

英仏両国における海洋地質調査研究活動の現状

その1 英国 とくに地質科学研究所の活動を中心にして

井上英二

まえがき

海洋地質の調査研究は 近年 にわかにかんになってきた。これに伴って 海洋地質に関する情報・資料が急増し 多くの海外の資料がわが国に入ってきている。しかし それらの大半は米国あるいはソ連邦の資料であり ヨーロッパ諸国の海洋地質研究の資料 とくに調査研究活動についての彼等の最近の情報は ほとんど耳にしない。とはいえ 2 大国のはなばなしい活動に比べて 地味ではあるが ヨーロッパではそれぞれの国情に応じた独自の調査研究が進められていることは ときどき目にする数少ない資料から想像できた。

幸運にも 昨年夏から冬にかけて 筆者は英国およびフランスの海洋地質調査研究の実態を眼のあたりにみる機会を得た。ここにのべることは ヘロドトスにはおよびもつかないが 筆者の乏しい見聞にもついでつづった 英仏両国の海洋地質研究活動の一部である。もし このまとまりのない拙文が何らかのお役にたてば まことに幸甚とするところである。

謝辞： 拙文を草するにあたって 科学技術庁振興局国際課関係各位 同じく研究調整局海洋開発官付各位 在英日本大使館井出喜夫氏 在仏日本大使館堀内昭雄氏 さらに英国地質科学研究所第I大陸棚部 R. A. EDEN 氏 フランス地質調査所 G. SCOLARI 氏に厚くお礼申し上げる。

1. 体制と動向 - N. E. R. C. の役割

英国で海洋地質に関する調査研究は 地質科学研究所 (I.G.S.) 国立海洋研究所 (N.I.O.) をはじめ 大学その他の研究機関で広範に活発にすすめられているが これらの活動の総元締をする機関として N.E.R.C. (自然環境研究会議 National Environment Research Council) がある。N.E.R.C.は海洋科学ばかりでなく 英国の自然環境科学研究 とくに地球科学の分野で大きなウエイトを占める重要な機関であるので N.E.R.C.の機構について はじめに少しくわしく説明しよう。

N.E.R.C.は教育科学省に所属し 自然保存会議の業務を受けついで 自然環境と天然資源に関する科学研究を企画し 推進する目的で 1965年 6月に設立された。

N.E.R.C.に関係する科学分野は 地質学 地球物理学

地球化学 海洋物理学 海洋生物学と水産 淡水生物学と水産 生態学 水理学 森林および気象学など多岐にわたっている。

会議の構成メンバーは V. C. WYNNE-EDWARDS 教授を議長として 各科学分野の教授 科学者からなる15名それに気象庁 農林水産食料省 防衛省 住宅地方省 スコットランド庁 水資源庁 農業研究審議会 医療研究会議 科学研究会議 社会科学研究会議の各代表者からなる10名の評定委員 計25名で構成される。

N.E.R.C.の現在の業務は 水質汚染 沿岸海洋研究 海洋工学 国際間海洋研究 南極調査 地質および地球物理調査研究 海底の地質研究 水理学 陸上生態学と動植物保護研究 地理 土地利用 森林調査に関係するほか これらの科学に関する大学の研究に 補助金交付 特別研究員制度 奨学金などの手段によって援助を行なっている。さらにスコットランド海洋生物協会 連合王国海洋生物協会 淡水生物協会その他の学術的団体に助成金をだしている。

また N.E.R.C. は 第1表のような研究所その他の施設を所有し これらを通じて N.E.R.C. みずから調査研究活動を実施する。

N.E.R.C.の予算は 議会の承認を得てのち 教育科学省から交付される。1969年度の N.E.R.C. の総経費は 1,183万ポンド(約102億円)であり このうちの70%ちかくが傘下の10研究所・機関の経費にあてられた(第2表)。また経費を事業別にみると第3表のように 海洋科学の占める割合が総経費の1/4強であることがわか

第1表 N.E.R.C. 所属の研究所及び施設の経費 (1969年度)

機 関 名	経 費 £	比 率 %
英 国 南 極 調 査 所	1,880,307	23
藻類・プロトゾア養殖センター	105,025	1.3
森 林 調 査 研 究 所	1,294	0.2
沿 岸 海 洋 潮 汐 研 究 所	134,403	1.6
地 質 科 学 研 究 所	2,751,186	33
水 理 研 究 所	285,110	3
国 立 海 洋 研 究 所	866,989	11
自 然 保 護 局	1,583,772	19
調 査 船 舶 部	557,242	7
沿 岸 堆 積 部	7,589	0.9
計	8,172,917	99.9

(N.E.R.C. 1969年度年報²⁾による) 注. 1 £ = ¥864

第2表 N. E. R. C. の全経費の概要

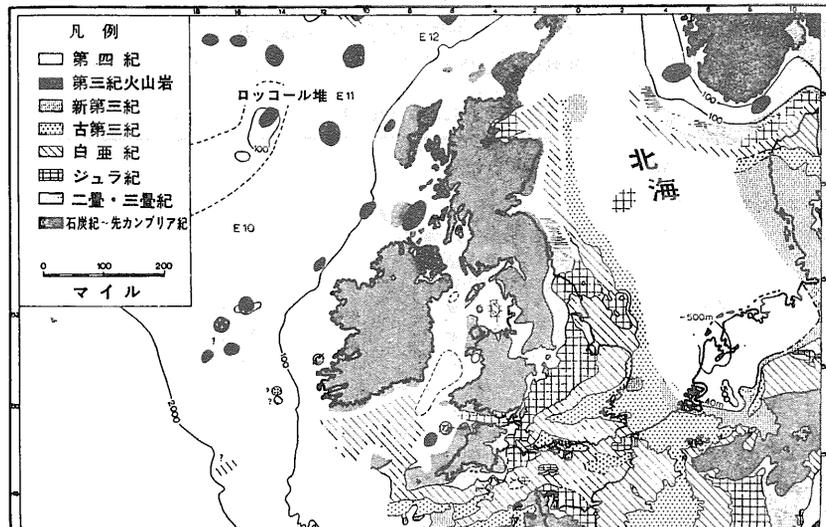
項 目	経 費 £	比 率 %
N.E.R.C. 所属の研究所及び施設に関する経費	8,172,917	69
各種協会、研究所への助成経費	1,290,531	11
本部費及び大学等の助成経費等	2,371,552	20
計	11,835,000	100

(N.E.R.C. 1969年度年報²⁾による)

注. 1 £ = ¥864円

る。いささか余談になるが N.E.R.C.と地質科学との結びつきは大きく、このことは地質科学研究所 (I.G.S.) が N.E.R.C. 所属の研究所であり、予算面からみて N.E.R.C. の研究所関係経費の33%、事業別予算の37%がそれぞれ地質研究所経費および地質・地球物理関係の調査研究費用であることからみてもわかる。また N.E.R.C. からの大学奨学生 235 名中の 116 名が地質および地球物理関係の学生である²⁾。

このように N.E.R.C. は 自然環境科学の全分野にわたる調査研究活動を掌握しているが、海洋調査研究に関しては、その傘下の海洋学水産委員会、地質・地球物理委員会および鉱物資源諮問委員会の3会議に調査研究活動の直接の運営をゆだねている。これらのうち、海洋地質に関係する会議は地質・地球物理委員会と鉱物資源諮問委員会であって、前者は海底の地質および地球物理調査研究、後者は海底の鉱物資源に関する調査研究をつかさどる。この2委員会は教育科学省によって後援されている。また、地質・地球物理委員会は、地質科学



第1図 英国周辺大陸棚の地質概略 資料 D. T. DONOVAN 博士 (1968) による¹⁰⁾

第3表 N.E.R.C. の事業別経費 (1969年度)

事 業 分 野	経 費 £	比 率 %
陸 域 地 球 科 学	3,515,096	29.7
海 洋 科 学	3,123,417	26.4
(a) 海 洋	2,299,293	19.4
(b) 海 底	824,124	7.0
陸 域 生 態 学 と 保 護	1,865,776	15.8
森 林	142,871	1.2
内 陸 水	761,836	6.4
(a) 水 理 学	358,747	3.0
(b) 淡 水 調 査	403,089	3.4
南 極 極	1,880,307	15.8
大 気	41,882	0.4
実 験 カ ル ト グ ラ フ ィ	39,310	0.3
会 議 本 部	462,839	4.0
国 際 協 力	1,666	—
計	11,835,000	100

(N.E.R.C. 1969年度年報²⁾による) 注. 1 £ = ¥864

研究所 (I.G.S.) の業務の監督、海底構造調査に関する大学その他の研究機関へ、助成金を交付する。同委員会には、評定委員として、農業水産食料省、海軍局、動力省、原子力局、住宅地方自治省、農業調査審議会、スコットランド家庭健康局および北アイルランド商業省の各代表者が出席する。

以上の3委員会は、それぞれの分野で業務を遂行するが、これらを含めた全体の政策および重複分野の調整は、N.E.R.C. の最高会議で決定される。

海洋地質調査研究に関する官・学の活動は、N.E.R.C. の地質・地球物理委員会と鉱物資源諮問委員会とによっ

て、計画、予算配分、成果の評価を通じて、推進されている。さらに N.E.R.C. は、所属の調査船舶部 (R. V. U.) を通じて、研究所及び大学に調査船舶を提供する。

このように、英国における海洋地質調査研究体制は、N.E.R.C. のもとに、かなりまとまって、効率的なものであるといえよう。海洋地質調査研究における数年来の動向をみると、1969年4月に N.E.R.C. の海洋科学技術に関する答申が議会

に提出された。これによれば石油・天然ガスをはじめとする海底鉱物資源開発の重要性にかんがみ沿岸部の鉱物資源調査および英国領海大陸棚の地質・物探調査の緊急性が説かれておりとくに石油・天然ガス資源探査に関しては予算の大幅増額によって従来地質科学研究所の手で行なわれていた深部物理探査を他の調査機関に手伝ってもらってスピードアップすること物探結果をチェックするための数本の構造試錐を実施することの必要性が勧告された。

勧告に対する議会の反応は N.E.R.C.の海洋関係予算の大幅増額につながるとみられ 1969年度 N.E.R.C. 海洋基礎調査研究関係予算312万ポンド(約26億9,800万円)は 1966年度の151.5万ポンドの106%増となっている。

N.E.R.C.は 予算の増額とともに大陸棚の基礎調査を強化するため地質科学研究所に海洋地質調査部門を新設し調査船舶部を移転整備し調査船チャレンジャー号(830トン)ほかの建造にとりかかっている。

以上のように英国政府は公害対策等とともに海洋に関する基礎的調査研究のため体制を整備し予算増額を行なうなど海洋開発に力を注いできている。

2. 調査船舶部 R.V.U. と調査船

海洋地質調査研究には調査船は不可欠であり調査船の性能隻数運用効率は調査研究の成果に大きく左右する。さきのべたように N.E.R.C.は調査船を十分に諸研究機関に供給し運用を効率的に行なって調査研究の成果をあげさらに増大する調査需要に応じべく新調査船の建造を行なうため調査船舶部(Research Vessel Unit, R.V.U.)を所有する。

