JNC TJ1400 99-038

公開資料

再冠水に関する原位置試験研究（その２）

（核燃料サイクル開発機構　委託研究成果報告書）

1999年２月

財団法人　エンジニアリング振興協会
東急建設株式会社

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。
〒３１９－１１９４　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

Inquires about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
4-49 Nuramatsu, Naka-gun, Ibaraki 319-1194,
Japan

© 核燃料サイクル開発機構(Japan Nuclear Cycle Development Institute)　1999

目　　次

要項 …… p 1

1 調査概要

1.1 一般事項 …… p 7

1.2 調査位置および調査数量 …… p 9

1.2.1 原位置サイトの位置

1.2.2 計測デザインの設定理由および調査数量

1.3 地質・地形概要 …… p 15

1.3.1 地質・地形

1.3.2 泥岩層の鉱物組成

2 調査前の地下環境

2.1 地下空間実験場の経緯 …… p 24

2.2 原位置の掘削にともなう地下水環境変化観測 …… p 25

2.2.1 掘削にともなう地下水環境観測概要

2.2.2 観測結果

2.3 埋戻し工事 …… p 32

2.3.1 埋戻し工事の概要

2.3.2 埋戻し材料について

3 調査報告

3.1 地下水モニタリング …… p 34

3.1.1 調査に用いた計器

3.1.2 計器埋設方法

3.1.3 観測方法

3.1.4 調査結果

3.1.5 地下水モニタリングシステムの適用性

3.2 ドーム壁面での温度計測 …… p 52

3.2.1 調査に用いた計器

3.2.2 計器埋設方法

3.2.3 観測方法

3.2.4 調査結果

3.3 環境同位体分析 …… p 55

3.3.1 試錐コアの間隙水分

3.3.2 地下水の環境同位体分析

3.3.3 環境同位体から見た再冠水時の地下水流動

3.4 主要化学成分分析 …… p 69

3.4.1 分析概要
3.4.2 分析データの品質
3.4.3 分析結果
3.5 有機塩素化合物分析 …… p 74
3.5.1 分析概要
3.5.2 分析結果
4 まとめ …… p 77
5 今後の展開 …… p 82

巻末資料

① 主要成分分析結果
② 有機塩素化合物分析結果
③ 地下水の年代測定分析結果
④ 鉱物分析結果
⑤ ポータブル計測器による水質計測結果
⑥ 透水係数の算出（２回目の再冠水現象を含む）
⑦ 再冠水現象の第１回目と第２回目の比較
⑧ 観測記録
⑨ （追加試験）ベーラ採水による揚水量と水質の関係

データ添付資料（MO ディスクにデータを保存）

① Troll8000 観測データ、ポータブル計測器データ（TrollECWP.xls ,TrollpHtemp.xls）
② 熱電対データ（netu2.xls）

要項

本報告書は、核燃料サイクル開発機構の委託研究による「再冠水に関する原位置試験研究」をまとめたものである。ミニドーム（実験サイトのＧＬ－50 m～ＧＬ－82.5 m 間に構築した地下構造物の名称）埋戻し後に実施した再冠水から１１カ月までの調査データをとりまとめている。

神奈川県相模原市郊外に位置する相模川河川沿いの洪積台地上においてＧＬ－82.5 m 間に構築した地下空間実験場周辺の地下水調査を行った。当該地盤は、ＧＬ－7 m まではローム層により、またその下層厚 14 m までは砂礫層が存在している。それ以深（ＧＬ－21 m）の地盤はところどころに挟み層を含んだ泥岩層で構成されている。

本調査は、１）ミニドーム埋戻し後に実施する再冠水過程における周辺岩盤の地下水環境変化の把握と２）地下水環境に対するモニタリングシステムの検証を行うため、泥岩層内に帯水する地下水の水圧、水温、pH、電気伝導率、および埋戻し工事で使用した埋戻し材（流動化改良土）から発生する固化熱によるミニドーム壁面の温度変化を計測した。さらに、浅層地下水と深層地下水の関連を調査するためコアおよび試錐孔内の地下水に対して安定同位体分析、また現地の浅層地下水で検出されている有機塩素化合物の有無を深層地下水に対して調べた。

ここで、実施した再冠水過程は２回である。一つは、埋戻し１ヶ月後（H10.3.19）に計画通りに実施したもの（以下、第１回目再冠水と呼ぶ）と、もう一つは、埋戻し８ヶ月後（H10.10.6）に水中ポンプの誤動作によて発生したもの（以下、第２回目再冠水と呼ぶ）である。

その結果、地下 50 m 以深の堆積軟岩中に構築した地下空洞を埋戻した後、再冠水を実施したことによる地下水環境変化の貴重な資料が得られた。そこで、これまで得られた知見をまとめると以下のようである。

1）ミニドーム埋戻し後に実施する再冠水過程における周辺岩盤の地下水環境変化の把握

① 再冠水前の水圧データから、再冠水前はボーリング削孔で用いた洗浄水が破砕帯および軽石層から抜けきっていないことにより孔内水位が定常状態に達しきっていないことが想定される。そのような状態で再冠水を開始した結果、以下に示す知見が得られた。

孔内の水圧が、A－2、A－3、B－2、B－3孔で1日、A－1、B－1孔で2～3日、C－1孔でほぼ7日と非常に短期間で定常状態に達した。この挙動は、難透水層と考えられる泥岩層（透水係数で 1.0×10^{-7} cm/sec 程度を想定）としては非常に早い水圧回復と言える。この原因としては、泥岩層内の亀裂や挟み層といった特異な水みちの影響が考えられる。

第2回目の再冠水過程では第1回目に比べ、水位回復速度がA－2、A－3、B－2，B－3孔で2倍、A－1，B－1、C－1孔は第1回目とほぼ同じ速さで定常状態に達した。

② 再冠水過程での水温の挙動は、A孔、B孔についてゆるやかな増加傾向にあり、調査期間中では定常状態に達していない。この原因としては、埋め戻し材の固化熱が未だ減少傾向にあり定常状態に達していないことから考えられる。

試錐孔別に観ると、破砕帯部で以下に示すような特異な挙動を示した。

・軽石層の温度が、熱源に近い地点（B孔）が高いという一般的な傾向を示しているのに対して、破砕帯部はその傾向が逆転している。

・10月に発生した水位低下によって、A－1孔は低下，B－1孔は上昇傾向と全く逆の現象を示した。

この原因については、熱源である埋戻し材から破砕帯部までの複雑な水みち経路の影響や破砕帯部の飽和状態の違いによる影響が考えられる。

C 孔については、埋戻し材および再冠水による影響は観測されていない。この原因と

しては、A、B孔の水圧に比べC孔の水圧が高いこと、さらにミニドーム中心からC孔まで約 40 m と離れておりC孔まで到達する間に熱源の影響がほとんど無くなったものと考えられる。

③ pHの連続データについては、採水による揚水の影響などにより値が相当ばらついている。特にA－３孔のデータは地下水では考えられないｐＨ＝１４以上を示し、さらに変動幅も他の観測点と比べて大きい。この原因をセンサー部分の不具合と考え、H10.7.9 と H11.1.5 にｐＨセンサーの交換を行った。また、H10.11.19～H10.12.21 の期間に Troll8000 の修理を実施した。しかし、H11.2.12 時点においても他の地点とは全く違う上昇傾向を示し値も 9.0 と原位置での一般的な値（8.0 前後）と比べて高い値になっている。よって原因が特定できないことから今回の考察からは除く。

連続データの傾向としては、再冠水以後A，B孔は緩やかに減少している。C孔は 1 ヶ月間ほど緩やかに上昇した後A，B孔と同じ傾向で緩やかに減少している。

第２回目再冠水前に発生した水位低下の影響では、その直後にA－２孔で 1 程度減少している。A－１孔およびB孔では 0.5 程度増加した後にすぐ減少している。但し、C孔は変化が無い。

第２回目再冠水では、A－１、B－１孔で 0.2 程度、A－２、B－２孔で 0.8 程度増加し、その後緩やかな減少傾向を示している。但し、C孔は変化が無い。

次に、ポータブル計測データについては、再冠水以後A，B孔とも連続データと同様に一旦緩やかに減少したが、６月ごろからそれとは違う緩やかな上昇傾向に転じている。C孔は１ヶ月間ほど緩やかに上昇した後、AおよびB孔にくらべ 0.5 ほど低い値で安定し、１２月ごろより上昇傾向に転じている。

今回、ポータブル計測データで観察された上昇傾向はミニドーム周りに施工した渦状のトンネル内に充填したコンクリート、またはミニドーム内の埋戻し材による影響が考えられる。

しかし、埋戻しから１年経った現在においても値が定常状態まで達しておらず、ｐＨが上昇する傾向に対しては、今後のデータをもって定量的な考察を加える。

④ 電気伝導率の連続データは、現在までの観測結果から井戸投入中の値の変動が大きいことがわかった。その原因として揚水の影響が大きく、またその影響が測定結果より長期間に及ぶことが考えられる。よって連続データの結果については、揚水による電気伝導率変化の原因を定量的に調べた後に考察を行う。

ポータブル計測データについては、再冠水以後ゆるやかな減少傾向で進行し、現時点ではほぼ定常状態近づいている。

⑤ ミニドーム壁面部の温度観測の結果、再冠水直後に砂層 5 cm 奥地点で 1.7 度、砂層 45 cm 奥で 1.5 度、壁裏で 0.2 度下がった。またミニドーム内の壁部（壁表）でも微少であるが温度が低下している。但し、埋戻し材内部の変化は無い。その後のミニドーム壁面の温度は、埋戻し材内部の温度変化に追従してゆるやかな減少傾向を示している。

第２回目再冠水前に発生した水位低下と第２回目再冠水の影響は、砂層 45 cm 奥では観測されなかった。しかし、その水位低下により壁裏では、温度が急激に低下し第２回目再冠水後での砂層内の温度傾向とほぼ一致した。この原因としては急激な水圧変動によりミニドーム外側の地下水が壁裏に回りこんだものと推察できる。また、砂層 5 cm 奥地点では、水位低下による影響は無いものの、第２回目の再冠水の影響で 2 度程度低下し、その後小さな変動を繰り返し約１ヶ月間で値および減少傾向が砂層 45 cm 奥と同じになった。

第１回目と第２回目の再冠水で現象が違う理由として、再冠水前の地盤状態が考えられる。第１回目再冠水前の地盤は被圧地下水位が GL－82 m であり不飽和状態である。しかし第２回目再冠水前の状態は被圧地下水位が GL－50 m であり飽和状態である。

今後の砂層および壁裏での温度傾向としては、今回の観測終了時点（H11.2.26）で埋戻し材内部の温度が 43～48 度とまだ高く、未だ減少傾向にあることから今後も埋戻

し材と同様な減少傾向が続くものと考えられる。

⑥ 環境同位体分析の結果、再冠水前にミニドームから排出していた地下水および断層より下位のコア水、特にＧＬ－90 m～ＧＬ－92 m 付近の下部軽石層付近の地下水は、共に相対的に軽い同位体比を示し、礫層中の不圧地下水の同位体比に近い。

断層上部のコア水（ＧＬ－9.67m, 15.02m, 19.86m）および既存Ａ－２孔の地下水は、相対的に重い同位体比を示す。という特性を示した。ミニドームのある田名原面の不圧地下水の同位体比実測値とミニドーム湧水、下部軽石層中の地下水の同位体比が近い値を示すことから、再冠水前にミニドームに湧出していた地下水は、主として断層より下位の亀裂を伝わって流動した浅層系の地下水の影響が強い可能性がある。

⑦ 主要化学成分分析の結果、埋戻しにともなう水質の月単位の変化は、硫酸イオン、PO_4^{3-}イオン、Mg^{2+}イオンで確認された。また、変化が顕著な場所は破砕帯部であることがわかった。

採水方法の違いでＢ－３孔の測定誤差が顕著であることが確認された。特に、Ｂ－３孔を成分別で観ると、塩素イオンと硫酸イオンの測定誤差が大きいことを確認した。

分析結果には上記で示した“採水方法の違いによる差”も含んでいることをふまえて考慮をすべきであると考える。

⑧ 有機塩素化合物分析の結果、浅層地下水（ＧＬ－20 m）で観測期間中に検出されたトリクロロエチレンは、ＧＬ－37～45 m 地点で 2/19/98 を除いて検出されている。但し、それ以深では分析した項目全てにおいて検出されていない。特に今回の調査地点である破砕帯部（Ａ－１、Ｂ－１孔）のような特異な水みちと想定される箇所においても検出されなかった。

２）地下水環境に対するモニタリングシステムの検証

① 調査目的の一つに深層部での地下水環境モニタリングシステムの構築がある。そこで、

今回はモニタリング手法として連続データで計測し、さらに採水もできるシステムの検証を行った。計測結果より用いたセンサーの精度には問題は無く、採水のための揚水の影響を含めたその場の現象を捉えているものと考える。よって、地下水環境を長期間モニタリングする場合揚水などの地下水環境に負荷をかける要因はできる限り少なくすることが必要である。

平成11年2月

(財) ｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ振興協会

東急建設株式会社

1. 調査概要

1.1 一般事項

1）調査件名　：再冠水に関する原位置試験研究

2）調査場所　：神奈川県相模原市田名 9805

3）調査期日　：自）平成 10 年 2 月 27 日

至）平成 11 年 2 月 26 日

4）調査目的　：本研究は、坑道の掘削・埋戻しの際の、地下水の再冠水過程における坑道周辺の地下水圧・水質の変化を把握することと地下水環境に対するモニタリングシステムの検証を目的としている。そのために核燃料サイクル開発機構では神奈川県相模原市において地下空間の開発技術の実証施設として施工されたミニドームを利用した研究を平成９年度より実施している。具体的には、ミニドーム埋戻しからの再冠水に伴う水位回復・水質の変化および温度変化等の地下水挙動を計測し、溶存物質の移動・拡散の実態を調査し、地下空間利用の際の地下水環境保全を目的とした基礎データを取得し、結果に基づく解析を行う。

本年度は昨年度に引き続き、地下水挙動をモニタリングし、定常状態への移行を調査する。また採水試料による化学分析および試錐コアを用いた鉱物分析を行う。

5）調査項目　：

各調査項目と数量の概要は以下の通りである。

（1）地下水モニタリング

a）水圧、水温、ｐＨ、電気伝導率の計測（Ａ，Ｂ，Ｃ地点。計 7 箇所：約 １１ヶ月間のモニタリング）

（2）ドーム壁面での温度計測

a) 埋戻し材が硬化するに従って変化するミニドーム壁面での温度状態を計測する。

（約　１１ヶ月間のモニタリング）

（３）鉱物分析・化学分析

a) 鉱物分析は、昨年度採取したコアを用いて鉱物含有量分析を行う。（計７箇所）

b) 採水した地下水に対して、環境同位体分析を行う。（計　７箇所）

c) 採水した地下水に対して、主要化学成分分析を行う。（計７箇所）

d) 採水した地下水に対して、有機塩素系化合物分析を行う。（計７箇所）

６）監督機関：　核燃料サイクル開発機構　　2000年レポートチーム

７）実施機関：　　（財）エンジニアリング振興協会

東京都港区西新橋一丁目４番６号（CYDﾋﾞﾙ）

tel (03)3502－3671　fax(03)3502－3265

理事長　　園田　保男

東急建設株式会社　横浜支店

横浜市西区北幸二丁目１０番３６号（ﾘｸﾙｰﾄｺｽﾓｽ横浜ﾋﾞﾙ）

tel(045)311－1401　fax (045)311－8055

常務取締役支店長　佐々木　弘之

1.2 調査位置および調査数量

1.2.1 原位置サイトの位置

図 1.2.1 に原位置試験サイトの位置図を示す。当サイトは神奈川県相模原市郊外の田名地区に位置し、相模川から約 500 m 離れた標高約 90 m の河岸段丘地である。

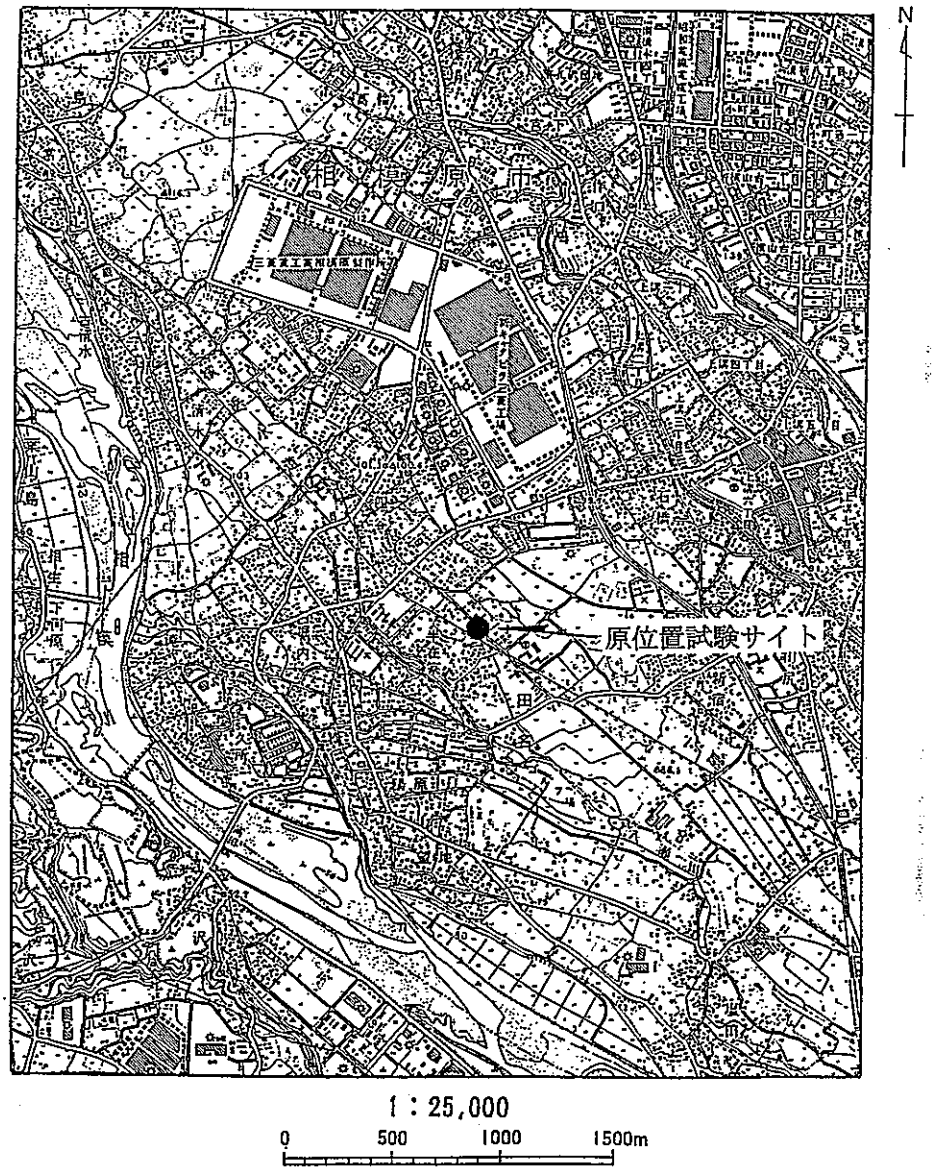


図 1.2.1 原位置試験サイトの位置

1.2.2　計測デザインの設定理由および調査数量

水質センサーならびに熱電対を埋設する深度の地層は、上総層群泥岩中の地下水の流れが顕著と予想されるＧＬ－80ｍとＧＬ－90ｍの帯水層（軽石層）とＧＬ－66ｍとＧＬ－69ｍの断層を対象とした。図 1.2.2 に示すように水質センサーの埋設位置は、ＧＬ－50m 横孔内Ａ・Ｂ地点の各々３箇所、および地上孔Ｃ地点の１箇所の計７箇所に設置した。

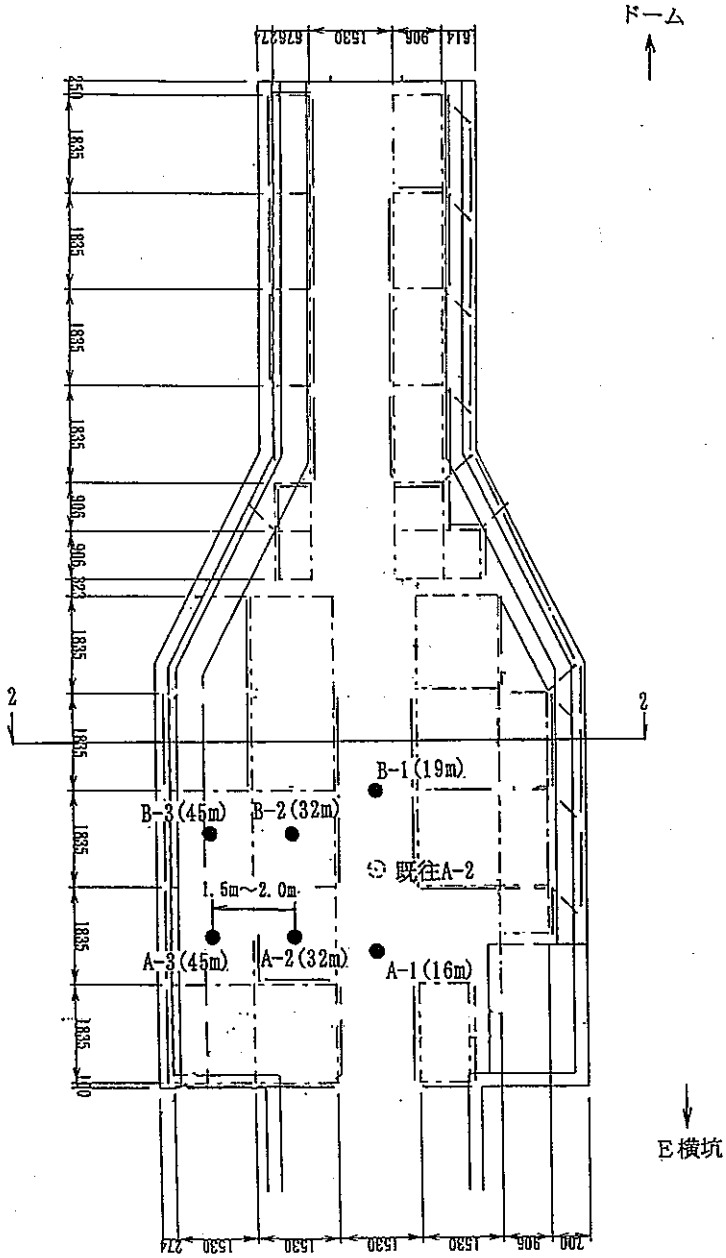


図 1.2.2　試錐孔配置平面図（ＧＬ-50 ｍの横坑内）

地層および断層は既往の地質調査（1.3 章で詳細を述べる）によって、ミニドーム周辺の挟み層や断層が連続的に確認されている。そこで、ミニドームを取り巻くスパイラルトンネル内での地質調査ならびに既往ボーリング調査に基づく各対象層、断層の特性を次ページの表 1.2.2 に示す。

表 1.2.3 に化学分析を行った項目と採水方法について示す。環境同位体ならびに主要成分分析に用いる採水試料は、上記の水質センサー埋設位置からグリンドフォス製の水中ポンプ（使用期間： H10/3/19～H10/11/19）と簡易採水器のベーラ（使用期間： H10/11/19～H10/2/12：写真 1.2.1）を用いた。ここで、ベーラの材質は 100%のテフロン製であるため化学薬品に対して耐久性がきわめて強く、電気的性質に優れ高温にも安定である。

有機塩素系化合物においては、Ｂ孔およびＣ孔は上記の簡易採水器で採取し、ＧＬ－50 m より上部については原位置（ＧＬ－20 m、ＧＬ－37～45 m、ＧＬ－48 m）での浸出水を直に採取して分析した（図 1.2.3(b)）。

水中ポンプ

簡易採水器（ベーラ）

写真 1.2.1　水中ポンプとベーラ

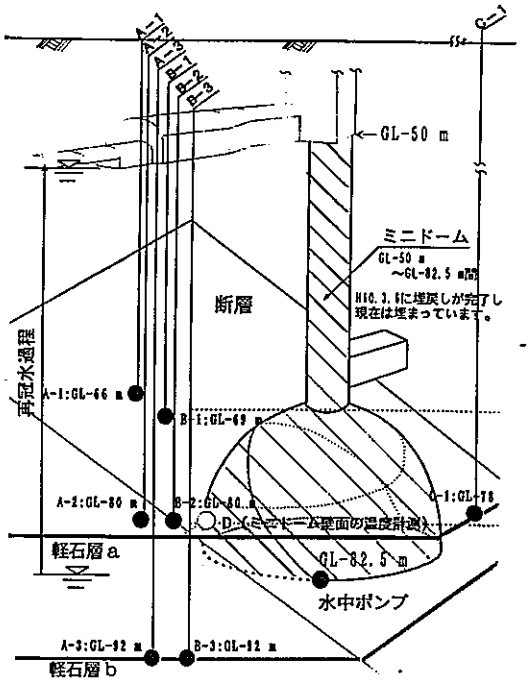
表 1.2.1　計測対象層，断層の特性

帯水層

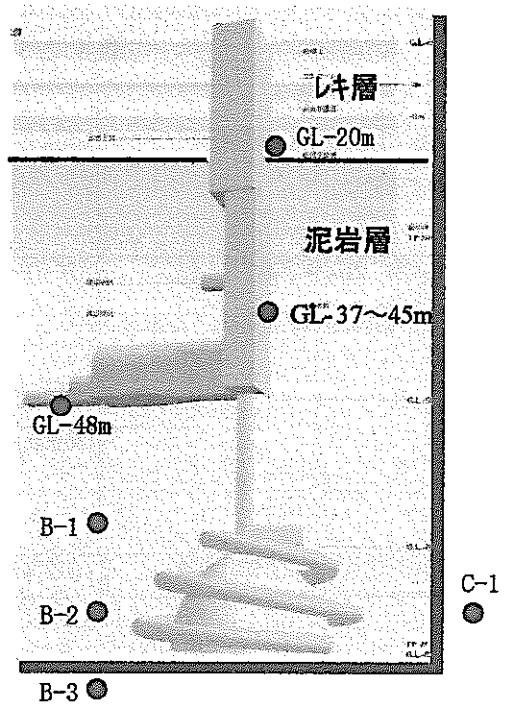
No.	地 層 名	層厚（cm）	記　　事	計測箇所
a	軽 石 層	5～ 6	・φ1～ 2mm の軽石からなる。 ・滴水が多い。	A－2孔 B－2孔 C－1孔
b	軽 石 層	30～40	・φ1～ 2mm の軽石からなる。	A－3孔 B－3孔 D地点

断　層

方　向	西北西－東南東系	計測箇所
傾　斜	高角度（概ね 80 度程度であるが、65 度程度のところもある）で南傾斜。	A－1孔 B－1孔
ずれの方向	左横ずれ。	
開 口 性	0.1～6.0 cm で開口するところが多い。	
流入粘土	認められる。	
茶褐色の染色	茶褐色を呈することが多い。	
湧　水	開口部での湧水が多く 3～１０ﾘｯﾄﾙ／min の湧水が認められた箇所である。	
連続性	傾きや開口幅の性状は変化するもののスパイラルトンネルの範囲では概ね連続していると考えられる。	
他方向の断層との関係	切った切られたの共役関係。	



(a)　計器設置位置



(b)　有機塩素化合物分析採水箇所

図 1.2.3　調査箇所

表 1.2.2　調査項目とデータ調査数量 (H10.2.27～H11.2.26)

観測点		(1) 地下水のモニタリング	(2)発熱量 (3 箇所)	(3)化学分析 ・主要成分 ・^{3}H ・安定同位体	(4)化学分析 ・有機塩素系化合物	(5)鉱物分析 ・顕微鏡観察
A	A－1	11 ヶ月	-	7 回	-	-
	A－2	11 ヶ月	-	7 回	-	3 箇所
	A－3	11 ヶ月	-	7 回	-	-
B	B－1	11 ヶ月	-	7 回	2 回	-
	B－2	11 ヶ月	-	7 回	2 回	-
	B－3	11 ヶ月	-	7 回	2 回	4 箇所
C－1			-	7 回	2 回	-
D		-	12 ヶ月	-	-	-
GL－20 m		-	-	-	2 回	-
GL－37～－45 m		-	-	-	2 回	-
GL－48 m					2 回	

表 1.2.3　化学分析項目と試料採取方法

施設	分析項目	採水方法
動力炉・核燃料開発事業団 東濃地科学センター	主要成分分析	1 ﾘｯﾄﾙ容器（ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝ、ﾎﾟﾘﾌﾟﾛﾋﾟﾚﾝ、ﾃﾌﾛﾝ製のいずれかを使用し硝酸および蒸留水で洗浄）に A-2 孔は 3 本分、A-2 孔以外では 1 本分採取。
筑波大学　地球科学系 嶋田研究室	^{3}H 分析	1 ﾘｯﾄﾙ容器（ﾎﾟﾘｴﾁﾚﾝ、ﾎﾟﾘﾌﾟﾛﾋﾟﾚﾝ、ﾃﾌﾛﾝ製のいずれかを使用し硝酸および蒸留水で洗浄）に全孔各 1 本ずつ採取
	環境同位体分析	20cc 瓶（ガラスボトル）に全孔各 4 本ずつ採取
	間隙水分析	A-3 孔のコアに対して、電中研式コア水抽出装置を用いて、ほぼ 5 cm 毎にコア水の抽出（50～100 cc 程度）を行う。
環境エンジニアリング株式会社	有機塩素化合物分析	50cc 瓶（ガラスボトル）に全孔各 1 本ずつ採取

1.3　地質・地形概要

1.3.1　地質・地形

神奈川県相模原市郊外の洪積台地上に位置する試験サイト周辺は、その地質構造が、ＧＬ－7 m までのローム層、その下、層厚５ m の田名原礫層と層厚９ m の座間丘陵礫層、およびそれ以深の上総層群の泥岩（堆積時期は、第三紀後期～第四紀前後）で構成されている。上総層群の泥岩は、水平方向に未固結な砂層やスコリア層の帯水層が幾層も介在し、鉛直方向に小断層などの亀裂が走っている。

調査地の再冠水前の地下水面は浅層地下水（水位ＧＬ－7 m)、と泥岩層内の深層地下水（水位ＧＬ－82 m：ミニドームを埋戻す前の水位）にある、いわゆる二重地下水面を要している。なお、浅層地下水の流れる方向はおおよそ北西～南西方向であることが既存の資料等でわかっている。以下に各層ついて詳しく述べる。

・ローム層

調査地に分布するローム層は「立川ローム層（中部)」と称され、最表層のローム層として神奈川県下に広く分布している。層厚は約 7m で、その色調は橙褐色、形状は粗粒を呈している。

・田名原礫層

当該地区ではＧＬ－12m 付近まで分布しており、礫径が不均一な円～亜円の大～中礫が主体である。ところによりφ500mm 以上の大礫を混入している。

・座間丘陵礫層（相模総群）

当該地区ではＧＬ－21m 付近まで分布している。粘土と大礫混じりの扇状地性の中礫層と考えられ、凝灰角礫岩の礫を主体としている。

・上総層群

更新世前期～鮮新世にかけて堆積した海成層で、神奈川県中部～東部にかけて相模層群の

下位に広く分布している。

礫岩・砂岩・凝灰質砂岩・泥岩より構成されるが、調査地では泥岩（固結シルト：別称土丹）が卓越している。挟み層として凝灰岩～凝灰質泥岩・スコリア層・軽石層・軽石散在層等がある。貝化石片や軽石粒を含む場合があり、一部には炭質物も認められる。

1.3.2　泥岩層の鉱物組成

1）鉱物分析の概要

再冠水に関する原位置試験研究（その1）で採取した試錐コアを対象としてコアに含まれる鉱物の構成物質の特徴と量比を調べる。

分析方法は顕微鏡観察と蛍光X線分析を行った。顕微鏡分析は、採取した試料を薄片に加工して顕微鏡で観察することにより、含まれる鉱物の構成を調べる方法である。蛍光X線分析は、採取した試料を粉末にして薄片を作製し、それに X 線、γ線、電子線などを照射することにより原子特有の蛍光X線を捕らえ、その蛍光X線を用いて物質中に存在する原子の種類および量を解析するものである。

図 1.3.1 に分析箇所を示す。顕微鏡分析を行う箇所は、A－2 孔からの試錐コアを対象として、GL－68 m（断層付近）、GL－75 m（泥岩部）、GL－80 m（挟み砂層付近）の 3 箇所とした。また蛍光X線分析を行う箇所は、B－3 孔からの試錐コアを対象として、GL－54.95～GL－55 m（泥岩部）、GL－73.25～GL－73.33 m（軽石層）、GL－85.0～－85.24 m（泥岩部）、GL－92.9～GL－93 m（軽石層）の 4 箇所とした。

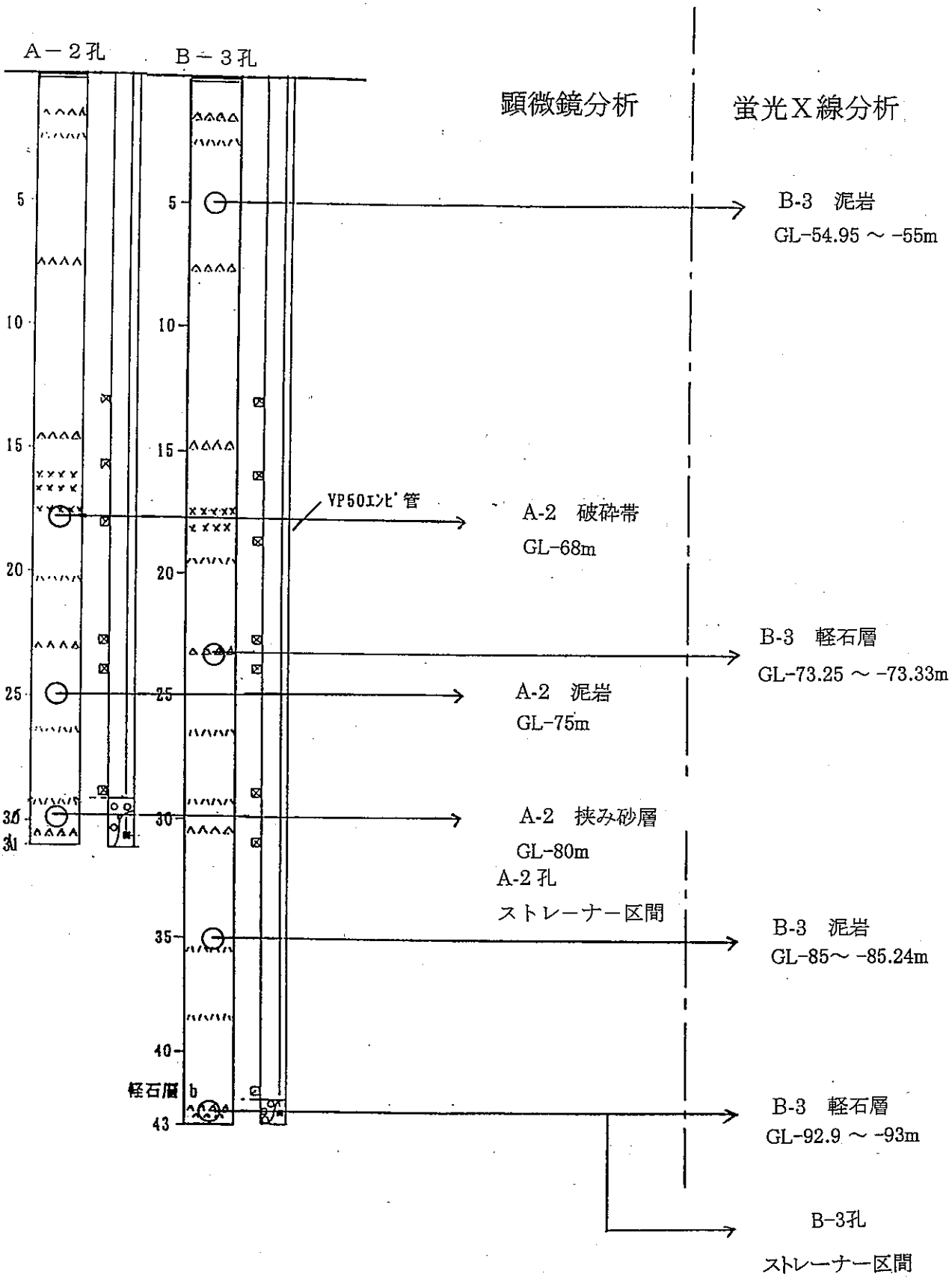

A－2孔
B－3孔
顕微鏡分析
蛍光X線分析
B-3 泥岩
GL-54.95 ～ -55m
VP50エンビ管
A-2 破砕帯
GL-68m
B-3 軽石層
GL-73.25 ～ -73.33m
A-2 泥岩
GL-75m
A-2 挟み砂層
GL-80m
A-2孔
ストレーナー区間
B-3 泥岩
GL-85～ -85.24m
軽石層 b
B-3 軽石層
GL-92.9 ～ -93m
B-3孔
ストレーナー区間

図 1.3.1 鉱物分析箇所

2）分析結果

詳細な顕微鏡分析結果は巻末資料に記載するとして、本文では結果の概略のみ報告する。

① 顕微鏡観察結果

・ ＧＬ－68 m（凝灰質中粒砂岩／長石質ワッケ：写真 1.3.1）

主に斜長石・石英・岩片・普通角閃石・単斜輝石・化石片を構成粒子とする凝灰質の砂岩。構成粒子の円球度は低く、円磨度は角である。淘汰はやや悪い。基質は微細な鉱物片および淡褐色のシルト～粘土よりなる。構成物質の量比は　構成粒子：基質＝50：50 である。

・ ＧＬ－75 m　（凝灰質細粒砂岩／長石質ワッケ：写真 1.3.2）

主に石英・長石・普通角閃岩・単斜輝石・黒雲母・化石片を構成粒子とする凝灰質の砂岩。構成粒子の円球度は低く、円磨度は角である。淘汰は普通である。基質は微細な鉱物片および淡褐色のシルト～粘土よりなる。構成物質の量比は　構成粒子：基質＝30：70　である。

・ ＧＬ－80 m　（結晶凝灰岩：写真 1.3.3）

主に斜長石・石英・普通角閃石・単斜長石からなり軽石をともなう結晶凝灰岩である。基質は認められない。

岩石全体の特徴から観るとＧＬ－75 m の試料と破砕帯部のＧＬ－68 m の試料を比較した場合、両者の構成粒子の種類はほとんど類似している。また断層部のＧＬ－68 m では地下水の影響によるような変質等が認められない。したがって地下水組成と岩石の関係は判断できないが、変質鉱物を作るような熱水ではないと推定できる。

