

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1)

河内英幸* 後藤 進* 中川忠夫* 青木市太郎* 丸山修司**

**Development of Technique on the Vertical Sampling and
Short Boring Method for Submarine Geology (No.1)**

By

Hideyuki KAWACHI, Susumu GOTŌ, Tadao NAKAGAWA,
Ichitaro AOKI and Shiyūji MARUYAMA

Abstract

Various methods are employed for the geological survey of continental shelves i.e. observation method of the sea bed, geophysical method, drilling method and so on.

Various types of offshore drilling apparatuses are employed widely for the purpose of survey and development of submarine oil and coal fields, and classified into Fixed Platform Type, Mobile Units Type (Submersible, Jack Up), Drilling Vessel Type and Semi-submersible Type. Such large scale apparatuses are not suitable for the frequent short boring operation. However, it is quite impossible to make a perfect submarine geological survey by resorting only to the geophysical method. Numerous short cores are needed for the general geological survey in the wide sea as in the case of cutting survey on land.

As a short coring apparatus (3 m or below in length), the submerged stationary type has been developed in Japan. In the submerged stationary type apparatus, one set of drilling machine is submerged in the sea bed and the one-bit-run operation is carried out by remote control from the ship. This apparatus has been put into practical use partially for the submarine geological survey. However, it can not be applied in case the surface layer of the sea bed is too thick.

On the other hand, the Geological Survey of Japan has no facilities for safe custody of such large scale apparatuses and no experience in control and management of geological survey ships. Such being the case, the Geological Survey of Japan finds it impossible to own survey ships even if they are small in tonnage due to his lack of experience in control and management of ships.

Such being the case, the Geological Survey of Japan has developed a unique sectional type pontoon for drilling.

The main feature of the pontoon lies in capability of safe custody in a warehouse on land when it is not used, easy transportation to any port by either of freight car or truck and easy assembly at the port when it is used for the submarine geological survey.

The pontoon consists of 5 sections with different dimensions. For transportation, the 4 smaller sections can be contained in the biggest section, resulting in requiring a loading area of only 5 m × 2.2 m. When the said 5 sections are assembled, they will constitute a pontoon with dimensions of 6.85 m × 6.64 m and an open space of 3.2 m × 2.7 m in its central position.

A slide base and turn table driven by an oil pressure are mounted on the said open space for carrying out the remote boring operation. The boxes and covers of the 5 sections are made of corrosion-proof light aluminum alloy. Accordingly, the total weight is only 2.35 t, resulting in easy handling of the pontoon.

If the apparatus is employed, the sea bed can be bored 30 m deep under such conditions as 50 m or below in depth of water, 3 knots in tidal current speed and 1 m or below in wave height.

* 技術部 ** 鉱床部

1. 概要

1.1 序論

四面を海に囲まれ、しかも陸上資源の比較的とぼしい狭少な国土に多数の人口をようしているわが国にとって、大陸棚の開発利用は将来ますます拡大されることは明らかである。このうち、海底鉱物資源の予想される海域は資料による限りいずれも陸域から延長部を一応の対象とせざるを得ないが、陸域の面積の約80%に匹敵する広大な陸棚には、陸域の鉱床とは無関係に独立した鉱床が伏在することは当然予想される。また大陸から孤立し、いくつかの小島からなるわが国において、それらの相互をトンネルまたは橋梁で結び、文字通り国土の一体化を図ることは、交通上の、ひいては産業上の大きな要請でもある。その他、農工業の発展に伴う臨海地帯の土地造成、あるいは港湾・海岸などの沿岸防災なども、わが国にとって重要な課題となっている。このように海底鉱物資源の開発や渡海交通施設の建設、あるいは土地造成や沿岸施設の保全などのために海底地形・地質調査は基本的な重要事項であり、しかも国家的要請から緊急に行なわなければならないことである。このことは海洋科学技術審議会の答申のなかに、詳細にわたって強く述べられている注1)。

ところで海底の地形・地質調査は陸地と異なり、きわめて困難とされていた。しかし科学技術の発展に伴い、海底地質調査の技術開発も徐々に進展し、すでに第1表に示すような種々の方法が行なわれてきている。しかもこれらの方法の幾つかは実際に、海底鉱物資源の探査・開発に、あるいは渡海交通施設の建設のために活用されてきている。

上記諸方法のうち、海底試錐法は地質調査、鉱物資源開発、あるいは海底諸工事の前段階において必要欠くべからざる方法であることはいままでもないが、海面下ということのため、作業は多くの困難を伴うし、陸上の場合より数倍の費用がかかる。海底試錐法のうち、大規模の装置は国の内外においてかなり技術開発が進み、すでに実用の段階に入っているが、他面、一般地質調査に必要な基盤岩の sampling のための short boring あるいは新期堆積物の vertical sampling はあまり進んでいない。これは、その意味合いからいって装置が小規模、かつ操

注1) 諮問第2号に対する答申「海洋科学技術を推進するため緊急に行なうべき重要な研究及び調査について」昭和36年10月25日

諮問第1号「海洋科学技術推進の基本方策について」に対する第1次答申。昭和38年6月7日

作が簡便であることが主要条件であるが、しかし、大規模の装置も小規模の装置も気象・海象から受ける影響は同じであること、また直接には企業と結びつかない一般地質調査の技術であることなどがからみ合って、この方面の技術開発が遅れているものと思われる。しかし地質調査所の立場では short boring の技術開発研究は重要な課題であり、前記、海洋科学技術審議会の発足当時から技術の早期確立が望まれていた。われわれはこの研究の必要性から過去5年間(実働外業100日)にわたってこの研究に取組み、最近、ようやくその曙光をみいだしたので、これまでの研究経過の概要を報告するしだいである。

1.2 海底試錐法の分類

この研究に取組むに当たり資料の蒐収、整理は重要なことであり、これまでに集めた資料のうち、とくに sampling short boring に関係したものに重点をおいて、それらの概要を記すと次のようである。

海底試錐は第2表「海底試錐の沿革」で示されているように歴史は浅く、昭和20年以前では余り行なわれていない。諸外国では、戦後、とくに最近になって海底油田の開発に刺激され、大規模の設備が続々と建造されてきている。わが国では油田開発用の白竜号を除いては、海底地質調査用の中規模の設備が主であり、沿岸土木の調査用には小規模の装置が多く使われている。

第3表は佐々保雄教授による分類で試錐機の置かれている設備によって分類し、それらについてコア採取の可否や作業水深、あるいは所要船の大きさなどを対比している。また伊崎晃氏は各種海底岩石試料採取法の比較を行なっているし(文献2参照)、黒田秀隆・塚崎正英の両氏は試錐棧橋の種類について述べられている(文献3参照)。以上を参考とし、現在研究中の short boring 法を中心として再分類すると次のようになる。

海底試錐には上記のような各種の方法や装置があるが、どの形式を選ぶべきかは試錐目的や水深などの諸要項によって決められるもので、どの要項にも技術的に、経済的に満足できるような万能型というものはない。試錐装置を考える場合、一般にはどのような要項があるかその主なものを列記すると、

- 1) 試錐目的……探査か開発か
- 2) 対象地質……未固結堆積物か基盤岩類か
- 3) 試錐深度……浅尺か深尺か(浅尺と深尺との境は陸上の場合でも明確ではないが、本稿では一応港から日帰り掘れる程度、すなわちワイヤライン工法の発達した現在、10mをその境とした)。
- 4) 水深……浅海か深海か(これも一般海洋学の区分

第1表 海底地質調査の諸方法

探査方法	観測要項	電か 光で 照射 可能	地質を 肉眼で み	何人 直接 観測 で	海底 写真が 撮れる か	連続的 調査が できる か	表面の 堆積物 が採れる か	露岩が 採れる か	基盤層 のコア が採れる か	何時間 継続して 観測 できる か	作業 できる 水深 何mまで (m)	行動性 に富む か	どんな地質判定ができるか					観測 地点の 位置の 正確さ	船の 要否と その 大きさ	備 考		
													点 状	線 状	面 状	岩 種	色 調				地 層	構 造
観 察 調 査	航空写真					○					20			○			○	A	不要			
	潜水服	○	○	1人	○	○	○			数10分	50			○	○			○	A	小舟		
	水アクアラング	○	○	1人	○	○	○			せいぜい3時間	30	A (短距離)		○	○			○	A	〃		
	水中写真	○			○					500カット	11,000	A (船とともに移動)		○		△	カラーなら○	△	C	〃		
	水中テレビジョン	○	○	無制限	○	○?				無制限	1,600	A (〃)		○	○?	△	カラーなら○	△	C	中型船		
	潜水機	○	○	2~5人	○	○	○	○	△	6~8時間	200	A (自走も可)		○	○			○	B	〃	くろしお (北大) 白鯨号・東海号 (東海サルベージ)	
	海底微地形調査					○					無制限	A						○	A	小型船		
	重力探査									1地点に30分を要す	100	B		○				?	B	中型船		
	磁気探査					△				基地からの距離による	岩石の磁性による	A (船とともに移動)			○				A	〃		
	電気探査					○				〃	?	B			○				A	〃	可探深度は小	
物 理 探 査	地震探査					△			〃	200	C			△				○	方法によりA~C	小2隻 中1	漁業に影響することあり	
	ソノブローフ					○			無制限	400	A (船とともに移動)			○					○	A	小舟	薄層に対し解析力大、浅部の調査に好適
	スパーカー					○			〃	〃	A (〃)			○					○	A	〃	浸透力やや大、深部(100~200)の調査に便
	ソナーブーマー					○			〃	〃	A (〃)			○					○	A	A	
	サブサレックス					○			〃	?	A (〃)			○					○	A	〃	浸透力最大、また商業化はされていない
試 料 採 取	各種の検層					深さに対し○																
	表面試料採取						○	○	△	6~8時間	200	B		○						○	B	中型船
	ドレッジャー						○	○		基地からの距離と水深次第	ケーブルの長さ次第	1日5~40点 (深さによる)		○					○	C	〃	
	サンプラー						○	△		〃	〃	深さによる		○					○	A	〃	
	ボーリング						○	○	○	無制限	第2表参照	B~C		○					○	A	第2表参照	

(北大教授 佐々保雄氏による)

