

# 深海底鉍物資源に関する地質学的研究

— 昭和55年度研究航海 (GH80-5) を終えて —

中尾 征三  
Seizo NAKAO

小野寺 公児  
Koji ONODERA

玉木 賢策  
Kensaku TAMAKI

上 嶋 正 人  
Masato JOSHIMA

白 井 朗  
Akira USUI

西 村 昭 (海洋地質部)  
Akira NISHIMURA

## はじめに

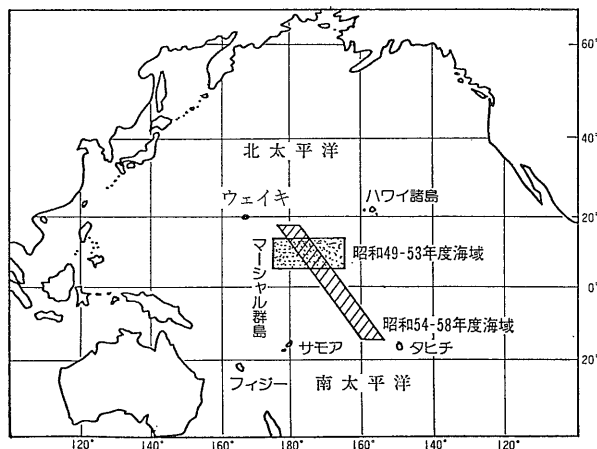
昭和49—53年度の5ケ年にわたって実施された「深海底鉍物資源探査に関する基礎的研究」の後を受けて同じ工業技術院の特別研究「深海底鉍物資源に関する地質学的研究」が昭和54年度にスタートした。前者(以下の文中では便宜的に“第1次5ケ年計画”と呼ぶことにする)が掲げていた目的は「深海底鉍物資源に関する探査方式を確立するとともにその存在状況 鉍物・化学組成 形成過程などを明らかにし 開発利用に有効な基礎資料を提供する」となっており 対象としたハワイ南西方の海域における深海底鉍物資源 すなわちマンガン団塊の実態がかなり明らかになった。しかし その5ケ年でカバーした範囲が 南北880km 東西2,200kmにわたり 堆積物及びマンガン団塊の採取が原則として60海里(約110km) 間隔のグリッドによって行われたことから推察されるように 取得されたデータは マンガン団塊の質・量両面の変化の様子と その要因を説明する上に十分なものであるとは決して言えない。大太平洋の中央部にあるような深海における地質現象の規模は 日本列島周辺のそれと比較して 極めて大きいということは事実であるが この10数年間の世界の深海底に関する研究は とくに深海の堆積作用が かって考えられていたよ

りもずっと活動的で変化に富むものであることを明らかにしてきている。われわれが“第1次5ケ年計画”の中で経験した範囲でも マンガン団塊の質・量や堆積物の時代を含めた属性が 60海里グリッドの感覚ではとても理解できないような 小さな規模で変化する例があった。

以上のような経緯を踏まえて 新しい5ケ年計画「深海底鉍物資源に関する地質学的研究」(第2次5ケ年計画)では 地質構造とマンガン団塊の量・品位分布との具体的関連を解明することを目的とし 広域的(regional)及び局地的(local)両面の変化を考慮して マンガン団塊の成因を研究することとした。“第2次5ケ年計画”初年度の海上研究(GH80-1 航海)は いくつかの異なる構造単元にまたがる中央大太平洋海盆の中軸部ぞいに設定したモデル研究海域(4,400km×300km)全体を舞台として 昨年(1980年)の1月～3月に実施された。その結果については 最近の本誌 No.316 (p.38—61)に掲載されている。

さて “第2次5ケ年計画”の第2年度海上研究にあたる本航海(GH80-5)では 上述のモデル海域をほぼ4等分したうちの最北部(第2図参照)を対象とし (1) マンガン団塊の属性の局地的変化の実態を把握するために 20km以下の間隔の測点・測線による研究を行う小海域(精査海域と呼ぶ)を設定する。(2) 精査海域及びその周辺で 地質構造の解析上重要な海域にいくつかの測線を設定して 反射法音波探査 磁気探査 重力探査等を行うこととした。

この一文では 航海計画の概要と合わせて GH80-5 航海の速報として 主に航海終了直前に各担当者が提出した 船上の研究結果をとりまとめて報告する。なお 例年と同じく 工業技術院特別研究「海底鉍物資源開発技術に関する研究」を実施するために公害資源研究所の研究員1名が乗船し 採泥等を共同で行った。