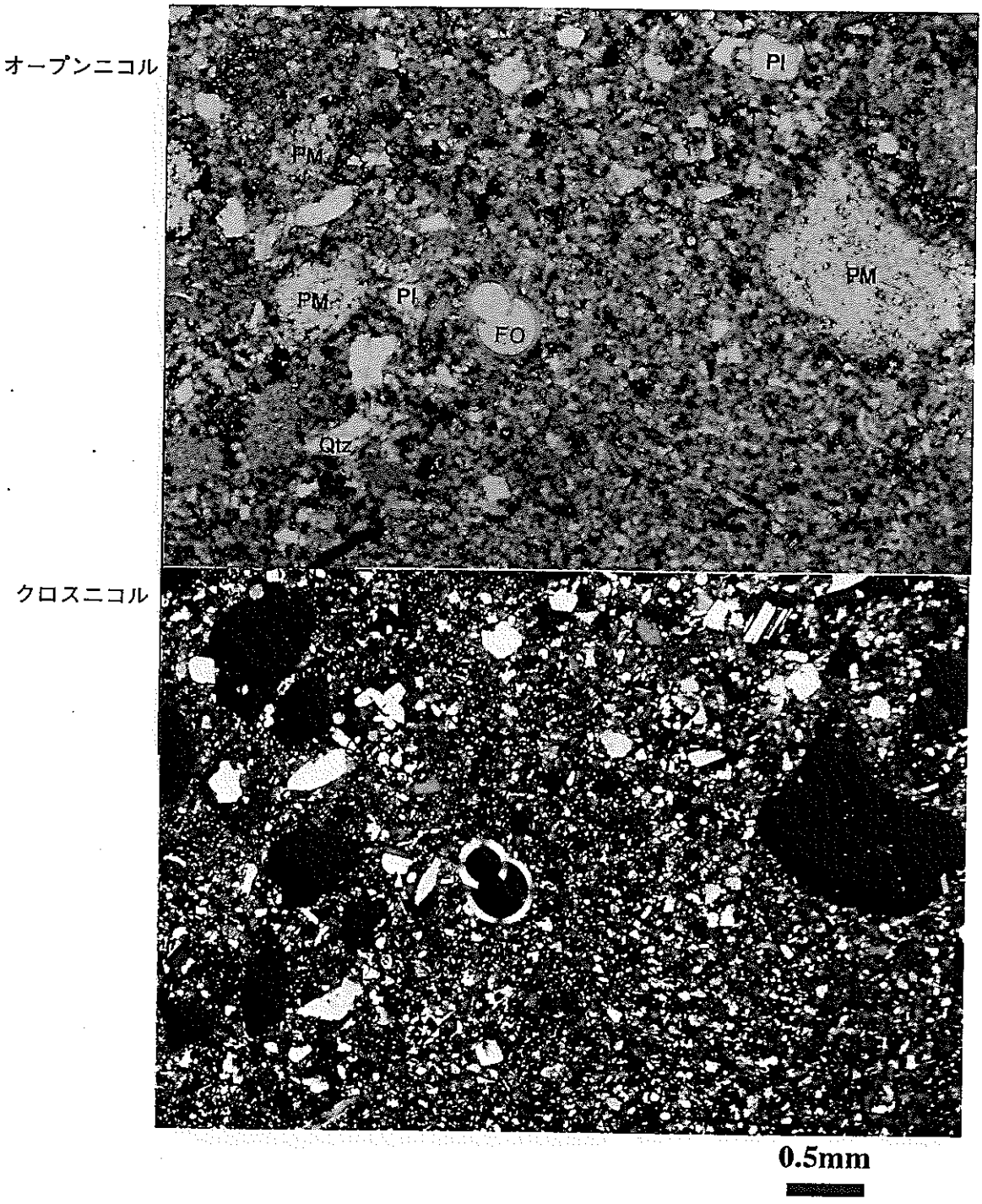
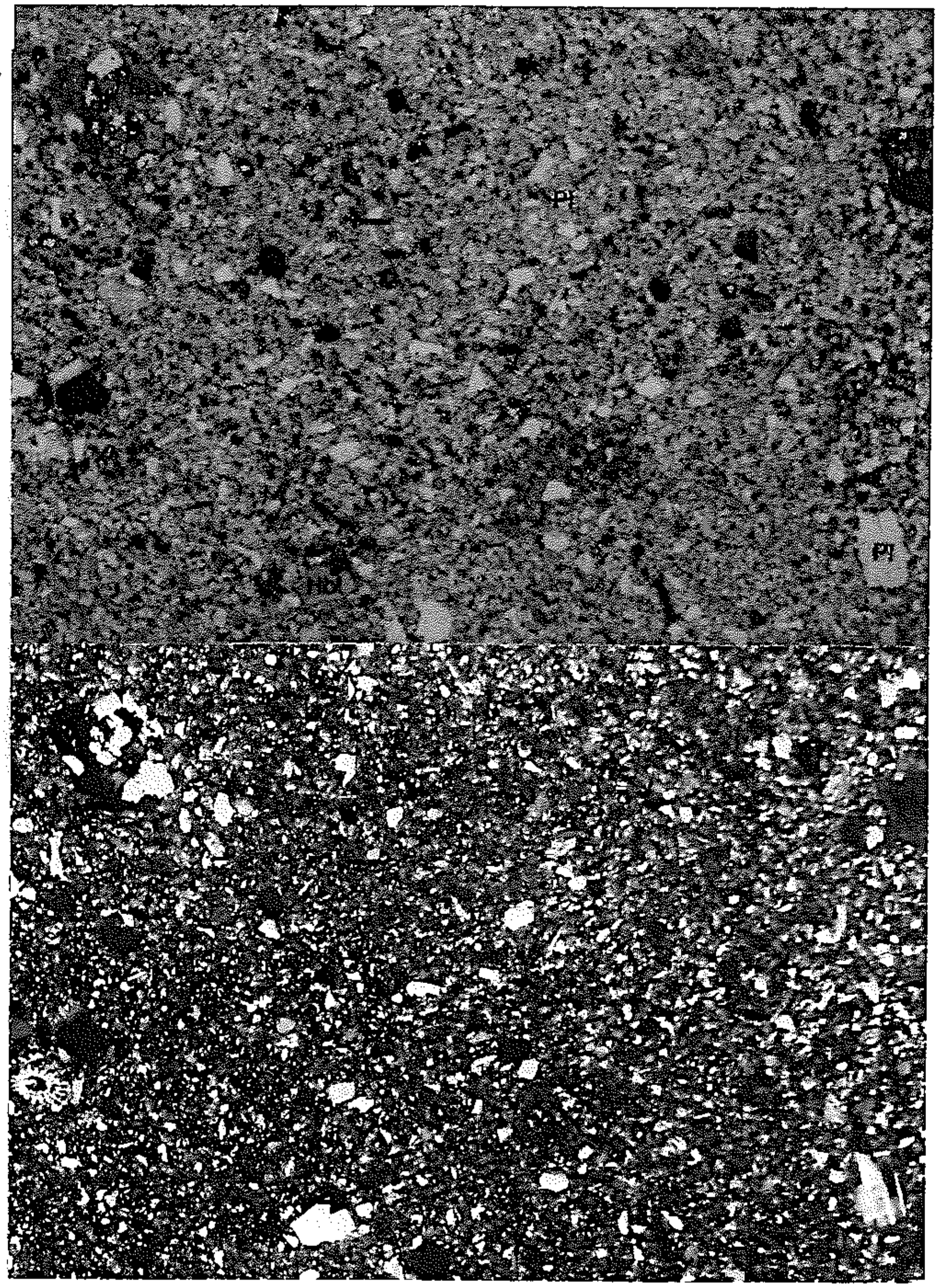


写真 1.3.1　ＧＬ－68 m（凝灰質中粒砂岩／長石質ワッケ）

オープンニコル

クロスニコル



0.5mm

写真 1.3.2　ＧＬ－75 m（凝灰質細粒砂岩／長石質ワッケ）

オープンニコル

クロスニコル

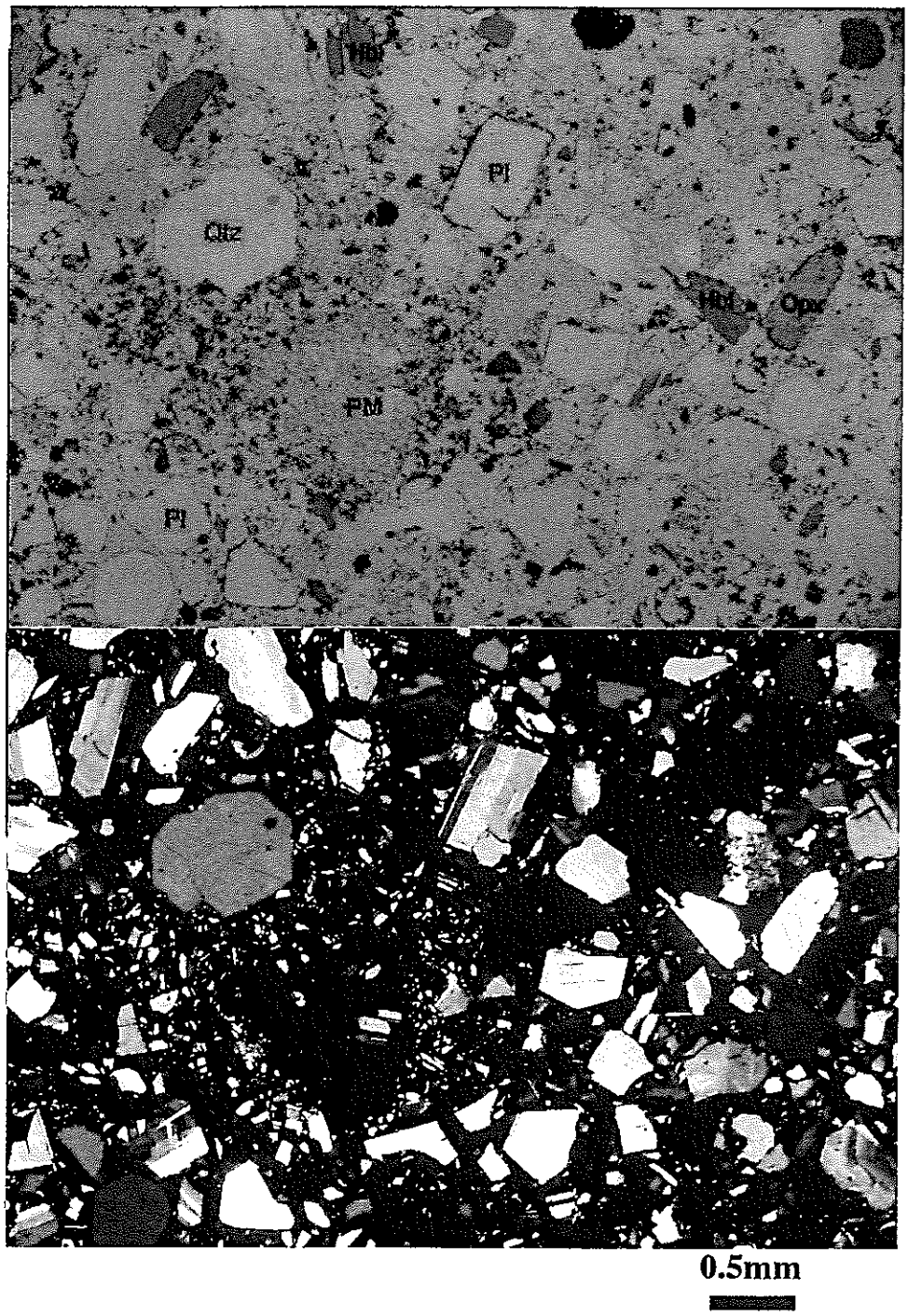


写真 1.3.3　ＧＬ－80 m（結晶凝灰岩）

② 蛍光X線分析結果

蛍光X線分析の結果、GL－73.25 m～GL－73.33 m（軽石層）の試料は、他の試料に比べ Al_2O_3、CaO、Na_2O が多く、Fe_2O_3、MgO、K_2O が少ない（図 1.3.2）。この要因としては、当地点は斜長石または沸石が多く含まれていることが指摘される。

GL－85.0 m～GL－85.24 m の泥岩部の試料は,実験サイト周辺に広く分布されている一般的な地質である。当地点の試料は SO_3^{2-}が多く検出されており他と異なっている。次式に示すように SO_3^{2-}は岩石の風化にともない黄鉄鉱（FeS_2）と H_2O および O_2 が反応して形成される。

$$4FsS_2 + 15O_2 + 14H_2O = 4Fe(OH)_3 + 8H_2SO_4$$

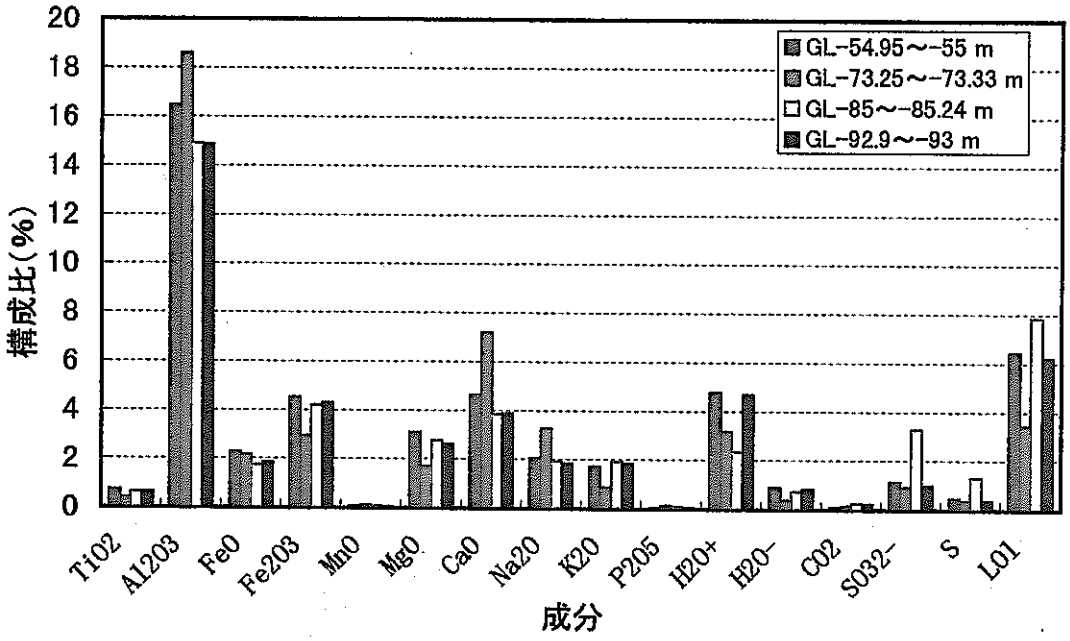


図 1.3.2 蛍光X線分析結果

③ 考察

当サイトで採取した深層地下水は浅い深度ほど SO_4^{2-}の量が多く検出されている（3.4章の「主要成分分析」で詳細は報告する)。さらに、再冠水以後は浅い深度ほど時間経過とともに SO_4^{2-}の減少量が大きい。この現象を蛍光X線分析結果と照らし合わせるて推察すると、① 再冠水を実施する前の地下水位（GL－82 m）より上部では、ミニドーム構築から約 2 年間は不飽和状態が続いており、その期間中に岩石の風化が進行した。② 次に、その状態で再冠水を開始したことにより一時的に岩石中から地下水中へ SO_4^{2-}が溶けだして多くなり、③ 時間経過とともに SO_4^{2-}が地下水で希釈され減少している挙動を捉えている。ことが考えられる。

2　調査前の地下環境

2.1　地下空間実験場の経緯

実験サイトである地下空間実験場は、地下 50 m より深い大深度地下を有効かつ多角的に活用することを目的に構築した。現在までの経緯を表 2.1.1 にまとめる。

表 2.1.1　地下空間実験場の経緯

1988.10	大深度地下掘削実験の計画立案
1989. 3	実験場選定のためのﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ調査開始
1989.11	空洞実験の施工開始
1990. 7	第１期工事（ＧＬ－35 m）の掘削完了
1991. 9	第２期工事（ＧＬ－50 m の立坑および横坑）掘削完了
1993. 1	断熱貯蔵など各種原位置試験の実施
1993. 6	植物実験・採光実験の開始
1993. 8	空洞内の音響実験の実施
1994. 4	地下水観測実験の開始
1995. 4	空洞内の緑化実験開始
1995. 8	ﾐﾆﾄﾞｰﾑ掘削のためのﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ調査開始
1995.12	ﾐﾆﾄﾞｰﾑ掘削開始
1996. 3	ﾐﾆﾄﾞｰﾑ掘削完了（ＧＬ－82.5 m）
1996.12	ﾐﾆﾄﾞｰﾑ埋戻し工事開始
1998. 3	ﾐﾆﾄﾞｰﾑ埋戻し工事終了
1998. 3	再冠水現象の地下水観測実験の開始

2.2　原位置の掘削にともなう地下水環境観測

実験サイトのＧＬ－50 m～ 84.5 m に堆積している第三紀堆積軟岩層の掘削にともなう水位・水量変化および地下水の水質変化を長期間観測することにより実験場周辺の地下水環境変化を調査した。詳細については以下に報告する。

2.2.1　掘削にともなう地下水環境観測概要

1）観測期間：1994 年 4 月～1996 年 5 月

2）調査位置と調査項目

図 2.2.1 に観測位置を示す。表 2.2.1 に観測位置の状況について示す。観測項目は、① 地下空間実験場内の湧水量とＧＬ－50 m の横坑内に設置した調査ボーリング孔（図 2.2.1 に記入）の湧水量変化と孔内水位変化、および地下空間実験場内の湧水の② pH、③ 電気伝導率、④ 主要無機成分である。

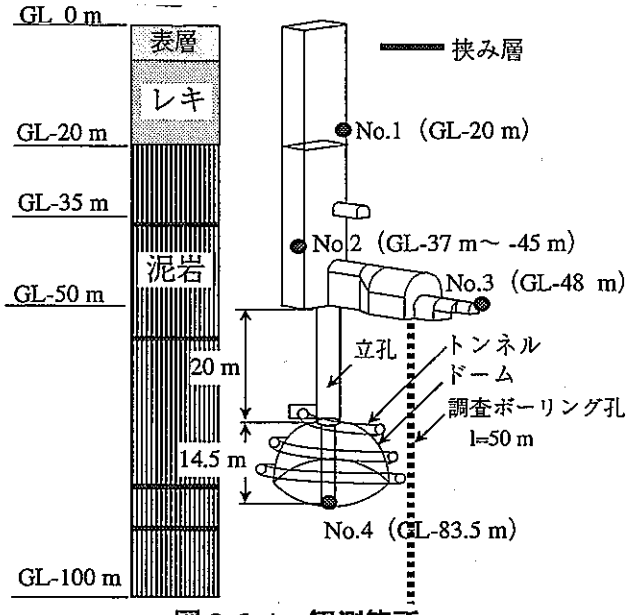


図 2.2.1　観測箇所

表 2.2.1　観測位置の状況

観測地点	深度	現地の状況	備考
No. 1	ＧＬ－20 m	レキ層内に設置した水平ボーリング孔からの浸出水	
No. 2	ＧＬ－37 m ～ＧＬ－45 m	泥岩層内に打設したロックボルトからの浸出水	
No. 3	ＧＬ－48 m	泥岩層内に削孔した水平コア抜き跡からの浸出水	
No. 4	ＧＬ－83.5 m	泥岩層内に走っている破砕帯からの湧水	掘削中に発生

3）調査方法

ＧＬ－50 m の横坑内に設置した調査ボーリング孔からの湧水量は、羽根式の流量計（リガルジョイント製）による自動計測で行った。また同地点の孔内水位は、手動式水位測定器（YAMAYO 製）による手計りで行った。地下実験場全体の排水量は、地上部に設置している電磁流量計（山武ハネウエル製）による自動計測で行った。No.1、No.2、No.3、No.4 地点の湧水量は、流入量と流入時間を計測して算出した。

各地点の pH、電気伝導率はポータブル型計測器（東亜電波工業製）を用いて計測した。主要無機成分の中で炭酸水素イオン（HCO_3^-）のみ中和滴定により、その他のイオンについては高速イオンクロマトグラフィ（東亜電波工業製）により分析した。

2.2.2　観測結果

図 2.2.2 に調査ボーリング孔からの湧水量と掘削深度の関係、図 2.2.3 に調査ボーリング孔内水位と掘削深度の関係を示す。図よりＧＬ－70 m 地点で突発的な湧水(150 l/min)が発生した直後に調査ボーリング孔内からの湧水が止まり、さらに孔内水位がＧＬ－60 m まで低下した。それ以後は一旦安定したものの、再度ＧＬ－83.5　m 地点で突発的な湧水(200 l/min)が発生した直後に孔内水位がＧＬ－81 m まで低下した。ＧＬ－83.5 m 地点は、目視観察により最大の開口幅 3 cm 程度の亀裂を有する破砕帯であった。よって、目視観察からも泥岩層の浸透特性は破砕帯のような特異な水みちによって支配されていることが確認された。

図 2.2.4 に実験場全体およびミニドームからの排水量と掘削深度の関係を示す。ＧＬ－70 m 地点で突発的な湧水が発生した直後に、地下実験場からの全体排水量が５割増しとなり、さらに、ＧＬ－83.5 m 地点で突発的な湧水したことにより約２倍となった。またＧＬ－70 m 地点での突発的な湧水以後は、立坑からの排水量が全体の排水量とほぼ一致している。

図 2.2.5 に No.1、No.2、No.3 地点の湧水量の経時変化を示す。図より、他の地点に比べ傾向が顕著な No.2 地点では立坑掘削前から湧水量が減少し、立坑掘削終了後は減少傾向が

緩やかになっている。この原因として立坑掘削前は調査ボーリング削孔及び同地点からの連続的な湧水の影響により湧水量が減少し、立坑掘削中は泥岩層内の深層地下水の水位低下にともない湧水量が減少したものと推察される。また No.1 地点では観察開始時期が遅れたため立坑およびミニドーム掘削直後の湧水量変化はわからないものの、それ以後の湧水量は安定している。No.3 地点では立坑およびミニドーム掘削による顕著な影響は確認できなかった。

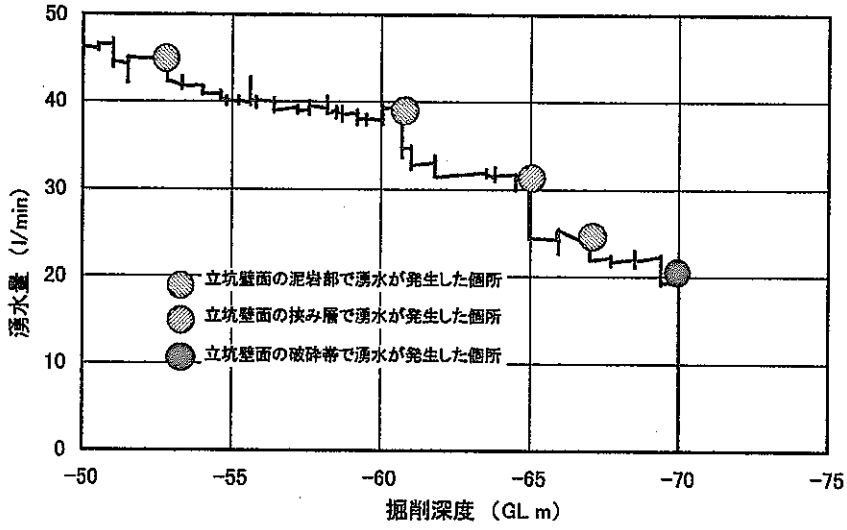


図 2.2.2　調査ボーリング孔からの湧水量と立坑掘削深度の関係

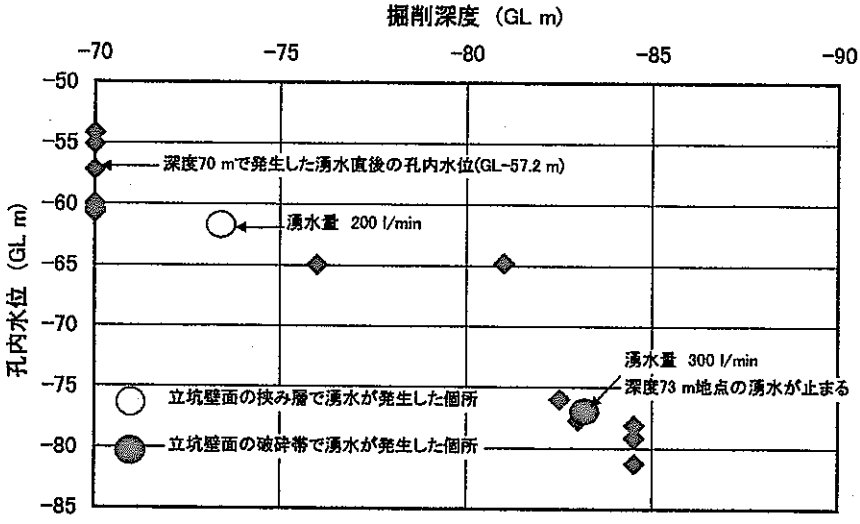


図 2.2.3　調査ボーリング孔内水位と立坑掘削深度の関係

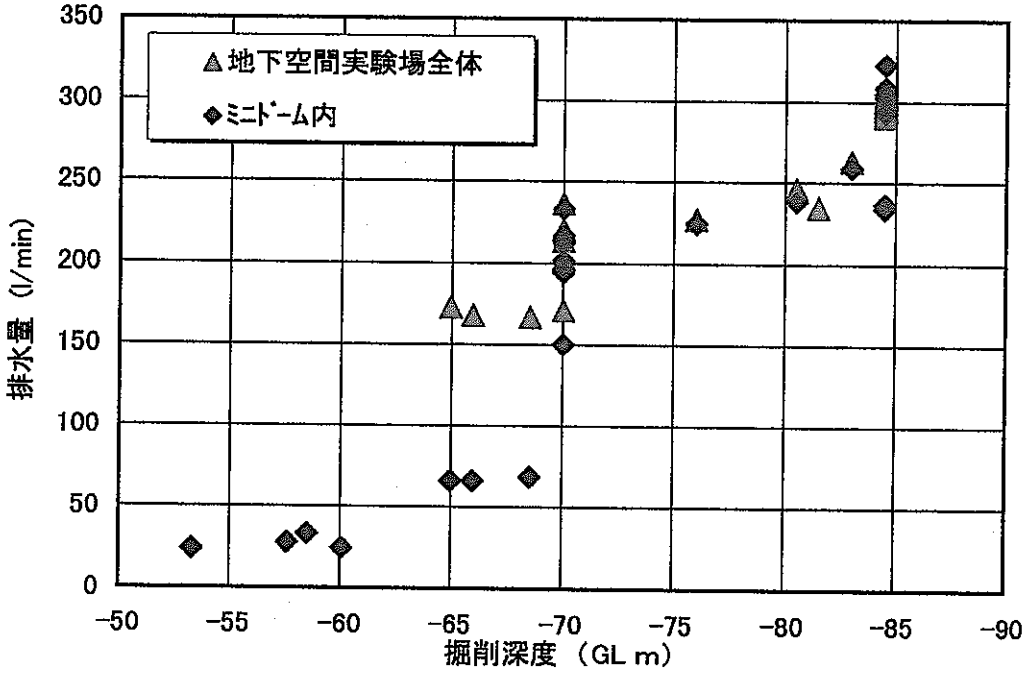


図 2. 2. 4　実験場全体およびのミニドーム内の排水量と掘削深度の関係

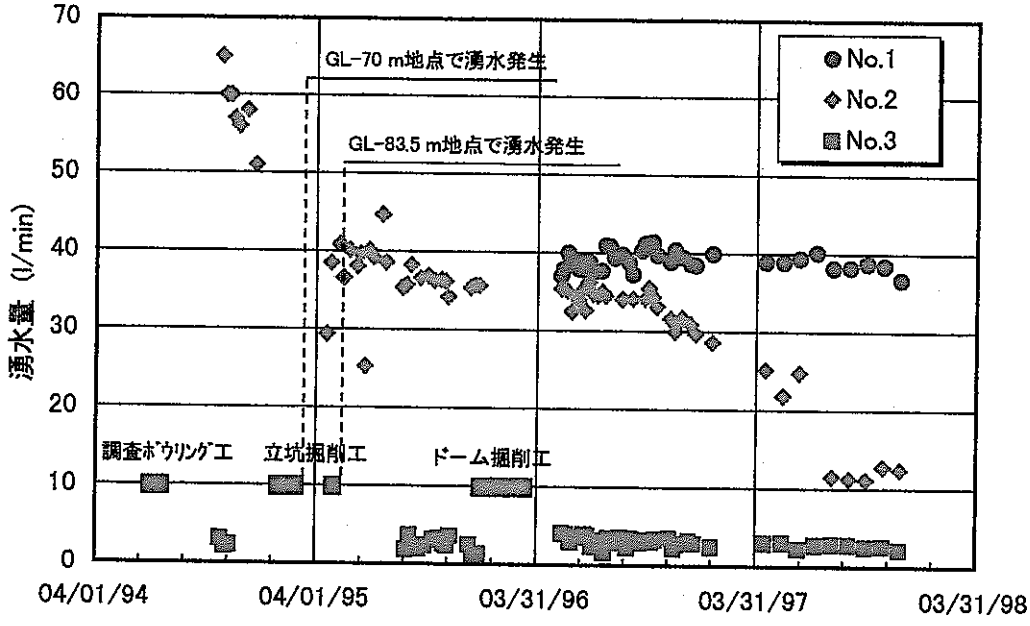


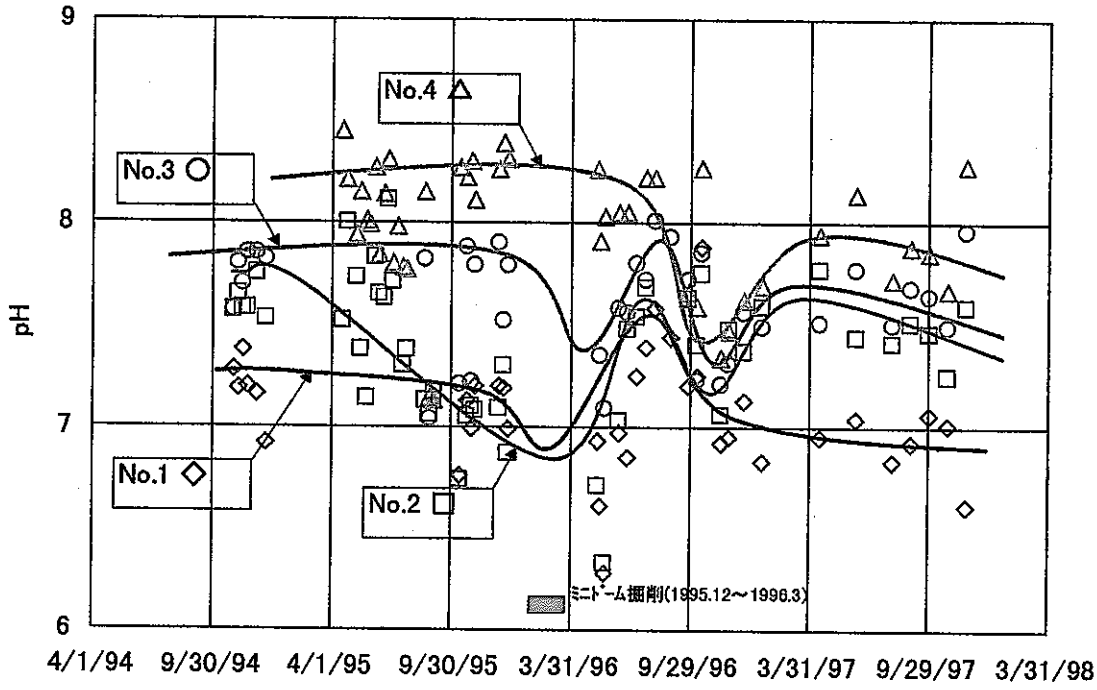
図 2. 2. 5　地下実験場内の湧水量の経時変化

図 2.2.6(a),(b)に、ｐＨと電気伝導率の経日変化図を示す。なお、図中のｐＨ、電気伝導率の値は 25℃で温度補正した値である。図 2.2.6(a)より、No.2 のｐＨが掘削中に弱アルカリ性から中性に変化している。同地点は、図 2.2.5 に示すように掘削による湧水量の極端な減少が確認されていることから、掘削の影響が水理的にも水質的にも大である領域であることが言える。さらに、興味深い現象として掘削完了後８ヶ月までは No.2、No3、No.4 が同じ様な傾向を示し、それ以降は No.1、No.2、No.3 が同じ様な傾向を示している。この現象は被圧地下水低下にともなう浅層地下水の混入で推察できる。

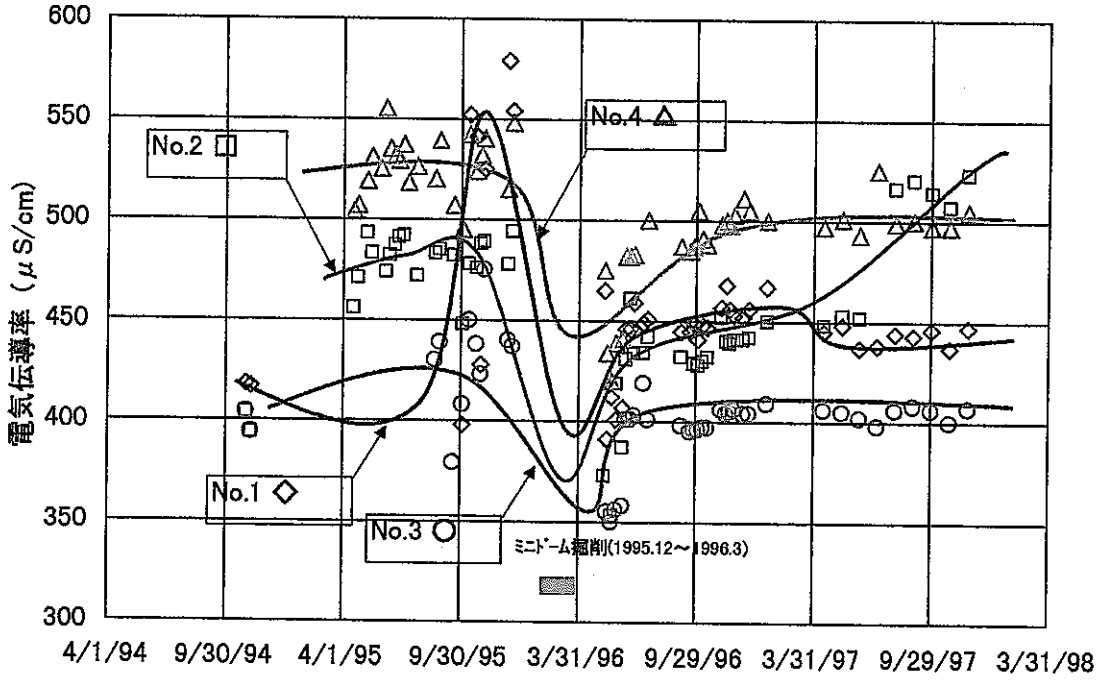
図 2.2.6(b)より、電気伝導率はミニドーム掘削の影響により変動があることが確認した。変動幅は最大でも 100 μS/cm 程度である。全体的な傾向としては掘削完了後から８ヶ月経過した時点で、掘削中よりやや低めで安定した。

図 2.2.7 に、掘削１６ヶ月前、掘削２ヶ月前（調査ボーリング完了後）、掘削完了後の各地点におけるヘキサダイヤグラムを示す。図より、全地点において、調査ボーリング完了後に炭酸水素イオン（HCO_3^-）が増加し、硫酸イオン(SO_4^{2-})とカルシウムイオン(Ca^{2+})が減少している傾向が観察された。掘削完了後は、カルシウムイオン(Ca^{2+})と硫酸イオン(SO_4^{2-})の値はほぼ戻ったものの、炭酸水素イオン（HCO_3^-）、ナトリウムイオン(Na^+)とカリウムイオン(K^+)濃度が掘削前に比べ若干増加している。

また No.4 地点のヘキサダイヤグラムの形状が他の地点と比べ相当違う。これは、No.4 地点の水源が他の地点とは違うことが推測される。



(a)　ｐＨへの影響



(b)電気伝導率への影響

図 2. 2. 6　ミニドーム掘削による水質への影響

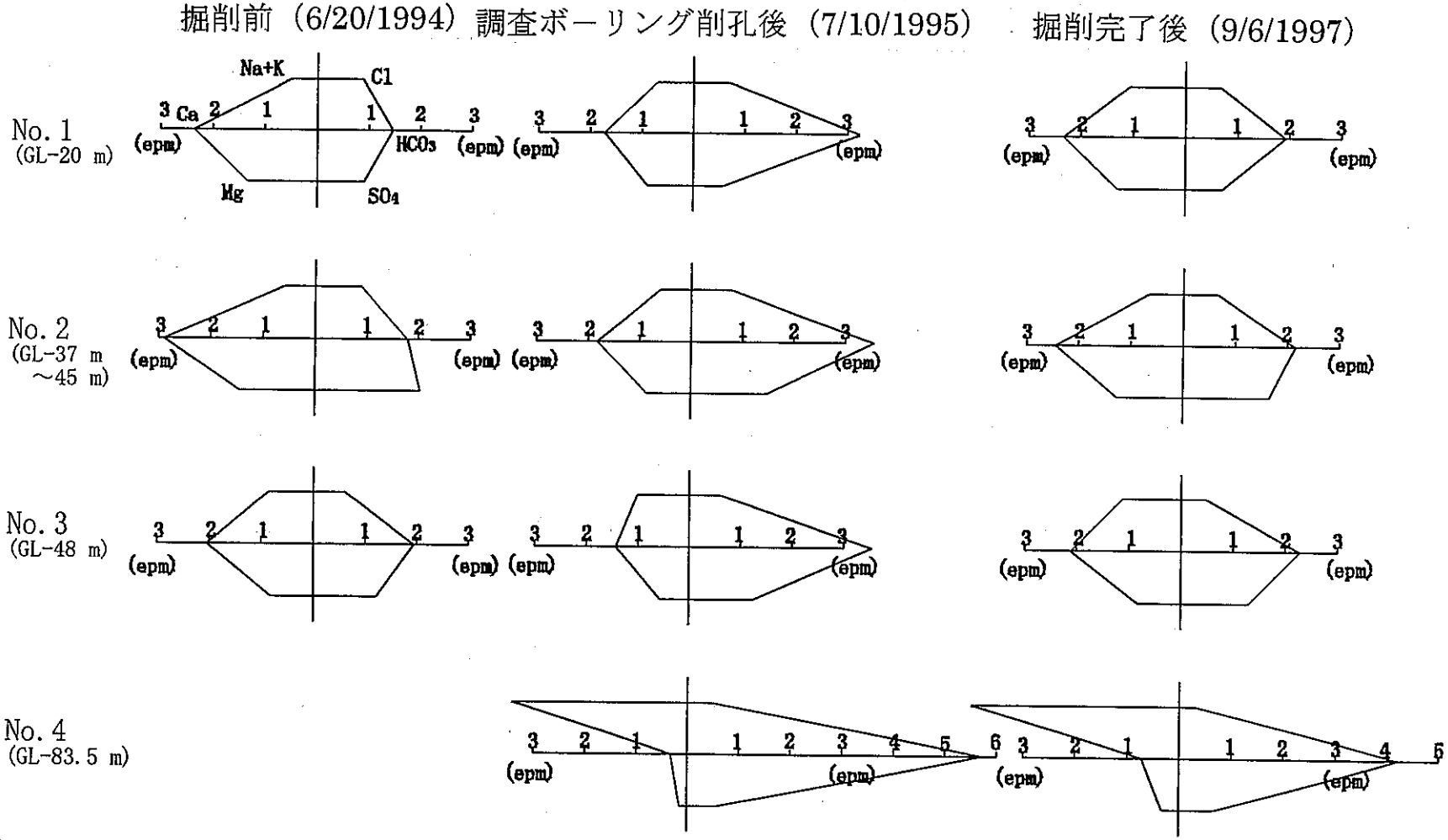


図 2.2.7 ミニドーム構築による主要無機成分の変化

2.3　埋戻し工事

今回の調査項目である水温および水質は、再冠水前に実施した埋戻し工事による影響を受けていることが考えられる。そこで、あらかじめ埋戻し工事の概要について理解しておく必要がある。以下に埋戻し工事の概要について述べる。