第2表 海底サンプリングおよびボーリング法の沿革

日本歴	西歴		
明治25年頃	1892	宇部炭田の築島炭鉱が本山半島沿いに人工島を築く (開坑のため)	参考文献 2
大正 4年	1915	有明海において打杭式試錐棧橋が使用された (三池鉱業所)	引用文献 3
8~9年	1919~1920	門司市大里西方の海洋で、関門トンネルの地質調査のために、エヤータンクをつけた浮足場が使われ、4本のボーリングが行なわれた。このときの試錐機はクレリウス製で、人力で回転させ、ノールウェイ人が操作した。	応用地質 1巻 3号
15年頃	1926	宇部炭田でもタンク式の浮遊槽が使われ、50mの試錐を行なっている。	
昭和2~4年		関門トンネルの海底地質調査で、上記と同じ浮足場が使われている。	応用地質 1巻 3号
10年	1935	米人 Piggot 氏が火薬の力を応用した砲筒式サンプラーを考案した。	引用文献 4
12年	1937	米国カリフォルニア沖で潜函式バージ掘りが行なわれている。宇部興産の海上移動槽である宇部2号機が誕生。	
14年	1937	コックバルブ式のボトムサンプラーが Ström 氏 によって考案されている。	引用文献 4
15年	1940	Free-Fall Coring Tube が Hvorslev 氏と Stetson 氏 によって考案された。	" 4
18年	1943	三池鉱業所がケーソン式試錐棧橋を製作した。	引用文献 3
19年	1944	カルフォルニア沖の海底油田調査で Dart (投げ矢) が使用された。	" 9
21年	1946	宇部1号機が誕生。	
24年	1949	宇部3号機が誕生。	
26年	1951	ソ連邦科学アカデミー海洋研究所技術部でパイプロピストン採泥器が開発された。	引用文献 6
27年	1952	宇部5号機が誕生。	
28年	1953	三井鉱山が有明海で沖合 2 km の所に人工島の建設に着手 (12月) 米国シールビーチの沖合 1.2 km の所にモンレー人工島が築かれた。	参考文献 9
31年	1956	日鉄・有明鉱業所で海上移動槽1号基 (4月号), 2号基 (12月) を製作, 有明海の人工島が9月に完成し, 初島と命名された。	
32年	1957	サンタバーバラ沖合 1 km の所にリンコン人工島が築かれた。	参考文献 9
33年	1958	日鉄・有明鉱業所で3号基を製作 (9月) 三池鉱業所の「かもめ」号が誕生。 石油資源開発KKの「白竜」号が誕生。 沈置型の小川式が青函トンネルの海底地質調査に稼働。 塚本式A-100型海底試錐装置が試作された。	引用文献 3 石油学会誌 3巻 1号 参考文献 8
34年	1959	沈置型鉦研式が試作された。	
35年	1960	試錐装置を艦装した。潜水艇式「くろしお」号が津軽海峡で実験した。	引用文献 8
35年	1960	帝国石油KKが新潟県大潟町沖合に人工島の建設に着手 (6月)	土木技術 昭36.2
36年	1961	最初の半沈潜型である Blue Water No. 1 Rig が建造された。	引用文献12
37年	1962	深海用ロケット式 (奈須式) が試作され, 翌年9月に相模湾で初実験が行なわれた。	" 5
38年	1963	沈置型の水中サウンディング機が東邦地下工機で試作された。 地質調査所が浮船型の懸吊試錐装置を試作し東京湾で海上実験を行なった。	
39年	1964	八幡製鉄KK資源調査室でパイプロハンマー試錐機の試作を完成させ, 昭和41年北海道噴火湾にて海底砂鉄調査に使用された。 地質調査所が組立式ボーリング台船を試作し, 北九州沿岸で海上実験を行なった。	

第3表 海上ボーリング法 (佐々保雄教授原案)

観測要項 検査方法	表面の堆積物が探れるか	露岩表面の岩石が採取可能か	基盤岩のコア採取可能か	水深何mまで作業可能か (m)	行動性に富むか	どんな地質判定ができるか				観測の正確さ 地点の位置	船の大きさ の要否とその	備考	海峡調査に適合判定	
						点状	色調	岩種	地層					
船上からの試錐	○	○	○	300	B	○	○	○	○	A	中型船以上	(例) リンコン号, サブマレックス号, ラシエンシア号	A	
試錐機を沈置させて	小川式	○	○	○	300	A	○	○	○	A	中型船	コア長2mまで	B	
	橋本式	○	○	○	50	B	○	○	○	A	中型船	潜水夫により作業する	B	
潜水艇に試錐機をつけて	○	○	○	200	A	○	○	○	○	A~B	中型船	(例) 岡部式 (研究中) くろしお号	B	
定置槽	独立式	○	○	○	40	C	○	○	○	A	曳船心要	水深に強い制約あり	C	
	テnder併用	○	○	○	40	C	○	○	○	A	"	"	C	
移動可能筏	固定デッキ型	○	○	○	40	B	○	○	○	A	"	"	C	
	昇降デッキ型	デロング式	○	○	○	40	B	○	○	○	A	"	"	C
		ルトノー式	○	○	○	40	B	○	○	○	A	"	"	C
人工島			○	30	C	○	○	○	○	A	なし	"	C	

伊崎晃著「津軽海峡西口海底の地質」鉄道技研報告, No. 274, Jan. 1962.

第4表 海底サンプリング・コアリングの分類

鋼索法	Snapper 型	エクマン・バージ式, 関式, 丸川式等
	Coring tube 型	ナウマン式, 新野式, ピストン式, 砲筒式等
	Dredge 型	新野式, 熊田式, 航走式等
海底法	沈置型	小川式 (スピンドルタイプでギヤフイード)
		鉤研式 (スピンドルタイプでオイルフイード)
		深海用ロケット式 (奈須式) パイプロ・ハンマー式 (八幡式)
潜水型	潜水艇式 (くろしお号)	
	潜水槽式 (橋本式)	
足場法	定置型	打杭棧橋式
	移動型	鉄塔式 (円筒または鉄骨) 回定デッキ式 (宇部, 日鉄有明, 三池) 昇降デッキ式 (白竜号)
船上法	浮船型	組立台船式 (調査所1号基) 単船式 (第1探海号, CUSS 1号等) 双胴船式 (C. P. Baker号等) 舷外張出船式 (Side Winder号等)
		半沈潜型

とは異なり前記分類の中の打杭棧橋式が水深5mが限度であるので, 5mまでを極浅海とし昇降デッキ式や鉄塔式の可動水深が50m程度なので, 50mまでを浅海とした。

5) 海象・気象……航行安全法施行規則のなかに平水区域, 沿海区域, 近海区域, 遠洋区域の区分が詳細に記されている。

1.3 海底試錐法の概説

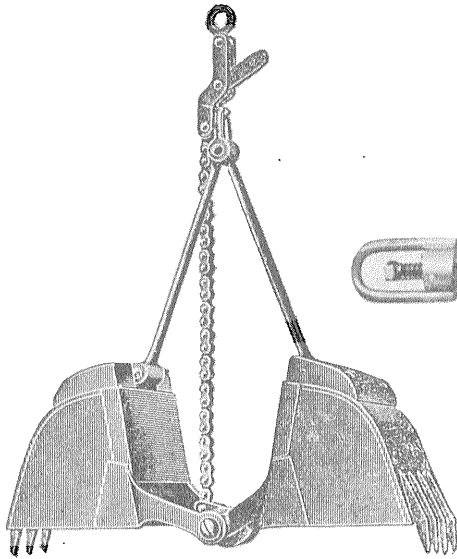
第4表の分類に掲げた各種の方法や形式については多くの文献に種々報告されているが, これらは本研究に多くの関連性をもっているので, 簡単にその概要を記す。

1.3.1 鋼索法

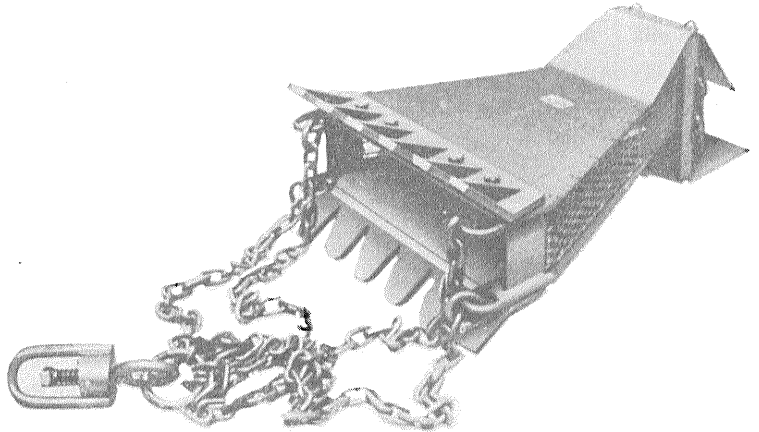
この方法はワイヤロープの先端に簡単な試料採取器を取りつけ, これを船上から海底に向かって降下させ主として海底の未固結堆積物の sampling を行なう方法である。このうち Snapper 型 (第1図a)・Dredge 型 (第1図)。

b) は海底堆積物でも一番上の表層部を採取する器具で, 採取器の大きさにもよるが採取深度はせいぜい数10cm程度である。これに対して Coring tube 型は数mの試料を採取することができる。

通常の Coring tube は加重用の Drive weight と Coring tube とからなり, それらの重力によって海底下に貫入さ



第1図a 関式採泥器



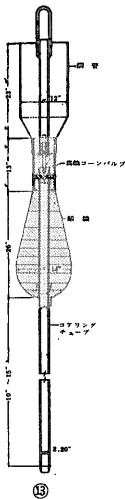
第1図b 新野式ドレッジ

れるので、Gravity coring tubes (第2図) と呼ばれ、わが国では柱状採泥器と呼んでいる。Drive weight の上部に、落下の方向性を維持するため guide vane の取り付けられたのが多く用いられている。この装置の安全降下速度は通常 1~3 m/sec といわれ、6 m/sec以上になると危険とされている。

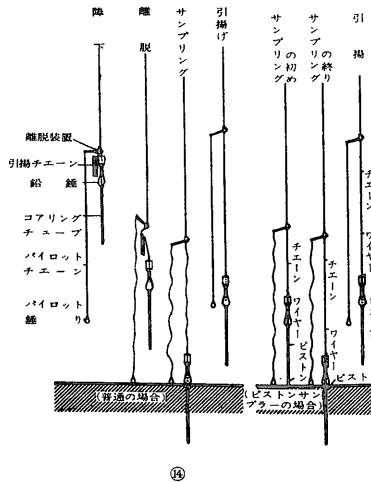
これに対し海底面上のある距離に達してから、降下速度を早めるように考案したのが Free-fall gravity coring

tube (第3図) である。これは1940年に HVORSLEV 氏と STETSON 氏によって考案されたもので海底から所定の距離 (通常 5~10m) に達するとパイロットチェーンの先についた錘りが海底面を叩き、離脱装置が外れて Drive weight のついた Coring tube が最終降下速度約 18~27 m/sec (計算上) の早さで海底に貫入する。離脱装置が外れたかどうかはケーブルの急な弛みによって dynamometer に明らかに記録されるので、直ちにウインチを止めることができる。普通の Gravity coring tube ではケーブル内の張力は Coring tube の貫入につれて、徐々に減少するので、Coring が完了したかどうかを見極めることは仲々難しい。この場合ケーブルの繰出しが過剰になり海底でコイル状をなすことが往々にしてある。

