

## 海底地質のサンプリングおよびショートボーリング法の研究 (その2)

河内英幸\* 後藤 進\* 中川忠夫\* 青木市太郎\* 丸山修司\*\*

### 2. 海底地質の Sampling 法および Short boring 法の研究

#### 2.1 当時の状況および研究経過

第2表「海底試錐の沿革」で記したように戦後直ちに宇部興産KKが足場法の海上移動櫓を建造したのをはじめとして、三井鉱山・日鉄鉱業も同型式の移動櫓を次々に建造し、また海底油田の調査・開発のために石油資源開発KKが昭和33年に足場法昇降デッキ式の白竜号を建造した。一方、渡海交通施設建設のため、海底地質調査用として沈置型が33~34年に、また足場法の鉄筒装置が36年にそれぞれ技術開発されている。さらに行政面では海洋科学技術審議会が昭和36年5月に総理府内に設置され、その後の審議によつて大陸棚の調査・開発が強く要望されている。このような状況下において地質調査所でも海底地質調査技術の開発が要望され、その一環として short boring 法の研究が昭和37年度から動きだしたのである。研究をはじめに先立ち海底地質の研究者から、①海底地質のコアは5cmでも10cmでも採取できればよい。②表層堆積物は柱状試料で、長さ3m程度を希望。③調査水深は50m以内。④掘削装置や現地調査期間はショートボーリングに適する装置で現行調査期間を重んずるなどの基本線が提出された。

海底地質試料といつても基盤岩類と未固結堆積物とは採取方法はまったく異なってくる。基盤岩類は回転式によらなければならないが、新期堆積物の場合は打込み式、ポンプ式、あるいは回転式などの種々の方法がある。ポンプによる sludge sampling は実際に、海底砂鉄鉱床の調査に使われているが、砂層の柱状試料採取は非常に難しい。海洋科学技術審議会でもこの点を重視し、この研究の推進を答申しているほどである。研究当初は海底砂鉄調査および採掘が全国的に盛んに行なわれていたときであつたので、昭和37年・38年に東京湾東側沿岸において砂層の柱状試料採取法の研究をはじめた。まず回転式として小型船上法の懸吊型試錐装置を試作し、さらに各種の core retainer を考案して実験するとともに、打ち込み式による柱状試料採取法の研究も行なつた。

この研究を行なっている途中、懸吊型装置の欠点もさ

ることながら、その土台となる傭船にも大きな問題があることをみだし、専用のボーリング台船の必要性を痛感した。しかし一応船となると保管・管理に種々の困難性があり、当時の状況では小型船でもボーリング船を所有することは困難であつた。そこでその悩みを解決するために地質調査所独特の組立式ボーリング台船を考案した。このような台船であれば通常は倉庫に格納でき、必要に応じて遠隔の港にも、また山頂の湖にも、簡単に貨車・トラック輸送ができるという特長をもっている。この台船を使用し、昭和39年・40年・41年の3カ年にわたつて北九州の沿岸で主として基盤岩に対する short boring 法の研究を行なつてきた。

#### 2.2 新期未固結堆積物の柱状試料採取法の研究

表層堆積物といつてもその組成によつて採取器具も採取法もかなり異なってくる。すなわち泥質のものであれば前記鋼索法の柱状採泥器でも3m以上の試料が簡単にとれるが、海浜の砂のように砂のみの層となると、これらの器具では貫入量も少なく、そのうえ柱状試料もほとんど採れない。この項の研究も海底砂鉄調査を想定し、砂層の柱状試料採取に重点を置き、器具の試作や採取法の実験を行なつてきた。

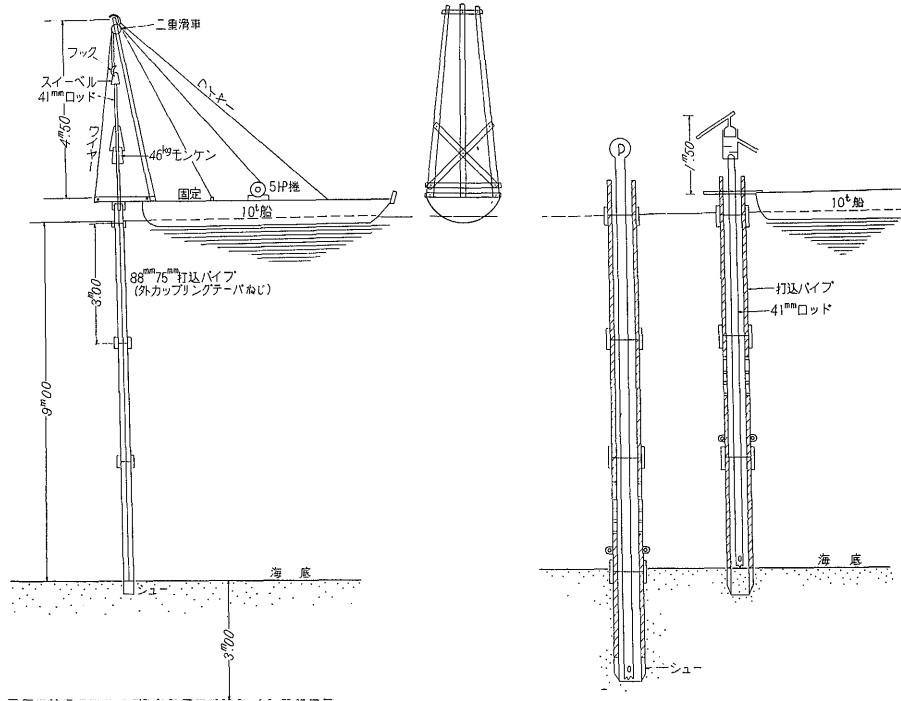
現在まで実施された海底砂鉄の調査では

(1)覗き眼鏡で船べりから海底を覗見する。(2)潜水夫から海底の鉱床状態を間接的に聞いたり、試料を採取させる。(3)潜水夫に鉄管を打込ませて sampling させる。(4)永久磁石を船から降下して砂鉄を付着させ、その分量で品位を推定する。(5)鋼索法によつて海底面の試料を採取する。(6)サンドポンプによつて試料を吸引するなどの方法がとられていたが、最近八幡製鉄KKでパイプロハンマー式採泥器を試作し、多大の成果を挙げている。パイプロハンマーについては、文献7に概要が紹介されているので、ポンプによるサンプリング法の一例を紹介する。

第24図は東北砂鉄鉱業が行なつた海底砂鉄調査法の一例である。まず3"のパイプにシューをつけて海底に打込む。次にパイプの中に1 1/2" ロッドを降ろし、その頭にサクションホースを取付け、手押しポンプで砂を吸い上げていく。ポンプで汲み上げるとロッドは徐々に下がるが、それと同時にパイプも自重で下がり、孔壁保護の役目を果たしてくれる。しかし、ある深度に達するとパイプは自然降下しなくなるので、そのときはモンケンで

\* 技術部

\*\* 鉱床部



第 24 図 ポンプの吸引法

叩いてやる。ポンプで汲み上げた底質試料は深度ごとにチェックし、これによつて底質の柱状図を作つていく。この方法は団平船を使用して最大水深10m、底質3mを限度とし、1日に2点~4点の sampling を行ない得る。

このほかに海底砂鉄の sludge sampling 法として次の諸方法も考えられる。

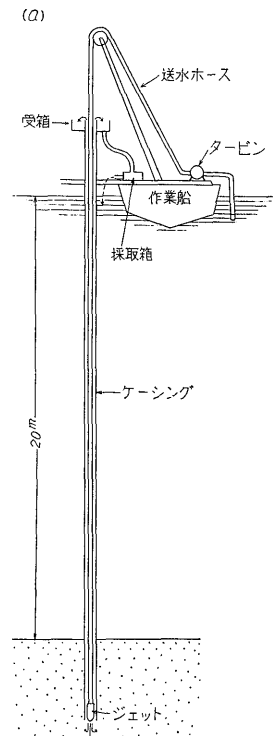
第25図-aはタービンポンプを使用し、ジェット噴射させて砂層を吹き、船上で深度ごとの試料を採取する方法である。

第25図-bは同じくケーシングパイプを使用し、サンドポンプ(ペーラ)で試料を採取する方法である。

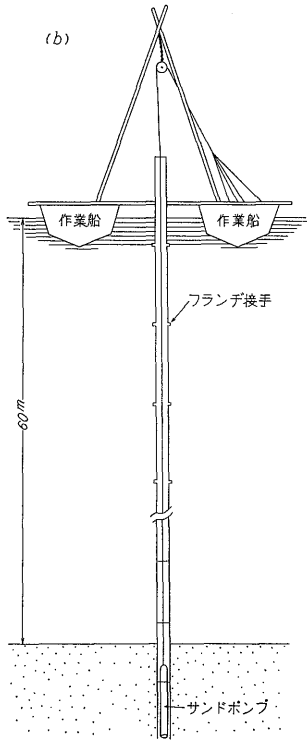
第25図-cは2重管を使用し、外管に水を送つて底質を攪乱し、一方内管から sludge を吸い上げて試料を採取する方法である。

以上はいずれも sludge sampling であるので砂鉄の存在は判るであろうが堆積状況は解明し難い。砂鉄の賦存状態を調査するためにはどうしても柱状試料が必要である。

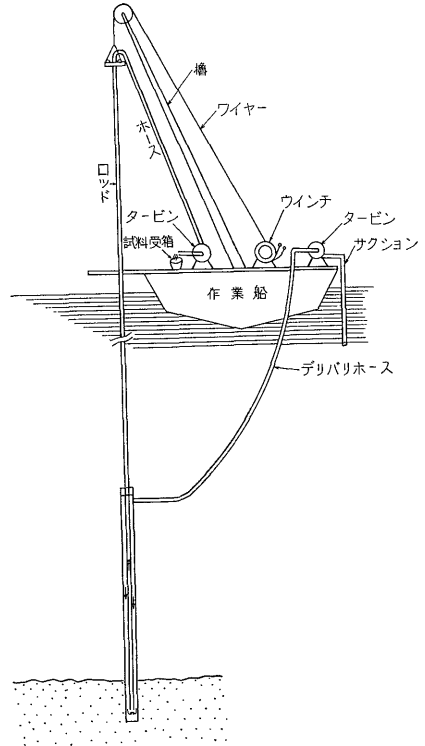
砂層の柱状試料を採取する場合に問題となるのは、いかにして柱状の形にするか、そしてその柱状の姿をいかにして船上まで引揚げるかの2点である。柱状の形にするにはサンプラーを強引に海底に押し込むか、あるいは core barrel に回転を与えながら押し込めば成形され



第 25 図 a ジェット吹上法



第25図b サンドポンプ汲上法

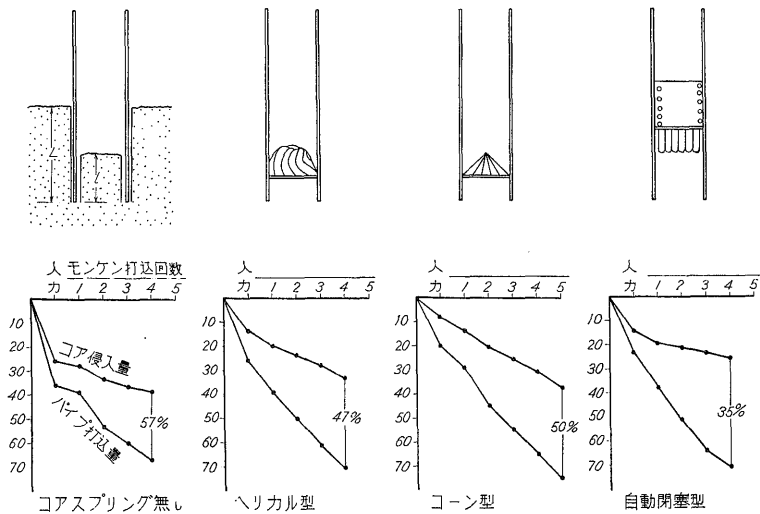


第25図c 2重管吸引法

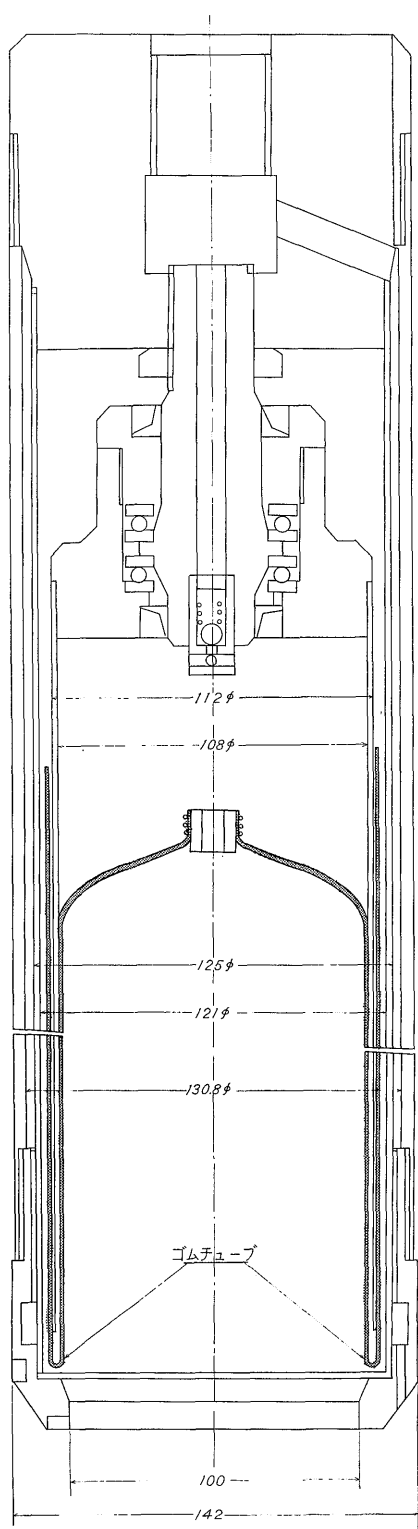
るはずである。強引に押し込む法としてはモンケンで打ち込むか、水圧または油圧で押し込む方法があり、回転を与えるには陸上のボーリング法と同じである。この場合、回転方向は一方より往復回転の方がコアの浸入率がよいと記されている<sup>15)</sup>。

### 2.2.1 コア浸入実験

ボーリングの際、循環水を使用するので、single core tube ではルーズな砂はコアとはならない。このため double core barrel を使用しなければならないが、この場合 swivel type を使用すると内管は砂層に押し込む



第26図 貫入試験結果



第 27 図 ゴムスリーブ・コアチューブ総体図

形となる。モンケンで打ち込む場合も同様なので、パイプの打ち込み実験を行なつてみた。

水を充満した砂槽に inner tube (75% double core barrel 用) のパイプを手で押し込み、次にモンケン (64 kg) で軽く叩いて押し込んで実験を行なつた。この場合 inner tube に core spring がついているのとないのと、さらに core spring でもヘリカル型・コーン型・自動閉塞型について比較試験を試みた。第26図はその結果で、コア浸入量は spring のついていないのが一番良く、自動閉塞型が一番悪いようである。しかしいずれにしても 70cm 程度の打入力に対してコア浸入量は 50% 程度である。このことは刃先のところで剪断と圧縮を受けながら浸入していくため、これと同時に成形されたルーズなコアは若干の崩壊を起こしている。崩壊は管内抵抗を増大させ、ついにはコア詰りの現象となり、コアは浸入しないで砂層に穴だけが明けられる状態となる。このため砂の長い柱状試料をとるためには、コア詰りをなんとかして排除しなければならない。コア詰りを少なくする方法の一つに第27図に示すような gum sleeve double core barrel がある。

