148		28.0	34.6	19.4	3	28.9	498	06:17	16.5	22.5	06:54	26	12438	Arバージ・同位体
27	09/06	970302	-0.8	07:04	07:44	0.221	0.148		28.0	34.6	19.4	3	28.9	498	07:54	16.6	24.0	08:33	27	12936	Arバージ・同位体
28	09/06	940803	-0.8	08:43	09:22	0.226	0.148		28.0	34.6	19.4	3	28.9	498	09:33	16.6	23.1	10:14	28	13434	Arバージ・Fe
29	09/06	970304	-0.8	10:32	11:12	0.221	0.148		28.0	34.6	19.4	3	28.9	498	11:24	16.6	23.1	12:18	29	13932	Arバージ・Fe
30	09/06	970307	-0.8	12:29	13:07	0.218	0.148		28.0	34.6	19.4	3	28.9	498	13:17	16.8	23.9	13:58	30	14430	Arバージ・同位体
31	09/06		-0.8	14:08	14:50	0.218	0.148		28.0	34.6	19.3	3	28.9	498	15:01	16.6	23.6	15:40	31	14928	Arバージ・Fe
32	09/06	970301	-0.8	15:50	16:35	0.218	0.148		28.0	34.6	19.5	3	28.9	498	16:40	16.5	23.7	17:22	32	15426	Arバージ・同位体

表2.3.11(2) バッチ式採水結果(2/3)

採水回数	作業開始日	採水容器番号	採水初期圧力 (kgf/cm ²)	降下開始時刻	結合ギャップ (mm)		排水量 (回)	採水初期圧力 (kgf/cm ²)	孔内圧力 (kgf/cm ²)	バック圧力 (kgf/cm ²)	孔内温度 (°C)	採水時間 (min)	採水圧力 (kgf/cm ²)	計算採水量 (mL)	引上開始時刻	回収時孔内温度 (°C)	回収時採水圧力 (kgf/cm ²)	引上終了時刻	累計有効本数 (本)	累計採水量 (mL)	備考
					A	B															
33	09/06	970306	-0.8	18:08	0.212	0.141	3	-0.9	29.0	34.6	19.4	3	28.9	498	19:02	16.6	23.1	19:40	32	15925	Arバージ・陽イオン
34	09/06	940802	-0.8	19:49	0.209	0.130	3	-0.9	29.0	34.6	19.3	3	28.9	499	20:38	16.3	22.6	21:33	33	16424	Arバージ・陽イオン
35	09/06	940807	-0.8	21:41	0.215	0.136	3	-0.9	29.0	34.6	19.4	3	28.9	498	22:31	16.3	23.7	23:24	34	16922	Arバージ・有機物
36	09/06	940801	-0.8	23:32	0.215	0.142	3	-0.9	29.0	34.7	19.4	3	28.9	498	00:26	16.4	24.2	01:04	35	17420	Arバージ・有機物
37	09/07	970305	-0.8	02:34	0.209	0.142	3	-0.9	29.0	34.7	19.4	3	28.9	498	03:25	16.4	23.6	04:04	36	17918	Arバージ・有機物
38	09/07	940805	-0.8	04:13	0.221	0.136	3	-0.9	29.0	34.7	19.3	3	28.9	498	05:02	16.3	22.5	05:41	37	18416	Arバージ・有機物
39	09/07	970303	-0.8	05:49	0.206	0.136	3	-0.9	29.0	34.7	19.4	3	28.9	498	06:35	16.4	24.1	07:05	38	18914	Arバージ・有機物
40	09/07	961101	-0.8	07:13	0.221	0.148	3	-0.9	29.0	34.7	19.3	3	28.9	498	07:57	16.4	24.3	08:38	39	19412	Arバージ・陽イオン
41	09/07	970301	-0.8	08:55	0.215	0.138	3	-0.9	29.0	34.7	19.3	3	28.9	498	09:47	16.5	24.0	10:32	40	19910	Arバージ・陽イオン
42	09/07	970306	-0.8	10:53	0.208	0.130	3	-0.9	29.0	34.7	19.4	3	28.9	498	11:39	16.5	23.6	12:19	41	20408	Arバージ・微生物(片針がつまり、5kgf/cm ² 程圧が残る)
43	09/07	940802	-0.8	13:07	0.209	0.130	3	-0.9	29.0	34.7	19.4	3	28.9	498	13:56	16.5	23.9	14:34	42	20906	Arバージ・微生物
44	09/07	940807	-0.8	14:43	0.215	0.142	3	-0.9	29.0	34.7	19.3	3	28.9	498	15:31	16.7	23.0	16:03	43	21404	Arバージ・陽イオン
45	09/07	940801	-0.8	16:13	0.209	0.130	3	-0.9	29.0	34.7	19.3	3	28.9	498	16:58	16.7	22.0	17:45	44	21902	Arバージ・陽イオン
46	09/07	970305	-0.8	17:55	0.206	0.130	3	-0.9	29.0	34.7	19.4	3	28.9	498	18:42	16.7	23.1	19:17	45	22400	Arバージ・有機物
47	09/07	940805	-0.8	19:26	0.215	0.142	3	-0.9	29.0	34.7	19.3	3	28.9	498	20:14	16.5	22.9	20:48	46	22898	Arバージ・有機物
48	09/07	970303	-0.8	20:55	0.212	0.130	3	-0.9	29.0	34.7	19.3	3	28.9	498	21:42	16.5	24.5	22:21	47	23396	Arバージ・有機物
49	09/07	961101	-0.8	22:28	0.212	0.142	3	-0.9	29.0	34.8	19.3	3	28.9	498	23:15	16.5	24.2	23:49	48	23894	Arバージ・有機物
50	09/07	970301	-0.8	23:58	0.212	0.136	3	-0.9	29.0	34.8	19.3	3	28.9	498	00:47	16.5	24.4	01:24	49	24392	Arバージ・有機物
51	09/08	970306	-0.8	03:20	0.206	0.130	3	-0.9	29.0	34.8	19.3	3	28.9	498	04:06	16.4	24.5	04:42	50	24890	Arバージ・微生物
52	09/08	940802	-0.8	04:50	0.209	0.136	3	-0.9	29.0	34.8	19.3	3	28.9	498	05:39	16.3	24.1	06:16	51	25388	Arバージ・微生物
53	09/08	940807	-0.8	06:23	0.221	0.142	4	-0.9	29.0	34.8	19.3	3	28.9	498	07:12	16.3	23.8	07:51	52	25886	Arバージ・微生物
54	09/08	940801	-0.8	08:01	0.215	0.136	3	-0.9	29.0	34.8	19.4	3	28.9	498	08:54	16.7	24.1	09:34	53	26384	Arバージ・微生物
55	09/08	970305	-0.8	09:45	0.206	0.130	3	-0.9	29.0	34.8	19.4	3	28.9	498	10:31	17.0	23.1	11:05	54	26883	Arバージ・微生物
56	09/08	940805	-0.8	11:19	0.208	0.130	3	-0.9	29.0	34.8	19.4	3	28.9	498	12:14	17.3	23.1	12:48	55	27382	Arバージ・陽イオン(カプラにゴミが残る)
57	09/08	970303	-0.8	13:01	0.208	0.130	3	-0.9	29.0	34.8	19.4	3	28.9	498	13:48	17.4	23.4	14:26	56	27881	Arバージ・陽イオン
58	09/08	961101	-0.8	14:35	0.215	0.142	3	-0.9	29.0	34.8	19.4	3	28.9	498	15:27	17.9	22.9	16:04	57	28380	Arバージ・陽イオン
59	09/08	970301	-0.8	16:14	0.218	0.142	3	-0.9	29.0	34.9	19.2	3	28.9	498	17:10	17.8	22.7	17:45	58	28878	Arバージ・陽イオン
60	09/08	970306	-0.8	17:57	0.218	0.142	3	-0.9	29.0	34.9	19.2	3	28.9	498	18:50	17.6	22.4	19:25	59	29376	Arバージ・陽イオン
61	09/08	940802	-0.8	19:36	0.226	0.161	3	-0.9	29.0	34.9	19.2	9	7.5	495	20:35	16.9	7.4	21:12	60	29874	Arバージ・無効
62	09/08	940807	-0.8	21:44	0.226	0.155	3	-0.9	29.0	34.9	19.2	3	28.7	488	22:40	16.9	23.2	23:20	61	30372	Arバージ・陽イオン
63	09/08	940801	-0.8	23:27	0.209	0.136	3	-0.9	29.0	34.9	19.3	3	28.9	498	00:17	16.8	23.5	00:56	62	30870	Arバージ・陽イオン
64	09/09	970305	-0.8	01:07	0.200	0.123	3	-0.9	29.0	34.9	19.3	3	28.9	498	01:53	16.8	24.7	02:23	62	30870	Arバージ・陽イオン

表2.3.11(3) バッチ式採水結果(3/3)

採水回数	作業開始日	採水容器番号	採水初期圧力 (kgf/cm ²)	降下開始時刻	結合ギャップ		排水初期圧力 (kgf/cm ²)	排水初期圧力 (kgf/cm ²)	孔内圧力 (kgf/cm ²)	バッチ圧力 (kgf/cm ²)	孔内温度 (°C)	採水時間 (min)	採水圧力 (kgf/cm ²)	計算採水量 (mL)	引上開始時刻	回収時孔内温度 (°C)	回収時採水圧力 (kgf/cm ²)	引上終了時刻	累計有効本数 (本)	累計採水量 (mL)	備考	
					A (mm)	B (mm)																
65	09/09	940805	-0.8	02:33	0.200	0.123	3	-0.9	29.0	34.9	19.4	3	28.9	488	03:19	16.9	23.9	03:49	63	31368	Arバッチ・陽イオン	
66	09/09	970303	-0.8	03:57	0.195	0.111	3	-0.9	29.0	34.9	19.3	3	28.9	488	04:40	16.7	24.5	05:10	64	31868	Arバッチ・陽イオン	
67	09/09	961101	-0.8	05:18	0.195	0.117	3	-0.9	29.0	34.9	19.3	3	28.9	488	06:00	16.7	24.5	06:37	65	32384	Arバッチ・陽イオン	
68	09/09	970301	-0.8	06:44	0.192	0.111	3	-0.9	29.0	34.9	19.3	3	28.9	489	07:32	16.9	23.8	08:05	66	32863	Arバッチ・陽イオン	
69	09/09	970306	-0.8	08:29	0.200	0.117	3	-0.9	29.0	35.0	19.3	3	28.9	499	09:17	17.6	23.4	09:51	67	33382	Arバッチ・微生物	
70	09/09	940802	-0.8	10:25	0.182	0.111	3	-0.8	29.0	35.0	19.6	3	28.9	488	11:13	17.3	23.2	11:44	68	33860	Arバッチ・微生物	
71	09/09	940807	-0.8	11:53	0.182	0.111	3	-0.9	29.0	35.0	19.3	3	28.9	489	12:39	17.6	22.0	13:09	69	34359	Arバッチ・陽イオン	
72	09/09	940801	-0.8	13:18	0.203	0.130	3	-0.9	29.0	35.0	19.4	3	28.9	488	14:05	17.6	23.0	14:35	70	34857	Arバッチ・有機物	
73	09/09	970305	-0.8	14:43	0.209	0.136	3	-0.9	29.0	35.0	19.5	3	28.9	489	15:32	17.8	23.3	16:10	71	35356	Arバッチ・有機物	
74	09/09	940805	-0.8	16:30	0.208	0.123	3	-0.9	29.0	35.0	19.2											
75	09/10	970303	-1.0	11:06	0.186	0.104	3	-0.8	29.0	35.0	19.3	3	29.0	494	12:01	17.8	23.4	12:31	72	35850	Arバッチ・有機物(採水ユニット1.1号機に交換)	
76	09/10	961101	-1.1	12:59	0.186	0.104	3	-0.8	29.0	35.0	19.5	3	29.0	497	13:51	18.2	23.2	14:27	73	36347	Arバッチ・有機物	
77	09/10	970301	-1.1	14:43	0.189	0.117	3	-0.8	29.0	35.0	19.4	3	29.0	497	15:34	18.1	22.7	16:10	74	36844	Arバッチ・有機物	
78	09/10	940802	-1.1	16:27	0.186	0.104	3	-0.8	29.0	35.0	19.5	3	28.2	497	17:20	17.7	22.4	17:50	75	37341	Arバッチ・陽イオン	
79	09/10	940807	-1.1	18:05	0.209	0.136	3	-0.8	29.0	35.1	19.3	3	28.4	497	18:55	17.6	21.4	19:33	76	37838	Arバッチ・陽イオン	
80	09/10	940805	-1.1	19:50	0.224	0.146	3	-0.8	29.0	35.1	19.3	3	28.3	497	20:40	17.8	21.0	21:20	77	38335	Arバッチ・溶解ガス	
81	09/10	940808	-1.1	21:25	0.203	0.123	3	-0.8	29.0	35.1	19.3	3	28.2	497	22:28	16.9	21.1	23:00	78	38832	Arバッチ・溶解ガス	
82	09/10	940804	-1.1	23:16	0.212	0.130	3	-0.8	29.0	35.1	19.3	3	29.0	497	00:05	16.8	21.1	00:44	79	39329	Arバッチ・溶解ガス	
83	09/11	970302	-1.1	00:36	0.195	0.123	3	-0.8	29.0	35.1	19.3	3	29.1	498	01:44	16.8	24.1	02:18	80	39825	Arバッチ・溶解ガス	
84	09/11	970307	-1.1	02:31	0.195	0.111	3	-0.8	29.0	35.1	19.3	3	29.0	498	03:18	16.8	24.1	03:49	81	40321	Arバッチ・溶解ガス	
85	09/11	940803	-1.1	04:04	0.197	0.123	3	-0.7	29.0	35.1	19.3	3	29.1	495	04:50	16.7	28.0	05:20	82	40816	Arバッチ・同位体	
86	09/11	970304	-1.1	05:45	0.189	0.123	3	-0.8	29.0	35.1	19.3	3	29.0	498	06:32	16.7	23.9	07:10	83	41312	Arバッチ・同位体	
87	09/11	970306	-1.1	07:21	0.183	0.104	3	-0.8	29.0	35.2	19.4	3	29.1	498	08:10	16.9	24.3	08:47	84	41808	Arバッチ・溶解ガス	
88	09/11	940802	-1.1	09:16	0.241	0.171	3	-0.8	29.0	35.2	19.4	3	29.1	497	10:04	17.1	23.1	10:40	85	42305	Arバッチ・同位体	
89	09/11	940807	-1.1	10:53	0.232	0.161	3	-0.8	29.0	35.2	19.4	3	29.0	498	11:44	17.3	22.2	12:20	86	42801	Arバッチ・同位体	
90	09/11	940801	-1.1	12:31	0.148	0.148	3	-0.8	29.0	35.2	19.5	3	29.0	498	13:20	17.4	22.2	13:55	87	43297	Arバッチ・溶解ガス	
91	09/11	970305	-1.1	14:05	0.209	0.142	3	-0.8	29.0	35.2	19.4	3	29.1	498	14:55	18.0	23.1	15:30	88	43783	Arバッチ・Fo	
92	09/11	970303	-1.0	15:44	0.232	0.167	3	-0.8	29.0	35.2	19.3	3	28.1	497	16:30	17.6	23.5	17:05	89	44290	Arバッチ・Fo	
93	09/11	961101	-1.1	17:15	0.221	0.148	3	-0.9	29.0	35.2	19.2	3	27.7	498	18:13	17.3	22.1	18:50	90	44788	Arバッチ・Fo	
94	09/11	940808	-1.1	19:01	0.235	0.161	3	-0.9	29.0	35.2	19.4	3	28.1	499	19:52	17.5	21.6	20:32	91	45287	Arバッチ・溶解ガス	
95	09/11	970301	-1.1	21:13	0.241	0.167	3	-0.8	29.0	35.3	19.4	3	28.1	497	22:10	17.0	21.9	22:50	92	45784	Arバッチ・溶解ガス	
96	09/12		-1.1	08:21	0.279	0.205	3	-0.8	29.0	35.2	18.5	3	28.1	496	11:14	16.3	23.1	11:54	93	46280	Arバッチ・予備	

2.3.5 パッカー収縮結果

96回目のバッチ式採水終了後、9月12日9時13分よりパッカーの収縮作業を開始した。パッカー収縮中、約5秒毎に記録された孔内・パッカー・パッカー有効圧力の各データを約1分間隔で抜粋し、表2.3.12に示す。図2.3.3には、表2.3.12の孔内・パッカー・パッカー有効圧力をパッカー拡張開始からの経過時間に対してプロットした。

パッカー有効圧力は、収縮開始後約2時間で負圧となり、パッカー拡張量12.54 ℓに対し、収縮量が12.45 ℓに達したため、収縮作業を終了した。

表2.3.12(1) パッカー収縮結果(1/2)

データ収録 日時	孔内圧力 (kgf/cm ²)	ハッカー圧力 (kgf/cm ²)	ハッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)	データ収録 日時	孔内圧力 (kgf/cm ²)	ハッカー圧力 (kgf/cm ²)	ハッカー 有効圧力 (kgf/cm ²)
1998/09/12 09:13:04	29.01	35.22	6.21	1998/09/12 10:03:05	29.01	29.67	0.65
1998/09/12 09:14:02	29.02	32.49	3.47	1998/09/12 10:04:03	29.01	29.73	0.72
1998/09/12 09:15:05	29.01	31.67	2.66	1998/09/12 10:05:06	29.01	29.72	0.71
1998/09/12 09:16:05	29.01	31.50	2.49	1998/09/12 10:06:04	29.01	29.65	0.64
1998/09/12 09:17:03	29.00	31.20	2.20	1998/09/12 10:07:02	29.01	29.70	0.70
1998/09/12 09:18:06	29.01	30.90	1.90	1998/09/12 10:08:05	29.00	29.63	0.63
1998/09/12 09:19:04	29.01	30.79	1.78	1998/09/12 10:09:03	29.01	29.69	0.68
1998/09/12 09:20:02	29.02	30.58	1.57	1998/09/12 10:10:06	29.01	29.68	0.67
1998/09/12 09:21:05	29.01	30.46	1.45	1998/09/12 10:11:04	29.01	29.62	0.61
1998/09/12 09:22:02	29.01	30.30	1.30	1998/09/12 10:12:01	29.02	29.67	0.65
1998/09/12 09:23:05	29.01	30.20	1.19	1998/09/12 10:13:05	29.01	29.60	0.60
1998/09/12 09:24:03	29.02	30.20	1.19	1998/09/12 10:14:02	29.00	29.66	0.65
1998/09/12 09:25:06	29.01	30.05	1.04	1998/09/12 10:15:05	29.01	29.65	0.64
1998/09/12 09:26:04	29.01	30.13	1.12	1998/09/12 10:16:03	29.00	29.58	0.58
1998/09/12 09:27:02	29.01	30.02	1.01	1998/09/12 10:17:06	29.01	29.64	0.63
1998/09/12 09:28:05	29.01	30.00	0.99	1998/09/12 10:18:04	29.01	29.56	0.55
1998/09/12 09:29:03	29.01	30.04	1.03	1998/09/12 10:19:02	29.01	29.56	0.55
1998/09/12 09:30:06	29.01	29.96	0.95	1998/09/12 10:20:05	29.01	29.60	0.59
1998/09/12 09:31:03	29.01	30.01	1.00	1998/09/12 10:21:02	29.01	29.53	0.53
1998/09/12 09:32:06	29.01	29.94	0.93	1998/09/12 10:22:05	29.01	29.53	0.52
1998/09/12 09:33:04	29.00	29.93	0.92	1998/09/12 10:23:03	29.01	29.51	0.50
1998/09/12 09:34:02	29.01	29.91	0.90	1998/09/12 10:24:06	29.01	29.51	0.49
1998/09/12 09:35:05	29.00	29.89	0.88	1998/09/12 10:25:04	29.01	29.56	0.55
1998/09/12 09:36:03	29.01	29.94	0.93	1998/09/12 10:26:02	29.01	29.48	0.48
1998/09/12 09:37:06	29.01	29.87	0.86	1998/09/12 10:27:05	29.01	29.48	0.48
1998/09/12 09:38:04	29.01	29.87	0.86	1998/09/12 10:28:02	29.01	29.46	0.45
1998/09/12 09:39:01	29.00	29.84	0.84	1998/09/12 10:29:05	29.00	29.46	0.46
1998/09/12 09:40:04	29.01	29.84	0.83	1998/09/12 10:30:03	29.01	29.51	0.50
1998/09/12 09:41:02	29.01	29.89	0.88	1998/09/12 10:31:06	29.01	29.42	0.41
1998/09/12 09:42:05	29.01	29.81	0.81	1998/09/12 10:32:04	29.01	29.42	0.41
1998/09/12 09:43:03	29.01	29.81	0.80	1998/09/12 10:33:02	29.01	29.40	0.39
1998/09/12 09:44:06	29.01	29.86	0.85	1998/09/12 10:34:05	29.00	29.39	0.39
1998/09/12 09:45:04	29.01	29.79	0.79	1998/09/12 10:35:03	29.01	29.44	0.43
1998/09/12 09:46:02	29.01	29.86	0.85	1998/09/12 10:36:06	29.01	29.35	0.34
1998/09/12 09:47:05	29.01	29.77	0.76	1998/09/12 10:37:03	29.01	29.35	0.34
1998/09/12 09:48:02	29.00	29.77	0.76	1998/09/12 10:38:06	29.01	29.39	0.38
1998/09/12 09:49:05	29.01	29.83	0.82	1998/09/12 10:39:04	29.01	29.31	0.30
1998/09/12 09:50:03	29.00	29.75	0.75	1998/09/12 10:40:02	29.01	29.35	0.34
1998/09/12 09:51:06	29.01	29.75	0.74	1998/09/12 10:41:05	29.00	29.25	0.25
1998/09/12 09:52:04	29.01	29.74	0.73	1998/09/12 10:42:03	29.01	29.26	0.25
1998/09/12 09:53:02	29.01	29.74	0.73	1998/09/12 10:43:06	29.01	29.29	0.29
1998/09/12 09:54:05	29.02	29.79	0.78	1998/09/12 10:44:03	29.01	29.20	0.20
1998/09/12 09:55:02	29.00	29.72	0.72	1998/09/12 10:45:06	29.02	29.20	0.18
1998/09/12 09:56:05	29.01	29.72	0.71	1998/09/12 10:46:04	29.01	29.15	0.14
1998/09/12 09:57:03	29.01	29.70	0.70	1998/09/12 10:47:02	29.00	29.14	0.14
1998/09/12 09:58:06	29.00	29.70	0.70	1998/09/12 10:48:05	29.01	29.17	0.16
1998/09/12 09:59:04	29.01	29.76	0.75	1998/09/12 10:49:03	29.01	29.07	0.07
1998/09/12 10:00:02	29.01	29.68	0.67	1998/09/12 10:50:06	29.01	29.06	0.05
1998/09/12 10:01:05	29.01	29.69	0.68	1998/09/12 10:51:04	29.02	29.02	0.00
1998/09/12 10:02:02	29.01	29.74	0.73	1998/09/12 10:52:01	29.02	29.01	0.00

表2.3.12(2) パッカー収縮結果(2/2)

データ収録日時	孔内圧力 (kgf/cm ²)	ハッカ-圧力 (kgf/cm ²)	ハッカ-有効圧力 (kgf/cm ²)	データ収録日時	孔内圧力 (kgf/cm ²)	ハッカ-圧力 (kgf/cm ²)	ハッカ-有効圧力 (kgf/cm ²)
1998/09/12 10:53:04	29.02	29.03	0.01	1998/09/12 11:05:05	29.02	28.69	-0.33
1998/09/12 10:54:04	29.02	29.05	0.04	1998/09/12 11:06:03	29.02	28.65	-0.37
1998/09/12 10:55:02	29.02	29.01	0.00	1998/09/12 11:07:06	29.02	28.60	-0.42
1998/09/12 10:56:05	29.02	28.98	-0.04	1998/09/12 11:08:04	29.02	28.54	-0.48
1998/09/12 10:57:02	29.02	28.91	-0.11	1998/09/12 11:09:02	29.02	28.50	-0.51
1998/09/12 10:58:05	29.02	28.87	-0.14	1998/09/12 11:10:05	29.02	28.37	-0.64
1998/09/12 10:59:03	29.02	28.85	-0.16	1998/09/12 11:11:03	29.02	28.12	-0.89
1998/09/12 11:00:06	29.02	28.84	-0.18	1998/09/12 11:12:06	29.02	28.27	-0.75
1998/09/12 11:01:04	29.02	28.82	-0.19	1998/09/12 11:13:05	29.02	28.31	-0.71
1998/09/12 11:02:02	29.02	28.83	-0.19	1998/09/12 11:14:02	29.02	28.33	-0.69
1998/09/12 11:03:05	29.01	28.80	-0.21	1998/09/12 11:15:01	29.01	28.34	-0.67
1998/09/12 11:04:02	29.01	28.72	-0.29				

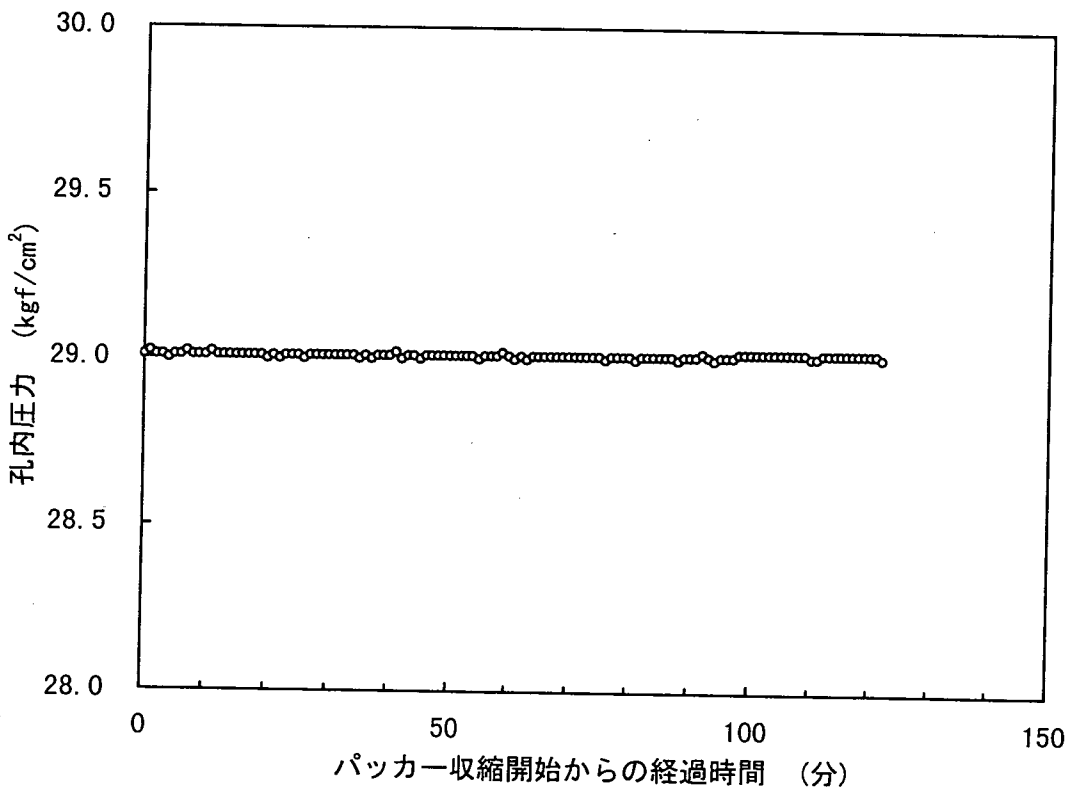


図2.3.3(1) パッカー収縮結果(孔内圧力)

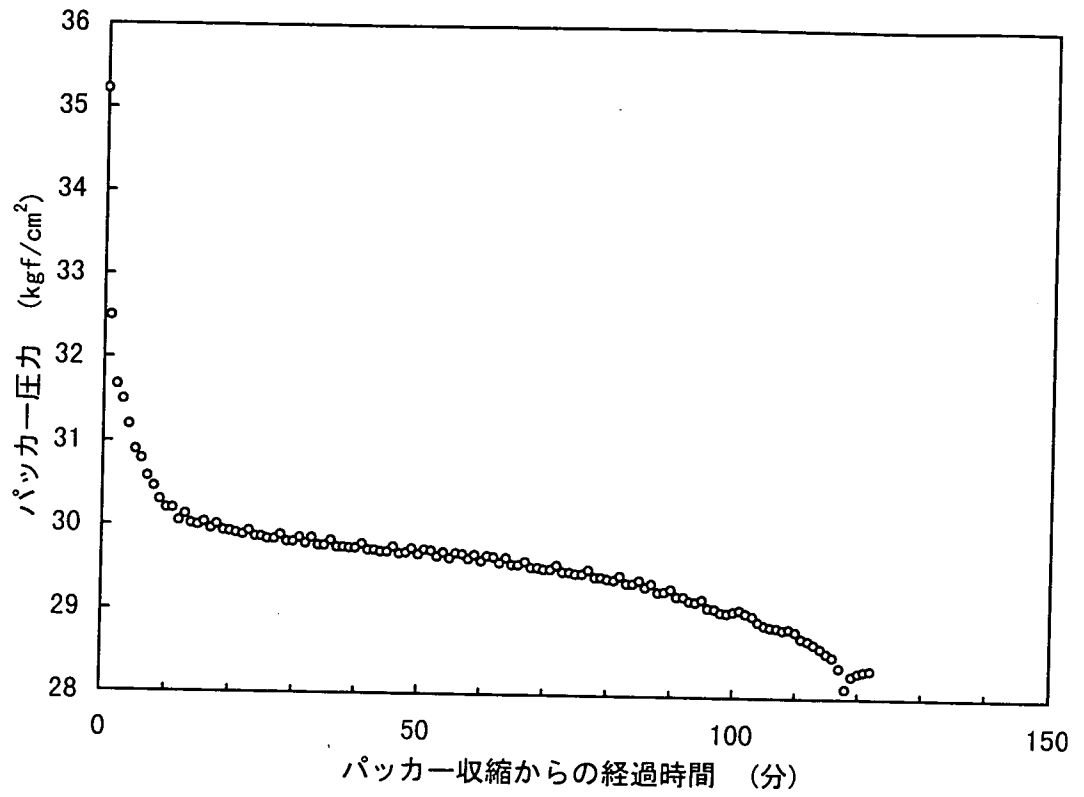


図2.3.3(2) パッカー収縮結果(パッカー圧力)

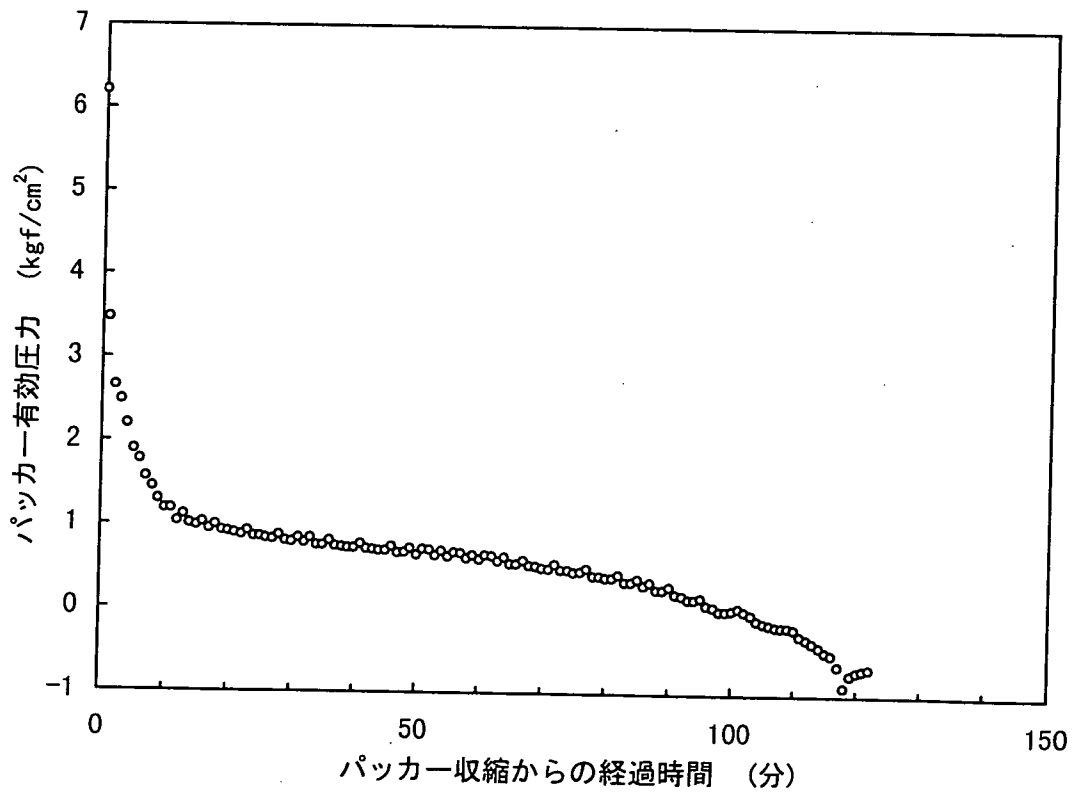


図2.3.3(3) パッカー収縮結果(パッカー有効圧力)

2.4. 工場点検・整備

1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器タイプⅡ(2.0号機)は、採水試験に使用した際、採水ユニット・結合ユニットに故障が発生したため、現場作業終了後、工場にて点検整備を実施した。また、調査で使用した連続採水ユニットおよびパッカーシステムも機能の低下の有無を確認するため整備・調整を実施した。ここでは、その点検結果および整備内容を報告する。

2.4.1 パッカーシステム点検整備

(1) ガイドケーシング A

① 検査方法

フィルター(4個)を目視検査して損傷箇所および目詰まりがないかを確認する。

② 検査結果

フィルター(4個)に損傷および目詰まりがないことを確認した。

(2) ノンスピルカプラ(凸)

① 検査方法

ノンスピルカプラ(凸)に耐圧治具を取りつけ耐圧性能を確認する。また、水回路に蒸留水を送水し水回路の洗浄を行う。さらに、継ぎ手部のOリングを目視確認し損傷の有無を調べる。

② 検査結果

ノンスピルカプラ(凸)に漏水はみられず、150kgf/cm²の耐圧性能を確認した。

水回路への蒸留水の圧送はほとんど圧力を必要とせずに送水でき、回路が詰まっていないことを確認した。回路を通った水には当初、少量のスライムがみられたが、約5ℓの蒸留水を流した結果、回路を通った水にスライムはみられなくなり、回路内のスライムはほぼ除去されたものと考えられる。

継ぎ手部のOリングに損傷がないことを確認した。

2.4.2 連続採水点検整備

(1) 導通・絶縁検査

① 検査方法

他点検を実施する前に、図2.4.1の方法で導通および絶縁値を確認する。

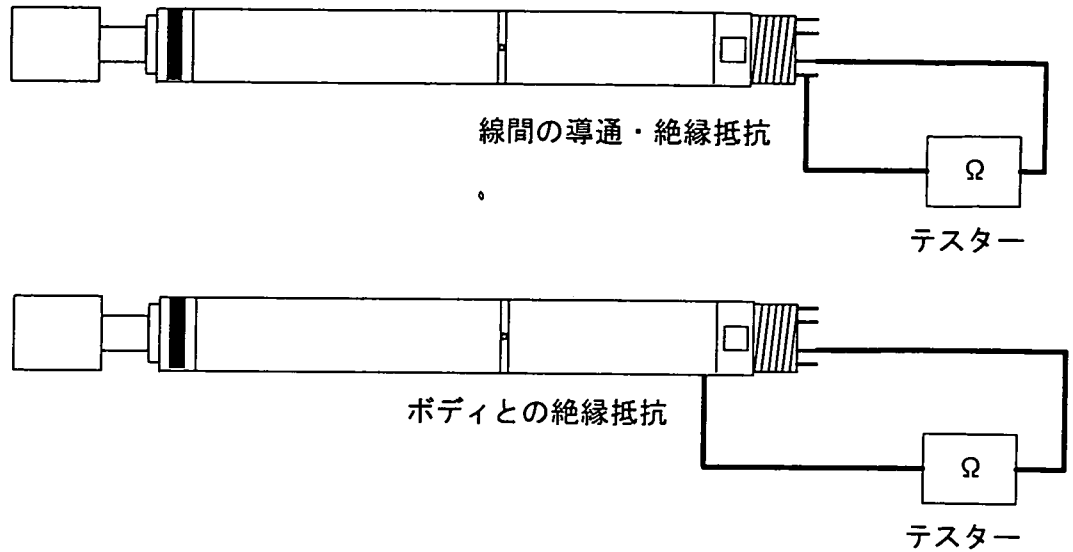


図2.4.1 連続採水ユニットの導通・絶縁検査方法

②検査結果

検査結果を表2.4.1に示す。

すべて、正常値範囲内であり、異常はみられなかった。

表2.4.1(1) 連続採水ユニット導通・絶縁検査結果(各点検前)

ユニット：連続採水ユニット				判定：合格				
ユニット状態：組立完成				テスター+端子：固定 -端子：接触				
	ボディ	赤	白	黒	緑	青	黄	茶
赤	>20M	—	—	—	—	—	—	—
白	>20M	>20M	—	—	—	—	—	—
黒	>20M	15k	>20M	—	—	—	—	—
緑	>20M	>20M	1~20M	>20M	—	—	—	—
青	>20M	33k	>20M	17k	>20M	—	—	—
黄	>20M	25k	>20M	10k	>20M	28k	—	—
茶	>20M	32k	>20M	17k	>20M	35k	28k	—
灰	>20M	26k	>20M	11k	>20M	28k	21k	28k
備考 (テスター間 0.5 単位：Ω)								
各点検前の検査								

表2.4.1(2) 連続採水ユニット導通・絶縁検査結果(修理・組立完成后)

ユニット：連続採水ユニット				判定：合格				
ユニット状態：組立完成				テスター+端子：固定 -端子：接触				
	ボディ	赤	白	黒	緑	青	黄	茶
赤	>20M	—	—	—	—	—	—	—
白	>20M	>20M	—	—	—	—	—	—
黒	>20M	15k	>20M	—	—	—	—	—
緑	>20M	>20M	1~20M	>20M	—	—	—	—
青	>20M	33k	>20M	17k	>20M	—	—	—
黄	>20M	25k	>20M	10k	>20M	28k	—	—
茶	>20M	32k	>20M	17k	>20M	35k	28k	—
灰	>20M	26k	>20M	11k	>20M	28k	21k	28k
備考 (テスター間 0.5 単位：Ω) バルブを修理し、組立完成后に検査								

表2.4.1(3) 連続採水ユニット導通・絶縁検査結果(正常値)

ユニット：連続採水ユニット				正常値(概算)				
	ボディ	赤	白	黒	緑	青	黄	茶
赤	>1M	—	—	—	—	—	—	—
白	>1M	>20M	—	—	—	—	—	—
黒	>1M	15±5k	>1M	—	—	—	—	—
緑	>1M	>10M	>1M	>1M	—	—	—	—
青	>1M	33±5k	>1M	17±5k	>1M	—	—	—
黄	>1M	25±5k	>1M	10±5k	>1M	28±5k	—	—
茶	>1M	33±5k	>1M	17±5k	>1M	35±5k	28±5k	—
灰	>1M	26±5k	>1M	11±5k	>1M	28±5k	21±5k	28±5k
備考 正常値								

(2)バルブ作動・水回路検査および洗浄

①検査方法

連続採水ユニットのバルブを制御装置を用いて作動させ、連続採水ユニット内に設置してあるギャップセンサーが指令した位置(ポート)を感知し、指示どおりにバルブが停止することを、バルブ部の目視および制御装置の画面で確認する。

バルブ作動確認後、各水回路にポンプで蒸留水を圧送し、回路が詰まっていないことを目視確認する。また、水回路に蒸留水を流し、回路を洗浄する。

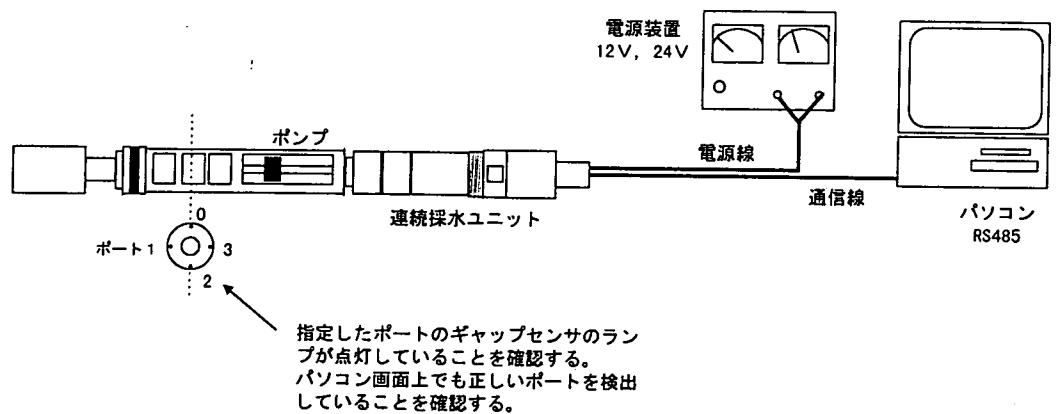


図2.4.2 連続採水ユニットのバルブ作動検査方法

②検査結果

検査結果を表2.4.2、表2.4.3に示す。表に示すように、各バルブの位置検出(ギャップセンサー)は指令した位置を感知し、指示どおりにバルブが停止することを確認した。

水回路への蒸留水の圧送はほとんど圧力を必要とせずに送水でき、回路が詰まっていないことを確認した。回路を通った水にはスライム・金属粉等は確認されなかったが、約20ℓの蒸留水を流し、回路を洗浄した。

表2.4.2 連続採水ユニットのバルブ位置検出機構検査結果

ユニット	バルブ	指令位置	反応位置	判定
連続採水ユニット	BV-P1	ポート0	ポート0	合格
		ポート1	ポート1	合格
		ポート2	ポート2	合格
		ポート3	ポート3	合格
	BV-P2	ポート0	ポート0	合格
		ポート1	ポート1	合格
		ポート2	ポート2	合格
		ポート3	ポート3	合格
	BV-1	ポート0	ポート0	合格
		ポート1	ポート1	合格
		ポート2	ポート2	合格
		ポート3	ポート3	合格

表2.4.3 連続採水ユニットの水回路確認結果

ユニット	回路	通水状況	判定
連続採水ユニット	上→下	詰まりなし	合格
	上→フィルター	詰まりなし	合格
	下→フィルター	詰まりなし	合格

(3)バルブ耐圧検査

①検査方法

連続採水ユニットのバルブの各回路のポートをCLOSEさせ、水圧をかけて耐圧性能を確認する。

②検査結果

表2.4.4に示すように連続採水ユニットのポート間(回路間)の耐圧性能が低下していた。

表2.4.4 連続採水ユニットのバルブ耐圧検査結果(部品交換前)

ユニット	点検箇所	回路間 (kgf/cm ²)	内圧 (kgf/cm ²)	判定
連続採水ユニット	正常状態	100	150	不合格
	BV-P1(ホ-ト1.3)	30~50	150	
	BV-P2(ホ-ト1.3)	30~50	150	
	BV-1(ホ-ト1.2.3)	30~50	150	
備考	内圧については問題無し。回路間の耐圧性が低下。			

③原因(耐圧性能低下)

バルブを分解して内部を点検したところ連続採水ユニットのすべてのバルブシートに金属粉(SUS)が食い込んでいることを確認した。これによって耐圧性能が低下したものと考えられる。なお、金属粉(SUS)は孔内システム挿入時に結合ユニットのノンスピルカプラ(凹)から進入したものである。

④対処

すべてのバルブにおいて内部の洗浄、部品(シート、突き棒、皿バネ)交換後、組立調整を実施した。

⑤対処後の点検

バルブ部の組立調整後、①の方法で再度、耐圧性能を検査した。検査結果を表2.4.5に示す。表に示したようにすべてのバルブで回路間、内圧ともに耐圧性能を満たしていることを確認した。

表2.4.5 連続採水ユニットのバルブ耐圧検査結果(部品交換後)

ユニット	点検箇所	回路間 (kgf/cm ²)	内 圧 (kgf/cm ²)	判定
連続採水ユニット	正常状態	100	150	合格
	BV-P1(ホ-ト1.3)	100	150	
	BV-P2(ホ-ト1.3)	100	150	
	BV-1(ホ-ト1.2.3)	100	150	
備 考				

(4)ポンプポテンショメータ点検

①検査方法

連続採水ユニットのポンプシリンダーを移動させ、正方向・逆方向の変位移動が正常に出力されるかを制御装置画面で目視確認する。

②検査結果

検査結果を表2.4.6に示す。表に示すようにポテンショメータは正常に出力していることを確認した。

表2.4.6 ポテンショメータ検査結果

正方向	約1→約97	約1→約97	約1→約97	約1→約97	約1→約97	合格
逆方向	約97→約1	約97→約1	約97→約1	約97→約1	約97→約1	
測定カント	1	2	3	4	5	

注)ポンプ制御ポテンシヨの単位はmm。

(5) 両方向ポンプ作動検査

①検査方法

連続採水ユニットのポンプを制御装置より水回路方向および吸排水方向を指定してから作動させ、作動電流値、ギヤ、モータからの異音の有無を確認する。

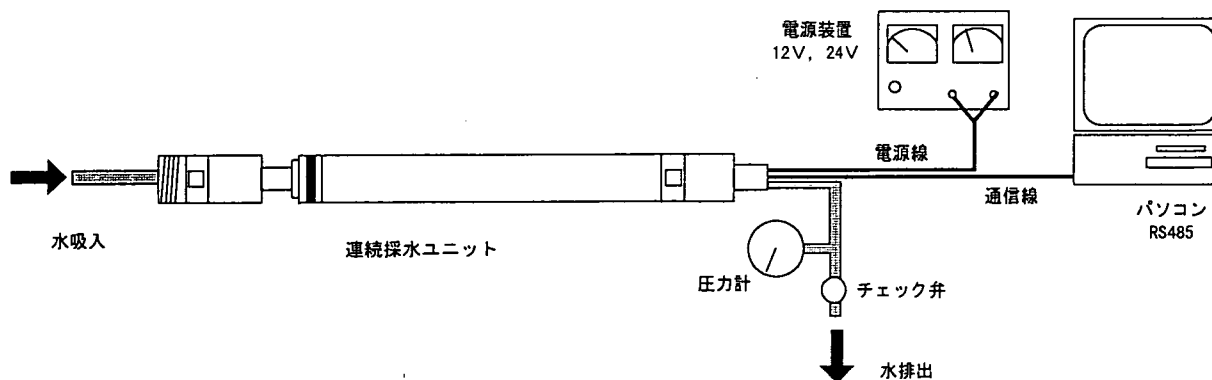


図2.4.3 両方向ポンプ作動検査

②検査結果

検査結果を表2.4.7に示す。表に示したように電流値の異常は認められなかった。また、ポンプ作動時のギヤ、モータからの異音も認められなかった。

表2.4.7 両方向ポンプ作動検査結果

速度	作動電流値(通常) 無負荷状態	検査結果		判定
		作動電流値	ギヤ、モータ	
0	0.4~0.5 A	0.4~0.5 A	異音なし	合格
2	0.7~0.8 A	0.7~0.8 A	異音なし	合格
4	1.1~1.2 A	1.1~1.2 A	異音なし	合格
6	1.5~1.6 A	1.5~1.6 A	異音なし	合格
8	2.1~2.2 A	2.1~2.2 A	異音なし	合格
9	2.5~2.6 A	2.5~2.6 A	異音なし	合格

(6) 温度計検査

①検査方法

制御装置の通信データから、各温度計(両方向ポンプモータ温度計、両方向ポンプバルブP1モータ温度計、両方向ポンプバルブP2モータ温度計、水回路切替えバルブモータ温度計、連続採水ユニット監視温度計)の計測値を確認する。

②検査結果

ここでは基本的な作動確認を目的としているので検査は常温(20℃)の条件で出力を確認した結果、各温度計共約20±1℃を示し、異常はみられなかった。

2.4.3 採水ユニット点検整備

(1)導通・絶縁検査

①検査方法

他点検を実施する前に図2.4.4の方法で導通および絶縁値を確認する。

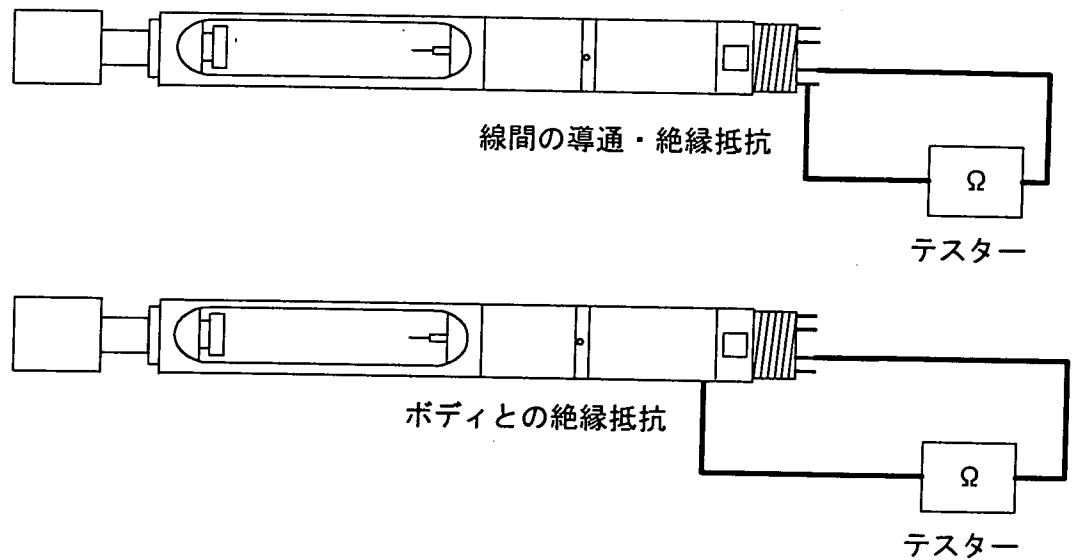


図2.4.4 採水ユニットの導通・絶縁検査方法

②検査結果

検査結果を表2.4.8に示す

すべて、正常値範囲内であり、異常はなかった。

表2.4.8(1) 採水ユニット導通・絶縁検査結果(各点検前)

ユニット：採水ユニット				判定：合格				
ユニット状態：組立完成				テスター+端子：固定 - 端子：接触				
	ボディ	赤	白	黒	緑	青	黄	茶
赤	>20M	—	—	—	—	—	—	—
白	>20M	>20M	—	—	—	—	—	—
黒	>20M	15k	>20M	—	—	—	—	—
緑	>20M	>20M	2.5k	>20M	—	—	—	—
青	>20M	32k	>20M	17k	>20M	—	—	—
黄	>20M	25k	>20M	10k	>20M	27k	—	—
茶	>20M	32k	>20M	17k	>20M	34k	27k	—
灰	>20M	25k	>20M	10k	>20M	27k	20k	27k
備考 (テスター間 0.5 単位：Ω) 各点検前の検査								

表2.4.8(2) 採水ユニット導通・絶縁検査結果(修理・組立完成後)

ユニット：採水ユニット				判定：合格				
ユニット状態：組立完成				テスター+端子：固定 - 端子：接触				
	ボディ	赤	白	黒	緑	青	黄	茶
赤	>20M	—	—	—	—	—	—	—
白	>20M	>20M	—	—	—	—	—	—
黒	>20M	15k	>20M	—	—	—	—	—
緑	>20M	>20M	2.5k	>20M	—	—	—	—
青	>20M	32k	>20M	17k	>20M	—	—	—
黄	>20M	25k	>20M	10k	>20M	27k	—	—
茶	>20M	32k	>20M	17k	>20M	34k	27k	—
灰	>20M	25k	>20M	10k	>20M	27k	20k	27k
備考 (テスター間 0.5 単位：Ω) 採水駆動部を修理し、組立完成後に検査								

表2.4.8(3) 採水ユニット導通・絶縁検査結果(正常値)

ユニット：採水ユニット		正常値(概算)						
	ボディ	赤	白	黒	緑	青	黄	茶
赤	>1M	—	—	—	—	—	—	—
白	>1M	>1M	—	—	—	—	—	—
黒	>1M	15±5k	>1M	—	—	—	—	—
緑	>1M	>1M	2±1k	>1M	—	—	—	—
青	>1M	32±5k	>1M	17±5k	>1M	—	—	—
黄	>1M	25±5k	>1M	10±5k	>1M	27±5k	—	—
茶	>1M	32±5k	>1M	17±5k	>1M	34±5k	27±5k	—
灰	>1M	25±5k	>1M	10±5k	>1M	27±5k	20±5k	27±5k
備考 正常値								

(2) 採水作動検査

① 経緯

採水ユニットは、採水試験時において採水駆動部の駆動異常トラブルが発生した。現場における分解調査時にはシャフトおよび圧力計ホルダーの噛み合わせ部(ネジ部)が損傷していることが推察された。

② 検査方法

採水駆動部のシャフト、圧力計ホルダーおよびモーター部を分解して目視調査をおこなう。

③ 検査結果

シャフトの噛み合わせ部(ネジ部)が損傷し、シャフトの駆動力が圧力計ホルダー部に伝わっていないことを確認した。

④ 原因

タイプⅡ(2.0号機)の採水ユニットは、他の試錐孔においての採水試験時に採水駆動部のシャフトの噛み合わせ部(ネジ部)のかじりが発生し、ネジ部の修復をおこなっている。このためネジ部に金属疲労が生じ損傷したものと考えられる。

⑤ 対処

採水駆動部のシャフトを再製作し、組立調整を行った。

⑥ 対処後の点検

採水ユニットの採水モータを制御装置の指令コマンドにより駆動させ、採水駆動部が正常に作動しているかを確認した。

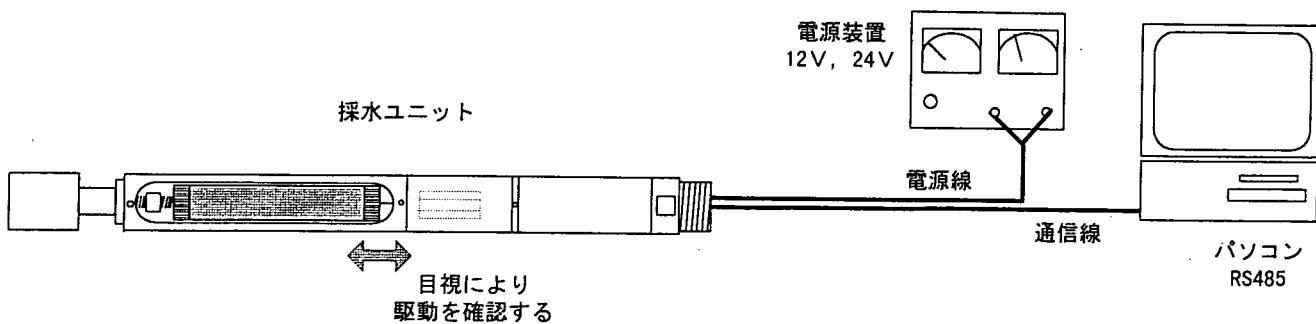


図2.4.5 採水作動検査方法

⑦対処後の点検結果

対処後の点検結果を表2.4.9に示す。採水駆動部は正常に作動し、作動電流値、変位制御、リミット制御ともに異常がないことを確認した。

表2.4.9 採水作動検査結果

作業回数	作業項目	電流値 (A)	変位制御	リミット制御	判定
1	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
2	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
3	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
4	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
5	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
6	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
7	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
8	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
9	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
10	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格

注) リミット制御の確認は変位制御による採水駆動部の停止後、微動操作によって採水駆動部を変位させ、約53mmでリミットスイッチが反応することを確認した。

(3)水回路検査および洗浄

①検査方法

採水ユニット両端部に治具を取りつけ、水回路にポンプで蒸留水を圧送し、回路が詰まっていないことを目視確認する。また水回路に蒸留水を流し、回路を洗浄する。

②検査結果

水回路への蒸留水の圧送はほとんど圧力を必要とせずに送水でき、回路が詰まっていないことを確認した。回路を通った水にはスライム・金属粉等は確認されなかったが、約20ℓの蒸留水を流し、回路を洗浄した。

(4)圧力計検査

①検査方法

採水ユニットのライン上に加圧用治具を取り付け、直接圧力計に水圧が加わるように送水・加圧する。最大約150kgf/cm²まで段階ごとに加圧・減圧を実施し、実測値と換算値を比較する。

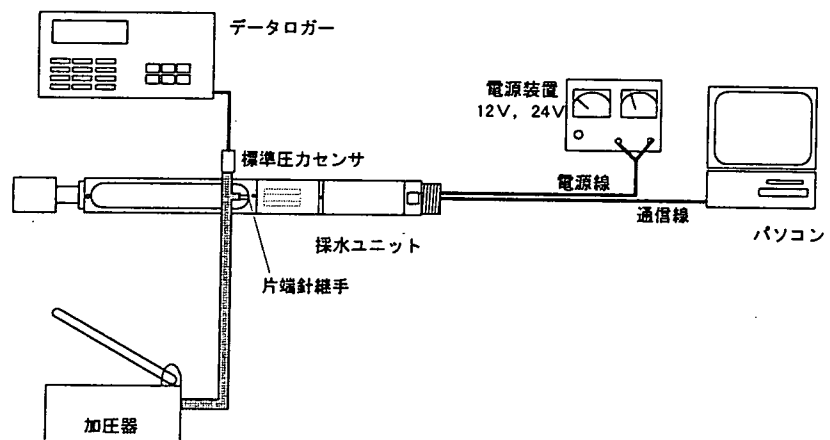


図2.4.6 採水圧力計検査方法

②検査結果

圧力計の検査結果を表2.4.10、図2.4.7に示す。図に示すように圧力計は実測値と換算値に直線性が認められ、正常に計測できることを確認した。

表2.4.10 採水压力計検査結果

試験名		採水压力計検査			
較正係数 :		0.004578		補正係数 :	
				0.00	
実測値	換算値	物理値	実測値差	換算値差	物理値差
0.00	0.23	51			
50.77	50.87	11115	50.77	50.64	11064
100.50	100.50	21953	49.73	49.63	10838
149.84	150.01	32767	49.34	49.63	10814
99.50	99.43	21720	50.34	50.58	11047
49.80	49.91	10903	49.70	49.52	10817
0.00	0.24	53	49.80	49.67	10850
判定	合格				

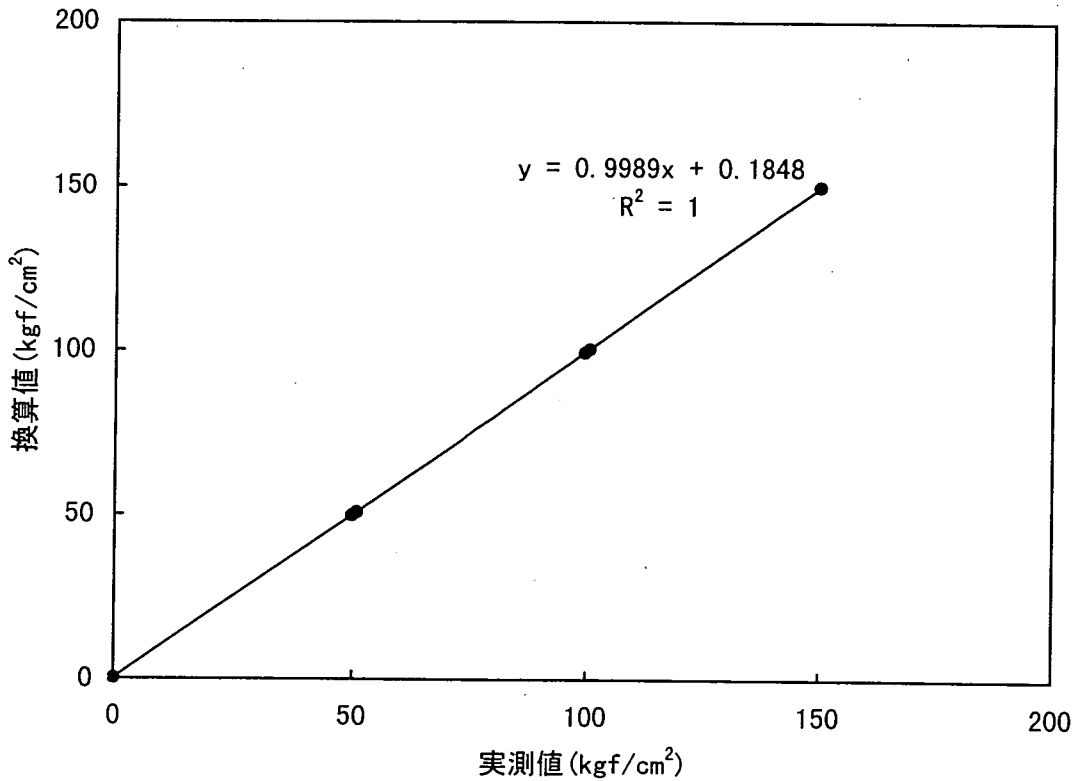


図2.4.7 採水压力計検査結果

(5) 温度計検査

① 検査方法

制御装置の通信データから、各温度計(採水モータ温度計、採水ユニット監視温度計)の計測値を確認する。

② 検査結果

ここでは基本的な作動確認を目的としているので検査は常温(20℃)の条件で出力を確認した結果、各温度計共約 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ を示し、異常はみられなかった。

2.4.4 結合ユニット点検整備

(1) 導通・絶縁検査

① 検査方法

他点検を実施する前に図2.4.8の方法で導通および絶縁値を確認する。

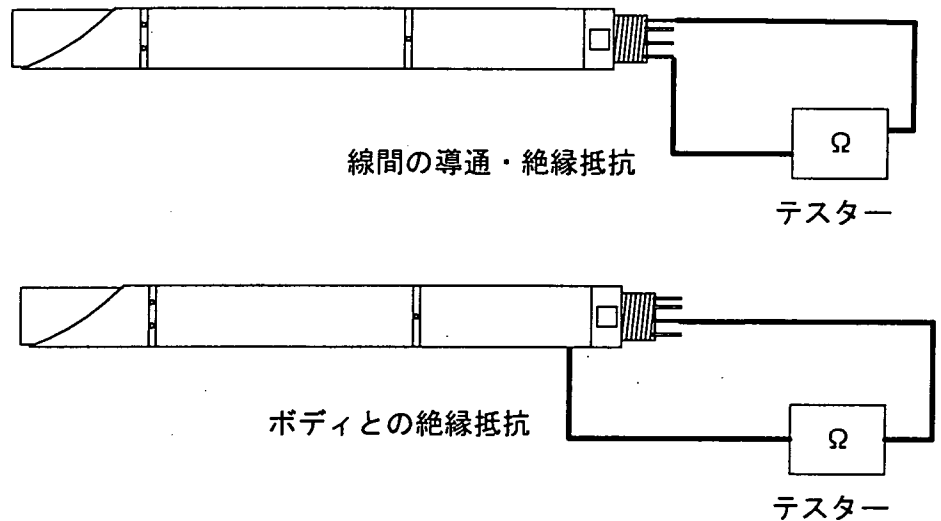


図2.4.8 結合ユニットの導通・絶縁検査方法

② 検査結果

検査結果を表2.4.11に示す。

すべて、正常値範囲内であり、異常はなかった。

表2.4.11(1) 結合ユニット導通・絶縁検査結果

ユニット：結合ユニット				判定：合格				
ユニット状態：組立完成				テスター+端子：固定 -端子：接触				
	ボディ	赤	白	黒	緑	青	黄	茶
赤	>20M	—	—	—	—	—	—	—
白	>20M	>20M	—	—	—	—	—	—
黒	>20M	15k	>20M	—	—	—	—	—
緑	>20M	>20M	1~20M	>20M	—	—	—	—
青	>20M	32k	>20M	17k	>20M	—	—	—
黄	>20M	25k	>20M	10k	>20M	27k	—	—
茶	>20M	32k	>20M	17k	>20M	34k	27k	—
灰	>20M	25k	>20M	10k	>20M	27k	20k	27k
備考 (テスター間 0.5 単位：Ω) 各点検前の検査								

表2.4.11(2) 結合ユニット導通・絶縁検査結果(正常値)

ユニット：結合ユニット				正常値(概算)				
	ボディ	赤	白	黒	緑	青	黄	茶
赤	>1M	—	—	—	—	—	—	—
白	>1M	>1M	—	—	—	—	—	—
黒	>1M	15±5k	>1M	—	—	—	—	—
緑	>1M	>1M	>1M	>1M	—	—	—	—
青	>1M	32±5k	>1M	17±5k	>1M	—	—	—
黄	>1M	25±5k	>1M	10±5k	>1M	27±5k	—	—
茶	>1M	32±5k	>1M	17±5k	>1M	34±5k	27±5k	—
灰	>1M	25±5k	>1M	10±5k	>1M	27±5k	20±5k	27±5k
備考 正常値								

(2)水回路検査および洗浄

①検査方法

結合ユニット両端部に送水治具を取りつけ、水回路にポンプで蒸留水を圧送し、各回路が詰まっていないことを目視確認する。また水回路に蒸留水を流し、回路を洗浄する。

②検査結果

水回路への蒸留水の圧送はほとんど圧力を必要とせずに送水でき、回路が詰まっていないことを確認した。回路を通った水にはスライム・金属粉等は確認されなかったが、各回路に約10ℓづつの蒸留水を流し、回路を洗浄した。

表2.4.12 結合ユニットの水回路確認結果

ユニット	回路	通水状況	判定
結合ユニット	上→洗浄	詰まりなし	合格
	上→採水区間	詰まりなし	合格
	上→パッカー	詰まりなし	合格

(3)バルブ作動検査

①検査方法

結合ユニットのバルブを制御装置を用いて作動させ、結合ユニット内に設置してあるギャップセンサーが指令した位置(ポート)を感知し、指示どおりにバルブが停止することを、制御装置の画面で確認する。

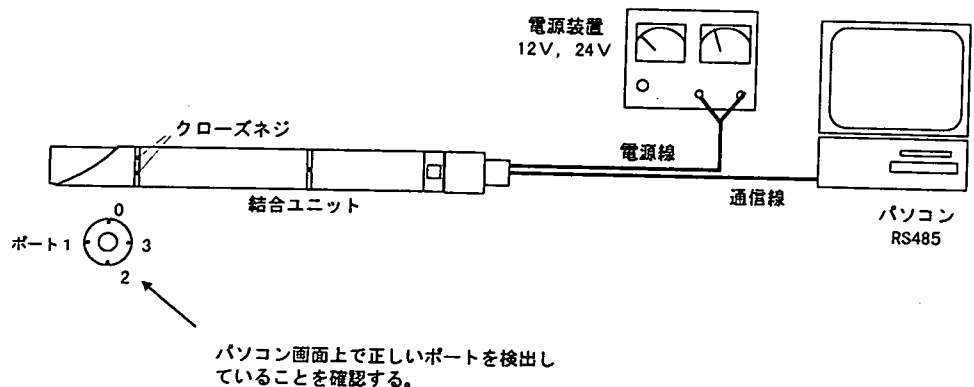


図2.4.9 結合ユニットのバルブ作動検査方法

②検査結果

検査結果を表2.4.13に示す。表に示すように、各バルブの位置検出(ギャップセンサー)は指令した位置を感知し、指示どおりにバルブが停止することを確認した。

表2.4.13 結合ユニットのバルブ位置検出機構検査結果

ユニット	バルブ	指令位置	反応位置	判定
結合ユニット	BV-2	ポート0	ポート0	合格
		ポート1	ポート1	合格
		ポート2	ポート2	合格
		ポート3	ポート3	合格

(4)バルブシート面点検

①検査方法

バルブ部を分解し、遮水シート面の状況を目視確認する。

②検査結果

BV-2バルブの3つのシート面には傷・金属粉の食い込み等がないことを確認した。

(5)バルブ耐圧検査

①検査方法

結合ユニットのバルブの各回路のポートをCLOSEさせ、水圧をかけて耐圧性能を確認する。

②検査結果

検査結果を表2.4.14に示す。BV-2バルブの各回路間、内圧ともに耐圧性の低下はみられなかった。

表2.4.14 結合ユニットのバルブ耐圧検査結果

ユニット	点検箇所	回路間 (kgf/cm ²)	内圧 (kgf/cm ²)	判定
結合ユニット	正常状態	100	150	合格
	BV-2(ポート1.2.3)	100	150	

(6) ノンスピルカプラ(凹)点検

①検査方法

パッカー回路と採水回路のノンスピルカプラ(凹)を取り外し、Oリングを目視確認する。その後、加圧治具を取り付けて耐圧性能を確認する。

②検査結果

表2.4.15に検査結果を示す。パッカー回路及び採水回路ともノンスピルカプラのOリングには損傷はみられず、耐圧性能は低下していないことを確認した。

表2.4.15 ノンスピルカプラ(凹)耐圧検査結果

点検箇所	回路	回路間 (kgf/cm ²)	判定
ノンスピルカプラ(凹)	仕様	150	
	パッカー回路	150	合格
	採水回路	150	合格

(7) 結合機構検査

①検査方法

結合ユニットのパッカー・採水区間両回路に空気圧を送り、結合ユニットとガイドケーシングAを10回ドッキングさせ、各ドッキング毎に結合計のON、OFF確認と圧力計センサーが反応(解放)しているか確認する(結合計がONとなる基準は0.5mm以内とする)。

②検査結果

表2.4.16に検査結果を示す。結合計および回路の開放に異常がないことを確認した。

表2.4.16 結合機構検査結果

回数	結合計確認	結合距離 (mm)		圧力計確認	判定
		結合計(A)	結合計(B)		
1	結合計ON	0.352	0.012	約30→0.5kgf/cm ²	合格
2	結合計ON	0.352	0.012	約30→0.5kgf/cm ²	合格
3	結合計ON	0.352	0.012	約30→0.5kgf/cm ²	合格
4	結合計ON	0.352	0.012	約30→0.5kgf/cm ²	合格
5	結合計ON	0.352	0.012	約30→0.5kgf/cm ²	合格
6	結合計ON	0.352	0.012	約30→0.5kgf/cm ²	合格
7	結合計ON	0.352	0.012	約30→0.5kgf/cm ²	合格
8	結合計ON	0.352	0.012	約30→0.5kgf/cm ²	合格
9	結合計ON	0.352	0.012	約30→0.5kgf/cm ²	合格
10	結合計ON	0.352	0.012	約30→0.5kgf/cm ²	合格

(8) 近接計検査

① 検査方法

内側に磁石を貼り付けたガイドケーシングB(ダミー)を結合ユニットに沿って上下にスライドさせ、近接計が感知することを確認をする。

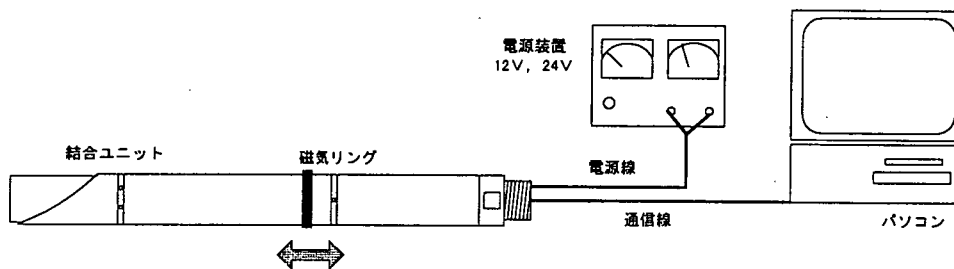


図2.4.10 近接計検査方法

② 検査結果

表2.4.17に示すように近接計は正常に反応することを確認した。

表2.4.17 近接計検査結果

磁気リング スライド回数	通信データ(カウント)		判定
	近接計A	近接計B	
1(上へ)	1	1	合格
2(下へ)	2	2	合格
3(上へ)	3	3	合格
4(下へ)	4	4	合格
5(上へ)	5	5	合格
6(下へ)	6	6	合格
7(上へ)	7	7	合格
8(下へ)	8	8	合格
9(上へ)	9	9	合格
10(下へ)	10	10	合格

(9) 逃がし弁検査

①検査方法

結合ユニットのノンスピルカプラー(凹)に加圧治具を取りつけ、結合バルブをCLOSE(閉鎖回路)にし、パッカー回路および採水回路に水圧をかけて逃がし弁がそれぞれ所定内の圧力(50kgf/cm²)で解放するかを確認する。

②検査結果

パッカー回路、採水区間回路共に、水圧50kgf/cm²で逃がし弁が解放することを確認した。

(10) 温度計検査

①検査方法

制御装置の通信データから、各温度計(BV-1バルブモータ温度計、採水区間監視温度計、結合ユニット監視温度計)の計測値を確認する。

②検査結果

ここでは基本的な作動確認を目的としているので検査は常温(20℃)の条件で出力を確認した結果、各温度計共約20±1℃を示し、異常はみられなかった。

(11) 圧力計検査

① 検査方法

結合ユニットのライン上に加圧治具を取り付け、直接圧力計に水圧が加わるように送水・加圧する。最大約150kgf/cm²まで段階ごとに加圧・減圧を実施し、実測値と換算値を比較する。

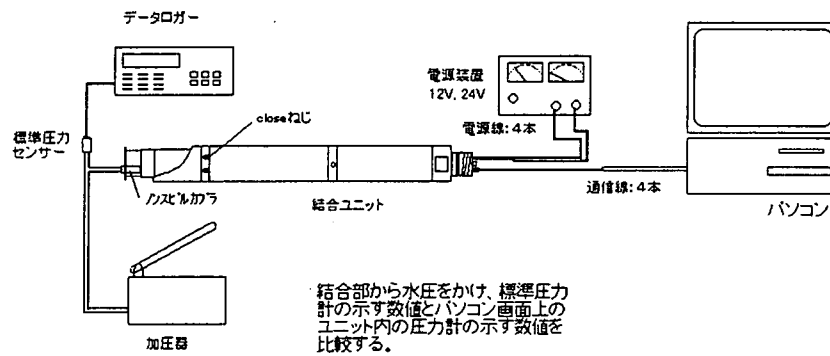


図2. 4. 11 結合ユニットの圧力計検査方法

② 検査結果

採水区間圧力計の検査結果を表2. 4. 18、図2. 4. 12に、パッカー圧力計の検査結果を表2. 4. 19、図2. 4. 13にそれぞれ示す。両圧力計とも直線性が認められ、正常に計測できることを確認した。

表2. 4. 18 採水区間圧力計検査結果

試験名		採水区間圧力計検査					
較正係数 :		0.004578		補正係数 :		0.00	
実測値	換算値	物理値	実測値差	換算値差	物理値差		
0.00	0.10	23					
50.34	50.50	11030	50.34	50.40	11007		
100.47	100.52	21957	50.13	50.02	10927		
149.78	150.01	32767	49.31	49.49	10810		
99.94	99.37	21706	49.84	50.64	11061		
50.01	49.96	10913	49.93	49.41	10793		
0.00	0.14	31	50.01	49.82	10882		
判定	合格						

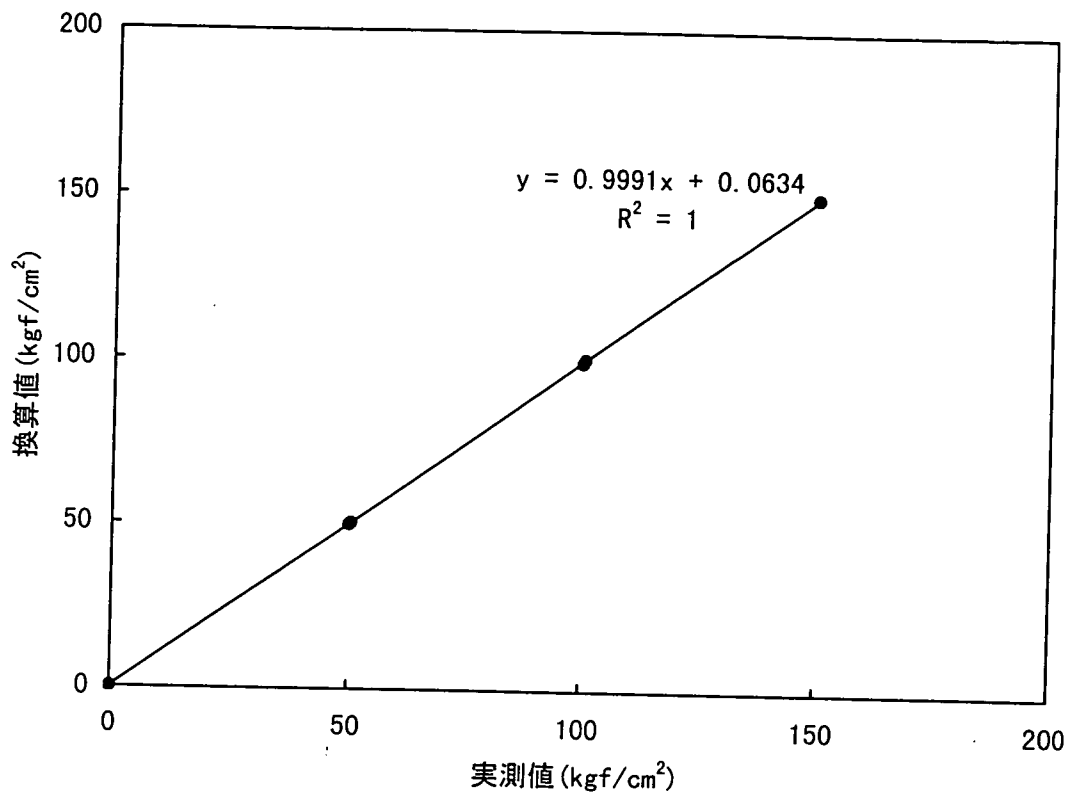


図2.4.12 採水区間圧力計検査結果

表2.4.19 パッカー圧力計検査結果

試験名		パッカー圧力計検査			
較正係数 :		0.004578		補正係数 :	
				0.00	
実測値	換算値	物理値	実測値差	換算値差	物理値差
0.00	0.12	26			
50.30	50.47	11025	50.30	50.35	10999
100.50	100.49	21950	50.20	50.02	10925
149.77	150.01	32767	49.27	49.52	10817
99.79	99.43	21720	49.98	50.58	11061
50.10	49.97	10915	49.69	49.46	11047
0.00	0.14	30	50.10	49.83	10885
判定	合格				

