

陸棚海底下の金属・非金属鉱床

岸本文男

海洋の鉱物資源といえば すぐ鉄マンガン団塊が俎上にのぼり 石油や天然ガス さらに海水そのものが注目を浴びる。しかし 陸棚海底下に分布する金属鉱床や非金属鉱床・稀元素鉱床なども重要なことは言うまでもないし とくに現実的な稼行対象になり得るという点では 鉄マンガン団塊の場合に比すべくもない有利さを備えている。

標記鉱床に属するものに

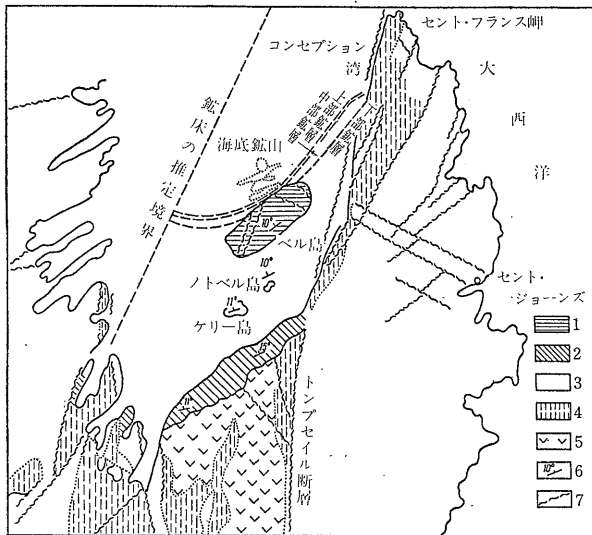
- 1) 鉄 鉱 床
- 2) 錫 鉱 床
- 3) 硫 黄 鉱 床
- 4) 重 晶 石 鉱 床
- 5) チタン鉄鉱—金紅石—ジルコン—モナズ石砂鉱床
- 6) 砂 鉄 鉱 床
- 7) 砂 錫 鉱 床
- 8) ダイヤモンド砂鉱床
- 9) 砂 金 鉱 床
- 10) 砂白金鉱床
- 11) 琥珀砂鉱床 などがある。

本稿はそのうちの1) —4) を取り扱った。 5) 以下は稿をあらためたい。

鉄 鉱 床. 現在知られている とくに現在採掘されている海底鉄鉱床の数は少ない。 そのうち世界最大といわれているのが カナダのニューファンドランド島

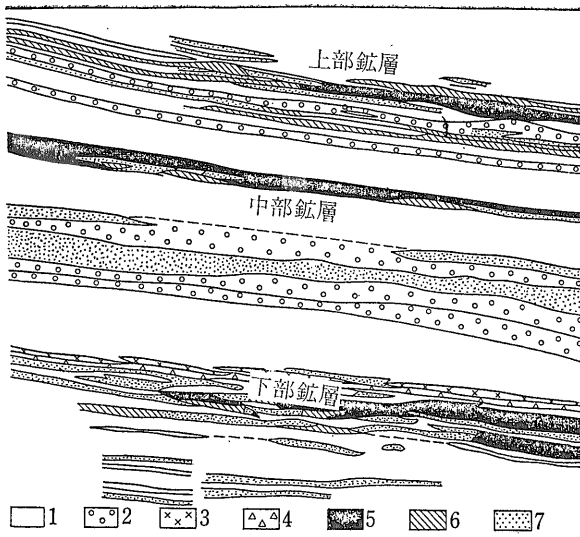
東岸 コンセプション湾中のワバナ鉱床である。 この鉱床は1892年に湾内のベル島でまず発見された。 同島内での鉱床は面積 34km² 所々に海面上高さ最大68mの懸崖を作っていたが 探査と開発が進むにつれて鉱床の主体は 同湾の水域の方にあることが明らかになってきた。 この鉱床は外洋側に緩傾斜 (NW8°) したオルドビス紀前期の魚卵状菱鉄鉱—シャモサイト—赤鉄鉱層系からなり (第1・2・3図) 含鉄層層群の総層厚は360m に達する。

