

米国の海洋地質についての一資料

その2

坊城俊厚

185号で政府機関の仕事の概況などを述べたが今回は如何なる調査法・技術が用いられているかといった点についてふれてゆきたい。海域の地質調査あるいは研究に用いられている方法・手段は陸上の場合に劣らず多様でありこれらをここに網羅してみてもあまり意味のあることではないように思う。しかし政府機関での調査法やその技術などは存外知られていない面もあるので内容が多少退屈になることは覚悟の上で論及することにしよう。さらに政府機関以外で行なわれている調査技術に関する分も主要なものトピック的なものは米固斯界の現状をつとめて浮き彫りしようとする意味でまた政府機関の技術レベルなどの全体的な位置づけを行なう上で必要であろうかと考える。

一とくに石油会社付置の研究所 測器メーカーなどによって投じられていることは申すまでもない。ここには現在海域で用いられている物理探査の原理 種類などについて詳しく述べないのでこれらについては他の資料一たとえば末尾に掲げた参考資料19~27をご参照ねがいたい。

▲地質調査所の場合も他と同様物理探査のうちでは地震反射法(いわゆる音波探査)を主体とするがその概況を次に示す。

◆ 調査法と技術

調査法・技術・関連測器の選択は調査の目標 経済性などに左右されることとくに海域では作業水深 離岸の状況などから至大の影響をうけることはいうまでもないが以下にのべる政府機関などにおける調査法 その技術開発の問題もその辺の事情を見落す限りにおいてはかなり理解しにくいものとなってしまうかもしれない。たとえば米固地質調査所の調査技術とその装備が概査を主目的としたものであるのはその事業目的 民間鉱業会社の仕事との関連などによって理解される。

高分解能機種によるもの;

湾 沿岸部などの調査で海底下の浅部(100m程度まで)探査。機種は高周波スパーカー エド(Edo) ブーマー リスター パルサー(Lister Pulser)

低分解能機種によるもの;

コンチネンタル・マージン(前回 第5図参照) 深海などの場合で通常 海底下貫入は1,000m程度までの範囲。機種としてはスパーカー(低周波)アーカーとときにダイナマイト法(デジタル探鉱器)を使用する(参考資料28他)。少し調査例をあげていこう。

● 物理探査技術

最有力の武器の1つとしてのこの技術の評価はすでに確立されたものでありその開発研究にも多額の経費が

昨年(4月)のカリフォルニア沖(サンフランシスコ~モンテレイヤー)前回第4表 第3図参照)調査ではスパーカーとブーマーを併用したがそのときの状況は次の

第6表 内務省所属の海洋地質調査研究船

船名	所属	船長(フィート)	幅(フィート)	トン数	主要施設・搭載機器	備考
Cripple Creek	鉱山局	65	18	95	レーダー(RCA) ADF Rydist 測深機(Ruythron) 油圧クレーン(2) 付属ポート ドレッジャー スパーカー 水中テレビ	船員3人 研究員7人 建造1952年 国防省からの移籍 1964年
Virginu City	"	205	39 ¹ / ₄	1,235 (装備時) 1500	デッカ LORAN ADF 測深機 油圧クレーン(2) 付属作業ポート ヘリコプター台 電算機(船位計算用) Becker Sonico ドリル装置 音波探査装置 水中テレビ ハイドロサイクロン パンニングなど試料処理施設 コアラ	船員20人 研究員20人 建造1943年 国防省からの移籍 1966年(改造)
Polaris	地質調査所	96	20	425 (装備時)	レーダー(デッカ) Loran ADF 測深機(Rcythron, Bendix) スパーカー ブーマー グラビティコアラ 製図等作業実験室 付属ポート	船員5人 研究員8人 建造1937年 国防省より移籍1966年 (改造)

注① 本表は内務省資料(参考資料13 29他)および筆者の見聞による

② クリブルクリーグ号 ボラリス号の探査測器(スパーカー コアラ)などはもちろん調査の目的によって変更される

③ ADF は自動方向探知器(Automatic Directional Finder)

第7表 地震探査反射法による調査例

使用測器	エネルギー出力	対象海域	対象海域の最大水深(m)	可探深度*(m)	実施機関	備考
スピーカー (Acer型)	(ジュール) 20,000	カリフォルニア沖	(約) 3,500	850±	スクリップス海洋研究所	
スピーカー (同上)	20,000	Baja California 海域	// 3,000	700~800	同上	
スピーカー (同上)	5,000	アラスカ(Prince William Sound 周辺)	// 400	700~800	スクリップス研地質調査所	
スピーカー・ブーマー	13,000	カリフォルニア沖	// 600	800±	地質調査所	
スピーカー(Teledyne Explorer)	160,000	メキシコ湾	// 3,600	5,000~6,000	同上	海軍 Oceanographic Office と共同 3.5KHZ エコーサウンダーで浅部探査
スピーカー	38,000	ベーリング海	// 3,400	800~1,000	地質調査所外	
スピーカー・エアガン	(スピーカー) 100,000 (エアガン) 10inch ³	大西洋 (New England 海山群)	// 4,500	1,000	ウズホール海洋研究所	
スピーカー (Acer)	(スピーカー) 60,000 (ブーマー) 5,000	英国 (ヨーロッパ) 西部海域	// 4,000	1,000	スクリップス海洋研究所	サイドルッキング・ソーナー(Asdic) 併用

* (注) 可探深度は対象地質によって当然差異が出るが、ここでは測定記録からある程度の実証をもつて地質が推定しうる海底面からの深度とする

とおりである。

調査船：ポラリス号 (前回写真および第6表)

船位：レーダー (デッキ)

測深：ベンディクス レイスロン

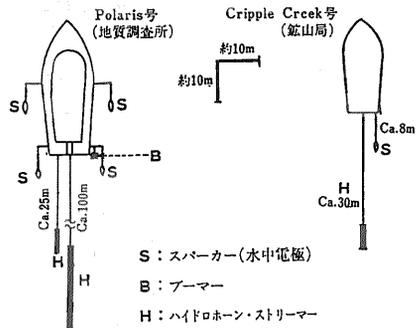
スピーカー：13,000ジュール (配置第7図 水中電極写)

ブーマー：EG & G社製 (真参照)

船速：5~6ノット

作業水深は 大部分100m以下 (一部モンテリー海谷で800m程度) 最大離岸は約10km 記録は条件のよい場合には海底下800m程度からの信号がえられていた

もう一つの例としてメキシコ湾の音波探査をあげよう
これは地質調査所と海軍の共同調査(参考資料30 31)でその区域などは前回 (第4表 第3図) に示してある。



第7図 音波探査機配置図

S：スピーカー(水中電極)
B：ブーマー
H：ハイドロホン・ストリーマー

調査船：カーン (Kane)

音波探査：スピーカー 160,000ジュール (テレダイン社製)

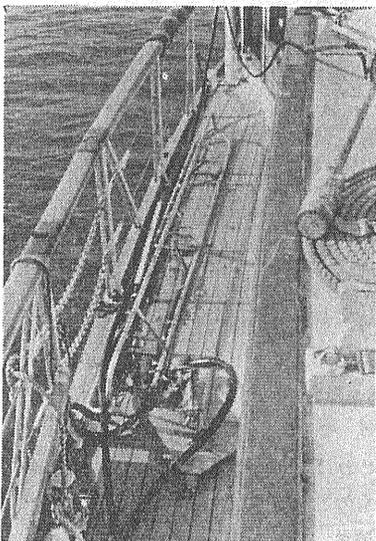
エコー・サウンダー：(3.5kHzで海底面下浅部を探査)

船速：9~10ノット

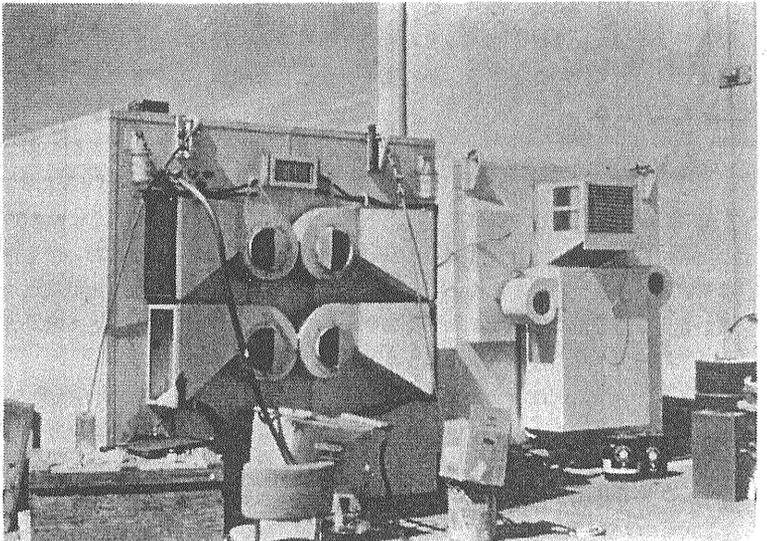
作業水深：3,300m以上に達する

探査深度：海底面下3~4kmまで

(この調査には核磁力計による磁気探査 船上重力計による重力探査も行なっている)



写真⑤ Polaris 号船上の音波探査用水中電極 右手の筒状のものは Boomer の一部



写真⑥ 米国地質調査所西部支所 (OMGH Menlo Park) に陸揚されている音波探査用コンテナ式測定 (実験) 室

第7表には上記の2例をふくめて 主として地質調査所の行なった音波探査などの事例をかかぎてある。

地震探査屈折法は海浜で数回行なわれた程度といわれソナー・ブイによる調査は大学 沿岸測地局では実施されているが 地質調査所では手がけられていない(参考資料28他)

磁気探査は核磁力計による船上磁気探査がしばしば行なわれているが 今後はグラディオメーターの使用が増加するものと考えられる。船上重力計(La coste & Rumberg 型)を用いての探査は 地質調査所では余り実施されていない。