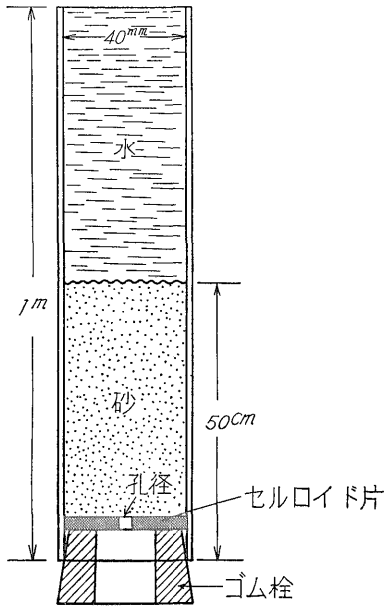
この方法はコアと内管とは直接触れないので管内抵抗は少なくなり、ゴムチューブで包むので砂のコアは崩壊し難いという特長をもつ。この装置は 100% 以上の core barrel であればよいが、それより径が小さくなると製作も難かしくなり、またコアの入り具合も悪くなるといわれている。これと同じ機構をもつ装置がスエーデンでも作られているが、この方はゴムチューブの代わりに非常に薄い steel foils を使用している<sup>4)</sup>。このほかの方法として内管を真鍮パイプにしたり、あるいは内管のライナーとして化学製品のアクリルパイプまたはガラスパイプを使用するのもある。

### 2.2.2 漏洩実験

海水で飽和されている砂層がなんらかの方法で一応柱状試料の形になつたとしても、この姿のまま船上まで引揚げることは、また難しい問題である。陸上では軟弱地層のコア採取には凍結法・薬液注入法などが使われている。これらの方法は費用もかかるし、揺れている船上では操作も容易なことではない。回転式試錐法とか打込法で使っている core barrel にもつと有効な core catcher が考案されれば操作上一番効果的と思われる。次項で述べるように各種の core retainer を試作してみたが、これらも完全に管底閉塞できれば問題はないが、もしも不完全な場合、どの程度までの間隙であれば砂柱は漏洩しないかを調べるために漏洩実験を行なつてみた。

第28図に示すようにガラス管の底に孔径 5%・6%・





第28図 漏洩実験

第7表

(1) 荒砂 (-8mesh ~ +20mesh)

孔径 %	砂の漏洩時間	砂の残尺 (cm)	水的全漏洩時 (sec)
9	?	18	40
7	0	50	20

(2) 中粒砂 (-20mesh ~ +50mesh)

孔径 %	砂の漏洩時間 (sec)	砂の残尺	水的全漏洩時 (sec)
9	33	0	50
7	44	0	53
6	57	0	67
5	100	0	112

(3) 混合砂

孔径 %	砂の漏洩時間 (sec)	砂の残尺 (cm)	水的全漏洩時 (sec)
9	35	0	42
7	55	0	65
6	33	33	140
5	17	47	20

棒状の流出が止つてタラタラになった

7%・9%の孔のあいた栓をする。砂は荒砂, 中粒砂, 混合砂(購入したままの砂)の3種類に別け, ガラス管

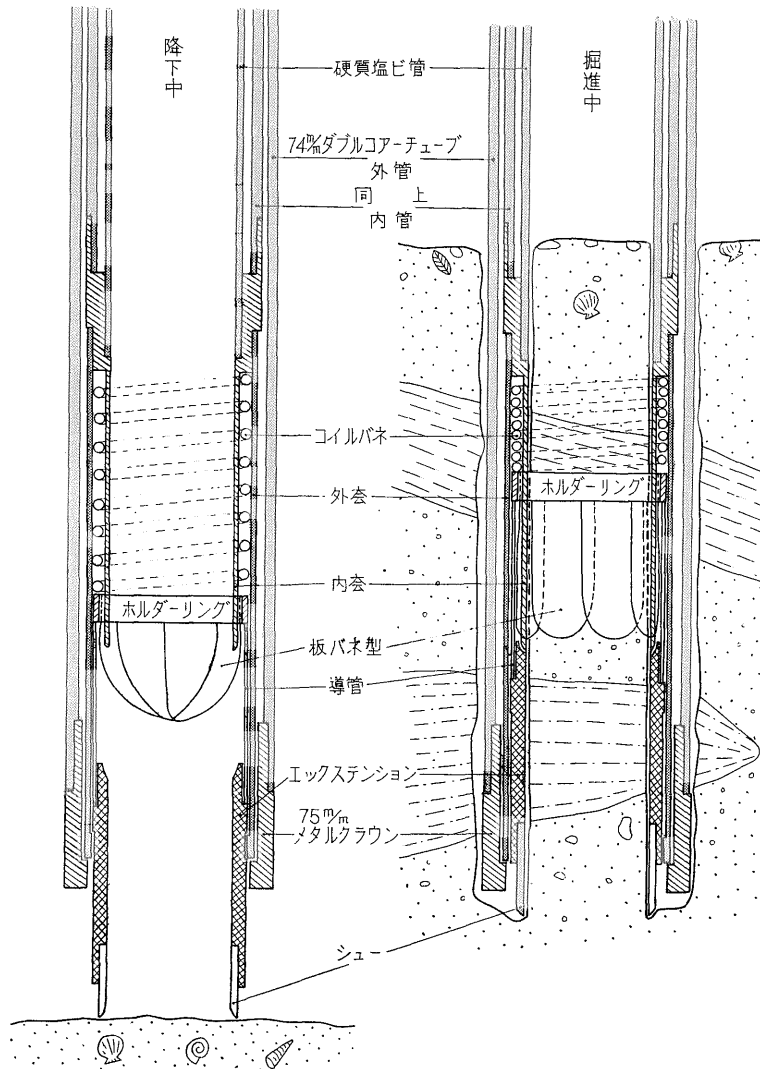
の半分まで砂を入れ, さらに一杯に水を満たして砂と水の流出時間を測定した。測定の結果は第7表に示すとおり, 荒砂では孔径9%のときには3/5程度砂が漏れたが, あとは水だけ逃げ, 結局高さ18cmほど砂が残った。さらに孔径を7%にすると砂は全然漏らず, 水だけが汨過されるようにして流出した。中粒砂の場合は砂の流出時間の差こそあれ, 5%の孔径でも全部流出してしまつた。これに対して混合砂の場合には9%・7%の孔径では全部流出してしまうが, 6%径では1/3ほどしか漏洩せず, さらに5%径だと手を離れた瞬間だけタラタラと流出するが, あとは水だけ流れ出した。実際の海底砂は混合砂に近い状態なので, 実験の結果から core retainer の許容間隙は5%以内といふことができる。この実験では砂のみの場合を行なつたが, 若干の粘土分でも含まれていると, 間隙はもつと大きくても試料は漏洩しないであろう。

2.2.3 各種 core retainer

板バネ型: この型は薄くて細長い板バネを多数組合せたもので, 第26図にその略図が画かれているように cone type と helical type の2種類を作つてみた。実験では最初蕾んだ形で砂層に押し込み, さらに引き揚げてみると図版 V-第8図でみられるように復元力を失ない, 隙間だらけの状態となり, 砂は全部流出してしまつた。この型では板バネの加工が難かしく, 今回も焼入温度とか板バネの厚さおよび組合せ方などを色々と変えて5, 6個試作してみたが, いずれも同じような結果になつた。

自動閉塞型: この型は第29図に示すように core barrel の降下中は前記 helical type は蕾んだ状態になっているが, 刃先が海底に着くと inner tube の先端にある shoe が押し込められ, これに連なる導管により板バネも押し上げられる。板バネは内径に沿つて上がるので開放の状態となり, 一方コイルバネも圧縮される。掘進が終つて core barrel を引上げると, 縮められたコイルバネの力が働いて板バネを押し下げ, さらに板バネに警む力があるのでコアに喰ひ込む状態で閉塞するのである。しかし実際の船上実験では, 粘土分の多い砂のときには50cmほどコア採取ができたが, その他では板バネが完全に閉塞せずかなりの間隙を残して上がり, コアは揚管中に漏洩したものと思われる。このことは前記のように板バネにも問題点はあるが, 果してコアが形成されたかどうかにも疑問が残される。

Flap valve 型: 図版 V-第9図に示すように core catcher として蝶番板を使用した装置である。この板はコアの浸入につれて開かれるが, 掘進を終えて core barrel を引上げるとき蝶番板の背中に設けられた板バネ

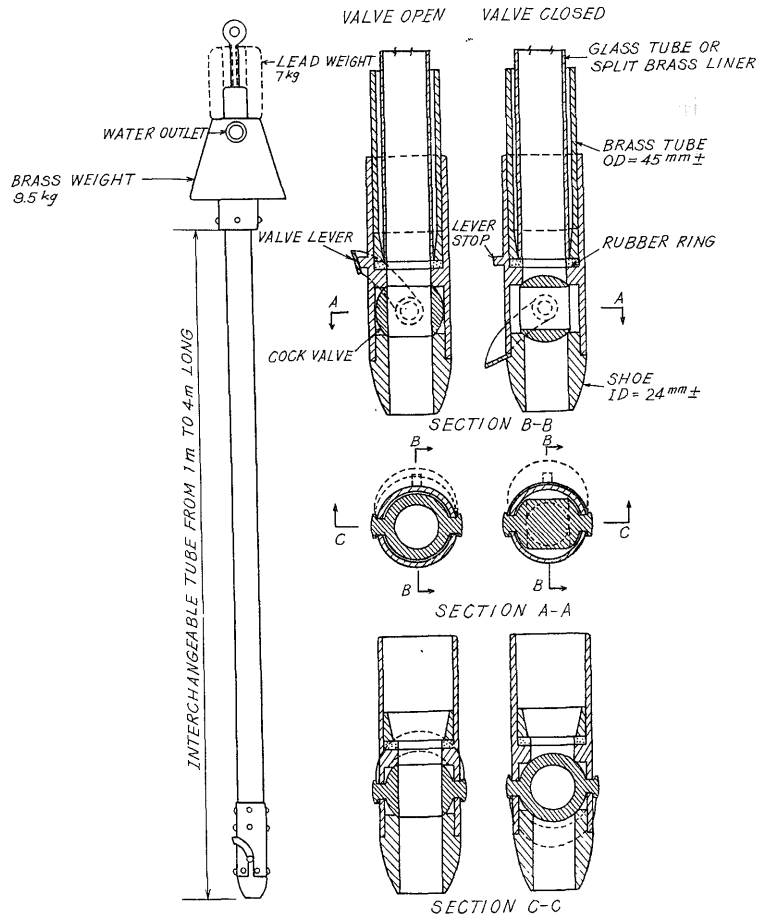


第 29 図 自動閉塞型コア・リテーナー

が作用してその板を倒そうとする構造になっている。この装置は flap valve があるため inner tube の内径は刃先の内径よりも大きくなり、コアの崩壊を起こし易く、さらに蝶番のところに砂が挟まりやすい欠点がある。

Split-barrel sampler : 前述のものは回転式の場合の core retainer であるが、砂の柱状試料を採取するには打込法がかなり効果的である。これに用いられる器具は地耐力調査に使われている標準貫入試験機の split-barrel sampler である。表層堆積物の組成は種々雑多であるので、数少ない実験では一概にいえないが、いままでの経験ではN値が5から多いところまで30程度である。もちろん礫に当たったり、もつと硬いところもあつたが、引き抜くときのことを考えて30回程度の打ち込みで

止めている。それと30回以上の場合にはシューのところでコア詰り現象を起こして穴のみ明けられている場合が多い。このことから pro-long sampler も試験してみたが砂層には長くした効果はないようである。長い柱状試料を採るため同じ孔を使用してサンプラーを2度、3度降ろして打ち込んだこともあるが、粘土質に富んだ地層であれば崩壊も少なく3回とも連続した試料を採ることができたが、砂層の場合には試料も採れず、崩壊もあつて困難であつた。この場合、ケーシングを使用してサンプラーとケーシングを交互に打ち込む方法や wire line 方式を採用することも考えられるが、船上操作の困難性、あるいは器具の試作の難しさからまだ実験はしていない。砂のみの場合を想定して、このサンプラーにピスト



第30図 オーシャンボトムサンプラー

ンを挿入し、海上実験を行なつたことがある。若干粘土分が含まれていたことにも原因するが長さ 50 cm の試料が採れた。しかしこのピストンの上部にも長さ約 50 cm の砂泥が堆積していた。これはおそらく強引の打込みのため、サンプラーの割れ目が若干開いて、そこから砂や泥が浸入したものと思われる(図版 V, VI-第10, 11図)。

コックバルブ型: この型は STRÖM 氏によつて考案された ocean bottom sampler<sup>注7)</sup>(第30図)からヒントを得て試作したものである<sup>16)</sup>。STRÖM 氏のサンプラーはワイヤーに吊して海底に自然落下させ試料を採取するのであるが、この cock valve 型は 54% の core tube を使用し(第31図)、さらに40.5%のボーリングロッドを連結し、船上からモンケンを使つて打ち込むのである。cock valve 型には小さなレバーが外側に着いている

注7) 文献4, 第12章

ので底質に喰い込む際レバーは上向きとなり、レバーと連結している内側のボールバルブは開放の状態となる。打込みを終わつて core tube を引揚げんとするとレバーは下向きとなり、ボールバルブは閉塞して水も漏らさないような完全密閉となる。底質の種類によつて貫入量は異なるが、砂分の多いところでは 70~100 cm 貫入するのがせいぜいである。同じ場所でケーシングの効果調べたところ、ケーシングのない方が貫入量が多かつた。これはケーシングがあるとロッドの撓みが制限され、刃先に振動を与える量が少なくなるのではないかと思われる。また大小2種類の形のもの(図版 VII-第12図, 外径75%と55%)を比較実験してみたが、同じ打込み条件で大型の方が貫入量少なく小型の60%程度であつた。

Cock valve の場合でも、前記の split barrel の場合でも打ち込んでいるときはそうでもないが引き抜く際に危険を伴うので充分の注意が必要である。すなわちロツ

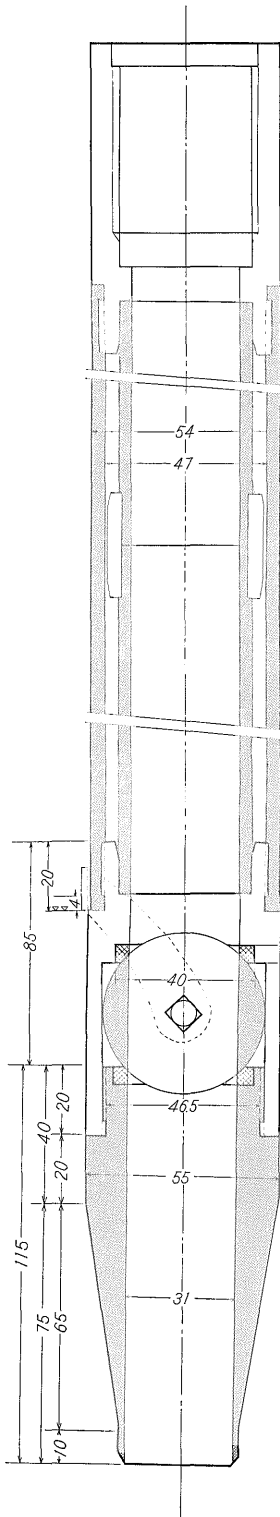
下に hoisting swivel をつけてウインチで巻くのであるが、この際波浪による船の上下動を受けると過度の張力が生じ、ロープの切断、ウインチの逆転、さらにウインチの土台の破壊などの事故を生ずる。Rod holder を使って逆に船の上下動を利用しながら引揚げられることもできるが、最初のうちだけ逆モンケンで打ち上げるのが安全なようである。