含鉄層層群中には7—8層の鉄層があり そのうち3層が稼行され 下部鉄層「ドミニオン」層は 厚さが1.5—9m 中部鉄層「ショートランディア」層は厚さが1.5—4m 両層は粘板岩と砂岩からなる75m層で隔てられ さらにこの中部鉄層と上部鉄層(厚さ1.5—4m)との間には厚さ18mの粘板岩・砂岩が賦存する。 これらの鉄層は構造断層で分断されている。 性質や構造・組織の特徴からすると この鉄石はフランスの「ミネット」に似ている。 その平均化学組成は60年間の生産実績の総平均で Fe 51.5% SiO₂ 11.8% P 0.9% 含水率1.5% 主要鉄石鉱物は赤鉄鉱 (55—61%) シャモサイト (22—23%) 菱鉄鉱 (2.9—13.2%) である (第1表)。 鉄石の粒度組成の特徴は 0.5cm 以上が圧倒的に多いことにある。



第1図
ニューファンドランド島コンセプション湾・同沿岸陸地地質図
(D. ライオンズ 1964などによる)

- 1—オルドビス系下部砂岩・粘板岩
- 2—カンブリア系
- 3—先カンブリア系 (主として堆積岩)
- 4—先カンブリア系ハーバー・メイン層群 (主として火山岩)
- 5—ホーリラッド花崗岩山塊
- 6—走向・傾斜
- 7—断層



第2図 ニューファンドランド島ワバナ鉄床上部鉱層・中部鉱層・下部鉄層断面図 (D. ライオンズ 1964) 垂直:水平=10:1

- 1—粘板岩
- 2—砂岩
- 3—黄鉄鉱に富む層
- 4—砂質礫岩
- 5—赤鉄鉱鉱層
- 6—細脈赤鉄鉱 (粘板岩薄層)
- 7—縞状鉄石 (粘板岩薄層)

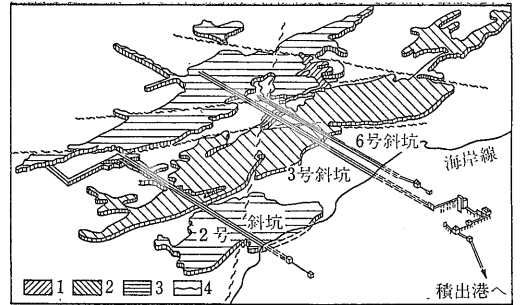
粒 径 (mm)	76—38	38—6.3	6.3—0
存在率 (%)	42—45	40—43	15—18

総鉱量は40—200億t うち確定鉱量は20億t 海底下の可採鉱量は12億t とされている。

このワバナ鉄鉱床は典型的な堆積鉄床で 海水と鉄に富んだ淡水との混合によって鉄が狭い海峡凹地に沈殿し沈殿後に鉱層が弱い変成作用 (主として続成変質作用) を受けたものである。1895年に「ノバ=スコチア スチール アンド コール」カンパニーのワバナ鉄業所として稼行が始まり 1955年までに約6,000万tも出鉱した。

採鉱はベル島から下した3本の斜坑によって鉄石の半ばを残す柱房式採掘法を用いて行なわれ 1955年には切羽が海岸から5,000mの沖合に達し 深さは海底下490mに及んだ。1952—1955年の間に鉱山は近代化され選鉱所が建設され 鉄石の運搬にコンベアー=システムが採用された結果 生産能力は180万t/年から300万t/年に増大し 1957年には実際に280万tを 1960年には300万tを生産した。しかし アメリカの製鉄所はPが多い (最大 0.954%) ためにワバナ鉄鉱を使用せず 主な輸出先はイギリスと西ドイツとなっていた。

その後世界市場での競争の激化に伴ってワバナ鉄鉱は南アメリカとアフリカの高品位鉄鉱に追われ 1965年には生産が120.6万tに落ち 1966年6月に71年の歴史を



第3図 ニューファンドランド島ワバナ鉄床の坑内採鉱系 (D. ライオンズ 1964) 水平:垂直=1:1
1—上部鉄層 2—中部鉄層 (6号斜坑)
3—下部鉄層 (6号斜坑と3号斜坑) 4—断層

一端閉じたが 1969年になって再開されたと聞く。

フランスでも海底下の鉄鉱が採掘されている。それはノルマンジーのシェルブール南方25kmにあるデレー鉄鉱床で 鉄床は海底下に分布するが 海岸から坑道が伸ばしやすい利点を備えている。その探査・採掘の構想はすでに1865年に「ソシエテ デ ミヌ エ プロドクシオ シミーク」が立てていた。