鉱物の探査 鉱床の描写を主任務の1つとした 鉱山局の海洋関係業務もまた物理探査技術に負うところが多い。前回で述べたように同局では地質調査所などの協同調査のケースが多いが 自体でも物理探査を遂行する能力を有している。

カリフォルニア沖コルデル・バンク付近における昨年(3~4月)の燐鉱等調査での状況は次のようである。

調査船:クリップル・クリーク(第6表 前回に写真)
スパーカー:1,000 ジュール(配置第7図) 多電極型
(Multiple Electrolde Profiling System) のテスト

電気探査:自然電位法(南カリフォルニア大学によるテスト)
放射能探査:シンチレーション型(テスト)
船位:レイディスト
航速:5~6ノット(スパーカー実施の場合)
作業水深:100~150m以浅

磁気探査(核磁力計)もしばしば砂鉱を目的とした同局の調査に用いられている。

以上の2官庁の外に 磁気 重力 地震反射法などの探査を実施している沿岸測地局をふくめた政府機関の探査技術についての特徴を述べ あわせて 一般的な問題を以下にふれる。

▲ 政府機関の物理探査のうちで 非爆発性震源による地震反射法が絶対優位にあることは一般的な傾向と合致する。この場合 前記のように地質調査所 沿岸測地局では概査技術を中心としたやや広範な技術・装備を有する。すなわち個々の調査研究テーマに応じての浅部探査および深部探査を可能とする技術であり 前記のメキシコ湾の例は深海盆にわたる構造調査のための大エネルギー出力のスパーカーによるものである。

これに反して 当面 砂鉱および燐鉱の探査をめざす 鉱山局の音波探査では 高分解能の浅部探査の機能が要求される。

▲ 音波探査を主とする政府機関の探査は 大部分 ルーティンとして用いられ したがって その測器も市販・普及型のものであるが 海況などに対する測定作業の安定度は高い。一方 デジタル方式の探鉱機やデータの総合解析装置等の重装備は通常使用されておらず 地質調査所 鉱山局の専用調査船にはこれを処理できる電算機の設備はない。しかし 最近のメキシコ湾の前記調査では 筆者は未確認であるが テレダイン社のデジタル総合探査の装置が用いられた模様であり 今後は政府機関でも これに類似の 総合調査システム(Integrated Geophysical System または Integrated Survey System)の採用が 遂次 行なわれるであろう。テレダイン社の総合的な探査装置(通称 SEGMA Survey System)は160,000ジュール SSP 等の地震反射装置 ラコステ船上重力計 バリヤン核磁力計 測深器 電波計測器等の要素からなるものである。

▲ 技術開発の研究の多くは大学などへの依頼として行なわれていて このうちには前記の 電気探査 放射能探査法 があり これらは現在試験段階にあるが目すべきであろう。

サイドルッキング・ソナー(Side-looking Sonar または Side-Scan Sonar)については政府関係機関においては意外にその使用例に乏しい。沿岸測地局の海底地形測量などに関連した業務の1部(たとえば礁地帯の観察)で用いられるという話であるが スクリップス海洋研究所等学術機関での使用が大部分である。この技術は 現在では 可探範囲が限定されており 記録の3次元的解像がむずかしく かつ 船位との連けいに問題がある。したがって地質調査所の行なう概査などにはやや不向きであることが察せられるが 英仏海峡の調査などでみごとな成果がえられている例もある(参考資料32他)。したがって 日本で Bottom Sonar などと呼ばれているこの種の機器が今後の性能の改善をまって 海床観察(金属団塊調査など)に有効性を発揮する時期がくるであろう(参考資料24他)また 熱流量調査の一層の普及海域においても理論上可能とされている電磁探査法 IP法 比抵抗法などが実用段階に達する日も 必ずしも遠いことではなさそうである(参考資料7 24他)。

▲ 政府機関の実施する物理探査は 上記のように 民間石油会社などの技術・装備に比べて安直で軽装備のものが主体であるが これは担当する業務分野 経費上の制約などに起因するものであろう。しかしながらデータ処理能力の不足と相まってこれらの要因が国としての基

本的な調査・観測業務の歩みを鈍らせている一面は米国内にあっても見逃されていない(参考資料4他)。

● サンプルング試錐技術

ドレッジングをふくめたサンプルング技術 各様の原理 機構にもとずく試錐技術の能率的な開発には 各国ともに深刻な思いをしているに違いない。 広範な対象を相手として事態は複雑の度を加えているし 今のところこのような要求を一挙に解決するような能率性の高い技術は存在していない。 しかし懸案の一步一步を着実に解決しつつある国の筆頭に米国を挙げることは不適切であろうか?

この項でも物理探査のそれと同じく まず 政府機関の状況を瞥見し さらに 一般的・全般的な問題にふれてゆきたい

(サンプルングの機種・方法などは 参考資料24 27 33~37などをみられたい)

▲ 地質調査所 鉱山局のサンプルングはスナッパーまたはドレッジャー型で表層採泥を 柱状採泥はピストンまたはグラビテター・コアラーによる場合が多く 固結岩盤に対してはドレッジャーによることが大部分である。 その代表的器種は Shippek Grab サンプラー Box コアラー Van Veen サンプラー Cambell Grab サンプラー Clamshell サンプラー パイプ・ドレッジャー チェイン・ドレッジャーなどであり 日本で用いられているものとさほどの変わりはない。

カリフォルニア沿岸のコルデル礁における前記(40頁)の鉱山局の調査では写真9にみられるような函型ドレッジャーが用いられた。

調査船(前記クリップル・クリーク号)の前甲板クレーンにより操作:

ドレッジャー着底後低速で曳航する一般的な方法:
船位測定は電波計測(レイディスト)による:
函型ドレッジャーは 約90×70×68cm(高さ) 鋼製重量約140kgのもので 鉱山局パーアーンズ氏らの設計にかかるという:
作業水深は60~170m:

▲ さて試錐については鉱山局の動向を知る必要がある。 同局では1967年来アラスカ沖で砂鉱探査を地質調査所などとの共同で行なっていることは前号に述べたが試錐船(バージニア・シティ号 第6表)に 2種の試錐機を搭載し 探査を実施している。 同局の資料などにもとずくとその概況(1967年夏)は下のように要約される(参考資料29他)。

(使用機)

ベッカー・ドリル(Becker drill):ディーゼル・パワーハンマー(3トン) 衝撃力8,100フィート・ポンド/回 90回/分 二重壁のフラッシュ・ジョイントまたはケーシング使用 ビット(外径5½" 内径3")右舷40フィート檣で操作

ソニコ・ドリル(Sonico drill):メカニカル・オスシレーター 50~100サイクル/秒(共振振動) 二重ケーシング(外径4" 内径2~1½")使用

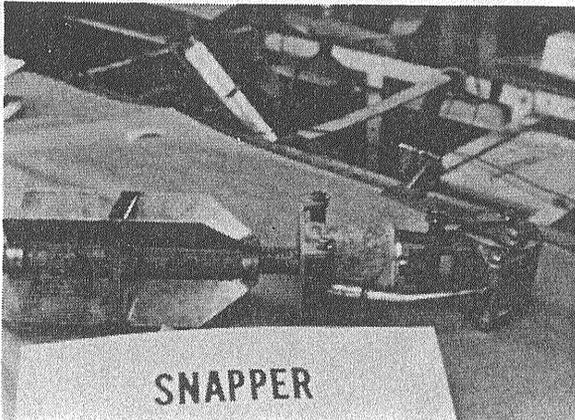
(作業区域等)

ノーム付近(Norton Sound)の沿岸海域 平均水深約16m

(掘さく実績)

全部で56孔掘さく(うち約7割をベッカー・ドリルで) 延掘進4,043フィート(約1,225m) 6孔は予定深度に達せず 最長のものは水深85フィート(約26m)で244フィート(約47m) 平均掘進 約25m/孔
機種別には:

	平均掘さく/孔	1孔当り最大掘さく	平均掘進能率/分
ベッカー・ドリル	24(m)	45(m)	91(cm)
ソニコ・ドリル	34	74	61



写真⑦ スナッパー・サンプラー(ウズホール海洋研究所)



写真⑧ Van Veen サンプラー(ウズホール海洋研究所)

第8表 浅海・浅尺試錐(サンプリング)機一覽

器機名	製作所	方式	線動水深(m)	可探深度(m)	口径	馬力(出力)	台座	作業人員	適性	備考
Amドリル	Aluvial Mining & Shaft Sinking Co.(英)	水力ジェット 連続採取器	約50	約10	12"	300HP	海底沈置	3	砂	* 以外は Under Sea Technology Hand Book Directory 1968 (参考資料37)による
パイプロドリル	Compagine Francaise de Geomecanique Techiq(仏)	水力振動式 サンプルチューブ	200	30	14~40"	300HP	同上	—	礫	(参考資料37)による
Ocean bottom Corer	Precision Surveys Inc.(米)	圧気振動式 サンプルチューブ	50	2	2"	60HP	同上	3	堆積物	試語の一部は資源技術試験所資料(参考資料33)による
Ringhammer	Dusterloh Ltd.(英)	エア・ハンマー サンプルチューブ	30	2+	-8"	—	一船・パーデ	—	堆積物・礫	資料33)
パイプレーター・ドリル	Bruce White, Wolfe Barry & Partners等合資(英和)	振動式	15~20+	5+	6"	250HP	海底沈置	—	砂	鉤
Horton サンプラー	Ocean Scienc & Engineering Co.(米)	振動式	70	30	6"	100HP+	船	4	同上	上
Sonico ドリル	Sonico Corp.(米)	振動式	30+	30+	5 1/2"	100HP	同上	4	同	上
* パイロ・ハンマ	八幡製鉄 K.K.(日)	振動式	50	2~3	8"	10kW	同上	4~5	砂 礫・砂	鉤 参考資料38
* パイロ・ピストン (VPGT-56)	ソ連科学アカデミー(ソ)	振動式	150	4~6	2.5"	2.8kW	海底沈置	—	堆積物(砂層)	参考資料39
*Becker ドリル	Becker Manuf & Drill Inc.(米)	ディーゼル・ハンマー 衝撃式	16	24	5 1/2"	—	船	—	砂	鉤 参考資料29
Marine Drill	鉤研試錐 K.K.(日)	電動ロータリー	150	25	2.5"	40HP	海底沈置	4	固結~半固結 堆積物・基盤岩	鉤 鉤研試錐K.K.資料
MD-150	Offshore Drillers Pry Ltd.(英)	振動式	30+	30+	1"	—	船	—	砂	鉤
Outward bound Drill	鉤研試錐 K.K.(日)	油圧スピンドル	40	30	2 1/2"	10HP	台	船	4~5	堆積物 基盤岩 参考資料41