2.3.1　埋戻し工事の概要

1）埋戻し期間：平成10年2月17日～平成10年3月6日

2）数量　　：ＧＬ－50m～ＧＬ－70 m の立坑部（250 m^3）

ＧＬ－70 m～ＧＬ－82.5 m のドーム部（2,550 m^3）

3）施工方法　：ＧＬ－84.5 m の水中ポンプを稼働し続けることにより、地下水位をミニドーム底盤まで下げた状態を維持する。その状態で流動化改良土を地上の混練機からポンプで圧送し、ミニドーム内に投入する。なお、施工管理に用いる計測器の設置などのため、埋戻し材の投入は数回に分けて実施した。投入完了後は、水中ポンプを停止し地下水位を回復させその状態を持続させる。なお、本調査では、この状態を再冠水過程と定義した。

2.3.2 埋戻し材料について

埋戻しに適用できる材料には、山砂、エアーモルタル、流動化改良土の３つの材料が考えられる。この中で長期強度の安定性が良いこと、収縮が小さいこと、周辺への影響が少ないこと、経済的で施工性に優れていること、以上から判断して流動化改良土を採用した。今回用いた流動化改良土は、工場でロームに生石灰を添加し、専用の機械で粉砕、その後ふるいによって粒度調整された改良土を、現場にてセメントと泥水を混合して所定の流動性（フロー値 200 mm）と強度（３日後の一軸圧縮強度　qu＝1.3 kgf/cm^2）を持たせた材

料である。

この流動化改良土の利点は、エアーモルタル等に比べセメント添加量が少ないため、①固化熱の発生が抑制でき、さらに ②周辺岩盤への地下水汚染が軽減できることにある。表1.4.1に流動化改良土の配合を示す。

表 2.3.1　流動化改良土の配合表（1㎥当たり）

セメント(kg)	泥水(kg)	粒度処理土(kg)	混和材(kg)
２００	３６０	８００	４

3　調査報告

3.1　地下水モニタリング

地下水モニタリングの目的は、深層部での自動計測ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞの検証、および実験サイトで地下水の水圧、水温、pH、および電気伝導率を連続で長期計測することにより、再冠水過程での泥岩層内の地下水環境変化を詳細に調査することである。

3.1.1　調査に用いた計器

帯水層および小断層を対象とした計測では、測定項目として、水圧、水温、pH、電気伝導率が計測可能な水質センサー（Troll 8000：In－Situ Inc 製）を使用する。また採水した試料に対して原位置での手計り計測も実施した。使用した計測器は東亜電波工業製のｐＨ計（HM－１４Ｐ）と電気伝導率計（CM－１４Ｐ）である。

ここで使用する Troll 8000 とは、データロガーの機能と内部電源を有する水質モニター計器である。以下に Troll 8000 の仕様を示す。

Troll MP 8000　の仕様

水没部素材：　316 ステンレススチール、Viton、ガラス、プラチナ、エポキシ樹脂
寸　法：　直径 4.5cm 長さ 66cm　（1.75 ｲﾝﾁ×25.9 ｲﾝﾁ）
重　量：　～3.2kg（7 ﾎﾟﾝﾄﾞ）
動作温度：　0°～30℃（32°～86°Ｆ）
精　度
　圧力センサー：　動作温度内でフルスケールの±0.04%
　温度センサー：　±0.1℃
　電導度センサー：　読みとり値の±0.5%
　ｐＨセンサー：　±0.1pH 単位
分解能：　フルスケールの 0.006%
レンジ
　圧　力：　水深 70m（7kgf/cm^2）
　温　度：　0°～30℃
　電導度：　100～100,000μＳ
　ｐＨ：　0～14pH 単位

データサンプリング

メモリタイプ：	Flash EPROM および SRAM
容　量：	208KB
格納可能データ点数：	最低 100,000 点

3.1.2　計器埋設方法

水質センサーの設置にあたっては、センサーのメンテナンス（ゾンデの回収）のしやすさ、埋設の確実さおよび、測定区間の隔離性を考慮し、図 3.1.1 に示す 1 孔 1 深度による方法をとる。

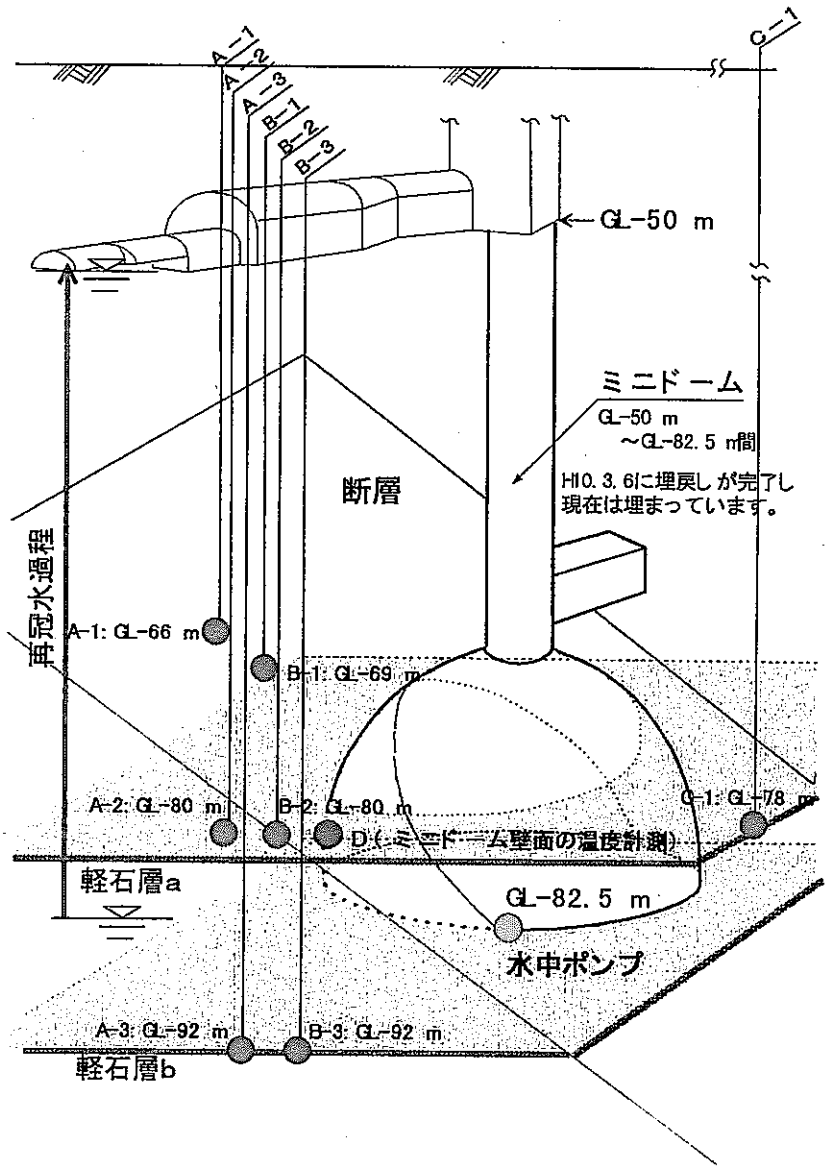


図 3.1.1　水質センサーの設置位置

設置手順は、①ボーリングの削孔 、②コア観察による帯水層（断層，亀裂帯）の確認 、③VP50ｴﾝﾋﾞｹｰｼﾝｸﾞ管への遮水材セット（ストレーナ部直上、対象層以外の帯水層（断層，亀裂層）の直上、直下)、④ケーシング管の建込み、⑤遮水材の膨張 、⑥遮水効果の確認（ケーシング内および孔内水位の違いを確認)、⑦ゾンデの挿入となる（図 3.1.2 を参照)。

使用する遮水材は、地下水の水質に影響を与えない素材（ゴム状）からなり、水を吸収することで膨張しシール機能を発揮する。測定区間は、その埋設形態からして、対象層や断層部を挟む最小幅を有することが理想だが、断層体の幅や浮遊するスライム等の沈澱も考慮し、1m～２ｍを基本とする。

地上に立ち上がるケーブルは、孔口にて専用の吊具で固定し養生する。

なお、ボーリング削孔工事は“再冠水に関する原位置調査研究（その１)”で完了している。

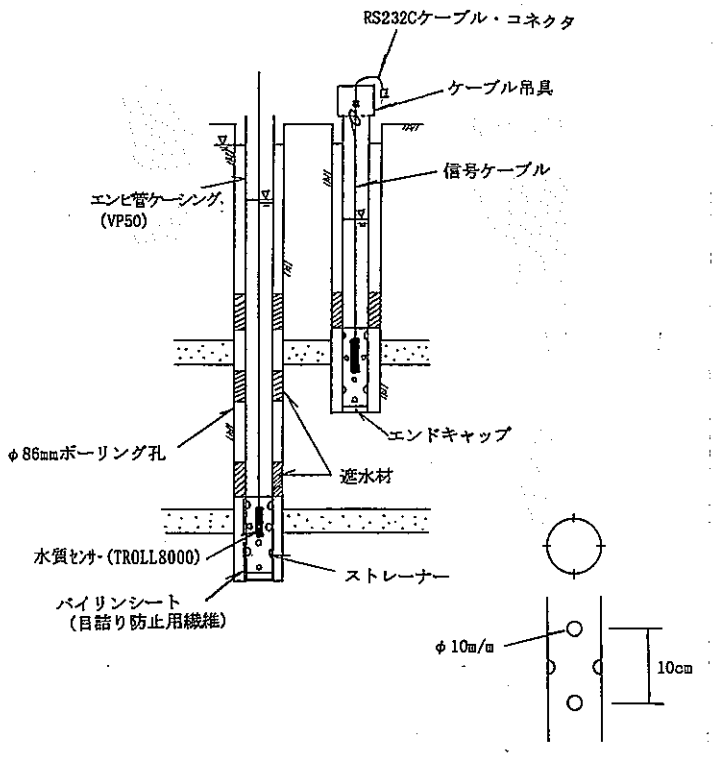


図 3.1.2　水質センサーの埋設形態

3.1.3　観測方法

試錐孔に投入する水質センサーは、ゾンデに内部メモリを有しており、任意のサンプリングタイム（20分）で自動連続観測が可能である。

データの収録は、月１回、センサーのメンテナンス（洗浄、校正）時に行う。収録は、信号ケーブル先端（地上部）に RS232C ケーブルを接続し、専用のソフトでコンピュータへデータを転送する（図 3.1.3）。

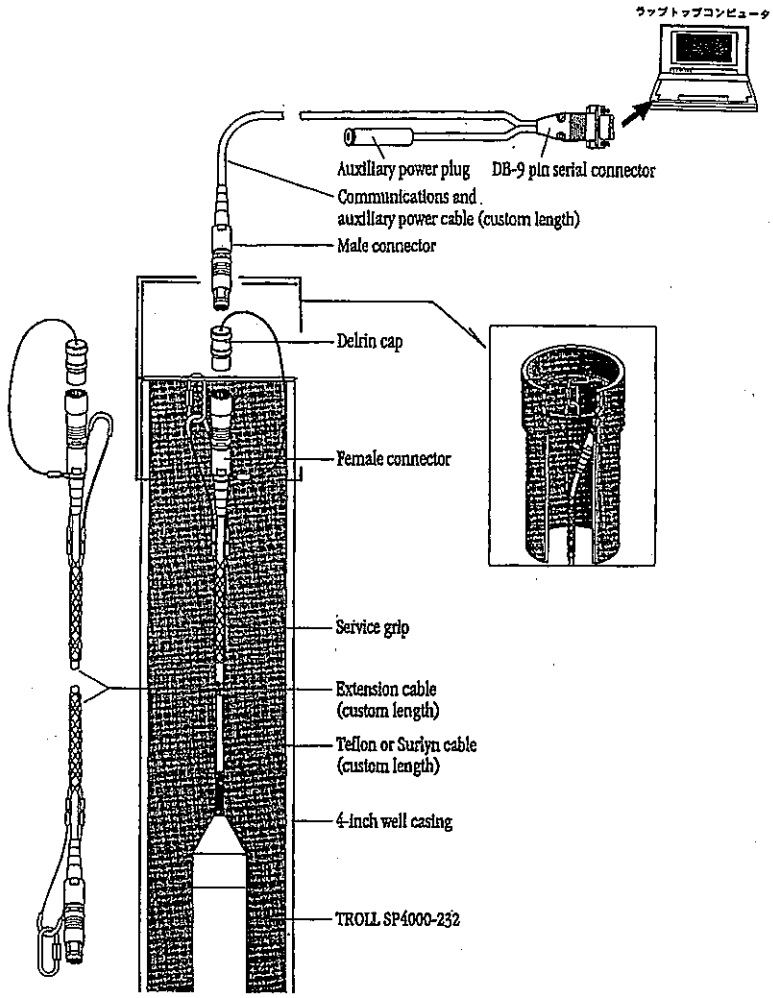


図 3.1.3　Troll 8000 からのデータ収録

3.1.4　調査結果

① 図 3.1.4 に孔内水位の経日変化を示す。再冠水前の水圧データから、再冠水前はボーリング削孔で用いた洗浄水が破砕帯および軽石層から抜けきっていないことにより孔内水位が定常状態に達しきっていないことが想定される。そのような状態で再冠水を開始した結果、以下に示す知見が得られた。

孔内の水圧が、Ａ－２、Ａ－３、Ｂ－２、Ｂ－３孔で１日、Ａ－１、Ｂ－１孔で２～３日、Ｃ－１孔でほぼ７日と非常に短期間で定常状態に達した。この挙動は、難透水層と考えられる泥岩層（透水係数で 1.0×10^{-7} cm/sec 程度を想定）としては非常に早い水圧回復と言える。この原因としては、泥岩層内の亀裂や挟み層といった特異な水みちの影響が考えられる。

第２回目の再冠水過程では第１回目に比べ、水位回復速度がＡ－２、Ａ－３、Ｂ－２，Ｂ－３孔で２倍、Ａ－１，Ｂ－１、Ｃ－１孔は第１回目とほぼ同じ速さで定常状態に達した。

② 図 3.1.5 に水温の経日変化を示す。再冠水過程での水温の挙動は、Ａ孔、Ｂ孔についてゆるやかな増加傾向にあり、調査期間中では定常状態に達していない。この原因としては、埋め戻し材の固化熱が未だ減少傾向にあり定常状態に達していないことから考えられる。

試錐孔別に観ると、破砕帯部で以下に示すような特異な挙動を示した。

・軽石層の温度が、熱源に近い地点（Ｂ孔）が高いという一般的な傾向を示しているのに対して、破砕帯部はその傾向が逆転している。

・１０月に発生した水位低下によって、Ａ－１孔は低下，Ｂ－１孔は上昇傾向と全く逆の現象を示した。

この原因については、熱源である埋戻し材から破砕帯部までの複雑な水みち経路の影響や破砕帯部の飽和状態の違いによる影響が考えられる。

C 孔については、埋戻し材および再冠水による影響は観測されていない。この原因としては、A、B孔の水圧に比べC孔の水圧が高いこと、さらにミニドーム中心からC孔まで約 40 m と離れておりC孔まで到達する間に熱源の影響がほとんど無くなったものと考えられる。

③ 図 3.1.6 に pH の経日変化を示す。pH の連続データについては、採水による揚水の影響などにより値が相当ばらついている。特にA－３孔のデータは地下水では考えられないｐＨ＝１４以上を示し、さらに変動幅も他の観測点と比べて大きい。この原因をセンサー部分の不具合と考え、H10.7.9 と H11.1.5 にｐＨセンサーの交換を行った。また、H10.11.19～H10.12.21 の期間に Troll8000 の修理を実施した。しかし、H11.2.12 時点においても他の地点とは全く違う上昇傾向を示し値も 9.0 と原位置での一般的な値（8.0 前後）と比べて高い値になっている。よって原因が特定できないことから今回の考察からは除く。

連続データの傾向としては、再冠水以後A，B孔は緩やかに減少している。C孔は 1 ヶ月間ほど緩やかに上昇した後A，B孔と同じ傾向で緩やかに減少している。

第２回目再冠水前に発生した水位低下の影響では、その直後にA－２孔で 1 程度減少している。A－１孔およびB孔では 0.5 程度増加した後にすぐ減少している。但し、C孔は変化が無い。

第２回目再冠水では、A－１、B－１孔で 0.2 程度、A－２、B－２孔で 0.8 程度増加し、その後緩やかな減少傾向を示している。但し、C孔は変化が無い。

次に、ポータブル計測データについては、再冠水以後A，B孔とも連続データと同様に一旦緩やかに減少したが、６月ごろからそれとは違う緩やかな上昇傾向に転じている。C孔は１ヶ月間ほど緩やかに上昇した後、AおよびB孔にくらべ 0.5 ほど低い値で安定し、１２月ごろより上昇傾向に転じている。

今回、ポータブル計測データで観察された上昇傾向はミニドーム周りに施工した渦状

のトンネル内に充填したコンクリート、またはミニドーム内の埋戻し材による影響が考えられる。

しかし、埋戻しから１年経った現在においても値が定常状態まで達しておらず、ｐＨが上昇する傾向に対しては、今後のデータをもって定量的な考察を加える。

④ 図 3.1.7 に電気伝導率の経日変化を示す。電気伝導率の連続データは、現在までの観測結果から井戸投入中の値の変動が大きいことがわかった。その原因として揚水の影響が大きく、またその影響が図より長期間に及ぶことが考えられる。よって連続データの結果については、揚水による電気伝導率変化の原因を定量的に調べた後に考察を行う。

ポータブル計測データについては、再冠水以後ゆるやかな減少傾向で進行し、現時点ではほぼ定常状態近づいている。

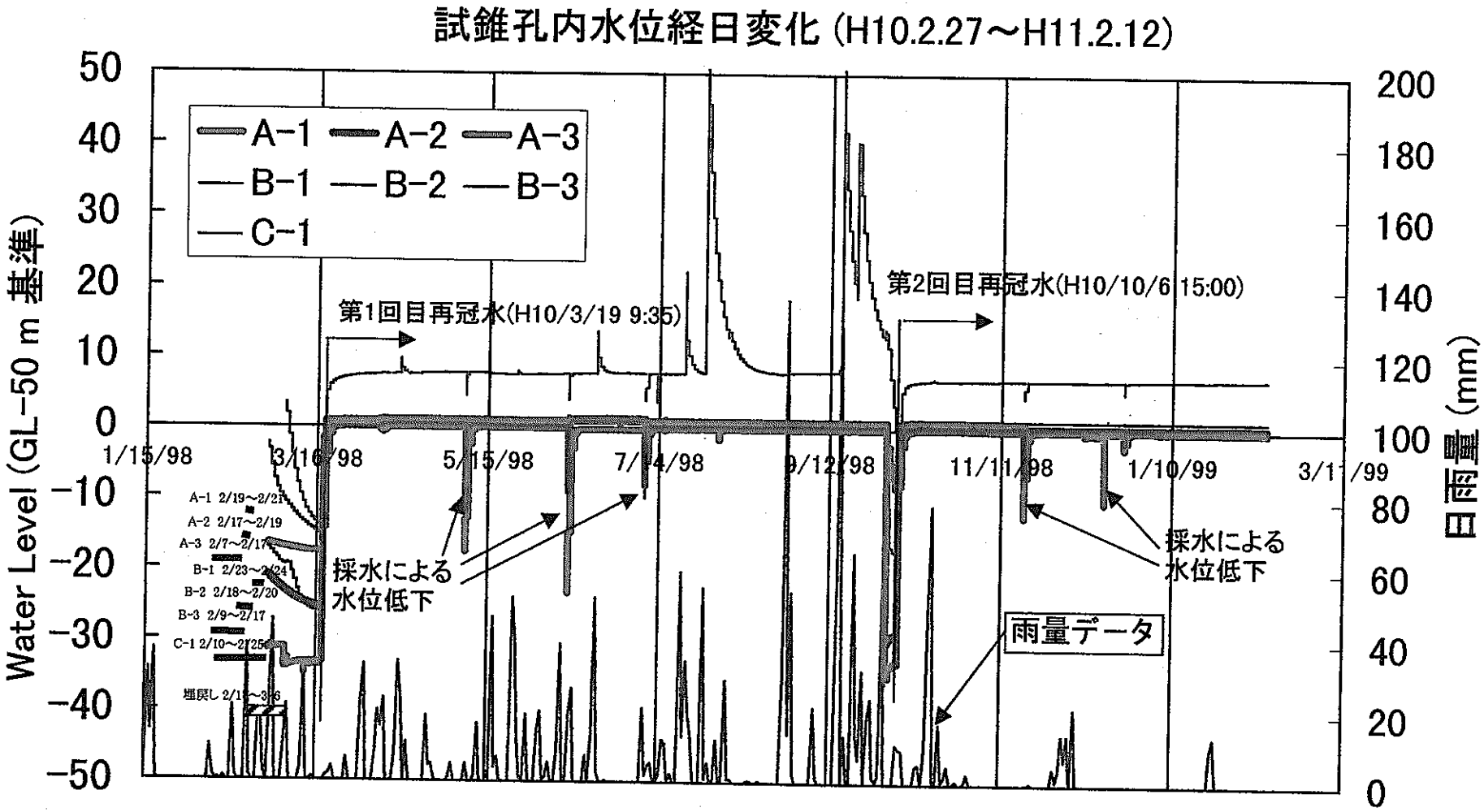


図 3.1.4 水圧の経日変化図

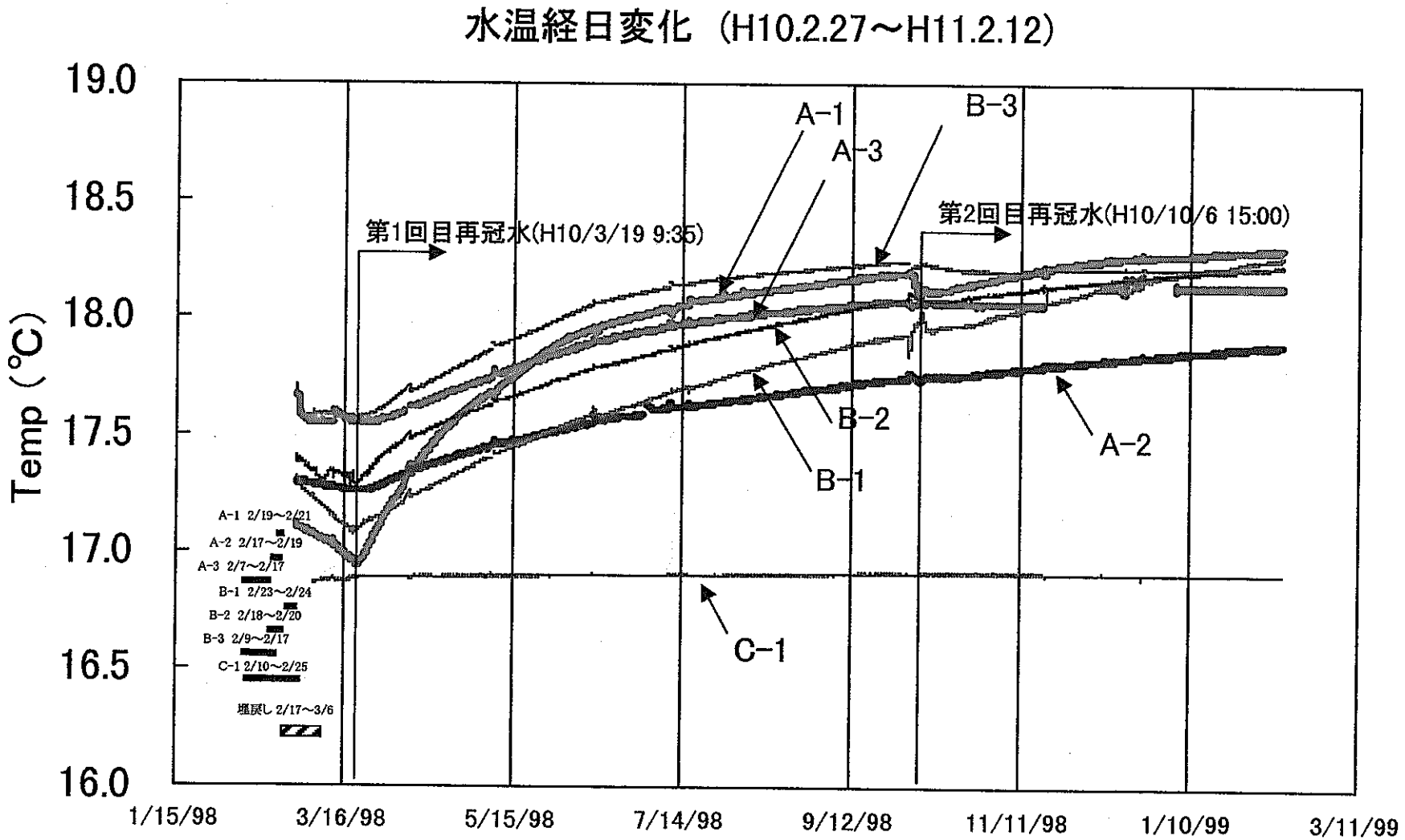


図 3.1.5　水温の経日変化図

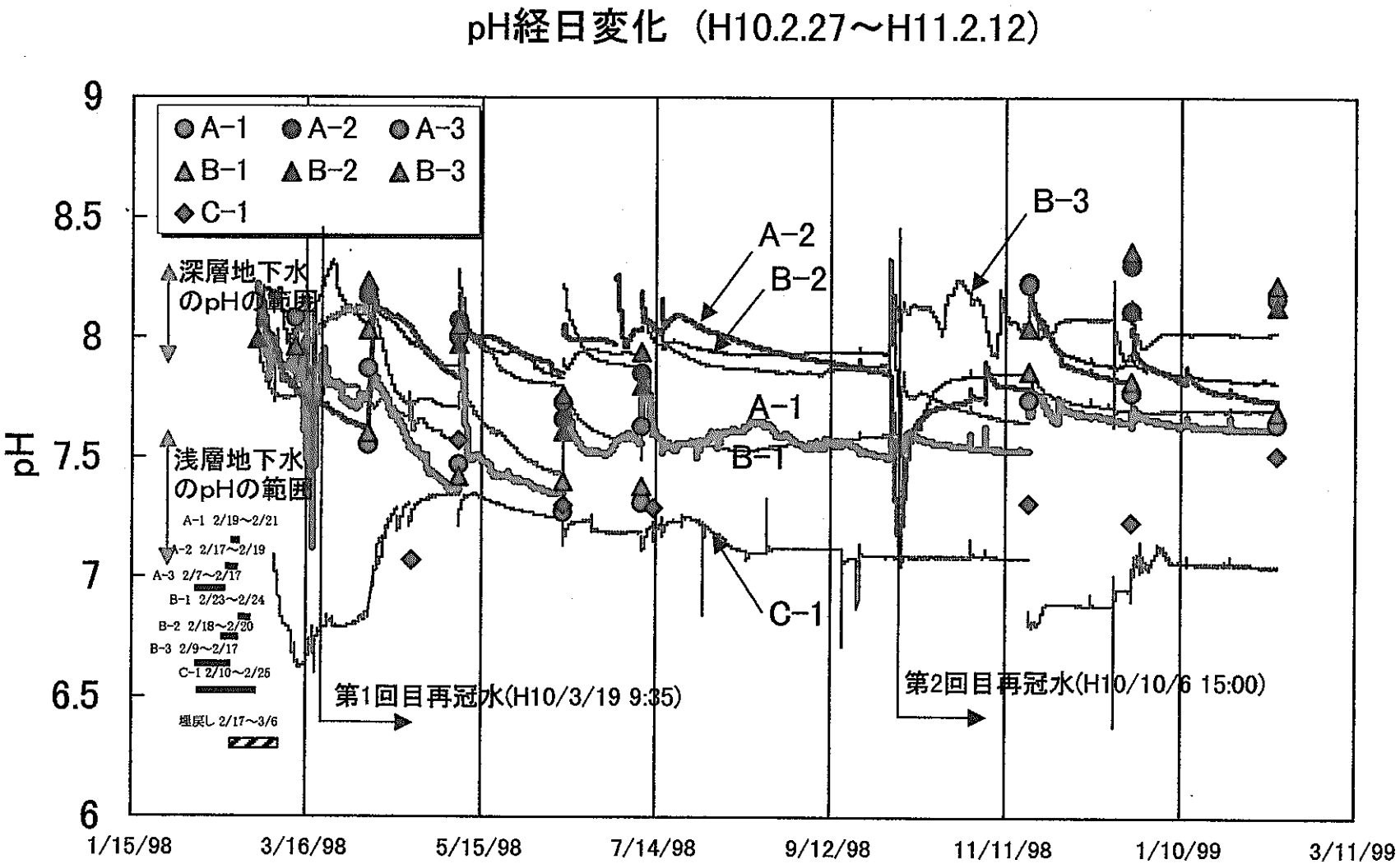


図3.1.6　ｐＨの経日変化図

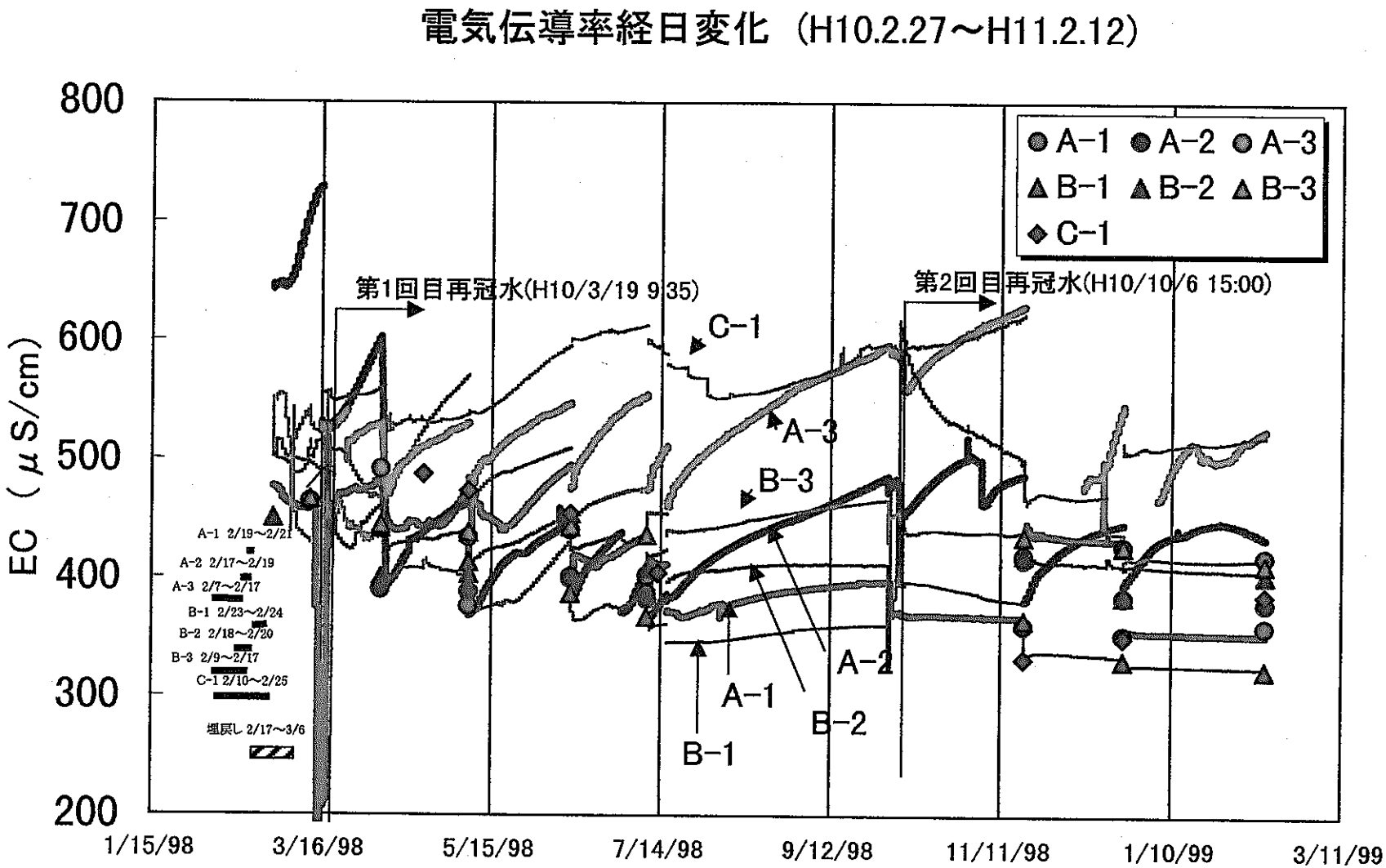


図 3.1.7　電気伝導率の経日変化図

3.1.5　地下水モニタリングシステムの適用性

調査目的の一つに、深層部での地下水環境モニタリングシステムの構築がある。そこで、今回使用した連続計測システムの信頼性について評価を行った。

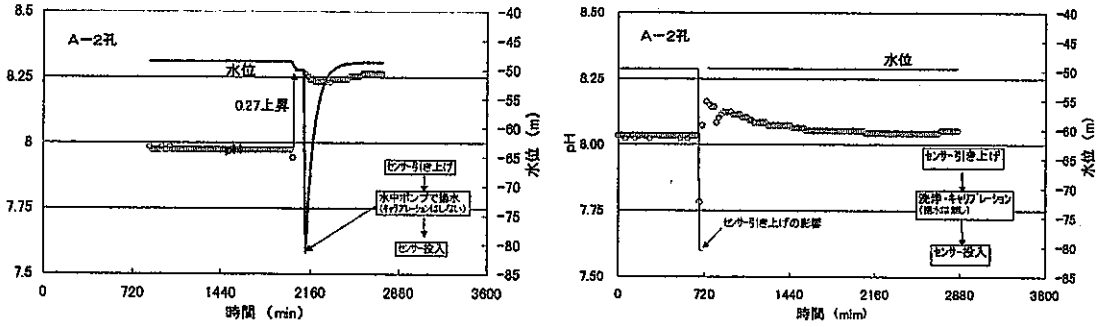
前章（3.1.4 章）の観測結果から、採水・キャリブレーション時と井戸投入時にそれぞれ表 3.1.1 に示すような特異な現象が観測された。

表 3.1.1　連続データで得られた特異な現象

	採水・キャリブレーション時	井戸投入時
水圧	特に無し	特に無し
水温	特に無し	**現象 3)** 破砕帯部で熱源より近い地点に比べ遠い地点の温度が高く、さらに上昇傾向も顕著である。（軽石層では熱源に近い地点が高いという一般的な傾向を示している。）
ｐＨ	**現象 1)** 採水のための揚水およびキャリブレーション実施前後で値がドリフトする。（値が高くなる）	**現象 4)** ＧＬ－50 ｍ の横坑内に設置した試錐孔の値がゆるやかに減少する。 **現象 5)** １０月に発生した地下水位の上昇・低下にともない他地点に比べてＢ－２、Ｂ－３で顕著に反応した。 **現象 6)** Ａ－３孔のｐＨの変動幅が他に比べて極端に大きい。さらに、一時的であるが実験サイトで考えられないｐＨ＝１３以上を記録した。
電気伝導率	**現象 2)** 採水のための揚水およびキャリブレーション実施前後で値がドリフトする。（値が低くなる）	**現象 7)** ＧＬ－50 ｍ の横坑内に設置した試錐孔の値がゆるやかに上昇する。その傾向が確認できる地点は、H10.3 月から H10.7 月まで（水中ポンプで採水していた時期）は全孔で、H10. 7 月から H11.2 月まで（簡易採水器で採水した期間）はＡ－２とＡ－３孔である。

表中で挙げた問題点に対し、最初に採水およびキャリブレーション時での特異な現象について考察する。

現象 1) に対して①採水のための揚水による影響と②キャリブレーションの影響に分けて考察した。図 3.1.8(a)に揚水の影響、図 3.1.8(b)にキャリブレーションの影響を示す。

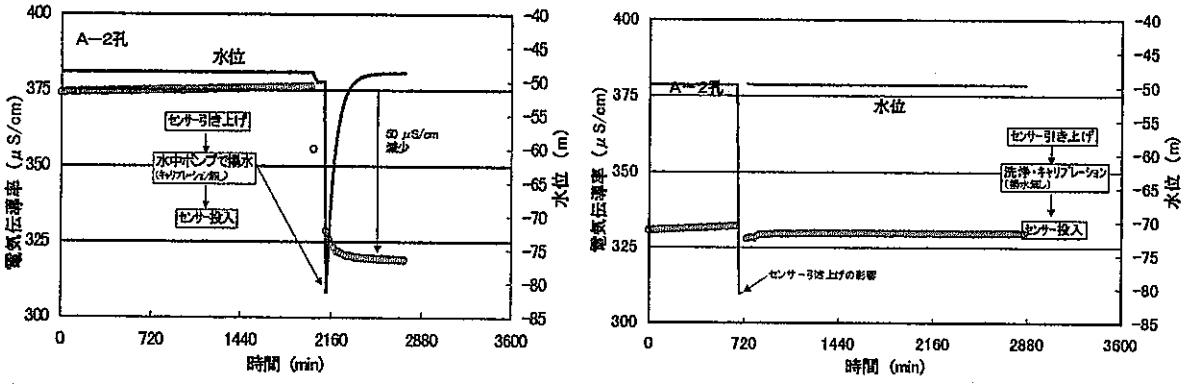


(a) 揚水の影響　　(b) キャリブレーションの影響

図 3.1.8 pHにおける揚水、キャリブレーションの影響

図(a)より、揚水の影響により値が上昇することを確認した。また図(b)よりキャリブレーションの影響は若干あるものの揚水の影響に比べれば小さいことを確認した。図(b)の現象は1日間で以前の値にほぼ戻っていることから、センサーのキャリブレーションのための引き上げ・挿入作業により試錐孔内において地下水が撹拌された影響である。

現象 2) に対しても①採水のための揚水による影響と②キャリブレーションの影響に分けて考察した。図 3.1.9(a)に揚水の影響、図 3.1.9(b)にキャリブレーションの影響を示す。



(a) 揚水の影響　　(b) キャリブレーションの影響

図 3.1.9 電気伝導率における揚水、キャリブレーションの影響

図(a)より、揚水の影響によりpHの現象とは逆の値が減少傾向にドリフトすることを確認した。また図(b)よりキャリブレーションの影響はほとんど無いことも確認した。

以上から、現象１）と現象２）は今回用いたセンサーの異常やキャリブレーションによるものより、揚水によって生じていることが言える。

次に,井戸投入中での特異な現象について検証する。現象３）の原因として、①センサーの異常、②その場の実際の現象が考えられる。そこで、①の検証として、Ａ孔、Ｂ孔のセンサーを同じ水に同時に浸けて、その時の温度誤差を確認する方法で行った。具体的な方法は、キャリブレーション後、試錐孔に約 50 日間水浸した状態のセンサーを一旦引き上げ、水が入っているバケツに同時に投入し、その時の温度を計測する。その結果を図 3.1.10 に示す。