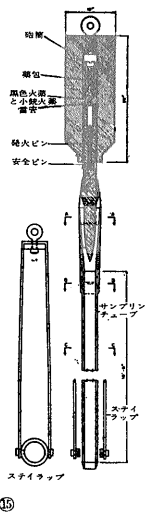
砲筒式 (第4図) は1935年、PIGGOT 氏によって考案されたもので、この装置が海底に達すると上部の砲筒は滑



第2図 Gravity coring tube



第3図 Free-fall gravity coring tube



第4図 砲筒式

り、そのなかに入っている爆薬筒を発火させる。すると Coring tube は非常に早さで海底堆積物中に突進するのでかなり硬い地層でも試料を採ることができる。この装置はとくに深海で効果を発揮するもので、6,000mの海底から約3mの完全なコアを採取したと報告されている注2)。

要するに鋼索法は Drive weight の重さ、ケーブルの強さ、海底から引抜く力、およびウインチの能力(使用船も関係する)などの関係を十分に検討してかからなければならぬ。

1.3.2 海底法

A: 沈置型

沈置型は別名沈潜型とか海底型とも呼ばれていて、わが国では戦後新しく研究、開発された技術の一つである。この方法は掘さくの主体をなす試錐機を海底面まで沈めて設置し船上からの遠隔操作によって試錐を行なう方法である。この方法は浮游している船と海底にある試錐機とが可撓性の各種ラインで結ばれているため、試錐機自体は波や風の影響を受けないという特長をもっている。しかしコアの採取長は現在のところせいぜい1~3m程度である。現在までに製作された各型のおもな仕様を揚げると第5表のようである。

1) 小川式(図版I-第1図)

この装置は海上保安庁水路部の要請にもとづき昭和33年北海道の東邦地下建設KKが試作したもので、別名、水路部式ともいわれている。この装置は gear feed 方式で長さ2mのコアチューブ兼掘管(孔径45m/m コア径30m/m)が1回のストロークで給進される。本機には2台の水中モータがあり、1台は2HPでビットの回転およびポンプ用に、他の1台は1HPで給進用に使われる。ビット回転は130rpm であるが、給進は2cm, 4.4cm, 6cm/min. の3種類を選択できる。総重量は1.4t程度であり使用船は海況の不良な海域では200t級、また沿岸付近では100t級の船が適当とされている。実際において津軽海峡の調査では70tの漁船を使用し、汐流3m/sec. (約6ノット)、水深60~100mの所で平均3本/

日の能率をあげている。本機は露岩であれば効果的であるが、表層堆積物が2m以上もあるとコア採取が不可能となる。

2) 鉦研式(図版I-第2図)

この装置は昭和34年に日鉄鉦業KKと鉦研試錐工業KKとが共同で試作したもので別名日鉄式とも呼ばれている。本機も小川式と同様に2台の水中モータを内蔵し、船上からの遠隔操作によって掘削を行なうのであるが、異なる点は送りを油圧機構にしていることである。通常3mのコアチューブを使つてのone-bit-runであるが、試錐機を海底に降す際にあらかじめロッドを継ぎ足しておけば表層18mまで突破して岩盤のコアを採取することができる。本機のおもな仕様は次のとおりである。

機 械 寸 法...2.25m (高)×2.50m (横)×1.50m (幅)

重 量.....1,500kg 補助ウエイト...50kg×24
コ=1,200kg

スピンドル回転...200 rpm スピンドルストローク...
1 m ロッド...40.5 m/m

発電機...30 KVA (46HPエンジン)

原動機 { 試錐機用.....15HP 2 P 水中モータ
油圧ポンプ用...5HP 2 P 水中モータ

巻揚ウインチ.....20HP

使用船は40t級で充分であり、平穏な状態で平均2点/日の能率をあげることができる。

3) 深海用ロケット式(第5図)

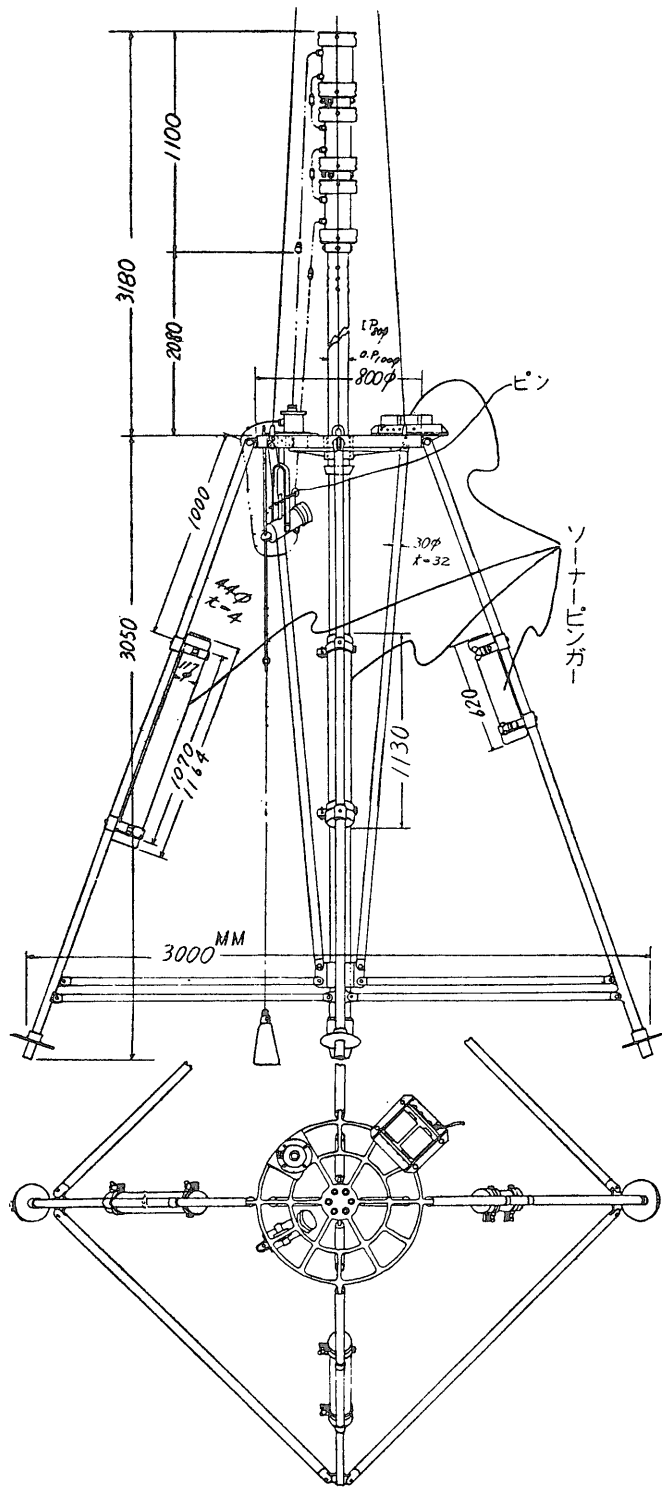
この装置は奈須紀幸教授注3)が科学技術庁特別研究促進調整費によって試作したもので、別名、奈須式とも呼ばれ深海調査を主目的としている。本機は4脚柱の中央部にサンプラーが保持され、ロケット燃料を動力源とする回転・押込み方式のものである。文献5によると、本機が海底に達すると発火装置が作動して、本体であるサンプラーに装着された第1段ロケットが噴出し、サンプラーに水平方向の回転運動を与える。この段階でもサンプラーは自重のため、少しは底質中に押し込まれていく。第1段ロケットが燃焼し終わるころ、第2段ロケットの

第5表 各種沈置型のおもな仕様

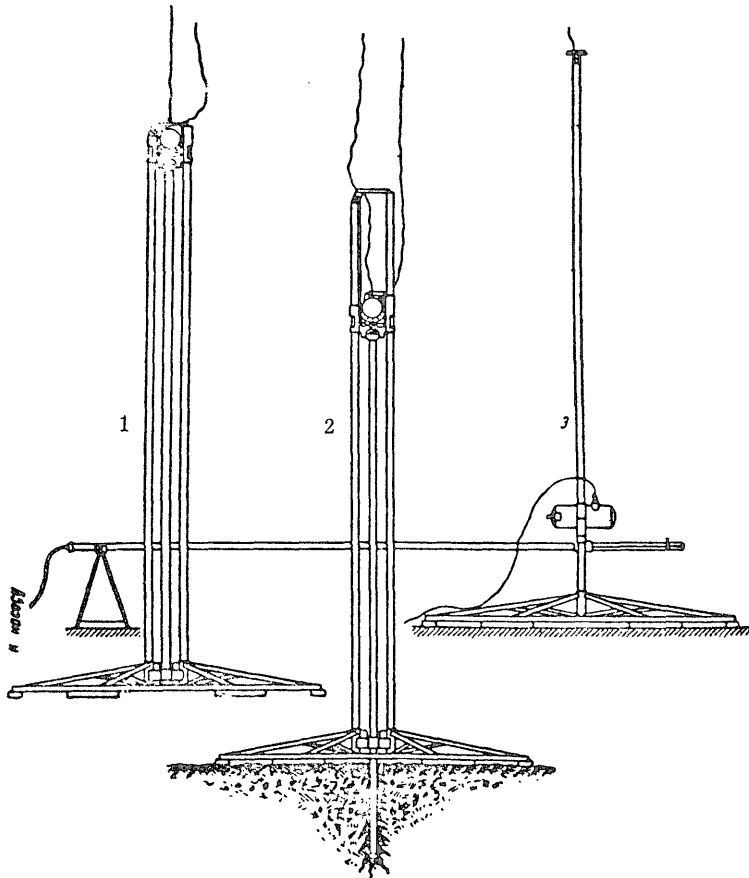
名 称	可能水深 (m)	試料採取長 (m)	動 力	重量(本体)	送り方式	備 考
小 川 式	300	1	2HP, 1HP水中モータ	1.34(t)	ギヤーフード	別称水路部式
鉦 研 式	100	3	15HP, 5HP水中モータ	3 (t)	オイルフード	〃 日鉄式
深 海 用 ロ ケ ッ ト 式	1,000	3	ロケット燃料	1 (t)	ロケット噴射	〃 奈須式
パイプロ・ハンマー式	130	4	10KW	850 (kg)	振動と自重	〃 八幡式

注2) 文献4)

