

正馬様洞 A N-1 号孔における地下水採水

報 告 書

昭和 63 年 12 月

清水建設株式会社

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。

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

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

© 核燃料サイクル開発機構  
(Japan Nuclear Cycle Development Institute) 2005

正馬様洞AN-1号孔における地下水採取報告書

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

石井 卓<sup>\*</sup>, 安達建男<sup>\*</sup>, 堀江芳博<sup>\*</sup>

要 旨

本報告書は1988年9月から12月にかけて、正馬様洞AN-1号孔において実施した地下水採取作業および採取時に計測されたデータについて取りまとめたものである。

地下水採取を行ったAN-1号孔は、岐阜県東部の東濃地域の基盤岩である花崗岩中に掘削されており、この地域の花崗岩は、中生代末～古第三期初期に貫入したと考えられており、粗～中粒雲母花崗岩、斑状雲母花崗岩、中粒角閃石黒雲母花崗岩などからなり、板状の節理が発達している。地域の西部には粘板岩、ホルンフェルスなどの古生層の基盤もあるが、大部分は上記花崗岩が占めている。

採水は、動燃式深層地下水採取装置を用いて3深度について行った。水質の測定項目は水圧、電気伝導度、Eh、ウラン濃度、pHなどである。

報告書の最後には、本装置の検討課題について考察を加えた。

---

本報告書は、清水建設株式会社が動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務成果に関するものである。

事業団担当部：動力炉・核燃料開発事業団

※：清水建設株式会社

# 目 次

	ページ
はしがき .....	1
1. 業務概要 .....	2
2. 地質概要 .....	3
3. 採水器概要 .....	8
4. 採水時の計測結果 .....	10
4.1 作業方法 .....	10
4.2 深度 -77.4～ -80.6m .....	12
4.3 深度 -100.2 ～-103.4m .....	17
4.4 深度 -163.0 ～-166.2m .....	22
4.5 センサーの検定 .....	27
5. 考察 .....	30
6. 今後の課題 .....	34



はしがき

本報告書は、AN-1号孔における地下水採水作業および採水時に計測されたデータについてとりまとめたものである。

作業実施にあたり、動力炉・核燃料開発事業団の御担当各位には種々の便宜を図って頂きました。また、実施作業や本報告書をまとめるにあたり、筑波大学嶋田講師に技術的御指導を頂きました。その他御協力していただいた関係各位に対しここに深く感謝いたします。

清水建設株式会社

原子力本部プロジェクト部

石井 卓、安達建男

堀江芳博

1. 業務概要

- (1) 件名 正馬様洞AN-1号孔における地下水探水
- (2) 場所 岐阜県瑞浪市月吉正馬様洞 AN-1号孔
- (3) 期間 自 昭和63年9月26日  
至 昭和63年12月26日
- (4) 内容 動燃式深層地下水探水装置による地下水の探水及び探水時計測データのまとめ
- (5) 工程

	9	10	11	12
現場測定				
報告書作成				▽

△報告書提出

## 2. 地質概要

採水を行ったAN-1号孔は、岐阜県東部の東濃地域にある堆積型ウラン鉱床地帯の基盤岩である花崗岩盤中に掘削されている。(図2.1)

この地域の花崗岩は、中生代末～古第3紀初期に貫入したと考えられており、粗～中粒黒雲母花崗岩、斑状雲母花崗岩、中粒角閃石黒雲母花崗閃緑岩などから成り、板状の節理が発達している。地域の西部には粘板岩、ホルンフェルスなどの古生層の基盤もあるが、地域の大部分は上記花崗岩が占めている。

割れ目の分布状態がBTVや各種検層結果、又水理特性が透水試験結果により、図2.2～2.4のように求められている。今回行った採水ポイントは、装置の到達可能深度とこれらの試験結果を参考に選定されたものである。

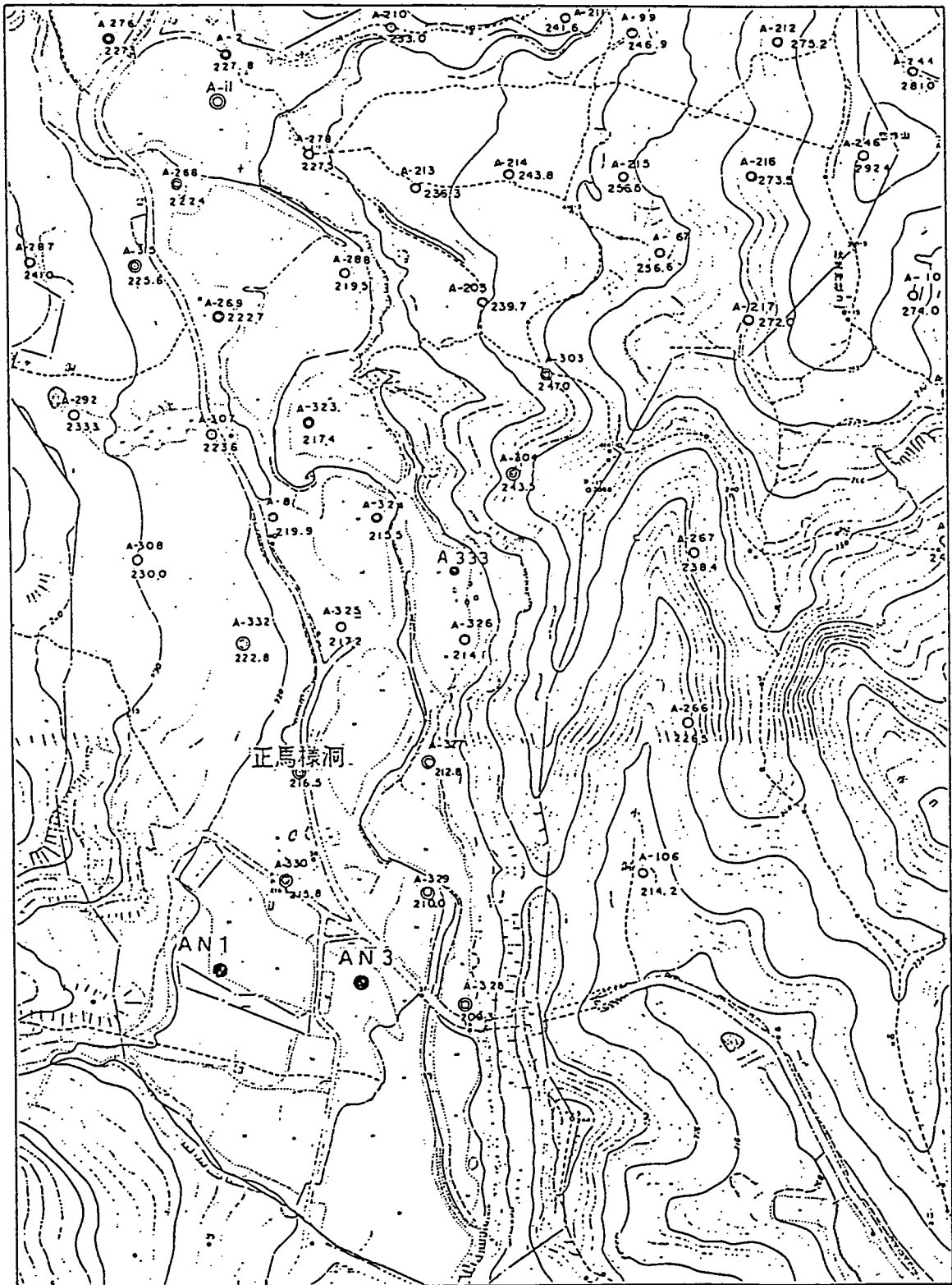


図2.1 調査実施箇所 (AN-1)

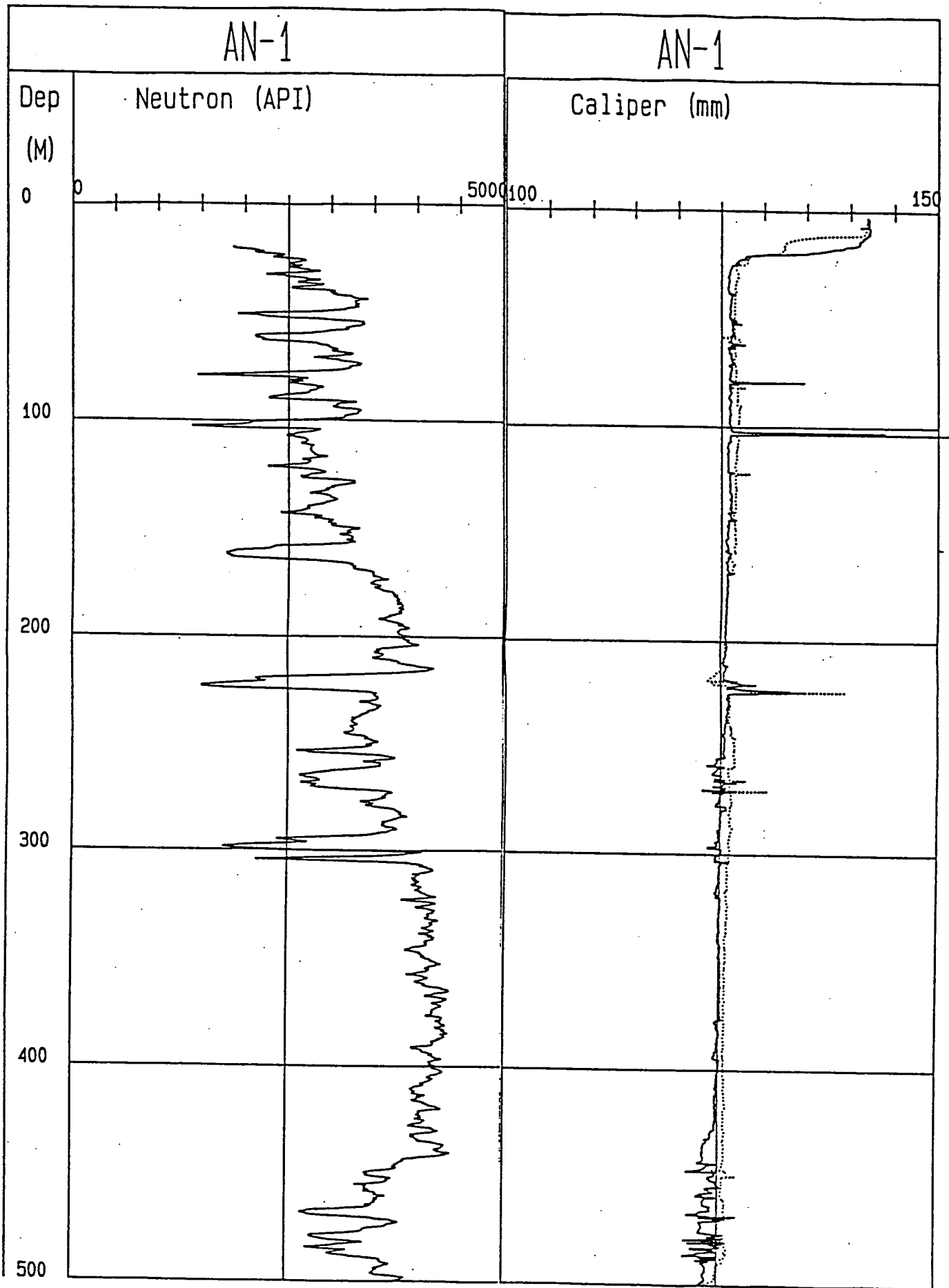


図2.2 探水区間状況 (中性子、キャリパー検層結果)

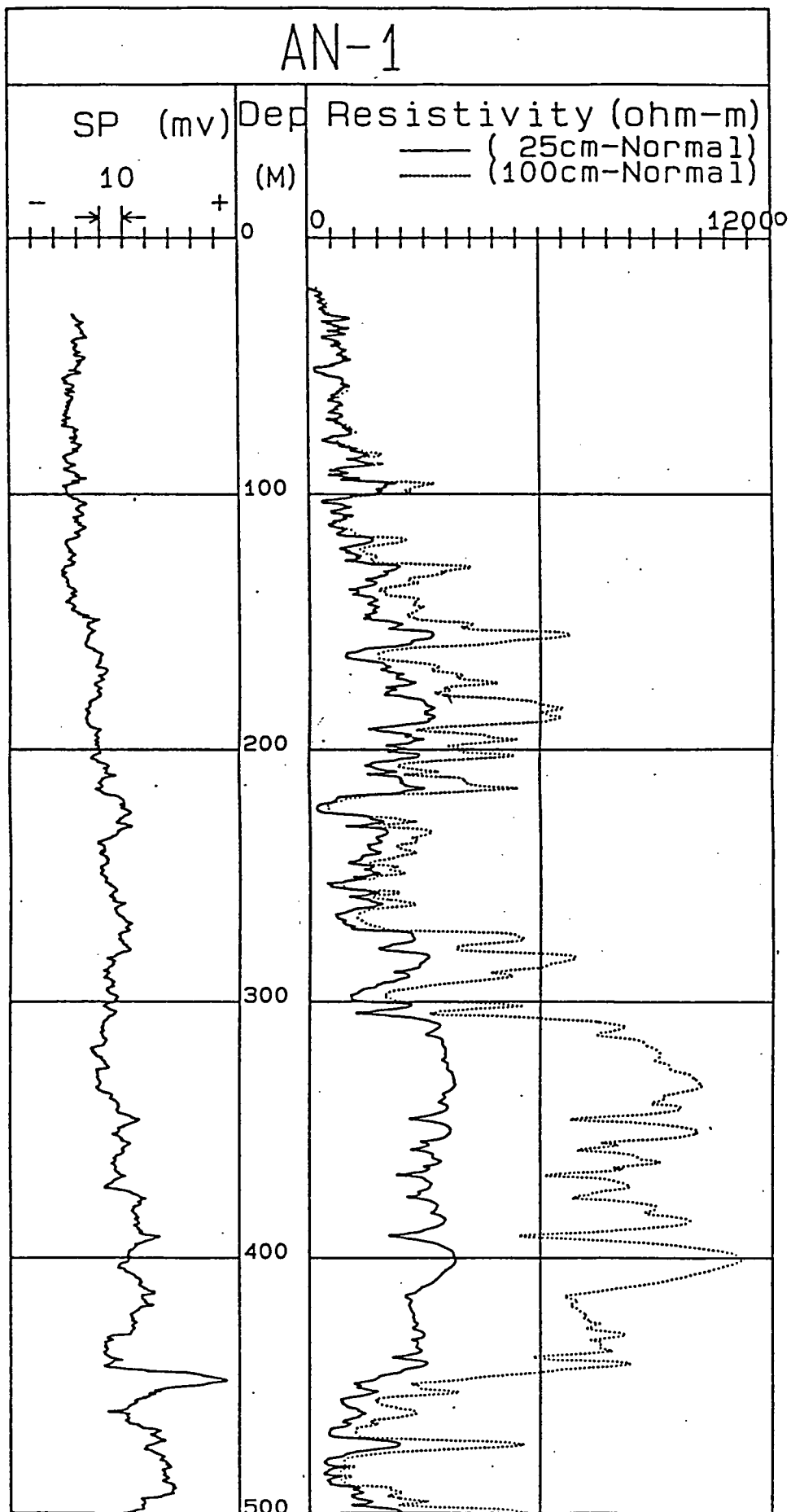


図 2.3 採水区間状況 (SP、電気検層結果)