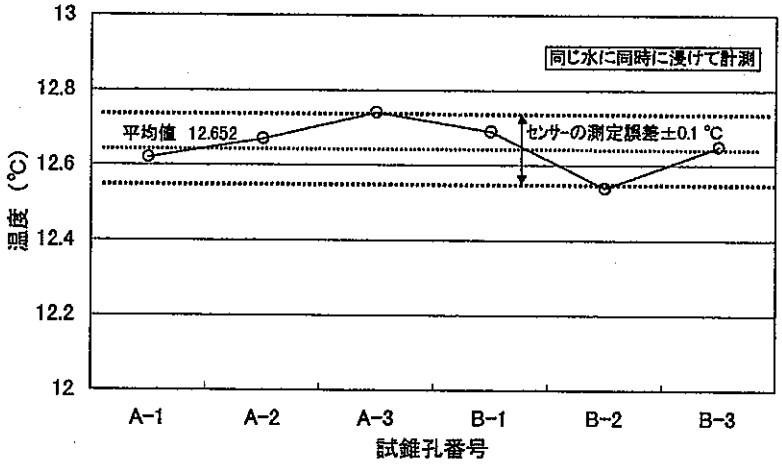


図 3. 1. 10　Troll8000 の温度センサー精度の確認

図より、各孔の温度誤差は水質センサーの精度内に収まっている。よって、センサーに異常は無く、今回得られたデータはその場の挙動を捉えたものと言える。

現象 4) の原因として、①センサーの異常、②pH 比較液（KCl）による影響、③その場の挙動が考えられる。

①に対する検証として、校正液に対する井戸投入時とセンサー引き上げ後の値を比較する。なお、検証期間は H10.11.19～H11.2.12 である。図 3.1.11(a)に校正液 6.86 に対して実施した結果を、図 3.1.11(b)に校正液 9.18 に対して実施した結果を示す。ここで、図中のポイントは井戸投入前で計測した校正液での値から引き上げて洗浄した後に計測した校正液の

値を引いたものである。すなわち、井戸投入期間中に発生したセンサー自体の測定誤差である。

(a) 校正液 6.86 の場合　　(b) 校正液 9.18 の場合

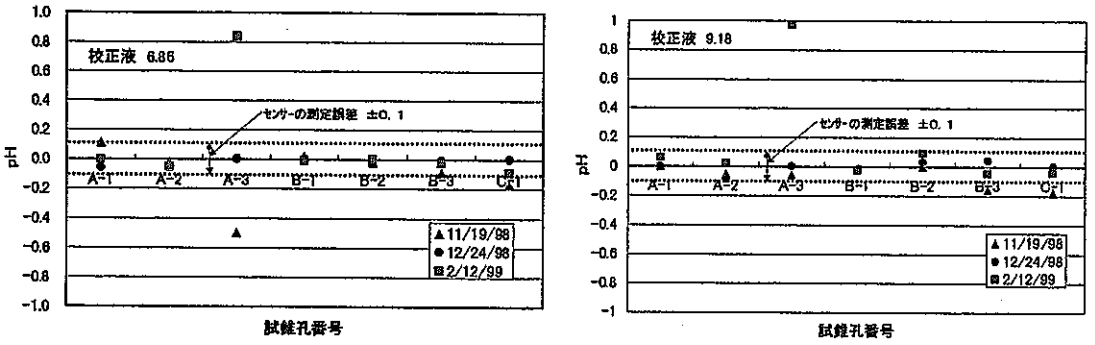


図 3.1.7　ｐＨセンサーにおける井戸投入期間中の影響

図より、ｐＨ値に異常が確認されているＡ－３孔を除いて、全てのセンサーで測定誤差範囲内に収まっている。よって、Ａ－３孔以外は井戸投入期間中にセンサーの異常が無いことを確認した。

次に、②のｐＨ比較電極液の影響について検証する。具体的にはｐＨ計から漏出している比較電極液（ｐＨ7.0）が井戸孔内に溜まり、その影響でｐＨが７に近づいている可能性の検証である。ここで、ｐＨ比較電極液の影響であれば電気伝導率の値にも影響するはずである。よって、この検証は現象 7）で詳細を述べるが、結論としてはｐＨ比較電極液の影響は無いか小さいことを確認した。よって、現象 4）はセンサーおよび比較電極液の現象を捉えたのもでは無く、その場の挙動をとらえているものと考えられる。推測ではあるが、値が緩やかに減少している傾向は、揚水の影響で一旦上昇したｐＨ値がその場の値に近づく過程を捉えているものと考えられる。

現象 5）の原因として、①センサーの異常、②電気的な影響、③その場の挙動が考えられる。①のセンサーの異常については、現象 4）の①で既に検証済みであり、影響が無いことを確認している。②についてはセンサーの機構上、井戸投入中は接続ケーブルが外部と接続されていないため考えられない。以上から現象 5）もその場の挙動を捉えたものと考える。

現象 6)の原因として、①センサーの異常、②電気的な影響、③その場の挙動が考えられる。この現象は、同じ深度の軽石層（Ｂ－３）との挙動とは全く違う。さらに現地では通常考えられない値を計測している。以上を考えるとセンサーの異常である可能性が大きい。②については、現象 5）で検証済みであり、影響は無いと言える。また③については、センサー異常の可能性が大であるため、その場の挙動を捉えているとは言えない。

現象 7）の原因としては、①センサーの異常、②ｐＨ比較電極液の影響、③その場の挙動が考えられる。①については、センサーの異常というよりも、校正時に設定するセル値の与え方による影響が考えられる。但し、このセル値に影響するものであるため井戸投入中の傾向とは関係は無い。

次に、②については原位置で確認試験を実施した。試験方法は、水中ポンプとベーラ採水の両方で現象 7)が観測されているＡ孔、Ｂ孔を対象に、ｐＨ計の有無によりｐＨ比較電極液の影響を確認するものである。具体的には、センサーのプローブ部からｐＨ計を取り外して計測したデータ（Ａ孔）と取り外さないデータ（Ｂ孔）を調査ポイントで比較して、ｐＨ比較電極液の影響を確認する試験である。その結果を図 3.1.8 に示す。

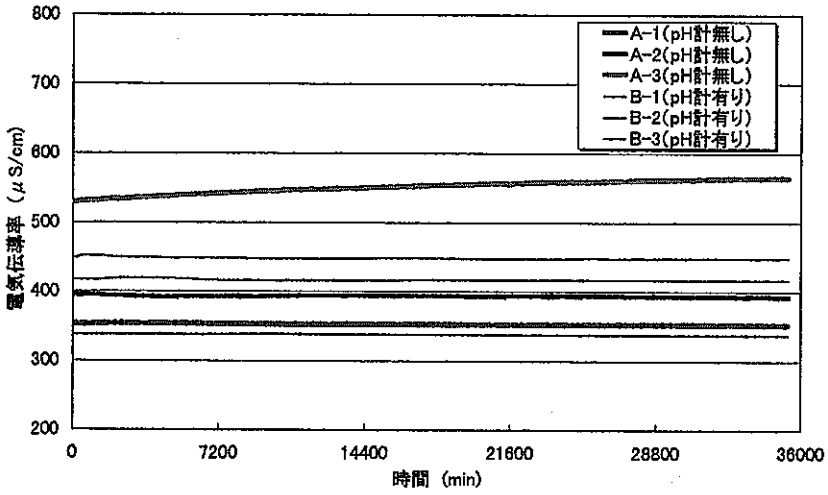


図 3.1.8　ｐＨ比較電極（KCl）の影響確認

図より、計測期間が２５日間と短期間であるが、ｐＨ計の有無より井戸投入時に観測された極端な値の違いおよび傾向の違いは生じていない。よって、ｐＨ比較電極液の影響はほ

とんど無いことが言える。以上から、現象 7)は、その場の挙動を観測していることが言える。

推測ではあるが、井戸投入中に電気伝導率の値が緩やかに上昇している傾向は揚水の影響で一旦、値が減少し、その後、その場の値に戻る過程を捉えているものと考えられる。そう考えれば、試錐孔周りを乱す程度が大きい水中ポンプ揚水の場合は全孔で観測され、ベーラ採水のようにあまり乱さない場合は、一部（Ａ－２およびＡ－３孔）のみ観察されていることが説明できる。

3.2　ドーム壁面での温度計測

ドーム壁面での温度計測の目的は、埋戻し材が硬化するに従って変化するミニドーム壁面での温度状態を計測し、堆積岩中の伝熱特性に関する基礎的データの蓄積を図るものである。

3.2.1　調査に用いた計器

埋戻し材（流動化処理土）を熱源と把らえ、その固化熱を計測するため、熱電対（T型熱電対：東京測器研究所）をドーム壁面に埋設する。

熱電対は、先端に防水加工を施し耐水圧性を高め、かつ、ドーム内～横坑奥部までケーブル延長時にも耐久性の期待できる皮覆ケーブルを有する（直径 6.5mm）。

3.2.2　計器埋設方法

熱電対の埋設形態を図 3.2.1 に示す。熱電対の埋設にあたっては、ミニドーム壁面を一部はつり、地山を露出させ、軽石層 b を確認した上で熱電対先端を埋設し、掘削時の発生土を埋戻して養生する。また吹き付けモルタルの断熱効果を同時に調べるため、壁面を φ 10mm 程度のコアドリルで突孔し、熱電対を埋設し、モルタルで埋戻して養生する。

なお、熱電対の設置は“再冠水に関する原位置調査研究（その１）”で完了している。

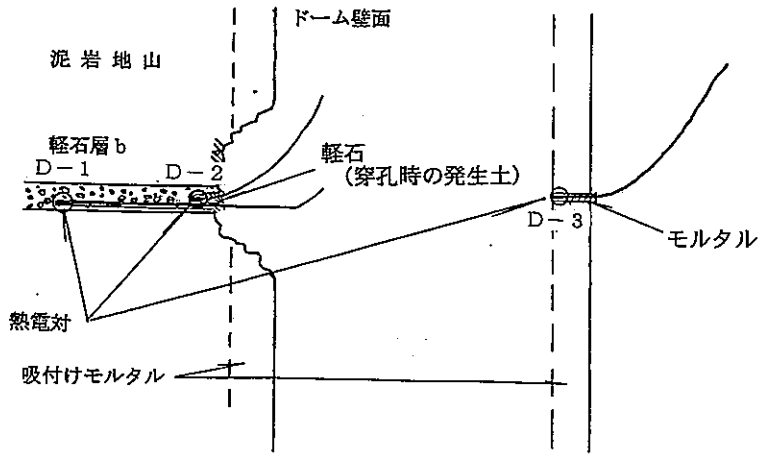


図 3.2.1　熱電対の設置形態

3.2.3　観測方法

埋戻し材（流動化改良土）の固化熱によるミニドーム壁面の温度変化を熱電対ケーブルを通してＧＬ－50 m の横坑内に設置したデータロガーに自動的に収録する。計測のインターバルタイムは 30 分である。

3.2.4　調査結果

⑨　図 3.2.2 にミニドーム壁面及び埋戻し材の温度経日変化を示す。図より、再冠水直後に砂層 5 cm 奥地点で 1.7 度、砂層 45 cm 奥で 1.5 度、壁裏で 0.2 度下がった。またミニドーム内の壁部（壁表）でも微少であるが温度が低下している。但し、埋戻し材内部の変化は無い。その後のミニドーム壁面の温度は、埋戻し材内部の温度変化に追従してゆるやかな減少傾向を示している。

第２回目再冠水前に発生した水位低下と第２回目再冠水の影響は、砂層 45 cm 奥では観測されなかった。しかし、その水位低下により壁裏では、温度が急激に低下し第２回目再冠水後での砂層内の温度傾向とほぼ一致した。この原因としては急激な水圧変動によりミニドーム外側の地下水が壁裏に回りこんだものと推察できる。また、砂層 5 cm 奥地点では、水位低下による影響は無いものの、第２回目の再冠水の影響で 2 度程度低下し、その後小さな変動を繰り返し約１ヶ月間で値および減少傾向が砂層 45 cm 奥と同じになった。

第１回目と第２回目の再冠水で現象が違う理由として、再冠水前の地盤状態が考えられる。第１回目再冠水前の地盤は被圧地下水位が GL－82 m であり不飽和状態である。しかし第２回目再冠水前の状態は被圧地下水位が GL－50 m であり飽和状態である。

今後の砂層および壁裏での温度傾向としては、今回の観測終了時点（H11.2.26）で埋戻し材内部の温度が 43～48 度とまだ高く、未だ減少傾向にあることから今後も埋戻し材と同様な減少傾向が続くものと考えられる。

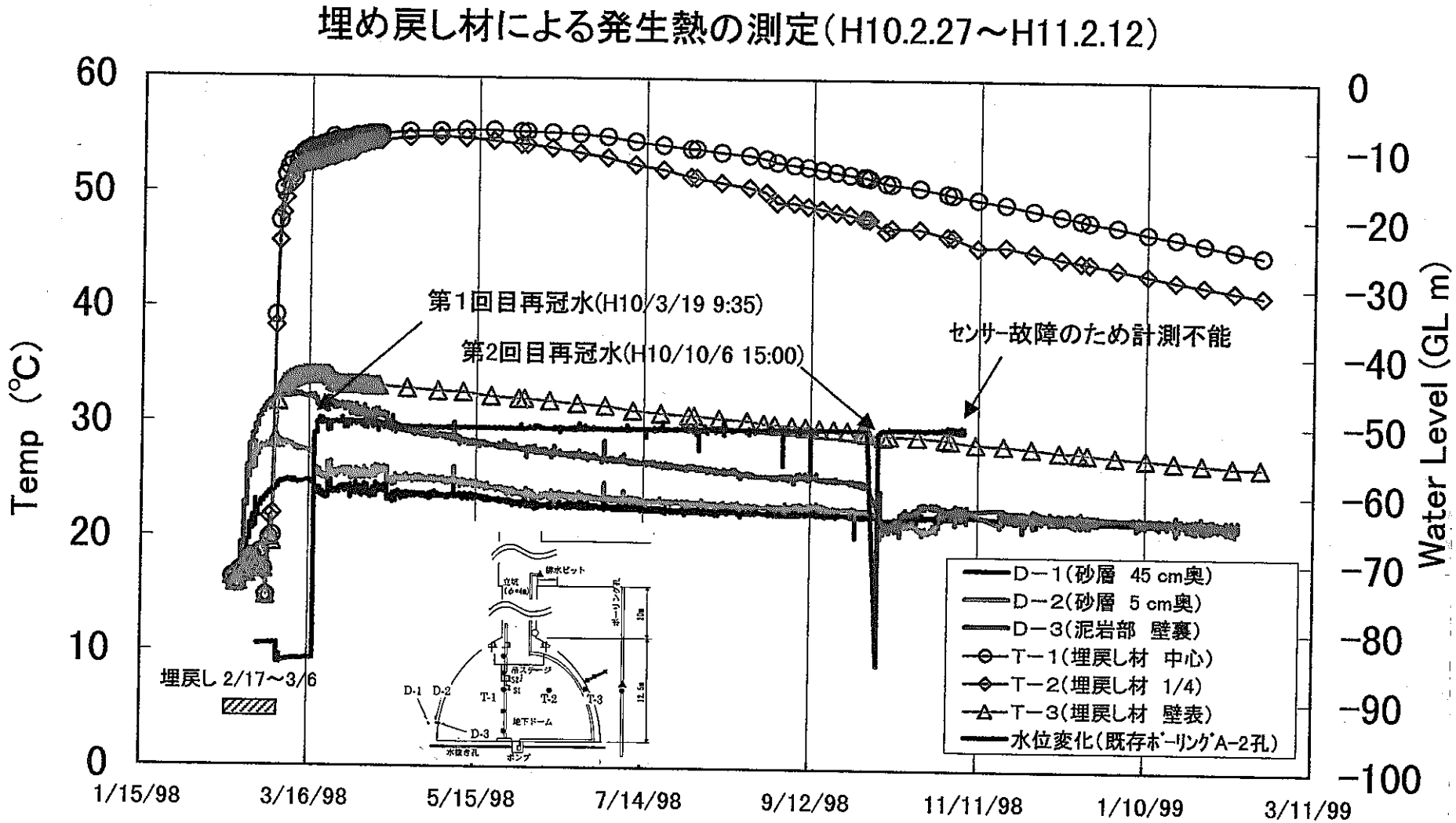


図 3. 2. 2　ミニドーム周辺の温度経日変化図

3.3 環境同位体分析

台地礫層帯水層中の地下水との関連が水質・同位体的に押さえられれば、空洞掘削とその後の埋戻し時の地下水挙動が把握できる貴重なデータが取得されるものと考えられ、現在データの取得と分析を実施中である。得られた経時変化データをもとに再冠水時の地下水流動の検討を行った。

3.3.1 コアの間隙水分析

① サンプル方法

第三紀層の泥岩コア採取後出来るだけ早い時期に、サンプリングの数量が原則としてコア 5m につき１個程度で、且つ亀裂に接したコアと新鮮母岩のコアをほぼ半数づつになるように調整して採取個所を決め、その部分のコアの乾燥防止および他の水によるコンタミを出来るだけ避けるようにラップで包む等の処置を講じておく。全深度掘削後速やかに以下の手順でコアサンプルを取得した。

1) 採取箇所のコアから長さ 15cm くらいのサンプルコアを切り出す。

2) ラップで包み、その外側を更にアルミフォイルで包む。

3) 蝋封してから更にもう一度アルミフォイルで包み、その外側に深度データを書き込む。

4) 冷凍用ビニール袋（チャック付き）で包み、ストロー等により空気抜きを２回程度行う。

5) コアサンプルは全深度が揃うまでは、冷暗所に保管しておく。

② 間隙水の抽出

地下実験所内に設けられた、ＧＬ－５０ｍ～９６ｍの基盤岩に掘削されたボーリング孔(A－3 孔)から採取された泥岩のコアについて、岩石抽水装置を利用して土壌を圧縮し、間隙水の抽水を行った。岩石抽水装置の概略は図 3.3.1 のとおりである。実験室に持ち帰った

泥岩コアサンプルは、抽水試験を行う際、コアの表面に付着した物質の除去や蒸発によって水分を失った表面の除去、岩石抽水装置の内部径と一致のためにコアの整形作業を行う。コア直径が6.6 cmのサンプルを、たこ引き包丁を使用して直径5 cm、長さ10 cm以下に整形した。端面は岩石カッターにより平滑にカットした。抽水には約100 kgf/cm^{2}の軸圧で約８時間圧縮し、１サンプルあたり平均約 10 cc の間隙水を搾り取った。また抽水前と抽水後にそれぞれサンプルの重量を計測し試料採取時の蒸発ロスを評価した。尚、サンプル間の間隙水のコンタミを防ぐため、抽水に用いたテフロンチューブ類はサンプル毎に交換すると共に、抽水装置のセル部は１つのサンプル水抽出後に十分乾燥して水分除去に心がけた。

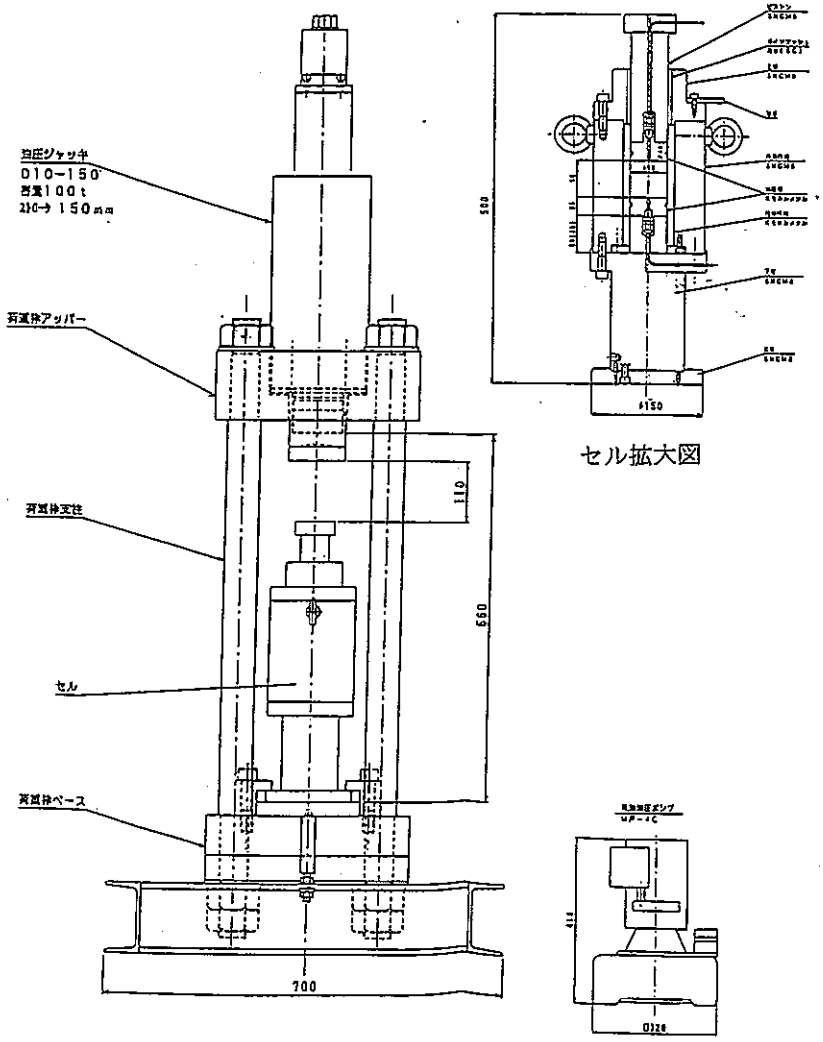


図 3. 3. 1　岩石抽水装置

③　分析結果

表 3.3.1 にコア間隙水に対し、安定同位体比の測定を行った結果を示す。

表 3.3.1　コア間隙水の環境同位体（トリチウム・安定同位体比）濃度

コア間隙水					
9.67-9.80m	-49.8	-6.4			
15.02-15.12m	-46	-6.4			
17.35-17.47m		-7.1			
19.86-19.98m	-40	-6.1			
25.14-25.27m	-52	-7.2			
29.85-29.97m	-48	-6.9			
34.88-35.00m	-48.3	-6.6			
40.02-40.15m	-52.9	-7.5			
42.42-42.55m	-51	-7.5			

3.3.2　地下水の環境同位体分析

① 分析項目

環境同位体を用いた調査は、水文循環の中で天然に存在する同位体の濃度変化を利用した地下水の流動特性把握に関する調査手法で，地下水の起源の同定，年齢測定，流速と流向，地表水と地下水の相互関係，異なる帯水層間の相互連絡，帯水層の間隙率，不圧地下水の涵養量，試錐孔掘削泥水の帯水層混入状況の把握等の問題に幅広く利用されている。

現在主に利用されている環境同位体としては，表 3.3.2(a)(b)のようなものがある。このうち，水を構成する元素である水素と酸素の同位体は，帯水層内の物質と反応しても変化しないことから理想的なトレーサーと考えられており，放射性の同位体である^{3}Hは、滞留時間５０年程度までの地下水年令の評価に、またDと^{18}Oはその濃度が，気温、緯度，高度によって異なることから広域水文の研究における涵養時期や涵養域の推定に利用されている。

表 3.3.2(a)　水文学で用いられる主な環境同位体(安定同位体)

	Derection limit (%)	Approximate water sample size(L)
^{2}H in H_2O	±1	10^{-2}
^{18}O in H_2O	±0.1	10^{-2}
in SO_4	±0.3	1
^{13}C in DIC	±0.3	1
^{14}S in SO_4	±0.3	1～10
in H_2S	±0.3	1～10

DIC=desorbed inorganic carbon

表 3.3.2(b)　水文学で用いられる主な環境同位体(放射性同位体)

Isotope	$T_{1/2}$ (years)	Primary production reaction(s)	Approximate sample size(L)	Time range of interest (years)
T	12.43	$^{14}N(n,^{3}H)^{12}C$	1	1～50
$T/^{3}He$	12.43/stable	$^{3}H+\beta+^{3}H$	1	1～50
^{4}He	Stable	$\alpha+2e-1^{4}He$	0.001～0.1	10^{4}～10^{7}
^{21}Ne	Stable	$^{18}O(\alpha,n)^{21}Ne$	5	10^{4}～10^{7}
^{14}C	5730	$^{14}N(n,p)^{14}C$	60;0.1[a]	10～7.5×10^{4}
^{32}Si	108	$^{40}Ar(x,x'2\alpha)^{32}Si$	1000	20～500
^{36}Cl	3.0×10^{5}	Spallation on ^{40}Ar $^{35}Cl(n,\gamma)^{36}Cl$	5000;4[a]	2×10^{4}～1×10^{6}
^{39}Ar	269	$^{40}Ar(n,2n)^{39}At$ $^{40}Ar(p,d)^{39}At$ $^{39}K(n,p)^{39}At$	10^{4};10^{b}	30～1000
^{40}Ar	Stable	$^{40}K\rightarrow1\beta^{+}+^{40}Ar$	5	10^{5}～10^{7}
^{81}Kr	2.1×10^{5}	$^{80}Kr(n,\gamma)^{81}Kr$ (and spallation)	10^{6};5×10^{8};$1\sim-10^{b}$	5×10^{4}～8×10^{5}
^{85}Kr	10.7	Fission of U and Pu	300	1～40
^{222}Rn	3.8days	$^{226}Ra\rightarrow1\alpha+^{222}Rn$	1	0.5～10days
$^{238}U/^{234}Un$	4.5×10^{5}	$^{238}U\rightarrow1\alpha+^{234}U+2\beta$ (via intermediary steps)	25	5×10^{4}～1×10^{6}

[a] For accelerator measurement.

[b] For resonance ionization spectroscopy.

本調査では表 3.3.2 中の３項目について分析を行った。以下に選択した項目の特性について示す。

1）　トリチウム（^3H）

トリチウム（^3H）は水素の放射性同位体で，質量数は３，半減期は約 12.43 年でβ崩壊して^3Heに変わる．天然トリチウムは，主として大気上層中で宇宙線中の中性子と窒素原子核との衝突によって生成され，その９９％以上は HTO の水分子形となって自然界の水循環系に取り込まれている．天然の状態では，崩壊による減衰や，地上へのフォールアウトと成層圏からの供給がつりあって，対流圏の水蒸気中のトリチウムはほぼ平衡状態にあって，その濃度は中緯度の降水中で，10 T.U.前後であったとされている．ここで，T.U.　はトリチウムユニットの略で，水素原子 10^{18} 個当りにトリチウム原子 1 個があるときそのトリチウム濃度を 1 T.U. と定義している．このように元来、大気中のトリチウム濃度は宇宙線による生成のみにより 10T.U. 前後であったが、1952 年以降，大気中における熱核爆発実験によって大量の人工トリチウムが大気中特に成層圏に放出され，天然の平衡状態は崩れ，その濃度は一時的に急激に高まり 1963～1964 年のピーク時には、天然濃度の 50～100 倍に相当する 1,000 T.U. を超える値が現れた。その後、大気中における熱核爆発実験の停止にともない濃度は年々減少し，1990 年現在では，ほぼ天然レベルの 5～10 T.U. に戻っている。この熱核爆発実験によるトリチウム濃度の急増は、単純な放射性減衰をもとにした地下水の年代測定を困難にしたが，一方ではこの濃度変化をトレーサーとして利用した水文循環モデルを構築することにより，水体の流動機構や滞留時間を解明しようとする試みが盛んに行われるようになった。トリチウムの生成源は，この他地下における岩石中のウラン崩壊に伴うものや，土壌中の微生物による大気中の水素の酸化による生成等が挙げられているが，一般の地域ではその影響はいずれも小さく，測定限界を下回るものと考えられている。

2） 安定同位体（Dと^{18}O）

水分子を構成する水素と酸素の原子には，質量数の異なる同位体が存在し，その中でも安定同位体である質量数２の水素原子（重水素：D）と質量数１８の酸素原子（重酸素：^{18}O）は，それぞれ$HD^{16}O$(0.032%)，$H_2{}^{18}O$(0.20%)として水分子を構成し陸水中の溶存化学成分よりも高い濃度で含まれている．これらの同位体水分子は，化学的には水そのものと同じ挙動をし，溶存物質のように周辺物質との化学反応を起こさないため，水文循環における水の動きを把握する上で理想的なトレーサーとして利用できる．

水の安定同位体は，質量分析計によって同位体比（D/H, $^{18}O/^{16}O$）の測定が行われ，世界共通の標準海水（Standard Mean Ocean Water, SMOW と称す）の同位体比からの千分偏差（‰）で表現される．

$$偏差（\delta）＝［（R_{sample} / R_{smow}）－1］×1000$$

ここで、Rは同位体比（D/Hまたは$^{16}O/^{18}O$）を示す．また，測定精度はδDで±1.0‰，δ^{18}Oで±0.1‰程度と見込まれる。

降水中の水素・酸素の安定同位体比は，同位体分別効果のために降水が形成されたときの温度の影響を大きく受けることが知られている．この結果，降水中の安定同位体比変化には，季節変動，緯度による変動，高度による変動が見られ、この特性が地下水涵養域の推定指標として利用されている。

② 分析方法

1） トリチウム

水のトリチウム濃度の測定は、図 3.3.2 に示す手順で試料水の脱塩と不純物 RI や夾雑有機物の除去等のために約１㍑の試料水を蒸留した後、450ml を電気分解により約 20ml に濃縮し、液体シンチレーションカウンター（Packard 社製 2000CA 型）によりその放射線強度

を計測する。濃縮作業を含めたトリチウム分析の総合測定精度は，± 1〜2 T.U. 程度である。

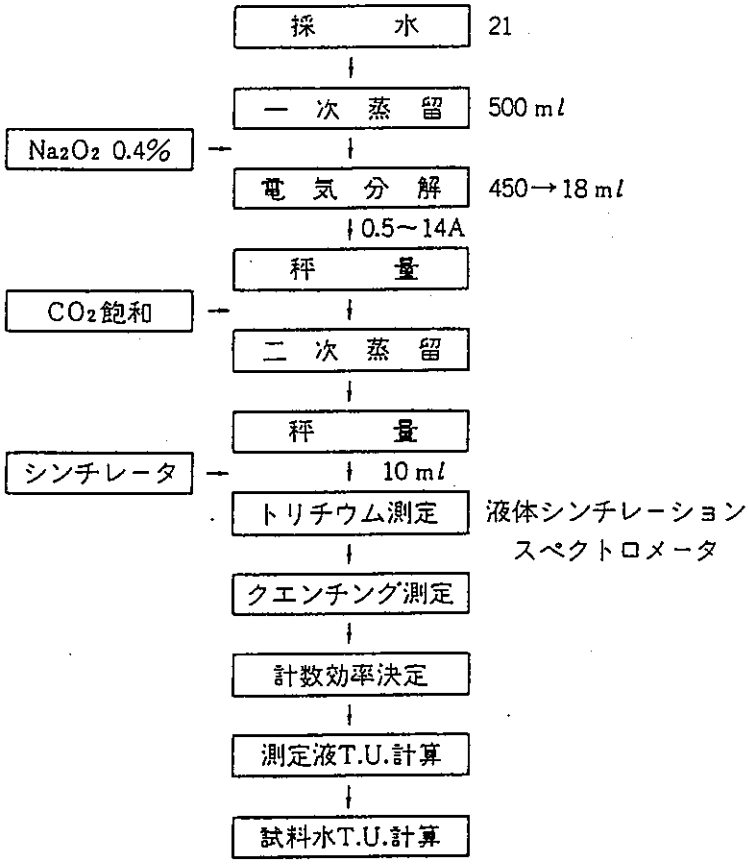


図 3.3.2　トリチウムの濃度測定手順

2）　安定同位体比

酸素の安定同位体の測定方法を図 3.3.3 に、水素の安定同位体の測定方法を図 3.3.4 に示す。酸素は二酸化炭素ガスと同位体変換した後、また水素は、金属亜鉛を用いた還元法によって水素ガス化した後、質量分析測定を行った。

安定同位体の依存度は、同位体比(D／H、$^{18}O/^{16}O$)として質量分析計（サーモクエスト社製 Mat252 及び Delta S）で測定される。試料を分析管の端にあるイオン源に導入し、電子の流れに当ててイオン化した後、電極系にかけた高電圧で加速して高真空にした分析管に飛ばす。イオン化した同位体分子は、分析管の途中にある磁場によって質量別に分けられ、それぞれ半径の異なった軌道を進む。そこで、質量別に分離したイオン流を分析管の他の端で別々に捕らえ、その電流強度比を測定すれば同位体比が求まる。また測定試料と標準試料を交互に流して電流強度比の違いを測定すれば、測定試料と標準試料(標準平均海水、SMOW)との同位体比の差を非常に良い精度で測定することができる。

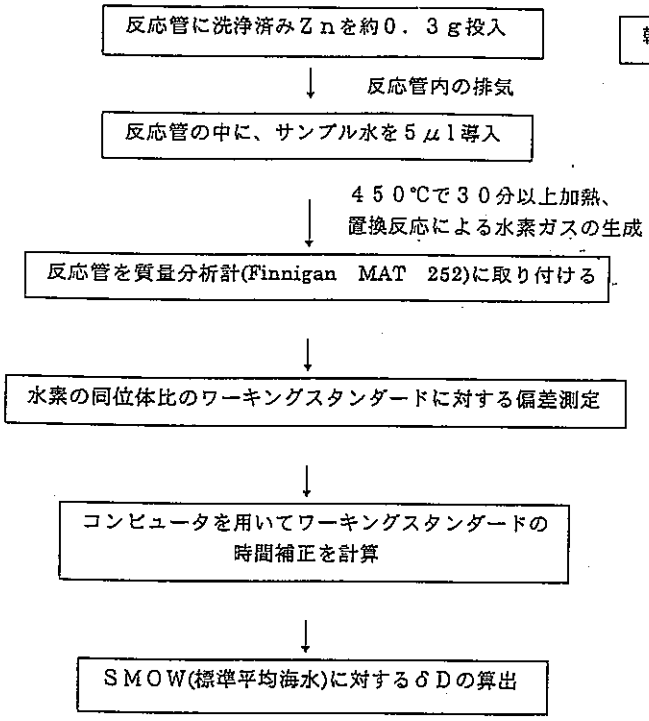


図 3.3.3　水素同位対比の濃度測定手順

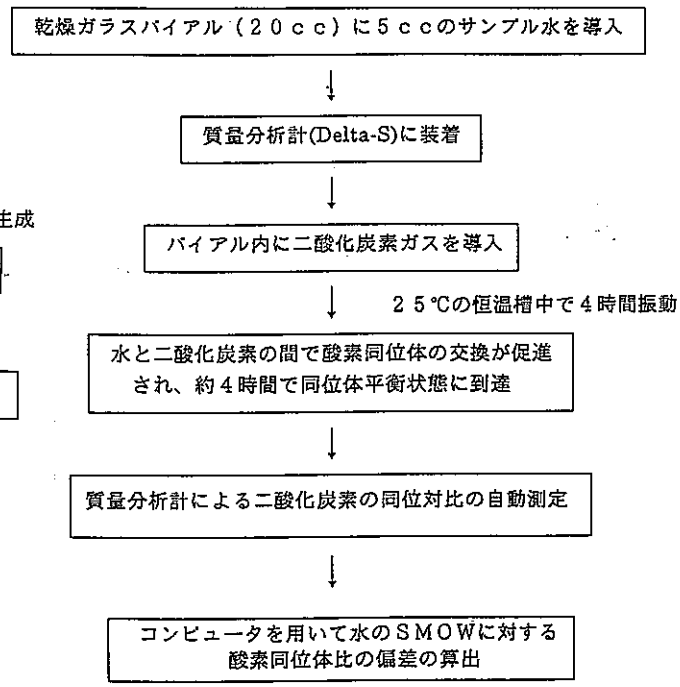


図 3.3.4　酸素安定同位体比の測定手順

③ 分析結果

表 3.3.3 に試錐孔内から採取された地下水に対する環境同位体の測定結果を一覧で示す。

表 3.3.3 試錐孔内中の環境同位体（トリチウム・安定同位体比）濃度

Sample number	1998/2/		1998/3/			1998/4/6			1998/5/7	
	D	18-0	D	18-0	3-H	D	18-0	3-H	D	18-0
既存A2						-53	-6.4	1.5		
A-1						-47	-7.1	1.2	-50	-7.8
A-2						-48	-6.3	1	-49	-7.5
A-3			-52	-6.2	1.2	-47	-6.3	1.1	-50	-7.7
B-1						-51	-6.6	1.6	-50	-7.5
B-2						-47	-7.5	1.6	-47	-7.4
B-3			-50	-6.4	0.7	-46	-7.5	0.6	-51	-7.5
C-1						-54	-7.8	2.2	-52	-7.3
D	-51	-7.8						2		
ノッチ	-51	-8.1								

Sample number	1998/6/12		1998/7/9			1998/11/19		1998/12/24		1999/2/12	
	D	18-0	D	18-0	3-H	D	18-0	D	18-0	D	18-0
既存A2											
A-1	-51	-8	-53	-8.1	1	-51	-7.8	-52	-8	-52	-7.9
A-2	-53	-8	-53	-8.1	1	-52	-7.8	-52	-8	-54	-8
A-3	-52	-8.1	-54	-8.2	0.6	-53	-8	-53	-8.1	-54	-8
B-1	-52	-8.1	-54	-7.9	0.5	-52	-7.8	-53	-8	-53	-7.9
B-2	-52	-8.2	-53	-8.1	0.6	-52	-7.9	-53	-8	-53	-8
B-3	-54	-8.1	-55	-8.1	0.7	-53	-7.9	-53	-8.1	-54	-8
C-1	-52	-8.2	-56	-8.3	3.9	-53	-8	-53	-8	-53	-7.9
D											
ノッチ											

3.3.3　地下水中の環境同位体から見た再冠水時の地下水流動

試錐孔地下水、コア抽出水に対し安定同位体比の再冠水後の時間変化をδダイヤグラム上で検討した結果を図 3.3.5、図 3.3.6、図 3.3.7 に示す。相模原台地（田名原面）の不圧地下水の安定同位体比実測値は、水素－50～－60 ‰、酸素－7.5～－8.5 ‰の範囲にあり、試錐孔地下水、コア抽出水の安定同位体比変化を　δダイヤグラム上で検討した結果、

① 再冠水前にドームのノッチタンクに排出していた地下水および断層より下位のコア水、特にＧＬ－90 m～ＧＬ－92 m 付近の下部軽石層付近の地下水は、共に相対的に軽い同位体比を示し、上記の礫層中の不圧地下水の同位体比に近い。

② 断層上部のコア水（ＧＬ－9.67m, 15.02m, 19.86m）および既存 A2 孔の地下水は相対的に重い同位体比を示す。という特性を示した。ミニドームのある田名原面の不圧地下水の同位体比実測値とドーム湧水、下部軽石層中の地下水の同位体比が近い値を示すことから、再冠水前にドームに湧出していた地下水は、主として断層より下位の亀裂を伝わって流動した、浅層系の地下水の影響が強い可能性がある。再冠水と共にすべての試錐孔の地下水は上記 b)の相対的に重い同位体比から a)の軽い同位体比の方向に顕著に変化している。これに対する解釈の一つとして、再冠水後ドーム空洞へ向かう地下水ドレインが停止したために、それまでドームに湧出していた浅層系地下水が行き場を失い、断層上部を含むドーム周辺のボーリング孔に湧出してきたことが想定される。更に 98 年 10 月にミニドーム下部の排水ポンプを一時的に作動させたときの影響は、11 月末の同位体比の変動に顕著に現れており（一時的に重い同位体比の方向へ変化し、その後ポンプの停止に伴って再度より軽い同位体比方向へ戻った）上記の再冠水時の地下水流動を支持する結果となっている。また水質の時間変化については、パイパーダイヤグラム表示上での各ボーリング孔地下水の水質変化によれば、断層上部 のＡ－１、Ｂ－１が相対的に不圧系の特性に近く、その外の断層下位の地下