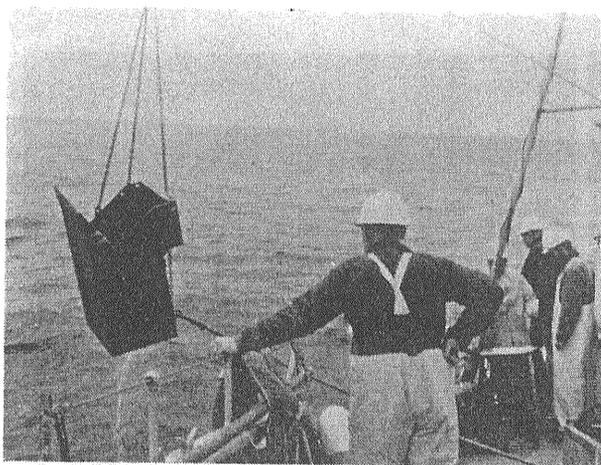
以上は未固結堆積物(砂・礫・粘土)の掘進であり一般的には大礫や固結岩層によって掘進ははばまれる船位は電波計測-ロランA(?)自動方向探知器(ADF)などによって約12mの範囲内にさらに付属ポートの利用によって1m内外のピン・ホール上に落される。

▲表層採取(採泥)は政府機関においてもまた大学海洋研究所などでもほぼ在来の器機によってるので採取深度などはごく限定されたものである。現在この種のサンプラーの種類は原型その改良型をふくめておそらく100種を超えるものと考えられているが“採泥”という観念を一步進めて“海洋地質”的な観点からするといずれも不十分である。柱状試料採取用のグラビター・コアラーなども砂または礫質底に対しては無効であることは周知のとおりである。このような事態の解決のためにウズホール研究所における超大型のグラビター・コアラーなどの開発の動きが伝えられてい

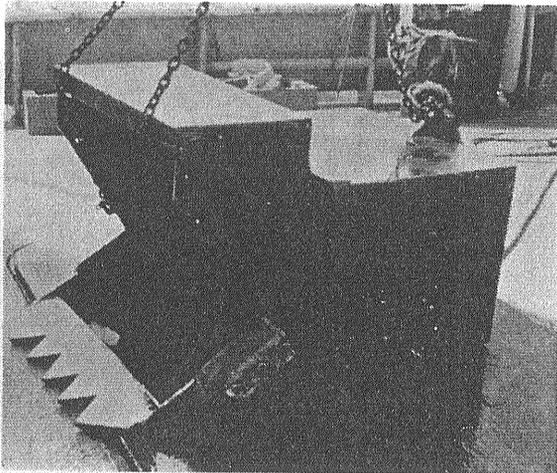
るが試験段階である。カリフォルニアの地質調査所西部支所から程遠くないCM²会社(鶴見精器K.K.のディストリビューター)の工場の一廊には那須式のジェット・コアラーが展示されていて興味がひかれていたがこのような機構のものは米国でもほとんど用いられているのを聞かなかった。しかしこのような無鋼索の自動浮上型コアラーないしはブーメラン・コアラーのような航行中に投下しサンプリングを行なう方式のもの技術開発はまさしく焦点の1つといえよう。

1世紀にわたる歴史をもつドレッジング方式についての技術開発にいたってはまさに停滞の感がある。

▲試錐技術あるいはその装置の名称・分類は前記サンプリングのときと同様現在きわめて区々である。ここでは以後の記述の都合から主として稼動水深と掘さく能力をもとに比較的軽装備・低性能のもの(稼動水深200m程度までで掘さく能力50m程度)とより重装備で高性能



写真⑨ 鉤山局がカリフォルニア沖で使用しているドレッジヤーとその操作状況(Cripple Creek 号上で)



写真⑩ 同左ドレッジヤー

能のものに分けて話をすすめたい。区分はあくまでここでの便宜上のものである。

軽装備・低性能のものは浅海・浅尺用ともいうべきもので最近における試錐機種・性能の一覧は第8表に示されている。このうち未固結堆積物を主対象とする2種についてはその実施例を前記したが結果は一応成功と認められる。しかし作業水深の制約を脱し切れず地質(底質)条件にきわめて影響されやすいこととくに砂鉱床の品位分布 鉱床の柱状状態の把握などに多くの問題を残していることは明らかである。岩盤(固結岩層)に対するこの種軽装備の試錐技術についてはもっとも空白を感じさせるものの1つでありいわゆる One-Shot drilling (one-bit-run) は最近かなり改善されたとはいえ米国においてもきわめて問題の多い分野となっている。この点についてはマリン・ドリルMD-150(鉱研試錐K.K.)GS型台船法(地質調査所一参考資料40)などを開発したわが国の方にむしろ多少の分がありそうである。しかし米国の地質調査所 鉱山局などの業務からの要求はこの種タイプの試錐の稼働水深の増加と能率化で海底沈置式の Flexodrill あるいは作業のほとんどを海床で行なう新しい型のものへの開発に期待がもたれている(参考資料24他)。この傾向はわが国の場合にも完全に当てはまるのではなからうか。一方 鉱山局も砂鉱以外に燐鉱や岩盤中の鉱脈などの探査用としてこの種タイプの技術の進歩を切実に感じている。話しが少し前後したが表層堆積物用としては振動型のものが高く評価されている(参考資料38-39他)。

▲ 現在鉱山局では上記の試錐実施ないしは現場テストとともに技術の室内研究(カリフォルニア ティブロン在の海洋鉱物技術センター 前回参照)を進めている。1つはテスト・タンク(直径6フィート高さ30フィート)による未固結堆積層掘進実験(写真11)で砂鉱含有層を想定して砂 礫などをタンク内の水中に成層させてカー・マウントの試錐機でこれを掘さくしその状況をタンク側面の覗き窓から観察・測定する。これと類似の研究はわが国においても資源技術試験所などで行なわれている。他は掘さく抵抗など掘進機構の模型実験でありパイレックス容器に充した含水石英砂を各種のビット(模型)を用いて掘さくし各種の掘さくパラメーターを測定する実験やさらにプラスチックの2枚の透明板(方眼網目記入)の間に金属円柱(長約1.2cm 径約1.5mm)を板面に直角に無数に重さね満たしこれを模型ビットで掘さくする装置—ビットへの給圧ビット回転数などと掘さくによるビット近くの金属円柱

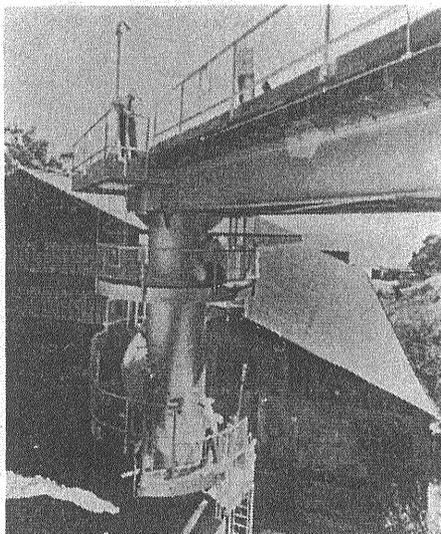


写真11
テストタンク
の全景 写真
で人の立っ
ている付近
まで試錐車
を誘導して
掘さくを行
なう(USB
M資料によ
る)

の乱れとの関連などを透明板を通じて観察・測定する—いわば2次元的に掘さく機構を検討するものなどがある。また海底沈置式試錐技術(船とリモート・コントロールされる沈置試錐機本体の間にプイを緩衝させる)の開発研究などがあるがこれらのデータは近い将来同局によって発表されるであろう。

▲ もう1つのタイプである重装備・高性能のものはいわば深海・深尺用の技術であり周知のとおりこの技術は米国の石油掘さく技術を母体として発展した。石油探鉱・開発用掘さく装置・技術についての資料はとくに最近 われわれの周囲に氾濫状態であるし一方筆者は米国の海洋石油掘さくの状況をみていないので詳細についてはここに論及しない。しかしながら船上法に関してはこれが政府機関および大学海洋研究所などの業務にもっとも密接な関連を有するものとして注目を集めている。これに関しては深海試錐(DSDP)の項で改めてとり上げることとなる。

● 船位・地球化学的探査・直接観察法など

これらの技術は現在手段として十分確立されていないものや船位技術のように地質調査研究機関ではその技術そのものの開発研究を行なっていないような立場のものが多い。したがって地質調査所などではこのような技術の使用例は少なく(この場合船位等位置計測の問題はもちろん別である)またこれらについての開発研究は実施されていても小規模である。