### 2.3 懸吊式海底試錐装置

前記「海底試錐法の概要」のところでも述べたように、当時各種の海底ボーリング工法が行なわれていたが、簡単な装置でショートボーリングの行なえるものは少なかった。すなわち海底法のいわゆる小川式、鉦研式は one-bit-run でしかもすでに技術開発されていること、足場法の鉄筒式では設備が大きすぎるなどである。これに対して塚本式は船上法であり、コア採取長に融通性がある点で魅力があつたがこれも装置が大きすぎるのと、200 t の船を使用しなければならない点で地質調査所的ではなかつた。たまたま道路標識やガードレールなどの支柱植込み用としてGR型穿孔機<sup>注8)</sup>が売出されていた。この穿孔機は5HPのガソリンエンジンとバッテリーおよび変速ギヤの入っているミッションなどが一体となつてコンパクトに作られていること(27cm(高)×65cm(幅)×65cm(横))、ロッド回転が70rpmと400rpmの2段に使用できること、および重さが120kg程度なので取扱い易いことなどから、この機械を塚本方式に応用することで懸吊式の研究がはじめられた。本装置の基本的考え方は穿孔機を1本のワイヤーで吊っているの、船のローリング、ピッチングはワイヤーの部分で吸収させ、さらに波浪による船の上下動は expansion joint を使用して吸収させることである。この穿孔機は掘進中にもわずかの昇降操作は必要であり、さらにエンジンの始動・停止および回転の切換えなども臨機に行なわなければならないので、コードおよび紐を使って遠隔操作ができるようにした。また通常の water swivel は使用できないので、特殊の swivel も作製した。

この装置を使用するに当たり、三脚櫓では不向であるので、図版 VIII-第13図に示すような組立式マスト兼用櫓を試作した。この櫓は 4 $\frac{1}{2}$ " パイプを使用し写真のように継ぎ足し、穿孔機の昇降に使う 1t 巻きの手巻きウインチで操作すれば20分足らずで組立てられる。手巻きウインチのほかに、ロッドやケーシングの昇降に動力ウインチも使うので head pulley は2連式のものを取付けている。それとこのままの状態では穿孔機に回転を与える

注8) 東邦地下工機KK



第31図 コック・バルブの設計図

の動揺で穿孔機が振り廻される懸念もあるので、樁の柱に平行して2本のトルクワイヤーを取付け、穿孔機からも2本の足を出してこれに滑動させている(図版 IX-第14図)。海上が平穏であればトルクワイヤーでも懸念はないが、50 cm以上の波浪に遇うとやはり穿孔機は振り廻され、危険の状態になる。このため翌年にはトルクワイヤーをガイドレールに変え、穿孔機からローラ付きの2本の足を出させてこれに滑動させた(図版 IX-第15図)。この結果試錐装置としてはかなり安定したものができ上った。

次に使用船であるが、最初1隻の船を備い、片側に掘削装置を置き、反対側にロッドその他の掘削具を置いて船の平衡を保った(図版 X-第16図)。しかし掘削するときにはロッド・ケーシングが必要であり、しかも懸吊しているときと刃先が海底に着いたときは荷のかかり方が違うので船の平衡は保ち難い。ドラム缶に海水を注排水してバランスをとったこともあるが、実際には仲々うまくいくものではない。このため直ちに双船式にし、4寸角の12尺もの4本を使つて連結し、その中央部に掘削装置の艀装を行なつた(図版 IX-第14図)。これで前記のような片荷の不安定はなくなつた。

次にアンカーによる船の固定に問題が生じた。2点アンカー、3点アンカー、4点アンカーとそれぞれ実験してみたが4点アンカーが一番安定していたことは当然である。しかし小さな漁船用のアンカーを使用したため、波浪、潮流および掘進時の回転トルクによつて船は移動し勝ちであつた。このためロッドは傾斜掘りの形となり、これを無理するとロッド切断、抑留などの事故が起こりやすくなる。アンカーロープの操作により若干の位置修正はできるが、人力でやるために容易なことではない。

船上実験の際かなり慎重に行なつたのであるが、それでも3回ほどロッドの切断事故を起こしたことがある。ケーシングのないときで expansion joint のすぐ上が切断したことがあるが、このときは潜水夫を使つて回収した。ケーシングのある場合にはタップで引揚げる事ができた。

上記のように懸吊型を2カ年にわたり船上実験してきたが、これをまとめてみると次のような長所、短所がみいだされる。

(1) 懸吊型はガイドレールを使用したこと、そしてエンジン、クラッチ、昇降を試錐機の直下でなく遠隔操作で行なえるようにしたため、割合に安心して掘削ができるようになった。

(2) 組立式マスト兼用樁は試錐機の重さの割に柱のパ

イプが少し細いようであつたが、機構的には簡易海上試錐樁として適切なものである。

(3) 船上法の場合、expansion joint とか universal joint は是非必要である。また casing pipe も海底の口切りを安定さすためにも必要であるが、ネジによる結合だとスライムとかロッドの湾曲のためケーシングネジがはずれることがある。このため flange joint のような継手が効果的である。

(4) 現在の設備規模では水深15m以浅のところ、表層の薄い岩盤の one-bit-run が限度である。

(5) 使用船は双胴船式がもつとも好ましいが、背の低い同型船を、どこの港でも捜しだすことは難かしい。大きい船であれば船尾に艀装することもできる。

(6) 船の固定は4点以上のアンカーが好ましいが、それでも若干の船の移動は避けられない。それゆえこれに応じたアンカーロープの操作装置、あるいは試錐機の水平移動装置が必要となつてくる。しかしそのような装置を作つたとしても、簡易試錐という前提で船を捜した場合、それらの装置を艀装できる船は仲々求め難い。

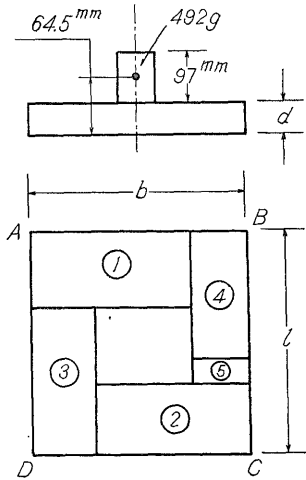
結局、簡易試錐法を研究する場合、備船が一番の問題点となつてくる。しかし地質調査所としては種々の理由により当時から船を所有することは難かしい状況であつた。そこで考案されたのがわが国ではじめての組立式ボーリング台船である。

## 2.4 組立式ボーリング台船

この装置を考案するに当たつて、まず調査所的装置とはどういうものかについて焦点を絞つてみると、①地質調査所は船の管理、運営について未経験であるため、海上の移動には曳船を使用し、調査に使用しないときは陸上倉庫に格納できること、②地質調査所で行なう研究・調査は全国津々浦々にまたがるので、分解式にして貨車・トラック輸送ができること、③小さな港は積込み機械が整っていないところが多いので、どのような港でも組立・解体ができるように配慮すること、④試錐機はロータリー方式を採用し、水深50mまで使用可能なことなどである。

### 2.4.1 模型実験

前記のような観点にたつて、まず図版 X-第17図のような模型を作り、これを基にして専門の造船設計技術者と種々の打合せを行なつた。その結果、この模型の具体的な設計にとりかかる前にこの型態の船を曳航した場合、どのような障害があるか、またもし船に穴があいた場合どのような危険な状態になるかを調べる必要があり、アクリライト製の模型を作つて水槽実験を行なつてみた。



第 8 表 a

現 尺	寸 法			重 量		
	l	b	d	船 体	その他	計
	m	m	m	kg	kg	t
	7	6.8	1	1,829	5,108	7
模 型	$\frac{m}{m}$	$\frac{m}{m}$	$\frac{m}{m}$	g	g	g
	350	340	50	383	492	875

材質：アクリライト厚さ 1% セメダイン接着。  
各区画ごとに 8% の浸水孔を底板に 1 個設けてある。

第 8 表 b 区画浸入実験結果

番 号	状 態	吃 水 (%)					傾斜角 実測
		A	B	C	D	平均	
1	平 常	9.8	10.0	10.0	10.5	10.080	
2	No①区画浸水	38.0	21.5	6.0	10.0	18.875	4°00'
3	③ //	16.5	3.5	9.0	31.5	15.125	3°25'
4	② //	2.0	7.5	38.5	20.0	16.875	4°31'
5	⑤ //	9.5	12.0	14.0	10.0	11.350	33'6"
6	④ //	8.5	20.0	10.5	9.8	14.700	1°55'
7	①③ //	50.0	14.0	2.0	22.0	22.000	沈没
8	③② //	7.0	3.0	50.0	50.0	27.500	//
9	②⑤ //	-4.0	15.0	50.0	19.0	20.000	//
10	⑤④ //	8.5	28.0	3.0	16.2	13.875	
11	④① //	50.0	50.0	-1.0	-2.0	24.250	沈没

模型の寸法・重量は第 8 表 a のとおりである。

区画浸入実験 (図版 XI-第 18 図) : No. ①②区画および No. ③④区画が浸水しても沈没はしない。そのときの平均吃水は①②の場合で 23%, ③④の場合で 20% であり、いずれも船体の深さの 1/2 以下である。第 8 表をみると、1 区画のみの浸水と対辺区画の浸水の場合は沈没せずに安全である。しかし隣り合せの区画が同時に浸水したときは沈没現象を起こしている。

曳航実験 :

長さ 12m, 幅 1.24m の水槽に深さ 30cm まで水を入れ、

第 9 表 曳 航 実 験 結 果

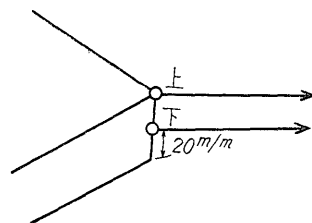
距 離	標 柱 間 計 測 に よ る 計 測			モ ー タ ー 回 転 数 に よ る 計 測			曳航位置	記 事	
	時 間 (sec)	V <sub>m</sub> (m/sec)	V <sub>s</sub> (kt)	rpm	V <sub>m</sub> (m/sec)	V <sub>s</sub> (kt)			
5 m	17	0.284	2.46	414	0.269	2.34	上		
	10.6	0.472	4.13	720	0.454	3.94	//		
	10.6	//	//	//	//	//	//		
	8.7	0.575	5.0	900	0.568	4.93	//		
	8.2	0.61	5.3	//	//	//	//		
	—	—	—	1260	0.792	6.88	//		船首水没
	7.2	0.695	6.05	1080	0.68	5.9	//		
	7.0	0.715	6.22	//	//	//	下		
	—	—	—	1260	0.792	6.88	//		船首水没

模型を電動機付ドラムにより曳航し、5m の距離を走る時間を計測して平均速度を算出した。平均速度を基にし、次の関係式を用いて実船速度にも換算してみた。

V<sub>m</sub> : 模型速度, L<sub>m</sub> : 模型の長さ, V<sub>s</sub> : 実船速度,

L<sub>s</sub> : 実船の長さ, F : フルード係数, 1kt : 0.5144m/sec

$$\frac{V_m}{V_s} = \frac{\sqrt{L_m}}{\sqrt{L_s}} = F \quad V_m = V_s \frac{\sqrt{L_m}}{\sqrt{L_s}}$$



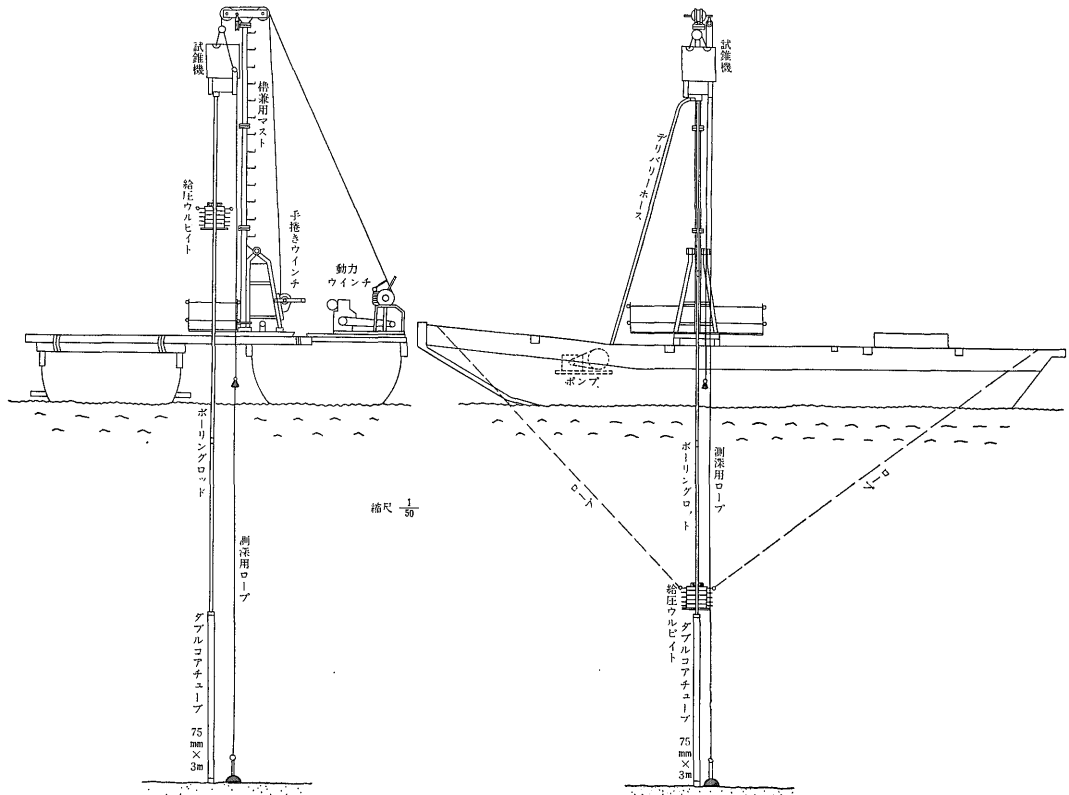
いま  $\frac{L_m}{L_s} = \frac{1}{20}$  とすると

$$V_m \text{ m/sec} = V_s = \frac{\sqrt{\frac{1}{20} L_s}}{\sqrt{\frac{1}{L_s}}} = V_s \sqrt{\frac{1}{20}} = 0.2235 V_s \text{ m/sec}$$

曳航方向は対角方向とし曳航索の取付位置は第32図のように2点とした。実験結果は第9表に示すように、曳

航速力が約 6 kt までは問題でなかったが、7 kt 付近になると船首は水没し、潜航しはじめた(図版 XI-第19図)。しかしいずれの場合も蛇行は認められず、また曳航索の取付位置による影響も見受けられなかった。