R.V.U.は1969年にプリマスからウエルズ南部のバライに移転し仮屋ながら実験所はじめすべての施設の建造が行なわれている。R.V.U.の海洋部門は調査船の運用を行ない新調査船の発注建造の監督を行なう。いっぽう科学部門は調査船の科学調査運航スケジュールを決め不足分は会社等の所有する調査船舶を備船して研究機関に提供しあるいは航海に際して物理探査用機器水中テレビ等の調査用機器および機器のオペレーターを研究機関に貸与する。たとえば1969年度には N.E.R.C.所属の調査船ジョン・ミュレイ号をヘブリデス東地中海北西アフリカ沿岸など11の航海に使用したほか4隻の調査船を備船して延べ16カ月の調査航海に従事させた。

英国の海洋調査船について米国の海中工学ハンドブック⁹⁾は25隻の調査船をリストアップしているがこれらの大半は水産調査船であり海洋地質調査を行なうこ

第4表 英国の主要海洋調査船(海洋地質調査可能船舶のみ)

船名	重量	長さ	備考
ディスカバリー (Discovery)	約2,800	260	総合海洋調査用 国立海洋研究所使用
ジョン・ミュレイ (John Murray)	560	130	"
ヴィッカーズ・ヴェン チュラー (Vickers Venturer)	600	118	潜水調査船パイシス号母船 地質調査可能
サーベイヤー (Surveyor)	570	—	物理探査専用
ホワイトソーン (Whitethorn)	+2,000	260	試錐・サンプリング専用 I.G.S.使用
チャレンジャー (Challenger)	830	—	総合海洋調査用 1971年5月完成予定
シャクルトン (Shackleton)	+1,000	—	総合海洋調査用 改造中

とができる調査船はそれほど多くない。第4表に示した調査船は筆者の手許にあるとばしい資料から抜粋したものである。これらのうちディスカバリー号とジョンミュレイ号は N.E.R.C.の海洋調査活動の中心になる2支柱である。前者は英国最大の総合海洋調査船であり国立海洋研究所によって主として使用されている。この船は大洋では人工衛星航法を行なうことができ物探記録を船上のIBM電算機で処理する能力をもつ。後者はもと他政府機関のトロール船であったが1965年に N.E.R.C.に譲渡されたのち総合海洋調査船として大改造された船である。主として大学および地質科学研究所の調査研究に使用されている。ヴィッカーズ・ヴェンチュラー号はヴィッカーズ社に所属し潜水調査船パイシス号の母船として建造された船で潜水調査船を搭載する後甲板が海底地質作業用の場として利用できる。サーベイヤー号は貨物船を物理探査専用船に改造した船齢20数年の老朽船であるがブリッジ下の船室に各種物探記録装置後上甲板に物探用送受信器と発動機を装備し船倉には船上重力計設備および製図室が設けてあり使用してみるとかなり便利な船である。

ホワイトソーン号は6年前に建造された鉱石船であったが1969年から1970年にかけて地質科学研究所の大陸棚調査用の簡易試錐および地質サンプリング船としてジョージ・ウインピー社(George Wimpey & Co. Ltd, 土木建設会社)によって改造された新鋭の試錐専用船である。

改造にあたっては同研究所とウインピー社との間に5カ年間同船を使用する契約が交された。同船は試錐のために6個のアンカーとバウラスター(自動船位保持装置)を有し船位の固定にすぐれた性能をもっており前甲板上から舷側方へ油圧によって張りだす試錐

台から 試錐を実施する。この種のものとしてはきわめてすぐれた船である。

以上のほかになおいくつかの調査船があるかと思われるが 残念ながら筆者の見聞するところとはならなかった。おそらく 以上が大体において 地質調査活動にたえ得る代表的な船舶であろうと思われる。

現在 N.E.R.C.は以上に加えるに 総合海洋調査船を建造中であり これは1971年5月に完成の予定である。さらに N.E.R.C. は 大洋の調査に耐える長さ 250ft の総合調査船の建造を経費 200 万ポンド(約17億3千万円)でもくろんでいる。このほか南極用観測船であったシャクルトン号を総合調査船に改造することになっている。加うるに 沿岸調査用の小型船舶数隻を建造あるいは計画中である。

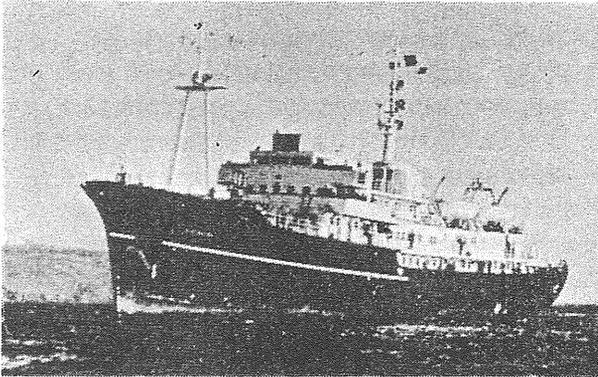
潜水調査船には 1隻のサーヴ号と 数隻のパイシス号とがある。前者は海中・海洋グループとよばれる民間企業によって建造された英国最初の潜水調査船である。長さ11ft 2名の塔乗員をのせ 水深約200m潜水する。パイシス号は サーヴ号よりもはるかに性

能がよく 可能水深約 1,000m 塔乗者3名 潜航時間公称72時間であり 1970年の6月から7月にかけて連日2回4時間ずつ潜航 調査した実績がある。わが国の潜水調査船“しんかい”に比較して ひとまわり小さく内部もはなはだ窮屈であるが 軽便さと機能的な点において “しんかい”をしのぐように思われた。この潜水船はヴィツカース社所属であり その母船は さききのべたヴィツカース・ヴェンチュラー号である。

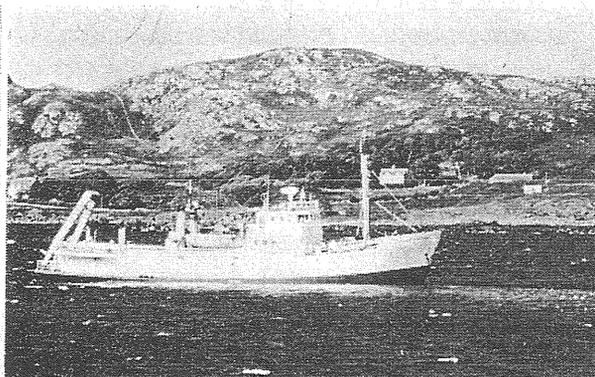
以上のべたように 英国政府は調査船の整備・強化および効率的運用を図っているので 近い将来 英国における海洋地質調査可能調査船は 質・量ともにいちじるしく充実するであろう。

3. 主要研究機関の活動状況

海洋地質調査研究にたずさわっている研究機関は 第6表のように20近くあるが これらのなかで 積極的に活動し あるいは実績をあげてきたのは N.E.R.C. 所属の地質科学研究所 国立海洋研究所 大学のブリストル大学 ケンブリッジ大学 ロンドン大学インペリアル・カレッジおよびユニバーシティ・カレッジ リバプール



ディスカバリー号 (Discovery) 2,800トン



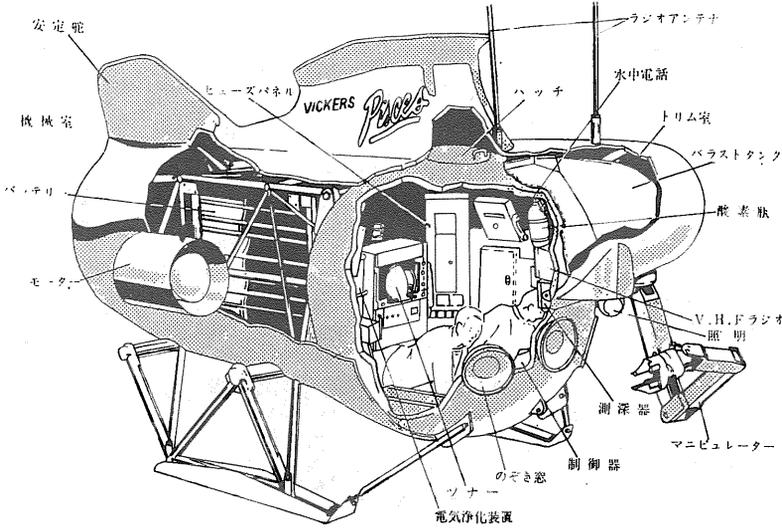
ヴィツカース・ヴェンチュラー号 (Vickers Venturer) 600トン



ジョン・ミュレイ号 (John Murrey) 560トン



ホワイトソーン号 (Whitethorn) 2,000トン



第2図 潜水調査船 パイシス号の構造

第5表 英国の潜水調査船

船名	水深	耐潜航時間	搭乗員数	重量 (潜水時)	外殻材料
パイシス号I型	フィート 1,800	時間 72	2名	7トン	アルゴマ44
II・III型	3,000	72	機織研究 2	12	A242スチール
IV・V型	6,500	72	2	10	HY100スチール
サーヴ	1,000	36	2	6	スチール

資料¹⁾による。

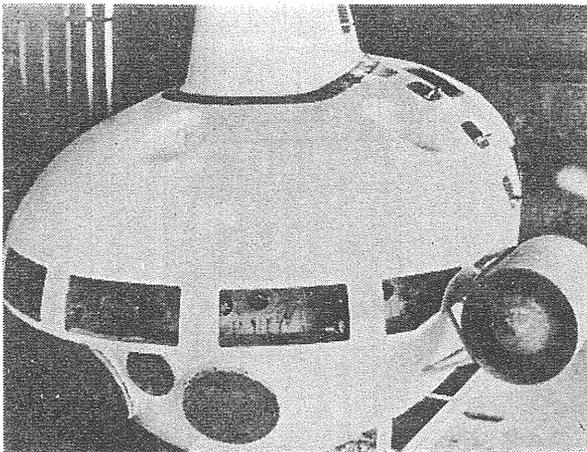
大学 ダラム大学の8研究機関である。ここでは筆者が在勤あるいは探訪し、見聞して資料を得た地質科学研究所、国立海洋研究所、ロンドン大学の活動状況だけに言及し、とくに国家的計画にしたがって組織的調査を大陸棚に展開している地質科学研究所について、少しくわしく説明したい。海底の物理探査・古磁気の研究・大陸漂移問題について名声を馳せるケンブリッジ大学

