

KNA-1号孔における地下水サンプリング

報 告 書

平成元年3月

動力炉・核燃料開発事業団

基礎地盤コンサルタント株式会社

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. 1. 2 B A T採水装置用昇降装置	16
3. 2 採水方法	19
3. 2. 1 パッカーによる止水方法	19
3. 2. 2 サンプリング方法	19
4. 調査結果	23
4. 1 採水深度	23
4. 2 採水結果	23

(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-1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

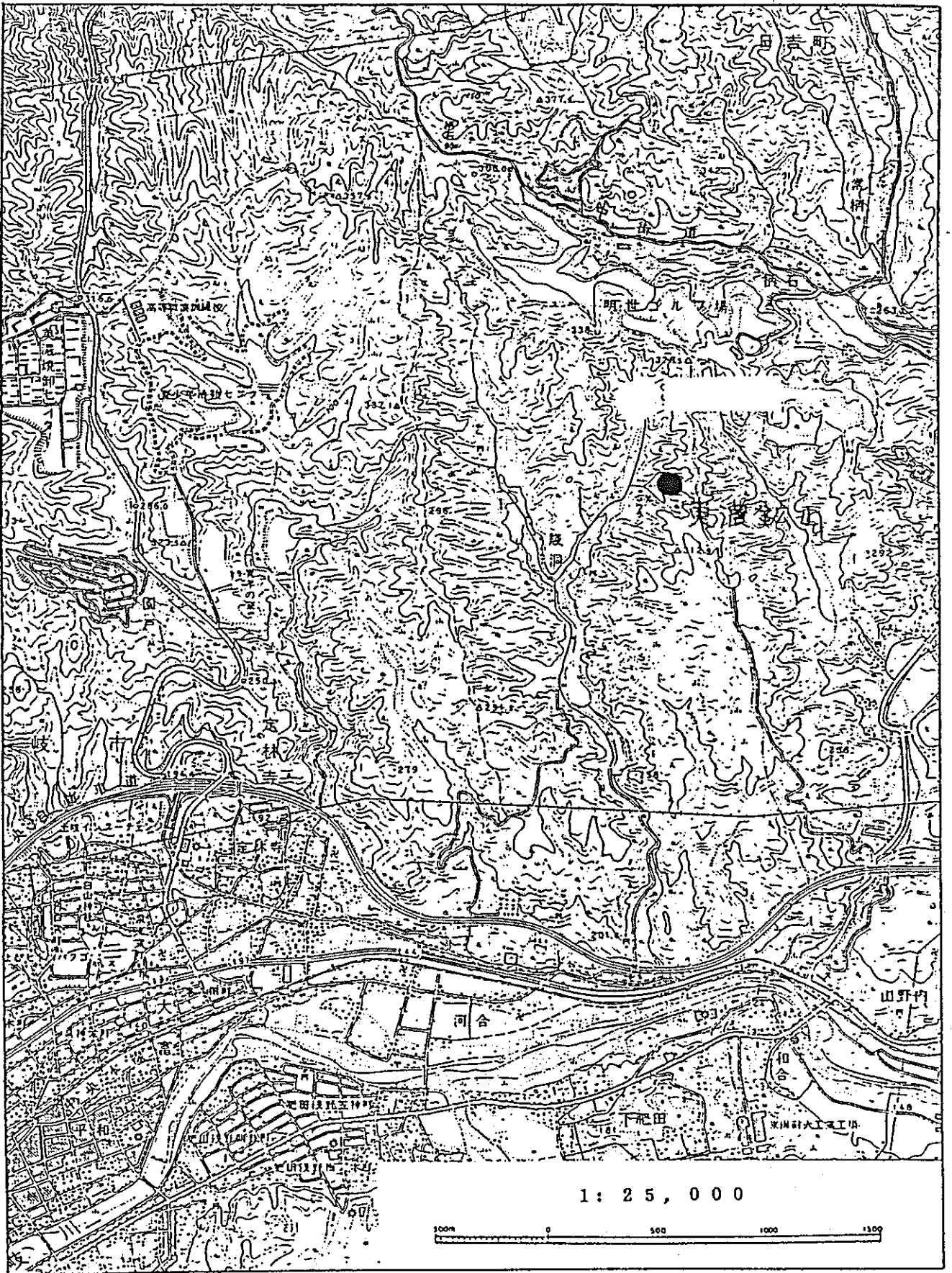
岐阜県土岐市泉町河合賤洞 動燃事業団東濃鉾山調査坑道内KNA-1号孔。調査場所は図-1. 2に示す。

2. 2 調査内容と方法

東濃鉾山調査坑道内KNA-1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、4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