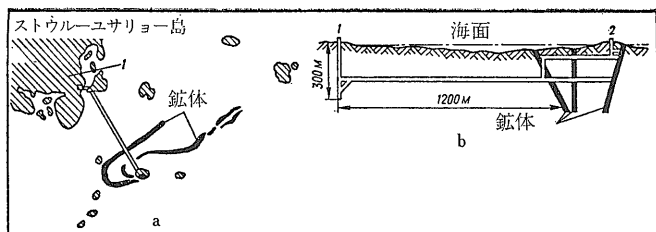
この鉄鉱層は海岸線に平行した向斜褶曲を呈するデボン系に胚胎され 母岩は粘板岩である。海浜帯の部分では鉄床がフラマンビル花崗岩山塊によって断ち切られ走向方向では北側と南側をそれぞれ大きな断層で境されている。鉄層の厚さは3.5mを越えず 鉄石は磁鉄鉱と赤鉄鉱からなっているが、オーライトのレリクトがみられることもある。Feの平均品位は46%である。

鉄床はデボン紀の堆積菱鉄鉱層が前記フラマンビル花崗岩の貫入によって熱変成されたものと思われる。

第1表 ワバナ鉄鉱床産鉄石の鉄物組成 (D. ライオンズ 1964) (重量%)

鉄 物	下 部 鉄 層 (平均含有率)	中 部 鉄 層・下 部 鉄 層 (平均含有率)
シャモサイト*(塊緑泥石に類似した緑色含水珪酸塩)	23.2	22.7
赤鉄鉱	61.5	54.8
菱鉄鉱	2.8	13.3
石英 (砂粒)	6.1	3.6
カルシウム磷酸塩 (貝殻片)	4.7	4.4
方解石 (割れ目中)	0.8	1.2
マンガン酸化物	0.3	0.3
チタン酸化物	0.3	0.4
黄鉄鉱	0.1	0.1
	99.8	100.8

* ワバナ鉄鉱床産シャモサイトの組成は SiO₂—25.64% Al₂O₃—19.75% FeO—39.74% MgO—2.98% H₂O—11.89%



第4図
フィンランドのストゥール＝ユサリョー海底立坑
(D. メロー 1969)

- a—平面
- b—断面
- 1—主立坑
- 2—副立坑

採鉱は90mと150mの立坑でもって行なわれているがとくに断層帯から大量の海水が侵入するのに悩まされその量は毎秒11m³(15,000m³/日)に達している。出鉱量は1958年に12.4万tであったが設備からすれば年20万tまで可能である。鉱石は他の鉱床のもの とくにアメリカの鉄鉱床産のものとの競争に勝って 1958年には46%がイギリスに 39%が西ドイツに 15%がオランダに輸出されている。

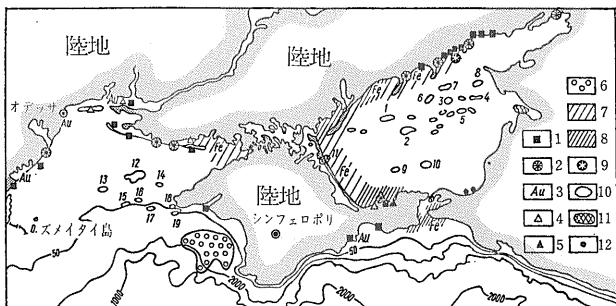
フィンランドでは ヘルシンキの南西90kmのフィンランド湾中にあるストゥール＝ユサリョー島の立坑から海底下の鉄鉱が採掘されている。この鉱床は磁鉄鉱の脈状鉱体からなり地球物理探査 とくに磁気探査で追跡され 多数の島嶼と海底での試錐探査によって確認されたものである(第4図)。立坑はもっとも近い鉱脈まで1,200m 深さは300mあり 海水の浸入が大きな問題となっている。

さらにアハベナンマー諸島(オーランド諸島)水域でも海底下の鉄鉱床が開発されており 同海底にはスウェーデン中部のものによく似た磁鉄鉱のスカルン鉱床が生じている。類似鉱床がバルト海各水域でかなり発見さ

れているが 現在立坑があるのは上記諸島の中のニハムン島だけで 赤色花崗岩中を掘り下げて1956年に300mの深さのものが完成した。その設計出鉱量は30万t/年であったが その後拡張されたようである。