水はより水質進化が進んだ被圧系の特性を示す。また水質変化はＡ－１，Ｂ－１孔のみ顕著で重炭酸成分が再冠水後の時間経過と共に増大する傾向が顕著である。また、これらの 2 孔には、硝酸・燐酸イオンの存在が認められ、相対的に人為的影響の強い浅層地下水からのコンタミが想定される。これは上記の同位体の結果とは整合するものである。表 3.3.3 に示した 1998 年４月、７月の各試錐孔地下水のトリチウム濃度には、安定同位体のような顕著な濃度変化は認められ、検出限界ぎりぎりの極めて低い濃度が測定されていることから、相対的に長い滞留時間を経過した地下水が湧出していると考えられる。但し、Ｃ－1 孔のみ相対的にトリチウム濃度が高く、かつ上記の３ヶ月間に有意な濃度上昇を示していることから、この孔の地下水に関しては田名原面の礫層不圧地下水の影響が顕著にでてきているものと考えられる。但し、このＣ孔に関しては、孔の構造上礫層中の地下水が試錐孔を通じて混入する可能性があるため９８年秋に改修工事を行っている。従って、それ以前の地下水サンプルについては、孔の構造的な影響を拭えないため、構造改修以降の今後のトリチウム濃度変化を引き続き観測して行く必要がある。

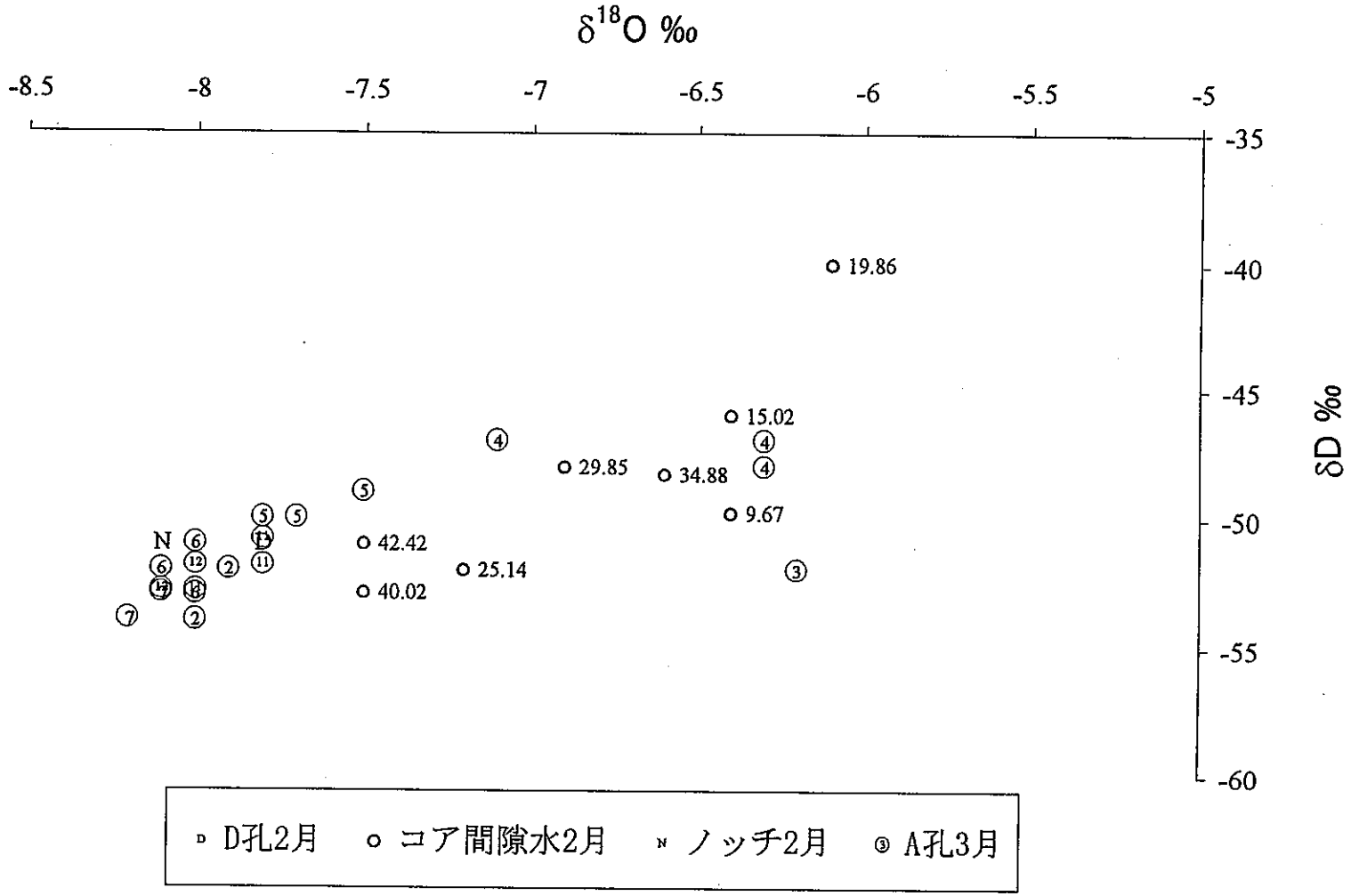


図3.3.5 試錐孔地下水、コア間隙水の同位体比の時間変化(1)

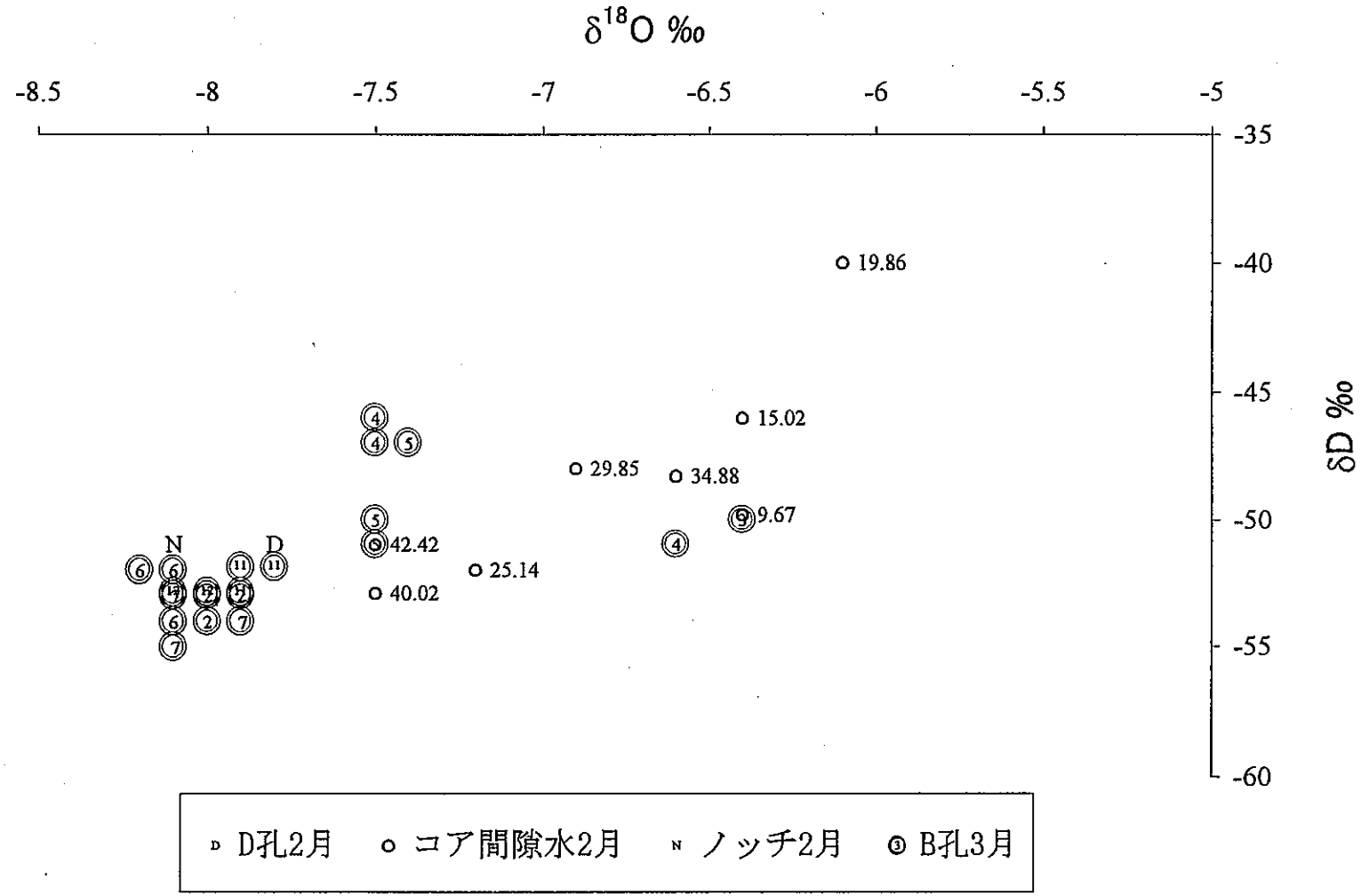


図 3.3.6 試錐孔地下水、コア間隙水の同位体比の時間変化 (2)

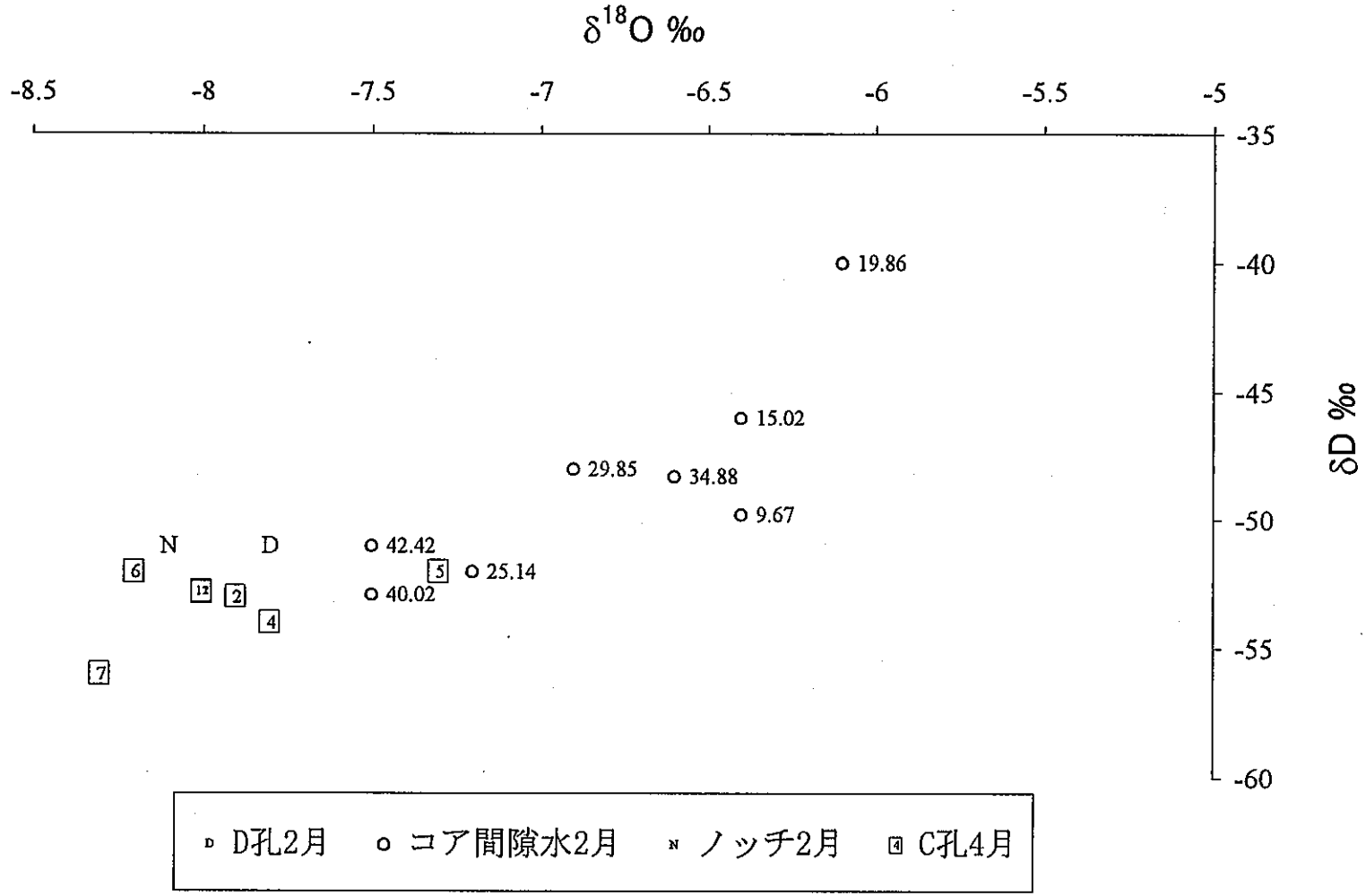


図 3.3.7 試錐孔地下水、コア間隙水の同位体比の時間変化 (3)

3.4 主要化学成分分析

本章の主目的は、埋戻しにともなう水質の月単位の変化を調べることである。なお、地下水を化学分析する際の分析誤差、および採水方法の違いによる分析誤差についても調べた。以下に詳細を述べる。

3.4.1 分析概要

実験サイトから無処理のまま東濃地科学センターへ送付された採水試料に対して、原則として孔径 0.45 μm のフィルターでけん濁物を除去して分析を行なった。各項目に対する分析方法について表 3.4.1 に示す。

表 3.4.1 分析リスト

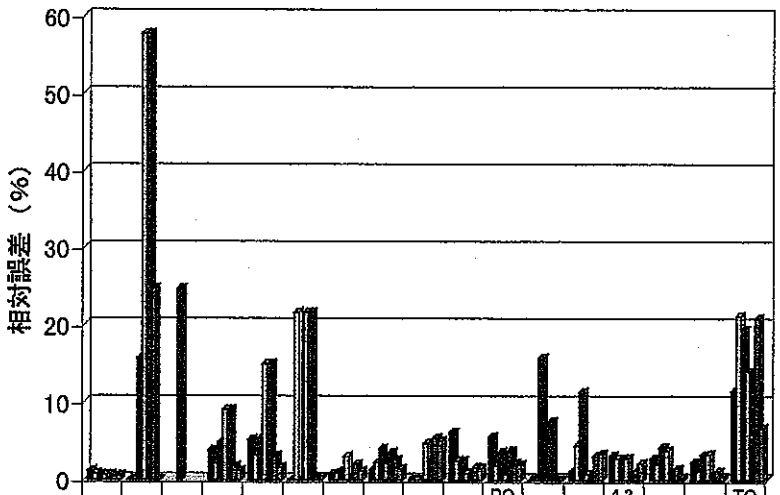
項目	分析方法	前処理	定量下限値 (ppm)
pH	電極法	無	-
EC	電極法	無	-
ORP	電極法	無	-
Si	ICP発光分光法	ろ過(0.45 μm)	0.01
Ti	ICP発光分光法	ろ過(0.45 μm)	0.01
Al	ICP発光分光法	ろ過(0.45 μm)	0.1
Fe	ICP発光分光法	ろ過(0.45 μm)	0.02
Mn	ICP発光分光法	ろ過(0.45 μm)	0.01
Mg	ICP発光分光法	ろ過(0.45 μm)	0.01
Ca	ICP発光分光法	ろ過(0.45 μm)	0.05
Sr	ICP発光分光法	ろ過(0.45 μm)	0.01
Na	原子吸光法	ろ過(0.45 μm)	0.05
K	原子吸光法	ろ過(0.45 μm)	0.04
F	イオンクロマトグラフ法	ろ過(0.45 μm)	0.02
Cl	イオンクロマトグラフ法	ろ過(0.45 μm)	0.02
NO2	イオンクロマトグラフ法	ろ過(0.45 μm)	0.02
PO4	イオンクロマトグラフ法	ろ過(0.45 μm)	0.02
Br	イオンクロマトグラフ法	ろ過(0.45 μm)	0.02
NO3	イオンクロマトグラフ法	ろ過(0.45 μm)	0.02
SO4	イオンクロマトグラフ法	ろ過(0.45 μm)	0.02
Alkalinity	滴定法	無	-
TC	赤外線ガス吸収法	無	0.004
IC	赤外線ガス吸収法	無	0.004
TOC	赤外線ガス吸収法	無	0.004

3.4.2　分析データの検証

主要成分分析データの測定誤差の要因として、分析値の相対誤差と採水方法の違いによる測定誤差を把握する。

①分析値の相対誤差

分析値の相対誤差を算出するため、各採水時期の試料に対してＡ－２孔のみ３本独立に採水して分析し、分析値の相対誤差を算出した。測定期間は、1998/4/16～1999/2/12 である。図 3.4.1 に各成分に対する相対誤差を示す。



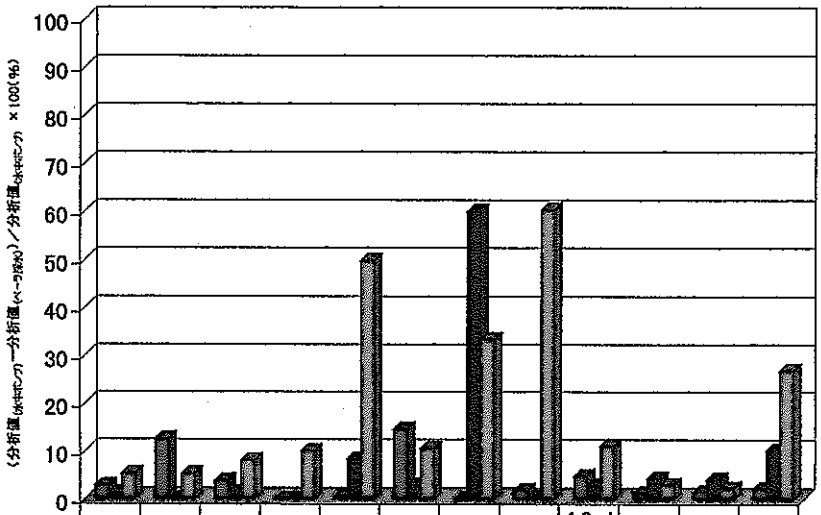
	Si	Fe	Mn	Mg	Ca	Sr	Na	K	F	Cl	PO4	Br	SO4	4.3. alk	TC	IC	TOC
1998/4/6	1.16	0		3.78	5.2	0	0.8	1.27	0	6.15	5.56	0	1.13	3.12	2.69	2.27	11.5
1998/5/7	0.77	0		2.16	3.17	21.7	0.8	2.22	0	2.45	1.89	0	4.46	2.73	2.08	1.09	21.2
1998/6/12	0.64	15.8	24.7	4.81	5.39	0	1.2	4	0	2.46	3.57	15.7	11.3	2.77	4.23	3.21	19.4
1998/7/9	0.59	57.7		9.04	14.9	21.7	3	2.14	4.68	0.87	0.71	0	0.68	2.73	3.79	3.28	14
1998/11/19	0.62	57.7		9.04	14.9	21.7	0	3.53	2.46	0.5	3.73	7.53	0.29	0.56	1.11	0.67	13.8
1998/12/24	0.4	24.7		1.73	3.05	0	2	2.52	5.41	1.61	2.12	0	3.07	1.18	1.43	1.09	20.9
1999/2/12	0.52	0		1.19	1.57	0	1.1	1.36	4.95	1.49	1.96	0	3.35	2.14	0.31	0.42	6.7

図 3.4.1　分析項目の測定誤差

図より、相対誤差は Fe、Mn、Sr、Br、TOC イオンを除いて 15 %以内に収まっていることが確認された。ここで、Fe、Mn、Sr、Br、TOC イオンは濃度の低い成分であり、分析値の相対誤差が大きいことは当然と考える。なお、図中では表示していないが、今回分析した NO_2^- と NO_3^-は、検出濃度が低くかったため相対誤差が一桁大きく得られた。

② 採水方法の違いによる測定値の差

今回の採水方法として、1998/3/12～1998/11/19 間は水中ポンプによって、また、1998/12/24～1999/2/12 間はベーラ採水で行った。そのため、採水方法によって主要成分析結果に違いが生じることが考えられる。よって、水中ポンプ採水試料とベーラ採水試料の測定値の違いを検討した。その結果を図 3.4.2 に示す。



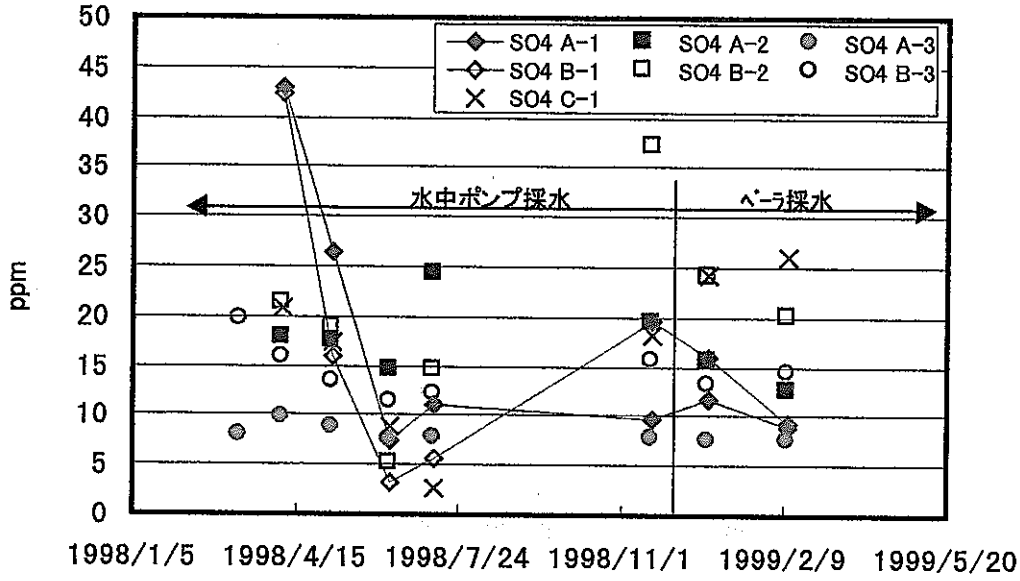
	Si	Na	K	F	Cl	PO4	Br	SO4	4.3.alk	TC	IC	TOC
B-1	2.846	12.50	3.846	0.000	0.543	14.58	0.000	1.837	4.808	1.272	1.464	2.174
B-2	1.316	0.000	1.504	0.000	8.417	3.077	60.00	0.377	2.866	4.359	4.176	10.25
B-3	5.286	5.298	8.000	10.00	49.71	10.58	33.33	60.29	11.14	2.930	2.228	26.92

図 3.4.2　採水手法の違いによる測定値の差

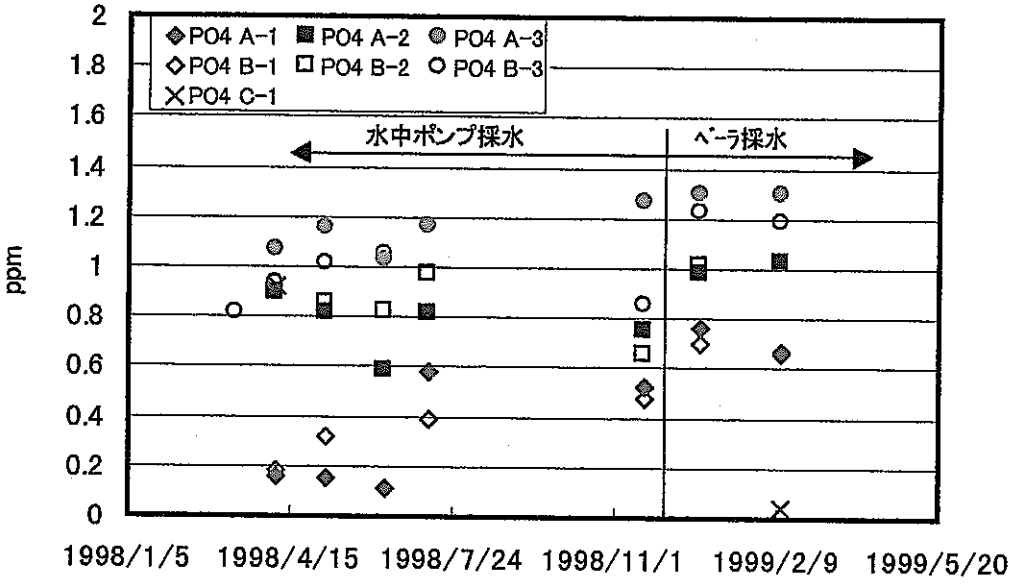
図よりＢ－３孔の測定誤差が顕著であることが確認された。特に、Ｂ－３孔を成分別で観ると、塩素イオンと硫酸イオンの測定誤差が大きい。なお、Br および TOC イオンは濃度の低いイオンであるため測定誤差が大きく算定されているものである。分析結果を時間まで表現する際には上記で示した“採水方法の違いによる差”も含んでいることをふまえて考慮をすべきであると考える。

3.2.3 分析結果

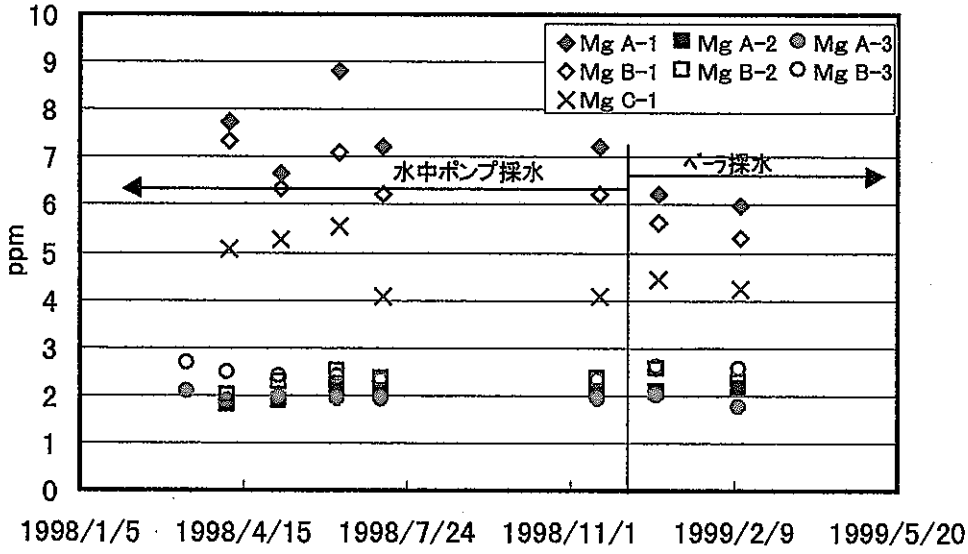
今回の主要成分分析で得られた全体的な分析結果については巻末資料に添付する。本節では、再冠水後に顕著に変化が伺える主要成分に対してのみ考察を行う。図 3.4.3 にその経日変化を示す。



(a) 硫酸イオンの経日変化図



(b) PO_4^{3-}の経日変化図



(c) Mg^{2+}の経日変化図

図 3.4.3 主要成分の経日変化

図(a)より破砕帯部（A－1、B－1孔）の SO_4^{2-}の値が再冠水開始 80 日後まで減少傾向を示し、その後は一旦上昇したものの現在は減少傾向に移行している。GL-82 m の軽石層（A－2、B－2孔）でも破砕帯部に比べ再冠水後の減少幅は小さいものの破砕帯部と同様な傾向を示している。

図(b)より PO_4^{3-}の値が、再冠水以後に全孔で上昇傾向を示している。特に破砕帯部（A－1、B－1孔）上昇傾向は他に比べて顕著である。

図(c)より Mg^{2+}の破砕帯部（A－1、B－1孔）値が減少している。他の試錐孔には顕著な変化は無い。

以上の結果から、埋戻しにともなう水質の月単位の変化は、硫酸イオン、PO_4^{3-}イオン、Mg^{2+}イオンで確認された。また、変化が顕著な場所は破砕帯部であることがわかった。

3.5有機塩素化合物分析

3.5.1　分析概要

有機塩素化合物分析の目的は、事前調査により実験ｻｲﾄの浅層地下水で既に検出されている有機塩素化合物をトレーサ液として浅層地下水と深層地下水の関連を調査することである。

有機塩素化合物分析の採水は、浅層地下水（ＧＬ－7ｍ ～ＧＬ－20ｍ)、泥岩層の地下水(ＧＬ－37 ｍ ～ＧＬ－45 ｍ、ＧＬ－48 ｍ)、試錐孔内の地下水（Ｂ－１孔、Ｂ－２孔、Ｂ－３孔、Ｃ－１孔）の合計７箇所（図 3.5.1）で行なった。調査期間中の採水日は 1998 年 12 月 18 日と 1999 年２月 12 日の２回である。分析項目は、トリクロロエチレンと 1,1,1－ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝの２項目とした。分析方法は、地下水中の目的物質をパージ・トラップ法により分離した後、ＧＣ／ＭＳ（横河ﾋｭﾚｯﾄﾊﾟｯｶｰﾄﾞ製）で定量化する。

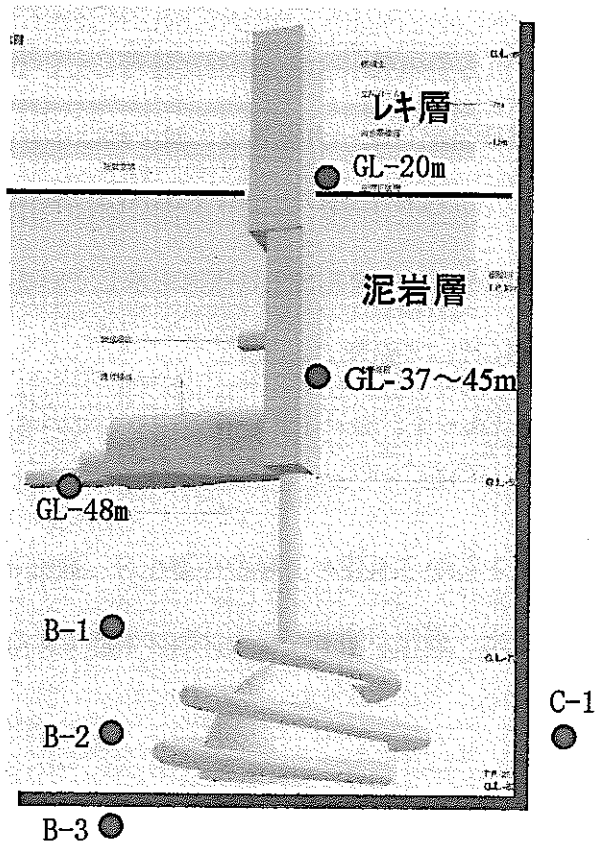


図 3.5.1　有機塩素化合物の観測箇所

3.5.2　分析結果

ここで、実験サイト周辺の有機塩素化合物については、地下空間実験の一環で今回の調査前から実施していた。そこで、分析結果にはその結果も含めて評価する。

実施分析項目とその検出量を表 3.5.1 に示す。但し、表中の「－」は不検出、「＊」は分析していないことを意味する。表より浅層地下水（GL－20 m）部分で数種の有機塩素化合物が検出されている。またＧＬ－37～45 m 地点でトリクロロエチレンと 1,1,—トリクロロレタントが検出されている。但しそれ以深では観測した項目全て検出されていない。

表 3.5.1　有機塩素化合物の調査項目と検出量

GL-20m　(mg/l)

	9/26/96	12/13/96	2/10/97	7/10/97	2/19/98	12/18/98	2/12/99
ﾄﾘｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	0.005	0.005	0.007	0.005	0.002	0.005	0.005
ﾃﾄﾗｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	－	－	0.0005	－	－	＊	＊
1,1,2－ｼﾞｸﾛﾛｴﾀﾝ	－	－	－	－	－	＊	＊
1,1,1－ｼﾞｸﾛﾛｴﾀﾝ	－	－	－	－	－	＊	＊
ｼｽ-1,2-ｼﾞｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	－	0.009	－	－	－	＊	＊
ｼﾞｸﾛﾛｴﾀﾝ	－	－	－	－	－	＊	＊
四塩化炭素	－	0.0001	0.0002	－	0.0005	＊	－
ベンゼン	－	－	0.001	－	－	＊	＊
総ﾄﾘﾊﾛﾒﾀﾝ	－	－	－	－	0.001	＊	＊
1,1,1－ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝ	＊	＊	0.0049	0.004	0.0107	0.0069	0.0098

GL-37～45m　(mg/l)

	9/26/96	12/13/96	2/10/97	7/10/97	2/19/98	12/18/98	2/12/99
ﾄﾘｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	＊	＊	0.001	0.001	－	0.001	0.001
	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
四塩化炭素	＊	＊	＊	＊	＊	＊	－
	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
1,1,1－ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝ	＊	＊	＊	＊	0.0007	－	－

GL-48m　(mg/l)

	9/26/96	12/13/96	2/10/97	7/10/97	2/19/98	12/18/98	2/12/99
ﾄﾘｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	＊	＊	－	－	－	－	－
ﾃﾄﾗｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	＊	＊	＊	－	－	＊	＊
1,1,2－ｼﾞｸﾛﾛｴﾀﾝ	＊	＊	＊	－	＊	＊	＊
1,1,1－ｼﾞｸﾛﾛｴﾀﾝ	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
ｼｽ-1,2-ｼﾞｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	＊	＊	－	＊	＊	＊	＊
ｼﾞｸﾛﾛｴﾀﾝ	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
四塩化炭素	＊	＊	－	－	－	＊	－
ベンゼン	＊	＊	＊	－	－	＊	＊
総ﾄﾘﾊﾛﾒﾀﾝ	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
1,1,1－ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝ	＊	＊	＊	－	－	－	－

GL-83.5m　(mg/l)

	9/26/96	12/13/96	2/10/97	7/10/97	2/19/98	12/18/98	2/12/99
ﾄﾘｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	＊	＊	－	－	－	－	－
ﾃﾄﾗｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	＊	＊	－	－	－	＊	＊
1,1,2－ｼﾞｸﾛﾛｴﾀﾝ	＊	＊	－	－	－	＊	＊
1,1,1－ｼﾞｸﾛﾛｴﾀﾝ	＊	＊	－	－	－	＊	＊
ｼｽ-1,2-ｼﾞｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	＊	＊	－	－	－	＊	＊
ｼﾞｸﾛﾛｴﾀﾝ	＊	＊	－	－	－	＊	＊
四塩化炭素	＊	＊	－	－	－	＊	－
ベンゼン	＊	＊	－	－	－	＊	＊
総ﾄﾘﾊﾛﾒﾀﾝ	＊	＊	－	－	－	＊	＊
1,1,1－ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝ	＊	＊	－	－	－	－	－

トリクロロエチレンが 2/19/98 の分析結果を除いてＧＬ－37～45 m 地点でも検出されている。そこで、トリクロロエチレン濃度と深度の関係を図 3.5.2 に示す。図より、今回の調査地点である破砕帯部（Ａ－１、Ｂ－１孔）のような特異な水みちと想定される箇所においてもトリクロロエチレンは検出されなかった。

この現象として次の要因が考えられる。① 有機塩素化合物で汚染された浅層地下水はＧＬ－50 m以深の深層地下水まで流れ込んでいない。② 有機塩素化合物の拡散によりＧＬ－50 m 以深では希釈されて検出されていない。③ 泥岩の透水係数が 10^{-8} cm/s 程度と小さいため汚染された浅層地下水はまだ深層地下水まで到達していない（この現象は、現時点で^{3}Hが検出されていないことからも推察できる)。①については、再冠水前でもＧＬ－50 m 地点の泥岩部で湧水が確認されていたこと、またその湧水の主要成分分析の構成が浅層地下水と似ていることから、少量ずつであるが浅層地下水は深層地下水に流れていることが考えられる。よって、原因は②と③が考えられる。もし、③が原因であれば、数 10 年オーダの長期観測を行えば検出される可能性は考えられる。

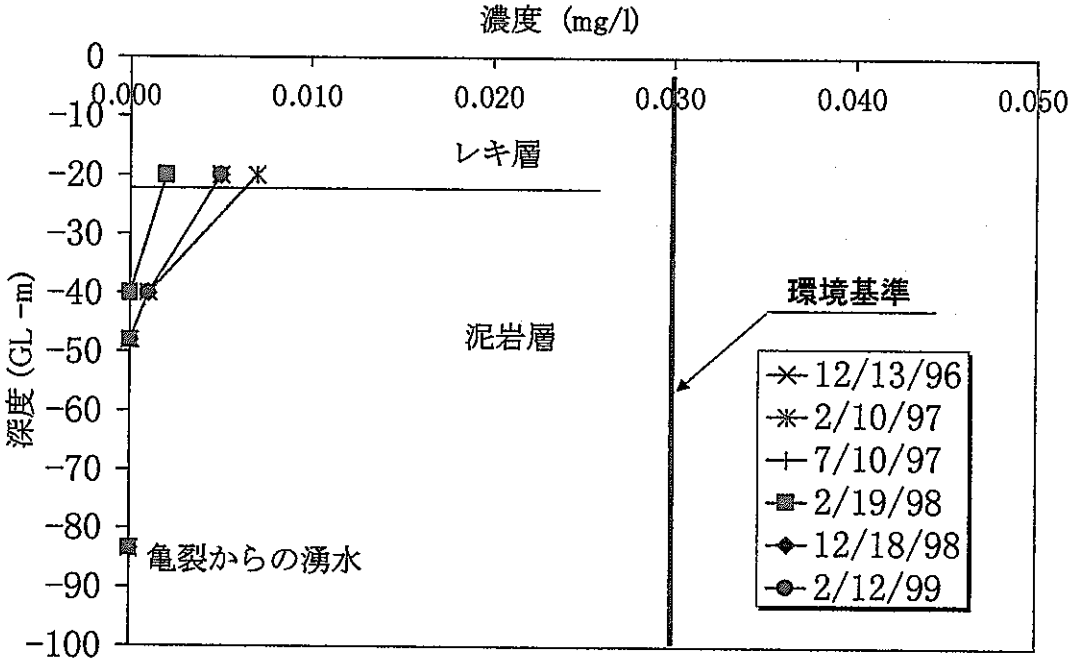


図 3.5.2 トリクロロエチレンの深度分布

4　まとめ

本調査は、1）ミニドーム埋戻し後に実施する再冠水過程における周辺岩盤の地下水環境変化の把握と2）地下水環境に対するモニタリングシステムの検証を行うため、泥岩層内に帯水する地下水の水圧、水温、pH、電気伝導率、および埋戻し工事で使用した埋戻し材（流動化改良土）から発生する固化熱によるミニドーム壁面の温度変化を計測した。さらに、浅層地下水と深層地下水の関連を調査するためコアおよび試錐孔内の地下水に対して安定同位体分析、また現地の浅層地下水で検出されている有機塩素化合物の有無を深層地下水に対して調べた。

ここで、実施した再冠水過程は2回である。一つは、埋戻し1ヶ月後（H10.3.19）に計画通りに実施したもの（以下、第1回目再冠水と呼ぶ）と、もう一つは、埋戻し8ヶ月後（H10.10.6）に水中ポンプの誤動作によって発生したもの（以下、第2回目再冠水と呼ぶ）である。

その結果、地下50 m以深の堆積軟岩中に構築した地下空洞を埋戻した後、再冠水を実施したことによる地下水環境変化の貴重な資料が得られた。再冠水から11ヶ月と地下水調査にしては、比較的短い期間で行った計測であるがデータがまとまった。そこで、これまで得られた知見をまとめると以下のようである。

2）ミニドーム埋戻し後に実施する再冠水過程における周辺岩盤の地下水環境変化の把握

① 再冠水前の水圧データから、再冠水前はボーリング削孔で用いた洗浄水が破砕帯および軽石層から抜けきっていないことにより孔内水位が定常状態に達しきっていないことが想定される。そのような状態で再冠水を開始した結果、以下に示す知見が得られた。