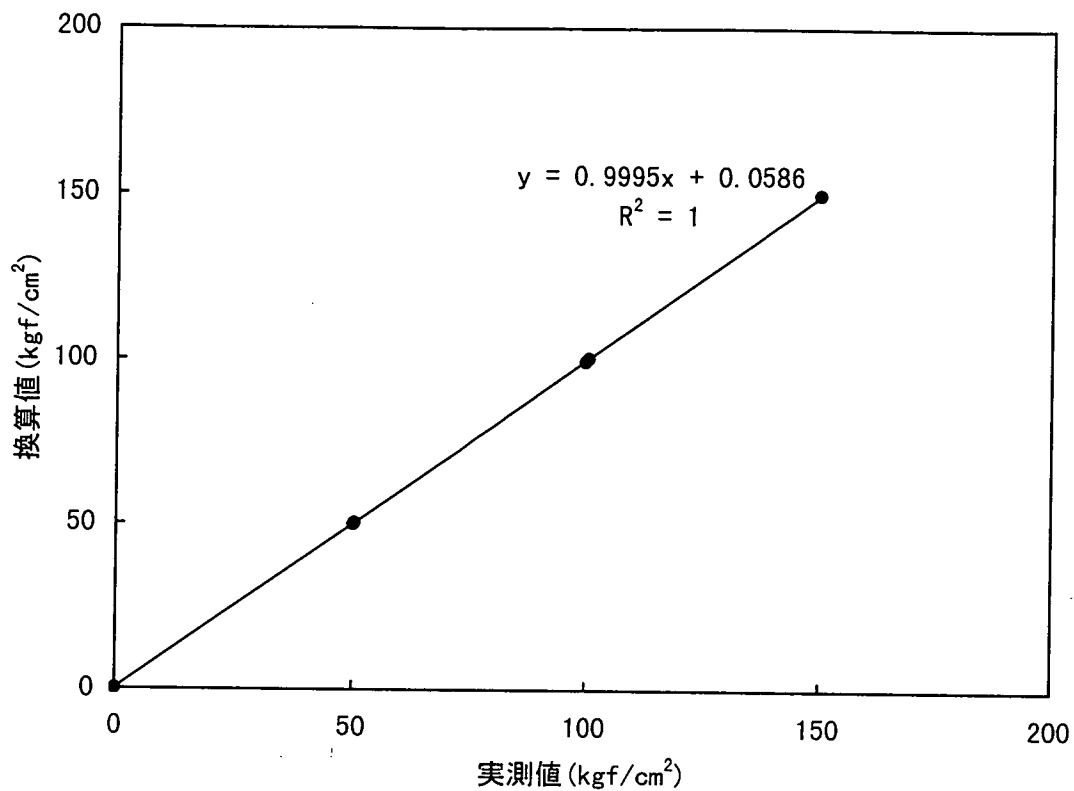


図2.4.13 パッカー圧力計検査結果

2.4.5 総合検査

(1) 耐圧検査

① 検査方法

連続採水、採水、結合ユニット単体を耐圧チャンパー内に設置し、内外圧150kgf/cm²の水圧をかけ、各ユニットに破損、異常がないことを確認する。

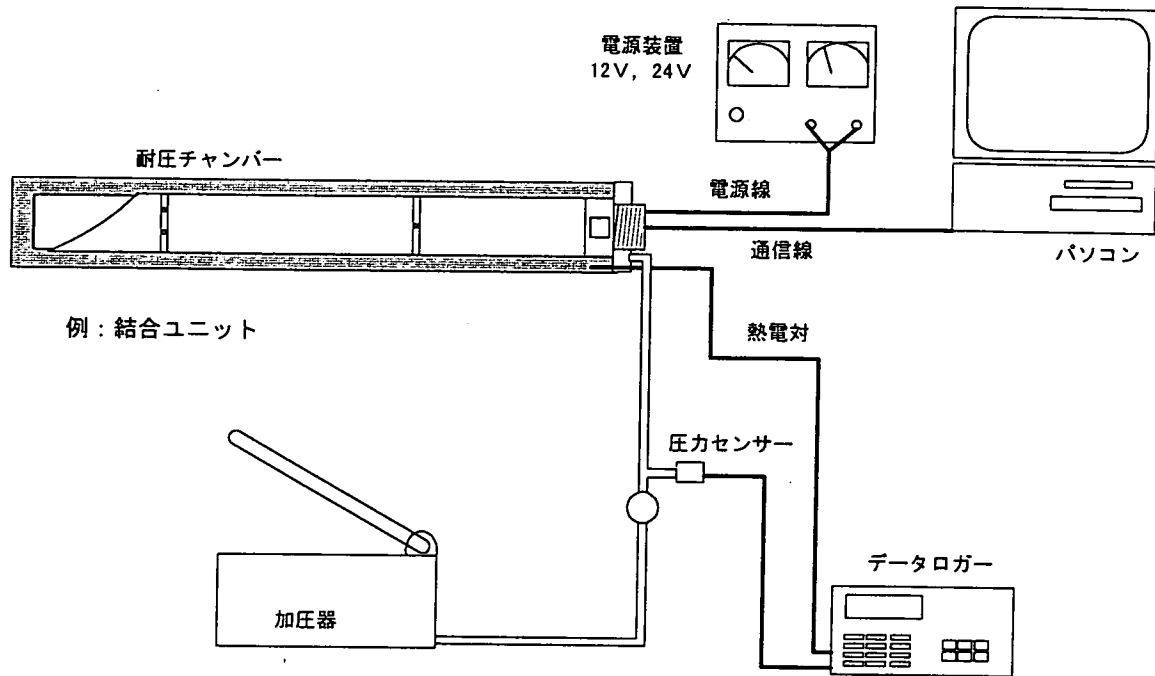


図2. 4. 14 ユニット耐圧検査方法

②検査結果

耐圧検査結果を表2. 4. 20、図2. 4. 15～図2. 4. 17に示す。水圧150kgf/cm²に対する耐久性、計測中の電気系ピンの抵抗値の変化に異常がないことを確認した。

表2. 4. 20 孔内システム耐圧試験結果

孔内ユニット	連続採水ユニット	採水ユニット	結合ユニット
150kgf/cm ² ・12時間保持	○	○	○
試験中の抵抗変化	無	無	無
判定	合格	合格	合格

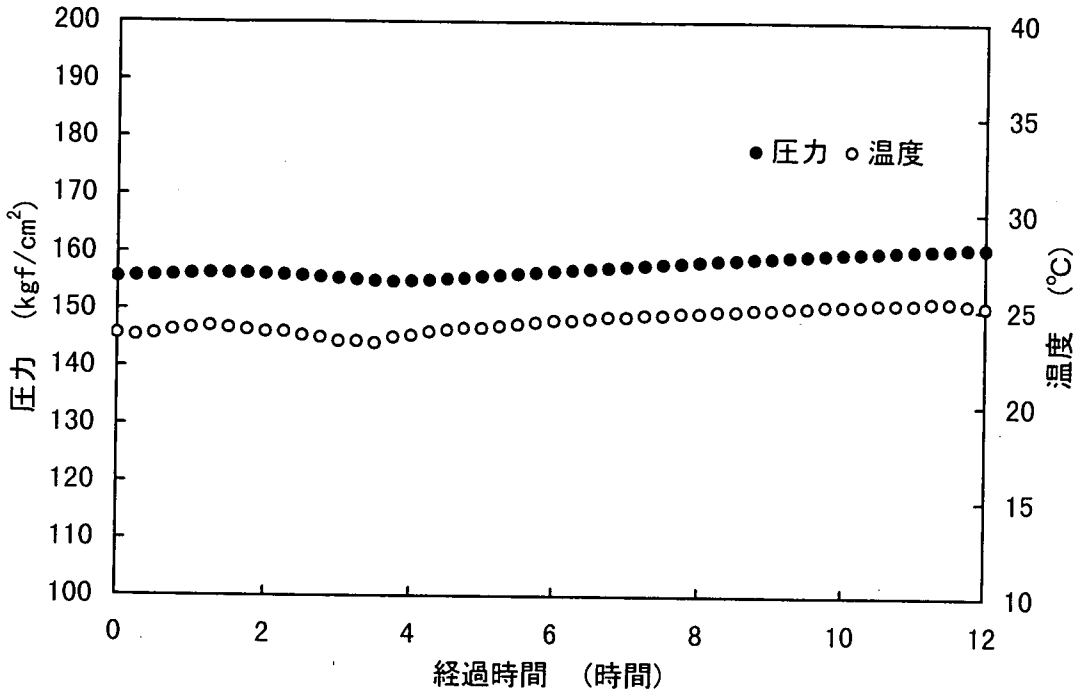


図2.4.15 連続採水ユニット耐圧試験結果

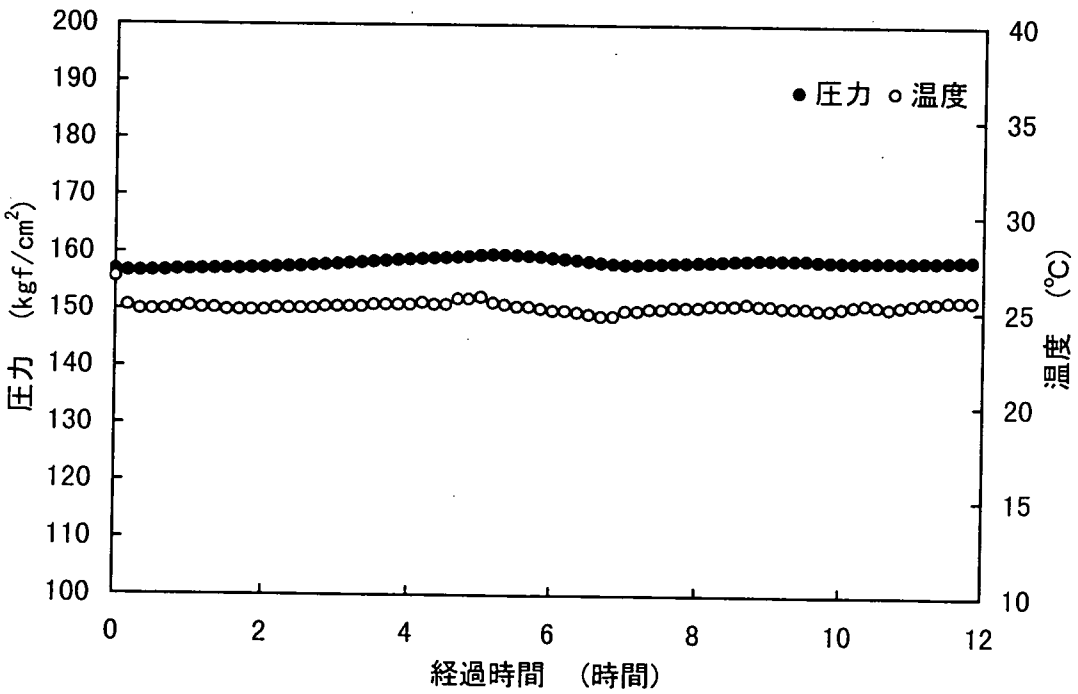


図2.4.16 採水ユニット耐圧試験結果

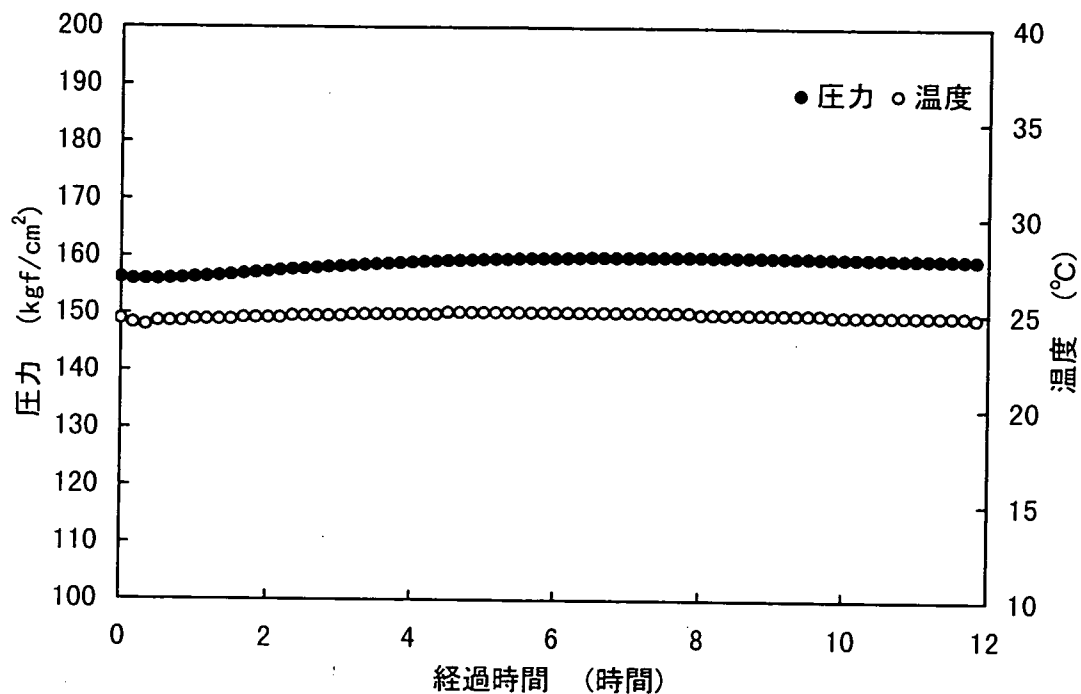


図2.4.17 結合ユニット耐圧試験結果

(2) 3ユニット連結検査

①検査方法

3ユニットを連結(ジャンパー線)して通信、作動の確認をする。

②ポンプ作動検査結果

検査結果を表2.4.21に示す。表にみられるようにポンプ作動に関して、作動電流異常やギヤ、モータからの異音等はみられず、正常に作動することを確認した。

表2.4.21 ポンプ作動検査結果

速 度	吸排水方向	検査結果		判定
	(無負荷状態)	作動電流値	ギヤ、モータ	
0	採水区間→地上	0.4~0.5A	異音なし	合格
	採水区間→孔内	0.4~0.5A	異音なし	合格
	孔内→パッカー	0.4~0.5A	異音なし	合格
	パッカー→孔内	0.4~0.5A	異音なし	合格
	パッカー→地上	0.4~0.5A	異音なし	合格
2	採水区間→地上	0.7~0.8A	異音なし	合格
	採水区間→孔内	0.7~0.8A	異音なし	合格
	孔内→パッカー	0.7~0.8A	異音なし	合格
	パッカー→孔内	0.7~0.8A	異音なし	合格
	パッカー→地上	0.7~0.8A	異音なし	合格
4	採水区間→地上	1.1~1.2A	異音なし	合格
	採水区間→孔内	1.1~1.2A	異音なし	合格
	孔内→パッカー	1.1~1.2A	異音なし	合格
	パッカー→孔内	1.1~1.2A	異音なし	合格
	パッカー→地上	1.1~1.2A	異音なし	合格
6	採水区間→地上	1.5~1.6A	異音なし	合格
	採水区間→孔内	1.5~1.6A	異音なし	合格
	孔内→パッカー	1.5~1.6A	異音なし	合格
	パッカー→孔内	1.5~1.6A	異音なし	合格
	パッカー→地上	1.5~1.6A	異音なし	合格
8	採水区間→地上	2.1~2.2A	異音なし	合格
	採水区間→孔内	2.1~2.2A	異音なし	合格
	孔内→パッカー	2.1~2.2A	異音なし	合格
	パッカー→孔内	2.1~2.2A	異音なし	合格
	パッカー→地上	2.1~2.2A	異音なし	合格
9	採水区間→地上	2.5~2.6A	異音なし	合格
	採水区間→孔内	2.5~2.6A	異音なし	合格
	孔内→パッカー	2.5~2.6A	異音なし	合格
	パッカー→孔内	2.5~2.6A	異音なし	合格
	パッカー→地上	2.5~2.6A	異音なし	合格

②採水駆動検査結果

採水駆動検査結果を表2.4.22に示す。採水駆動に関して作動電流異常や変位・リミット制御異常等はみられずに正常に作動することを確認した。

表2.4.22 採水駆動試験結果

作業回数	作業項目	電流値(A)	変位制御	リミット制御	判定
1	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
2	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
3	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
4	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
5	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
6	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
7	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
8	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
9	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格
10	採水開始	0.2~0.4	正常	正常	合格
	採水停止	0.2~0.4	正常	正常	合格

注)リミット制御の確認は変位制御による採水駆動部の停止後、微動操作によって採水駆動部を変位させ、リミットスイッチが反応することを確認した。

2.4.6 まとめ

本調査にともない実施した1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器タイプII(2.0号機)の工場点検・整備の結果一覧表を表2.4.23に示す。

3. 原位置における物理化学パラメータ測定

地下水の連続地上採水時に、1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器と地球化学検層ユニットを組み合わせ、試錐孔内の原位置における物理化学パラメータを測定した。

3.1 測定装置

本調査で使用した地球化学検層ユニットは、地下水の連続地上採水時に、物理化学パラメータの推移を原位置で連続測定する目的で開発されたものである。今回の測定では、高温環境型のタイプII(2.0号機)のユニットを使用した。

3.1.1 測定項目

地球化学検層ユニットで測定される物理化学パラメータをその仕様精度と共に表3.1.1に示す。なお、ここで示した仕様精度は、ユニット製作時のセンサーの仕様精度である。

本ユニットでは、水素イオン指数・酸化還元電位・硫化物イオン電位・電気伝導度・水温の5種類の物理化学パラメータが測定される。しかし、酸化還元電位は3種類、電気伝導度は2種類の方法で測定されるため、結果として、8項目の計測値が得られることとなる。

また、物理化学パラメータ以外にも、本ユニットの作動状況を監視する目的で、12V電源の電圧とユニット内のデータ処理基板温度が合わせて測定される。

表3.1.1 物理化学パラメータの測定項目

測定項目		測定範囲	仕様精度
水素イオン指数		1 ~ 14 pH	±0.2 pH
酸化還元電位	白金電極	-1,000 ~ 1,000 mV	±10 mV
	金電極	-1,000 ~ 1,000 mV	±10 mV
	グラシーカーボン電極	-1,000 ~ 1,000 mV	±10 mV
硫化物イオン電位		-1,000 ~ 0 mV	±10 mV
電気伝導度	交流二電極式	0 ~ 300 mS/m	±2 %F.S.
	電磁誘導式	0 ~ 15 S/m	±2 %F.S.
水温		0 ~ 100 °C	±0.2 °C

3.1.2 地球化学検層ユニットの構造

地球化学検層ユニットは、図3.1.1に示すように、上部・下部のセンサーブロック部、アンプ部、データ処理部、上部・下部の複合コネクタ部からなる。

センサーブロック部には各センサーが取付けられ、各センサーの出力電位等はアンプ部により最大3Vの電位に変換・増幅される。データ処理部では、地上へデータ送信するため、アンプ部から出力される電位(アナログ値)がA/D変換処理される。1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の各ユニットとは、上部・下部それぞれの複合コネクタ部で連結される。

なお、本ユニットの通信規格ならびに複合コネクタ部の構造は、1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の各ユニットと組み合わせて使用することが前提となっているため、共通の仕様となっている。

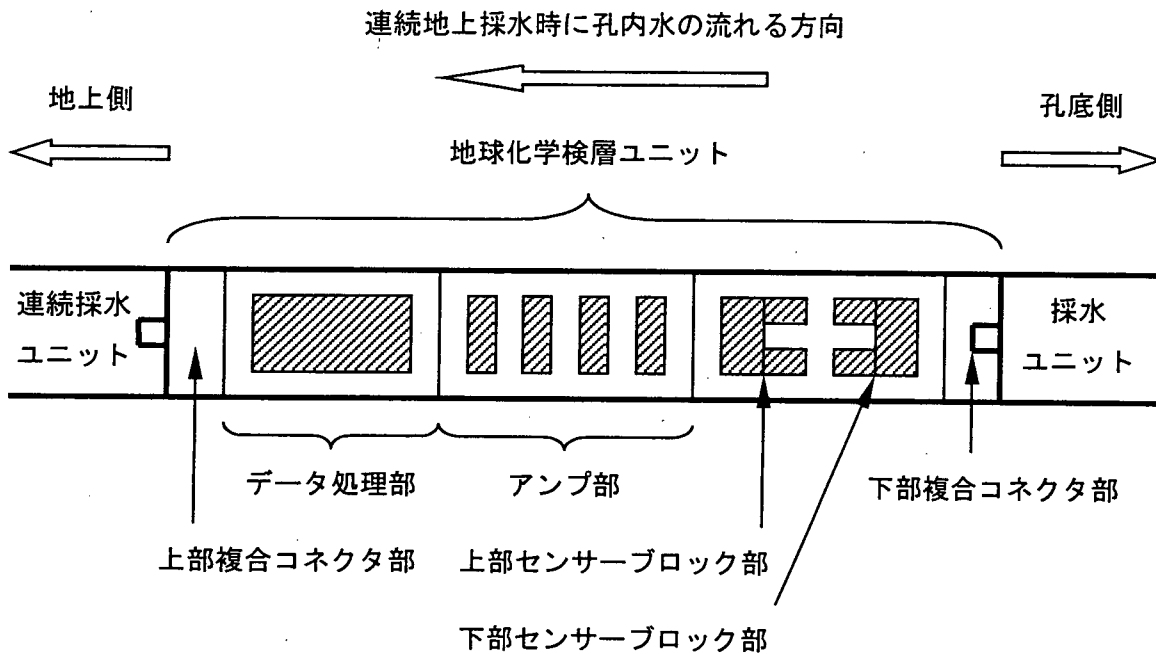


図3.1.1 地球化学検層ユニットの構造概要

本ユニットには、ポンプ等の孔内水吸引機構が備わっていないため、図3.1.2に示すように、1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の各ユニットと連結して使用する。物理化学パラメータの測定は、連続地上採水時に、連続採水ユニット内のポンプを用いて、パッカーで閉鎖された区間の孔内水を地上に汲み上げながら行う。

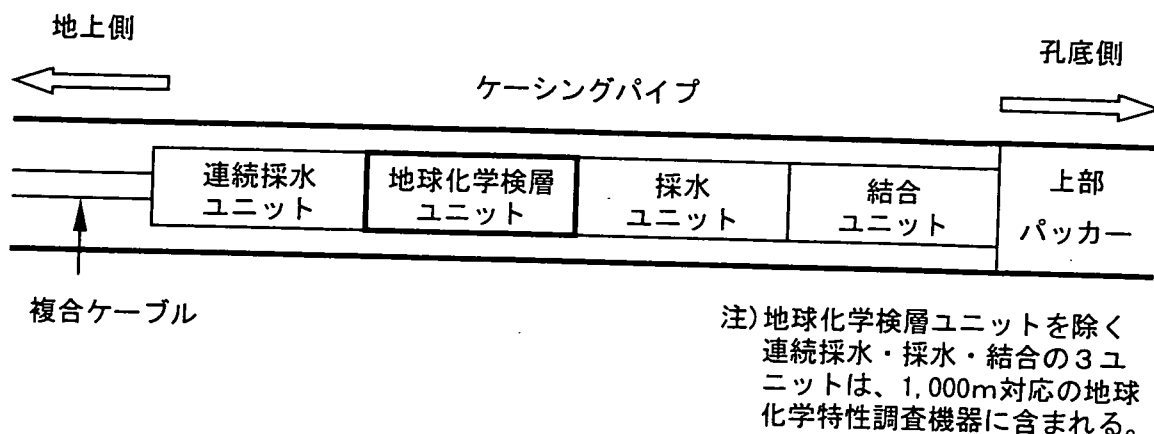


図3.1.2 1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の各ユニットと地球化学検層ユニットの連結順序

3.1.3 センサーの構成

ここでは、物理化学パラメータの測定に用いた各センサーの構成と測定原理について述べる。

(1) 水素イオン指数

水素イオン指数のセンサーは、ガラス電極と参照電極を一体化し、出力インピーダンスを低下させるためにプリアンプを内蔵した複合pH電極で、水素イオン指数を電位として検出する。ガラス電極は、深度1,000mでの使用に対応した耐圧構造を有し、参照電極には、ダブルジャンクションの銀-塩化銀電極を用いている。また、電極の構造は、高圧下・強還元雰囲気中でも安定した指示電位を与えるように工夫がなされている。この複合pH電極は、上部のセンサーブロック部に装着されている。

(2) 酸化還元電位

酸化還元電位では、3種類の金属作用電極と銀-塩化銀参照電極を組み合わせ、各金属作用電極と参照電極間の電位差を個別に検出する。検出された電位差は、標準水素電極電位に換算されて、Ehとして表示される。金属作用電極は、多様な条件での計測を可能とするため、白金・金・グラシーカーボンの3種類が使用されており、一体化されている。各金属作用電極で共用される銀-塩化銀参照電極は、複合pH電極のものと同規格で、低緩衝性かつ強還元雰囲気中での迅速な計測が可能となっている。作用電極・参照電極とも、複合pH電極と同様、上部のセンサーブロック部に装着されている。

(3) 硫化物イオン電位

孔内水中の硫化物イオンの電位を、硫化銀作用電極と銀-塩化銀参照電極を用いて測定する。硫化銀作用電極は、固体膜型の硫化物イオン選択電極で、測定される電位は、硫黄元素から派生する他の形態のイオンによる影響を受けない。作用電極は、酸化還元電位測定用の3種類の金属作用電極とともに一体化されており、参照電極は酸化還元電位測定用のものを共用する。

(4) 電気伝導度

電気伝導度は、測定範囲が0～300mS/mの低濃度測定用の交流二電極式センサーと0～15S/mの高濃度測定用の電磁誘導式センサーでそれぞれ測定される。これら2つのセンサーを用いることにより、10mS/m以下の電気伝導度の低い水から電気伝導度が海水の数倍程度の水まで幅広く測定することができる。

なお、水素イオン指数や酸化還元電位等の測定に用いる参照電極からは、電極内部液(塩化カリウム水溶液)が浸出し、孔内水の電気伝導度を変化させる。測定値に対して電極内部液浸出の影響が出ないように、2つのセンサーは、ユニット内の孔内水の流れを考慮して下部のセンサーブロック部に装着されている。

(5) 水温

水温測定では、白金抵抗測温体素子が用いられている。これは白金線の電気抵抗が温度上昇により増加する現象を利用したセンサーである。センサーは、耐圧構造の保護管内に収められ、電気伝導度測定用のセンサーと同様、下部のセンサーブロック部に装着されている。

本ユニットで物理化学パラメータを測定する際には、センサーの特性上、孔内水に流れが必要となる。測定は、採水速度が20ml/min程度でも可能であるが、指示値の安定には、速度がある程度早いほうが有利であり、40ml/min以上の採水速度が望ましい。

また、指示値が安定するまでの時間は、項目により大きく異なり、水素イオン指数・電気伝導度・水温は一時間程度で水質の変化に追従する。これに対し、酸化還元電位・硫化物イオン電位では、ある程度の時間が必要となる。特に強還元性水の酸化還元電位を測定する場合には、最終的な安定指示値に達するまで通常、2～5日程度の時間を必要とする。

3.2 作業内容

本調査では、平成10年8月26日から同年9月4日までの延べ10日間、現場作業を実施した。表3.2.1に現場作業の実績工程表を示す。

表3.2.1 原位置における物理化学パラメータ測定の現場作業実績工程表

	8月						9月			
	26 水	27 木	28 金	29 土	30 日	31 月	1 火	2 水	3 木	4 金
機器の借用・搬入・設置	■									
ユニットの電氣的チェック		■								
センサーの校正		■								
ユニットの組立・耐圧試験		■		■						
ユニット連結・通信試験			■	■						
連続測定			■	■	■	■	■	■	■	
ユニットの引上げ・分解				■					■	
センサーのドリフト測定				■					■	
ユニットの点検・整備									■	■
機器の搬出・返却										■

3.2.1 ユニットの電氣的チェック

センサーをユニットに装着する前に、地球化学検層ユニットの機能チェックとして、電氣的チェックを実施した。

電氣的チェックでは、ユニット内センサーブロック部のセンサー装着コネクタに、電位(直流電圧)や抵抗を入力し、データ処理装置に表示される変換出力電位を標準出力電位と比較した。各センサー毎の入力値と標準出力電位を表3.2.2に示す。

変換出力電位と標準出力電位の差が、最大標準出力電位の±5%以内に収まっている場合、ユニット内のアンプ部およびデータ処理部の機能は正常であると判断した。

表3.2.2 ユニットの電氣的チェックにおける入力値と標準出力電位

水素イオン指数		酸化還元電位					
		白金電極		金電極		ガラスカーボン電極	
入力電位 (V)	標準出力電位 (V)	入力電位 (V)	標準出力電位 (V)	入力電位 (V)	標準出力電位 (V)	入力電位 (V)	標準出力電位 (V)
0.500	0.000	-1.000	0.000	-1.000	0.000	-1.000	0.000
0.300	0.600	-0.600	0.600	-0.600	0.600	-0.600	0.600
0.100	1.200	-0.200	1.200	-0.200	1.200	-0.200	1.200
-0.100	1.800	0.200	1.800	0.200	1.800	0.200	1.800
-0.300	2.400	0.600	2.400	0.600	2.400	0.600	2.400
-0.500	3.000	1.000	3.000	1.000	3.000	1.000	3.000
硫化物イオン電位		電氣伝導度				水温	
		交流二電極式		電磁誘導式			
入力電位 (V)	標準出力電位 (V)	入力抵抗 (Ω)	標準出力電位 (V)	入力抵抗 (Ω)	標準出力電位 (V)	入力抵抗 (Ω)	標準出力電位 (V)
0.000	0.000	∞	0.000	∞	0.000	100.0	0.000
-0.200	0.600	6992	0.600	266.0	0.600	107.8	0.600
-0.400	1.200	3496	1.200	133.0	1.200	115.6	1.200
-0.600	1.800	2331	1.800	88.65	1.800	123.4	1.800
-0.800	2.400	1748	2.400	66.49	2.400	131.2	2.400
-1.000	3.000	1398	3.000	53.19	3.000	139.0	3.000

3.2.2 センサーの校正

センサー本体の作動チェックを兼ねて、連続測定を行う前にセンサーの校正を実施した。酸化還元電位のみ一点校正とし、それ以外はすべて二点校正を行った。

校正ではまず、表3.2.3に示す標準液を調製した後、標準液にセンサーを浸し、指示電位が安定した時点で、標準液の温度と指示電位を読み取った。

指示電位が表3.2.4の標準指示電位の範囲内に収まっている場合、センサーは正常であると判断した。校正結果として、指示電位はデータ処理装置に取り込み、標準液の温度を入力した。

表3.2.3 センサーの校正に用いた標準液

測定項目		標準液名	仕様
水素イオン指数		pH4	pH4標準液：25±2℃
		pH9	pH9標準液：25±2℃
酸化還元電位	白金電極	Eh4	pH4-キンヒドロロン飽和標準液：25±2℃
	金電極		
	ガラスカーボン電極		
硫化物イオン電位		pS1	5.00×10^{-6} mol/l -Na ₂ S標準液：25±2℃
		pS2	5.00×10^{-4} mol/l -Na ₂ S標準液：25±2℃
電気伝導度	交流二電極式	EC1L	2.00×10^{-3} mol/l -KCl標準液：25±2℃
		EC1H	5.00×10^{-3} mol/l -KCl標準液：25±2℃
	電磁誘導式	EC2L	5.00×10^{-3} mol/l -KCl標準液：25±2℃
		EC2H	5.00×10^{-1} mol/l -KCl標準液：25±2℃
水温		Temp1	氷冷水：0～1℃
		Temp2	5.00×10^{-1} mol/l -KCl標準液：25±2℃

表3.2.4 センサー校正時の標準指示電位

測定項目		標準液名	標準指示電位	
			最小(V)	最大(V)
水素イオン指数		pH4	1.885	2.213
		pH9	0.932	1.290
酸化還元電位	白金電極	Eh4	1.730	2.030
	金電極		1.730	2.030
	ガラスカーボン電極		1.730	2.030
硫化物イオン電位		pS1	1.830	2.400
		pS2	2.010	2.620
電気伝導度	交流二電極式	EC1L	0.134	0.537
		EC1H	0.336	1.342
	電磁誘導式	EC2L	-0.168	0.200
		EC2H	0.298	1.582
水温		Temp1	-0.210	0.210
		Temp2	0.650	0.850

3.2.3 ユニット組立・耐圧試験

地球化学検層ユニットの電氣的チェックとセンサーの校正の終了後、センサーを取り付け、ユニットを組み立てた。

組み立て終了後、蒸留水を充填したユニットに加圧ポンプを接続し、ユニット内部を加圧し、ユニットの耐圧試験を実施した。なお、耐圧試験中は、各測定項目の指示電位を合わせて監視した。

本調査では、連続測定中に測定を一時中断して、中間ドリフト測定を行ったが、その際にも同様のユニット組立・耐圧試験を実施した。

3.2.4 ユニット連結・通信試験

孔口にて、地球化学検層ユニットと1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の孔内システム(結合・採水・連続採水の3ユニット)を図3.1.2に示す順序で連結し、電源投入・プログラムのダウンロード後、測定信号の受信試験を実施した。

なお、ユニット組立・耐圧試験と同様、中間ドリフト測定後にも本作業は実施した。

3.2.5 連続測定

ユニット連結・通信試験の終了した地球化学検層ユニットを、1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の孔内システムと共に試錐孔に挿入した。パッカーシステムとの結合を確認した上で、連続地上採水を開始し、5項目8種類の物理化学パラメータと、本ユニットの監視・管理項目である12V電源電圧とユニット内のデータ処理基板温度の2項目を連続測定した。

3.2.6 ドリフト測定

連続測定終了後、センサーのドリフト量を確認し、必要に応じて計測値を補正するために、センサーの校正と同様の方法でドリフト測定を実施した。

測定に用いた標準液は、表3.2.3に示した校正用のものと同一で、標準液にセンサーを浸し、指示電位が安定した時点で、標準液の温度と指示電位を読み取った。また、測定項目により校正からの経過時間に差が出ないように、測定は校正時と同一の順序で行った。

なお、本測定で用いたセンサーは、センサー表面の状態により計測値が変化することが知られており、特に酸化還元電位測定用のセンサーはその変化が大きい。そのため、酸化還元電位は、通常のドリフト測定に加えて、各金属作用電極の表面研磨処理後の測定も実施した。研磨処理の前後で測定することにより、計測値に対する電極表面の影響度を確認することができる。

通常、ドリフト測定は連続測定後に1回実施されるのみである。しかし、本調査では酸化還元電位と硫化物イオン電位の測定開始後の変化が小さかったため、連続測定を一度中断して、センサーのチェックと合わせて中間ドリフト測定を行った。その際、酸化還元電位測定用の各金属作用電極は表面研磨処理を行ったので、酸化還元電位のみ中間ドリフト測定の結果を通常の校正結果と同様に取り扱い、データ処理装置に入力した。

3.3 作業結果

3.3.1 ユニットの電氣的チェックの結果

表3.3.1にユニットの電氣的チェックの結果を示す。表にはセンサー毎に、入力電位(抵抗)と変換出力電位その他、標準出力電位ならびに変換出力電位と標準出力電位の差(絶対量と最大標準出力電位3Vに対する割合)を併記した。

変換出力電位と標準出力電位の差は、ほとんどのものが±1%以内で、最大でも±3%を越えるものはなかった。最大標準出力電位の±5%という基準と比較して、ユニット内のアンプ部・データ処理部は正常に機能していると判断した。

表3.3.1(1) ユニットの電氣的チェックの結果(水素イオン指数)

入力電位 (V)	変換出力電位 (V)	標準出力電位 (V)	差(変換出力-標準出力)		評価
			(V)	(%F. S.)	
0.500	-0.001	0.000	-0.001	-0.03	正常
0.300	0.603	0.600	0.003	0.10	正常
0.100	1.204	1.200	0.004	0.13	正常
-0.100	1.800	1.800	0.000	0.00	正常
-0.300	2.400	2.400	0.000	0.00	正常
-0.500	3.001	3.000	0.001	0.03	正常

表3.3.1(2) ユニットの電氣的チェックの結果(酸化還元電位：白金電極)

入力電位 (V)	変換出力電位 (V)	標準出力電位 (V)	差(変換出力-標準出力)		評価
			(V)	(%F. S.)	
-1.000	0.000	0.000	0.000	0.00	正常
-0.600	0.601	0.600	0.001	0.03	正常
-0.200	1.203	1.200	0.003	0.10	正常
0.200	1.809	1.800	0.009	0.30	正常
0.600	2.411	2.400	0.011	0.37	正常
1.000	3.000	3.000	0.000	0.00	正常

表3.3.1(3) ユニットの電氣的チェックの結果(酸化還元電位：金電極)

入力電位 (V)	変換出力電位 (V)	標準出力電位 (V)	差(変換出力-標準出力)		評価
			(V)	(%F. S.)	
-1.000	0.005	0.000	0.005	0.17	正常
-0.600	0.605	0.600	0.005	0.17	正常
-0.200	1.206	1.200	0.006	0.20	正常
0.200	1.808	1.800	0.008	0.27	正常
0.600	2.407	2.400	0.007	0.23	正常
1.000	3.000	3.000	0.000	0.00	正常

表3.3.1(4) ユニットの電氣的チェックの結果(酸化還元電位：ガラスカーボン電極)

入力電位 (V)	変換出力電位 (V)	標準出力電位 (V)	差(変換出力-標準出力)		評価
			(V)	(%F. S.)	
-1.000	0.004	0.000	0.004	0.13	正常
-0.600	0.605	0.600	0.005	0.17	正常
-0.200	1.207	1.200	0.007	0.23	正常
0.200	1.809	1.800	0.009	0.30	正常
0.600	2.410	2.400	0.010	0.33	正常
1.000	3.000	3.000	0.000	0.00	正常

表3.3.1(5) ユニットの電氣的チェックの結果(硫化物イオン電位)

入力電位 (V)	変換出力電位 (V)	標準出力電位 (V)	差(変換出力-標準出力)		評価
			(V)	(%F. S.)	
0.000	-0.004	0.000	-0.004	-0.13	正常
-0.200	0.597	0.600	-0.003	-0.10	正常
-0.400	1.197	1.200	-0.003	-0.10	正常
-0.600	1.800	1.800	0.000	0.00	正常
-0.800	2.399	2.400	-0.001	-0.03	正常
-1.000	3.000	3.000	0.000	0.00	正常

表3.3.1(6) ユニットの電氣的チェックの結果(電氣伝導度：交流二電極式)

入力抵抗 (Ω)	変換出力電位 (V)	標準出力電位 (V)	差(変換出力-標準出力)		評価
			(V)	(%F. S.)	
∞	-0.004	0.000	-0.004	-0.13	正常
6992	0.587	0.600	-0.013	-0.43	正常
3496	1.177	1.200	-0.023	-0.77	正常
2331	1.757	1.800	-0.043	-1.43	正常
1748	2.334	2.400	-0.066	-2.20	正常
1398	2.923	3.000	-0.077	-2.57	正常

表3.3.1(7) ユニットの電氣的チェックの結果(電氣伝導度：電磁誘導式)

入力抵抗 (Ω)	変換出力電位 (V)	標準出力電位 (V)	差(変換出力-標準出力)		評価
			(V)	(%F. S.)	
∞	0.004	0.000	0.004	0.13	正常
266.0	0.604	0.600	0.004	0.13	正常
133.0	1.205	1.200	0.005	0.17	正常
88.65	1.803	1.800	0.003	0.10	正常
66.49	2.394	2.400	-0.006	-0.20	正常
53.19	2.984	3.000	-0.016	-0.53	正常

表3.3.1(8) ユニットの電氣的チェックの結果(水温)

入力抵抗 (Ω)	変換出力電位 (V)	標準出力電位 (V)	差(変換出力-標準出力)		評価
			(V)	(%F. S.)	
100.0	0.006	0.000	0.006	0.20	正常
107.8	0.606	0.600	0.006	0.20	正常
115.6	1.206	1.200	0.006	0.20	正常
123.4	1.804	1.800	0.004	0.13	正常
131.2	2.402	2.400	0.002	0.07	正常
139.0	3.000	3.000	0.000	0.00	正常

3.3.2 センサーの校正結果

センサーの校正は、平成10年8月27日13時から15時にかけて実施した。その結果を表3.3.2に示す。表には標準液温度・指示電位の他、標準指示電位を併記した。

各センサーの指示電位はすべて、標準指示電位の範囲内に収まっており、正常に機能していると判断した。これらの標準液温度と指示電位はデータ処理装置に入力し、連続測定時にデータ処理装置に表示・記録される各測定データの換算に用いた。

表3.3.2 センサーの校正結果

測定項目		標準液名	液温 (°C)	指示電位 (V)	標準指示電位		評価
					最小(V)	最大(V)	
水素イオン指数		pH4	25.3	1.999	1.885	2.213	正常
		pH9	25.3	1.108	0.932	1.290	正常
酸化還元電位	白金電極	Eh4	24.5	1.912	1.730	2.030	正常
	金電極			1.903	1.730	2.030	正常
	ガラスカーボン電極			1.909	1.730	2.030	正常
硫化物イオン電位		pS1	25.0	2.001	1.830	2.400	正常
		pS2	25.3	2.185	2.010	2.620	正常
電気伝導度	交流二電極式	EC1L	25.2	0.293	0.134	0.537	正常
		EC1H	25.0	0.715	0.336	1.342	正常
	電磁誘導式	EC2L	25.0	0.016	-0.168	0.200	正常
		EC2H	25.0	1.179	0.298	1.582	正常
水温		Temp1	0.1	0.003	-0.210	0.210	正常
		Temp2	25.0	0.746	0.650	0.850	正常

3.3.3 ユニット耐圧・通信試験結果

ユニット耐圧試験では、地球化学検層ユニットの内部を8MPaまで加圧し、1時間静置した。耐圧試験中、水漏れや減圧は認められず、ユニットの組立が正常に行われ、測定予定深度(GL-323.8~330.8m)の水圧(約3MPa)に十分耐えうることを確認した。なお、耐圧試験中の各測定項目の指示電位にも異常は認められなかった。

地球化学検層ユニットと1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の孔内システムを連結し、ユニット通信試験を実施した。電源投入後、ユニットへのプログラムのダウンロードやユニットからの測定信号の受信が正常に行われることを確認した。

3.3.4 連続測定結果

5項目8種類の物理化学パラメータ測定は、DH-5号孔の深度GL-323.8~330.8mの孔内水を対象として、連続地上採水を開始した平成10年8月28日14時27分から連続採水の終了した同年9月3日の10時35分まで実施した。ただし、8月29日10時24分から同日14時32分までは、センサーのチェックと中間ドリフト測定のため、測定を中断した。なお、この間に連続地上採水した孔内水は約812ℓである。

測定中、計測値はデータ処理装置を用いて約20秒毎に収録した。約20分毎に抜粋した物理化学パラメータの測定結果を表3.3.3に示す。なお、表中の電源電圧と基板温度はそれぞれ、12V電源の電圧とユニット内のデータ処理基板温度である。また、採水量は、1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器で収録されたデータから算出した連続地上採水量である。

表3.3.3に示した物理化学パラメータの計測値を、測定開始からの経過時間ならびに採水量に対してプロットし、図3.3.1に示す。ユニットの12V電源の電圧とデータ処理基板温度に関しては図3.3.2に示す。

測定した物理化学パラメータのうち、測定開始直後からはほぼ一定しているのは水温のみである。他の項目は、漸減もしくは漸増する傾向を示し、比較的漸増傾向の小さい水素イオン指数や電気伝導度の応答が一定するまでに約5日間要した。酸化還元電位は、ほぼ一定した漸減傾向が4日間ほど続いた後、5、6日目で比較的大きく電位が下がり、その後は穏やかな低下傾向に変わった。また、金属作用電極による指示電位の違いも穏やかではあるが小さくなった。硫化物イオン電位は、-100mV前後で漸減しているが、絶対電位が高く硫化物イオンの存在は認められない。

なお、ユニットの電源電圧は11.0~11.8V、データ処理基板温度は21.3~22.4℃で変動しているが、いずれも作動保証範囲内(12±4V、0~70℃)で異常は認められない。

表3.3.3(1) 物理化学パラメータの連続測定結果(1/8)

測定日時	pH	Eh (mV)			pS (mV)	EC (mS/m)		水温 (°C)	電源 電圧 (V)	基板 温度 (°C)	採水量 (ℓ)
		Pt	Au	GC		交流 二電極	電磁 誘導				
1998/08/28 14:26:52	6.83	400	247	312	-157	53.2	123	19.5	11.3	22.4	0.00
1998/08/28 14:47:48	6.59	372	254	306	-151	6.6	75	19.8	11.1	21.6	1.07
1998/08/28 15:08:42	6.54	368	251	300	-152	4.9	75	19.8	11.5	21.7	2.67
1998/08/28 15:29:34	6.53	368	251	300	-154	4.9	75	19.8	11.2	21.7	4.30
1998/08/28 15:50:29	6.56	369	250	299	-154	5.2	74	19.8	11.3	21.7	5.95
1998/08/28 16:11:24	6.59	369	251	298	-153	5.8	75	19.8	11.1	21.7	7.62
1998/08/28 16:32:16	6.62	368	250	297	-153	6.1	75	19.8	11.5	21.7	9.26
1998/08/28 16:53:09	6.65	368	250	297	-152	6.4	75	19.8	11.2	21.7	10.88
1998/08/28 17:14:03	6.66	367	250	297	-152	6.6	76	19.8	11.1	21.6	12.47
1998/08/28 17:34:55	6.70	365	249	295	-152	6.9	76	19.8	11.3	21.7	14.08
1998/08/28 17:55:47	6.72	364	248	294	-152	7.1	75	19.9	11.4	21.8	15.70
1998/08/28 18:16:40	6.75	363	248	293	-153	7.3	75	19.9	11.2	21.7	17.30
1998/08/28 18:37:33	6.75	363	247	293	-153	7.5	76	19.9	11.3	21.8	18.89
1998/08/28 18:58:26	6.78	362	247	292	-152	7.7	76	19.9	11.1	21.7	20.47
1998/08/28 19:19:19	6.80	362	247	291	-152	7.9	76	19.9	11.3	21.8	22.06
1998/08/28 19:40:12	6.82	361	247	290	-152	8.0	78	19.9	11.4	21.8	23.63
1998/08/28 20:01:04	6.85	361	247	290	-152	8.2	77	19.9	11.4	21.7	25.20
1998/08/28 20:21:58	6.86	360	246	289	-153	8.3	77	19.9	11.2	21.8	26.78
1998/08/28 20:42:50	6.88	360	247	289	-152	8.5	78	19.9	11.1	21.8	28.36
1998/08/28 21:03:43	6.90	360	247	289	-153	8.6	77	19.9	11.3	21.8	29.95
1998/08/28 21:24:39	6.90	361	248	289	-152	8.7	77	19.9	11.2	21.8	31.57
1998/08/28 21:45:41	6.92	361	248	288	-152	8.8	77	19.9	11.3	21.8	33.16
1998/08/28 22:06:33	6.93	361	249	289	-153	8.9	78	19.9	11.4	21.8	34.75
1998/08/28 22:27:26	6.94	362	251	289	-153	9.0	78	19.9	11.3	21.7	36.35
1998/08/28 22:48:21	6.96	362	252	289	-153	9.1	77	19.9	11.1	21.7	37.95
1998/08/28 23:09:15	6.97	362	252	289	-153	9.2	79	19.9	11.2	21.8	39.54
1998/08/28 23:30:08	6.98	362	251	288	-153	9.3	78	19.9	11.3	21.8	41.12
1998/08/28 23:51:00	6.99	362	252	289	-153	9.3	78	19.9	11.2	21.7	42.72
1998/08/29 00:12:03	7.01	362	252	288	-154	9.4	79	19.9	11.1	21.7	44.31
1998/08/29 00:32:55	7.02	363	253	287	-154	9.5	78	19.9	11.4	21.7	45.90
1998/08/29 00:53:48	7.03	364	254	287	-154	9.6	79	19.9	11.3	21.8	47.49
1998/08/29 01:14:43	7.04	364	255	286	-154	9.7	78	19.9	11.5	21.8	49.07
1998/08/29 01:35:36	7.06	364	255	285	-154	9.8	79	19.9	11.1	21.8	50.66
1998/08/29 01:56:28	7.07	364	255	283	-154	9.8	77	19.9	11.3	21.7	52.25
1998/08/29 02:17:33	7.08	363	256	282	-154	9.9	79	19.9	11.5	21.8	53.84
1998/08/29 02:38:38	7.09	361	257	281	-154	10.0	79	19.9	11.5	21.8	55.39
1998/08/29 02:59:30	7.10	360	259	280	-154	10.0	78	19.9	11.2	21.8	56.94
1998/08/29 03:20:23	7.10	359	260	279	-154	10.1	79	19.9	11.5	21.8	58.49
1998/08/29 03:41:15	7.11	359	262	280	-154	10.1	78	19.9	11.5	21.9	60.05
1998/08/29 04:02:08	7.12	359	264	280	-155	10.2	78	19.9	11.5	21.9	61.61
1998/08/29 04:23:00	7.14	360	266	280	-154	10.3	79	19.9	11.2	21.8	63.17
1998/08/29 04:44:10	7.15	361	269	280	-154	10.3	78	19.9	11.3	21.8	64.76
1998/08/29 05:05:28	7.16	361	271	280	-155	10.4	79	19.9	11.3	21.8	66.39
1998/08/29 05:26:36	7.16	363	271	278	-154	10.4	79	19.9	11.4	21.8	67.99
1998/08/29 05:47:29	7.17	364	275	279	-155	10.4	79	19.9	11.5	21.8	69.58
1998/08/29 06:08:21	7.18	366	278	280	-155	10.5	79	19.9	11.4	21.8	71.17
1998/08/29 06:29:27	7.19	367	280	281	-155	10.5	79	19.9	11.2	21.8	72.77
1998/08/29 06:50:24	7.20	368	284	282	-155	10.6	79	19.9	11.3	21.8	74.38
1998/08/29 07:11:15	7.21	369	287	284	-156	10.6	78	19.9	11.3	21.8	75.97
1998/08/29 07:32:08	7.21	370	290	285	-155	10.6	79	19.9	11.1	21.8	77.57

表3.3.3(2) 物理化学パラメータの連続測定結果(2/8)

測定日時	pH	Eh (mV)			pS (mV)	EC (mS/m)		水温 (°C)	電源 電圧 (V)	基板 温度 (°C)	採水量 (L)
		Pt	Au	GC		交流 二電極	電磁 誘導				
1998/08/29 07:53:00	7.22	372	292	286	-155	10.7	78	19.9	11.5	21.8	79.16
1998/08/29 08:13:53	7.22	374	294	288	-155	10.7	80	19.9	11.1	21.7	80.76
1998/08/29 08:34:45	7.22	373	296	289	-156	10.7	79	19.9	11.1	21.8	82.35
1998/08/29 08:55:38	7.23	373	297	289	-156	10.8	79	19.9	11.3	21.8	83.94
1998/08/29 09:16:31	7.24	375	301	291	-155	10.8	79	19.9	11.4	21.8	85.53
1998/08/29 09:37:23	7.25	374	300	291	-155	10.9	79	19.9	11.1	21.7	87.12
1998/08/29 09:58:15	7.25	375	300	292	-155	10.9	79	19.9	11.3	21.8	88.71
1998/08/29 10:19:07	7.26	375	301	292	-156	10.9	79	19.9	11.3	21.8	90.30
1998/08/29 10:40:30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998/08/29 11:01:22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998/08/29 11:22:14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998/08/29 11:43:07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998/08/29 12:03:59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998/08/29 12:24:52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998/08/29 12:45:45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998/08/29 13:06:37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998/08/29 13:27:29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998/08/29 13:48:21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998/08/29 14:09:18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998/08/29 14:31:36	7.43	416	268	285	-44	128.4	148	18.9	11.0	21.9	91.08
1998/08/29 14:52:30	7.26	381	257	273	-42	15.7	34	19.6	11.1	21.3	92.20
1998/08/29 15:13:22	7.23	366	254	267	-44	11.5	33	19.7	11.3	21.5	93.77
1998/08/29 15:34:15	7.23	358	253	264	-45	11.2	32	19.7	11.3	21.5	95.35
1998/08/29 15:55:07	7.23	350	251	260	-47	11.1	29	19.8	11.3	21.7	96.93
1998/08/29 16:15:58	7.23	343	249	258	-48	11.1	33	19.8	11.2	21.8	98.52
1998/08/29 16:36:51	7.24	337	246	255	-50	11.1	31	19.8	11.2	21.7	100.11
1998/08/29 16:57:43	7.25	333	246	253	-51	11.1	34	19.8	11.5	21.7	101.70
1998/08/29 17:18:37	7.25	329	244	251	-52	11.0	32	19.8	11.4	21.6	103.29
1998/08/29 17:39:30	7.26	325	243	250	-52	11.2	32	19.9	11.2	21.8	104.88
1998/08/29 18:00:22	7.27	322	243	248	-53	11.2	28	19.9	11.3	21.7	106.47
1998/08/29 18:21:14	7.28	318	241	246	-54	11.3	37	19.9	11.2	21.8	108.05
1998/08/29 18:42:07	7.29	316	240	245	-54	11.2	32	19.9	11.5	21.8	109.65
1998/08/29 19:02:59	7.30	314	239	243	-54	11.3	34	19.9	11.4	21.7	111.25
1998/08/29 19:23:52	7.31	312	238	242	-54	11.3	31	19.9	11.2	21.8	112.84
1998/08/29 19:44:45	7.32	309	238	241	-54	11.3	32	19.9	11.2	21.6	114.43
1998/08/29 20:05:37	7.33	307	237	240	-54	11.4	39	19.9	11.5	21.8	115.99
1998/08/29 20:26:29	7.34	305	236	238	-54	11.4	41	19.9	11.2	21.7	117.57
1998/08/29 20:47:21	7.35	302	235	237	-55	11.4	31	19.9	11.0	21.8	119.13
1998/08/29 21:08:18	7.35	300	234	235	-54	11.4	30	19.9	11.2	21.7	120.72
1998/08/29 21:29:10	7.36	298	233	234	-54	11.4	29	19.9	11.2	21.7	122.31
1998/08/29 21:50:02	7.36	299	235	236	-52	11.5	28	19.9	11.1	21.7	123.91
1998/08/29 22:10:55	7.37	295	232	232	-54	11.5	34	19.9	11.3	21.8	125.51
1998/08/29 22:32:06	7.38	292	231	231	-54	11.5	36	19.9	11.4	21.7	127.12
1998/08/29 22:53:07	7.38	292	230	230	-54	11.5	32	19.9	11.1	21.8	128.74
1998/08/29 23:14:00	7.39	289	229	229	-54	11.6	33	19.9	11.2	21.8	130.33
1998/08/29 23:34:52	7.39	289	229	228	-54	11.6	32	19.9	11.4	21.7	131.93
1998/08/29 23:55:59	7.40	288	229	227	-54	11.6	32	19.9	11.0	21.8	133.55
1998/08/30 00:17:04	7.41	287	228	226	-54	11.6	30	19.9	11.3	21.7	135.16
1998/08/30 00:37:56	7.41	286	227	225	-54	11.6	34	19.9	11.4	21.8	136.75
1998/08/30 00:58:48	7.42	285	226	224	-54	11.6	31	19.9	11.4	21.6	138.37

表3.3.3(3) 物理化学パラメータの連続測定結果(3/8)

測定日時	pH	Eh (mV)			pS (mV)	EC (mS/m)		水温 (°C)	電源 電圧 (V)	基板 温度 (°C)	採水量 (ℓ)
		Pt	Au	GC		交流 二電極	電磁 誘導				
1998/08/30 01:19:50	7.42	283	225	223	-54	11.7	35	19.9	11.1	21.7	139.97
1998/08/30 01:40:42	7.43	281	224	221	-54	11.7	28	19.9	11.2	21.8	141.59
1998/08/30 02:01:35	7.43	280	223	221	-54	11.7	29	19.9	11.2	21.7	143.19
1998/08/30 02:22:33	7.43	278	222	220	-54	11.8	27	19.9	11.2	21.7	144.81
1998/08/30 02:43:51	7.44	277	221	219	-54	11.8	33	19.9	11.2	21.7	146.46
1998/08/30 03:05:09	7.44	275	220	217	-54	11.8	30	19.9	11.2	21.8	148.10
1998/08/30 03:26:05	7.45	274	219	216	-54	11.8	28	19.9	11.2	21.6	149.73
1998/08/30 03:46:57	7.46	272	218	215	-54	11.8	27	19.9	11.1	21.6	151.33
1998/08/30 04:07:50	7.46	271	217	215	-54	11.8	28	19.9	11.2	21.8	152.95
1998/08/30 04:29:05	7.46	270	216	213	-54	11.9	33	19.9	11.2	21.7	154.59
1998/08/30 04:49:58	7.46	268	215	212	-54	11.9	31	19.9	11.3	21.8	156.22
1998/08/30 05:10:51	7.47	267	214	211	-55	11.9	28	19.9	11.3	21.7	157.83
1998/08/30 05:31:46	7.47	266	213	211	-55	11.9	30	19.9	11.3	21.8	159.46
1998/08/30 05:53:04	7.48	264	213	210	-55	11.9	33	19.9	11.2	21.8	161.13
1998/08/30 06:14:03	7.48	264	212	209	-55	11.9	32	19.9	11.3	21.8	162.76
1998/08/30 06:34:55	7.48	262	210	208	-55	12.0	33	19.9	11.3	21.8	164.38
1998/08/30 06:55:48	7.49	261	210	207	-55	12.1	33	19.9	11.3	21.7	166.00
1998/08/30 07:16:44	7.49	260	209	207	-55	12.0	33	19.9	11.4	21.7	167.65
1998/08/30 07:37:36	7.50	259	208	206	-56	12.1	32	19.9	11.3	21.8	169.27
1998/08/30 07:58:29	7.50	258	207	204	-56	12.0	26	19.9	11.3	21.8	170.89
1998/08/30 08:19:26	7.50	255	206	203	-56	12.1	23	19.9	11.2	21.7	172.52
1998/08/30 08:40:18	7.51	255	205	203	-56	12.1	38	19.9	11.4	21.9	174.15
1998/08/30 09:01:10	7.51	254	204	201	-57	12.1	35	19.9	11.2	21.8	175.79
1998/08/30 09:22:03	7.51	252	202	201	-58	12.0	33	19.9	11.2	21.7	177.41
1998/08/30 09:42:55	7.52	252	202	199	-58	12.1	31	19.9	11.2	21.7	179.02
1998/08/30 10:03:47	7.52	250	201	198	-59	12.1	30	19.9	11.5	21.8	180.65
1998/08/30 10:24:40	7.52	248	200	197	-60	12.1	32	19.9	11.6	21.8	182.27
1998/08/30 10:45:35	7.53	249	200	197	-61	12.2	32	19.9	11.5	21.7	183.90
1998/08/30 11:06:28	7.53	247	199	196	-61	12.2	32	19.9	11.2	21.7	185.53
1998/08/30 11:27:20	7.54	246	198	195	-62	12.2	27	19.9	11.1	21.7	187.14
1998/08/30 11:48:15	7.54	245	197	194	-62	12.2	29	19.9	11.4	21.7	188.78
1998/08/30 12:09:08	7.54	244	196	193	-62	12.2	27	19.9	11.1	21.7	190.38
1998/08/30 12:30:00	7.54	243	196	193	-62	12.3	27	19.9	11.3	21.7	192.00
1998/08/30 12:50:53	7.55	242	194	192	-61	12.2	26	19.9	11.1	21.6	193.62
1998/08/30 13:11:48	7.55	240	194	190	-61	12.3	28	19.9	11.3	21.8	195.22
1998/08/30 13:32:41	7.55	240	193	190	-61	12.3	32	19.9	11.2	21.8	196.86
1998/08/30 13:53:33	7.56	240	192	189	-61	12.4	31	19.9	11.2	21.8	198.47
1998/08/30 14:14:26	7.56	239	192	188	-61	12.3	31	19.9	11.1	21.7	200.08
1998/08/30 14:35:18	7.56	237	191	188	-61	12.3	32	19.9	11.3	21.6	201.70
1998/08/30 14:56:23	7.56	238	191	187	-61	12.4	37	19.9	11.3	21.8	203.34
1998/08/30 15:17:16	7.57	237	190	186	-62	12.4	23	19.9	11.4	21.8	204.95
1998/08/30 15:38:08	7.57	235	188	186	-62	12.4	28	19.9	11.5	21.8	206.58
1998/08/30 15:59:01	7.57	235	188	185	-62	12.4	32	19.9	11.2	21.8	208.21
1998/08/30 16:19:53	7.57	247	199	197	-50	12.3	33	19.9	11.2	21.7	209.82
1998/08/30 16:40:46	7.58	232	186	183	-62	12.4	33	19.9	11.2	21.8	211.44
1998/08/30 17:01:38	7.58	232	186	183	-62	12.4	33	19.9	11.2	21.7	213.07
1998/08/30 17:22:30	7.58	231	184	182	-62	12.4	31	19.9	11.2	21.8	214.69
1998/08/30 17:43:23	7.58	230	183	182	-62	12.4	32	19.9	11.3	21.8	216.32
1998/08/30 18:04:15	7.58	229	183	181	-63	12.5	32	19.9	11.2	21.8	217.95
1998/08/30 18:25:08	7.59	228	182	179	-63	12.5	30	19.9	11.2	21.7	219.59

表3.3.3(4) 物理化学パラメータの連続測定結果(4/8)

測定日時	pH	Eh (mV)			pS (mV)	EC (mS/m)		水温 (°C)	電源 電圧 (V)	基板 温度 (°C)	採水量 (ℓ)
		Pt	Au	GC		交流 二電極	電磁 誘導				
1998/08/30 18:46:00	7.59	227	182	179	-63	12.5	33	19.9	11.3	21.8	221.22
1998/08/30 19:07:16	7.60	226	181	178	-63	12.4	33	19.9	11.1	21.8	222.89
1998/08/30 19:28:22	7.59	225	180	178	-63	12.5	33	19.9	11.2	21.8	224.54
1998/08/30 19:49:14	7.60	225	178	177	-63	12.5	32	19.9	11.4	21.8	226.18
1998/08/30 20:10:05	7.60	224	177	176	-63	12.5	30	19.9	11.5	21.8	227.81
1998/08/30 20:30:55	7.60	222	177	175	-63	12.5	35	19.9	11.4	21.8	229.44
1998/08/30 20:51:46	7.60	223	177	175	-63	12.6	42	19.9	11.4	21.8	231.09
1998/08/30 21:12:37	7.61	220	176	174	-64	12.6	39	19.9	11.2	21.8	232.72
1998/08/30 21:33:35	7.61	219	174	172	-64	12.6	41	19.9	11.4	21.9	234.31
1998/08/30 21:54:26	7.62	214	173	171	-64	12.6	38	20.0	11.2	21.9	235.93
1998/08/30 22:15:17	7.62	214	171	170	-64	12.6	39	20.0	11.3	21.9	237.54
1998/08/30 22:36:11	7.61	211	171	169	-64	12.7	35	20.0	11.2	21.8	239.16
1998/08/30 22:57:10	7.62	212	169	169	-64	12.6	42	20.0	11.2	21.9	240.80
1998/08/30 23:18:01	7.62	210	169	168	-64	12.6	39	19.9	11.5	21.8	242.44
1998/08/30 23:38:52	7.63	210	169	167	-64	12.7	36	19.9	11.5	21.8	244.05
1998/08/30 23:59:57	7.63	209	168	166	-64	12.7	37	19.9	11.5	21.8	245.68
1998/08/31 00:20:48	7.63	209	167	166	-64	12.7	41	20.0	11.3	21.8	247.32
1998/08/31 00:41:39	7.63	209	166	166	-64	12.7	38	19.9	11.6	21.9	248.96
1998/08/31 01:02:38	7.63	209	166	165	-64	12.7	39	19.9	11.3	21.7	250.61
1998/08/31 01:23:55	7.64	209	166	165	-64	12.7	33	19.9	11.3	21.8	252.29
1998/08/31 01:45:11	7.64	209	165	164	-65	12.7	34	19.9	11.5	21.8	253.97
1998/08/31 02:06:19	7.64	208	165	163	-65	12.7	36	19.9	11.3	21.8	255.64
1998/08/31 02:27:10	7.64	207	163	162	-65	12.7	37	19.9	11.2	21.9	257.29
1998/08/31 02:48:01	7.64	207	161	162	-65	12.7	33	19.9	11.3	21.8	258.95
1998/08/31 03:09:02	7.65	205	160	161	-65	12.8	34	19.9	11.3	21.8	260.60
1998/08/31 03:30:18	7.65	205	159	160	-65	12.8	36	19.9	11.3	21.8	262.29
1998/08/31 03:51:34	7.65	205	158	160	-65	12.8	33	19.9	11.5	21.8	263.97
1998/08/31 04:12:50	7.65	205	157	159	-65	12.8	30	19.9	11.5	21.8	265.66
1998/08/31 04:34:00	7.65	204	156	158	-65	12.8	36	19.9	11.7	21.7	267.34
1998/08/31 04:54:51	7.66	203	156	157	-65	12.8	35	19.9	11.5	21.8	268.98
1998/08/31 05:15:42	7.65	203	154	157	-65	12.8	33	19.9	11.3	21.8	270.64
1998/08/31 05:36:42	7.66	203	153	156	-65	12.8	34	19.9	11.4	21.8	272.29
1998/08/31 05:57:35	7.66	202	152	155	-65	12.8	33	19.9	11.3	21.8	273.95
1998/08/31 06:18:26	7.67	201	152	154	-65	12.9	36	20.0	11.3	21.8	275.59
1998/08/31 06:39:17	7.66	201	151	154	-65	12.9	35	19.9	11.2	21.8	277.25
1998/08/31 07:00:32	7.66	201	150	153	-65	12.9	32	20.0	11.3	21.7	278.93
1998/08/31 07:21:48	7.66	200	150	152	-65	12.9	32	19.9	11.3	21.8	280.62
1998/08/31 07:43:04	7.67	199	149	152	-65	12.9	30	19.9	11.2	21.8	282.30
1998/08/31 08:04:20	7.67	199	147	151	-65	12.9	27	19.9	11.2	21.7	283.98
1998/08/31 08:25:11	7.67	198	145	149	-66	12.9	33	19.9	11.4	21.8	285.62
1998/08/31 08:46:02	7.67	198	143	148	-66	12.9	30	19.9	11.4	21.9	287.28
1998/08/31 09:06:53	7.68	196	141	147	-66	13.0	35	19.9	11.5	21.8	288.92
1998/08/31 09:27:44	7.68	195	140	146	-66	12.9	34	19.9	11.3	21.9	290.58
1998/08/31 09:48:34	7.68	195	139	145	-66	13.0	34	19.9	11.3	21.8	292.23
1998/08/31 10:09:25	7.68	194	138	144	-66	13.0	29	19.9	11.4	21.8	293.88
1998/08/31 10:30:16	7.68	193	137	144	-66	13.0	30	19.9	11.3	21.8	295.54
1998/08/31 10:51:07	7.69	193	137	142	-66	13.1	34	19.9	11.2	21.8	297.18
1998/08/31 11:11:58	7.69	192	135	142	-66	13.0	30	20.0	11.5	21.8	298.83
1998/08/31 11:32:49	7.69	192	133	141	-66	13.0	31	20.0	11.2	21.8	300.49
1998/08/31 11:53:40	7.69	191	132	139	-67	13.0	28	19.9	11.3	21.8	302.13

表3.3.3(5) 物理化学パラメータの連続測定結果(5/8)

測定日時	pH	Eh (mV)			pS (mV)	EC (mS/m)		水温 (°C)	電源 電圧 (V)	基板 温度 (°C)	採水量 (ℓ)
		Pt	Au	GC		交流 二電極	電磁 誘導				
1998/08/31 12:14:32	7.69	190	131	138	-66	13.1	31	19.9	11.2	21.8	303.80
1998/08/31 12:35:23	7.69	189	131	138	-67	13.0	28	19.9	11.2	21.8	305.45
1998/08/31 12:56:14	7.70	189	129	136	-67	13.0	31	20.0	11.4	21.8	307.11
1998/08/31 13:17:11	7.69	189	127	135	-67	13.1	30	20.0	11.3	21.8	308.34
1998/08/31 13:38:02	7.70	188	127	135	-66	13.0	29	19.9	11.4	21.8	310.59
1998/08/31 13:58:56	7.71	187	126	134	-66	13.0	29	19.9	11.1	21.8	313.11
1998/08/31 14:19:47	7.71	187	125	133	-66	13.1	30	19.9	11.2	21.8	315.61
1998/08/31 14:40:38	7.71	187	125	132	-66	13.1	28	19.9	11.3	22.0	318.12
1998/08/31 15:01:29	7.71	186	124	131	-66	13.1	27	19.9	11.4	21.9	320.61
1998/08/31 15:22:20	7.72	186	123	129	-67	13.1	31	19.9	11.3	21.7	323.11
1998/08/31 15:43:12	7.72	186	122	128	-67	13.2	32	19.9	11.3	21.8	325.60
1998/08/31 16:04:03	7.74	185	121	127	-67	13.2	30	19.9	11.2	21.7	328.09
1998/08/31 16:24:54	7.74	186	120	126	-67	13.2	31	19.9	11.2	21.8	330.59
1998/08/31 16:45:48	7.75	185	120	125	-67	13.2	30	19.9	11.3	21.8	333.11
1998/08/31 17:06:38	7.75	186	119	124	-67	13.2	32	19.9	11.2	21.8	335.62
1998/08/31 17:27:29	7.76	185	118	123	-67	13.2	30	19.9	11.2	21.6	338.12
1998/08/31 17:48:21	7.76	184	117	122	-67	13.2	28	19.9	11.1	21.8	340.62
1998/08/31 18:09:12	7.76	184	116	121	-67	13.2	34	19.9	11.3	21.8	343.14
1998/08/31 18:30:02	7.77	183	115	119	-67	13.3	28	19.9	11.3	21.8	345.64
1998/08/31 18:50:54	7.77	183	116	118	-67	13.3	29	19.9	11.3	21.8	348.14
1998/08/31 19:11:45	7.78	182	114	117	-67	13.2	34	19.9	11.3	21.8	350.66
1998/08/31 19:32:36	7.78	182	114	116	-67	13.4	32	19.9	11.3	21.8	353.17
1998/08/31 19:53:29	7.78	182	112	115	-67	13.4	29	19.9	11.2	21.8	355.70
1998/08/31 20:14:21	7.78	181	112	114	-67	13.3	33	19.9	11.4	21.8	358.19
1998/08/31 20:35:12	7.79	181	111	113	-67	13.3	27	19.9	11.2	21.7	360.71
1998/08/31 20:56:02	7.78	180	109	111	-67	13.3	27	19.9	11.5	21.8	363.23
1998/08/31 21:16:56	7.79	179	108	110	-67	13.3	29	19.9	11.2	21.8	365.75
1998/08/31 21:37:46	7.79	178	106	108	-68	13.4	30	19.9	11.2	21.8	368.26
1998/08/31 21:58:37	7.79	178	105	107	-67	13.4	34	19.9	11.6	21.8	370.79
1998/08/31 22:19:41	7.79	178	104	106	-67	13.4	33	19.9	11.4	21.8	373.33
1998/08/31 22:40:57	7.80	177	102	104	-68	13.4	31	19.9	11.2	21.8	375.91
1998/08/31 23:02:13	7.81	176	100	103	-68	13.4	32	19.9	11.2	21.8	378.47
1998/08/31 23:23:29	7.80	175	98	101	-68	13.4	29	19.9	11.5	21.7	381.04
1998/08/31 23:44:45	7.80	175	97	100	-67	13.6	29	19.9	11.3	21.9	383.61
1998/09/01 00:05:51	7.81	174	96	99	-68	13.4	72	19.9	11.4	21.8	386.16
1998/09/01 00:26:42	7.81	173	95	97	-68	13.5	72	19.9	11.3	21.8	388.67
1998/09/01 00:47:33	7.81	173	94	96	-68	13.5	75	19.9	11.4	21.8	391.18
1998/09/01 01:08:37	7.81	172	92	94	-68	13.5	75	19.9	11.5	21.8	393.71
1998/09/01 01:29:53	7.81	171	91	93	-68	13.5	74	19.9	11.4	21.8	396.29
1998/09/01 01:51:09	7.81	171	90	91	-68	13.5	72	19.9	11.2	21.8	398.85
1998/09/01 02:12:08	7.81	170	89	90	-68	13.5	75	19.9	11.4	21.8	401.38
1998/09/01 02:32:59	7.82	169	87	88	-68	13.5	74	19.9	11.4	21.8	403.90
1998/09/01 02:53:50	7.82	168	86	87	-68	13.5	73	19.9	11.3	21.7	406.44
1998/09/01 03:15:01	7.83	167	84	85	-68	13.5	75	19.9	11.3	21.8	409.00
1998/09/01 03:36:17	7.83	166	81	83	-69	13.5	74	19.9	11.2	21.8	411.58
1998/09/01 03:57:33	7.83	165	80	82	-68	13.5	71	19.9	11.3	21.8	414.17
1998/09/01 04:18:27	7.82	164	78	80	-69	13.5	73	19.9	11.3	21.8	416.70
1998/09/01 04:39:18	7.83	163	76	78	-69	13.5	72	19.9	11.4	21.8	419.25
1998/09/01 05:00:09	7.83	163	75	77	-69	13.6	74	19.9	11.5	21.8	421.77
1998/09/01 05:21:25	7.83	162	73	75	-69	13.6	73	19.9	11.4	21.8	424.36

表3.3.3(6) 物理化学パラメータの連続測定結果(6/8)

測定日時	pH	Eh (mV)			pS (mV)	EC (mS/m)		水温 (°C)	電源電圧 (V)	基板温度 (°C)	採水量 (ℓ)
		Pt	Au	GC		交流二電極	電磁誘導				
1998/09/01 05:42:41	7.83	161	72	73	-69	13.6	73	19.9	11.6	21.9	426.95
1998/09/01 06:03:52	7.83	160	69	71	-69	13.6	72	19.9	11.4	21.8	429.53
1998/09/01 06:24:43	7.83	159	67	69	-69	13.6	73	19.9	11.4	21.8	432.07
1998/09/01 06:45:34	7.83	158	65	67	-69	13.7	74	19.9	11.5	21.8	434.60
1998/09/01 07:06:29	7.83	157	64	66	-69	13.6	75	19.9	11.3	21.8	437.14
1998/09/01 07:27:20	7.83	156	62	64	-69	13.6	75	19.9	11.3	21.8	439.68
1998/09/01 07:48:11	7.84	156	61	62	-69	13.7	75	19.9	11.6	21.8	442.22
1998/09/01 08:09:07	7.84	154	59	61	-69	13.6	75	19.9	11.6	21.8	444.75
1998/09/01 08:29:58	7.84	154	58	59	-69	13.7	75	19.9	11.5	21.8	447.29
1998/09/01 08:50:49	7.84	153	55	57	-70	13.7	75	19.9	11.6	21.8	449.82
1998/09/01 09:11:41	7.85	152	54	55	-70	13.7	76	19.9	11.6	21.8	452.34
1998/09/01 09:32:32	7.84	151	53	53	-69	13.7	77	19.9	11.2	21.8	454.86
1998/09/01 09:53:24	7.84	150	42	52	-70	13.7	75	19.9	11.2	21.8	457.40
1998/09/01 10:14:15	7.85	148	46	49	-70	13.7	75	19.9	11.4	21.8	459.91
1998/09/01 10:35:06	7.85	147	46	48	-70	13.7	76	19.9	11.2	21.8	462.43
1998/09/01 10:55:57	7.85	146	44	45	-70	13.7	76	19.9	11.5	21.9	464.95
1998/09/01 11:16:51	7.85	145	44	44	-70	13.8	76	19.9	11.4	21.8	467.46
1998/09/01 11:37:42	7.85	144	41	42	-70	13.8	75	19.9	11.3	21.8	469.99
1998/09/01 11:58:33	7.85	142	40	40	-70	13.8	76	19.9	11.1	21.8	472.49
1998/09/01 12:19:29	7.86	141	39	38	-71	13.8	76	19.9	11.1	21.8	475.02
1998/09/01 12:40:19	7.85	140	37	36	-71	13.8	76	19.9	11.2	21.8	477.52
1998/09/01 13:01:10	7.86	139	36	34	-70	13.8	77	19.9	11.1	21.8	480.01
1998/09/01 13:22:02	7.86	137	33	32	-71	13.8	75	19.9	11.3	21.8	482.54
1998/09/01 13:42:53	7.86	136	32	31	-71	13.8	77	19.9	11.3	21.8	485.04
1998/09/01 14:03:44	7.86	135	30	29	-71	13.8	75	19.9	11.2	21.8	487.54
1998/09/01 14:24:39	7.86	133	29	26	-71	13.8	76	19.9	11.5	21.8	490.06
1998/09/01 14:45:30	7.86	132	27	25	-71	13.8	76	19.9	11.1	21.8	492.57
1998/09/01 15:06:21	7.86	131	25	23	-71	13.8	78	19.9	11.1	21.7	495.07
1998/09/01 15:27:16	7.86	129	23	21	-72	13.8	76	19.9	11.5	21.8	497.60
1998/09/01 15:48:07	7.86	127	22	19	-72	13.8	76	19.9	11.1	21.8	500.09
1998/09/01 16:08:58	7.87	126	21	17	-72	13.8	76	19.9	11.1	21.8	502.59
1998/09/01 16:29:49	7.87	125	18	15	-72	13.8	74	19.9	11.5	21.8	505.12
1998/09/01 16:50:40	7.86	124	18	14	-72	13.9	76	19.9	11.4	21.7	507.62
1998/09/01 17:11:31	7.87	122	16	12	-72	13.9	77	19.9	11.2	21.8	510.13
1998/09/01 17:32:29	7.87	121	15	11	-72	13.9	76	19.9	11.3	21.8	512.65
1998/09/01 17:53:22	7.87	119	12	9	-73	13.9	76	19.9	11.3	21.8	515.16
1998/09/01 18:14:12	7.87	118	10	7	-73	13.9	76	19.9	11.4	21.8	517.68
1998/09/01 18:35:03	7.87	114	-267	5	-73	13.9	76	19.9	11.2	21.8	520.18
1998/09/01 18:55:56	7.87	110	-235	3	-74	13.9	76	19.9	11.3	21.8	522.71
1998/09/01 19:16:47	7.87	108	-199	2	-74	13.9	75	19.9	11.2	21.8	525.21
1998/09/01 19:37:38	7.87	107	-158	0	-74	13.9	76	19.9	11.3	21.8	527.73
1998/09/01 19:58:31	7.87	105	-126	-2	-74	13.9	76	19.9	11.2	21.8	530.24
1998/09/01 20:19:22	7.87	104	-99	-4	-74	13.9	76	19.9	11.2	21.8	532.77
1998/09/01 20:40:13	7.87	103	-82	-6	-74	13.9	77	19.9	11.2	21.8	535.28
1998/09/01 21:01:19	7.88	101	-72	-10	-75	14.0	76	19.9	11.4	21.8	537.83
1998/09/01 21:22:10	7.88	100	-68	-13	-74	14.0	76	19.9	11.3	21.8	540.34
1998/09/01 21:43:01	7.88	98	-58	-18	-75	14.0	75	19.9	11.6	21.8	542.88
1998/09/01 22:04:00	7.88	97	-52	-23	-75	14.0	75	19.9	11.3	21.8	545.42
1998/09/01 22:24:51	7.88	95	-48	-29	-75	14.0	76	19.9	11.3	21.8	547.92
1998/09/01 22:45:42	7.88	94	-43	-33	-75	14.0	76	19.9	11.3	21.8	550.45