第1図 「深海底鉍物資源探査に関する基礎的研究」(昭和49～53年度)及び「深海底鉍物資源に関する地質学的研究」(昭和54年度～)の調査海域

航海の概要

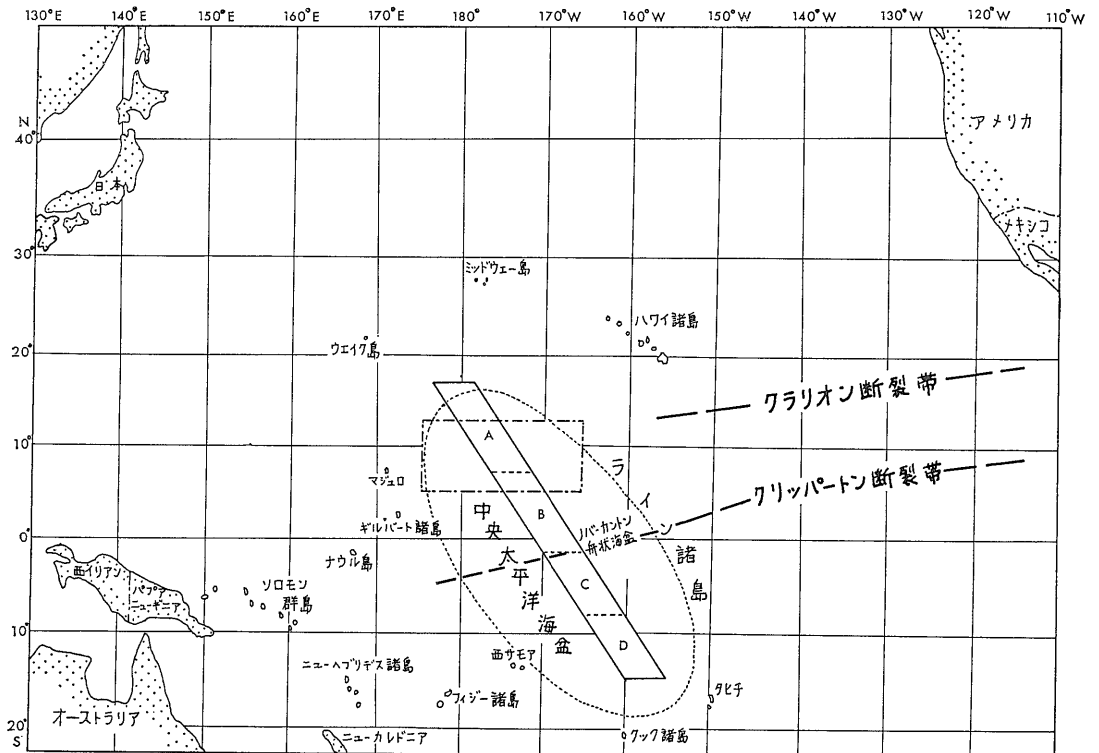
第1表に調査項目 使用機器等を示す。  
 航走・停船観測とも従来と大きく違う点はない。強いていえば 後述するようにエアガンによる反射法音波探査で 波形整形装置を用いるなどして より解像力の高い記録の取得が可能になったこと 及び熱流量測定装置を併用できるピストン・コア (“第2次5ヶ年計画”で使用を開始した) が 先航海 (GH 80-1) に引きつづき順調に機能していることが指摘される。

次に乗船研究員を第2表に示す。例年1人は外国人研究者 (おもに CCOP/SOPAC 関係の研究員) が乗船するのだが 今回は 例年の年度末 (1~3月) 実施が夏に繰り上ったためか参加者がなく 気楽であった反面 船内の話題のひとつが消えて寂しい気もした。

さて 肝心の調査海域であるが 前項で述べたような研究計画や研究目的に基づいて 第2図に示すような2つの精査海域を設定した。精査海域1は 9°30'N-10°10'N 174°30'W-174°50'W の範囲 (計画図上において、