孔内の水圧が、A－2、A－3、B－2、B－3孔で1日、A－1、B－1孔で2～3日、C－1孔でほぼ7日と非常に短期間で定常状態に達した。この挙動は、難透水層

と考えられる泥岩層（透水係数で 1.0×10^{-7} cm/sec 程度を想定）としては非常に早い水圧回復と言える。この原因としては、泥岩層内の亀裂や挟み層といった特異な水みちの影響が考えられる。

第２回目の再冠水過程では第１回目に比べ、水位回復速度がＡ－２、Ａ－３、Ｂ－２，Ｂ－３孔で２倍、Ａ－１，Ｂ－１、Ｃ－１孔は第１回目とほぼ同じ速さで定常状態に達した。

② 再冠水過程での水温の挙動は、Ａ孔、Ｂ孔についてゆるやかな増加傾向にあり、調査期間中では定常状態に達していない。この原因としては、埋め戻し材の固化熱が未だ減少傾向にあり定常状態に達していないことから考えられる。

試錐孔別に観ると、破砕帯部で以下に示すような特異な挙動を示した。

・軽石層の温度が、熱源に近い地点（Ｂ孔）が高いという一般的な傾向を示しているのに対して、破砕帯部はその傾向が逆転している。

・１０月に発生した水位低下によって、Ａ－１孔は低下，Ｂ－１孔は上昇傾向と全く逆の現象を示した。

この原因については、熱源である埋戻し材から破砕帯部までの複雑な水みち経路の影響や破砕帯部の飽和状態の違いによる影響が考えられる。

Ｃ孔については、埋戻し材および再冠水による影響は観測されていない。この原因としては、Ａ、Ｂ孔の水圧に比べＣ孔の水圧が高いこと、さらにミニドーム中心からＣ孔まで約 40 m と離れておりＣ孔まで到達する間に熱源の影響がほとんど無くなったものと考えられる。

③ ｐＨの連続データについては、採水による揚水の影響などにより値が相当ばらついている。特にＡ－３孔のデータは地下水では考えられないｐＨ＝１４以上を示し、さらに変動幅も他の観測点と比べて大きい。この原因をセンサー部分の不具合と考え、H10.7.9 と H11.1.5 にｐＨセンサーの交換を行った。また、H10.11.19～H10.12.21 の期間に

Troll8000 全体の修理を実施した。しかし、H11.2.12 時点においても他の地点とは全く違う上昇傾向を示し値も 9.0 と原位置での一般的な値（8.0 前後）と比べて高い値になっている。よって原因が特定できないことから今回の考察からは除く。

連続データの傾向としては、再冠水以後Ａ，Ｂ孔は緩やかに減少している。Ｃ孔は１ヶ月間ほど緩やかに上昇した後Ａ，Ｂ孔と同じ傾向で緩やかに減少している。

第２回目再冠水前に発生した水位低下の影響では、その直後にＡ－２孔で１程度減少している。Ａ－１孔およびＢ孔では 0.5 程度増加した後にすぐ減少している。但し、Ｃ孔は変化が無い。

第２回目再冠水では、Ａ－１、Ｂ－１孔で 0.2 程度、Ａ－２、Ｂ－２孔で 0.8 程度増加し、その後緩やかな減少傾向を示している。但し、Ｃ孔は変化が無い。

次に、ポータブル計測データについては、再冠水以後Ａ，Ｂ孔とも連続データと同様に一旦緩やかに減少したが、６月ごろからそれとは違う緩やかな上昇傾向に転じている。Ｃ孔は１ヶ月間ほど緩やかに上昇した後、ＡおよびＢ孔にくらべ 0.5 ほど低い値で安定し、１２月ごろより上昇傾向に転じている。

今回、ポータブル計測データで観察された上昇傾向はミニドーム周りに施工した渦状のトンネル内に充填したコンクリート、またはミニドーム内の埋戻し材による影響が考えられる。

しかし、埋戻しから１年経った現在においても値が定常状態まで達しておらず、ｐＨが上昇する傾向に対しては、今後のデータをもって定量的な考察を加える。

④ 電気伝導率の連続データは、現在までの観測結果から井戸投入中の値の変動が大きいことがわかった。その原因として揚水の影響が大きく、またその影響が測定結果より長期間に及ぶことが考えられる。よって連続データの結果については、揚水による電気伝導率変化の原因を定量的に調べた後に考察を行う。

ポータブル計測データについては、再冠水以後ゆるやかな減少傾向で進行し、現時点

ではほぼ定常状態近づいている。

⑤ ミニドーム壁面部の温度観測の結果、再冠水直後に砂層 5 cm 奥地点で 1.7 度、砂層 45 cm 奥で 1.5 度、壁裏で 0.2 度下がった。またミニドーム内の壁部（壁表）でも微少であるが温度が低下している。但し、埋戻し材内部の変化は無い。その後のミニドーム壁面の温度は、埋戻し材内部の温度変化に追従してゆるやかな減少傾向を示している。

第２回目再冠水前に発生した水位低下と第２回目再冠水の影響は、砂層 45 cm 奥では観測されなかった。しかし、その水位低下により壁裏では、温度が急激に低下し第２回目再冠水後での砂層内の温度傾向とほぼ一致した。この原因としては急激な水圧変動によりミニドーム外側の地下水が壁裏に回りこんだものと推察できる。また、砂層 5 cm 奥地点では、水位低下による影響は無いものの、第２回目の再冠水の影響で 2 度程度低下し、その後小さな変動を繰り返し約１ヶ月間で値および減少傾向が砂層 45 cm 奥と同じになった。

第１回目と第２回目の再冠水で現象が違う理由として、再冠水前の地盤状態が考えられる。第１回目再冠水前の地盤は被圧地下水位が GL－82 m であり不飽和状態である。しかし第２回目再冠水前の状態は被圧地下水位が GL－50 m であり飽和状態である。

今後の砂層および壁裏での温度傾向としては、今回の観測終了時点（H11.2.26）で埋戻し材内部の温度が 43～48 度とまだ高く、未だ減少傾向にあることから今後も埋戻し材と同様な減少傾向が続くものと考えられる。

⑥ 環境同位体分析の結果、再冠水前にミニドームから排出していた地下水および断層より下位のコア水、特にＧＬ－90 m～ＧＬ－92 m 付近の下部軽石層付近の地下水は、共に相対的に軽い同位体比を示し、礫層中の不圧地下水の同位体比に近い。

断層上部のコア水（ＧＬ－9.67m, 15.02m, 19.86m）および既存Ａ－２孔の地下水は、相対的に重い同位体比を示す。という特性を示した。ミニドームのある田名原面の不圧地下水の同位体比実測値とミニドーム湧水、下部軽石層中の地下水の同位体比が近い値

を示すことから、再冠水前にミニドームに湧出していた地下水は、主として断層より下位の亀裂を伝わって流動した浅層系の地下水の影響が強い可能性がある。

⑦ 主要化学成分分析の結果、埋戻しにともなう水質の月単位の変化は、硫酸イオン、PO_4^{3-}イオン、Mg^{2+}イオンで確認された。また、変化が顕著な場所は破砕帯部であることがわかった。

採水方法の違いでＢ－３孔の測定誤差が顕著であることが確認された。特に、Ｂ－３孔を成分別で観ると、塩素イオンと硫酸イオンの測定誤差が大きいことを確認した。

分析結果には上記で示した“採水方法の違いによる差”も含んでいることをふまえて考慮をすべきであると考える。

⑧ 有機塩素化合物分析の結果、浅層地下水（ＧＬ－20 m）で観測期間中に検出されたトリクロロエチレンは、ＧＬ－37～45 m 地点で 2/19/98 を除いて検出されている。但し、それ以深では分析した項目全てにおいて検出されていない。特に今回の調査地点である破砕帯部（Ａ－１、Ｂ－１孔）のような特異な水みちと想定される箇所においても検出されなかった。

２）地下水環境に対するモニタリングシステムの検証

① 調査目的の一つに深層部での地下水環境モニタリングシステムの構築がある。そこで、今回はモニタリング手法として連続データで計測し、さらに採水もできるシステムの検証を行った。計測結果より用いたセンサーの精度には問題は無く、採水のための揚水の影響を含めたその場の現象を捉えているものと考える。よって、地下水環境を長期間モニタリングする場合揚水などの地下水環境に負荷をかける要因はできる限り少なくすることが必要である。

5　今後の展望

今回の研究の最終目的は、地下空洞の維持・管理、改修・廃棄にともなう地下水の水理的挙動、地下環境の変化を計測し、とくに地下空洞埋戻しに関するこれらの実態を把握することである。この目的に対して得られた知見を要約すると以下の通りである。

1）連続データを用いるモニタリングシステムにおいて、今回用いたセンサー（Troll 8000）で観測を行なった結果、センサーの精度には問題が無く、採水のために実施した揚水の影響が大きいことを確認した。地下水環境を長期間モニタリングする場合揚水などの地下水環境に負荷をかける要因はできる限り少なくすることが必要であると考える。

2）水圧のデータでは一般に難透水性といわれている泥岩層内でも透水係数に換算すると10^{-3} cm/sec程度と以外と早い水理的回復を示した。この要因は比較的透水性の良い泥岩層内の断層や薄い凝灰質砂層等のような特異な水みちを形成していることによるものと考えられる。

3）環境同位体分析（^{2}H－^{18}O、^{3}H）より水みち断層上盤の地層水の絞り出し、浅層地下水による置換の実態把握が定量的に抑えられる可能性を見いだした。

4）埋戻し工事にともなうセメント系の固化熱（中心部で55度）による地盤・地下水温の時刻歴のデータが得られた。

今後、さらに再冠水による堆積軟岩中の水理挙動・地下水環境変化を明らかにするためには、①　観測孔の増設および他のセンサー（ＭＰパッカーと定期的区間地下水水質モニタリングにより地下水流動の実態計測、②　平衡状態／自然状態に至るまでの、水理挙動、地下水環境変化の継続観測、③　ほぼ平衡／自然状態と回復したと確認された後にトレーサ試験や多孔式試験による短期および局所的な地下水流動実態の観測、④　上記データを用いた、熱解析、三次元浸透流および移流・拡散解析などが追加確認する必要がある。

また当実験サイトを利用した今後の展開としては、ゆるみ域からの漏気問題に対する原位

置試験、泥岩層の Caprode 機能に関する試験や砂層の貯留性能試験、冠水時期の検討を目的とした試験、人間侵入や周辺構造物への影響予測解析などが考えられる。

最後に、本報告書は東京大学小島名誉教授、ならびに筑波大学嶋田助教授をはじめ委員の皆様の御協力を得て作成したものである。

巻末資料

① 主要化学成分分析結果
② 有機塩素化合物分析結果
③ 地下水の年代測定分析結果
④ 鉱物分析結果
⑤ ポータブル計測器による水質計測結果
⑥ 透水係数の算出（２回目の再冠水現象を含む）
⑦ 再冠水現象の第１回目と第２回目の比較
⑧ 観測記録
⑨ （追加試験）ベーラ採水による揚水量と水質の関係

① 主要成分分析結果

試料採取地点	採取日	実験室測定値 pH	COND (μS/cm)	ORP (mV)	Si (ppm)	Ti (ppm)	Al (ppm)	ΣFe (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Sr (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	F- (ppm)	Cl- (ppm)	NO2- (ppm)	PO4--- (ppm)	Br- (ppm)	NO3- (ppm)	SO4-- (ppm)	pH8.4 alk. (meq/l)	pH4.3 alk. (meq/l)	TC (ppm)	IC (ppm)	TOC (ppm)
A3-1	980312	7.6	374	-21	23.76	0.02	0.15	0.17	0.06	2.02	8.23	0.03	82.0	12.20	0.14	3.81	<0.02	0.25	<0.02	0.05	10.25	---	4.30	51.94	44.76	7.18
A3-2	980312	7.6	361	-336	24.02	0.02	0.15	0.14	0.04	1.94	7.61	0.03	83.0	12.50	0.13	3.58	<0.02	0.37	<0.02	0.04	9.87	---	4.28	50.41	44.65	5.76
A3-3	980312	7.4	381	-285	24.35	0.01	0.10	0.13	0.02	2.13	8.96	0.03	84.0	13.00	0.13	3.76	<0.02	<0.02	<0.02	0.05	3.34	---	4.44	61.96	45.99	15.97
	平均値	7.5	372	-214	24.04	0.02	0.13	0.15	0.04	2.03	8.27	0.03	83.0	12.57	0.13	3.72	-	-	-	0.05	7.82	-	4.34	54.77	45.13	9.64
	標準偏差	0.1	10	148	0.30	0.01	0.03	0.02	0.02	0.10	0.68	0.00	1.0	0.40	0.01	0.12	-	-	-	0.01	3.88	-	0.09	6.27	0.74	5.53
	相対誤差（%）	1.5	3	130	1.23	34.64	21.65	14.19	50.00	4.70	8.17	0.00	1.2	3.22	4.33	3.25	-	-	-	12.37	49.67	-	2.01	11.45	1.65	57.39
B3-1	980312	7.5	367	95	24.82	0.01	<0.1	0.07	<0.01	1.93	7.67	0.03	83.0	13.50	0.12	2.99	1.90	0.93	<0.02	0.11	9.14	---	4.16	46.17	42.93	3.24
B3-2	980312	7.6	414	86	23.56	0.01	0.13	0.15	0.04	3.06	11.27	0.04	86.0	13.70	0.11	5.99	<0.02	0.76	0.03	0.06	26.38	---	4.31	51.21	43.94	7.27
B3-3	980312	7.6	413	136	23.35	0.01	<0.1	0.12	0.03	2.94	10.97	0.04	82.0	13.50	0.12	5.49	<0.02	0.74	0.03	0.05	22.89	---	4.28	50.03	43.95	6.08
	平均値	7.6	398	106	23.91	0.01	-	0.11	-	2.64	9.97	0.04	83.7	13.57	0.12	4.82	-	0.81	-	0.07	19.47	-	4.25	49.14	43.61	5.53
	標準偏差	0.1	27	27	0.80	0.00	-	0.04	-	0.62	2.00	0.01	2.1	0.12	0.01	1.61	-	0.10	0.00	0.03	9.11	-	0.08	2.64	0.59	2.07
	相対誤差（%）	0.8	7	25	3.33	0.00	-	35.66	-	23.48	20.04	15.75	2.5	0.85	4.95	33.32	-	12.89	-	43.83	46.81	-	1.87	5.36	1.34	37.44
No.2 tank-1	980219	7.5	424	21	24.87	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	4.04	14.74	0.05	92.0	12.50	0.12	9.32	0.02	0.95	0.07	10.79	27.67	---	3.98	44.36	42.12	2.24
No2.tank-2	980219	7.5	436	46	24.92	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	4.09	14.76	0.05	89.0	12.00	0.12	9.39	0.33	1.01	0.06	10.52	27.46	---	4.00	44.51	42.20	2.31
No2tank-3	980219	7.7	419	60	24.98	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	4.07	14.72	0.05	87.0	12.70	0.12	8.95	<0.02	0.94	0.06	10.69	26.76	---	3.98	44.44	41.89	2.55
	平均値	7.6	426	42	24.92	-	-	0.02	-	4.07	14.74	0.05	89.3	12.40	0.12	9.22	-	0.97	-	10.67	27.30	-	3.99	44.44	42.07	2.37
	標準偏差	0.1	9	20	0.06	-	-	0.00	-	0.03	0.02	0.00	2.5	0.36	0.00	0.24	-	0.04	0.01	0.14	0.48	-	0.01	0.08	0.16	0.16
	相対誤差（%）	1.5	2	47	0.22	-	-	0.00	-	0.62	0.14	0.00	2.8	2.91	0.00	2.56	-	3.92	-	1.28	1.75	-	0.29	0.17	0.38	6.87
D Sand stone-1	-	7.1	306	100	25.41	<0.01	<0.1	<0.02	<0.01	3.00	12.97	0.04	51.0	15.20	0.06	10.98	0.03	0.15	0.05	7.82	34.04	---	2.13	24.06	23.24	0.82
D Sand stone-2	-	7.2	291	112	25.57	<0.01	<0.1	<0.02	<0.01	2.99	11.88	0.04	51.0	11.50	0.06	8.62	7.51	0.24	0.05	0.06	33.50	---	2.05	22.91	22.09	0.82
D Sand stone-3	-	7.0	287	102	25.26	<0.01	<0.1	<0.02	0.02	2.95	11.17	0.04	50.0	11.20	0.06	8.01	0.85	0.24	0.05	7.61	33.22	---	2.05	23.17	22.37	0.80
	平均値	7.1	295	105	25.41	-	-	-	-	2.98	12.01	0.04	50.7	12.63	0.06	9.20	2.80	0.21	0.05	5.16	33.59	-	2.08	23.38	22.57	0.81
	標準偏差	0.1	10	6	0.16	-	-	-	-	0.03	0.91	0.00	0.6	2.23	0.00	1.57	4.10	0.05	0.00	4.42	0.42	-	0.05	0.60	0.60	0.01
	相対誤差（%）	1.4	3	6	0.61	-	-	-	-	0.89	7.55	0.00	1.1	17.63	0.00	17.04	146.69	24.74	0.00	85.62	1.24	-	2.22	2.58	2.66	1.42

試料採取地点	採取日	実験室測定値 pH	COND (μS/cm)	Si (ppm)	Ti (ppm)	Al (ppm)	ΣFe (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Sr (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	F- (ppm)	Cl- (ppm)	NO2- (ppm)	PO4--- (ppm)	Br- (ppm)	NO3- (ppm)	SO4-- (ppm)	pH4.3 alk. (meq/l)	TC (ppm)	IC (ppm)	TOC (ppm)
A1-1	980406	7.3	335	25.02	<0.01	<0.1	0.04	0.08	7.29	23.64	0.07	40.0	12.00	0.10	6.73	<0.02	0.22	0.04	0.05	38.72	2.93	31.32	29.14	2.18
A1-2	980406	7.4	364	23.38	<0.01	<0.1	0.07	0.10	8.33	26.46	0.08	41.0	12.50	0.09	7.63	<0.02	0.06	0.05	0.00	48.41	3.00	33.73	30.06	3.67
A1-3	980406	7.4	342	24.21	<0.01	<0.1	0.04	0.08	7.50	23.97	0.07	40.0	12.00	0.10	6.95	<0.02	0.21	0.04	0.00	41.62	2.93	31.79	29.13	2.66
	平均値	7.4	347	24.20	-	-	0.05	0.09	7.71	24.69	0.07	40.3	12.17	0.10	7.10	-	0.16	0.04	0.02	42.92	2.95	32.28	29.44	2.84
	標準偏差	0.1	15	0.82	-	-	0.02	0.01	0.55	1.54	0.01	0.6	0.29	0.01	0.47	-	0.09	0.01	0.03	4.97	0.04	1.28	0.53	0.76
	相対誤差 (%)	0.8	4	3.39	-	-	34.64	13.32	7.14	6.24	7.87	1.4	2.37	5.97	6.61	-	54.87	13.32	173.21	11.59	1.37	3.96	1.81	26.81
A2-1	980406	7.9	332	25.37	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	1.84	6.78	0.02	69.0	11.50	0.12	5.51	0.69	0.91	0.03	0.03	17.75	3.45	33.04	31.15	1.89
A2-2	980406	7.7	323	25.06	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	1.73	6.26	0.02	68.0	11.25	0.12	5.12	3.24	0.92	0.03	0.06	17.52	3.27	31.70	29.99	1.71
A2-3	980406	7.7	320	25.65	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	1.72	6.16	0.02	69.0	11.25	0.12	4.88	3.20	0.83	0.03	0.06	17.92	3.27	31.43	29.93	1.50
	平均値	7.8	325	25.36	-	-	0.03	-	1.76	6.40	0.02	68.7	11.33	0.12	5.17	2.38	0.89	0.03	0.05	17.73	3.33	32.06	30.36	1.70
	標準偏差	0.1	6	0.30	-	-	0.00	-	0.07	0.33	0.00	0.6	0.14	0.00	0.32	1.46	0.05	0.00	0.02	0.20	0.10	0.86	0.69	0.20
	相対誤差 (%)	1.5	2	1.16	-	-	0.00	-	3.78	5.20	0.00	0.8	1.27	0.00	6.15	61.47	5.56	0.00	34.64	1.13	3.12	2.69	2.27	11.48
A3-1	980406	7.8	366	24.91	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	1.82	6.47	0.02	80.0	12.25	0.13	3.21	8.97	1.05	<0.02	0.05	9.53	4.25	42.21	41.05	1.16
A3-2	980406	7.7	364	25.62	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	1.79	6.41	0.02	80.0	12.25	0.13	3.31	8.98	1.04	<0.02	0.06	9.70	4.28	42.36	41.13	1.23
A3-3	980406	7.8	366	25.03	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	1.85	6.52	0.02	80.0	12.25	0.13	3.35	0.00	1.08	<0.02	0.00	9.84	4.25	42.30	41.02	1.28
	平均値	7.8	365	25.19	-	-	0.03	-	1.82	6.47	0.02	80.0	12.25	0.13	3.29	5.98	1.06	-	0.04	9.69	4.26	42.29	41.07	1.22
	標準偏差	0.1	1	0.38	-	-	0.00	-	0.03	0.06	0.00	0.0	0.00	0.00	0.07	5.18	0.02	-	0.03	0.16	0.02	0.08	0.06	0.06
	相対誤差 (%)	0.7	0	1.51	-	-	0.00	-	1.65	0.85	0.00	0.0	0.00	0.00	2.19	86.60	1.97	-	87.67	1.60	0.41	0.18	0.14	4.93
B1-1	980406	7.4	373	23.99	<0.01	<0.1	0.09	0.07	7.30	22.89	0.08	50.0	12.75	0.09	8.12	<0.02	0.18	0.07	<0.02	42.07	3.22	36.57	31.79	4.78
B1-2	980406	7.4	373	23.93	<0.01	<0.1	0.10	0.07	7.36	23.64	0.08	50.0	12.75	0.10	8.02	<0.02	0.16	0.07	<0.02	41.57	3.25	37.06	32.04	5.02
B1-3	980406	7.4	373	23.80	<0.01	<0.1	0.09	0.08	7.31	23.23	0.08	50.0	12.75	0.09	8.58	<0.02	0.21	0.07	<0.02	43.55	3.20	36.98	31.92	5.06
	平均値	7.4	373	23.91	-	-	0.09	0.07	7.32	23.25	0.08	50.0	12.75	0.09	8.24	-	0.18	0.07	-	42.40	3.22	36.87	31.92	4.95
	標準偏差	0.0	0	0.10	-	-	0.01	0.01	0.03	0.38	0.00	0.0	0.00	0.01	0.30	-	0.03	0.00	-	1.03	0.03	0.26	0.13	0.15
	相対誤差 (%)	0.0	0	0.41	-	-	6.19	7.87	0.44	1.62	0.00	0.0	0.00	6.19	3.62	-	13.73	0.00	-	2.43	0.78	0.71	0.39	3.06
B2-1	980406	7.7	337	25.22	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	1.97	6.68	0.02	70.0	11.50	0.11	5.24	2.84	0.88	0.03	0.10	20.66	3.40	32.54	31.09	1.45
B2-2	980406	7.7	341	25.10	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	1.99	6.93	0.02	71.0	11.75	0.12	5.42	1.77	0.91	0.03	0.05	21.58	3.45	32.69	31.18	1.51
B2-3	980406	7.7	339	25.82	<0.01	<0.1	0.00	<0.01	1.95	6.76	0.02	70.0	11.75	0.12	5.17	1.61	0.89	0.03	0.05	21.35	3.48	32.46	31.19	1.27
	平均値	7.7	339	25.38	-	-	0.02	-	1.97	6.79	0.02	70.3	11.67	0.12	5.28	2.07	0.89	0.03	0.07	21.20	3.44	32.56	31.15	1.41
	標準偏差	0.0	2	0.39	-	-	0.02	-	0.02	0.13	0.00	0.6	0.14	0.01	0.13	0.67	0.02	0.00	0.03	0.48	0.04	0.12	0.06	0.12
	相対誤差 (%)	0.0	1	1.52	-	-	91.65	-	1.02	1.88	0.00	0.8	1.24	4.95	2.44	32.26	1.71	0.00	43.30	2.26	1.17	0.36	0.18	8.86
B3-1	980406	7.6	360	25.08	<0.01	<0.1	0.04	<0.01	2.42	8.04	0.03	75.0	12.75	0.11	4.14	0.10	0.93	0.02	6.70	15.85	3.78	37.79	35.86	1.93
B3-2	980406	7.5	358	24.65	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	2.42	8.18	0.03	75.0	12.75	0.11	4.08	2.28	0.95	0.02	3.75	15.81	3.81	38.03	35.82	2.21
B3-3	980406	7.5	360	25.15	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	2.48	8.38	0.03	75.0	12.75	0.11	4.22	0.02	0.92	0.02	11.01	15.24	3.78	38.06	35.84	2.22
	平均値	7.5	359	24.96	-	-	0.03	-	2.44	8.20	0.03	75.0	12.75	0.11	4.15	0.80	0.93	0.02	7.15	15.63	3.79	37.96	35.84	2.12
	標準偏差	0.1	1	0.27	-	-	0.01	-	0.03	0.17	0.00	0.0	0.00	0.00	0.07	1.28	0.02	0.00	3.65	0.34	0.02	0.15	0.02	0.16
	相対誤差 (%)	0.8	0	1.08	-	-	17.32	-	1.42	2.08	0.00	0.0	0.00	0.00	1.69	160.29	1.64	0.00	51.04	2.18	0.46	0.39	0.06	7.77

試料採取地点	採取日	実験室測定値 pH	COND (μS/cm)	Si (ppm)	Ti (ppm)	Al (ppm)	ΣFe (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Sr (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	F- (ppm)	Cl- (ppm)	NO2- (ppm)	PO4--- (ppm)	Br- (ppm)	NO3- (ppm)	SO4-- (ppm)	H8.4 alk. (meq/l)	pH4.3 alk. (meq/l)	TC (ppm)	IC (ppm)	TOC (ppm)	calculated value H2CO3 (ppm)	HCO3 (ppm)	CO3 (ppm)
A1	980507	7.2	319	25.18	<0.01	<0.1	<0.02	0.08	6.66	22.87	0.07	43.0	11.50	0.11	5.74	<0.02	0.15	0.03	<0.02	26.33	---	3.00	38.16	36.23	1.93	24.59	159	0.1039
A2-1	980507	7.4	325	25.33	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	1.85	7.56	0.03	72.0	11.50	0.13	5.34	3.67	0.82	0.03	0.22	17.83	---	3.24	38.73	36.76	1.97	16.54	170.4	0.1755
A2-2	980507	7.4	324	25.67	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	1.81	7.10	0.02	72.0	11.25	0.13	5.10	0.05	0.79	0.03	10.41	17.92	---	3.23	37.94	36.15	1.79	16.27	167.6	0.1726
A2-3	980507	7.7	332	25.67	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	1.89	7.28	0.03	73.0	11.00	0.13	5.30	0.07	0.81	0.03	10.69	16.53	---	3.39	39.55	36.90	2.65	8.69	178.7	0.3671
A3	980507	7.6	372	24.69	0.01	0.10	0.08	<0.01	1.93	7.74	0.03	85.0	12.50	0.13	3.17	0.05	1.15	<0.02	11.72	8.66	---	4.23	48.52	46.71	1.81	13.69	223.6	0.365
B1	980507	7.4	322	25.11	<0.01	<0.1	<0.02	0.06	6.35	20.77	0.07	45.5	12.50	0.10	7.08	4.30	0.32	0.04	0.06	15.88	---	3.31	42.12	39.54	2.58	17.79	183.3	0.1888
B2	980507	7.5	346	25.25	<0.01	<0.1	0.03	0.01	2.24	8.01	0.03	72.0	11.75	0.12	5.72	<0.02	0.85	0.03	<0.02	18.85	---	3.54	42.01	40.40	1.61	14.7	190.7	0.2427
B3	980507	7.4	360	24.97	<0.01	<0.1	0.04	<0.01	2.35	9.13	0.03	76.5	12.25	0.12	4.05	0.05	1.01	<0.02	9.09	13.32	---	3.73	45.55	43.68	1.87	19.65	202.5	0.2086
C-1	980507	7.2	404	20.59	<0.01	<0.1	0.08	0.09	5.26	21.85	0.07	68.5	13.75	0.09	14.03	<0.02	<0.02	0.11	0.03	17.38	---	4.02	49.49	46.62	2.87	31.65	205.7	0.1337

試料採取地点	採取日	実験室測定値 pH	COND (μS/cm)	Si (ppm)	Ti (ppm)	Al (ppm)	ΣFe (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Sr (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	F- (ppm)	Cl- (ppm)	NO2- (ppm)	PO4--- (ppm)	Br- (ppm)	NO3- (ppm)	SO4-- (ppm)	H8.4 alk. (meq/l)	pH4.3 alk. (meq/l)	TC (ppm)	IC (ppm)	TOC (ppm)	calculated value H2CO3 (ppm)	HCO3 (ppm)	CO3 (ppm)
A2-1	980507	7.4	325	25.33	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	1.85	7.56	0.03	72.0	11.50	0.13	5.34	3.67	0.82	0.03	0.22	17.83	---	3.24	38.73	36.76	1.97	16.54	170.4	0.1755
A2-2	980507	7.4	324	25.67	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	1.81	7.10	0.02	72.0	11.25	0.13	5.10	0.05	0.79	0.03	10.41	17.92	---	3.23	37.94	36.15	1.79	16.27	167.6	0.1726
A2-3	980507	7.7	332	25.67	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	1.89	7.28	0.03	73.0	11.00	0.13	5.30	0.07	0.81	0.03	10.69	16.53	---	3.39	39.55	36.90	2.65	8.69	178.7	0.3671
	平均値	7.5	327	25.56	-	-	0.03	-	1.85	7.31	0.03	72.3	11.25	0.13	5.25	1.26	0.81	0.03	7.11	17.43	-	3.29	38.74	36.60	2.14	13.83	172.23	0.24
	標準偏差	0.2	4	0.20	-	-	0.00	-	0.04	0.23	0.01	0.6	0.25	0.00	0.13	2.08	0.02	0.00	5.97	0.78	-	0.09	0.81	0.40	0.45	4.46	5.77	0.11
	相対誤差 (%)	2.3	1	0.77	-	-	0.00	-	2.16	3.17	21.65	0.8	2.22	0.00	2.45	164.98	1.89	0.00	83.94	4.46	-	2.73	2.08	1.09	21.23	32.21	3.35	46.76

試料採取地点	採取日	実験室測定値 pH	COND (μS/cm)	Si (ppm)	Ti (ppm)	Al (ppm)	ΣFe (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Sr (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	F- (ppm)	Cl- (ppm)	NO2- (ppm)	PO4--- (ppm)	Br- (ppm)	NO3- (ppm)	SO4-- (ppm)	H8.4 alk (meq/l)	pH4.3 alk. (meq/l)	TC (ppm)	IC (ppm)	TOC (ppm)	H2CO3 (ppm)	HCO3 (ppm)	CO3 (ppm)
A1	980612	7.4	—	25.38	<0.01	<0.1	0.07	0.10	8.80	27.79	0.09	45.5	13.00	0.07	8.31	<0.02	0.11	0.06	<0.02	7.50	---	4.07	55.56	46.48	9.08	20.91	215.5	0.222
A2-1	980612	7.7	—	26.03	<0.01	<0.1	0.04	0.03	2.09	7.84	0.03	72.0	12.50	0.12	5.80	<0.02	0.56	0.04	<0.02	14.21	---	3.64	44.98	42.06	2.92	9.91	203.6	0.418
A2-2	980612	7.7	—	25.74	<0.01	<0.1	0.04	0.02	2.22	8.40	0.03	72.0	13.00	0.12	5.57	<0.02	0.60	0.04	<0.02	13.02	---	3.80	46.47	42.82	3.65	10.09	207.3	0.426
A2-3	980612	7.7	—	25.75	<0.01	<0.1	0.03	0.02	2.02	7.56	0.03	70.5	12.00	0.12	5.55	<0.02	0.59	0.03	<0.02	16.27	---	3.61	42.71	40.22	2.49	9.47	194.7	0.400
A3	980612	7.6	—	25.15	0.02	0.10	0.08	<0.01	1.86	7.42	0.03	81.0	12.50	0.12	3.01	0.13	1.02	<0.02	<0.02	7.54	---	4.31	48.18	46.19	1.99	13.54	221.1	0.361
B1	980612	7.3	—	26.25	<0.01	<0.1	0.03	0.07	7.10	23.29	0.07	45.5	13.50	0.10	6.16	<0.02	<0.02	0.04	<0.02	3.24	---	3.91	50.26	44.94	5.32	24.90	203.8	0.167
B2	980612	7.8	—	25.70	<0.01	<0.1	0.03	0.02	2.49	8.54	0.03	75.5	13.50	0.12	5.35	<0.02	0.82	0.03	<0.02	5.12	---	4.18	51.48	47.20	4.28	8.91	230.6	0.596
B3	980612	7.5	—	24.72	<0.01	<0.1	0.04	<0.01	2.37	8.37	0.03	80.0	13.00	0.12	4.26	0.33	1.05	0.03	3.13	11.36	---	4.11	46.76	44.14	2.62	16.06	208.3	0.270
C-1	980612	7.2	—	20.40	<0.01	<0.1	0.07	0.06	5.52	21.46	0.07	58.0	12.50	0.68	13.10	<0.02	<0.02	0.11	<0.02	8.87	---	3.73	56.35	41.06	15.29	27.87	181.2	0.118

試料採取地点	採取日	実験室測定値 pH	COND (μS/cm)	Si (ppm)	Ti (ppm)	Al (ppm)	ΣFe (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Sr (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	F- (ppm)	Cl- (ppm)	NO2- (ppm)	PO4--- (ppm)	Br- (ppm)	NO3- (ppm)	SO4-- (ppm)	H8.4 alk (meq/l)	pH4.3 alk. (meq/l)	TC (ppm)	IC (ppm)	TOC (ppm)	H2CO3 (ppm)	HCO3 (ppm)	CO3 (ppm)
A2-1	980612	7.7	—	26.03	<0.01	<0.1	0.04	0.03	2.09	7.84	0.03	72.0	12.50	0.12	5.80	<0.02	0.56	0.04	<0.02	14.21	---	3.64	44.98	42.06	2.92	9.91	203.6	0.418
A2-2	980612	7.7	—	25.74	<0.01	<0.1	0.04	0.02	2.22	8.40	0.03	72.0	13.00	0.12	5.57	<0.02	0.60	0.04	<0.02	13.02	---	3.80	46.47	42.82	3.65	10.09	207.3	0.426
A2-3	980612	7.7	—	25.75	<0.01	<0.1	0.03	0.02	2.02	7.56	0.03	70.5	12.00	0.12	5.55	<0.02	0.59	0.03	<0.02	16.27	---	3.61	42.71	40.22	2.49	9.47	194.7	0.400
	平均値	7.7	—	25.84	-	-	0.04	0.02	2.11	7.93	0.03	71.5	12.50	0.12	5.64	-	0.58	0.04	-	14.50	-	3.68	44.72	41.70	3.02	9.82	201.87	0.41
	標準偏差	0.0	—	0.16	-	-	0.01	0.01	0.10	0.43	0.00	0.9	0.50	0.00	0.14	-	0.02	0.01	-	1.64	-	0.10	1.89	1.34	0.59	0.32	6.48	0.01
	相対誤差 (%)	0.0	—	0.64	-	-	15.75	24.74	4.81	5.39	0.00	1.2	4.00	0.00	2.46	-	3.57	15.75	-	11.34	-	2.77	4.23	3.21	19.42	3.25	3.21	3.21

試料採取地点	採取日	実験室測定値 pH	COND (μS/cm)	Si (ppm)	Ti (ppm)	Al (ppm)	ΣFe (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Sr (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	F- (ppm)	Cl- (ppm)	NO2- (ppm)	PO4--- (ppm)	Br- (ppm)	NO3- (ppm)	SO4-- (ppm)	H8.4 all (meq/l)	pH4.3 alk. (meq/l)	TC (ppm)	IC (ppm)	TOC (ppm)
A1	980709	7.2	348	25.96	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	7.21	24.06	0.07	44.5	13.30	0.09	7.24	0.36	0.58	0.05	0.06	11.13	—	3.61	47.81	43.15	4.66
A2-1	980709	7.1	344	25.64	<0.01	<0.1	0.05	<0.01	2.24	9.11	0.03	72.0	12.00	0.13	5.94	7.23	0.81	0.03	1.58	24.27	—	3.08	39.05	36.97	2.08
A2-2	980709	7.1	331	25.40	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	1.90	7.02	0.02	68.0	11.50	0.12	5.84	<0.02	0.82	0.03	12.02	24.04	—	2.93	36.48	34.88	1.60
A2-3	980709	7.2	337	25.36	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	1.95	7.19	0.03	71.0	11.80	0.12	5.87	<0.02	0.81	0.03	11.82	24.36	—	2.95	36.73	35.02	1.71
A3	980709	7.1	375	24.69	0.02	0.10	0.05	<0.01	1.89	7.38	0.03	85.5	13.30	0.13	3.08	6.92	1.16	<0.02	0.26	7.69	—	3.95	48.92	47.19	1.73
B1	980709	7.2	328	26.42	<0.01	<0.1	<0.02	<0.01	6.20	21.25	0.07	44.5	12.80	0.12	5.79	<0.02	0.39	0.03	<0.02	5.73	—	3.52	43.65	41.65	2.00
B2	980709	7.2	361	25.67	<0.01	<0.1	<0.02	<0.01	2.30	8.12	0.03	75.5	12.80	0.13	5.26	1.68	0.97	0.03	3.00	14.59	—	3.62	44.39	42.89	1.50
B3	980709	7.3	376	24.83	<0.01	<0.1	0.04	<0.01	2.27	8.30	0.03	82.0	12.50	0.13	4.11	<0.02	1.16	0.02	12.44	12.01	—	3.81	47.70	45.16	2.54
C-1	980709	7.0	319	15.95	<0.01	<0.1	0.09	0.10	4.06	18.09	0.06	49.0	11.50	0.12	15.16	<0.02	<0.02	0.10	<0.02	2.61	—	3.18	45.28	37.67	7.61

試料採取地点	採取日	実験室測定値 pH	COND (μS/cm)	Si (ppm)	Ti (ppm)	Al (ppm)	ΣFe (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Sr (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	F- (ppm)	Cl- (ppm)	NO2- (ppm)	PO4--- (ppm)	Br- (ppm)	NO3- (ppm)	SO4-- (ppm)	H8.4 all (meq/l)	pH4.3 alk. (meq/l)	TC (ppm)	IC (ppm)	TOC (ppm)
A2-1	980709	7.1	344	25.64	<0.01	<0.1	0.05	<0.01	2.24	9.11	0.03	72.0	12.00	0.13	5.94	7.23	0.81	0.03	1.58	24.27	—	3.08	39.05	36.97	2.08
A2-2	980709	7.1	331	25.40	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	1.90	7.02	0.02	68.0	11.50	0.12	5.84	<0.02	0.82	0.03	12.02	24.04	—	2.93	36.48	34.88	1.60
A2-3	980709	7.2	337	25.36	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	1.95	7.19	0.03	71.0	11.80	0.12	5.87	<0.02	0.81	0.03	11.82	24.36	—	2.95	36.73	35.02	1.71
	平均値	7.1	337	25.47	-	-	0.03	-	2.03	7.77	0.03	70.3	11.77	0.12	5.88	-	0.81	0.03	8.47	24.22	-	2.99	37.42	35.62	1.80
	標準偏差	0.1	6.51	0.15	-	-	0.02	-	0.18	1.16	0.01	2.1	0.25	0.01	0.05	-	0.01	0.00	5.97	0.17	-	0.08	1.42	1.17	0.25
	相対誤差（%）	0.8	1.93	0.59	-	-	57.74	-	9.04	14.93	21.65	3.0	2.14	4.68	0.87	-	0.71	0.00	70.46	0.68	-	2.73	3.79	3.28	14.00