注3) 東京大学海洋研究所



第5図 深海用ロケット式



1. 索網で吊り下げられたコフ管
2. 底質中に沈下しているコフ管
3. コフを押し出す時のコフ管の姿勢

第6図 バイプロピストン採泥管の見取図

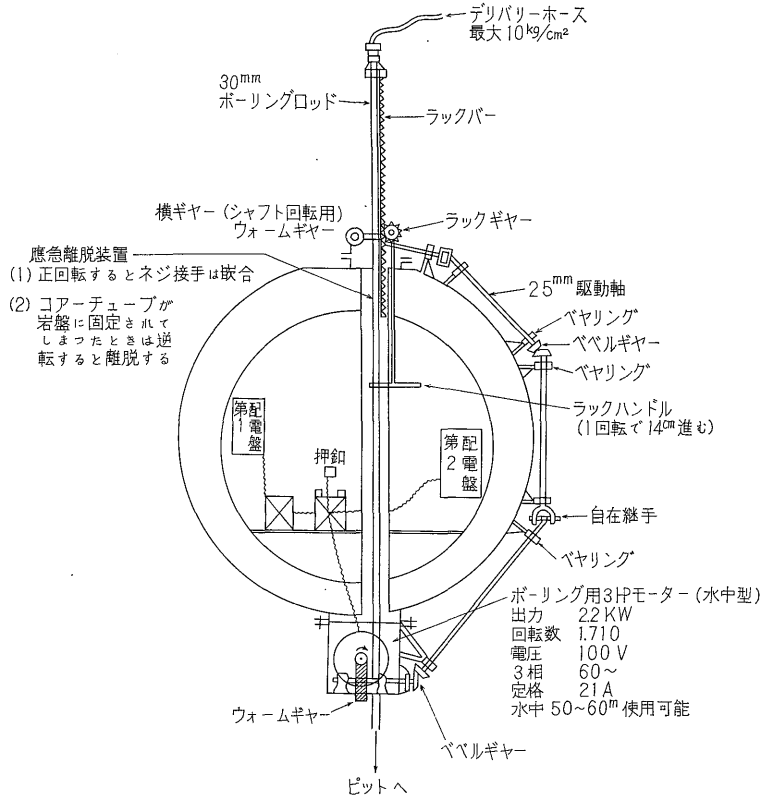
噴射が始まり、斜上方に排気されるので、半ば回転、半ば押込みの運動をサンプラーに与える。最後に第3段ロケットが作動し、上方に排気するのでサンプラーに下向きの推力を与える。噴射当時の圧力はほぼ1,000気圧程度といわれている。本機のもう一つの特長はソーナーピンガーを取り付けたことである。通常、本体が着底した場合それを知らずに本船からワイヤーを繰出し過ぎると、引揚げに際してワイヤーが本体にからまったり、ワイヤーのキンクのためにワイヤー自身が切断するおそれがある。ソーナーピンガーはそれらの障害を防ぐため、着底を知らせる装置で、超音波発信装置、超音波受信記録装置、音響測深儀からなっている。本機は昭和38年9月、相模湾の水深70mの所で初実験を行ない成功を収めている。

4) バイプロハンマー式

本式は1951年、ソ連邦科学アカデミー海洋研究所海洋

技術部で考案、試作されたのが初めてである(第6図、文献6参照)。わが国でも八幡製鉄KKの浜田峻輔氏注4)が中心となって検討を進め昭和38年に本機試作に成功している(文献7参照)。本機は電動式パイプレーターとそれに連なるピストン式サンプラーからなり、サンプラーに微振動を与えながら採泥器の自重によって底質に貫入させ、表層堆積物の柱状試料を採取する装置である。八幡式のおもな仕様は、サンプラー外径:230mm、コア径:164mm、長さ:約4.5m、重さ(内・外管とも):約230kg、ハンマーの重量:850kg、モーターの出力:10KW、起振力5.64t、振動数:1,200rpm、能率:2~6本/日、船は50~80t級のものが使用され、作業人員は4~5名である。

このほか、地質調査所技術部で、昭和35年 roller feed 機構の沈置型試錐機を試作したが、まだ実用の段階に至注4) 資源調査室



第7図 くろしお号のボーリング機械概略図

っていない。また東邦地下工機KKでは、昭和37年に鹿島式自記サウンディング装置を応用した沈置型水中サウンディング機を試作し、すでに実用に供されている。

B: 潜水型

前記沈置型が掘削装置のみを海底に降ろし、掘削作業は船上からの remote control によって行なうのに対して、潜水型は装置も作業人員も海底に降り、掘削作業を行なう方法である。

1) 潜水艇式

潜水艇式は潜水艇のなかに試錐装置一式を装備し、作業員も一緒に塔乗して海底作業を行なう方法である。最近人類の海底棲息技術が開発されつつあるとき、本格的ボーリング専用の潜水艇が実現するのも近いと思われるが、わが国での実績は「くろしお」号があるのみである。一般海洋調査用として作られた「よみうり」号や近く完成をみる科学技術庁の潜水調査船も岩石を採取するマニプレータ装置が取付けられている程度である。このほか、岡部式潜水ボーリング装置や畑敏男氏考案の全潜水型簡易試錐装置も新聞等に発表されているが、試案の段階にすぎない。

くろしお号…本艇は昭和26年に北大水産学部で海洋・

水産調査のために建造されたのであるが、その後、利用範囲を拡大するため昭和34年に大改造を行ない、そのなかに one-bit-run 装置を付け加えたものである。文献8からおもなものを摘録すると (第7図)

全長	11.30m
外殻被板内の幅	2.20m
全高	3.20m
計画重量 (空气中)	11.4 t
潜水深度 (最大)	200m
潜水継続時間 (最大)	4名×24時間
速力 (全没浮上状態)	約3ノット
定員 (艇長, 機関長, 試錐技師, 地質観察者各1名)	

ボーリング装置

① Boring rod と core tube は艇のほぼ中央部において内殻を上下に貫通した耐圧管のなかを通す。

② ロッド回転用のモータおよび減速駆動機構はすべて艇の外部に取付ける。そのため艇の下部にある旋回架台を一時取外して重量と据付位置を提供する。

③ 給進は手動とし、ハンドルは艇内に設けて、軸は内殻頂部を貫通する。

④ ロッドの先端に送る循環水は本艇の排水ポンプを

第6表 試錐実績表

試錐 番号	場 所	水 深 (m)	ボーリング成績					
			掘 進 (cm)	コ ア		地 質	所 要 時 間	
				長 (cm)	採取率 %		純 掘 進 (分)	乗込～下艇 (分)
9	福島港内	4	28	0	0	泥・砂	14 (50)	43
11	釜谷一浜端間の沖約400m	9	119	75	65	凝灰質泥岩	21 (18)	70
12	釜谷沖 約500m	13	91	0	0	黒松内層	32 (35)	127
14	釜谷一浜端間の沖約1,500m		91	82	91	凝灰質泥岩	19 (20)	87
16	白 符 沖	8	95	15	16	細粒凝灰岩	29 (31)	65
17	白符沖約 1,500m	33	105	56	53	泥 岩	27 (26)	139

兼用して支管を舷外に出し、ゴムホースで送る。

ボーリング作業

① 完全に海底に定着したら、海水をロッドに送り、次にボーリング用3HP水中モータを起動してロッドに回転を与えて掘進を開始する。

② 掘進中は給進ハンドルの手応え、回転用モータに流れる電流量、排水色（観測窓から機外の鏡の助けを借りてみる）、艇の動揺などに充分注意し、時間の経過とともにこれらの推移を詳細に記録する。

③ 掘進が終われば給進ハンドルを逆回転して core tube を海底から抜き上げる。

④ コアの取り出しは艇内ではできないので、一々潜水艇を母船の舷側まで引揚げてから行なう。

昭和35年8月16日から9月5日に至る間、北海道函館および福島付近において前後17回の潜水が行なわれ6回のボーリングが試行されたが、その時の成績は第6表のとおりである。

2) 潜水櫓式 (第8図)

この方式は昭和32年頃橋本博氏^{注5)}が考案したもので橋本式とも呼ばれている。この方法は一式の試錐櫓を海底に降ろし、作業員も水中に潜って試錐作業を行なうもので、海面上の風波の影響を受けることなく、水中での作業員の移動は自由自在で梯子の必要もなく、櫓の建設費も安いなどの特長を挙げている。

水深が30mともなると風波の影響はきわめて少なくなり、その程度の水深であれば橋本式潜水器を使用して、誰でも長時間の作業が可能である。さらに同潜水器には独特の電話器がついているので、海上の船との連絡は勿論のこと、潜水者間でも通話ができるのでほとんど陸上と同様の作業が可能であるなどの特長を挙げている。

常に作業水深を30mに保つために、水深40mの所では高さ10mの櫓を、水深50mの海底では20mの櫓を使用

し、櫓の頂部にはエヤーモータの据付場所と作業員2名の作業場所を兼ねたテーブルが取り付けられている。またケーシングおよびロッドを垂直に保持するために導管が櫓の中心に垂直に取り付けられている。この櫓の重さは高さが20mのもので1t程度であるので、作業船に吊り下げて簡単に移動させることができる。作業用テーブルと船上にある滑車との間が35mもあるので長尺のロッドが使用できる。

1.3.3 足場法

この方法は海底に足場用の櫓、鉄塔、棧橋、パイプ等を設置し、それらの海面上に現われた部分に試錐機およびその他の機材を取りつけ、陸上と同じような要領でボーリングを行なう方法である。足場法には定置型と移動型とがあり、これらの大型装置はすでに諸外国で油田開発に使用されている。わが国でも宇部沖や有明海で使われている海上移動櫓が海底炭田調査に、また日本海で稼働している白竜号が海底油田開発にそれぞれ活躍しているが、これらについては各方面で発表されているので省略し、short boring に関係ある小規模の装置についてその概略を述べる。

