

KN A - 2号孔における地下水サンプリング

報 告 書

平成元年5月

動力炉・核燃料開発事業団

基礎地盤コンサルタンツ株式会社

目 次

	Page
1. 調査の目的	1
2. 調査概要	1
2. 1 調査場所	1
2. 2 調査内容と方法	1
2. 3 調査数量	1
3. 調査方法	5
3. 1 動燃式地下水サンプラー	5
3. 1. 1 B A T採水装置タイプB	7
3. 2 採水方法	15
3. 2. 1 パッカーによる止水方法	15
3. 2. 2 サンプリング方法	15
4. 調査結果	19
4. 1 採水深度	19
4. 2 採水結果	19

(巻末写真集)

1. 調査の目的

本調査は月吉ウラン鉱床を利用したナチュラルアナログ調査の一環として月吉断層中の地下水の地球化学的特性を把握するためKNA-2号孔において動燃式地下水サンプラーを使用し地下水サンプリングを行うものである。

2. 調査概要

2. 1 調査場所

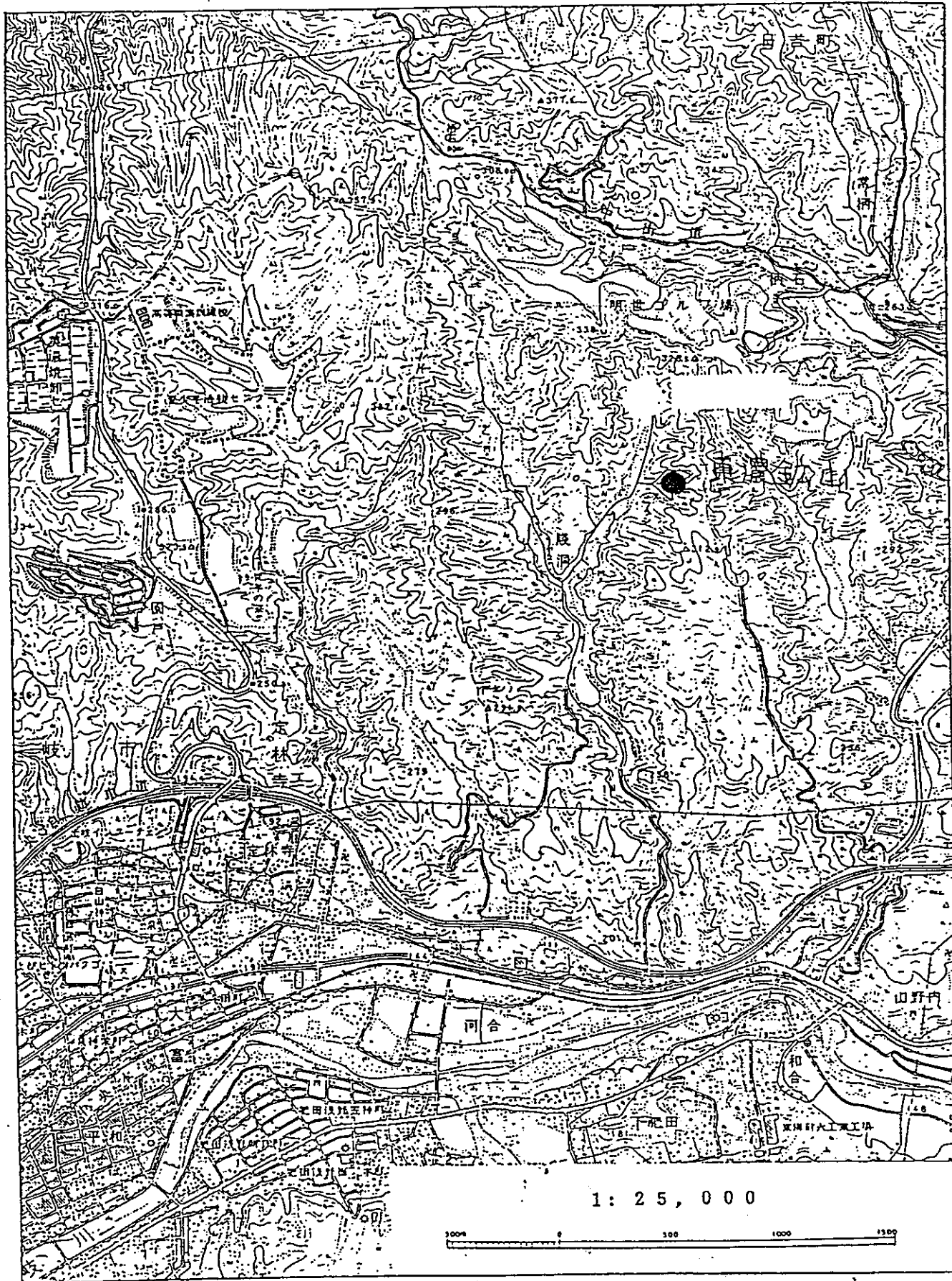
岐阜県土岐市泉町河合賤洞 動燃事業団東濃鉱山調査坑道内KNA-2号孔。調査場所は図-1, 2に示す。

2. 2 調査内容と方法

東濃鉱山調査坑道内KNA-2号孔において動燃式地下水サンプラーを動燃事業団より指定された、2深度に対して順次設置し各々の深度における地下水サンプルを採取する。使用した地下水サンプラーは地下水の採取から地上までの運搬まで完全に閉鎖された状態で行うことができるBAT式地下水サンプラーに止水用のラバーパッカーを組み合せ、岩盤内の試錐孔に対して容易に使用できるようにしたものである。