試料採取地点	採取日	実験室測定値 pH	COND (μS/cm)	Si (ppm)	Ti (ppm)	Al (ppm)	ΣFe (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Sr (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	F- (ppm)	Cl- (ppm)	NO2- (ppm)	PO4--- (ppm)	Br- (ppm)	NO3- (ppm)	SO4-- (ppm)	H8.4 alk (meq/l)	pH4.3 alk. (meq/l)	TC (ppm)	IC (ppm)	TOC (ppm)	H2CO3 (ppm)	HCO3 (ppm)	CO3 (ppm)
A1	981129	7.5	328	25.60	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	7.21	24.06	0.07	43.0	12.50	0.10	7.00	<0.02	0.52	0.06	0.19	9.72	---	3.42	44.43	41.70	2.72	32.45	211.0	0.137
A2-1	981129	7.6	333	24.70	<0.01	<0.1	0.05	<0.01	2.24	9.11	0.03	69.0	11.80	0.11	6.91	1.86	0.75	0.04	0.93	19.36	---	3.06	37.88	36.75	1.13	32.28	166.7	0.086
A2-2	981129	7.7	334	24.90	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	1.90	7.02	0.02	69.0	11.50	0.10	6.85	1.33	0.73	0.04	0.47	19.43	---	3.09	38.28	36.92	1.37	30.15	155.7	0.080
A2-3	981129	7.7	334	24.60	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	1.95	7.19	0.03	69.0	11.00	0.10	6.91	1.54	0.79	0.04	0.72	19.47	---	3.09	38.73	37.24	1.49	24.93	162.1	0.105
A3	981129	7.7	382	24.00	0.02	0.10	0.05	<0.01	1.89	7.38	0.03	84.0	12.50	0.12	3.43	3.60	1.26	<0.02	0.12	7.63	---	4.11	51.31	49.86	1.45	40.44	208.8	0.108
B1	981129	7.6	335	24.60	<0.01	<0.1	<0.02	<0.01	6.20	21.25	0.07	44.0	13.00	0.10	7.37	0.50	0.48	0.04	0.11	19.60	---	3.12	40.10	38.26	1.84	29.63	192.6	0.125
ベーラー	981129	7.4	333	23.90								38.5	12.50	0.10	7.33	1.37	0.41	0.04	5.18	19.96		2.97	39.59	37.70	1.88			
B2	981129	7.4	387	22.80	<0.01	<0.1	<0.02	<0.01	2.30	8.12	0.03	72.5	13.30	0.11	7.96	5.04	0.65	0.05	0.22	37.11	---	3.14	38.77	37.60	1.17	30.12	195.9	0.127
ベーラー	981129	7.3	382	22.50								72.5	13.50	0.11	7.29	8.12	0.67	0.08	0.89	37.25		3.05	40.46	39.17	1.29			
B3	981129	7.7	375	22.70	<0.01	<0.1	0.04	<0.01	2.27	8.30	0.03	75.5	12.50	0.10	5.25	1.72	0.85	0.03	4.06	15.54	---	3.77	45.74	44.44	1.30	26.40	216.3	0.177
ベーラー	981129	7.4	392	21.50								71.5	13.50	0.09	7.86	1.17	0.76	0.04	12.29	24.91		3.35	44.40	43.45	0.95			
C-1	981129	7.2	294	12.70	<0.01	<0.1	0.09	0.10	4.06	18.09	0.06	35.0	12.50	0.08	13.44	<0.02	<0.02	0.11	<0.02	18.16	---	2.48	31.88	30.74	1.14	45.25	185.6	0.076

試料採取地点	採取日	実験室測定値 pH	COND (μS/cm)	Si (ppm)	Ti (ppm)	Al (ppm)	ΣFe (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Sr (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	F- (ppm)	Cl- (ppm)	NO2- (ppm)	PO4--- (ppm)	Br- (ppm)	NO3- (ppm)	SO4-- (ppm)	H8.4 alk (meq/l)	pH4.3 alk. (meq/l)	TC (ppm)	IC (ppm)	TOC (ppm)	H2CO3 (ppm)	HCO3 (ppm)	CO3 (ppm)
A2-1	981129	7.6	333	24.70	<0.01	<0.1	0.05	<0.01	2.24	9.11	0.03	69.0	11.80	0.11	6.91	1.86	0.75	0.04	0.93	19.36	---	3.06	37.88	36.75	1.13	32.28	166.7	0.086
A2-2	981129	7.7	334	24.90	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	1.90	7.02	0.02	69.0	11.50	0.10	6.85	1.33	0.73	0.04	0.47	19.43	---	3.09	38.28	36.92	1.37	30.15	155.7	0.080
A2-3	981129	7.7	334	24.60	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	1.95	7.19	0.03	69.0	11.00	0.10	6.91	1.54	0.79	0.04	0.72	19.47	---	3.09	38.73	37.24	1.49	24.93	162.1	0.105
	平均値	7.7	334	24.73	-	-	0.03	-	2.03	7.77	0.03	69.0	11.43	0.10	6.89	-	0.75	0.04	0.71	19.42	-	3.08	38.30	36.97	1.33	29.12	161.50	0.09
	標準偏差	0.1	0.58	0.15	-	-	0.02	-	0.18	1.16	0.01	0.0	0.40	0.00	0.03	-	0.03	0.00	0.23	0.06	-	0.02	0.43	0.25	0.18	3.78	5.52	0.01
	相対誤差（%）	0.8	0.17	0.62	-	-	57.74	-	9.04	14.93	21.65	0.0	3.53	2.46	0.50	-	3.73	7.53	32.11	0.29	-	0.56	1.11	0.67	13.83	12.99	3.42	14.45

試料採取地点	採取日	実験室測定値 pH	COND (μS/cm)	Si (ppm)	Ti (ppm)	Al (ppm)	ΣFe (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Sr (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	F- (ppm)	Cl- (ppm)	NO2- (ppm)	PO4--- (ppm)	Br- (ppm)	NO3- (ppm)	SO4-- (ppm)	H8.4 all (meq/l)	pH4.3 alk. (meq/l)	TC (ppm)	IC (ppm)	TOC (ppm)
A1	981224	7.4	316	25.70	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	6.22	21.50	0.07	47.3	11.50	0.09	7.73	3.16	0.76	0.09	1.07	11.76	---	3.15	40.34	38.93	1.41
A2-1	981224	7.3	337	24.60	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	2.03	7.77	0.03	77.5	11.80	0.10	5.60	7.97	0.96	0.03	2.40	14.97	---	3.24	41.42	40.35	1.07
A2-2	981224	7.4	331	24.80	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	2.00	7.41	0.03	74.5	11.30	0.11	5.57	6.01	0.99	0.03	5.68	15.69	---	3.17	40.31	39.48	0.83
A2-3	981224	7.4	336	24.70	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	2.07	7.85	0.03	76.5	11.30	0.11	5.74	7.62	1.00	0.03	3.68	15.87	---	3.18	41.20	39.93	1.27
A3	981224	7.6	387	24.20	<0.01	<0.1	0.07	<0.01	1.96	7.66	0.03	92.0	12.50	0.20	4.02	6.44	1.29	0.03	0.50	7.56	---	4.14	52.85	51.64	1.21
B1	981224	7.5	296	25.50	<0.01	<0.1	<0.02	<0.01	5.60	19.00	0.06	43.5	12.30	0.13	6.72	1.23	0.70	0.04	1.23	15.96	---	2.87	36.41	35.02	1.39
B2	981224	7.3	358	23.40	<0.01	<0.1	0.04	<0.01	2.51	8.85	0.03	76.5	12.30	0.27	6.93	3.52	1.01	0.35	3.52	23.93	---	3.22	41.56	40.66	0.90
B3	981224	7.7	383	23.80	<0.01	<0.1	0.04	<0.01	2.56	9.29	0.04	86.0	13.30	0.20	5.29	7.34	1.22	0.02	7.34	13.12	---	3.90	48.63	47.43	1.20
C-1	981224	7.2	322	14.30	<0.01	<0.1	0.27	<0.01	4.41	19.40	0.07	43.8	13.30	0.06	16.23	<0.02	<0.02	0.15	<0.02	24.10	---	2.66	34.81	33.75	1.06

試料採取地点	採取日	実験室測定値 pH	COND (μS/cm)	Si (ppm)	Ti (ppm)	Al (ppm)	ΣFe (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Sr (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	F- (ppm)	Cl- (ppm)	NO2- (ppm)	PO4--- (ppm)	Br- (ppm)	NO3- (ppm)	SO4-- (ppm)	H8.4 all (meq/l)	pH4.3 alk. (meq/l)	TC (ppm)	IC (ppm)	TOC (ppm)
A2-1	981224	7.3	337	24.60	<0.01	<0.1	0.03	<0.01	2.03	7.77	0.03	77.5	11.80	0.10	5.60	7.97	0.96	0.03	2.40	14.97	---	3.24	41.42	40.35	1.07
A2-2	981224	7.4	331	24.80	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	2.00	7.41	0.03	74.5	11.30	0.11	5.57	6.01	0.99	0.03	5.68	15.69	---	3.17	40.31	39.48	0.83
A2-3	981224	7.4	336	24.70	<0.01	<0.1	0.02	<0.01	2.07	7.85	0.03	76.5	11.30	0.11	5.74	7.62	1.00	0.03	3.68	15.87	---	3.18	41.20	39.93	1.27
	平均値	7.4	335	24.70	-	-	0.02	-	2.03	7.68	0.03	76.2	11.47	0.11	5.64	-	0.98	0.03	3.92	15.51	-	3.20	40.98	39.92	1.06
	標準偏差	0.1	3.21	0.10	-	-	0.01	-	0.04	0.23	0.00	1.5	0.29	0.01	0.09	-	0.02	0.00	1.65	0.48	-	0.04	0.59	0.44	0.22
	相対誤差（%）	0.8	0.96	0.40	-	-	24.74	-	1.73	3.05	0.00	2.0	2.52	5.41	1.61	-	2.12	0.00	42.17	3.07	-	1.18	1.43	1.09	20.85

試料採取地点	採取日	実験室測定値 pH	COND (μS/cm)	Si (ppm)	Ti (ppm)	Al (ppm)	ΣFe (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Sr (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	F- (ppm)	Cl- (ppm)	NO2- (ppm)	PO4--- (ppm)	Br- (ppm)	NO3- (ppm)	SO4-- (ppm)	H8.4 all (meq/l)	pH4.3 alk. (meq/l)	TC (ppm)	IC (ppm)	TOC (ppm)
A1	990212	7.4	313	25.54	-	<0.1	0.03	<0.01	5.96	21.42	0.06	46.0	12.50	0.09	7.52	2.50	0.67	0.03	0.55	8.96	—	3.20	41.34	39.85	1.49
A2-1	990212	7.7	356	24.78	-	<0.1	0.03	<0.01	2.10	7.65	0.03	76.0	12.80	0.11	4.77	2.17	1.00	0.02	0.34	12.90	—	3.61	45.61	44.54	1.07
A2-2	990212	7.7	357	25.01	-	<0.1	0.03	<0.01	2.15	7.76	0.03	76.0	12.50	0.12	4.64	2.14	1.04	0.02	0.31	12.30	—	3.60	45.60	44.64	0.96
A2-3	990212	7.9	359	24.79	-	<0.1	0.03	<0.01	2.12	7.52	0.03	74.5	12.80	0.12	4.66	0.88	1.02	0.02	0.28	12.10	—	3.74	45.85	44.90	0.95
A3	990212	8.0	394	23.88	-	<0.1	0.06	<0.01	1.73	6.77	0.02	89.5	13.50	0.12	3.50	<0.02	1.29	<0.02	0.07	7.44	—	4.36	53.18	52.45	0.73
B1	990212	7.4	292	25.97	-	<0.1	0.02	<0.01	5.29	22.73	0.05	43.0	13.00	0.11	14.63	1.57	0.66	0.03	0.51	9.28	—	2.99	37.79	36.12	1.67
B2	990212	7.5	355	24.19	-	<0.1	0.02	<0.01	2.24	8.28	0.03	77.0	13.30	0.12	6.25	3.76	1.02	0.02	1.00	20.03	—	3.47	42.76	41.89	0.87
B3	990212	7.6	377	23.59	-	<0.1	0.05	<0.01	2.52	9.25	0.03	77.0	13.80	0.11	5.28	4.02	1.18	0.02	2.08	14.38	—	3.80	47.23	46.49	0.74
C-1	990212	7.4	331	15.64	-	<0.1	0.04	<0.01	4.21	18.65	0.06	44.5	14.00	0.07	14.82	<0.02	0.04	0.13	<0.02	25.99	—	2.59	33.38	32.24	1.14

試料採取地点	採取日	実験室測定値 pH	COND (μS/cm)	Si (ppm)	Ti (ppm)	Al (ppm)	ΣFe (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	Sr (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	F- (ppm)	Cl- (ppm)	NO2- (ppm)	PO4--- (ppm)	Br- (ppm)	NO3- (ppm)	SO4-- (ppm)	H8.4 all (meq/l)	pH4.3 alk. (meq/l)	TC (ppm)	IC (ppm)	TOC (ppm)
A2-1	990212	7.7	356	24.78	-	<0.1	0.03	<0.01	2.10	7.65	0.03	76.0	12.80	0.11	4.77	2.17	1.00	0.02	0.34	12.90	—	3.61	45.61	44.54	1.07
A2-2	990212	7.7	357	25.01	-	<0.1	0.03	<0.01	2.15	7.76	0.03	76.0	12.50	0.12	4.64	2.14	1.04	0.02	0.31	12.30	—	3.60	45.60	44.64	0.96
A2-3	990212	7.9	359	24.79	-	<0.1	0.03	<0.01	2.12	7.52	0.03	74.5	12.80	0.12	4.66	0.88	1.02	0.02	0.28	12.10	—	3.74	45.85	44.90	0.95
	平均値	7.8	357	24.86	-	-	0.03	-	2.12	7.64	0.03	75.5	12.70	0.12	4.69	1.73	1.02	0.02	0.31	12.43	-	3.65	45.69	44.69	0.99
	標準偏差	0.1	1.53	0.13	-	-	0.00	-	0.03	0.12	0.00	0.9	0.17	0.01	0.07	0.74	0.02	0.00	0.03	0.42	-	0.08	0.14	0.19	0.07
	相対誤差（%）	1.5	0.43	0.52	-	-	0.00	-	1.19	1.57	0.00	1.1	1.36	4.95	1.49	42.56	1.96	0.00	9.68	3.35	-	2.14	0.31	0.42	6.70

② 有機塩素化合物分析結果

濃度計量証明書

東急建設 株式会社　殿

証明書番号：	第 48A12029 号
種　別　：	水質試験
試料受付年月日：	平成10年12月22日
計量完了年月日：	平成10年12月28日
発行年月日：	平成10年12月28日
採取区分：	依頼主
件　名　：	有機塩素系化合物分析

株式会社 環境エンジニアリング
東京都江戸川区船堀5丁目11番19号
計量証明事業登録番号東京第497号
電話 03-5676-8711
環境計量士 高木 正

ご依頼を受けました試料についての計量の結果を下記の通り証明いたします。

計量の対象 ＼ 試料名	計量の結果				単位	計量の方法	定量下限値
	GL-20m	GL-40m	GL-48m				
採取月日	12月18日	12月18日	12月18日				
採取時刻	---	---	---				
1,1,1-ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝ	0.0069	< 0.0005	< 0.0005		mg／ℓ	JIS K0125 5.4.1 ﾍｯﾄﾞｽﾍﾟｰｽ･ｶﾞｽｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ(ECD)法	0.0005
ﾄﾘｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	0.005	0.001	< 0.001		mg／ℓ	JIS K0125 5.4.1 ﾍｯﾄﾞｽﾍﾟｰｽ･ｶﾞｽｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ(ECD)法	0.001

計量の対象 ＼ 試料名	計量の結果				単位	計量の方法	定量下限値
	B-1	B-2	B-3	C-1			
採取月日	12月18日	12月18日	12月18日	12月18日			
採取時刻	---	---	---	---			
1,1,1-ﾄﾘｸﾛﾛｴﾀﾝ	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	mg／ℓ	JIS K0125 5.4.1 ﾍｯﾄﾞｽﾍﾟｰｽ･ｶﾞｽｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ(ECD)法	0.0005
ﾄﾘｸﾛﾛｴﾁﾚﾝ	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	mg／ℓ	JIS K0125 5.4.1 ﾍｯﾄﾞｽﾍﾟｰｽ･ｶﾞｽｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ(ECD)法	0.001

[備考]

濃度計量証明書

東急建設 株式会社　殿

証明書番号：	第 49A02024 号
種　別　：	水質試験
試料受付年月日：	平成11年2月17日
計量完了年月日：	平成11年2月24日
発行年月日：	平成11年2月25日
採取区分：	依頼主
件　名　：	有機塩素化合物分析

株式会社 環境エンジニアリング
東京都江戸川区船堀5丁目11番19号
計量証明事業登録番号東京第497号
電話 03-5676-8711
環境計量士 高木 正浩

ご依頼を受けました試料についての計量の結果を下記の通り証明いたします。

計量の対象 ＼ 試料名	計量の結果 GL-20m	GL-40m	GL-48m	---	単位	計量の方法	定量下限値
採取月日	2月12日	2月12日	2月12日	---			
採取時刻	---	---	---	---			
四塩化炭素	<0.0001	<0.0001	<0.0001	---	mg／ℓ	JIS K0125 5.4.1 ﾍｯﾄﾞｽﾍﾟｰｽ･ｶﾞｽｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ(ECD)法	0.0001
1,1,1-トリクロロエタン	0.0098	< 0.0005	< 0.0005	---	mg／ℓ	JIS K0125 5.4.1 ﾍｯﾄﾞｽﾍﾟｰｽ･ｶﾞｽｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ(ECD)法	0.0005
トリクロロエチレン	0.005	0.001	< 0.001	---	mg／ℓ	JIS K0125 5.4.1 ﾍｯﾄﾞｽﾍﾟｰｽ･ｶﾞｽｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ(ECD)法	0.001

計量の対象 ＼ 試料名	計量の結果 B-1孔	B-2孔	B-3孔	C-1孔	単位	計量の方法	定量下限値
採取月日	2月12日	2月12日	2月12日	2月12日			
採取時刻	---	---	---	---			
四塩化炭素	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	mg／ℓ	JIS K0125 5.4.1 ﾍｯﾄﾞｽﾍﾟｰｽ･ｶﾞｽｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ(ECD)法	0.0001
1,1,1-トリクロロエタン	<0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	mg／ℓ	JIS K0125 5.4.1 ﾍｯﾄﾞｽﾍﾟｰｽ･ｶﾞｽｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ(ECD)法	0.0005
トリクロロエチレン	<0.001	<0.001	< 0.001	< 0.001	mg／ℓ	JIS K0125 5.4.1 ﾍｯﾄﾞｽﾍﾟｰｽ･ｶﾞｽｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ(ECD)法	0.001

[備考]

③ 地下水の年代測定分析結果

平成11年5月12日

施設Gr.リーダー	チームリーダー	係員
		伊藤

放射性炭素年代測定結果報告

依頼日： 1999/02/19　　濱 克宏　様

試料名： A2　　前処理ID: 663

Average $^{14}C/^{12}C$
$3.0667 \pm 0.0152 \times 10^{-13}$

Ratio(R-Back) $^{14}C/^{12}C$
$3.0509 \pm 0.0153 \times 10^{-13}$

Ratio(Delta13^{13}C) $^{14}C/^{12}C$
$2.9893 \pm 0.0153 \times 10^{-13}$

pMC $^{14}C/^{12}C$
32.40 ± 0.18

$\delta^{13}C$ (permil)
-15

Average $^{14}C/^{13}C$
$2.9485 \pm 2.9485 \times 10^{-11}$

Ratio(R-Back) $^{14}C/^{13}C$
$2.9334 \pm 0.0147 \times 10^{-11}$

Ratio(Delta^{13}C) $^{14}C/^{13}C$
$2.9036 \pm 0.0146 \times 10^{-11}$

pMC $^{14}C/^{13}C$
32.03 ± 0.17

試料名： A3　　前処理ID: 664

Average $^{14}C/^{12}C$
$2.1407 \pm 0.0089 \times 10^{-13}$

Ratio(R-Back) $^{14}C/^{12}C$
$2.1250 \pm 0.0089 \times 10^{-13}$

Ratio(Delta13^{13}C) $^{14}C/^{12}C$
$2.0820 \pm 0.0090 \times 10^{-13}$

pMC $^{14}C/^{12}C$
22.57 ± 0.11

$\delta^{13}C$ (permil)
-15

Average $^{14}C/^{13}C$
$2.0519 \pm 2.0519 \times 10^{-11}$

Ratio(R-Back) $^{14}C/^{13}C$
$2.0368 \pm 0.0085 \times 10^{-11}$

Ratio(Delta^{13}C) $^{14}C/^{13}C$
$2.0162 \pm 0.0085 \times 10^{-11}$

pMC $^{14}C/^{13}C$
22.24 ± 0.10

東濃地科学センター
測定ID： 29

試料名: C1-62　　前処理ID: 718　　Background

Average $^{14}C/^{12}C$
$1.5770 \pm 0.0491 \times 10^{-15}$

Ratio(R-Back) $^{14}C/^{12}C$
$1.5770 \pm 0.0491 \times 10^{-15}$

Ratio(Delta13^{13}C) $^{14}C/^{12}C$
$1.4919 \pm 0.0465 \times 10^{-15}$

pMC $^{14}C/^{12}C$
0.16 ± 0.01

δ ^{13}C (permil)
2.42

Average $^{14}C/^{13}C$
$1.5048 \pm 1.5048 \times 10^{-13}$

Ratio(R-Back) $^{14}C/^{13}C$
$1.5048 \pm 0.0469 \times 10^{-13}$

Ratio(Delta^{13}C) $^{14}C/^{13}C$
$1.4636 \pm 0.0456 \times 10^{-13}$

pMC $^{14}C/^{13}C$
0.16 ± 0.01

試料名: N-204　　前処理ID: 769　　Standard

Average $^{14}C/^{12}C$
$1.2567 \pm 0.0025 \times 10^{-12}$

Ratio(R-Back) $^{14}C/^{12}C$
$1.2551 \pm 0.0025 \times 10^{-12}$

Ratio(Delta13^{13}C) $^{14}C/^{12}C$
$1.2367 \pm 0.0028 \times 10^{-12}$

pMC $^{14}C/^{12}C$
134.07 ± 0.30

δ ^{13}C (permil)
-17.8

Average $^{14}C/^{13}C$
$1.2259 \pm 1.2259 \times 10^{-10}$

Ratio(R-Back) $^{14}C/^{13}C$
$1.2244 \pm 0.0024 \times 10^{-10}$

Ratio(Delta^{13}C) $^{14}C/^{13}C$
$1.2154 \pm 0.0025 \times 10^{-10}$

pMC $^{14}C/^{13}C$
134.07 ± 0.27

④ 鉱物分析結果

薄片鑑定結果

ｻﾝﾌﾟﾙNo.：ＧＬ-６８ｍ
岩石名　：凝灰質中粒砂岩/長石質ワッケ

Ⅰ．岩石全体の特徴

主に斜長石・石英・岩片・普通角閃石・単斜輝石・黒雲母・化石片を構成粒子とする凝灰質の砂岩．構成粒子の円球度は低く，円磨度は角である．淘汰はやや悪い．

基質は微細な鉱物片および淡褐色のシルト～粘土よりなる。

Ⅱ．構成物質

量比　構成粒子：基質＝50：50

1.構成粒子（50）

量比　長石(30)＞石英(15)＝ガラス物質(15)
＞単斜輝石(10)＝不透明物質(10)＞化石片(10)
＞普通角閃石(5)＝黒雲母(5)＞岩片(<1)＞ジルコン(<1)

構成粒子の特徴

(1) 長　石：径 1.1mm 以下，柱状が多い．双晶および累帯構造を示している．大部分は斜長石である．一部集斑状に集合しているものもあり，これは火山岩あるいは深成岩の一部と判断される．

(2) 石　英：径 1.0mm 以下．比較的角ばっている結晶が多い．

(3) ガラス物質：径 2.0mm 以下の軽石～軽石型ガラス片，バブル型ガラス片が多く認められる．軽石には微細な不透明鉱物を少量ともなうことが多く，微細な石英，斜長石，普通角閃石を少量伴うものもある．

(4) 単斜輝石：径 0.3mm 以下，柱状～粒状．

(5) 不透明鉱物：径 0.2mm 以下，粒状～不定形．微細な鉱物の集合体となっている．一部は化石を置換して形成された球状のものもある．

(6) 化石片：径 0.5mm 以下．石灰質の有孔虫化石片が多く認められる．化石片の内部は不透明鉱物で充填されているものも少量認められる．

(7) 普通角閃石：主として径 0.3mm 以下，最大径 1.5mm，柱状～粒状．淡緑色～緑色の多色性を示し，一部は淡黄色～緑褐色の多色性を示すものもある．

(8) 黒雲母：径 0.5mm 以下，葉片状～板状．酸化しているものが多い．また緑泥石化しているものも少量認められる．

(9) 岩　片：主として径 0.5～1mm の斜長石からなり，同程度の粒径の石英

または黒雲母を伴う径 1.0mm 前後の岩片，径 0.5mm 前後の石英およびカリ長石からなる径 1.0mm 前後の岩片が認められる．

さらに，微細な針状斜長石を石基とし径 0.1～0.2mm の斜長石および単斜輝石からなる径 0.5mm 前後の火山岩片や径 0.2mm 以下の褐色～淡褐色泥岩等も少量認められる．

(10) ジルコン：径 0.05mm 以下，粒状．

2.基質(70)

基質は微細な鉱物片および淡褐色のシルト～粘土よりなる。

ｻﾝﾌﾟﾙNo.：ＧＬ-７５ｍ
岩石名　：凝灰質細粒砂岩/長石質ワッケ

Ⅰ．岩石全体の特徴

主に石英・長石・普通角閃石・単斜輝石・黒雲母・化石片を構成粒子とする凝灰質の砂岩．構成粒子の円球度は低く，円磨度は角である．淘汰は普通である．

基質は微細な鉱物片および淡褐色のシルト～粘土よりなる。

Ⅱ．構成物質

量比　構成粒子：基質＝30：70

1.構成粒子（30）

量比　長石(40)＞石英(25)＞不透明物質(15)＞化石片(5)
＞ガラス物質(3)＝岩片(3)＝普通角閃石(3)＝単斜輝石(3)＝黒雲母(3)
＞ジルコン(1＞)＞アパタイト(1＞)

構成粒子の特徴

(1) 長　石：径 0.1～0.5mm 主体，柱状が多い．双晶および累帯構造を示している．大部分は斜長石である．一部集斑状に集合しているものもあり，これは火山岩片の一部と判断される．

(2) 石　英：径 0.2mm 以下．比較的角ばっている結晶が多い．部分的に融食形を示すものもある．

(3) 不透明鉱物：径 0.2mm 以下，粒状～不定形．微細な鉱物の集合体となっている．一部は化石を置換して形成された球状のものもある．

(4) 化石片：径 0.5mm 以下.石灰質の有孔虫化石片が多く認められる．化石片の内部は不透明鉱物で充填されているものも少量認められる．

(5) ガラス物質：径 0.2mm 以下の軽石～軽石型ガラス，バブル型ガラスが認められる．軽石には不透明鉱物を少量伴うものもある．

(6) 岩　片：径 0.2mm 以下の短柱状～針状の斜長石を主とし，ガラス質の石基からなる径 1.2mm の流紋岩，
径 0.1mm の斜長石および単斜輝石からなる岩片．
径 0.2mm 以下の褐色～淡褐色泥岩，等からなる．

(7) 普通角閃石：径 0.3mm 以下，柱状～粒状．淡緑色～緑色の多色性を示し，一部は淡黄色～緑褐色の多色性を示すものもある．

(8) 単斜輝石：径 0.2mm 以下，柱状～粒状．

(9) 黒雲母：径 0.4mm 以下，葉片状．酸化しているものが多い．また緑泥石化しているものも少量認められる．

(10) ジルコン：径 0.05mm 以下，粒状．

(11) アパタイト：径 0.1mm 以下，粒状．

2.基質(70)

基質は微細な鉱物片および淡褐色のシルト～粘土よりなる。

ｻﾝﾌﾟﾙNo.：ＧＬ-８０ｍ
岩石名　　：結晶凝灰岩

Ⅰ．岩石全体の特徴

主に斜長石・石英・普通角閃石・単斜輝石からなり軽石をともなう結晶凝灰岩.

基質は認められない.

Ⅱ．構成粒子

量比　斜長石(35)＞石英(20)＞普通角閃石(15)＝ガラス物質(15)＞不透明物質(10)＞斜方輝石(5)＞岩片(<1)

各粒子の特徴

(1) 斜長石：径 0.7mm 以下，短柱状が多い．双晶および累帯構造が顕著である．自形あるい半自形の粒子が多い.

(2) 石　英：径 0.7mm 以下．比較的角ばっている結晶が多い．自形の粒子および一部融食形を示す粒子も認められる.

(3) 普通角閃石：主として径 0.8mm 以下，柱状～粒状．淡緑色～緑色の多色性を示し，一部は淡黄色～緑褐色の多色性を示すものもある.

(4) ガラス物質：径 1.0mm 以下の軽石片～軽石型ガラスが多く認められる．軽石片には微細な不透明鉱物を少量ともなうことが多く，微細な石英，斜長石，普通角閃石を少量伴うものもある.

(5) 不透明鉱物：径 0.3mm 以下，自形～半自形.

(6) 斜方輝石：径 0.5mm 以下，柱状～粒状.

(7) 岩　片：径 0.7mm 以下の火山岩片が少量認められる．火山岩片は主に径 0.1mm 以下の針状から短柱状の斜長石とガラス質の石基からなる.

　また，径 1cm の凝灰質細粒砂岩（アーコース質ワッケ）が認められる．この岩片は主に石英・長石・普通角閃石・単斜輝石・黒雲母・ガラス片を構成粒子とする.

岩石薄片写真

略語凡例

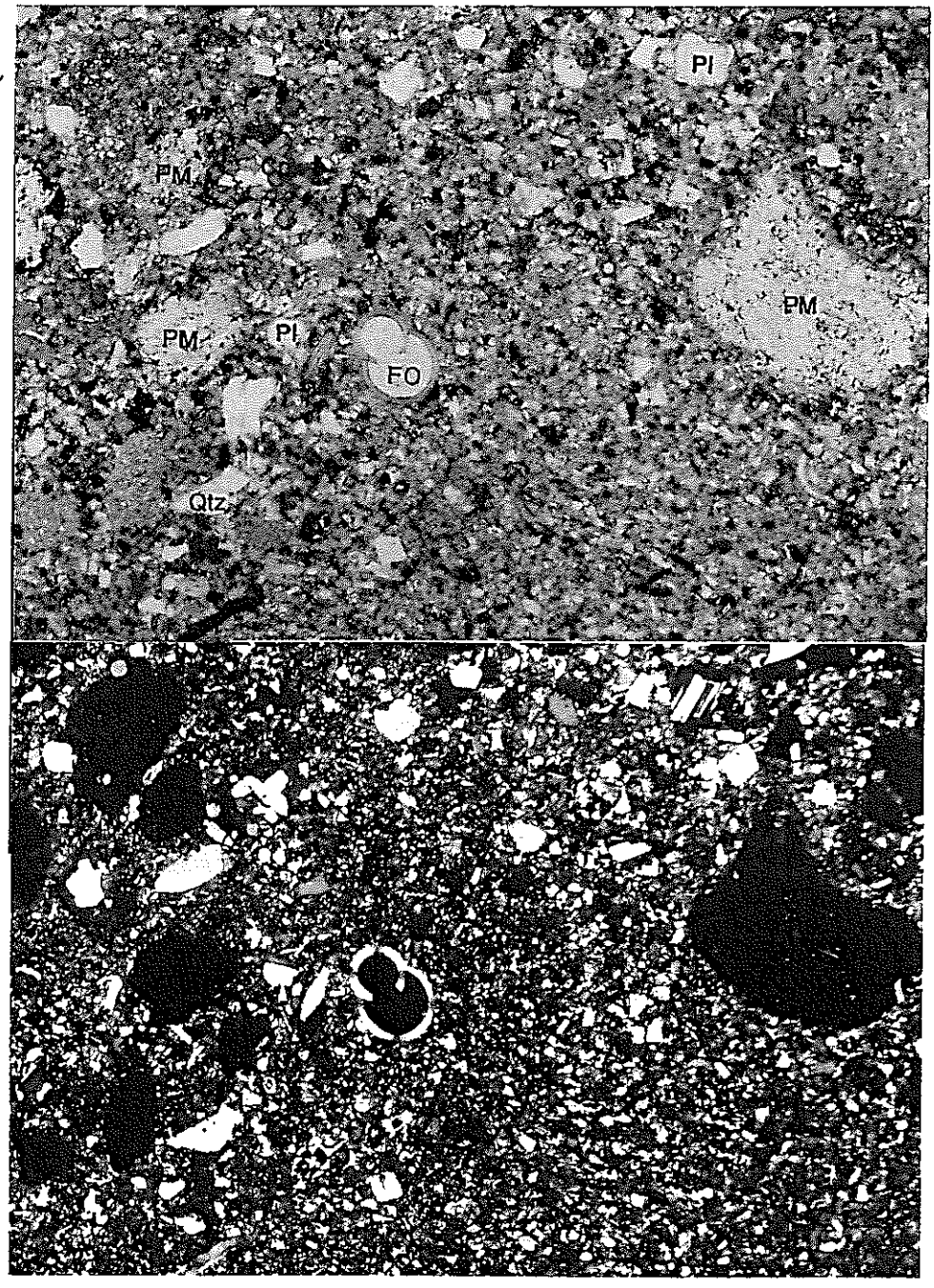
PM	軽　石
FO	化石片
Pl	斜長石
Qz	石　英
Hb	普通角閃石
Cpx	単斜輝石
Opx	斜方輝石