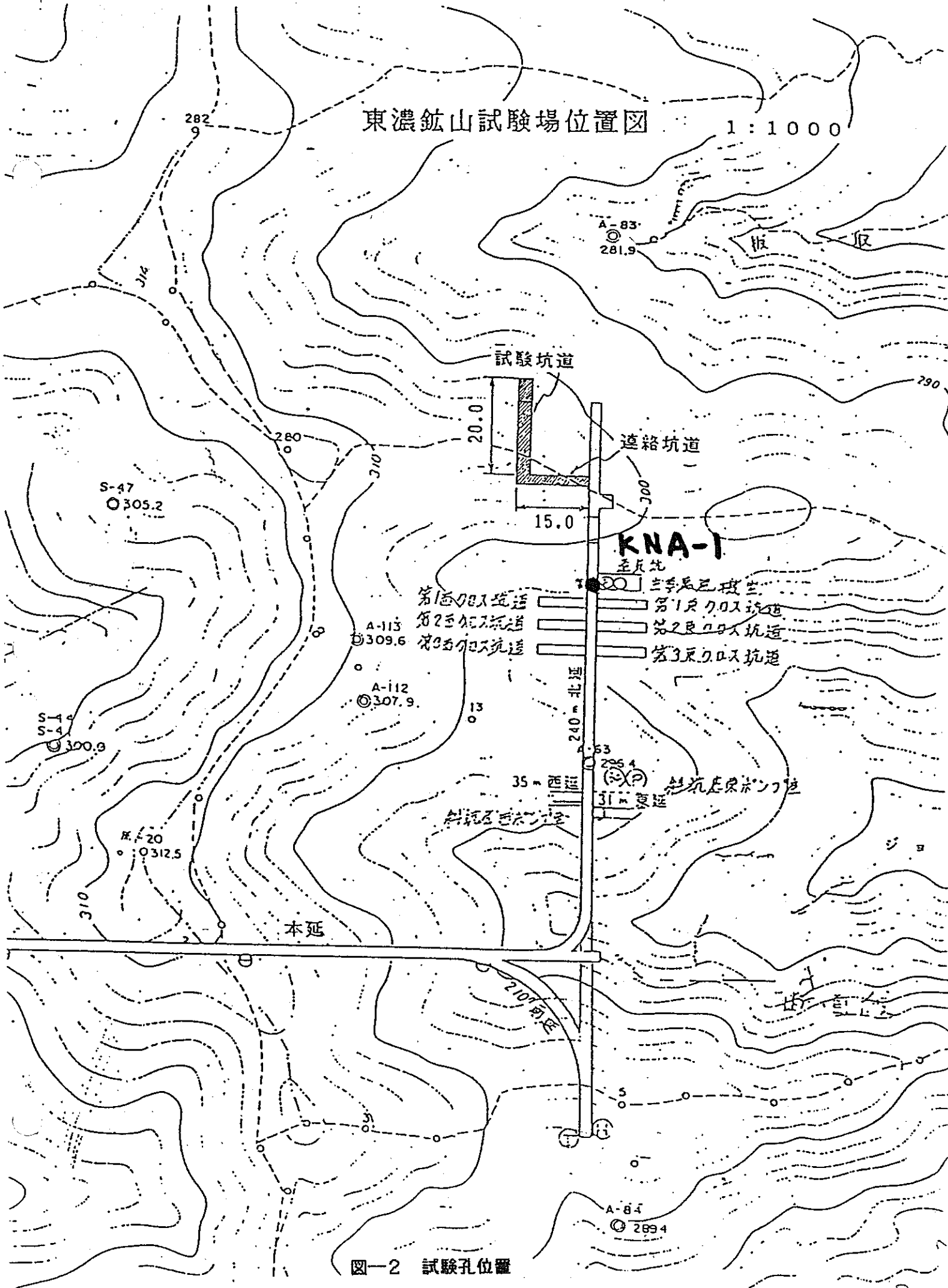
表-1に採水深度と合計の採水本数を示す。



圖一 調査場所

東濃鉦山試験場位置図

1:1000



図一 試験孔位置

表一1

採水本数

採水深度	合計本数
5.0 ~ 6.0m	76 本
24.0 ~ 25.0m	248 本
28.5 ~ 29.5m	66 本
33.8 ~ 34.8m	68 本

3. 調査方法

3. 1 動燃式地下水サンプラー

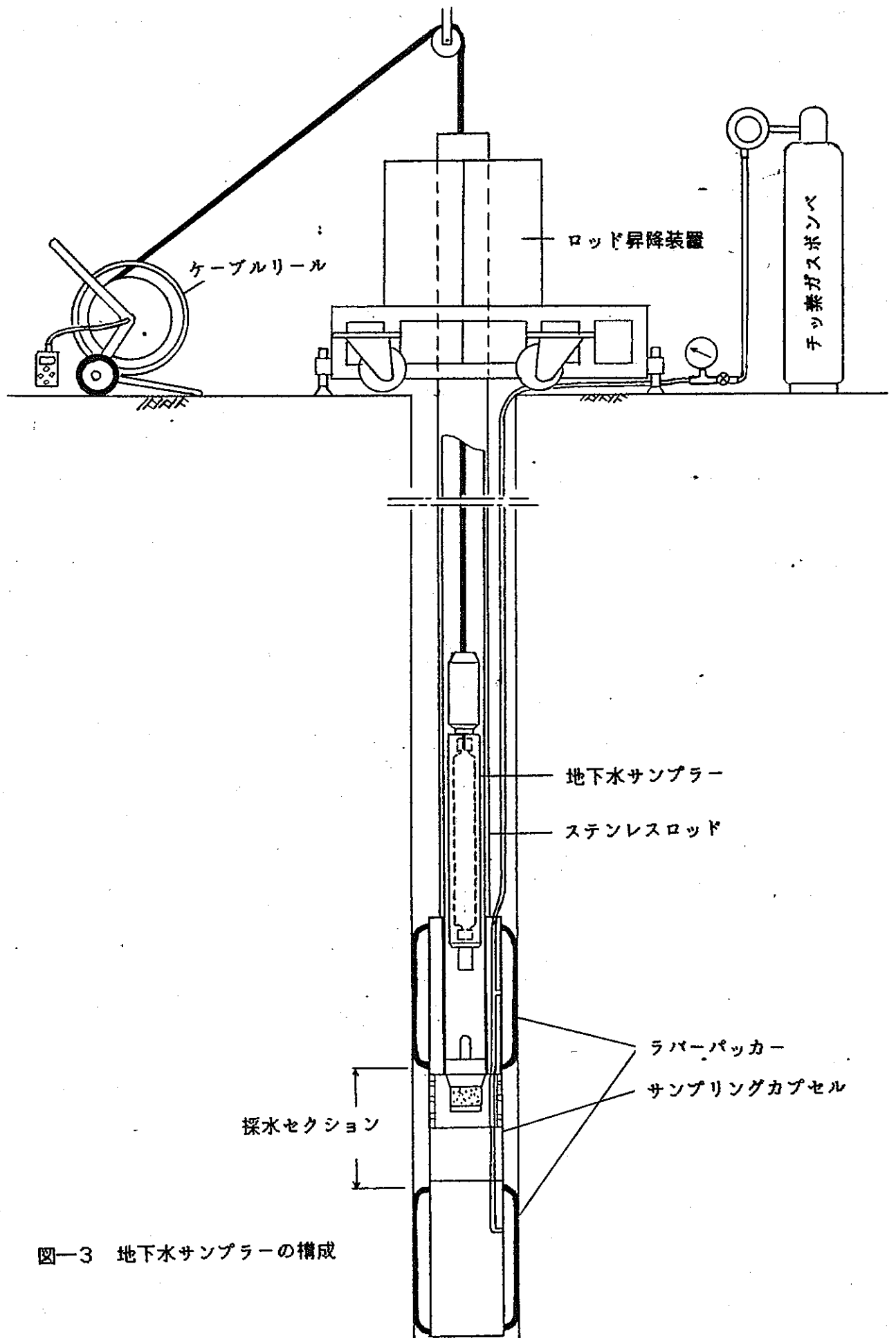
深部地下水の地球化学的特性を解明するためには、外部から汚染されず、またその地下水が存在していた環境条件に極力近い状態で採取したサンプルを化学分析にかける必要がある。通常試錐孔内からの地下水採取を考えた場合、孔内には様々な深度から湧出した水が混合し、しかもそれが大気に開放された状態で存在しているため、これをサンプルとして採取しただけではいかなる深度での地下水であるか明らかではなく、また被圧されていた地下水の場合には孔内に湧出することによって溶存していたガス成分が遊離している可能性がある。

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。



図一3 地下水サンプラーの構成

3. 1. 1 BAT採水装置タイプB

BAT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—4, 5)と地下水サンプラー(図—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図—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、これを窒素ポンプ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。フィルターチップからは上部カプセル中心部を通して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—4に示すように3本の連結ロッドによって接続するタイプであったが、今回の使用に対してこの連結部に改良を加えた。ロッドで連結するタイプではカプセルの組立作業が繁雑であると共に取扱時の強度に不安がのこる。またボーリング孔内に挿入する場合、上下カプセルの端部が孔壁の凹凸にかかる可能性が高い。従ってこの部分を図—7に示すようにカプセルと同じ径を持つパイプ(中間カプセル)によって連結することとした。上部カプセルと下部カプセルには中間カプセルを取り付けるためのパイプを接続しておく。特に上部カプセルではパイプによってフィルターチップが中

に入るためストレーナー付きパイプとしてある。両パイプ間には2個の中間カプセルが連結される。中間カプセルにはスイベルナットが付いており、パイプ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。