しかしこれら技術がすでに述べてきた物理探査や試錐の実施と密接不可分の関係にありさらに状況や場合によっては海域調査の最有力の手段となりうることは

強調するまでもない。以下に各技術について 一般的な立場に重点をおいてみてゆこう。

▲ 船位・位置計測技術

地質調査所 鉱山局の仕事が大部分電波計測で行なわれていることは 物理探査の項などで付随的に述べてきた。レイディストレーダーなどの通常普及型(いわゆる Conventional タイプ)のものによっており 人工衛星計測は他省(環境科学事業局 ESSA など)の船を利用したベリング海調査などごく少数の場合にとどまる。計測の精度の点については鉱床の探査を主とする鉱山局業務の場合などは当然に高く 今後 後にのべるような能率的な精度向上の技術が要求されるであろう。地質調査所の行なう概査における物理探査のような場合には 現在 石油探査で要求されているような高精度は必ずしも必要でない。ただし 将来高感度磁力計とか総合探査システムが常用化するときには当然ながらこの問題は重要となるであろう。船位固定法は現在 鉱山局のバージニア・シティ号は4点アンカー法であるが 今後は自動制御の問題がでる。また 地質調査所における長期20ヵ年地質調査計画中には100孔の陸棚部などを対象とする試錐計画があって 自動制御技術の動向は注目されている。航位固定に関しては後記深海試錐(DSDP)に述べるように高度な自動制御がすでに発展しているが 今後の要は本装置の普及化の問題であろう。これと同様に技術の普及化が考慮されているものにさきの衛星観測がある。海軍における Transit Navigation System の Civil への利用・普及化で 経済的な受信装置の開発がその必要条件の1つといわれている。いずれにしても今後の深海 外洋への地質調査 鉱床探査の移行にあたり 外海へ向かってのロラン観測網や OMEGA システムの一層の整備と平行し 船位固定法と衛星観測 が本命的技術となるであろうという認識は独り米国の場合のみにとどまらぬであろう。

▲ 地球化学的探査技術

海底表層堆積物あるいは岩石などのコア サンプルについての地球化学的な調査研究は以前からなされている。これらは陸上の場合と同様に分析技術とその結果の地球化学的考察に支えられるもので地質調査所では Marine Geochemical Sediments Survey などと称してルーティンである。表層堆積物中の特定元素の挙動 濃集状況から付近に潜在する砂鉱とか 表層堆積物の下位に接する鉱化基盤などを探知しようとするものである。

一方 広い意味では採水と水質分析という概念に入ってしまうであろうが 海水中の溶存元素やガス成分など

の検出から付近の地質の特性 鉱床の存在を探知しようとするものがある。この手段はとくに Hydro-geochemical法 と呼称される場合もある(参考資料24・他)。石油探鉱に関連しては重炭化水素 鹹水(岩塩ドームに関連)などの成分を測定するが このような探査は 底層水の流動状態の把握その他環境条件からの影響の除去とかその測定結果の解釈には ここに指摘するまでもなく 困難な問題をふくむであろう。石油会社ではすでに10年前位から CH₄などの測定装置を試用していると聞かすが 筆者がみたものには前記(42頁) CM² 会社がある石油会社の発注で製作した探査装置がある。これは船上地化探装置(Shipboard Geochemical System)などと呼ばれ採水ケーブルとその先端につけたプローブで底層水の鹹度 水温を測定し同時にプローブの海底面からの距離を出す。ポンプ・アップされた海水は船上で重炭化水素などがクロマト分析されるといったようなかなりの大型装置である(可採水深は2,000mまで)

これらのほかに陸上でも実施されている植物(あるいはそれに付着する土壌)による地化学探査の方法も検討されているとのことであるが 新しい構想による技術はいずれも 研究ないしはテスト段階を出でないものと考えられる。

▲ 直接観察法 はいうまでもなく水中写真 水中テレビ 潜水調査船による技術であるが これはその観察範囲 機動性などから やはり 使用範囲は限定される。しかし 地質調査所 鉱山局などの政府機関の調査では水中テレビ 同カメラの使用例は少なくない。

南カリフォルニア(コロナド礁):

鉱山局 燐鉱調査

水中テレビ(海底面直上曳航) 撮影測線 延 42km

含燐礫 岩片のかなり鮮明な影像がえられている

ノーム沖:

鉱山局 砂鉱調査(試錐探査)

水中テレビ 海水透明度不足で海床観察は不成功 試錐機の作動状況の監視装置としてテレビの有効性の活用が必要

ベリング海:

地質調査所 ベリング海概査

水中カメラ(EG&G 製 深海カメラ) 陸棚上の浅海部撮影であったが 海底面等の観察はかなり困難

以上は少数の例であるが 海中撮影の効果は一般的地質調査の場合よりは 鉱物探査(とくに団塊タイプのもの)や 海底微地形の観察などにより適することはいうまでもない。ステレオ・カメラ(Stereo-Paired Camera)による立体的観察が期待されている。

第9表 地質調査所・鉱山局の調査法(測器)使用例

海域(対象)	使用船名	調査実施機関	主要調査法および機器						調査実施		備考
			船位・位置計測	測 深	物理探査	サンプリング試錐	水中撮影	試料処理他(船上)	面積	年度	
ベーリング海 ノーム沖他 (一般地質砂 鉱)	Virginia City (USBM) Thomas G. Thompson (ワシントン大) Surveyer (ESSA) Oceanographer (ESSA) Tomcod	地質調査所 鉱山局 ワシントン大 沿岸測地局	Raydist PRS, Loran A, C Radar 衛星計測 三点交会法 セキスタント	PDR 他	スパーカー 船上磁気	Boxコアラー Van Veen チェンドレッジ Cambell Shipek Becker およ びSonico ド リル	水中テレビ 深海カメラ	パンニング ハイドロサイクロン アマルガメーション	65,000	1967 1969	沿岸 島嶼地 質調査も実施 参考資料41そ 他による
南カリフォルニア沖(燐鉱)	Cripple Creek (USBM) Virginia City (USBM)	鉱 山 局	Radar Raydist ADF	PDR (レイスロン) 他	船上磁気 (Gradiometer) 音波探査 (高分解能用)	Photo-Grab 他 ドレッジャー	水中テレビ (奥航式) 水中カメラ	—	47km ²	1968	参考資料14そ 他による 水中撮影 サ ンプリングの 一部に小型潜 水調査船を使 用

潜水調査船については地質調査所では機動性あるものを概査用として用いるべく検討 テストしているがその使用実績は少ない。 Alvine号(15トン 潜水能力6,000 フィート)によって大西洋の海谷(Oceanographer Canyon)の地形・地質を観察し その適用性のテストが行われている程度である(水深1,830m まで)。 鉱山局でも南カリフォルニア調査で小型のものによってサンプリングと写真撮影を実施している。 米国においても潜水調査船はいまだルーティンとしては使用されないが潜水調査船を用いてのサンプリング 地熱流測定その他の物理探査の実施には強い興味が示されてる。 メーカーによる潜水調査船のPRも中々に盛んで 地質調査所 西部支所に滞在中にはロッキード社が Deep Quest号(潜水能力6,310 フィート サンプリング・コアリング性能あり)のフィルム上映にきたし ヒューストンでの会議(第1回 Offshore Technology Conference)会場には写真12のような潜水作業船が展示され マニプレーター操作の実演などをみせてくれた。

第9表は 地質調査所などの調査法(技術)組み合わせの例である。

◆ 深海試錐(DSDP)

1963年来計画・実施されているこの種の事業は 米国にあっての国家的な海洋探査のうちでも代表選手のように考えられていてわが国でも関心の高いものである。 この文では 次の事情から これを独立の項目として扱うのが適当であろうと考えた。

▲ この事業は規模 そこに結集されている技術などは 現在の米国においてのトップ・レベルを現わすものとみてよい。

▲ 大学海洋関係の研究所がこの事業を主導するけれど 後に述べるように 地質調査所など 政府機関の技術者および民間機関も関与している。 そして 現今海洋地質分野が当面している問題点のいくつかが浮き彫りされていて これらは陸域地質の解明などにも大きな影響がある。

▲ この事業に関する資料(紹介・翻訳)は 現在 私の知る限りで わが国においては比較的乏しい。

● 経過と概況

▲ モホール(Mohole)計画

モホ面付近の状態を 直接 試錐するには深海底下から行なうのがもっとも得策であるということで立てられたのが Mohole 計画である。 いうまでもなく 深海域の一部でモホ面が比較的浅く賦存することが予測されていたからである。 1961年のテスト(Phase I)で試



写真12 ビーバー号はおもに海底パイプライン作業に関連して用いられる(水深2,000フィート程度) [North American Rock well 社の展示用のもの]

第10表 深海域に関する試錐事業

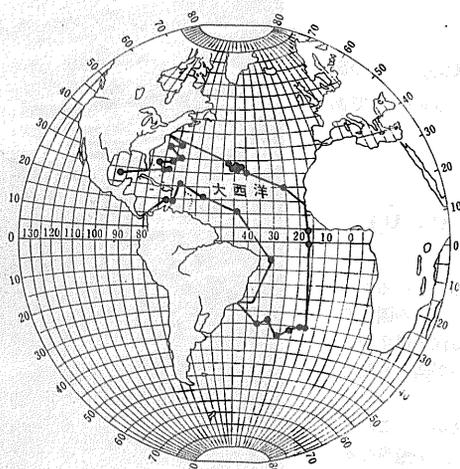
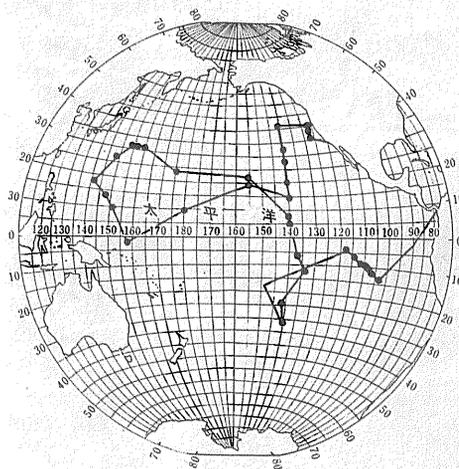
プロジェクト名	実施年度	担当機関等	実施海域	使用船 試錐装置		掘さく 成果概略				コアされとも古い堆積物	備考		
				船名	位置計測・船位固定	掘さく方式	孔数(地点数)	全掘進長(m)	稼動水深(m)			一孔当り掘進支率(%)	コア回り掘進支率(%)
Mohole	1961 (Phase Iの掘さく年度のみを示す)	—	バヤ・カリフォルニア (ゴウダラップ島付近)	CUSS I (改造) 1,500トン	自動制御	ロータリー	1	182	3,566	182	—	○ Phase IIはハワイ周辺に位置を予定したが中止 ○ 目的はモホロピッチ面付近の試錐による探査 ○ 掘進能率は軟岩で1m/分程度よりはれる ○ 掘進作業の時間分布は第14表参照 ○ NSF(国家科学基金)資金による	
JOIDES	1963~1966	○ ラモントウズホール スクリップス マイアミ 名研究所 ○ 主責任機関	ブラック・プラトー周辺 (大西洋)	Cardrill 935トン	ロランA 自動制御	ロータリー	15 6 地点	2,052	25~1,032	120~320	平均30	中 期 新 統	○ 大西洋調査(1968年4月~1969年3月)に關してのみ表示 ○ 太平洋については資料が断片的であるので表示しない ○ NSF 資金による * 第IV航海15孔の場合
DSDP	1966~1969 以降継続見込	○ スクリップス ウズホール ラモント マイアミ ワシントン ○ 主責任機関	メキシコ 湾 西 洋 平 洋	Glomar Challenger (10,500トン)	ロラン 衛星観測 自動制御	ロータリー	54 31 地点 (大西洋)	1,214 (同左) 6,035 (同左)	23~835.5 (同左)	—	34 (同左)	後 期 ジュラ系 (同左)	