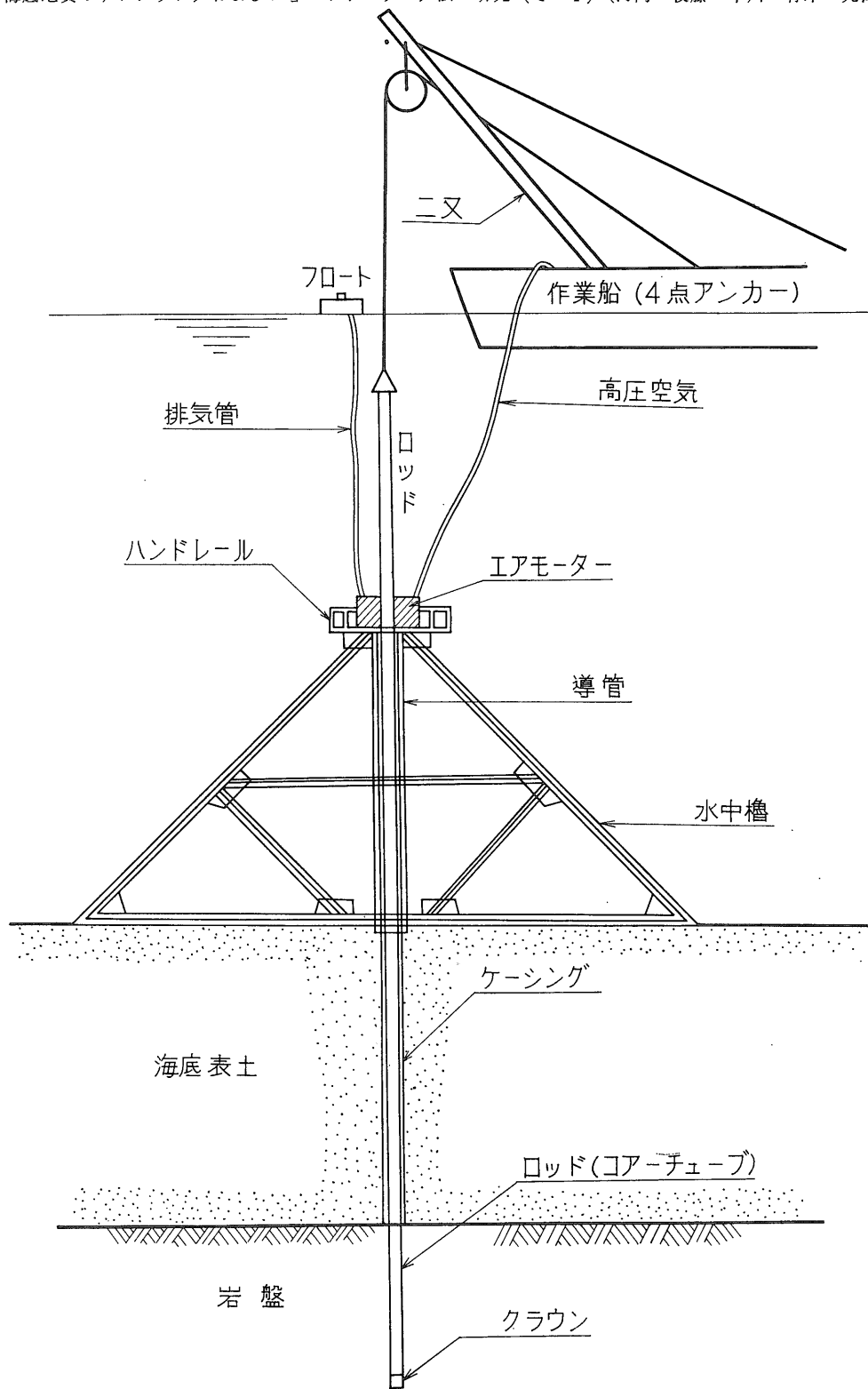
A: 定置型

定置型は半永久的海上施設のことで、米国ではこの型の大規模の構築物が海底油田の採油装置として使われている。わが国では新潟県大潟町沖に作られた帝石の人工島などはこれに属する。一般地質調査に使われている打杭式棧橋は短期間の使用で、試錐が終われば解体、移動するので、厳密な意味ではかえって移動型に入るかもしれないが、移動型の内容とは一寸異なるので定置型に入れた。

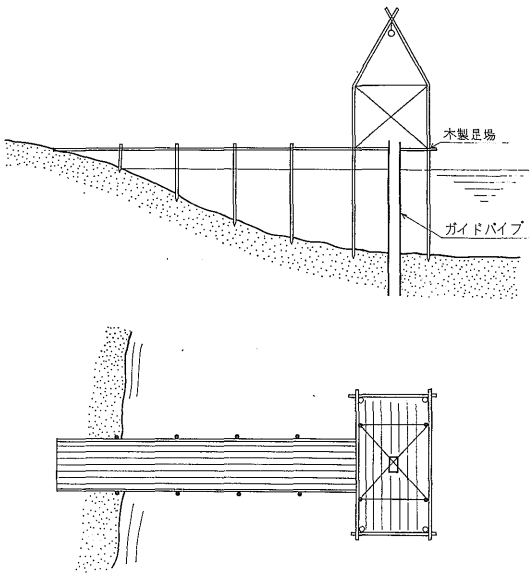
1) 打杭棧橋式 (第9図)

この方法は現在でも土木地質調査用はかなり使われている。組立ては砂浜または岸から沖に向かって段々と棧橋を築いていく方法と、あらかじめ組立てられた足場床

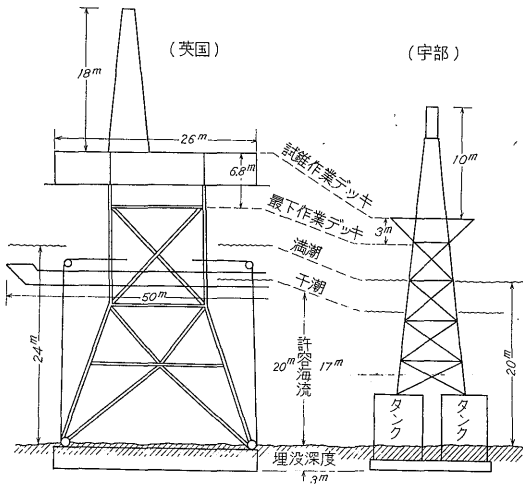
注5) 橋本潜水工業KK代表取締役



第8図 水中槽



第9図 打杭棧橋式



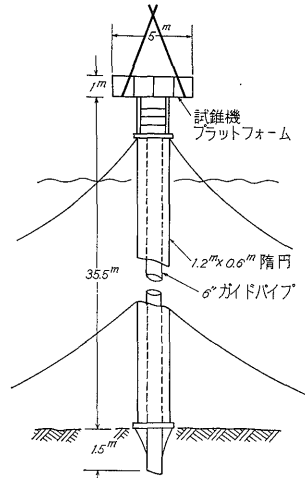
第10図 固定デッキ式

を満潮時に試錐地点まで台船で曳航し、所定の場所で台船を足場にして、足場床の柱を海底に打ち込み、さらに棧橋を陸上に向かって構築していく方法とがある。さらに大規模の棧橋は大正4年に三池炭田の海底地質調査に使われているが、この資料は文献9に掲載されている。

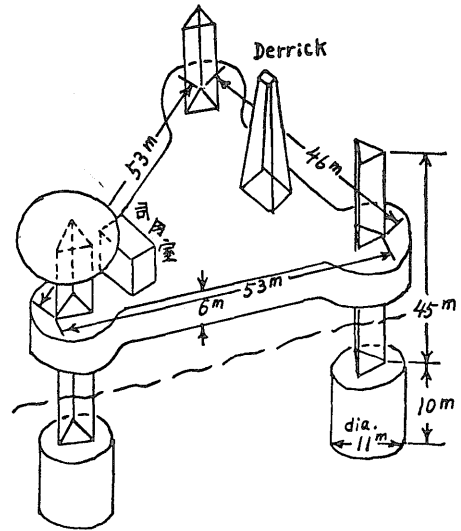
打杭棧橋式は陸上と同じように安定して作業ができること、水深や岸からの距離にもよるが、比較的安い設備で深いボーリングができるなどの利点をもつが、水深は5m以内が経済的といわれている。

B: 移動型

移動型は固定デッキ式と昇降デッキ式(文献10参照)に大別され、わが国で使われている固定デッキ式には海



第11図 鉄筒法

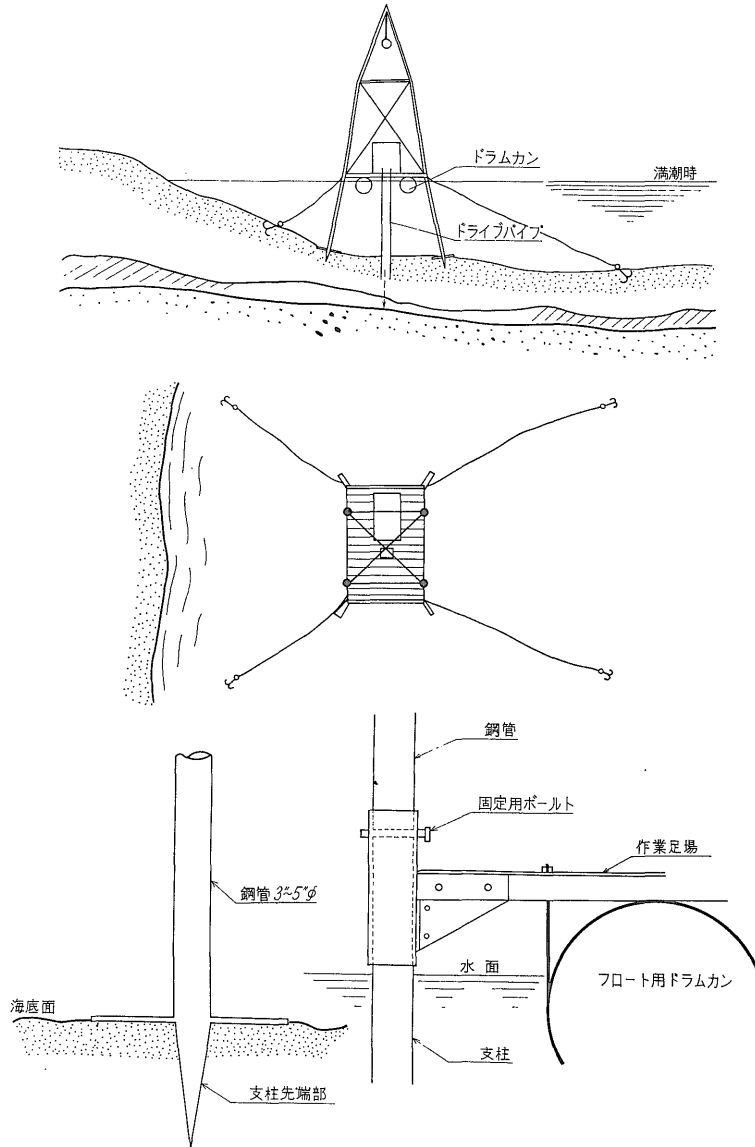


第12図 白竜号

上移動櫓(第10図および文献9参照)とか、いわゆる、鉄筒法(第11図および文献11参照)があり昇降デッキ式には石油資源開発KKの白竜号(第12図)がある。このほか、小規模の装置として次のようなものが紹介されている。

フロート付筏

第13図は東海さく泉KKが和歌山港外で土質調査のために使用した装置である。足場用プラットフォームの下に4個のドラム缶が固定され、このままの姿で試錐地点まで曳航される。満潮時を期して短時間に4本の脚とドライブパイプをセットし、次の満潮時までの間に試錐を完了させる方法である。この装置は構造も組立ても簡単



第13図 フロート付筏

で、移動が容易であるので海岸線に沿った極浅海の浅尺ボーリングには効果的である。

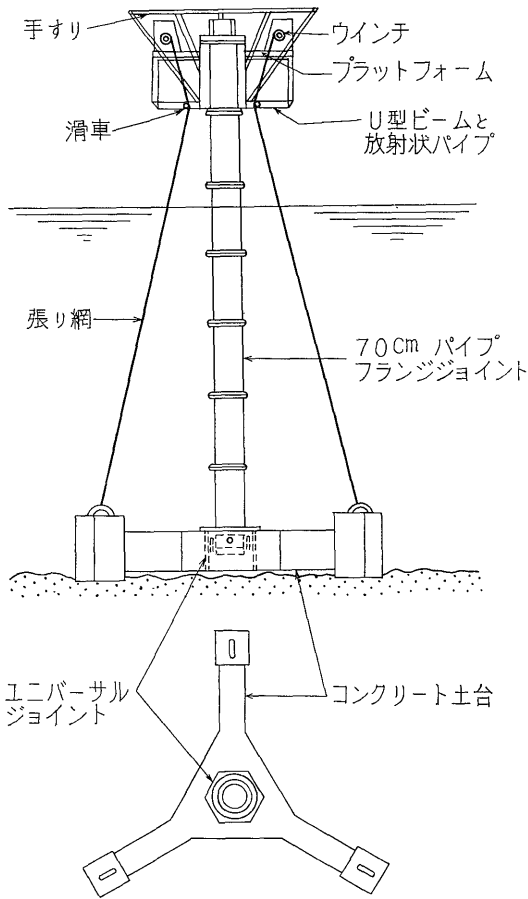
簡易試錐機 (図版II-第4図)