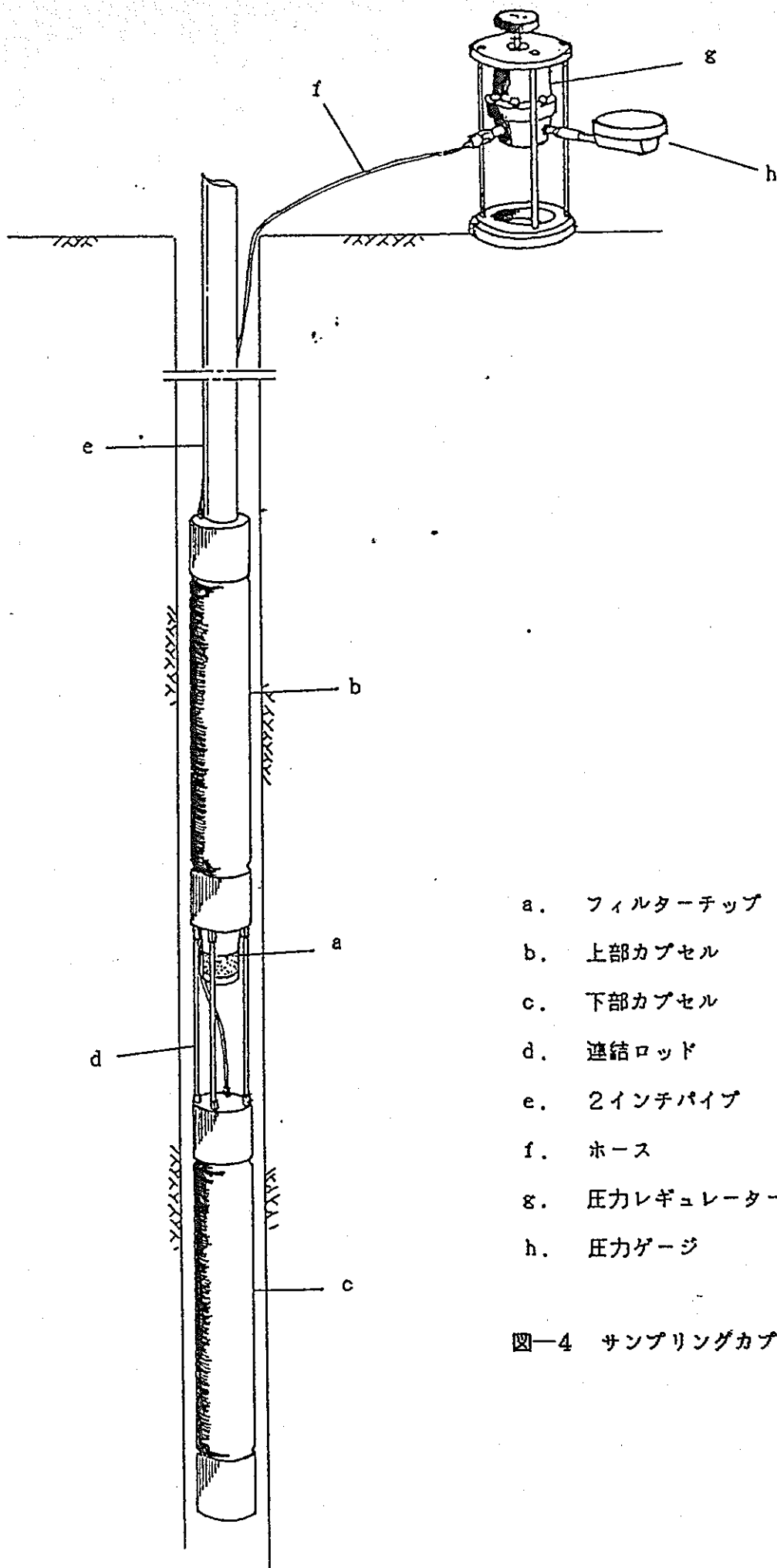
(2) 地下水サンプラー

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(図一8)。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、フィルターに接続させると両端注射針の下端がフィルターチップ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。

図一9に地下水サンプラーの分解図を、図一10、11にデジタルリードアウトユニットの構成をしめす。



- a. フィルターチップ
- b. 上部カプセル
- c. 下部カプセル
- d. 連結ロッド
- e. 2インチパイプ
- f. ホース
- g. 圧力レギュレーター
- h. 圧力ゲージ

図-4 サンプリングカプセルの構成 (1)