2. 3 調査数量

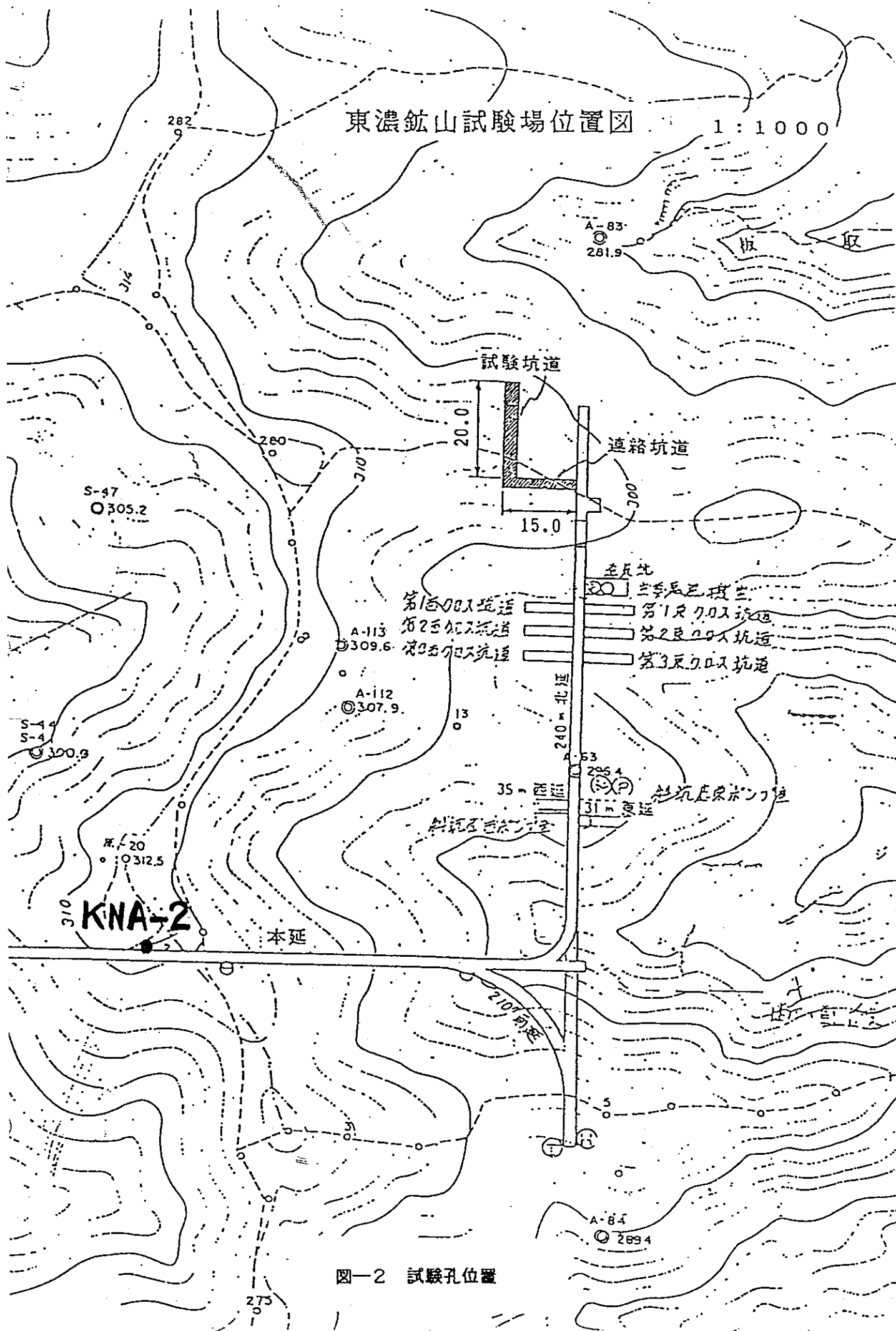
表-1に採水深度と合計の採水本数を示す。



図一1 調査場所

東濃鉦山試験場位置図

1:1000



- 第1層のり坑道
- 第2層のり坑道
- 第3層のり坑道
- 第1層クワ入坑道
- 第2層クワ入坑道
- 第3層クワ入坑道

図-2 試験孔位置

表一1

採水本数

採水深度	合計本数
61.5 ~ 62.5m	26.0 本
59.2 ~ 60.2m	140 本

* KNA-2号孔は水平から40°傾斜しているため
深度は孔に沿った長さとしている。

3. 調査方法

3. 1 動燃式地下水サンプラー

深部地下水の地球化学的特性を解明するためには、外部から汚染されず、またその地下水が存在していた環境条件に極力近い状態で採取したサンプルを化学分析にかける必要がある。通常試錐孔内からの地下水採取を考えた場合、孔内には様々な深度から湧出した水が混合し、しかもそれが大気に開放された状態で存在しているため、これをサンプルとして採取しただけではいかなる深度での地下水であるか明らかではなく、また被圧されていた地下水の場合には孔内に湧出することによって溶存していたガス成分が遊離している可能性がある。

本調査で使用した地下水採取システムは、BAT式地下水採取装置に止水用のラバーパッカーを組み合わせたもので上記した地下水採取の条件を極力満たすように設計されたものである。図—3にシステムの構成を示した。システムは試錐孔内で採水する区間を仕切るラバーパッカーの部分（サンプリングカプセル）、仕切られた区間から地下水を採取し地上まで運搬する部分（地下水サンプラー）、サンプリングカプセルとステンレス製ロッドを昇降させる昇降装置の3つの部分から構成される。

サンプリングカプセルは孔内においてラバーパッカーを膨脹させることにより採水セクションを仕切る。これによって採取される深度が明らかになると共に採水を行う地層内の圧力を保つことができる。

地下水サンプラーは、ロッド内をサンプリングカプセルまで降下させることによってサンプリングカプセルによって仕切られた採水セクションから地下水を取り込み、これを完全に密閉した状態で地上まで運搬する。ただし地下水サンプラーの容量は500cm³であるのに対し、パッカーで仕切られた採水セクションはパッカー間隔を1mとした場合でも5ℓ以上になることが通常であるため、パッカー間に滞留している初期の孔内水を排除するために地下水サンプラーは繰り返しサンプリングカプセルまで下ろして採水を行う必要がある。

ロッド昇降装置はサンプリングカプセル及びこれに接続されるステンレスロッドを採水孔内の所定の深度まで降ろし、また採水終了後には地上に引き上げる働きをする。カプセルとロッドの孔内への挿入は通常のウィンチ等でも行うことができるが、ここで使用される昇降装置は本地下水サンプラー用に製作されたものでロッドの昇降作業を効率よく行うことができる。

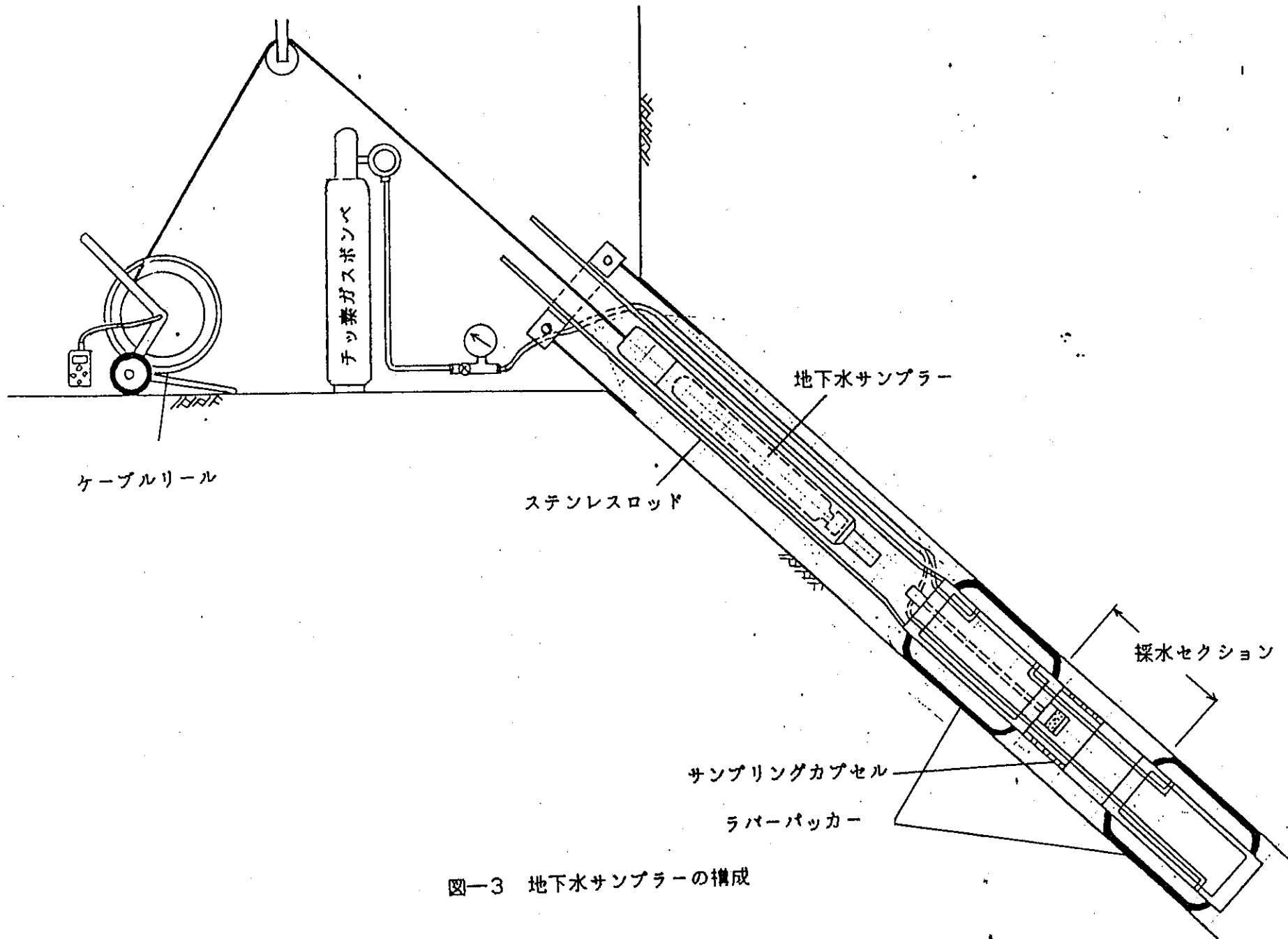


図-3 地下水サンプラーの構成

3. 1. 1 B A T採水装置タイプB

B A T採水装置タイプBは深部地下水サンプリング用地下水採取装置で深さ100m以内の岩盤内のクラックを流れる地下水をボーリング孔内で採取して地下水の化学分析に供するために設計製作されたものである。