第1表 調査項目等一覧

船位測量	
人工衛星航法システム (NNSS)	
航走観測	
観測距離 (km)	
深海用精密音響測深機 (12kHz PDR) による地形探査	16,535
サブボトムプロファイラ (3.5kHz PDR) による表層堆積層探査	23,443
エアガンによる反射法音波探査	5,456
ソノブイによる屈折法音波探査 (4測線)	72
プロトン磁力計による磁気探査	23,172
船上重力計による重力探査	24,021
停船観測	
サンプル等番号	
ボックスコアラによるマンガン団塊/表層泥採取	B33-56
フリーフォールグラブ (カメラ付) によるマンガン団塊採取	FG252-309
ピストン・コアラによる柱状採泥	P192-208
ドレッジによるマンガン団塊または岩石の採取	D463-465
ヒートフローメーターによる海底熱流量の測定 (ピストン・コアラに付属させたものを含む)	H36-51



第2図 「深海底鉱物資源に関する地質学的研究」の調査海域 (予定を含む)。昭和55年度航海 (GH80-5) は区画Aで実施された。一点鎖線で示した長方形が“第1次5ヶ年計画” (本文参照) の調査範囲。点線の楕円形が中央太平洋海盆の範囲を示す。

精査海域2についても同じ。)にあり 大きく北部と南部にわかれる。北部は 中部北太平洋海山群の南端にあたり (水深5,700m未満) また 南部は 北部と比高200~300mの比較的急な斜面で境され 数10m比高の小さな不連続の高まりが散在する (水深5,800~6,000m程度)。一方 精査海域2は 8°40'N—9°10'N 173°50'W—174°10'W の範囲にあり マジェラン・トラフによって南北に分断され 地形・構造单元としては 北部 南部及びトラフを中心とする中部にわけられる。北部は小起伏のある 水深5,700~5,900mの海域 中部は トラフの底斜面 及び縁辺の高まりからなり 精査海域2の中での最深部 (約6,300m) を含む。さらに 南部は 広範囲にわたる平坦な地形 (水深5,900m程度) で特徴づけられる。

過去のデータ (主に“第1次5ケ年計画”の成果による;水野他1979 地質ニュースNo.304 p.48) でみると マンガン団塊の賦存率が20kg/m<sup>2</sup>以上の地点が集中する区域 あるいは集中が予想される区域が3ケ所ある。それらの区域の中心は西の方から9°N・177°E 10°N・175°W 及び12°N・171°Wである。さらに 賦存率が10kg/m<sup>2</sup>以上の地点は明らかに北部に偏在しており 6°N・175°E と11°N・162°W を結ぶ線より南には10kg/m<sup>2</sup>以上の点はほとんどない。今回の航海で予定された2つの精査海域は いずれも 前述の20kg/m<sup>2</sup>以上の高濃集域 (中心 10°N・175°W) から南部の低濃集域 (10kg/m<sup>2</sup>未満) に移り変わる海域にある。賦存率の顕著な変化が 団塊の形態や鉱物相 堆積物の性質と堆積史 さらには より深部の地質構造等と どのように関係しているかを明らかにするために必要なサンプルやデータを取得することが この航海の大きな目的のひとつである。

上述の精査海域における停船観測 (いわゆる採泥作業を中心とする) の計画と 前節で述べた精査海域外での航走観測の必要時間等を考慮して 第3表に示すような日程を組んだ。なお 精査海域外での航走観測を予定した2つの海域を 精査海域との相対的位置をとって 北方海域及び西方海域と呼ぶことにする。

### 停 船 観 測 の ア レ ン ジ

すでに述べたように “第1次5ケ年計画”では 110km 間隔のグリッドの交点を採泥点とし ワイヤライン

第2表 乗 船 研 究 員

氏 名	所 属	担 当	備 考
中尾 征三	地調海洋地質部	主席研究員 総括	
小野寺公児	同 上	総務 地形	
玉木 賢策	同 上	音波探査 地磁気	
上嶋 正人	同 上	NNSS 重力 地磁気 海底熱流量	
臼井 朗	同 上	マンガン団塊	
西村 昭	同 上	堆積物	
鶴崎 克也	公資研資源第四部	堆積物・マンガン団塊の工学的性	
江沢 忠昭	金属鉱業事業団	マンガン団塊 調査法	
安達 直隆	同 上	同 上	
三嶋 昭二	琉球大学	採泥 堆積物処理	船上調査研究補助員
渡辺 正昭	同 上	同 上	同上
風間 洋	同 上	同 上	同上
佐々木健太	同 上	写真撮影・処理	同上
飯笹 幸吉	東京大学	採泥 マンガン団塊処理	同上
山口 覚	神戸大学	NNSS 重力/海底熱流量	同上
松原 由和	同 上	エア・ガン	同上
高橋 信好	千葉大学	海底熱流量/NNSS 重力	同上
吉村 信彦	同 上	エア・ガン	同上
喜多 治之	京都大学	採泥 堆積物及びマンガン処理 (公資研)	同上