の地質・地球物理部門を紹介できないのは残念であるが、またの機会に紹介することにしてしよう。

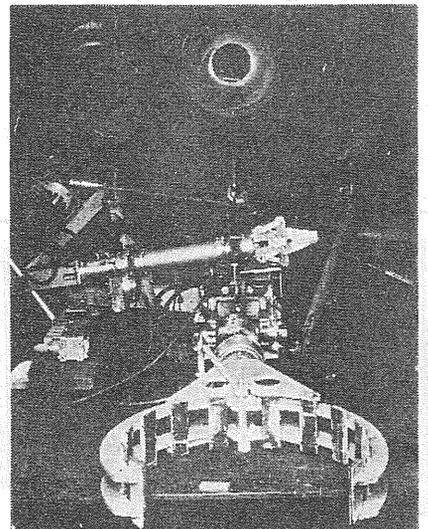
なお、海洋地質調査研究の範囲は大雑把にいつて大陸棚が地質科学研究所、大陸斜面以深及び海外の海洋が国立海洋研究所および大学、そして前者が大陸棚の鉱物資源開発を目的とした基礎的のマッピングに主体をおけば、後者は海洋地質の基礎研究や調査技術の開発に重点をおいている。

i) 地質科学研究所 (Institute of Geological Sciences 以下 I. G. S. と略称する)

同研究所は1965年に、それまで別の機関であった地質調査所、応用地質博物館、海外地質調査所の3者が合併してできた地質の総合機関である。現在 I.G.S. の庁舎は本部と博物館がサウスケンジントンにあって、同じロンドンのそれぞれ異なった場所に南部地域地質部、地球物理部および地球化学部が分室として存在する。支所は2個所で、ひとつは北イングランドのリーズ支所、他はスコットランドのエディンバラ支所である。さらに北アイルランドのベルファスト



潜水調査船 パイシス号



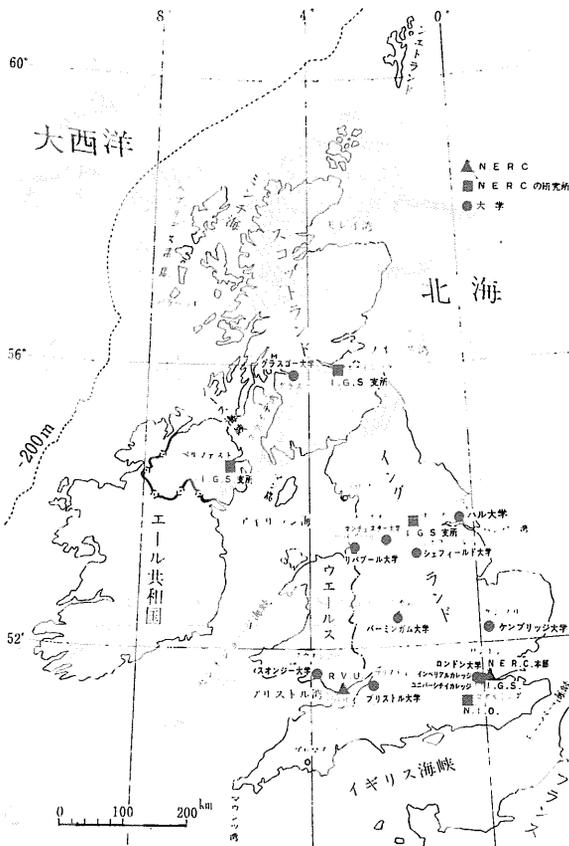
潜水調査船 パイシス号II型のマニピュレータ

第6表 英国におけるおもな海洋地質研究機関

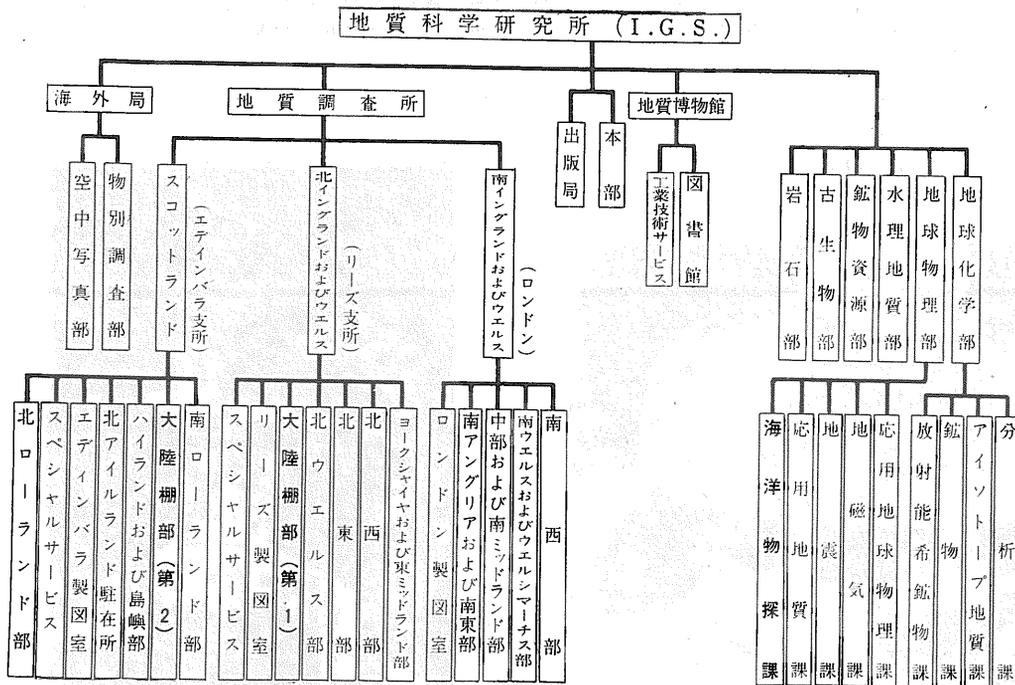
研究機関	主要担当研究者
N. E. R. C. 地質科学研究所	J. E. WRIGHT R. A. EDEN R. McQUILLIN
国立海洋研究所	A. H. STRIDE A. S. LAUGHTON
大学	
パーミンガム大学	PROF. F. W. SHOOTON
ブリストル大学	PROF. W. F. WHITTARD
ケンブリッジ大学	PROF. E. BULLARD
ダラム大学	
エディンバラ大学	PROF. PRICE
ハル大学	
ロンドン大学	
{インペリアル・カレッジ ユニヴァーシティ・カレッジ	PROF. J. S. TOOMS PROF. D. T. DONOVAN
リバプール大学	
マンチェスター大学	PROF. E. A. VINCENT
リーディング大学	PROF. P. ALLEN
スウォンジー大	PROF. F. H. T. RHODES

注. 資料²⁾にもとづいて編集.

に駐在所がある。支所・駐在所はそれぞれの地域内での地質業務を行なっている。所長は数年前ダラム大学教授から転任してきた K. C. DUNHAM 博士である。研究者および一定の資格がある職員数は 全所で約 600 名 そのうちリーズ支所が73名 エディンバラ支所が55名 および北アイルランド駐在所が5名を占めている。



第3図 海洋地質関係機関所在地



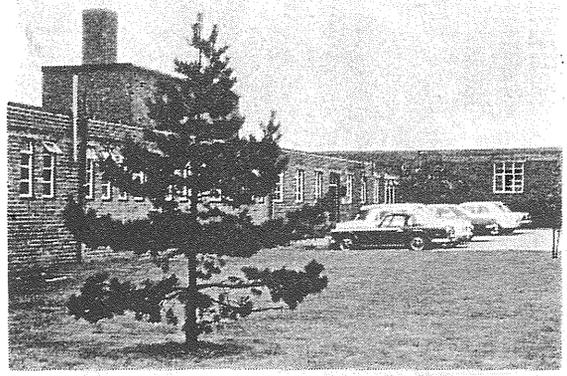
第4図 地質科学研究所の組織 (資料 6 による)

海洋調査部課と人員： ロンドンの地球物理部に海洋物探課（研究者12名） リーズ支所に第Ⅰ大陸棚部（研究者6名） エディンバラ支所に第Ⅱ大陸棚部（研究者7名）がある。これらの調査分担は 海洋物探課が英国周辺大陸棚全域の物理探査を行ない 第Ⅰ大陸棚部はイングランド周辺海域 第Ⅱ大陸棚部がスコットランド周辺海域の海底試料採取調査を分担する。これら3部課の設立は1967年以降であり 第Ⅱ大陸棚部がエディンバラ支所庁舎から離れて 海岸の新家屋に移転し本格的な活動をはじめたのは1969年からである。

大陸棚部の業務の多くは 海上作業によって占められるが 採取した試料処理もまた 同部の実験室で行なわれる。しかし 試料の岩石学的研究 生物処理 各種化学分析等については 他の専門部課が全面的に協力するのはいうまでもない。

海洋地質業務内容： N.E.R.C.の大陸棚調査5カ年計画にもとづいて I.G.S. は組織的な調査を英国領域内の全大陸棚にわたって実施し 石油・天然ガスをはじめとする有用鉱物資源開発のための基礎的資料を提供する。また石油・天然ガス資源開発については 民間企業と契約して海底 4~6km 下の地下深部の物理探査を実施するとともに 深部試掘を行なう。さらに開発中の北海ガス田の調査資料を収集・解析して 開発促進の資料を提供し 同時に動力省の同ガス田の鉱業権の調整のための基礎資料を作成している。また 海洋地質調査部課の直接の業務ではないが 砂礫資源開発のためのドレッジ技術の研究や 砂鉄・砂錫等の未利用資源の局所的な調査と資料収集を行ないつつある。

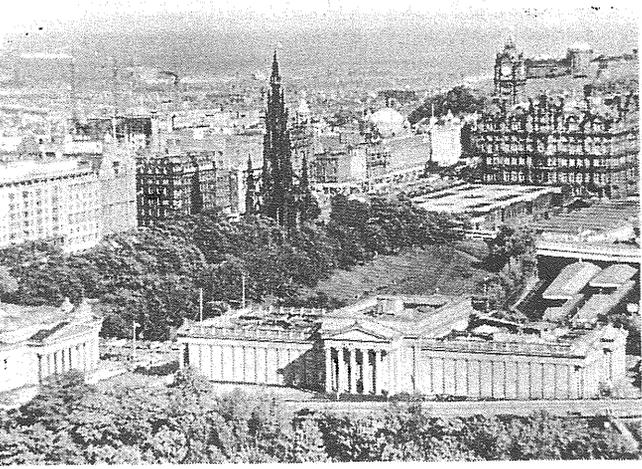
以上のように I.G.S. の海洋地質業務は 調査研究がいかに基礎的であっても 海底鉱物資源開発が大前提となっている。



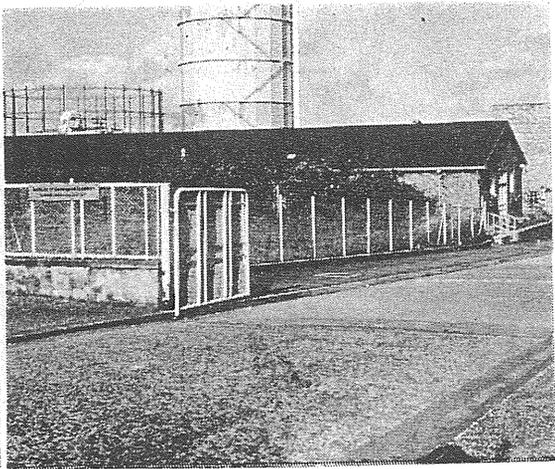
I. G. S. リーズ支所

1969年度までの調査活動： I.G.S. のレポート^{13) 14) 15) 16) 17)} 航海レポート^{11) 12)} および I.G.S. 年報^{5) 6)} によると 1966年までは I.G.S. には海洋調査部課がなく 海洋に関する調査も沿岸の資源調査などのように局所的にしかなわれていなかった模様である。1967年に大陸棚部が2支所に設立され アイリッシュ海北東部およびスコットランド東岸の一部で予察的調査が行なわれたがその規模は小さかった。1968年に海洋物探課が新設され アイリッシュ海全域およびスコットランド東部と西部物理探査と海底堆積物の採取が実施されるようになり ようやく調査活動に拍車がかかりはじめた。1969年になって活動は本格化し クライド海域 フォース湾 フォース近海（以上 物探と試料採取） ヘブリデス諸島南方海域 ミンチ海域 北アイリッシュ海（以上 試料採取）および英仏海峡西部で調査が展開された。