この装置はすでに組立てられた鉄製4脚櫓を2隻の船の間に挟むようにして運搬するか、大型のクレーン船で試錐地点まで運び、そのまま海底に降ろしてセットする。セットが終わってからプラットフォームに試錐装置一式を装備するのであるが、この櫓の使用限界は水深10m程度といわれている。双胴船で運ぶ大型装置には英国の海底炭田調査に使われている海上移動櫓 (第10図) が

ある。

Adjustable mast

この装置はオランダの Delf にある Soil Mechanics Laboratory の技師によって考案されたもので、おもに sounding に使われている。第14図に示すように、試錐機の置かれるプラットフォームは肉厚のパイプに支えられパイプの底は重い三角形のコンクリート製土台に universal joint で取り付けられている。このパイプは3本の張り綱とウインチによって垂直に保たれるので海底面が傾斜していても使用できる。この全装置の移動は2隻の

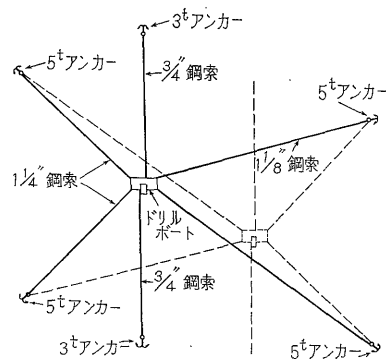
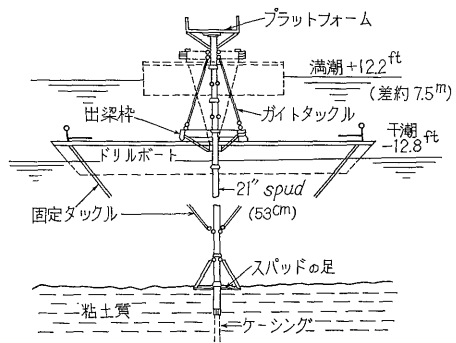


第 14 図 Adjustable mast

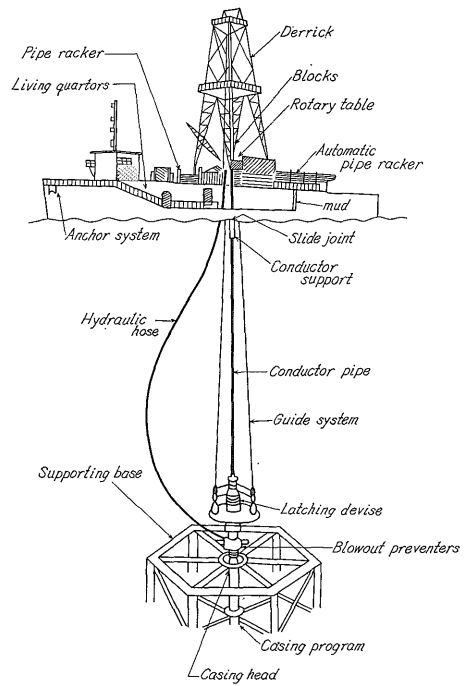
Barge を使い、海底からわざわざに浮かして行なう (文献 4)。

Boat and mast

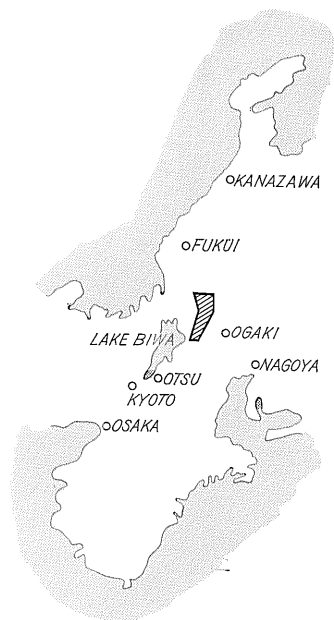
この装置は第 15 図にみられるように船上法と足場法とを併用したようなもので、米国の The Corps of Engineers が Passamaquoddy 湾の海底地質調査で使用している。掘削場所の水深は深い所で 100m もあり、しかも潮の干満差が最大 8.5m、潮流が 8 ノット、波高が 1.8m もある所で海洋ダムを建設するための調査に使用された。21" 径の重いパイプ (spud) は大型ドリルボートの片側に突出している cantilever frame から海底まで延びていて、上部には試錐機の置かれるプラットフォームが、また下端にはパイプを支える円板または spud pad が取り付けられている。プラットフォームの根元と cantilever frame との間には導索が張りめぐらされ、潮の干満を調節する役目を果たしている。潮流や潮位の変化による船の移動はアンカー用手巻きウインチの操作によって修正するので、ウインチのところには絶えず人が見張ってい



第 15 図 ボート アンド マスト



第 16 図 ボーリング船



第17図 海底沈積物層厚調査装置

る。図の点線で示されているように同じアンカーの範囲内であれば、ウインチの操作によって装置を次の試錐地点まで簡単に移動することができる(文献4)。

1.3.4 船上法

この方法は浮游している船または構造物に掘削関係の諸機械を搭載し、浮游したままの姿で直接海底ボーリングを行なう方法で、これにはボーリング船のような浮船型と最近開発された半沈潜型とがある。

A: 浮船型

いわゆるボーリング船 (Drilling Vessel) には、単船式(第16図)、双胴船式 (Catamaran) および舷外フロート式 (Outrigger Rig) があり、単船式には自航するものと曳航されるものがある。また同じ単船式でも試錐檣が船の中央にあるものと、舷外に張出されているものがある。ボーリング船でも大型になると Discoverer (米) のように万 t 級 (排水) のものもあり、水深 180 m 以内で 6,000m も掘削できるといわれている。これらの詳細については文献12に記載されている。

わが国でも昭和38年に、初の本格的ボーリング船「第一探海号」が誕生している。この船は太平洋探海工業KKが北海道大学所属の「おしよる丸」を譲り受け、日本鋼管KK清水造船所で改装したもので、総 t 数約500 t、水深30~200m、掘削 3 $\frac{1}{2}$ " の掘管で 1,500m の能力をもつといわれている。第一探海号については文献13に記載されている。

第17図は三菱鉱業KKが崎戸で海底表層堆積物の層厚

調査に用いた装置で、50m/m ロッドに加重用ウエイトを付け 1,000 l/min の水量 (水圧は 10kg/cm²) を送って調べている。水深のもっとも深い所で46m、表層の最大は16mであったと報告されている(文献9)。

第18図は東海さく泉KKが昭和35年、和歌山港港外にある南防波堤の西方約300mの副防波堤付近で海底地質調査をした時の1例である。60 t の台船上にはヤマトAUS型ユニバーサルマシン (回転式で150m、衝撃式で50m) や7HPの石油エンジン・工具小屋・水槽等が設置され、船内には仮眠もできる簡単な宿泊設備もある。調査目的は海底下10~15mの thin-wall sampling で、作業時期が1月・2月という冬期にもかかわらず、1本の孔を4日程度で仕上げている。水深は12m前後。

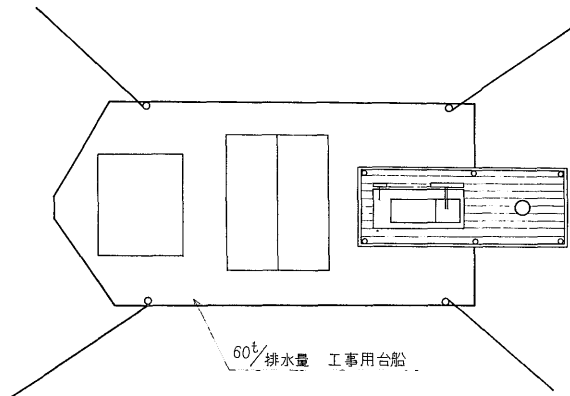
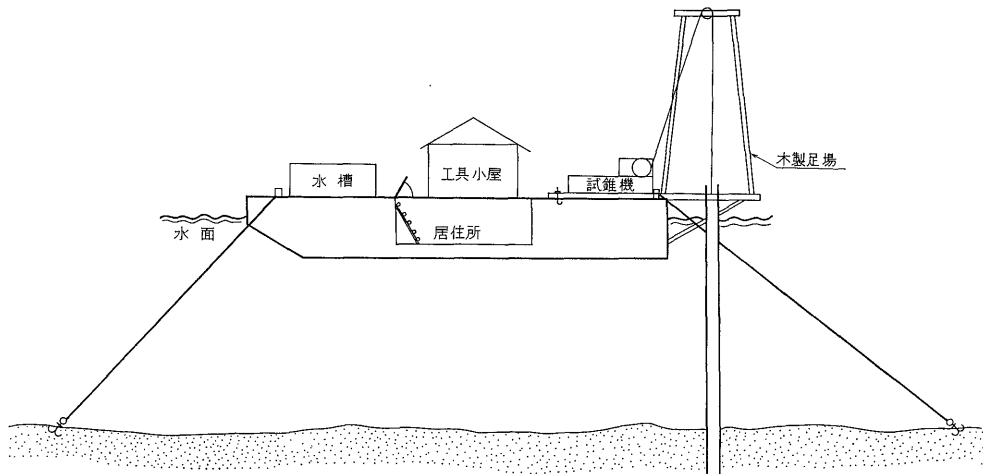
第19図は三菱鉱業KKが昭和32年当時を使用した海上ボーリング船である。使用船は20 t の箱型船で大きさは 12.6m×4.1m×1.5m、船上には RL 300 型の試錐機と30HPのディーゼルエンジンが据えられ、箱船の中央部に掘削孔があげられている。その上に高さ約10mの檣が組まれ、40m/m ロッド3本切りを行なっている。図にみられるケーシング用アンカーは専門の潜水夫に依頼し試錐作業は12時間の2交替制で、水深の最高は35m、錐進長の最大は49m、コア採取率は平均72%と報告されている(文献9)。作業は風速 10m 程度までは可能とされているが、実際には風波の穏やかな海域および時期を選んでいるようである。