錐船 Cuss I (一部を改装し使用) を用いて ゴウダラップ島(カリフォルニア南方 Baja California 付近) 近海での掘さくを実施した。 筆者の知る限りでは その後の本番(Phase II)をマウイ島(ハワイ群島) 付近と定めて半沈潜式プラットホームによる 試錐装置(水深4,500m 海底下 6,000m 程を掘さく可能な)の設計などの準備を行なった。 しかし ソ連地質学者によって陸を基地とするより好適な試錐地域が報告されたこと本番用の試錐装置の開発の見込が早急には解決しないとみられたことなどの理由で Mohole は中止に至つたらしい(参考資料46 48他)。 しかし 本計画はテスト掘りに成功をみて事後の深海試錐への足場を築いたものといえよう(第10表)。

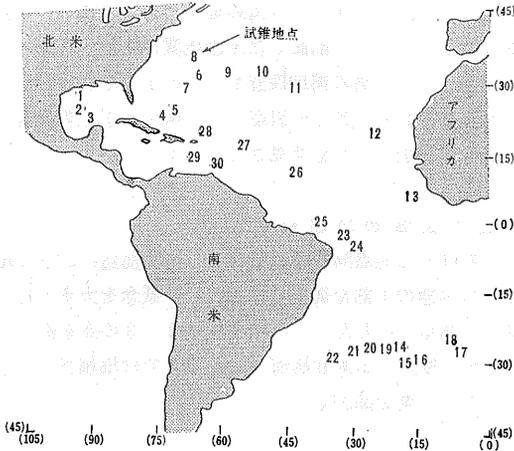
▲ JOIDES

国家科学基金が新しい深海底のサンプリングについての国家的プロジェクトを定めたのは1963年といわれる。 ラモント研究所など4研究所からなる共同組織は いわ

ゆる JOIDES (Joint Oceanographic Institution for Deep Earth Sampling) を形成し フロリダ北方のブラック・プラトーでの試錐がこの共同体の手で行なわれている。 その概況は第10表などにみられ 試錐船(船位自動制御)を用いて稼動水深は Mohole より浅いが 海底下の掘さく深度は延びている。 この調査の1つの特徴は 試錐(6地点15孔)を陸に近い陸棚部からはじめて 逐次陸棚斜面(Florida-Hatteras Slope)をへてブラック・プラトーに及ぼしたことで 試錐成果の解釈も陸域地質との関連性をとくに重視したものとなっている。 ブラック・プラトー周辺海域の第三系の層序などについての貴重な資料がえられているが この JOIDES の意義の1つは真の意味での深海とはいえぬまでも かなりの深い水域におけるコア・ボーリングを基礎科学的調査の手段として実用化したことであると思われる(参考資料49他) なお JOIDES の立案段階 実施には地質調査所の研究者も参加し 日本からはラモント研究所留学中の斎藤常正氏が加わっている。



第8図 DSDPの試錐点(予定)と航跡 (本図は Science 1968年6月[参考資料44]の第2 3図の転載であり試錐点などは実績と一致していないが大略は本図で説明されると思われる。大西洋分は第9図が実績を示す)



第9図 DSDP 大西洋調査試錐地点 (Oceans 1969 参考資料54より転載)

▲ DSDP

1967年にはスクリップス研究所を中心として立案した新構想のサンプリング計画が国家科学基金によって承認され、ここにDSDP (Deep Sea Drilling Project) が発足する。掘さく作業実施のサブ・コントラクターとしてスクリップス研究所によって指名された Global Marine 社による試錐船の新造、進水、そのテスト航海をへて、1968年8月のメキシコ湾の試錐を皮切りとし、大西洋、ついで太平洋を舞台とした一連のプロジェクトが進展した。筆者の現在の手元の資料からは昨年(1969年)12月2日終了の太平洋第Ⅷ航海が最終のものとなっている。概況は同じく第10表に掲げてある。Mohole から始まった深い水域の試錐はDSDP に至って真の深海盆を相手とし、しかも、全地球的規模の海洋探査へと移行したわけである。DSDPの大学研究所共同組織はJOIDESの4研究所に、新たにワシントン大学が加わったものとなっている。

Mohole→JOIDES→DSDPの3者はそれぞれ目標、使用技術、試錐海域などに違いがある。とくにMoholeと後2者では事業の目的意識に明確な相違(後記)があるけれど、いずれも深海(ないし中深海)の地質、地下構造を探査の対象とした点、試錐技術という直接法を主たる武器とした点、実施メンバー中に共通者がかなり多い点などでは相似た要素がある。したがって3者は関連して考察される場合が多いようである。

海洋地質にたずさわる米国人の多くはDSDPの成果に大きな誇りを感じていると見受けることができた。



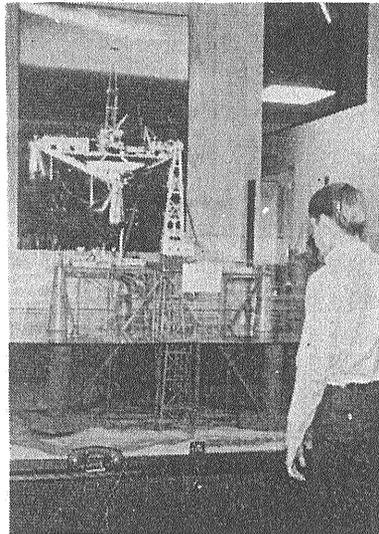
第10図 南米アルゼンチン海盆～大西洋中央海嶺間の Horizon A (Ewing, Ludwig & Ewing 1964 本原図は K.K. Turekian : Oceans 第一-12図による)

● 目標の設定から成果へ

筆者の手元の資料の多くはDSDPの大西洋航海についての速報が主であるのでこれを中心としてゆこう。

大西洋に約30地点、太平洋には36地点程度の試錐予定地が多く、関係者間で、かつ大量の既存データを用い検討・選定された(第8図参照)。そして、それらの地点の試錐によって次のような成果が生み出されることに期待がかけられた。

- ▲ 海域における最も古い地層の探知
- ▲ 海床膨張説(seafloor spreading hypothesis)または大陸漂移説の可否検討に関する裏付データ
- ▲ 海域における標準的な古生物学的層序、岩相層序並びに古磁気層序の獲得と確立
- ▲ 海底火山の記録および火山物質変質についての資料
- ▲ 堆積物の続成作用、固化について知見
- ▲ 北西太平洋における海嶺、海山からのサンプリング
- ▲ 太平洋(大西洋)の断裂帯付近の磁気分布状況およびこれの断裂帯に沿っての変位など
- ▲ 従来の地震反射法による広域反射面(いわゆる Horizon A など)についての地質学的確認
- ▲ 将来、資源探査などをはじめとする分野に広く波及効果をもたらすと考えられる探査技術の発展



写真③ 石油海洋掘さく装置の模型。ボタンを押すと装置は作動を開始し、同時に説明がイヤホンで聞ける(ワシントン Museum of History and Technology の展示物)

試錐技術の開発をのぞく他の諸目的は「海洋底の比較的浅部における地殻の直接的な観察並びにそのデータを用いての海洋底の発達史の探求」という言葉で表現することができる。この観点からはモホ面の探査を目的としその達成のためにたまたま海域が選ばれたという Mohole と DSDP の目標とはかなりの違いがある。

▲ もっとも古い堆積物

従来海域で探査された最古の堆積物は 大西洋では 下部白亜紀のものとしてこれは Horizon B (第10図 他参照) の露出地付近でのピストン・コアラーによって採取されたものといわれている。このように地震探査反射法よっての広域反射面(層) 音波の基盤の状況あるいは海床膨張説の立場から大西洋中央海嶺の翼部と北米に隣接するコンチネンタル・マーデンの間に最古の堆積物は求められるであろうという予測が樹てられた。バハマの San Salvador 島東方海域の試錐(第4および第5地点 第9図参照)によってジュラ紀後期(Tithonian)の堆積物がコアリングされた。この地層は石灰岩 チャート質 Turbidite ココリス軟泥等からなると報じられているが ジュラ紀後期の堆積物そのものの厚さや岩質などに関するデータは筆者の手元にはない。時代の判定は有孔虫 ナンノプランクトンによっている。

1961年の Mohole のときは太平洋側であるが中期中新統が 1965年の JOIDES では ブラック・プラトーでの中期晩新統(有孔虫による)が それぞれ確認された もっとも古い堆積物とされていた。