このデータから実船について考えるならば、このほかに波浪・風潮流などの影響、さらに曳航索の重量や弛緩の度合などの要素が入ってくるので、この実験値から直



第32図 双船式掘削装置図

ちに曳航速力の限界を決めるのは危険である。しかし一応 5 kt 以下の速度であれば曳航は可能なものと思われた。

備考：39年度の研究で、実物のボーリング台船を 300 IPの曳船により福岡県下の芦屋から大分県下の国東まで、関門海峡を通つて曳航したことがあるが、時間と距離を計算してみると、このときは 5.4 kt の速さで曳航したことになる。

#### 2.4.4 基本設計

組立式ボーリング台船の製作に当たり、設計の際の基

礎的計算は次のとおりであった。

##### 1) 設計条件

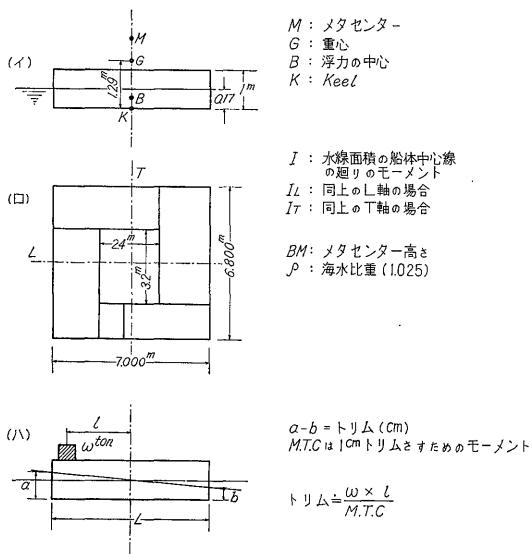
稼働水深：50m程度まで

塔載機器の重量：約 5 t (試錐機・その他)。

台船の大きさ：トラック積載のため、一番大きいブロックの面積は 5 m × 2.4 m 以内にする。

台船の重量：一番大きいブロックが 6 人程度で取り扱えるようにするため材質は軽合金にすること。

海象状況：潮流 3 kt 以内、波高 0.5 m 以内、風速 15 m/sec 以内



第 33 図 ポンツーンの計算図

2) トリム

(項目)	(重量W)	(KG)	(重心M)
船 体	2 t	0.5 m	1 t-m
試錐機その他	5 t	1.6 m	8 t-m
計	7 t		9 t-m

$$KG = \frac{M}{W} = \frac{9}{7} = 1.29m \quad I_L = 268.8m^4$$

$$I_T = 252m^4$$

$$BM(\text{メタセンター高さ}) = \frac{I}{V} \quad V = \frac{W}{\rho}$$

$\therefore BM = \frac{I\rho}{W}$   $W$ : 重量,  $\rho$ : 海水比重,  $V$ : 容積

L 軸方向のメタセンター高さは

$$BM(L) = \frac{268.8 \times 1.025}{7} = 39.4m \dots \dots \dots (a)$$

T 軸方向のメタセンター高さは

$$BM(T) = \frac{252 \times 1.025}{7} = 37m \dots \dots \dots (b)$$

$$M.T.C = \frac{\rho \times I}{100 \times \text{船体長さ}}$$

$$M.T.C(L) = \frac{1.025 \times 268.8}{100 \times 7} = 0.394t-m$$

$$M.T.C(T) = \frac{1.025 \times 252}{100 \times 6.8} = 0.38t-m$$

第 3 図-(c)から

$$\text{トリム}(T) = \frac{W \cdot l}{M.T.C}$$

$$T(L) = \frac{7 \times 0.02^{(9)}}{0.394} = 0.355 \text{ cm}$$

$$T(T) = \frac{7 \times 0.03^{(10)}}{0.38} = 0.555 \text{ cm}$$

すなわち最大 0.4 cm のトリムなので作業に支障はない。

3) 吃水

船体の水線面積 =  $7m \times 6.8m - 2.4m \times 3.2m = 39.92m^2$

$$\text{吃水}(\rho) = \frac{W}{\rho \times 39.92} = \frac{7}{1.025 \times 39.92} = 0.17m$$

すなわち 7 t の積載荷重のとき、吃水は 17cm である。

4) 水上浮遊時の復原性 (T 方向)

(b) 式から  $BM = 37m$

$$\begin{aligned} \text{第 3 図-(c)から } KM &= KB + BM = \frac{0.17}{2} \\ &+ 37 = 37.085m \\ GM &= KM - KG = 37.085 - \\ &1.29 = 35.795m \end{aligned}$$

普通の漁船 (チャッカ船) だと  $GM$  は数 10 cm であるのに、この台船の場合だと 35m 以上もあり、復原力がきわめて強く、安定している。しかしその反面、復原力が強いということは動揺はげしいことにもなりかえって乗船した人に不快を感じさせ、かつまた荷物に損傷を与えるおそれがあるので、 $GM$  の大きさは船舶の性質によって次のように決められている。

(船の種類)	$GM$ (cm)
貨物船	23 ~ 45
帆船	97 ~ 106
高速度船	30 ~ 61

5) 固有周期

$K$ : 環動半径,  $T$ : 周期,  $B$ : 船幅,  $C \approx 0.4$  とする。

$$K = CB = 0.4 \times 7 = 2.8$$

$$T = 2.01 \times \frac{K}{\sqrt{GM}} = 2.01 \times \frac{2.8}{\sqrt{35.8}} = 0.95 \text{ sec}$$

普通商船だと周期は 10sec 程度であるのに対して、この台船は 1 sec 程度なので波のまにまに細かく揺れていることになる。

6) 台船にかかる風圧力

風速 ( $v$ )  $\approx 5 \text{ m/sec}$  (15m/sec)

$$\text{風圧} = 0.76 \times 10^{-4} \times v^2 = 0.76 \times 10^{-4} \times 5^2 = 0.002T/m^2$$

風圧係数 = 1.2

船体面積 = (高さ 1m) - 吃水下

注9) 0.02とは (船体+試錐機) の重心位置から L 軸までの距離。

注10) 0.03は同上で T 軸までの距離。



$$(0.17m) \times 7m = 5.81m^2$$

∴吃水面上の風圧は

$$\begin{aligned} & (0.018) \quad (0.131t) \\ & 5.81 \times 0.002 \times 1.2 = 0.014t \dots (a) \end{aligned}$$

檣 0.1m × 高さ5.5m × 4本 = 2.2m<sup>2</sup>

$$\therefore \text{風圧力} = 0.0053t \dots (b)$$

その他 0.5m × 7m = 3.5m<sup>2</sup>

$$\therefore \text{風圧力} = 0.0084t \dots (c)$$

全風圧力(P<sub>1</sub>) = (a) + (b) + (c) =

$$0.014 + 0.0053 + 0.0084 = 0.0277t \dots P_1$$

すなわち風速 5m/sec のときには 0.028t にかかることになる。風速15m/sec のときには 0.255t となる。

7) 潮流による力

潮流を 3kt とする。

$$\text{流速}(v) = 3kt \times 0.514 = 1.542m/sec$$

$$\text{速度圧} = 1.54^2 \times \frac{1.025}{9.8} = 0.243t/m^2$$

吃水 船体面積(外側) 0.17m × 7m = 1.19m<sup>2</sup>

(内側) 0.17m × 2.4m = 0.408m<sup>2</sup>

ロッド30mの面積 0.1m × 30m = 3m<sup>2</sup>

潮流による力(P<sub>2</sub>) = 速度圧 × 面積

$$\therefore \text{船体のみは} \left. \begin{aligned} & \text{(外側)} 1.19 \times 0.243 = 0.29t \\ & \text{(内側)} 0.408 \times 0.243 = 0.099t \end{aligned} \right\} \text{計} 0.389t$$

$$\text{ロッド30m分は } 3 \times 0.243 = 0.729t$$

$$1.118t \text{ (掘進中)}$$

………P<sub>2</sub>'

8) 波高による外力

波高を 0.5m とする。

$$P = 1.5 \times W \times H = 1.5 \times 1.025 \times 0.5 = 0.77t/m^2$$

P<sub>3</sub> = 長さ(7m) × 吃水(0.17m)

$$\times 0.77 = 0.915t \dots P_3$$

以上を合計すると、

	風速5m/sec	風速15m/sec
ΣP = P <sub>1</sub> + P <sub>2</sub> + P <sub>3</sub>	0.0277	0.255
	0.389	0.389
	0.915	0.915
	1.3317t	1.559t
ロッド30m分	0.729	0.729
	2.0607t	2.388t……掘進中

すなわち掘進中だと、風速 5m/sec のときは 2t の外力が、また風速15m/sec のときには 2.4t の力がかかることになる。

9) 錨および錨索

前記のように風速15m/sec の場合を想定すると外力は 2.4t になる。

$$1 \text{ 本の錨索にかかる力} = \frac{2.4}{2} \times \frac{1}{\cos 45^\circ} = 1.7t$$

安全率 = 6 とすれば 1.7t × 6 = 10.2t

wire rope の保証破断力は14mm径で10.8t~11.5t

16%径で14.1t~15.1tであるため安全をみて16%のを使用する。

次に錨の把持力は P = kaW

ka = 係数 = 7 とする。

W = 錨の水中重量 = 錨の空中重量(W') × 0.8667

$$\therefore P = W' \times 0.8667 \times 7 = 6.07W'$$

外力と把持力とはバランスしなければならない。ゆえに

$$2.4t = 6.07W' \times \cos 45^\circ \times 2 = 8.6W'$$

$$\therefore W' = \frac{2.4}{8.6} = 0.279t$$

ゆえに錨の重量は0.3t (300kg) となる。

### 2.4.3 ボーリング台船の構造

前記のように本台船は潮流 3kt, 風速 15m/sec, 波高 0.5m の場合でも安全であることが確認されたので、ボーリング台船の製作にかかりでき上つたのが第34図および図版 XII-第20図である。台船は大小 5 個のブロックからなり、それらの寸法は若干異なつてゐるので、一番大きいブロック(幅 2.2m, 長さ 5m)のなかに他のブロックが次々に収容される。積み重ねたときの高さは 1.43m となり、さらに蓋を重ねると高さは 2.09m となる。このような容積になるので貨車あるいはトラックによる運搬が可能である(図版 XII-第21図)。

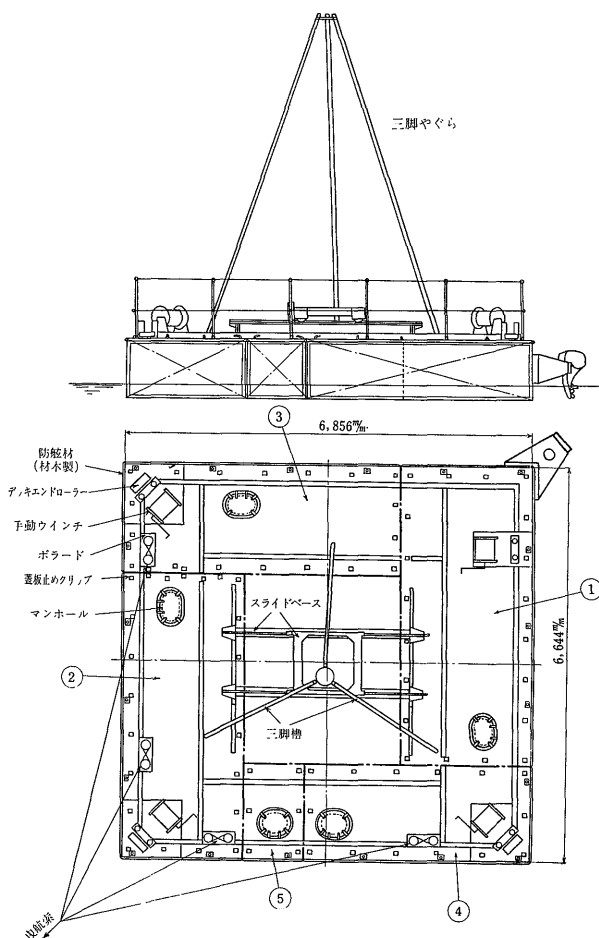
台船の取り扱い(組立て、解体作業)および運搬などを容易にするため、船体の材質は耐食アルミニウム合金(JIS-H4104(A<sub>2</sub>P<sub>1</sub>-H):標準厚み 2.6% を使用して横肋骨式とし(図版 XIII-第22図)、外力に対して充分な強度をもたせるとともに、ときに集中荷重のかかる箇所には板厚・肋骨ともに増強するようにした。蓋板は各ブロックごとに設け、ステンレス製クリップによつて簡単に締付けられる。各ブロックごとの連結はステンレス製の 1" 径ボルトナット 6~8 本で行なわれるようにしてある。

各ブロックの蓋板にはそれぞれ 1 個のマンホールがあつて、内部の点検および万一の場合の排水に備えてある。またマンホールがあるため船体の内部は材料置場の倉庫としても使用できる。蓋板上にはアンカーワイヤ用のデッキエンドローラやボラードも取付けられ、接岸用として木製フェンダが 2 辺に取り付けられている。

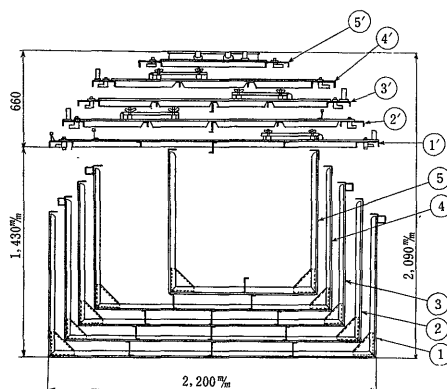
5 個のブロックのうちの一番小さいものの底に硬質ガラス製(直径 30cm)の視窓が設けられている。海水の澄んだところであれば、水深 10m 程度まで海底を観察することができる。

台船が組立てられると、中央部に 2.7m × 3.2m の方型

一般配置図



積重要領



ボンツーン寸法

寸法 (L×B)(mm)	重量 (kg)
5,000 × 2,200 ①	310 ① 338
4,800 × 2,000 ②	279 ② 313
4,600 × 1,800 ③	252 ③ 280
3,800 × 1,600 ④	107 ④ 225
1,600 × 1,000 ⑤	99 ⑤ 70
合計	1,137 1,226

地質サンプリング用ボンツーン

主要寸法表

長さ	6.893m
幅	6.662m
深さ	1.000m
計画吃水	0.200m
積載重量(試錐機および船体積載)	約5.00t
サンプリングボンツーン重量	2.36t
総重量	7.36t