(ボックス・コアラ グラブまたはピストン・コアラ) とフリーフォールグラブ (2個) を組み合わせた採泥を1日に2回行うことを 停船観測の基本的な形としていた。“第2次5ケ年計画”初年度のGH80—1航海においても 採泥点の間隔は110km (昼間のスパン) または190km (夜間のスパン) となっており 本航海のように 1時間以内で次の採泥点 (ワイヤラインを用いる) に到着したり あるいは1マイル内外の採泥点間隔を精度良く維持する必要がある作業計画を実施するのは いわば例外的なことであった。そこで 停船観測の能率・精度を維持するために 船側と相談して次のような方式をとることにした。

まず 日程の上で ハワイ寄港を境にして 停船観測を前半 (“精査海域1”) と後半 (“精査海域2”) にわけるとともに さらに 各精査海域の停船観測を グリッド方式 (これを便宜上 概査と呼ぶ) と直線方式 (これを精査と呼ぶ) にわけて 両者の間に “北方海域” (4日) あるいは “西方海域” (2日) の航走観測をはさみ 概査の結果を十分に検

討した後には 精査用の測線を選ぶことにした。概査は 1日3回のワイヤラインによる採泥を基本とし ボックス・コアラには1個 ピストン・コアラには2個のフリーフォール・サンプリャー(カメラ付き)を併用することとした。概査の場合の位置は予定された点からずれていても 実際の着底点が一定の精度でおさえられれば良いので 特に 人工衛星の上空通過—最新情報による位置の推定(UP—DATE)を待たずに採泥を実施する。

精査の場合は 測線によってワイヤ・ラインとフリーフォールの組み合わせ方に いくつかの方式が考えられるが 第3図に例示するように 測点番号は作業順序によらず 位置関係に基づいてつけた。

また あらかじめ予定されているUP—DATEの時刻と一連の作業予定時間を図示しておき ワイヤラインを始める時点で できるだけ正確な位置をつかむようにした。そして 概査時に取得した近傍の海流等のデータから推定されるドリフトを見込んで 採泥器が予定点にできるだけ近い所に着底するように 投入開始点を選定する。以上が停船観測アレンジの概要である。なお 停船観測日の航跡とUP・DATEの関係を図4に例示する。

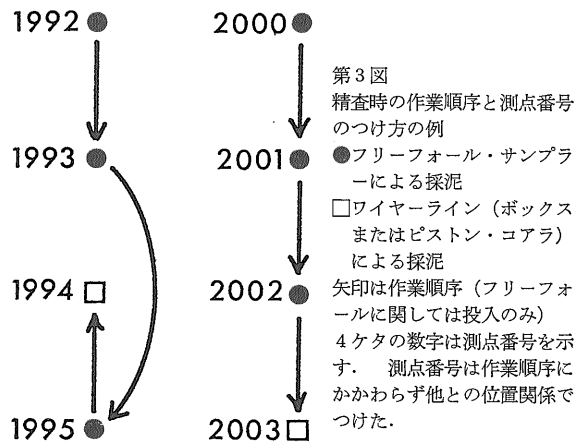
船上研究の成果

(1) 海底地形(小野寺)：第5図に精査海域1及び2の地形図を 第6図に同じく断面図を いずれもサンプル採取位置をいれて示す。精査海域1の地形図は 従来のデータと 今回の南北約10海里 東西約5海里間隔の測線によるデータとを合わせて描かれた。また同じく精査海域2についても 今回の南部約10海里 東西約5海里の測線データを含めて描かれた。“第1次5ヶ年計画”の終了時に作製された地形図の等深線は 補助的なもので50m間隔であったが 今回は50mを基本とし 一部25mの補助線が描かれる精度のものになった。両精査海域の地形の概略については 既に前節で述べた。ここでは 精査海域1の北部と南部をわける斜面の一部と精査海域2のマジェラン・トラフの谷壁に断層地形がみられること 及び後者を直角に切る断層地形がみられることを指摘しておく。