表3.3.3(7) 物理化学パラメータの連続測定結果(7/8)

測定日時	pH	Eh (mV)			pS (mV)	EC (mS/m)		水温 (°C)	電源 電圧 (V)	基板 温度 (°C)	採水量 (L)
		Pt	Au	GC		交流 二電極	電磁 誘導				
		1998/09/01 23:06:38	7.88	92		-39	-36				
1998/09/01 23:27:54	7.88	91	-36	-40	-75	14.0	76	19.9	11.5	21.8	555.55
1998/09/01 23:49:10	7.88	89	-34	-44	-76	14.0	76	19.9	11.2	21.8	558.12
1998/09/02 00:10:12	7.88	88	-32	-47	-76	14.0	75	19.9	11.3	21.8	560.68
1998/09/02 00:31:02	7.89	86	-30	-50	-76	14.0	75	19.9	11.3	21.8	563.20
1998/09/02 00:51:53	7.88	85	-29	-52	-76	14.0	76	19.9	11.3	21.8	565.71
1998/09/02 01:12:44	7.88	84	-27	-57	-76	14.0	76	19.9	11.3	21.8	568.25
1998/09/02 01:34:00	7.89	82	-28	-58	-76	14.1	76	19.9	11.5	21.8	570.83
1998/09/02 01:55:16	7.89	80	-28	-60	-77	14.0	76	19.9	11.4	21.8	573.41
1998/09/02 02:16:13	7.89	78	-34	-63	-77	14.0	75	19.9	11.3	21.8	575.95
1998/09/02 02:37:04	7.89	76	-35	-64	-77	14.0	75	19.9	11.4	21.8	578.48
1998/09/02 02:57:55	7.89	75	-34	-66	-77	14.1	75	19.9	11.3	21.8	581.02
1998/09/02 03:19:08	7.89	73	-33	-67	-78	14.1	76	19.9	11.5	21.8	583.60
1998/09/02 03:40:12	7.90	72	-34	-68	-78	14.1	76	19.9	11.5	21.8	586.15
1998/09/02 04:01:02	7.89	70	-34	-70	-78	14.1	76	19.9	11.4	21.9	588.68
1998/09/02 04:21:53	7.90	69	-34	-71	-78	14.1	76	19.9	11.3	21.8	591.22
1998/09/02 04:43:00	7.89	67	-34	-71	-78	14.1	76	19.9	11.6	21.8	593.79
1998/09/02 05:04:01	7.90	66	-36	-73	-79	14.1	77	19.9	11.6	21.7	596.34
1998/09/02 05:24:52	7.90	64	-37	-74	-79	14.1	76	19.9	11.3	21.8	598.87
1998/09/02 05:45:43	7.90	62	-39	-75	-79	14.1	76	19.9	11.4	21.8	601.41
1998/09/02 06:06:42	7.89	61	-40	-75	-79	14.1	76	19.9	11.4	21.9	603.98
1998/09/02 06:27:33	7.89	60	-41	-76	-80	14.1	75	19.9	11.4	21.8	606.51
1998/09/02 06:48:24	7.89	58	-42	-77	-80	14.1	75	19.9	11.7	21.8	609.06
1998/09/02 07:09:27	7.90	57	-44	-77	-80	14.1	75	19.9	11.3	21.8	611.62
1998/09/02 07:30:43	7.90	56	-45	-77	-80	14.1	77	19.9	11.3	21.8	614.22
1998/09/02 07:51:49	7.90	54	-46	-78	-81	14.1	76	19.9	11.4	21.8	616.76
1998/09/02 08:12:40	7.90	54	-46	-78	-81	14.1	76	19.9	11.4	21.8	619.30
1998/09/02 08:33:31	7.90	52	-48	-79	-81	14.2	77	19.9	11.4	21.9	621.84
1998/09/02 08:54:21	7.90	50	-50	-80	-82	14.2	77	19.9	11.4	21.8	624.37
1998/09/02 09:15:11	7.90	49	-51	-80	-82	14.2	76	19.9	11.4	21.8	626.90
1998/09/02 09:36:02	7.90	48	-51	-80	-82	14.2	76	19.9	11.3	21.8	629.44
1998/09/02 09:56:53	7.90	47	-53	-80	-82	14.2	76	19.9	11.3	21.8	631.98
1998/09/02 10:17:45	7.90	46	-53	-80	-82	14.2	75	19.9	11.4	21.8	634.51
1998/09/02 10:38:36	7.90	45	-54	-80	-82	14.2	75	19.9	11.4	21.7	637.05
1998/09/02 10:59:26	7.90	44	-55	-79	-82	14.2	75	19.9	11.3	21.8	639.58
1998/09/02 11:20:17	7.90	42	-56	-80	-82	14.2	75	19.9	11.4	21.8	642.11
1998/09/02 11:41:08	7.91	41	-58	-80	-83	14.2	76	19.9	11.1	21.8	644.62
1998/09/02 12:02:04	7.91	41	-58	-80	-83	14.2	77	19.9	11.2	21.8	647.16
1998/09/02 12:22:55	7.91	39	-60	-82	-83	14.2	75	19.9	11.5	21.8	649.68
1998/09/02 12:43:46	7.91	38	-60	-81	-84	14.2	76	19.9	11.3	21.8	652.19
1998/09/02 13:04:43	7.91	38	-60	-80	-83	14.2	77	19.9	11.2	21.7	654.73
1998/09/02 13:25:39	7.91	36	-61	-81	-84	14.2	76	19.9	11.4	21.8	657.26
1998/09/02 13:46:29	7.91	34	-62	-81	-84	14.2	77	19.9	11.2	21.8	659.78
1998/09/02 14:07:22	7.91	33	-63	-81	-85	14.2	76	19.9	11.2	21.8	662.30
1998/09/02 14:28:12	7.91	32	-63	-81	-85	14.2	77	19.9	11.2	21.8	664.83
1998/09/02 14:49:02	7.91	31	-64	-82	-86	14.3	77	19.9	11.2	21.8	667.34
1998/09/02 15:09:54	7.91	30	-64	-82	-86	14.2	76	19.9	11.2	21.8	669.86
1998/09/02 15:30:45	7.91	29	-64	-81	-86	14.3	76	19.9	11.5	21.8	672.40
1998/09/02 15:51:36	7.92	27	-67	-83	-87	14.3	76	19.9	11.1	21.8	674.90
1998/09/02 16:12:27	7.91	26	-68	-83	-88	14.3	75	19.9	11.2	21.8	677.43

表3.3.3(8) 物理化学パラメータの連続測定結果(8/8)

測定日時	pH	Eh (mV)			pS (mV)	EC (mS/m)		水温 (°C)	電源電圧 (V)	基板温度 (°C)	採水量 (L)
		Pt	Au	GC		交流二電極	電磁誘導				
1998/09/02 16:33:17	7.92	24	-68	-83	-88	14.3	77	20.0	11.2	21.8	679.93
1998/09/02 16:54:08	7.91	22	-70	-83	-89	14.3	76	19.9	11.3	21.8	682.46
1998/09/02 17:14:59	7.92	21	-70	-83	-89	14.3	76	19.9	11.3	21.8	684.97
1998/09/02 17:35:50	7.91	20	-70	-83	-90	14.3	75	19.9	11.2	21.8	687.49
1998/09/02 17:56:40	7.92	18	-71	-84	-91	14.3	77	19.9	11.2	21.8	690.01
1998/09/02 18:17:31	7.91	17	-71	-84	-91	14.3	75	19.9	11.4	21.8	692.52
1998/09/02 18:38:21	7.92	16	-72	-84	-91	14.3	76	19.9	11.2	21.6	695.02
1998/09/02 18:59:12	7.91	14	-73	-84	-92	14.3	75	19.9	11.5	21.8	697.55
1998/09/02 19:20:03	7.92	13	-73	-84	-92	14.3	75	19.9	11.2	21.8	700.06
1998/09/02 19:41:05	7.92	11	-73	-84	-93	14.3	74	19.9	11.4	21.8	702.62
1998/09/02 20:02:14	7.92	9	-74	-84	-94	14.3	75	19.9	11.2	21.8	705.16
1998/09/02 20:23:05	7.92	8	-74	-84	-94	14.3	75	19.9	11.4	21.8	707.70
1998/09/02 20:43:55	7.92	5	-74	-84	-95	14.3	77	19.9	11.1	21.8	710.20
1998/09/02 21:04:46	7.92	2	-74	-84	-95	14.3	74	19.9	11.2	21.8	712.73
1998/09/02 21:25:47	7.92	-2	-74	-84	-95	14.3	76	19.9	11.2	21.9	715.27
1998/09/02 21:46:37	7.92	-3	-75	-84	-96	14.3	75	19.9	11.3	21.8	717.80
1998/09/02 22:07:28	7.92	-7	-75	-85	-97	14.4	76	19.9	11.3	21.8	720.33
1998/09/02 22:28:21	7.92	-36	-75	-85	-97	14.3	75	19.9	11.6	21.8	722.86
1998/09/02 22:49:12	7.92	-205	-75	-84	-98	14.3	76	19.9	11.6	21.8	725.40
1998/09/02 23:10:03	7.93	-234	-74	-85	-98	14.4	77	19.9	11.3	21.8	727.91
1998/09/02 23:30:54	7.92	-212	-73	-84	-99	14.4	76	19.9	11.5	21.8	730.45
1998/09/02 23:51:45	7.92	-196	-75	-85	-100	14.4	76	19.9	11.4	21.8	732.98
1998/09/03 00:12:36	7.92	-173	-76	-85	-101	14.4	75	19.9	11.3	21.8	735.51
1998/09/03 00:33:26	7.93	-143	-75	-85	-101	14.4	77	19.9	11.2	21.8	738.03
1998/09/03 00:54:17	7.92	-118	-75	-85	-101	14.4	77	19.9	11.7	21.8	740.55
1998/09/03 01:15:08	7.92	-98	-74	-85	-101	14.4	75	19.9	11.5	21.8	743.09
1998/09/03 01:36:00	7.92	-84	-75	-85	-102	14.4	76	19.9	11.5	21.8	745.62
1998/09/03 01:56:51	7.93	-74	-77	-85	-103	14.4	75	19.9	11.3	21.8	748.15
1998/09/03 02:17:42	7.93	-68	-78	-86	-104	14.4	75	19.9	11.3	21.8	750.69
1998/09/03 02:38:48	7.93	-61	-76	-86	-104	14.4	76	19.9	11.4	21.8	753.24
1998/09/03 02:59:39	7.93	-55	-75	-86	-105	14.4	77	19.9	11.7	21.8	755.78
1998/09/03 03:20:30	7.93	-49	-76	-87	-106	14.4	76	20.0	11.7	21.8	758.31
1998/09/03 03:41:25	7.93	-46	-76	-87	-107	14.4	76	19.9	11.6	21.8	760.85
1998/09/03 04:02:16	7.93	-43	-77	-87	-107	14.4	76	19.9	11.2	21.8	763.40
1998/09/03 04:23:07	7.94	-40	-77	-88	-108	14.4	76	19.9	11.6	21.8	765.93
1998/09/03 04:44:04	7.93	-37	-77	-88	-109	14.4	75	19.9	11.7	21.8	768.50
1998/09/03 05:04:55	7.93	-34	-78	-88	-110	14.4	75	19.9	11.4	21.6	771.04
1998/09/03 05:25:46	7.93	-34	-79	-89	-111	14.4	75	19.9	11.3	21.8	773.57
1998/09/03 05:46:43	7.93	-31	-79	-89	-111	14.4	76	19.9	11.8	21.8	776.14
1998/09/03 06:07:38	7.93	-30	-77	-89	-112	14.4	76	20.0	11.4	21.8	778.69
1998/09/03 06:28:29	7.94	-29	-79	-90	-113	14.4	75	19.9	11.3	21.8	781.24
1998/09/03 06:49:19	7.93	-28	-79	-91	-113	14.4	75	19.9	11.6	21.8	783.80
1998/09/03 07:10:35	7.93	-28	-80	-91	-114	14.4	75	19.9	11.5	21.9	786.39
1998/09/03 07:31:41	7.93	-27	-80	-92	-115	14.5	76	19.9	11.5	21.8	788.97
1998/09/03 07:52:32	7.94	-27	-80	-93	-115	14.4	75	19.9	11.3	21.8	791.50
1998/09/03 08:13:22	7.94	-27	-80	-94	-116	14.5	75	19.9	11.6	21.8	794.04
1998/09/03 08:34:13	7.94	-27	-81	-95	-117	14.5	76	20.0	11.6	21.8	796.57
1998/09/03 08:55:04	7.94	-28	-81	-96	-118	14.5	76	19.9	11.5	21.8	799.10
1998/09/03 09:15:55	7.94	-28	-81	-97	-119	14.5	76	20.0	11.3	21.8	801.62
1998/09/03 09:36:53	7.94	-28	-81	-98	-119	14.5	75	19.9	11.3	21.8	804.17
1998/09/03 09:57:47	7.94	-28	-81	-98	-120	14.5	75	19.9	11.2	21.8	806.70
1998/09/03 10:18:38	7.94	-29	-82	-100	-121	14.5	76	19.9	11.6	21.8	809.25
1998/09/03 10:39:29	7.96	-31	-83	-102	-122	14.5	76	19.9	11.3	21.8	811.76

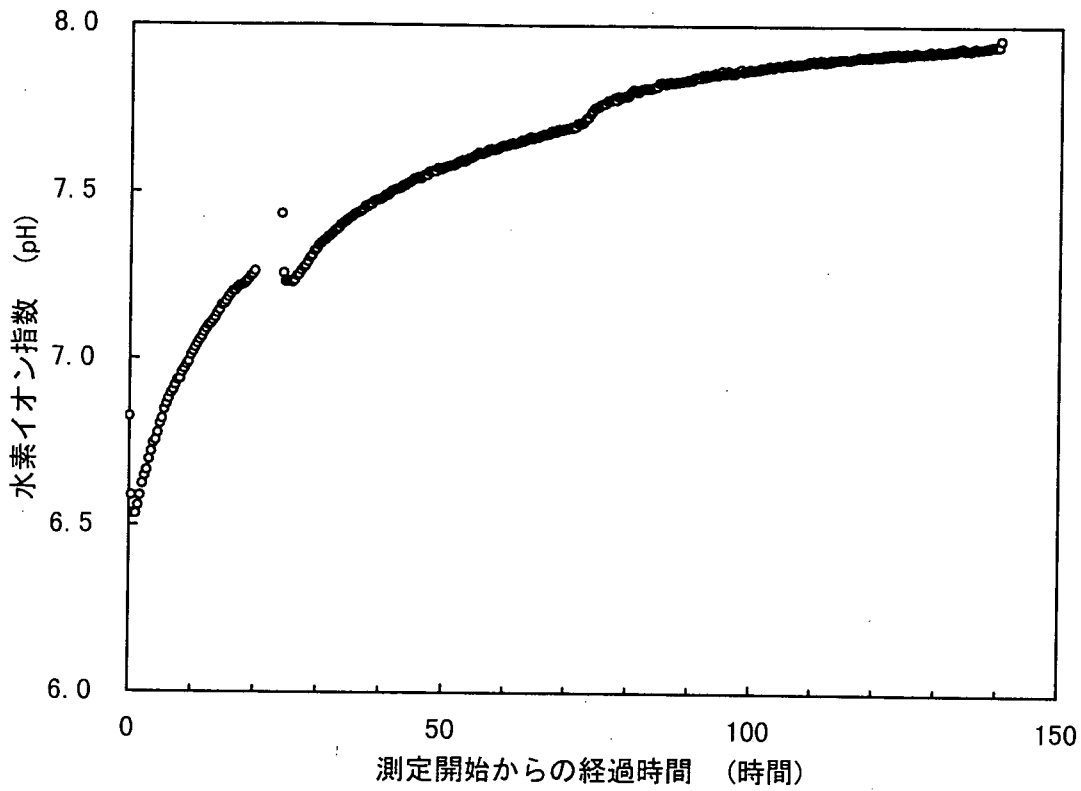


図3.3.1(1) 物理化学パラメータの測定結果(水素イオン指数)

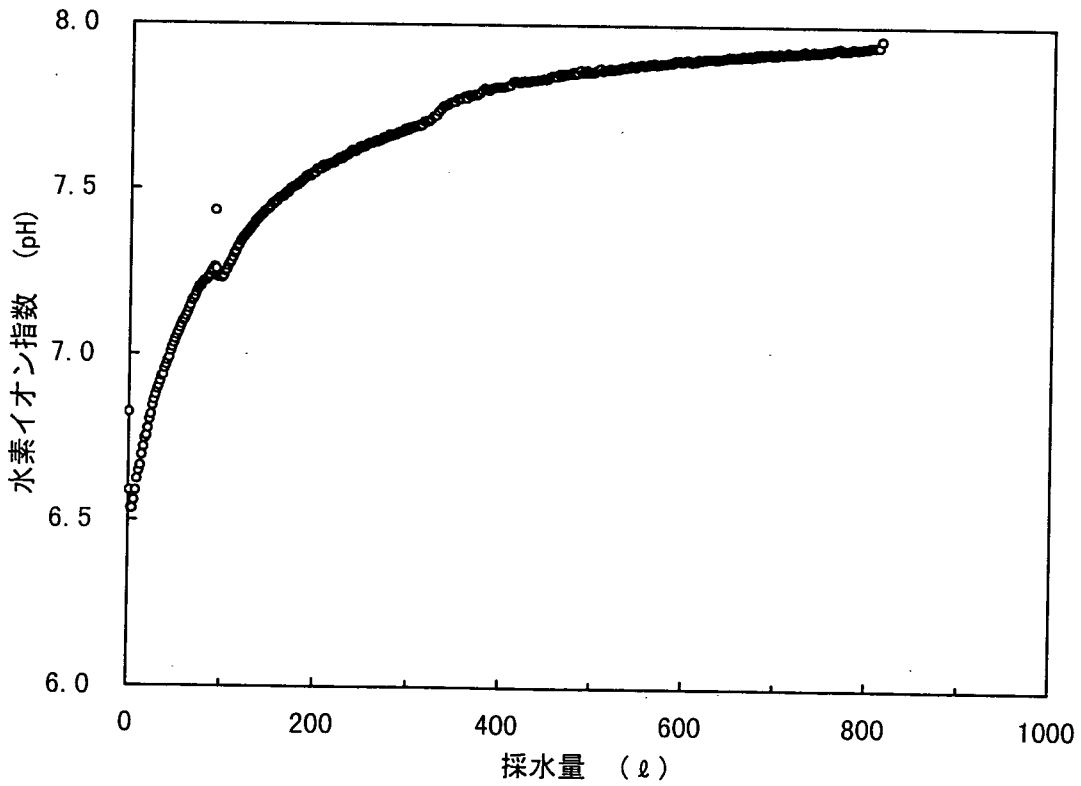


図3.3.1(2) 物理化学パラメータの測定結果(水素イオン指数)

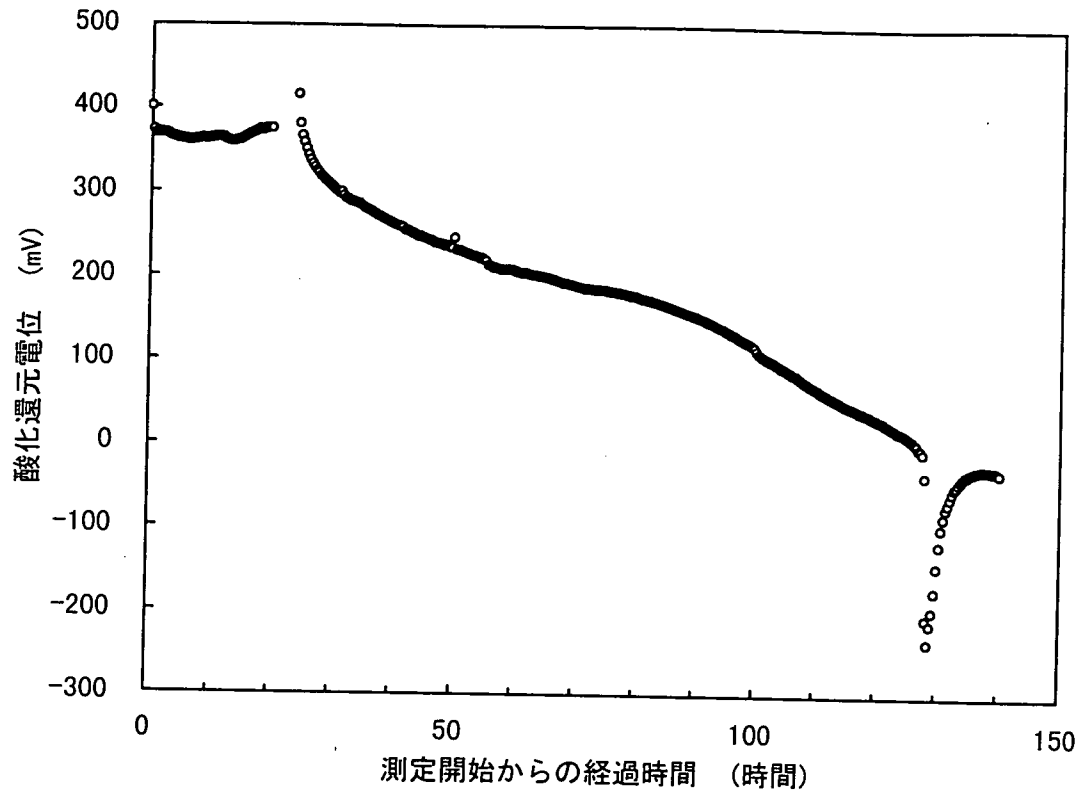


図3. 3. 1 (3) 物理化学パラメータの測定結果(酸化還元電位 : Pt電極)

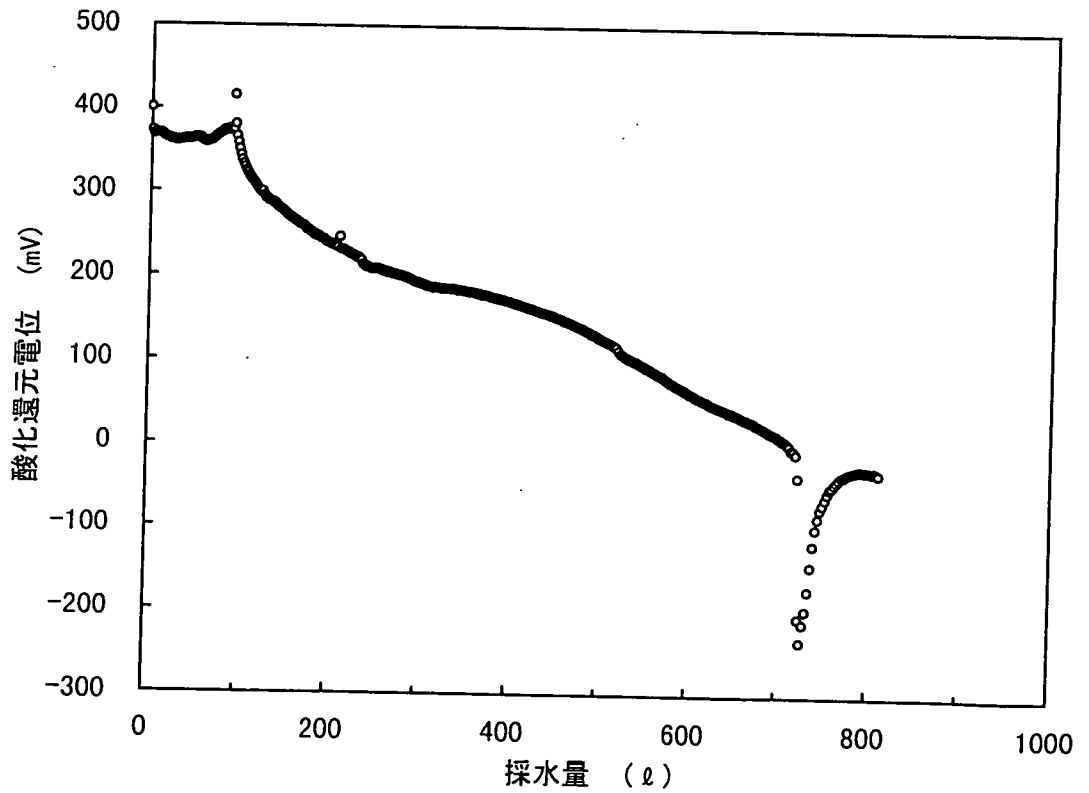


図3. 3. 1 (4) 物理化学パラメータの測定結果(酸化還元電位 : Pt電極)

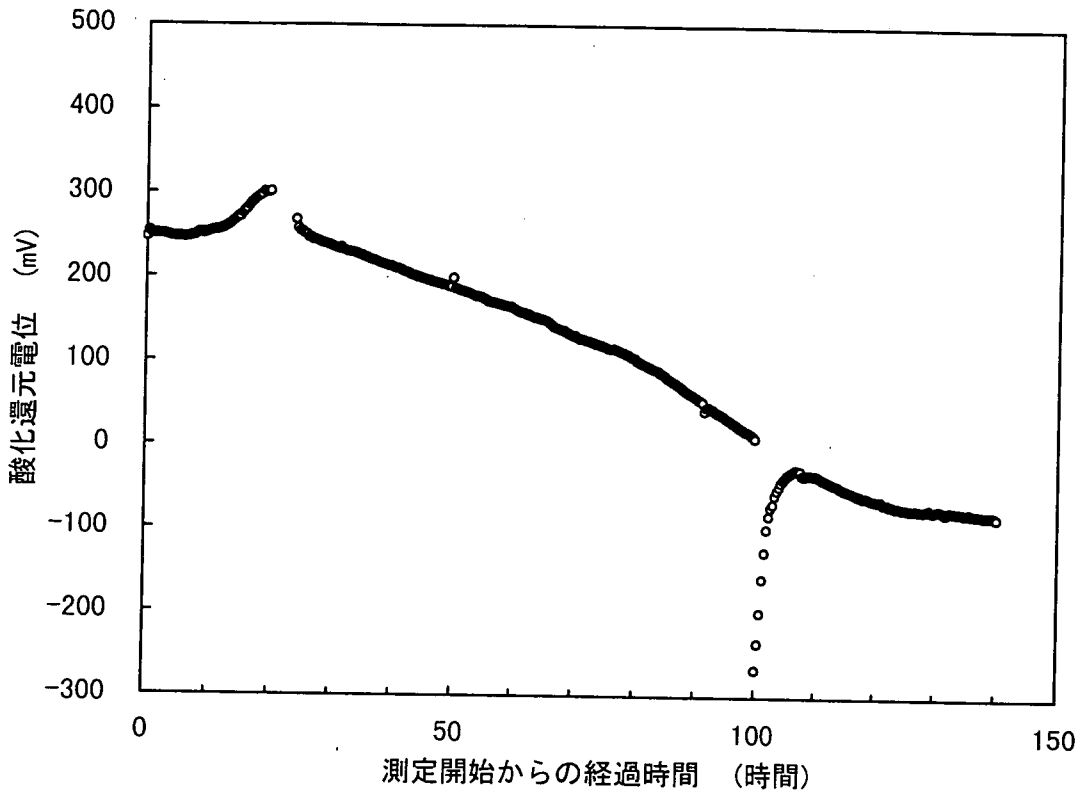


図3. 3. 1 (5) 物理化学パラメータの測定結果(酸化還元電位 : Au電極)

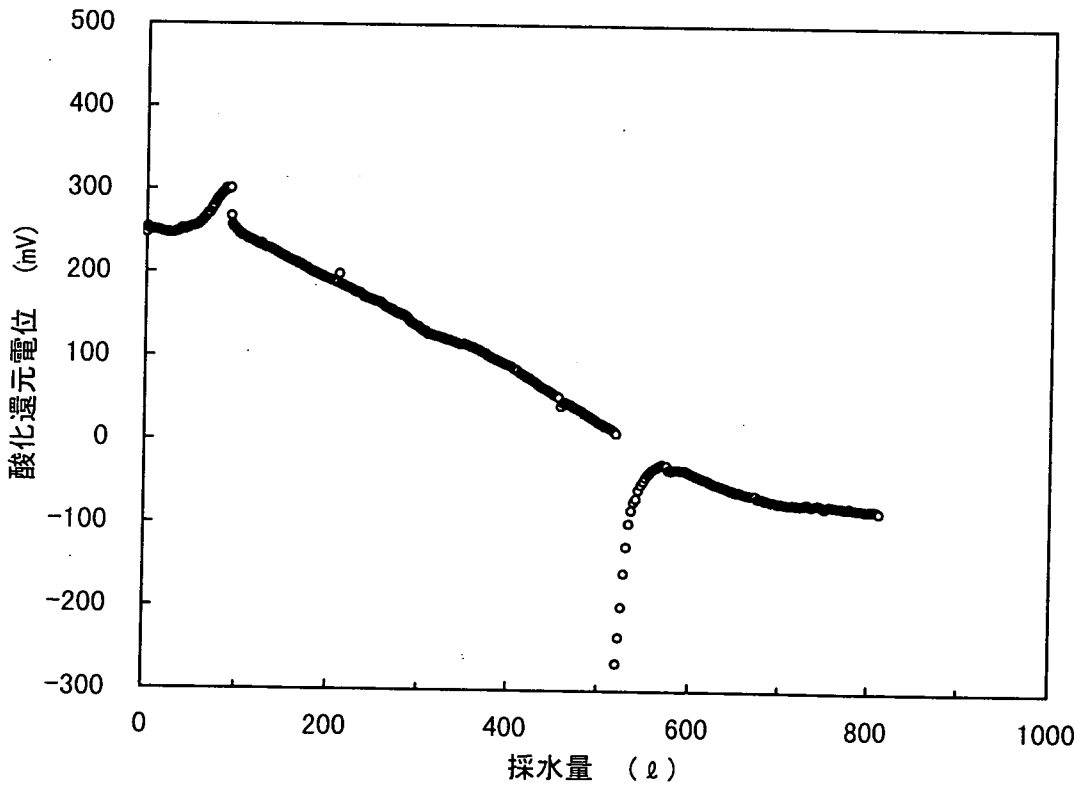


図3. 3. 1 (6) 物理化学パラメータの測定結果(酸化還元電位 : Au電極)

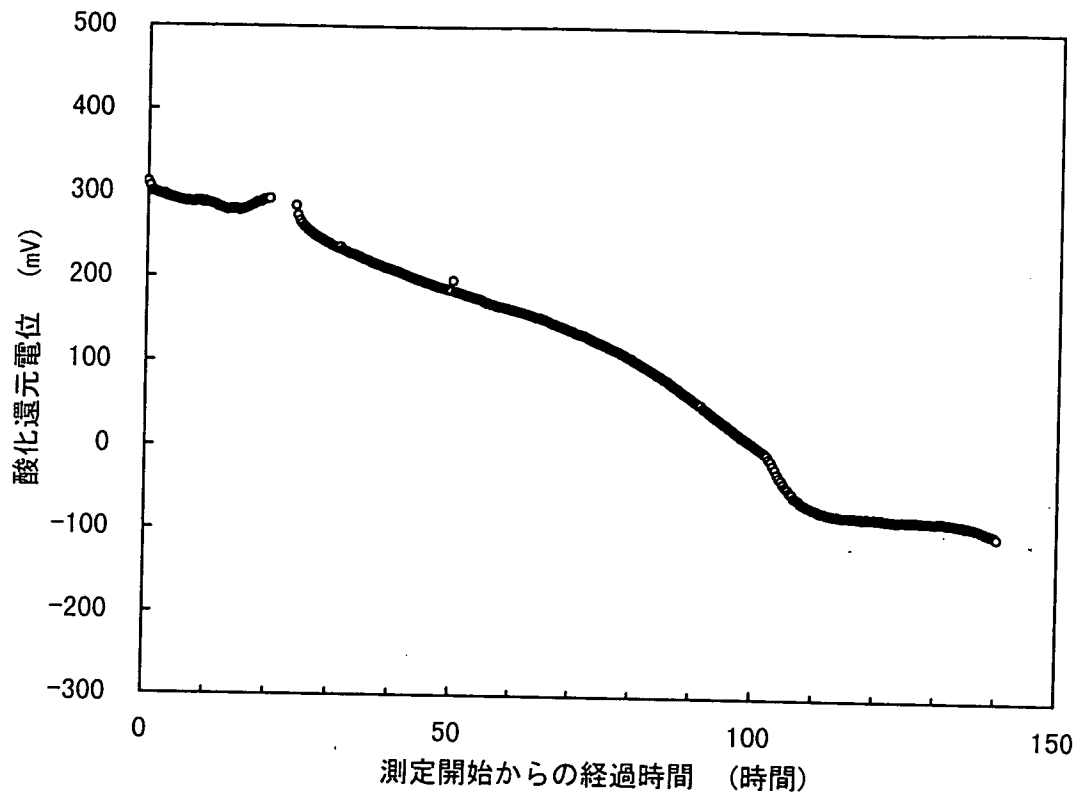


図3.3.1(7) 物理化学パラメータの測定結果(酸化還元電位 : GC電極)

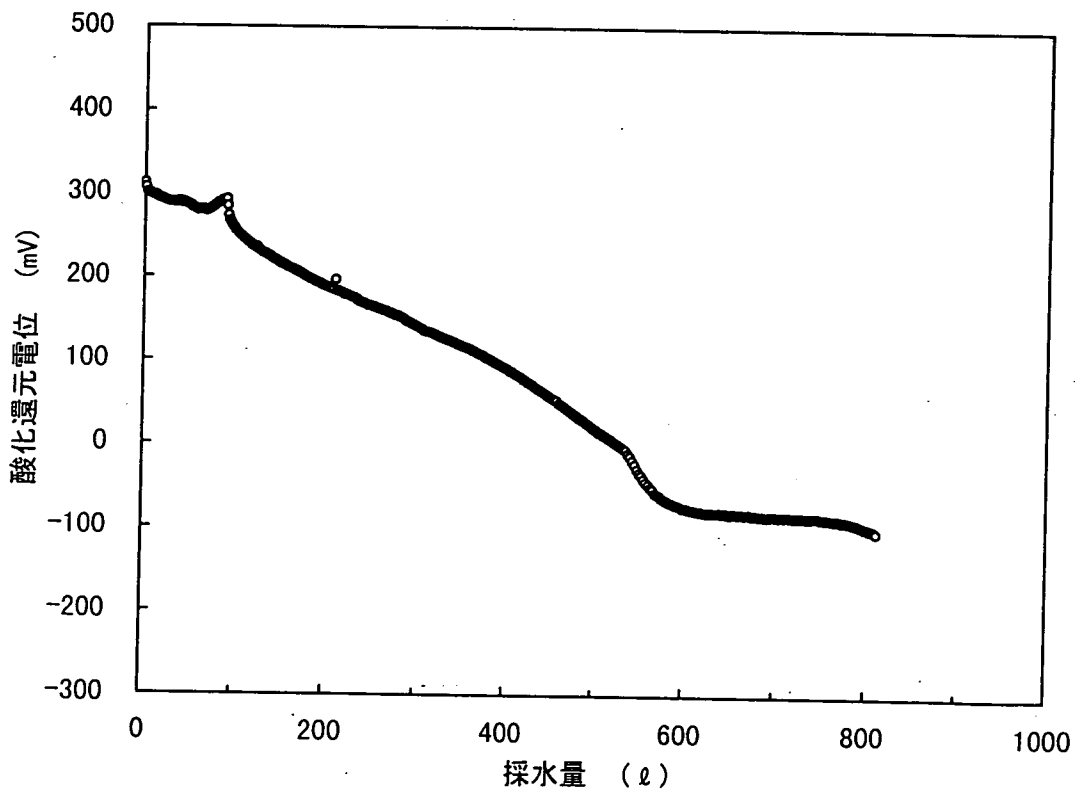


図3.3.1(8) 物理化学パラメータの測定結果(酸化還元電位 : GC電極)

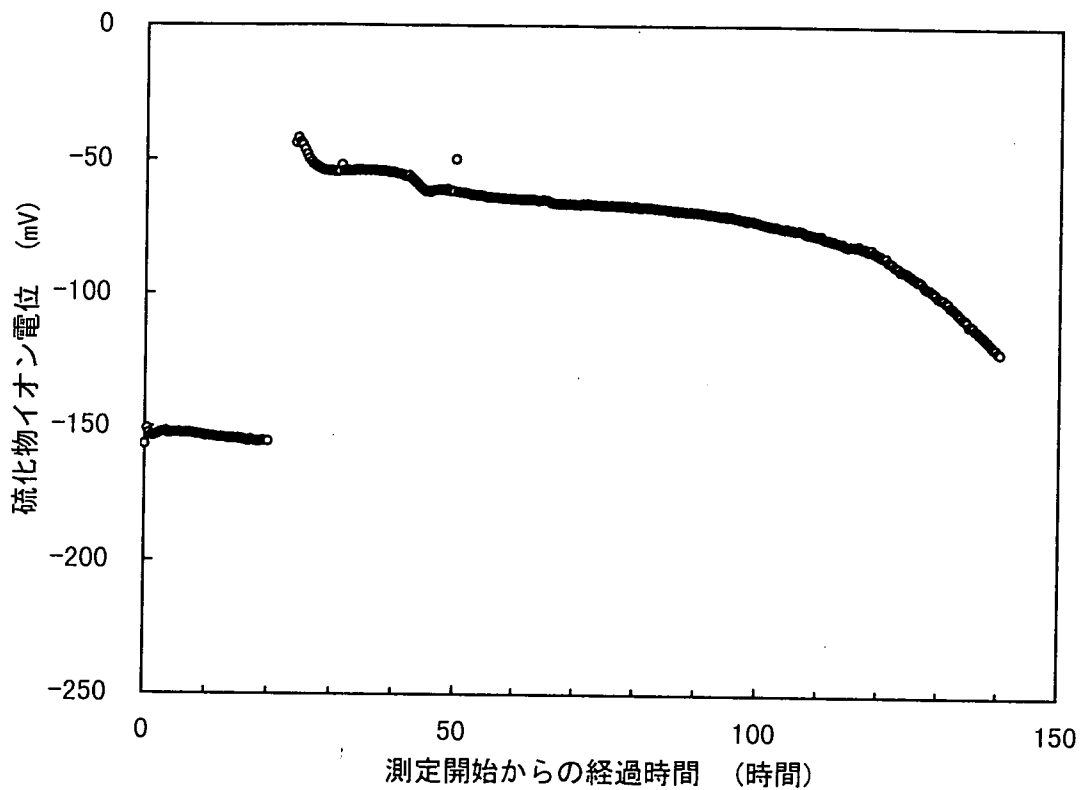


図3. 3. 1(9) 物理化学パラメータの測定結果(硫化物イオン電位)

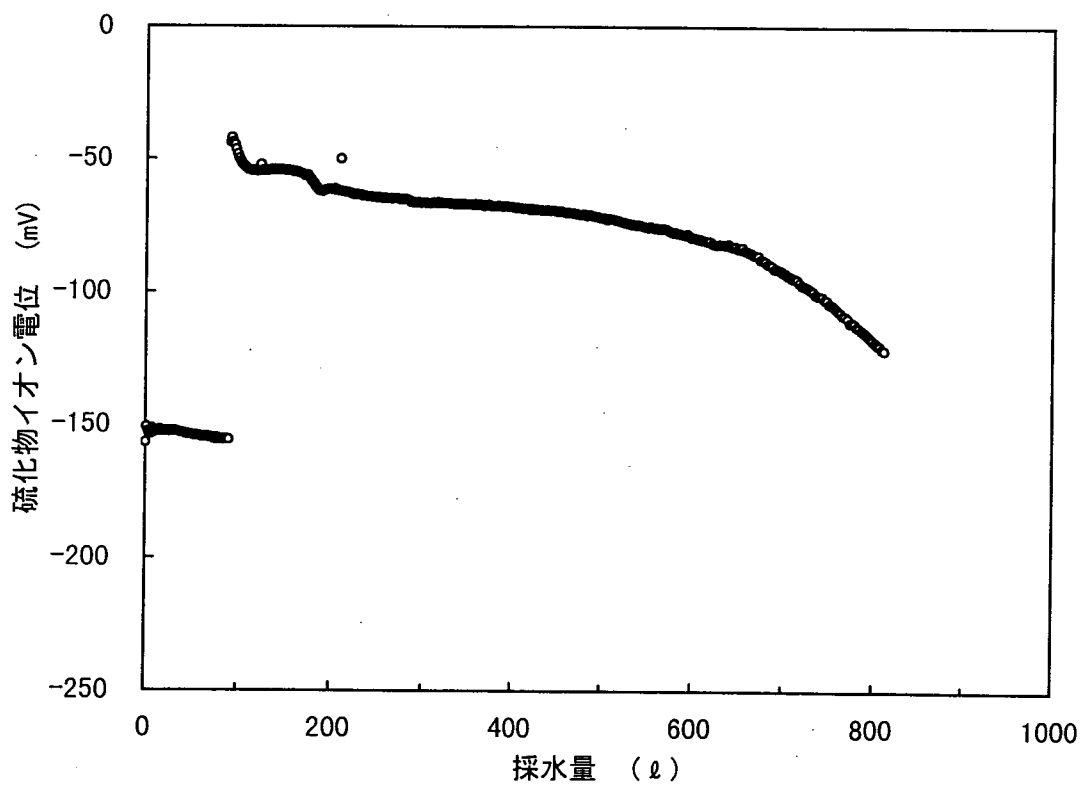


図3. 3. 1(10) 物理化学パラメータの測定結果(硫化物イオン電位)

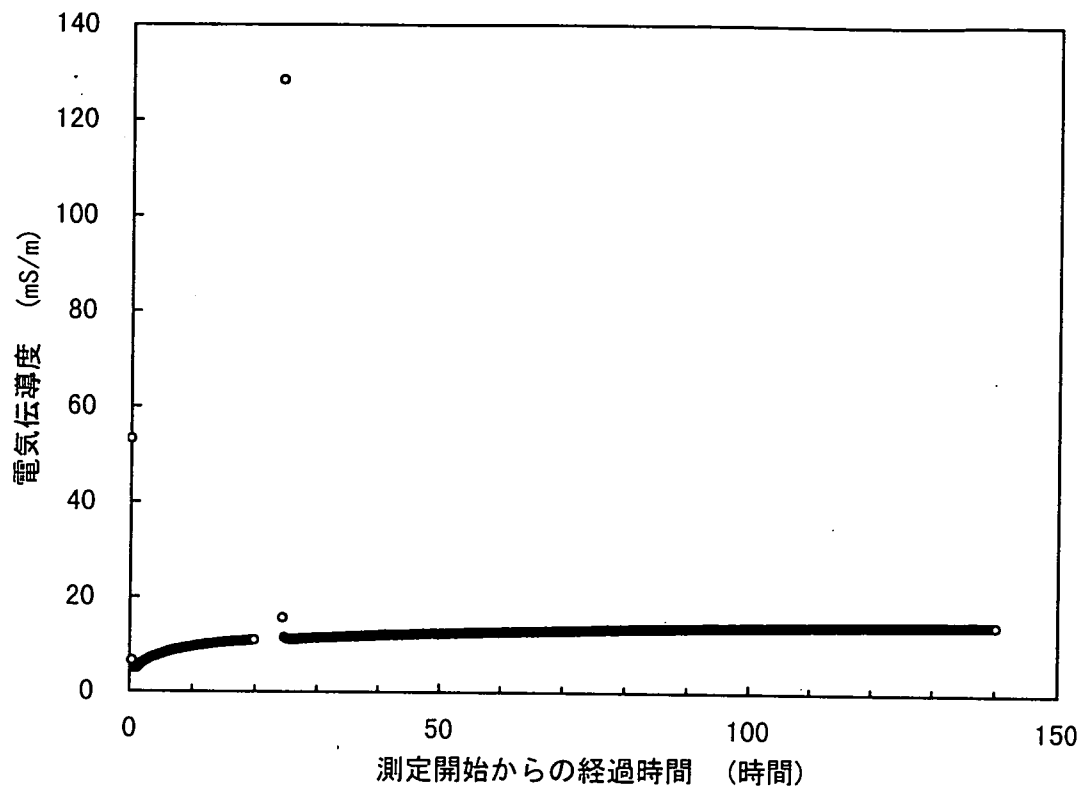


図3. 3. 1(11) 物理化学パラメータの測定結果(電気伝導度：交流二電極式)

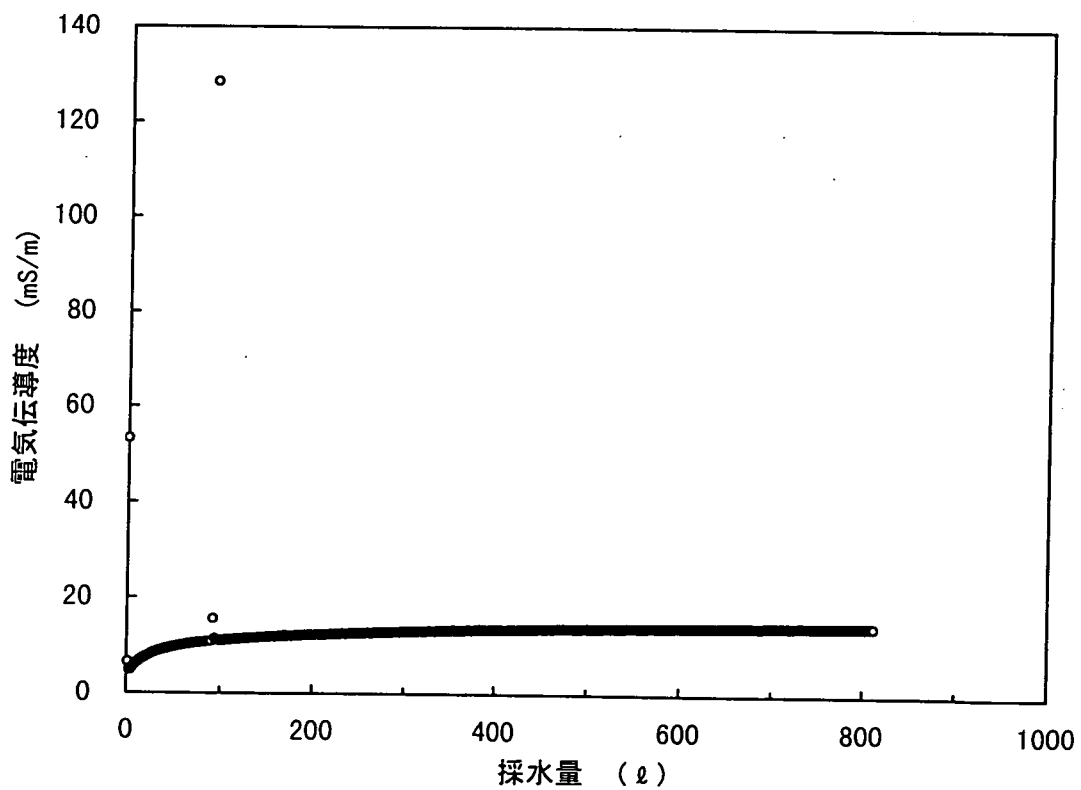


図3. 3. 1(12) 物理化学パラメータの測定結果(電気伝導度：交流二電極式)

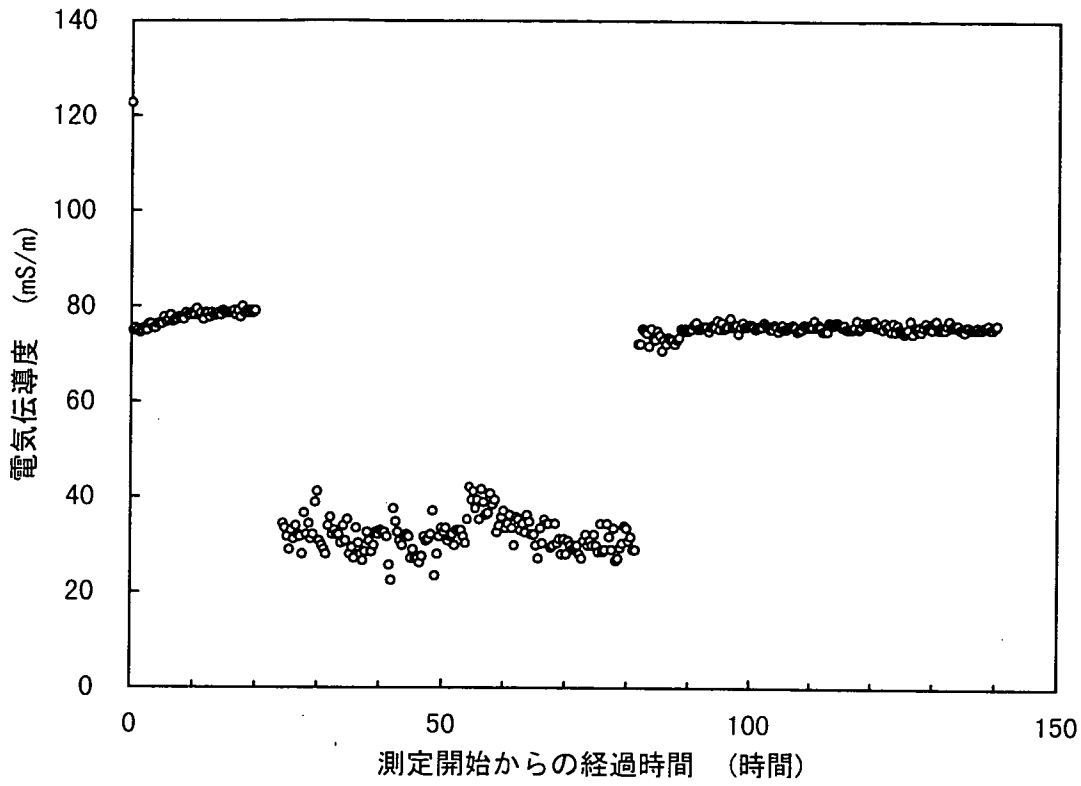


図3. 3. 1(13) 物理化学パラメータの測定結果(電気伝導度：電磁誘導式)

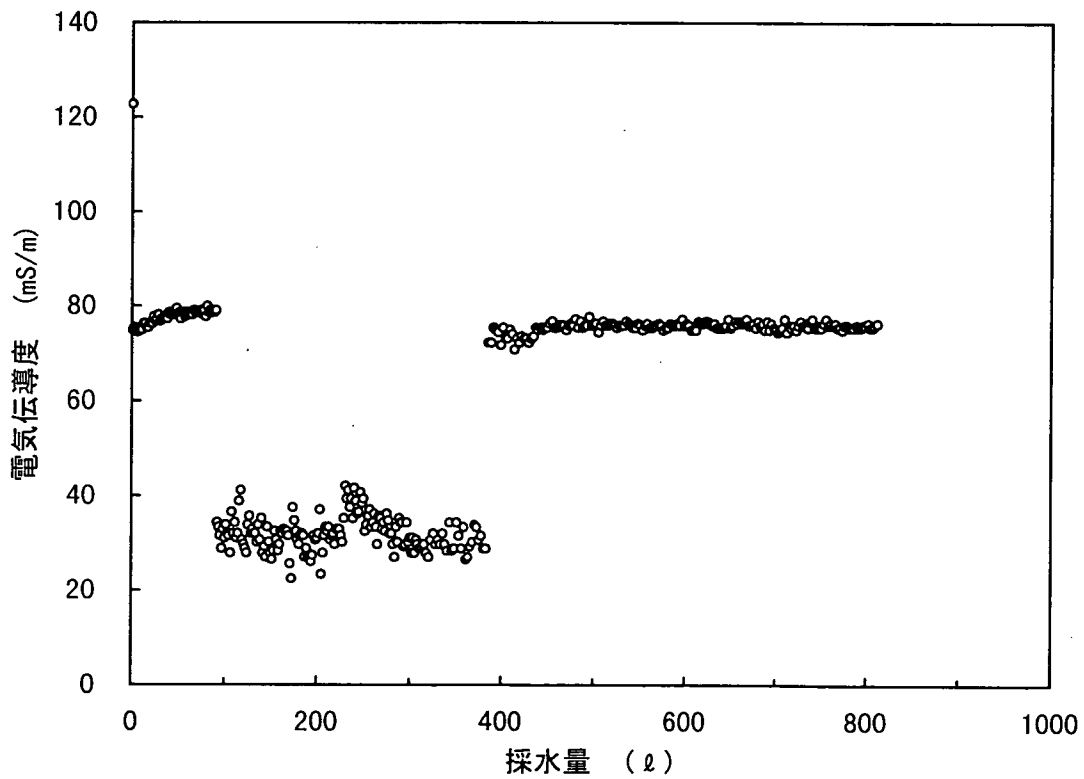


図3. 3. 1(14) 物理化学パラメータの測定結果(電気伝導度：電磁誘導式)

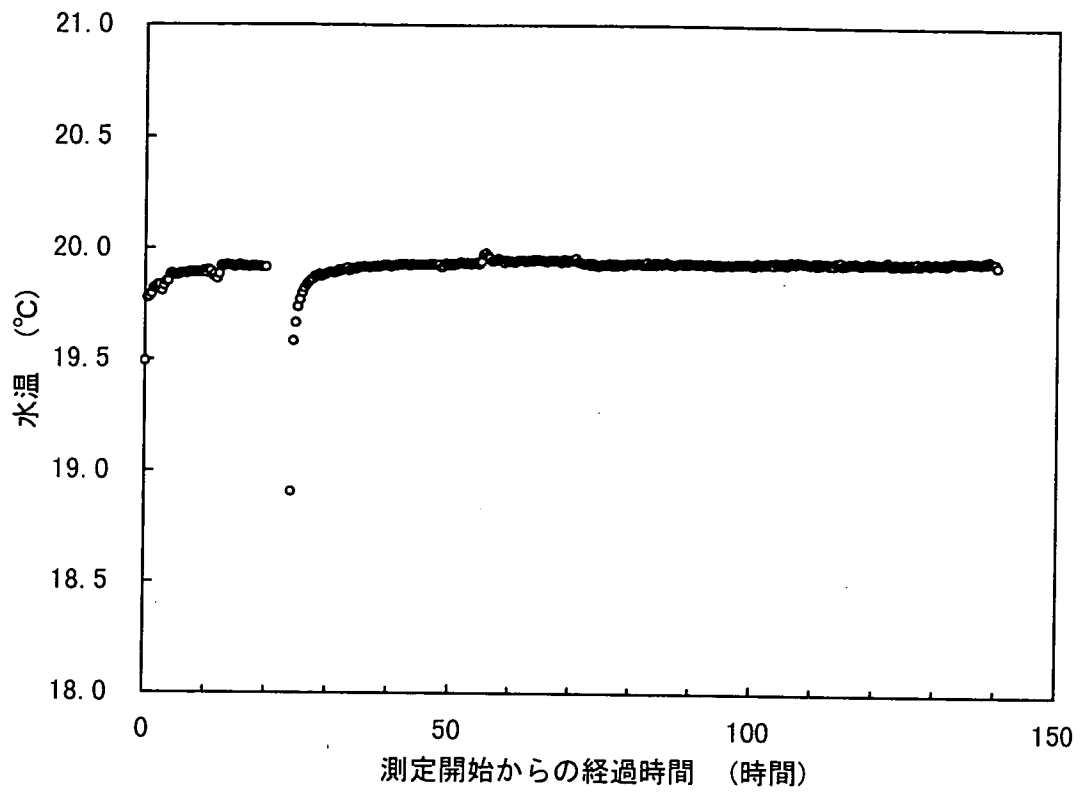


図3.3.1(15) 物理化学パラメータの測定結果(水温)

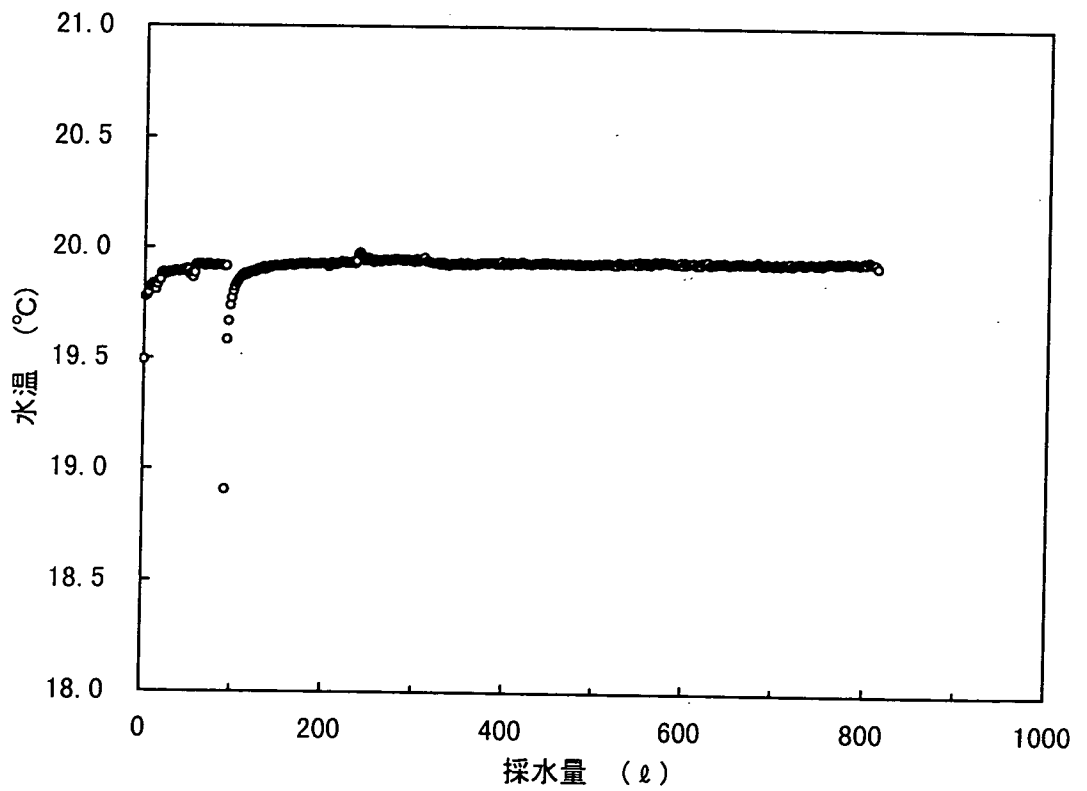


図3.3.1(16) 物理化学パラメータの測定結果(水温)

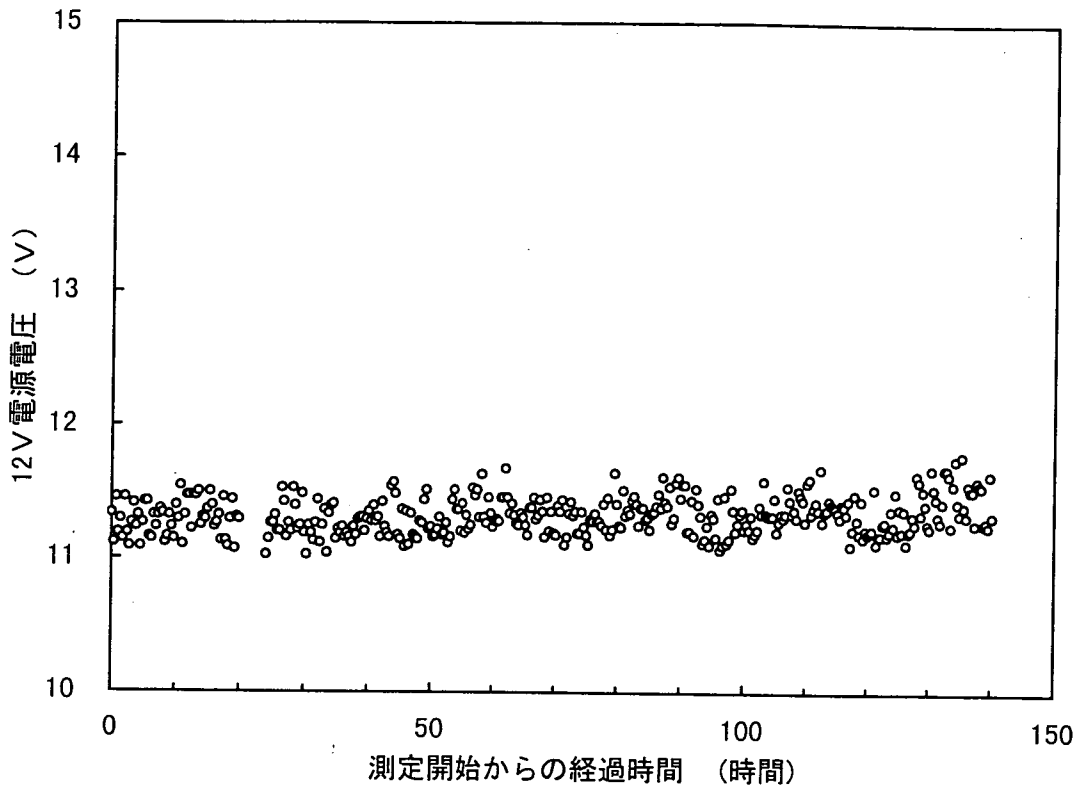


図3. 3. 2(1) 地球化学検層ユニットの監視結果(12V電源電圧)

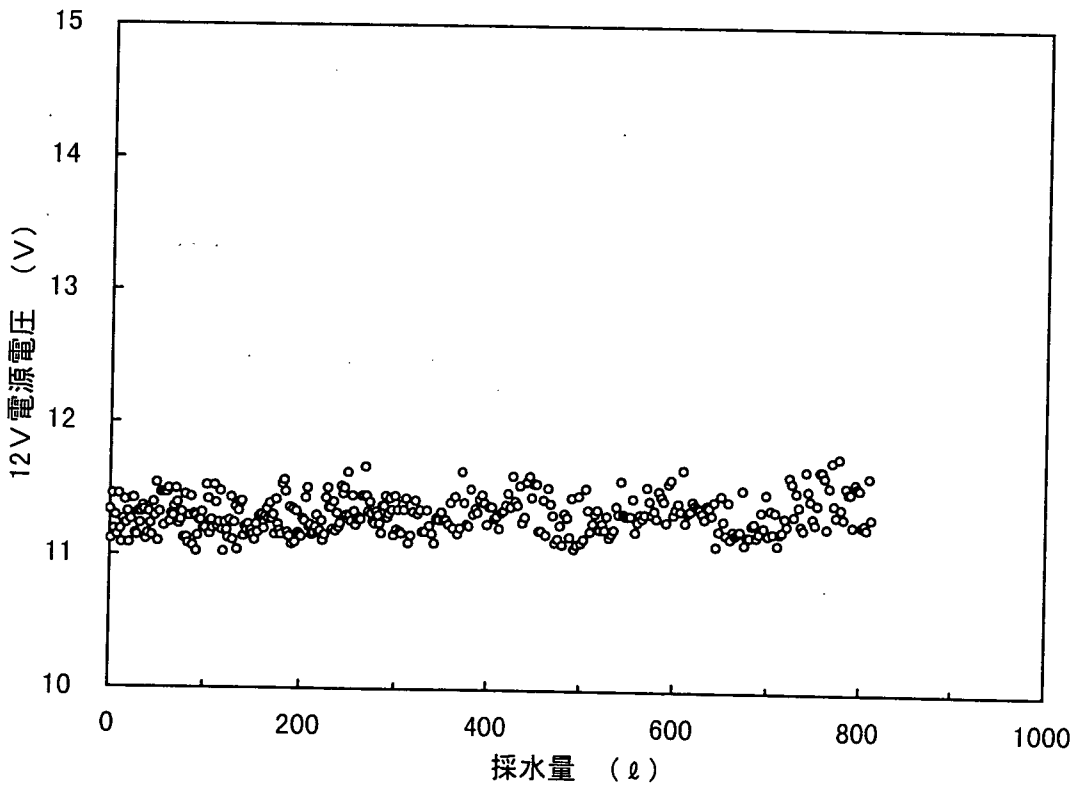


図3. 3. 2(2) 地球化学検層ユニットの監視結果(12V電源電圧)

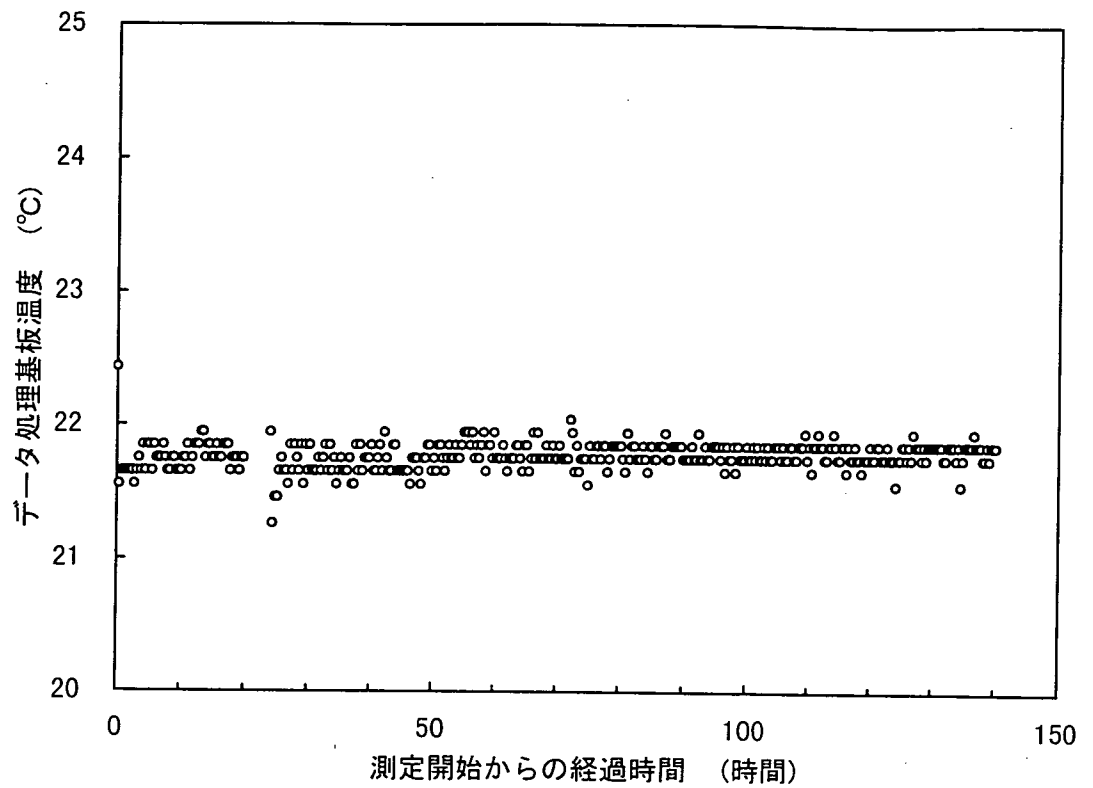


図3.3.2(3) 地球化学検層ユニットの監視結果(データ処理基板温度)

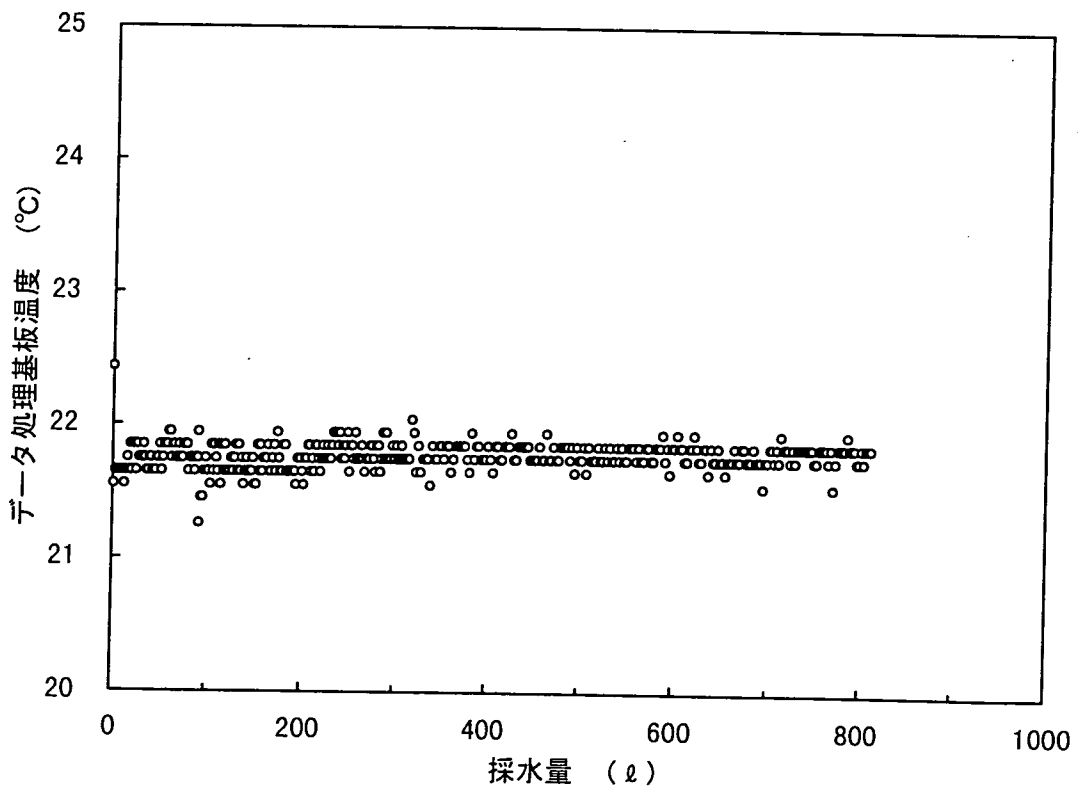


図3.3.2(4) 地球化学検層ユニットの監視結果(データ処理基板温度)

3.3.5 ドリフト測定結果

本調査では、連続測定終了後に実施するドリフト測定の他、連続測定を一時中断し、中間ドリフト測定を実施した。ここではまず、中間ドリフト測定の結果について述べ、その後、連続測定終了後のドリフト測定について述べる。

(1) 中間ドリフト測定

連続測定開始後、約20時間経過したにもかかわらず、酸化還元電位と硫化物イオン電位の変化は、予想されたものよりも小さかった。そこで、センサーが正常に作動していることを確認するため、センサーの作動チェックと合わせて中間ドリフト測定を実施した。

まず、連続地上採水した孔内水の一部を分取し、酸化還元電位と硫化物イオン電位を計測した。測定システムは、孔内のユニットとは別に、予備のセンサーとアンプを用いて製作し、連続測定の場合と同様の校正を行った。

このシステムによる測定結果を表3.3.4に示す。この表には、結果を比較するための対象として、8月29日7時53分の連続測定結果を合わせて記載した。なお、これは孔内水を分取した時間(8月29日10時5分)の約2時間前の測定結果で、ほぼ同じ孔内水を測定対象としている。

表3.3.4 孔内水の地上測定結果

測定項目		測定結果 (mV)	連続測定結果 (mV)
酸化還元電位	白金電極	429	372
	金電極	325	292
	ガラスカーボン電極	301	286
硫化物イオン電位		-86	-155

連続測定と地上における孔内水測定結果に相違が認められるが、測定環境が異なるため、単純にこれらの結果は比較できず、センサー等の異常と結び付けて考えることは難しい。

次に、8月29日10時24分に連続地上採水を一時中断し、ユニットを地上に引上げ、分解し、センサーの標準液によるチェックを行った。このチェックでは、校正で用いたものと同様の標準液にセンサーを浸し、その際の指示電位を確認した。なお、酸化還元電位は、各金属作用電極の表面研磨処理の前後で測定し、処理後はpH4-キンヒドロソル飽和標準液(標準液名: Eh4)に加え、pH7-キンヒドロソル飽和標準液(標準液名: Eh7)でも計測を実施した。以上、標

準液によるセンサーのチェック結果を表3.3.5に示す。

表3.3.5 標準液によるセンサーのチェック結果

測定項目		標準液名	指示電位(V)	
			研磨処理前	研磨処理後
酸化還元電位	白金電極	Eh4	1.901	1.908
		Eh7	—	1.656
	金電極	Eh4	1.901	1.899
		Eh7	—	1.652
	ガラスカーボン電極	Eh4	1.902	1.902
		Eh7	—	1.654
硫化物イオン電位		pS1	1.987	—
		pS2	2.172	—

これらの結果からは、センサーは正常に作動していると考えられた。そこで再度、ユニット組立・耐圧試験、連結・通信試験を行い、連続測定を再開した。

しかし、酸化還元電位の各金属作用電極は、表面研磨処理を実施したため、測定中断前とは電極表面の状態が異なる。センサーのチェック時に得られた表3.3.6の数値のうち、研磨処理前のものを中間ドリフト測定の結果とし、後に述べる計測値の補正処理に用いた。また、研磨処理後のものは、再校正の結果として、データ処理装置に入力し、それ以降の測定に使用した。

表3.3.6 中間ドリフト測定結果と再校正結果

測定項目		標準液名	研磨処理前 (中間ドリフト測定)		研磨処理後 (再校正)	
			液温 (°C)	指示電位 (V)	液温 (°C)	指示電位 (V)
酸化還元電位	白金電極	Eh4	27.7	1.901	28.0	1.908
	金電極			1.901		1.899
	ガラスカーボン電極			1.902		1.902

(2)ドリフト測定

9月3日10時35分の連続測定終了後から2時間35分経過した同日13時から15時に測定終了後のドリフト測定を実施した。ドリフト測定の方法は、センサーの校正方法と同一である。ドリフト測定結果を表3.3.7に示す。

表3.3.7 ドリフト測定結果

測定項目		標準液名	研磨処理前		研磨処理後	
			液温(°C)	指示電位(V)	液温(°C)	指示電位(V)
水素イオン指数		pH4	25.0	1.982	—	—
		pH9	25.0	1.093	—	—
酸化還元電位	白金電極	Eh4	25.0	1.903	25.0	1.907
	金電極			1.897		1.897
	ガラスカーボン電極			1.903		1.903
硫化物イオン電位		pS1	25.0	1.996	—	—
		pS2	25.0	2.183	—	—
電気伝導度	交流二電極式	EC1L	25.0	0.292	—	—
		EC1H	25.0	0.714	—	—
	電磁誘導式	EC2L	25.0	0.017	—	—
		EC2H	25.0	1.188	—	—
水温		Temp1	0.1	0.003	—	—
		Temp2	25.0	0.750	—	—

センサーの校正結果(表3.3.2)、中間ドリフト測定と再校正の結果(表3.3.6)、ドリフト測定結果(表3.3.7)を必要に応じ、温度補正を行い、測定中のドリフト量を算出すると表3.3.8のようになる。なお、ドリフト量はドリフト測定時と校正時の指示電位の差で定義した。

これらドリフト量は、表3.1.1に示した仕様精度に相当する指示電位の精度範囲(表3.3.9)を超えるものではなく、測定が正常に行われたと判断できる。

表3.3.8 ドリフト量の算出結果

測定項目		標準液名	校正時 指示電位 (V)	ドリフト測定時 指示電位 (V)	ドリフト量 (V)
水素イオン指数		pH4	1.999	1.982	-0.017
		pH9	1.108	1.093	-0.015
酸化還元電位	白金電極	Eh4	1.913	1.898	-0.015
			1.905	1.903	-0.002
	金電極		1.904	1.898	-0.006
			1.896	1.897	0.001
	グラシーカーボン電極		1.910	1.899	-0.011
			1.899	1.903	0.004
硫化物イオン電位		pS1	2.001	1.996	-0.005
		pS2	2.185	2.183	-0.002
電気伝導度	交流二電極式	EC1L	0.292	0.292	0.000
		EC1H	0.715	0.714	-0.001
	電磁誘導式	EC2L	0.016	0.017	0.001
		EC2H	1.179	1.188	0.009
水温		Temp1	0.000	0.000	0.000
		Temp2	0.746	0.750	0.004

注)酸化還元電位の各電極は、上段が測定中断前、下段が測定中断後

表3.3.9 仕様精度から求めた指示電位

測定項目		指示電位(V)
水素イオン指数		±0.035
酸化還元電位	白金電極	±0.015
	金電極	±0.015
	グラシーカーボン電極	±0.015
硫化物イオン電位		±0.030
電気伝導度	交流二電極式	±0.060
	電磁誘導式	±0.060
水温		±0.006

3.4 考察

JIS等で規定されている水素イオン指数等の測定法では、「測定のつど標準液にて測定器を校正する」とある。しかし、地球化学検層ユニットを用いた連続測定では、測定時間が数日間におよび、その間の校正は非常に困難である。そのため、測定結果にはドリフトが含まれ、得られた測定値と真値との隔たりが大きくなっている可能性が大きい。ここでは、測定結果をより真値に近づけるために測定値の補正処理について検討する。

3.4.1 補正方法の種類

本調査で、補正に使用できるデータとしては、校正結果以外にドリフト測定の結果がある。これら2つのデータを用いた測定結果の補正方法としては、以下の5つの方法が考えられる。

(1) 無補正

この方法では、校正結果から算出された換算値を測定結果としてそのまま用い、ドリフト測定結果を補正に用いないこととなる。校正結果とドリフト測定結果との差が小さい場合のみに適用可能である。したがって、各測定項目ごとに測定精度に応じた一定の基準範囲(判定基準)を設けて、その範囲内に収まっている場合に適用する。指示値の変動パターン等を十分に考慮して妥当な場合のみに適用を限定しなければ、測定結果に誤りを生じさせる可能性がある。

(2) ドリフト測定結果による一律補正

この方法では、結果的にドリフト測定結果のみで測定結果を算出することとなり、校正結果は補正に用いられない。前述の無補正と同様、校正結果とドリフト測定結果との差が小さい場合に適用可能である。しかし、連続測定の最終結果は、無補正の場合と比較して、より真値に近づくと考えられる。適用する場合、連続測定終了後直ちにドリフト測定を行えば、より精度の高い補正を行うことができる。

(3) 校正による補正結果とドリフト測定結果の平均値で一律に補正

この方法も(1)・(2)と同様、校正結果とドリフト測定結果との差が比較的小さい場合に用いる方法である。連続測定終了からドリフト測定実施まで多少時間が経過しても、補正結果に対する時間経過の影響は(2)よりも少ない。指示電位のドリフトが直線的である場合には、簡便で有効な方法である。

(4) 一次関数による時系列的補正

測定指示電位のドリフト量が経過時間に比例しているとして、校正結果とドリフト測定結果の差を測定項目別に求め、校正からドリフト測定までの経過時間と校正から測定までの経過時間との比で、時系列的に補正する。

(1)から(3)の方法と比較して、校正結果とドリフト測定結果との差が比較的大きい場合でも、そのドリフトが直線的であれば補正処理が可能であるため、使用頻度が高く、補正の信頼性も高いと考えられる。