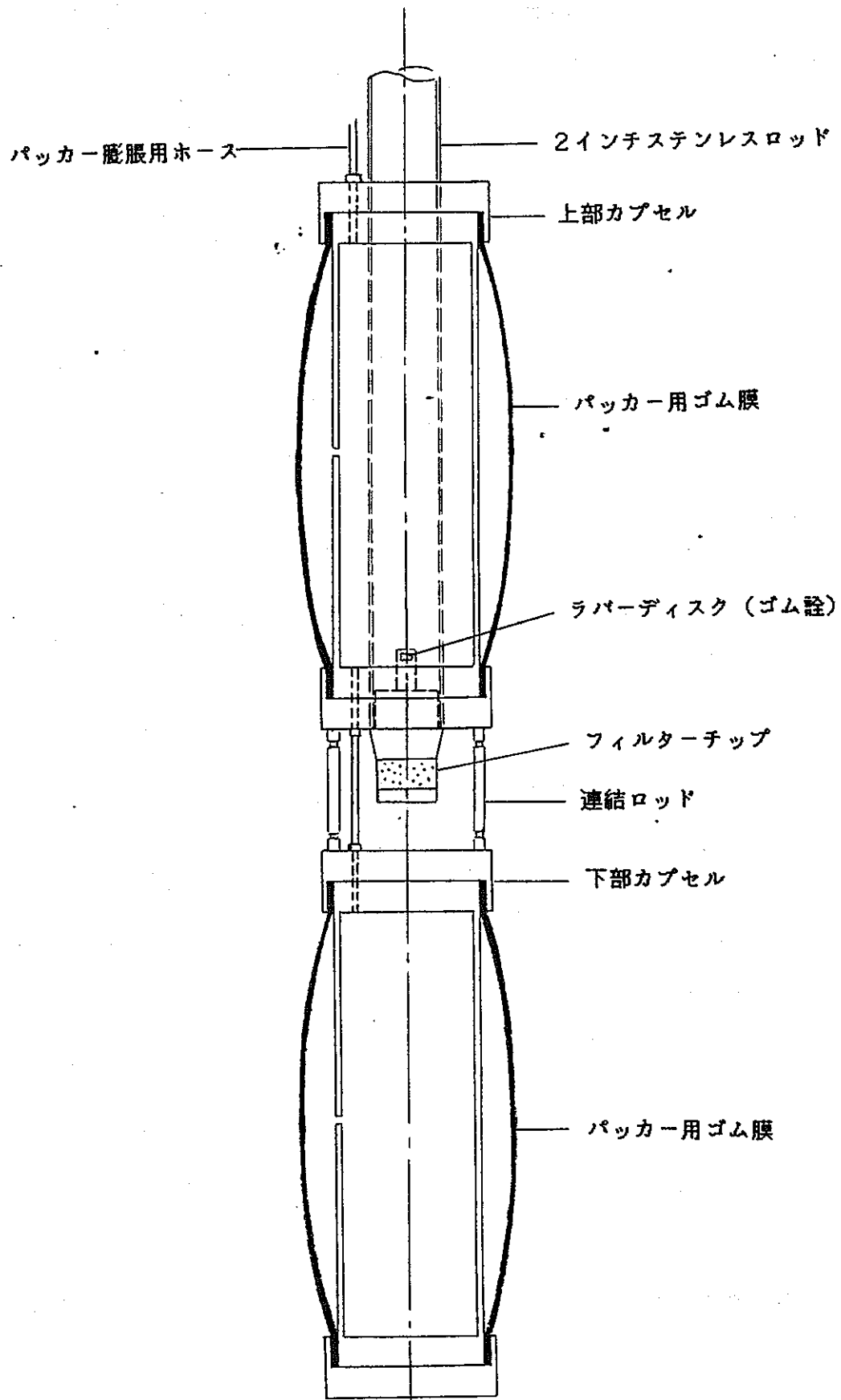
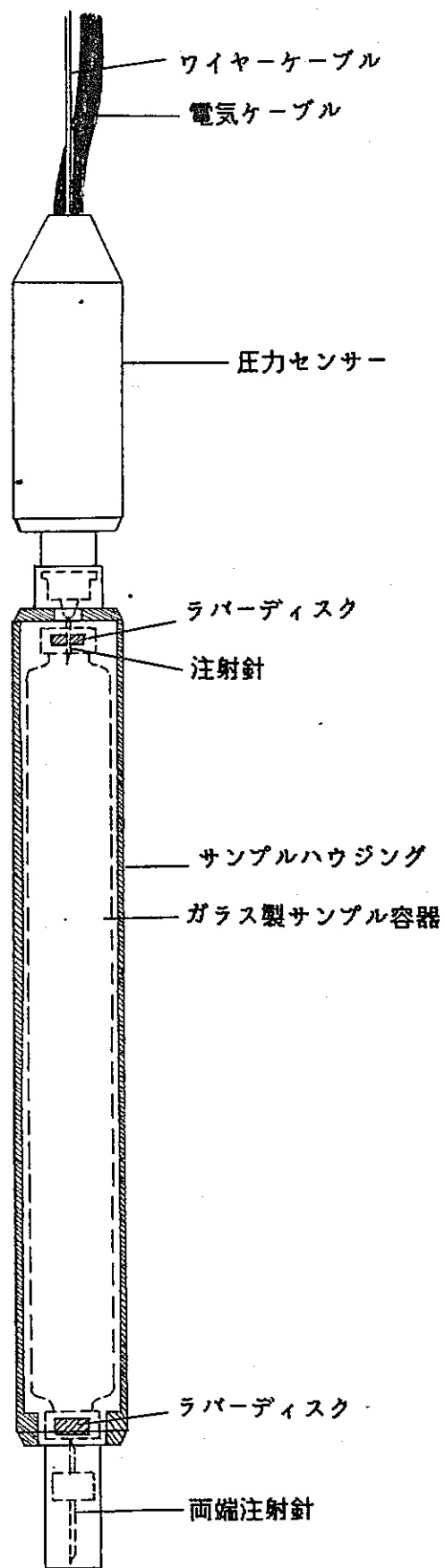
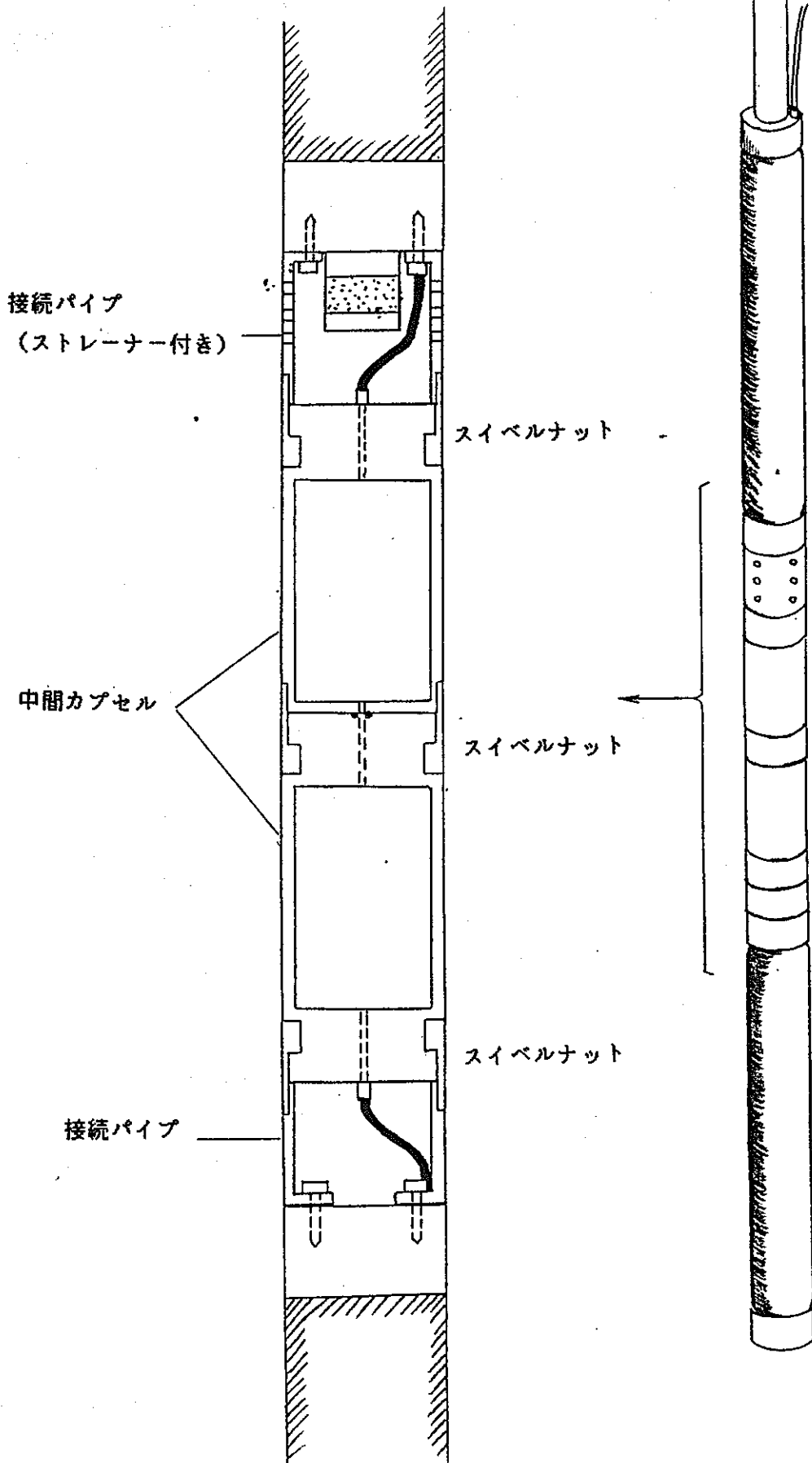


図-5 サンプルングカプセルの構成 (2)