(2) 重力異常(上嶋)：第7図に示した位置の地磁気異常 重力異常(ブーゲー及びフリーエア)及び水深のプロファイルを図8に示す。精査海域1では 北部に5~10ミリガルの弱い正異常帯がある。こ

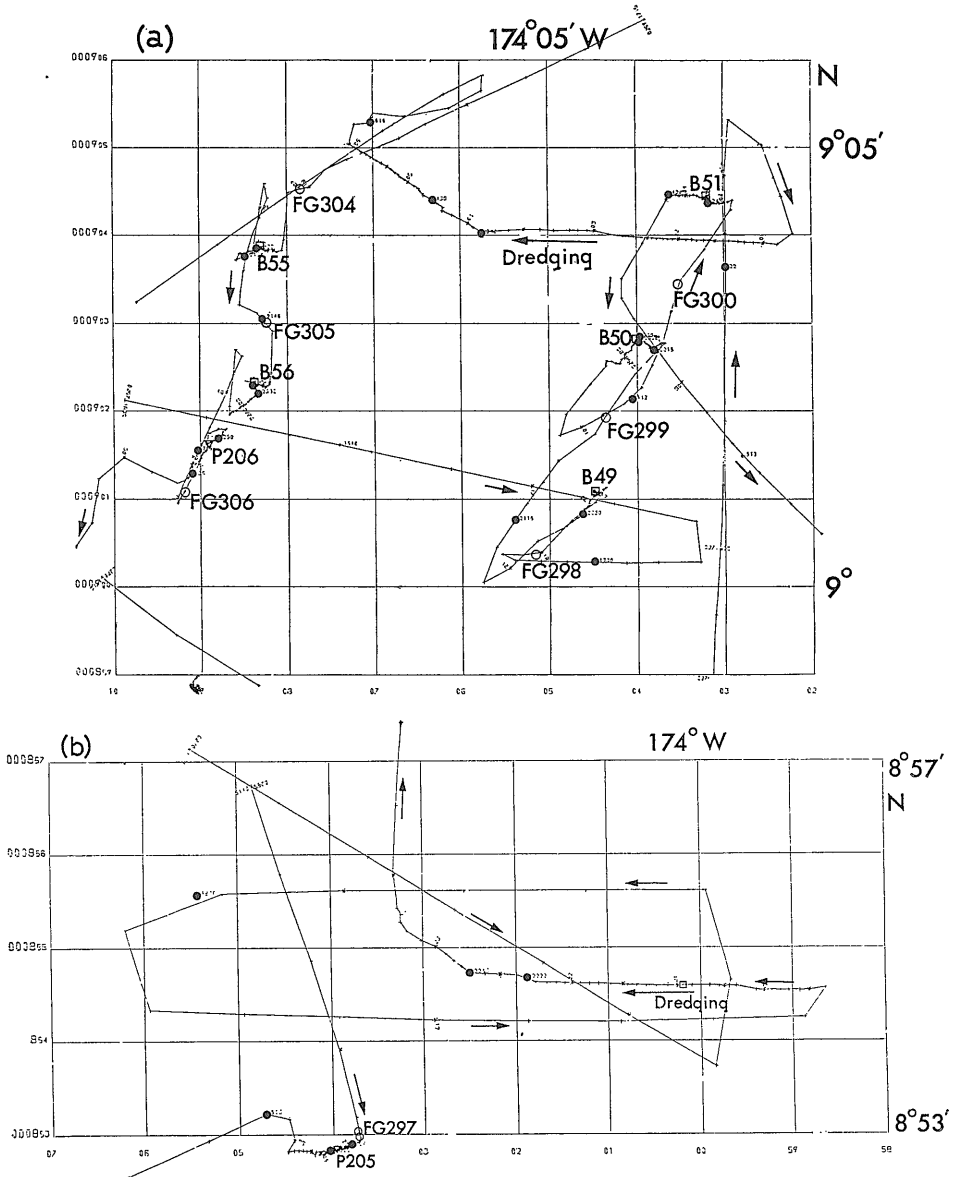
第3表 航海日程概要

1980. 8. 11 (月)	船橋出港 (13:00)	}	調査海域まで航走観測 (12kHz PDR 及びエア・ガンを除く)
8. 19 (火)	調査海域 (精査海域1) 到着		“精査海域1”の停船観測 (グリッド間隔約18km), 夜間はエア・ガンを含む航走観測 (停船観測時はいずれも同じ)
8. 24 (日)	“北方海域”航走観測 (屈折法音波探査に用いる大型エア・ガンのテストを含む)	}	“精査海域1”の停船観測 (3本の測線に沿う, 約2.1 km 間隔の採泥及びマンガン団塊大量採取を目的とするドレッジ等) 夕刻よりホノルルへ向い航走観測 (エア・ガンを除く)
8. 28 (木)	ホノルル入港 (09:00)		水, 食糧, 燃料の補給, 資料収集
9. 5 (金)	ホノルル出港 (16:00)	}	ヒロ入港 (09:00)
9. 8 (月)	ヒロ入港 (09:00)		休養, 資料収集, 船上レセプション
9. 9 (火)	ヒロ出港 (16:00)	}	調査海域まで航走観測 (エア・ガンを除く)
9. 12 (金)	“精査海域2”到着, 停船観測 (グリッド間隔約9 km)		“西方海域”航走観測 (エア・ガンを除く)