本装置はサンプリングカプセル(図一4, 5)と地下水サンプラー(図一6)から構成されておりサンプリングカプセルは岩盤内の特定のクラックを通過して流れる地下水だけを採取し、その他のクラックや地上からの水とガスが採取したサンプルに混じるのを防ぐために、クラック周辺の孔壁を上下2個のパッカーで被覆するように設計されている。またカプセルの中心部に2インチ径のステンレスロッドが設置されておりその下端には地下水中に含まれる風化土などの固形物をろ過するため、フィルターチップがついている。

サンプリングカプセルはボーリング孔にそって降下させ、フィルターチップがクラックの位置に一致するようにセットした後パッカーを膨脹させるとカプセルはその位置で固定され、クラック周辺の孔壁はパッカーのゴム膜で被覆される。

地下水サンプラーはサンプリングカプセルのステンレスロッドに沿って降下させ、フィルターチップを通過した地下水とガスを採取する装置である。この装置は地下水とそれに含まれるガスを地盤内と同じ圧力で採取することができ採取されたサンプルは外気に触れることなく実験室に運搬することができる。またサンプル容器に採取された水とガスの比率を随時観測することができるように、サンプル採取中にサンプル容器内の圧力を測定する圧力センサーが付いている。また、圧力センサーを単独で使用することにより地下水の採取に先立って岩盤内の間隙水圧も測定することができる。

(1) サンプリングカプセル

サンプリングカプセルは斜孔に使用するため、形状が滑らかでパッカー用ゴム膜の強度の強い、深度500m対応型のものを使用した。図一4, 5にその詳細を示すように地下水サンプルの取り込み口となるフィルターチップの上下に長さ1mのエアーパッカーを備え、これを窒素ボンベからのガス圧によって膨脹させることによりボーリング孔内の採水深度の上下を区切ることができる。上下のエアーパッカーを備えた部分はそれぞれ上部カプセル、下部カプセルと呼ばれる。上部カプセルからはステンレスロッドが地上まで立ち上がっている。地下水を採取する場合は地下水サンプラーをこのロッド内を通してフィルターチップまで降下させ採水を行う。

サンプリングカプセルは専用の昇降装置、あるいは試錐機のウィンチ等を用いてロッドを継ぎ足しながら所定の深度まで降下させる。

上部カプセルと下部カプセルは図一4に示すように中間カプセルによって接続するタイプである。中間カプセルにはスイベルナットが付いており、上下カプセルとの接続はこれによって行われる。

中間カプセル内は中空となっておりカプセルを組み上げた状態ではその内部に孔内水が流入することはない。従って純粋の地下水サンプルを採取するために排除しなければならないパッカー間の初期孔内水の体積を大幅に減らすことができる。

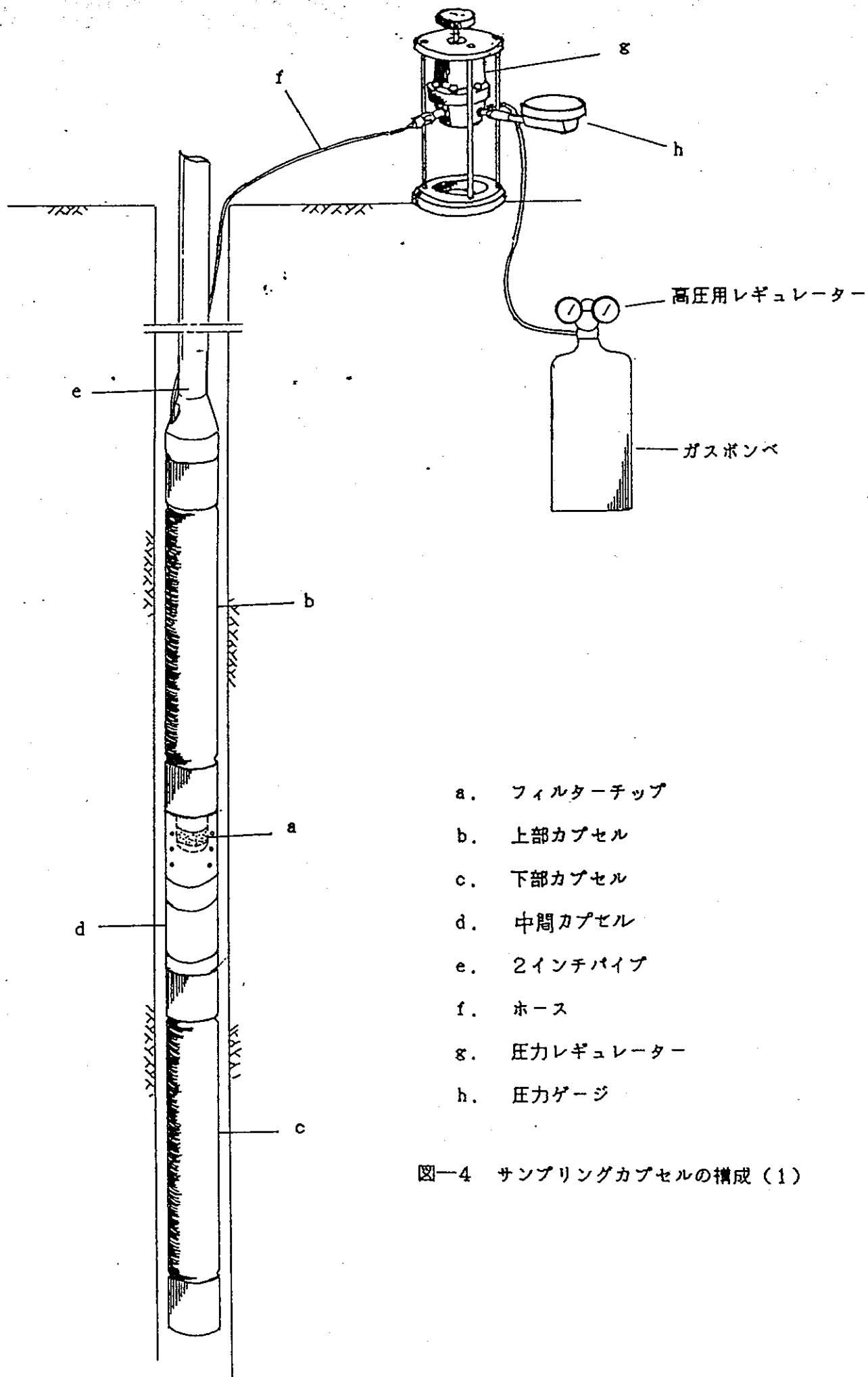
(2) 地下水サンプラー

地下水サンプラーはサンプリングカプセルのステンレスロッド内をフィルターチップまで降ろし、その内部のサンプル容器に地下水を取り込んで地上まで運搬する装置である。地下水サンプラーの構成は図一6に示した。サンプル容器はガラス製で両端が開口しておりともにラバーディスクと呼ばれるゴム詮が置かれ穴のあいたキャップで固定されている(図一7)。このサンプル容器が金属製のサンプルハウジング内に置かれ、ハウジング先端には両端注射針が備えられている。ステンレスロッド内にサンプラーを降ろしサンプリングカプセルに接続させると両端注射針の下端がカプセル内のラバーディスク(図一5)を貫通すると同時に針の上端がサンプル容器内のラバーディスクを貫通して外部の地下水がサンプル容器内に取り込まれる。通常、サンプル容器は採水速度を速め、採水量を増加させるために内部を減圧しておく。