以上の調査の結果 スコットランド西部沿岸のダッドン湾で有望な砂鉄鉱床 スコットランド南西部で炭酸カルシウム鉱床を発見するなど かなりの成果をあげている。



古都エディンバラ市



I.G.S.エディンバラ支所の第Ⅱ大陸棚部庁舎

洋調査部課の担当責任者の談によると 1970年度のI.G.S.の海洋関係予算は約50万ポンド(約4億3,200万円)である。同年度のI.G.S.の総予算は不明であるので1969年度の同所の総経費約275万ポンド(約23億7,600万円)と比較して推測すると 海洋関係予算は総経費の15%から20%のあいだではないかと思われる。

北海ガス田の資料収集・解析: 北海ガス田が1964年に発見され 1965年に英国領域内のガス田でブリティッシュ・ペトロール会社がガスの生産をはじめて以来 北海ガス田の開発は急速に進展し 1970年には英国との境界付近のノルウェー領域で新油田が発見されているおり いまさらここで北海ガス田を説明する必要もないほどに わが国でも情報が集められている。英国領域の北海ガス田の面積はおよそ10万平方マイル これを100平方マイルの格子に区切って 政府は民間企業に鉱区を貸与している。ここではブリティッシュ・ペトロール社エセル ガルフ社など大手16ないし17社をはじめその他多数の企業がひしめきあって 物理探査 試掘生産を行っており 1965年以来 これら企業で得られた地質資料は膨大なものがある。英国政府は鉱区間の調整 鉱業権の施行 未開発地域のガス賦存の予測等を行なうため I.G.S.にこれら膨大な物探 坑井 採取資料を収集させ解析させている。坑井柱状図 岩屑 コア・サンプルはすべてI.G.S.のリーズ支所の第I大陸棚部に集められ 物探資料はロンドンの海洋物探課に収集されて 解析あるいは試料の分析が行なわれる。このように資料の多くはリーズ支所に集められているが これは 現在開発中の海域がイングランド沖に集中しているため ヤガてスコットランド沖でガス田の探査が進

めば それらの資料はエディンバラ支所に集積されることになる。解析された資料は リーズ支所の第I大陸棚部で整理編集され 各種編集図を付して動力省に“北海レポート”として提出されることになっている。

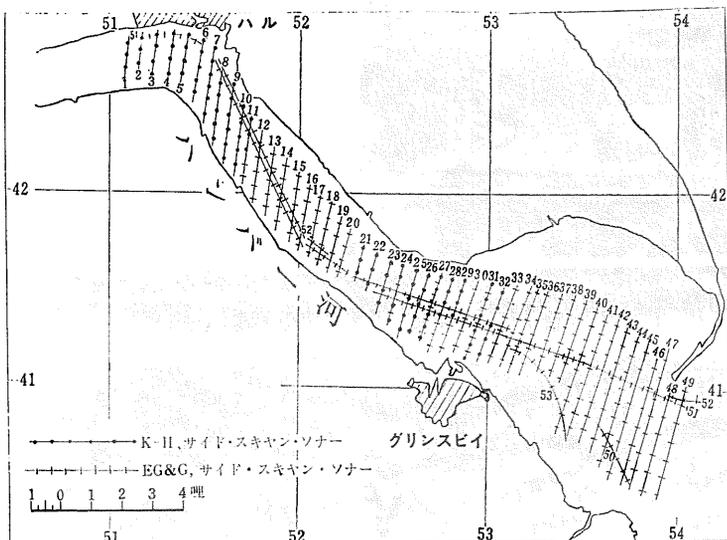
このための経費は 1967年度には7万ポンドであったのが 1968年度には22.2万ポンドと飛躍的に増加している³⁾。とはいえ これだけの予算でさえこれまでの資料の整理には数年を要するといわれている。

ii) 国立海洋研究所 (National Institute of Oceanography 以降 N. I. O. と略称する)^{7) 8)}

同研究所は N.E.R.C. に所属する 英国の代表的な総合海洋研究所で ロンドンから約 60km 南西方のゴダルミングに所在している。N.I.O.は1949年に設立され当初 アドミラル研究実験所の地球物理研究者および生物研究者27名で研究活動のスタートをきった。以来 波浪研究や海洋生物学 南極捕鯨の分野で実績をあげ 現在 海洋物理・化学・生物および海洋地質の分野で総計145名の研究スタッフが活躍している。活動範囲は主として これらの基礎的研究であるが 調査技術 機器の開発の面でもかなり成果をあげており 特許料や調査研究の報酬による収入も増大している。N.I.O.は大学はじめ他の研究機関と協同して海洋調査を行なうことが多い。これらの調査研究のための調査船として デイスカバリー号が常時使用されている。このほか 多くの学校 大学 専門機関に対して海洋学の講義や実習を行ない 人材養成に貢献している。

海洋地質部門: 海洋地質部門には堆積学グループと地球物理グループとがある。堆積学グループはA.

H. STRIDE 博士以下5~6名の研究者からなり 主として海底における浸食-堆積物移動-沈積の過程を追跡している。大陸棚では潮汐の動きにもとづく堆積物の移動を研究し²³⁾ また北海において6年前に石油企業8社と郵政局からなる“海底砂移動研究グループ”のリーダー格として活躍した²⁴⁾。これらの調査には 10年前よりN.I.O.で使用されてきた サイド・スキャンソナーの技術が駆使されており 鮮明な海底面起伏の音波“写真”の威力が発揮されている。海底地形や堆積面の構造をあたかも空中写真を見るように



第7図 ハンバー河口におけるI.G.S.のサイド・スキャン・ソナー調査測線

感覚的にとらえることができるサイド・スキャンソナーは海底調査にはきわめて有効であるため改良に不断の努力が続けられ数年前高出力のソナーのトランスジューサー グロリア (Geological Long Range Inclined Asidic) が N.I.O. の手で完成した。

グロリア²⁷⁾²⁸⁾は低周波(6.5kHz)でなおかつビーム角を10°以下に押えるために従来のサイド・スキャン・ソナーとは比較にならない長大なトランスジューサー(32ft長 6.7t重量)である。水深によってビーム角を変えるためこのトランスジューサーは遠隔操作で方向を変え得るようになっている。グロリアは地中海において幅10マイル水深3,000mの深海の海底記録をとり海底峡谷やスランプ構造の存在を明らかにした²⁹⁾。また大西洋ではアゾレス諸島南方80マイルにおける海嶺の記録をとりこの海嶺が水深4,500mの海底から約900mの高さでそびえ長さ約110マイル幅10マイルの規模をもつことを発見した。これによってグロリアの性能の優秀性が立派に証明された。

以上のように N.I.O. の海洋地質部門はサイド・スキャン・ソナーを使用しての海底地形・堆積物調査に他の研究機関にみられない大きな特色がある。

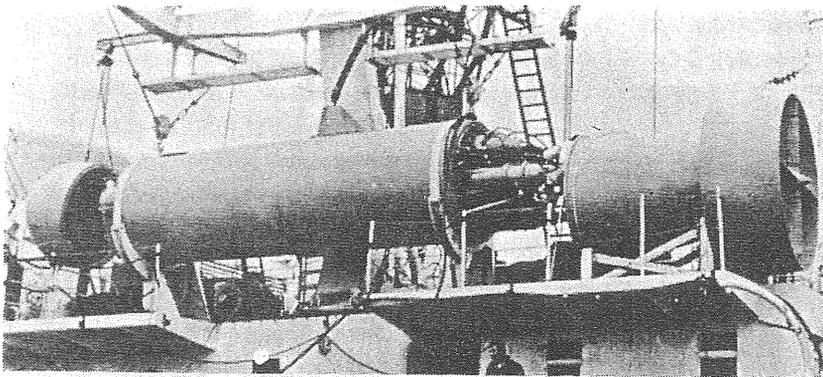
地球物理グループは A. S. LAUGHTON 博士以下7~8名の研究者で構成され北大西洋でアゾレス諸島北部

の大西洋中央海嶺の地震 磁力 重力探査を行ない海嶺の成因を追求している。またロココール平坦面の構造調査を行ないロココール堆で第三紀の火山をロココール平坦面で大規模な堆積盆を発見した。いっぽうインド洋北西部の地形・地球物理調査を行ないその結果はアデン湾の海底地形図および磁気異常図として公表された。以上のほか堆積・地球物理両グループは米国スクリップス研究所と協同してスコットランド沖からポルトガルにいたる間の大陸斜面の地質学的研究を行なった²²⁾。

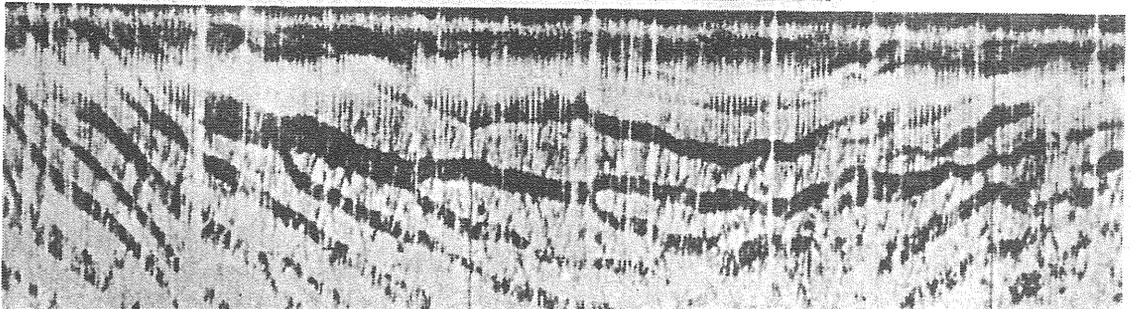
iii) ロンドン大学インペリアル・カレッジ (Imperial College, London)

同大学の海洋地質における活動は J. S. TOOMS 教授をリーダーとする応用地化学グループによって支えられている。このグループは海底における有用鉱物の濃集機構の諸要素を研究して海底鉱物資源の経済性を追求する目的をもって独自の活動を続けておりその研究成果は英国内でも高く評価されている。研究の主対象はマンガン団塊 磷灰石及び紅海の含金属堆積物である。

マンガン団塊についてはインド洋および太平洋のマンガン団塊を採取し科学分析はもちろん岩石学的研究や電子顕微鏡による微細構造の研究をしてニッケル銅の含有量は水深に関係するがコバルト鉛バナジウムは無関係であることなど興味深い結果を



N.I.O. の誇るサイド・スキャン・ソナーの高出力トランスジューサー“グロリア”



サイド・スキャン・ソナーによる海底の堆積構造の記録

だしている³²⁾⁻³⁵⁾。またマンガン団塊の鉱物学的性質地域的变化 産状および成分の相互関係を追求している。燐灰石については 北西アフリカ沿岸大陸棚で100余のサンプルを採取して経済的価値評価を行なおう³⁶⁾としつつあり 1970年に第2回の調査を実施している。また全世界の燐灰石の資料を分析して 海水成分 堆積物燐灰石の産状の 相互関係から 燐灰石の成因に言及している³⁵⁾。

紅海の深部にひそむ高温高塩分の水塊と それに伴う含金属堆積物については すでに地質ニュースで詳述されており 現在 深海の鉱物資源で最も有望視されていることは よくご存知かと思う。TOOMS教授は 紅海の堆積物を分析して 諸成分間の関係および高温水と普通の海水成分との関係を明らかにしようとして試みている³⁷⁾³⁸⁾。このほか イングランド南西端のマウンツ湾の鉱物資源の地化学的調査を行なった³⁹⁾。

iv) ロンドン大学ユニバーシティ・カレッジ (University College, London).