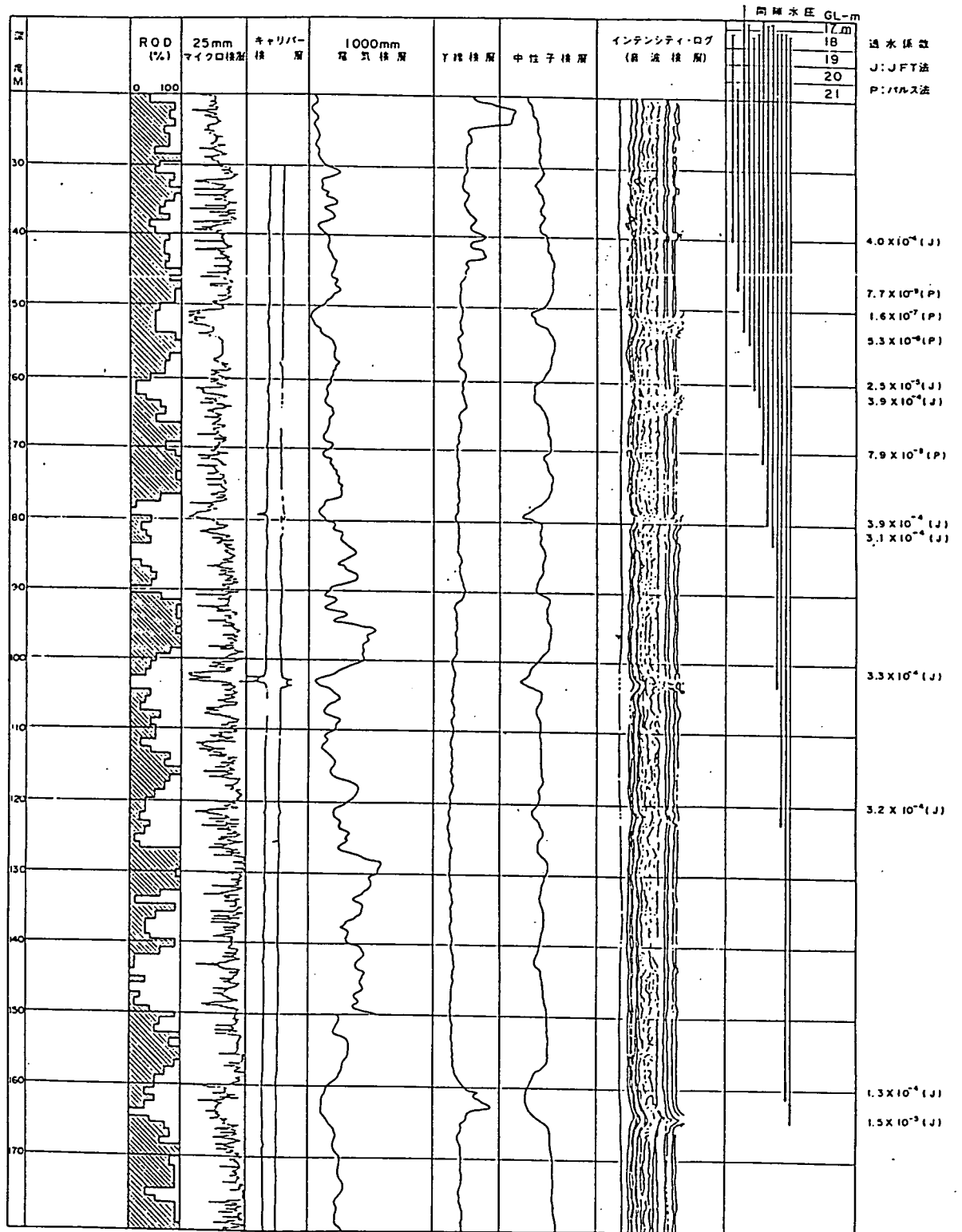


図 2.4 AN-1 各種検層結果一覧 (GL 0 ~ -170 m)

### 3. 採水器概要

今回の採水作業に用いた地下水採水装置（動燃式深層地下水採水装置）は、次のような特徴をもつ。

- ① ダブルパッカーを用いて区間閉鎖し、地層の真の地下水（試錐時の掘削水や他深度の湧水層の水の影響を受けていない。目的とする深度の地層に本来賦存していた地下水）が採水できる。
- ② 岩盤内の地下水ポテンシャルを把握できる。
- ③ 地上へ揚水した地下水を空気と接することなく水質測定できるとともに、原位置における地下センサーからのデータからある程度の水質測定も可能である。

本装置のシステム概要を図3.1に示す。

本装置の主な仕様を下表に示す。

	適用範囲
深 度	400m (ケーブル全長 450m)
採 水 量	50~70ml/min
地下センサー	
水圧	0~100kgf/cm <sup>2</sup>
PH	2~12 pH
Eh	-1000 ~ 1000 mV
EC	0~1000 μS/cm
水温	-2~40℃
コアセル内センサー	
PH	0~14 pH
Eh	-1400 ~ 1400 mV
EC	1~10 <sup>4</sup> μS/cm
水温	0~60℃



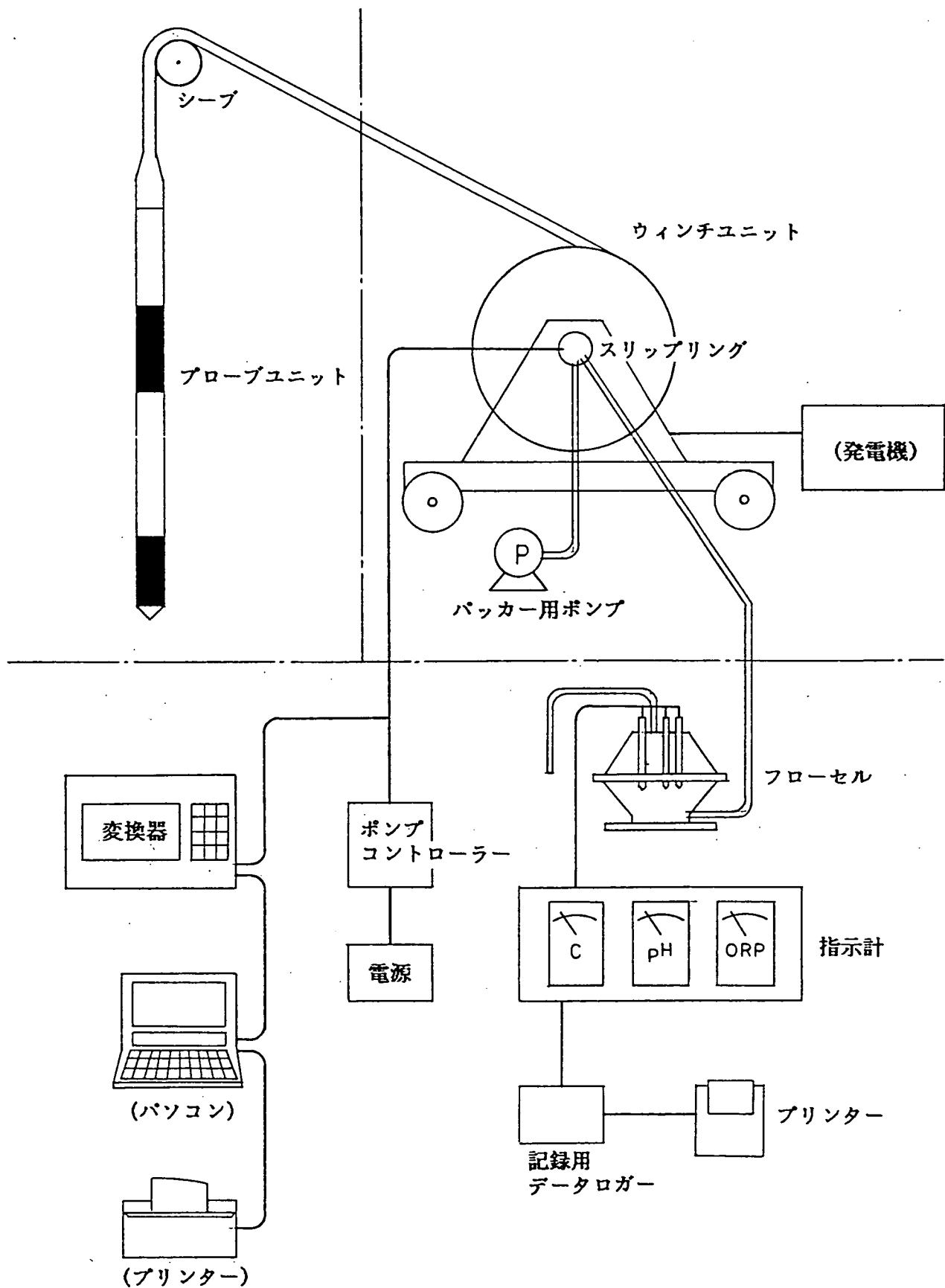


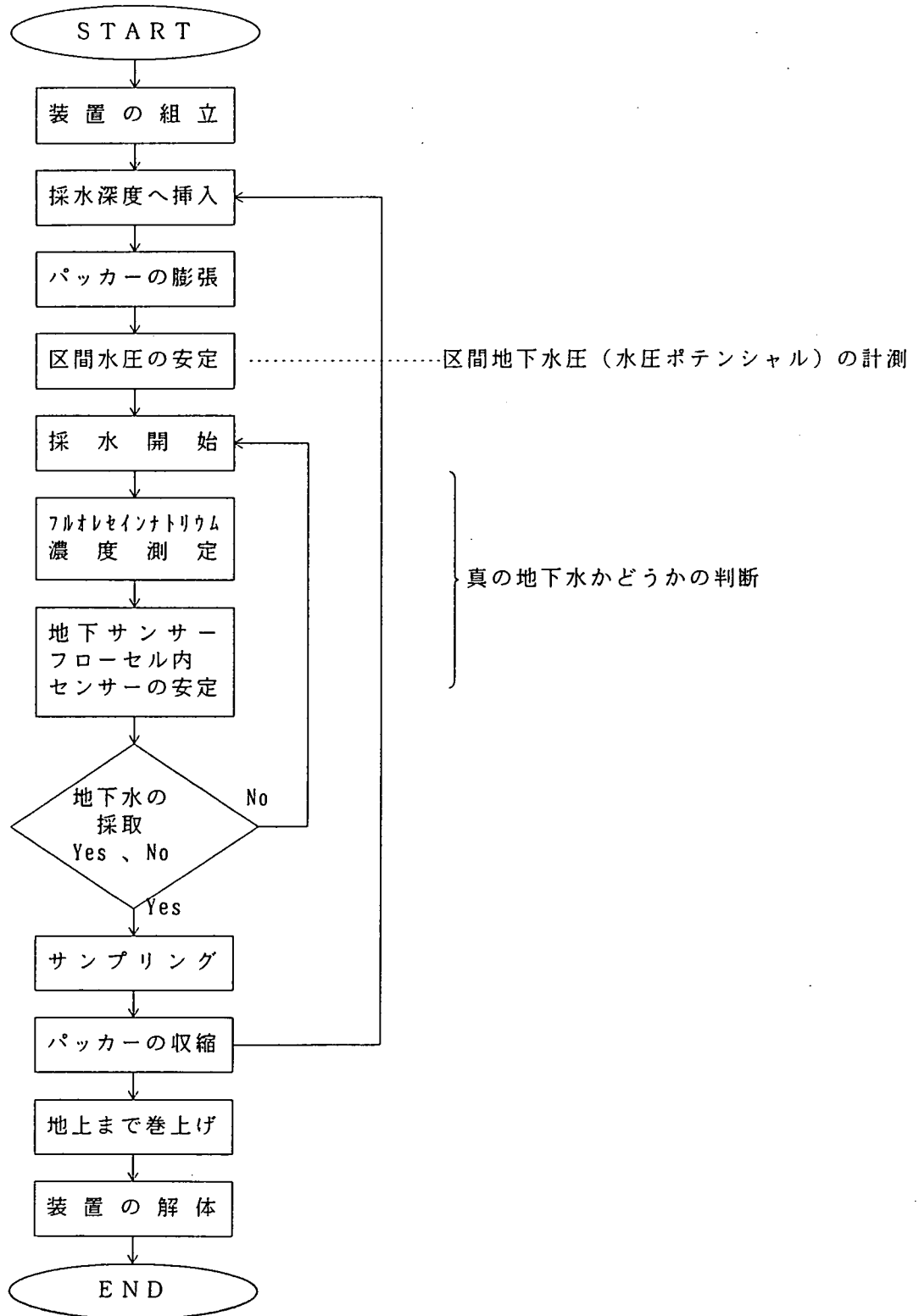
図3.1 地下水検層器システム構成図

( ) 内は本システム機器には含まれない

#### 4. 採水時の計測結果

##### 4.1 作業方法

採水作業のフローを以下に示す



今回の採水作業では、上下バッカー区間を3.20mに設定し、下記の3点で地下水の採取を行った。

- ① GL-77.4~80.4m
- ② GL-100.2~103.4m
- ③ GL-163.0~166.2m (ボーリングケーシング上端からの深度)