試料番号：ＧＬ-68m

岩石名　：凝灰質中粒砂岩/長石質ワッケ

オープンニコル

クロスニコル

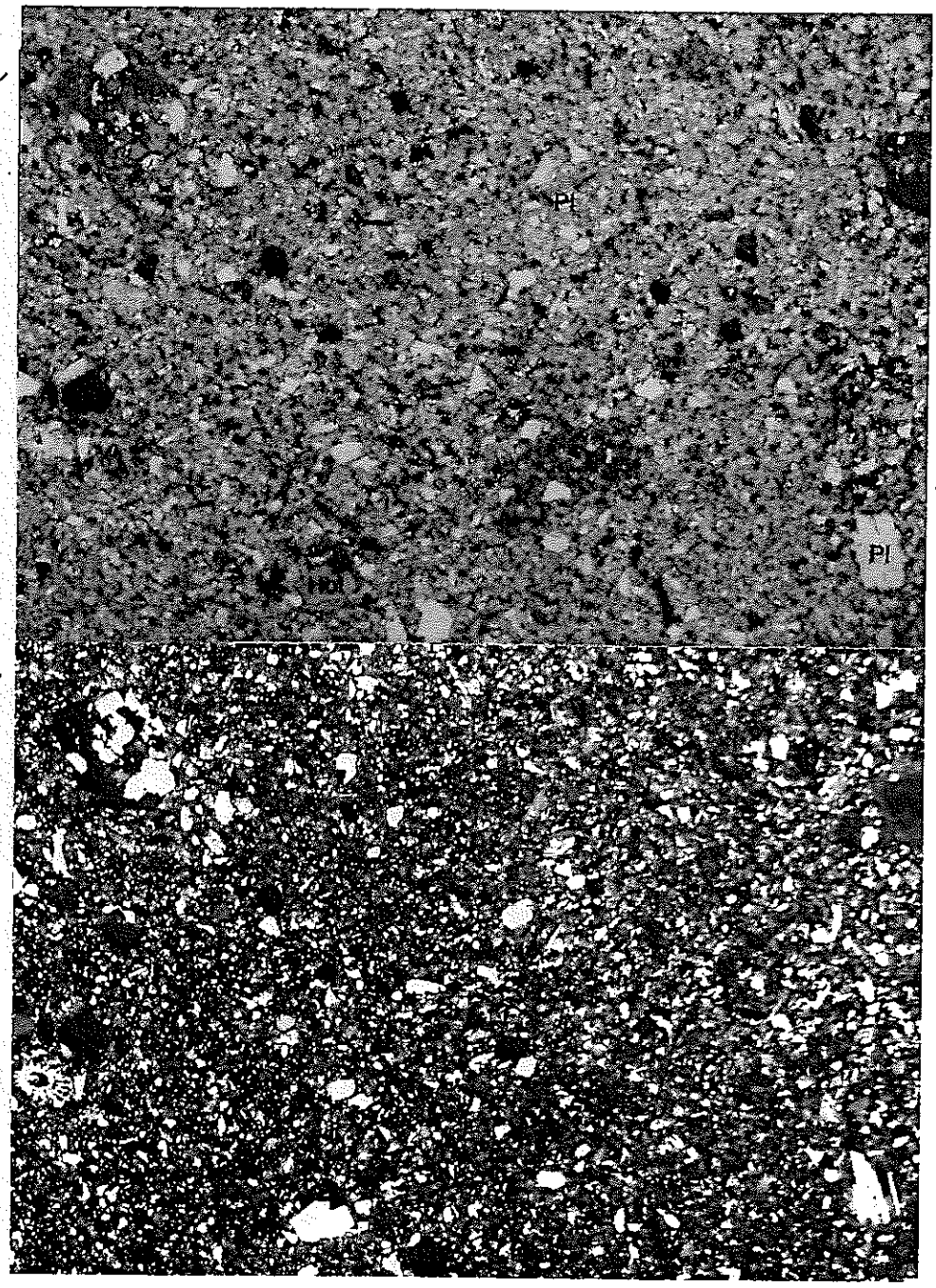


0.5mm

試料番号：ＧＬ-75m
岩石名　：凝灰質細粒砂岩/長石質ワッケ

オープンニコル

クロスニコル

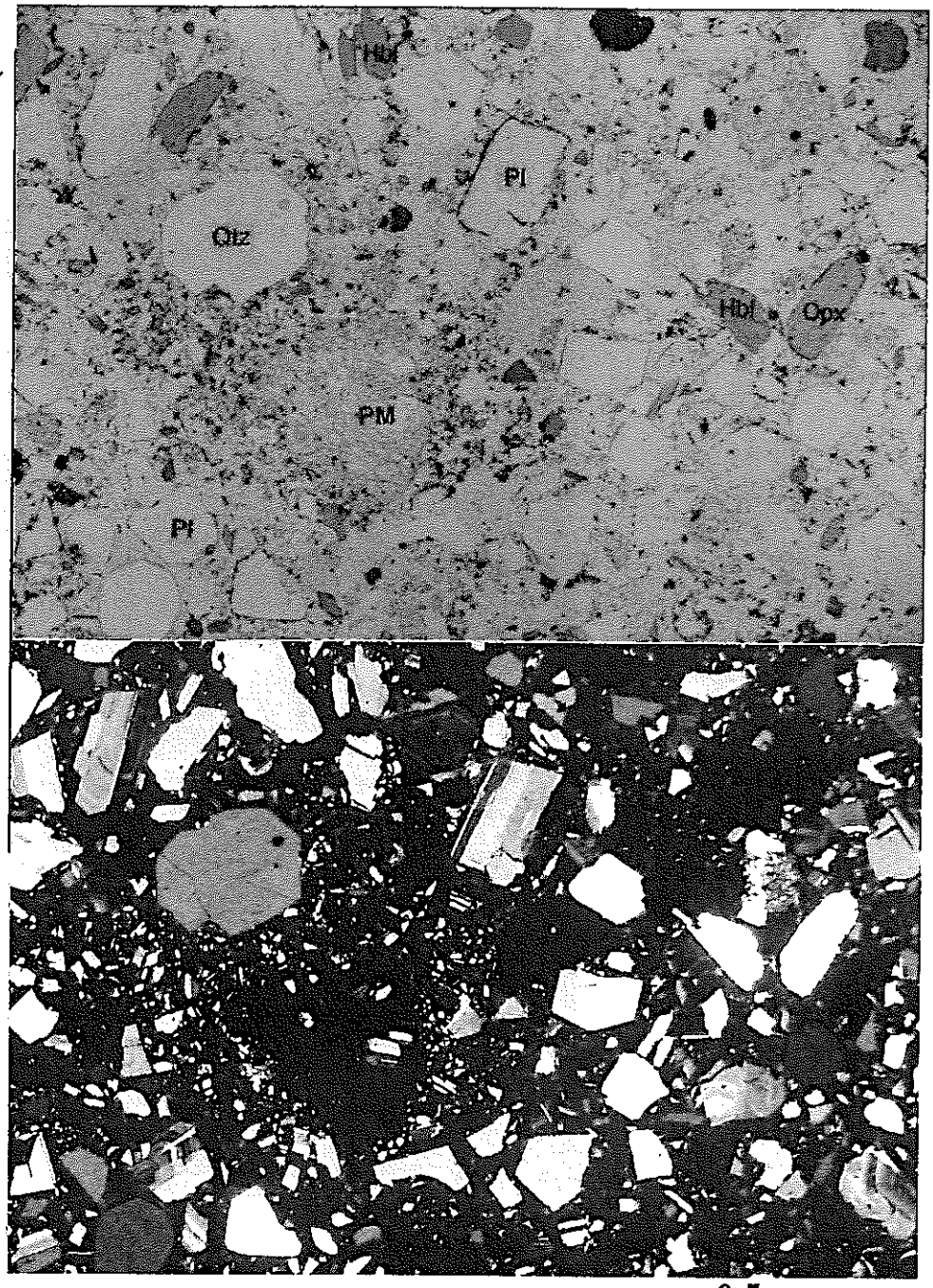


0.5mm

試料番号：ＧＬ-80m
岩石名　：結晶凝灰岩

オープンニコル

クロスニコル



0.5mm

⑤ ポータブル計測器による水質計測結果

ポータブル計測器による水質計測結果

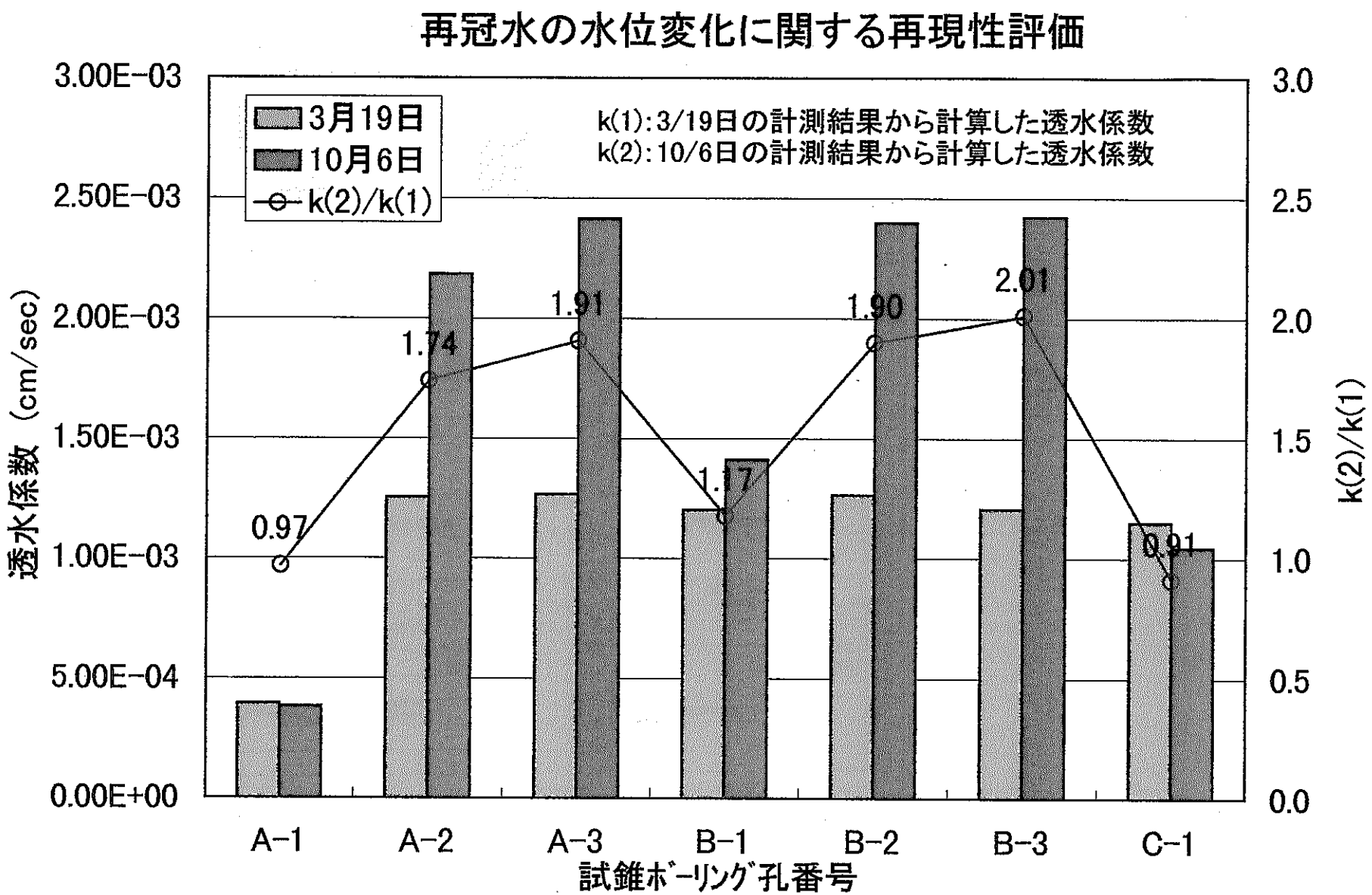
再冠水に関する原位置試験（その１）　25度補正

採水日	場所	pH	温度	EC	温度	DO	温度	臭い	色
			度	μS／cm	度	%	度		
2/6/98	ﾄﾞｰﾑ壁面（階段横）	9.18	17.8	318.0	17.8	36	17.9		
2/13/98	D層	8.15	16.5	369.0	15.9	76	16.3		
2/18/98	50 mﾉｯﾁﾀﾝｸ	8.06	17.6	514.0	17.7	59	17.9		
2/27/98	B-2	7.99	20.5	450.0	20.5	11	20.5		濁
3/12/98	A-3	8.08	17.7	464.0	17.8	20	17.1	異臭	濁
	B-3	7.96	18.5	466.0	18.3	15	18.5	異臭	濁
3/18/98	既存A-2　26m	8.30	17.5	420.0	17.8	33	17.9		濁
4/6/98	A-1	7.55	18.6	390.0	18.4	12	18.3		
	A-2	8.17	17.8	392.0	17.5	10	17.3		
	A-3	7.87	18.4	491.0	18.1	20	18.0	異臭	濁
	B-1	7.60	17.7	441.0	17.4	9	17.8		
	B-2	8.23	17.9	400.0	17.7	7	18.0		
	B-3	8.03	18.3	444.0	18.1	12	18.4		
	既存A-2　底盤面	8.48	18.4	519.0	18.1	3	18.3		
4/21/98	C-1	7.07	17.1	487.0	17.1	10	17.1	異臭	黒濁
5/7/98	A-1	7.47	19.1	376.0	18.9	14	19.1		
	A-2	8.07	18.0	388.0	17.9	17	18.0		
	A-3	8.00	18.1	434.0	17.9	8	18.0	異臭	濁
	B-1	7.42	18.6	413.0	18.7	8	18.7		
	B-2	7.97	18.4	403.0	18.1	16	18.4		
	B-3	8.05	18.3	438.0	18.2	14	18.3		
	C-1	7.57	25.7	473.0	25.5	18	25.3	異臭	黒濁
6/12/98	A-1	7.27	19.7	401.0	19.8				
	A-2	7.66	20.2	399.0	18.5				
	A-3	7.73	20.0	440.0	19.2				
	B-1	7.40	19.9	387.0	18.3				
	B-2	7.61	19.7	454.0	19.9				
	B-3	7.76	20.2	443.0	18.7				
	C-1	7.36	21.0	454.0	20.3			異臭	黒濁
7/9/98	A-1	7.31	19.2	387.0	19.0	7	19.2		
	A-2	7.95	18.8	382.0	18.8	7	18.7		
	A-3	7.63	19.0	402.0	18.7	18	19.0	異臭	希黒濁
	B-1	7.38	18.4	367.0	18.2	6	18.3		
	B-2	7.80	18.8	407.0	18.6	6	18.6		
	B-3	7.94	18.7	436.0	18.7	8	18.7		
	C-1	6.40	20.0	103.1	20.1	8	20.1	異臭	希黒濁
7/13/98	C-1	7.29	19.9	404.0	19.7	11	19.7	異臭	黒濁

再冠水に関する原位置試験（その2）　　25度補正

採水日	場所	pH	温度	EC	温度	DO	温度	臭い	色
			度	μS／cm	度	%	度		
11/19/99	A-1	7.74	18.7	360.4	18.7	—	—		
	A-2	8.23	18.3	416.3	18.3	—	—		
	A-3	8.22	18.6	419.2	18.6	—	—		
	B-1	7.86	18.4	365.0	18.4	—	—		
	B-2	8.04	18.5	420.2	18.5	—	—		
	B-3	8.04	18.6	435.2	18.6	—	—		
	C-1	7.31	13.6	332.4	13.6	—	—	異臭	黒濁
12/24/99	A-1	7.77	18.1	352.4	18.1	—	—		
	A-2	8.3	17.5	384.0	17.5	—	—		
	A-3	8.11	17.8	426.7	17.8	—	—		
	B-1	7.82	17.1	330.9	17.1	—	—		
	B-2	8.12	17.8	384.9	17.8	—	—		
	B-3	8.36	18.0	427.1	18.0	—	—		
	C-1	7.23	15.4	350.2	15.4	—	—	異臭	黒濁
2/12/99	A-1	7.64	17.1	359.2	17.1	—	—		
	A-2	8.18	16.8	379.4	16.8	—	—		
	A-3	8.16	17.2	418.3	17.2	—	—		
	B-1	7.69	17.2	323.1	17.2	—	—		
	B-2	8.13	17.2	403.0	17.2	—	—		
	B-3	8.22	17.6	412.3	17.6	—	—		
	C-1	7.51	14.1	386.5	14.1	—	—	異臭	黒濁

⑥ 透水係数の算出（2回目の再冠水現象を含む）

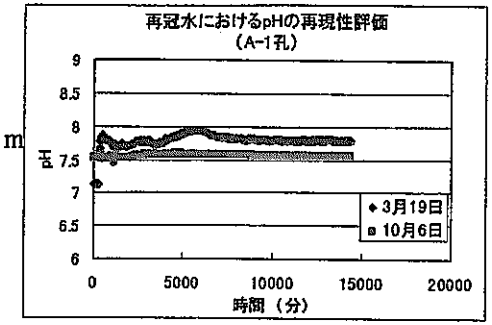


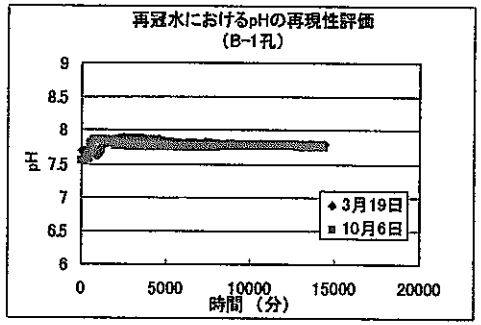
再冠水に関するpH再現性評価（再冠水後10日間のﾃﾞｰﾀ）

（北西方向）　ﾐﾆﾄﾞｰﾑ中心　（南東方向）

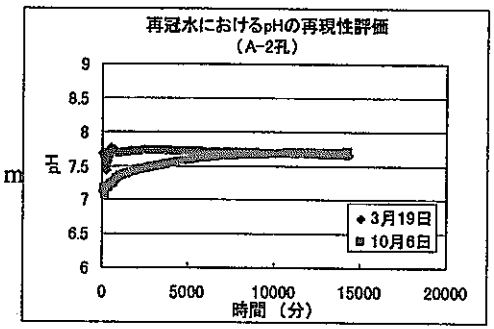
約22 m　約18 m　約40 m

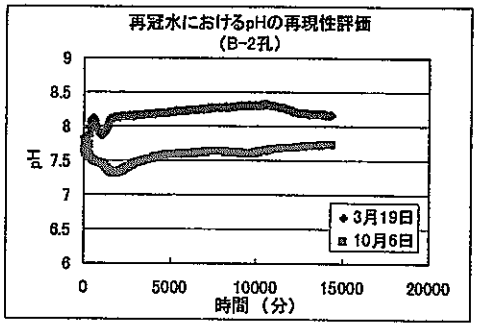
GL-68 m

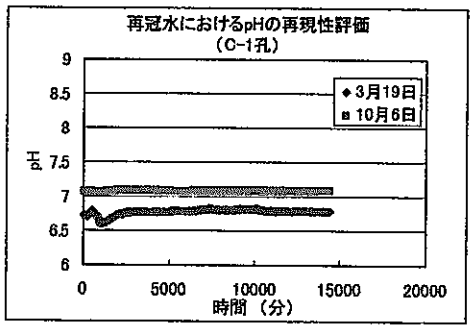




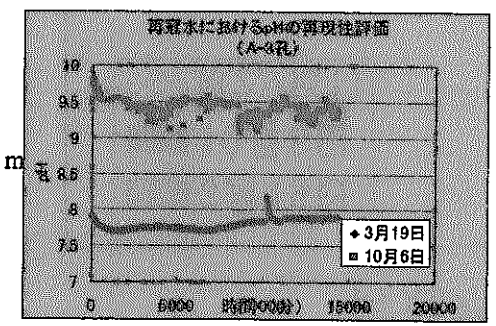
GL-80 m

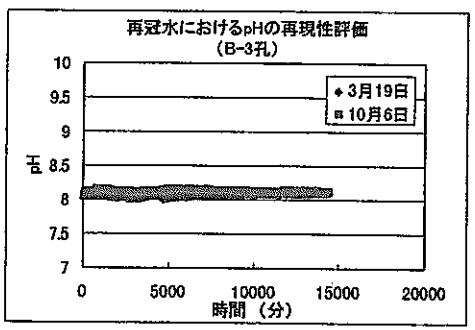






GL-92 m





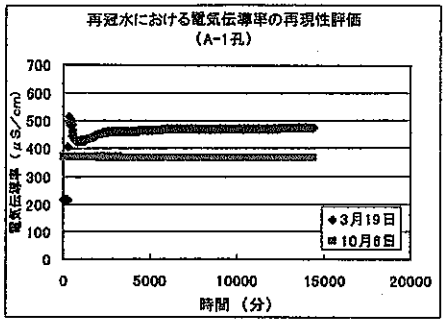
深い

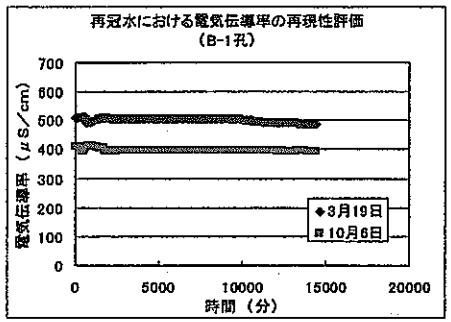
再冠水に関する電気伝導率再現性評価（再冠水後10日間のﾃﾞｰﾀ）

（北西方向）　ﾐﾆﾄﾞｰﾑ中心　（南東方向）

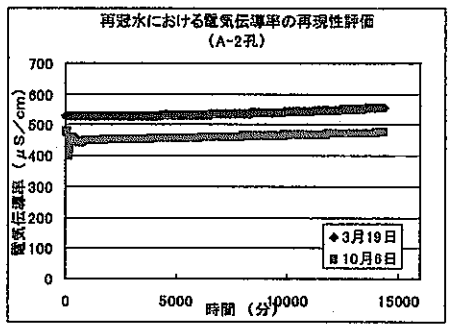
約22 m　約18 m　約40 m

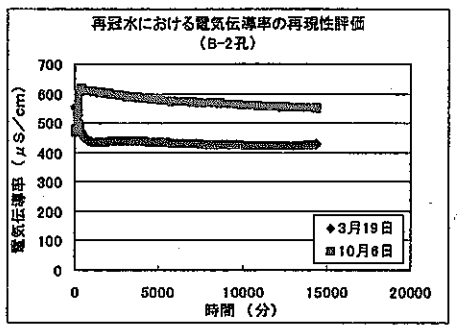
GL-68 m

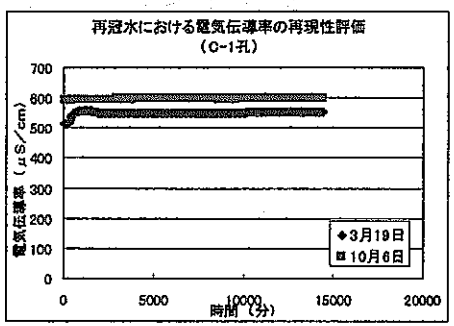




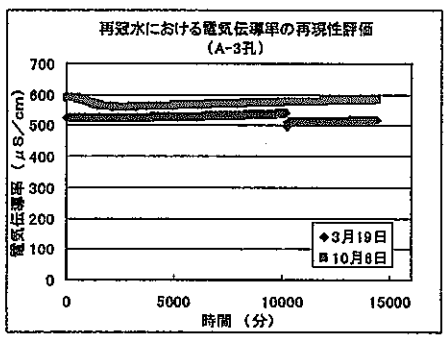
GL-80 m

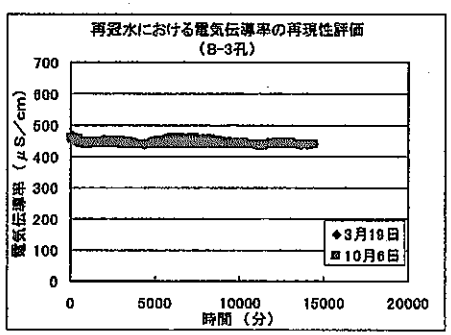






GL-92 m

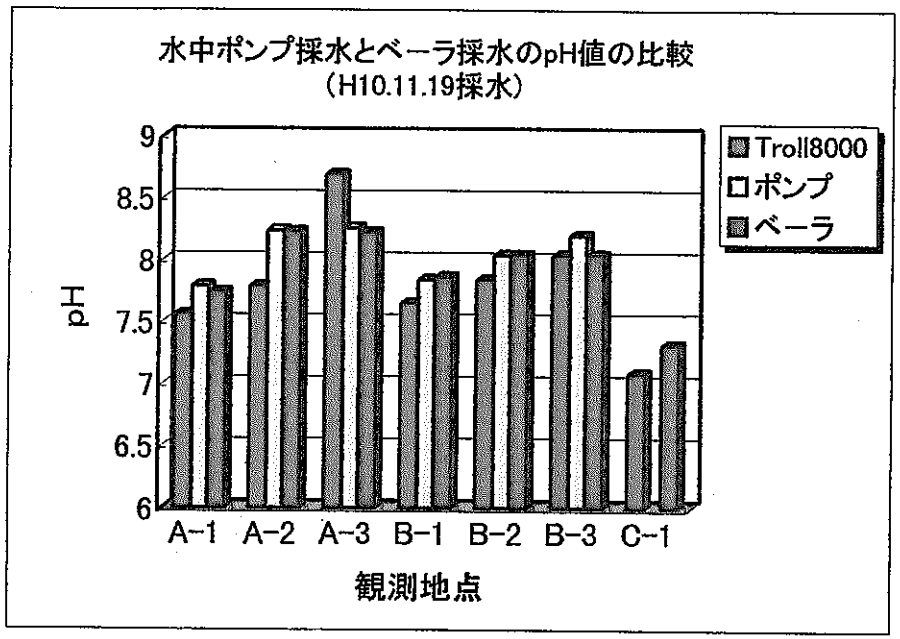


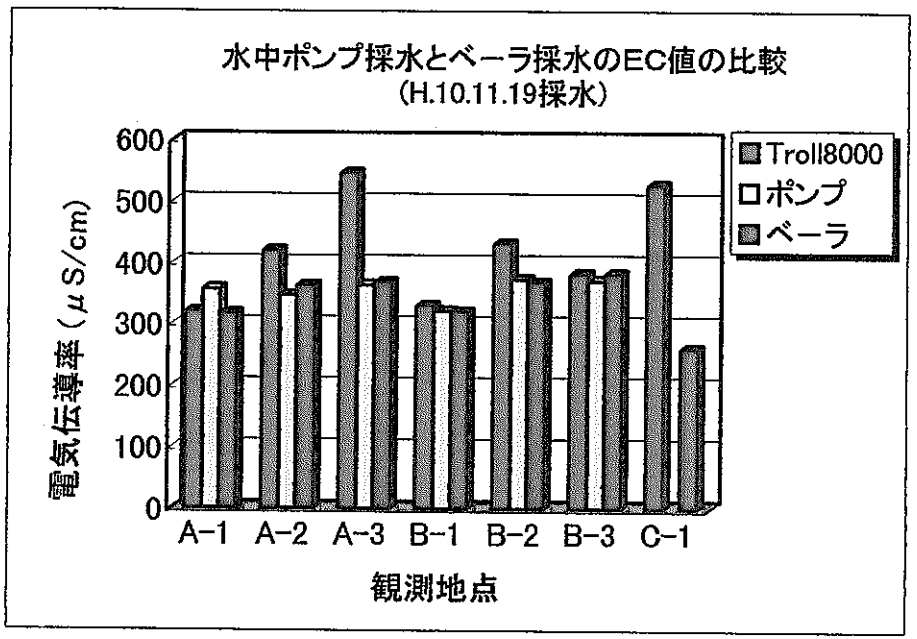


深い

水中ポンプ採水とベーラ採水の比較 (H10/11/19)

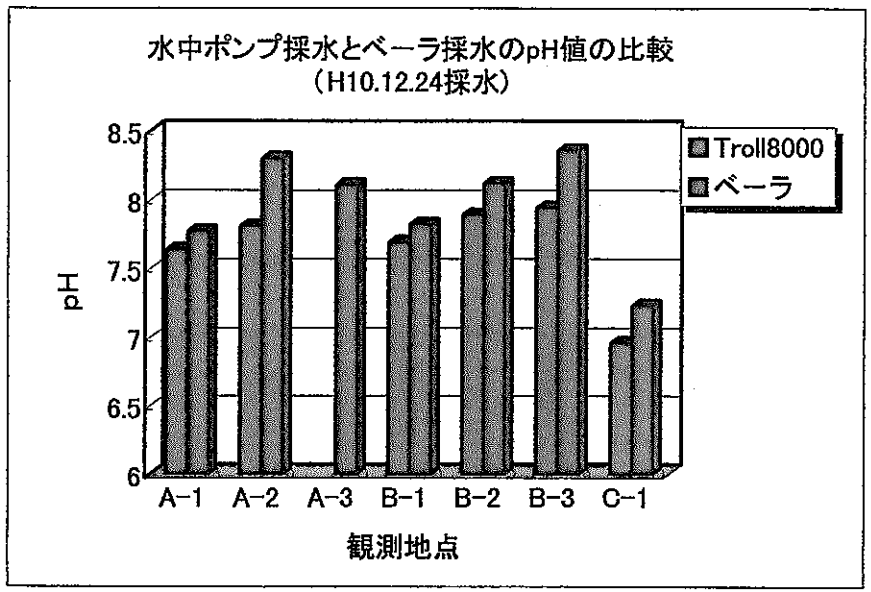
	pH			EC			温度			EC(25度補正)		
	Troll8000	ポンプ	ベーラ	Troll8000	ポンプ	ベーラ	Troll8000	ポンプ	ベーラ	Troll8000	ポンプ	ベーラ
A-1	7.56	7.79	7.74	320	357	316	18.22	19.2	18.7	367.6	401.5	359.2
A-2	7.79	8.24	8.23	419.9	347	363	17.8	19.2	18.3	486.9	390.2	416.3
A-3	8.69	8.26	8.22	546	364	368	18.05	18.7	18.6	629.6	413.8	419.2
B-1	7.65	7.84	7.86	329.6	321	319	18.05	18.6	18.4	380.0	365.7	365.0
B-2	7.84	8.04	8.04	431	373	368	18.14	19	18.5	496.0	421.3	420.2
B-3	8.04	8.2	8.04	381.6	371	382	18.2	19	18.6	438.6	419.0	435.2
C-1	7.08		7.31	526.4		260	16.91		13.6	622.6	0.0	332.4

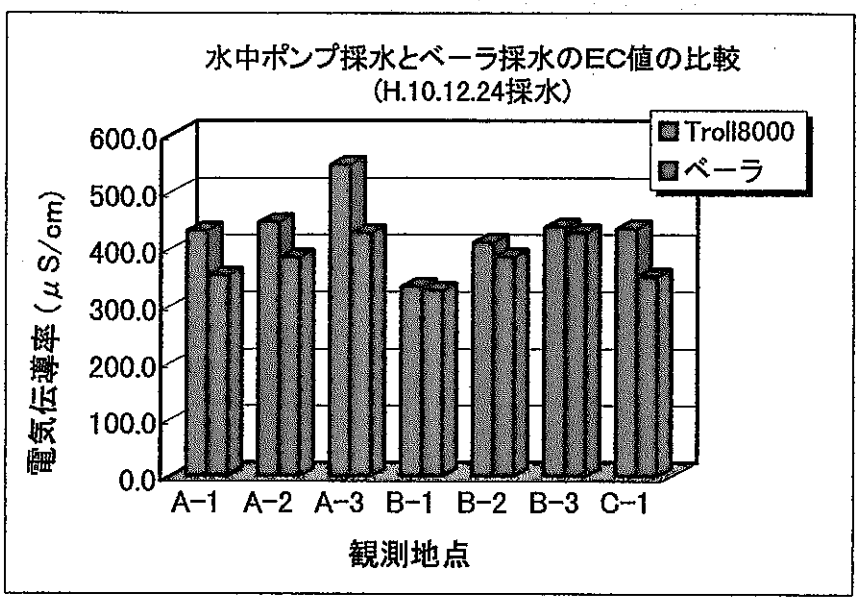




Troll8000とベーラ採水の比較（H10/12/24）

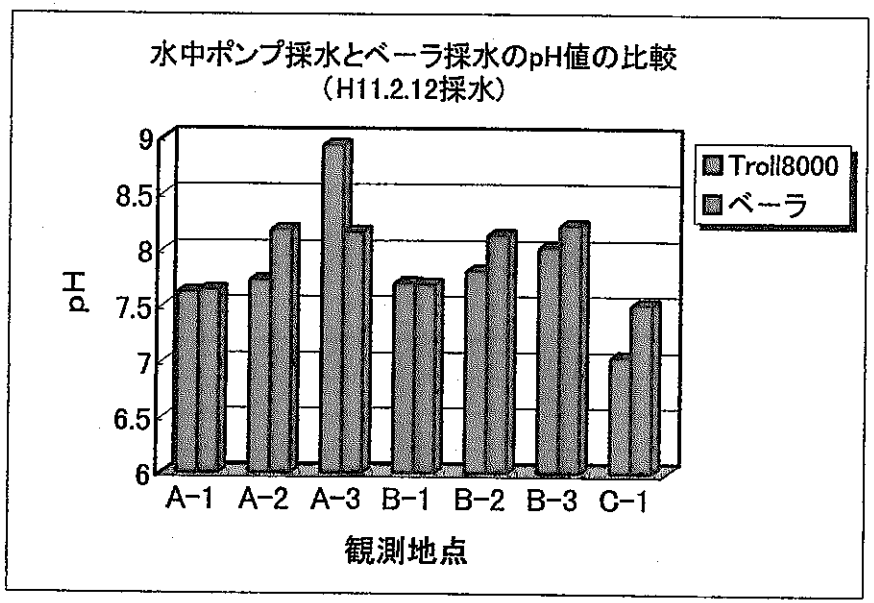
	pH		EC		温度		EC(25度補正)	
	Troll8000	ベーラ	Troll8000	ベーラ	Troll8000	ベーラ	Troll8000	ベーラ
A-1	7.64	7.77	375.4	306	18.26	18.1	430.9	352.4
A-2	7.81	8.3	385	329	17.84	17.5	446.0	384.0
A-3		8.11	475.5	368	18.17	17.8	546.8	426.7
B-1	7.69	7.82	290.3	281	18.3	17.7	332.9	326.5
B-2	7.89	8.12	356.9	332	18.18	17.8	410.4	384.9
B-3	7.94	8.36	380.7	370	18.21	18	437.4	427.1
C-1	6.96	7.23	367.6	286	16.92	15.4	434.7	350.2

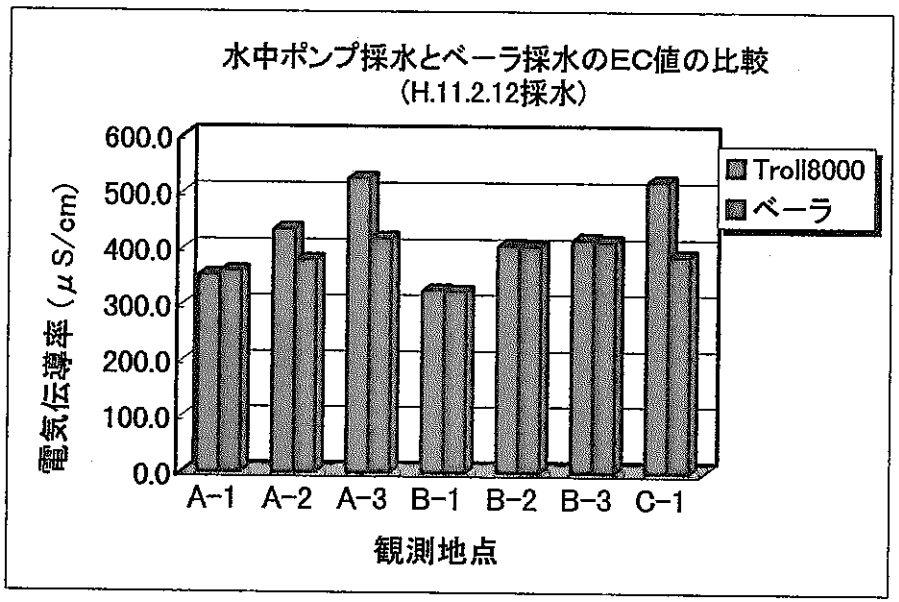




Troll8000とベーラ採水の比較（H11/2/12）

	pH		EC		温度		EC(25度補正)	
	Troll8000	ベーラ	Troll8000	ベーラ	Troll8000	ベーラ	Troll8000	ベーラ
A-1	7.62	7.64	307.1	305	18.3	17.1	352.2	359.2
A-2	7.73	8.18	375.3	320	17.89	16.8	434.3	379.4
A-3	8.93	8.16	456	356	18.14	17.2	524.8	418.3
B-1	7.7	7.69	283.1	275	18.27	17.2	324.9	323.1
B-2	7.81	8.13	353.2	343	18.22	17.2	405.7	403.0
B-3	8.02	8.22	362.2	354	18.22	17.6	416.1	412.3
C-1	7.04	7.51	439.2	306	16.91	14.1	519.5	386.5





⑨　（追加試験）ベーラ採水による揚水量と水質の関係

1）　試験目的：今回の調査結果から、Troll8000 の計測データに揚水の影響があることが確認されている。そこで追加調査により、揚水量と水質の関係を詳細に調べることを目的とする。

2）　試験方法：A－１孔、およびA－３孔の２地点を観測地点として、ベーラ採水で引き上げた１回目～６回目の試料に対してｐＨ、電気伝導率を調べる。ここで、ｐＨ、および電気伝導率はポータブル計測器を用いて計測した。採水順番は、深度の浅いA－１孔を最初に行う。

3）　試験結果

図１にベーラのよる揚水量とｐＨの関係を示す。

図より、ｐＨについてはA－１孔（破砕帯部）で揚水量が多くなるに従って値が大きくなっている。定量的には、0.001 m^3の値に比べ0.006 m^3の値が0.48ほど大きい。また、その影響は0.003 m^3まで生じている。しかしA－３孔（軽石層）では揚水量によるｐＨの変化は確認されなかった。

以上から、ベーラ採水におけるｐＨ値への影響は軽石層ではほとんど無いが、破砕帯部では確認された。

図２にベーラのよる揚水量と電気伝導率の関係を示す。

図より、A－１孔（破砕帯部）の電気伝導率については、Troll8000 の引き上げ直前値に比べポータブル計測器の 0.006 m^3 での値は 12.90μS/cm 減少している。ここで、事前に実施した同じ水に浸けた時のA－１孔の Troll8000 センサーとポータブル計測器の誤差は 0.90μS/cm あった。よって、Troll8000 センサーとポータブル計測器の誤差の割合は 0.09/12.90=0.7 %と小さい。よって、今回の試験では揚水によって約 12μS/cm 減少していることが確認された。

次に、A－３孔（軽石層）では Troll8000 での引き上げ直前値に比べポータブル計測器の 0.006 m^3 での値は 69.05μS/cm 減少している。事前に実施した同じ水に浸けた時のA－３孔の Troll 8000 センサーとポータブル計測器では 0.15μS/cm の誤差があった。よって、Troll8000 センサーとポータブル計測器の誤差の割合は 0.015/69.05=0.02 %と小さい。

よって、今回の試験では、揚水によって約 70μS/cm 減少し、その影響は 0.003m^3 まで及んでいることが確認された。

ここで、再冠水（その１）において、A－２孔（軽石層）で実施した揚水の影響調査では、揚水により電気伝導率が 50μS/cm ほど減少することが確認されている。その値と今回の調査結果を比較すると軽石層のA－３孔でほぼ同じ程度、破砕帯部では低めに得られている。

図３に今回に試験を挟んだ電気伝導率の連続データ（Troll 8000 データ）経時変化図を示す。

図より、Ａ－３孔（軽石層）では揚水の影響で電気伝導率が極端に減少しているが、Ａ－１孔（破砕帯部）では揚水の影響はほとんど無い。この傾向は、図２のポータブル計測器での結果と同じである。

また、揚水後の値を比べるとＡ－１、Ａ－３孔とも図２で示した 0.006 m3 でのポータブル計測器の値と Troll 8000 の揚水直後の値はほぼ同じである。

以上から、ベーラ採水による電気伝導率に対する影響は軽石層では大、破砕帯部ではほとんど無いことを確認した。

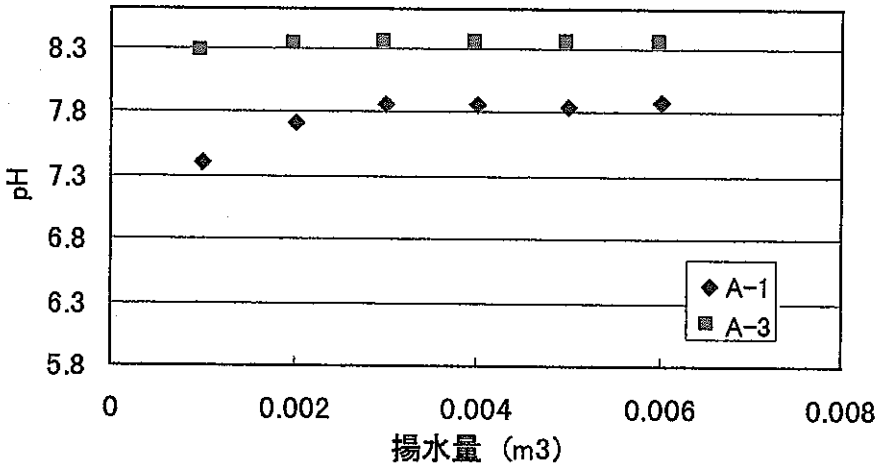


図１　ベーラによる揚水量とｐＨの関係

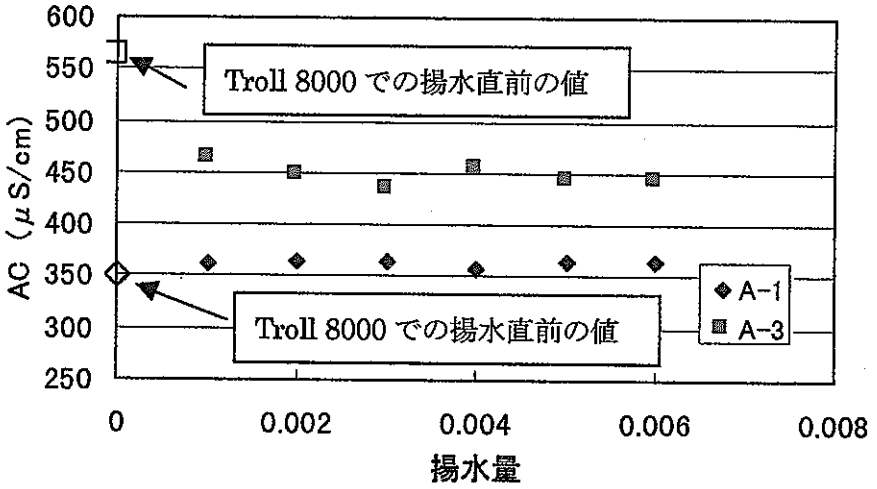


図２　ベーラによる揚水量と電気伝導率の関係

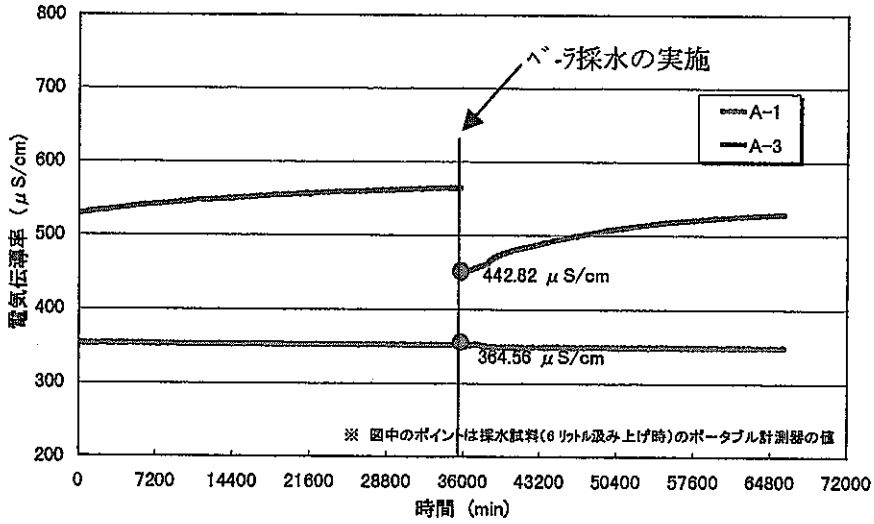


図３　揚水を挟んだ電気伝導率の変化