海洋地質グループは D. T. DONOVAN 教授以下5名の研究スタッフからなり John Murray号をつかって英仏海峡中部および西部の詳細な海底地質調査を実施しており研究の一部は すでに I.G.S. レポート¹⁷⁾に公表されている (第8図参照)。次の研究対象海域はブリストル大学と共同でブリストル湾 およびセルティック海である。さらに英仏共同によってフランス西部のビスケイ湾の大陸斜面および深海部の調査を計画している。いっぽう同グループの E. J. W. JOHNES 博士は 英国西北方の深海部において磁力探査とエアガンによる地震探査を実施中であり 大洋殻深部の地質情報から 大陸漂移問題に

とりくんでいる。

このグループは 人材の養成として 大学院の海洋地球科学コース (期間1年)の学生を募集中である³⁹⁾。

4. I.G.S.の大陸棚調査活動の実際

以下にのべることは 筆者の体験と I.G.S.の調査計画および調査要領指示書等にもとづいて 実際に I.G.S.が大陸棚調査をどのようにして行なっているかの紹介である。蛇足の感がなきにしもあらずだが 実際の海洋地質調査をするうえに なんらかの参考にでもなれば幸いである。

i) 調査の概要

調査順序: さきへのべたように 大陸棚の調査は海上物理探査→試料採取・観察→簡易試錐→試料処理の順で行なわれる。多くの場合 海上物理探査は試料採取調査の前年度に終了している。

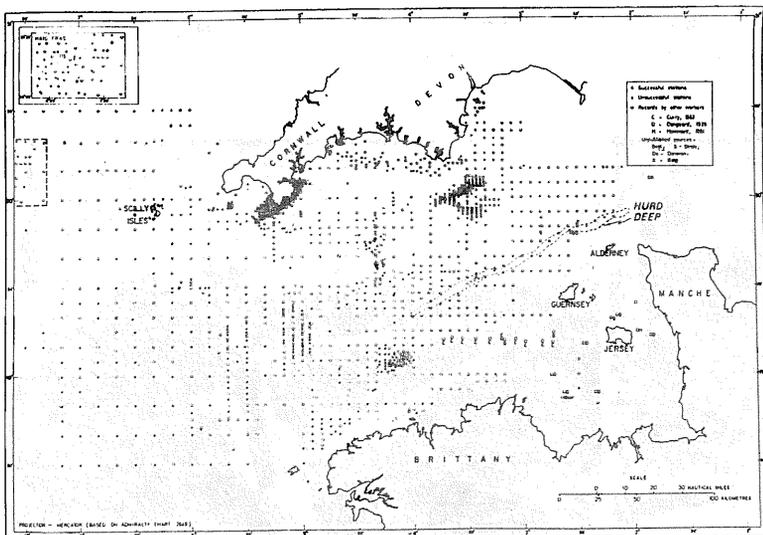
調査測線間隔: 8kmの格子を原則としている。

調査用海図: 調査には5万分の1ないし10万分の1海図(デツカ・チャート)を使用する。沿岸近くで試錐等を実施する場合は とくに詳しい海図を用いている。

船の運行 調査日数および備船料: 備船は前述のように R.V.U.を通じて行なわれる。したがってR.V.U.の配船計画によって I.G.S.が毎年 同じ船舶を使用できるとは限らない。ただし 試錐船ホワイトソーン号の場合は例外であり これは1970年から5年間 I.G.S.が使用することになっている。

1970年度の I.G.S.の備船料と備船日数は 第7表のとおりである。年間の備船日数は すなわち I.G.S.の大陸棚調査の年間のべ日数ということになる。これと I.G.S.の3海洋部課の調査人員および1航海における乗船人員(研究者のみ)とを勘案すると 1研究者の年間の海上における調査日数は 80日から100日位と推測される。

ホワイトソーン号の備船料は他の2船にくらべて はなはだ高いが これは同船の改造費お



第8図 英仏海峡調査における海底堆積物採取地点
記号 ○成功 ●不成功 資料: I.G.S. レポート No.70/3

第7表 1970年度におけるI.G.S.の備船状況

船名	備船期間	作業内容	1日の備船料	調査海域
サーベイヤー	51日	物理探査	ボンド 300(約26万円)	ノース海峽 ヘブリデス諸島南 北部ミンチ海
ヴィッカース・ヴェチュラー	60日	海底試料採取	500(約43万円)	ミンチ海 南ハイランド沖 モレイ湾
ホワイトソーン	10ヵ月	海底試雑	1,000(約86万円)	アイリッシュ海 クライド湾

乗船し 記録の地質解析を行ない
物探担当者にアドバイスする。
このほかにナビゲーターとして3
名の技術者(民間企業)が常時乗
船している。

勤務: 8時間3交替制。

測線及び調査項目: 測線
配置は コロンセイ島からバラ・
ヘッドの南をかすめて 北西方向
に長さ200kmの測線15本北東方向

よびウインピー社の出向技術者の人件費分が含まれてい
ることに由来している。

調査海域において調査船は1週間ないし10日おきに1
日か2日 最寄りの港に寄港し 燃料や食料その他を補
給する。 寄港の際 調査者の交替が行なわれ 採取し
た試料の陸上げや 新機材の積み込みを行なう。

航法: デッカ・システムである。 とくにくわし
い調査には デッカ Hifix・システムを用いる。 このシ
ステムによる位置の精度の誤差は 数mである。

ii) 物理探査

船名: サーベイヤー号

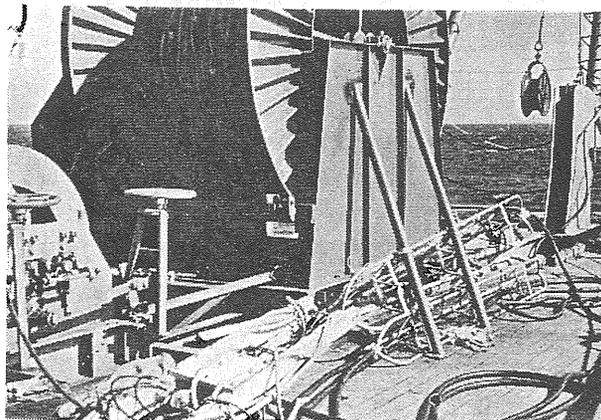
海域: ノース海峽 ヘブリデス諸島南端のバラベ
ッド・ミンチ海北部。

研究の構成人員: 地球物理研究者3~4名(海
洋物探課) 地質研究者1名 R.V.U.の機器整備技術者
1名 見学または研修者1~2名(大学あるいは外国の
研究員)。 物理探査においても かならず地質研究者が

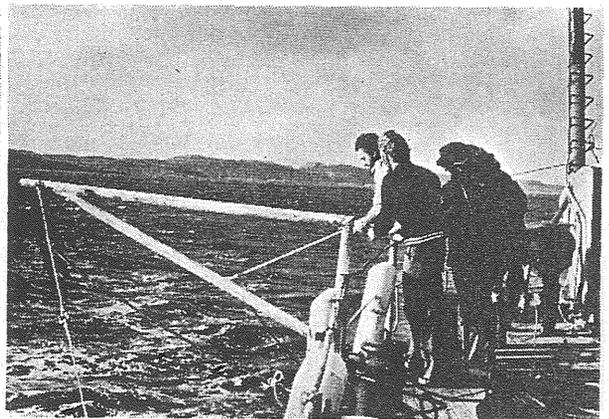
に長さ70kmの測線20本からなる格子をなす。 調査は
スパーカー(1,000ジュールによる)反射法地震探査 磁
力探査 重力探査(船上重力計による。 基準点はスコ
ットランド西岸のオパン)及びサイド・スキヤンソナー
による海底地形調査である。 記録の解析は調査終了後
ロンドンの電算機センターで行なわれる。 スパーカー
の1,000ジュールは 出力としてむしろ小さいが スコ
ットランド周辺の大陸棚は 基盤が極めて堅硬な先カン
ブリア系あるいは古生層であり 海底浅部は第四紀の氷
河堆積層かあるいは現在の堆積物であるので 岩盤と若い
堆積層との境界はきわめて明瞭に記録紙にあらわれる。