海底下に鉄鉱床が賦存する例は世界各地で知られているが いわゆる化石砂鉄鉱床を除いて 以上のほかに採掘されたものは寡聞にして筆者は知らない。将来 開発に入る可能性があるのは バルト海 黒海 アゾフ海(第5図) 地中海モロッコ・アルジェリア沖 エルバ島水域 オーストラリアのコリアー湾西側沖などと思われる。わが国周辺の陸棚ではまだ海底下の鉄鉱床はもちろんのこと 海底下の他の金属・非金属鉱床も日本海沖合(青森・秋田県境付近)の金鉱床など若干の例を除き 探査・開発されていないと言ってよいほど悲しい状態にある。YS-11による空中磁気探査・白嶺丸による海底調査などによって成果がもたらされることだけが頼りなのである。理論上および世界の実例からみて 発見の可能性は大きい。

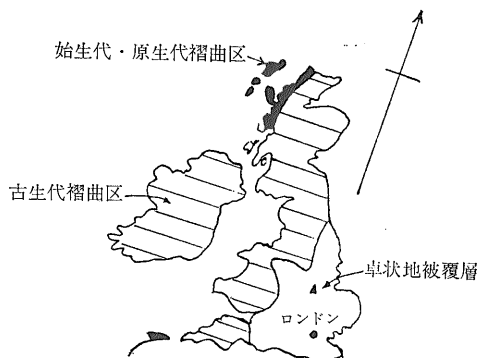
錫 鉱 床 海底下に分布する初成鉱床としてはイギリスのコンウォール半島沖のものが知られているだけ



第5図 ウクライナ共和国の陸棚 鉱物資源

- 1—稀元素鉱物砂鉱床
- 2—砂ダイヤモンド発見地
- 3—砂金発見地
- 4—建設用砂鉱床
- 5—ガラス用珪砂鉱床
- 6—鉄マンガン団塊
- 7—キンメリア期鉄鉱発見予想範囲
- 8—キンメリア期鉄鉱発達有望範囲
- 9—先カンブリア紀含鉄珪岩
- 10—石油・天然ガス胚胎構造
- 11—天然ガス田
- 12—泥火山

図上の番号(1—19)は重要な局地隆起状構造部



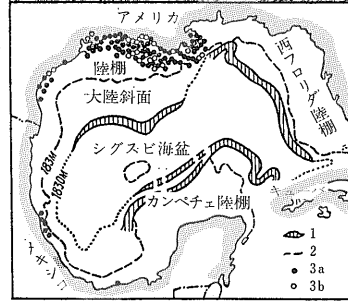
第6図 コンウォール海底錫・銅鉱床位置図

である(第6図)。 コンウォール地方そのものが紀元前1,000年以前にフェニキア人が錫を掘っていた世界最古の錫鉱山地域であったが 同半島西方の海底下にも幾つかの錫鉱床採掘旧坑が残っている。 その一つは18世紀末に海面下に掘った立坑で 1798年にその立坑の壁に船が衝突して沈んだ記録もある。 現在 同水域の錫鉱床はレバント鉱山が採掘している。

コンウォール地方の地質はデボン紀の塩基性噴出岩に蔽われ 細粒質花崗岩脈と石英斑岩脈を伴う石炭紀の斑状花崗岩貫入体に切られたカンブリア系とシルル系の泥岩・砂岩層からなっている。 貫入岩中にも錫・タングステン銅鉱脈と多金属鉱脈が胚胎されているが 一般に錫鉱化作用はパリスカン期(石炭紀後期)に働いている。 鉱脈の主要鉱石鉱物は錫石で 石英および電気石と共生し 黄鉄鉱・黄銅鉱・硫砒鉄鉱・鉄マンガン重石・閃亜鉛鉱・方鉛鉱・瀝青ウラン鉱と雲母・緑泥石もみられる。 コンウォールの鉱床はしたがって石英・錫鉱石フォーメーションに入ることになる。 鉱石のSn品位は0.7—1.2%で ウラン品位も比較的高い。 レバント鉱山の鉱脈の厚さは4.6mに達する。 この鉱山の切羽は海岸から1,600m 最上部坑準は海底下31mの所にある。 鉱山は今世紀の初めに開かれたが 1919年に大落盤事故があり そのため1920年に閉山したが 1961年にウランを産出する錫鉱山として再開された。 生産量についてはデータがない。