ただし、校正とドリフト測定の間隔が離れすぎると、補正処理の精度自体が下がり、補正の意味がなくなる可能性がある。校正からおおよそ10日以内にドリフト測定を実施すればよいと考えられるが、できれば1週間以内が望ましい。なお、水素イオン指数や硫化物イオン電位のように二点校正を実施した場合には、二点間の指示電位差も校正の有効性を示す(判定する)項となるため、合わせて適用の判断に用いる必要がある。

(5) 変動パターンに応じた各項目別補正

指示値の変動パターンに応じたドリフト関数を測定項目別に求め、個々のデータをこのドリフト関数にて補正する。原理的には、校正結果とドリフト測定結果との差のずれがどのような値を示そうと、その結果に妥当性があれば非常に有効な補正方法である。

3.4.2 補正方法の選択

先に述べた補正方法のうち、一般的には、(5)「変動パターンに応じた各項目別補正」が実施できれば最もよいが、本調査で得られているデータのみから変動パターンを解析し、ドリフト関数を設定することは非常に困難である。そこで、(4)「一次関数による時系列的補正」の実施を前提として、以下の確認を実施した。

(1) 変動パターン

図3.3.1に示す各測定結果では、各項目とも周期的変動のような特定の変動パターンは見出せない。直線的な変動と断定することはできないが、仮定して矛盾の生じる変動は認められない。

(2) ドリフト量や二点校正における指示電位差

過去の地球化学検層ユニットを用いた測定では、求められる測定結果の有効性と各センサー・アンプの実質的な精度を加味して、ユニット製作時の仕

様精度(表3.1.1)をもとにその数分の一が補正基準とされてきた。補正基準を今回の測定におけるドリフト量と共に表3.4.1に示す。

表3.4.1 補正基準とドリフト量の比較

測定項目		補正基準 指示電位 (V)	ドリフト量		
			標準液名	指示電位 (V)	補正処理の 要・不要
水素イオン指数		±0.010	pH4	-0.017	要
			pH9	-0.015	
酸化還元電位	白金電極	±0.007	Eh4	-0.015	要
				-0.002	不要
	金電極	±0.007		-0.006	不要
				0.001	不要
	グラシーカーボン電極	±0.007		-0.011	要
				0.004	不要
硫化物イオン電位		±0.015	pS1	-0.005	不要
			pS2	-0.002	
電気伝導度	交流二電極式	±0.020	EC1L	0.000	不要
			EC1H	-0.001	
	電磁誘導式	±0.020	EC2L	0.001	不要
			EC2H	0.009	
水温		±0.003	Temp1	0.000	要
			Temp2	0.004	

注) 酸化還元電位の各電極は、上段が測定中断前、下段が測定中断後

この判定基準から補正処理が必要なものは、水素イオン指数、測定中断前の酸化還元電位の白金電極とグラシーカーボン電極、水温の4種類となる。しかし、連続測定で得られたデータのうち、終了時の測定値が最も重要であるので、すべての項目について、「一次関数による時系列的補正」を行うこととした。

表3.4.2には、二点校正を実施した項目について校正とドリフト測定における指示電位の差を示す。ここで、差は電位差(V)と校正時の指示電位差に対する割合(%)を併記した。この差が10%を超えるような場合、センサーが劣化している可能性が高い。また、指示電位の絶対値も大きくずれている可能性が容易に推測されるので、データの取り扱いに注意が必要である。この現象が見出された場合、補正が困難だけでなく、測定結果の妥当性自体が疑

問視される。

表3.4.2 校正時の指示電位差とドリフト測定時の指示電位差の比較

測定項目	校正時の 指示電位差 (V)	ドリフト測定時の 指示電位差 (V)	差 (ドリフト測定時－校正時)		
			(V)	(%)	
水素イオン指数	0.891	0.889	-0.002	-0.2	
硫化物イオン電位	0.184	0.187	0.003	1.6	
電気伝導度	交流二電極式	0.423	0.422	-0.001	-0.2
	電磁誘導式	1.163	1.171	0.008	0.7
水温	0.746	0.750	0.004	0.5	

本調査では、最大でも1.6%で測定は正常に行われたと判断できる。

(3)校正からドリフト測定までの経過時間

校正からドリフト測定までの経過時間が長くなるとドリフトの原因が多くなり、適切な補正方法を選択することが困難となる。今回の場合、経過時間は約7日間であり、特に問題はない。

3.4.3 補正方法

ここでは、計測値に対して「一次関数による時系列的補正」を行う場合の方法を述べる。まず、ドリフト測定結果から校正の場合と同様に、各物理化学パラメータを算出するための校正係数を算出する。次に、この校正係数を用いて、連続測定中の最終指示電位から各項目の計測値を算出する。この値と校正結果から算出された値との差を計算し、校正からドリフト測定までの間に生じた各項目の総ドリフト量とする。最後に、このドリフトが校正からの経過時間に比例して発生するとして、各時間毎のドリフト量を算出し、計測結果を補正する。

(1)校正係数の算出方法

校正係数は、校正結果もしくはドリフト測定結果をデータ処理装置に入力することにより自動的に算出できる。以下に、各項目別に算出式を示す。

①水素イオン指数

水素イオン指数の校正係数には[SL]pHと[OS]pHの2種類がある。

$$[\text{SL}]_{\text{pH}} = \frac{\left(\frac{1000}{3} \times V_{\text{pH9}} - 500\right) - \left(\frac{1000}{3} \times V_{\text{pH4}} - 500\right)}{9.18 - 4.01}$$

$$[\text{OS}]_{\text{pH}} = \frac{\left(\frac{1000}{3} \times V_{\text{pH4}} - 500\right)(9.18 - 7) - \left(\frac{1000}{3} \times V_{\text{pH9}} - 500\right)(7 - 4.01)}{9.18 - 4.01}$$

ここで、 V_{pH4} 、 V_{pH9} は、pH4、pH9標準液での指示電位(V)である。

②酸化還元電位

酸化還元電位の校正係数は[OS]Ehのみで、算出式は各金属作用電極で共通である。

$$[\text{OS}]_{\text{Eh}} = \left(\frac{1000}{1.5} \times V - 1000\right) - \{253.5 + 0.744 \times (T - 25) + 0.292 \times 10^{-3} \times (T - 25)^2\}$$

ここで、 V 、 T はそれぞれ、pH4-キンヒドロソル飽和標準液での指示電位(V)と液温(°C)である。

③硫化物イオン電位

硫化物イオン電位の校正係数は[SL]pSと[OS]pSの2種類である。

$$[\text{SL}]_{\text{pS}} = \frac{\{-712.3 + 0.174 \times (T_{\text{pS1}} - 25)\} - \{-771.4 - 0.0245 \times (T_{\text{pS2}} - 25)\}}{\frac{1000}{3} \times V_{\text{pS2}} - \frac{1000}{3} \times V_{\text{pS1}} + 0.174 \times (T_{\text{pS2}} - T_{\text{pS1}})}$$

$$[\text{OS}]_{\text{pS}} = V_{\text{pS1}}$$

ここで、 V_{pS1} と V_{pS2} は、 $5.00 \times 10^{-6} \text{mol/l}$ および $5.00 \times 10^{-4} \text{mol/l}$ の Na_2S 標準液での指示電位(V)で、 T_{pS1} 、 T_{pS2} は各標準液の液温(°C)である。

④電気伝導度(交流二電極式)

交流二電極式の電気伝導度の校正係数は[SL]EC1と[OS]EC1の2種類である。

$$[\text{SL}]EC1 = \frac{[718 \times \{1 + 0.0189 \times (T_{EC1H} - 25)\}] - [287 \times \{1 + 0.0189 (T_{EC1L} - 25)\}]}{V_{EC1H} - V_{EC1L}}$$

$$[\text{OS}]EC1 = [718 \times \{1 + 0.0189 \times (T_{EC1H} - 25)\}] - [\text{SL}]EC1 \times V_{EC1H}$$

ここで、 V_{EC1L} と V_{EC1H} は、 $2.00 \times 10^{-3} \text{mol/l}$ および $5.00 \times 10^{-3} \text{mol/l}$ のKCl標準液での指示電位(V)で、 T_{EC1L} 、 T_{EC1H} は各標準液の液温(°C)である。

⑤電気伝導度(電磁誘導式)

電磁誘導式の電気伝導度の校正係数は[SL]EC2と[OS]EC2の2種類である。

$$[\text{SL}]EC2 = \frac{[58650 \times \{1 + 0.0176 \times (T_{EC2H} - 25)\}] - [718 \times \{1 + 0.0189 \times (T_{EC2L} - 25)\}]}{V_{EC2H} - V_{EC2L}}$$

$$[\text{OS}]EC2 = [58650 \times \{1 + 0.0176 \times (T_{EC2H} - 25)\}] - [\text{SL}]EC2 \times V_{EC2H}$$

ここで、 V_{EC2L} と V_{EC2H} は、 $5.00 \times 10^{-3} \text{mol/l}$ および $5.00 \times 10^{-1} \text{mol/l}$ のKCl標準液での指示電位(V)で、 T_{EC2L} 、 T_{EC2H} は各標準液の液温(°C)である。

⑥水温

水温の校正係数は[SL]Tと[OS]Tの2種類である。

$$[\text{OS}]T = \frac{1000}{3} \times V_o + \frac{B \times T_o^2 + A \times T_o}{(B \times T_{25}^2 + A \times T_{25}) - (B \times T_o^2 + A \times T_o)} \times \left(\frac{1000}{3} \times V_o - \frac{1000}{3} \times V_{25} \right)$$

$$[\text{SL}]T = \frac{B \times T_{25}^2 + A \times T_{25}}{38.5 \times \left(\frac{1000}{3} \times V_{25} - [\text{OS}]T \right)}$$

ここで、 T_o と T_{25} は、氷冷水(0~1°C)および $5.00 \times 10^{-1} \text{mol/l}$ のKCl標準液(25±2°C)の液温(°C)で、 V_o と V_{25} は各標準液での指示電位(V)である。また、AとBは定数で、それぞれ、 3.90802×10^2 、 -5.802×10^{-2} である。

(2)校正係数を用いた指示電位から測定値の算出方法

(1)で定義される校正係数を用いて以下の式で測定値を算出する。

①水素イオン指数

水素イオン指数(pH)は、指示電位 V_{pH} (V)から次式で算出される。

$$[\text{pH}] = \frac{\left(\frac{1000}{3} V_{\text{pH}} - 500\right) - [\text{OS}]_{\text{pH}}}{[\text{SL}]_{\text{pH}}} + 7$$

②酸化還元電位

酸化還元電位(mV)は、各金属作用電極とも指示電位 V_{Eh} (V)と水温 T (°C)から次式で算出される。

$$[\text{Eh}] = \left(\frac{1000}{1.5} \times V_{\text{Eh}} - 1000\right) - [\text{OS}]_{\text{Eh}} + \{209.1 - 0.728 \times (T - 25)\}$$

③硫化物イオン電位

硫化物イオン電位(mV)は、指示電位 V_{pS} (V)と水温 T (°C)から次式で算出される。

$$[\text{pS}] = \left\{ \frac{1000}{3} \times [\text{OS}]_{\text{pS}} - \frac{1000}{3} \times V_{\text{pS}} - 0.174(T - 25) \right\} \times [\text{SL}]_{\text{pS}} + \{-712.3 + 0.174 \times (T - 25)\}$$

④電気伝導度(交流二電極式)

交流二電極式の電気伝導度(mS/m)は、指示電位 V_{EC1} (V)から次式で算出される。

$$[\text{EC1}] = V_{\text{EC1}} \times [\text{SL}]_{\text{EC1}} + [\text{OS}]_{\text{EC1}}$$

⑤電気伝導度(電磁誘導式)

電磁誘導式の電気伝導度(mS/m)は、指示電位 V_{EC2} (V)から次式で算出される。

$$[\text{EC2}] = V_{\text{EC2}} \times [\text{SL}]_{\text{EC2}} + [\text{OS}]_{\text{EC2}}$$

⑥水温

水温(°C)は、指示電位 V_T (V)から次式で算出される。ただし、式中のAとBは定数で、それぞれ、 3.90802×10^2 、 -5.802×10^{-2} である。

$$[T] = \frac{-A + \sqrt{A^2 + 4 \times B \times 38.5 \times \left(\frac{1000}{3} \times V_T - [OS]T \right) \times [SL]T}}{2 \times B}$$

(3) 時間係数の算出方法

校正結果とドリフト測定結果のそれぞれから得られる校正係数を用いて、各測定項目毎に総ドリフト量が計算される。この総ドリフト量と校正からの時間経過より、補正前の測定値に含まれるドリフト量は評価する。ここでは、校正からの時間経過を表す時間係数 t の算出方法を示す。

$$t = \frac{t_a + t_n}{\Delta t}$$

ここで、 Δt は校正からドリフト測定までの経過時間、 t_a は校正から連続測定開始までの経過時間、 t_n は連続測定開始から補正対象のデータを測定するまでの経過時間とする。

なお、表3.3.3の連続測定結果を補正対象とする場合、各データは約20分毎の抜粋なので、表中 n 番目のデータに関する時間係数 t は近似的に次のように表すことができる。

$$t = \frac{3 \times t_a + n}{3 \times \Delta t}$$

3.4.4 補正結果

センサー校正、ドリフト測定それぞれの結果から算出した校正係数を表3.4.3に示す。また、これら校正係数を用いて、最終指示電位から求めた総ドリフト量を表3.4.4に示す。

表3.4.3 校正係数の算出結果

測定項目		校正時		ドリフト測定時	
		[SL]	[OS]	[SL]	[OS]
水素イオン指数		-57.45	-5.43	-57.32	-10.71
酸化還元電位	白金電極	—	21.5	—	11.8
		—	16.3	—	15.2
	金電極	—	15.5	—	11.8
		—	10.3	—	11.2
	ガラスカーボン電極	—	19.5	—	12.5
		—	12.3	—	15.2
硫化物イオン電位		0.963	2.001	0.948	1.996
電気伝導度	交流二電極式	1018.8	-10.4	1021.3	-11.2
	電磁誘導式	49813	-79	49472	-123
水温		1.017	0	1.011	0

注) 酸化還元電位の各電極は、上段が測定中断前、下段が測定中断後

表3.4.4 総ドリフト量の算出結果

測定項目		最終指示電位 (V)	校正結果による測定値算出結果	ドリフト測定結果による測定値算出結果	総ドリフト量
水素イオン指数 (pH)		1.321	7.94	7.85	-0.09
酸化還元電位 (mV)	白金電極	1.774	373.9	383.7	9.8
		1.169	-24.2	-23.1	1.1
	金電極	1.654	300.0	303.7	3.7
		1.081	-76.8	-77.7	-0.9
	ガラスカーボン電極	1.647	291.3	298.3	7.0
		1.055	-96.2	-99.1	-2.9
硫化物イオン電位 (mV)		0.164	-122.7	-133.4	-10.7
電気伝導度 (mS/m)	交流二電極式	0.153	145.5	145.0	-0.5
	電磁誘導式	0.017	768	718	-50
水温 (°C)		0.598	20.03	19.91	-0.12

注) 酸化還元電位の各電極は、上段が測定中断前、下段が測定中断後

時間係数に関しては、表3.4.5に示すように、校正からドリフト測定までの経過時間を近似し、表3.3.3におけるn番目の測定値の時間係数算出式を求めた。

表3.4.5 校正からドリフト測定までの経過時間

項目	実施時間	校正からの経過時間 (時間)
校正	8月27日13時～15時	0
連続測定開始	8月28日14時27分	24
中間ドリフト測定	8月29日11時30分～12時30分	46
連続測定再開	8月29日14時32分	49
ドリフト測定	9月3日13時～15時	168

$$\textcircled{1} \text{酸化還元電位を除く項目} : t = \frac{3 \times 24 + n}{3 \times 168} = \frac{72 + n}{504}$$

$$\textcircled{2} \text{連続測定中断前の酸化還元電位} : t = \frac{3 \times 24 + n}{3 \times 46} = \frac{72 + n}{138}$$

$$\textcircled{3} \text{連続測定中断後の酸化還元電位} : t = \frac{3 \times 3 + n}{3 \times 122} = \frac{9 + n}{366}$$

以下に、各項目別の補正式を示す。

①水素イオン指数

$$\text{【補正結果】} = \text{【測定値】} - 0.09 \times \frac{72 + n}{504}$$

②酸化還元電位(白金電極)

$$\text{連続測定中断前} : \text{【補正結果】} = \text{【測定値】} + 9.8 \times \frac{72 + n}{138}$$

$$\text{連続測定中断後} : \text{【補正結果】} = \text{【測定値】} + 1.1 \times \frac{9 + n}{366}$$

③酸化還元電位(金電極)

$$\text{連続測定中断前：【補正結果】} = \text{【測定値】} + 3.7 \times \frac{72+n}{138}$$

$$\text{連続測定中断後：【補正結果】} = \text{【測定値】} - 0.9 \times \frac{9+n}{366}$$

④酸化還元電位(グラシーカーボン電極)

$$\text{連続測定中断前：【補正結果】} = \text{【測定値】} + 7.0 \times \frac{72+n}{138}$$

$$\text{連続測定中断後：【補正結果】} = \text{【測定値】} - 2.9 \times \frac{9+n}{366}$$

⑤硫化物イオン電位

$$\text{【補正結果】} = \text{【測定値】} - 10.7 \times \frac{72+n}{504}$$

⑥電気伝導度(交流二電極式)

$$\text{【補正結果】} = \text{【測定値】} - 0.50 \times \frac{72+n}{504}$$

⑦電気伝導度(電磁誘導式)

$$\text{【補正結果】} = \text{【測定値】} - 50 \times \frac{72+n}{504}$$

⑧水温

$$\text{【補正結果】} = \text{【測定値】} - 0.12 \times \frac{72+n}{504}$$

以上の補正式を用いて計測値を補正した結果を、表3.4.6および図3.4.1に示す。

表3.4.6(1) 物理化学パラメータの連続測定結果[補正済](1/8)

測定日時	pH	Eh (mV)			pS (mV)	EC (mS/m)		水温 (°C)	採水量 (L)
		Pt	Au	GC		交流 二電極	電磁 誘導		
1998/08/28 14:26:52	6.81	405	249	316	-158	53.2	116	19.5	0.00
1998/08/28 14:47:48	6.58	377	256	310	-152	6.5	68	19.8	1.07
1998/08/28 15:08:42	6.52	373	253	304	-154	4.8	68	19.8	2.67
1998/08/28 15:29:34	6.52	374	253	304	-155	4.8	67	19.8	4.30
1998/08/28 15:50:29	6.55	375	252	303	-155	5.2	67	19.8	5.95
1998/08/28 16:11:24	6.58	374	253	302	-155	5.7	67	19.8	7.62
1998/08/28 16:32:16	6.61	374	252	301	-155	6.1	68	19.8	9.26
1998/08/28 16:53:09	6.63	374	252	301	-154	6.3	67	19.8	10.88
1998/08/28 17:14:03	6.65	373	252	301	-154	6.5	68	19.8	12.47
1998/08/28 17:34:55	6.68	371	251	299	-154	6.9	68	19.8	14.08
1998/08/28 17:55:47	6.71	370	251	298	-154	7.1	67	19.8	15.70
1998/08/28 18:16:40	6.73	369	250	297	-154	7.3	67	19.8	17.30
1998/08/28 18:37:33	6.74	369	250	297	-154	7.4	68	19.9	18.89
1998/08/28 18:58:26	6.76	368	249	296	-154	7.6	68	19.9	20.47
1998/08/28 19:19:19	6.79	368	249	296	-154	7.8	68	19.9	22.06
1998/08/28 19:40:12	6.80	367	249	295	-154	7.9	69	19.9	23.63
1998/08/28 20:01:04	6.83	367	249	294	-154	8.1	68	19.9	25.20
1998/08/28 20:21:58	6.85	366	249	294	-155	8.2	68	19.9	26.78
1998/08/28 20:42:50	6.86	367	249	294	-154	8.4	69	19.9	28.36
1998/08/28 21:03:43	6.88	367	249	293	-155	8.5	68	19.9	29.95
1998/08/28 21:24:39	6.89	367	250	294	-154	8.6	68	19.9	31.57
1998/08/28 21:45:41	6.90	368	250	293	-154	8.7	68	19.9	33.16
1998/08/28 22:06:33	6.92	368	251	293	-155	8.8	68	19.9	34.75
1998/08/28 22:27:26	6.92	369	253	294	-155	8.9	68	19.9	36.35
1998/08/28 22:48:21	6.94	369	255	294	-155	9.0	68	19.9	37.95
1998/08/28 23:09:15	6.95	369	255	294	-155	9.1	69	19.9	39.54
1998/08/28 23:30:08	6.96	369	253	293	-155	9.2	68	19.9	41.12
1998/08/28 23:51:00	6.97	369	255	294	-155	9.2	68	19.9	42.72
1998/08/29 00:12:03	6.99	369	255	293	-156	9.3	69	19.9	44.31
1998/08/29 00:32:55	7.00	370	256	292	-156	9.4	68	19.9	45.90
1998/08/29 00:53:48	7.01	371	257	292	-156	9.5	69	19.9	47.49
1998/08/29 01:14:43	7.03	371	258	291	-156	9.6	68	19.9	49.07
1998/08/29 01:35:36	7.04	371	258	290	-156	9.7	68	19.9	50.66
1998/08/29 01:56:28	7.05	371	258	288	-156	9.7	67	19.9	52.25
1998/08/29 02:17:33	7.06	371	259	288	-156	9.8	68	19.8	53.84
1998/08/29 02:38:38	7.07	369	260	286	-156	9.9	68	19.9	55.39
1998/08/29 02:59:30	7.08	367	261	286	-156	9.9	67	19.9	56.94
1998/08/29 03:20:23	7.08	367	263	285	-157	10.0	68	19.9	58.49
1998/08/29 03:41:15	7.09	367	265	285	-157	10.0	67	19.9	60.05
1998/08/29 04:02:08	7.10	367	267	286	-157	10.1	67	19.9	61.61
1998/08/29 04:23:00	7.12	368	269	286	-157	10.2	67	19.9	63.17
1998/08/29 04:44:10	7.13	369	272	286	-157	10.2	67	19.9	64.76
1998/08/29 05:05:28	7.14	369	274	286	-157	10.3	68	19.9	66.39
1998/08/29 05:26:36	7.14	371	274	284	-157	10.3	67	19.9	67.99
1998/08/29 05:47:29	7.15	372	278	285	-157	10.3	67	19.9	69.58
1998/08/29 06:08:21	7.16	374	281	286	-157	10.4	67	19.9	71.17
1998/08/29 06:29:27	7.17	376	284	287	-158	10.4	67	19.9	72.77
1998/08/29 06:50:24	7.18	377	287	288	-158	10.5	67	19.9	74.38
1998/08/29 07:11:15	7.18	378	290	290	-158	10.5	66	19.9	75.97
1998/08/29 07:32:08	7.19	379	293	291	-157	10.5	67	19.9	77.57

表3.4.6(2) 物理化学パラメータの連続測定結果[補正済](2/8)

測定日時	pH	Eh (mV)			pS (mV)	EC (mS/m)		水温 (°C)	採水量 (ℓ)
		Pt	Au	GC		交流 二電極	電磁 誘導		
1998/08/29 07:53:00	7.20	381	295	292	-158	10.6	65	19.9	79.16
1998/08/29 08:13:53	7.20	382	297	294	-158	10.6	68	19.9	80.76
1998/08/29 08:34:45	7.20	382	299	295	-158	10.6	66	19.9	82.35
1998/08/29 08:55:38	7.21	382	301	295	-158	10.6	67	19.9	83.94
1998/08/29 09:16:31	7.21	384	304	297	-158	10.7	66	19.9	85.53
1998/08/29 09:37:23	7.22	383	303	298	-158	10.7	66	19.9	87.12
1998/08/29 09:58:15	7.23	384	303	299	-158	10.8	66	19.9	88.71
1998/08/29 10:19:07	7.24	384	305	299	-158	10.8	66	19.9	90.30
1998/08/29 10:40:30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1998/08/29 11:01:22	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1998/08/29 11:22:14	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1998/08/29 11:43:07	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1998/08/29 12:03:59	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1998/08/29 12:24:52	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1998/08/29 12:45:45	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1998/08/29 13:06:37	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1998/08/29 13:27:29	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1998/08/29 13:48:21	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1998/08/29 14:09:18	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1998/08/29 14:31:36	7.41	416	268	285	-47	128.3	134	18.9	91.08
1998/08/29 14:52:30	7.23	381	257	273	-45	15.5	20	19.6	92.20
1998/08/29 15:13:22	7.21	366	254	267	-47	11.4	19	19.6	93.77
1998/08/29 15:34:15	7.21	358	253	263	-48	11.0	17	19.7	95.35
1998/08/29 15:55:07	7.21	351	251	260	-50	10.9	14	19.7	96.93
1998/08/29 16:15:58	7.20	343	249	258	-51	10.9	18	19.8	98.52
1998/08/29 16:36:51	7.21	337	246	255	-53	11.0	16	19.8	100.11
1998/08/29 16:57:43	7.22	333	246	253	-54	11.0	19	19.8	101.70
1998/08/29 17:18:37	7.23	329	244	251	-55	10.9	17	19.8	103.29
1998/08/29 17:39:30	7.24	325	243	249	-56	11.1	17	19.8	104.88
1998/08/29 18:00:22	7.25	322	243	248	-56	11.1	13	19.8	106.47
1998/08/29 18:21:14	7.25	318	241	246	-57	11.1	21	19.8	108.05
1998/08/29 18:42:07	7.26	316	240	245	-57	11.1	17	19.8	109.65
1998/08/29 19:02:59	7.28	314	239	243	-57	11.1	19	19.8	111.25
1998/08/29 19:23:52	7.28	312	238	242	-58	11.1	16	19.8	112.84
1998/08/29 19:44:45	7.29	310	238	240	-58	11.2	17	19.8	114.43
1998/08/29 20:05:37	7.30	307	237	239	-58	11.2	23	19.8	115.99
1998/08/29 20:26:29	7.31	305	236	238	-58	11.2	25	19.9	117.57
1998/08/29 20:47:21	7.32	302	235	236	-58	11.3	15	19.9	119.13
1998/08/29 21:08:18	7.32	300	233	235	-58	11.3	14	19.9	120.72
1998/08/29 21:29:10	7.33	298	233	234	-58	11.3	13	19.9	122.31
1998/08/29 21:50:02	7.33	300	235	236	-56	11.3	12	19.9	123.91
1998/08/29 22:10:55	7.34	295	232	232	-58	11.3	18	19.9	125.51
1998/08/29 22:32:06	7.35	293	231	231	-58	11.3	19	19.9	127.12
1998/08/29 22:53:07	7.35	292	230	230	-58	11.3	16	19.9	128.74
1998/08/29 23:14:00	7.36	289	229	228	-58	11.4	16	19.9	130.33
1998/08/29 23:34:52	7.36	289	229	227	-58	11.4	15	19.9	131.93
1998/08/29 23:55:59	7.37	288	229	227	-58	11.4	15	19.9	133.55
1998/08/30 00:17:04	7.37	287	228	226	-58	11.5	13	19.9	135.16
1998/08/30 00:37:56	7.38	286	226	225	-58	11.4	17	19.9	136.75
1998/08/30 00:58:48	7.39	285	225	224	-58	11.5	14	19.9	138.37

表3.4.6(3) 物理化学パラメータの連続測定結果[補正済](3/8)

測定日時	pH	Eh (mV)			pS (mV)	EC (mS/m)		水温 (°C)	採水量 (ℓ)
		Pt	Au	GC		交流 二電極	電磁 誘導		
1998/08/30 01:19:50	7.39	283	225	223	-58	11.5	18	19.9	139.97
1998/08/30 01:40:42	7.39	281	224	221	-58	11.5	11	19.9	141.59
1998/08/30 02:01:35	7.40	280	223	220	-58	11.6	12	19.9	143.19
1998/08/30 02:22:33	7.40	278	222	219	-58	11.6	10	19.9	144.81
1998/08/30 02:43:51	7.41	277	221	218	-58	11.6	16	19.9	146.46
1998/08/30 03:05:09	7.41	275	220	217	-58	11.6	13	19.9	148.10
1998/08/30 03:26:05	7.42	274	219	216	-58	11.6	10	19.9	149.73
1998/08/30 03:46:57	7.42	272	218	215	-58	11.6	9	19.9	151.33
1998/08/30 04:07:50	7.42	271	217	214	-58	11.6	10	19.9	152.95
1998/08/30 04:29:05	7.43	270	216	213	-58	11.7	14	19.9	154.59
1998/08/30 04:49:58	7.43	269	215	212	-58	11.7	13	19.9	156.22
1998/08/30 05:10:51	7.44	267	214	211	-58	11.7	10	19.9	157.83
1998/08/30 05:31:46	7.44	266	213	210	-59	11.7	11	19.9	159.46
1998/08/30 05:53:04	7.44	264	212	210	-59	11.7	14	19.9	161.13
1998/08/30 06:14:03	7.44	264	212	209	-59	11.8	14	19.9	162.76
1998/08/30 06:34:55	7.45	262	210	208	-59	11.8	14	19.9	164.38
1998/08/30 06:55:48	7.45	261	210	207	-59	11.9	14	19.9	166.00
1998/08/30 07:16:44	7.45	260	209	206	-60	11.8	14	19.9	167.65
1998/08/30 07:37:36	7.46	260	208	205	-60	11.9	13	19.9	169.27
1998/08/30 07:58:29	7.47	258	207	204	-60	11.8	7	19.9	170.89
1998/08/30 08:19:26	7.47	256	206	203	-61	11.9	3	19.9	172.52
1998/08/30 08:40:18	7.47	255	205	202	-60	11.9	18	19.9	174.15
1998/08/30 09:01:10	7.47	254	204	201	-61	11.9	15	19.9	175.79
1998/08/30 09:22:03	7.48	252	202	200	-62	11.8	13	19.9	177.41
1998/08/30 09:42:55	7.48	252	201	199	-63	11.9	11	19.9	179.02
1998/08/30 10:03:47	7.48	250	201	198	-63	11.9	10	19.9	180.65
1998/08/30 10:24:40	7.49	248	200	197	-64	11.9	12	19.9	182.27
1998/08/30 10:45:35	7.49	249	199	196	-65	12.0	12	19.9	183.90
1998/08/30 11:06:28	7.50	247	198	195	-66	12.0	12	19.9	185.53
1998/08/30 11:27:20	7.50	247	198	194	-66	12.0	7	19.9	187.14
1998/08/30 11:48:15	7.50	246	197	193	-66	12.0	9	19.9	188.78
1998/08/30 12:09:08	7.51	244	196	193	-66	12.0	7	19.9	190.38
1998/08/30 12:30:00	7.50	244	195	192	-66	12.1	7	19.9	192.00
1998/08/30 12:50:53	7.51	242	194	191	-66	12.0	6	19.9	193.62
1998/08/30 13:11:48	7.51	241	193	190	-66	12.1	7	19.9	195.22
1998/08/30 13:32:41	7.51	240	193	189	-66	12.1	11	19.9	196.86
1998/08/30 13:53:33	7.52	240	192	188	-66	12.1	10	19.9	198.47
1998/08/30 14:14:26	7.52	239	192	188	-66	12.1	10	19.9	200.08
1998/08/30 14:35:18	7.53	237	191	187	-66	12.1	11	19.9	201.70
1998/08/30 14:56:23	7.52	238	190	187	-66	12.1	16	19.9	203.34
1998/08/30 15:17:16	7.53	237	190	186	-66	12.2	2	19.9	204.95
1998/08/30 15:38:08	7.53	235	188	185	-66	12.2	7	19.9	206.58
1998/08/30 15:59:01	7.53	235	188	184	-66	12.2	10	19.9	208.21
1998/08/30 16:19:53	7.53	247	199	196	-55	12.1	12	19.9	209.82
1998/08/30 16:40:46	7.54	232	186	183	-67	12.2	11	19.9	211.44
1998/08/30 17:01:38	7.54	232	185	182	-67	12.2	12	19.9	213.07
1998/08/30 17:22:30	7.54	232	184	182	-67	12.2	9	19.9	214.69
1998/08/30 17:43:23	7.54	231	183	181	-67	12.2	10	19.9	216.32
1998/08/30 18:04:15	7.54	229	183	180	-67	12.2	10	19.9	217.95
1998/08/30 18:25:08	7.55	228	181	179	-67	12.3	8	19.9	219.59

表3.4.6(4) 物理化学パラメータの連続測定結果[補正済](4/8)

測定日時	pH	Eh (mV)			pS (mV)	EC (mS/m)		水温 (°C)	採水量 (ℓ)
		Pt	Au	GC		交流 二電極	電磁 誘導		
1998/08/30 18:46:00	7.55	228	181	178	-68	12.3	11	19.9	221.22
1998/08/30 19:07:16	7.56	226	180	178	-68	12.2	11	19.9	222.89
1998/08/30 19:28:22	7.55	225	179	177	-68	12.3	11	19.9	224.54
1998/08/30 19:49:14	7.55	225	178	176	-68	12.3	9	19.9	226.18
1998/08/30 20:10:05	7.56	224	177	175	-68	12.3	8	19.9	227.81
1998/08/30 20:30:55	7.56	222	177	174	-68	12.3	13	19.9	229.44
1998/08/30 20:51:46	7.56	223	176	174	-68	12.3	19	19.9	231.09
1998/08/30 21:12:37	7.57	221	176	173	-68	12.4	17	19.9	232.72
1998/08/30 21:33:35	7.57	219	174	171	-69	12.3	18	19.9	234.31
1998/08/30 21:54:26	7.58	215	173	170	-69	12.3	15	19.9	235.93
1998/08/30 22:15:17	7.58	214	171	169	-69	12.4	16	19.9	237.54
1998/08/30 22:36:11	7.57	212	170	168	-69	12.4	12	19.9	239.16
1998/08/30 22:57:10	7.58	212	169	168	-69	12.4	18	19.9	240.80
1998/08/30 23:18:01	7.58	211	169	167	-69	12.4	16	19.9	242.44
1998/08/30 23:38:52	7.58	210	168	166	-69	12.4	13	19.9	244.05
1998/08/30 23:59:57	7.59	209	168	165	-69	12.5	13	19.9	245.68
1998/08/31 00:20:48	7.58	209	167	165	-70	12.4	17	19.9	247.32
1998/08/31 00:41:39	7.58	209	166	165	-70	12.5	15	19.9	248.96
1998/08/31 01:02:38	7.59	209	166	164	-70	12.4	15	19.9	250.61
1998/08/31 01:23:55	7.59	210	165	164	-70	12.4	9	19.9	252.29
1998/08/31 01:45:11	7.60	209	165	163	-70	12.4	10	19.9	253.97
1998/08/31 02:06:19	7.60	209	164	162	-70	12.5	12	19.9	255.64
1998/08/31 02:27:10	7.60	207	162	161	-70	12.4	13	19.9	257.29
1998/08/31 02:48:01	7.60	207	161	161	-70	12.5	9	19.9	258.95
1998/08/31 03:09:02	7.60	206	159	160	-70	12.6	10	19.9	260.60
1998/08/31 03:30:18	7.60	205	158	159	-70	12.5	12	19.9	262.29
1998/08/31 03:51:34	7.60	206	158	159	-70	12.5	9	19.9	263.97
1998/08/31 04:12:50	7.60	205	157	158	-70	12.5	5	19.9	265.66
1998/08/31 04:34:00	7.61	204	156	157	-70	12.6	11	19.9	267.34
1998/08/31 04:54:51	7.61	204	156	156	-70	12.6	10	19.9	268.98
1998/08/31 05:15:42	7.61	203	154	156	-70	12.6	8	19.9	270.64
1998/08/31 05:36:42	7.61	203	153	155	-70	12.6	9	19.9	272.29
1998/08/31 05:57:35	7.61	202	152	154	-71	12.6	7	19.9	273.95
1998/08/31 06:18:26	7.62	201	152	153	-71	12.6	11	19.9	275.59
1998/08/31 06:39:17	7.61	202	151	153	-71	12.6	9	19.9	277.25
1998/08/31 07:00:32	7.62	201	150	152	-70	12.6	6	19.9	278.93
1998/08/31 07:21:48	7.62	200	149	151	-71	12.6	6	19.9	280.62
1998/08/31 07:43:04	7.62	200	149	151	-71	12.6	4	19.9	282.30
1998/08/31 08:04:20	7.62	200	147	150	-71	12.6	1	19.9	283.98
1998/08/31 08:25:11	7.63	198	145	148	-72	12.7	7	19.9	285.62
1998/08/31 08:46:02	7.63	198	143	147	-72	12.7	4	19.9	287.28
1998/08/31 09:06:53	7.63	197	141	146	-72	12.7	9	19.9	288.92
1998/08/31 09:27:44	7.63	196	140	145	-72	12.7	8	19.9	290.58
1998/08/31 09:48:34	7.63	195	139	144	-72	12.7	8	19.9	292.23
1998/08/31 10:09:25	7.63	194	138	143	-72	12.7	3	19.9	293.88
1998/08/31 10:30:16	7.63	193	137	143	-72	12.7	3	19.9	295.54
1998/08/31 10:51:07	7.64	193	136	141	-72	12.8	8	19.9	297.18
1998/08/31 11:11:58	7.64	193	134	141	-72	12.7	3	19.9	298.83
1998/08/31 11:32:49	7.64	192	133	140	-72	12.7	4	19.9	300.49
1998/08/31 11:53:40	7.64	191	131	138	-72	12.7	1	19.9	302.13

表3.4.6(5) 物理化学パラメータの連続測定結果[補正済](5/8)

測定日時	pH	Eh (mV)			pS (mV)	EC (mS/m)		水温 (°C)	採水量 (ℓ)
		Pt	Au	GC		交流 二電極	電磁 誘導		
1998/08/31 12:14:32	7.64	191	130	137	-72	12.8	4	19.9	303.80
1998/08/31 12:35:23	7.64	190	131	137	-72	12.8	1	19.9	305.45
1998/08/31 12:56:14	7.65	189	128	135	-73	12.8	3	19.9	307.11
1998/08/31 13:17:11	7.64	189	126	134	-73	12.8	2	19.9	308.34
1998/08/31 13:38:02	7.65	188	127	134	-72	12.7	1	19.9	310.59
1998/08/31 13:58:56	7.66	187	126	133	-72	12.8	2	19.9	313.11
1998/08/31 14:19:47	7.66	188	125	132	-72	12.8	2	19.9	315.61
1998/08/31 14:40:38	7.66	187	124	131	-72	12.8	0	19.9	318.12
1998/08/31 15:01:29	7.66	187	123	130	-72	12.8	-1	19.9	320.61
1998/08/31 15:22:20	7.67	186	122	128	-73	12.9	3	19.9	323.11
1998/08/31 15:43:12	7.67	187	122	127	-73	12.9	4	19.9	325.60
1998/08/31 16:04:03	7.69	186	120	126	-73	12.9	2	19.9	328.09
1998/08/31 16:24:54	7.69	186	120	125	-73	12.9	2	19.9	330.59
1998/08/31 16:45:48	7.70	186	119	124	-73	12.9	1	19.9	333.11
1998/08/31 17:06:38	7.70	186	118	123	-73	12.9	4	19.9	335.62
1998/08/31 17:27:29	7.71	185	117	122	-73	12.9	1	19.9	338.12
1998/08/31 17:48:21	7.71	184	116	121	-73	12.9	0	19.9	340.62
1998/08/31 18:09:12	7.71	184	115	120	-73	13.0	6	19.9	343.14
1998/08/31 18:30:02	7.71	184	115	118	-73	13.0	0	19.9	345.64
1998/08/31 18:50:54	7.72	184	116	117	-73	13.0	0	19.9	348.14
1998/08/31 19:11:45	7.72	183	114	116	-73	12.9	5	19.9	350.66
1998/08/31 19:32:36	7.72	183	113	115	-73	13.1	2	19.9	353.17
1998/08/31 19:53:29	7.73	182	112	114	-73	13.1	0	19.9	355.70
1998/08/31 20:14:21	7.72	182	111	113	-73	13.0	4	19.9	358.19
1998/08/31 20:35:12	7.73	181	110	111	-74	13.0	-3	19.9	360.71
1998/08/31 20:56:02	7.73	180	109	110	-73	13.0	-2	19.9	363.23
1998/08/31 21:16:56	7.73	180	108	109	-74	13.0	0	19.9	365.75
1998/08/31 21:37:46	7.73	179	106	107	-74	13.1	0	19.9	368.26
1998/08/31 21:58:37	7.73	179	105	106	-74	13.1	4	19.9	370.79
1998/08/31 22:19:41	7.74	179	104	105	-74	13.1	3	19.9	373.33
1998/08/31 22:40:57	7.75	177	101	103	-74	13.1	1	19.9	375.91
1998/08/31 23:02:13	7.75	176	99	101	-74	13.1	1	19.9	378.47
1998/08/31 23:23:29	7.75	176	98	100	-74	13.1	-1	19.9	381.04
1998/08/31 23:44:45	7.75	175	97	99	-74	13.3	-1	19.9	383.61
1998/09/01 00:05:51	7.75	174	96	97	-74	13.1	42	19.9	386.16
1998/09/01 00:26:42	7.75	174	95	95	-74	13.1	42	19.9	388.67
1998/09/01 00:47:33	7.76	173	93	94	-74	13.1	45	19.9	391.18
1998/09/01 01:08:37	7.76	172	92	93	-74	13.2	44	19.9	393.71
1998/09/01 01:29:53	7.76	172	91	91	-75	13.2	44	19.9	396.29
1998/09/01 01:51:09	7.76	171	90	90	-75	13.2	41	19.9	398.85
1998/09/01 02:12:08	7.76	170	89	88	-75	13.2	44	19.9	401.38
1998/09/01 02:32:59	7.76	169	87	86	-75	13.2	42	19.9	403.90
1998/09/01 02:53:50	7.76	169	85	85	-75	13.2	42	19.9	406.44
1998/09/01 03:15:01	7.77	168	83	83	-75	13.2	44	19.9	409.00
1998/09/01 03:36:17	7.77	166	81	82	-75	13.2	43	19.9	411.58
1998/09/01 03:57:33	7.77	166	79	80	-75	13.2	39	19.9	414.17
1998/09/01 04:18:27	7.77	165	77	79	-75	13.2	41	19.9	416.70
1998/09/01 04:39:18	7.77	164	76	76	-76	13.2	40	19.9	419.25
1998/09/01 05:00:09	7.77	163	75	75	-75	13.3	42	19.9	421.77
1998/09/01 05:21:25	7.77	162	73	73	-76	13.3	41	19.9	424.36

表3.4.6(6) 物理化学パラメータの連続測定結果[補正済](6/8)

測定日時	pH	Eh (mV)			pS (mV)	EC (mS/m)		水温 (°C)	採水量 (ℓ)
		Pt	Au	GC		交流 二電極	電磁 誘導		
1998/09/01 05:42:41	7.77	161	71	71	-76	13.3	41	19.9	426.95
1998/09/01 06:03:52	7.77	161	69	70	-76	13.3	40	19.9	429.53
1998/09/01 06:24:43	7.77	159	67	68	-76	13.3	41	19.9	432.07
1998/09/01 06:45:34	7.77	159	65	66	-76	13.3	41	19.9	434.60
1998/09/01 07:06:29	7.77	158	63	64	-76	13.3	43	19.9	437.14
1998/09/01 07:27:20	7.78	157	62	63	-76	13.3	42	19.9	439.68
1998/09/01 07:48:11	7.78	156	60	61	-76	13.3	43	19.9	442.22
1998/09/01 08:09:07	7.78	155	59	59	-76	13.3	42	19.9	444.75
1998/09/01 08:29:58	7.78	154	57	57	-76	13.3	43	19.9	447.29
1998/09/01 08:50:49	7.78	153	55	55	-77	13.4	42	19.9	449.82
1998/09/01 09:11:41	7.79	152	54	54	-77	13.4	43	19.9	452.34
1998/09/01 09:32:32	7.78	151	52	52	-77	13.4	44	19.9	454.86
1998/09/01 09:53:24	7.78	150	41	51	-77	13.4	42	19.9	457.40
1998/09/01 10:14:15	7.79	148	45	48	-77	13.4	42	19.9	459.91
1998/09/01 10:35:06	7.79	148	46	46	-77	13.4	42	19.9	462.43
1998/09/01 10:55:57	7.79	147	44	44	-77	13.4	42	19.9	464.95
1998/09/01 11:16:51	7.79	146	43	42	-77	13.4	42	19.9	467.46
1998/09/01 11:37:42	7.79	144	41	40	-78	13.4	41	19.9	469.99
1998/09/01 11:58:33	7.79	143	39	38	-78	13.4	42	19.9	472.49
1998/09/01 12:19:29	7.80	142	38	36	-78	13.4	42	19.9	475.02
1998/09/01 12:40:19	7.79	141	37	34	-78	13.4	42	19.8	477.52
1998/09/01 13:01:10	7.79	140	35	33	-78	13.4	43	19.9	480.01
1998/09/01 13:22:02	7.80	138	33	30	-78	13.4	41	19.8	482.54
1998/09/01 13:42:53	7.79	137	31	29	-78	13.4	42	19.8	485.04
1998/09/01 14:03:44	7.80	136	30	27	-78	13.5	41	19.9	487.54
1998/09/01 14:24:39	7.80	134	28	25	-79	13.4	41	19.9	490.06
1998/09/01 14:45:30	7.79	133	26	23	-79	13.5	41	19.9	492.57
1998/09/01 15:06:21	7.79	132	25	21	-79	13.5	43	19.8	495.07
1998/09/01 15:27:16	7.79	130	23	19	-79	13.5	41	19.9	497.60
1998/09/01 15:48:07	7.80	128	21	17	-79	13.5	41	19.8	500.09
1998/09/01 16:08:58	7.80	127	20	16	-79	13.5	41	19.9	502.59
1998/09/01 16:29:49	7.81	125	18	13	-80	13.5	39	19.8	505.12
1998/09/01 16:50:40	7.80	124	17	12	-80	13.5	41	19.9	507.62
1998/09/01 17:11:31	7.80	123	16	10	-80	13.5	41	19.9	510.13
1998/09/01 17:32:29	7.80	121	14	9	-80	13.5	40	19.9	512.65
1998/09/01 17:53:22	7.81	120	12	7	-80	13.5	40	19.9	515.16
1998/09/01 18:14:12	7.80	118	9	5	-81	13.5	41	19.8	517.68
1998/09/01 18:35:03	7.80	114	-267	3	-81	13.5	41	19.8	520.18
1998/09/01 18:55:56	7.80	111	-236	1	-81	13.5	40	19.8	522.71
1998/09/01 19:16:47	7.80	109	-200	0	-81	13.5	39	19.9	525.21
1998/09/01 19:37:38	7.81	107	-159	-2	-82	13.6	40	19.9	527.73
1998/09/01 19:58:31	7.81	106	-127	-4	-82	13.6	40	19.8	530.24
1998/09/01 20:19:22	7.81	104	-99	-6	-82	13.6	40	19.8	532.77
1998/09/01 20:40:13	7.81	103	-83	-8	-82	13.6	40	19.8	535.28
1998/09/01 21:01:19	7.81	102	-73	-12	-82	13.6	40	19.9	537.83
1998/09/01 21:22:10	7.81	101	-69	-15	-82	13.6	39	19.8	540.34
1998/09/01 21:43:01	7.81	99	-59	-20	-83	13.6	39	19.9	542.88
1998/09/01 22:04:00	7.81	98	-52	-25	-83	13.6	39	19.8	545.42
1998/09/01 22:24:51	7.81	96	-48	-30	-83	13.6	39	19.9	547.92
1998/09/01 22:45:42	7.81	94	-43	-35	-83	13.6	39	19.8	550.45

表3.4.6(7) 物理化学パラメータの連続測定結果[補正済](7/8)

測定日時	pH	Eh (mV)			pS (mV)	EC (mS/m)		水温 (°C)	採水量 (L)
		Pt	Au	GC		交流 二電極	電磁 誘導		
1998/09/01 23:06:38	7.81	93	-40	-38	-83	13.6	38	19.9	552.99
1998/09/01 23:27:54	7.81	92	-37	-42	-83	13.6	39	19.8	555.55
1998/09/01 23:49:10	7.82	90	-34	-46	-84	13.6	39	19.9	558.12
1998/09/02 00:10:12	7.82	89	-32	-49	-84	13.6	38	19.8	560.68
1998/09/02 00:31:02	7.82	87	-31	-52	-84	13.6	38	19.9	563.20
1998/09/02 00:51:53	7.81	86	-29	-54	-84	13.6	38	19.9	565.71
1998/09/02 01:12:44	7.81	85	-28	-59	-84	13.6	38	19.9	568.25
1998/09/02 01:34:00	7.82	82	-29	-60	-84	13.7	39	19.8	570.83
1998/09/02 01:55:16	7.82	81	-29	-62	-85	13.7	38	19.9	573.41
1998/09/02 02:16:13	7.82	79	-35	-65	-85	13.7	37	19.9	575.95
1998/09/02 02:37:04	7.82	77	-35	-66	-86	13.7	37	19.9	578.48
1998/09/02 02:57:55	7.82	76	-34	-68	-85	13.7	37	19.9	581.02
1998/09/02 03:19:08	7.82	74	-34	-69	-86	13.7	38	19.9	583.60
1998/09/02 03:40:12	7.83	72	-34	-70	-86	13.7	38	19.8	586.15
1998/09/02 04:01:02	7.82	71	-34	-72	-86	13.7	37	19.8	588.68
1998/09/02 04:21:53	7.83	69	-35	-73	-86	13.7	38	19.8	591.22
1998/09/02 04:43:00	7.82	68	-35	-73	-86	13.7	37	19.9	593.79
1998/09/02 05:04:01	7.83	66	-36	-75	-87	13.7	39	19.8	596.34
1998/09/02 05:24:52	7.83	64	-38	-76	-88	13.7	37	19.9	598.87
1998/09/02 05:45:43	7.83	63	-40	-77	-88	13.7	37	19.8	601.41
1998/09/02 06:06:42	7.82	62	-41	-77	-88	13.7	37	19.8	603.98
1998/09/02 06:27:33	7.82	60	-42	-78	-88	13.7	36	19.8	606.51
1998/09/02 06:48:24	7.82	59	-43	-79	-88	13.7	36	19.8	609.06
1998/09/02 07:09:27	7.83	58	-44	-79	-89	13.7	36	19.8	611.62
1998/09/02 07:30:43	7.83	57	-45	-80	-89	13.7	37	19.8	614.22
1998/09/02 07:51:49	7.83	55	-46	-80	-89	13.7	37	19.8	616.76
1998/09/02 08:12:40	7.83	54	-47	-80	-89	13.7	37	19.9	619.30
1998/09/02 08:33:31	7.83	52	-49	-81	-90	13.8	37	19.8	621.84
1998/09/02 08:54:21	7.83	51	-50	-82	-90	13.8	37	19.9	624.37
1998/09/02 09:15:11	7.83	50	-51	-82	-91	13.8	36	19.8	626.90
1998/09/02 09:36:02	7.83	49	-52	-82	-90	13.8	36	19.8	629.44
1998/09/02 09:56:53	7.83	48	-53	-82	-90	13.8	36	19.8	631.98
1998/09/02 10:17:45	7.83	47	-54	-82	-91	13.8	35	19.8	634.51
1998/09/02 10:38:36	7.83	46	-55	-82	-91	13.8	35	19.8	637.05
1998/09/02 10:59:26	7.83	45	-56	-82	-90	13.8	35	19.8	639.58
1998/09/02 11:20:17	7.83	43	-57	-83	-91	13.8	35	19.8	642.11
1998/09/02 11:41:08	7.83	42	-58	-83	-91	13.8	35	19.8	644.62
1998/09/02 12:02:04	7.83	42	-59	-82	-91	13.8	37	19.8	647.16
1998/09/02 12:22:55	7.83	40	-60	-84	-92	13.8	35	19.8	649.68
1998/09/02 12:43:46	7.83	39	-61	-84	-92	13.8	35	19.8	652.19
1998/09/02 13:04:43	7.83	38	-60	-82	-92	13.8	36	19.8	654.73
1998/09/02 13:25:39	7.83	37	-62	-83	-93	13.8	35	19.8	657.26
1998/09/02 13:46:29	7.84	35	-63	-84	-93	13.8	36	19.8	659.78
1998/09/02 14:07:22	7.83	34	-64	-84	-94	13.8	35	19.8	662.30
1998/09/02 14:28:12	7.83	33	-64	-83	-94	13.8	35	19.8	664.83
1998/09/02 14:49:02	7.84	32	-65	-84	-95	13.8	36	19.8	667.34
1998/09/02 15:09:54	7.83	31	-64	-84	-95	13.8	34	19.8	669.86
1998/09/02 15:30:45	7.83	30	-65	-84	-95	13.8	34	19.8	672.40
1998/09/02 15:51:36	7.84	27	-68	-85	-96	13.9	35	19.8	674.90
1998/09/02 16:12:27	7.84	26	-68	-85	-97	13.9	34	19.8	677.43

表3.4.6(8) 物理化学パラメータの連続測定結果[補正済](8/8)

測定日時	pH	Eh (mV)			pS (mV)	EC (mS/m)		水温 (°C)	採水量 (g)
		Pt	Au	GC		交流二電極	電磁誘導		
1998/09/02 16:33:17	7.84	25	-68	-85	-97	13.9	35	19.9	679.93
1998/09/02 16:54:08	7.84	23	-70	-86	-98	13.9	34	19.8	682.46
1998/09/02 17:14:59	7.84	22	-70	-86	-99	13.9	34	19.8	684.97
1998/09/02 17:35:50	7.84	21	-71	-86	-99	13.9	33	19.8	687.49
1998/09/02 17:56:40	7.84	19	-72	-86	-100	13.9	34	19.8	690.01
1998/09/02 18:17:31	7.84	18	-72	-86	-100	13.9	32	19.8	692.52
1998/09/02 18:38:21	7.84	17	-72	-86	-101	13.9	34	19.8	695.02
1998/09/02 18:59:12	7.84	15	-74	-86	-101	13.9	33	19.8	697.55
1998/09/02 19:20:03	7.84	14	-74	-86	-102	13.9	32	19.8	700.06
1998/09/02 19:41:05	7.84	12	-74	-86	-102	13.9	32	19.8	702.62
1998/09/02 20:02:14	7.84	10	-75	-87	-103	13.9	32	19.8	705.16
1998/09/02 20:23:05	7.84	9	-75	-86	-103	13.9	32	19.8	707.70
1998/09/02 20:43:55	7.85	6	-75	-87	-104	13.9	34	19.8	710.20
1998/09/02 21:04:46	7.84	3	-75	-86	-104	13.9	31	19.8	712.73
1998/09/02 21:25:47	7.84	-2	-75	-86	-104	13.9	32	19.8	715.27
1998/09/02 21:46:37	7.84	-2	-76	-87	-106	13.9	32	19.8	717.80
1998/09/02 22:07:28	7.84	-6	-76	-87	-106	13.9	32	19.8	720.33
1998/09/02 22:28:21	7.84	-35	-76	-87	-107	13.9	31	19.8	722.86
1998/09/02 22:49:12	7.85	-204	-76	-87	-107	13.9	32	19.8	725.40
1998/09/02 23:10:03	7.85	-233	-75	-87	-108	13.9	33	19.8	727.91
1998/09/02 23:30:54	7.84	-211	-74	-87	-108	13.9	32	19.8	730.45
1998/09/02 23:51:45	7.84	-195	-76	-88	-109	13.9	32	19.8	732.98
1998/09/03 00:12:36	7.84	-172	-77	-88	-110	13.9	31	19.8	735.51
1998/09/03 00:33:26	7.85	-142	-76	-88	-110	13.9	33	19.8	738.03
1998/09/03 00:54:17	7.84	-117	-75	-87	-111	13.9	33	19.8	740.55
1998/09/03 01:15:08	7.84	-97	-75	-87	-111	13.9	31	19.8	743.09
1998/09/03 01:36:00	7.84	-83	-76	-87	-112	13.9	31	19.8	745.62
1998/09/03 01:56:51	7.85	-73	-78	-88	-112	13.9	31	19.8	748.15
1998/09/03 02:17:42	7.85	-67	-79	-88	-114	13.9	31	19.8	750.69
1998/09/03 02:38:48	7.85	-60	-77	-89	-114	13.9	31	19.8	753.24
1998/09/03 02:59:39	7.85	-54	-76	-89	-115	14.0	32	19.8	755.78
1998/09/03 03:20:30	7.85	-48	-77	-89	-116	13.9	31	19.8	758.31
1998/09/03 03:41:25	7.85	-45	-77	-89	-117	13.9	31	19.8	760.85
1998/09/03 04:02:16	7.85	-42	-78	-90	-117	14.0	31	19.8	763.40
1998/09/03 04:23:07	7.85	-39	-78	-90	-118	13.9	31	19.8	765.93
1998/09/03 04:44:04	7.85	-36	-78	-90	-118	14.0	30	19.8	768.50
1998/09/03 05:04:55	7.85	-33	-79	-90	-119	14.0	30	19.8	771.04
1998/09/03 05:25:46	7.85	-33	-80	-92	-121	13.9	29	19.8	773.57
1998/09/03 05:46:43	7.85	-30	-80	-91	-121	14.0	30	19.8	776.14
1998/09/03 06:07:38	7.85	-29	-78	-92	-122	14.0	30	19.8	778.69
1998/09/03 06:28:29	7.85	-28	-79	-93	-123	14.0	29	19.8	781.24
1998/09/03 06:49:19	7.85	-27	-80	-93	-123	14.0	29	19.8	783.80
1998/09/03 07:10:35	7.85	-27	-81	-94	-124	14.0	29	19.8	786.39
1998/09/03 07:31:41	7.85	-26	-81	-95	-125	14.0	30	19.8	788.97
1998/09/03 07:52:32	7.85	-26	-81	-95	-125	14.0	29	19.8	791.50
1998/09/03 08:13:22	7.85	-26	-81	-97	-126	14.0	29	19.8	794.04
1998/09/03 08:34:13	7.85	-26	-82	-98	-127	14.0	29	19.8	796.57
1998/09/03 08:55:04	7.86	-27	-82	-99	-128	14.0	29	19.8	799.10
1998/09/03 09:15:55	7.86	-27	-82	-100	-129	14.0	30	19.8	801.62
1998/09/03 09:36:53	7.86	-27	-82	-101	-130	14.0	29	19.8	804.17
1998/09/03 09:57:47	7.86	-27	-82	-101	-130	14.0	28	19.8	806.70
1998/09/03 10:18:38	7.86	-28	-82	-102	-131	14.0	29	19.8	809.25
1998/09/03 10:39:29	7.87	-30	-84	-105	-132	14.0	29	19.8	811.76

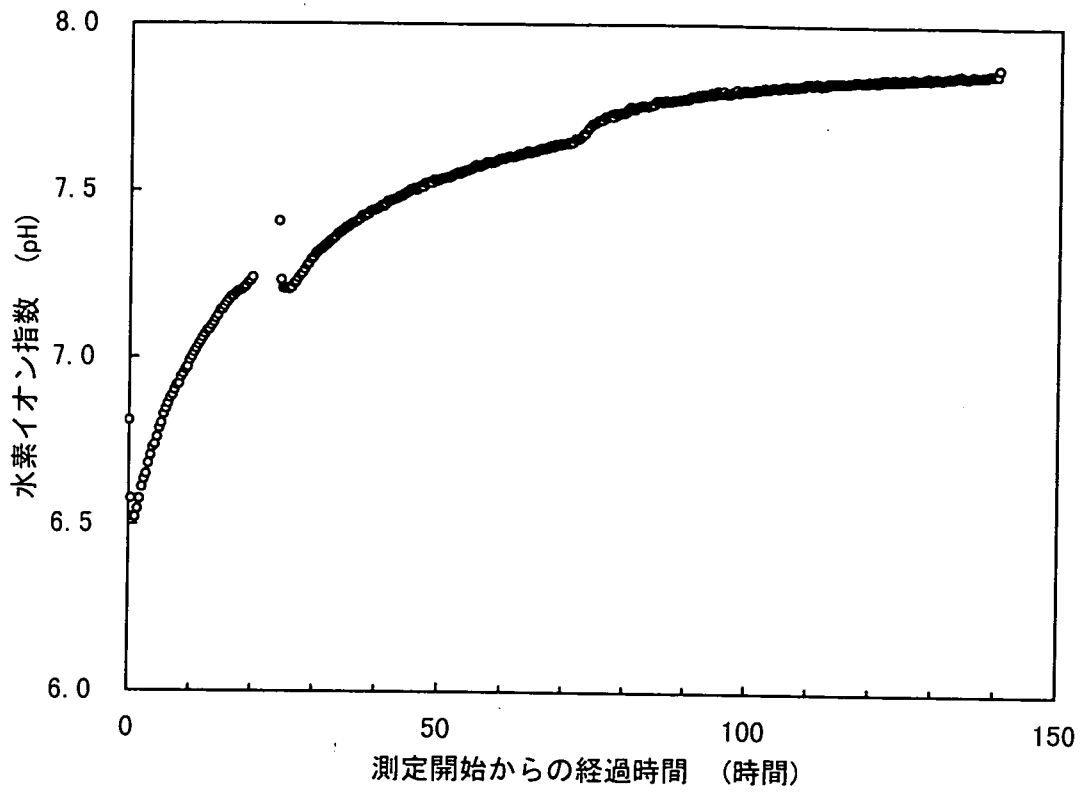


図3. 4. 1 (1) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](水素イオン指数)

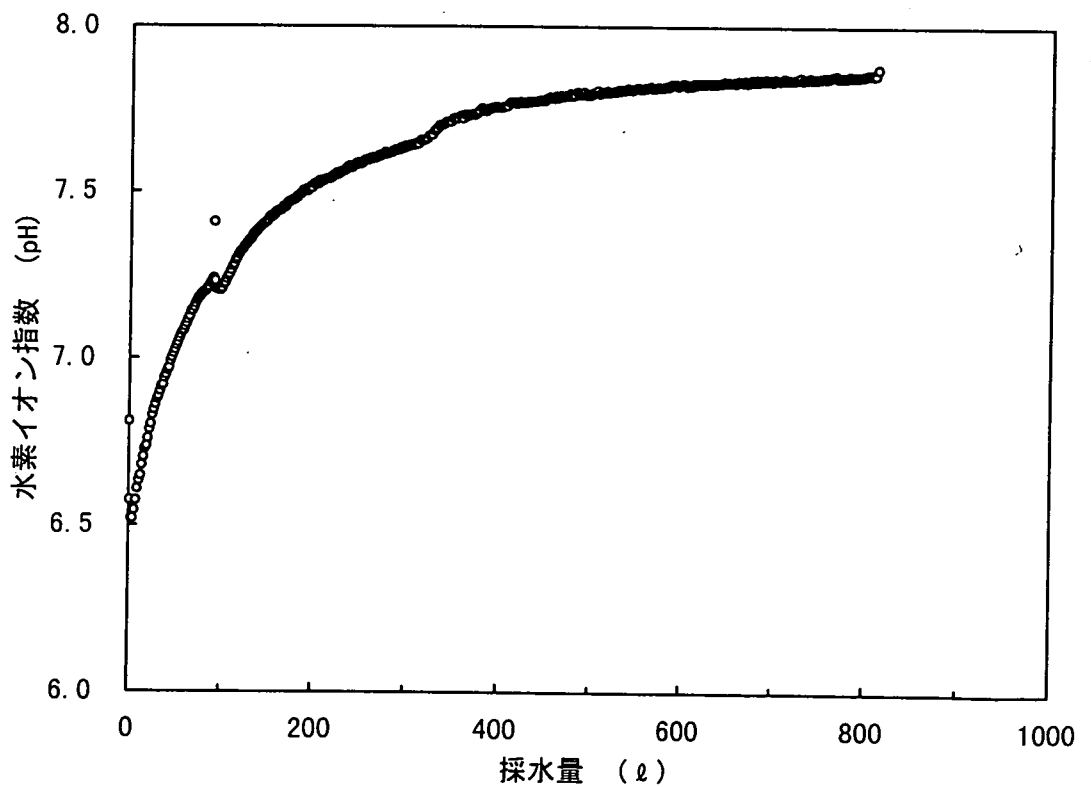


図3. 4. 1 (2) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](水素イオン指数)

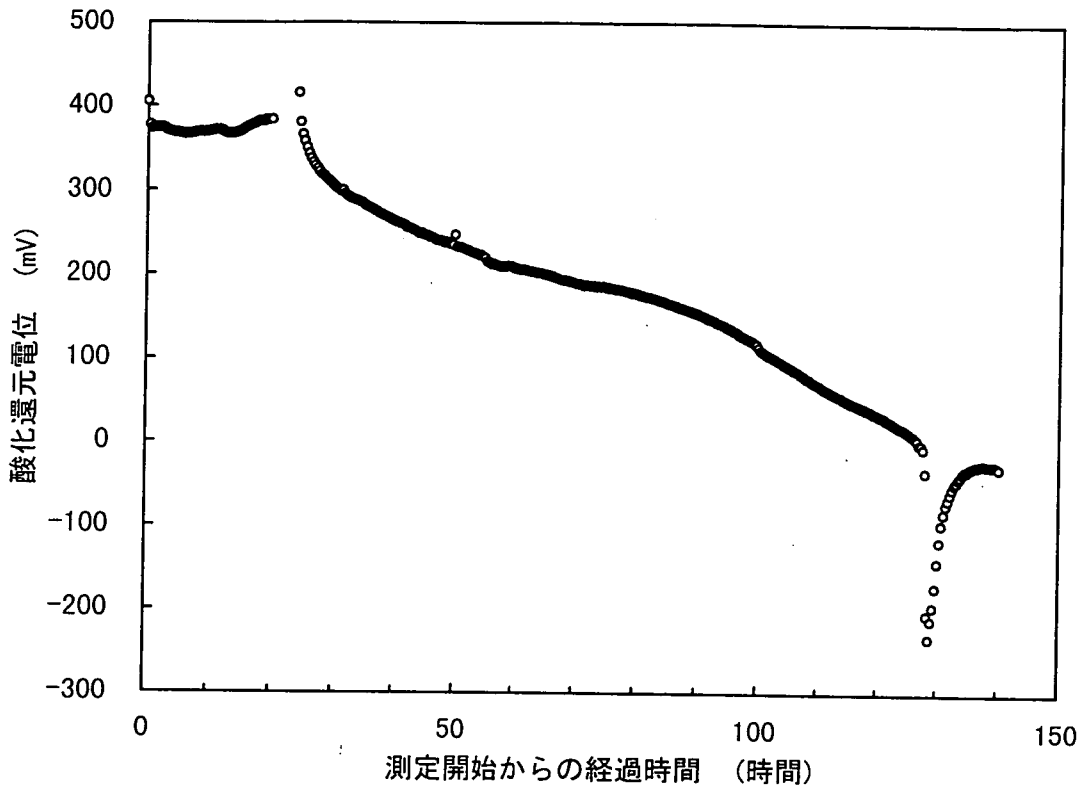


図3. 4. 1 (3) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](酸化還元電位 : Pt電極)

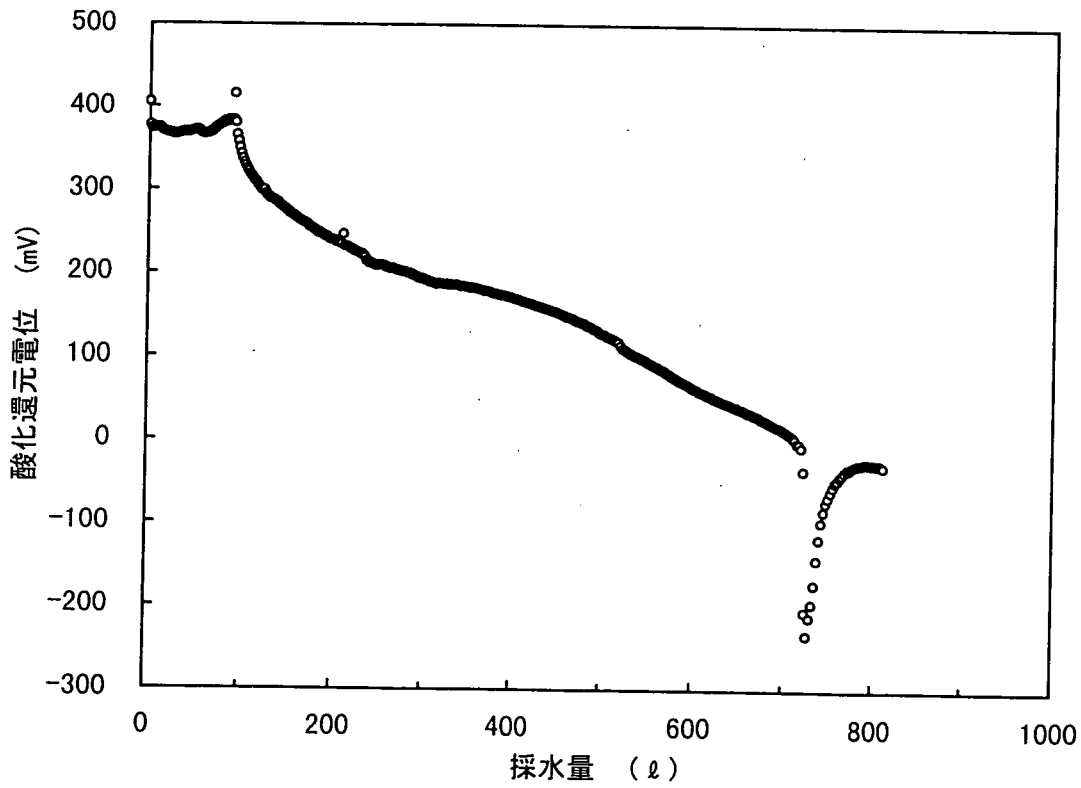


図3. 4. 1 (4) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](酸化還元電位 : Pt電極)

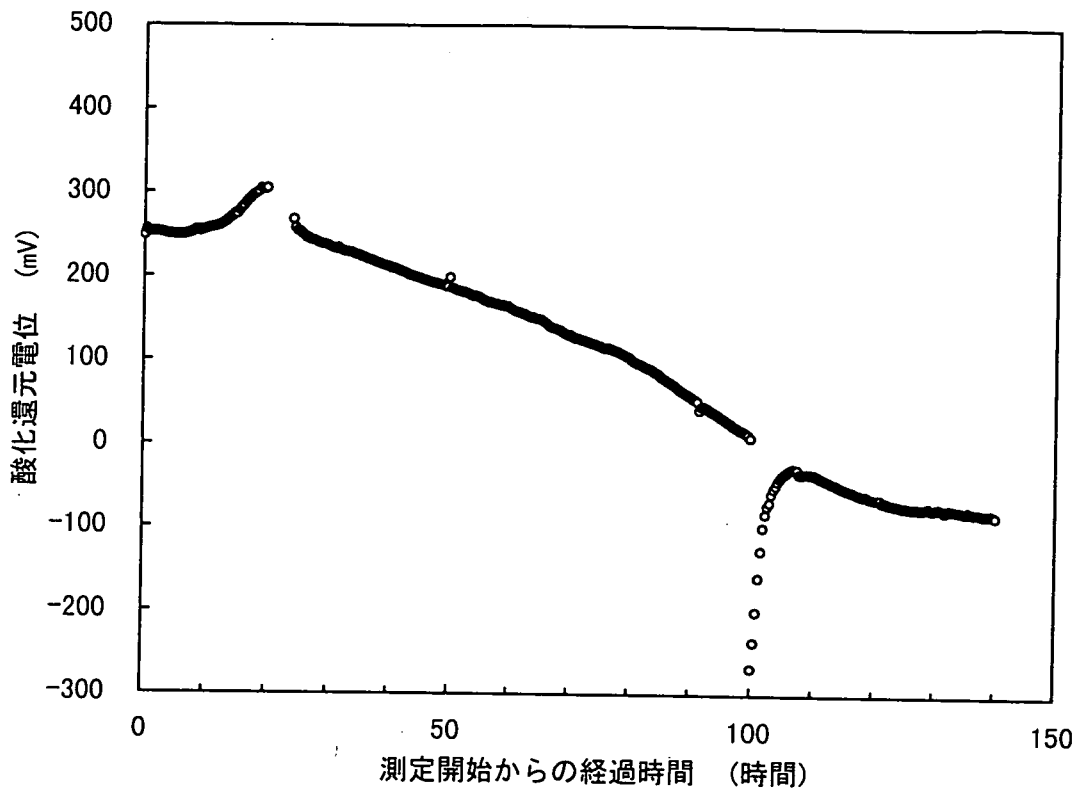


図3. 4. 1 (5) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](酸化還元電位 : Au電極)

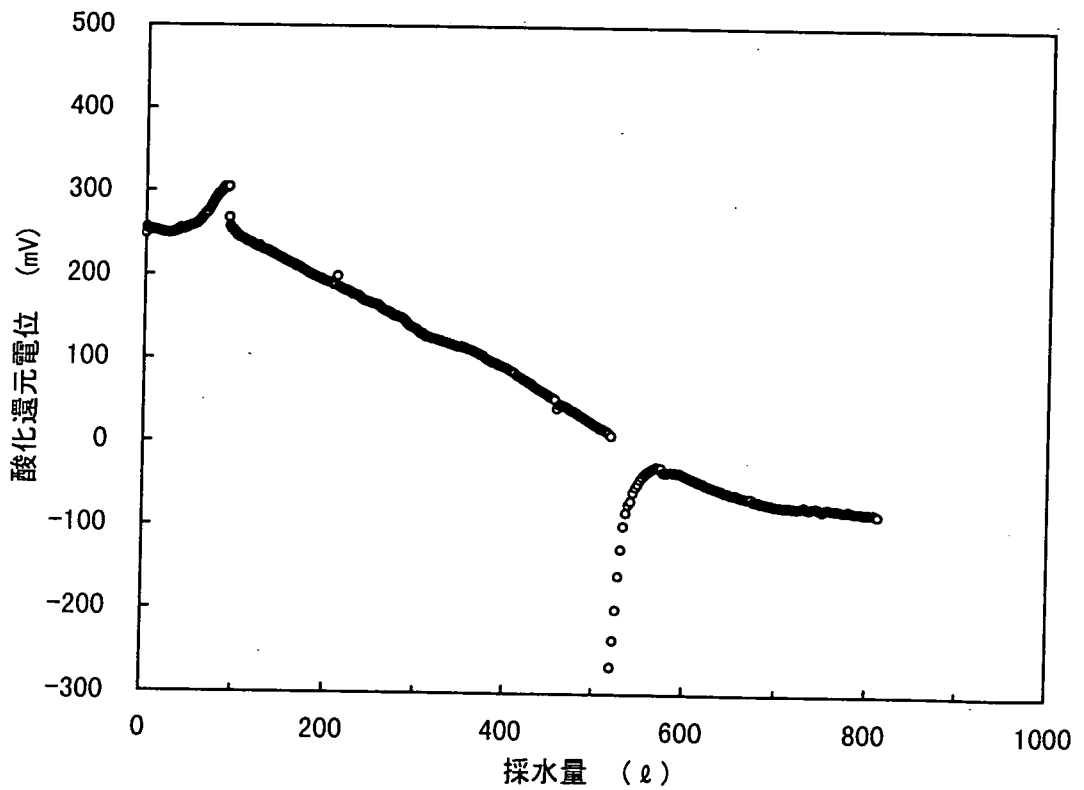


図3. 4. 1 (6) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](酸化還元電位 : Au電極)

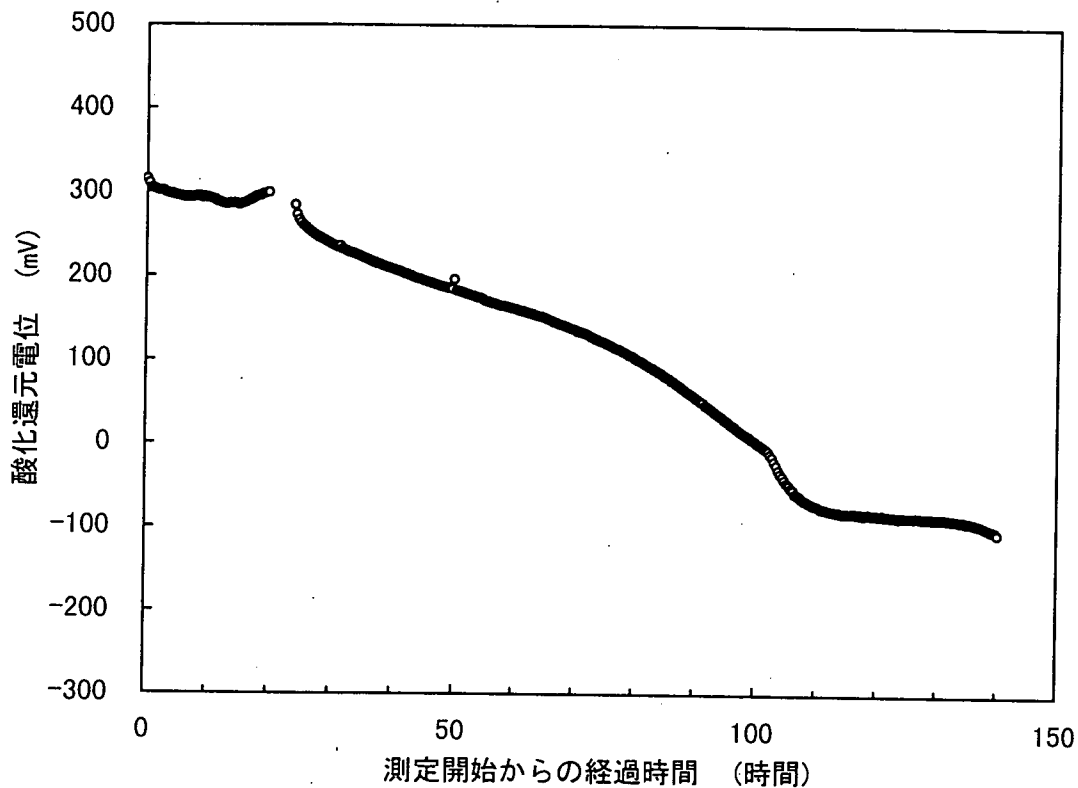


図3. 4. 1 (7) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](酸化還元電位 : GC電極)