これらのゾーンは透水試験結果からいずれも透水性の高いゾーン ( $10^{-4}$ cm/sオーダー) である。プローブの深度位置の同定は、当初水圧センサーの読み取り値と孔内水位とから計算で求める予定であったが、

- 採水時間の短縮のためバッカー区間を通常の5.2mより短くしたこと。
- BTVの映像を参考にバッカーのゴム部に孔壁岩盤部にある大きな亀裂がはいらないよう、深度の精度を数十cmの誤差内に収めたかったこと。
- 水圧センサーの精度上の問題
- 採水作業中見舞われたコネクタの浸水トラブルなどによるセンサー読み値のドリフトや再現性の問題

などの理由から最終的にスチール製の巻尺(90m)をケーブルと共に孔内に降下させて測った深度をもって採水対象深度を決定した。

上下のバッカー圧は、設定圧として地上の圧力計の値が約 $16\text{kg}/\text{cm}^2$ になるようにセットした。

今回の採水作業中、いずれの採水点においても採水開始から数日間程度は多少のバッカー圧力低下が見られたが、その後は圧力低下はほとんどなく、安定した状態であった。

採水作業中は、地上フローセル内センサー(地上センサー)とプローブ内現位置のセンサー(地下センサー)にて水質(水温、pH、Eh、EC)の計測を行った。

地下センサーによる計測は、長時間経過後、読み取り不能となる場合が生じたが、採水作業はそのまま続行し、地上センサー値の安定状況、および採水中のフルオレセインナトリウム( $\text{C}_{20}\text{H}_{10}\text{Na}_2\text{O}_5$ 、ウラニン)濃度変化状況から地下水サンプルの採否を判断し、最終的に一定量の地下水を採取して作業を終了した。

#### 4.2 深度 -77.4～ -80.6m

- パッカーを膨張させ、区間を閉鎖させた時の区間水圧は、圧力センサーでみる限り変化は見られず、静水圧状態であった。

また採水作業中の採水量は、50～60ml/分で採水ポンプの最大性能に近い状態であったが、採水中の区間地下水圧の変化もほとんどみられず、閉鎖区間の異常減圧はなかった。

採水ポンプ移動後のセンサー値、ウラニン濃度の計測結果を図4.2.1に示す。

- 図中の丸印は採水された地下水中のウラニン濃度（単位：ppb）の変化である。パッカー間 3.2mの場合、区間孔内地下水量 約17.5ℓ、450mケーブル内の水量約5.6ℓ、又地上フローセル内水量 約2ℓとして合計約25ℓで区間地下水の総入替えが行われることになり、基本的にまず 450mケーブル内水と地上フローセル内水が入れ替わった時点でサンプリングしてウラニンの初期濃度とし、その後は25ℓごとにサンプリングし濃度の変化を調べた。（ウラニンの濃度は動燃殿で測定していただいた）

採水総量は、最終的なサンプリング水も含め 358ℓであった。（採水区間水を排除した回数は14回になる）

- ウラニンの濃度は 350ℓ採取してもほとんど変化せず、さらに長期にわたる採水の継続が必要とも考えられるが、ボーリング孔区間外の水が岩盤を通してパッカー区間内へ回り込んでいる可能性も考えられる。

地下水の採取に際しては、空気と接しないよう図4.2.2に示す方法によりサンプリングを行った。経過時間が長くなるにつれ、地下水の色もかすかにグリーン色を呈するものの、ほぼ透明に近いものになり、また当初はラジウム系と思われる異臭を放っていたが、この臭いもかすかに残る程度となった。なお、最終的にサンプリングした地下水は、透明に近いものであったが、長時間経過すると赤茶味を帯びた色に変色した。

採水作業中、採水チューブ内には断続的に気体がいり込んでおり、フローセル内壁は、小さな気泡が付着するようになった。この気体は、地下水に溶け込んでいた成分が、地上に近づくにつれ、その体積を膨張させたものと考えられるが、気体の成分は不明である。

水質の変化状況について以下に記述する。

水温：地下センサー値は17.8℃で一定値であった。

地上では、直射日光が採水チューブやフローセルに当たらないよう留意したが、フローセル内の水温は、気温の日変動に伴う24時間周期の変動を示した。

pH：地上センサー値は、採水開始後徐々に上昇し、70時間経過後は6.6～6.7pHの一定値となった。

地上センサー値は、採水開始時から7.0pH前後で、採水終了までほとんど変化しなかった。

EC：装置に組込まれている地下センサーは、他の交流電源や採水ポンプ稼動に伴うノイズなどの原因により、事前に行った地上センサーとの比較により100～200μS/cm程大きめの値を示すことがわかった。

地下センサー値は、採水当初からあまり変化なく、960μS/cm前後の値（上記補正を考えると860μS/cm程）を示している。

これに対して、地上センサー値は、65時間経過後当りからそれ迄の低減傾向から濃度上昇傾向に変わり、70時間頃から500μS/cmでほぼ一定の値を示している。なお、ECの地上センサー値は次式により18℃に換算したものをグラフ化している。以下深度-100.2～-103.4m、深度-163.0～-166.2mも同様である。

$$\lambda_{18} = \frac{\lambda_t}{1 + 0.022(t-18)} \quad \begin{array}{l} \lambda_t : t \text{ } ^\circ\text{C} \text{ のときの伝導度} \\ t : \text{水温} \end{array}$$

Eh：地下センサー値は採水開始から低下し、ECと同じく65時間経過後当りから-420mVでほぼ一定となった。

地上センサー値は一度低下したものが60時間経過あたりから急激に上昇し、70時間から作業終了まで0～-20mVの一定値を示した。

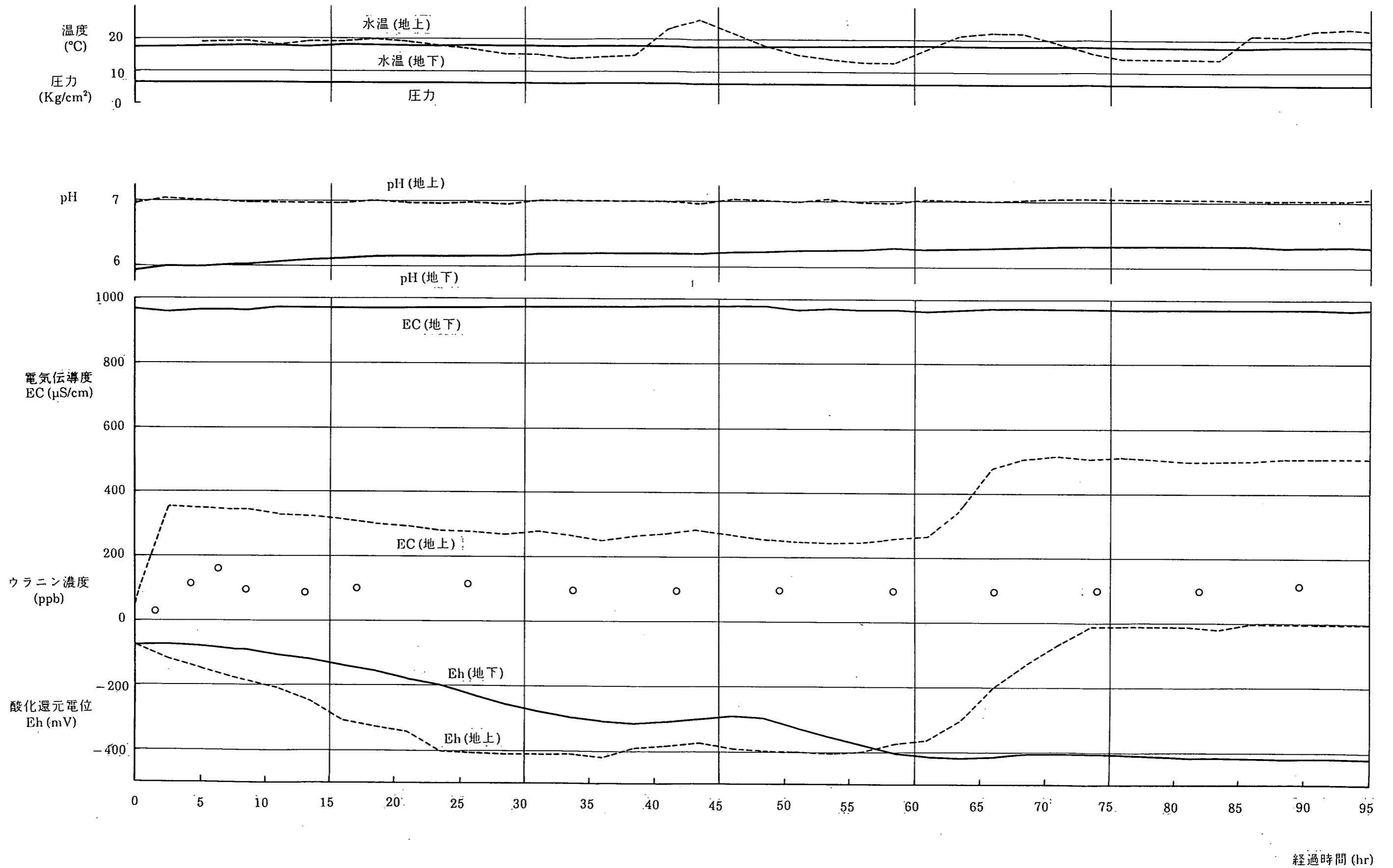


図4.2.1 (1) 水質の計測結果 (深度 -77.4 ~ -80.6m) - 14 -

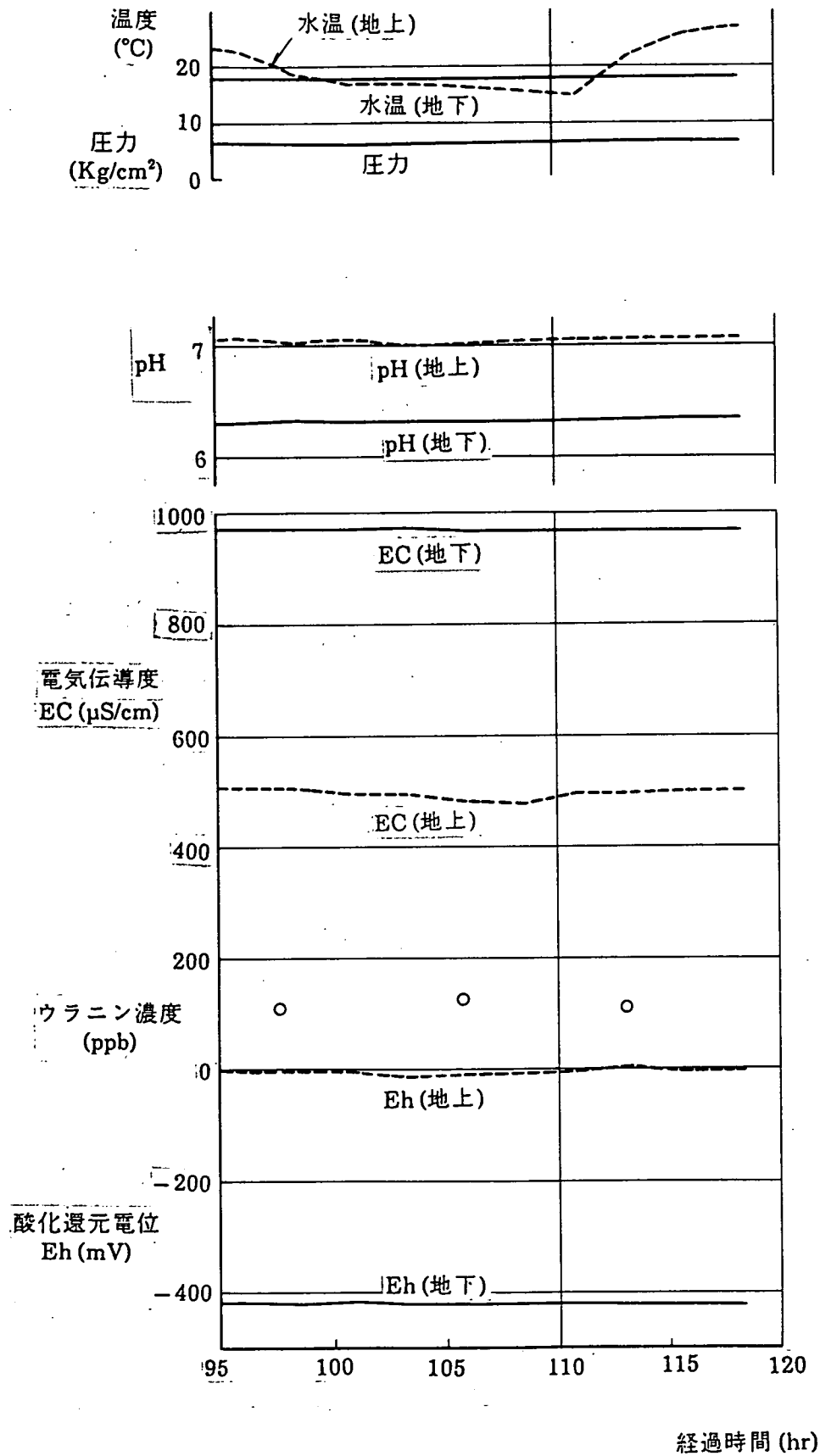
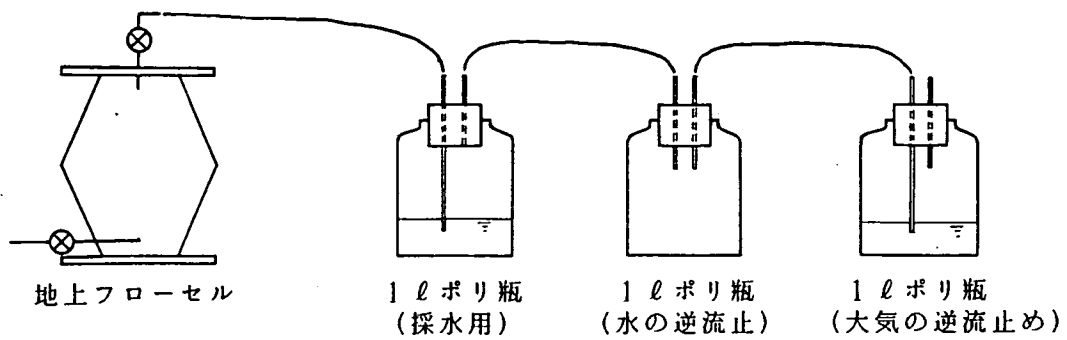