半島のマウンツ=ベイ湾の底質は総じて Sn 含有率が高い。 したがって 同湾底に砂錫鉱床が或は湾底下の浅い所に錫石の鉱脈が賦存すると考えられている。

硫黄鉱床 現在 海底下の可採硫黄鉱床となっているのはメキシコ湾のものだけである(第7図)。 この水域の硫黄は1954年に石油探査中に発見され いずれも岩塩ドーム型の構造体に胚胎されていた。 なかでも注目されたのはニューオーリアンズ市(ルイジアナ州)に近い 海岸から11kmのグランド=アイル ドームである。 同様なドームはテキサス州の海岸陸地側にも知られているが そのすべてが硫黄鉱床を胚胎するわけではなく 同地の当該ドーム250のうち25にすぎず 稼行されているのは12ドームだけである。 このような割合が水域の場合にも当てはまるだろう。 グランド=アイル ドーム付近の海深は15m内外で 硫黄胚胎層は海底下800mに分布し その厚さは90mを越えず ドームの面積は約1km²である。 硫黄鉱層はキャップロック中に賦存し 下位に厚さ8—58mの暗灰色硬石膏層が 上位に厚さ最大78mの緻密石灰岩層が分布する。 キャッ



第7図
メキシコ湾海底構成
模式図(シュニユー
コブラ 1974)

ブロック中の硫黄は割れ目を充填し 緻密集合体と鉱染体を形作っている。 この硫黄鉱体の15—30%は山石で 鉱量は300万tとも300—400万tとも算定されている。

海底下の硫黄鉱床に対する採掘作業量はアメリカではきわめて大規模なもので 1966年のグランド=アイル カミナダ=バソ両鉱山での総採掘鉱石の価格は3,730万ドルに達し なお370万tの残鉱をもっている。

上記いずれもフラッシュ法で採掘され グランド=アイル鉱床の開発には人工島(総延長800m 高さ20m)が作られた。 その人工島には強力なボイラーが設置されて海水を350°Cに熱し 海底下に圧送して島上に熔融硫黄を押し出している。 そして特殊な余熱パイプを通して熔融硫黄を陸上に転送している。 この人工島の建設総工費は300万ドルであった。 島には最高250人の人々が配置でき 輸送手段にはヘリコプターが用いられ この地方に多い台風に対しても十分対策がとられている。

このような海底下の硫黄鉱床は他の水域ではまだ知られていないが ペルシア湾 紅海南部 カスピ海北部には同様な鉱床の賦存可能性の高い岩塩ドーム構造が少なくない。 しかし 大量の海底試錐の難かしさや効果的な探査法がまだないことからすれば これらの構造部からの硫黄鉱床の発見は先のことになるだろう。 況や日本のように 回収硫黄の安売りで東洋一の硫黄鉱山(岩手県松尾鉱山)や現世噴気硫黄の鉱山(大分県九重硫黄鉱山など)さえ休山する状態では探査に気乗りしないであろう。

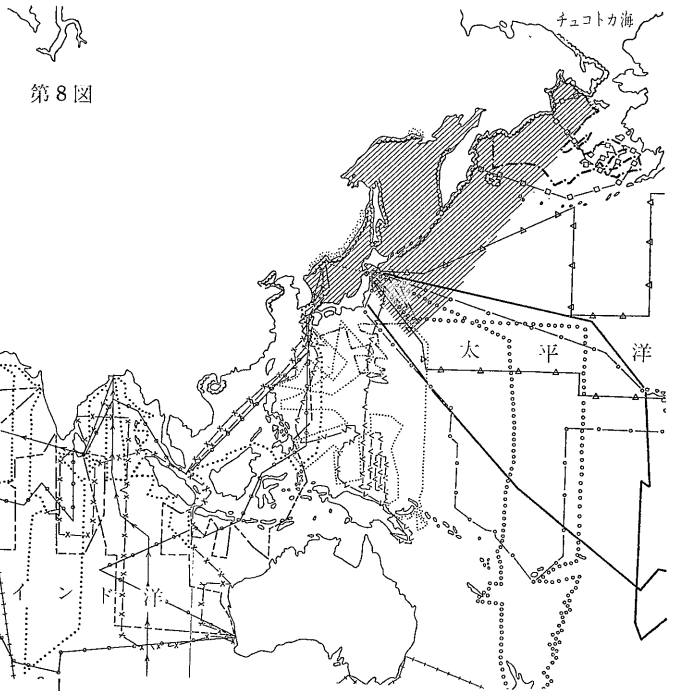
海底火山活動が現在だけでなく 過去の地質時代にも活発であったわが国の近海に メキシコ湾とはタイプを異にするいわゆる化石硫黄鉱層が形成されている可能性は大きいのである。 歴史の本流の中で 我々は子孫に探査と開発・利用を托さざるを得ないのかも知れない。 我々の子孫は決して看過しないであろう。