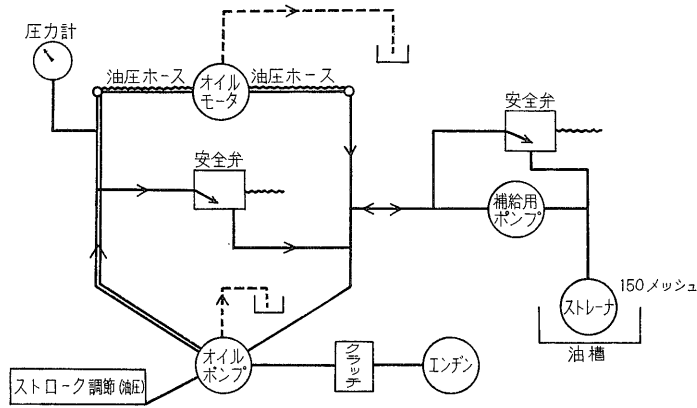
第34図 台船の設計図

の空間ができる。この空間においてボーリングが行なわれ、この空間の上に試錐機が置かれる。台船はアンカーでしっかりと固定したとしても、波浪、潮流、風、試錐機の回転トルクなどによって若干の移動は免がれない。しかし反面ロッドなどの掘削具はできるだけ垂直でなければならない。この補正を行なうために空間の上にスライドベースを設け(図版 XII-第20図)、その上に試錐機を置くようにした。このため空間の範囲内であれば掘進中でも試錐機の微移動は容易に行なうことができる。しかしさらに外力が大きくなると空間の範囲内の修正では間に合わない場合もあるので、そのときは4台のアンカーウインチを操作して大きな修正を行なうようにしている。

2.4.4 油圧式ターンテーブル(図版XIII-第23図)

船上法の場合、船の上下動に対する緩衝は、前記懸吊

型のところで記した expansion joint の使用も一つの方法であるが、table machine も一つの方法である。Turn table は kelley rod に対して回転は与えるが、上下動に対して free であるからである。ただし海上の場合、船の rolling pitching および船の水平移動があるので、この点を解決すれば使用できるはずである。それでこの解決策として rolling pitching に対しては turn table のところを gimbal 装置(羅針盤と同じ機構)にし、船の水平移動に対しては、前記のようにスライドベースを使うので、動力源と turn table との間を flexible のもので連結すればよいことになる。Flexible のものとして考えられるものは、電動機と発電機を使用すればコードでよく、油圧装置を使用すれば高圧用ゴムホースで間に合うことになる。しかし電気器具関係は海水に弱い



オイルモータ	最大容量	9.5cc/1回転	⇒⇒⇒	高压部回路(配管の耐圧350kg/cm <sup>2</sup> )	
	作動圧力	0~200kg/cm <sup>2</sup>	→	低压部回路(配管の耐圧70kg/cm <sup>2</sup> )	
	作動回転数	0~2,000rpm	→→→	ドレン回路(油の漏れ)	
オイルポンプ	最大容量	9.5cc/1回転	補給用ポンプ	容量	2.5cc/1回転
	作動圧力	0~200kg/cm <sup>2</sup>		作動圧力	5kg/cm <sup>2</sup>
	作動回転数	2,000rpm		作動回転数	1,000rpm

第35図 油圧式ターンテーブル試錐機の配管図

と、設備も大きくなりそうなので、まず油圧式 turn table で研究をはじめることにした。

1) 油圧系統図

試錐装置は第35図に示す配置で連結され、10HPエンジンで駆動される。

2) オイルモーターの回転力

$$T = YM \frac{P \cdot q}{2\pi} \times 10^{-2}$$

T: トルク kg-m, P: 圧力 kg/cm<sup>2</sup>  
q: 容量 cc/1回転, YM: 機械効率 98%

(例) P=200kg/cm<sup>2</sup> q=9.5cc/1回転 とすると

$$T = 0.98 \times \frac{200 \times 9.5}{2 \times 3.14} \times 10^{-2} = 2.96 \text{ kg-m}$$

ゆえに45%孔径で100m, 75%孔径で50mの掘削能力をもつ。

3) オイルモーターの出力

$$PS = YT \frac{P \cdot q \cdot N}{450} \times 10^{-3}$$

PS: 出力, YT: 全効率80~91.5%, N: 回転数  
注: 最高回転数の場合90~200kg/cm<sup>2</sup>で91.5%とみてよい

(例) P=200kg/cm<sup>2</sup> q=9.5cc/1回転  
N=2,000rpm YT=0.915(91.5%)

$$PS = 0.915 \times \frac{200 \times 9.5 \times 2,000}{450} \times 10^{-3} = 7.75 \text{ IP}$$

ゆえに最高出力7.75IPであることになるが、実際には種類の損失で5IP程度しかでていない。

4) テーブルの回転

オイルモーターの回転が最高2,000rpm出るものとし、第36図に示す歯型を使用すると、

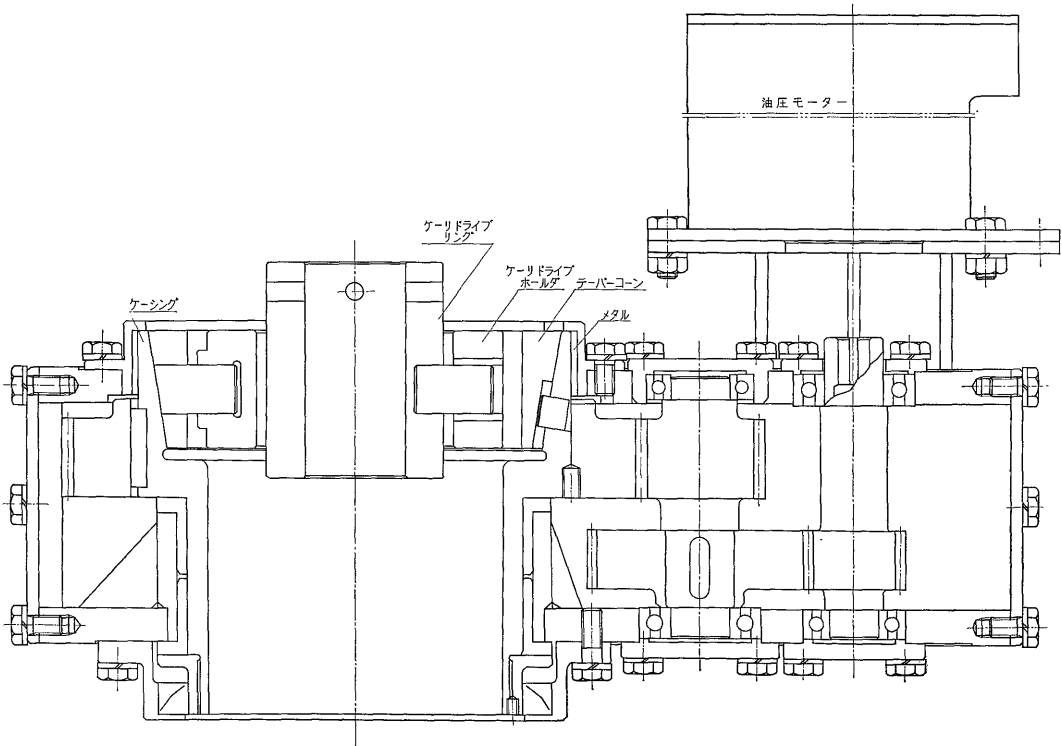
$$\text{錐の回転(最高)} = \frac{2,000 \times 19 \times 20}{44 \times 97} = 178 \text{ rpm とする。}$$

錐の回転の調節はオイルポンプのところにあるコントロールレバーによって行なう。このため錐の回転は0~178rpmの間であれば適宜調節できる。

第36図の設計図に示した kelley drive ring は gimbal 装置になっていて、360°方向に対して15°まで傾けられる。このリングは最初4角にし、後に改良して6角とした。リングの内側にはケリーが上下に滑り易くするためにローラが植込まれている。

ボーリング台船の上には油圧式ターンテーブルのほか、泥水ポンプ、動力ウインチ(巻上能力 t)、手巻きウインチ(能力1t)および高さ5.5mの三脚パイプ檣などが塔載されている。

2.4.5 台船の組立, 曳航, 固定



第 36 図 ターンテーブルの設計図

1) 組立・解体

台船の組立ては図版 X III-第24図に示すように波打際で行なうのがもつとも安全である。しかしトラック道路から波打際までかなり距離があるとか、あるいは岸壁に機械力があるような所であれば浮游させながら行なうこともできる。解体の場合は浮游させながら連結用ボルトをはずし、レッカ車で1つ1つを吊り上げるのが一番簡便である(図版XIV-第25図, a. b. c)。

2) 曳航

港を出るまでは曳航と台船との間隔は5m程度の短い距離にし、一たび港を出ると50m位に長くする(図版XV-第26図)。こうすると台船の蛇行もなく安全であるとともに曳船の曳航力が充分に発揮される。曳航速度は、もちろん曳船の大きさによって異なるが、使用船は20~40HP程度の漁船なので、曳航速度は大体2~2.5kt位である。大分県下国東では20t, 60HPのやや大きい船を使用したことがあるが、港の出入やアンカー操作に却って不便を感じた。このことから1日の作業時間を考えると、曳航時間は2時間(往復4時間)程度が適当であり、距離でいえば港から10km程度が行動範囲であろう。このため広域調査を行なう場合は港を転々とするか、やむを

得なければ洋上錨留も考えなければならない。

3) 船位決定

テストの段階であれば適当な場所にアンカーを降ろし、固定してから船位を測量すればよいが、試錐予定地点が決まれていると台船をそこまで誘導しなければならない。前記のように港から10km程度の範囲内であるので測量は双角セキスタントか(図版XV-第27図)トランシットで充分であるが、この場合2つの方法が考えられる。1つは台船にセキスタントを載せトランシーバを使つて曳船との連絡を行ない、目的地点に誘導する方法と、陸地に2台のトランシットを備え、同じくトランシーバで連絡しながら誘導する方法とがある。縮尺1/25,000程度の概査であれば図上4%, すなわち100mの誤差範囲で誘導するのは、それほど時間はかからないが、予定地点から10m以内にしぼるとなると船の誘導にかなりの時間がかかる。

4) 碇泊

アンカーは前記の設計段階では300kgと計算されたが、取り扱いの不便さから100kgの海軍アンカーを製作した。しかしこれでもかなり重く、人力による取り扱いは危険と思われたので、現地で漁船アンカー(40kg程度)を

借用した。海象が平穏であればこれでも結構役に立ったので、その後60kgの海軍アンカーを製作し、天草魚貫湾内の研究でこれを使用した。湾内であつたためこのアンカーで充分目的は達せられたが、昭和41年の北九州響灘の研究では、潮流が早く、4kt以上もあり、ついに60kgアンカーでは耐えきれず、台船はどんどん流されたことがある。やはり100kgは最低必要であることが判つたが、その反面この重いアンカーをいかにして安全に、しかも簡単に操作できるようにするかが問題となつた。

台船が目的地点近くにくると曳航に使用していたナイロンロープをはずし、アンカーワイヤーを曳航船に引張らせ、水深の3倍以上の長さにして台船の微移動を行なう。台船が目的地点に達したならば合図を送つてアンカーを海に投入させる。1点が終われば次々に同様の操作を行なつてアンカーを降ろしていく。4点が終わつてから4台のアンカーウインチを人力で同時に巻き、試錐位置を再確認しながら4本のワイヤーを緊張させる。

逆に引揚げるときは、おのおののアンカーにロープを使つて浮標がつけられてあるので、曳船がこのロープを手繰り上げ、アンカーが海底から2~3m上がったと思われたときに合図し、台船上の動力ウインチでこれを巻いていく。

#### 2.4.6 掘削作業

##### 1) 作業順序

台船が固定されると第36図のようにガイドパイプ、ケーシングパイプさらに一連の掘削ツールが次々に降ろされ、最後にwater swivelを継ぎポンプを送つて掘進をはじめ。ガイドパイプの頭は海面上20~50cm位でいることが望ましいので(図版XV-第28図)ガイドパイプを降ろす前に水深をもう一度チェックしておく。水深測定は間繩に錘をつけて行なつていくがこの程度の測定でガイドパイプ挿入上大きな支障はないようである。

昭和39年の芦屋沖での最初の実験で、ガイドパイプもケーシングパイプもなしにいきなりcore barrelを降ろして掘進したことがある。このときは水深21mでしかも露岩であり、第三紀層を30分かかつて1.5m掘進し、1.3mのコアを採取している註11)。このような特例もあるし、一般にはかなり厚い表層があると考えなければならないので、ガイドパイプ、ケーシングパイプを使用す

註11) この反対の例では、40年の魚貫湾の実験で水深47mの所に台船を固定しいきなり40.5%ロッドを降ろしたところ、長さ50m以上を降ろしても着底した感は得られなかつた。ロッドを引揚げてみたところ、図版XVI-第29図のようにcore barrelの直上のロッドが湾曲していた。

るのが普通である。

##### 2) ガイドパイプ

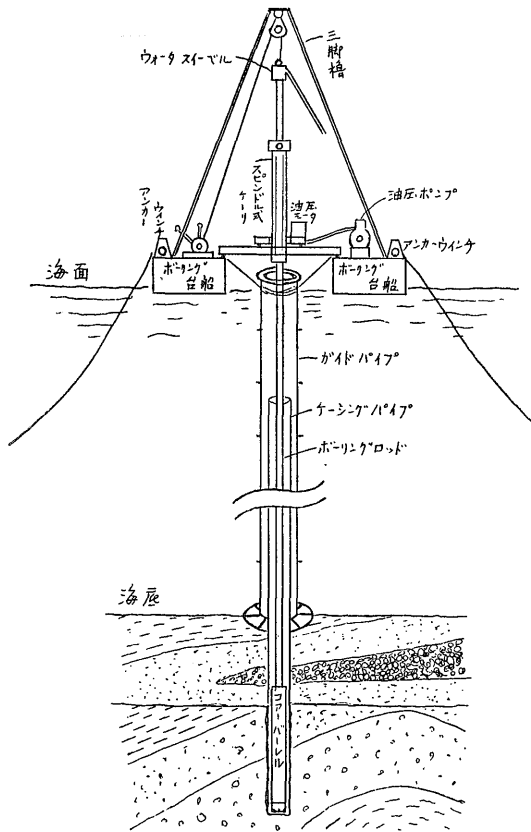
ガイドパイプは台船と海底との連絡通路で、その頭は図版XV-第28図のようにロープで台船に固定されている。潮の干満によつてその頭が海面下に潜つたり、逆にスライドベースに突き当たることもあるので、長さ50cmの短管を用意してその調節にあてている。ガイドパイプの下端部には直径1mの輪を取り付け、パイプが底質に喰い込まないようにした。また傾斜地でも使えるようにパイプと輪の連結部はgimbal装置にしてある(図版XVI-第30図)。またガイドパイプは最初ネジ継手を使用していたが、掘削中にネジが戻つてはづれることがあつたので、フランジ接手に改造した。

##### 3) 落としケーシング

ケーシングパイプは、表層が1m程度の薄い所では必要ないが、それより厚くなると孔壁保護のために是非とも必要となつてくる。しかしこのケーシングは掘進過程のどの段階で挿入したらよいか、仲々難しい問題である。

すなわち表層部の厚さ、あるいは底質の種類によつて保孔の程度が異なるので挿入時期を考えなければならない。初めての調査地ではそれを予測することはできないので、結局落としケーシング法を考えだした。この方法はある長さに連結したケーシングパイプがガイドパイプの中に自由落下させるのである。ガイドパイプのなかで行なわれるので倒れる心配はなく、落とすと表層堆積物のなかに0.5~1mほど突きささつてくれる。ケーシングの中でポンプを送りながら掘進すると、表層部は吹きあげられて穴が大きくなり、それにつれてケーシングも自然に下がっていく。ある程度進むと表層も硬くなり、ケーシングの降下は止み、裸孔のままでも孔壁は保持されるようになる。