第20図は双船式の装置で名古屋港湾の土質調査に使われた例である。船の連結は長さ5.5m×末口18cmの栓丸太を使用し、13m/m ワイヤーを船底にくぐらせて緊結し、さらに檣の転倒を防ぐために5本の9m/m ワイヤーで張りをとっている。この調査の場合は水深2~5mの所で、底質10mのN値および sampling が主目的であり、m当たりの工事費は6,000~8,000円程度といわれている。工事費は水深、掘進深度、ボーリング本数、地質の硬軟、作業可能日数などによって異なるので一概にはいえないが、平均して掘進工賃が33%、船舶機械器具損料が約40%を占めている(文献14)。

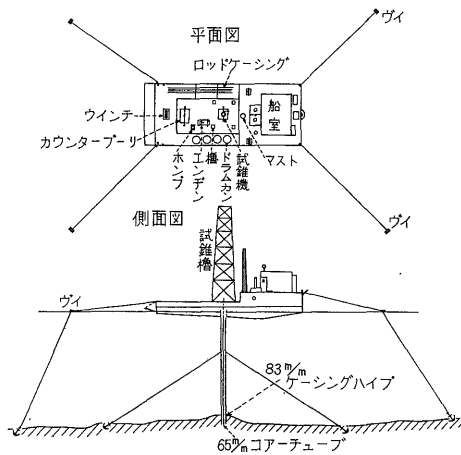
塚本式A-100型海底試錐装置 (図版III-第5図、第21図)

本装置は昭和33年に塚本精機KKで設計・製作された油圧回転式試錐機で、昭和34年~35年にかけてアラビヤの海底地質調査に稼働されている。

本機の特徴は power swivel の部分を羅針盤のように複吊り装置にしたので船の rolling や pitching はこの部分で緩衝され、船の上下動に対しては core barrel の上に、expansion joint を用いている。このほか、power



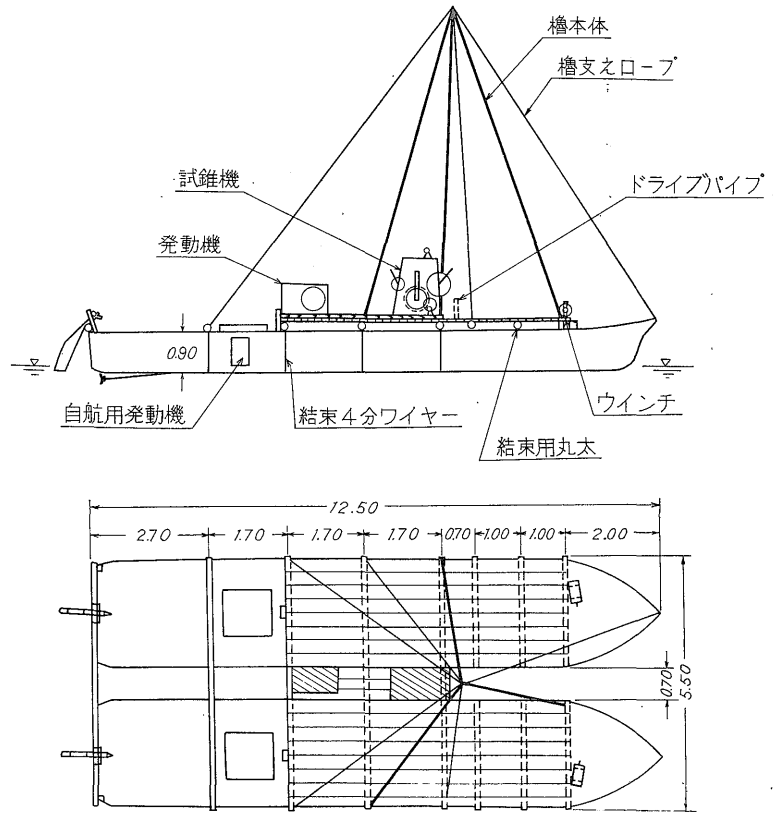
第18図 海底土質調査船



第19図 小型海上ボーリング船

swivel 方式はトング類を使用せずにパイプの接続や取り外しを行なえるし expansion joint を除けば陸上でも使用できる。本機は 65HP のエンジンと TV-150 型の油圧ポンプを使用しているため、孔径 $4\frac{3}{4}$ " ~ $5\frac{5}{8}$ "、 $3\frac{1}{2}$ " の掘管で 100m の掘さく能力をもつといわれている。櫓の高さは 6m (ベースから 7m) で全重量は約 4 t である。

Expansion joint は 2 重のパイプから出来ていて、内管は六角形をなし、その周りにスプリングが巻きつけられている。外管の口元は内管の六角に応じて六角形の孔が明けられているので回転を伝えるとともに、船体の上下動も吸収できる装置になっている。1 本の長さが 4 m あるので、2 m の伸縮に応じられ、このため 2 m 以内の波高であれば使用可能である。この装置は潮流 6 ~ 8 ノットに耐えられるように設計されたが、テストでは 3 ~ 4 ノットが限度のようである。



第20図 双船式土質調査船

図版 III-第6図 a は広島にある水野工業KKが福山沿岸の地質調査で使用したドラム缶付筏式試錐装置である。ドラム缶は24個を使用し、筏の上には RL 150 型試錐機とポンプおよび高さ 3 m の三脚槽が搭載され、曳船によって地点まで曳航される。水深は 7 m 以内、掘削は 30~50m 程度といわれている。

図版 IV-第6図 b はボーリングに使用しているものではないが、上記と同様のドラム缶付筏の 1 例として参考のために掲載した。

B : 半沈潜型

この型で現在使用されているのは大型装置のみであるが、この考え方は short boring 装置にも関係があるのでその概略を述べる。

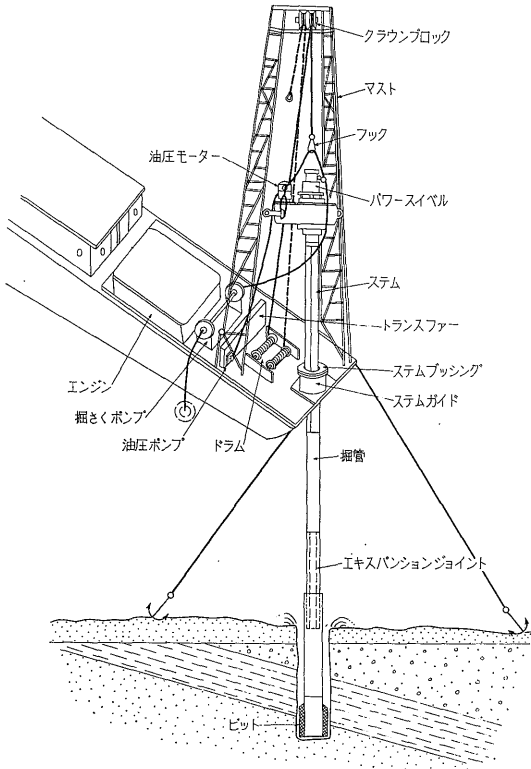
半沈潜型 (Semi-submersible type) は 1955 年頃から Shell Oil Co. によって研究がはじめられ、1961年に Blue Water No. 1 Rig. (着底式…足場法の移動型) を改造して半沈潜型にしたのが最初である。昭和40年当時、5基以上が稼働し10基以上が建造中といわれていた。

この方法は足場法の海上移動槽と船上法のボーリング船の両者の長所を組合せたようなもので、移動槽のフロ

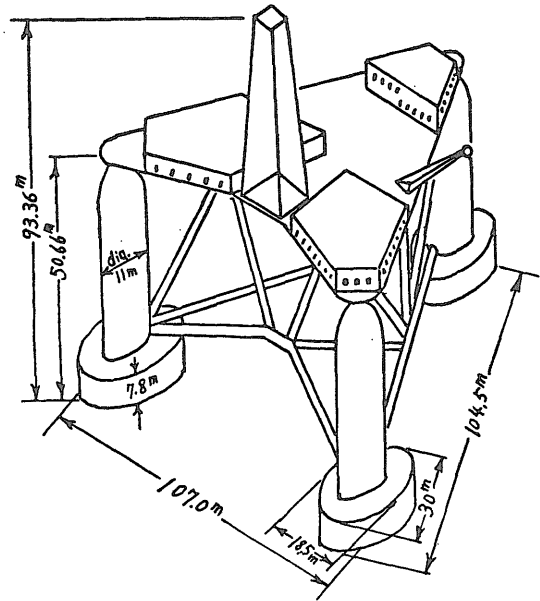
ート部を海面下の一定の所まで沈めアンカーで固定している。この方法によると、波浪は脚筒の間を通り抜けるので、ボーリング船よりも掘削上の安定性は優れ、またフロント部が海底から離れているため移動槽よりも水深の深い所で使用できる利点をもつ。日本においても広島にある三菱造船所は Southeastern Drilling Co. からの受注で SEDCO 3 基を建造している (第22図、図版 IV-第7図)。

第23図は SBB 方式の設置作業説明図で、SBB とは Submerged Buoyant Basement (水中浮力基礎) の略である。前記 SEDCO 型はフロートに海水を注入することによって徐々に沈めていくのに対して、SBB 方式は最初重錘を海底まで降し、次にプラスチックに注水し、最後に垂錘を巻くような形でフロート部を海中に押し込んでいる。このためフロートには強力な浮力が働くので、安定性は一層増大されるといわれているが、その反面ワイヤーの切れた時には、装置は直ちに転覆するおそれがある。この方式は畑敏男氏^{注6)}によって考案されたもので、昭和38年3月に試作第1号機が誕生している。

注6) KK 海洋工学研究所

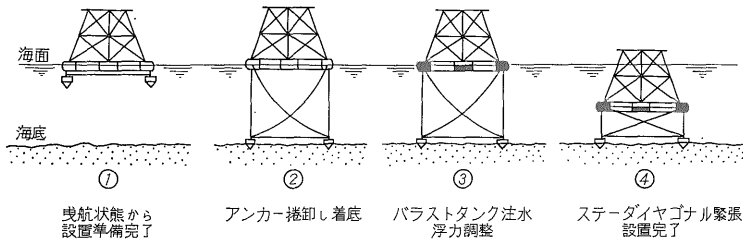


第21図 塚本式A-100型海底試験装置

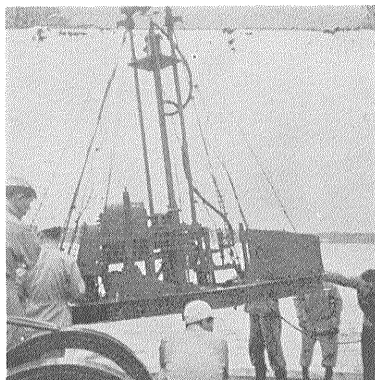


第22図 半沈潜型 (SEDCO 135)