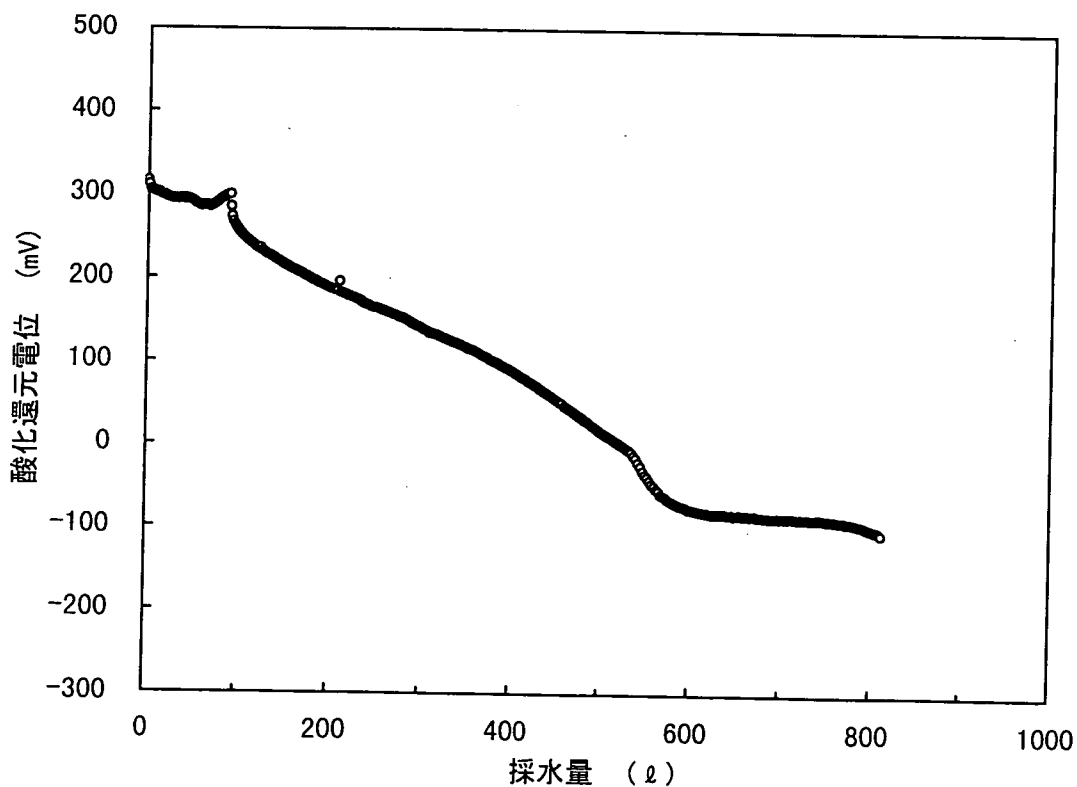


図3. 4. 1 (8) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](酸化還元電位 : GC電極)

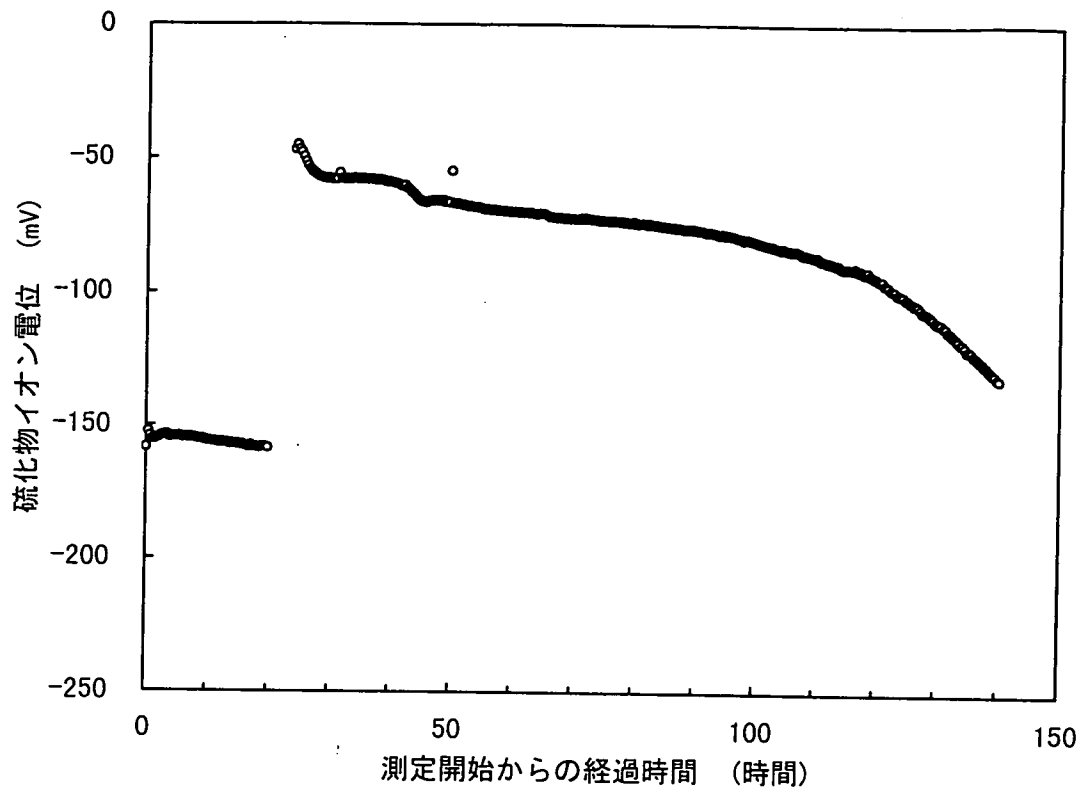


図3. 4. 1 (9) 物理化学パラメータの測定結果[測定済](硫化物イオン電位)

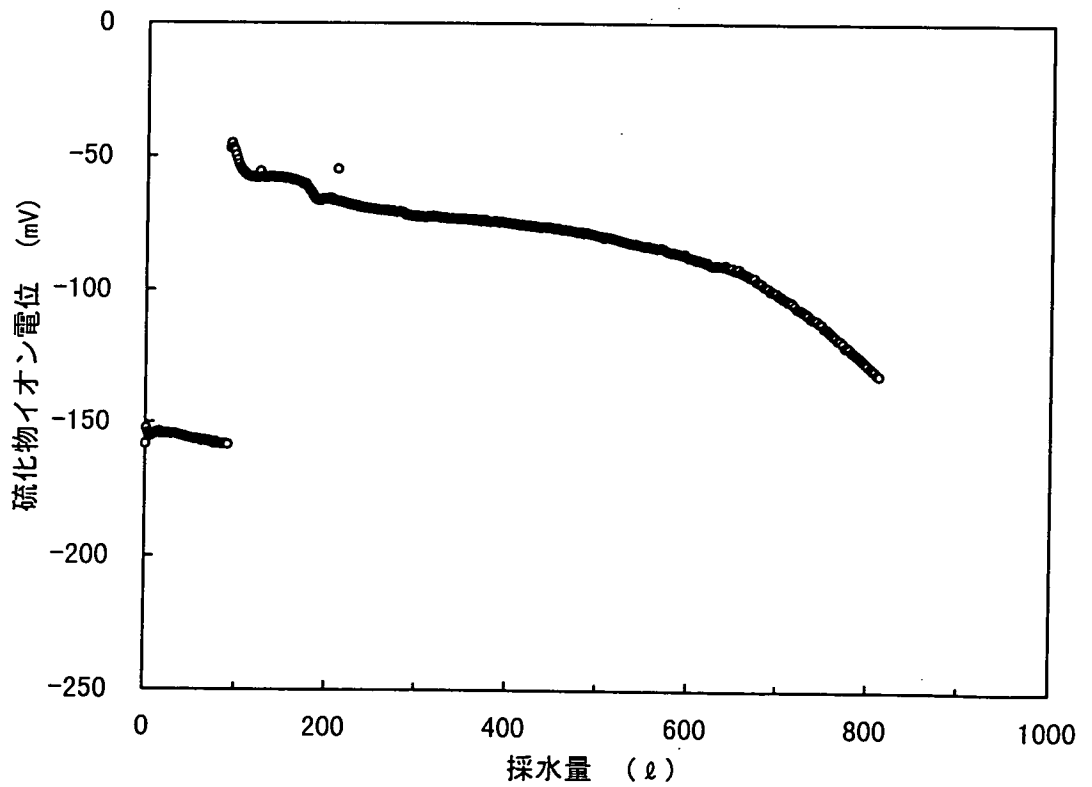


図3. 4. 1 (10) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](硫化物イオン電位)

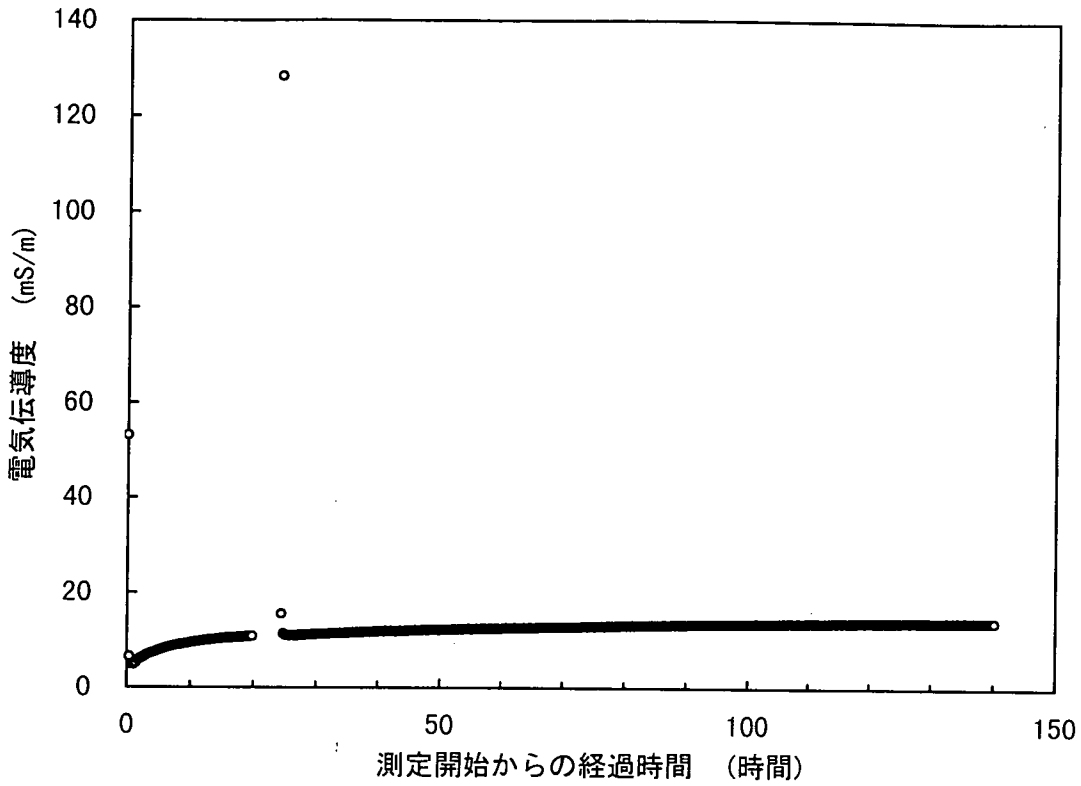


図3.4.1(11) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](電気伝導度：交流二電極式)

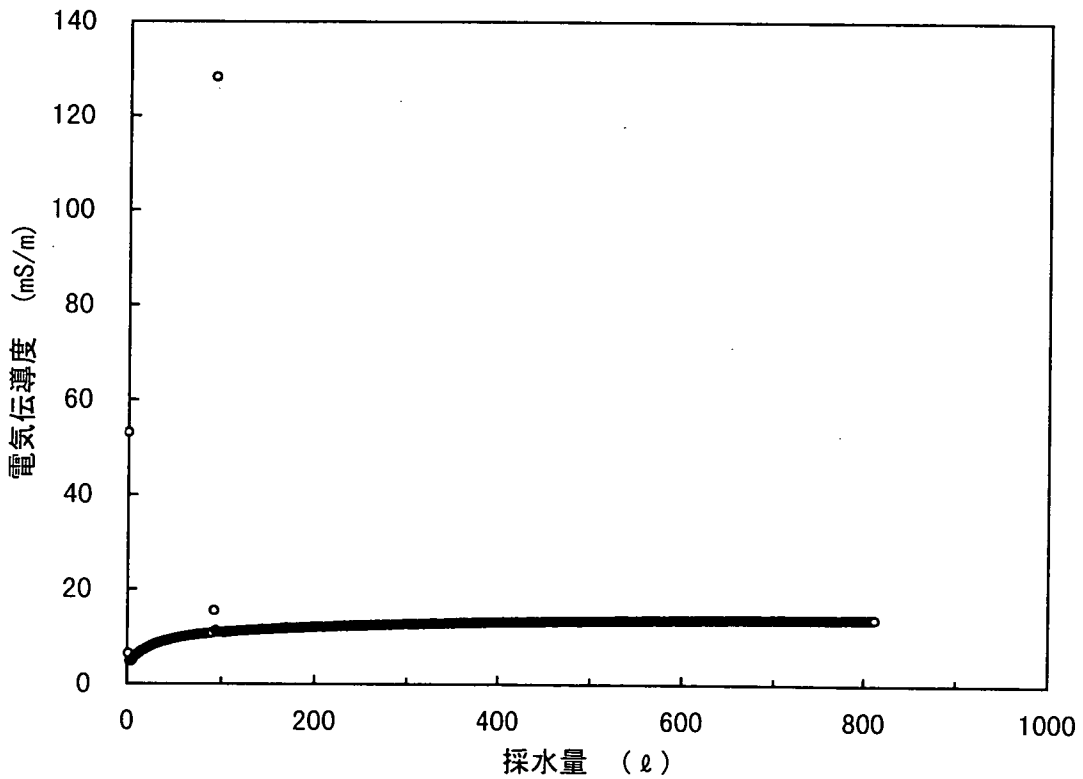


図3.4.1(12) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](電気伝導度：交流二電極式)

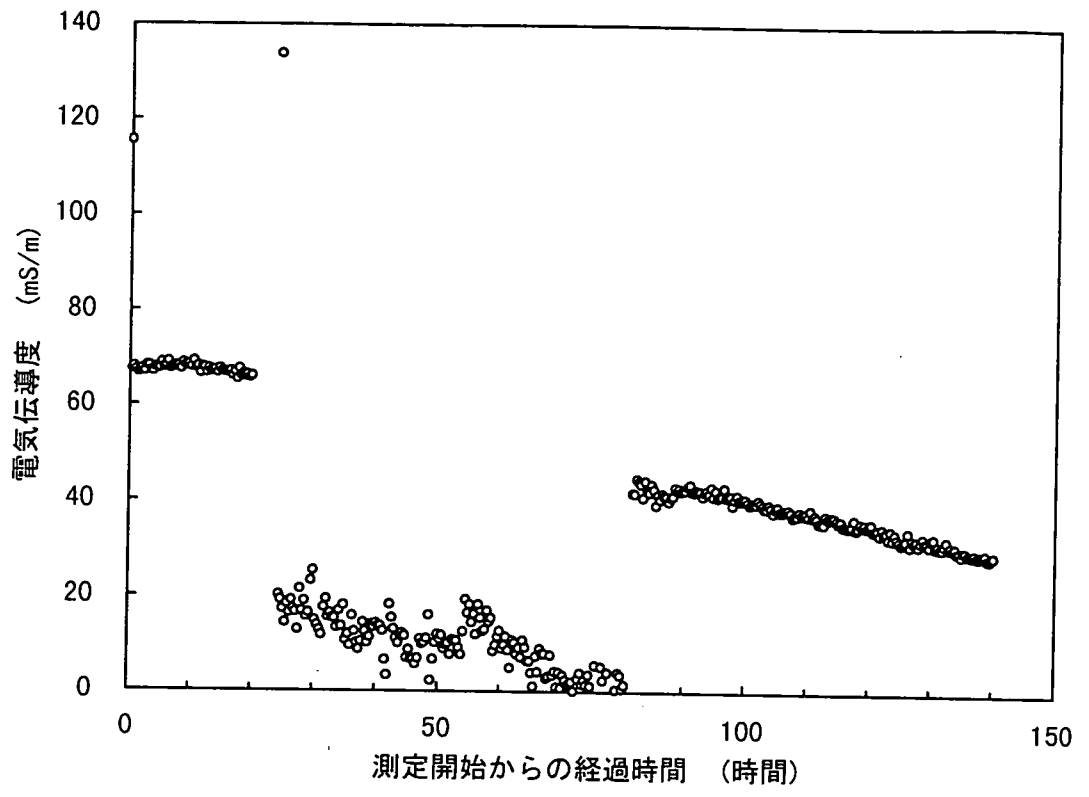


図3.4.1(13) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](電気伝導度：電磁誘導式)

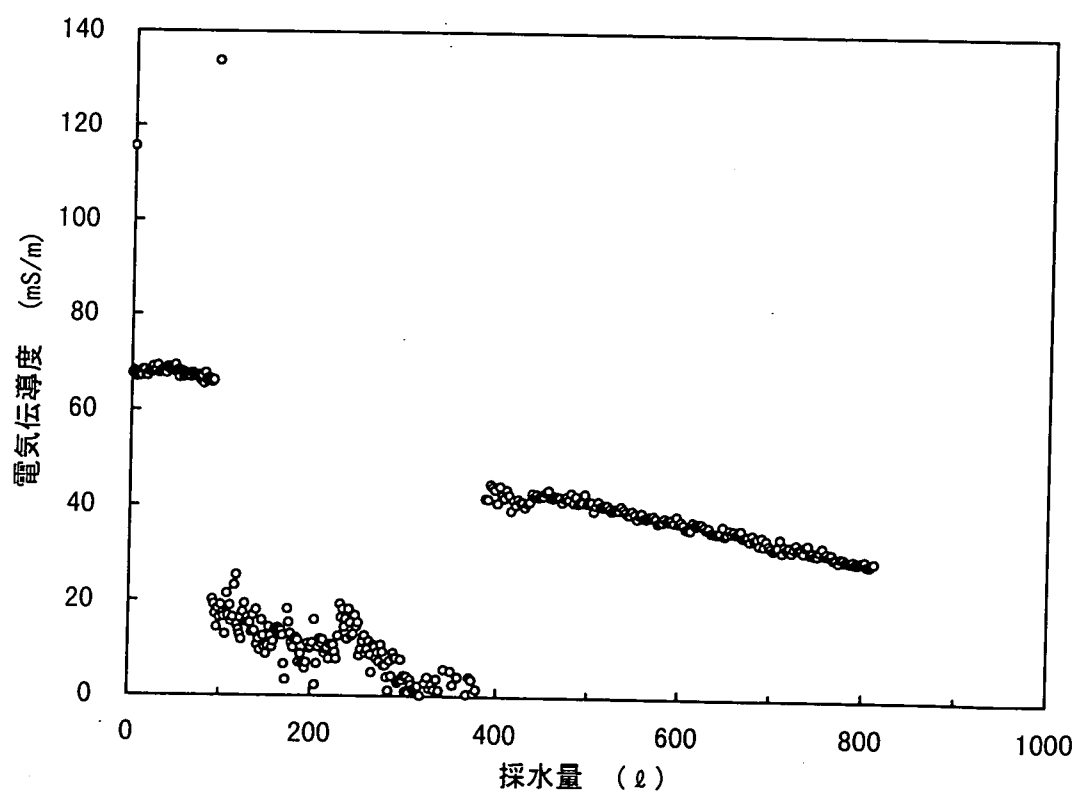


図3.4.1(14) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](電気伝導度：電磁誘導式)

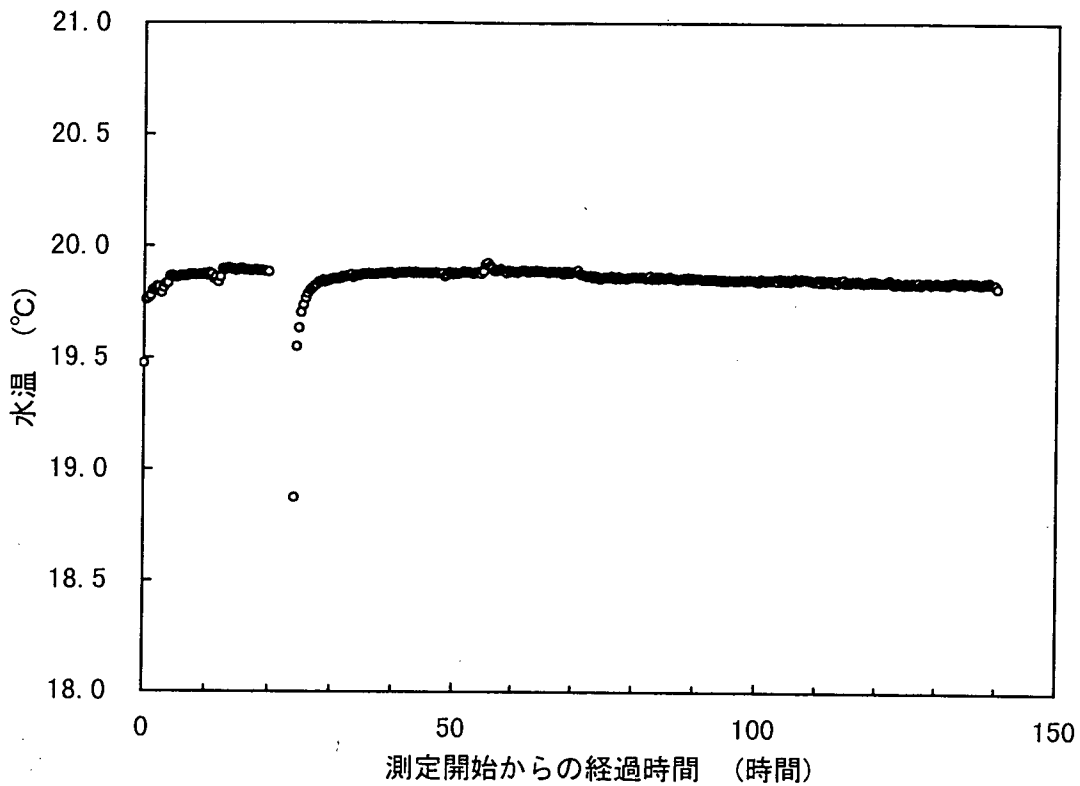


図3. 4. 1(15) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](水温)

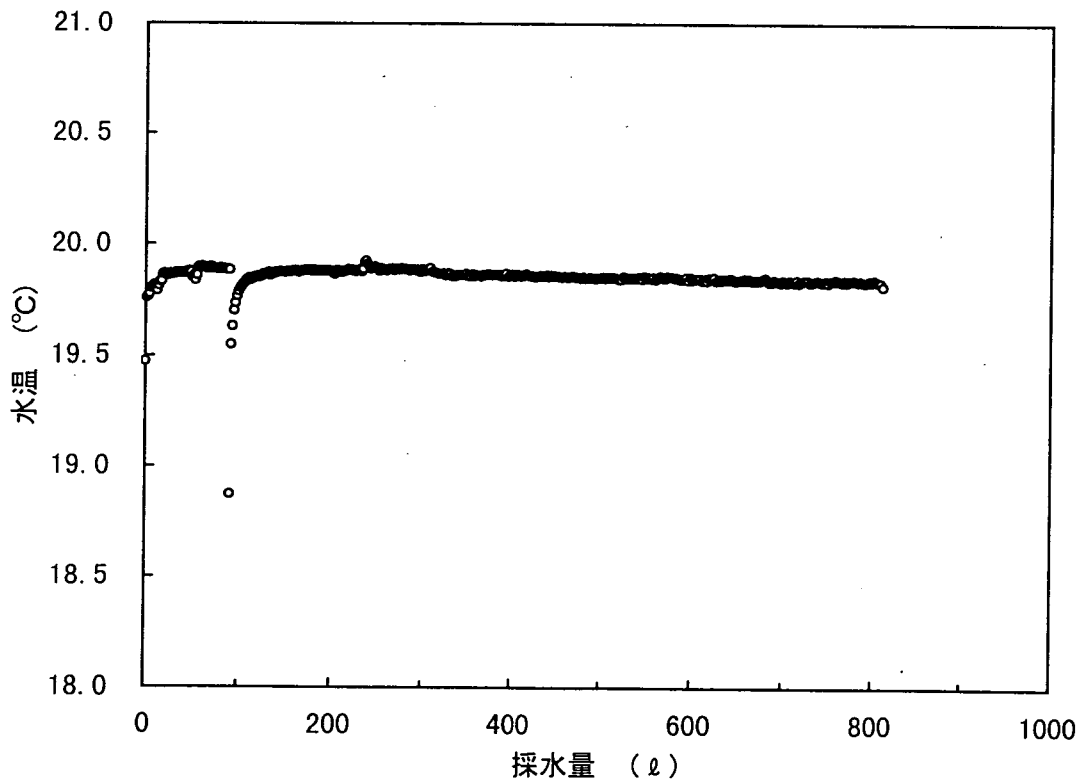


図3. 4. 1(16) 物理化学パラメータの測定結果[補正済](水温)

3.5 まとめ

DH-5号孔の深度323.8～330.8mで得られた深層地下水の物理化学パラメータを、表3.5.1に示す。表中の数値は、連続測定終了直前の平成10年9月3日10時18分の計測値を補正処理した値である。センサーの校正結果やドリフト測定結果等からは、測定に使用した地球化学検層ユニットは正常に作動していたと考えられる。なお、電気伝導度は、交流二電極式と電磁誘導式で2倍以上の違いがあるが、仕様精度から考えると電磁誘導式の測定結果は、あくまで参考値として扱うべきもので、交流二電極式センサーの測定値である14.0mS/mを採用しなければならない。

表3.5.1 DH-5号孔の深度323.8～330.8mにおける
物理化学パラメータの測定結果

測定項目		測定結果	仕様精度
水素イオン指数		7.86 pH	±0.2 pH
酸化還元電位	白金電極	-28 mV	±10 mV
	金電極	-82 mV	±10 mV
	グラシーカーボン電極	-102 mV	±10 mV
硫化物イオン電位		-131 mV	±10 mV
電気伝導度	交流二電極式	14.0 mS/m	±6.5 mS/m
	電磁誘導式	29 mS/m	±300 mS/m
水温		19.8 °C	±0.1 °C

以上の結果から、DH-5号孔の深度323.8～330.8mで得られた深層地下水は、弱アルカリ性で、低還元性かつイオン溶解物の少ない低緩衝性の地下水といえる。また、硫化物イオンはほとんど含まれていない。

4. 連続地上採水中の主要化学成分分析

試錐孔から地層水(本来その深度に存在している地下水)を採取する際には、掘削水や他の深度に存在した地下水を除去する必要がある。そのため、本調査では、バッチ式採水を実施する前に連続地上採水を実施した。連続地上採水中は、原位置における物理化学パラメータ測定を連続して行う他、適宜、分析用試料を採取し、主要化学成分分析を行った。これらの結果で、物理化学パラメータや化学成分濃度の安定が認められた場合に、採水区間が地層水で置換されたと判断し、連続地上採水を終了して、バッチ式採水を開始した。

連続地上採水中の主要化学成分分析は、採水開始時ならびに採水量が採水区間体積に達する毎に分析用試料を採取し、計33試料に対し、21項目の主要化学成分分析を実施した。

4.1 分析項目

分析項目をその方法の概要と共に表4.1.1に示す。

表4.1.1 連続地上採水中の主要化学成分分析の分析項目

分析項目	分析方法	分析項目	分析方法
pH	ガラス複合電極法	K ⁺	原子吸光法
EC	交流二極法	F ⁻	イオンクロマトグラフ法
Si	誘導結合プラズマ発光分光法	Cl ⁻	イオンクロマトグラフ法
Ti	誘導結合プラズマ発光分光法	NO ₂ ⁻	イオンクロマトグラフ法
Al ³⁺	誘導結合プラズマ発光分光法	PO ₄ ³⁻	吸光光度法
T. Fe	誘導結合プラズマ発光分光法	Br ⁻	イオンクロマトグラフ法
Mn	誘導結合プラズマ発光分光法	NO ₃ ⁻	イオンクロマトグラフ法
Mg ²⁺	誘導結合プラズマ発光分光法	SO ₄ ²⁻	イオンクロマトグラフ法
Ca ²⁺	誘導結合プラズマ発光分光法	HCO ₃ ⁻	滴定法
Sr ²⁺	誘導結合プラズマ発光分光法	ウラニン	蛍光光度法
Na ⁺	原子吸光法		

4.2 試料保存方法

1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器で地上に回収された地下水を直接、保存容器に満水になるまで採取し、冷暗所で保存・運搬した。保存容器には、1規定硝酸・蒸留水洗浄後、乾燥させた500ml中蓋付ポリエチレン瓶を共洗いをして用いた。なお、試料量は1分析当りポリエチレン瓶2本分(1.2ℓ程度)で、うち1本は、1%硝酸酸性とし、Si・Ti・T. Fe・Mn分析用試料とした。

4.3 分析方法

4.3.1 水素イオン指数(pH)・電気伝導度(EC)の計測方法

計測には無処理の試料を使用した。水素イオン指数(pH)は、東亜電波(株)製pHメーターHM-30Vを用いて、ガラス複合電極にて測定した。装置の仕様によれば、再現性は±0.1pHである。

電気伝導度(EC)は、東亜電波(株)製電導度計CM-30Sを用いて、交流二電極法にて測定した。装置の仕様によれば、再現性は±0.5%F.S(0.1mS/m)である。

4.3.2 Si・Ti・Al³⁺・T.Fe・Mn・Mg²⁺・Ca²⁺・Sr²⁺

Si・Ti・T.Fe・Mnの分析では、現地で1%硝酸酸性とした試料をそのまま用い、それ以外の分析は、濾紙5Cで濾過した無添加の試料を用いて、表4.3.1の測定波長にて誘導結合プラズマ発光分光法により測定した。使用したICP発光分析装置は、日本ジャーレル・アッシュ(株)製ICAP-575である。なお、表4.3.1には、測定波長の他、実試料の繰り返し測定から算出した標準偏差を精度として併記した。

表4.3.1 誘導結合プラズマ発光分光分析における測定波長と精度

分析項目	Si	Ti	Al ³⁺	T.Fe	Mn	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Sr ²⁺
測定波長(nm)	251.612	334.941	396.152	238.204	257.610	279.553	393.366	407.771
精度(mg/ℓ)	0.2	0.001	0.01	0.01	0.003	0.01	0.6	0.001

4.3.3 Na⁺・K⁺

JIS K 0101(工場用水試験方法)47.2および48.2のフレイム原子吸光法によった。すなわち、濾紙5Cで濾過した無添加の試料をアセチレン-空気フレイム中に噴霧し、このとき生じる波長589nmの輝線の吸光度を測定してNa⁺を、波長766nmの輝線の吸光度を測定してK⁺を定量した。使用した原子吸光分析装置は、日本ジャーレル・アッシュ(株)製AA-880mark IIである。分析精度は、実試料の繰り返し測定から算出した標準偏差で、0.04mg/ℓである。

4.3.4 F⁻・Cl⁻・NO₂⁻・Br⁻・NO₃⁻・SO₄²⁻

濾紙5Cで濾過した無添加の試料を用いて、表4.3.2に示す測定条件にてイオンクロマトグラフ法により測定した。使用したイオンクロマトグラフ分析装置は、(株)島津製作所製HIC-6Aである。なお、分析精度は、F⁻・Cl⁻・SO₄²⁻が実試料の繰り返し測定から算出した標準偏差でそれぞれ、0.1mg/ℓ、0.1mg/ℓ、0.3mg/ℓ、NO₂⁻・Br⁻・NO₃⁻が標準試料の繰り返し測定から算出した標準偏差でそれぞれ、0.02mg/ℓ、0.05mg/ℓ、0.08mg/ℓである。

表4.3.2 イオンクロマトグラフ分析の測定条件

試料注入量	20 μ l
溶離液	2.5mM フタル酸
流速	1.5cm ³ /min
分離カラム	Shim-pac IC-AI : 5 ϕ \times 140mm
検出器	電気伝導度

4.3.5 PO₄³⁻

JIS K 0101(工場用水試験方法)43.1のモリブデン青吸光光度法によった。濾紙5Cで濾過した無添加の試料に対して、モリブデン酸アンモニウムを添加し、生成するヘテロポリ化合物を還元して、モリブデン青の880nmにおける吸光度を(株)日立製作所製U-1100形分光光度計で測定した。分析精度は、実試料の繰り返し測定から算出した標準偏差で、0.01mg/lである。

4.3.6 HCO₃⁻

JIS K 0102(工業排水試験方法)15.1の酸消費量(pH4.8)によった。濾紙5Cで濾過した無添加の試料を100mlをビーカーに入れ、N/10塩酸でpH4.8になるまで滴定した。なお、pH測定には東亜電波(株)製pHメーターHM-30Vを用いた。分析精度は、実試料の繰り返し測定から算出した標準偏差で、1.0mg/lである。

4.3.7 ウラニン

濾紙5Cで濾過した無添加の試料を蛍光光度法により励起波長365nmにおいて測定波長510nmにて測定した。なお、測定装置には(株)日立製作所製F-4000形分光蛍光光度計を使用した。分析精度は、実試料の繰り返し測定から算出した標準偏差で、0.01 μ g/lである。

4.4 分析結果

連続地上採水中の主要化学成分分析の結果を、原位置における物理化学パラメータ測定の結果と共に表4.4.1に示す。なお、表中の精度は、水素イオン指数・電気伝導度では、装置仕様に定められた再現性、定量値の得られた項目では、実試料の繰り返し測定により次式で算出した標準偏差、定量値の得られなかった項目では、標準試料の繰り返し測定により算出した標準偏差とした。また、定量下限は、ブランク試料測定時の標準偏差の10倍相当量とした。

$$\text{平均値} : \bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\text{標準偏差} : \sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

ここで、 x は測定値、 n は測定回数を表す。

表4.4.1に示した主要化学成分の分析結果を、連続地上採水量に対してプロットし、図4.4.1に示す。分析結果は、連続地上採水量の増加と共に一定値に近づいた。データの精度を考慮した上で、これら分析結果と原位置における物理化学パラメータ測定の結果から、採水区間が地層水で置換されたと判断し、貴事業団の承認を得た後、連続地上採水を終了し、バッチ式採水に移行した。

表4.4.4.1 連続地上採水中の主要化学成分分析結果

DV	採水量 (g)	原位置における物理化学パラメータ測定					pH	EC (mS/m)	pH (-)	EC (mS/m)	T. Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Sr ²⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	Br ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	有機C (μg/L)				
		pH (-)	Pt (mV)	Au (mV)	GC (mV)	PS (mV)																								
0	0.0	6.6	377	256	310	-152	6.5	6.6	3.8	6.5	0.002	0.09	0.62	0.122	1.06	0.004	0.77	5.71	0.2	6.4	tr.	0.03	tr.	1.0	7.4	0.21				
1	25.2	6.8	367	249	294	-154	8.1	7.1	9.3	20.7	tr.	0.19	0.27	0.103	12.7	0.064	3.94	2.70	0.7	1.5	tr.	0.06	tr.	8.0	41.3	0.34				
2	50.4	7.0	371	258	291	-156	9.6	7.3	10.8	19.7	tr.	0.06	0.10	0.105	15.7	0.072	4.19	2.66	0.9	1.3	tr.	0.04	tr.	9.0	44.7	2.18				
3	75.6	7.2	376	284	287	-158	10.4	7.4	11.7	19.0	0.003	0.04	0.06	0.100	16.8	0.076	4.44	2.62	1.0	1.4	tr.	0.06	tr.	9.4	54.5	0.12				
4	100.8	7.2	337	246	255	-53	11.0	7.5	12.4	19.2	tr.	0.04	0.05	0.100	17.4	0.076	4.65	3.30	1.1	2.1	tr.	0.06	tr.	9.5	54.5	0.25				
5	126.0	7.3	300	235	236	-56	11.3	7.6	12.6	18.9	tr.	0.05	0.08	0.076	19.3	0.076	4.88	2.62	1.2	1.4	tr.	0.03	tr.	9.6	58.1	0.25				
6	151.2	7.4	275	220	217	-58	11.6	7.7	12.9	18.4	tr.	0.03	0.08	0.069	18.8	0.069	5.09	2.54	1.2	1.3	tr.	0.08	tr.	8.9	58.7	0.29				
7	176.4	7.5	258	207	204	-60	11.8	7.8	13.2	18.4	tr.	0.04	0.05	0.095	18.7	0.082	5.36	2.54	1.4	1.4	tr.	0.11	tr.	9.5	60.5	0.32				
8	201.6	7.5	241	193	190	-66	12.1	7.8	13.3	18.4	tr.	0.04	0.06	0.097	21.0	0.085	5.54	2.54	1.4	1.4	tr.	0.08	tr.	9.5	62.9	0.29				
9	226.8	7.5	228	181	179	-67	12.3	7.8	13.3	17.9	tr.	0.05	0.08	0.106	20.1	0.098	5.73	2.34	1.4	1.5	tr.	0.09	tr.	9.2	63.0	0.40				
10	252.0	7.6	211	169	167	-69	12.4	7.9	13.5	18.1	tr.	0.03	0.08	0.106	19.7	0.094	5.92	2.47	1.4	1.5	tr.	0.10	tr.	9.6	63.2	0.54				
11	277.2	7.6	204	156	157	-70	12.6	7.9	13.7	18.1	tr.	0.04	0.08	0.102	20.8	0.093	5.89	2.44	1.6	1.5	tr.	0.10	tr.	9.8	65.6	0.42				
12	302.4	7.6	196	140	145	-72	12.7	7.9	13.9	18.1	tr.	0.02	0.06	0.109	20.4	0.095	5.93	2.38	1.7	1.5	tr.	0.11	tr.	9.1	65.1	0.43				
13	327.6	7.6	188	127	134	-72	12.7	7.9	13.9	17.8	tr.	0.03	0.08	0.108	19.9	0.091	6.11	2.27	1.6	1.2	tr.	0.12	tr.	8.7	66.6	0.50				
14	352.8	7.7	186	118	123	-73	12.9	7.8	14.0	18.5	tr.	0.05	0.10	0.108	20.1	0.099	7.00	2.70	1.7	1.3	tr.	0.13	tr.	9.0	67.4	0.52				
15	378.0	7.7	182	111	113	-73	13.0	7.8	14.3	18.2	tr.	0.03	0.06	0.114	19.7	0.096	7.25	2.71	1.8	1.3	tr.	0.11	tr.	8.9	68.8	0.49				
16	403.2	7.7	175	97	99	-74	13.3	7.8	14.4	18.2	0.009	0.02	0.06	0.114	19.9	0.096	7.27	2.76	1.8	1.3	tr.	0.12	tr.	8.7	67.6	0.48				
17	428.4	7.8	169	85	85	-75	13.2	7.8	14.5	18.2	tr.	0.03	0.05	0.115	20.4	0.098	7.54	2.74	1.8	1.4	tr.	0.13	tr.	9.1	68.9	0.48				
18	453.6	7.8	161	69	70	-76	13.3	7.8	14.6	18.2	tr.	0.08	0.05	0.116	20.2	0.099	7.65	2.71	1.8	1.3	tr.	0.14	tr.	8.4	69.2	0.57				
19	478.8	7.8	151	52	52	-77	13.4	7.8	14.6	18.2	0.015	0.02	0.04	0.116	19.8	0.096	7.69	2.65	1.9	1.3	tr.	0.15	tr.	8.7	69.2	0.57				
20	504.0	7.8	141	37	34	-78	13.4	7.9	14.7	18.0	tr.	0.02	0.05	0.117	20.6	0.099	7.86	2.67	1.9	1.3	tr.	0.15	tr.	8.6	70.1	0.60				
21	529.2	7.8	127	20	16	-79	13.5	7.9	14.6	17.4	tr.	0.02	0.05	0.122	20.9	0.098	7.44	2.58	1.9	1.3	tr.	0.08	tr.	8.9	70.0	0.78				
22	554.4	7.8	109	-200	0	-81	13.5	8.0	14.9	18.0	tr.	0.02	0.05	0.123	21.6	0.102	7.56	2.59	1.9	1.3	tr.	0.09	tr.	8.5	70.8	0.66				
23	579.6	7.8	94	-43	-35	-83	13.6	8.0	14.9	17.9	tr.	0.02	0.04	0.122	23.1	0.108	7.70	2.59	2.0	1.3	tr.	0.09	tr.	8.8	70.7	0.66				
24	604.8	7.8	81	-29	-62	-85	13.7	8.0	15.1	17.9	tr.	tr.	0.05	0.124	21.1	0.100	7.80	2.61	2.0	1.3	tr.	0.09	tr.	8.9	71.0	0.71				
25	630.0	7.8	64	-38	-76	-88	13.7	8.0	15.1	18.2	tr.	tr.	0.05	0.125	21.6	0.106	7.75	2.56	2.0	1.3	tr.	0.09	tr.	8.8	72.3	0.69				
26	655.2	7.8	52	-49	-81	-90	13.8	8.0	15.2	18.1	tr.	0.02	0.17	0.126	21.6	0.102	7.77	2.64	2.0	1.3	tr.	0.09	tr.	8.8	70.8	0.71				
27	680.4	7.8	42	-58	-83	-91	13.8	8.0	15.2	17.9	tr.	tr.	0.09	0.125	21.2	0.102	7.87	2.59	2.1	1.4	tr.	0.09	tr.	8.7	72.0	0.69				
28	705.6	7.8	31	-64	-84	-95	13.8	8.0	15.3	18.0	tr.	tr.	0.11	0.128	21.1	0.102	7.87	2.54	2.1	1.3	tr.	0.09	tr.	8.9	72.3	0.67				
29	730.8	7.8	17	-72	-86	-101	13.9	8.0	15.1	17.5	tr.	0.03	0.04	0.133	22.1	0.103	8.34	2.62	2.0	1.3	tr.	0.08	tr.	8.6	73.5	0.74				
30	756.0	7.8	-2	-76	-87	-106	13.9	8.0	15.0	18.2	tr.	0.02	0.04	0.128	22.1	0.104	8.49	2.64	2.0	1.3	tr.	0.08	tr.	8.5	72.7	0.72				
31	781.2	7.8	-97	-75	-87	-111	13.9	8.0	15.2	18.2	tr.	0.02	0.04	0.139	21.5	0.098	8.43	2.66	2.0	1.3	tr.	0.09	tr.	7.9	73.0	0.69				
32	806.4	7.9	-39	-78	-90	-118	13.9	8.0	15.1	18.2	tr.	0.02	0.05	0.127	22.3	0.104	8.59	2.66	2.0	1.3	tr.	0.08	tr.	8.6	73.2	0.68				
33	831.6	7.9	-26	-81	-95	-125	14.0	8.0	15.1	18.5	tr.	0.02	0.09	0.129	22.2	0.103	8.55	2.64	2.1	1.3	tr.	0.09	tr.	8.5	73.2	0.66				
定値下限	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
精度	0.2	10	10	10	10	10	6.5	0.1	0.1	0.2	0.001	0.01	0.003	0.01	0.6	0.001	0.03	0.02	0.06	0.06	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.05	0.08	0.3	1.0	0.01

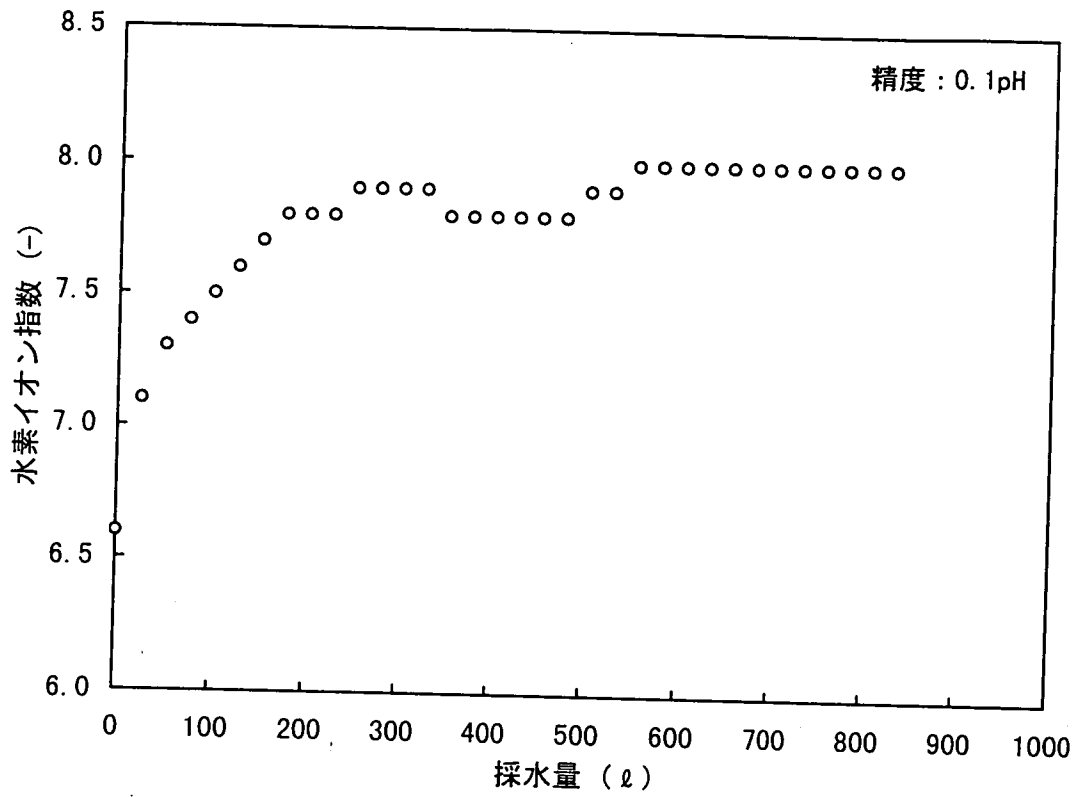


図4.4.1(1) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(水素イオン指数)

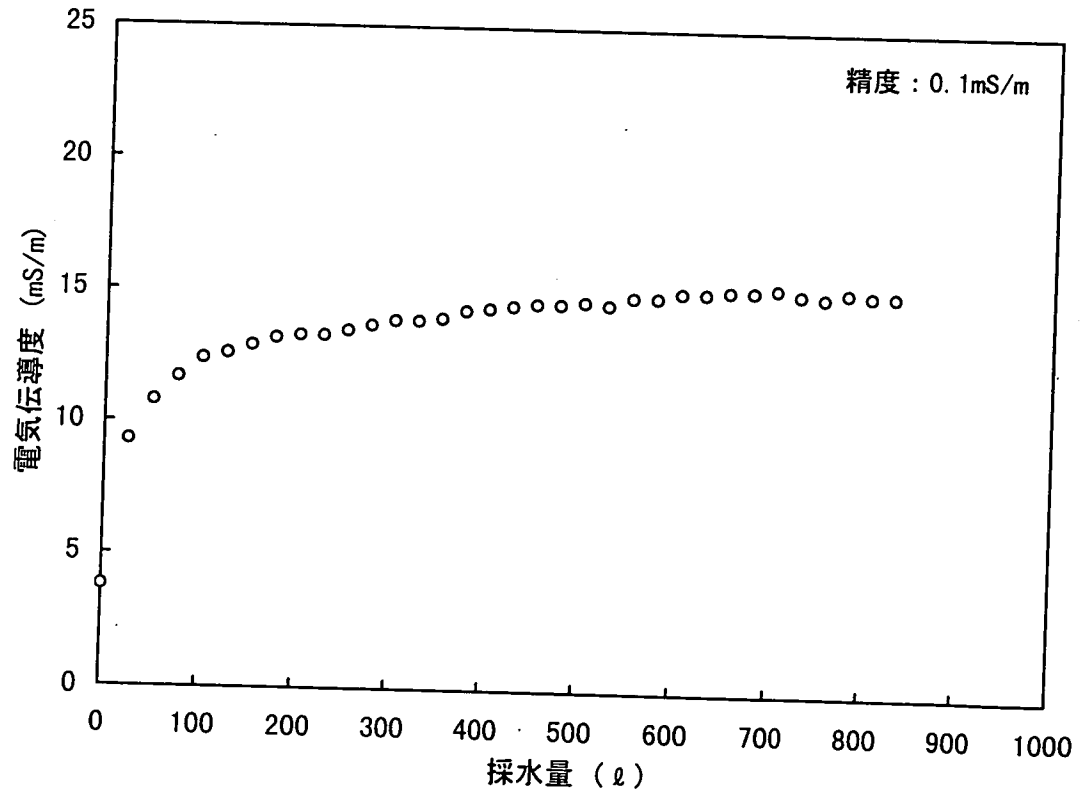


図4.4.1(2) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(電気伝導度)

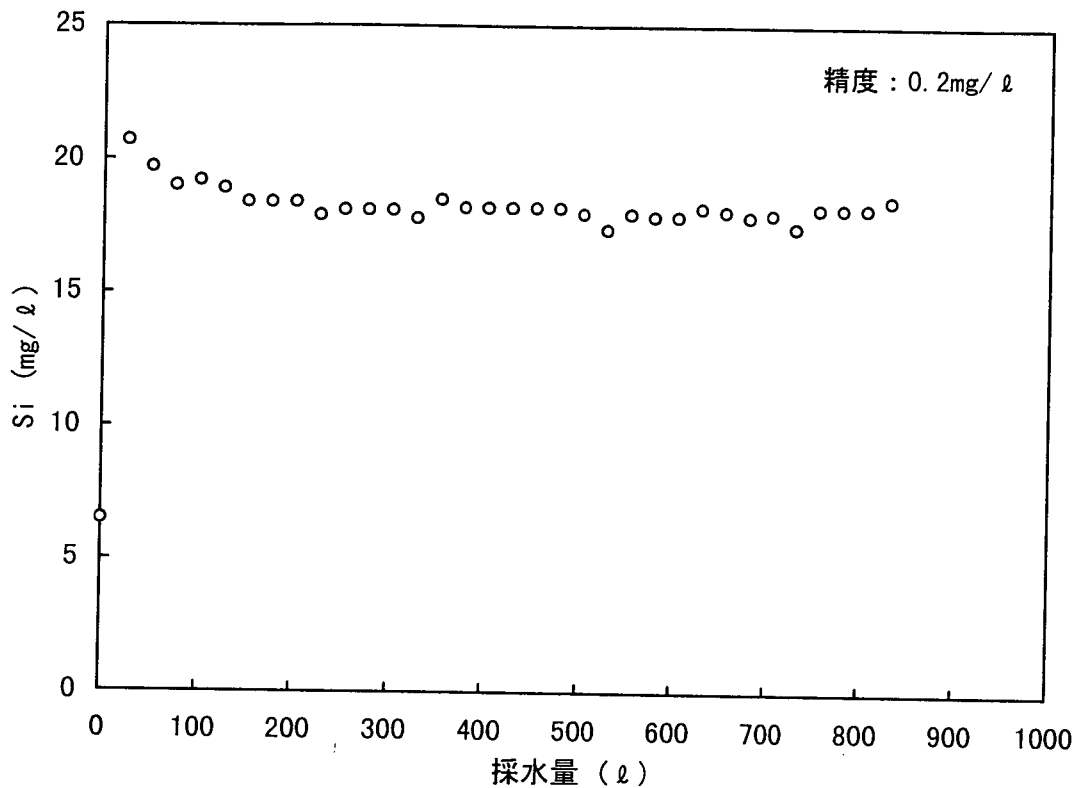


図4.4.1(3) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Si)

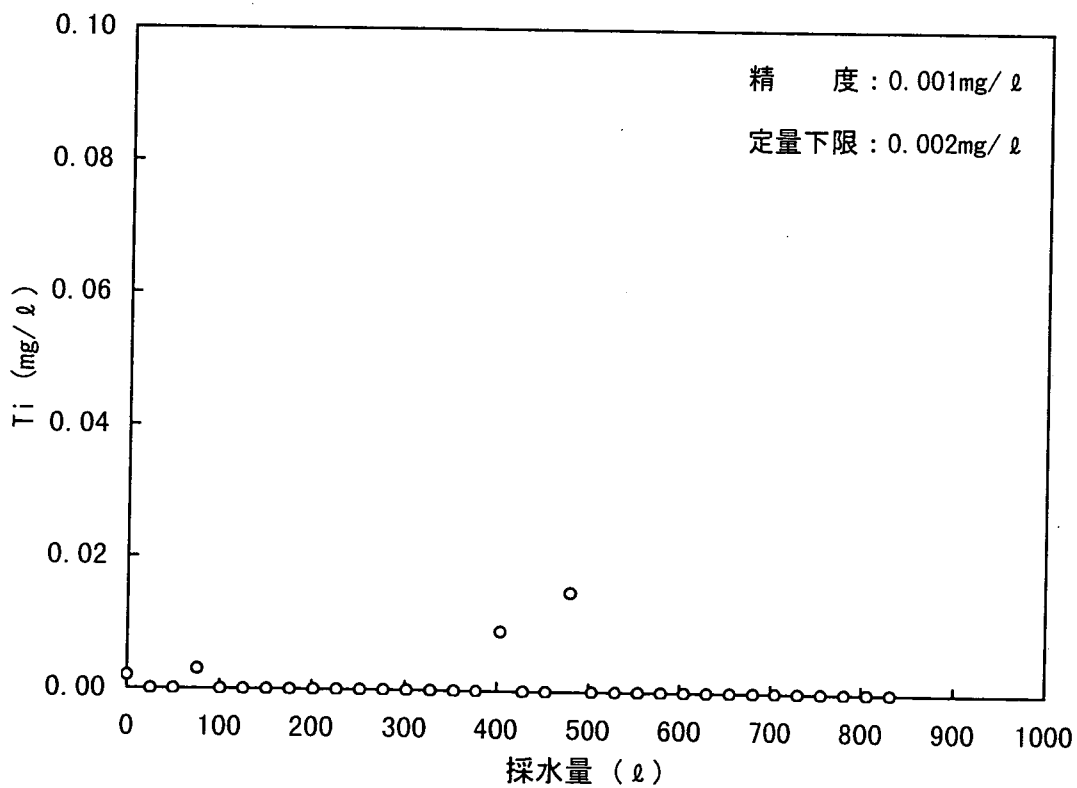


図4.4.1(4) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Ti)

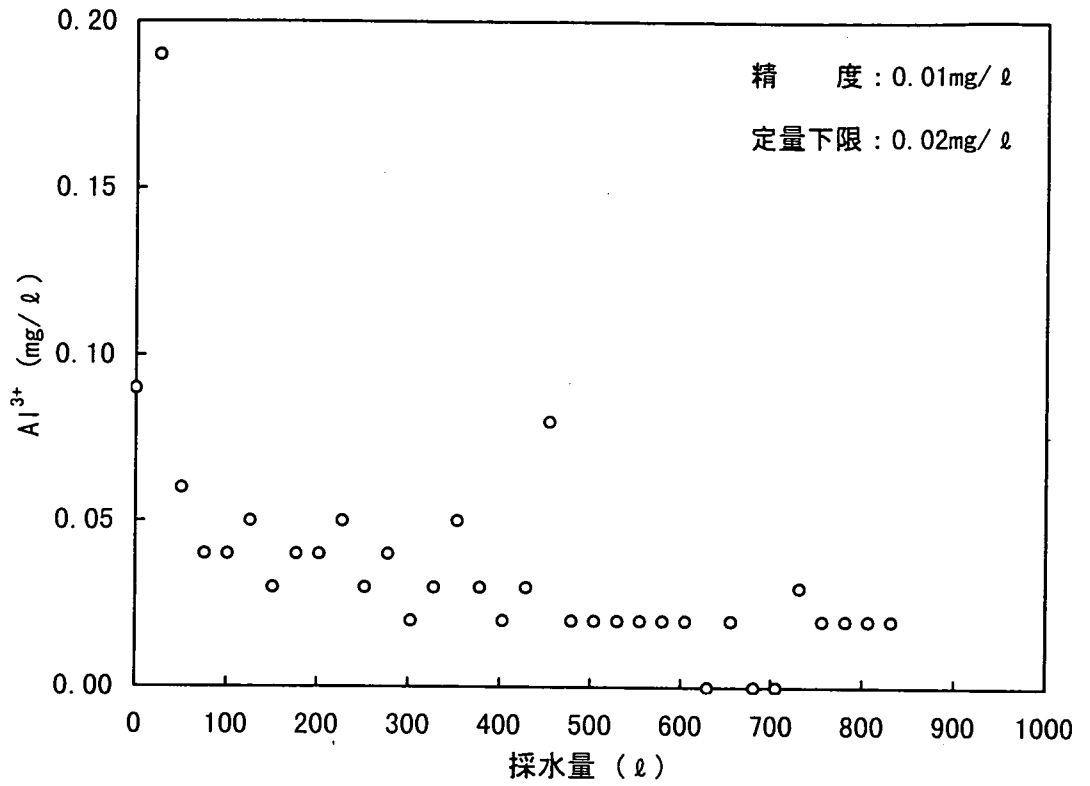


図4.4.1(5) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Al³⁺)

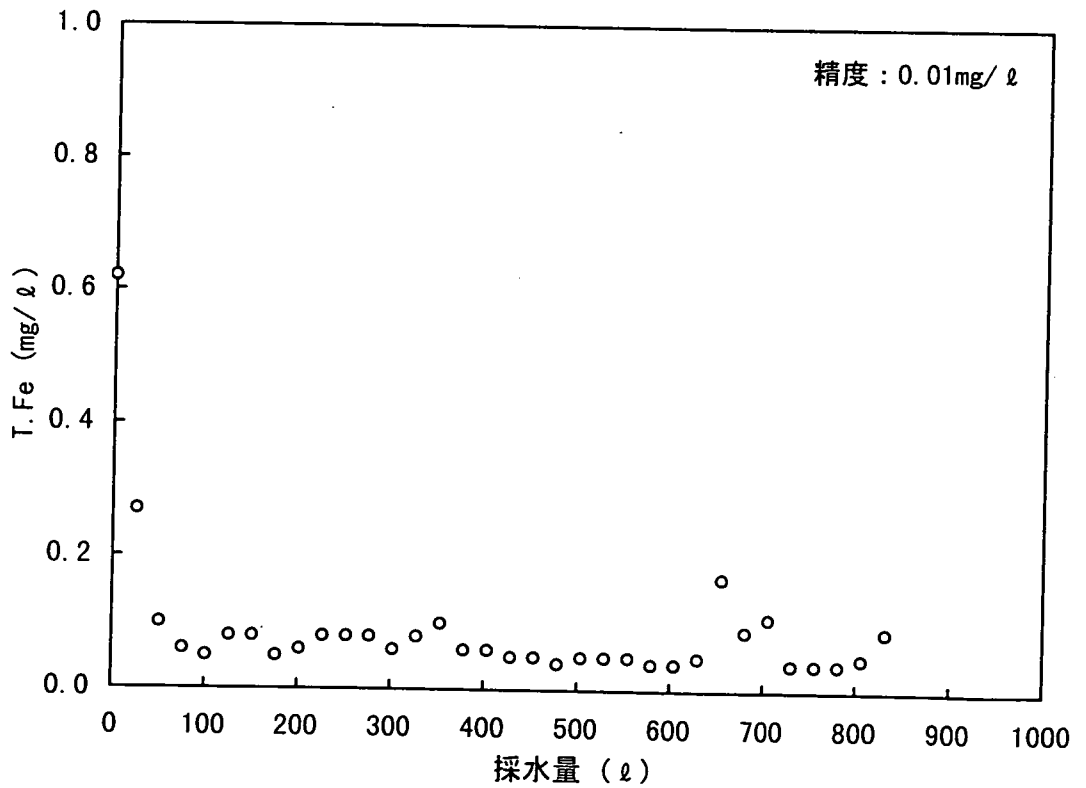


図4.4.1(6) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(T. Fe)

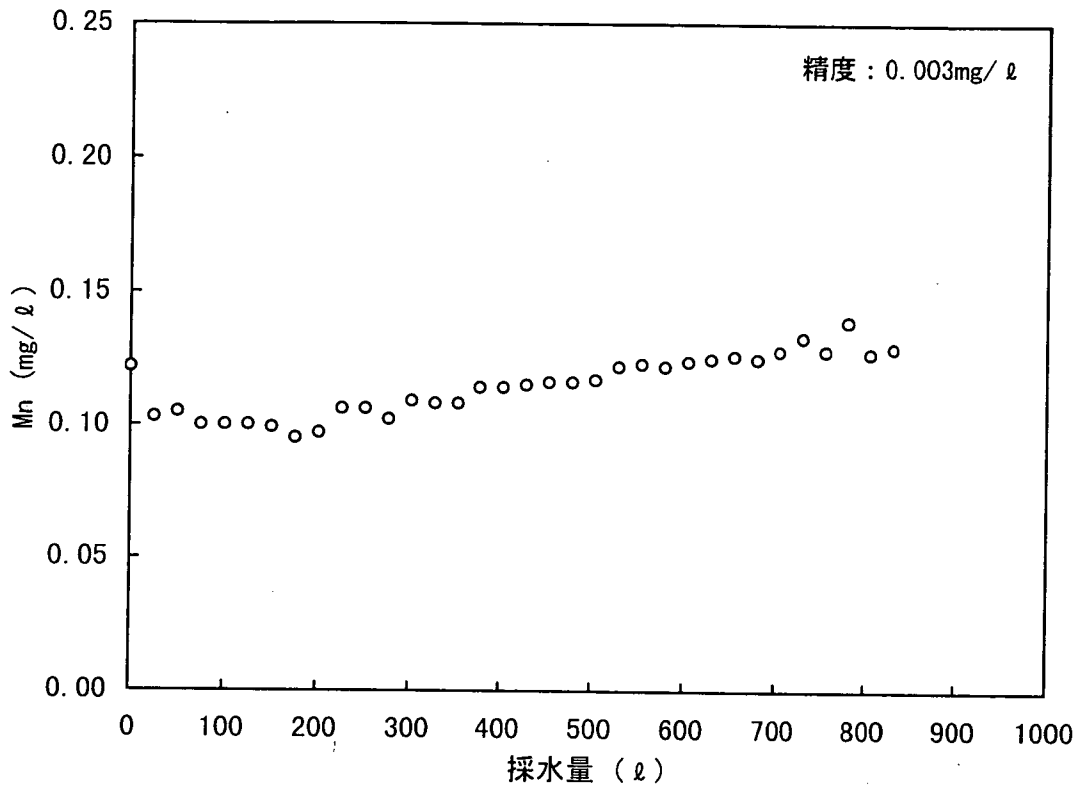


図4.4.1(7) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Mn)

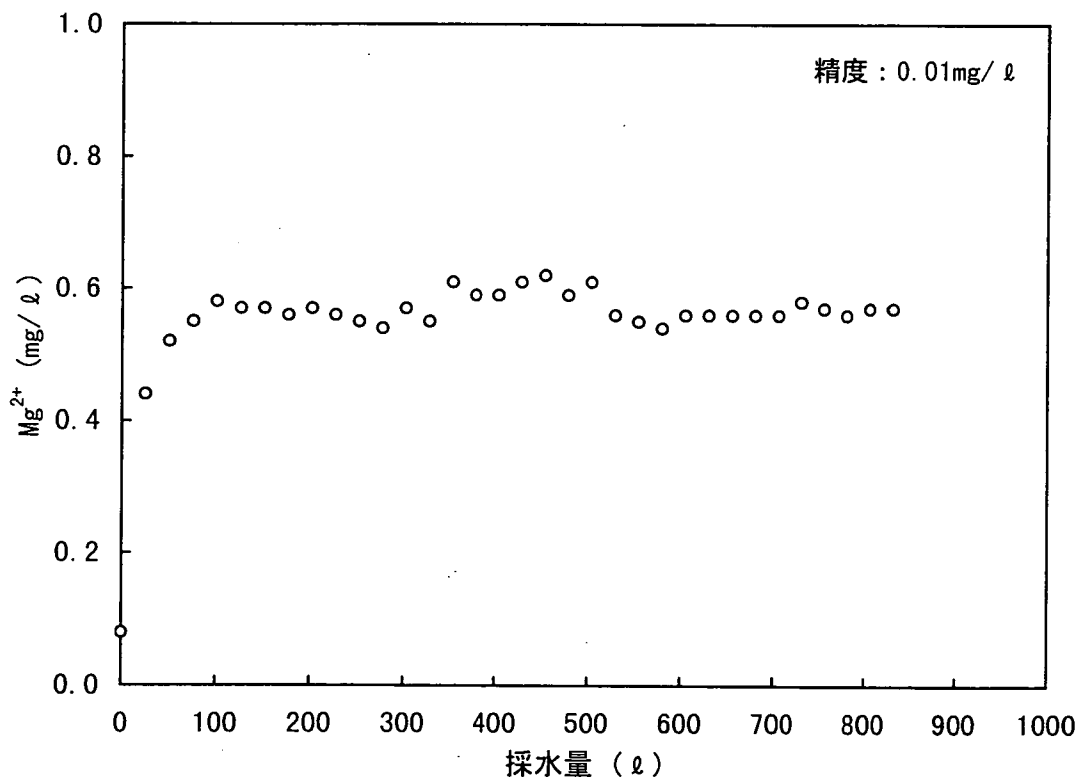


図4.4.1(8) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Mg²⁺)

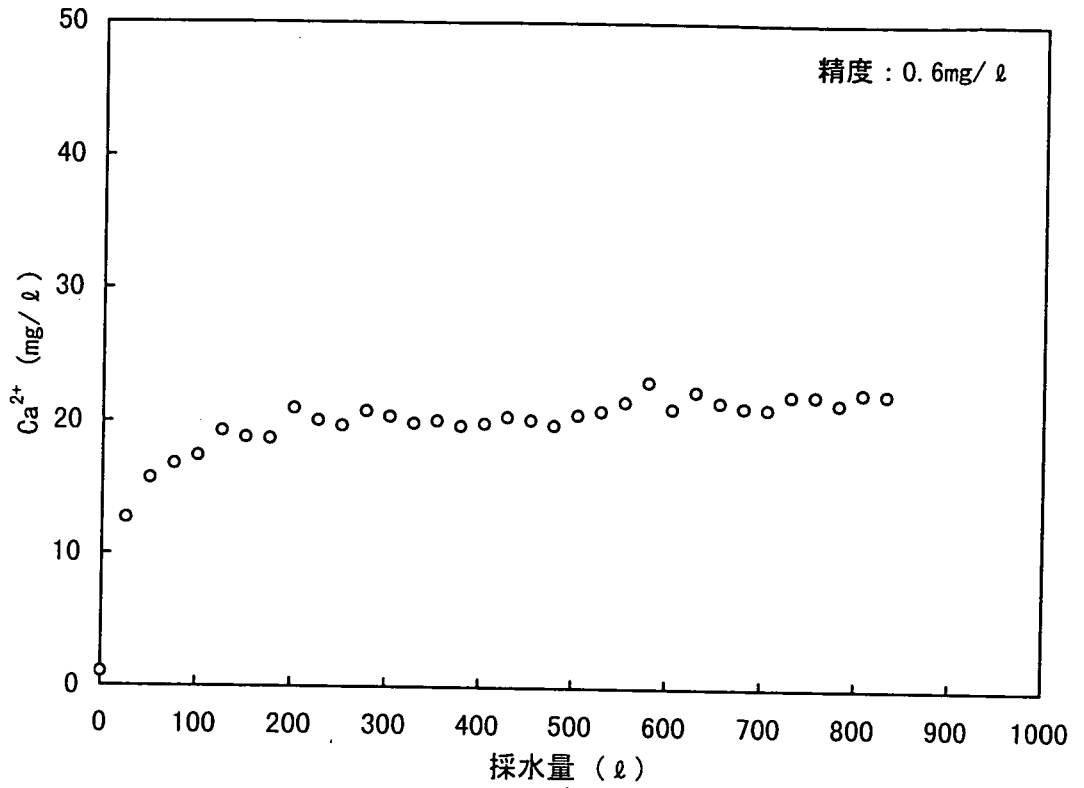


図4.4.1(9) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Ca²⁺)

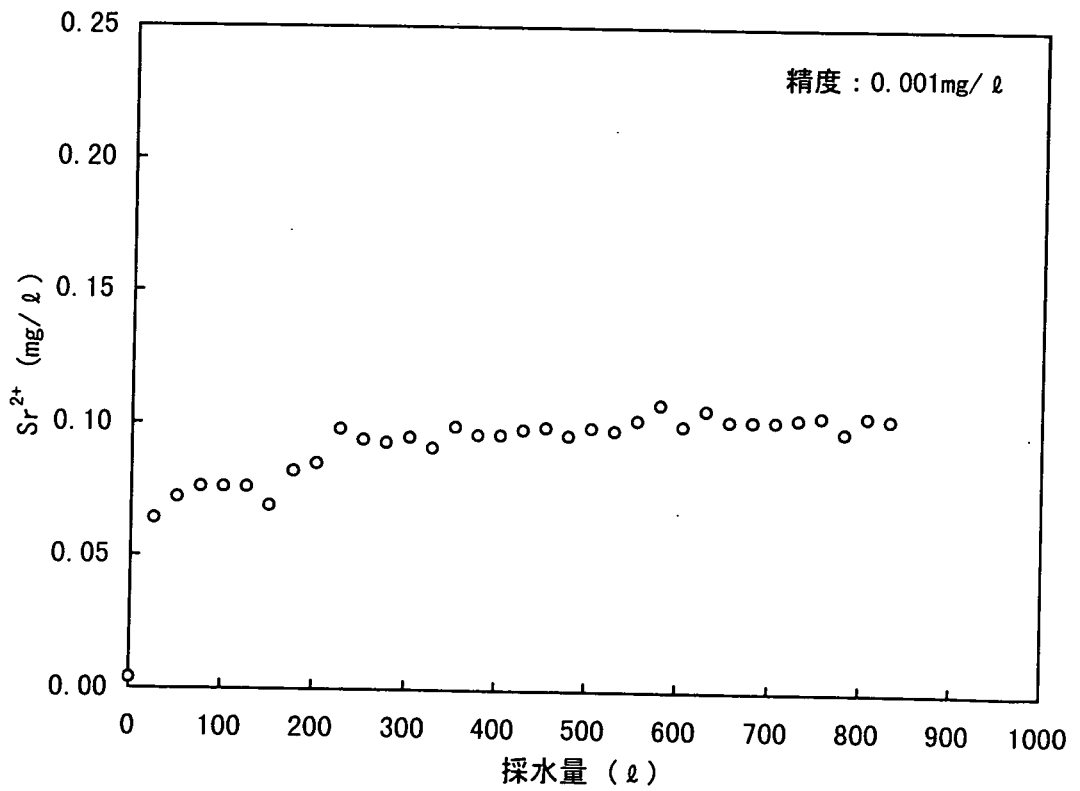


図4.4.1(10) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Sr²⁺)

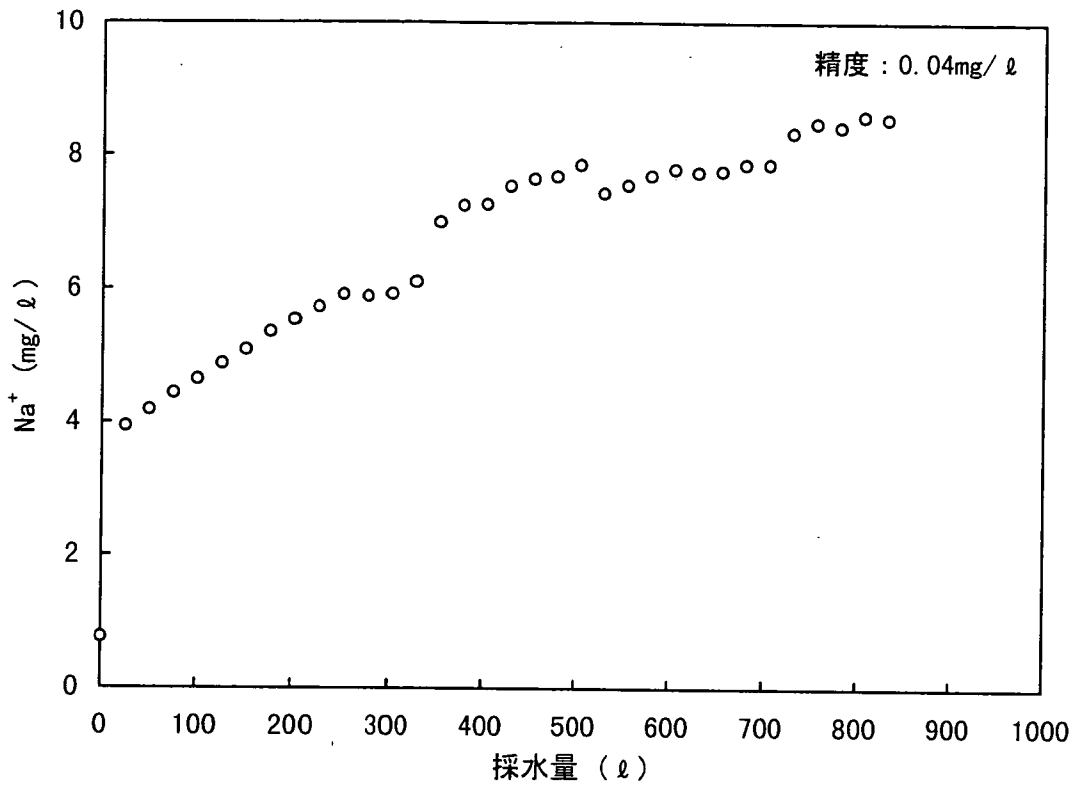


図4.4.1(11) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Na⁺)

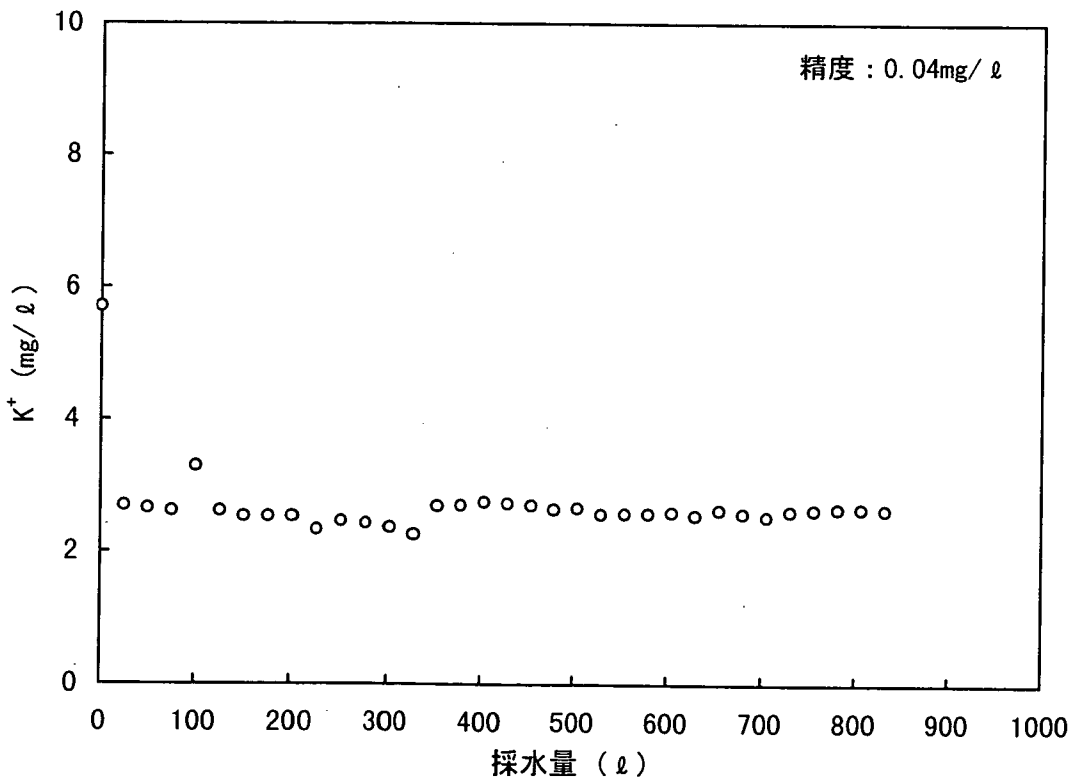


図4.4.1(12) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(K⁺)

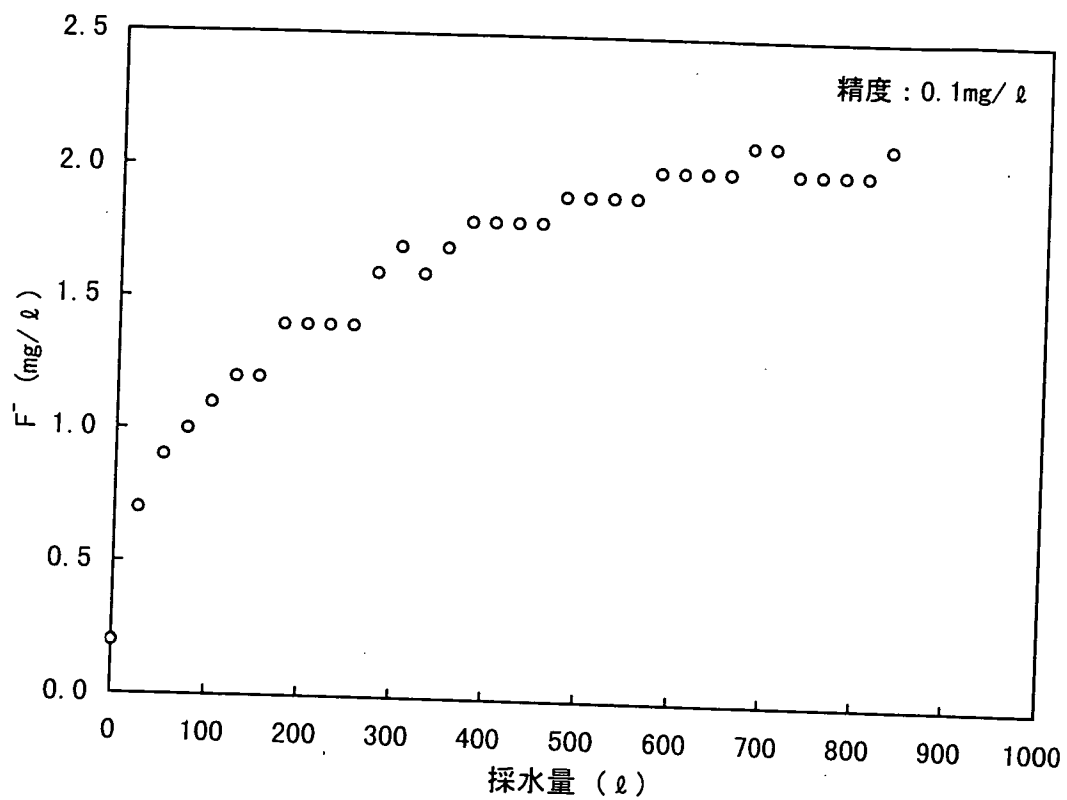


図4.4.1(13) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(F⁻)