40年度の魚貫湾の研究では海上実験10日のうち、第37図に示すように10本のテストを行なつた。No.1~No.5はケーシングを使用せずに掘進したが(近くに瀬がみえるので表層は薄いとみた)、崩壊のために6.5m以上は掘進できなかつた。No.6から落としケーシング法を採用したところ、No.10では表層28mを突破し、岩盤1mを掘進できた。魚貫湾ではこのように落としケーシングの効果を発揮し、ある程度自信を得たのであるが、これは底質の組成に多量の粘土質が含まれていたためであろう。ところが41年度の響灘の神湊沖合では落としケーシングもあまり効果がなかつた。すなわち、ここの表層は花崗岩の風化帯(通称サバ)のように粘土分がまつたことなく、サラサラした砂であつたため6m以上を突破することはできなかつた(スパーカーの記録では表層20m程



第 37 図 掘削作業状態図

度)。このような底質の場合、落しケーシング法のほかに、泥水法の併用と強力なポンプによる表層の吹上げが有効と考えられるが当時はその準備もなかつたので、今後の研究課題としている。

落しケーシングを引揚げるには、同じサイズのケーシングを降ろすか、ケーシングタップを降ろしてやればよい。ガイドパイプは内径90%を、ケーシングは63%を使用した。core barrel のサイズによつてケーシングを73%とか83%を使用すればよい。しかしこの場合、ガイドパイプとケーシングとの間隙がスライムの溜り場になることを念頭に置く必要がある。

#### 4) 掘削

ボーリングロッドを降ろす際、ケーリロッドがうまくターンテーブルに嵌まるようにボーリングロッドの短尺ものを使つて調節する。次にポンプで海水を送りこむと core barrel は自然に下がっていくが、深くなるにつれて下がりが悪くなるので、そのときは軽く回転を与えてやる。岩盤に到着すると下がりにはまったく止まるので、深度を測り、充分に砂を排除した後、本格的掘削に入るの

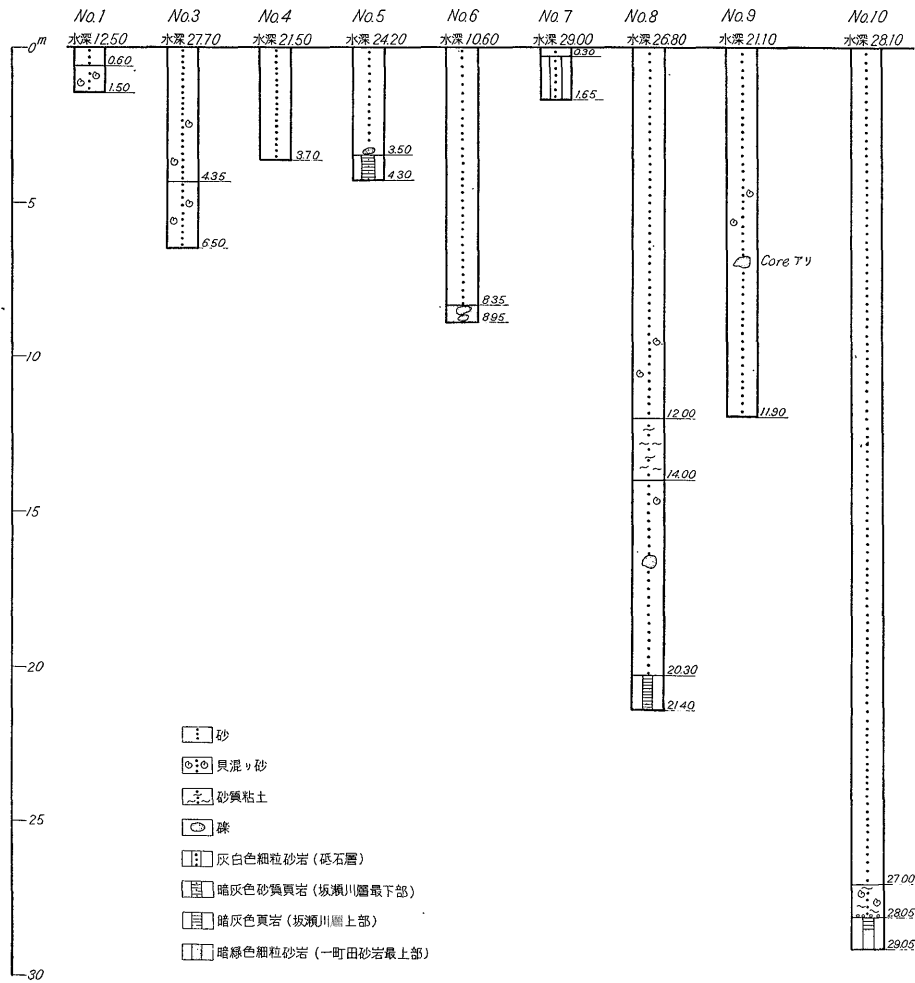
である。

前記魚貫湾では、ケーリロッドの長さが3mであるため、表層を3m掘つてはこれを引揚げ、3mロッドを継ぎ足してふたたび降ろし、これを何回も繰返して掘進していった。しかしロッドを継ぎ足してから降ろしても2m位しか降りず、水を送つてもケーリがテーブルに引掛らない場合が多い。このためパイプレンヂで廻しながら孔底に着けたが、この操作は30mも続くと仲々大変な作業である。このことからケーリをスピンドル型に改造し、一々ロッドを引揚げることもなく、ケーリのみ引揚げるようにしたのがスピンドル型ケーリである(図版 XVI-第31図)。ケーリの長さを2mとし、上部に chuck box を設けたので、one-chuck を掘り終るごとにケーリだけ引揚げればよく。このためロッドの継ぎ足し作業がきわめて楽になつた。

次にターンテーブルとケーリとの上下方向のスライドの問題である。前記のようにケーリドライブリングの内側にローラを植込んだが、これが真鍮製で、しかもローラの回転が充分に行なわれなかつたので、数回の実験でローラは摩滅し、結局テーブルの空回転が生じた。直ちに現場で図版 XVII-第32図のようなケーリブッシュを作り、応急的に使用したところ、かえつてよい成果を示した。

船上法試錐でもつとも重要なことはガイドパイプをできるだけ垂直に保持することである。台船上からガイドパイプを眺めた場合、極端に傾斜すれば誰でも気が付くが、垂直から10°以内の傾斜だと波や光の曲折のため仲々わかり難いことが多い。しかし10°も傾斜するとボーリングロッドにかなりの無理がかかり、テーブルの回転が止まることがある。これはテーブルの回転トルクが不足していることにも原因するが、垂直の状態で掘るのが一番自然である。このことからガイドパイプが5°以上傾斜すると直ちに台船上でこれをキャッチする装置が必要であり、検討中である。

次に本ボーリング台船を使つて簡易足場法の実験を行なつてみた。足場の支柱となるスタンドパイプには前記のガイドパイプをそのまま使用しその海面上に出る部分に図版 XVIII-第33図のプラットフォームを取り付けた。プラットフォーム上には地質調査所試作機のCK-II型試錐機が搭載され、ハンドルマンも一緒に乗つて hand feed で試錐を行なう方法である。このときは、間にあわせの細いガイドパイプを使つたので掘削上の安定性が悪かつたこと、および第37図のように表層がかなり厚い所で行なつたことなどから、岩盤のコア採取はできなかつた。しかし掘進は10m程度行なつていたので表層が薄ければコア採取も可能であつたかも知れないし、今後5"位のスタン



第38図 魚貫湾の試錐柱状図

ドパイプを使用し、泥水法も併用すればかなり実用の段階に入れるのではないと思われる。

#### 2.4.7 泥水問題

崩壊性地層の掘削には泥水は必要欠くべからざるものであることは明らかであるが、short boring法の研究がone-bit-runであること、普通のベントナイト泥水は海水には役に立たないことなどから泥水使用についてはあまり真剣には検討されなかつた。しかし表層が30mもあつたり、あるいはサバ帯を突破するにはどうしても泥水問題を解決しなければならない。この場合清水を補給しながらベントナイト泥水を使うことも考えられるが、小さな台船では必要量の清水を保有することもできず、また小さな漁船の曳船では清水を何回も補給することは実際問題として大変である。また前記のように落しケー

シングであるので泥水を循環させることも一寸困難であるが、特殊な装置を作つて循環させるようにできればきわめて有効であろう。このようなことから費用はかかるが差し当たり海水泥水を作り、これを海中に放棄させながら掘進し表層を突破することを考えている。

海水泥水については、沖野文吉著“ボーリング泥水”<sup>注12</sup>のなかに詳細にわたつて述べられているが、そのうちの「まとめ」をさらに要約すると次のようである。

- a) Na-ベントナイトは海水中では膨潤しない。
- b) 海水中ではアタパールジャイト、花崗粘土が高い粘性ゲルストレングスを示すが、泥壁形成性は悪い。泥壁形成性を良くするためには耐塩性 CMC 0.8~1.0%の使用

注12 沖野文吉：“ボーリング用泥水”，技報堂，1966年11月

が好ましい。

c) 海水泥水の基本組成は、群馬ベントナイト12~15%、ネオクロムナイト4~5%、耐塩性 CMC 0.8~1.0%、NaOH 0.3~0.5%、消泡剤適量であり、ネオクロムナイトは脱水減少性に優れている。この場合、pH値を10.5~11.0、沝過水のアルカリ度を1.0~1.5ccに維持することが大切である。

d) 海水泥水の欠点は、塩分濃度が大きいために、電検曲線の解析に障害を与えること、および作泥・調泥費がやや高いことである。

#### 2.4.8 本台船の問題点

1) 現在使用されている台船は安定性では優れているが、ほぼ4角であるため曳航抵抗が大きく、また固定時の潮流抵抗も大きい。試錐能率を向上させるためにも曳航時間の短縮は必要であり、また固定時の潮流抵抗を少なくするためにも本台船は双胴船式にすることが望ましい。双胴船式にすると、必要に応じてガイドパイプのみをアンカーで保持させ、船のみ港に引揚げられることもできる。

2) 本台船は個々の箱船に蓋板を取り付けているが、材質が軽合金で作られているため、蓋が完全に密着しないところが生ずる。本台船は浮力が大きく、波のまにまに浮いているので波をかぶることはほとんどないが、破碎波のシブキとか雨によつて蓋の隙間から浸水することがある。港のなかであればときどき汲み出すこともできるが、作業の都合上または気象の急激な変化で洋上に錨留するような場合が生ずるので、そのようなときには本台船は危険である。今後夜間作業とか、試錐能率向上のため洋上錨留を考慮するならば、完全密閉型にすべきである。

3) 最近半沈潜型の大型ボーリング台船が脚光を浴びているが、小型装置でもこの方式が使えるならば、一層安定した掘削作業ができるであろう。

### 3. 結 言

1) 鋼索法は簡便、迅速、低廉という点で優れているが、岩盤の試料採取は一般に難しい。Dredge の場合、岩盤が採れることもあるが、地山が転石かの識別が難しいし、採れても風化しているので精細な判定が困難なこともある。Coring tube は未固結堆積層のサンプリングには適しているが、その長さはせいぜい5~7m以下であり、また一般に岩盤および砂礫層のサンプリングには不向きである。

2) 未固結堆積物の柱状サンプリングには回転式・打込式・パイプロ式および鋼索法の各種方法が使われているが、砂層を含めたどのような底質にも適し、しかも比

較的確実に長く試料を採るのはパイプロ方式が一番良いであろう。現在のところ試料の長さは3m程度であるが、これを5m位まで拡大するのはそう難しい問題ではないと思われる。しかしパイプロ方式でも礫層の場合は難しいので回転方式による柱状試料採取法の研究も今後重要である。

3) 海底法の小川式・鉸研式は海底表層部の岩盤のサンプリングには有効な方法である。しかし one-bit-run であるため、試料の長さは1~3m程度であり、しかも表層が厚くなると試料採取が困難となることもある。可能水深は100m位である。

4) 足場法の小規模装置で実用に供されているのは打杭棧橋か鉄骨橋などである。可能水深は5~10m位であるが、掘削深度は100m位まで可能であろう。足場法の中型装置としては、いわゆる“鉄筒法”とか海上移動槽がある。鉄筒法では許容水深50m、掘削深度300mの装置が開発されており、また海上移動槽では宇部5号槽は許容水深20m以内で深度500mの掘削が可能といわれている。

5) 船上法の小規模のものはドラム缶筏や10~20t程度の船を使用し、底質調査や短いコアリングを行なっている。水深は深いところで30m位であるが、おもに水深の浅い海象の穏やかな場所で行なっている。

6) 組立式台船は陸上倉庫に格納できたりトラック、貨車輸送ができる点で大きな特長をもっている。この方式で双胴船式ができれば試錐能率や迅速待避の点でより優れた性能を発揮する。組立式台船による簡易船上法では、①アンカーによる固定法、②泥水管理、③ガイドパイプの垂直保持の点でまだ問題が残されているが、これらが解決されれば水深50m、波高50cm、潮流3ktの範囲内でかなりの厚さの表層があつても、岩盤試料3~5mの掘削は容易となるであろう。

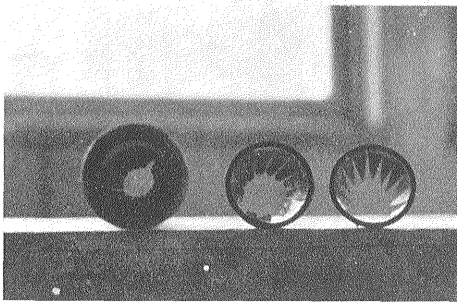
7) 船上法の掘削装置としては turn table 型がもっとも適しているが、table と kelley の間を円滑にスライドさせるために kelley bush の利用は効果的である。Spindle 型試錐機も平穏な海域では陸上と同じ要領で掘進もできるであろうが、少し荒れてくると expansion を用いるか、あるいは試錐機に波浪緩衝装置を取り付けなければ使用できない。

8) 現在 turn table を船上に置いているが、これを海底に降ろしロッドの頭を船上で保持し、水中モータまたは油圧モータを遠隔操作で回転させて掘進するのも1つの方法であろう。しかしこの場合、kelley をどのように工作するか、casing の設置をどうするか(泥水循環も含む)などに問題点が残る。