サンプルハウジング上部には圧力センサーが取り付けられセンサーは針によってサンプル容器内部に通じており採水前から採水中にいたるまでサンプル容器内の圧力を地上のデジタルリードアウトユニットによりモニターすることができる。採水前は減圧された状態を示しているが採水が行われ内部に水が流入すると気体部分の体積の減少に伴い容器内圧力は増加する。従ってサンプル容器が満水になったときの容器内圧力を計算しておくことにより地上で採水終了時点を知ることができる。

また圧力センサーを単独でサンプリングカプセルに降ろすことにより採水深度での間隙水圧を直接測定することも可能である。

図一8に地下水サンプラーの分解図を、図一9、10にデジタルリードアウトユニットの構成をしめす。



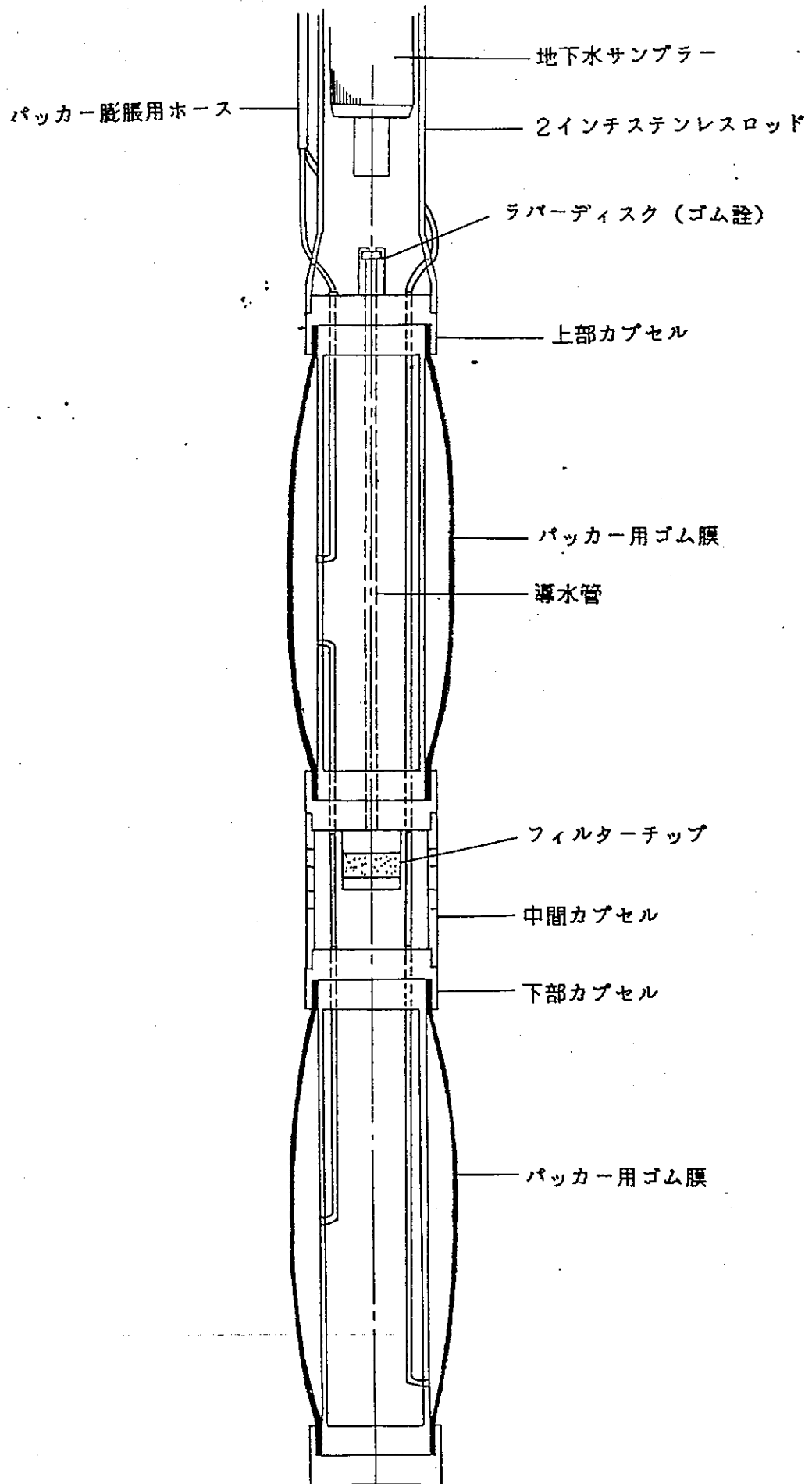
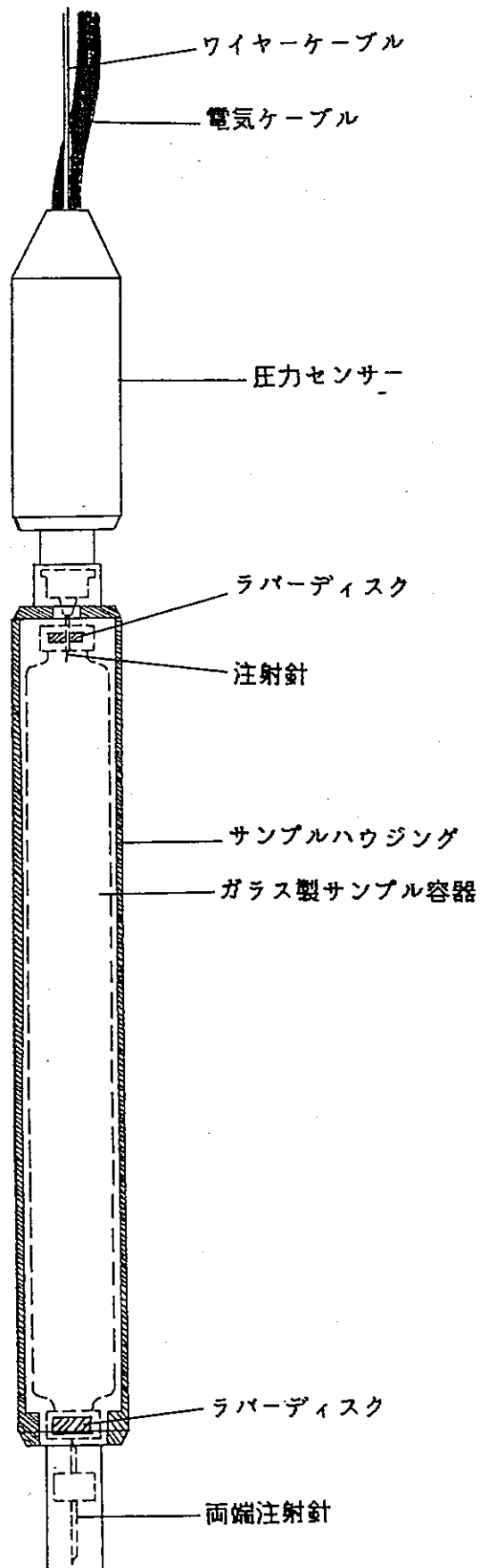
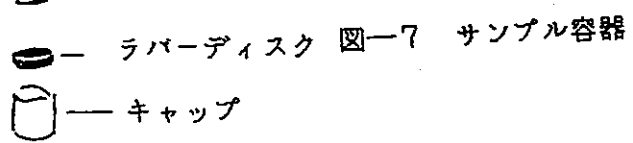
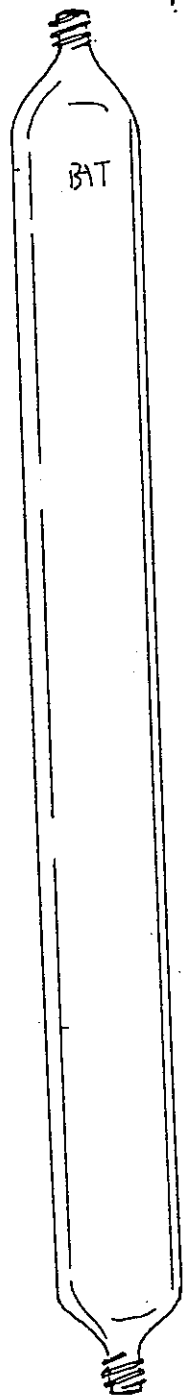
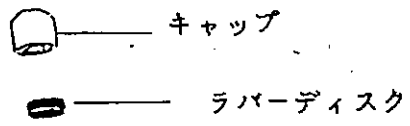
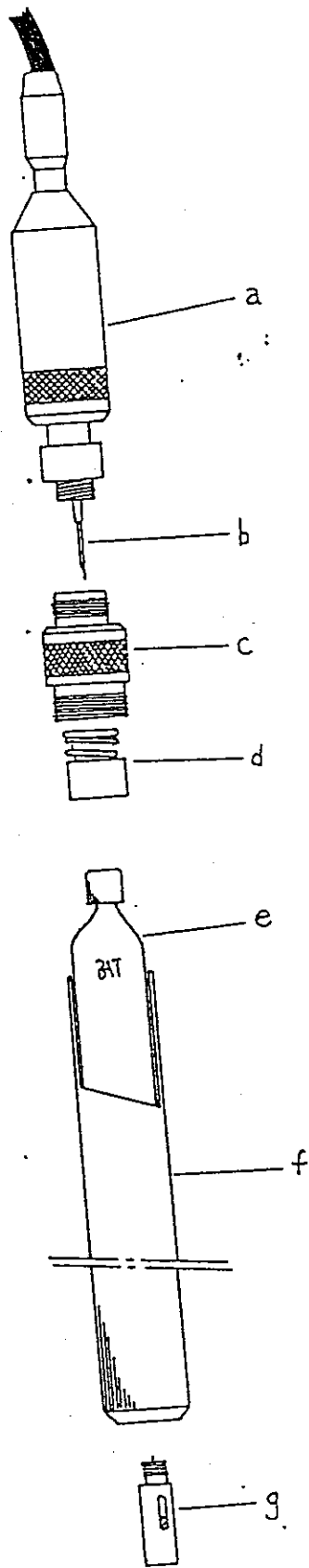