図4.2.1 (2) 水質の計測結果 (深度 -77.4 ~ -80.6m)



\* 採水用ポリ瓶は事前にN<sub>2</sub>ガスで充填しておき、水で満杯になれば交換する。

図4.2.2 地下水の採取方法



#### 4.3 深度-100.2~-103.4m

パッカーを膨張させた閉鎖時の区間水圧は圧力センサーでみる限り変化は見られず、静水圧状態であった。

採水作業中の採水量は30~55ml/分とやや変動があった。当該採水点は、約1ヵ月にわたる今回の採水作業の中で一番最後に採水を行った位置である。採水量が不安定になった原因は、今回の採水作業以前において既に長時間の採水ポンプ運転を行ったという使用実績などから考えて採水ポンプモーターの寿命が近くなり、電流値が不安定となり効率が落ちたためであると考えられる。

また、採水中の区間地下水圧の変化はほとんどみられず、閉鎖区間の異常減圧はなかった。

地上ポンプ稼働後のセンサー値、ウラニン濃度の計測結果を図4.3に示す。

採水した地下水中のウラニン濃度は170時間経過後もあまり変わらず、80ppb程度であった。なお、採水総量は、最終的なサンプリング水も含め439ℓであった。

(採水区間水の排除回数17回)

地下水の採取方法は4.2と同様である。

採取した地下水は4.2と同様、採水時間が長くなるにつれ透明に近くなり、異臭も少なくなってきた。しかし、ポリ瓶に採取して長時間放置しておくと赤茶味を帯びた色に変色した。

水質の変化状況について以下に記述する。

水温：地下センサー値は採水開始後50時間まで18.4℃で一定値であった。

なお、地下センサー（水温、pH、Eh、EC）は、50時間以降表示できなくなったが、これはプローブ内配管ジョイント部からと思われる微量リーフのため採水ポンプから下のコネクター部の浸水によるものと考えられる。

地上センサー値は、6～22℃の間を昼夜に伴って変動している。

pH：地下センサー値は32時間～50時間まではpH 6.6～6.7の一定値であった。

地上センサー値は、採水開始当初からpH 7.0～7.1の値であり変化がなかった。

EC：地下センサー値は34時間後に浸水によると思われる急激な変化を示し、38時間表示しなくなった。他の地下センサーに比べノイズを拾いやすく、敏感なためと思われる。

34時間までは、1400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  でありあまり変化ない（補正を考慮すると1300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  程度）

地上センサー値は、66時間以降は500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  でやや変動し、140時間以降は少し下がり450  $\mu\text{S}/\text{cm}$  前後を推移した。

Eh：地上センサーと地下センサーは40時間まではほぼ同じような減少傾向を示しているが、40時間以降地上センサー値は徐々に増加し、88時間以降は、4.2と同様0 mV付近で一定値を示した。これに対して地下センサーは、40～50時間の間はそう変化なく、4.2を参考にすれば、これ以降も大きな変動はなかったものと考えられる。

なお、地上センサー値の130～138時間の間のデータはプリンターの打ち出し不良のため記録できなかった。

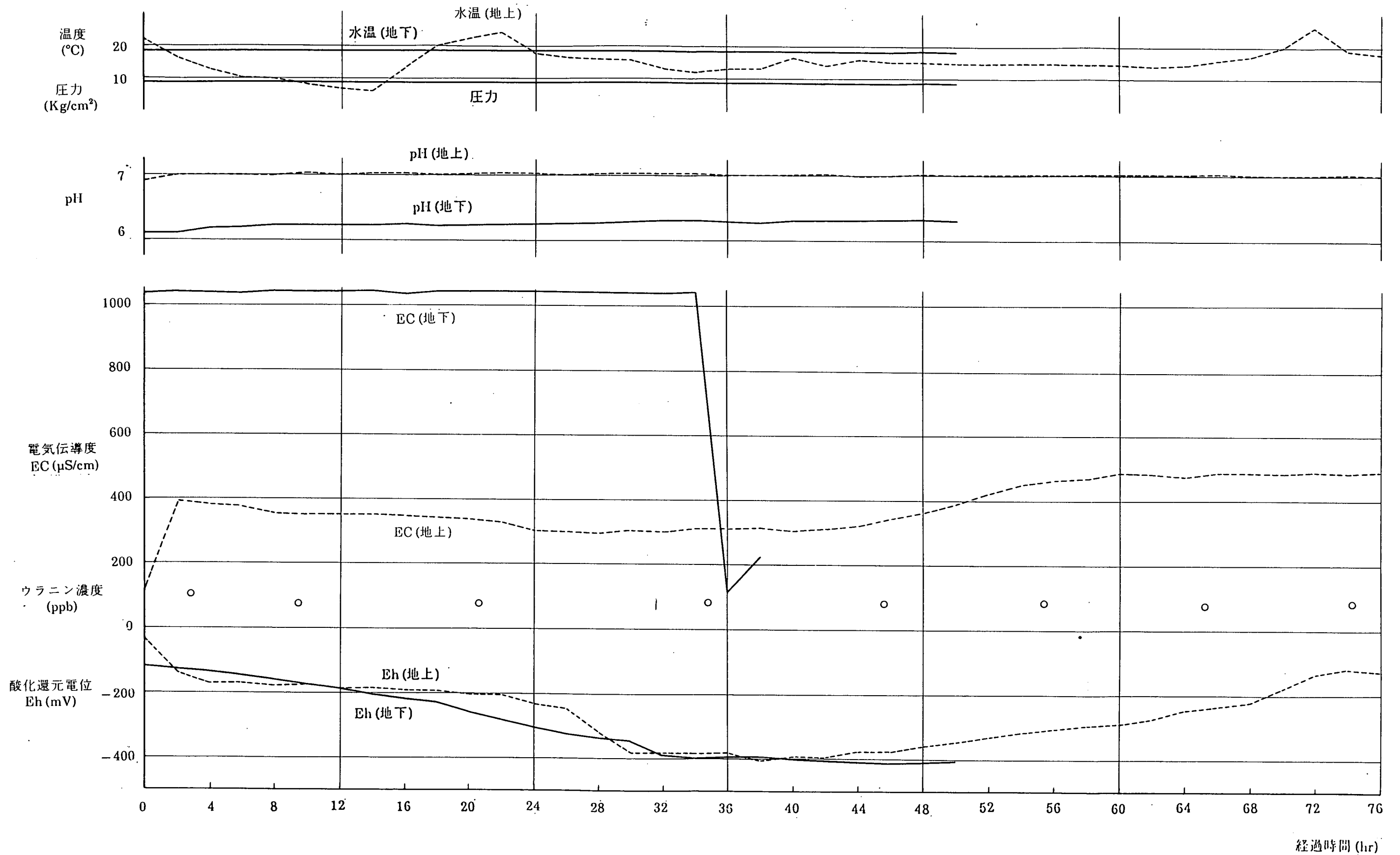


図4.3(1)水質の計測結果(深度-100.2~-103.4m)