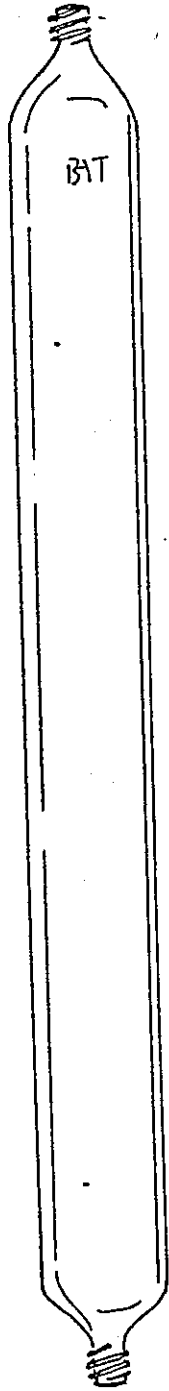
図一六 地下水サンプラーの構成



図一七 中間カプセル

— キャップ

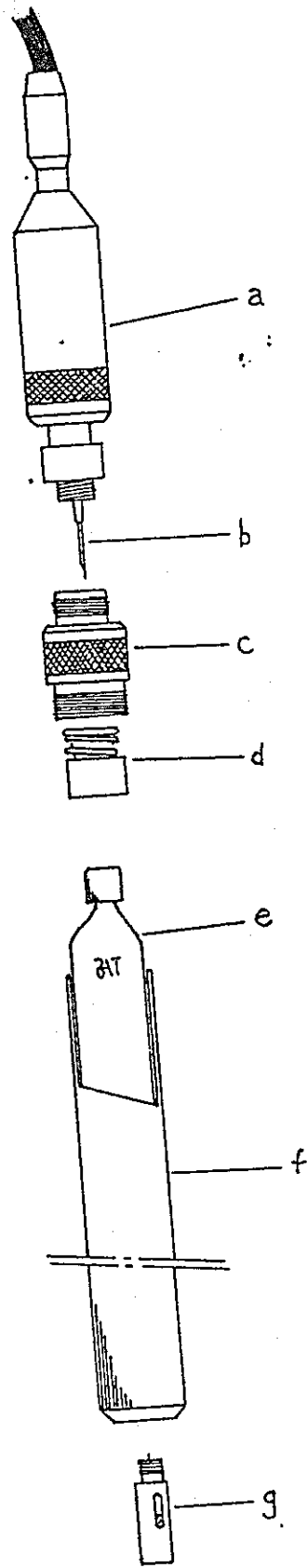
— ラバーディスク



— ラバーディスク

— キャップ

図一8 サンプル容器



- (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

図一9 地下水サンプラー分解図

図-10 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

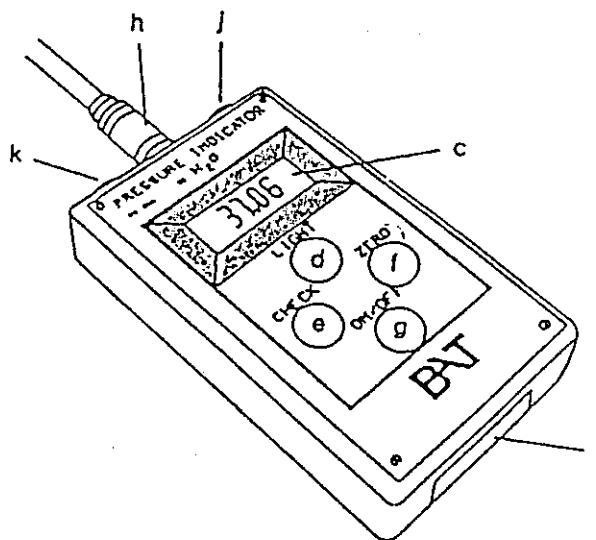
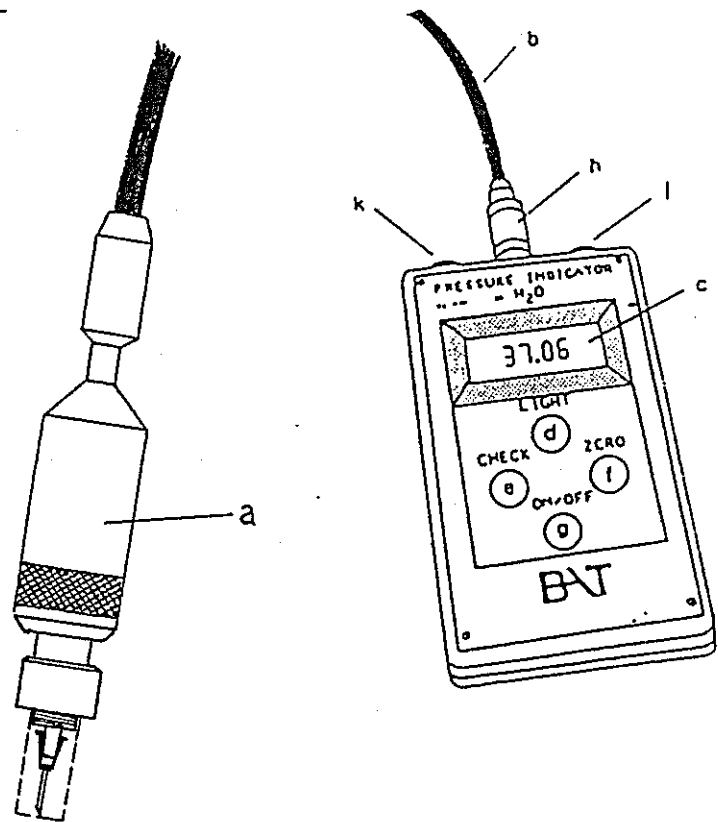


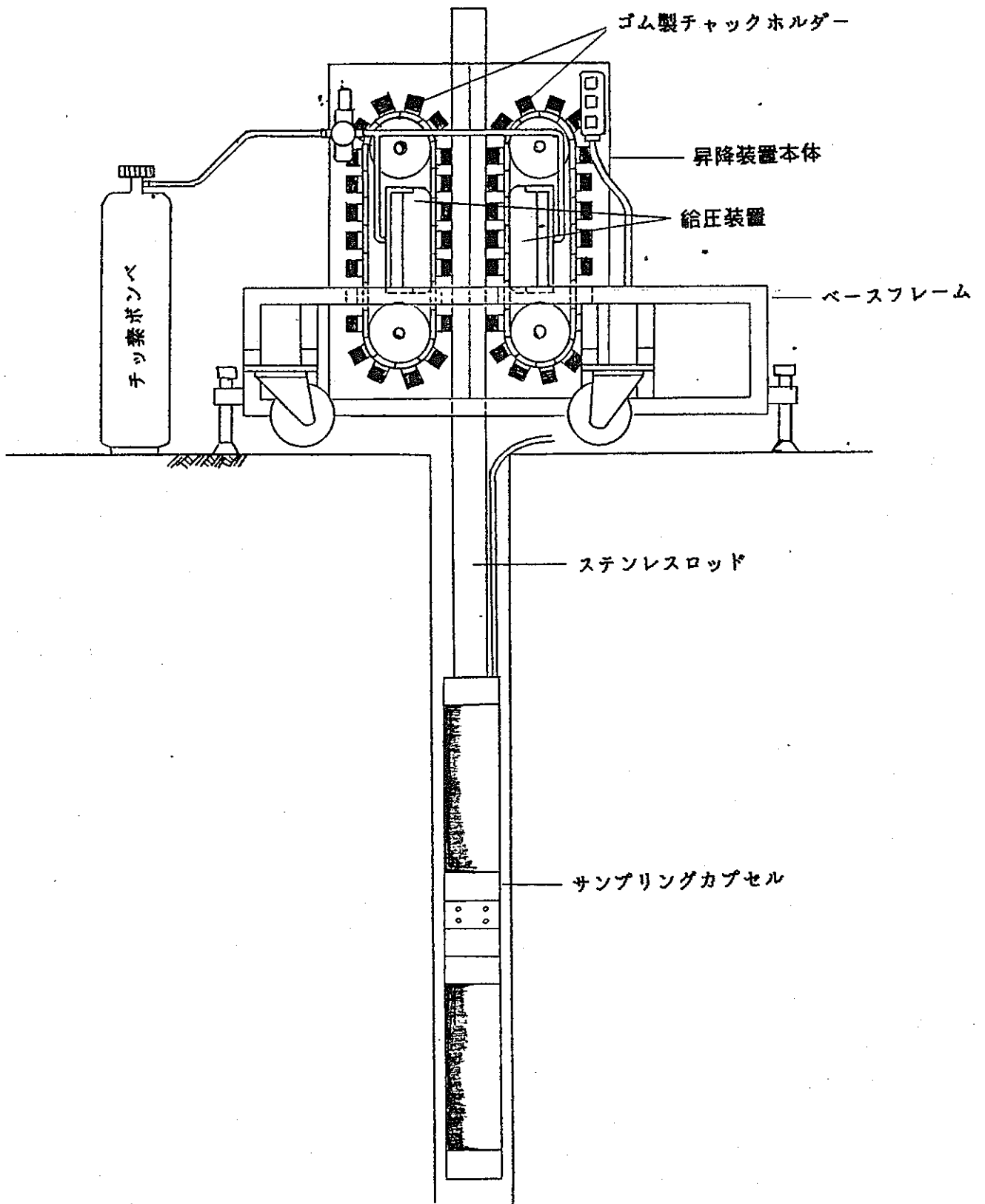
図-11 デジタル・リードアウト・ユニット

3. 1. 2 B A T採水装置用昇降装置

B A T採水装置用昇降装置はサンプリングカプセル及びステンレスロッドを採水孔内に挿入または引き上げを行うために特別に開発されたものである。サンプリングカプセルは試錐機のウィンチ等を利用して孔内に降ろすことができるが、本装置を利用することによりロッドの継ぎ足し作業などが容易に行うことができ連続的にカプセルの昇降操作を行うことができる。