図-5 サンプリングカプセルの構成 (2)



図一6 地下水サンプラーの構成





- (a) 圧力センサー
- (b) 片端注射針
- (c) アダプター
- (d) スペーサー
- (e) サンプル容器
- (f) サンプル容器ハウジング
- (g) クイックカップリングユニット

図一8 地下水サンプラー分解図

図-9 圧力センサーとデジタルリード

アウトユニット

- a) メンブレンとトランスデューサー
- b) ケーブル
- c) ディスプレイ
- d) LIGHTボタン
- e) CHECKボタン
- f) ZEROボタン
- g) ON/OFFボタン
- h) ケーブルコネクター
- j) キャリブレーション調整ネジ
- k) ゼロ点調整ネジ
- l) バッテリーホルダー

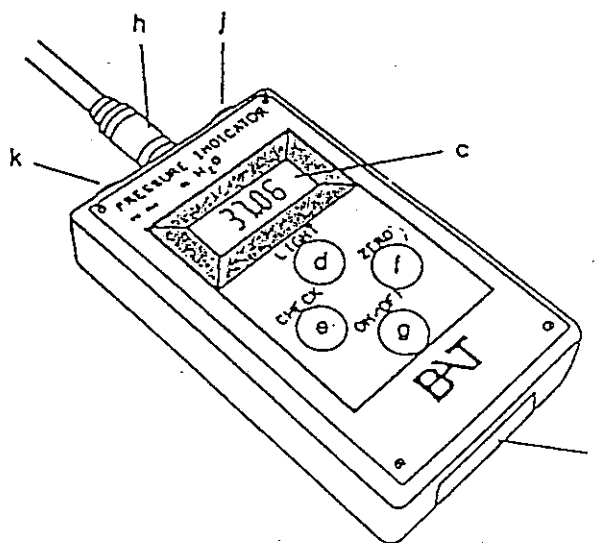
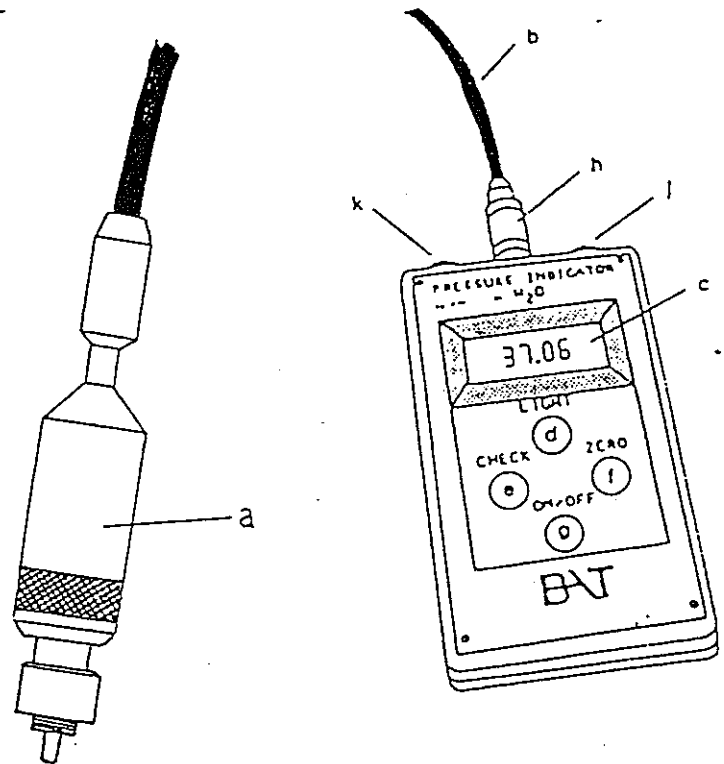


図-10 デジタル・リードアウト・ユニット

3. 2 採水方法

3. 2. 1 サンプリングカプセルの降下方法

KNA-2号孔は斜孔であるため、BAT採水用昇降装置の直接の使用は困難である。従ってサンプリングカプセルおよびステンレスロッドは、試錐機のウィンチとスイベルを利用して孔内への挿入と引き上げを行った。

3. 2. 2 パッカーによる止水方法

(1) パッカー間隔

上下のパッカー間隔は指定された採水深度を中心にして1 m間隔とした。従って各深度での採水区間は次の通りである。

採水深度	採水区間深度
59.7 m	59.2 ~ 60.2 m
62.0 m	61.5 ~ 62.5 m

(2) パッカー膨脹圧力

使用したサンプリングカプセルの径が89 mmであるのに対して、KNA-2号孔の径は116 mmであるから、KNA-1号孔に比較してパッカー圧に対する条件は良好である。従って、止水効果をより確かなものとするために(孔内水頭圧+3 kg/cm²)を目安にパッカー圧を作用させた。孔に沿った長さで60 m付近での孔内水頭圧は約4 kg/cm²であるから上記2深度共に7 kg/cm²のパッカー圧とした。

3. 2. 3 サンプリング方法

(1) サンプル容器の減圧方法

サンプル容器は図-12に示すように簡易真空ポンプによって5~10分間の減圧を行った。これにより-0.9 kg/cm²以下まで減圧することができる。

(2) サンプラーの挿入・引き上げ

サンプラーの挿入と引き上げは図-3に示すような手動のケーブルリールによって行った。

(3) 採水時間

サンプラーをカプセルに降ろしてから満水になるまでの時間は各採水深度によって若干の差はあるが5～10分程度で満水にすることができた。従って採水状態を見ながらその都度挿入時間を規定してサンプラーを引き上げた。

(4) 地下水サンプルの保存

採取した地下水はサンプル容器からポリエチレン製の試料ビンに移して保存した。試料ビンは容量が1000cm³であるのでサンプル容器2本分のサンプルを1本の試料ビンに移し替えた。サンプルを保存するにあたっては溶存ガスの成分の変化を防ぐため予め試料ビン内をアルゴンガスで置換してからサンプルを入れると共にビンの蓋はビニールテープで密閉した。