9. 17 (火)	“精査海域2”停船観測 (3本の測線に沿う 約1.5km 間隔の採泥及びドレッジ) 夜間は主にソノ・ブイによる屈折法音波探査	}	早朝調査海域出発, 航走観測 (一部でエア・ガン)
9. 21 (日)	9. 23 (火)		船橋入港 (10:00)



これは 地形と調和した基盤の盛り上りに対応すると考えられる。 精査海域2の南部では 約10ミリガル低く堆積層が比較的厚いことを暗示している。 また マジェラン・トラフの南縁・北縁の高まりは5~10ミリガルの正異常 トラフの中央部では10~20ミリガルの負異常となっている。 また 北方海域 は地形の起伏に富み海山の上では数10~100ミリガルに達する正の異常がみられる。

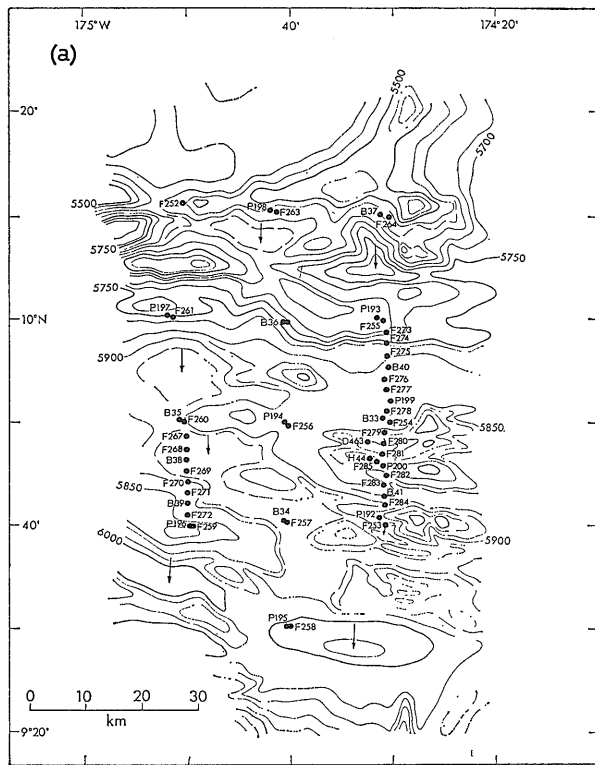
(3) 地磁気異常 (玉木・上嶋) : プロトン磁力計で観測された全磁力異常のプロファイルの例を第8図に示した。 精査海域1には 隣接する極大-極小で300nT (=ガンマ) 程度の振幅を持つ縞状異常が典型的に発達する。 その縞異常帯は 南から北へ向って地殻の生成年代が古くなることを示しており Larson and Hilde(1975)の地磁気逆転の時間尺度に合わせると 白亜紀前期のM10 (122.2 Ma Ma=100万年) M10N (123.9Ma) M11 (125.7Ma) 及び M12 (128.2Ma) が識別できる。 縞異常は 1-2