図一12に昇降装置の構成を概略的に示した。装置本体にはゴム製チャックホルダーを巻いたチェーンとガス圧によってホルダーをロッドに押し出す給圧装置がそれぞれ2体備えられている。2つのチャックホルダー付きチェーンの間にステンレスロッドをはさみチェーンの内側から給圧装置によってチャックホルダーをロッドに押し付けることによってステンレスロッドとサンプリングカプセルを保持する。更にこの状態からモーターによってチェーンを回転させることによりカプセルとロッドを昇降させることができる。従ってロッドの継ぎ足し時以外は連続的にカプセルの挿入を行うことができ、スイベル等の器具の補助は必要としない。また上昇、下降はスイッチ1つで切り替えることができるためカプセル設置深度の微調整も容易である。

図一13には昇降装置本体の詳細図も示した。



図一12 昇降装置の概略図

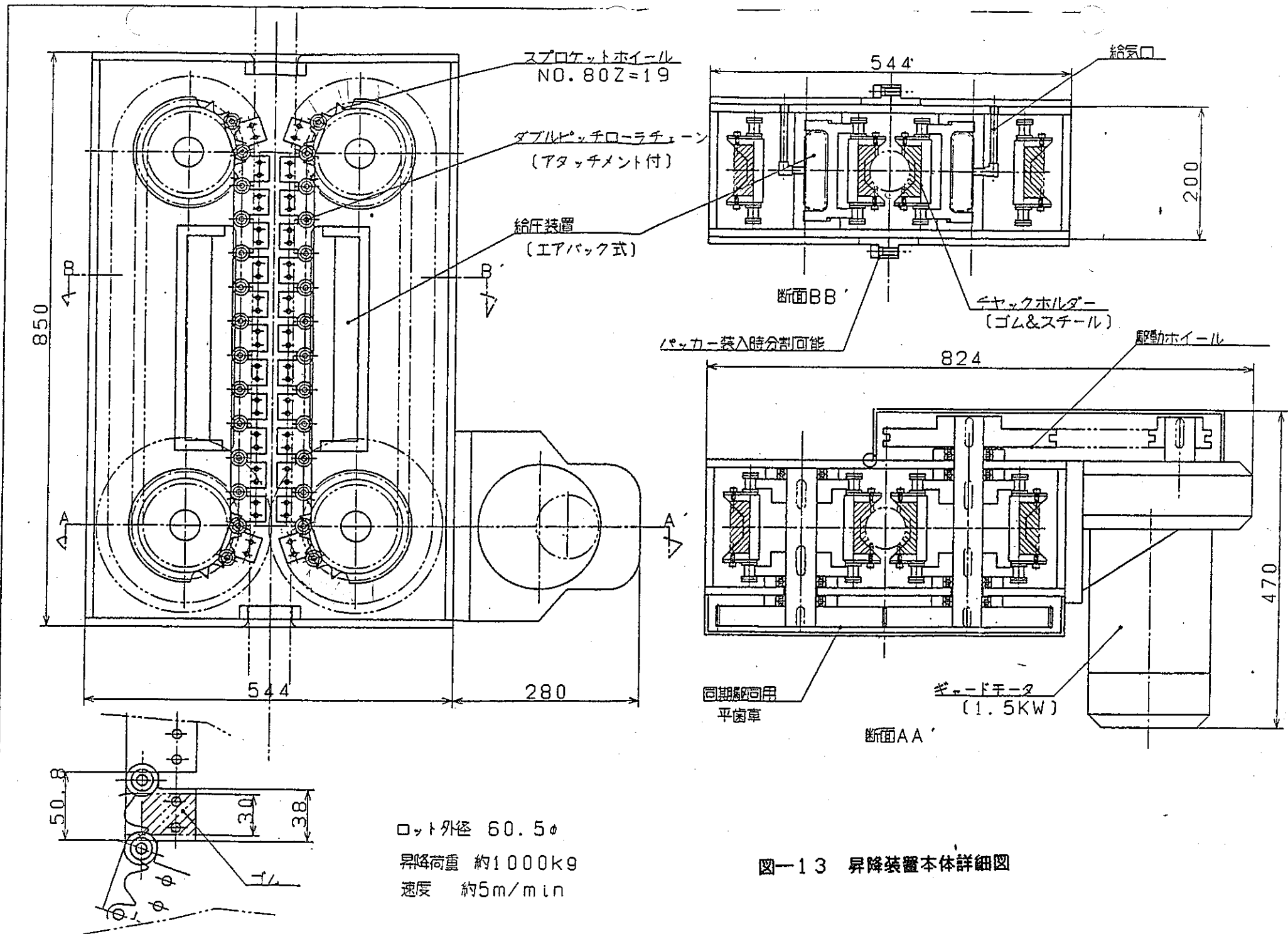


図-13 昇降装置本体詳細図

3. 2 採水方法

3. 2. 1 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
5. 5 m	5. 0 ~ 6. 0 m
24. 5 m	24. 0 ~ 25. 0 m
29. 0 m	28. 5 ~ 29. 5 m
34. 3 m	33. 8 ~ 34. 8 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95 mmであるのに対して、KNA-1号孔の径は146 mmと約50 mmもの差を示している。従って過大なパッカー圧はパッカーの損傷につながる危険性があると思われ膨脹圧力は（設置深度での孔内水頭圧+1 kg/cm²）程度とした。仮に上下パッカー間の間隙水圧が高い場合でも採水区間外の孔内水の流入を防止すれば地下水サンプリングには影響しないためこの程度の圧力でも目的は達するものと思われる。

3. 2. 2 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-15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

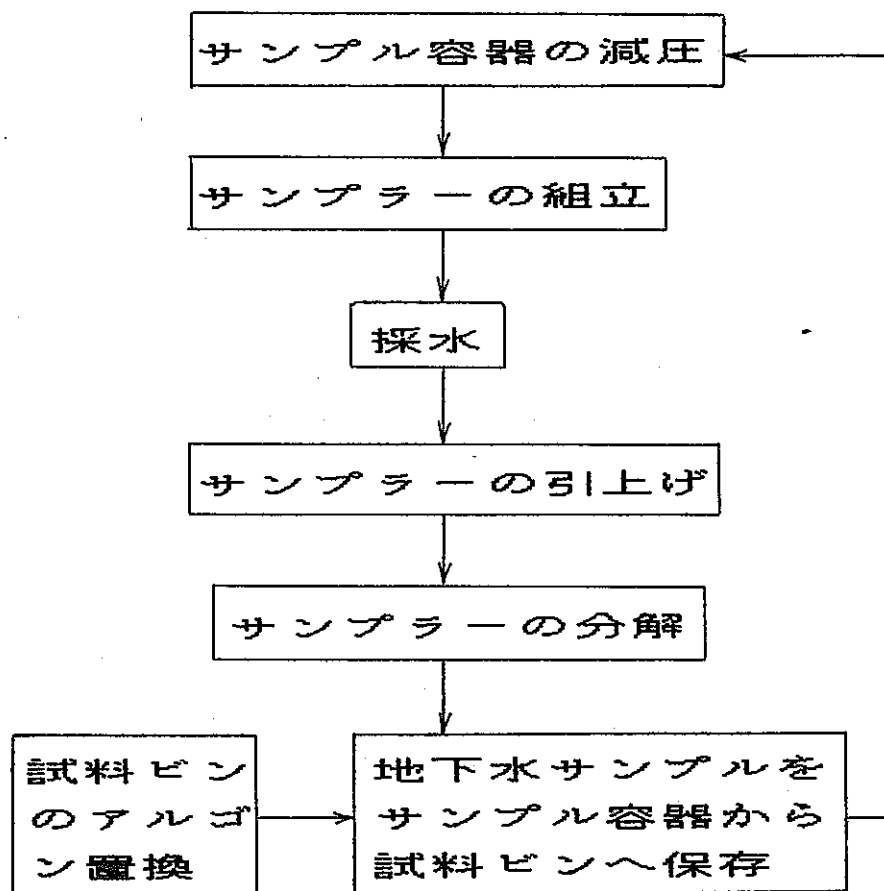
サンプラーの挿入と引き上げは図-3に示すような手動のケーブルリールによって行った。