引用文献

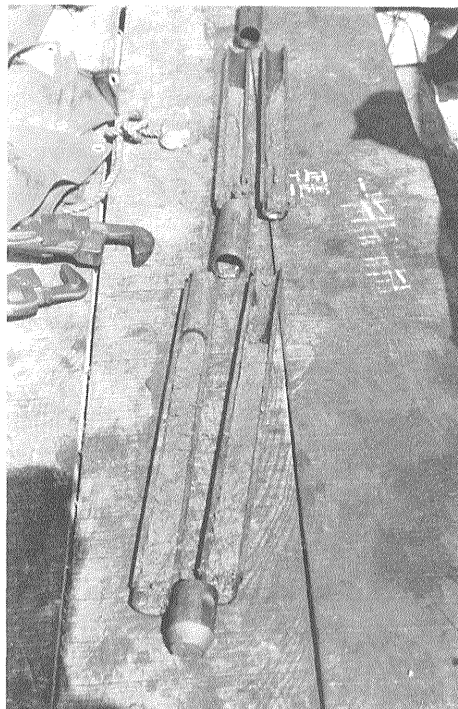
- 1) 海洋科学技術審議会：諮問第2号に対する答申；  
諮問第1号に対する第1次答申
  - 2) 伊崎 晃 (1962)：津軽海峡西口海底の地質，鉄道技術研究報告，no. 274
  - 3) 伊崎 晃 (1959)：探査技術号，日本鉱業会誌，vol. 75, no. 855
  - 4) American Society of Civil Engineers (1949)：Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purpose
  - 5) 奈須紀幸 (1962)：深海ボーリング機の試作，理化学研究所
  - 6) KUDINOV, E. I. (1957)：パイプロピストン採泥器，地質調査所月報，vol. 13, no. 6, p. 541~548
  - 7) 丸山修司 (1967)：パイプロハンマー試錐機，地質ニュース，no. 152
  - 8) 伊崎 晃 (1960)：深海探測機「くろしお」号よりする海底ボーリングテスト，鉄道技研速報，no. 60~311
  - 9) 伊崎 晃 (1958)：海底ボーリングの諸方法，土木技術
  - 10) 河内英幸 (1959)：海底ボーリングのいろいろ，地質ニュース，no. 57
  - 11) 河内英幸 (1962)：鉄筒法による海底ボーリング，地質ニュース，no. 97
  - 12) 科学技術庁資源調査室 (1960)：大陸棚鉱物資源開発の現状に関する報告，資源調査会報告，no. 35
  - 13) 河内英幸 (1964)：海洋掘さく船「第1深海」号見聞記，地質ニュース，no. 121
  - 14) 杉浦文雄 (1959)：海上ボーリング工事について，土木技術，vol. 14, no. 10
  - 15) 栗原一雄・伊藤福夫 (1966)：未固結軟弱な砂礫層に対する固化試錐法，日本鉱業会誌，vol. 85, no. 935
  - 16) 河内英幸・後藤 進 (1963)：海底砂鉄のサンプリング法，地質ニュース，no. 101
- 参 考 文 献
- 1) CUMMING, J. D. (1965)：Submarine Drilling from Anchored Tower Diamond Drill Hand Book.
  - 2) 岩沢 栄 (1953)：宇部炭田に於ける海底炭層の開発と保安に就て，宇部興産KK
  - 3) 井島信五郎・河内英幸 (1963)：大陸棚を開拓しよう，地質ニュース，no. 109
  - 4) 河内英幸 (1964)：海上ボーリングの問題点について，地質ニュース，no. 115
  - 5) 河内英幸・他3名 (1954)：海底地質サンプリング用ポンツーンについて，地質ニュース，no. 124
  - 6) 橋本 博 (1958)：潜水ボーリング法，海の資源，no. 2
  - 7) 小向良七・木下 達 (1958)：最近試作された沈潜式海底試錐機について，海の資源，no. 2
  - 8) 吉田半右衛門 (1958)：海洋油田の開発について，海の資源，no. 2