物探機器: 第8表に示すとおりである。 米国製
が多い。

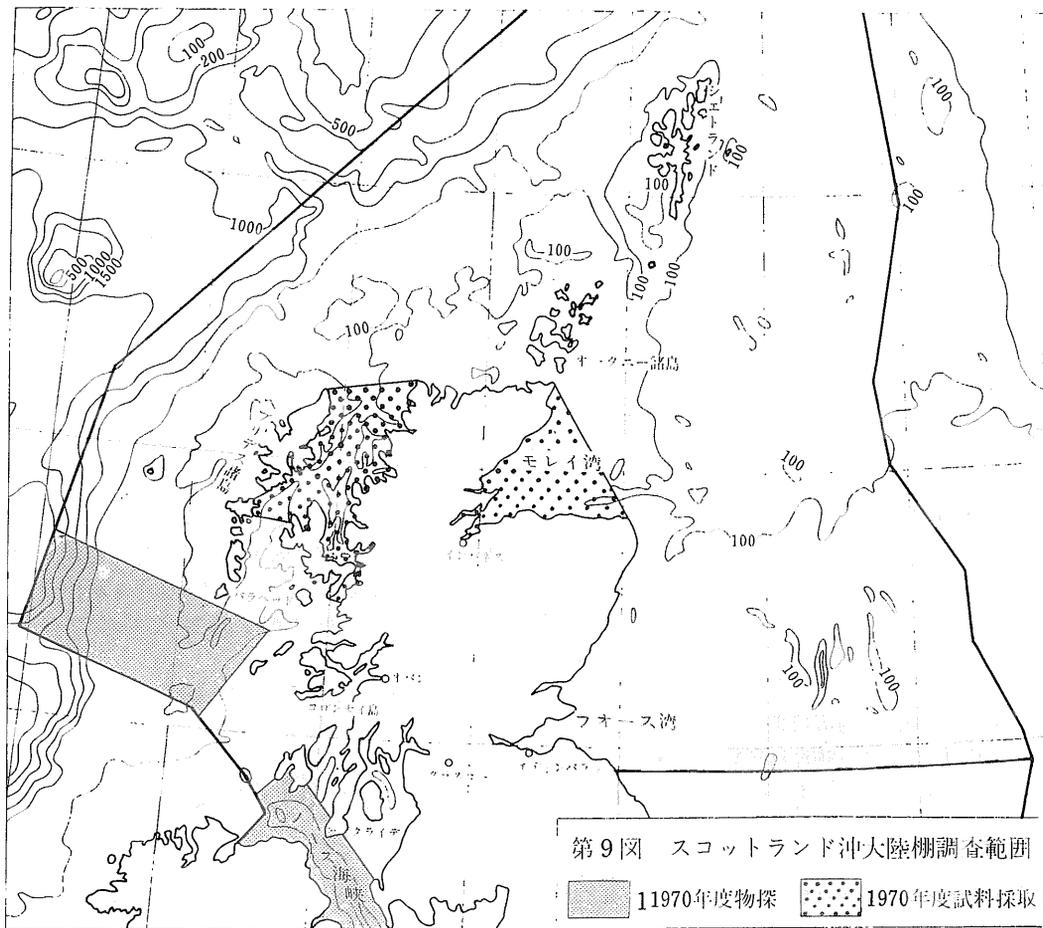
記録の整理その他: スパーカー 磁力 重力の
記録は その日のうちに地質担当者によって “ミュー
ジック・シート” とよばれる便利な記録スケッチ紙に
解釈断面を画いて整理される。 調査後 このスケッチ
は真の地質断面に書き直されるが 整理用あるいは現場
における地質判断のためには きわめて便利な方法であ



サーベイヤー号後尾にあるケーブルのドラムとスパーカーの“南ブラシ”

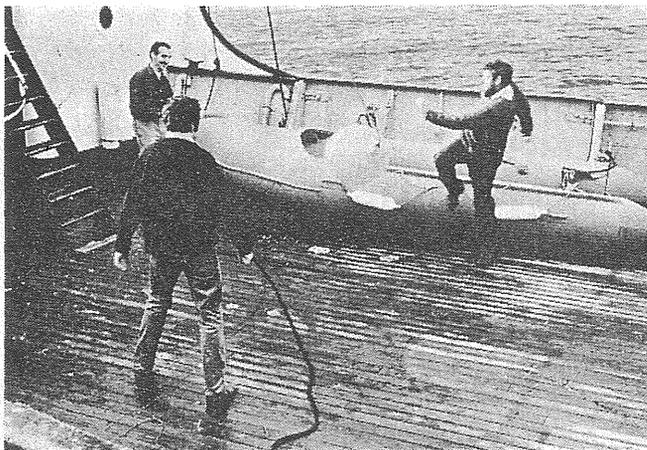
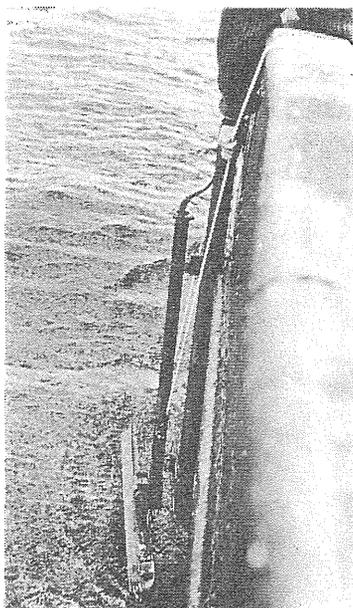


I.G.S.の物探チーム ハイドロフォン投入作業



る。

物探機器はしばしば故障するので R.V.U.派遣の技術者は修理にたいへん忙しい。航法は Hifix 航法であるが 船の受信器と陸上局との間に周波数の喰違いがあり調整に数日を費やすことがある。



サーベイヤー号舷側のサイド・スキャン・ソナーの小型トランスデューサー

作業の合間に甲板でブイのフットボールを楽しむ

第8表 サ ー ベ イ ヤ ー 号 の 物 探 機 器

	機 器	製 作 会 社	型	備 考	所 属
磁 力	バリナー磁力計	バリアン・アソシエイツ・パロ社(米)	H96-5512A		R.V.U.
重 力	船上重力計	ラコスタ・アンド・ロンベルグ社(米)	S40		R.V.U.
	制御部・記録部	同 上			R.V.U.
ス パ ー カ ー	出力部及び発信部	EGアンドGインターナショナル社(米)			R.V.U.
	記録器	同 上	254		R.V.U.
	3-エレメント・スーパーカレイ				I.G.S.
	9-エレメント・スーパーカレイ				R.V.U.
	記録器	フテック社(カナダ)		未使用	R.V.U.
サイド・スキャン・ソナー	トランシッター	ケルビン・フジエス社(英)	MS47MK1	ビーム角垂直51°,水平1.5°	I.G.S.
測 深	エコー・サウンダー	同 上	MS32		R.V.U.

航 法： デッカ・システムにより10万分の1デッカ海図を使用する。

調査方法： 原則として朝7時より夜7時まで試料採取を行ない夜7時より翌朝まで スパーカー(1,000ジュール)による反射法地震探査と サイド・スキャン・ソナーによる海底地形調査を行なう。この物探は前年度に同海域で実施された物探結果をチェックするために 前の測線に斜交して行なわれる。また翌日の試料

iii) 海底堆積物試料採取調査

船 名： ヴィッカーズ・ヴェンチャー号。

海 域： ミンチ海 南ハイランド沿岸 モレイ湾
これらは すべて前年度の物探終了海域である。

研究の構成人員： 地質研究者2~3名(大陸棚部) 地球物理研究者1名(海洋物探課) 技術者1名(R.V.U.) 潜水および工作1名 研究助手2名で構成される。

勤 務： 12時間勤務の2交替制。

採取試料数： 1970年度のスコットランド周辺大陸棚で 堆積物コア1,500~2,000 グラブによるもの1,500~2,000 岩石コア50~100の採取を目標にしている。筆者が参加したミンチ海における実働10日間の調査で 135地点で試料を採取した。海の状況にもよるが1日(12時間)平均10~15点で試料を採取している。

採取地点を決定するデータとなる。

試料採取は 前日の物探測線に沿って行なうが 問題と思われるところでは 重点的に採取密度を濃くして行なっている。試料採取の順序と使用機器の選択は 以下のとおりである。

① 測深記録・物探記録により海底状況を推測

② シベック・グラフによる予察的採取

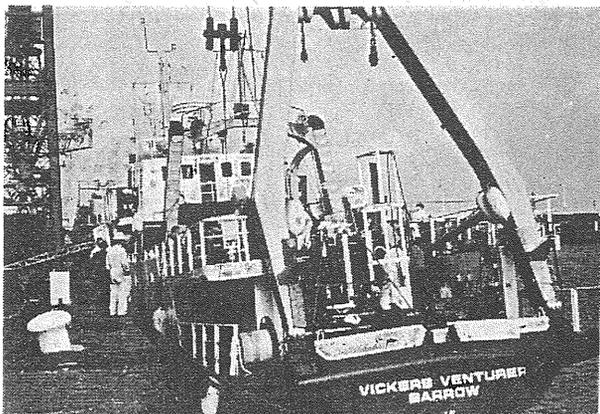
採取試料 泥 砂 埋没岩盤

③ トラチ・ソナー、サイロ・ソナー、ロク・ソナー

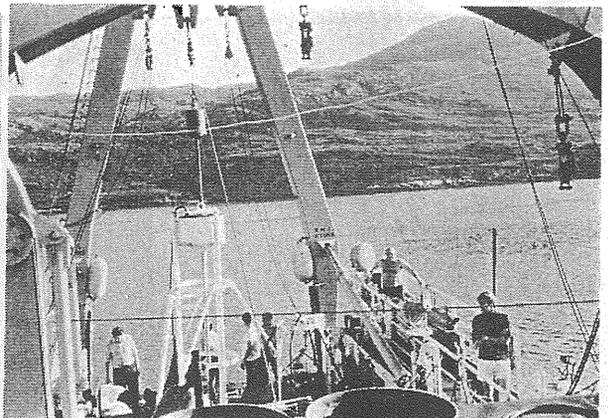
④ 目視・目録 海底観察

⑤ 目録・目録 岩盤掘き

試料採取地点では ます②を行ない その結果をみて ③を実施する。④⑤は 特に重要な地点に興味あるところで行なわない。



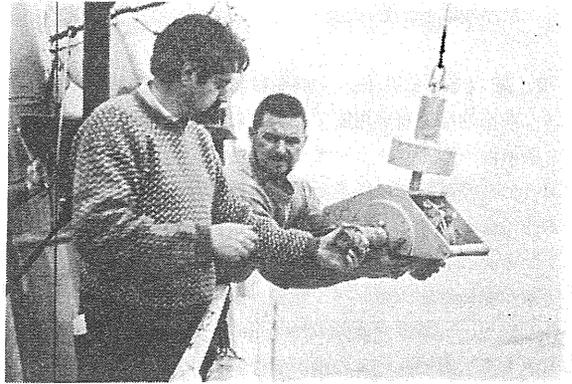
パロー港におけるヴィッカーズ・ヴェンチャー号の出港準備



ヴィッカーズ・ヴェンチャー号における機器整備 (背景はヘブリデス島の先カンブリア系)

試料採取器具：

- ・シペック・グラブ (Shipek grab)……着底すると衝撃で底ブタが半回転して閉じる仕掛けで 7.5 馬力の小ウインチで昇降し 2名できわめて軽便に操作でき 試料採取に能率的である。これはフランスでもごく普通に使用されている。
- ・グラビティ・コアラ (Gravity corer)……径 6 cm 長さ 3 m の管を使用。錘は 500kg。内部にプラスチックのチューブを挿入し 下端にキャッチャーをつける。泥質堆積物採取に威力を発揮する。
- ・ロック・コアラ (Rock corer)……先細りになった長さ 1m の鋼管でできており 内部には何も装填しない。コアラといっても堆積物のコアはほとんど採れないが 風化した岩盤や礫を落下速度で破碎し その岩片をとってくる。グラビティ・コアラと共に簡便であるが 数度に一度は先端が破壊される。
- ・バイブロコアラ (Vibrocoring)……砂のコアを採取するのが目的である。3脚のヤグラの間を上下するモーターに連結した長さ 6m 径 10cm の管があり 管内部に挿入されたプラスチックチューブの中をピストンが上下動する仕掛けである。準備に時間がかかるうえしばしば故障するので改良の余地がある。
- ・ハリソンドリル……短かい岩盤のコアを簡単に採取する目的でリパブル大学で製作された 径 1cm 長さ 20cm のミニ管がモーターで作動する。水中テレビと連動して 海底の状況を観察しながら掘きする仕組みになっているが まだ安定して使用できるにはいたっていない。これを少し大型にして改良したのがデニス式ドリルであるが まだ試作段階である。両ドリルとも整備に時間がかかるのが難点である。