(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。



図一14 採水手順

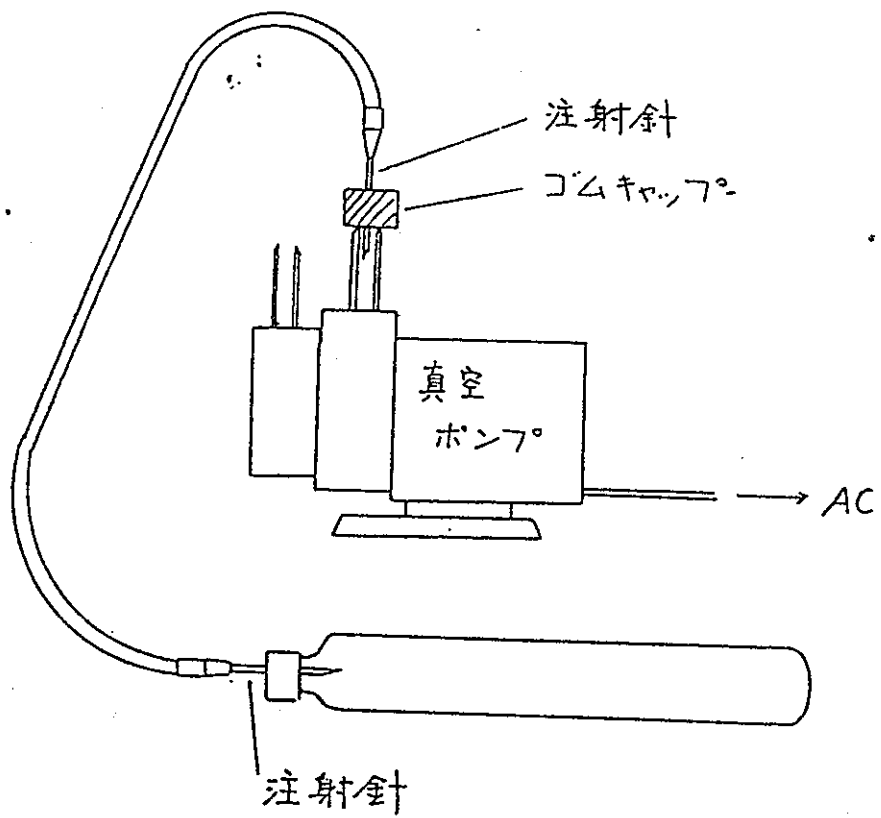


図-15 真空ポンプによる
サンプル容器の減圧

4. 調査結果

4. 1 採水深度

図一16にKNA-1号孔の柱状図と検層結果及び採水深度（パッカー設置深度）を示す。採水箇所は合計4箇所、断層破碎帯の5.5m、放射能検層で高い反応の24.5m、29.0m、堆積岩と花こう岩の不整合部34.3mで採水を行った。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、採水深度23.5～24.5mの部分は動燃事業団の指示により途中で24.0～25.0mに変更された。また採水Noの*印のついた部分はその後の機器損傷によるカプセルの一時引き上げによって無効となったものであり、これらは採水本数には含まれない。

採水時間は何れの深度でも5～10分で500㎤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。

間隙水圧は圧力センサーによって10分間測定を行った。5.5m、24.5m、29.0mではかなり被圧された圧力が得られたが34.3mはほぼ孔内水頭に等しい圧力であった。