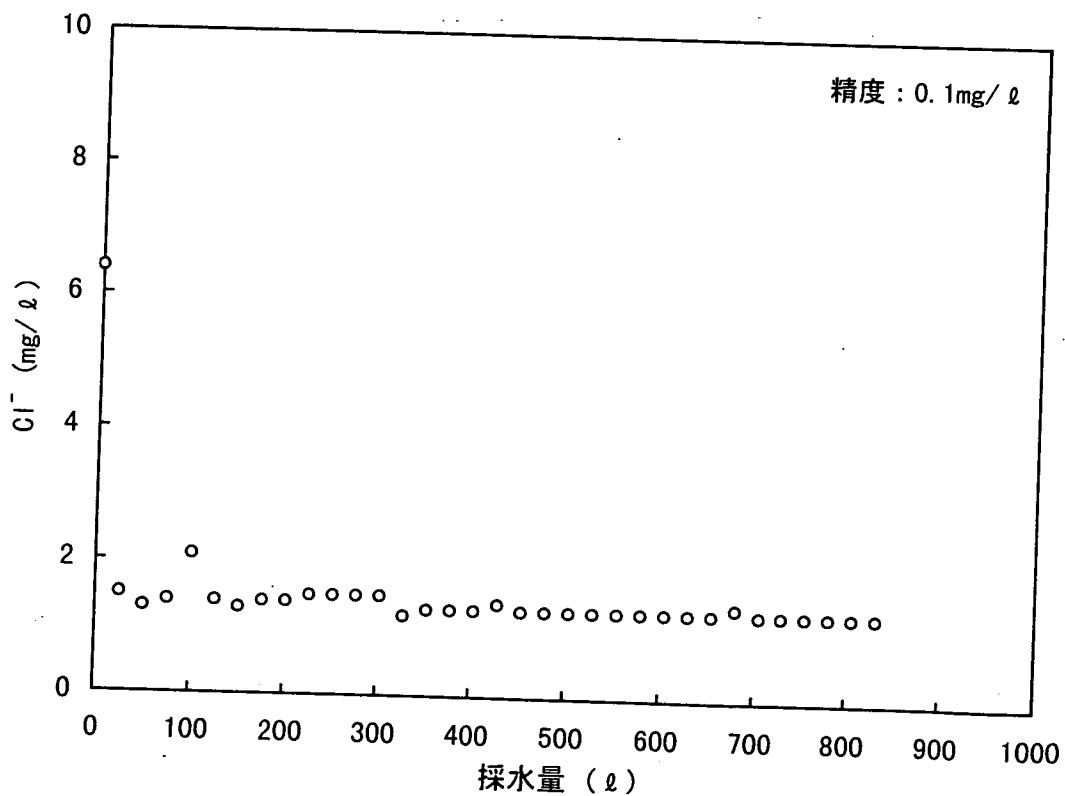


図4.4.1(14) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Cl⁻)

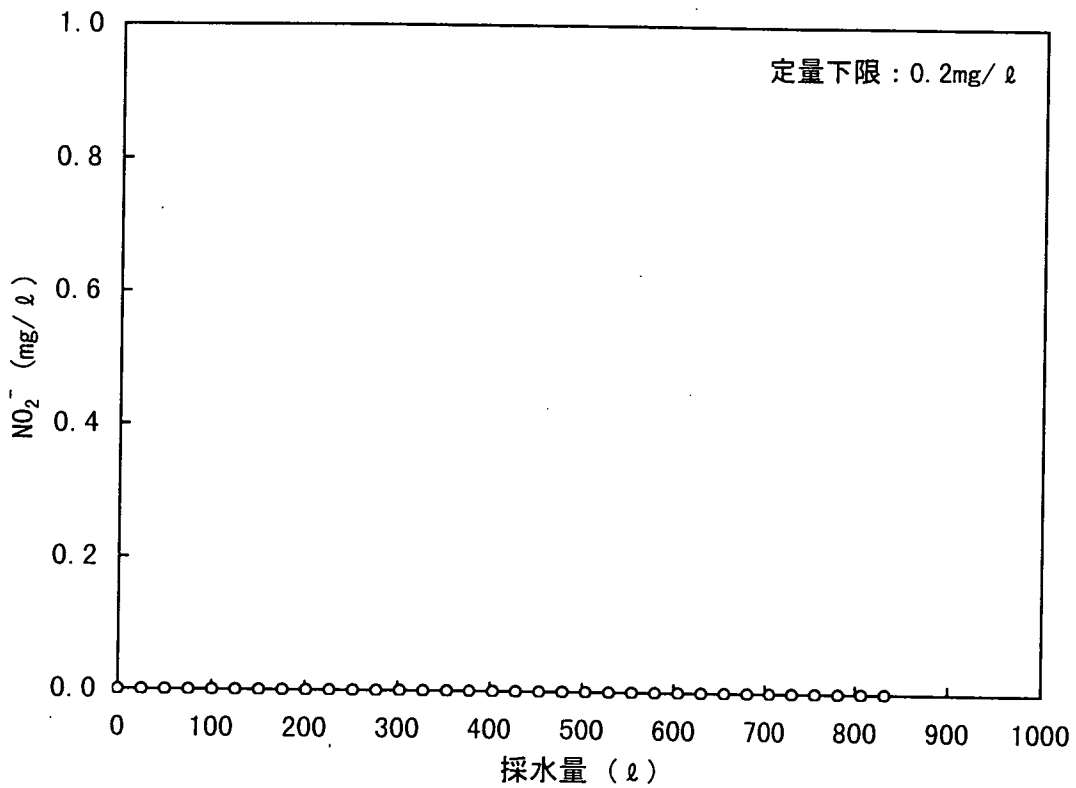


図4. 4. 1(15) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果 (NO₂⁻)

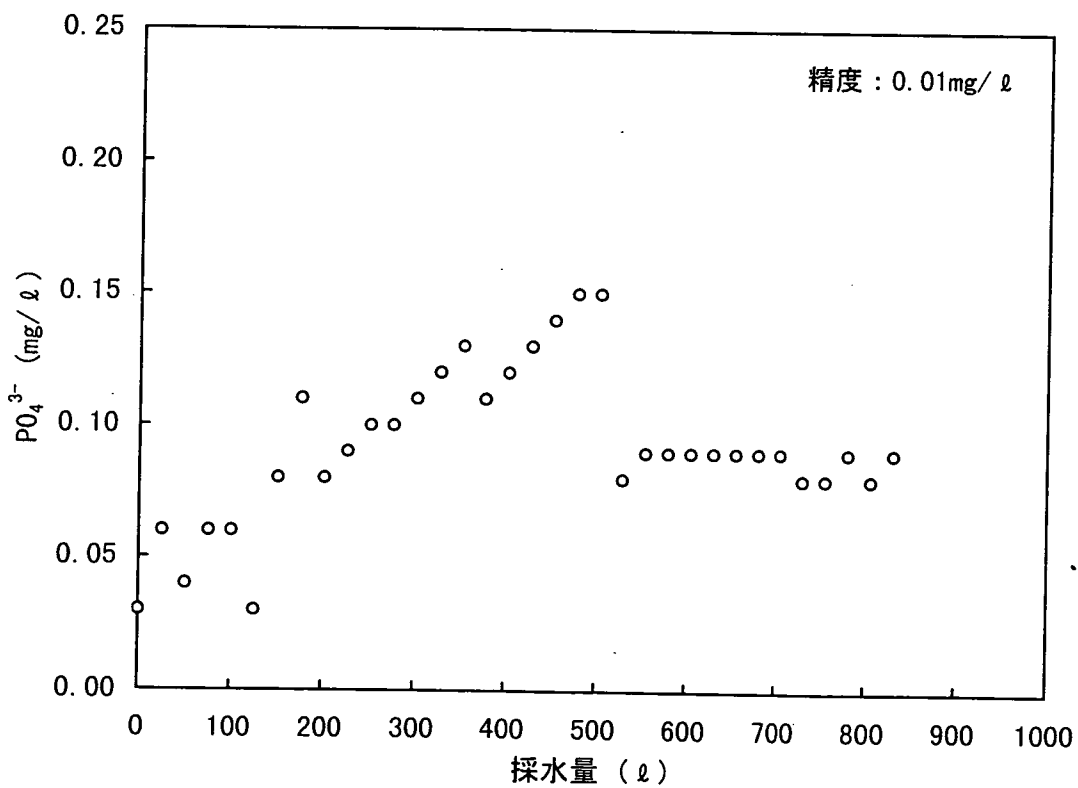


図4. 4. 1(16) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果 (PO₄³⁻)

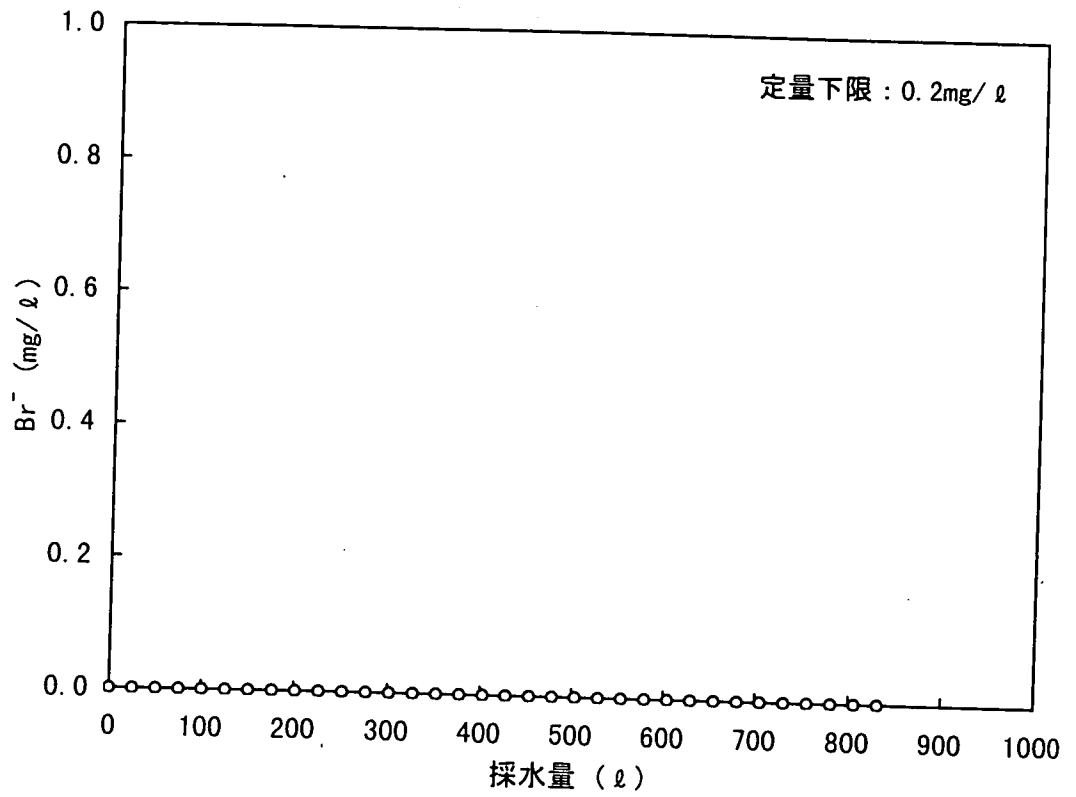


図4.4.1(17) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(Br^-)

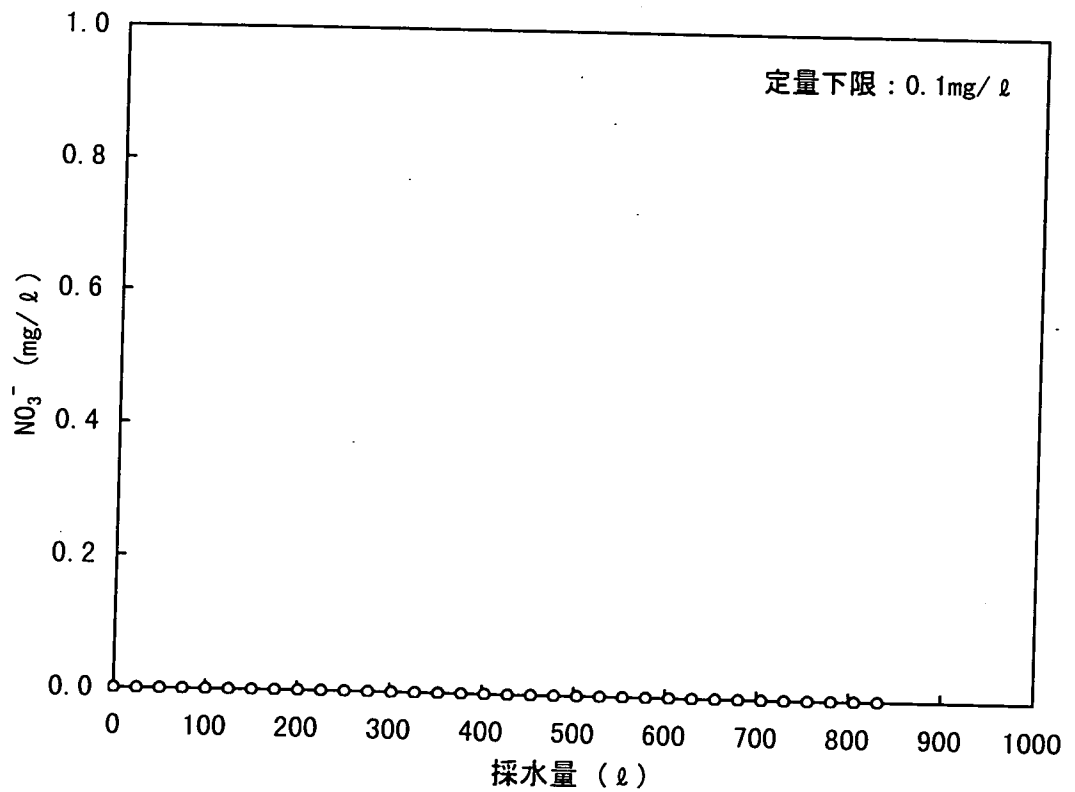


図4.4.1(18) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(NO_3^-)

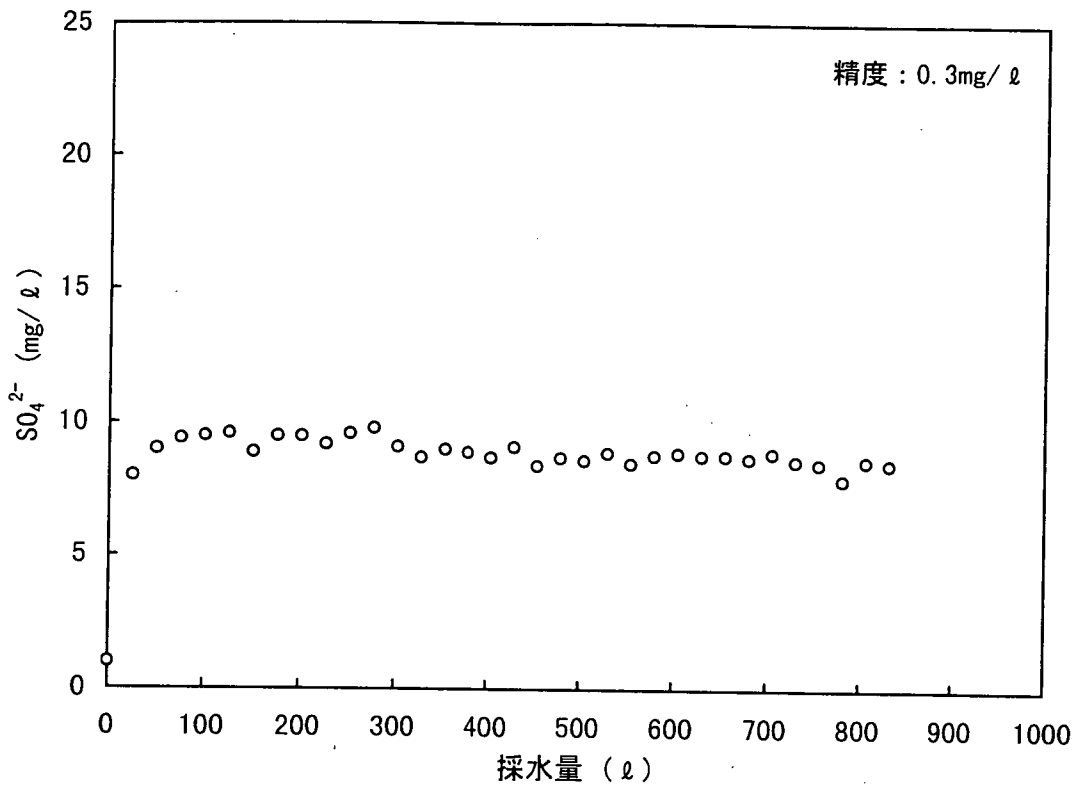


図4. 4. 1(19) 連続地上採水中の主要化学成分分析結果(S042-)

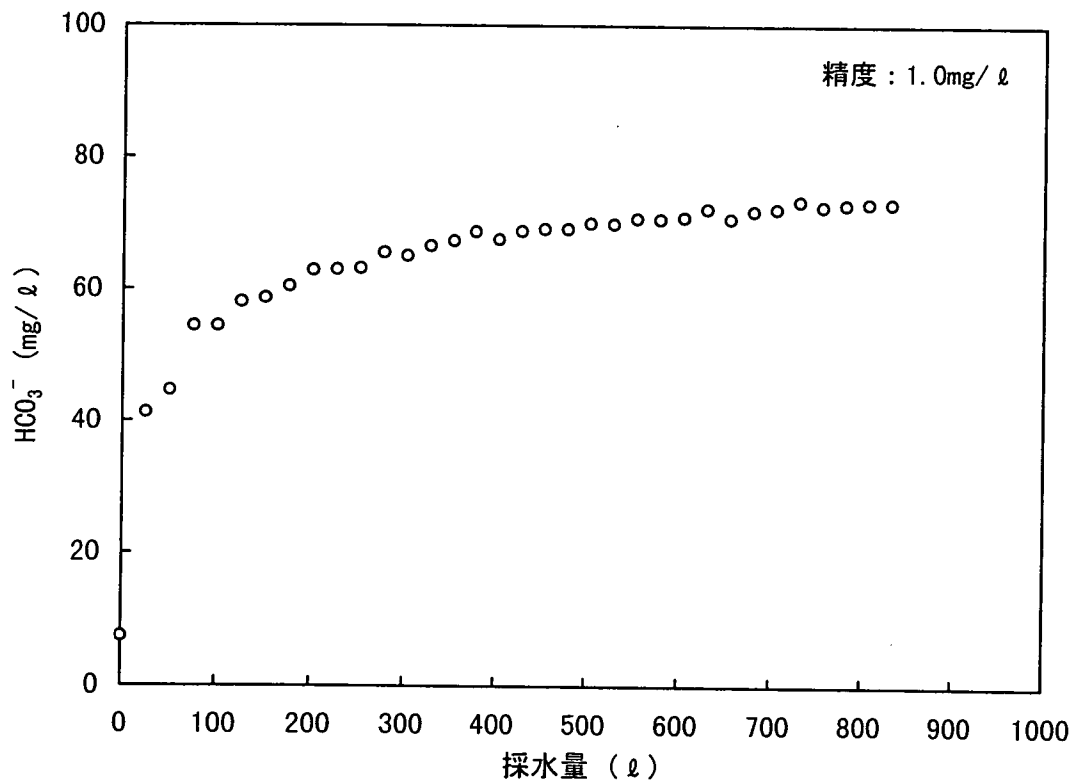


図4. 4. 1(20) 連続地上採水中の主要化学成分分析(HC03-)

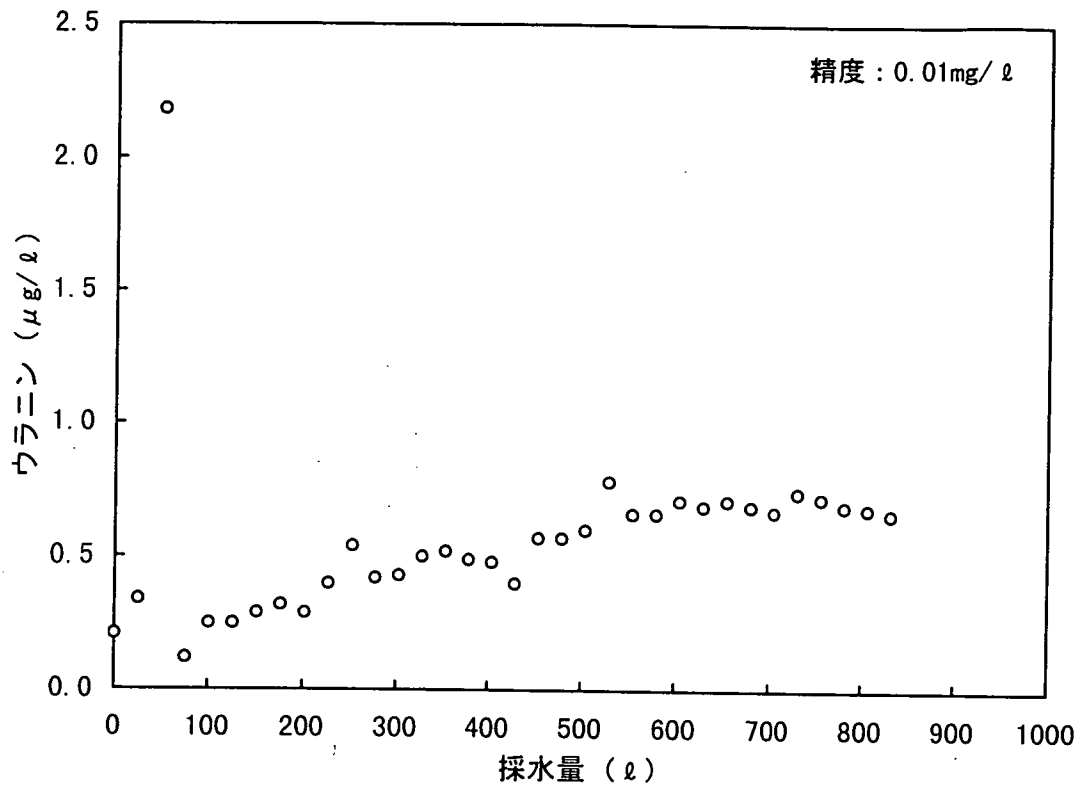


図4.4.1(21) 連続地上採水中の主要化学成分分析(ウラニウム)

4.5 考察

4.5.1 連続地上採水試料のイオンバランス

地下水は、電氣的に中性で陽イオンと陰イオンの総和量(総電荷量)は等しい。そこで分析結果の陽イオンと陰イオンのそれぞれの総和量を計算し、比較することによって分析値の誤りや主要な成分の欠如があるかを推測することができる。ここでは、以下の式を用いて判定を行った(日本分析化学会北海道支部編(1988), 水の分析(第3版), pp378-380), 化学同人)。

$$|\Sigma[\text{陽イオン}] - \Sigma[\text{陰イオン}]| \leq 0.1065 + 0.0155 \Sigma[\text{陽イオン}]$$

ただし、 $\Sigma[\text{陽イオン}]$ 、 $\Sigma[\text{陰イオン}]$ とも単位はmeq/ℓで、 $\Sigma[\text{陽イオン}]$ は $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+}$ 、 $\Sigma[\text{陰イオン}]$ は $\text{Cl}^- \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{HCO}_3^- \cdot \text{F}^-$ の総和量とした。なお、pHがほぼ中性なため、陽・陰イオンそれぞれの総和量に対する水素イオン・水酸化物イオンの寄与は小さいため無視した。

各試料の分析結果を用いて計算した連続地上採水試料のイオンバランスを表4.5.1に示す。計算結果からは、すべての試料で分析値の誤りは認められない。

表4.5.1 連続地上採水試料のイオンバランス

DV	①Σ [陽イオン] (meq/ℓ)	②Σ [陰イオン] (meq/ℓ)	①-② (meq/ℓ)	0.1065+0.0155×① (meq/ℓ)
0	0.24	0.33	0.09	0.11
1	0.91	0.92	0.01	0.12
2	1.08	1.00	0.08	0.12
3	1.14	1.18	0.04	0.12
4	1.20	1.21	0.01	0.13
5	1.29	1.25	0.04	0.13
6	1.27	1.25	0.02	0.13
7	1.28	1.30	0.02	0.13
8	1.40	1.34	0.06	0.13
9	1.36	1.34	0.02	0.13
10	1.35	1.35	0.00	0.13
11	1.40	1.41	0.01	0.13
12	1.38	1.39	0.01	0.13
13	1.36	1.39	0.03	0.13
14	1.43	1.42	0.01	0.13
15	1.42	1.44	0.02	0.13
16	1.43	1.42	0.01	0.13
17	1.47	1.45	0.02	0.13
18	1.46	1.44	0.02	0.13
19	1.44	1.45	0.01	0.13
20	1.49	1.46	0.03	0.13
21	1.48	1.47	0.01	0.13
22	1.52	1.47	0.05	0.13
23	1.60	1.48	0.12	0.13
24	1.51	1.49	0.02	0.13
25	1.57	1.51	0.06	0.13
26	1.53	1.49	0.04	0.13
27	1.51	1.51	0.00	0.13
28	1.51	1.52	0.01	0.13
29	1.58	1.53	0.05	0.13
30	1.59	1.51	0.08	0.13
31	1.55	1.50	0.05	0.13
32	1.60	1.52	0.08	0.13
33	1.59	1.52	0.07	0.13

4.5.2 化学成分から計算した電気伝導度

地下水の電気伝導度は、溶存イオン量が増加するにともない、増大する。溶存物質が比較的少量の場合は、電気伝導度は溶存イオン量に比例すると考えられる。そこで、表4.5.2に示す $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{HCO}_3^- \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{F}^- \cdot \text{SO}_4^{2-}$ の極限当量電気伝導度(無限希釈溶液における当量イオン伝導度)と各試料の分析結果から、次式を用いて電気伝導度を算出し、電気伝導度測定結果との比較により分析結果や測定結果に誤りがないか推測した。

$$EC = \sum \lambda_i C_i$$

ここで、ECは、電気伝導度(mS/m)

λ_i は、各イオンの極限当量電気伝導度(mS/m/meq/l)、

C_i は、各イオンの当量濃度(meq/l)である。

表4.5.2 主なイオンの極限当量電気伝導度

	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	Cl^-	F^-	SO_4^{2-}
極限等量電気伝導度 (mS/m/meq/l)	5.01	7.35	5.95	5.31	4.45	7.64	5.54	8.00

出典)半谷高久,小倉紀雄:水質調査法(第3版),丸善,p.200(1995)
国立天文台:理科年表平成8年,丸善,p.535(1995)

なお、計算では電気伝導度に関与する化学種すべてが考慮されているわけではなく、また、厳密には各イオンの当量電気伝導度は濃度が増大すると共に減少するので、実際の当量電気伝導度は表4.5.3よりも低い。そのため、測定値と計算値は一致しない。

電気伝導度の計算結果を原位置における物理化学パラメータ測定や分析所における測定結果と共に表4.5.3に示す。図4.5.1には、電気伝導度の分析所における測定結果と計算結果の相関図を示す。測定結果よりも3%小さいDV0を除けば、計算結果は平均して10%程度大きな値を示す。また、測定結果と計算結果の相関は図4.5.1のように非常に強く、相関係数は0.99を超える。

以上の計算結果からは、測定結果に誤りは認められない。

表4.5.3 分析結果から算出した電気伝導度

DV	電気伝導度 (mS/m)		
	原位置測定	分析所測定	分析結果から算出
0	6.5	3.8	3.7
1	8.1	9.3	10.2
2	9.6	10.8	11.6
3	10.4	11.7	12.8
4	11.0	12.4	13.4
5	11.3	12.6	14.0
6	11.6	12.9	13.8
7	11.8	13.2	14.1
8	12.1	13.3	15.0
9	12.3	13.3	14.8
10	12.4	13.5	14.8
11	12.6	13.7	15.4
12	12.7	13.9	15.1
13	12.7	13.9	14.9
14	12.9	14.0	15.5
15	13.0	14.3	15.5
16	13.3	14.4	15.5
17	13.2	14.5	15.8
18	13.3	14.6	15.7
19	13.4	14.6	15.6
20	13.4	14.7	16.0
21	13.5	14.6	16.0
22	13.5	14.9	16.2
23	13.6	14.9	16.7
24	13.7	15.1	16.2
25	13.7	15.1	16.7
26	13.8	15.2	16.3
27	13.8	15.2	16.4
28	13.8	15.3	16.3
29	13.9	15.1	16.8
30	13.9	15.0	16.7
31	13.9	15.2	16.5
32	13.9	15.1	16.9
33	14.0	15.1	16.8

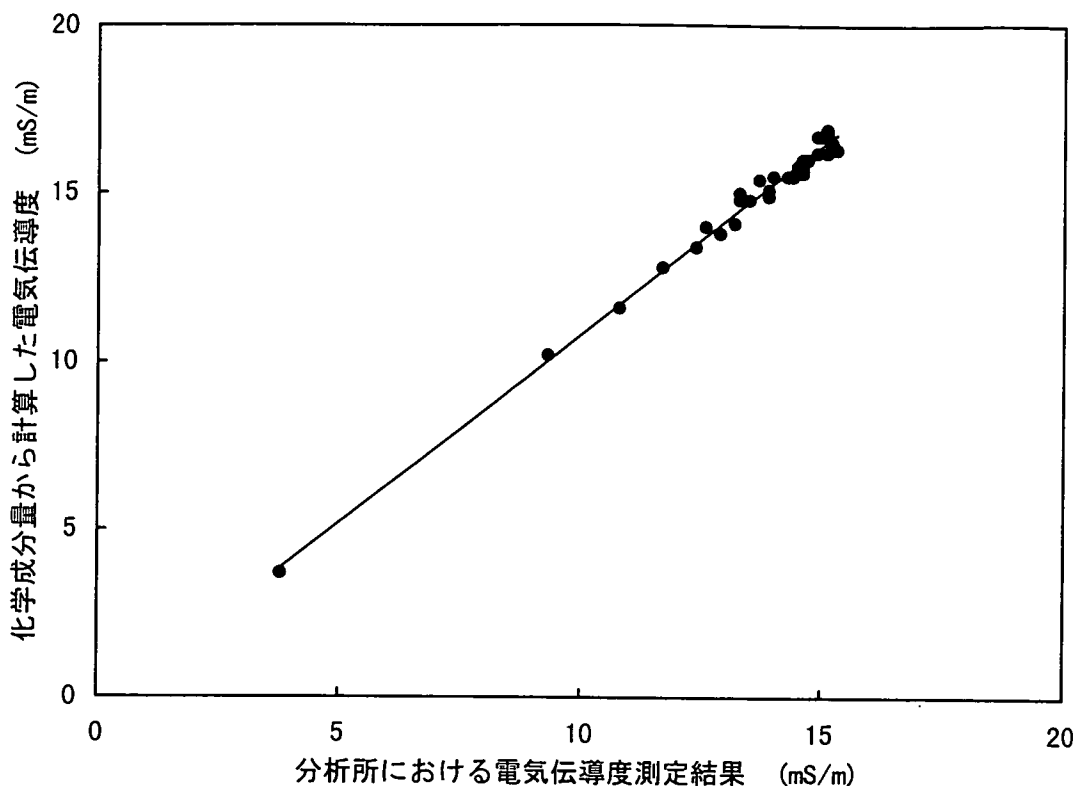


図4.5.1 電気伝導度の測定結果と計算結果の相関

4.5.3 原位置における物理化学パラメータ測定との比較

連続地上採水中の主要化学成分分析の項目のうち、水素イオン指数と電気伝導度は、原位置における物理化学パラメータ測定でも測定結果が得られている。そこで、これら2項目について原位置での測定結果と比較し、測定結果に誤りがないか推測した。

水素イオン指数・電気伝導度の分析所における測定結果と原位置測定の結果の相関図をそれぞれ、図4.5.2、図4.5.3に示す。なお、プロットには表4.4.1に示したデータ(DVOを除く)を用いた。

水素イオン指数の相関係数は約94%で、分析所の測定結果は、原位置測定の結果と同じかそれよりも大きい。なお、数値の差は最大で0.3である。また、電気伝導度は、水素イオン指数の場合よりも相関が高く、相関係数は約99.7%で、分析所の測定結果は、原位置測定の結果よりも平均して10%程度大きい。

分析所における測定値は、試料を一定量採取・保存するため、原位置測定が瞬間的な測定値であるのに対し、時間的に平均した値となる。特に、採水開始後しばらくは水質の変化が大きいため、原位置と分析所で測定値の差が大きくなる可能性は高い。また、分析所測定に供した試料は、地上に回収された時点から容器に密閉保存するまでの間、大気と接触し、測定までには採取から一昼夜以上が経過している。

以上の点を考慮すると、図4.5.2、図4.5.3からは水素イオン指数・電気伝導度とも測定値の誤りは認められない。

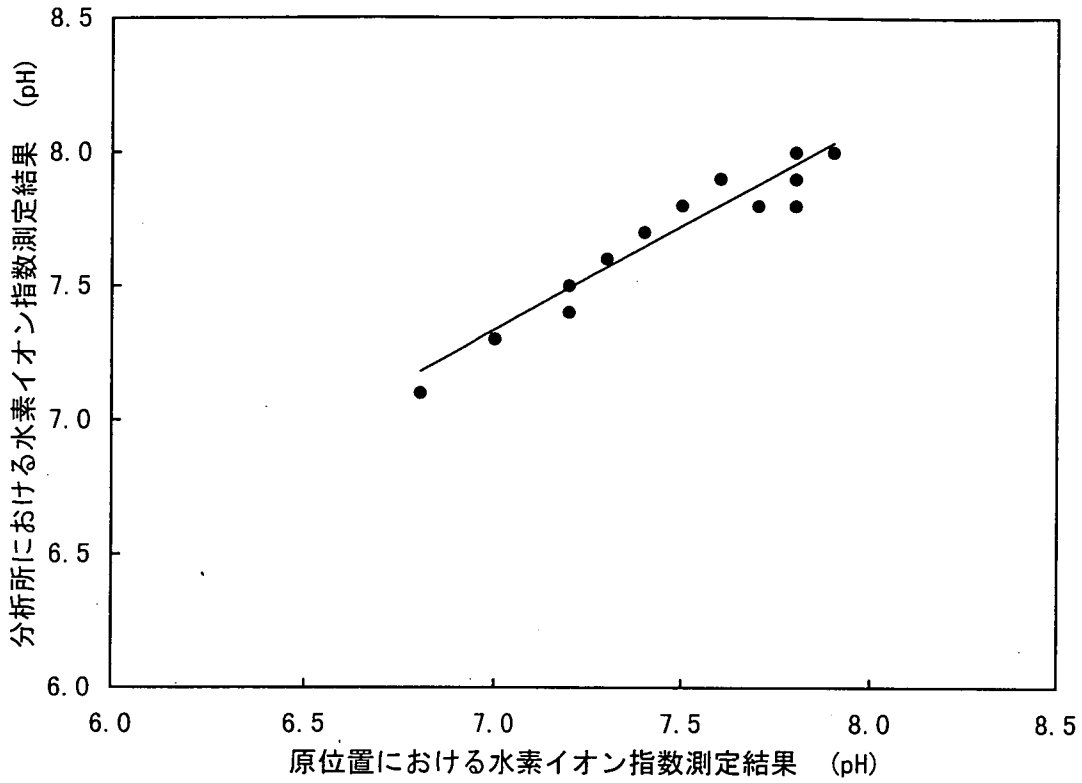


図4.5.2 水素イオン指数の原位置測定結果と分析所における測定結果の相関

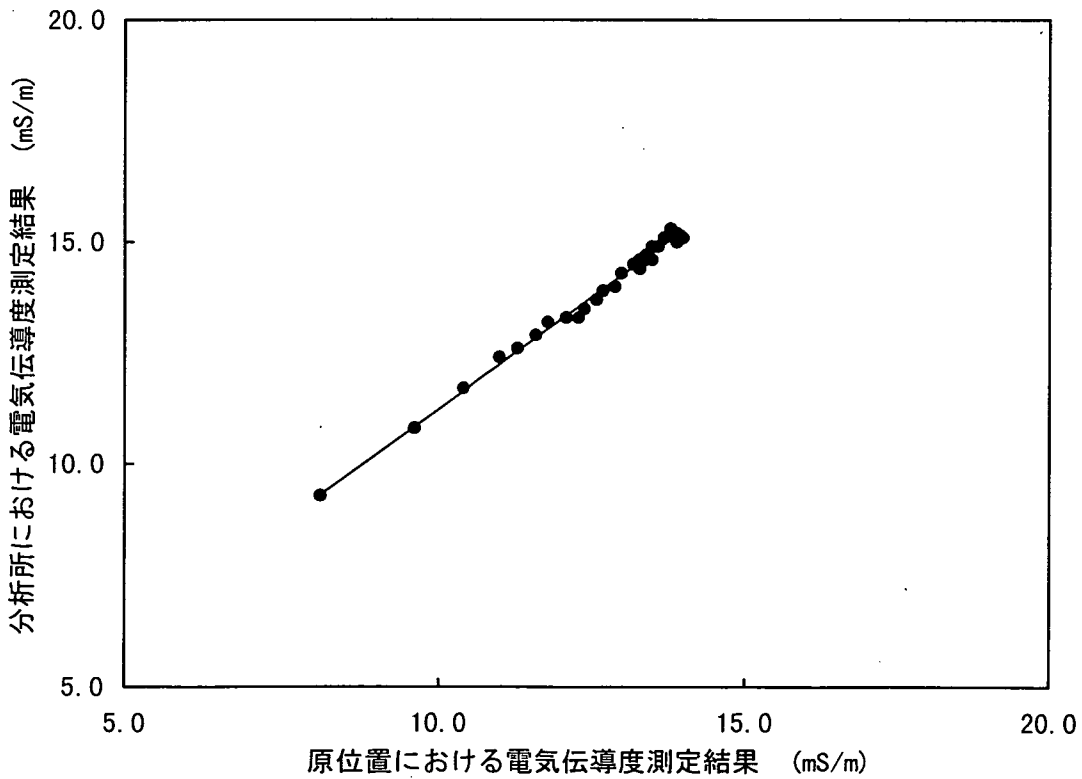


図4.5.3 電気伝導度の原位置測定結果と分析所における測定結果の相関

5. 地下水化学分析

本調査では、1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器を用いて、バッチ式採水で採取した地下水を、独立した3分析所(以降、分析所はそれぞれ、分析所A・分析所B・分析所Cと呼ぶ)で化学分析を実施した。分析項目は、95項目で、以下のように5つに大別される。

表5.1.1 地下水化学分析の分析項目

同位体	5項目
溶存ガス	7項目
主要化学成分	28項目
微量化学成分	46項目
微生物	9項目

5.1 分析項目

同位体・溶存ガス・主要化学成分・微量化学成分・微生物それぞれの分析項目とその方法の概要を表5.1.2～表5.1.6に示す。

表5.1.2 同位体の分析項目

分析項目	分析方法
D/H同位体比	質量分析法
³ H濃度	液体シンチレーション法
¹⁸ O/ ¹⁶ O同位体比	質量分析法
¹³ C/ ¹² C同位体比	質量分析法
¹⁴ C濃度	加速器質量分析法

表5.1.3 溶存ガスの分析項目

分析項目	分析方法
H ₂	ガスクロマトグラフ法
He	ガスクロマトグラフ法
N ₂	ガスクロマトグラフ法
O ₂	ガスクロマトグラフ法
CO	ガスクロマトグラフ法
CO ₂	赤外線吸収法 ガスクロマトグラフ法
CH ₄	ガスクロマトグラフ法

表5.1.4 主要化学成分の分析項目

分析項目	分析方法	分析項目	分析方法
Si	誘導結合プラズマ発光分光法	SO ₄ ²⁻	イオンクロマトグラフ法
Na ⁺	原子吸光法	IO ₃ ⁻	イオンクロマトグラフ法
K ⁺	原子吸光法	T. P	比色法
Ca ²⁺	誘導結合プラズマ発光分光法	PO ₄ ³⁻	比色法
Mg ²⁺	誘導結合プラズマ発光分光法	T. N	比色法
Sr	誘導結合プラズマ発光分光法	NO ₂ ⁻	イオンクロマトグラフ法
Al	誘導結合プラズマ発光分光法	NO ₃ ⁻	イオンクロマトグラフ法
Mn	誘導結合プラズマ発光分光法	S ²⁻	イオンクロマトグラフ法 比色法
Fe ²⁺	比色法		
T. Fe	誘導結合プラズマ発光分光法	NH ₄ ⁺	比色法
Cl ⁻	イオンクロマトグラフ法	TC	赤外線吸収法
F ⁻	イオンクロマトグラフ法	IC	赤外線吸収法
Br ⁻	イオンクロマトグラフ法	TOC	赤外線吸収法
I ⁻	イオンクロマトグラフ法	フミン酸	蛍光光度法
	誘導結合プラズマ質量分析法	フルボ酸	蛍光光度法

表5.1.5 微量化学成分の分析項目

分析項目	分析方法	分析項目	分析方法
Li	誘導結合プラズマ質量分析法	Rb	誘導結合プラズマ質量分析法
B	誘導結合プラズマ質量分析法	Ba	誘導結合プラズマ質量分析法
Ti	誘導結合プラズマ質量分析法	Be	誘導結合プラズマ質量分析法
Mn	誘導結合プラズマ質量分析法	V	誘導結合プラズマ質量分析法
Ni	誘導結合プラズマ質量分析法	Ag	誘導結合プラズマ質量分析法
Cu	誘導結合プラズマ質量分析法	Cd	誘導結合プラズマ質量分析法
Sr	誘導結合プラズマ質量分析法	Hg	誘導結合プラズマ質量分析法
Zr	誘導結合プラズマ質量分析法	La	誘導結合プラズマ質量分析法
Nb	誘導結合プラズマ質量分析法	Ce	誘導結合プラズマ質量分析法
Pd	誘導結合プラズマ質量分析法	Pr	誘導結合プラズマ質量分析法
Sn	誘導結合プラズマ質量分析法	Nd	誘導結合プラズマ質量分析法
Sb	誘導結合プラズマ質量分析法	Sm	誘導結合プラズマ質量分析法
Cs	誘導結合プラズマ質量分析法	Eu	誘導結合プラズマ質量分析法
Pb	誘導結合プラズマ質量分析法	Gd	誘導結合プラズマ質量分析法
Bi	誘導結合プラズマ質量分析法	Tb	誘導結合プラズマ質量分析法
Ra	誘導結合プラズマ質量分析法	Dy	誘導結合プラズマ質量分析法
Th	誘導結合プラズマ質量分析法	Ho	誘導結合プラズマ質量分析法
W	誘導結合プラズマ質量分析法	Er	誘導結合プラズマ質量分析法
U	誘導結合プラズマ質量分析法	Tm	誘導結合プラズマ質量分析法
Cr	誘導結合プラズマ質量分析法	Yb	誘導結合プラズマ質量分析法
Co	誘導結合プラズマ質量分析法	Lu	誘導結合プラズマ質量分析法
Zn	誘導結合プラズマ質量分析法	Se	フレイムレス原子吸光法
Mo	誘導結合プラズマ質量分析法	As	フレイムレス原子吸光法

表5.1.6 微生物の分析項目

分析項目	分析方法
全菌数	アクリジンオレンジ染色法
鉄酸化菌	MPN法
硫酸塩還元菌	MPN法
メタン生成菌	MPN法
アンモニア酸化菌	MPN法
亜硝酸酸化菌	MPN法
亜硝酸還元菌	MPN法
硝酸還元菌	MPN法
硫酸塩還元菌の同定	形態観察法・16SrDNA塩基配列法

5.2 試料保存方法

1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器を用いて、バッチ式採水により採取した地下水試料は、一部を除き、現地にて採水容器から取り出し、各種保存容器に移し替えた。各分析項目毎の保存容器、保存方法を表5.2.1に示す。

表5.2.1(1) 試料の保存方法(同位体)

分析項目	保存容器	備 考
D/H同位体比	共栓 [*] ポリエチレン瓶	蒸留水洗浄・共洗い(常温)
³ H濃度	共栓 [*] ポリエチレン瓶	蒸留水洗浄・共洗い(常温)
¹⁸ O/ ¹⁶ O同位体比	共栓 [*] ポリエチレン瓶	蒸留水洗浄・共洗い(常温)
¹³ C/ ¹² C同位体比	採水容器	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
¹⁴ C濃度	採水容器	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)

表5.2.1(2) 試料の保存方法(溶存ガス)

分析項目	保存容器	備 考
H ₂	採水容器	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
He	採水容器	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
N ₂	採水容器	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
O ₂	採水容器	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
CO	採水容器	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
CO ₂	採水容器	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
CH ₄	採水容器	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)

表5. 2. 1(3) 試料の保存方法(主要化学成分)

分析項目	保存容器	備 考
Si	共栓ホリエチレン瓶	1N硝酸・蒸留水洗浄・共洗い後、1%硝酸酸性で満水(低温)
Na ⁺	共栓ホリエチレン瓶	1N硝酸・蒸留水洗浄・共洗い後、1%硝酸酸性で満水(低温)
K ⁺	共栓ホリエチレン瓶	1N硝酸・蒸留水洗浄・共洗い後、1%硝酸酸性で満水(低温)
Ca ²⁺	共栓ホリエチレン瓶	1N硝酸・蒸留水洗浄・共洗い後、1%硝酸酸性で満水(低温)
Mg ²⁺	共栓ホリエチレン瓶	1N硝酸・蒸留水洗浄・共洗い後、1%硝酸酸性で満水(低温)
Sr	共栓ホリエチレン瓶	1N硝酸・蒸留水洗浄・共洗い後、1%硝酸酸性で満水(低温)
Al	共栓ホリエチレン瓶	1N硝酸・蒸留水洗浄・共洗い後、1%硝酸酸性で満水(低温)
Mn	共栓ホリエチレン瓶	1N硝酸・蒸留水洗浄・共洗い後、1%硝酸酸性で満水(低温)
Fe ²⁺	採水容器	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
T. Fe	採水容器	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
Cl ⁻	共栓ホリエチレン瓶	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
F ⁻	共栓ホリエチレン瓶	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
Br ⁻	共栓ホリエチレン瓶	蒸留水洗浄・共洗い後、NaOH添加で満水(低温)
I ⁻	共栓ホリエチレン瓶	蒸留水洗浄・共洗い後、NaOH添加で満水(低温)
SO ₄ ²⁻	共栓ホリエチレン瓶	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
IO ₃ ⁻	共栓ホリエチレン瓶	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
T. P	共栓ホリエチレン瓶	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
PO ₄ ³⁻	共栓ホリエチレン瓶	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
T. N	共栓ホリエチレン瓶	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
NO ₂ ⁻	共栓ホリエチレン瓶	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
NO ₃ ⁻	共栓ホリエチレン瓶	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
S ²⁻	共栓ホリエチレン瓶	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
NH ₄ ⁺	共栓ホリエチレン瓶	蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
TC	ガラス瓶	1N硝酸・蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
IC	ガラス瓶	1N硝酸・蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
TOC	ガラス瓶	1N硝酸・蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
フミン酸	ガラス瓶	1N硝酸・蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)
フルボ酸	ガラス瓶	1N硝酸・蒸留水洗浄・共洗い後、満水(低温)

表5.2.1(5) 試料の保存方法(微生物)

分析項目	保存容器	備考
全菌数	滅菌瓶	満水(低温)
鉄酸化菌	滅菌瓶	満水(低温)
硫酸塩還元菌	滅菌瓶	満水(低温)
メタン生成菌	滅菌瓶	満水(低温)
アンモニア酸化菌	滅菌瓶	満水(低温)
亜硝酸酸化菌	滅菌瓶	満水(低温)
亜硝酸還元菌	滅菌瓶	満水(低温)
硝酸還元菌	滅菌瓶	満水(低温)
硫酸塩還元菌の同定	滅菌瓶	満水(低温)

5.3 分析方法

5.3.1 同位体の分析方法

(1) 分析所A

①D/H同位体比

D/H同位体比の分析は、亜鉛バッチ法により H_2 ガスを発生させ、質量分析法により実施した(Coleman M. L., Shepherd T. L., Durham J. J., Rouse J. I. and Morre G. R. (1982), Anal. Chem. vol. 54, pp993-995)。まず、ファインピペットを用いて試料を約 $5 \mu l$ 採取し、反応容器(グリースレスストップcock付パイレックス反応管)内で約1 gの金属亜鉛と真空下 $410^\circ C$ で2~5時間反応させ、 H_2 ガスを発生させた。この発生した H_2 ガスをMICROMASS社製質量分析装置OPTIMAに導入してD/H同位体比を測定した。

なお、分析結果は、次式で定義される標準試料に対する同位体比の千分率偏差 δD (‰)で表現し、標準試料として、国際同位体標準試料(SMOW:Standard Mean Ocean Water・標準平均海水)を使用した。

$$\delta D = \left(\frac{R_A}{R_S} - 1 \right) \times 1000$$

ここで、 δD は分析試料の標準試料に対する同位体比の千分率偏差(‰)、

R_A は分析試料のD/H同位体比(-)、

R_S は標準試料のD/H同位体比(-)で、 1.558×10^{-4} である。

②³H濃度

³Hの分析は、液体シンチレーション法により実施した。まず、試料を乾固するまで蒸留し、蒸留水の一部に電解質として過酸化ナトリウム、触媒として二酸化マンガンを加え、先の蒸留水に合わせた。次に得られた試料を電解セルに入れ、2℃の冷却水槽に浸して電解濃縮を行った。電極にはFe-Ni電極を用い、電解密度70mA/cm²で、電解液が約12mlとなるまで濃縮した。

電解濃縮終了後、濃縮液中にCO₂を約15分間吹き込んで中和した後、蒸留し、低拡散ポリエチレンバイアルに、蒸留水9mlに対し、液体シンチレーター9gを添加し、冷暗所に一昼夜放置後、アロカ(株)製低バックグラウンド液体シンチレーションシステムLSC-LBIIIによりβ線を計測した。なお、濃縮係数を求めるため、濃度既知の標準トリチウム水についても同様の操作を実施した。

なお、³H濃度の算出においては、まず、電解濃縮後の試料の³H濃度を算出し、その結果を用いて電解濃縮前の試料の³H濃度を算出した。用いた式を以下に示す。

- ・電解濃縮後の³H濃度 A₀(pCi/ℓ)の計算式

$$A_0 = N \times \frac{1000}{2.22} \times \frac{n}{100} \times V_s$$

ここで、A₀は³H濃度(pCi/ℓ)、
Nは正味計数率(cpm)、
nは計数効率(%)、
V_sは試料量(cm³)である。

- ・電解濃縮後の³H濃度 A₀(TR)の計算式

$$A_0 = N \times \frac{1000}{2.22} \times \frac{n}{100} \times V_s \times \frac{1}{3.24}$$

ここで、A₀は³H濃度(TR)、
Nは正味計数率(cpm)、
nは計数効率(%)、
V_sは試料量(cm³)である。

・ 電解濃縮前の³H濃度 A_0' (pCi/ℓ) の計算式

$$A_0' = f_c \times A_0$$

$$f_c = f_{c2} \times \frac{V_5}{\frac{V_3}{f_{c1}} + V_4}$$

$$f_{c1} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\frac{\beta_1 - 1}{\beta}}$$

$$f_{c2} = \left(\frac{V_6}{V_5} \right)^{\frac{\beta_2 - 1}{\beta}}$$

ここで、 A_0' は電解濃縮前の³H濃度 (pCi/ℓ)、
 A_0 は電解濃縮後の³H濃度 (pCi/ℓ)、
 f_c 、 f_{c1} 、 f_{c2} はそれぞれ、濃縮係数(－)、一次電解濃縮係数(－)、二次電解濃縮係数(－)、
 $V_1 \sim V_6$ はそれぞれ、一次蒸留後の試料量 (cm³)、一次電解後の試料量 (cm³)、二次蒸留後の試料量 (cm³)、一次蒸留水追加分 (cm³)、二次電解開始時の試料量で $V_3 + V_4$ (cm³)、二次電解後の試料量 (cm³)、
 β 、 β_1 、 β_2 はそれぞれ、電解分離係数(－)、一次電解分離係数(－)、二次電解分離係数(－)である。

なお、電解濃縮後の³H濃度 A_0' (TR) も上式で、同様に算出した。

③ ¹⁸O/¹⁶O同位体比

¹⁸O/¹⁶O同位体比は、水-二酸化炭素ガス交換法によりCO₂ガス試料を作成し、質量分析法により分析を実施した (Yoshida N. and Mizutani Y. (1986), Anal. Chem. vol. 58, pp1273-1275)。試料 5 ml をポリエチレン製注射器にとり、これに 1 気圧・10ml のCO₂ガスを市販ボンベより導入し、よく振った後、一度CO₂を捨てて溶存空気を追い出した。次に、新しいCO₂を導入し、25℃の恒温器内で6時間以上静置した。この結果、H₂O-CO₂間での酸素同位体交換反応により、CO₂ガスは水の酸素同位体比よりも41.15%ほど¹⁸Oに富む同位体比組成に固定される。このCO₂ガスを、真空装置を用いて水や空気を取り除くため精製し、精製されたCO₂ガスをMICROMASS社製質量分析装置OPTIMAに導入して測定した。

なお、分析結果は、次式で定義される標準試料に対する同位体比の千分率偏差 $\delta^{18}\text{O}$ (‰) で表現し、標準試料はD/H同位体比と同じく、国際同位体標準試料(SMOW:Standard Mean Ocean Water・標準平均海水)を使用した。

$$\delta^{18}\text{O} = \left(\frac{R_A}{R_S} - 1 \right) \times 1000$$

ここで、 $\delta^{18}\text{O}$ は分析試料の標準試料に対する同位体の千分率偏差(‰)、
 R_A は分析試料の $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 同位体比(-)、
 R_S は標準試料の $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 同位体比(-)で、 2.0052×10^{-3} である。

④ $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 同位体比

試料に Sr^{2+} -アルカリ溶液を加え、密栓・混合し、 CO_2 ガスを除去したグローブボックス内に放置し、 SrCO_3 の沈殿物を生成させた。次に、この沈殿物を CO_2 ガスの含まれない精製水で数回洗浄し、乾燥して分離した。精製した SrCO_3 を高真空装置内で H_3PO_4 と反応させ、得られた CO_2 をMICROMASS社製質量分析装置OPTIMAにより計測した。

なお、分析結果は、次式で定義される標準試料に対する同位体比の千分率偏差 $\delta^{13}\text{C}$ (‰) で表現し、標準試料には国際同位体標準試料(PDB:Peedee Belemnite・米国南カロライナ州ピーデー層産箭石化石)を使用した。

$$\delta^{13}\text{C} = \left(\frac{R_A}{R_S} - 1 \right) \times 1000$$

ここで、 $\delta^{13}\text{C}$ は分析試料の標準試料に対する同位体比の千分率偏差(‰)、
 R_A は分析試料の $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 同位体比(-)、
 R_S は標準試料の $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 同位体比(-)で、 1.1081×10^{-2} である。

⑤ ^{14}C 濃度

試料に Sr^{2+} -アルカリ溶液を加え、密栓・混合し、 CO_2 ガスを除去したグローブボックス内に放置し、 SrCO_3 の沈殿物を生成させた。次に、この沈殿物を CO_2 ガスの含まれない精製水で数回洗浄し、乾燥して分離した。精製した SrCO_3 を高真空装置内で H_3PO_4 と反応させ、得られた CO_2 を精製し、高真空装置内でCo触媒と共に加熱し、得られたグラファイトの ^{14}C をFNタンデム型加速器付質量分析計により計測した。

なお、分析結果は、次式で定義される標準試料に対する同位体比の百分率であるパーセントモダン値で表現した。

$$^{14}\text{C}_{\text{ct}} = \frac{N}{N_0} \times 100$$

ここで、 $^{14}\text{C}_{\text{ct}}$ はパーセントモダン値(%MC)

N_0 は1950年の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 同位体比(-)、

N は試料の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 同位体比(-)である。

(2)分析所B

①D/H同位体比

D/H同位体比の分析は、亜鉛バッチ法により H_2 ガスを発生させ、質量分析法により実施した。まず試料を亜鉛触媒(500°C)で還元し、発生した H_2 ガスのD/H同位体比をNuclide Associates社製3-60 RMS同位体質量分析計で測定した。なお、分析所Aと同様、分析結果は δD (‰)で表示し、標準試料にはSMOWを使用した。

② ^3H 濃度

^3H の分析は、液体シンチレーション法により、「科学技術庁放射能測定シリーズ9トリチウム分析方法」に準じて行った。

本法では、一次蒸留として、試料2ℓに過マンガン酸カリウム、過酸化ナトリウムを添加し蒸留する。次に二次蒸留として水酸化ナトリウムを添加し蒸留し、電解を行う。この二次蒸留・電解を2回繰り返した後、さらに三次蒸留を行う。

以上のように、前処理として電解濃縮した試料に対し、液体シンチレーターであるピコフローLLT(パッカードジャパン(株)製)を添加し、 ^3H を液体シンチレーション計数装置(パッカードジャパン(株)製:液体シンチレーションアナライザー2250CA型)により測定した。

なお、 ^3H の濃度算出では、分析所Aと同様、電解濃縮後の試料の ^3H 濃度を算出し、その結果を用いて電解濃縮前の試料の ^3H 濃度を算出した。

③ $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 同位体比

$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 同位体比の分析は、水-二酸化炭素ガス交換法により CO_2 ガス試料を作成し、質量分析法により実施した。まず、試料と標準 CO_2 を25°Cで72時

間静置し、同位体平衡状態とした後に、CO₂中の¹⁸O/¹⁶O同位体比をNuclide Associates社製3-60 RMS同位体質量分析計で測定した。なお、分析所Aと同様、分析結果はδ¹⁸O(‰)で表示し、標準試料にはSMOWを使用した。

④¹³C/¹²C同位体比

¹³C/¹²C同位体比の分析では、まず、試料にSr²⁺-アルカリ溶液を添加して、SrCO₃の沈殿物を生成・分離した。次に、このSrCO₃を高真空装置内でH₃PO₄と反応させ、CO₂を生成させた。最後に、得られたCO₂を精製して、Nuclide Associates社製6-60同位体質量分析計を用いて測定した。なお、分析所Aと同様、分析結果はδ¹³C(‰)で表示し、標準試料にはPDBを使用した。

⑤¹⁴C濃度

¹⁴Cの分析では、まず¹³C/¹²C同位体比と同様に試料より炭素をCO₂として分離し、その後、グラファイトに還元して測定した。すなわち、試料にSr²⁺-アルカリ溶液を加えてSrCO₃の沈殿物を生成・分離し、このSrCO₃にH₃PO₄を添加した。その際、発生したCO₂を精製後、Co触媒とともに加熱し、グラファイトとし、タンデム型加速器質量分析計により測定した。なお分析結果の表現は、分析所Aと同様、パーセントモダン値である。

(3)分析所C

①D/H同位体比

D/H同位体比は、亜鉛バッチ法によりH₂ガスを発生させ、質量分析法により分析を実施した。まず、試料2 mlを金属亜鉛と共に反応ガラス容器に入れ、真空装置内で液体窒素により冷却した。試料水が氷化した後、装置内部を真空状態にし、反応ガラス容器を密閉し、500℃で試料水を還元し、H₂ガスを発生させた。この発生したH₂ガスをVG社製質量分析装置MM602Cに導入してD/H同位体比を測定した。なお、分析結果はδ D(‰)で表示し、標準試料はSMOWを使用した。

②³H濃度

³Hの分析は、液体シンチレーション法により、「科学技術庁放射能測定シリーズ9トリチウム分析方法」に準じて行った。

まず、試料2 lを乾固するまで蒸留し、蒸留水の一部に電解質として過酸化ナトリウム、触媒として二酸化マンガンを加え、先の蒸留水に合わせた。次に得られた試料を電解セルに入れ、2℃の冷却水槽に浸して電解濃

縮を行った。電極にはFe-Ni電極を用い、電解密度70mA/cm²で、電解液が約12mlとなるまで濃縮した。

電解終了後、濃縮液中にCO₂を約15分間吹き込んで中和した後、蒸留し、200ml低拡散ポリエチレンバイアルに入れて、液体シンチレーターであるピコフローLLTを加え混合し、冷暗所に一昼夜放置し、アロカ(株)製低バックグラウンド液体シンチレーションシステムLSC-LBⅢでβ線測定を行い、³H濃度を算出した。

③¹⁸O/¹⁶O同位体比

¹⁸O/¹⁶O同位体比は水-二酸化炭素ガス交換法により分析を実施した。試料5mlと標準CO₂ガスを反応ガラス容器に入れ、ガス漏れのないように密栓した。次に、H₂O-CO₂間での同位体交換平衡の状態となるように、この反応ガラス容器を25°Cの恒温器内で3時間以上振とうした。最後に、反応ガラス容器からCO₂ガスのみを精製装置内に導入し、寒剤(ドライアイス+アセトン等)および液体窒素にて水分を除去後、Nuclide Associates社製6-60同位体質量分析装置で測定した。なお分析結果はδ¹⁸O(‰)で表示し、標準試料にはSMOWを使用した。

④¹³C/¹²C同位体比

¹³C/¹²C同位体比の分析では、まず試料にSr²⁺-アルカリ溶液を加え、SrCO₃の沈殿物を生成・分離した。次に、このSrCO₃を高真空装置内でH₃PO₄と反応させ、CO₂を生成した。最後に得られたCO₂から寒剤(ドライアイス+アセトン等)および液体窒素にて水分を除去し、Nuclide Associates社製6-60同位体質量分析装置を用いて測定した。なお分析結果はδ¹³C(‰)で表現し、標準試料はPDBを使用した。

⑤¹⁴C濃度

¹⁴Cの分析では、まず¹³C/¹²C同位体比と同様に試料より炭素をCO₂として分離し、その後、グラファイトに還元して測定した。すなわち、試料にSr²⁺-アルカリ溶液を加えてSrCO₃の沈殿を生成・分離し、このSrCO₃にH₃PO₄を添加した。その際、発生したCO₂から寒剤(ドライアイス+アセトン等)および液体窒素にて水分を除去した。精製されたCO₂を高真空装置内で一定のH₂ガス分圧下でCo触媒とともに加熱し、グラファイトとし、タンデム型加速器質量分析計により測定した。なお分析結果は、パーセントモダン値で表現した。

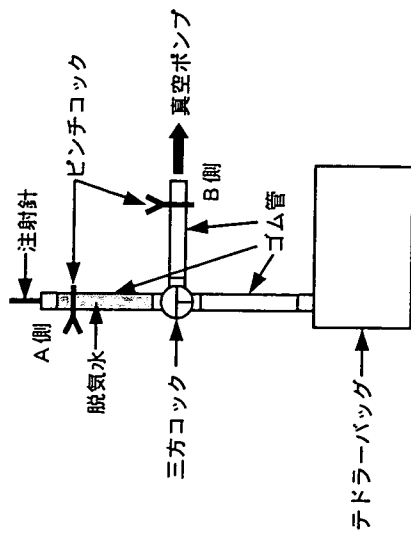
5.3.2 溶存ガスの分析方法

(1) 分析所A

図5.3.1に示すように、試料の入った採水容器とテドラーバックを接続して、遊離ガスおよび水試料をテドラーバックに移した。次に、図5.3.2に示すように、この試料を加熱冷却し、溶存ガスを遊離させて、ガスクロマトグラフを用いて測定した。ガスクロマトグラフ法による分析の使用機器ならびに測定条件を表5.3.1に示す。

なお、CO₂のみ遊離ガス(気相部)のガスクロマトグラフによる測定と共に、水試料(液相部)を赤外線吸収法により、(株)島津製作所製全有機体炭素計TOC-5000Aを用いて測定した。

- ① ゴム管で三方コックに注射針・テドラバーバッグ・真空ポンプを取りつける。
- ② A側のゴム管と注射針に脱気水を入れ、B側のピンチコックを開き、真空ポンプでテドラバーバッグを真空状態にしたのち、B側のピンチコックを閉じる。



- ③ 採水容器を立て、上端にA側の注射針でテドラバーバッグを接続し、ピンチコックを開き、三方コックを回して、遊離ガスをテドラバーバッグに導入する。
- ④ テドラバーバッグを接続した状態で採水容器の上下を逆転させ、Arガスの入ったテドラバーバッグを上部に接続し、Arガスにより試料水をテドラバーバッグに導入する。

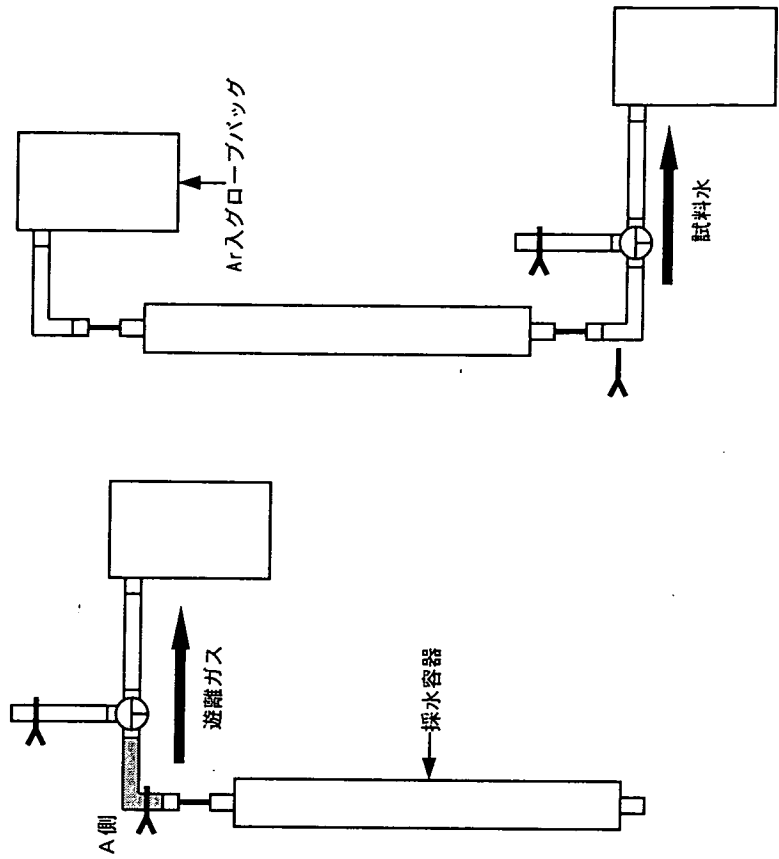
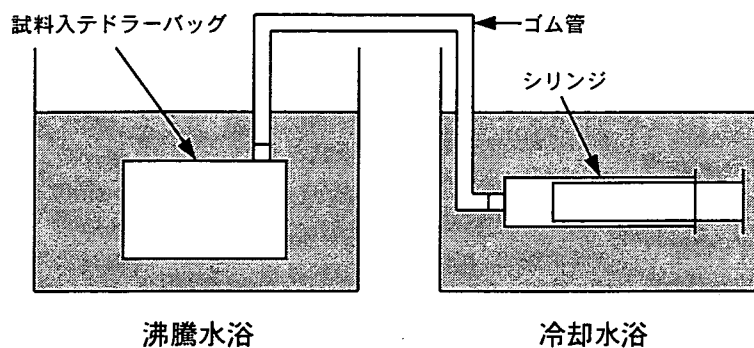


図 5. 3. 1 採水容器から溶存ガス分析用試料を取り出す方法 (分析所 A)



- ①遊離ガスと試料水の入ったテドラーバッグとシリンジをゴム管で接続する。
- ②テドラーバッグを沸騰水浴に、シリンジを冷却水浴におく。
- ③テドラーバッグ内で試料水の沸騰が起こったら、速やかに気相部をシリンジに移す。
- ④③の操作をシリンジ内の気相増加がみられなくなるまで、3回以上繰り返す。

図5. 3. 2 試料水から溶存ガスを分離する方法 (分析所A)

表5. 3. 1 溶存ガスの分析条件 (分析所A)

分析項目	H ₂ ・N ₂ ・O ₂	He	CO・CO ₂ ・CH ₄
使用機種	ジールサイエンス(株)製 GC-390	(株)大倉理研製 GC-802T	ジールサイエンス(株)製 GC-390
検出器	熱伝導度	熱伝導度	水素炎イオン化
キャリアガス	Ar	O ₂	Ar
カラム	モレキュラーブ 5A 10m	モレキュラーブ 5A 7m	ポラパックQ 5m
カラム槽温度	50°C	50°C	50°C

(2)分析所B

CO₂を除く溶存ガスの分析は、ガスクロマトグラフ法により実施した。

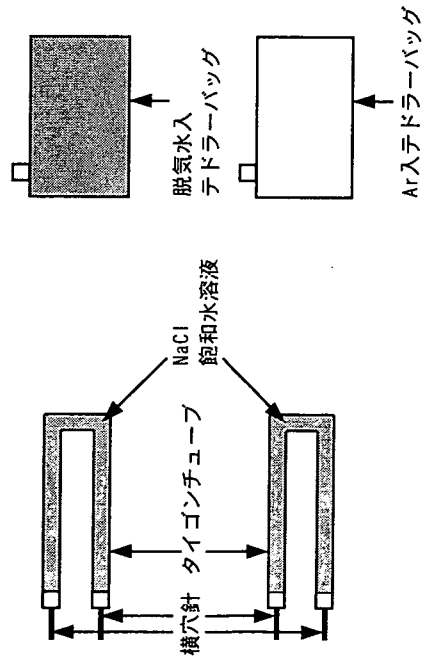
まず、図5.3.3に示すように採水容器とテドラーバックを接続して、遊離ガスおよび水試料をテドラーバックに移した。次に、図5.3.4に示すようにテドラーバックに100mlシリンジを接続し、一方を沸騰水浴、他方を冷却水浴し、ガス分離を実施した。この分離したガス試料を表5.3.2に示す測定条件にて、(株)島津製作所製ガスクロマトグラフGC-3BTで測定した。

なお、CO₂の分析は、以下に示す赤外線吸収法により実施した。

まず、採水容器と真空にした5ℓガラス製ガス採取管を接続し、Arガスを用いて水試料と遊離ガスの全量をガラス製ガス採取管に移した。次に、試料に1w/vol%の塩化第2水銀溶液を添加し、生物活性を停止させた。

以上のように作成したヘッドスペース試料の気相部および液相部のCO₂をオーシャノグラフィー社製IC分析装置TOC-5000を用いて測定した。

- ①両端に横穴針をつけたタイゴンチューブにNaCl飽和水溶液を、テドラバーバッグに脱気水を満たす。
- ②同じく、両端に横穴針をつけたタイゴンチューブにNaCl飽和水溶液を、テドラバーバッグにArガスを満たす。



- ③採水容器を立て、上端に①で準備したタイゴンチューブ・テドラバーバッグを接続し、遊離ガスをテドラバーバッグに導入する。
- ④テドラバーバッグを接続した状態で採水容器の上下を逆転させ、②で準備したタイゴンチューブ・テドラバーバッグを上部に接続し、Arガスにより試料水をテドラバーバッグに導入する。

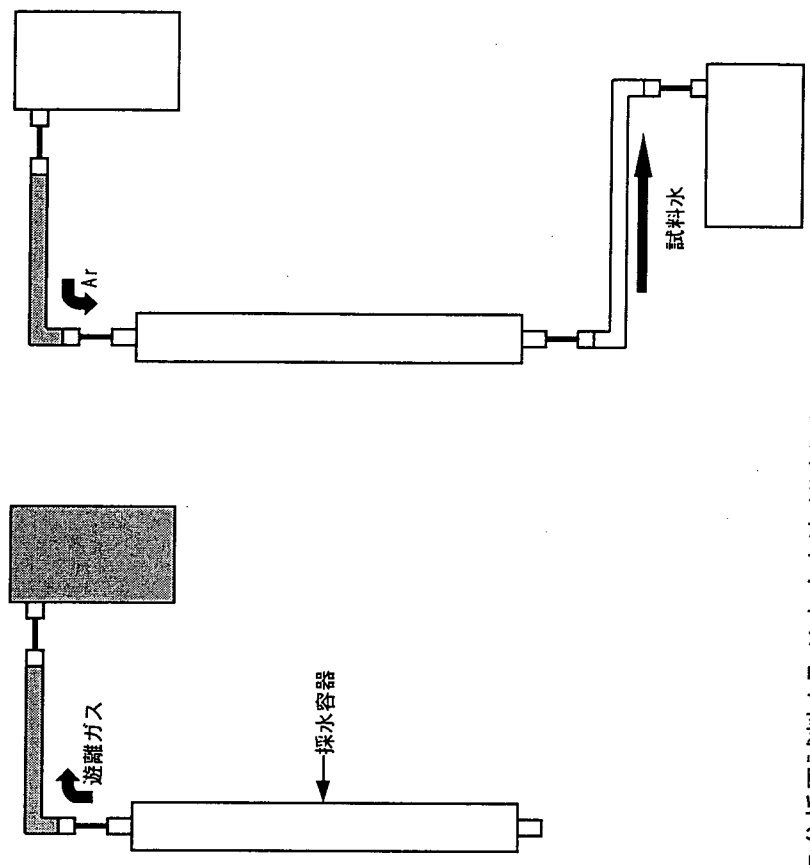
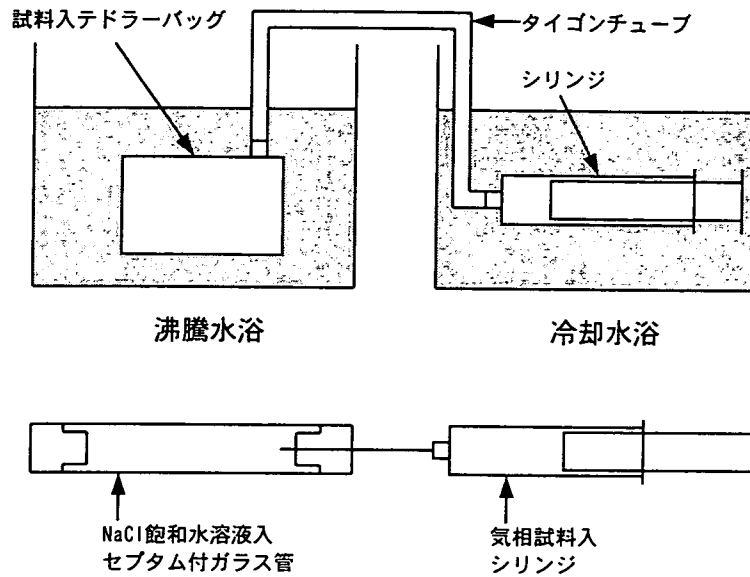


図5.3.3 採水容器から溶存ガス分析用試料を取り出す方法 (分析所B)



- ①試料の入ったテドラーバッグとシリンジをタイゴンチューブで接続する。
- ②テドラーバッグを沸騰水浴に、シリンジを冷却水浴におく。
- ③テドラーバッグ内で試料水の沸騰が起こったら、速やかに気相部をシリンジに移す。
- ④③の操作をシリンジ内の気相増加がみられなくなるまで、3回以上繰り返す。
- ⑤ガス分離完了後、シリンジからタイゴンチューブを抜き、注射針を取付け、速やかにNaCl飽和水溶液を満たしたセプタム付ガラス管に針先を刺して密閉する。

図5. 3. 4 試料水から溶存ガスを分離する方法 (分析所B)

表5. 3. 2 溶存ガスの分析条件(分析所B)

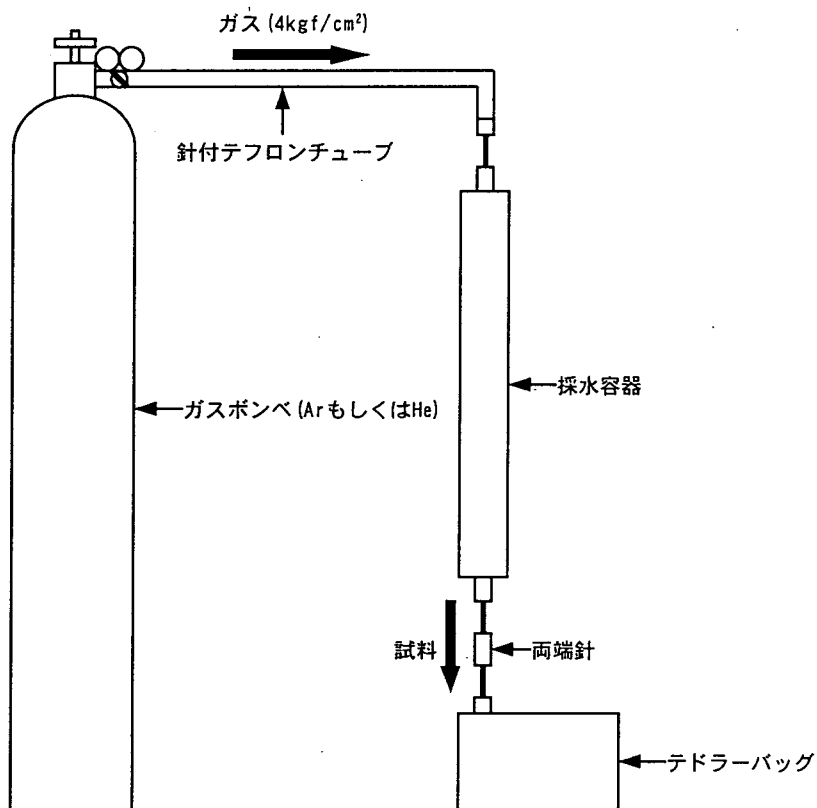
検出器	熱伝導度
キャリアガス	Ar
流量 (ml/min)	21
カラム	モレキュラーブ 5A 3 φ × 2 m
カラム槽温度 (°C)	55
試料導入部温度 (°C)	60
検出器温度 (°C)	55
設定電流 (mA)	80
検出限界 (%)	0.005

(3)分析所C

図5.3.5に示すように、採水容器とテドラーバッグを接続して、ArもしくはHeガスにより遊離ガスおよび試料水をテドラーバッグに移した。この試料を静置し、遊離ガスをガスクロマトグラフを用いて測定した。

また、遊離しなかったガス成分は、図5.3.6に示すように加熱処理により追い出し、同様にガスクロマトグラフ法を用いて測定した。なお、CO₂については加熱処理によるガス成分の追い出しを行わず、試料水を直接、(株)島津製作所製全有機体炭素計TOC-5000Aに導入し、赤外線吸収法により測定した。

ガスクロマトグラフ法による分析の使用機器ならびに測定条件を表5.3.3に示す。ただし、COはメタンコンバータ(ジーエルサイエンス(株)製MT-221)を用いて、H₂と触媒により還元し、生成したCH₄を測定した。



- ①ArもしくはHeガスポンベに針付テフロンチューブを取りつける。
- ②採水容器を立て、上端に①で準備した針付テフロンチューブを接続する。
- ③両端針を用いて採水容器下端にテドラーバッグを接続し、ガスポンベで採水容器内を4 kgf/cm²程度加圧し、試料をテドラーバッグに導入する。

図5.3.5 採水容器から溶存ガス分析用試料を取り出す方法 (分析所C)

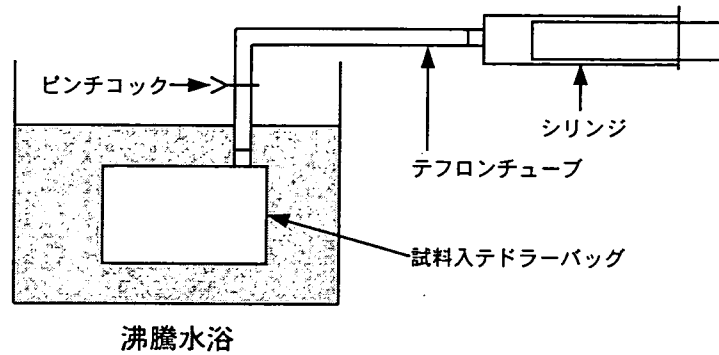


図5. 3. 6 試料水から溶存ガスを分離する方法 (分析所C)