第4図 停船観測日の航跡と人工衛星航法による船位のUP-DATEとの関係例  
 ●UP-DATE地点 ○フリーフォール・サンプラー投入点 □ボックス・コアラ着底点 ▽ピストン・コアラ着底点 矢印は船の進行方向を示す。  
 (a) 精査海域2における精査時とドレッジ操作時  
 (b) 精査海域2のマジェラン・トラフ内のフリーフォール(2点)及びピストン・コアラを組み合わせた採泥点とドレッジ操作時の例。

km のズレをもつトランスフォーム断層によって短棚状に切断されているようである。精査海域2には従来のデータから考えて M9 及び M10 に相当する逆転がみられるはずであり 現在 解析を進めている。北方海域では従来のデータに加えて北西—西西北西方向の縞異常が新たに発見された。おそらく M5 (118.3Ma)~M12 (128.2Ma) の異常群に相当すると思われる。北方海域と精査海域1との往復の間に得られたデータから 13°N・173°W 付近に過去の拡大軸と考えられる東西性の構造を発見した。一方 GH79—1 航海でこの付近に同定した M13 及び M14 の異常の存在は疑わしく 再検討されるべきである。西方海域については マジェラン・ライズの北部に新たに M17 (137Ma) 付近と思われる異常群を新たに発見した。GH76—1 及び GH77—1 のデータと合わせて マジェラン縞異常群の西端部の状況を詳細に把握できると期待される。

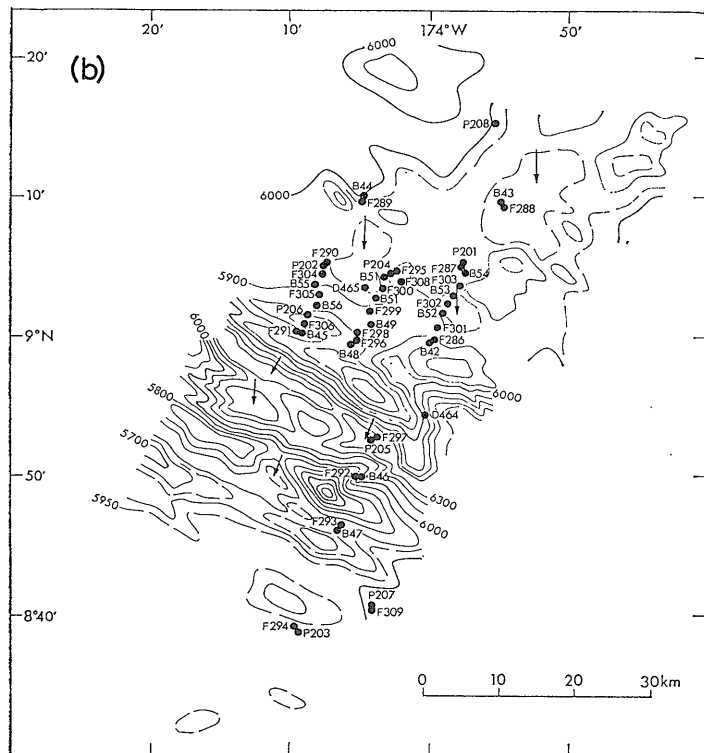
(4) 海底熱流量 (上嶋) : GH80—1 航海と同じくピストン・コアラにサーミスタ・センサーと記録計をつけるラモント方式による海底熱流量の測定を行った。各地点の熱流量を HFU (ヒートフロー・ユニ