▲ 深海域での石油

メキシコ湾(Sigbee Plain)に帯状に分布する海丘群は ラモント研究所などの調査で約10年前に発見され 注目されていた。この海丘に対しては当初火山性起源が考えられたが 事後の重力 磁気探査の結果などからこれらが 粘土 頁岩のディアビルまたは潜在する岩塩ドームの地形的反影という説に傾いていた。DSDPの最初の地点はこの海丘の究明などのため メキシコ湾の中央部付近に実施された。海底下 450 フィートの石灰岩帽岩中には少量ではあるが重炭化水素とガスの含有が知られ それを含む帽岩は gypsum anhydrite もみられ さらにやや下位に硫黄と重炭化水素の残滓をみとめた。帽岩の時代は中新世とされ 海丘は岩塩ドームに密接な関連のあるものと解釈されるに至った。この帽岩の時代はその後 American Petroleum Institution の検討では花粉学的データもあわせてジュラ紀とされている。

メキシコ湾でのこの成果は参考資料50などで いち早く わが国にも紹介されているが 将来の油田開発 石

油鉱床の成因論 メキシコ湾の地史といった観点から重要な成果である。前記した米国地質調査所の実施している全メキシコ湾の構造探査も このような背景がとり入れられており 多くの岩塩ドーム様構造が地震探査反射法などで引きつづき発見されている。

▲ 深海部の堆積物の性状

大西洋の31地点54孔の試錐はとくに深海盆における堆積物の実態の1部を従来の採泥という概念を大きく打ち破って明らかにした。そのうちの2 3の点を記そう。大西洋を横断する第II航海(Leg II)では堆積物の基本的な2つの型を識別した。

{炭酸石灰の微細生物殻(とくに珪質-opal)を主体とするもの}...大西洋中央海嶺の翼部などの比較的水深の浅いところ

{灰~褐~赤褐色粘土(一般に無化石 パーミユダ東方では600m層厚に達する)}...海嶺~コンチネンタル・マーデン間の深海域

また 陸域から相当にへだたる大西洋 メキシコ湾のかなりの部分でも 地層のグレーディングなどから Turbidite と推定される堆積物の分布が広い。その Turbidite としばしば随伴して存在するチャートや石灰岩は顕著であり とくにチャートは北大西洋において連続して特定層準を占め広く分布するものと推論された。チャートは始新世の地層中において当時の堆積環境などを推定する上での重要な手がかりの1つとなりそうである。さらにこの層(層準)は後記のように地震探査の記録の解析 掘さく技術の上にも大きな影響を与えるものである。

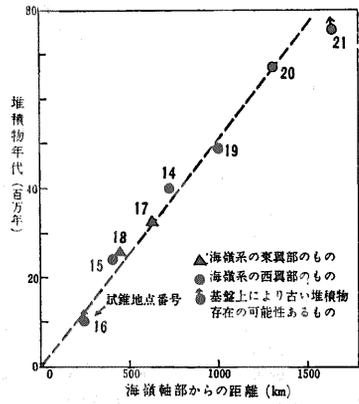
コアの古生物学的検討は おもに 有孔虫 プランクトン ココリス ラジオラリアによってなされ 堆積のよく連続しているとみられる場合に 標準的な古生物学的層序区分が獲得された。また 現世から上部白亜紀にかけての時代層序区分の重要な境界の設定に大きく貢献する資料がえられている。

現在 DSDPでのサンプルに関する室内研究は未だ完全に終了していないとみられるが 速報的に明らかにされている堆積物中の組成物質については 次のようである。普通一般にみられる構成鉱物などの外に 珍しい粘土類 沸石類 炭酸塩類があり このうちで attapulgite-sepiolite rhodochrosite dolomite clinoptilolite が注目されている。これらの一部は下位の火成岩からの物質の供給などの影響を示唆するものかもしれない。マンガン団塊は海底面下深部には顕著なものは存在しない。火成岩(後記の Basaltic のもの)直上の堆積物中にかなり多量の鉄酸化物やその他の金属酸化物の生成

第11表 南部大西洋海嶺の試錐(参考資料43 p. 65より転載)

試地番号	錐点号	堆積物層厚 (m)	磁気層序から推定される磁気異常の年代 (×百万年)	堆積物年代 (×百万年)	海嶺軸部からの距離 (km)
16		175	9	11	278
15		141	21	20.5	401
18		178	—*	24	490
17		124	34—38*	33	627
14		107	38—40	40	721
19		141	53	49	1,005
20		72	72	67	1,310
21		131**	—	76**	1,650

* 特徴ある磁気異常のパターンは不確定
** 基盤岩に達せず



第11図 (参考資料43p. 65図より転載)

がみられた例がある。ここでの堆積物(約60cm層厚)は特徴的な緑色を呈していて一種の鉄化作用であろうと注目されている。

▲ いわゆる基盤岩の問題など

大西洋の深海部の堆積物(ここではいわゆる第1層を大意意味する)は場所によってその層厚が大きく変化するようにであるがそのほぼ中位には地震探査反射法

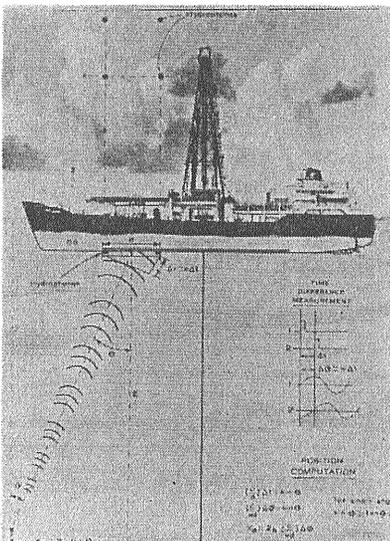
で追跡される広域反射層(Horizon A)がある(第10図)。その下位には音波的透明層があるがさらにその下位には地震探査での最下位の反射面があって通常音波的基盤などと呼んでいる。基盤という言葉から推量されるようにこの最下位の反射面はスムーズなものではなく記録はち密な岩層を予想させる。基盤すなわち最下位の反射層の上面を Horizon B と呼びこれを第1層と第2層の境界であろうと考える意見もある(参考資料51他)

第13表 グロマー・チャレンジャー号の要目・特徴・装備の概要

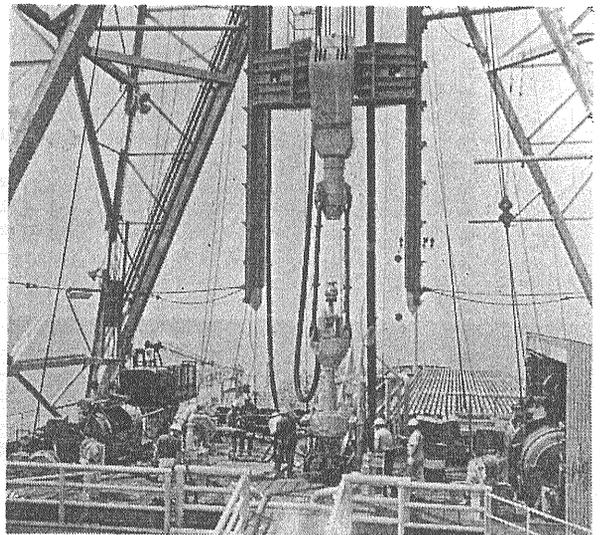
(ト ン 数)	10,500(装備時)	(所 属)	Global Marine Inc.
(デ イ メ ン シ ョ ン)	400×65×27 ¹ / ₂ (フィート)	(巡 航 速 力)	12.5(ノット)
(推 進 力)	トウイン・スクリュー各(GE752)750Hf電動機(乗員数他)	約70人(乗組員+研究)	
(船 位 固 定)	自動制御方式	者	90日間程度の航海可
(船 位 計 測)	レーダー ロラン ラジオ方向探知器	人工衛星観測(John Hopkins Univ方式)	
(掘 さ く 関 係)	ドローワークスー National 1625DE 槽—124フィート	懸吊荷重100万ポンド	
	まで ボーエン・パイプ・サブ	パイプ・ラック 他	
(平 衡 装 置)	ジャイロ式ローリング平衡システム	常通船の60%にローリングを抑止する	
(気 象 受 信 交 信 装 置)	9229E 複式 Automatic Picture Transmission (APT)	人工衛星写真受信	
	および陸上基地交信用	PDP85 デジタル電算機	

さて DSDPでは地震探査結果から従来注目されていた上記のような問題に対する地質学的な回答のいくつかが提出された。

Turbidite に伴って広域的な分布を示すチャート層フリント質層ないしはその付近の層準が北大西洋にお



写真⑭ Glomar Challenger 号と船位自動制御原理図(Ocean Industry 1968 10月より転載)



写真⑮ Glomar Challenger 号掘さくリグの一部 パワーサブを中央として右手にドローワークス 右手にサンド・ライン・リール デッキを越して5インチパイプ24,000フィートをのせているパイプ・ラックがみえる。(スクリッパ研究所版 工業技術院高瀬計画課長提供)

第 12 表 DSDP 大 西 洋 調 査 一 覧 (1968年 8月~1969年 3月)