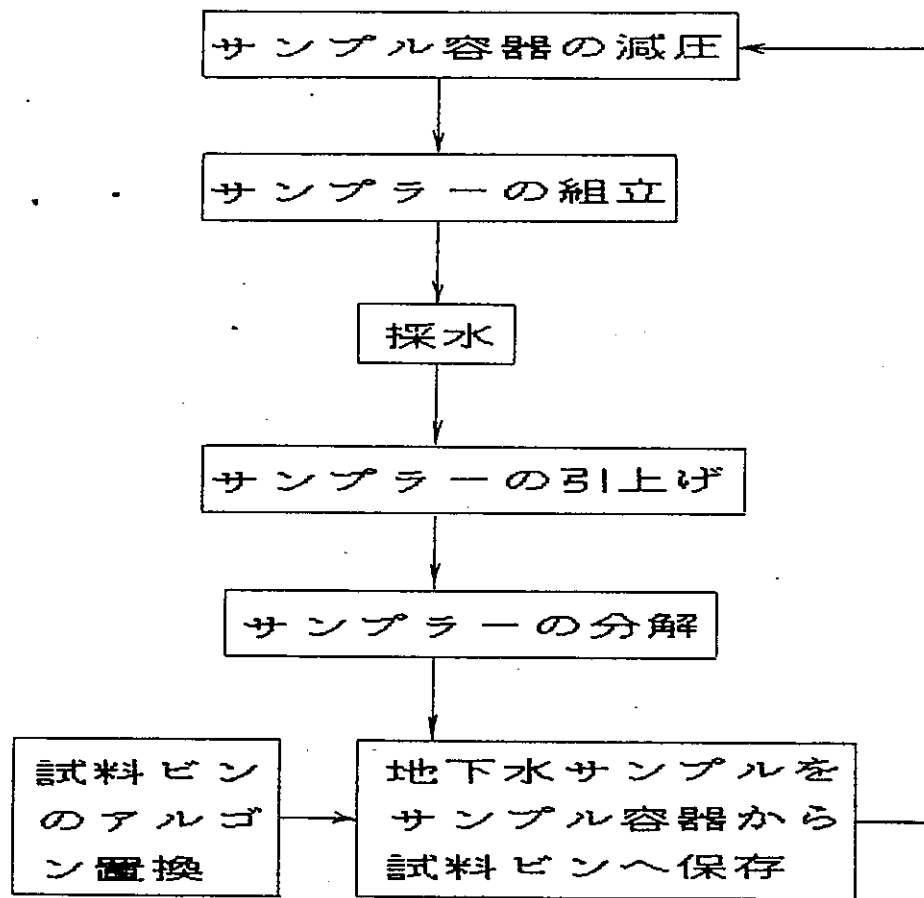
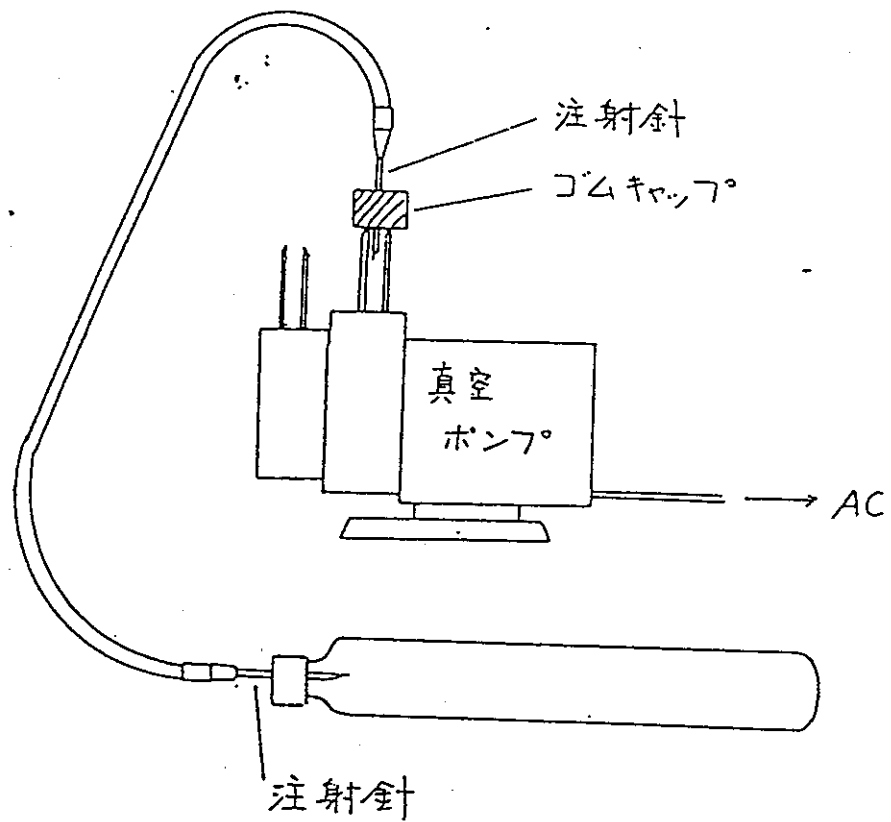


図-11 採水手順



図一12 真空ポンプによる
サンプル容器の減圧

4. 調査結果

4. 1 採水深度

採水深度は合計4深度の予定であったが、KNA-2号孔の状態が良好でなかったためケーシングの挿入に伴い、浅い箇所での採水を行うことができなかった。従って実施した採水箇所は深度59.7m, 62.0mの深い地点2箇所であった。採水区間の長さ(パッカー間隔)はすべて1mとし採水区間の中心部が上記の深度になるようにサンプリングカプセルを設置した。

4. 2 採水結果

表一2に採水日、深度、本数、および間隙水圧の測定結果を示す。表中、3/3~3/27は孔の状態が不良のため、パッカーの挿入を合計3度試みたが目標深度まで達することができなかったため、ケーシングの挿入等によって費やされた。間隙水圧は3/28~3/31では正常に測定されたが4/3~4/7は圧力センサー故障のため、測定することができなかった。4/10以降は以下の方法で間隙水圧の測定を試みたものである。

サンプリング作業においてカプセルまで降ろされた地下水サンプラーはサンプル容器内に地下水を取り込み、満水になった後はサンプル容器内の圧力と外部の間隙水圧は平衡に達する。従って引き上げたサンプル容器は地上においても採水深度での間隙水圧を保っているはずである。この容器に対してサンプルを開封するまえにBAT採水装置タイプAに備えられた圧力センサーによって容器内圧を測定すれば間隙水圧を間接的に知ることができる。ただしこの方法では、測定されるサンプル容器によって測定値がかなり幅を持ったため表には最大値と最小値を示した。

間隙水圧は両深度とも被圧された値を示しており、パッカーは正常に作用していたと思われる。

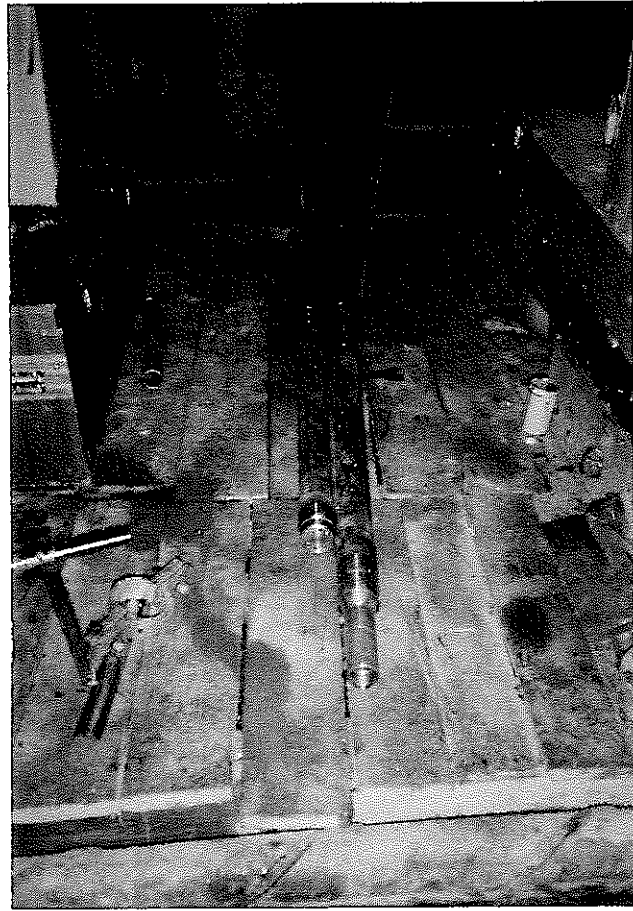
採水時間は何れの深度でも5~10分で500cm³容量のサンプル容器を満水にすることができ地下水は豊富に存在していたと思われる。