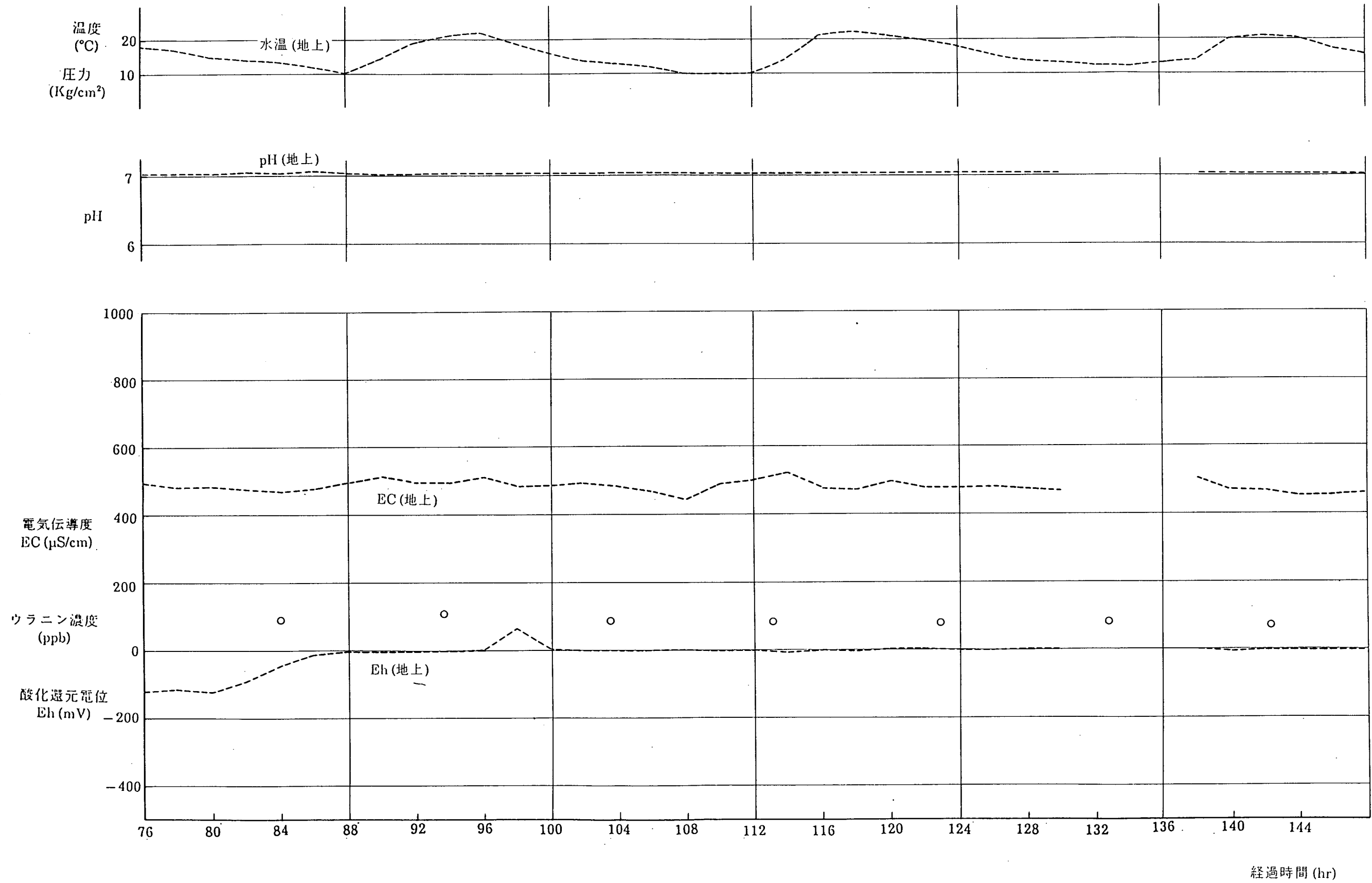


図4.3 (2) 水質の計測結果 (深度 -100.2~-103.4m) - 20 -

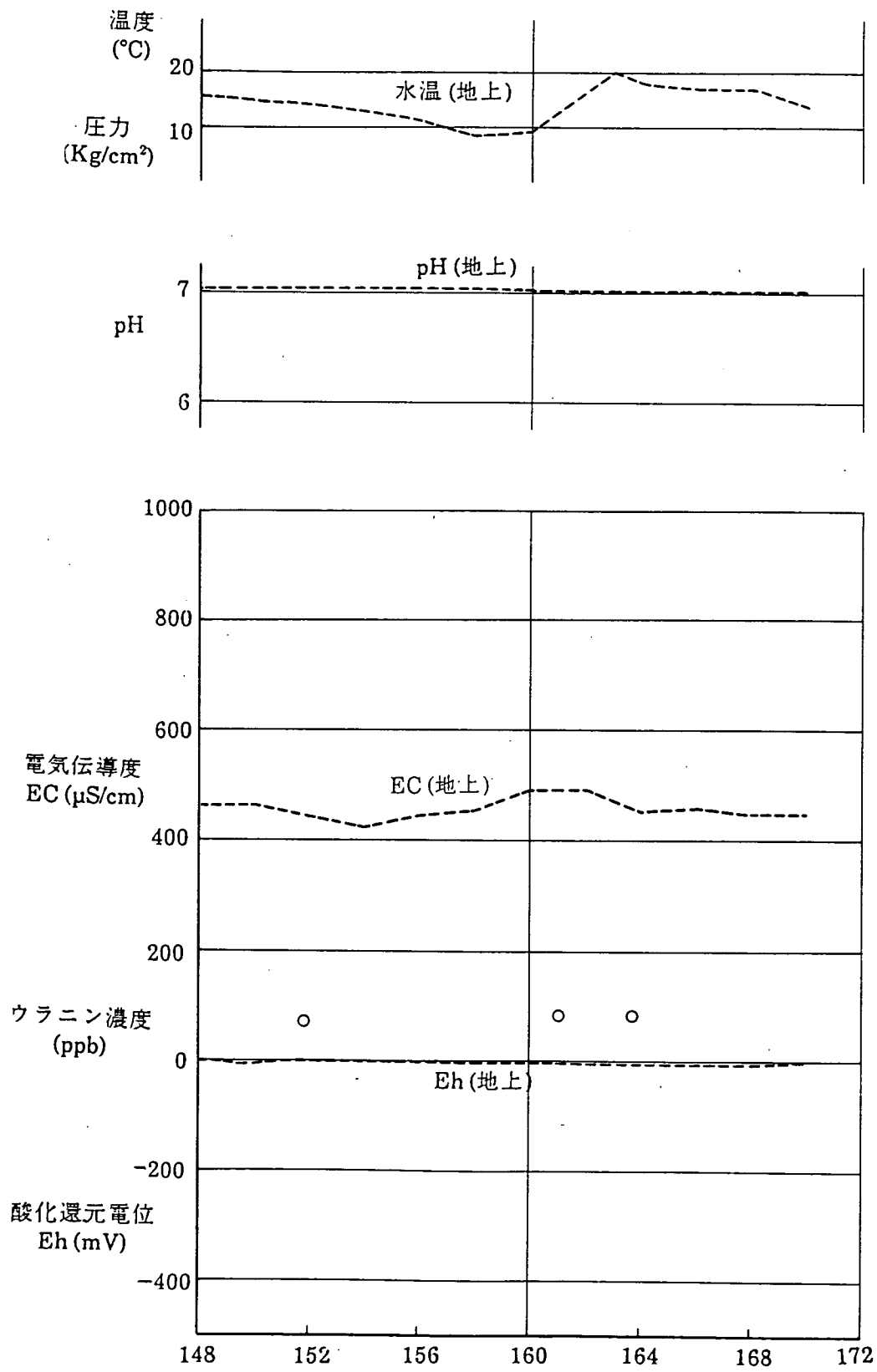


図4.3 (3) 水質の計測結果 (深度-100.2~-103.4m)

#### 4.4 深度 -163.0 ~ -166.2m

区間閉鎖時の区間水圧は、圧力センサーでみる限り変化は見られず静水圧状態であった。

又、4.2、4.3と同様、採水中の閉鎖区間の異常減圧はなかった。採水作業中の採水量は、55~60ml/分で安定しており、作業終了まで特に問題なかった。

地上ポンプ稼動後のセンサー値、ウラニン濃度の計測結果を図4.4に示す。

採水した地下水中のウラニン濃度は、採水当初80~100ppbだったものの、減少傾向が見られ、採水総量 386ℓ ~ 521ℓ で1桁の濃度 (1~7 ppb)まで下がった。しかし、最終のサンプリング時点では、30ppb 程度にまで再び増加した。

採水総量は、最終サンプリングを含め 596ℓ であった。(採水区間水の排除回数 23回)

地下水の採取方法は4.2と同様である。

採取した地下水は4.2、4.3と同様透明感もあり、異臭も少なかった。

ポリ瓶に採取した地下水は、一連の採水作業が終わり、装置の撤収が終了した時でも赤茶味を帯びることはなかった。

水質の変化状況について以下に記述する。

水温：地下センサー値は採水開始後53時間までは19.7～19.9℃とやや増加の傾向がみられた。

なお地下センサー（水温、pH、Eh、EC）は、53時間経過以降表示しなくなったがこれは4.3と同様と考えられる。

地上センサー値は、10～25℃まで天候によりその変動幅も変化している。

pH：地下センサー値は、36時間ぐらいからやや増加傾向が見られ、53時間経過後pH6.4であった。

地上センサー値は、52時間経過後以降はpH 7.6～7.9で推移し、152時間以降作業終了までpH 7.8でほぼ一定値を示した。

EC：地下センサー値は、18時間経過後異常な変化を示し、23時間以降はマイナス表示となった。これは4.3と同様な原因で、18時間経過付近から漏水の影響が出てきたものと考えられる。18時間までは $960\mu\text{S}/\text{cm}$ であまり変化ない（地上センサーとのキャリブレーション結果からすると $860\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度）

地上センサー値は採水当初は急激に減少し、20時間経過後あたりからゆるやかになり、80時間以降は、 $300\mu\text{S}/\text{cm}$ でほぼ一定値を示している。

Eh：地上センサーと地下センサーの値は、4.2、4.3と比べ採水当初から完全に離れた値を示している。地上センサー値は144時間以降 $-20\text{mV}$ でほぼ一定値であった。地下センサー値は20時間までは $-440\text{mV}$ 程度であったものがやや増加し、再び44時間以降は $-440\text{mV}$ 程度にもどっている。これ以降データがとれなかったが、4.2、4.3の傾向から考えると、この値付近か、さらに下がったところで安定するように考えられる。

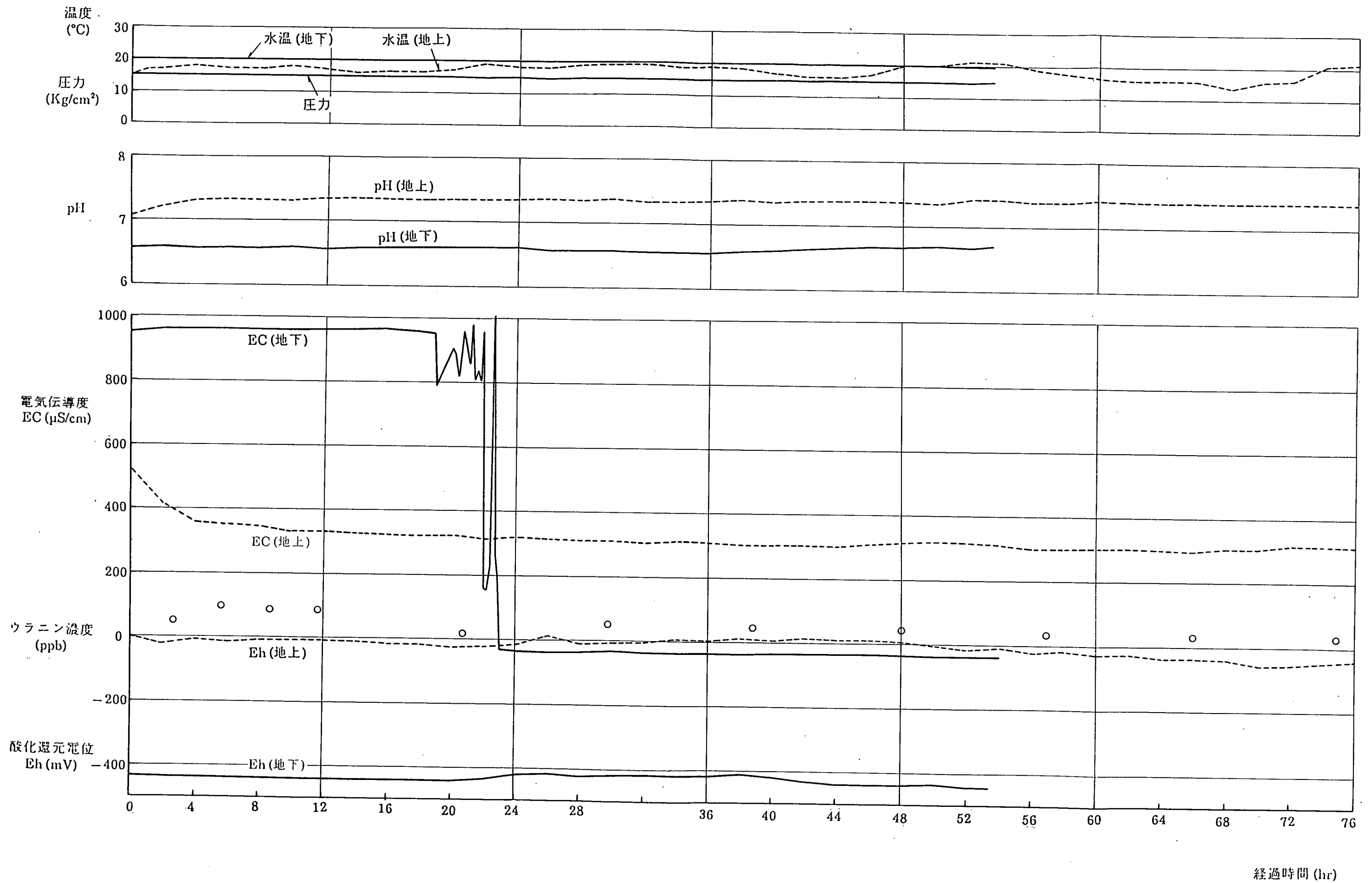


図4.4 (1) 水質の計測結果 (深度 - 163.0 ~ - 166.2m)・



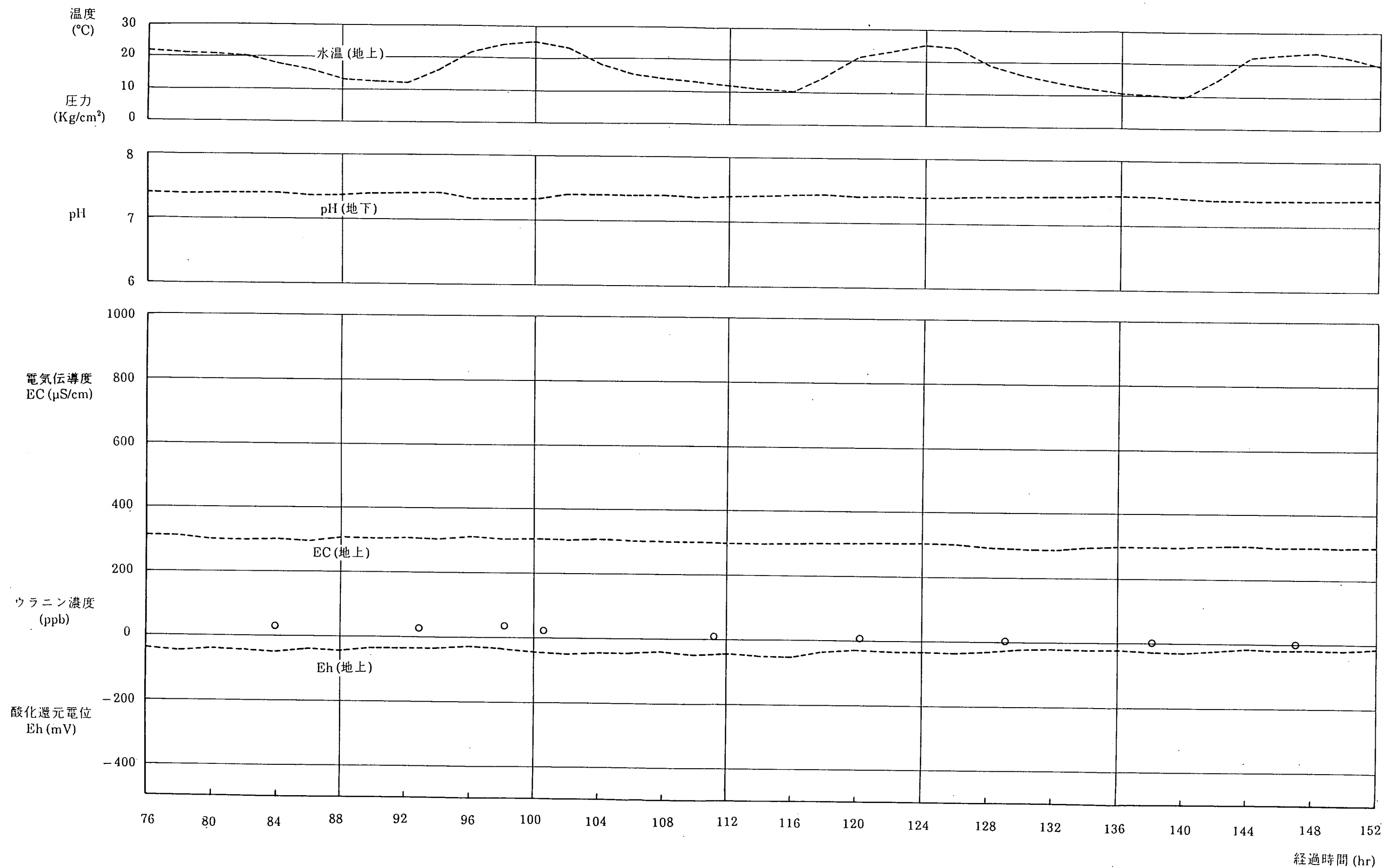


図4.4(2) 水質の計測結果 (深度 -163.0~-166.2m)