簡便な底質採取器のシペックグラブ 手前はグループリーダーの D. ALDUS 博士

以上と以下とにわけてプラスチックのビンに保管する。コアは数時間放置し 堆積物中のガスを抜いた後 1 m の長さで切断して 密封保管する。船上における試料の分析は行なわれず 単に試料の粒度 色 岩片の種類などの肉眼的観察によって記録する程度である。

iv) 海上試錐調査

船名： ホワイトソーン号

調査海域： アイリッシュ海南部 北ウエールズ沖。

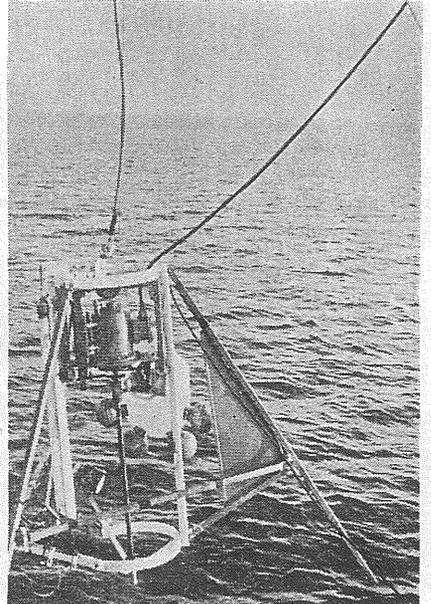
調査の人員構成： 地質研究者 1~2名 (大陸棚部) 助手 1名 試錐技術者 10~12名 (ジョージ・ウインピー社外向) 試錐作業はすべてウインピーの技術者が行ない 地質研究者は試錐位置の決定と 採取され

水中テレビ：

可能水深 300m の性能のよい水中テレビでフランスの Thomson Télé-Industrie 社のカメラ本体と La Spirotechnique 社のケーブルからなる。照明は 1,000W 画面に写しだされた映像は鮮明で砂底・泥底・礫底などの区別が容易である。ビデオコーダーはソニー製を使用している。



グラビティコアラの投入



簡易海底ドリル 脚の下部にテレビカメラが見える

採取試料の船上処理： コアでない試料は 粒度 2 mm

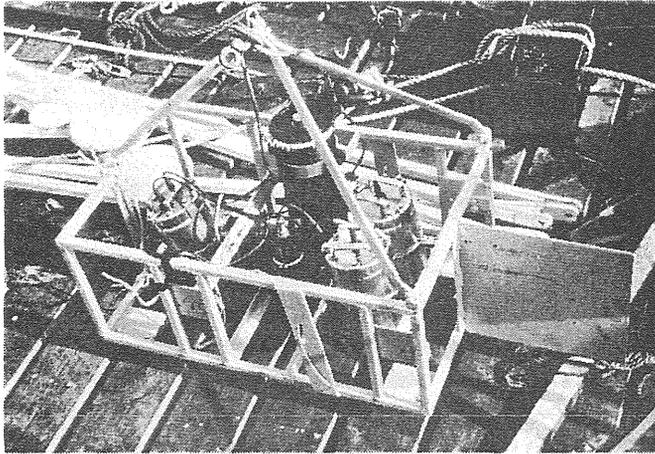
たコアの簡単な記載と整理を行なう。

試錐・試料採取装置： 同船は試料採取専門に改造された本格的な地質専用船で 写真にみるとおり 広い前甲板に3つのプラットフォームがあって それぞれの台で 各種の試料採取作業が同時に無理なく行なわれる仕組みになっている。 試錐は船橋に最も近いプラットフォームで行なわれる。 このプラットフォームは試錐作業の際に 油圧ポンプで舷側へ張り出すように設計されている。 試錐は水深 60m 海底下掘さく 70m の能力をもち 風浪 6～7 の海況で作業が可能といわれている。

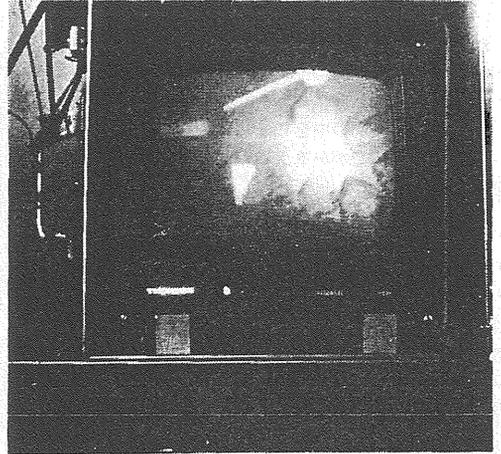
このほかに 大型のバイプロコアラーがあり これは砂のコアの採取率が良好である。 作業場が広いという

船上作業にとって何よりの好条件を この船は備えている。

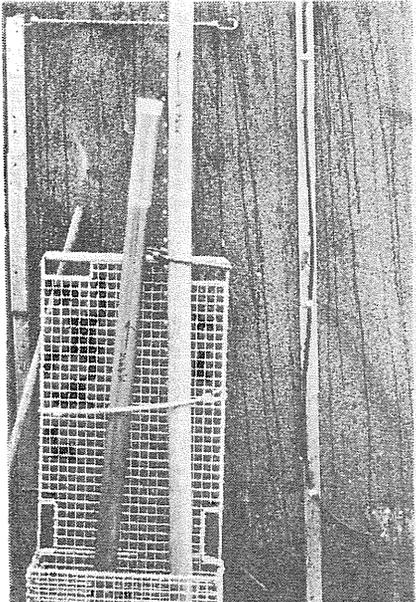
試錐位置への接近と船位の固定： 目指す試錐位置への接近は デッカ社のトラック・プロッターをにらみながら行なわれる。 トラック・プロッターは船の位置を1日盛間隔30mの方眼紙上に刻々と自動的に示す。 船が所定の位置数 100m 以内に近づく と 前後各3個のアンカーをつぎつぎにおろし 6アンカーで作られた正六角形の中心に船をもっていくよう パウ斯拉スターおよびアンカーの張力を利用しながら操船する。 最後はトラック・プロッターに記された所定の位置をにらみながら操船が行なわれる。 これにはかなりの熟練がいるようで 筆者が乗船していた際は なぎのせいもあった



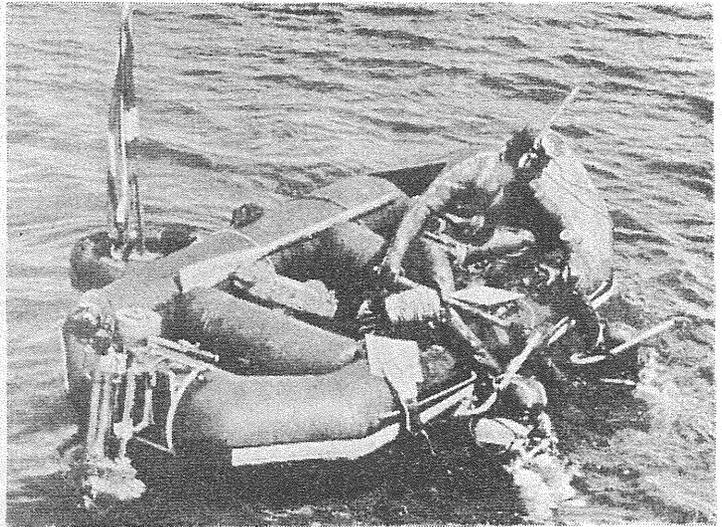
水中テレビジョン



水中テレビによる海底の映像 水深 140m で上部にコンパス 下部に標がみえる



採取した堆積物のコア 左がグラビティコアによる泥 右がバイプロコアラーによる砂のサンプル



I. G. S. 大陸棚部の潜水調査

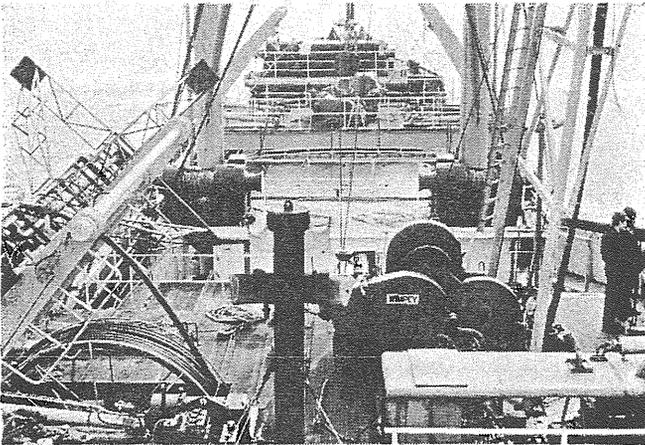
が 2 時間で船を試錐位置に導き 固定させ 操舵士は 筆者をかえりみて 自らの腕を誇らし気に叩いたものである。この方法での位置の誤差は10m以下といわれる。トラック・プロッターが開発される前は 所定の位置に ブイを浮かべて それを目標に船を接近させたそうだが 時間がかかるうえに 距離の測定が困難で誤差が大きいと語っていた。

試錐作業： 試錐作業は 油圧ポンプで張りだした プラットフォームから行なわれる。まずコンダクターパイプ(径15インチ 長さ3m)を海中に降し ついで 径9¹/₈インチの管を海底下数mまで打込んでケーシングする。掘さくは径6インチの掘さく管によって行なう。岩盤の硬軟によって ダイヤモンド・ビットやその他のビットが使われる。掘さくは3交替で昼夜兼行