表一2 採水結果

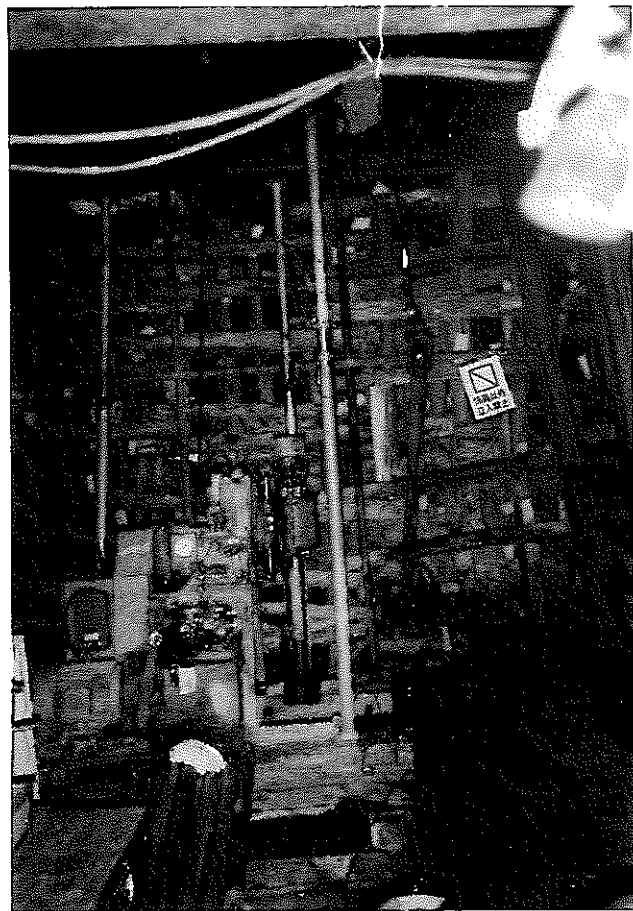
月 日	採水深度 (m)	採水本数・その他 (サンプルNoで表示)	間隙水圧 (m)
3. 3	—	パッカー設置作業 途中で挿入不能	—
3. 6) 3. 10	—	孔の洗浄とケーシング の挿入。 挿入深度42.5m	—
3. 13	—	パッカー設置作業 途中で挿入不能	—
3. 14) 3. 20	—	パッカー用テーパー キャップの製作	—
3. 22	—	パッカー設置作業 途中で挿入不能	—
3. 23) 3. 27	—	ケーシング挿入 挿入深度56.4m	—
3. 28	61.5~62.5	パッカー設置 採水No. 1~6	66.57
3. 29		採水No. 7~34	70.23 70.08
3. 30		採水No. 35~58	69.76 69.72
3. 31		採水No. 59~86	70.27 70.13

表一2 採水結果

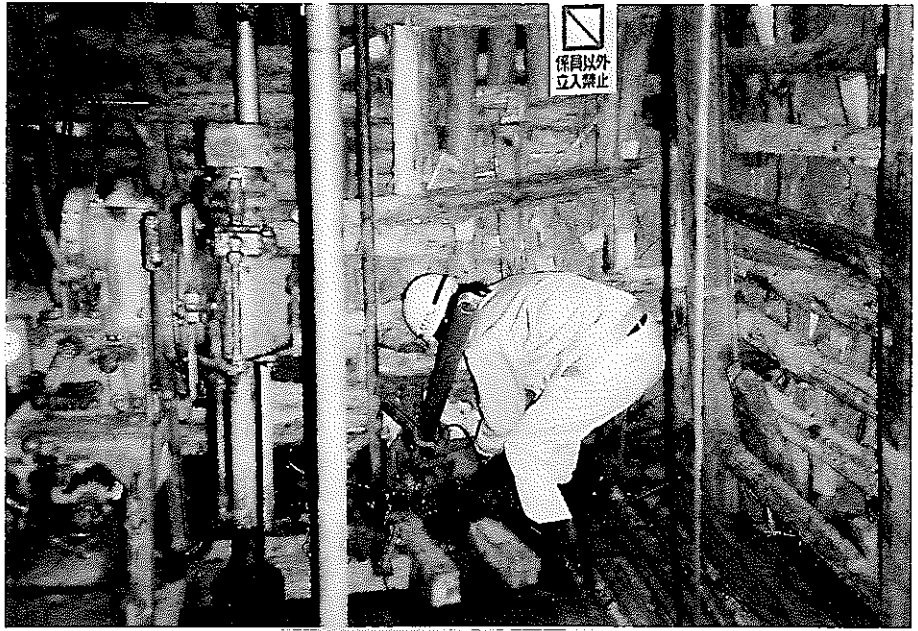
月 日	採水深度 (m)	採水本数・その他 (サンプルNoで表示)	間隙水圧 (m)
4. 3		採水No. 87~100	圧力センサー 故障
4. 4		採水No. 101~130	
4. 5		採水No. 131~154	
4. 6		採水No. 155~176	
4. 7		採水No. 177~200	
4. 10	61. 5~62. 5	採水No. 201~230	50. 50 }
4. 11		採水No. 231~260	66. 20 }
4. 12	59. 2~60. 2	パッカー深度変更 採水No. 1~6	41. 60 }
4. 13		採水No. 7~32	67. 77 }
4. 14		採水No. 33~60	64. 95 }
4. 17		採水No. 61~88	56. 88 }
4. 18		採水No. 89~116	70. 50 }
4. 20		採水No. 117~140	64. 90 }
			65. 50 }
		68. 05 }	
		63. 23 }	
		67. 32 }	
		63. 41 }	
		69. 11	