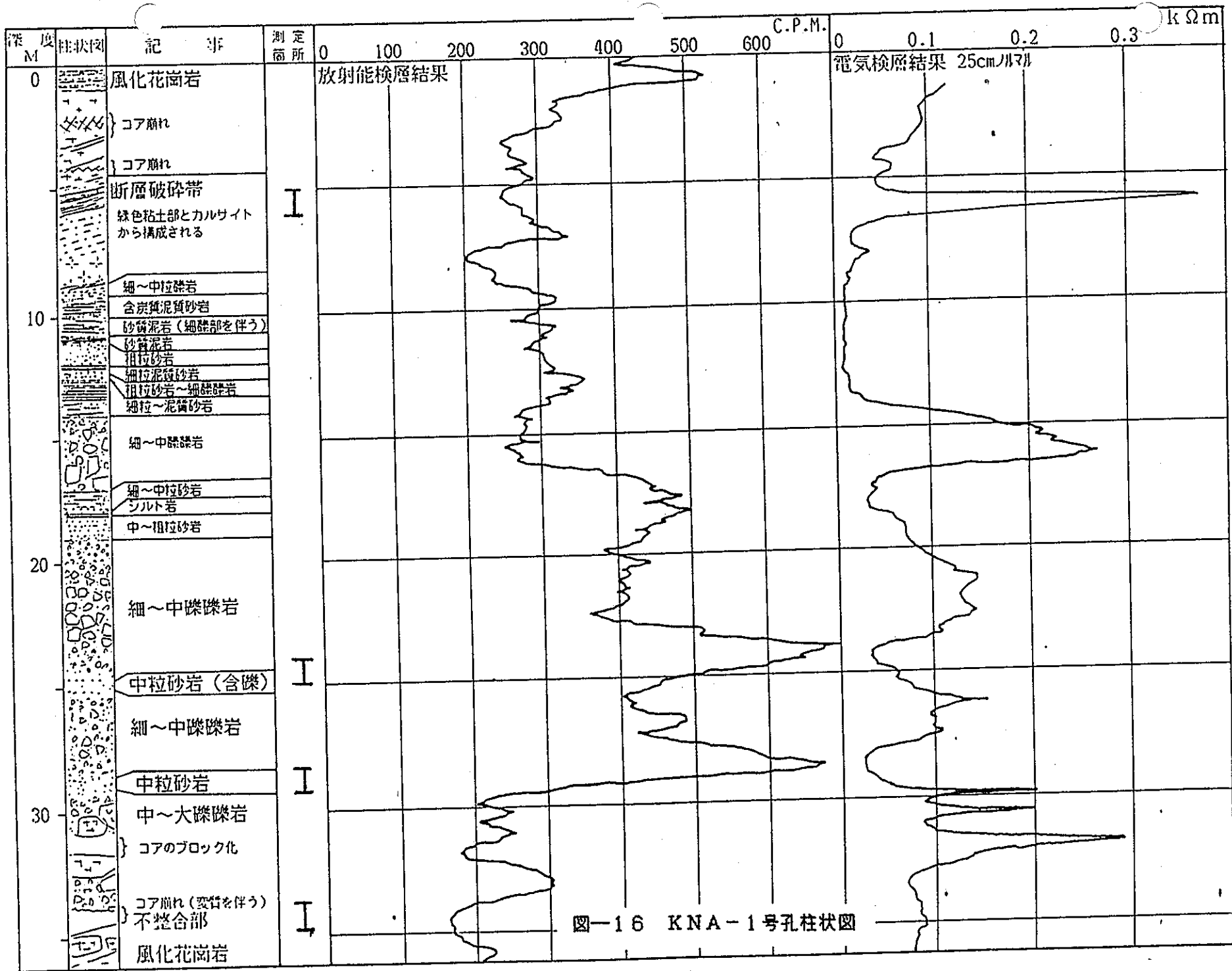


図-16 KNA-1号孔柱状図

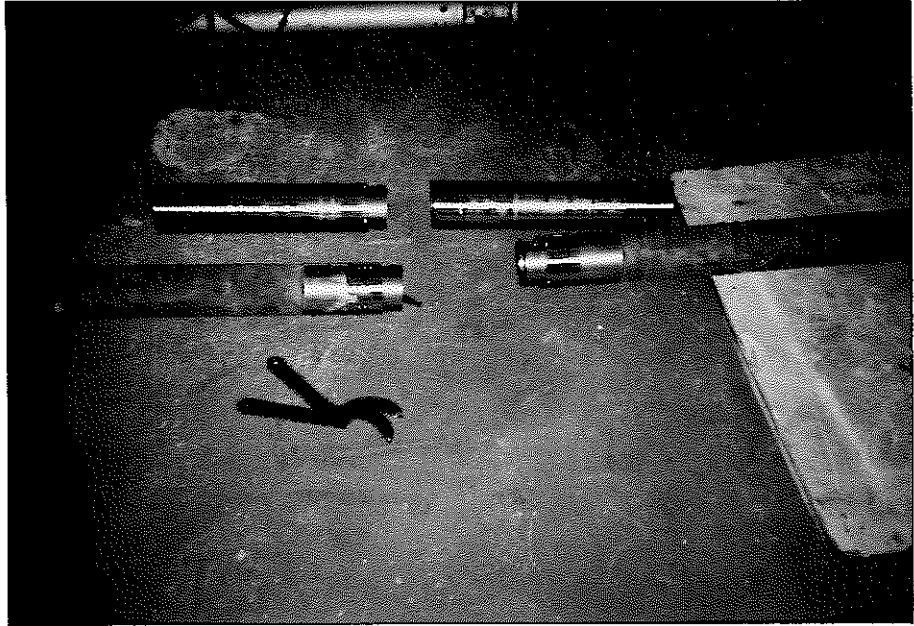
表一2 採水結果

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)
1. 30	5. 0~6. 0	パッカー設置 採水No. 1~2	8. 60
1. 31		採水No. 3~54	12. 05
			13. 27
			13. 64
2. 1	採水No. 55~76	13. 60	
2. 1	33. 8~34. 8	パッカー深度変更 採水No. 1~8*	14. 07
		34. 63	
2. 2	33. 8~34. 8	パッカー間で水圧計の針 損傷のためパッカー引き上 げ再度設置	
2. 6		採水No. 1~22	34. 08
2. 7		採水No. 23~54	33. 87
			34. 45
2. 8		採水No. 55~68	34. 23
2. 8	28. 5~29. 5	33. 93	
		34. 75	
2. 9	28. 5~29. 5	パッカー深度変更 採水No. 1~8	34. 48
		32. 62	
2. 10	28. 5~29. 5	採水No. 9~42	34. 25
		34. 37	
		34. 15	
2. 10	28. 5~29. 5	採水No. 43~66	34. 27
		33. 90	
		34. 71	

表一2 採水結果

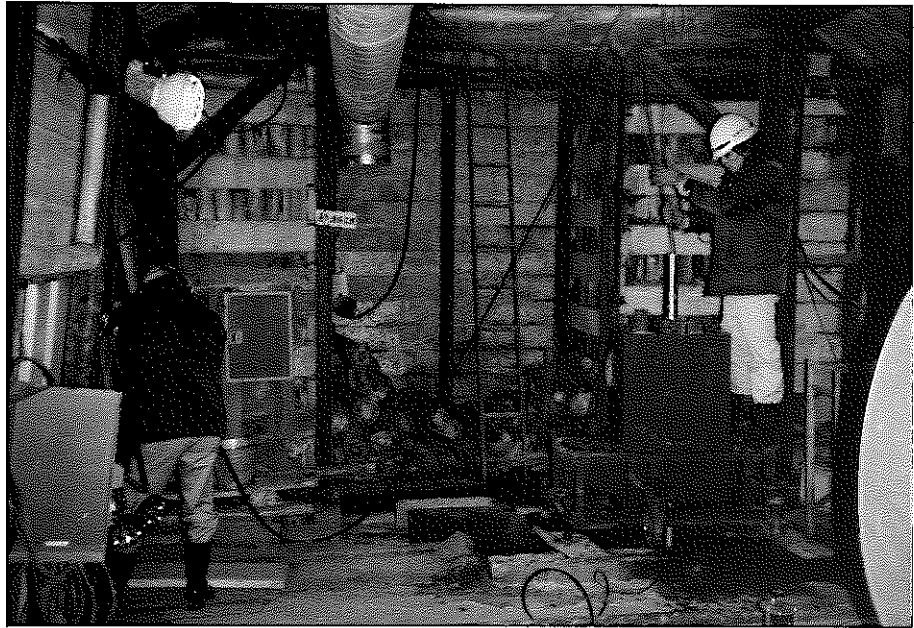
月 日	採水深度 (m)	採水本数・その他 (サンプルNoで表示)	間隙水圧 (m)	
2. 13	23. 5~24. 5	パッカー-深度変更 採水No. 1~8*	36. 22	
		パッカー-深度変更 採水No. 1~8*	37. 43	
2. 15	24. 0~25. 0	パッカー-損傷のため引き 上げ, 再度設置 採水No. 1~4*	35. 31	
2. 16		採水No. 5~32*	38. 12 38. 80	
2. 17		パッカー-損傷のため引き 上げ, 再度設置 採水No. 1~12	34. 30 35. 56	
2. 20				38. 22
		採水No. 13~52	36. 98 36. 95	
				36. 22
2. 21		採水No. 53~90	36. 32 36. 13	
2. 22				35. 26
		採水No. 91~128	35. 40 35. 20	
2. 23		採水No. 129~160	34. 53 34. 61	
2. 27				32. 50
		採水No. 161~192	32. 39 36. 13 37. 50	
2. 28			38. 28	
	採水No. 193~226	38. 17 37. 87		
3. 1	採水No. 227~248	37. 47		

* : パッカー-損傷のため採取サンプルには含まない。

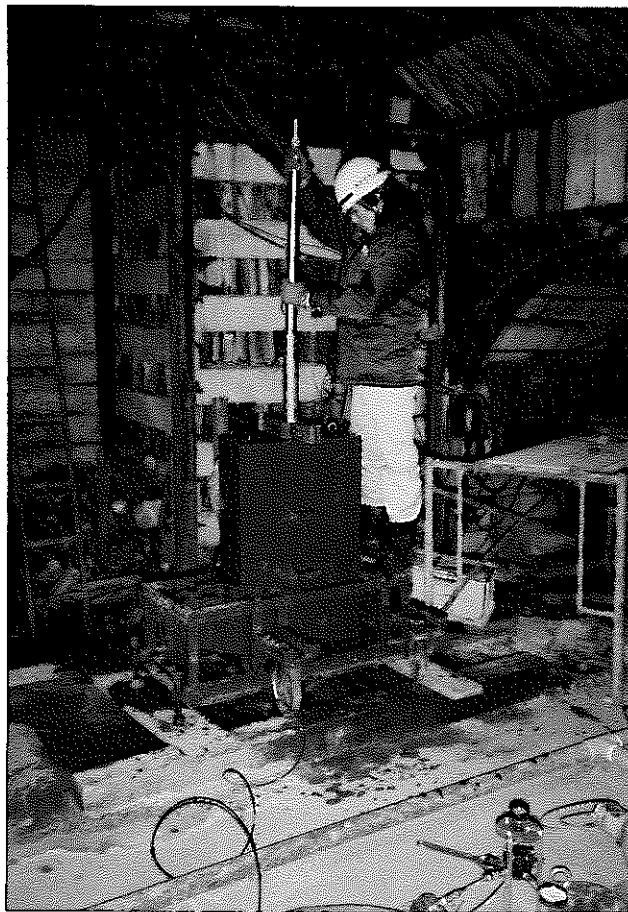


改良後の中間カプセル





採水地点全景



サンプラーの挿入



サンプラー引上げ



採水後のサンプル容器



試料ビンのアルゴンガス置換



採取した地下水サンプル