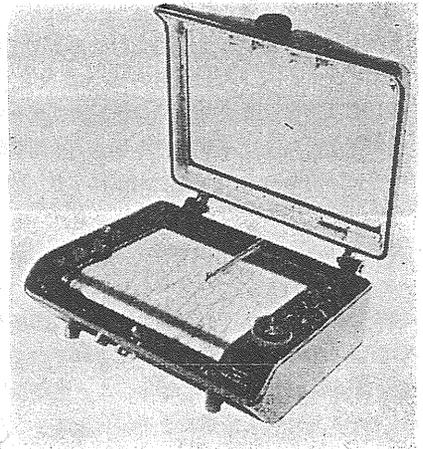
で実施される。

5. 所 感

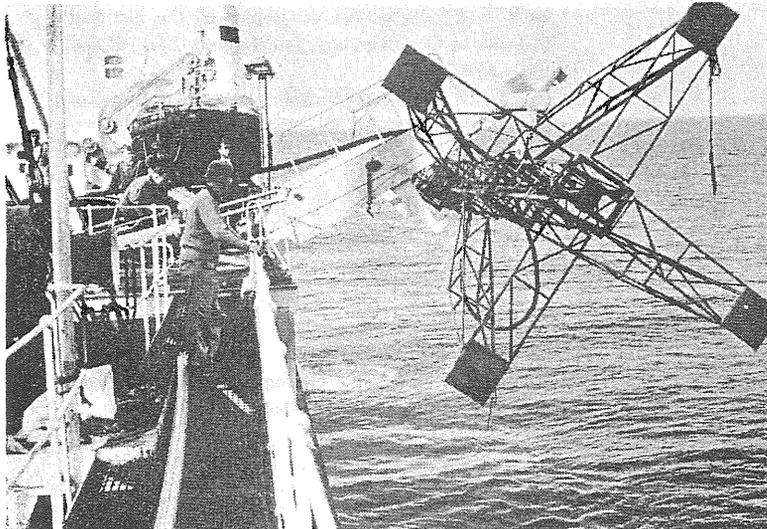
i) 以上のべてきたように かなり記述の内容がアンバランスで かつ断片的で読者にはまことに申訳けないが 筆者が感じたところでは 本格的な海洋地質調査研究がはじまったのは 英国でも最近のように思われる。とくに 組織的な大陸棚の調査は ここ数年来のことであり わが国はそれ程立ち遅れてはいない。しかし英国では 19世紀後半から すでにチャレンジャー号の海洋探險がなされたように 派手ではないが着実な研究活動が続けられてきており 研究の伝統と実績がある。このことは 海洋地質研究者の需要が増大すると考えられる昨今 優秀な人材を多く送り出



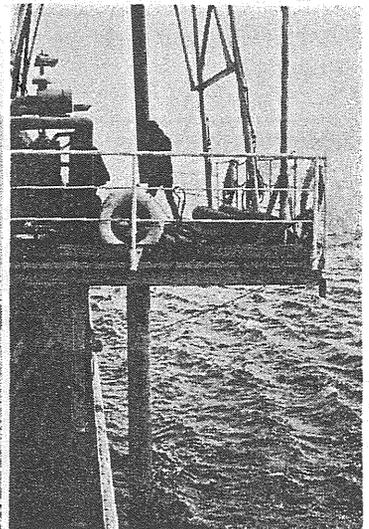
ホワイトゾーン号の甲板展望 左が大型パイプロコアラ、右端が掘さくヤグラの一部



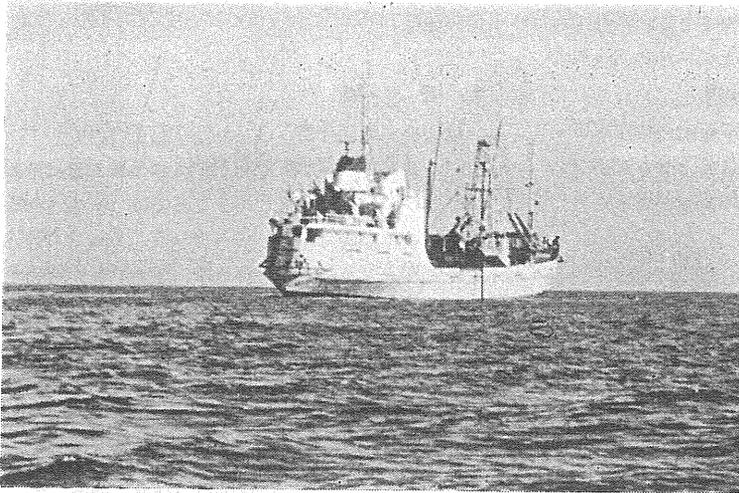
デッカ社のトラックプロッター



ホワイトゾーン号のパイプロコアラの投入作業



ホワイトゾーン号における掘さくのケーシング作業 海中に入っているパイプはコンダク



捆さく中の
ホワイトソーン号

すポテンシャルがあるという点でわが国よりも有利ではないかと思われる。

また とくに気になる点は わが国と比較して英国における海洋調査の体制が N.E.R.C. を頂点としてスッキリまとまっており 調査研究が効率的に行なわれていることである。体制問題は国情の違いもあろうが 国全体からみて 現在よりも効率的に調査研究が行なわれるようにするべきであろう。

ii) 調査船に関しては 水産も含めた一般海洋調査船は質量ともに わが国の方がすぐれているのではないかと思われる。しかし こと海洋地質調査にまがりなりにも使用できる船となると 意外に少ないのではなからうか。知識が乏しく海洋調査の経験もほとんどない筆者には たとえばホイソン号のような試錐も一般の試料採取も容易にできる地質調査船が1隻くらいあってもよさそうに感じられる。

iii) 海底地質調査技術そのものに関しては わが国とそれほどの違いはない。しかし サイド・スキャン・ソナーのような海底面を あたかも陸上における空中写真のように 面的にとらえることのできる技術は 今後おおいにその威力を発揮すると考える。わが国でも地質調査所で数年前開発したボトムソナーは まさしくサイド・スキャン・ソナーそのものであるが さらにこの技術を発展・利用する必要があるのではなからうか。

(筆者は燃料部)

参 考 文 献

組 織 関 係

- 1) N. E. R. C. (1967): Report of the Council for the year 1 April 1966—31 March 1967, H. M. S. O., No. 20, London.
- 2) N. E. R. C. (1970): Report of the Council for the year 1 April 1969—31 March 1970, H. M. S. O., No. 95.
- 3) L. P. C. (1969): Report on Marine Science and Technology, H. M. S. O., London, Cmnd. 3992.
- 4) United Nation (1968): Marine Science Activities of Canada and the Nations of Europe, National Council on Marine Resources and Engineering Development.
- 5) I. G. S. (1968): Annual Report of Institute of Geological Sciences 1 April 1967—31 March 1968, H. M. S. O., London.
- 6) I. G. S. (1969): Annual Report of Institute of Geological Sciences 1 April 1968—31 March 1969, H. M. S. O., London.
- 7) N. E. R. C. (1970): Annual Report of the National Institute of Oceanography, for the year 1966—67 and 1967—1968.
- 8) DEACON, G. E. R. (1970): The National Institute of Oceanography, Marine Engineers Journal, 4.

船 舶 関 係

- 9) Under Sea Technology (1969): Handbook/Directory 1969.

英国大陸棚全域の地質

- 10) DONOVAN, D. T. (1968): Geology of the continental shelf around Britain, Geol. Shelf Seas.

大陸棚調査レポート

- 11) McQUILLIN, R. et. al. (1968): North East Irish Sea Investigations August—September 1967, Cruise Report 1968. 6, T. G. S.
- 12) McQUILLIN, R. et, al, (1969): Irish Sea Investigations June—Septembers 1968, Cruise Report 1969. 2.
- 13) BULLERWELL, W. et, al, (1969): Preliminary Report on a Seismic Reflection Survey in the Southern Irish Sea, July 1968, Report No. 69/2, I. G. S.
- 14) McQUILLIN, R. (1969): Cruise Report, Humber Investigations, 1968, Report, No. 69/3, I. G. S.
- 15) CRONAN, D. S. (1969): Recent Sedimentation in the central north-eastern Irish Sea, Report No.69/8, I. G. S.
- 16) EDEN, R. A. et, al, (1970): Preliminary report on marine geological and geophysical work off the east coast of Scotland 1966—1968, Report No. 70/1, I. G. S.
- 17) SMITH, A. J. (1970): Geological and shallow subsurface geophysical investigations in the Western Approaches to the English Channel, Report No. 70/3, I. G. S.
- 18) EDEN, R. A. (1969): Submarine Examination of Lower Carboniferous Strata on Inshore Regions of the Continental Shelf of Southeast Scotland.

大陸棚調査計画

- 19) Continental Shelf Unit II の1970年度調査計画 未公表.
- 20) Marine Geophysics Unit の1970年度調査計画 未公表.

大陸斜面・深海調査

- 21) STRIDE A. H. et, al, (1967): Geophysical evidence on the Origin of the Faeroe Bank Channel—I. Continuous reflection profiles, Deep-Sea Research vol. 14, Pergamon Press.
- 22) STRIDE A. H. & CURRAY, J. R. (1969): Marine Geology of the Atlantic Continental Margin of Europe, Philosophical Transactions of the Royal Soc. of London, Seri. A. No. 1148.

堆積学関係

- 23) KENYON, N. H. et, al, (1968): The Crest Length and Sinuosity of Some Marine Sand Waves, Jour. Sed. Petrology, No. 3.
- 24) JOHNSON, M. A. & STRIDE, A. H. (1969): Geological Significance of North Sea Sand Transport Rates, Nature vol. 224, No. 5223.
- 25) DONOVAN, D. T. (1965): Holocene origin of erosion hollows in the North Sea, Challenger Soc. 3, No. XVII.

rine canyon heads revealed by Asidic, Deep-Sea Research, vol. 16, Pergemon Press.

- 27) N. I. O. (1969): Gloria—Successful first trial, Hydro-space No. 9, 1969.
- 28) N. I. O. (1970): High-power underwater sound transducers.
- 29) BELDERSON, R. H. et, al, (1970): 10km wide views of Mediterranean deep sea floor, Deep-Sea Research, vol. 17.

地球化学関係

- 30) TOOMS, J. S. et, al, (1965): Geochemical and Geophysical Mineral Exploration Experiments in Mounts Bay, Cornwall. Seventeenth Symposium of the Colston Research Society, vol. XVII.
- 31) TOOMS, J. S. (1968): Applied Geochemistry in Marine Mineral Exploration, XXIII International Geological Congress, vol. 6.

マンガン団塊関係

- 32) CRONAN, D. & TOOMS, J. S. (1967): A microscopic and electron probe investigation of Manganese nodules from the northwest Indian Ocean, Deep-Sea Research, vol. 15, Pergamon Press.
- 33) CRONAN, D. & TOOMS, J. S. (1967): Geochemistry of manganese nodules from the N. W. Indian Ocean, Deep-Sea Research, vol. 14, Pergamon Press.
- 34) CRONAN, D. & TOOMS, J. S. (1968): The geochemistry of manganese nodules and associated pelagic deposits from the Pacific and Indian Ocean, Deep-Sea Research, vol. 16, Pergamon Press.
- 35) TOOMS, J. S. et, al, (1969): Geochemistry of marine phosphate and manganese deposits, Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 7.

燐灰石関係

- 36) TOOMS, J. S. et, al, (1968): Phosphatic Rocks from the north-west African Continental Shelf, Nature, vol. 218, No. 5148.
- 37) TOOMS, J. S. et, al, (1969): Additional Metalliferous Sediments in the Red Sea, Nature, vol. 223, No. 5213.
- 38) TOOMS, J. S. et, al, (1970): Metal Deposits in the Red Sea, their nature, origin and economic worth, Underwater Science and Technology, 3. 1970.
- 39) 坊城俊厚(1970): 米国の海洋地質調査についての資料 その3 地質ニュース No. 189.
- 40) University College, London(1969): University College London, Department of Geology.
- 41) DONOVAN, D. T. (1967): Henry Marc Brunnel, The first submarine geological survey and the invention of the gravity corer, Marine Geology 5.

サイド・スキャン・ソナー (アシディック)

- 26) BELDERSON, R. H. et, al, (1969): The shape of subma-