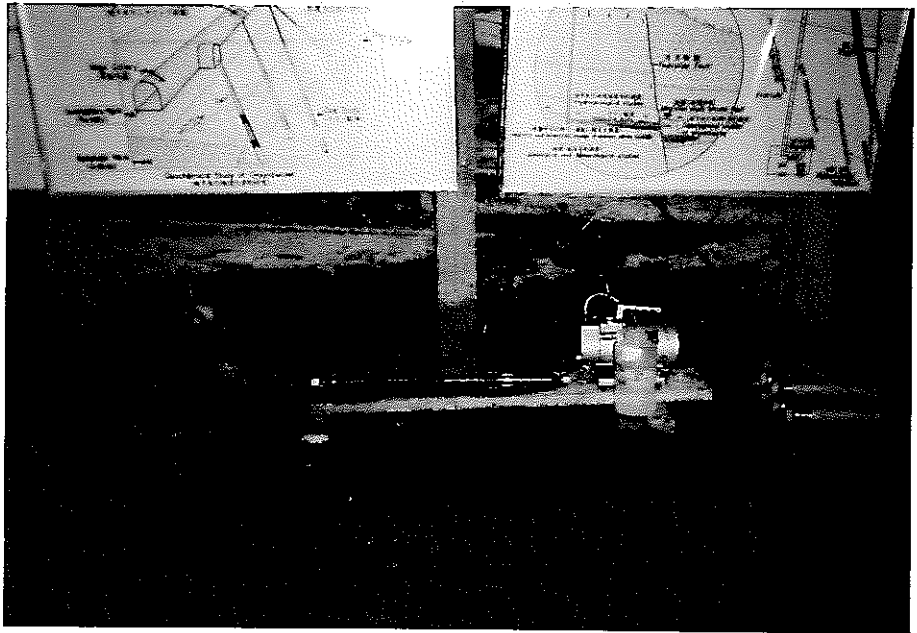
サンプリングカプセル



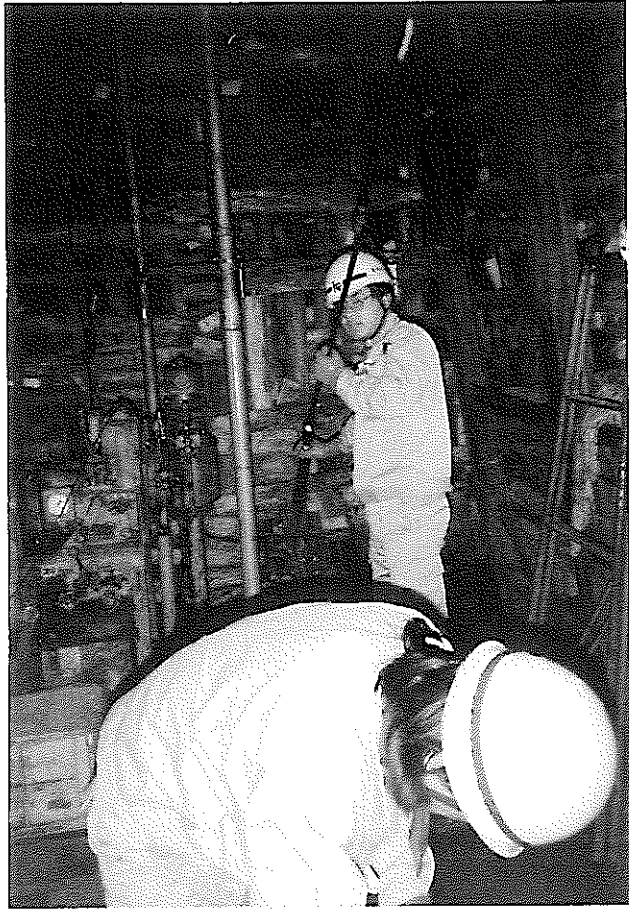
パッカー挿入



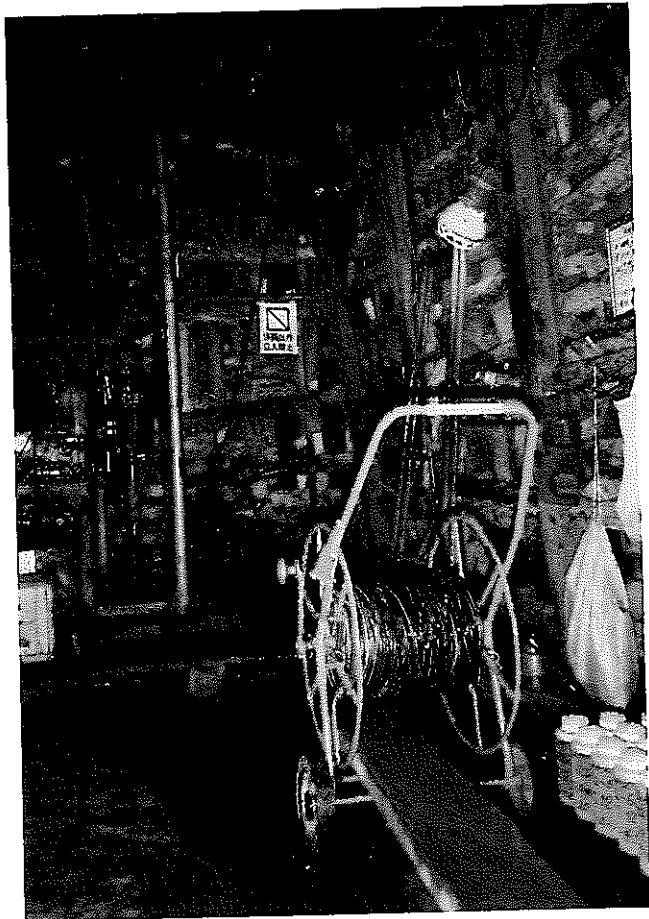
パッカー設置完了



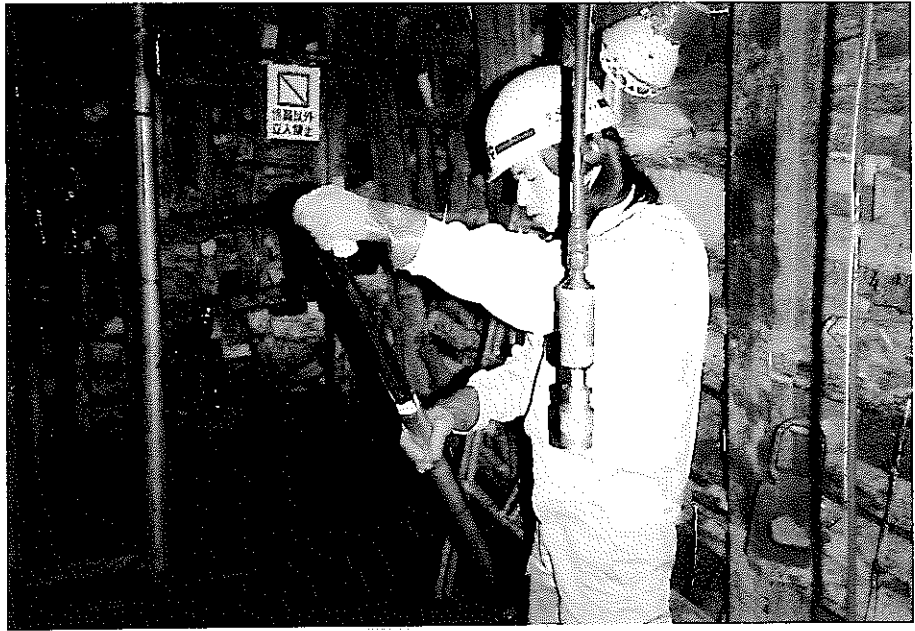
サンプル容器の減圧



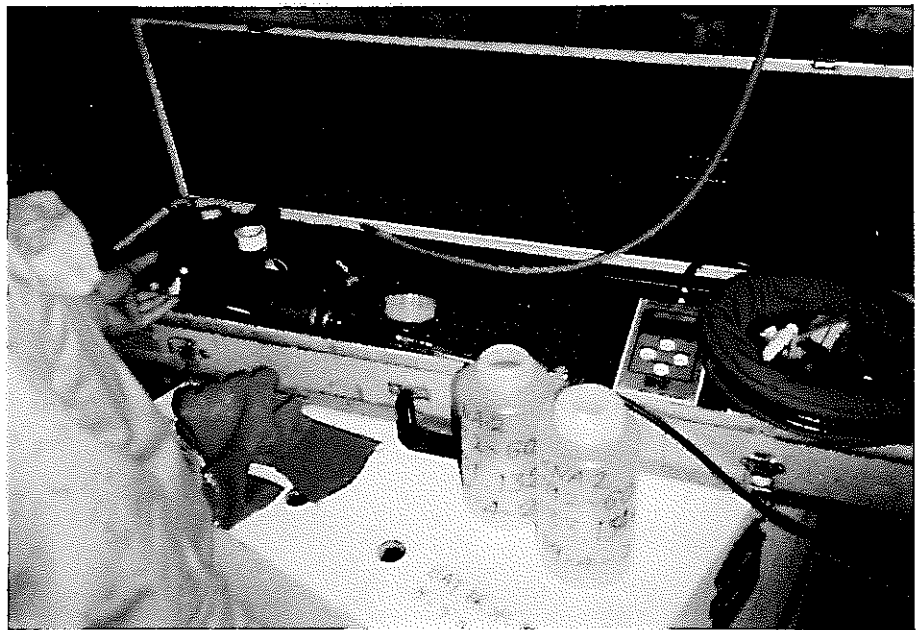
地下水サンプラーの挿入



採水中



採水後のサンプル容器



サンプル容器を利用した間隙水圧測定