表5. 3. 3 溶存ガスの分析条件 (分析所C)

分析項目	H ₂ ・He	N ₂ ・O ₂	CO・CH ₄
使用機種	(株)島津製作所製 GC-8A		(株)日立製作所製 G-3000
検出器	熱伝導度		水素炎イオン化
キャリアガス	N ₂	He	He
流量 (mℓ/min)	25	50	30
カラム	モレキュラーP 5A 3φ×3m		活性炭 2φ×3m
カラム槽温度 (°C)	40	80	60
試料導入部温度 (°C)	80	120	150
検出器温度 (°C)	80	120	150

5.3.3 主要化学成分の分析方法

(1) 分析所A

①Si・Ca²⁺・Mg²⁺・Sr・Al・Mn・T.Fe

Si・Sr・Al・Mn・T.Feは未濾過試料に、Ca²⁺・Mg²⁺は濾紙5Cで濾過した試料に酸を添加し、表5.3.4の測定波長にて誘導結合プラズマ発光分析法により測定した。使用した誘導結合プラズマ発光分析装置は、日本ジャーレル・アッシュ(株)製ICAP-575である。

表5.3.4 誘導結合プラズマ発光分析の測定波長

分析項目	Si	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr	Al	Mn	T.Fe
測定波長 (nm)	251.612	393.366	279.553	407.771	396.152	257.610	238.204

②Na⁺・K⁺

JIS K 0101(工場用水試験方法)47.2および48.2のフレイム原子吸光法によった。すなわち、未濾過試料をアセチレン-空気フレイム中に噴霧し、このとき生じる波長589.0nmの輝線の吸光度を測定してNa⁺を、波長766.5nmの輝線の吸光度を測定してK⁺を定量した。なお、測定装置には、日本ジャーレル・アッシュ(株)製AA-880mark IIを用いた。

③Fe²⁺

厚生省令第69号上水試験方法VI-3 12.5.2の1,10-フェナントロリン法によった。濾紙5Cで濾過した試料に1,10-フェナントロリンを添加し、赤褐色の鉄(II)錯体を生成させ、この試料溶液の510nmにおける吸光度を(株)日立製作所製U-1100形分光光度計で測定した。

④Cl⁻・F⁻・Br⁻・I⁻・SO₄²⁻・IO₃⁻・NO₂⁻・NO₃⁻

濾紙5Cで濾過した試料を用いてイオンクロマトグラフ法により実施した。各項目の使用機器、分析条件を表5.3.5に示す。

表5.3.5 イオンクロマトグラフの測定条件(分析所A)

分析項目	Cl ⁻ ・F ⁻ ・Br ⁻ SO ₄ ²⁻ ・NO ₂ ⁻ ・NO ₃ ⁻	I ⁻	IO ₃ ⁻
機種	(株)島津製作所製 HIC-6A	日本タテハス(株)製 2010i	日本タテハス(株)製 DX-500
試料注入量	20 μℓ	50 μℓ	50 μℓ
溶離液	2.5mM : フタル酸	3 mM : Na ₂ CO ₃ 4 mM : NaHCO ₃ 0.75mM : パラシアフェノール	2 mM : NaOH
流速	1.5cm ³ /min	1.6cm ³ /min	1.5cm ³ /min
分離カラム	Shim-pac IC-AI 5 φ × 140mm	HPIC-AS5A 4 φ × 250mm	HPIC-AS11 4 φ × 200mm
検出器	電気伝導度	電気伝導度	電気伝導度

⑤T. P

JIS K 0101(工場用水試験方法)43.3.2の硝酸一過塩素酸分解法によった。未濾過試料中の有機物等を硝酸一過塩素酸により分解し、リン化合物をリン酸イオンとした。この溶液に対してリン酸イオンを定量した。定量では、リン酸イオンとモリブデン酸アンモニウムとの反応により生成したヘテロポリ化合物を還元して、モリブデン青の880nmにおける吸光度を(株)日立製作所製U-1100形分光光度計で測定した。

⑥PO₄³⁻

JIS K 0101(工場用水試験方法)43.1.2のモリブデン青[塩化スズ(Ⅱ)]吸光度法によった。濾紙5Cで濾過した試料に対して、T. Pのように有機物等の分解処理は行わず、直接、モリブデン酸アンモニウム溶液を添加し、ヘテロポリ化合物を生成させた。これに塩化スズ(Ⅱ)溶液を添加し、15分間静置することにより、ヘテロポリ化合物を還元し、モリブデン青を生成させた。このモリブデン青の880nmにおける吸光度を(株)日立製作所製U-1100形分光光度計で測定した。

⑦T. N

JIS K 0101(工場用水試験方法)39.2の紫外吸光度法によった。未濾過試料にペルオキシ二硫酸カリウムのアルカリ性溶液を加え、約120℃に加熱して窒素化合物を硝酸イオンに変えるとともに有機物を分解した。この溶液のpHを2～3に調整し、硝酸イオンによる波長220nmの吸光度を(株)日立製作所製U-1100形分光光度計で測定して定量した。

⑧S²⁻

JIS K 0101(工場用水試験方法)40.1のメチレンブルー吸光光度法によった。濾紙5Cで濾過した試料をpH1以下の硫酸酸性とし、N,N'-ジメチル-p-フェニレンジアミンと塩化鉄(Ⅲ)を添加し、1分間静置した。次に、リン酸水素二アンモニウムを加え、5分間静置した。以上の操作により、3,7-ビス(ジメチルアミノ)フェノチジン-5イウムクロリド(メチレンブルー)を生成させ、この試料溶液の波長670nmにおける吸光度を(株)日立製作所製U-1100形分光光度計で測定した。

⑨NH₄⁺

JIS K 0101(工場用水試験方法)36.2のインドフェノール青吸光光度法によった。濾紙5Cで濾過した試料に酸化マグネシウムを加えて弱アルカリ性とし、蒸留を行い、留出したアンモニアを希硫酸に吸収させた。次に、この留出液にEDTA、ナトリウムフェノラート、次亜塩素酸ナトリウムを加え、液温20~25℃で30分間静置し、インドフェノール青を生成させた。この溶液の波長630nmにおける吸光度を(株)日立製作所製U-1100形分光光度計で測定して定量した。

⑩TC・IC・TOC

JIS K 0101(工場用水試験方法)20.1の燃焼酸化-赤外線式TOC分析法によった。未濾過試料を、二酸化炭素を除去した空気とともに900℃以上の全炭素測定用酸化触媒充填管に送り込み、有機物中の炭素および無機物中の炭素を二酸化炭素とした後、その濃度を非分散形赤外線ガス分析計で測定してTCを求めた。

また、別に試料を有機物が分解されない約150℃に保った無機体炭素測定用酸性触媒充填管に送り込み、生成した二酸化炭素を測定し、ICを求めた。

TOCは、TCからICを差し引いて算出した。なお、測定には(株)島津製作所製全有機体炭素計TOC-5000Aを使用した。

⑪フミン酸・フルボ酸

濾紙5Cで濾過した試料500mlに希硫酸を添加し、pH2として一週間静置した。その後、濾過を行い、濾液と沈殿物に分離した。

フルボ酸の定量ではこの濾液の、フミン酸の定量では、沈殿物を1規定水酸化ナトリウム10mlで溶解後、再度濾過した濾液の、励起波長330nm、測定波長435nmで蛍光光度を測定した。

標準物質は、日本腐植学会より入手したInogashiraフミン酸、フルボ酸とし、測定装置には、(株)日立製作所製分光蛍光光度計F-4000を使用した。

(2)分析所B

①Si・Ca²⁺・Mg²⁺・Sr・Al・Mn・T.Fe

Siは未濾過試料を1%硝酸で10倍希釈したものに、Sr・Al・Mnは未濾過試料にそのまま、塩酸が10%となるよう添加した。また、Ca²⁺・Mg²⁺は、ミリポアフィルター(0.45 μm)で濾過した試料5 mlに塩酸(1+1) 2 mlを添加し、1%硝酸で10 mlとし、Ca²⁺のみ1%硝酸で10倍希釈を実施した。T.Feは、未濾過試料に硝酸を1%添加した。

以上のように調製した試料を表5.3.4の測定波長にて誘導結合プラズマ発光分光法により測定した。使用した誘導結合プラズマ発光分光分析装置は、T.Feのみセイコー電子工業(株)製シーケンシャル型ICP発光分光分析装置SPS1200VRで、それ以外はセイコー電子工業(株)製シーケンシャル型ICP発光分光分析装置SPS4000である。

②Na⁺・K⁺

未濾過試料を1%硝酸で、Na⁺については20倍に、K⁺については10倍に希釈し、これに塩化セシウムを0.1%になるように添加し、原子吸光分析法で測定した。なお、使用した原子吸光光度計は、(株)日立製作所製偏光ゼーマン原子吸光光度計180-80である。

③Fe²⁺

Fe²⁺の分析は、1,10-フェナントロリン法によった。すなわちミリポアフィルター(0.45 μm)で濾過した試料を100 mlメスフラスコにとり、1,10-フェナントロリン溶液を加えた後、酢酸アンモニウム溶液を加え、橙赤色の鉄(II)錯体を生成させた。この溶液の波長510 nmの吸光度を測定して、試料中のFe²⁺の含有量を求めた。なお、使用した分光光度計は、(株)島津製作所製分光光度計UV-730である。

④Cl⁻・F⁻・Br⁻・I⁻・SO₄²⁻・IO₃⁻・NO₂⁻・NO₃⁻・S²⁻

ミリポアフィルター(0.45 μm)で濾過した試料を用いてイオンクロマトグラフ法により実施した。各項目の使用機器、分析条件を表5.3.6に示す。

表5.3.6 イオンクロマトグラフの測定条件(分析所B)

分析項目	Cl ⁻ ・F ⁻ ・IO ₃ ⁻	Br ⁻ ・SO ₄ ²⁻ NO ₂ ⁻ ・NO ₃ ⁻	I ⁻	S ²⁻
機種	日本タテックス(株)製 DX-500			日本タテックス(株)製 DX-300
試料注入量	500 μℓ			50 μℓ
溶離液	2 mM : NaHCO ₃	2 mM : Na ₂ CO ₃ 1 mM : NaHCO ₃	5 mM : NaHCO ₃	1.2 mM : Na ₂ CO ₃ 10 mM : NaOH
流速	1.5 cm ³ /min			1.5 cm ³ /min
カラム	IonPac-AG4A-SC : 4 φ × 50mm IonPac-AS4A-SC : 4 φ × 250mm			HPIC-AG4A : 4 φ × 50mm HPIC-AS4A : 4 φ × 250mm
検出器	電気伝導度			電気化学

⑤T.P

JIS K 0101(工場用水試験方法)43.3.2の硝酸一過塩素酸分解法によった。未濾過試料中の有機物等を硝酸一過塩素酸の混酸で加熱分解し、リン化合物をリン酸イオンとした。この溶液に対し、七モリブデン酸六アンモニウムおよびタルトラトアンチモン(Ⅲ)酸カリウムを加え、生成したヘトロポリ化合物をL(+)-アスコルビン酸で還元し、モリブデン青の波長880nmの吸光度を測定した。なお、使用した分光光度計は、(株)島津製作所製分光光度計UV-730である。

⑥PO₄³⁻

JIS K 0101(工場用水試験方法)43.1.1のモリブデン青(アスコルビン酸)吸光光度法によった。ミリポアフィルター(0.45 μm)で濾過した試料に対して、T.Pのように有機物等の分解処理は行わず、直接、七モリブデン酸六アンモニウムおよびタルトラトアンチモン(Ⅲ)酸カリウムを加え、生成したヘトロポリ化合物をL(+)-アスコルビン酸で還元し、生成したモリブデン青の波長880nmの吸光度を測定した。なお、使用した分光光度計は、T.Pと同様、(株)島津製作所製分光光度計UV-730である。

⑦T.N

JIS K 0101(工場用水試験方法)39.2の紫外吸光光度法によった。未濾過試料にペルオキシ二硫酸カリウムのアルカリ性溶液を加え、約120℃に加熱して窒素化合物を硝酸イオンに変えるとともに有機物を分解した。この溶

液のpHを2～3に調整し、硝酸イオンによる波長220nmの吸光度を(株)島津製作所製分光光度計CL-1200で測定した。

⑧NH₄⁺

JIS K 0101(工場用水試験方法)36.2のインドフェノール青吸光光度法によった。ミリポアフィルター(0.45μm)で濾過した試料に酸化マグネシウムを加えて弱アルカリ性とし、蒸留を行い、留出したアンモニアを希硫酸に吸収させた。次に、この留出液にEDTA、ナトリウムフェノラート、次亜塩素酸ナトリウムを加え、液温20～25℃で30分間静置し、インドフェノール青を生成させた。この溶液の波長630nmにおける吸光度を(株)島津製作所製分光光度計UV-730で測定した。

⑨TC・IC・TOC

JIS K 0101(工場用水試験方法)20.1の燃焼酸化—赤外線式TOC分析法によった。未濾過試料を、CO₂を除去した空気とともに高温の全炭素測定管に送り込み、有機物中の炭素および無機物中の炭素をCO₂とした後、その濃度を非分散形赤外線ガス分析計で測定してTCを求めた。

また、これとは別に未濾過試料をオートインジェクションにより導入し、N₂ガスを流して曝気処理を行い、ICのみをCO₂とし、水分を除去し、非分散形赤外線ガス分析計で生成したCO₂を測定してICを求めた。

TOCは、TCからICを差し引いて算出した。なお、測定には(株)東レエンジニアリング(株)非分散形赤外線ガス分析計TOC-650を使用した。

⑩フミン酸・フルボ酸

まず、試料を凍結濃縮法により50倍に濃縮した後、0.4μmのフィルターで濾過し、濾液を10mlの定容とした。次に、この濾液に対して、酸を加えてpH2以下として、一昼夜静置した。

フミン酸は、以上の操作で得られた試料を再度濾過し、残さに1規定水酸化ナトリウムを添加して、溶解し、励起波長330nm、測定波長435nmにて蛍光分光光度計で測定した。

また、フルボ酸は、濾液を微アルカリの定容として、フミン酸と同様、励起波長330nm、測定波長435nmにて蛍光分光光度計で測定した。

なお、使用した蛍光光度計は、日立製作所製蛍光分光光度計F-1000で、標準物質としては日本腐植学会より入手したInogashiraフミン酸およびフルボ酸を用いた。

(3)分析所C

①Si・Ca²⁺・Mg²⁺・Sr・Al・Mn・T・Fe

Si・Sr・Al・Mn・T・Feは未濾過試料に、Ca²⁺・Mg²⁺は濾紙5Cで濾過した試料に酸を添加し、表5.3.4の測定波長にて誘導結合プラズマ発光分光法により測定した。使用したICP発光分析装置は、(株)島津製作所製ICPS-1000Ⅲである。

②Na⁺・K⁺

JIS K 0101(工場用水試験方法)47.2および48.2のフレイム原子吸光法によった。すなわち、未濾過試料を10ml分取し、これに硝酸1ml加え、100mlとした。この試料をアセチレン-空気フレイム中に噴霧し、このとき生じる波長589.0nmの輝線の吸光度を測定してNa⁺を、波長766.5nmの輝線の吸光度を測定してK⁺を定量した。なお、測定装置には、日本ジャーレル・アッシュ(株)製AA-890を用いた。

③Fe²⁺

厚生省令第69号上水試験方法VI-3 12.5.2の1,10-フェナントロリン法によった。濾紙5Cで濾過した試料に1,10-フェナントロリンを添加し、赤褐色の鉄(Ⅱ)錯体を生成させ、この試料溶液の510nmにおける吸光度を(株)島津製作所製分光光度計UV-160で測定した。

④Cl⁻・F⁻・Br⁻・SO₄²⁻・IO₃⁻・NO₂⁻・NO₃⁻

濾紙5Cで濾過した試料を用いてイオンクロマトグラフ法により実施した。測定は、表5.3.7の分析条件で、日本ダイオネクス(株)製イオンクロマトグラフDX-500にて行った。

表5.3.7 イオンクロマトグラフの測定条件(分析所C)

分析項目	Cl ⁻ ・Br ⁻ ・SO ₄ ²⁻ NO ₂ ⁻ ・NO ₃ ⁻	F ⁻ ・IO ₃ ⁻
試料注入量	50 μ l	
溶離液	1.8mM : Na ₂ CO ₃ 1.7mM : NaHCO ₃	1 mM : NaHCO ₃
流速	1.5cm ³ /min	
カラム	IonPac-AG4A-SC : 4 φ × 50mm IonPac-AS4A-SC : 4 φ × 250mm	
検出器	電気伝導度	

⑤I⁻

I⁻は、妨害元素によりイオンクロマトグラフによる定量ができなかったため、誘導結合プラズマ質量分析法により測定した。

まず、未濾過試料100mlを蒸発乾固し、硫酸を1ml添加して、10mlの定容とした。この試料を質量数127で、誘導結合プラズマ質量分析法によりセイコー電子工業(株)製ICP質量分析装置SPQ8000を用いて測定した。

⑥T. P

JIS K 0101(工場用水試験方法)43.3.2の硝酸一過塩素酸分解法によった。未濾過試料中の有機物等を硝酸一過塩素酸により分解し、リン化合物をリン酸イオンとした。この溶液に対してリン酸イオンを定量した。定量では、リン酸イオンとモリブデン酸アンモニウムとの反応により生成したヘテロポリ化合物を還元して、モリブデン青の880nmにおける吸光度を(株)島津製作所製分光光度計UV-160で測定した。

⑦PO₄³⁻

JIS K 0101(工場用水試験方法)43.1.1のモリブデン青(アスコルビン酸)吸光光度法によった。濾紙5Cで濾過した試料に対して、モリブデン酸アンモニウムおよび酒石酸アンチモニルカリウムを添加した。その結果、生成するヘテロポリ化合物をL-アスコルビン酸で還元して、モリブデン青の880nmにおける吸光度を(株)島津製作所製分光光度計UV-160で測定した。

⑧T. N

JIS K 0101(工場用水試験方法)39.2の紫外吸光光度法によった。未濾過試料にペルオキシ二硫酸カリウムのアルカリ性溶液を加え、約120℃に加熱して窒素化合物を硝酸イオンに変えるとともに有機物を分解した。この溶液のpHを2～3に調整し、硝酸イオンによる波長220nmの吸光度を(株)島津製作所製分光光度計UV-160で測定した。

⑨S²⁻

JIS K 0101(工場用水試験方法)40.1のメチレンブルー吸光光度法によった。濾紙5Cで濾過した試料に塩化鉄(Ⅲ)を添加し、N,N'-ジメチル-p-フェニレンジアミンとの反応により生成するメチレンブルーの波長670nmにおける吸光度を(株)島津製作所製分光光度計UV-160で測定した。

⑩NH₄⁺

JIS K 0101(工場用水試験方法)36.2のインドフェノール青吸光光度法によった。濾紙5Cで濾過した試料に酸化マグネシウムを加えて弱アルカリ性とし、蒸留を行い、留出したアンモニアを希硫酸に吸収補集させた。次にこの留出液中のアンモニウムイオンが次亜塩素酸イオンの共存のもとで、フェノールと反応して生じるインドフェノール青の波長630nmにおける吸光度を(株)島津製作所製分光光度計UV-160で測定した。

⑪TC・IC・TOC

JIS K 0101(工場用水試験方法)20.1の燃焼酸化—赤外線式TOC分析法によった。未濾過試料を、二酸化炭素を除去した空気とともに900℃以上の全炭素測定用酸化触媒充填管に送り込み、有機物中の炭素および無機物中の炭素を二酸化炭素とした後、その濃度を非分散形赤外線ガス分析計で測定してTCを求めた。

また、別に試料を有機物が分解されない約150℃に保った無機体炭素測定用酸化触媒充填管に送り込み、生成した二酸化炭素を測定し、ICを求めた。

TOCは、TCからICを差し引いて算出した。なお、測定には(株)島津製作所製全有機体炭素計TOC-5000Aを使用した。

⑫フミン酸・フルボ酸

フミン酸は、試料400mlを凍結乾燥法により50倍に濃縮し、メンブランフィルター(0.45 μm)で濾過した。この濾液に対し、0.1規定塩酸を加えてpH 2以下として、一夜静置し、フミン酸を沈殿させた。これを再度メンブランフィルター(0.45 μm)で濾過し、残さに0.1規定水酸化ナトリウムを加えて定容にした。

以上のようにして得られた試料に対し、励起波長330nm、測定波長435nmにおける蛍光光度を日本分光(株)製分光蛍光光度計FP-777で測定した。

また、フルボ酸は、メンブランフィルター(0.45 μm)で濾過した試料に対し、フミン酸と同じく、励起波長330nm、測定波長435nmにおける蛍光光度を日本分光(株)製分光蛍光光度計FP-777で測定した。なお、標準物質には、日本腐植学会より入手したInogashiraフミン酸およびフルボ酸を用いた。

5.3.4 微量化学成分の分析方法

(1) 分析所 A

① Se・Asを除く微量化学成分

Li・Mn・Sr・Wは、未濾過試料を0.5%硝酸で10倍に希釈し、その他の項目は未希釈で、誘導結合プラズマ質量分析法により表5.3.8に示す質量数にて測定した。測定装置は、横河アナリティカルシステムズ(株)製PMS-2000を使用した。

表5.3.8 誘導結合プラズマ質量分析法の測定条件(分析所A)

項目	質量数	存在度 (%)	使用	理由	項目	質量数	存在度 (%)	使用	理由
Li	7	92.5	○	存在度が高い	Rb	85	72.2	○	存在度が高い
B	11	80.1	○	存在度が高い	Ba	137	11.2	○	SbO ⁺ , MoAr ⁺ と重なるが影響小
Ti	46	8.0		NaNa ⁺ と重なる		138	71.7		¹³⁸ Ce ⁺ , SnO ⁺ , TeO ⁺ , GaGa ⁺ , MoAr ⁺ と重なる
	47	7.3	○	⁹⁴ Mo ²⁺ と重なるが影響小	Be	9	100	○	単一核種
	48	73.8		⁴⁸ Ca ⁺ , MgMg ⁺ , SO ⁺ と重なる	V	51	99.8	○	存在度が高い
Mn	55	100	○	単一核種	Ag	107	51.8	○	存在度が高い
Ni	58	68.1		⁵⁸ Fe ⁺ , ¹¹⁶ Cd ²⁺ , CaO ⁺ と重なる	Cd	111	12.8	○	GaAr ⁺ と重なるが影響小
	60	26.2	○	NeAr ⁺ と重なるが影響小		112	24.1		¹¹² Sn ⁺ , ZrO ⁺ , RuO ⁺ , GeAr ⁺ , FeFe ⁺ と重なる
Cu	63	69.2	○	存在度が高い		114	28.7		¹¹⁴ Sn ⁺ , MoO ⁺ と重なる
Sr	88	82.6	○	存在度が高い	Hg	202	29.9	○	存在度が高い
Zr	90	51.5	○	存在度が高い	La	139	99.9	○	存在度が高い
Nb	93	100	○	単一核種	Ce	140	88.5	○	存在度が高い
Pd	105	22.3	○	YO ⁺ と重なるが影響小	Pr	141	100	○	単一核種
	106	27.3		¹⁰⁶ Cd ⁺ , ZrO ⁺ , ZnAr ⁺ , CrCr ⁺ と重なる	Nd	142	27.1		¹⁴² Ce ⁺ , RuAr ⁺ , GaGa ⁺ と重なる
	108	26.5		MoO ⁺ , ZrO ⁺ , ZnAr ⁺ と重なる		144	23.8		¹⁴⁴ Sm ⁺ , RuAr ⁺ , GeGe ⁺ と重なる
Sn	118	24.2	○	MoO ⁺ と重なるが影響小		146	17.2	○	TeO ⁺ , PdAr ⁺ と重なるが影響小
	120	32.6		PdO ⁺ , ¹²⁰ Te ⁺ , SeAr ⁺ , NiNi ⁺ , KrAr ⁺ と重なる	147	15.0	○	XeO ⁺ , AgAr ⁺ と重なるが影響小	
Sb	121	57.4	○	存在度が高い	Sm	152	26.7		¹⁵² Gd ⁺ , BaO ⁺ , CeO ⁺ , CdAr ⁺ , SeSe ⁺ , SnAr ⁺ , GeGe ⁺ と重なる
Cs	133	100	○	単一核種		154	22.7		¹⁵⁴ Gd ⁺ , BaO ⁺ , CeO ⁺ , CdAr ⁺ , SeSe ⁺ , SnAr ⁺ と重なる
Pb	208	52.4	○	存在度が高い	Eu	151	47.8	○	BaO ⁺ , CdAr ⁺ と重なるが影響小
Bi	209	100	○	単一核種		153	52.2		BaO ⁺ , InAr ⁺ と重なる
Ra	226	—	○	長寿命核種	Gd	156	20.5		¹⁵⁶ Dy ⁺ , CeO ⁺ , CdAr ⁺ , SnAr ⁺ , SeSe ⁺ , KrKr ⁺ と重なる
Th	232	100	○	単一核種		157	15.7	○	PrO ⁺ と重なるが影響小
W	182	26.3	○	ErO ⁺ , NdAr ⁺ と重なるが影響小		158	24.8		¹⁵⁸ Dy ⁺ , CeO ⁺ , NdO ⁺ , SnAr ⁺ , BrBr ⁺ と重なる
	184	30.7		YbO ⁺ , SmAr ⁺ , ZrZr ⁺ , MoMo ⁺ と重なる	160	21.9		¹⁶⁰ Dy ⁺ , SmO ⁺ , NdO ⁺ , SnAr ⁺ , SeSe ⁺ , KrKr ⁺ と重なる	
	186	28.6		YbO ⁺ , NbNb ⁺ , ¹⁸⁶ Os ⁺ と重なる	Tb	159	100	○	単一核種
U	238	99.3	○	存在度が高い	Dy	162	25.5		¹⁶² Er ⁺ , NdO ⁺ , SnAr ⁺ , TeAr ⁺ , BrBr ⁺ と重なる
Cr	52	83.8		ArC ⁺ , SO ⁺ , ¹⁰⁴ Ru ²⁺ , MgMg ⁺ と重なる		163	24.9	○	SbAr ⁺ , SmO ⁺ と重なるが影響小
	53	9.5	○	¹⁰⁶ Pd ²⁺ , ClO ⁺ と重なるが影響小		164	28.2		¹⁶⁴ Er ⁺ , NdO ⁺ , SnAr ⁺ , BaO ₂ ⁺ と重なる
Co	59	100	○	単一核種	Ho	165	100	○	単一核種
Zn	64	48.6		⁶⁴ Ni ⁺ , S ₂ ⁺ , TiO ⁺ , ¹²⁸ Te ²⁺ , MgAr ⁺ と重なる	Er	166	33.6	○	存在度が高い
	66	27.9	○	¹³² Xe ²⁺ と重なるが影響小	Tm	169	100	○	単一核種
Mo	95	15.9	○	MnAr ⁺ と重なるが影響小	Yb	172	21.9	○	XeAr ⁺ , GdO ⁺ と重なるが影響小
	96	16.7		¹⁹² Os ²⁺ , SeO ⁺ , FeAr ⁺ , TiTi ⁺ と重なる		174	31.8		GdO ⁺ , DyO ⁺ と重なる
	98	24.1		⁹⁸ Ru ⁺ , SeO ⁺ , KrO ⁺ , ¹⁹⁶ Pt ²⁺ , NiAr ⁺ , TiTi ⁺ と重なる	Lu	175	97.4	○	存在度が高い

注) 存在度は、「国立天文台編:理科年表平成8年,丸善,pp.552-556(1995)」より抜粋。
 質量数は原則として存在度の最も高いものを採用し、この原則と異なる場合は、各質量数の採用・不採用の理由を記載した。

②Se

JIS K 0102(工業排水試験法)67.2の水素化合物発生原子吸光法によった。未濾過試料に硫酸および硝酸を加えて前処理した後、セレンをセレン化水素とし、フレイムレス原子吸光光度法により、波長196.0nmで測定した。

なお、水素化物発生・水素化物原子化には、日本ジャーレル・アッシュ(株)製HYD-30を、原子吸光度測定には日本ジャーレル・アッシュ(株)製AA-845を使用した。

③As

JIS K 0101(工業用水試験方法)61.2の水素化物発生原子吸光法によった。未濾過試料に硫酸および硝酸を加えて前処理した後、砒素を水素化砒素とし、電気炉中にセットした石英管状セル中に導き、フレイムレス原子吸光光度法により、波長193.7nmで測定し、定量した。なお、補助還元剤としてヨウ化カリウム溶液を用いた。使用装置は、セレンと同じく、日本ジャーレル・アッシュ(株)製HYD-30ならびにAA-845である。

(2)分析所B

①Se・Asを除く微量化学成分

Mn・Srは50倍、Wは20倍、Li・B・U・Baは5倍、Ti・Ni・Zn・Mo・Rbは2倍にそれぞれ、未濾過試料を0.5%硝酸で希釈し、その他の項目については未希釈で、誘導結合プラズマ質量分析法により測定した。なお、使用したICP質量分析装置は、セイコー電子工業(株)製四重極型ICP質量分析装置SPQ 6500で、表5.3.9に示す質量数を用いた。

表5.3.9 誘導結合プラズマ質量分析法の測定条件(分析所B)

項目	質量数	存在度 (%)	使用	理由	項目	質量数	存在度 (%)	使用	理由
Li	7	92.5	○	存在度が高い	Be	9	100	○	単一核種
B	11	80.1	○	存在度が高い	V	51	99.8	○	存在度が高い
Ti	46	8.0		⁴⁶ Ca ⁺ と重なる	Ag	107	51.8	○	存在度が高い
	47	7.3		原因不明のピークと重なる	Cd	111	12.8	○	他と比べ妨害が少ない
	48	73.8		⁴⁸ Ca ⁺ と重なる		112	24.1		¹¹² Sn ⁺ と重なる
	49	5.5	○	他と比べ妨害が少ない		114	28.7		¹¹⁴ Sn ⁺ と重なる
Mn	55	100	○	単一核種	Hg	199	16.9		WO ⁺ と重なる
Ni	58	68.1		⁵⁸ Fe ⁺ と重なる		200	23.1		WO ⁺ と重なる
	60	26.2	○	58について存在度が高い		201	13.2	○	他と比べ妨害が少ない
Cu	63	69.2	○	存在度が高い		202	29.9		WO ⁺ と重なる
Sr	88	82.6	○	存在度が高い	La	139	99.9	○	存在度が高い
Zr	90	51.5	○	存在度が高い	Ce	140	88.5	○	存在度が高い
Nb	93	100	○	単一核種	Pr	141	100	○	単一核種
Pd	106	27.3	○	存在度が高い	Nd	142	27.1		¹⁴² Ce ⁺ と重なる
Sn	118	24.2	○	120について存在度が高い		144	23.8		¹⁴⁴ Sm ⁺ と重なる
	120	32.6		¹²⁰ Te ⁺ と重なる		146	17.2	○	他と比べ妨害が少ない
Sb	121	57.4	○	存在度が高い	Sm	147	15.0	○	他と比べ妨害が少ない
Cs	133	100	○	単一核種		152	26.7		BaO ⁺ と重なる
Pb	208	52.4	○	存在度が高い		154	22.7		BaO ⁺ と重なる
Bi	209	100	○	単一核種	Eu	151	47.8	○	BaO ⁺ と重なるが影響小
Ra	226	—	○	長寿命核種		153	52.2		BaO ⁺ と重なる
Th	232	100	○	単一核種		156	20.5		¹⁵⁶ Dy ⁺ と重なる
W	182	26.3	○	他と比べ妨害が少ない	Gd	157	15.7	○	他と比べ妨害が少ない
	184	30.7		¹⁸⁴ Os ⁺ と重なる		158	24.8		¹⁵⁸ Dy ⁺ と重なる
	186	28.6		¹⁸⁶ Os ⁺ と重なる		160	21.9		¹⁶⁰ Dy ⁺ と重なる
U	238	99.3	○	存在度が高い		Tb	159	100	○
Cr	52	83.8		ArC ⁺ と重なる	Dy	162	25.5		¹⁶² Er ⁺ と重なる
	53	9.5	○	52について存在度が高い		163	24.9	○	他と比べ妨害が少ない
Co	59	100	○	単一核種		164	28.2		¹⁶⁴ Er ⁺ と重なる
Zn	64	48.6		⁶⁴ Ni ⁺ と重なる	Ho	165	100	○	単一核種
	66	27.9	○	64について存在度が高い	Er	166	33.6	○	存在度が高い
Mo	95	15.9	○	他と比べ妨害が少ない	Tm	169	100	○	単一核種
	96	16.7		⁹⁶ Zr ⁺ , ⁹⁶ Ru ⁺ と重なる	Yb	172	21.9	○	174について存在度が高い
	98	24.1		⁹⁸ Ru ⁺ と重なる		174	31.8		¹⁷⁴ Hf ⁺ と重なる
Rb	85	72.2	○	存在度が高い	Lu	175	97.4	○	存在度が高い
Ba	137	11.2	○	138について存在度が高い					
	138	71.7		¹³⁸ La ⁺ , ¹³⁸ Ce ⁺ と重なる					

注) 存在度は、「国立天文台編:理科年表平成8年,丸善,pp.552-556(1995)」より抜粋。
 質量数は原則として存在度の最も高いものを採用し、この原則と異なる場合は、各質量数の採用・不採用の理由を記載した。

②Se

未濾過試料25mlに塩酸を添加して加熱した後、硝酸ランタン溶液を加えてアンモニア水でpHを約9として加熱した。放冷後、濾過し、沈殿物を塩酸(1+1)で溶解して加熱した後、純水で25mlの定容とした。この溶液について、水素化物発生-原子吸光分析法でSeを測定し、試料溶液中のSeの含有量を求めた。なお、原子吸光光度計には、(株)日立製作所製原子吸光光度計A-1800、水素化物発生・原子化にはそれぞれ、日本ジャーレル・アッシュ(株)製水素化物発生装置HYD-10ならびに水素化物原子化装置HYD-20を使用した。

③As

未濾過試料25mlに塩酸を添加して加熱した後、塩化第二鉄溶液を加えてアンモニア水でpHを約8として加熱した。放冷・濾過後、沈殿を希塩酸で溶解して25mlの定容とした。この溶液を希塩酸で希釈した後、水素化物発生-原子吸光分析法でAsを測定し、試料溶液中のAsの含有量を求めた。なお、装置はSeと同じく、原子吸光光度計には、(株)日立製作所製原子吸光光度計A-1800、水素化物発生・原子化にはそれぞれ、日本ジャーレル・アッシュ(株)製水素化物発生装置HYD-10ならびに水素化物原子化装置HYD-20を使用した。

(3)分析所C

①Se・Asを除く微量化学成分

まず、未濾過試料100mlを蒸発濃縮した後、水5mlを加えて冷却した。その後、硝酸を1ml添加して、10mlの定容にした。この試料を、Li・Mn・Ni・Sr・W・U・Cr・Zn・Mo・Rb・Baは100倍に、B・Ti・Coは10倍に希釈し、それ以外の試料はそのまま、誘導結合プラズマ質量分析法により表5.3.10に示す質量数にて測定した。なお、使用した誘導結合プラズマ質量分析装置は、セイコー電子工業(株)製ICP質量分析装置SPQ8000で、表5.3.9に示す質量数を用いた。

表5.3.10 誘導結合プラズマ質量分析法の測定条件(分析所C)

項目	質量数	存在度 (%)	使用	理由	項目	質量数	存在度 (%)	使用	理由
Li	7	92.5	○	存在度が高い	V	51	99.8	○	存在度が高い
B	11	80.1	○	存在度が高い	Ag	107	51.8	○	存在度が高い
Ti	46	8.0		SiO ⁺ , SiOH ⁺ と重なる	Cd	111	12.8	○	他と比べ妨害が少ない
	47	7.3		SiO ⁺ , SiOH ⁺ と重なる		112	24.1		¹¹² Sn ⁺ と重なる
	48	73.8		⁴⁸ Ca ⁺ と重なる		114	28.7		¹¹⁴ Sn ⁺ と重なる
	49	5.5		ICP-AESでのクロスチェックによる	Hg	199	16.9		WO ⁺ と重なる
	50	5.4	○			200	23.1		WO ⁺ と重なる
Mn	55	100	○	単一核種	201	13.2	○	他と比べ妨害が少ない	
Ni	58	68.1		⁵⁸ Fe ⁺ と重なる	202	29.9		WO ⁺ と重なる	
	60	26.2	○	58について存在度が高い	La	139	99.9	○	存在度が高い
Cu	63	69.2		NaAr ⁺ と重なる	Ce	140	88.5	○	存在度が高い
	65	30.8	○	63について存在度が高い	Pr	141	100	○	単一核種
Sr	88	82.6	○	存在度が高い	Nd	142	27.1		PrH ⁺ と重なる
Zr	90	51.5	○	存在度が高い		143	12.2	○	他と比べ妨害が少ない
Nb	93	100	○	単一核種		144	23.8		¹⁴⁴ Sm ⁺ と重なる
Pd	106	27.3	○	存在度が高い		146	17.2		BaO ⁺ と重なる
Sn	118	24.2	○	測定時の相対標準偏差による	Sm	147	15.0	○	他と比べ妨害が少ない
	120	32.6				152	26.7		BaO ⁺ と重なる
Sb	121	57.4		測定時の相対標準偏差による	Eu	154	22.7		BaO ⁺ と重なる
	123	42.6	○			151	47.8	○	BaO ⁺ と重なるが影響小
Cs	133	100	○	単一核種	153	52.2		BaO ⁺ と重なる	
Pb	208	52.4	○	存在度が高い	Gd	156	20.5		BaO ⁺ と重なる
Bi	209	100	○	単一核種		157	15.7	○	PrO ⁺ と重なるが影響小
Ra	226	—	○	長寿命核種		158	24.8		NdO ⁺ と重なる
Th	232	100	○	単一核種		160	21.9		NdO ⁺ と重なる
W	184	30.7	○	存在度が高い	Tb	159	100	○	単一核種
U	238	99.3	○	存在度が高い	Dy	162	25.5		NdO ⁺ と重なる
Cr	52	83.8	○	存在度が高い		163	24.9	○	SmO ⁺ と重なるが影響小
Co	59	100	○	単一核種		164	28.2		BaO ₂ ⁺ と重なる
Zn	64	48.6		SiO ₂ ⁺ と重なる	Ho	165	100	○	単一核種
	66	27.9	○	AASでのクロスチェックによる	Er	166	33.6		NdO ⁺ と重なる
	68	18.8				167	23.0	○	EuO ⁺ と重なるが影響小
Mo	98	24.1	○	存在度が高い		168	26.8		BaO ₂ ⁺ と重なる
Rb	85	72.2	○	存在度が高い	Tm	169	100	○	単一核種
Ba	138	71.7	○	存在度が高い	Yb	174	31.8	○	存在度が高い
Be	9	100	○	単一核種	Lu	175	97.4	○	存在度が高い

注) 存在度は、「国立天文台編:理科年表平成8年,丸善,pp.552-556(1995)」より抜粋。
 質量数は原則として存在度の最も高いものを採用し、この原則と異なる場合は、各質量数の採用・不採用の理由を記載した。

②Se

JIS K 0102(工業排水試験法)67.2の水素化合物発生原子吸光法によった。未濾過試料中のセレンを水素化物発生装置により水素化セレンとし、フレームレス原子吸光光度法により、波長196.0nmで測定した。なお、原子吸光光度計には、(株)パーキンエルマージャパン製フレームレス原子吸光光度計SIMAA6000を使用した。

③As

JIS K 0101(工業用水試験方法)61.2の水素化物発生原子吸光法によった。未濾過試料中の砒素を水素化物発生装置により水素化砒素とし、フレームレス原子吸光光度法により波長193.7nmで測定した。なお、原子吸光光度計には、(株)パーキンエルマージャパン製フレームレス原子吸光光度計SIMAA6000を使用した。

5.3.5 微生物の分析方法

(1)分析所A

①全菌数の計数

試料をニグロジン0.2%で前染色した孔径0.2 μ mのヌクレチオポアフィルターで濾過し、アクリジンオレンジで2分間染色後、アクリジンオレンジを吸引により除去した。これをプレパラートとし、落射型蛍光顕微鏡下で、明るいオレンジから黄色に発色しているものを計数した。

②鉄酸化菌の計数

試料の10倍希釈を繰り返し、10³倍希釈まで作成し、表5.3.11に示す2%硫酸第一鉄を含むSilverman9K培地の入っている試験管5本に対して、各段階の希釈液を1mlずつ加え、30℃で1週間培養した。培養後、培地が赤褐色に変化したものを陽性と判定し、MPN表から菌数を算出した。

表5.3.11 鉄酸化菌用培地(2%硫酸第一鉄を含むSilverman9K培地)組成(分析所A)

(NH ₄) ₂ SO ₄	3.0 g
KCl	0.1 g
K ₂ HPO ₄	0.5 g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.5 g
Ca(NO ₃) ₂	0.01 g
FeSO ₄ ·7H ₂ O	20 g
脱イオン水	1000ml (pH3~4)

③硫酸塩還元菌の計数

嫌気性菌用希釈液を用い、窒素ガス噴射下で作成した試料溶液を窒素ガス噴射下で10倍希釈を繰り返し、 10^3 倍希釈まで作成した。各段階の希釈液を表5.3.12に示す溶液①～③を混合した硫酸塩還元菌用培地の入っているキャップ付試験管5本に1 mlずつ加え、流動パラフィンを加え、キャップ後、30℃の暗条件下で2週間培養した。培養後、培地が黒変したものを陽性と判定し、MPN表から菌数を算出した。

表5.3.12 硫酸塩還元菌用培地組成(分析所A)

溶液①	NH ₄ Cl	1.0 g
	Na ₂ SO ₄	1.0 g
	MgSO ₄ ·7H ₂ O	2.0 g
	CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.1 g
	FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.2 g
	乳酸ナトリウム(70%)	3.5 g
	蒸留水	980 ml
溶液②	K ₂ HPO ₄	10.0 g
	蒸留水	200 ml
溶液③	アスコルビン酸ナトリウム	0.1 g
	チオグリコール酸ナトリウム	0.1 g
	蒸留水	10.0 ml

④メタン生成菌の計数

嫌気性菌用希釈液を用い、窒素ガス噴射下で作成した試料溶液を窒素ガス噴射下で10倍希釈を繰り返し、 10^3 倍希釈まで作成した。表5.3.13に示すメタン生成菌用培地の入っているバキュームバイアル5本に各段階の希釈液を1 mlずつ加え、2気圧80% H_2 -20% CO の気相下、30℃で8週間培養した。培養後、バキュームバイアル上部の気相をガスクロマトグラフでガス分析を行い、メタンの生成があったものを陽性と判定し、MPN表から菌数を算出した。

表5.3.13 メタン生成菌用培地組成(分析所A)

無機塩溶液 1	50.0 ml
無機塩溶液 2	50.0 ml
微量無機塩溶液	10.0 ml
ビタミン	10.0 ml
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.002 g
NaHCO ₃	5.0 g
酢酸ナトリウム	2.5 g
蟻酸ナトリウム	2.5 g
酵母エキス	2.0 g
トリプチケース	2.0 g

⑤アンモニア酸化菌の計数

試料の10倍希釈を繰り返し、10⁵倍希釈まで作成し、表5.3.14に示すアンモニア酸化菌用培地の入っている試験管5本に各段階の希釈液を1mlずつ加え、28℃で4週間培養した。培養後、グリース・イロスベイ試薬を加え、赤色を呈したものを陽性と判定した。発色しなかったものは、さらに亜鉛粉末を加え、その後、赤く発色したものは陽性と判定し、MPN表から菌数を算出した。

表5.3.14 アンモニア酸化菌用培地組成(分析所A)

(NH ₄) ₂ SO ₄	0.05 g
NaCl	0.3 g
K ₂ HPO ₄	1.0 g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.1 g
CaCO ₃	1.0 g
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.03 g
脱イオン水	1000 ml

⑥亜硝酸酸化菌の計数

試料の10倍希釈を繰り返し、10⁵倍希釈まで作成し、表5.3.15に示す亜硝酸酸化菌用培地の入っている試験管5本に各段階の希釈液を1mlずつ加え、28℃で8週間培養した。培養後、グリース・イロスベイ試薬を加え、赤色の発色がないか弱い発色のものを陽性と判定し、MPN表から菌数を算出した。

表5. 3. 15 亜硝酸酸化菌用培地組成(分析所 A)

NaNO ₂	0.05 g
K ₂ HPO ₄	1.0 g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.1 g
NaCl	0.3 g
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.03 g
CaCO ₃	1.0 g
蒸留水	1000 ml

⑦亜硝酸還元菌の計数

試料の10倍希釈を繰り返し、10⁷倍希釈まで作成し、表5. 3. 16に示す亜硝酸還元菌用培地の入っている試験管5本に各段階の希釈液を1 mlずつ加え、30℃で2週間培養した。培養後、グリース・イロスベイ試薬を加え、赤色の発色がないか弱い発色のものを陽性と判定し、MPN表から菌数を算出した。

表5. 3. 16 亜硝酸還元菌用培地組成(分析所 A)

肉エキス	3.0 g
ペプトン	5.0 g
NaNO ₂	0.01 g
蒸留水	1000 ml

⑧硝酸還元菌の計数

試料溶液の10倍希釈を繰り返し、10⁷倍希釈まで作成し、各段階の希釈液を表5. 3. 17に示す硝酸還元菌用培地3 mlの入っている試験管5本に各段階の希釈液を1 mlずつ加え、30℃で2週間培養した。培養後、グリース・イロスベイ試薬を加え、亜硝酸による赤色の発色があれば陽性、発色が認められないものには亜鉛末を少量加え、2分以内に赤い発色がないものは硝酸塩の消失とみて陽性、発色したものは陰性としてMPN表から菌数を算出した。

表5. 3. 17 硝酸還元菌用培地組成(分析所 A)

肉エキス	3.0 g
ペプトン	5.0 g
NaNO ₃	1.0 g
蒸留水	1000 ml

⑨硫酸塩還元菌の純粋分離

硫酸塩還元菌の純粋分離は、3種類の方法で実施した。

第一の方法では、まず、二重皿法で、30℃暗条件下で2週間嫌気培養した。次に、硫酸塩還元菌のコロニーと考えられる黒色コロニーを、硫酸塩還元菌用寒天平板培地に塗布し、30℃の暗条件下で2週間嫌気培養した。

第二の方法では、硫酸塩還元菌の計数時の陽性管から得られた黒色コロニーを、硫酸塩還元菌用寒天平板培地に塗布し、また、並行して寒天培地だけでなく、硫酸塩還元菌用液体培地にも接種し、30℃の暗条件下で2週間嫌気培養した。

第三の方法では、硫酸塩還元菌の計数時の陽性管から得られた黒色コロニーを、予め嫌気性ジャーの中で保存し、十分に嫌氣的雰囲気とした硫酸塩還元菌用寒天平板培地に塗布し、30℃の暗条件下で2週間嫌気培養した。

(2)分析所B

①全菌数の計数

全菌数の計数は、細菌のDNAあるいはRNAを蛍光染色し、蛍光顕微鏡下で計数するアクリジンオレンジ染色法を用いた。なお、本法の検出下限は、菌数が少ない場合は濾過試料水を多くすればよいため、理論上は約1 cell/濾過水量となる。

計数用試料の作成では、まず、試料1 mlをポリカーボネイト製黒色フィルター(日本ミリポア(株)製:0.45 μm×25mm)で濾過し、濾過滅菌済の0.1%アクリジンオレンジ染色液2 mlを注ぎ、約15分間染色した。次に、吸引濾過して染色液を除去後、滅菌生理食塩水約30 mlを吸引濾過し、余分な染色液を洗浄・除去した。その後、フィルターを約2時間、室温乾燥させた後、スライドグラス上でプレパラートを作製した。

また、菌数の計測は、蛍光顕微鏡を用いて、倍率1,000倍でプレパラートを観察し、1視野中の蛍光を発する細菌数をカウントした。これを10視野について行い、平均菌数を算出後、次式によって菌数を算出した。

[試料1 ml中の細菌数(cells/ml)]

$$\frac{[1 \text{ 視野の平均細菌数 (cells)}] \times [フィルター濾過面積 (\text{mm}^2)]}{[1 \text{ 視野の面積} (\text{mm}^2)] \times [\text{濾過試料量} (\text{ml})]}$$

②鉄酸化菌の計数

鉄酸化菌の培養・判定は、上水試験方法1993(日本水道協会)にしたがっ

た。

培地は、表5.3.18に示す調合で精製水に懸濁・溶解し、全量を1,000mlとして、pH6.0に調整後、121℃で20分間オートクレーブ滅菌した。冷却後、無菌フィルターを通した炭酸ガスを培地に吹き込み、pH6.0以下とし、試験管に10mlずつ分注した。

表5.3.18 鉄酸化菌用培地(1230A培地)組成
(分析所B・分析所C)

(NH ₄) ₂ Cl	10 mg
MgSO ₄ ·7H ₂ O	2.5 g
FeCl ₂	10 mg
NaCl	1.2 mg
KH ₂ PO ₄	2.5 mg
飽和CaCO ₃ 溶液	100 ml
飽和MnCO ₃ 溶液	10 ml
粉末鉄	0.5 g

試料は、10倍希釈を繰り返して10⁵倍希釈まで作成し、各段階の希釈試料を5本の試験管に1mlずつ接種し、20℃で7日間静置培養した。培養後、各試験管の底部や壁面に生じた淡褐色の付着物や沈殿物を顕微鏡観察し、鉄酸化菌特有の糸状の菌体を認めた場合に陽性とし、MPN表から菌数を算出した。

③硫酸塩還元菌の計数

硫酸塩還元菌の培養・判定は、上水試験方法1993(日本水道協会)にしたがった。

培地は、精製水に表5.3.19に示す調合で溶解し、全量を1,000mlとしてpH7.3に調整後、試験管に10mlずつ分注し、121℃で20分間オートクレーブ滅菌した。

表5.3.19 硫酸塩還元菌用培地(改良ISA培地)組成
(分析所B・分析所C)

トリプトン	10 g
乳酸ナトリウム(70%)	5 g
Na ₂ SO ₄	0.5 g
クエン酸鉄(Ⅲ)アンモニウム	0.5 g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	2.0 g
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.5 g

試料は、10倍希釈を繰り返して10⁵倍希釈まで作成し、各段階の希釈試料を5本の試験管に1mlずつ接種し、30℃で7日間静置培養した。培養後、H₂Sの生成にともなうFeSの黒色沈殿が認められた場合、陽性とし、MPN表から菌数を算出した。

④メタン生成菌の計数

メタン生成菌の培養・判定は、JIUNN-JYILAYらの方法(Wat. Res. Vol. 30, No. 4, pp901-908, 1996)にしたがった。

培地は、表5.3.20に示す調合で、精製水に溶解し、全量を1,000mlとして、pH7.0に調整後、121℃で20分間オートクレーブ滅菌した。なお、表中の微量金属溶液およびビタミン混液は、予め精製水に溶解して1,000mlとし、別途、濾過滅菌し、オートクレーブ滅菌後に添加した。

表5.3.20 メタン生成菌用培地組成(分析所B)

KH ₂ PO ₄	0.4 g	微量 金属 溶液	ニトリロ三酢酸	4.5 g	ビ タ ミ ン 混 液	ビオチン	2 mg
K ₂ HPO ₄	0.4 g		FeCl ₂ ·4H ₂ O	0.12 g		葉酸	2 mg
NH ₄ Cl	1.0 g		CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.12 g		ピリドキシン-HCl	10 mg
MgCl ₂ ·6H ₂ O	0.21 g		AlK(SO ₄) ₂	0.01 g		チアミン-HCl	5 mg
NaHCO ₃	4.0 g		NaCl	1.0 g		リボフラビン	5 mg
システイン塩酸塩	0.5 g		CaCl ₂	0.02 g		ニコチン酸	5 mg
Na ₂ S·9H ₂ O	0.25 g		Na ₂ MoO ₄	0.01 g		DL-パントテン酸カルシウム	5 mg
レサズリン	0.002 g		MnCl ₂ ·4H ₂ O	0.10 g		ビタミンB ₁₂	0.1 mg
微量金属溶液	10 ml		H ₃ BO ₃	0.01 g		p-安息香酸	0.1 mg
ビタミン混液	10 ml		CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.01 g			
			NiCl ₂ ·6H ₂ O	0.02 g			

メタン生成菌の培養時には、まず、培地10mlの入った試験管にメタンガスを捕捉するダーラム発酵管を設置し、予め三菱ガス化学(株)製アネロパック嫌気ジャーを使用して、ヘッドスペースのO₂および溶存しているO₂を除去し、CO₂で置換した。

試料は、10倍希釈を繰り返して10⁵倍希釈まで作成し、各段階の希釈試料を5本の試験管に1mlずつ接種し、35℃で2ヶ月、嫌気・静置培養した。培養後、ダーラム発酵管内に、メタンガスの蓄積が認められた場合、陽性とし、MPN表から菌数を算出した。

⑤アンモニア酸化菌の計数

アンモニア酸化菌の培養・判定は、上水試験方法1993(日本水道協会)にしたがった。

培地は、表5.3.21に示す調合で精製水に溶解し、全量を1,000mlとして、試験管に10mlずつ分注し、121℃で15分間オートクレーブ滅菌した。

表5.3.21 アンモニア酸化菌用培地組成
(分析所B・分析所C)

(NH ₄)SO ₄	0.5 g
K ₂ HPO ₄	1.0 g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.3 g
NaCl	0.3 g
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.03 g
CaCO ₃	7.5 g

試料は、10倍希釈を繰り返して10⁵倍希釈まで作成し、各段階の希釈試料を5本の試験管に1mlずつ接種し、28℃で33日間静置培養した。

なお、判定はグリース・イロスベイ試薬による発色の有無により実施した。この判定方法では、まず、0.5%スルファニル酸-30%酢酸混液と0.5%α-ナフチルアミン-30%酢酸混液を使用直前に混和して、グリース・イロスベイ試薬を調合する。次に、このグリース・イロスベイ試薬を培地に2~3滴加え、亜硝酸の生成に起因する桃色~赤紫色の発色があれば陽性と判定し、MPN表から菌数を算出した。

⑥亜硝酸酸化菌の計数

亜硝酸酸化菌の培養・判定は、上水試験方法1993(日本水道協会)にした

がった。

培地は、表5.3.22に示す調合で精製水に溶解し、全量を1,000mlとして、試験管に10mlずつ分注し、121°Cで20分間オートクレーブ滅菌した。

表5.3.22 亜硝酸酸化菌用培地組成
(分析所B・分析所C)

NaNO ₂	0.05 g
K ₂ HPO ₄	1.0 g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.1 g
NaCl	0.3 g
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.03 g
CaCO ₃	1.0 g

また、試料は、10倍希釈を繰り返して10⁵倍希釈まで作成し、各段階の希釈試料を5本の試験管に1mlずつ接種し、28°Cで60日間静置培養した。培養後、グリース・イロスベイ試薬を培地に2～3滴加え、亜硝酸に起因する桃色～赤紫色の発色がないかもしくは極めてわずかである場合に陽性と判定し、MPN表から菌数を算出した。

⑦亜硝酸還元菌の計数

亜硝酸還元菌の培地は、表5.3.23に示す溶液等を使用時に無菌的に混合して用いた。混合前、微量金属溶液は、精製水に溶解して1,000mlとして、エタノールとともに濾過滅菌し、15mMリン酸緩衝液、NaNO₃溶液は、121°Cで20分間オートクレーブ滅菌した。

表5.3.23 亜硝酸還元菌・硝酸還元菌用培地組成(分析所B)

15mMリン酸緩衝液 (Na ₂ HPO ₄ -KH ₂ PO ₄ , pH7.5)	577 ml	微量 金属 溶液	MgSO ₄ ·7H ₂ O	10 g
			CaCl ₂ ·2H ₂ O	1.0 g
			MnSO ₄ ·4H ₂ O	0.4 g
			Fe-EDTA	0.2 g
			CuSO ₄ ·5H ₂ O	20 mg
NaNO ₃ 溶液 (10mg as N/ml)	10 ml			
エタノール(99.5%)	3 ml			
微量金属溶液	10 ml		NaMoO ₄ ·2H ₂ O	20 mg

亜硝酸還元菌の培養時には、まず、培地10mlの入った試験管に窒素ガスを捕捉するダーラム発酵管を設置した。試料は、10倍希釈を繰り返して10⁵

倍希積まで作成し、各段階の希積試料を5本の試験管に1 mlずつ接種した。28℃で33日間、静置培養し、亜硝酸還元(脱窒)により発生する窒素ガスがダーラム発酵管に捕捉され、グリース・イロスベイ試薬を滴下した場合に、桃色～赤紫色の呈色反応がない場合、陽性とした。また、ダーラム発酵管に窒素ガスが捕捉されなくとも、グリース・イロスベイ試薬の呈色反応がない場合は、同様に陽性とした。菌数は、試験本数と陽性本数からMPN表で算出した。

⑧硝酸還元菌の計数

硝酸還元菌の培地には、表9.3.23の亜硝酸還元菌と同一の培地を用い、培養条件も同一条件とした。

培養後、硝酸還元(脱窒)により発生する窒素ガスがダーラム発酵管に捕捉され、グリース・イロスベイ試薬を滴下した場合に、桃色～赤紫色の呈色反応がある場合、陽性とした。また、ダーラム発酵管に窒素ガスが捕捉されなくとも、グリース・イロスベイ試薬の呈色反応がある場合は、同様に陽性とした。菌数は、試験本数と陽性本数からMPN表で算出した。

⑨硫酸塩還元菌の純粋分離・同定

硫酸塩還元菌の同定は、16SrDNA塩基配列法で実施した。

純粋分離には、硫酸塩還元菌の計数にて、生育が確認された陽性管を用いた。まず、陽性管の培養液を滅菌生理食塩水で希釈し、改良ISA寒天平板培地に100 μlずつ塗抹し、30℃で三菱ガス化学(株)製アネロパック嫌気ジャーを用いて嫌気培養を行った。次に出現した硫酸塩還元菌の黒色コロニーを再び、改良ISA寒天平板培地に画線塗抹し(Streak法)、30℃で嫌気ジャーを用いて嫌気培養を行った。

以上のようなStreak法による分離を繰り返し、共存菌から分離した黒色コロニーを採取して、DNAの抽出に供した。

DNA抽出は、上記の手順で、改良ISA培地にて純粋培養を行った菌から直接、三光純薬(株)製Sepa Geneキットを用いて実施し、エタノール沈殿により核酸を回収した。

PCR(Polymerase Chain Reaction)では、16SrDNAに特異的な2種類のユニバーサルプライマー(5'側・3'側)を用いて、約1.5kbpの増幅を行った。PCRによる増幅後、ファルマシアバイオテック(株)製Spin Columnを用いて、PCR増幅産物の精製を行った。精製されたPCR増幅産物は、(株)パーキンエルマー・ジャパン製Applied Biosystems 373 DNA Sequencerにより5'側500bpの塩

基配列解析を行い、16SrDNA塩基配列解析を行った。なお、プライマーはPCRで使用したものと同様のものを使用した。

最後に、16SrDNAデータベース検索によるホモロジー解析として、GenBankデータベースよりオンライン検索を行い、菌種を推定した。

(3)分析所C

①全菌数の計数

全菌数の計数は、細菌のDNAあるいはRNAを蛍光染色し、蛍光顕微鏡下で計数するアクリジンオレンジ染色法を用いた。

試料をメンブランフィルター(0.2 μ m \times 25mm)で濾過し、濾過滅菌済の0.1%アクリジンオレンジ染色液2mlを注ぎ、約15分間染色した。次に染料を吸引濾過して、フィルターの水洗・乾燥後、プレパラートを作成した。

菌数の計測は、落射蛍光顕微鏡(倍率1,000倍)を用いて、緑白色または橙色の蛍光を発する細菌を計数した。

②鉄酸化菌の計数

鉄酸化菌の培養・判定は、上水試験方法1993(日本水道協会)にしたがった。培地に、121 $^{\circ}$ Cで15分間オートクレーブ滅菌した1230A培地(表5.3.18)を用いて20 $^{\circ}$ Cで7日間培養し、淡褐色の付着物や沈殿物を顕微鏡観察し、典型的な菌体を認めた場合を陽性とし、MPN表から菌数を算出した。

③硫酸塩還元菌の計数

硫酸塩還元菌の培養・判定は、上水試験方法1993(日本水道協会)にしたがった。培地は、121 $^{\circ}$ Cで20分間オートクレーブ滅菌した改良ISA培地(表5.3.19)を用い、流動パラフィンにより空気を遮断して30 $^{\circ}$ Cで10日間培養した。判定では、培地が黒変したものを陽性とし、MPN表から菌数を算出した。

④メタン生成菌の計数

メタン生成菌の培地は表5.3.24に示す調合にて、水1 μ lに溶解したものを混合し、バイアル瓶を用いて35~36 $^{\circ}$ Cで28日間培養した。判定では、瓶内の気相をガスクロマトグラフで分析し、メタンの生成があったもの(10ppm)を陽性とし、MPN表から菌数を算出した。

表5. 3. 24 メタン生成菌用培地組成(分析所C)

K ₂ HPO ₄	0.4 g	イースト酵母	0.2 g
KH ₂ PO ₄	0.4 g	レサズリン溶液	2 ml
NH ₄ Cl	1.0 g	CH ₃ COONa	3.0 g
MgCl ₂ ·6H ₂ O	0.1 g	NaHCO ₃	6.0 g
メタル溶液	10 ml	システイン 1 塩酸塩	0.5 g
ビタミン溶液	10 ml	Na ₂ S·9H ₂ O	0.25 g

⑤アンモニア酸化菌の計数

アンモニア酸化菌の培養・判定は、上水試験方法1993(日本水道協会)にしたがった。培地は、121℃で15分間オートクレーブ滅菌したアンモニア酸化菌用培地(表5. 3. 21)を用い、28℃で30日間培養した。判定では、グリース・イロスベイ試薬滴下による亜硝酸生成に起因する桃色～赤紫色の発色があれば陽性とし、MPN表から菌数を算出した。

⑥亜硝酸酸化菌の計数

亜硝酸酸化菌の培養・判定は、上水試験方法1993(日本水道協会)にしたがった。培地は、121℃で20分間オートクレーブ滅菌した亜硝酸酸化菌用培地(表5. 3. 22)を用い、28℃で40日間培養した。判定では、グリース・イロスベイ試薬滴下により、発色が認められないかもしくは極めてわずかである場合に陽性とし、MPN表から菌数を算出した。

⑦亜硝酸還元菌の計数

亜硝酸還元菌の培地は、表5. 3. 25に示す調合にて、それぞれ水500mlに溶解したものを混合し、121℃で15分間オートクレーブ滅菌したものを、30℃で14日間培養した。判定では、培地に添加したBTB溶液の色が青色に変化した場合に陽性とし、MPN表から菌数を算出した。

表5. 3. 25 亜硝酸還元菌用培地組成(分析所C)

溶 液 ①	NaNO ₃	1.0 g	溶 液 ②	クエン酸ナトリウム	8.5 g
	アスパラギン	1.0 g		MgSO ₄ ·7H ₂ O	1.0 g
				FeCl ₃ ·6H ₂ O	0.05 g
	BTB溶液(1 w/v%)	5 ml		KH ₂ PO ₄	1.0 g
				CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.2 g

⑧硝酸還元菌の計数

硝酸還元菌の培地は、表5.3.26に示す調合にて、それぞれ水500mlに溶解したものを混合し、121℃で15分間オートクレーブ滅菌したものを、30℃で14日間培養した。判定では、培地に添加したBTB溶液の色が青色に変化した場合に陽性とし、MPN表から菌数を算出した。

表5.3.26 硝酸還元菌用培地組成(分析所C)

①	溶 液	NaNO ₂	1.0 g	溶 液 ②	クエン酸ナトリウム	8.5 g
					MgSO ₄ ·7H ₂ O	1.0 g
		アスパラギン	1.0 g		FeCl ₃ ·6H ₂ O	0.05 g
					KH ₂ PO ₄	1.0 g
		BTB溶液(1 w/v%)	5 ml		CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.2 g

⑨硫酸塩還元菌の純粋分離・同定

硫酸塩還元菌の計数で使用した培地を利用して、硫酸塩還元菌を培養し、SEM観察を行った。

まず、硫酸塩還元菌の計数で用いた培地を入れた5本の試験管に、試料を10⁻¹⁰に希釈して接種した。これを30℃で培養し、硫酸塩還元菌が生育し、陽性と判断されるものの中で、一番希釈率の高い試料を用い、再度希釈培養を行った。この希釈・培養操作を5回繰り返し、菌を純粋分離した。

SEM観察用試料は、まずサンプルをバッファーで洗浄し、アセトアルデヒド、四塩化オスミウムにより固定した。次に再度バッファーによる洗浄を行い、バッファーをアルコールにより置換し、乾燥させた。最後に白金・パラジウムをコーティングし、(株)日立製作所製電界放射型走査電子顕微鏡S-4500により観察を行い、2次電子像を撮影した。

5.4 分析結果

5.4.1 同位体の分析結果

同位体5項目の分析結果を精度と共に表5.4.1に示す。ここで示した精度は、実試料の繰り返し測定で得られたものでなく、標準試料の繰り返し測定や過去の分析実績・装置の性能から決定した標準偏差相当量である。

表5.4.1 同位体の分析結果

分析項目	単位	分析所A		分析所B		分析所C	
		定量値	精度	定量値	精度	定量値	精度
D/H同位体比	‰	-57.5	2.0	-57.0	1.5	-55.5	2.0
³ H濃度	TR	<0.9	0.5	1.3	0.1	1.2	0.3
¹⁸ O/ ¹⁶ O同位体比	‰	-8.9	0.2	-8.4	0.2	-8.4	0.2
¹³ C/ ¹² C同位体比	‰	-18.3	0.2	-16.1	0.1	-16.2	0.5
¹⁴ C濃度	%MC	44.2	0.2	43.6	0.2	44.2	0.4

注) ³H濃度の定量下限は、分析所Aが0.9TR、分析所Bが0.3TR、分析所Cが1.0TRである。

5.4.2 溶存ガスの分析結果

溶存ガス7項目の分析結果を精度、定量下限と共に表5.4.2に示す。ここで示した精度は、実試料の繰り返し測定で得られたものでなく、標準試料の繰り返し測定や過去の分析実績・装置の性能から決定した標準偏差相当量で、定量下限は、分析所A・分析所Bが、ブランク試料の繰り返し測定で得られた標準偏差の10倍相当量、分析所Cが過去の分析実績・装置の性能から決定した値である。

表5.4.2 溶存ガスの分析結果

分析項目	単位	分析所A			分析所B			分析所C		
		定量値	精度	下限	定量値	精度	下限	定量値	精度	下限
H ₂	mL/l	<0.01	-	0.01	<0.003	-	0.003	<0.0004	-	0.0004
He	mL/l	<0.001	-	0.001	<0.003	-	0.003	<0.04	-	0.04
N ₂	mL/l	21.3	0.2	0.1	43.7	0.1	0.003	30.5	0.4	0.04
O ₂	mL/l	5.7	0.1	0.1	12.9	0.1	0.003	8.0	0.1	0.04
CO	mL/l	<0.01	-	0.01	<0.003	-	0.003	<0.0002	-	0.0002
CO ₂	mL/l	19.2	0.2	0.1	25.2	0.2	0.2	31.8	0.9	0.005
CH ₄	mL/l	<0.01	-	0.01	<0.003	-	0.003	0.0008	0.0001	0.0002

5.4.3 主要化学成分の分析結果

主要化学成分28項目の分析結果を精度、定量下限と共に表5.4.3に示す。

ここで示した精度のうち、分析所Aは、実試料の繰り返し測定から得た標準偏差である。分析所Bは、原則として繰り返し測定から得た標準偏差であるが、TC・IC・TOC(赤外線吸収法)、フミン酸・フルボ酸(蛍光光度法)は過去の分析実績・装置の性能から決定した標準偏差相当量である。分析所Cは、Na⁺・K⁺(原子吸光法)、

フミン酸・フルボ酸(蛍光光度法)は実試料の繰り返し測定から得た標準偏差であるが、それ以外は過去の分析実績から決定した標準偏差相当量である。

また、定量下限のうち、分析所Aは、ブランク試料の繰り返し測定で得られた標準偏差の10倍相当量である。分析所Bは、Si・Ca²⁺・Mg²⁺・Sr・Al・Mn・T.Fe(誘導結合プラズマ発光分光法)、Na⁺・K⁺(原子吸光法)がブランク試料の繰り返し測定で得られた標準偏差の10倍相当量、Fe²⁺・T.P・PO₄³⁻・T.N・NH₄⁺(比色法)、TC・IC・TOC(赤外線吸収法)、フミン酸・フルボ酸(蛍光光度法)が公定法の定量下限相当量、Cl⁻・F⁻・Br⁻・I⁻・SO₄²⁻・IO₃⁻・NO₂⁻・NO₃⁻・S²⁻(イオンクロマトグラフ法)が標準液測定で明瞭なピークの認められる濃度である。なお、分析所Cは、過去の分析実績・装置の性能から決定した値である。

表5.4.3 主要化学成分の分析結果

分析項目	単位	分析所A			分析所B			分析所C		
		定量値	精度	下限	定量値	精度	下限	定量値	精度	下限
Si	mg/ℓ	17.7	0.1	0.3	15.7	0.1	0.05	18	1	0.05
Na ⁺	mg/ℓ	7.49	0.05	0.02	7.79	0.02	0.02	7.81	0.05	0.05
K ⁺	mg/ℓ	2.44	0.02	0.02	2.45	0.09	0.02	2.54	0.04	0.05
Ca ²⁺	mg/ℓ	21.4	0.2	0.008	18.9	0.1	0.02	22	1	0.01
Mg ²⁺	mg/ℓ	0.714	0.005	0.001	0.627	0.003	0.02	0.73	0.02	0.01
Sr	mg/ℓ	0.103	0.001	0.001	0.122	0.001	0.005	0.12	0.01	0.01
Al	mg/ℓ	0.04	0.02	0.02	0.056	0.002	0.05	0.03	0.01	0.1
Mn	mg/ℓ	0.164	0.001	0.001	0.169	0.001	0.005	0.17	0.01	0.01
Fe ²⁺	mg/ℓ	<0.1	-	0.1	<0.04	-	0.04	<0.05	0.03	0.05
T. Fe	mg/ℓ	0.34	0.02	0.02	0.238	0.003	0.01	0.28	0.01	0.01
Cl ⁻	mg/ℓ	0.97	0.02	0.06	1.00	0.01	0.01	1.2	0.1	0.05
F ⁻	mg/ℓ	1.94	0.02	0.06	2.03	0.01	0.01	2.2	0.1	0.05
Br ⁻	mg/ℓ	<0.2	-	0.2	<0.01	-	0.01	<0.02	0.01	0.02
I ⁻	mg/ℓ	<0.3	-	0.3	<0.03	-	0.03	0.005	0.001	0.005
SO ₄ ²⁻	mg/ℓ	8.7	0.2	0.6	8.94	0.02	0.01	8.6	0.4	0.1
IO ₃ ⁻	mg/ℓ	<0.1	-	0.1	<1	-	1	<0.5	0.3	0.5
T. P	mg/ℓ	0.034	0.003	0.03	0.032	0.004	0.025	0.05	0.01	0.05
PO ₄ ³⁻	mg/ℓ	0.079	0.003	0.03	<0.1	-	0.1	0.123	0.005	0.5
T. N	mg/ℓ	<0.1	-	0.1	0.10	0.01	0.05	0.02	0.01	0.01
NO ₂ ⁻	mg/ℓ	<0.2	-	0.2	<0.01	-	0.01	<0.02	0.01	0.02
NO ₃ ⁻	mg/ℓ	<0.1	-	0.1	<0.01	-	0.01	<0.02	0.01	0.02
S ²⁻	mg/ℓ	<0.1	-	0.1	<0.01	-	0.01	<0.01	0.01	0.01
NH ₄ ⁺	mg/ℓ	<0.1	-	0.1	<0.2	-	0.2	<0.01	0.01	0.01
TC	mg/ℓ	15	2	1	14.9	0.1	0.5	17	1	1
IC	mg/ℓ	14	1	1	14.2	0.1	0.5	16	1	1
TOC	mg/ℓ	1	1	1	0.6	0.1	0.5	1	1	1
フミン酸	mg/ℓ	<0.01	-	0.01	<0.04	-	0.04	0.009	0.001	0.002
フルボン酸	mg/ℓ	0.09	0.01	0.05	0.096	0.007	0.02	0.18	0.01	0.08

5.4.4 微量化学成分の分析結果

微量化学成分46項目の分析結果を精度、定量下限と共に表5.4.4に示す。

ここで示した精度のうち、分析所A・分析所Bは、実試料の繰り返し測定から得た標準偏差、分析所Cは、過去の分析実績から決定した標準偏差相当量である。

また、定量下限は、分析所A・分析所Bが、ブランク試料の繰り返し測定で得られた標準偏差の10倍相当量、分析所Cが、過去の分析実績・装置の性能から決定した値である。

表5.4.4 微量化学成分の分析結果

分析項目	単位	分析所A			分析所B			分析所C		
		定量値	精度	下限	定量値	精度	下限	定量値	精度	下限
Li	μg/l	22.8	0.4	0.05	20.2	0.3	0.05	40	1	0.1
B	μg/l	11.1	0.2	1	10.7	0.2	0.1	18	1	0.1
Ti	μg/l	<0.1	-	0.1	0.94	0.06	0.05	2.3	0.1	0.1
Mn	μg/l	160	2	0.05	164	2	0.02	150	5	0.1
Ni	μg/l	33.2	0.7	0.1	45.9	0.4	0.05	45	1	0.1
Cu	μg/l	1.32	0.02	0.05	2.41	0.03	0.02	1.3	0.1	0.0005
Sr	μg/l	104	1	0.05	120	1	0.01	110	5	0.1
Zr	μg/l	<0.1	-	0.1	0.034	0.005	0.02	0.26	0.02	0.0005
Nb	μg/l	<0.1	-	0.1	0.013	0.001	0.01	0.010	0.001	0.0005
Pd	μg/l	0.09	0.01	0.05	<0.01	-	0.01	0.044	0.001	0.0005
Sn	μg/l	<0.1	-	0.1	0.034	0.002	0.01	0.038	0.002	0.0005
Sb	μg/l	0.17	0.01	0.06	0.183	0.005	0.01	0.098	0.002	0.0005
Cs	μg/l	0.72	0.01	0.05	0.698	0.006	0.01	0.51	0.01	0.0005
Pb	μg/l	0.12	0.02	0.05	0.392	0.005	0.01	1.5	0.1	0.0005
Bi	μg/l	<0.1	-	0.1	0.034	0.001	0.01	0.16	0.01	0.0005
Ra	μg/l	<0.1	-	0.1	<0.002	-	0.002	<0.0005	0.002	0.0005
Th	μg/l	<0.1	-	0.1	0.021	0.002	0.005	0.034	0.002	0.0005
W	μg/l	78.3	0.2	0.5	92	1	0.01	89	2	0.1
U	μg/l	9.8	0.2	0.05	9.0	0.3	0.005	23	1	0.1
Cr	μg/l	0.23	0.02	0.05	1.87	0.02	0.02	11	1	0.1
Co	μg/l	0.23	0.01	0.05	0.451	0.002	0.01	1.0	0.1	0.1
Zn	μg/l	12.2	0.1	0.2	13.6	0.2	0.02	10	1	0.1
Mo	μg/l	11.2	0.4	0.1	11.8	0.1	0.02	13	1	0.1
Rb	μg/l	6.4	0.4	0.1	5.83	0.04	0.01	12	1	0.1
Ba	μg/l	10.5	0.3	0.05	10.3	0.1	0.01	10	1	0.1
Be	μg/l	<0.1	-	0.1	0.012	0.001	0.01	0.014	0.001	0.0005
V	μg/l	0.18	0.01	0.05	0.17	0.01	0.02	0.18	0.01	0.0005
Ag	μg/l	<0.05	-	0.05	0.029	0.002	0.01	0.034	0.001	0.0005
Cd	μg/l	<0.05	-	0.05	<0.05	-	0.05	0.017	0.001	0.0005
Hg	μg/l	<1	-	1	0.36	0.02	0.05	0.017	0.001	0.0005
La	μg/l	<0.05	-	0.05	0.036	0.001	0.01	0.046	0.002	0.0005
Ce	μg/l	<0.05	-	0.05	0.068	0.001	0.01	0.086	0.002	0.0005
Pr	μg/l	<0.05	-	0.05	<0.01	-	0.01	0.0098	0.0005	0.0005
Nd	μg/l	<0.05	-	0.05	0.030	0.001	0.01	0.040	0.002	0.0005
Sm	μg/l	<0.05	-	0.05	<0.01	-	0.01	0.0072	0.0002	0.0005
Eu	μg/l	<0.05	-	0.05	<0.01	-	0.01	0.0016	0.0002	0.0005
Gd	μg/l	<0.05	-	0.05	<0.01	-	0.01	0.035	0.002	0.0005
Tb	μg/l	<0.05	-	0.05	<0.01	-	0.01	0.0016	0.0002	0.0005
Dy	μg/l	<0.05	-	0.05	<0.01	-	0.01	0.012	0.001	0.0005
Ho	μg/l	<0.1	-	0.1	<0.01	-	0.01	0.0022	0.0002	0.0005
Er	μg/l	<0.1	-	0.1	<0.01	-	0.01	0.022	0.001	0.0005
Tm	μg/l	<0.1	-	0.1	<0.01	-	0.01	0.0014	0.0003	0.0005
Yb	μg/l	<0.1	-	0.1	<0.01	-	0.01	0.0091	0.0005	0.0005
Lu	μg/l	<0.1	-	0.1	<0.01	-	0.01	0.0018	0.0003	0.0005
Se	μg/l	<0.1	-	0.1	<0.5	-	0.5	<1	1	1
As	μg/l	6.2	0.1	1	5.4	0.1	1	4	1	2

5.4.5 微生物の分析結果

全菌数の計数結果を表5.4.5に、7種の菌それぞれについてのMPN法の結果を表5.4.6に示す。また、MPN法における陽性数からMPN表を用いて算出した各菌の菌数を表5.4.7に示す。

表5.4.5 全菌数の計数結果

分析項目	単位	分析所A	分析所B	分析所C
全菌数	cells/ml	5.3×10^4	1.9×10^5	5.3×10^5

表5.4.6(1) 菌数の計数におけるMPN法結果(分析所A)