重晶石鉱床 この種の海底下の鉱床はアラスカのダンカン湾に賦存するのが現在のところ唯一の例であ

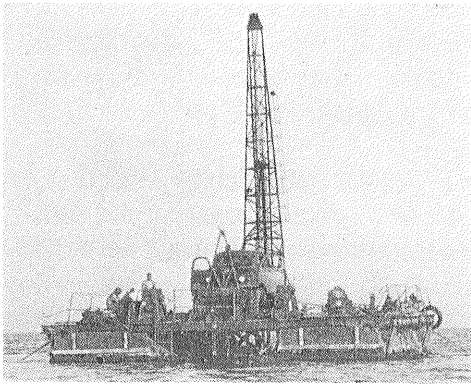
る。これは最大水深 30m の陸棚での 79 本の試錐探査の結果確認されたもので 重晶石鉱の鉱量は 250 万 t 重晶石として日産 2,000 t の生産規模の企業化が可能とされているが まだ生産開始の情報はない。鉱床は幅 30m 前後の大規模な重晶石鉱脈からなっている。

以上をもって終るが 最後に第 8 図をみて欲しい。これは 1955 年から 1964 年の 10 年間にソ連の海洋地質調査船が調査した主なルート図の一部である。10 年前 すでにかくの如し。また第 9 図をみて欲しい。これは黒海の陸棚海部で海底岩盤の調査にかかろうとしている簡易試錐船の写真である。地上用迅速試錐車を利用して手軽に掘進しているもの慣れた様子に何を感じられるだろうか。さらに第 10・11・12 図と日本は立ち遅れている。これが言いすぎであれば 幸だが。

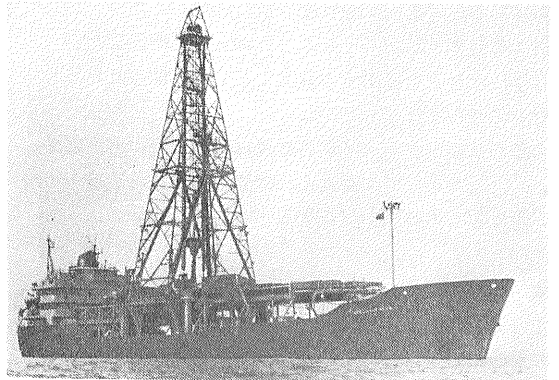
(筆者は 鉱床部)



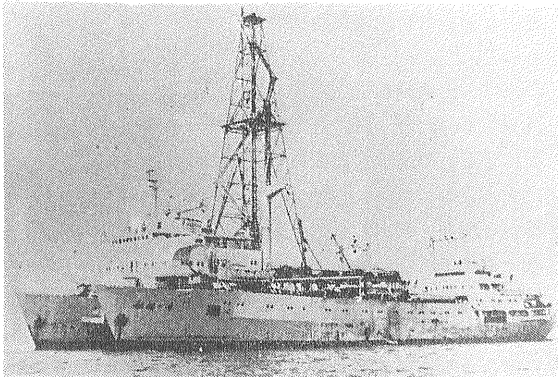
第 8 図 1955—1964 年のソ連海洋地質調査船による主な調査ルート



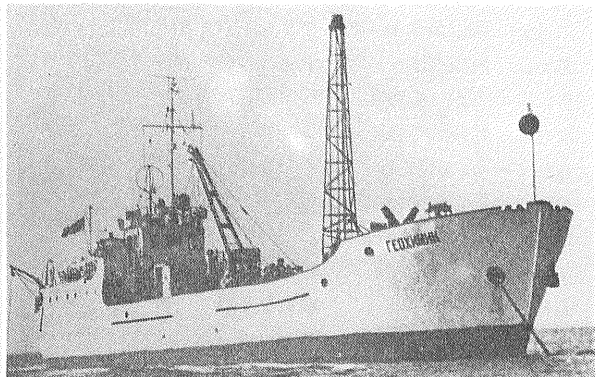
第 9 図 迅速試錐車を利用した浅海試錐台。アゾフ海やカスピ海で活躍している。



第 10 図 世界の代表的深海試錐船。アメリカのチャレンジャー号。



第 11 図 中国の新鋭海底試錐船「勘探 1 号」 黄海で活躍している。珍しや双胴船である。



第 12 図 ソ連中型海底試錐船 「ゲオヒーミック (地球化学者)」号 もっぱらアゾフ海の陸棚を馳せめぐっている。