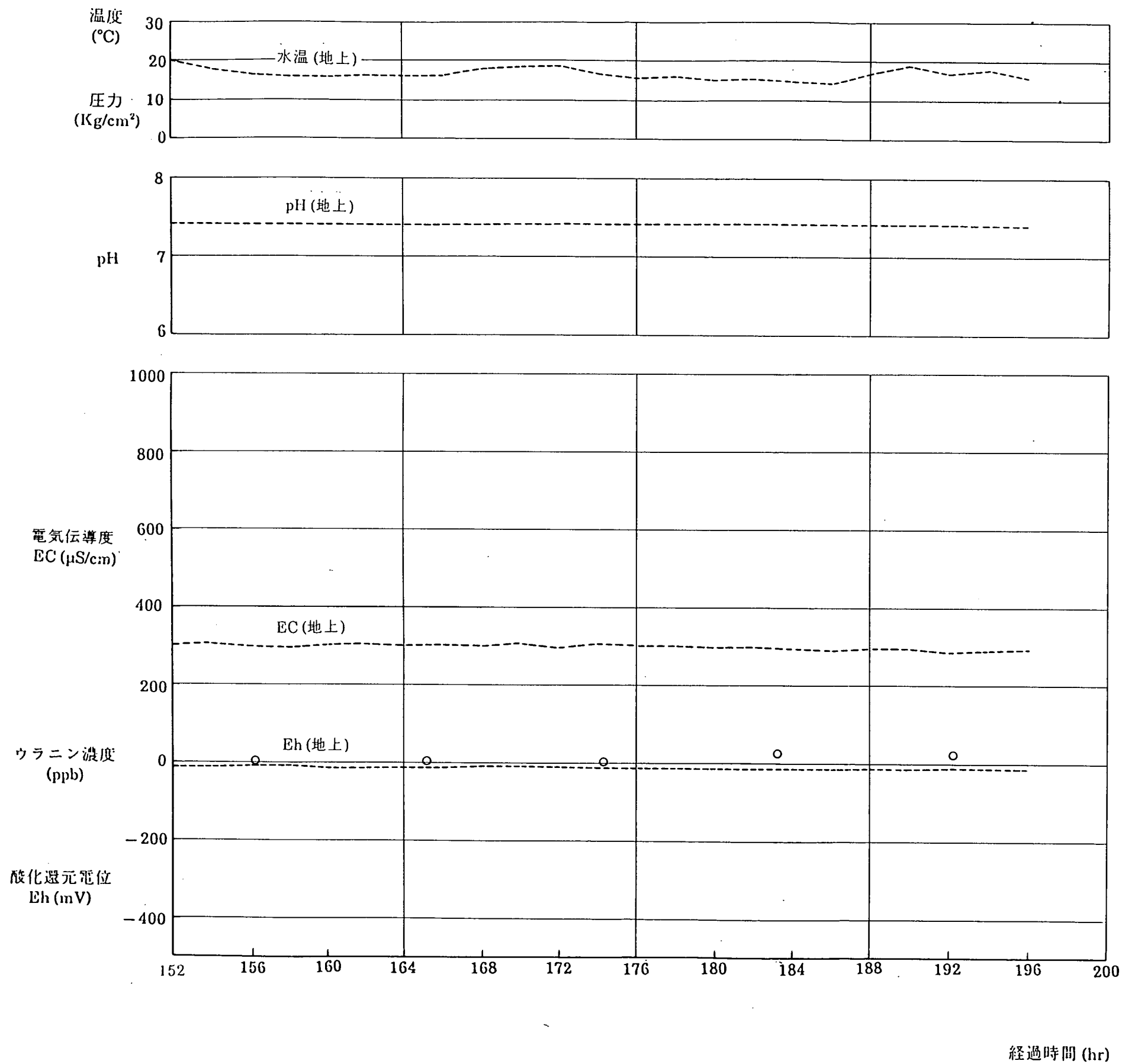


図4.4(3) 水質の計測結果 (深度-163.0~-166.2m)

#### 4.5 センサーの検定

今回の採水作業を開始する前に地上センサーと地下センサーの検定を行った。

##### (1) 使用前の検定

以下に検定結果を示す。検定をしたものは、水質計測上重要と思われるpH、Eh、ECセンサーである。

○ pH pH標準緩衝液にセンサーを浸し、検定した。

pH	地上センサー	誤差	地下センサー	誤差	水温(℃)
4.01	4.00	-0.01	3.82	-0.19	24.7
6.86	6.80	-0.06	6.78	-0.08	24.0
9.18	9.05	-0.13	9.08	-0.10	24.1

○ Eh キンヒドロソ飽和液に浸し、検定済センサーとの比較を行った。

	検定済センサー	地上センサー	誤差	地下センサー	誤差
pH 4	+247	+262	+15	+257	+10
pH 7	+101	+90	-11	+86	-15

(単位 mV)

○ EC 電磁誘導センサーで KCl溶液の伝導度 (EC) を測定し地上センサーとの比較をした。

基準伝導度	地上センサー	誤差
415	410	-5

(単位  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

なお、地下センサーは、地上センサーとの比較を現場で行い、補正曲線をあらかじめ得ることとした。

補正曲線の結果を図4.5.1に示す。

図に示すように地下センサーは、単体ではほぼ正常な比例関係を示すが、ポンプの電源や作動時のノイズの影響を受け、 $800\sim 900\mu\text{S}/\text{cm}$ 付近では $100\mu\text{S}/\text{cm}$ ほど高めに出力されることがわかった。

なお、採水作業中の地上センサーは、時々ゼロチェックなどの検定を行い、長期間の計測により値が大きくドリフトしないよう留意した。

(2) 使用後の検定

採水作業が最終的に終了した時点で、地下センサーについては、再度センサー単体で検定を行ったが、酸化還元電位 (Eh) センサーについては、値が表示されず、検定できなかった。度重なるコネクタの浸水や電極部への沈澱物の決着などのためと思われる。

検定結果を以下に示す。

o pH pH標準緩衝液にセンサーを浸し検定した。

pH標準液	地下センサー	誤差	水温(℃)
4.00	4.51	+0.51	13
6.90	7.12	+0.22	13
9.27	9.04	-0.23	13

採水作業前に比べ、酸性から中性にかけて、やや高めにドリフトしているように思われる。

o EC 伝導度 (EC) センサーと地上センサーとの比較を行った。

結果を図 4.5.1 に示す。

採水前の検定 (黒丸) は昼間、採水後の検定 (白丸) は夕方行っており、温度、その他全く同一条件ではないが、採水後の勾配は、採水前に比べゆるやかで、特性に変化が見られる。

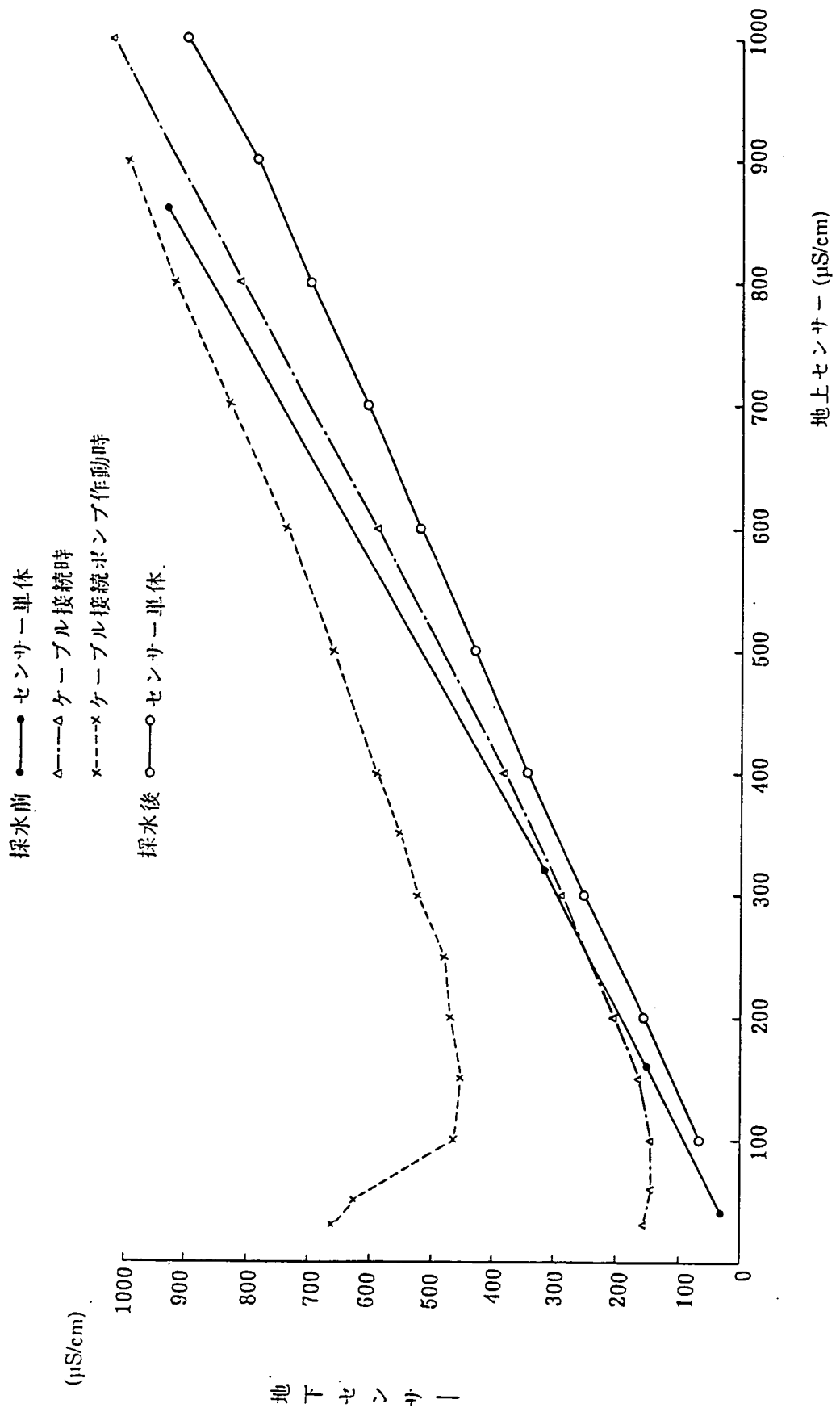


図4.5.1 地下センサー(EC)の補正曲線

## 5. 考察

AN-1号孔の3深度において、ダブルパッカーを設置しそれぞれ5日間から8日間の連続採水を行った。以下に、地上及び地下の各種水質センサーの測定結果に基づき、考察を行った。

### <水圧>

透水性の低い岩盤ではパッカーの膨張時に区間の閉鎖に伴って、パッカーの加圧による区間の水圧が一次的に上昇する現象がみられる。今回の測定対象となった3区間では、いずれもこの種の水圧上昇がみられなかった。これは、次表に示すように、いずれの区間も透水係数が比較的大きかったためと思われる。

採水区間 GL-m	透水係数測定区間 GL-m	透水係数 cm/sec	同区間 間隙水圧	採水期間 日
-77.4~-80.6	-77.70~-80.00	$3.9 \times 10^{-4}$	GL-17.29 m	5.0
-100.2~-103.4	-101.45~-103.75	$3.3 \times 10^{-4}$	GL-17.10 m	7.2
-163.0~-166.2	-162.87~-165.17	$1.5 \times 10^{-4}$	GL-17.30 m	8.2

注) 透水係数の値は、動燃殿が実施した各種検層結果のデータである。

また、各区間閉鎖後で採水ポンプ稼動開始前までに測定された区間地下水圧は、いずれの区間でも孔内水圧と同じ値であり、この値から判断する限りにおいては、著しい湧水あるいは逸水ゾーンではないと考えられる。

### <電気伝導度>

77m深度地点及び100m深度地点においては、地上の電気伝導度計測結果で判断する限り、採水開始後数時間は急激な濃度上昇が見られた。この原因は、チューブ内にポンプ内充填用として事前に送入しておいた相対的に濃度の低い地表水が残存していて、それが次第に採水区間部分にある濃度の高い孔内地下水と入れ替わってきたものと考えられる。その後しばらくは(77m深度地点では60時間まで、また100m深度地点では44時間まで)水温の変化に追随した緩やかな電気伝導度低減傾向がみられ、採水中の地下水はいずれも孔内区間水及びその周辺の孔内水の影響を受けていると考えられる。

その後(77m深度地点では60から66時間頃まで、また100m深度地点では44から68時間頃まで)閉鎖した区間の周辺の孔内水の影響が次第に小さくなり、真の岩盤地下水に当たるものが採取されだしたものと考えられる。

これに対し、163m深度地点における地上の電気伝導変化は、当初は $500 \mu\text{S}/\text{cm}$ 程度に

高かったものの、10時間後には  $300 \mu\text{S}/\text{cm}$ 程度にまで下がりその後は殆ど変化していない。これは、他の2深度とは異なる変化パターンで、当該深度の地下水の電気伝導度は孔内水より低く、当初チューブに残存していた水は、その直前までに実施されていた他区間の高濃度水で、それが排水された後は急激に当該深度の岩盤地下水が採取され出したものと考えられる。この傾向は後述するウラニウム濃度の変化パターンによっても裏付けられる。

< Eh >

地下のセンサーによる Eh の測定は、77m 深度地点の時にしか継続的なデータがないため、詳しい検討はできない。当初は地上、地下のどちらのセンサーも同様の低下傾向を示すが、その後地上のセンサーが上昇したときには、地下のセンサーは還元性を示したままで変化してない。100m 深度地点の測定においても、40から50時間付近まで同様の傾向がでているように見受けられる。このような地上、地下の Eh 変化パターンは、下図に示すスウェーデンにおける測定結果においても類似した現象がみられており、そこでは地上フローセル部での測定値の変化は、若干量の酸素の浸入の結果であるとコメントされている。

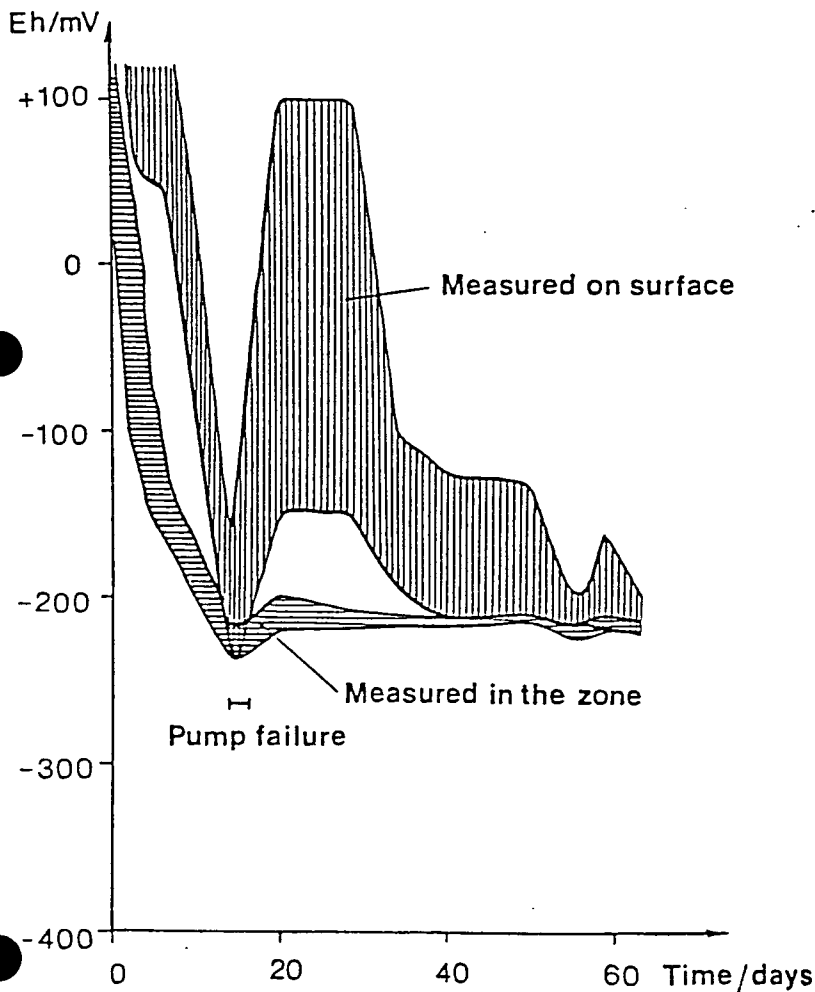


Figure 7.