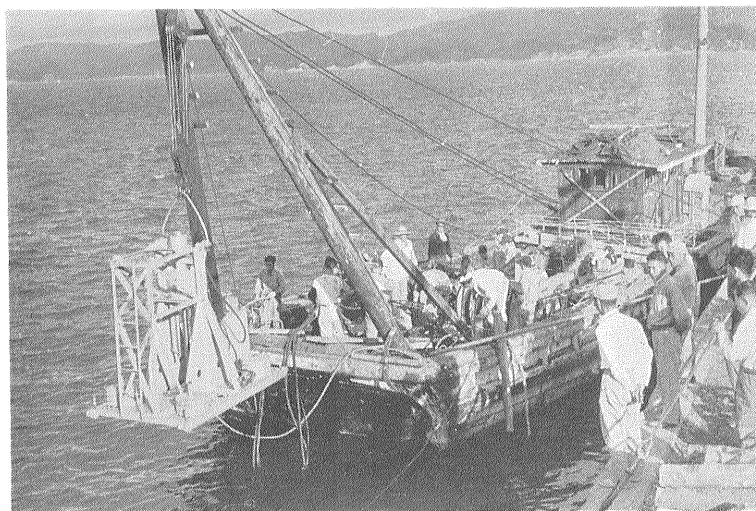
鋼材重量：約7 000 t
 着底掘さく水深：約40m (最大)
 稼働水深：約180m (最大)
 掘さく機：4,000m級
 曳航速度：平均3ノット (計画では5ノット)
 沈下：2時間 浮上：5時間



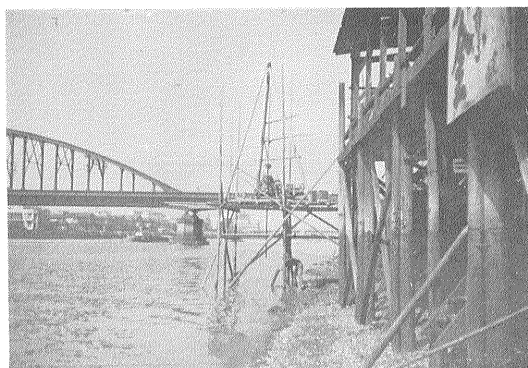
第23図 SBB の設置作業説明図



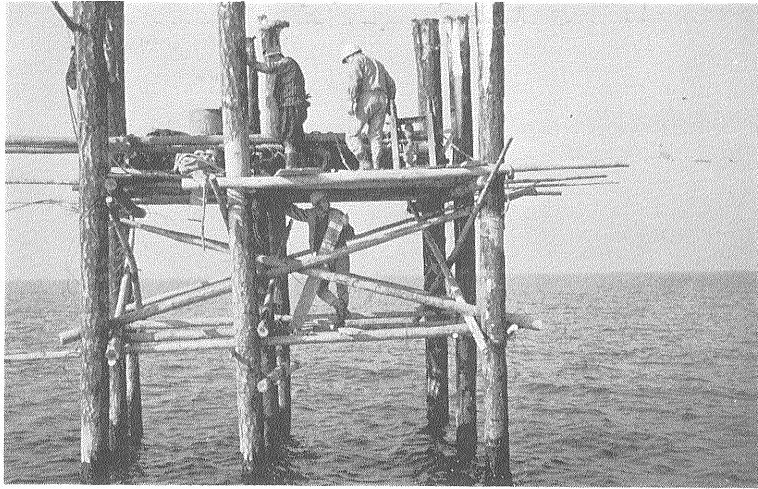
第1図 小川式海底試錐機 (写真は地質ニュースから)



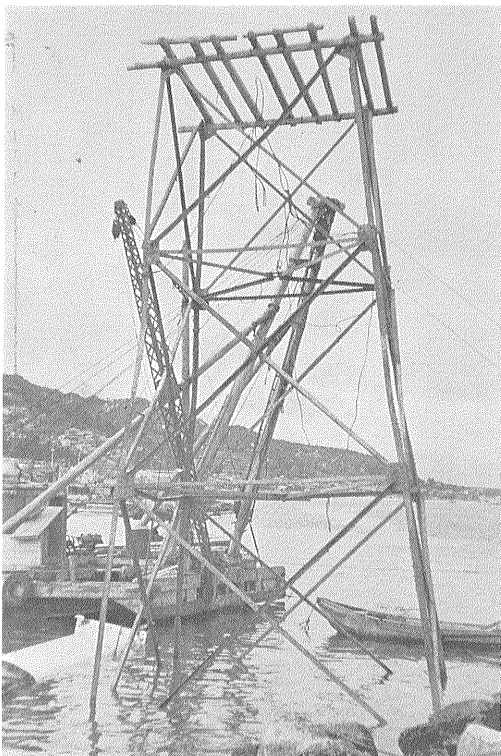
第2図 鉤研式海底試錐機



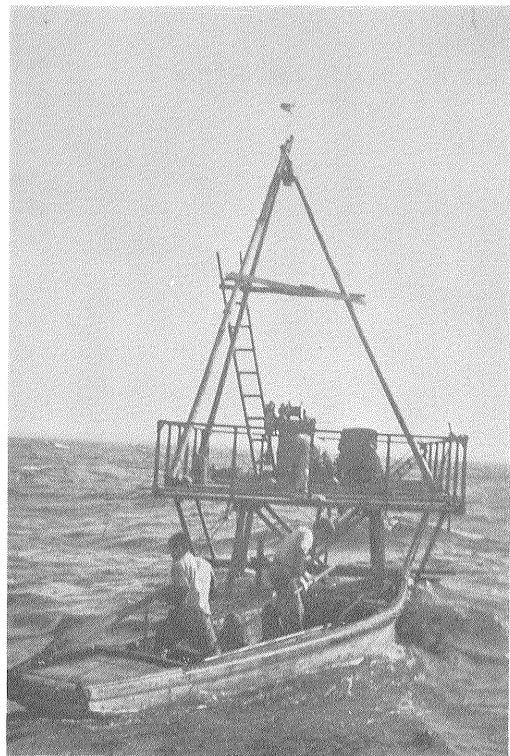
第3図 a 打杭棧橋式の1例



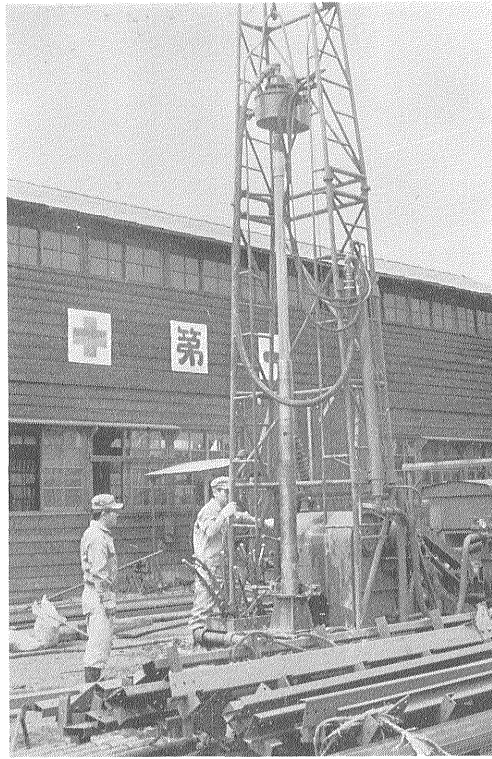
第3図b 打杭棧橋式の1例



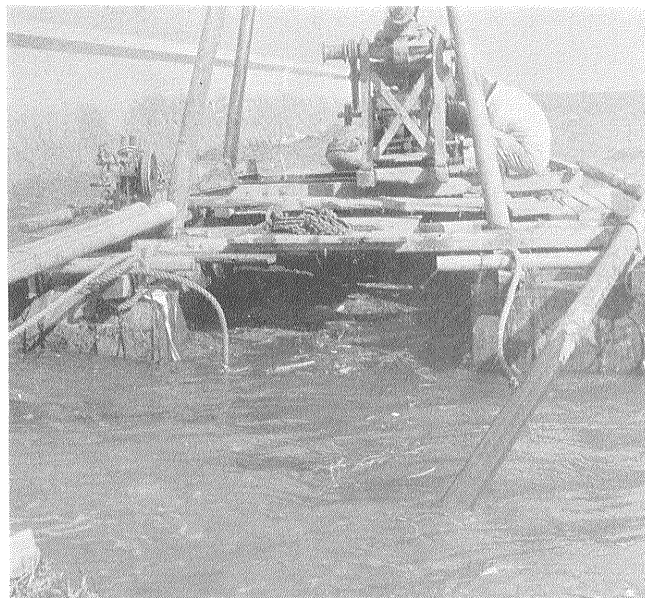
第4図a 簡易試錐檣



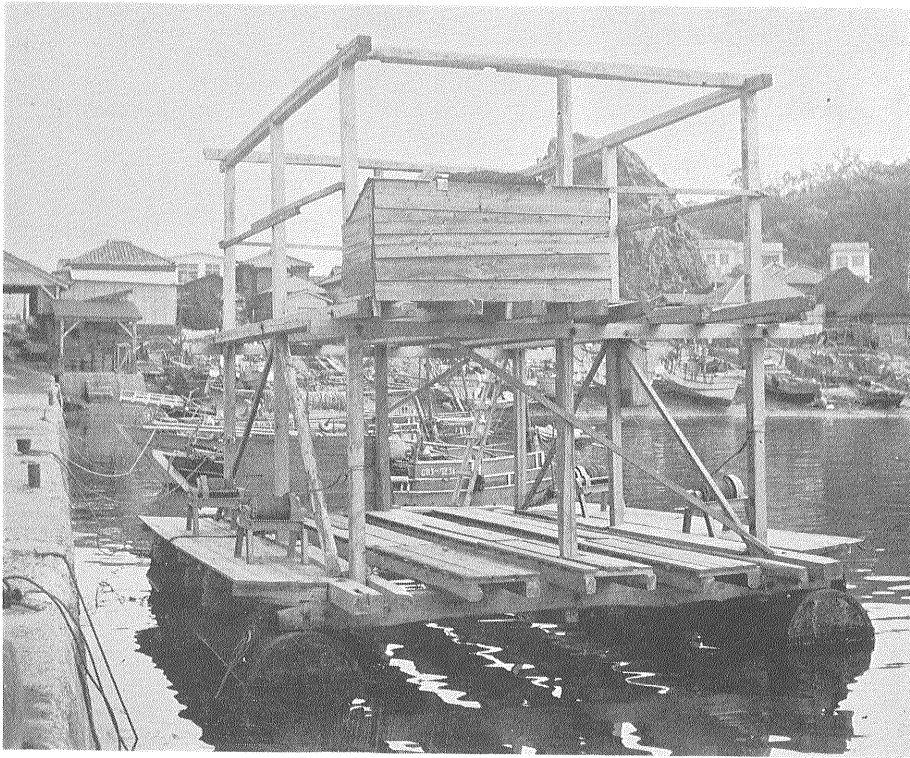
第4図b 鉄塔式試錐檣



第5図 塚本式A-100型海底試錐装置



第6図a ドラム桁筏による海底試錐



第6図b ドラム 柵筏の1例



第7図 半沈潜型 (SEDCO 135) 掘削装置