Leg	HOLE NO.	POSITION		DATES	WATER DEPTH ft.	PENETR-ATION (SUBBOT-TOM), ft.	CORES	FOOTAGE CORED	CORE RECOV-ERED, ft	
		Lat.	Long.							
I	1	25°51.5'N	92°11.0'W	Aug. 12-16	9,259	2,528	9	254	164	
	2	23°27.3'N	92°35.2'W	Aug. 19-21	11,720	472	6	117	43.5	
	3	23°01.0'N	92°01.4'W	Aug. 21-22-23	12,294	2,059	11	320	154	
	4	24°28.67'N	73°47.52'W	Aug. 29-30-31	17,452	849	5	190	48	
	4a	24°28.68'N	73°47.52'W	Sept. 1-2	17,452	680	3	61	19	
	5	24°43.59'N	73°38.46'W	Sept. 4-5	17,567	263	3	90	21	
	5a	24°43.59'N	73°38.46'W	Sept. 6-10	17,567	914	7	129	5.75	
	6	30°50.39'N	67°38.86'W	Sept. 12-14	16,812	842	6	153	93	
	6a*	30°50.39'N	67°38.86'W	Sept. 14-15	16,812	78				
	7	30°08.04'N	68°17.80'W	Sept. 16-17	17,000	775	2	32	32	
7a	30°08.04'N	68°17.80'W	Sept. 18-19	17,000	972	3	65	15		
II	8	35°23.0'N	67°33.2'W	Oct. 4-6	17,006	847	3	90	15.5	
	8a	35°23.0'N	67°33.2'W	Oct. 6-8	17,006	1,030	4	115	10.0	
	9	32°46.4'N	59°11.7'W	Oct. 22-25	16,316	1,613	12	334	119.0	
	9a	32°46.4'N	59°11.7'W	Oct. 25-30	16,316	2,738	6	106	37.0	
	10	32°51.7'N	52°12.9'W	Nov. 3-7	15,458	1,505	20	561	251.0	
	11	29°56.6'N	44°44.8'W	Nov. 9-10	11,716	76	1	30	20.0	
	11a	29°56.6'N	44°44.8'W	Nov. 10-12	11,716	932	8	172	22.0	
	12a	19°41.7'N	26°00.0'W	Nov. 19-21	14,950	717	4	86	9.0	
	12b	19°41.7'N	26°00.0'W	Nov. 21-22	14,950	377	13	390	100.0	
	12c	19°41.7'N	26°00.0'W	Nov. 22-23	14,950	120	7	220	129.0	
	III	13	6°02.40'N	18°13.71'W	Dec. 3-11	14,986	1,591	10	194	123.5
		13a	6°02.40'N	18°13.71'W
14		28°19.89'S	20°56.46'W	Dec. 21-23	14,239	354	10	302	262	
15		30°53.38'S	17°58.99'W	Dec. 24-26	12,876	467	11	276	264.5	
16		30°20.15'S	15°42.79'W	Dec. 27-28	11,509	630	12	331	330	
17		28°02.74'S	6°36.15'W	Dec. 31-Jan. 2	14,017	280	4	120	110	
17a		28°02.74'S	6°36.15'W	Dec. 31-Jan. 2	14,017	334	4	114	114	
17b		28°02.74'S	6°36.15'W	Dec. 31-Jan. 2	14,017	344	2	60	28	
18		27°58.72'S	08°00.70'W	Jan. 3-4	13,172	557.5	7	176	174	
19		28°32.08'S	23°40.63'W	Jan. 7-9	15,337	476	12	341	319	
20		28°31.57'S	26°50.58'W	Jan. 10-14	14,700	..	1	..	..
20a		28°31.47'S	26°50.73'W	....	..	..	4	..	..
20b		28°31.47'S	26°50.73'W	....	..	..	2	..	..
20c		28°31.47'S	26°50.73'W	....	..	..	6	..	..
21	28°35.10'S	30°35.85'W	Jan. 15-7	6,928	..	9	..	..
21a	28°35.10'S	30°35.85'W	....	..	..	3	..	..
22	30°00.31'S	35°15.00'W	....	2,134	..	5	..	..
IV	23	6°08.75'S	31°02.60'W	Fed. 1-4	16,664	683	9	528	66	
	24	6°16.30'S	30°53.53'W	Fed. 4-6	16,889	770	4	120	20	
	24a	6°16.58'S	30°53.46'W	Fed. 6-8	16,889	1,831	4	115	10	
	25	10°31.00'S	39°14.40'W	Fed. 10-11	6,286	215	9	245	61	
	25a	10°31.00'S	39°14.40'W	Fed. 11	6,286	252	3	90	8	
	26	10°53.55'N	44°02.57'W	Fed. 14-20	16,954	1,586	5	140	27	
	27	15°51.39'N	56°52.76'W	Fed. 24-26	17,223	1,557	7	168	94	
	27a	15°51.39'N	56°52.76'W	Fed. 26-27	17,223	267	5	150	105	
	28	20°35.19'N	65°37.33'W	March 3-7	18,109	1,326	9	211	28	
	29	14°47.11'N	69°19.36'W	March 9-10	13,933	753	20	540	281	
	29a	14°47.11'N	69°19.36'W	March 10-11	13,933	283	5	150	11	
	29b	14°42.11'N	69°19.36'W	March 11-12	13,933	760	10	283	172	
	29c	14°47.11'N	69°19.36'W	March 12-14	13,933	813	4	60	4	
	30	12°52.92'N	69°23.00'W	March 16-17	3,994	1,411	16	436	195	
	31	14°56.60'N	72°01.63'W	March 19-21	11,049	1,066	10	300	135	

参考資料44 56他による Leg III NO. 18 孔の Penetration 5.575は557.5の誤りと考え改訂した

ける Horizon A の実態を示す可能性が濃い。太平洋では Horizon A に相当すると考えられる広域反射面は Horizon A' としてハワイ以西にみとめられるといわれているが DSDP の太平洋探査では 熱帯海域ではチョーク質の堆積層が 北西太平洋ではチャート層または珪化火山灰層が これらを代表するものであろうとの結果がえられている。

音波的基盤とみられるものは大西洋探査の10地点でコアされた いずれも玄武岩質の岩類である。多孔質の変質玄武岩 ピロ玄武岩などであるが その堅硬な岩質から最長のコアは約3mにすぎないといわれる。これらの玄武岩類のみによっていわゆる第II層の上部あるいは主部が代表されるのであろうか。これら玄武岩類(溶岩)の下位にはもはや堆積物が全く存在しないのだろうかといった課題に対する解決の糸口が、今回の DSDP を通じて具体的に提起されたことは重要である。

▲ 海床膨張説への裏付け

昨年大西洋探査の第IIおよび第III航海では 大西洋中央海嶺系を横断して この海嶺系(Ridge System)の構造発達に関する調査が とくに 海床膨張説の実証的検討の目的で実施された。

北部大西洋で中央海嶺を切った第II航海での5地点における結果は 基盤岩上に最初に沈積した堆積物は海嶺軸に近づくに従ってより若く、また 地震探査でかねて予測されていたように、それらの厚さは海嶺軸の方向に薄化する一般傾向が示された。第III航海の8地点での成果は やや 異なり(第11表 第11図)堆積物の厚さにはほとんど変化がないが 堆積物の年代と海嶺軸との距離の間には函数関係が成立する。この堆積物の厚層に変化が乏しい点は堆積速度の地域的差異などに説明の根拠が求められている。また 堆積物の時代と距離(海嶺軸からの)の相関は磁気層序論的立場からの予測ともよく一致するといわれる。海床の膨張速度は1~4cm/年と推算された。

● 船上試錐法を中心とした探査技術

Mohole から DSDP に至る試錐はいずれも船上法であってその技術 装備も相次ぐ改善・開発により驚異的な記録の誕生が相つづいている。

▲ 試錐船

第10表にみられるように DSDP のものももっとも大きい。Mohole JOIDES の場合は既存の石油掘さく船の改造であるが DSDP でのグローマー・チャレンジャー号は 前記のように新造船であってこの事業のための

専用船のような感がある。その要目などは第13表に概略を示すが 掘さく装置は無論のこと 次に示す点はとくに見落すことはできぬであろう。

船位計測と船位固定装置:

外洋での渡洋調査であり しかも試錐の位置は既往のデータ 試錐の事前調査(後記)のデータから綿密に検討されたものであって 船位の計測はゆるがせにできない。試錐にかかる前に本船は自ら音探 測深 底質採泥などを行ない その結果を予め行なわれている事前調査のものと照合させながら正確な掘さく点上に船を誘導する。これには人工衛星観測が利用されていて 観測条件(利用する衛星の数等)にもよるが 位置の精度は90~185m程度に維持されるといわれる(参考資料42 52他)

船位固定は自動制御(automatic positioning)によることはもちろんでこの技術は Eureka号(海洋石油掘さく)以来 Mohole JOIDES を通じての伝承技術である。海底に下したビーコンからの信号をうけてサイド・スラスタなどを駆動し 船位を試錐孔上に固定するものであり 次の記録がある(参考資料42 53他)

パーミユダ海域(水深5,299~5,333m)12日昼夜連続船位固定
風速30ノットの突風中でも船位固定可能
静穏海況時の固定は25~33m 通常時38m程度以内

この船位固定技術が掘さく装置の優秀性と相まって DSDP を成功に導いたのはここに述べるまでもない。

気象観測および交信装置:

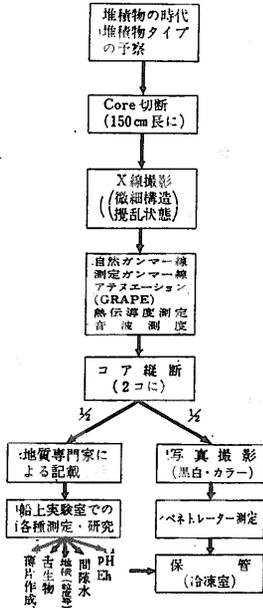
海上気象の予知が試錐作業などの能率・安全の確保から重要な仕事であることは海上石油採取などの場合と同様である。メキシコ湾の石油採掘ではハリケーンなどの気象情報入手の手段が入念に構じられているが 外洋での DSDP 作業では通常の気象予報網から外れるため 試錐船上に環境科学事業局(ESSA)の気象官が常駐し 衛星(ESSA Nimbus)からの雲写真(Cloud Picture)を受信し その他の気象情報とあわせて常に気象の変化を注視する。掘さくで一旦下降したロッドなどの回収には15時間程度もかかることがあって 気象変化の予測が緊要である。さらに 試錐点への船位導入 試錐で獲得されたデータの検討などのため陸上基地(現在は DSDP 責任担当のスクリップス研究所)との交信が不可欠で電送電信装置(第13表)を有している。