Eh versus time plot of the surface and down-hole measured values. Both measurements are made in continuously flowing water. The dashed fields represent the largest differences between the potentials of the gold, platinum and glassy carbon electrodes. The length of a pumpfailure period is indicated.

これに対し、163m深度地点での地下Ehデータは、当初より当該区間の地下水としての還元特性を示し、一方地上Ehデータは初めから0mVで安定している。この違いは、前述した電気伝導度の変化特性と関連し、77m及び100m深度地点では孔内水と区間地下水との入れ替わりがあったのに対し、163m深度地点では当初より区間地下水が採水されていたことに関連しているものと思われる。

#### <ウラニン濃度>

77m、100m深度地点でのウラニン濃度は100ppbでほとんど変化していない。これに対し、163m深度地点では当初は100ppb程度まで上昇したものの、その後は濃度低下の傾向が顕著で、最終的には数ppbにまで下がり、連続サンプリングの効果がはっきりと現れている。

77m、100m深度地点での高いウラニンの残存は、前述した用に孔内水が水圧差のために区間岩盤内に浸入し、これが完全には除去し切れていないものと考えられる。

一方、163m深度地点では区間水圧のほうが孔内水位よりも高いために、区間への孔内水の浸入が殆どなかったものと考えられる。

#### <pH>

地上センサーによるpHの値は、いずれの深度においても当初のチューブ内の水を除きその後は殆ど変化していない。地下センサーによる測定値は継続的なデータがそれほどないため明確なことはいえないが、傾向としては孔内水と区間地下水との入れ替わりがある間は上昇し、その後真の区間岩盤地下水に相当した水が採取され出すと一定値に安定する傾向があるようである。

#### <まとめ>

以上の結果を総合して、測定結果を要約して下表5.1に一覧で示した。区間水圧の測定結果は各ゾーンとも孔内水位と同一の水圧になっているが、77m、100m深度地点は逸水ゾーン、163m深度地点は湧水ゾーンになっているものと実際の採水時の水質計測結果から判断される。

表5.1 測定結果の概要

採水区間 (GL-m)	電気伝導度 ( $\mu$ S/cm)	区間地下水圧	pH	Eh (mV)
-77.4~ -80.6	500	< 孔内水位	6.3	-400
-100.2~ -103.4	450	< 孔内水位	6.3?	-400
-163.0~ -166.2	300	> 孔内水位	6.7?	-440
孔内水	300		5.9~6.6	-100



今回の測定では、地下のセンサー類が十分機能せず、また酸化還元電位センサーについては採水作業終了後の検定ができなかったため、十分な検討を加えることができなかった。しかし、得られた地下センサーデータの結果を評価した結果、連続採水によつて的確な区間岩盤内地下水の採水を行うためには、これらのセンサーによる測定結果が有効に活用できる可能性が示された。

## 6. 今後の課題

約1ヵ月に渡る採水作業で、ウラン濃度の変化状況から判断して、孔内水の影響を比較的受けてない岩盤内地下水が1深度から採水できた。しかし、採水や水質計測という目的からするとまだ第一段階という感があり、改善すべきあるいは検討していくべき課題が数多く残されている。

今後の主な検討課題を以下に列挙する。

採水ポンプ：現在組み込まれている電動式モーターポンプの保証寿命は約2000時間で、たかだか80日である。地盤条件によっては採水期間がこれ以上必要となったり、また採水ポイントの数も限られてくる。

ポンプの長寿命化をはかるあるいは容易に交換可能な構造、システムにする必要がある。

プローブの結合：現在のプローブの結合部は、水系のライン（採水、パッカー）と電気系のライン（ポンプ動力ライン、センサー信号ラインなど）が同居しており、プローブのいずれかに微量リークがあっても、長期間使用するとセンサー値のみならずポンプも停止してしまう。接合時に多少時間を要するとしても、電気系には防水コネクタを独立して用いるなど、トラブルを避けた構造にすることが必要である。

センサー：現在組み込まれている地下センサー（pH、Ehセンサー）の内部参照電極は、これ迄長時間の使用の実績がなく、一定水圧条件下での長時間にわたる経時特性を把握しておく必要がある。今回の採水作業では、pHセンサーにややドリフトの傾向が見られた。又Ehセンサーの白金電極はその構造上の原因で電極表面に沈澱物が沈澱・沈着してしまった可能性があるが、採水作業終了後の検定ができなかった。白金電極の構造を改善するとともに、pH、Eh共通な1本の参照電極を用いる構造とし、経時特性変化を把握しておくことが望まれる。なお、ECセンサーも同様にドリフトの傾向がみられる。

地上センサーでの計測値で今後の検討が必要と思われる項目の1つにEh値があげられる。長時間採水後は、いずれの深度（-163m深度地点は採水当初から）でも0mV近辺の一定値となっており、これは地上フローセル内の気泡と関係あると思われるが、地上まで採水して計測するからこうなるのか、あるいは、さらに長期間採水すれば地下センサー値と同じ値になるのかなど、

さらなるデータの蓄積と裏付けが必要であろう。

システム：長期の採水作業になれば、寒冷期にかかる可能性もあり、水系ライン（特に  
全体  
パッカーライン）の凍結の心配が出てくる。システム全体をコンパクト化し  
防寒対策を講ずると共に、計測作業員のための計測専用車の追加装備が望ま  
れる。

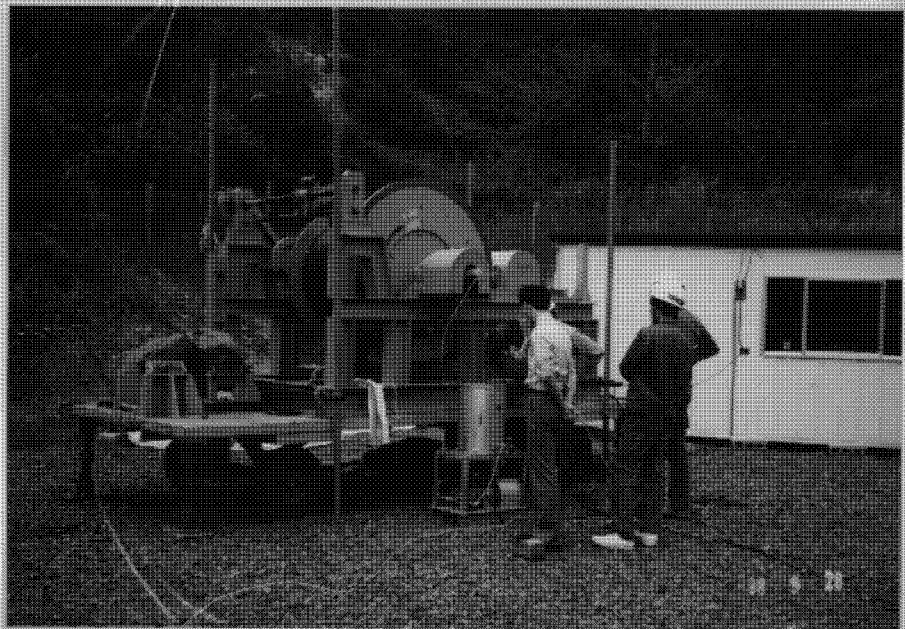
添 付 資 料

(採水作業状況写真)

FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
AN-1号孔付近の全景			



FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
地下水採水器設置状況			



FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			





FILM NO.	NEGA NO.
DATE	DATA
PLACE	
プローブの組立て(1)	



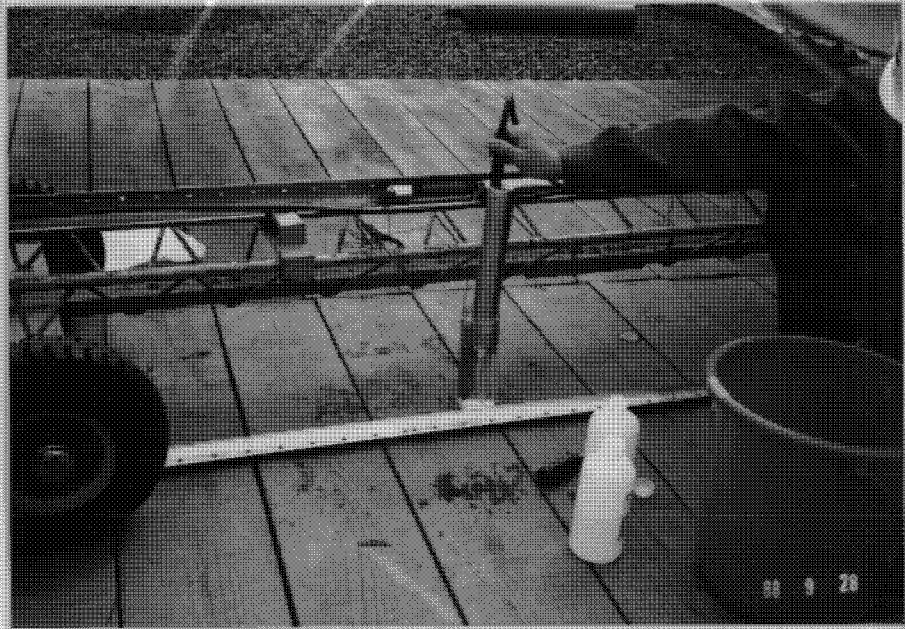
FILM NO.	NEGA NO.
DATE	DATA
PLACE	
プローブの組立て(2)	



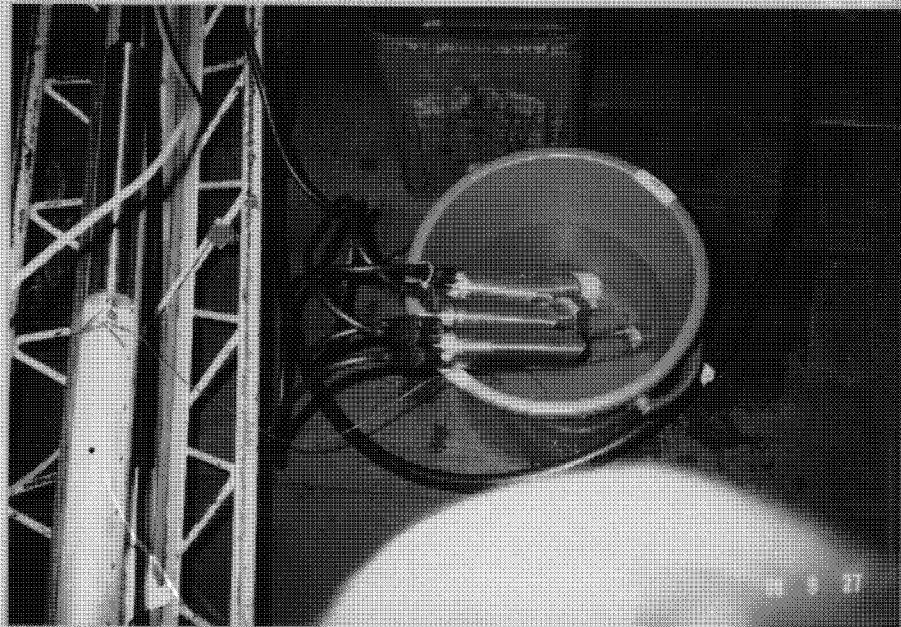
FILM NO.	NEGA NO.
DATE	DATA
PLACE	
地下センサーの検定(1)	