分析項目	試料量 (ml)							
	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
鉄酸化菌	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	-	-
硫酸塩還元菌	5/5	5/5	1/5	0/5	0/5	0/5	-	-
メタン生成菌	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	-	-
アンモニア酸化菌	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	-	-
亜硝酸酸化菌	5/5	4/5	1/5	0/5	0/5	0/5	-	-
亜硝酸還元菌	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	4/5	2/5	0/5
硝酸還元菌	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	2/5	0/5

注) 数値はすべて、試験数に対する陽性数(陽性数/試験数)である。

表5.4.6(2) 菌数の計数におけるMPN法結果(分析所B)

分析項目	試料量 (ml)					
	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
鉄酸化菌	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
硫酸塩還元菌	1/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
メタン生成菌	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
アンモニア酸化菌	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5
亜硝酸酸化菌	3/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
亜硝酸還元菌	5/5	1/5	0/5	0/5	0/5	0/5
硝酸還元菌	2/5	5/5	5/5	5/5	3/5	1/5

注) 数値はすべて、試験数に対する陽性数(陽性数/試験数)である。

表5.4.6(3) 菌数の計数におけるMPN法結果(分析所C)

分析項目	試料量 (ml)						
	10 ¹	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
鉄酸化菌	0/5	0/5	0/5	-	-	-	-
硫酸塩還元菌	-	5/5	5/5	5/5	4/5	0/5	-
メタン生成菌	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5
アンモニア酸化菌	-	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	-
亜硝酸酸化菌	-	5/5	0/5	0/5	0/5	0/5	-
亜硝酸還元菌	-	5/5	5/5	5/5	4/5	0/5	0/5
硝酸還元菌	-	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	2/5

注) 数値はすべて、試験数に対する陽性数(陽性数/試験数)である。

表5.4.7 微生物の計数結果

分析項目	単位	分析所A	分析所B	分析所C
鉄酸化菌	MPN/100ml	$<2.0 \times 10^1$	$<2.0 \times 10^1$	$<2.0 \times 10^0$
硫酸塩還元菌	MPN/100ml	3.3×10^3	2.0×10^1	1.3×10^5
メタン生成菌	MPN/100ml	$<2.0 \times 10^1$	$<2.0 \times 10^1$	$<2.0 \times 10^0$
アンモニア酸化菌	MPN/100ml	$<2.0 \times 10^1$	$\geq 2.4 \times 10^7$	$<2.0 \times 10^1$
亜硝酸酸化菌	MPN/100ml	1.7×10^3	7.8×10^1	2.3×10^2
亜硝酸還元菌	MPN/100ml	2.2×10^7	3.3×10^2	1.3×10^5
硝酸還元菌	MPN/100ml	4.9×10^7	1.1×10^6	5.4×10^6

次に、硫酸塩還元菌の純粋分離・同定について述べる。

分析所Aでは、二重皿法、MPN法、嫌氣的培地による方法の3種類の方法で、菌の純粋分離を試みた。菌の生育が認められたのは、硫酸塩還元菌の計数で生育が確認された陽性管から得た黒色コロニーを液体培地で培養したもののみであった。

寒天平板培地での菌の生育が認められないため、通常行われる寒天平板培地による純粋分離は実施できなかった。そのため、液体培地から得た黒色菌叢を普通染色し、倍率2,000倍にて顕微鏡により形態観察を実施した。しかし、図5.4.1に示すように複数の菌が混在し、菌の特定はできなかった。

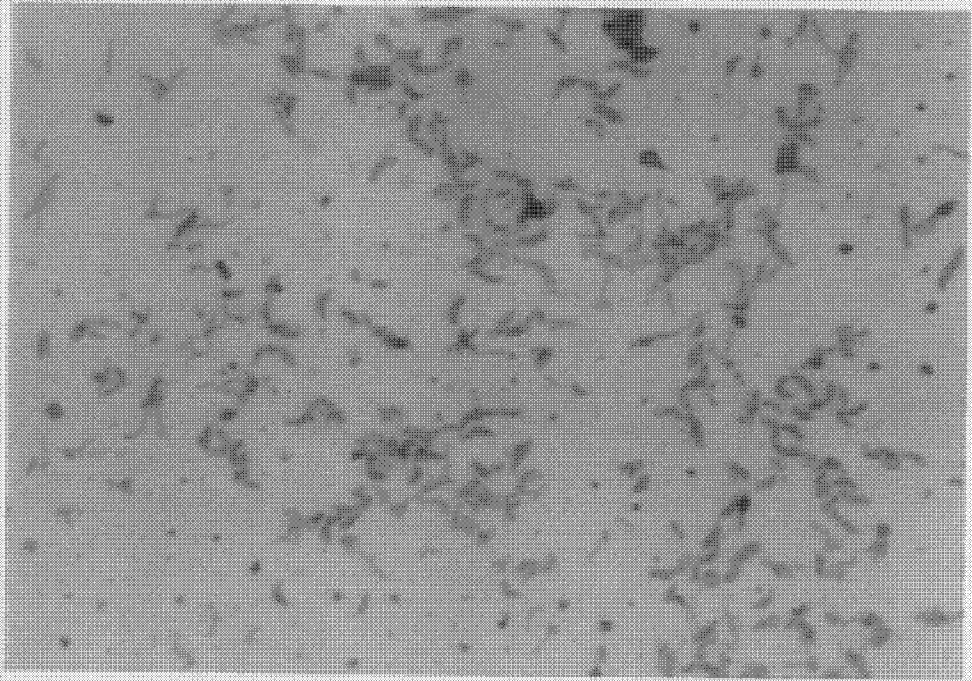


図5.4.1(1) 普通染色した黒色菌叢の倍率2,000倍の顕微鏡写真(分析所A)

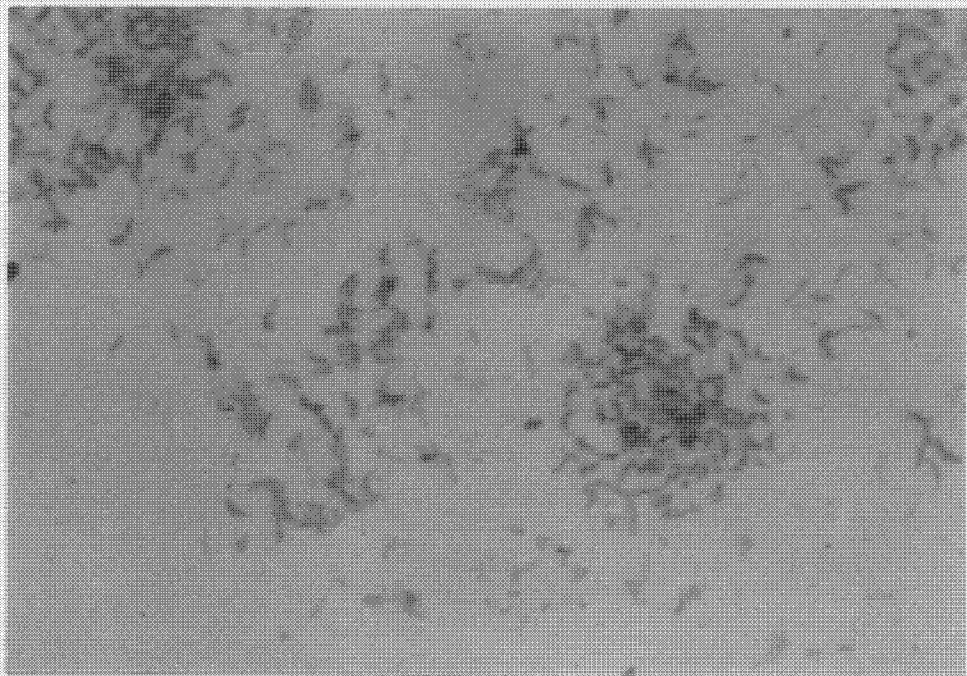


図5.4.1(2) 普通染色した黒色菌叢の倍率2,000倍の顕微鏡写真(分析所A)

分析所Bでは、硫酸塩還元菌の計数で生育が確認された陽性管から得た黒色コロニーを、まず、改良ISA平板培地で培養したところ、図5.4.2のように生育が確認された。

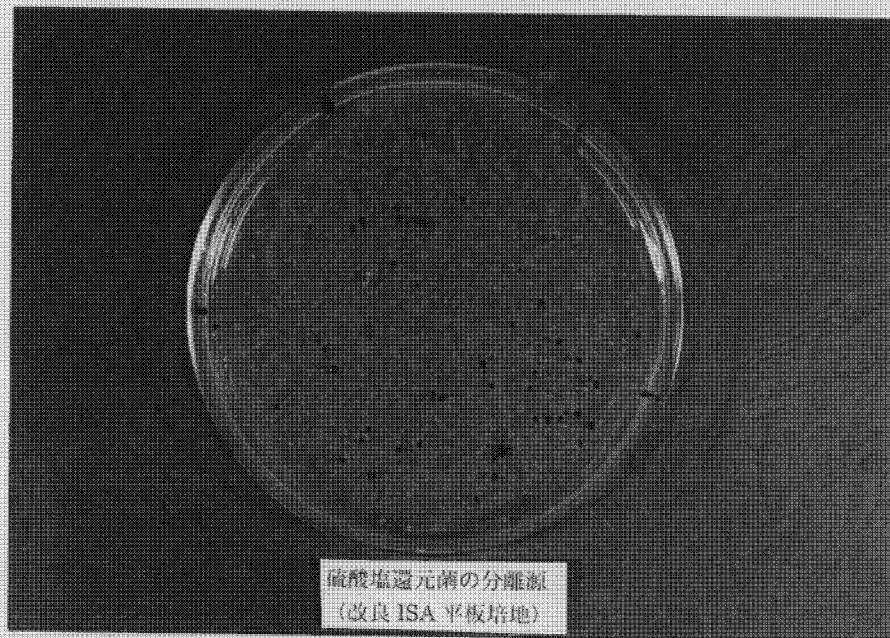


図5.4.2 改良ISA平板培地による硫酸塩還元菌の培養結果

次に、Streak法(図5.4.3)を繰り返し、純粋分離株を得た。

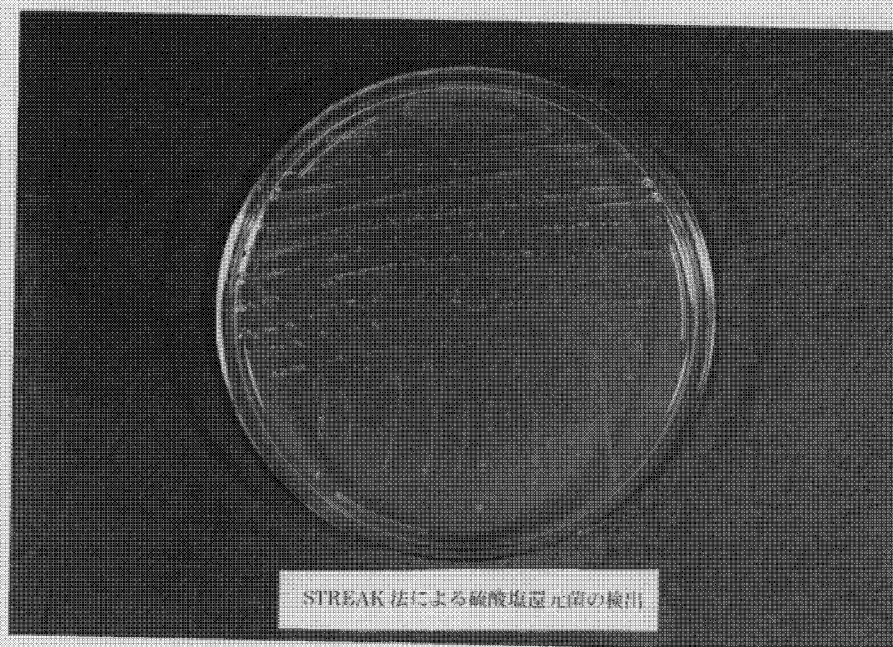


図5.4.3 Streak法による硫酸塩還元菌の分離

得られた純粋分離株からDNAを抽出し、16SrDNA塩基配列法により同定を行った。配列解析結果には、他の菌株のコンタミネーションは認められず、純粋分離が成功したことを確認した。最後に、この解析結果をもとにGenBankデータベースを用いた塩基配列のホモロジー検索を実施した。その結果を表5.4.8に示す。なお、検索では、単にホモロジーだけでなく、配列全体の比較解析から相同性を総合的に判断するため、表に示した上位6菌種のうち、*Clostridium* sp. DSM1975のようにホモロジーが高くても推定菌種としては、下位に位置する場合がある。

表5.4.8 GenBankデータベースによるホモロジー検索結果

菌 種	ホモロジー (%)
<i>Clostridium botulinum</i> type G	94
<i>Clostridium butyricum</i>	93
<i>Clostridium</i> sp. DSM1975	96
<i>Clostridium butyricum</i> ATCC43755	93
<i>Clostridium butyricum</i> DSM2478	93
<i>Clostridium acetobutyricum</i> DSM2478	92

Clostridium botulinum type Gが、最も上位の推定菌種であったが、ホモロジーが94%とやや低いため、分離された菌種は、*Clostridium botulinum* type Gの近縁種と考えられる。

*Clostridium botulinum*は、芽胞形成能をもつグラム陽性・偏性嫌気性桿菌で、一般には食中毒菌よく知られている。強力な外毒素を産出し、その毒素はType AからGに分類される。人では、A・B・E・F型の中毒例が多い。主に土壌中や動物の糞便中に存在する。

*Clostridium botulinum*は、*Desulfovibrio*や*Desulfotomaculum*のような代表的な硫酸塩還元菌と同様、硫化水素を産生するので、検出に用いた改良ISA培地が含有する鉄成分と硫化鉄を形成し、MPN法では陽性管とみなされたと考えられる。

なお、分析所Cでは、菌の純粋分離後、図5.4.4に示すように、倍率10,000倍および20,000倍でSEM写真を撮影した。その結果、2種類の形態の菌が観察されたが、このような形態の硫酸塩還元菌は、バックデータには見当たらず、形態からの同定はできなかった。

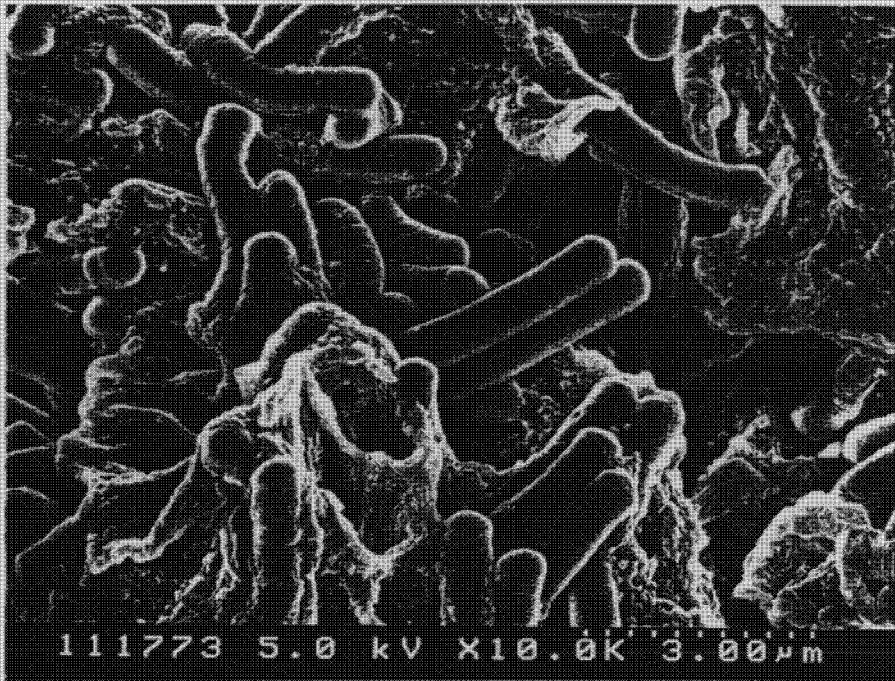


図5.4.4(1) 純粋分離された菌の倍率10,000倍のSEM写真(分析所C)

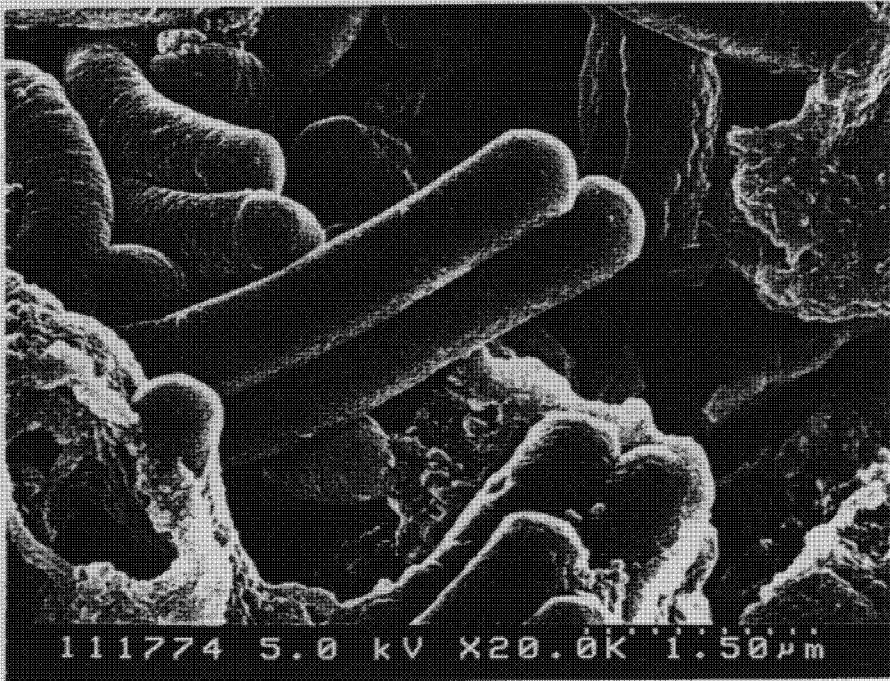


図5.4.4(2) 純粋分離された菌の倍率20,000倍のSEM写真(分析所C)

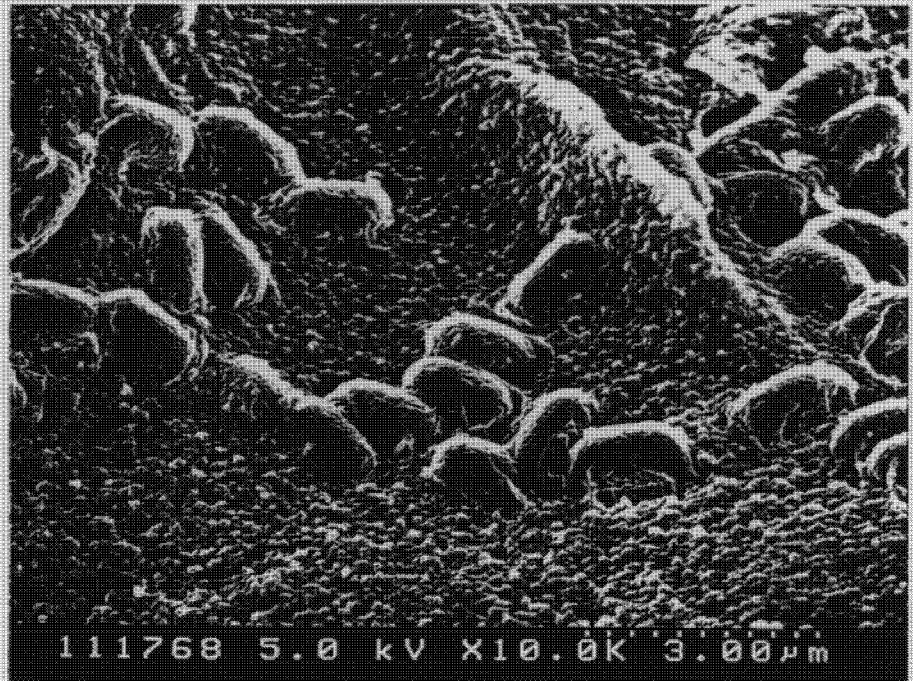


図5.4.4(3) 純粋分離された菌の倍率10,000倍のSEM写真(分析所C)

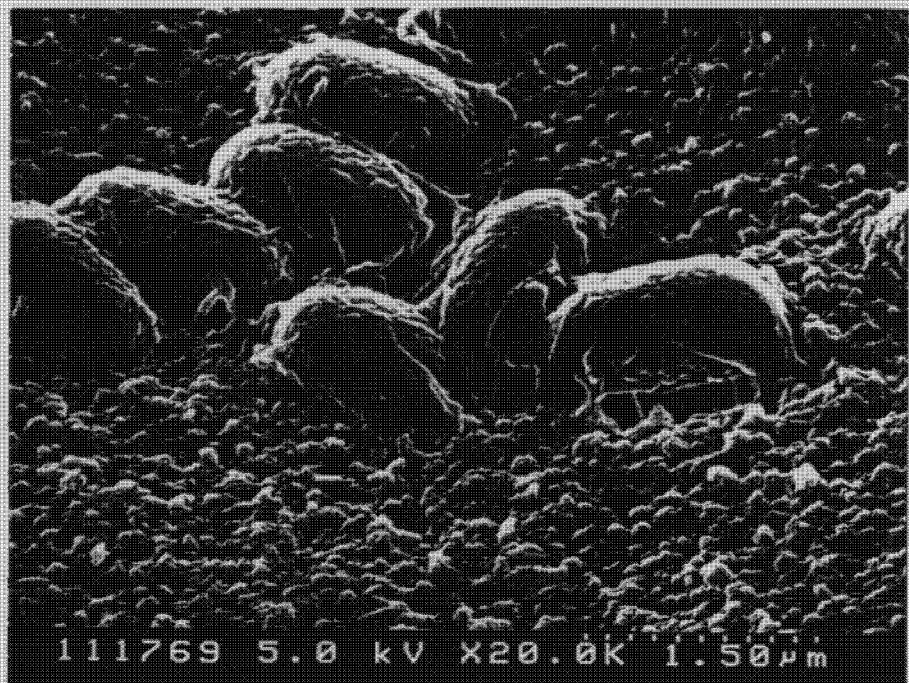


図5.4.4(4) 純粋分離された菌の倍率20,000倍のSEM写真(分析所C)

5.5 考察

5.5.1 分析結果の比較

独立に3分析所で実施した分析結果を比較するため、各分析所の定量値を平均し、この値をもとに定量値、精度の規格化を行った。規格化した定量値は分析所A、B、Cそれぞれ、○、△、□で、規格化した精度とともに偏差図としてプロットした。

分析誤差の分布が正規分布であると仮定した場合、標準偏差を σ とすると、区間 $\pm\sigma$ 、 $\pm 2\sigma$ 、 $\pm 3\sigma$ には、それぞれ約68%、95%、99.7%の測定値が含まれ、事実上、区間 $\pm 3\sigma$ にはほとんどの測定値が含まれることになる。そこで、プロットする精度は、分析結果表(表5.4.1～表5.4.4)に記載した各分析所の精度(標準偏差相当量)の3倍量として、分析結果を比較する際の目安とした。

なお、規格化は、次式を用いて実施した。

$$x_{\text{avg}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$x_i' = \frac{x_i}{x_{\text{avg}}}$$

$$\alpha_i' = \frac{\alpha_i}{x_{\text{avg}}}$$

ここで、 x_i 、 α_i は各分析所の定量値と精度、
 n 、 x_{avg} は定量値の数とその算術平均値、
 x_i' 、 α_i' は規格化された定量値と精度を表す。

なお、各分析所の定量値から算術平均値を計算する際には、Qテストを実施し、各分析所の定量値の棄却検定を実施した。

Qテストでは、棄却したデータが特別な誤差を伴っている確率は90%で、第1種の過誤(特別な誤差の伴わないデータを棄却する誤り)はほとんど起こらず、少数のデータに適用した場合に第2種の過誤(特別な誤差の伴うデータを残す誤り)を起こす可能性のほうが高い。

棄却の判定では、次式で定義される棄却係数 Q_i を計算し、表5.5.1の $Q_{0.90}$ と比較し、 Q_i が表中の $Q_{0.90}$ より大きければ棄却する。

$$R = \max(x_i) - \min(x_i)$$

$$Q_i = \frac{\min(|x_i - x_j|)}{R} \quad \text{ただし、} i \neq j$$

ここで、 x_i は各分析所の定量値、

R は定量値の範囲

Q_i は定量値 x_i に対する棄却係数を表す。

表5.5.1 棄却係数 Q の値

観測度数 (n)	3	4	5	6	7	8	9	10
棄却係数 (Q_{0-90})	0.90	0.76	0.64	0.56	0.51	0.47	0.44	0.41

出典) 鳥居泰男, 康智三: 定量分析化学, 培風館, p. 27 (1983)

注) 計算値との比較には、 $n = 3$ の値を採用

(1) 同位体

同位体分析結果の棄却検定結果と比較図をそれぞれ、表5.5.2、図5.5.1に示す。

表5.5.2 Q テストによる同位体分析結果の棄却検定結果

分析項目	分析所 A	分析所 B	分析所 C
D/H同位体比	採択	採択	採択
^3H 濃度	—	採択	採択
$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 同位体比	棄却	採択	採択
$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 同位体比	棄却	採択	採択
^{14}C 濃度	採択	棄却	採択

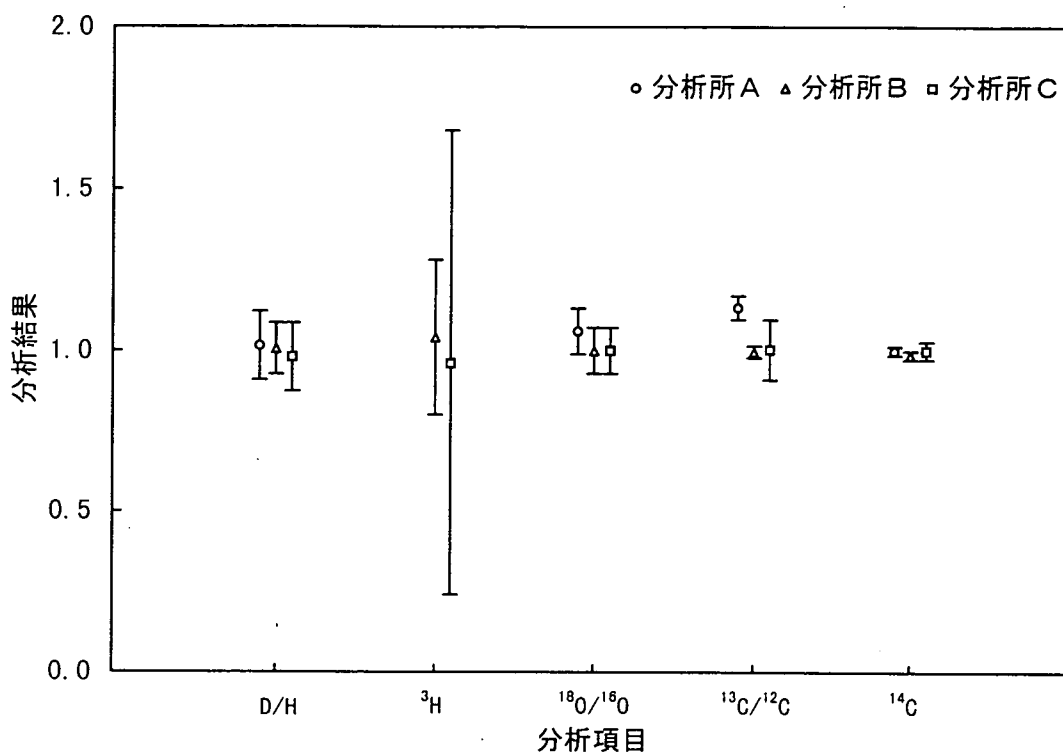


図5.5.1 同位体分析結果の比較

同位体分析結果は、全項目とも分析所による定量値の違いは小さい。³Hは、他の項目と比較すると精度が低くなっているが、これは定量値が定量下限に近い値であったことによる。

(2) 溶存ガス

溶存ガス分析結果の棄却検定結果と比較図をそれぞれ、表5.5.3、比較図を図5.5.2に示す。

表5.5.3 Qテストによる溶存ガス分析結果の棄却検定結果

分析項目	分析所 A	分析所 B	分析所 C
H ₂	—	—	—
He	—	—	—
N ₂	採択	採択	採択
O ₂	採択	採択	採択
CO	—	—	—
CO ₂	採択	採択	採択
CH ₄	—	—	採択

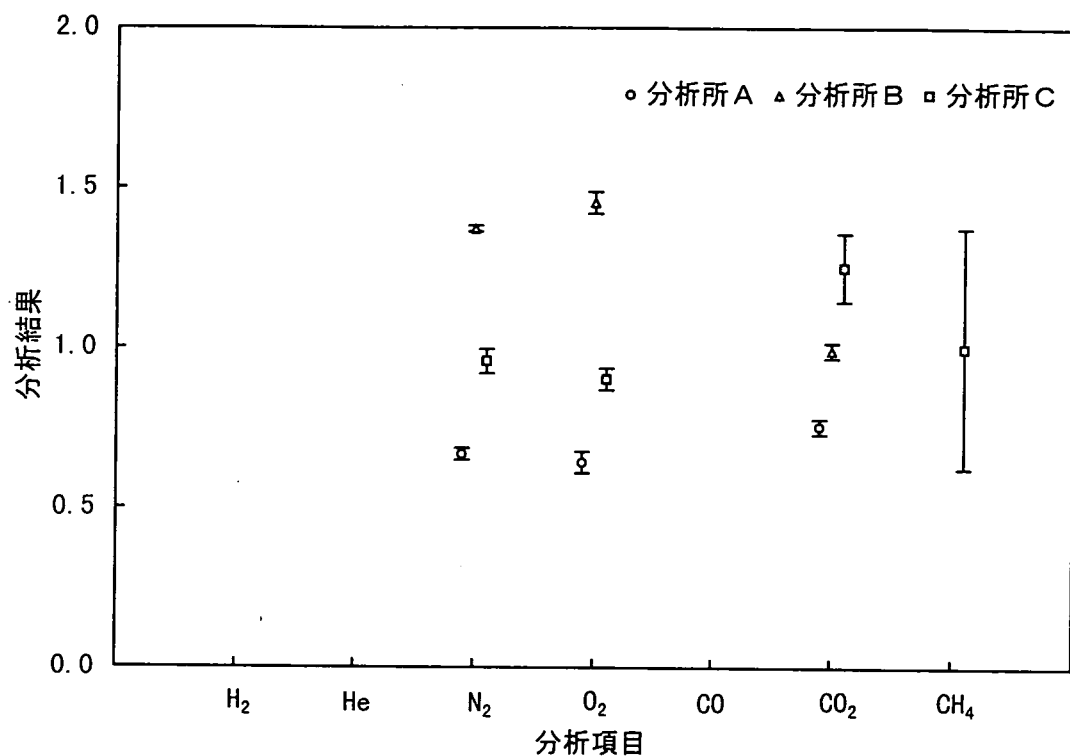


図5.5.2 溶存ガス分析結果の比較

溶存ガス分析7項目のうち、複数の分析所で定量値が得られたものは、N₂・O₂・CO₂の3項目で、最小値と最大値にそれぞれ、約2.1倍、2.3倍、1.7倍の違いがみられた。

(3) 主要化学成分

主要化学成分結果の棄却検定結果と比較図をそれぞれ、表5.5.4、図5.5.3に示す。

表5.5.4 Qテストによる主要化学成分分析結果の棄却検定結果

分析項目	分析所A	分析所B	分析所C
Si	採択	採択	採択
Na ⁺	棄却	採択	採択
K ⁺	採択	採択	採択
Ca ²⁺	採択	採択	採択
Mg ²⁺	採択	採択	採択
Sr	採択	採択	採択
Al	採択	採択	採択
Mn	採択	採択	採択
Fe ²⁺	—	—	—
T. Fe	採択	採択	採択
Cl ⁻	採択	採択	採択
F ⁻	採択	採択	採択
Br ⁻	—	—	—
I ⁻	—	—	採択
SO ₄ ²⁻	採択	採択	採択
IO ₃ ⁻	—	—	—
T. P	採択	採択	採択
PO ₄ ³⁻	採択	—	採択
T. N	—	採択	採択
NO ₂ ⁻	—	—	—
NO ₃ ⁻	—	—	—
S ²⁻	—	—	—
NH ₄ ⁺	—	—	—
TC	採択	採択	棄却
IC	採択	採択	採択
TOC	採択	棄却	採択
フミン酸	—	—	採択
フルボン酸	採択	採択	棄却

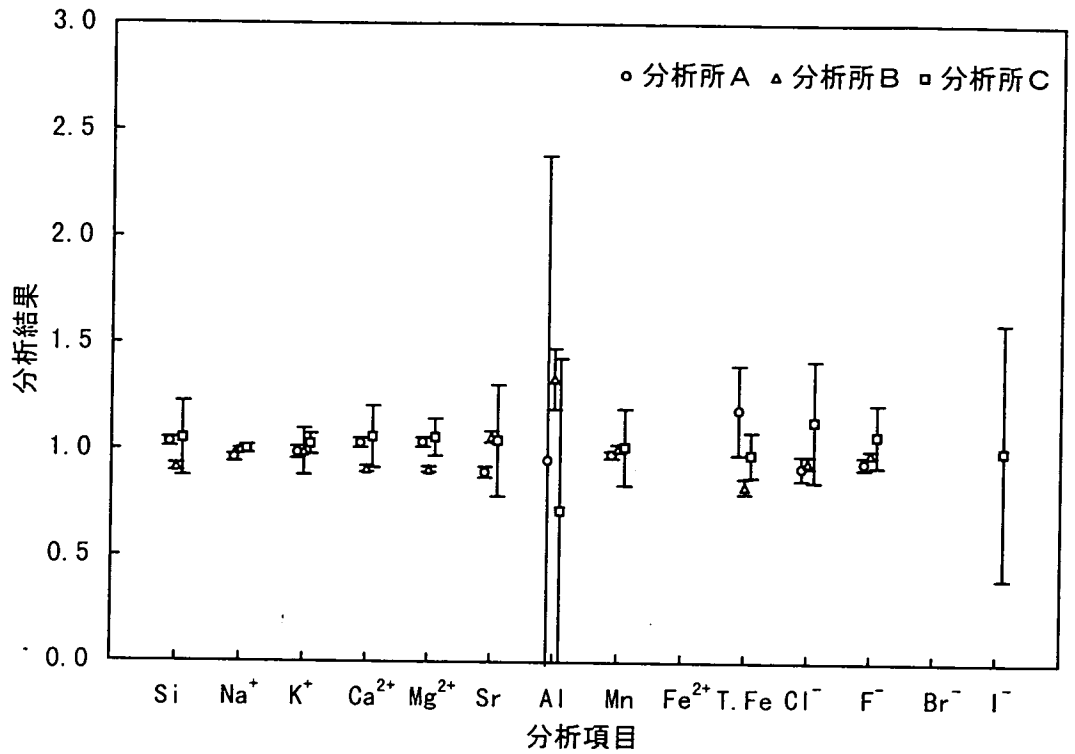


図5.5.3(1) 主要化学成分分析結果の比較(1/2)

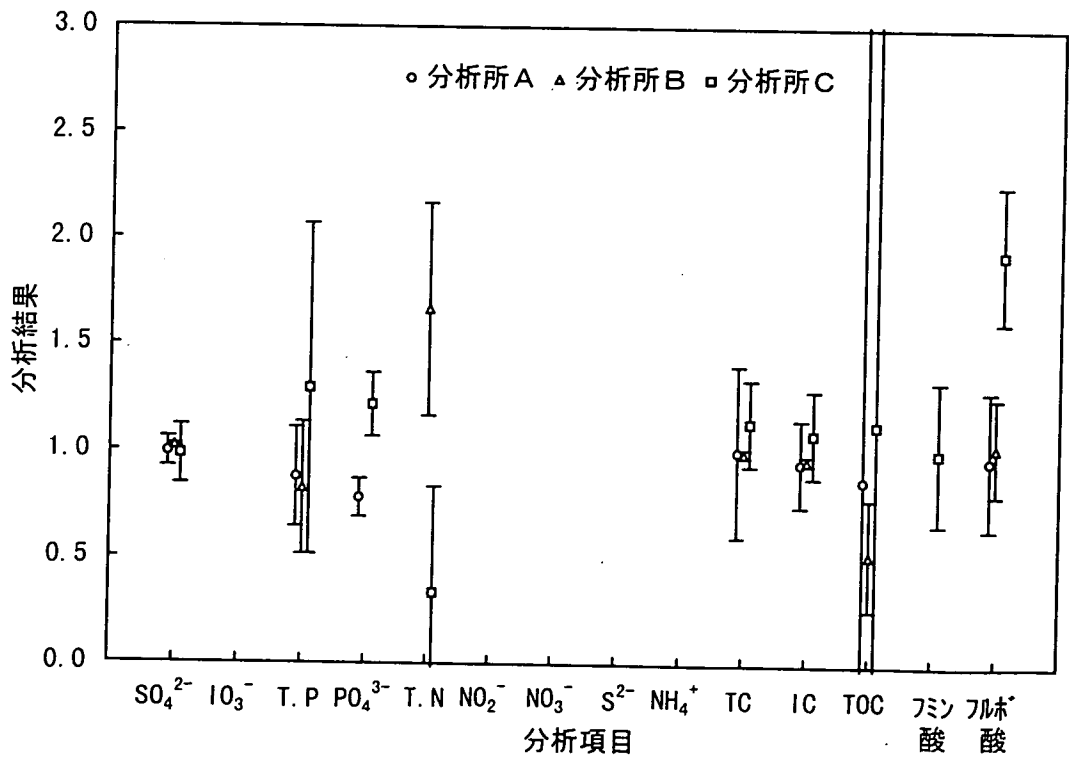


図5.5.3(2) 主要化学成分分析結果の比較(2/2)

主要化学成分は、誘導結合プラズマ発光分光法、原子吸光法、比色法、イオンクロマトグラフ法、赤外線吸収法、蛍光光度法の6種類の分析方法を用いた。以下に、3分析所で定量値が得られた分析項目に対し、方法別に分析結果の概要を述べる。

誘導結合プラズマ発光分光法(Si・Ca²⁺・Mg²⁺・Sr・Al・Mn・T.Fe)では、Al・T.Feを除き、最小値と最大値は20%以下の違いで、分析所による違いは少ない。それに比べ、Alは、定量値が定量下限に近い値となったためか、最小値と最大値には2倍弱の開きがあった。

原子吸光法(Na⁺・K⁺)は、2項目とも最小値と最大値は5%程度の違いで比較的再現性の高い結果が得られ、比色法(T.P)では、定量値が定量下限に近い値となったためか、最小値と最大値の違いが1.6倍程度となった。

イオンクロマトグラフ法(Cl⁻・F⁻・SO₄²⁻)では、SO₄²⁻が最小値と最大値の差が約3%と最も小さく、Cl⁻が約24%で最も大きかった。

赤外線吸収法(TC・IC・TOC)では、TC・ICの最小値と最大値の違いは15%程度であったが、TOCは、TCとICの差で求めるため、定量値が定量下限に近い値となり、1.7倍に近い違いがみられた。

また、蛍光光度法(フルボ酸)は、最小値と最大値で2倍の違いとなった。

(4)微量化学成分

微量化学成分分析結果の棄却検定結果と比較図をそれぞれ、表5.5.5、図5.5.4に示す。

表5.5.5 Qテストによる微量化学成分分析結果の棄却検定結果

分析項目	分析所A	分析所B	分析所C
Li	採択	採択	採択
B	採択	採択	棄却
Ti	—	採択	採択
Mn	採択	採択	採択
Ni	棄却	採択	採択
Cu	採択	棄却	採択
Sr	採択	採択	採択
Zr	—	採択	採択
Nb	—	採択	採択
Pd	採択	—	採択
Sn	—	採択	採択
Sb	採択	採択	採択
Cs	採択	採択	採択
Pb	採択	採択	採択
Bi	—	採択	採択
Ra	—	—	—
Th	—	採択	採択
W	採択	採択	採択
U	採択	採択	棄却
Cr	採択	採択	採択
Co	採択	採択	採択
Zn	採択	採択	採択
Mo	採択	採択	採択
Rb	採択	採択	棄却
Ba	採択	採択	採択
Be	—	採択	採択
V	採択	棄却	採択
Ag	—	採択	採択
Cd	—	—	採択
Hg	—	採択	採択
La	—	採択	採択
Ce	—	採択	採択
Pr	—	—	採択
Nd	—	採択	採択
Sm	—	—	採択
Eu	—	—	採択
Gd	—	—	採択
Tb	—	—	採択
Dy	—	—	採択
Ho	—	—	採択
Er	—	—	採択
Tm	—	—	採択
Yb	—	—	採択
Lu	—	—	採択
Se	—	—	—
As	採択	採択	採択

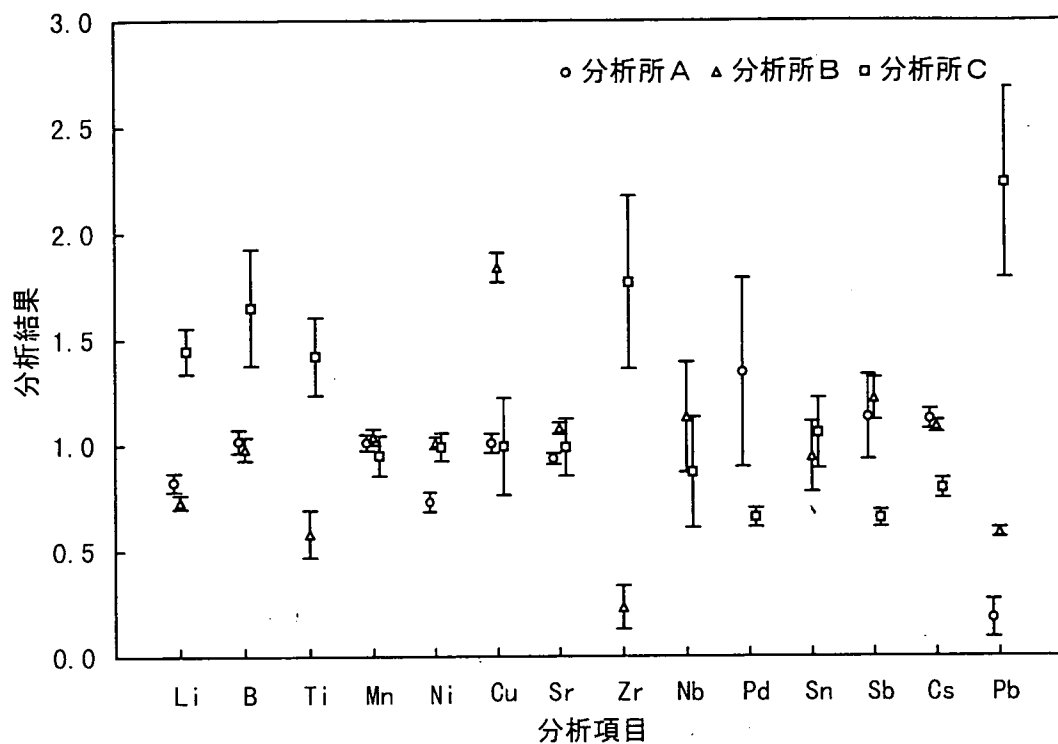


図5.5.4(1) 微量化学成分分析結果の比較(1/4)

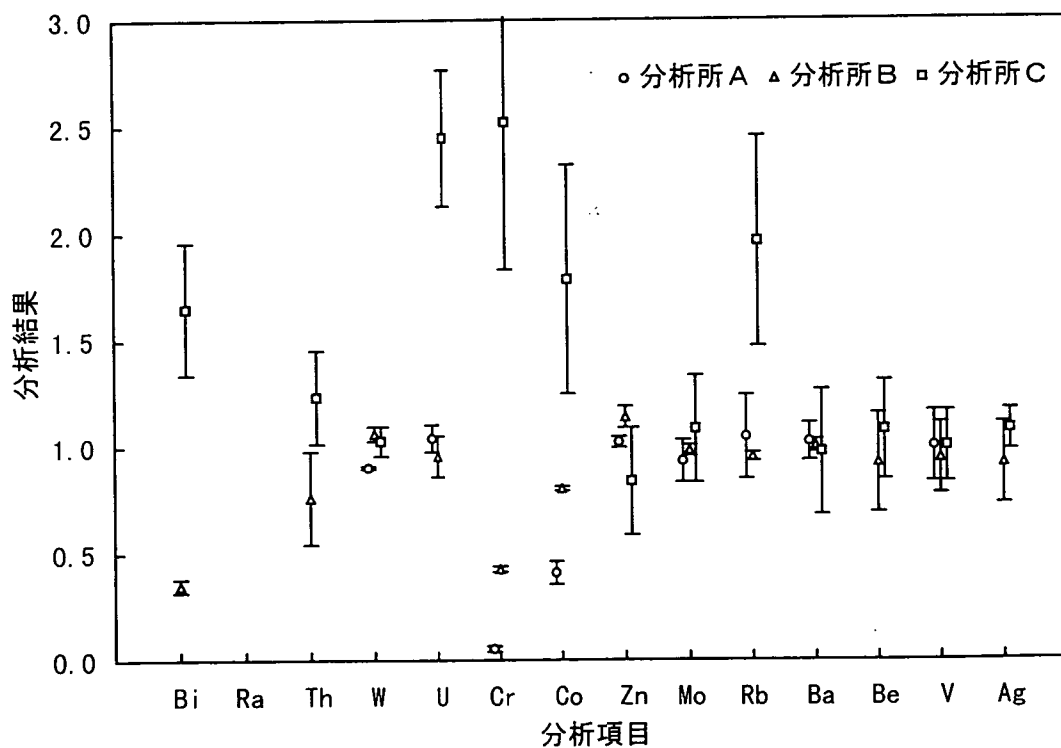


図5.5.4(2) 微量化学成分分析結果の比較(2/4)

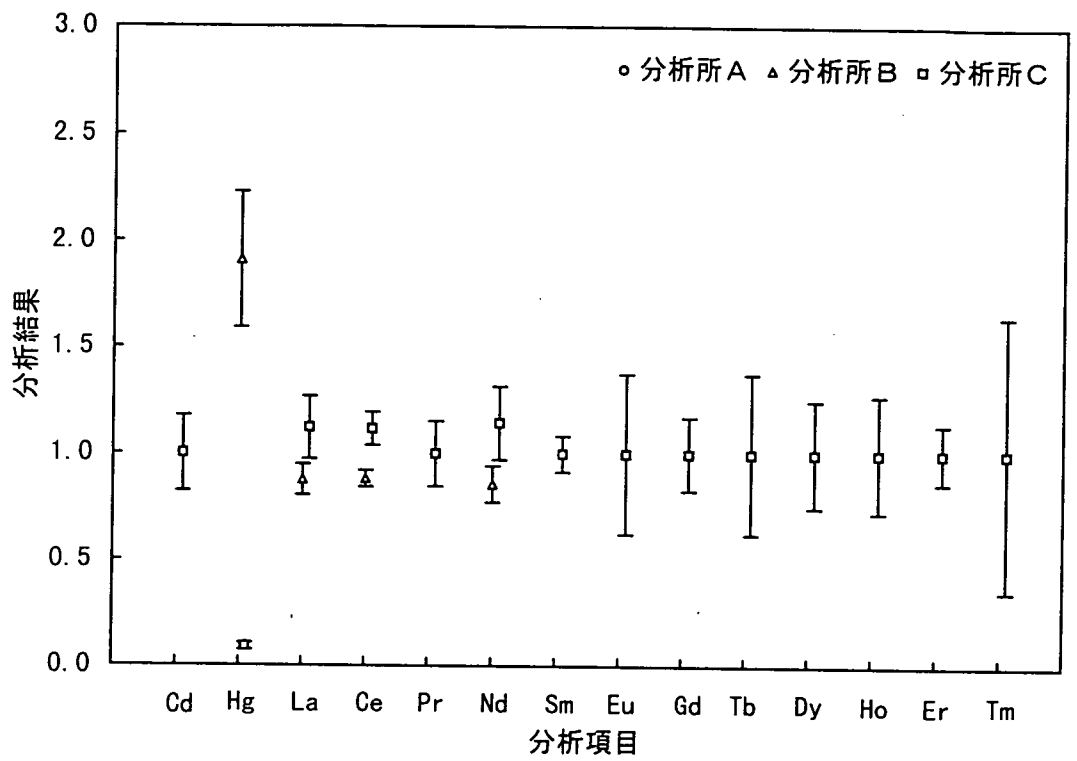


図5.5.4(3) 微量化学成分分析結果の比較(3/4)

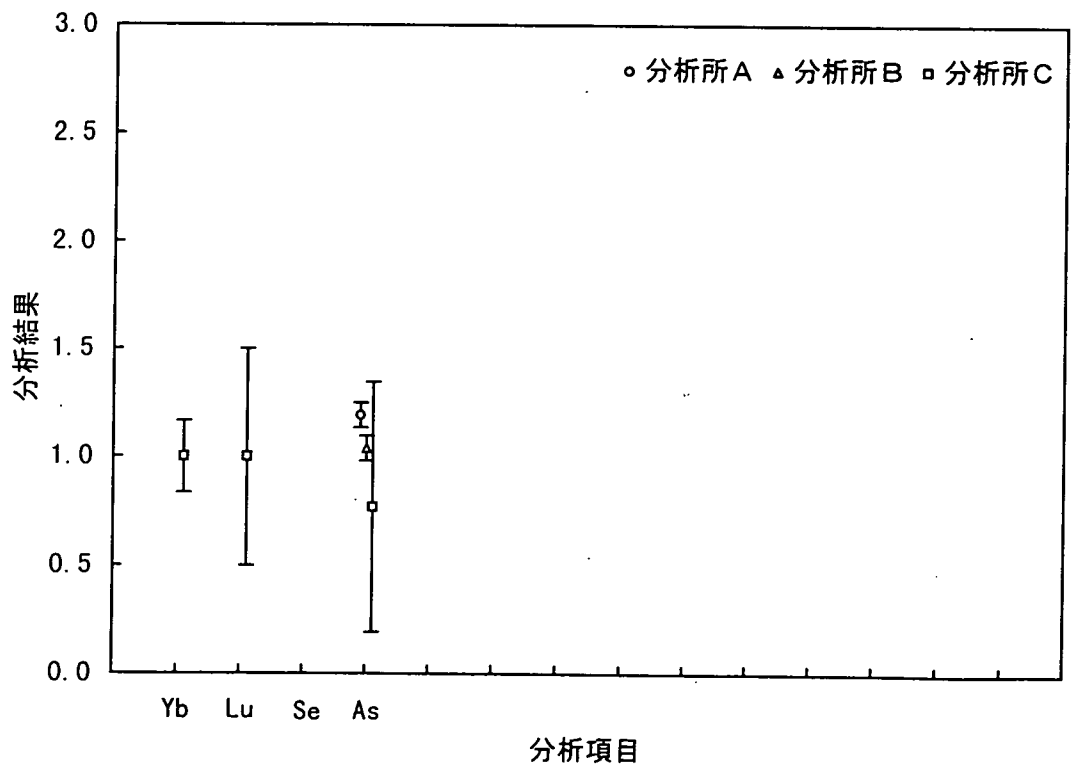


図5.5.4(4) 微量化学成分分析結果の比較(4/4)

微量化学成分のうち、3分析所で定量値の得られた項目は19項目で、これらのうち、最小値と最大値に2倍を超える違いがあった5項目を以下に示す。

Pb・U・Cr・Co・Rb

5.5.2 地下水のイオンバランス

連続地上採水中の主要化学成分分析と同様に、分析結果から陽イオンと陰イオンのそれぞれの総和量を計算し、以下の式を用いて、分析値の誤りがあるかを推測した。

$$|\Sigma[\text{陽イオン}] - \Sigma[\text{陰イオン}]| \leq 0.1065 + 0.0155 \Sigma[\text{陽イオン}]$$

ただし、 $\Sigma[\text{陽イオン}]$ 、 $\Sigma[\text{陰イオン}]$ とも単位はmeq/ℓで、 $\Sigma[\text{陽イオン}]$ は $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+}$ 、 $\Sigma[\text{陰イオン}]$ は $\text{Cl}^- \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{HCO}_3^- \cdot \text{F}^-$ の総和量とした。なお、原位置における物理化学パラメータ測定によれば、地下水のpH7.9、水温20℃であり、このような条件の淡水中では、 CO_2 はその95%以上が HCO_3^- の形で存在する。そこで、ICがすべて HCO_3^- の形で存在するとして、 HCO_3^- を算出した。また、pHがほぼ中性なため、陽・陰イオンそれぞれの総和量に対する、水素イオン・水酸化物イオンの寄与は小さいため無視した。

各分析所の分析結果を用いて計算した地下水のイオンバランスを表5.5.6に示す。

表5.5.6 地下水のイオンバランス

	分析所A	分析所B	分析所C
$\Sigma[\text{陽イオン}]$ (meq/ℓ)	1.51	1.40	1.56
$\Sigma[\text{陰イオン}]$ (meq/ℓ)	1.48	1.50	1.66
$ \Sigma[\text{陽イオン}] - \Sigma[\text{陰イオン}] $ (meq/ℓ)	0.03	0.10	0.10
$0.1065 + 0.0155 \times \Sigma[\text{陽イオン}]$ (meq/ℓ)	0.13	0.13	0.13

計算結果からは、いずれの分析所でも主要成分の欠如は認められない。

5.5.3 化学成分から計算した電気伝導度

連続地上採水中の主要化学成分分析と同様に、表4.5.2に示す極限当量電気伝導度と各分析所の分析結果から、次式を用いて電気伝導度を算出した。

$$EC = \sum \lambda_i C_i$$

ここで、ECは、電気伝導度 (mS/m)

λ_i は、各イオンの極限当量電気伝導度 (mS/m/meq/l)、

C_i は、各イオンの当量濃度 (meq/l) である。

電気伝導度の計算結果を原位置における物理化学パラメータ測定における実測値と共に表5.5.7に示す。なお、 HCO_3^- の濃度はイオンバランスの計算と同様、ICの定量値から算出した。

表5.5.7 分析結果から算出した電気伝導度

	分析所A	分析所B	分析所C	実測値
電気伝導度 (mS/m)	16.2	15.6	17.3	14.0

連続地上採水中の主要化学成分分析の場合と同様、いずれの分析所の結果を用いた場合も、計算値は実測値よりも10%以上大きな数値となった。

5.5.4 トリチウム濃度による地下水の年代推定

地下水におけるトリチウム(^3H)分析の主な目的は、地下水の滞留時間の推定にある。

^3H の半減期は12.33年で、弱い β 線を出しながら崩壊する水素の放射性同位体である。生成は大気上層で窒素原子と宇宙線の核反応で行われ、天然の降水中に含まれる量としては、10TR程度とされている。 ^3H は水素とともに水分子を形成し、その物理化学的な挙動は、通常の水分子とほとんど変わらない。

以上の理由で、 ^3H は理想的な水のトレーサーとして、比較的若い地下水の年代推定(~60年)に活用されている。地下水の年代は、 ^3H 濃度を用いて次式で推定することができる。

$$t = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} \times \ln \frac{C}{C_0}$$

ここで、 t は ^3H 濃度から算出される地下水年代(年)、

$T_{1/2}$ は ^3H の半減期で12.33年、

C は地下水の ^3H 濃度 (TR)、

C_0 は降水の ^3H 濃度 (TR) である。

なお、降水の ^3H 濃度は、1952年から1963年にかけて大気圏内で実施された熱核実験により著しく増加した。1963年には最大値が観測され、局所的には一時、天然に生成される ^3H 濃度の1,000倍以上に達した。その後、 ^3H 濃度は減少し、現在はほぼ天然レベルの10TR程度で推移している。また、降水の ^3H 濃度は、季節による変動も認められており、上式を用いた地下水の年代推定では、降水の ^3H 濃度をどのように設定するかという問題が存在する。

ちなみに降水の ^3H 濃度を現在の天然レベルである10TRとして、今回の各分析所で得られた ^3H 濃度から、地下水年代を計算すると表5.5.8のようになる。

表5.5.8 トリチウム濃度から計算した地下水年代

	分析所 A	分析所 B	分析所 C
^3H 濃度 (TR)	<0.9	1.3	1.2
地下水年代(年)	>43	36	38

これらの結果から、少なくとも1952年以前の天水を起源としないことは、明らかで、地下水は、数十年程度の比較的新しい年代のものといえる。

5.5.5 δD ・ $\delta^{18}\text{O}$ による水起源の推定

水分子を構成する水素および酸素の安定同位体であるDや ^{18}O は、水の起源・混合・熱水活動・熱水流動における検討において優れた天然トレーサーとしての役割を果たす。これは2つの相が共存する場合、同位体分子の分配係数が異なるため、その間に同位体分別が生じることに起因している。

地表付近での水の循環では、蒸発・凝縮・凝固・融解にともない、D/H同位体比(δD)、 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 同位体比($\delta^{18}\text{O}$)が変化するため、降水の同位体比は、以下の4つの効果により変化することが知られている。

- ①緯度効果 ②高度効果 ③内陸効果 ④雨量効果

日本では、これらの効果のうち①緯度効果と②高度効果が重要となる。

なお、降水の同位体比は、季節によっても変動することが知られているが、通常、地下水は混合のため季節変動は打ち消され、年平均値を示すとされている。また、地下水の同位体比は、岩石との相互作用により変化し、この場合、 $\delta^{18}\text{O}$ と δD では一般的に $\delta^{18}\text{O}$ の方が大きく増加する。これは岩石中には、水素は酸素と比較して少量しか含まれておらず、その同位体比も淡水とあまり差がないのになら、酸素は、その同位体比が標準平均海水と比較して5%以上大きいためである。

実際の測定結果から地下水の起源等を検討する場合には、 δD と $\delta^{18}O$ の関係をプロットし、このプロットと天水線(天水における δD と $\delta^{18}O$ の関係を示す直線)を用いる。世界各地の河川水・湖水・雨水・雪の δD と $\delta^{18}O$ から求められた天水線は次式で表される(Craig H. (1961), Science, vol. 133, pp1702-1703)。

$$\delta D = 8 \delta^{18}O + 10$$

ここで、 $\delta^{18}O$ は $^{18}O/^{16}O$ 同位体比(‰)、
 δD はD/H同位体比(‰)である。

また、日本では、太平洋側と日本海側とでは気団の発生形態に違いがあることなどから、以下に示す太平洋起源の水と日本海起源の水の天水線があり、通常の日本の自然水は、この2つの天水線の間で、 δD が-100~-40‰に入ることが知られている(松葉谷治(1985), 地熱エネルギー, vol. 10, pp112-115)。

$$\delta D = 8 \delta^{18}O + 10 \quad (\text{太平洋側の水})$$

$$\delta D = 8 \delta^{18}O + 26 \quad (\text{日本海側の水})$$

これら天水線を今回の分析結果と共に図5.5.5に示す。

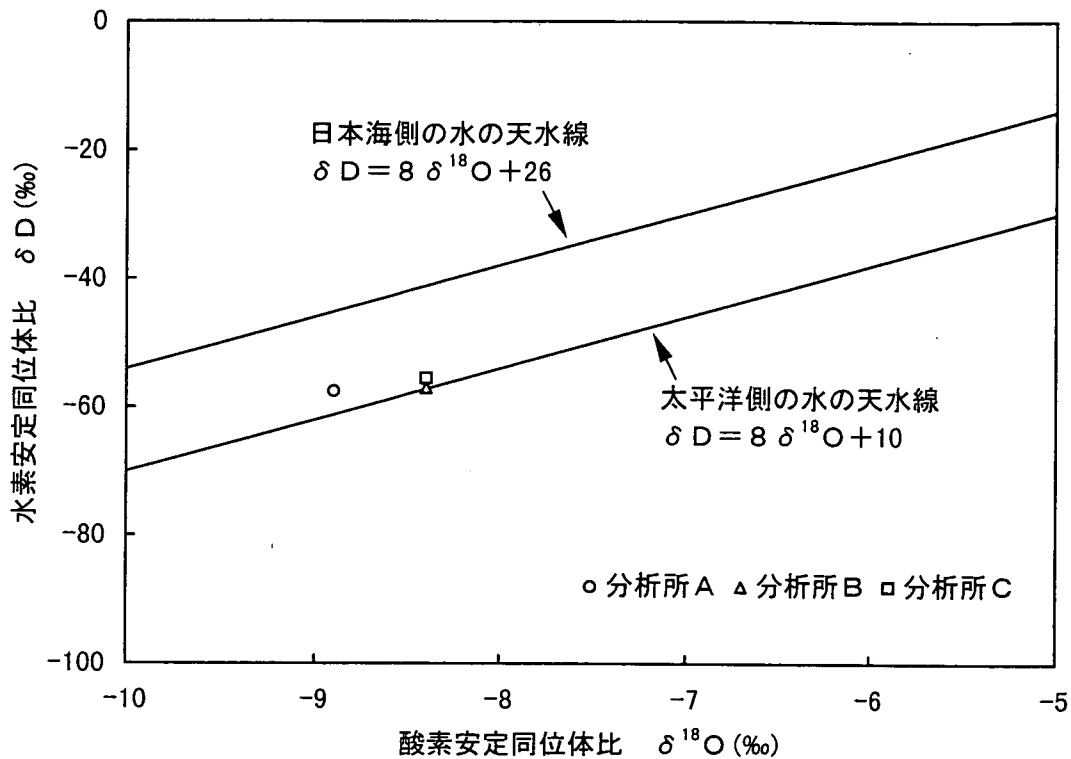


図5.5.5 酸素安定同位体比と水素安定同位体比の関係

図5.5.5から、今回の分析で得られた地下水の $\delta D \cdot \delta^{18}O$ は、太平洋側の天水を起源とする地下水の分析結果として特異なものではないことがわかる。

5.5.6 化学成分の分析結果から評価した地下水の水質

化学成分の分析結果から水質を評価する場合に、よく用いられる座標図として、Piperにより提案されたトリリニャーダイヤグラムがある。これは、陽イオン・陰イオンそれぞれを2成分系としてプロットする菱形座標図と3成分系として検討する際に用いられる2つの三角座標図からなる。図5.5.6に今回の地下水のトリリニャーダイヤグラムを示す。

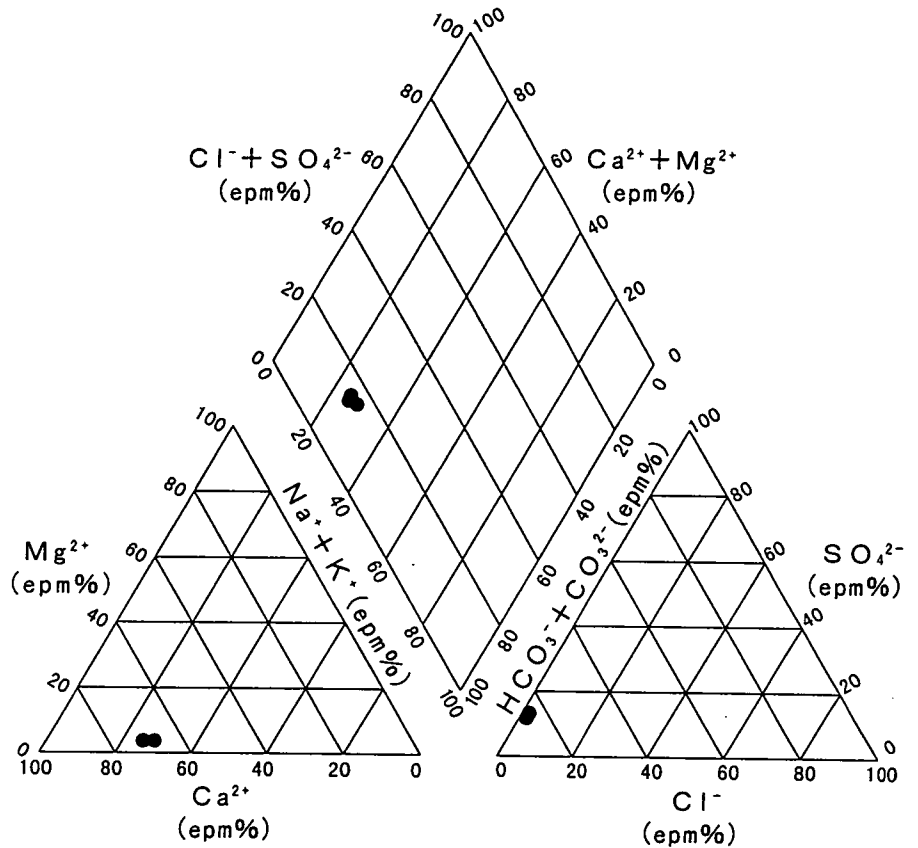


図5.5.6 トリリニヤーダイヤグラム

このトリリニヤーダイヤグラムによる水質区分では、中央のキーダイヤグラムの領域により次の4つに区分される。

- ①アルカリ土類重炭酸塩 ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) 型
- ②アルカリ重炭酸塩 (NaHCO_3) 型
- ③アルカリ土類非炭酸塩 (CaSO_4 または CaCl_2) 型
- ④アルカリ非炭酸塩 (Na_2SO_4 または NaCl) 型

今回の地下水は、これらのうちのアルカリ土類重炭酸塩 ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) 型に分類され、河川水や浅層地下水に多くみられる水質である。

また、この分類法とは別に、Backが提案した水質化学相による分類法がある (Back W. (1961), Techniques for mapping hydrochemical facies. USGS., Prof. Paper, 424-D, pp380-382)。これは、表5.5.9に示すようにイオンを陽イオン相・陰イオン相の2つに大別し、それぞれを4つの相に分類するものである。

表5.5.9 水質化学相の分類

陽イオン相	組成 (epm%)	
	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺
Ca ²⁺ -Mg ²⁺	90~100	0~10
Ca ²⁺ -Na ⁺	50~90	10~50
Na ⁺ -Ca ²⁺	10~50	50~90
Na ⁺	0~10	90~100
陰イオン相	組成 (epm%)	
	HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻ +Cl ⁻
HCO ₃ ⁻	90~100	0~10
HCO ₃ ⁻ -Cl ⁻ -SO ₄ ²⁻	50~90	10~50
Cl ⁻ -SO ₄ ²⁻ -HCO ₃ ⁻	10~50	50~90
Cl ⁻ -SO ₄ ²⁻	0~10	90~100

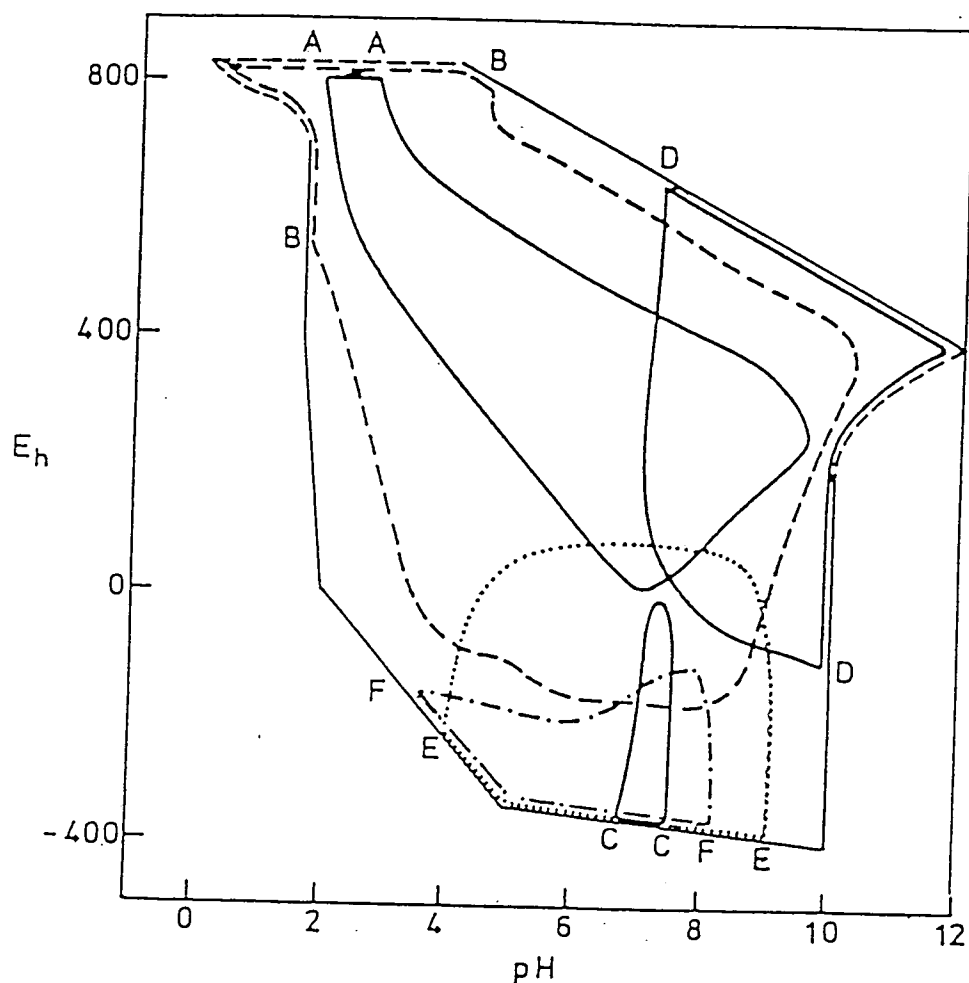
今回の3分析所の結果では、いずれも陽イオンは、Ca²⁺とMg²⁺がその約7割を占め、陰イオンは、HCO₃⁻がその約8割を占める。したがって、今回の地下水は、陽イオン相がCa²⁺とNa⁺、陰イオン相がHCO₃⁻-Cl⁻-SO₄²⁻に分類される。

5.5.7 水素イオン指数と酸化還元電位からみた微生物の存在可能性

微生物の計数結果から、各菌の存在可能性は次のように考えられる。

- ① 3分析所で、陽性反応が認められ、存在の可能性が非常に高いもの
硫酸塩還元菌・亜硝酸酸化菌・亜硝酸還元菌・硝酸還元菌
- ② 分析所により、検出結果に違いが認められ、存在の可能性が不確かなもの
アンモニア酸化菌
- ③ 3分析所とも検出されず、存在の可能性が低いもの
鉄酸化菌・メタン生成菌

微生物が生育するための条件は、温度、水素イオン指数、酸素や各微生物の栄養要求性環境因子等があるが、Zajic は水素イオン指数(pH)と酸化還元電位(Eh)の観点から、図5.5.7に示すような各微生物の生育条件を報告している(Zajic J.E. (1969), Microbial biogeochemistry, Academic Press Inc., NewYork)。



- | | |
|-------------|------------|
| A : 鉄バクテリア | D : 脱窒菌 |
| B : チオバクテリア | E : 硫酸還元菌 |
| C : メタン細菌 | F : 従属栄養細菌 |

図5.5.7 Zajicによる微生物生育のためのEhとpHの範囲

図5.5.7において、原位置における物理化学パラメータ測定の結果(pH:7.9、Eh: -28~102mV)から、生育条件に当てはまらない菌種としては、鉄酸化菌・メタン生成菌があげられる。これは、微生物の計数において、両菌種が未検出であったという事実と矛盾しない。また、硫酸塩還元菌・亜硝酸還元菌・硝酸還元菌は、いずれも、ほぼその生育範囲内に入っており、今回の微生物の計数結果は、Zajicの示した各微生物の生育条件と合致している。

しかし、硫酸塩還元菌については、16SrDNA塩基配列法により同定された菌種が、硫酸塩還元菌でなく、*Clostridium botulinum* type Gの近縁種であったため、その存在は明白とはなっていない。

5.6 まとめ

今回の地下水化学分析で得られた同位体・主要化学成分・微量化学成分の3分析所の分析結果から、次のようにして代表値を決定した。その結果を表5.6.1に示す。

① 3分析所で定量値の得られた項目

3分析所の定量値の平均値を代表値とし、定量値の範囲を示した。

なお、前節の分析結果の比較では、Qテストにより各分析所で得られた定量値の棄却検定を行ったが、Qテストでは、 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ のように2分析所の定量値が一致した場合、残りの定量値がその定量値に一致しない限り、必然的に棄却される。そのため、ここではQテストは実施せず、3分析所の定量値から平均値を算出した。

② 2分析所で定量値の得られた項目

2分析所の定量値の平均値を代表値とし、定量値の範囲を示した。

③ 1分析所でしか定量値の得られなかった項目

定量値の得られなかった2分析所でより高い定量下限を代表値とした。

④ 定量値の全く得られなかった項目

分析所のうちで最も高い定量下限を代表値とした。

表5.6.1 地下水化学分析結果(同位体・溶存ガス・主要化学成分・微量化学成分)

分析項目	単位	代表値	範囲	分析項目	単位	代表値	範囲
D/H	‰	-57	2	Li	μg/l	30	20
³ H	TR	1.3	0.1	B	μg/l	13	7
¹⁸ O/ ¹⁶ O	‰	-8.6	0.5	Ti	μg/l	2	1
¹³ C/ ¹² C	‰	-17	2	Mn	μg/l	160	10
¹⁴ C	‰MC	44.0	0.6	Ni	μg/l	40	10
H ₂	ml/l	<0.01	—	Cu	μg/l	2	1
He	ml/l	<0.04	—	Sr	μg/l	110	20
N ₂	ml/l	30	20	Zr	μg/l	0.1	0.2
O ₂	ml/l	9	7	Nb	μg/l	0.012	0.003
CO	ml/l	<0.01	—	Pd	μg/l	0.07	0.05
CO ₂	ml/l	30	10	Sn	μg/l	0.036	0.004
CH ₄	ml/l	<0.01	—	Sb	μg/l	0.15	0.09
Si	mg/l	17	2	Cs	μg/l	0.6	0.2
Na ⁺	mg/l	7.7	0.3	Pb	μg/l	1	1
K ⁺	mg/l	2.5	0.1	Bi	μg/l	0.1	0.1
Ca ²⁺	mg/l	21	3	Ra	μg/l	<1	—
Mg ²⁺	mg/l	0.7	0.1	Th	μg/l	0.03	0.01
Sr	mg/l	0.12	0.02	W	μg/l	90	10
Al	mg/l	0.04	0.03	U	μg/l	14	14
Mn	mg/l	0.17	0.01	Cr	μg/l	4	11
Fe ²⁺	mg/l	<0.1	—	Co	μg/l	0.6	0.8
T. Fe	mg/l	0.3	0.1	Zn	μg/l	12	4
Cl ⁻	mg/l	1.1	0.2	Mo	μg/l	12	2
F ⁻	mg/l	2.1	0.3	Rb	μg/l	8	6
Br ⁻	mg/l	<0.2	—	Ba	μg/l	10.3	0.5
I ⁻	mg/l	<0.3	—	Be	μg/l	0.013	0.002
SO ₄ ²⁻	mg/l	8.7	0.3	V	μg/l	0.18	0.01
IO ₃ ⁻	mg/l	<1	—	Ag	μg/l	0.032	0.005
T. P	mg/l	0.04	0.02	Cd	μg/l	<0.05	—
PO ₄ ³⁻	mg/l	0.10	0.04	Hg	μg/l	0.2	0.3
T. N	mg/l	0.06	0.08	La	μg/l	0.04	0.01
NO ₂ ⁻	mg/l	<0.2	—	Ce	μg/l	0.08	0.02
NO ₃ ⁻	mg/l	<0.1	—	Pr	μg/l	<0.05	—
S ²⁻	mg/l	<0.1	—	Nd	μg/l	0.04	0.01
NH ₄ ⁺	mg/l	<0.2	—	Sm	μg/l	<0.05	—
TC	mg/l	16	2	Eu	μg/l	<0.05	—
IC	mg/l	15	2	Gd	μg/l	<0.05	—
TOC	mg/l	1.0	0.7	Tb	μg/l	<0.05	—
フミン酸	mg/l	<0.04	—	Dy	μg/l	<0.05	—
フルボ酸	mg/l	0.12	0.09	Ho	μg/l	<0.1	—
				Er	μg/l	<0.1	—
				Tm	μg/l	<0.1	—
				Yb	μg/l	<0.1	—
				Lu	μg/l	<0.1	—
				Se	μg/l	<1	—
				As	μg/l	5	2

また、微生物の分析結果として、3分析所の計数結果における最大値と最小値を表5.6.2に示す。

表5.6.2 微生物の分析結果

分析項目	単位	計数結果	
		最小	最大
全菌数	cells/ml	5.3×10^4	5.3×10^5
鉄酸化菌	MPN/100ml	$< 2.0 \times 10^0$	$< 2.0 \times 10^1$
硫酸塩還元菌	MPN/100ml	2.0×10^1	1.3×10^5
メタン生成菌	MPN/100ml	$< 2.0 \times 10^0$	$< 2.0 \times 10^1$
アンモニア酸化菌	MPN/100ml	$< 2.0 \times 10^1$	$\geq 2.4 \times 10^7$
亜硝酸酸化菌	MPN/100ml	7.8×10^1	1.7×10^3
亜硝酸還元菌	MPN/100ml	3.3×10^2	2.2×10^7
硝酸還元菌	MPN/100ml	1.1×10^6	4.9×10^7

なお、硫酸塩還元菌の同定結果では、純粹分離された菌は、硫酸塩還元菌に属さない*Clostridium botulinum* type Gの近縁種と推定された。この菌は、芽胞形成能をもつグラム陽性・偏性嫌気性桿菌で、硫酸塩還元菌と同様、硫化水素を産出する。

参考文献

- 山田毅他：深部地下水調査(DH-5号孔)、PNC PJ7187 97-002(1997)
- 日本規格協会：工業用水試験方法、JIS K 0101(1991)
- 日本規格協会：工場排水試験方法、JIS K 0102(1998)
- 日本分析化学会北海道支部：水の分析、第3版、化学同人、pp. 378-380(1988)
- 半谷高久他：水質調査法、第3版、丸善、p. 200(1995)
- 国立天文台：理科年表 平成8年、丸善、p. 535(1995)
- Coleman M.L. et al., Analytical Chemistry, vol. 54, pp. 993-995(1982)
- Yoshida N. et al., Analytical Chemistry, vol. 58, pp. 1273-1275(1986)
- 科学技術庁：放射能測定シリーズ9トリチウム分析法、日本分析センター(1979)
- 厚生省生活衛生局水道環境部：上水試験方法、日本水道協会(1993)
- 国立天文台：理科年表 平成8年、丸善、pp. 552-556(1995)
- Jiunn-Jyilay et al., Water Research, vol. 30, pp. 901-908(1996)
- 鳥居泰男他：定量分析化学、培風館、p. 27(1983)
- Craig H., Science, vol. 133, pp. 1702-1703(1961)
- 松葉谷治、地熱エネルギー、vol. 10、pp. 112-115(1985)
- Back W. :Techniques for mapping hydrochemical facie, USGS., Prof. Paper, 424-D, pp. 380-382(1961)
- Zajic J.E. :Microbial biogeochemistry, Academic Press Inc. (1969)