▲ 掘さく装置と技術

海洋の石油掘さく技術を中心として発展してきた技術は Mohole→JOIDES の試練をへて高度の段階に到達し

第14表 JOIDES 試錐の掘さく作業の時間分布 (参考資料55による)

作業区分	作業内訳	作業時間	全作業量に対する%
位置決定	海流測定 船位 底質サンプリング 船位固定 自動制御装置降下など	34.25	4.7
試すい点上の掘さく準備	器材準備 ベースプレートのセット 掘管降下など	43.50	6.0
掘さく・コアリング	(掘さく コアリングそれぞれの精密な時間割り振りは) 不能	261.50	36.3
器具の交換	ハバースター ベースプレートの引き上げ ビット交換など	47.25	6.6
検層		29.00	4.0
掘さく停止	休養 検層の泥水注入 清水テスト他	32.50	4.5
碇泊期間	物資補給 器材の積下し	102.75	14.3
移動	試すい点へ港往復	196.25	23.6
(計)		720.00	100.0



第12図 船上のコア処理系統図

前記の船位固定法などとの組み合わせで水深 6,035m 海底下掘さく836mの記録 (大西洋調査) を残した (第12表他)。

グロマー・チャレンジャー号搭載の試錐装置は 第13表にその概略をのせてあるが 掘さく法とあわせてその特徴ともいうべき点にふれてみよう。

まず 今回のような外洋・深海での掘さくで解決を要すると考えられていたことには次のようなものがあった。

- ・作業水深の3%程度の許容範囲での船位固定
- ・船のエンジンなどからパイプ・システムに与える振動 (共鳴現象を起こす) の防止
- ・耐撃性 耐蝕性ある強いロッドなど
- ・重量指示計の改良
- ・トラベリング・ブロックおよびパイプ・システムへの回転伝達装置

以上のうち船位固定の成功については前記したが 他の項目についても 新しい装置・器具の開発・改善によって ほぼ 満足すべき状態に達した。船上から延々と下降するパイプ・システムはコンピューター計算による“S-135プログラム”を採用し テーパーなしのロッドを連結 これに5フィート間隔にゴム環をはめて共鳴振動防止に成功している。ロッドは外径5インチでパイプ・システムの先端部には もちろん ビットおよびコア・パーレルその上位に5コのドリル・カラー その中間部にバンパー・サブを接続している。ロッドの回転はパワー・サブによっていて従来のケリー・ターン・ター

ブルは使用せず トラベリング・ブロックもサンド・ライン コア・パーレルを通過できるような特殊設計といわれる。ロッド類は第I航海終了時に内部ブレンダーによって検査されたが全く損傷 腐蝕はなかったと報告されている。ビット類は軟岩用 (タングステン・カーバイド) 硬岩用 (ダイヤモンド) の数種が準備・使用されたが 試錐孔への再挿入 (Re-entry) 技術がいまだ開発されていないことから硬い岩層などの掘さく長は大きくない。前記した北部大西洋に広範にわたって賦存することが確認されたチャート層などの掘さくは今後の問題として大きくクローズアップされている。軟岩用ビットなどの寿命はそれでも1コで約1マイルといわれている。大水深における Re-entry 技術の開発は 現在 スクリップス研究所などでの技術開発に明るい見通しがもてるといわれているが 今後の最重要課題のうちの1つであることは間違いない。なお コアリングはワイヤー・ライン法であり 検層は地質状況 試錐孔の状態をみて次のようなものが行なはれる。

γ 中性子 γ-γの各検層 電検 (自然電位 比抵抗) 速度検層 熱伝導度測定 加速度測定 (accelerometer log)

JOIDES (1965年 Cardrill 号) の場合の試錐作業に関するデータの1つを第14表に示す。

▲ 試錐位置決定のための事前調査

広い意味での調査技術にふくめられるものとしてこの事前調査に言及するが これは高価な試錐の予備段階として重要性をもっている。

大西洋調査では Vema 号 (ラモント研究所所属) 太平洋では Argo 号 (スクリップス研究所所属) が試錐予定地の先行調査を行なっている 予定地の周辺 (50マイ

ル平方程度)について測深 地震探査(反射) 磁気
重力 地熱流測定 海底撮影 底質(ピストン・コア
ー)の調査を実施してこれを既存のデータと対比し 試
錐点の選定と掘さくに必要な地質情報を提供している。
この場合 観測値の有効利用の観点から船位計測の精度
はきわめて大切であるので 先行調査でも衛星観測が行
なわれる。太平洋カリフォルニア沖の事前調査などには
地質調査所が参加・貢献している。

▲ 船上でのコア観察など

少し細部に入りすぎるときらいがなくもないが船上での
コア観察の手順などを第12図として示した。 容器にとり
出されたコアは直ちにその最上部と最下部から小片が
切りとられて堆積物の時代とそのタイプの決定(暫定的)
がなされるが これは掘さくの継続の可否 継続される
場合の以後のスケジュールを定めるものとし重視される。
時代決定は古生物(有孔虫 ココリスなど)によって迅速
(15分間位)に実施され 掘さく担当に伝達される。
X線撮影は葉理スケジュールの含有などの状況と掘さく
によるコアの攪乱状況の判定の1つのデータをうるため
であり 自然ガンマー線測定は堆積物タイプの決定(K
の含有概況などの予測) ガンマー線アテヌエーシ
ョン(GRAPE)は含水率 孔隙率測定に関係したもので
ある。 これらのコア試料は当然のことながら以後陸上施
設によって本格的な測定 研究をうけるわけである。

DSDPは今後印度洋をも対象としさらに米国側の大西
洋 太平洋をおもな調査地として継続されるとの話して
ある。(つづく) (筆者は 石油課長)

参 考 資 料 (前回からの通し番号)

19. 石井吉徳・黒岩敦: 地震探査(反射法)最近における物理
探査の進歩(20周年記念)物理探査協会 1968
20. 中条純輔・森喜義: 音波探査 同上
21. 陶山淳治: 空中磁気探査 同上
22. 陶山淳治: 海域の物理探査 工業技術 vol. 10 no. 2 1969
23. 石和田靖章: 探査技術と問題点 Ocean Age 1969(10月)
24. U. N.: Mineral Resources of The Sea E/4680 1969
25. F. F. Wang M. J. Cruickshank: Technological Gaps
in Exploration and Exploitation of Sub-sea
Mineral Resources OTC 1031 1969
26. 木村重正: 炭田深部構造のための音波探査法に関する実験
的研究 サンコーコンサルタントK.K. 1967
27. 日本石油コンサルタント K.K.: 海洋石油開発 石油開発
公団編 1969
28. U. S. Geological Survey H. G. Greene 氏などの談話
29. R. L. Jenkins & A. H. Lense: Marine Heavy Mineral
Project Offshore Nome, Alaska USBM
Technical Progress Report 4 1968
30. Giant Deep-Water Oil Province of Future? Ocean
Industry 1969 (5月)
31. U. S. Geological Survey H. L. Berryhill 氏らの談話
32. A. H. Stride, J. R. Curray, D. C. Moore, R. H.
Belderson: Marine Geology of The Atlantic
Continental Margin of Europe Philosophical
Transactions of the Royal Society of
London vol. 264 no. 1148 1969
33. 資源技術試験所海洋資源開発研究班: 海底鉱物資源開発へ
の道 探鉱と保安 vol. 15 no. 2 1969
34. J. L. Hough: Bottom-Sampling Apparatus Recent
Marine Sediments (P. D. Trask 編) 1934
35. 地質調査所編: 図解ボーリング便覧 ラティス 昭43年
36. 水野篤行: 水質底質調査入門 ラティス 昭43年
37. M. J. Cruickshank: Mining & Mineral Recovery
Under Sea Technology Hand book Direc-
tionary 1968
38. 丸山修司: パイロ・ハンマー試錐機 地質ニュース
第152号 昭42年
39. E. I. Kudinov(岸本文男訳): パイロ・ピストン採泥器
地質調査所月報 vol. 13 no. 6 昭37年
40. 河内英幸他: 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 その2) 地質調査所
月報 vol. 18 no. 10 11 1967
41. U. S. Geological Survey H. Nelson 氏らの談話
42. D. M. Tayler: The Challenger's adventure begins 他
Ocean Industry 1968 (10月)
43. The Glomar Challenger Completes Atlantic Track
他 Ocean Industry vol. 4 no. 5 1969
44. T. H. Van Andel: Deep Sea Drilling for Scientific
Purposes Science vol. 160 1968
45. 加藤正和: 深海掘さく計画(摘録)石油技術協会誌 vol.
33 no. 2 1968
46. W. E. Yasso: Oceanography Hol, Rinehart & Wins-
ton, Inc. 1965
47. E. L. Gealy T. A. Davies: The Deep Sea Drilling
Project Geotimes 1969 (2月)
48. 河内英幸: モホール計画における海上ボーリングの問題点
について 地質ニュース 第115号 1964
49. J. Schlee 他: JOIDES Black Panel Report, Cruise
Report and Preliminary Core log M/V
Cardrill 1~17 April to 17th may 1965
50. 藤井清光: 深海で発見された石油(摘録)石油技術協会誌
vol. 34 no. 1 1968
51. 齊藤常正: 海洋底の堆積物 科学 vol. 38 no. 4 1968
52. ウズホール研究所: A. E. Maxwell 氏らの談話
53. 山武ハウネル社: 海洋科学シリーズ no. 6904—YN
54. M. N. A. Peterson, N. T. Edgar: Deep Ocean Drilling
with Glomar Challenger Oceans 1969
(6月)
55. JOIDES: Ocean Drilling on the Continental Margin
Science vol. 150 no. 3697 1965
56. スクリップス研究所: DSDP 資料 Release Number 101
105 133
57. スクリップス研究所: Summary of DSDP-Leg 1~3
(1968年10 12月 1969年2月)