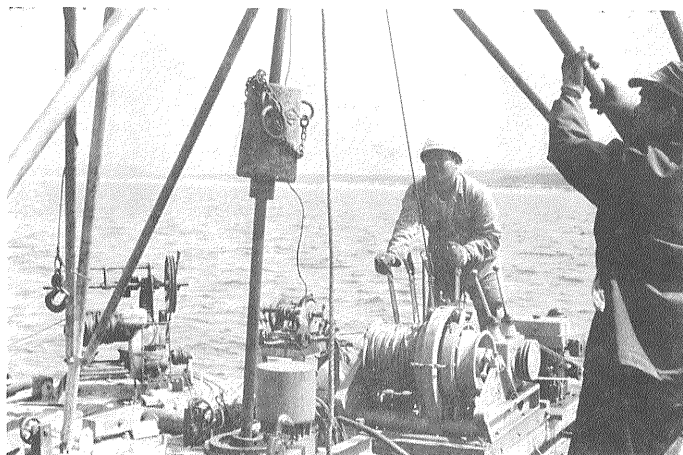
第8図 板バネ型コア・リテーナー



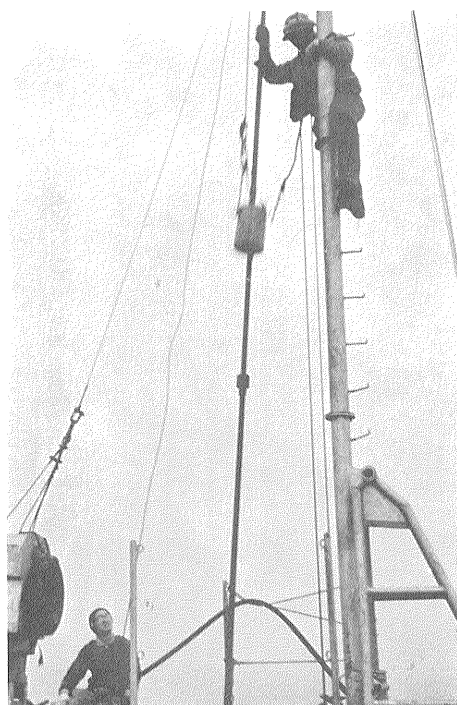
第9図 Flap valve



第10図 Split sampler



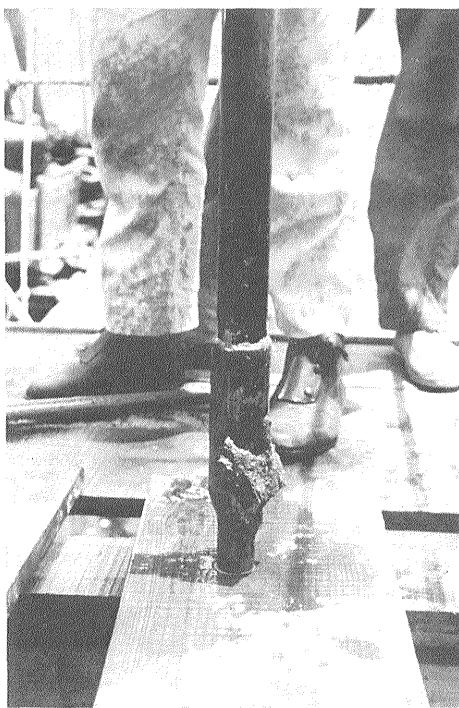
第11図 a 台船上の打込み作業



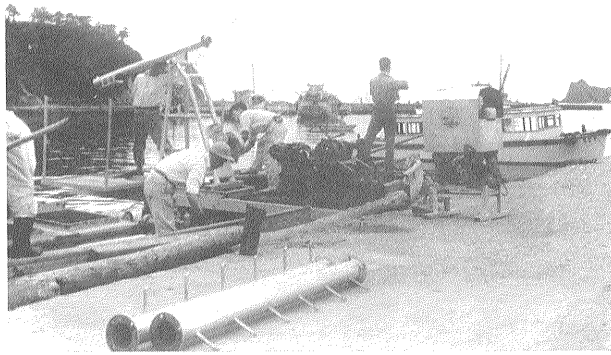
第11図 b マスト樁での打込み作業



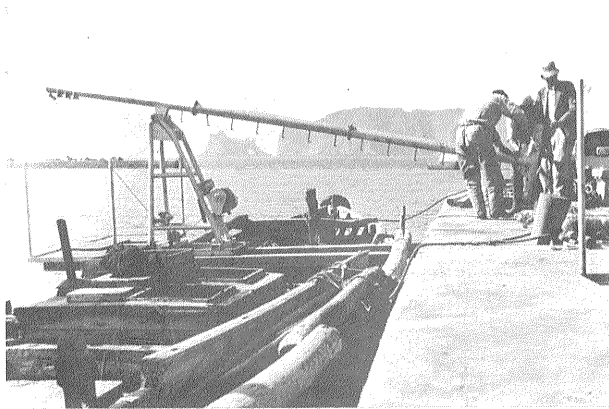
第12図 a Cock valve



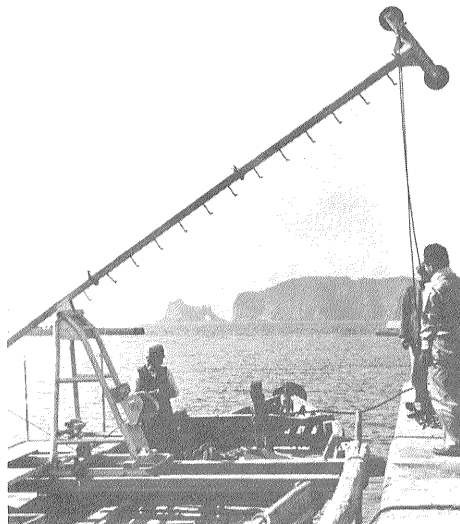
第12図 b Cock valve を引揚げたところ



a



b

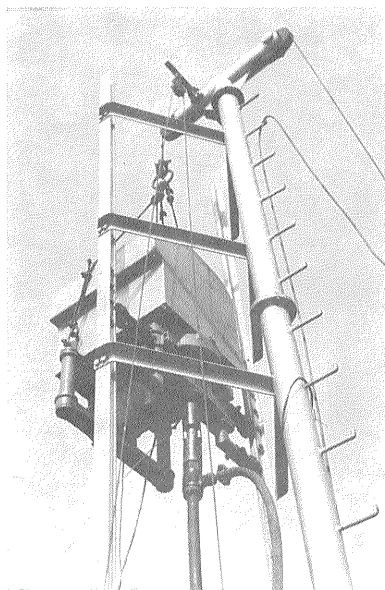


c

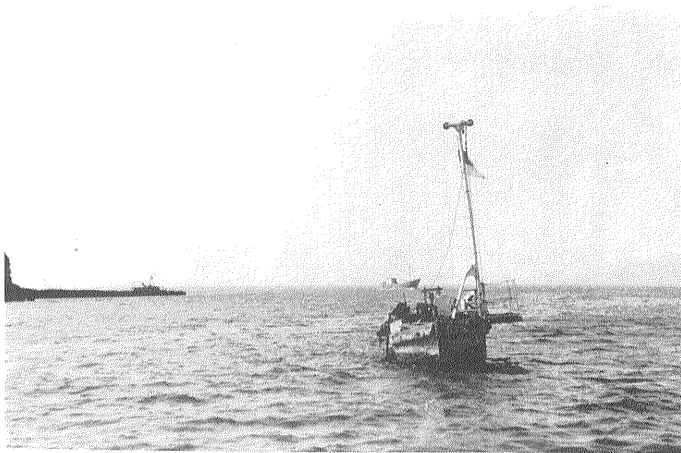
第13図 マスト兼用櫓の組立作業



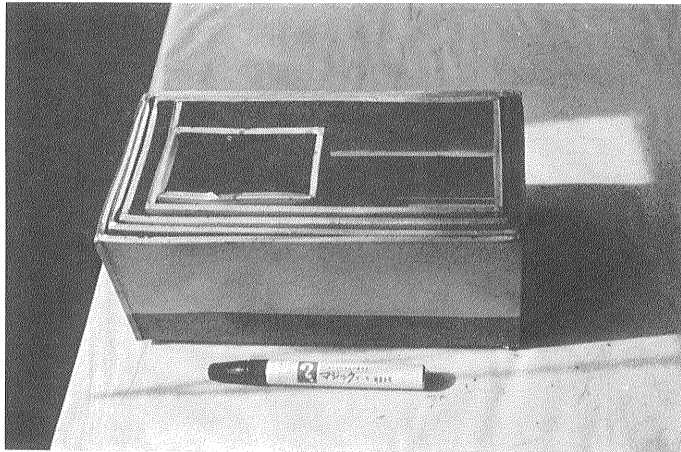
第14図 双船式を使用し懸吊型試錐機の海上実験（カトルクワイヤー使用）



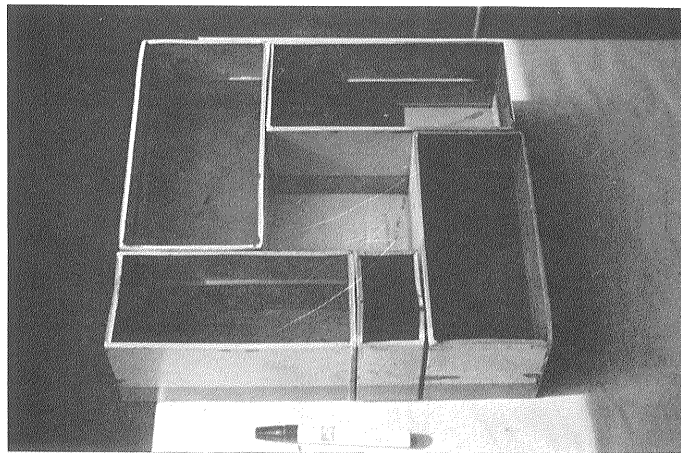
第15図 ガイドレール使用



第16図 単船の懸吊型試錐装置

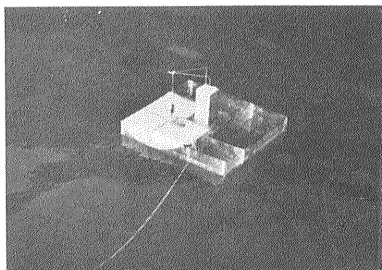


a

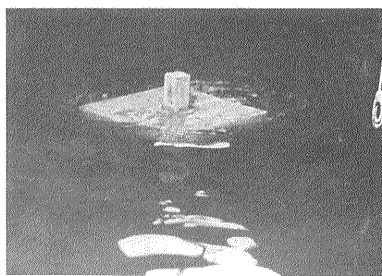


b

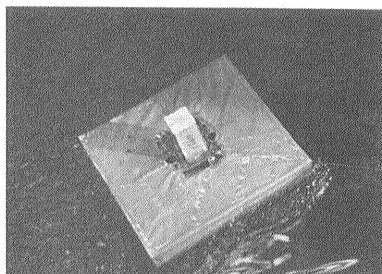
第17図 組立式台船の模型



第18図 区画浸水実験

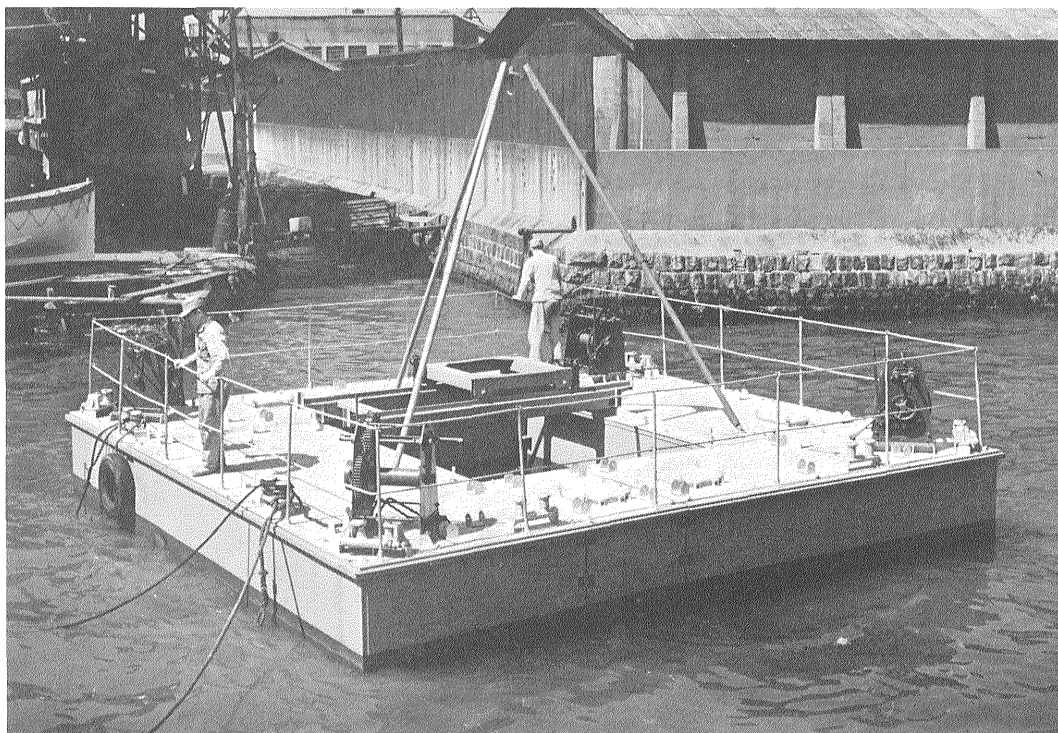


第19図 a 曳船実験 5 ノット



第19図 b 曳船実験 7 ノット

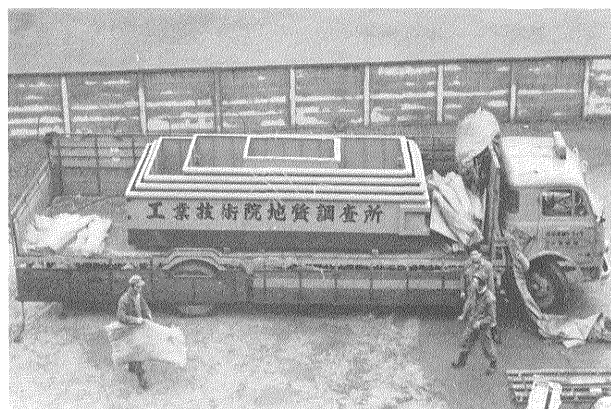




第20図 ボーリング台船の全景

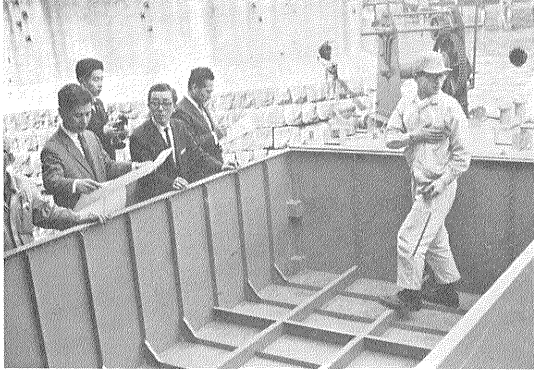


a



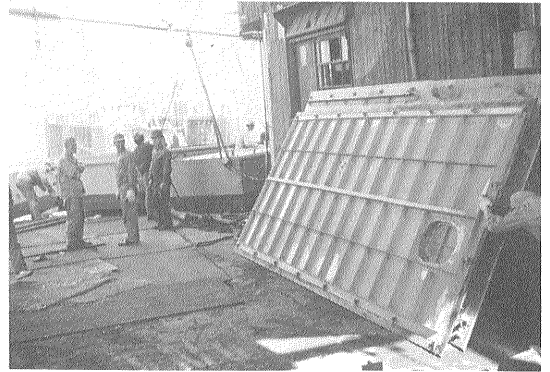
b

第21図 台船の運搬作業

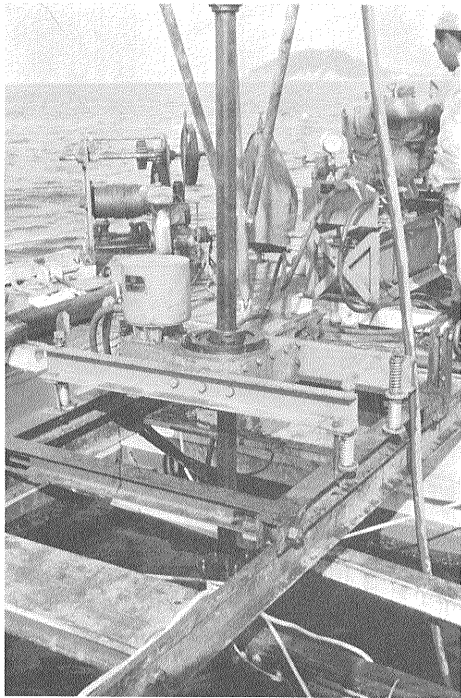


a

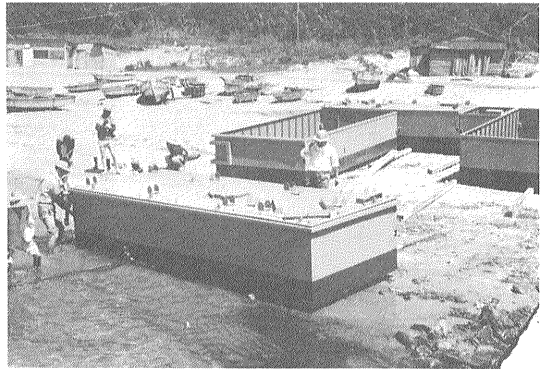
第22図 台船の内側肋骨



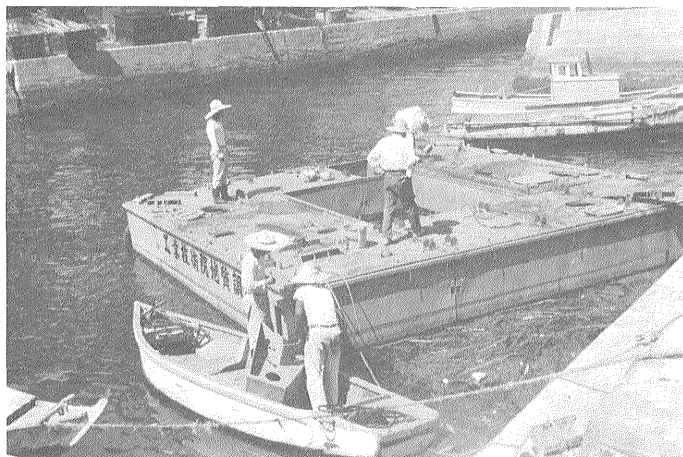
b



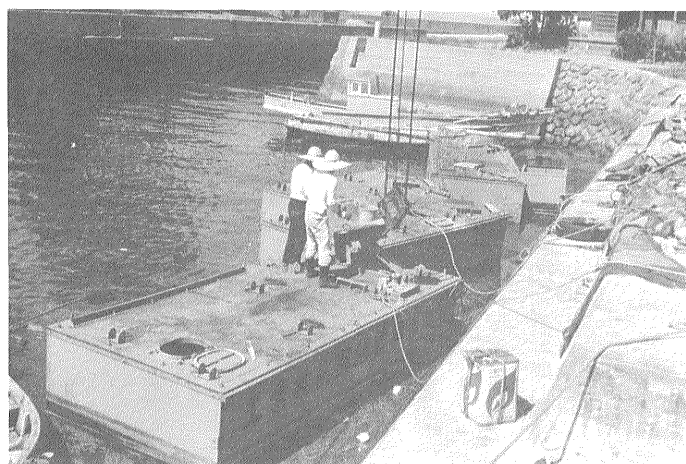
第23図 油圧ターンテーブル



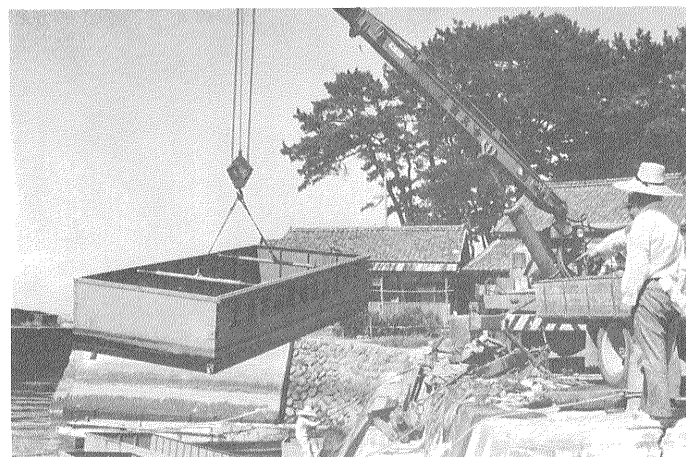
第24図 組立作業



a



b



c

第25図 台船の解体作業



第26図 曳 航 中

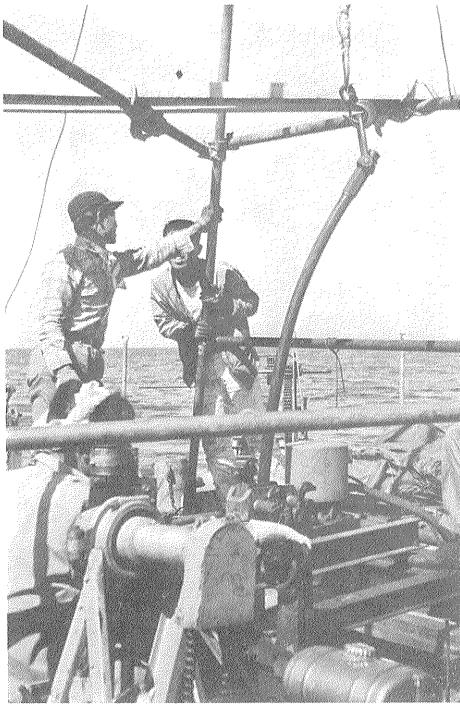


第27図 船位測量

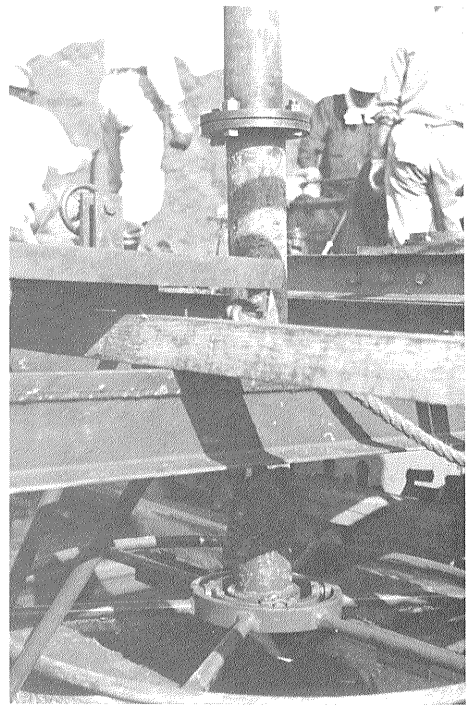


第28図 ガイドパイプの頭

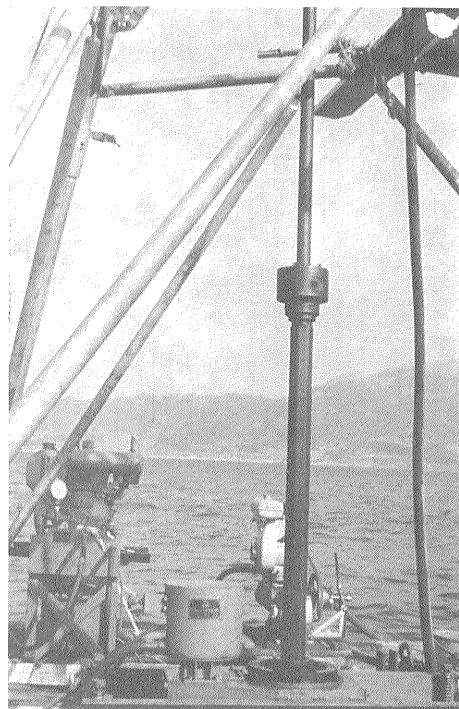




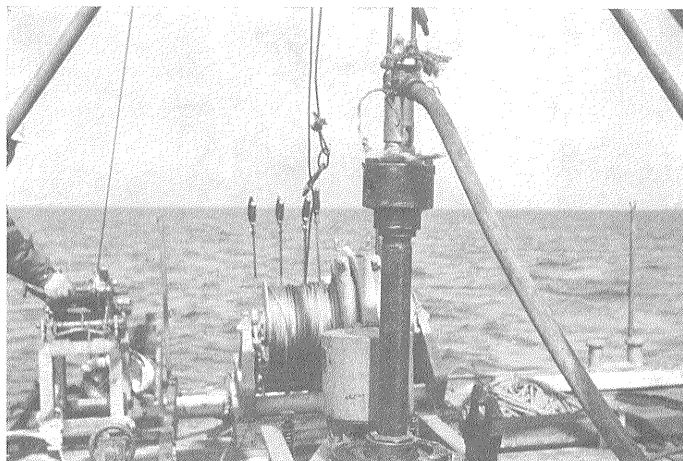
第29図 ロッドの湾曲



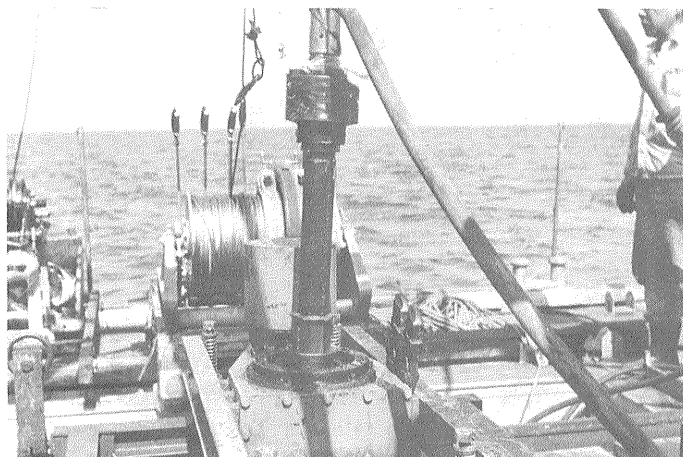
第30図 ガイドパイプの下部



第31図 スピンドル型ケーリ

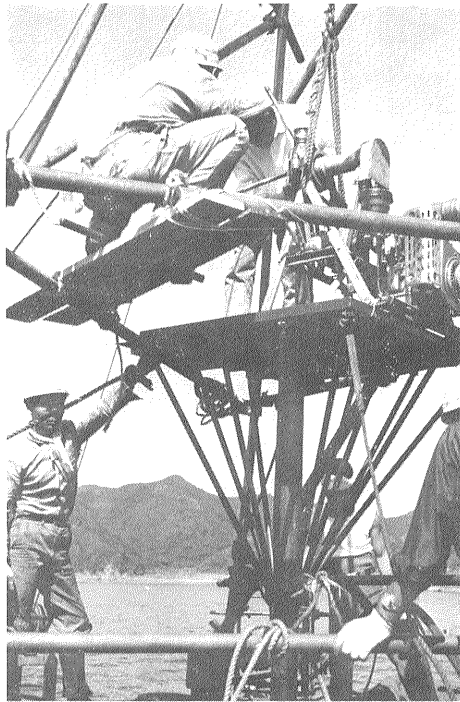


a



b

第32図 ケーリブツシユのスライド状況



第33図 簡易足場法の掘進作業