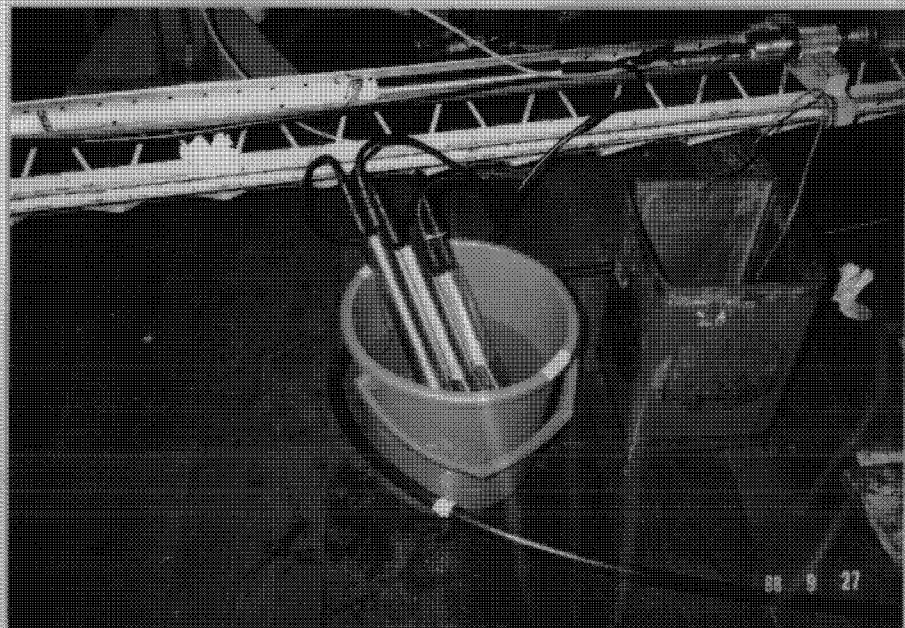
FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
地下センサーの検定(2)			



FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
地下センサーの検定(3)			



FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
地下センサーの検定(4)			







FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
地下センサーの取付け(1)			



FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
地下センサーの取付け(2)			

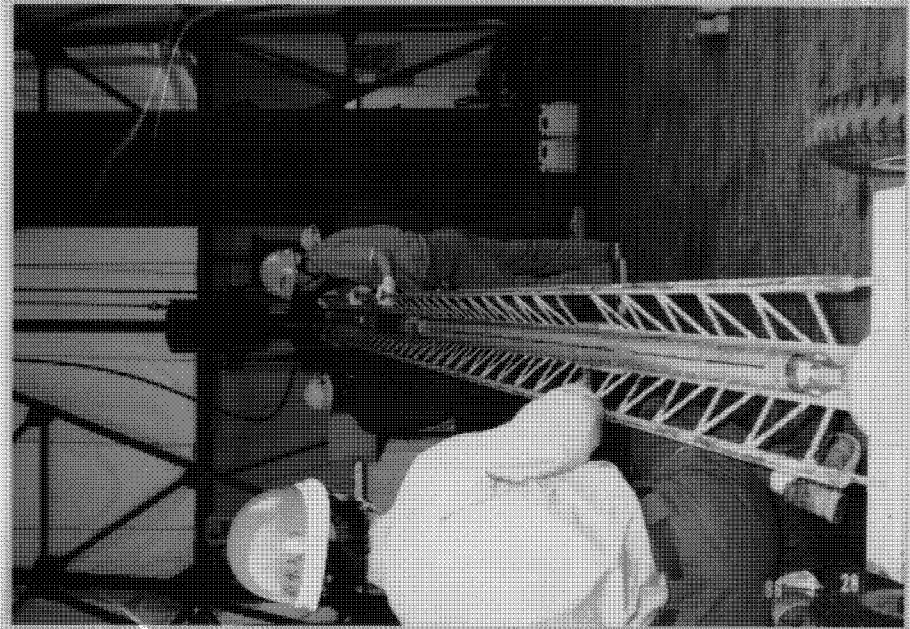
FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			



FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
ボーリング孔への挿入(1)			



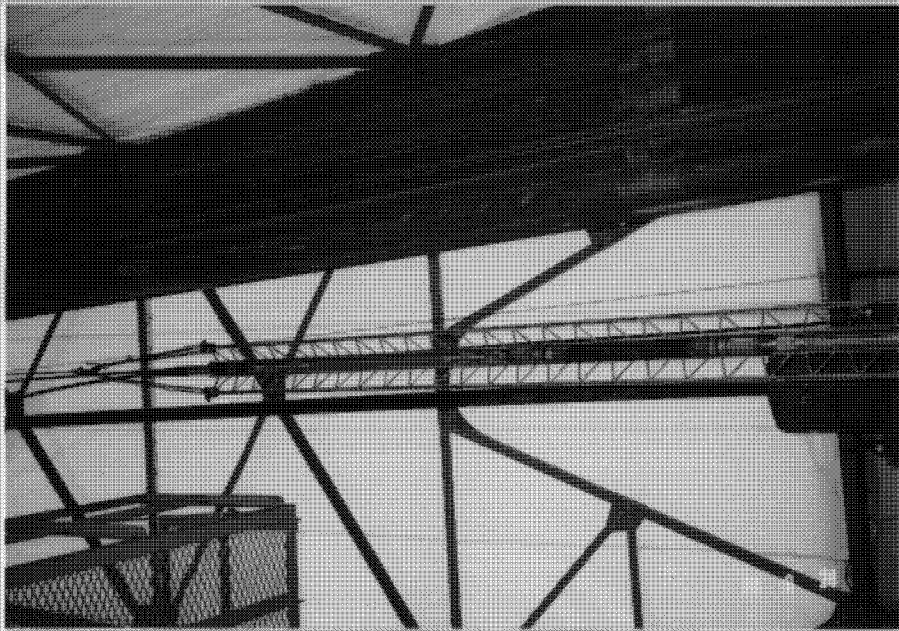
FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
ボーリング孔への挿入(2)			



FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
ボーリング孔への挿入(3)			







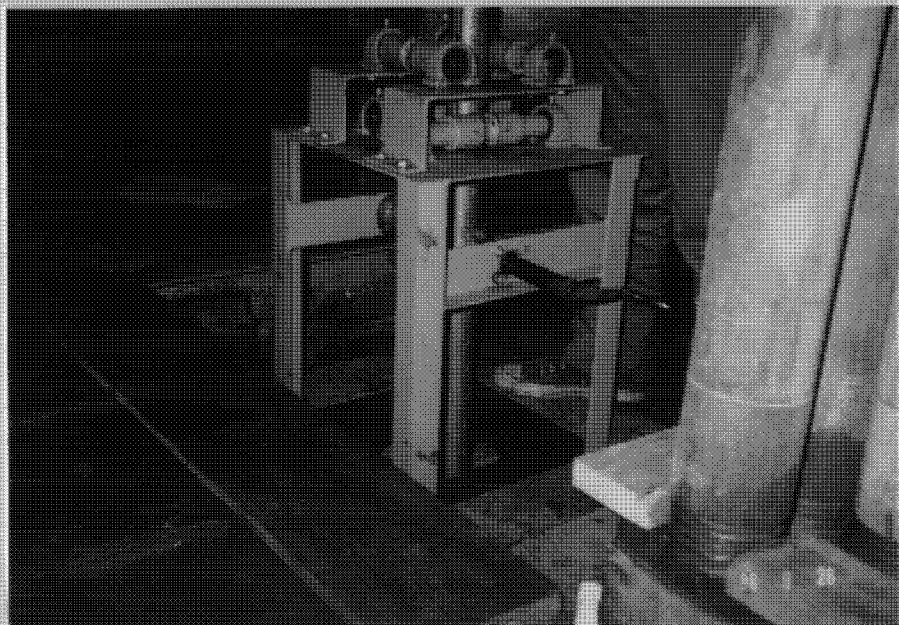
FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			

ボーリング孔への挿入(4)



FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			

ボーリング孔への挿入(5)  
(下バッカーの取付け)



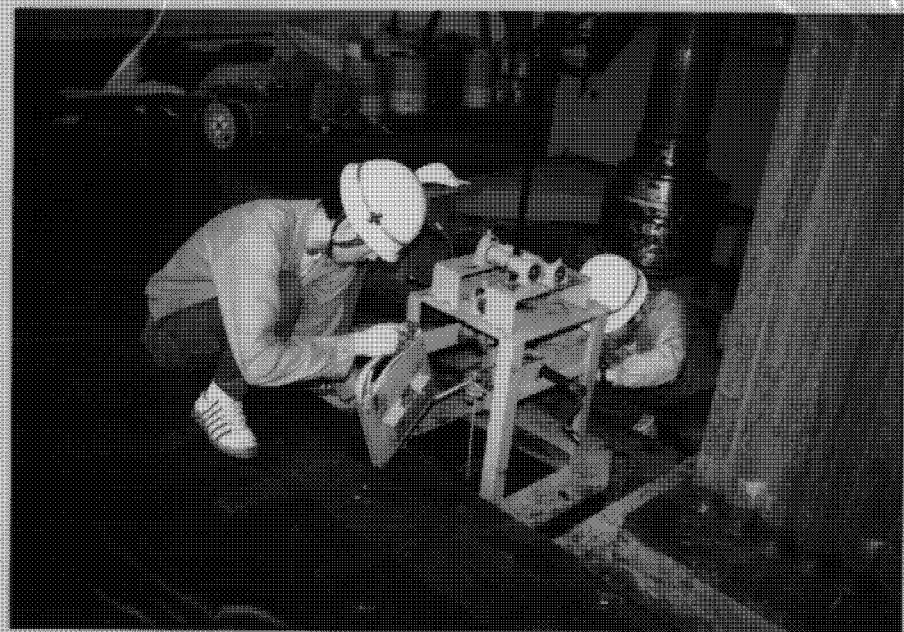
FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			

ボーリング孔への挿入(6)  
(採水深度までおろす)

FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
<p>地下センサーの表示の チェック</p>			



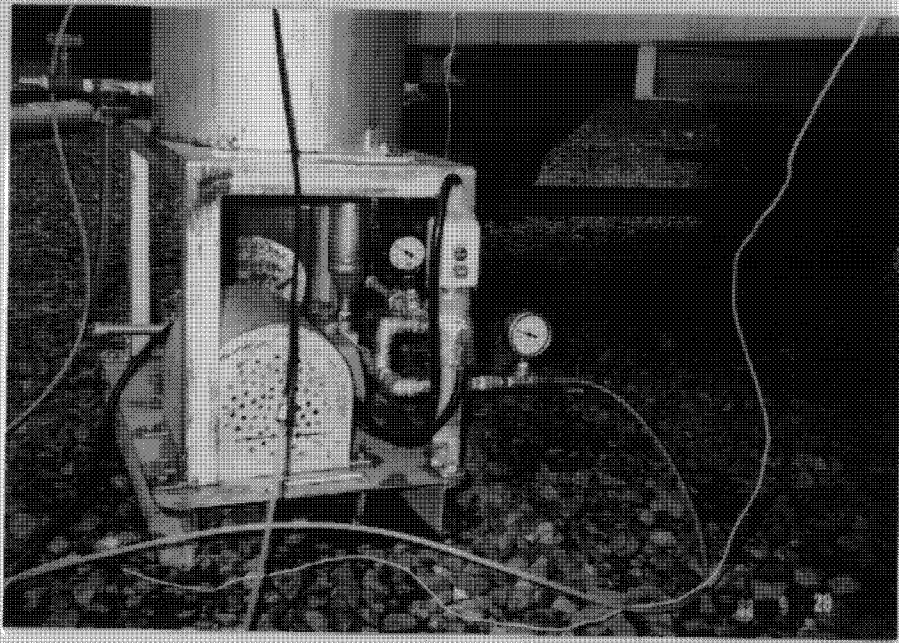
FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
<p>地下水位の測定</p>			



FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
<p>採水ポンプを稼働し 採水量のチェック後 一時停止</p>			







FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
<p>バックホーポンプの稼働</p>			



FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
<p>採水ポンプ稼働させ 採水作業開始</p>			



FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
<p>上フローセルの設置状況</p>			



FILM NO.		MEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			

採水用ポリ瓶の準備



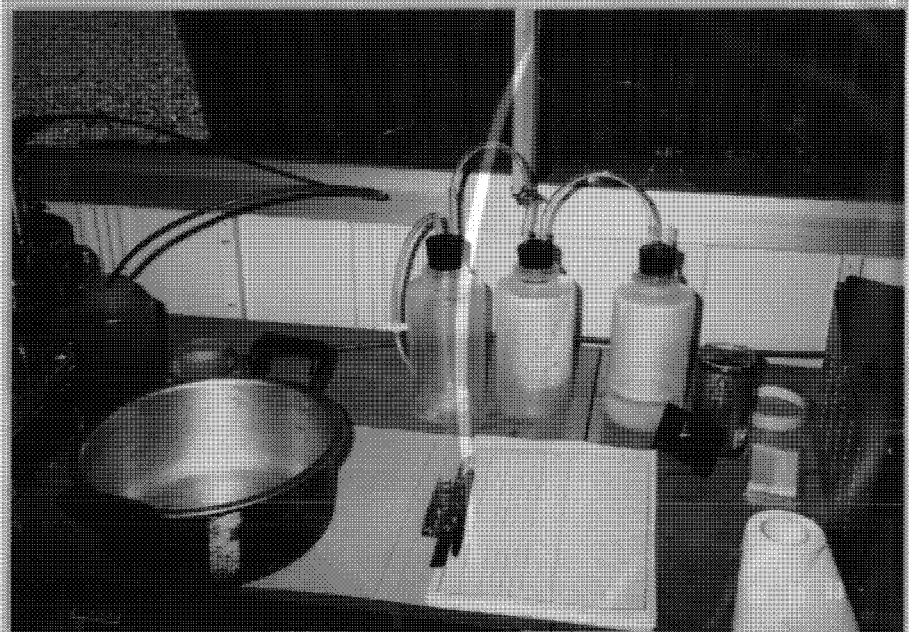
FILM NO.		MEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			

ポリ瓶を窒素で充填する



FILM NO.		MEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			

ポリ瓶の組立て状況







FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
採水状況(1)			



FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
採水状況(2)			

FILM NO.		NEGA NO.	
DATE		DATA	
PLACE			
採水状況(3)			