第5図 精査海域の地形と測点

(a) 精査海域1 (b) 精査海域2  
水深の単位はm

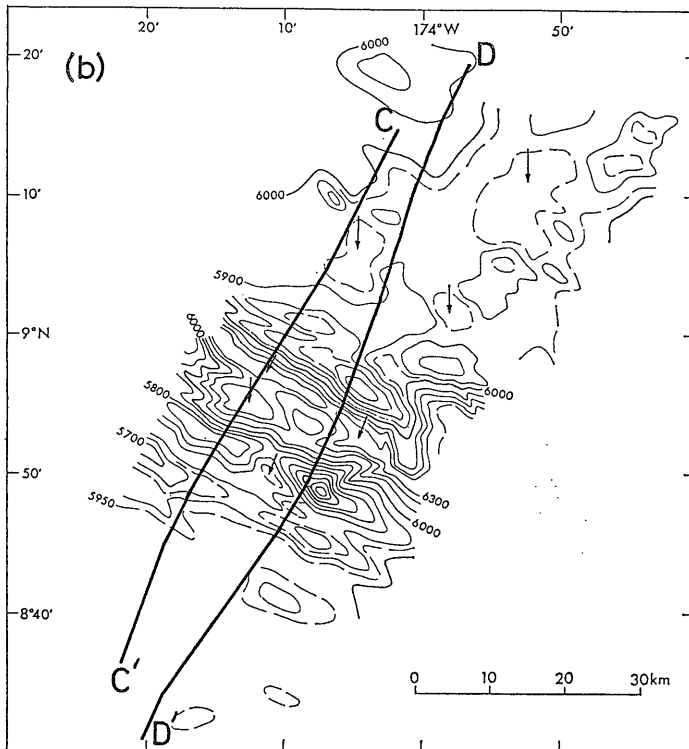
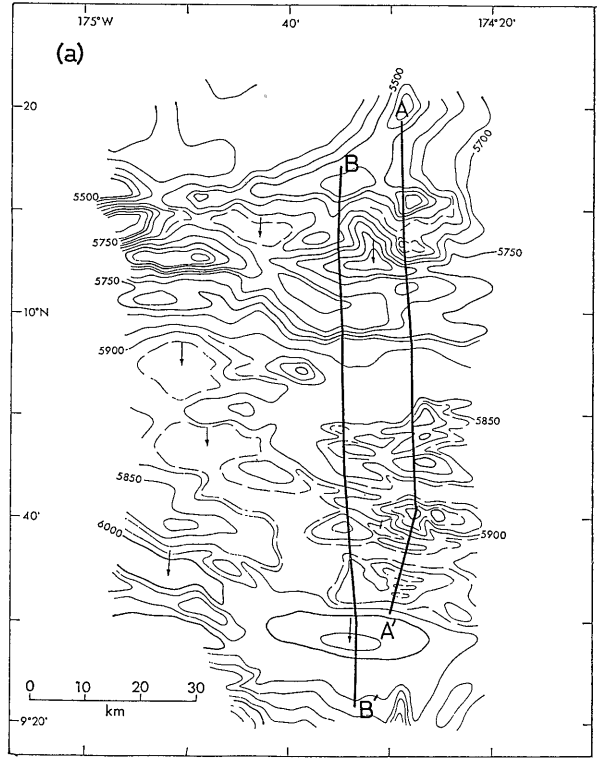
- B : ボックス・コア
- P : ピストン・コア
- F : フリーフォール・サンプラー
- D : ドレッジ
- H : 熱流量測定 (ピストン・コアと併用しない)





ット=10<sup>-6</sup>cal/cm<sup>2</sup>・sec) で第9図に示す。 精査海域1及び2をあわせて 最小値は1.1 最大値は1.7 平均値は1.4である。 海洋底の値としては平均的なものであり 地形効果による温度勾配の変化や 基盤の深さ(あるいは堆積層の厚さ)を考慮すると とくに熱効果に差異があるとは考えられない。 したがって 両精査海域にみられる マンガン団塊の質・量の変化をもたらした要因として 熱流量の差異があったとしても 少なくとも現在識別できるような形では残っていない。

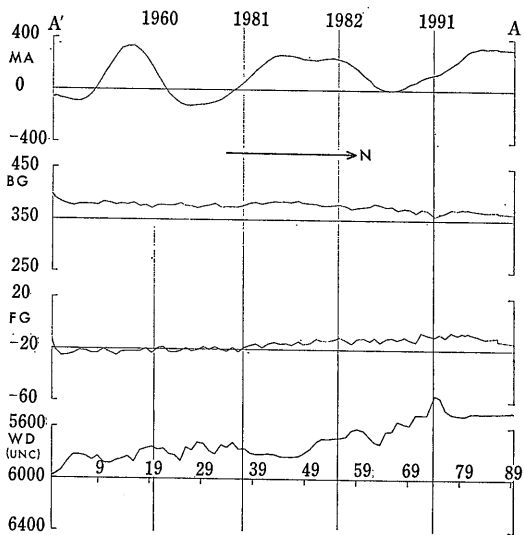
(5) 3.5 kHz・PDR による表層堆積層探査 (中尾) :  
 3.5 kHz・PDR は サブボトム・プロファイラーとも呼ばれ 発信する音波の波長が 測深用の12kHzより短かいため 海底面だけでなく 最表層の堆積層の厚さや一部構造についても 記録が得られる。 精査海域で得た2秒レンジ(記録紙の幅を 音波の往復所要時間2秒とした記録を取得できる)の記録を ①海底面の見かけ上の明瞭さ ②透明層(最表層は多少とも白っぽく このように呼ばれる。 不透明層というのは 密度が高く 音波が至る所で反射するために 全体が黒っぽく見える部分を意味する)の厚さ 及び ③音響層序のパターンの3つの面から解析した。 音響層



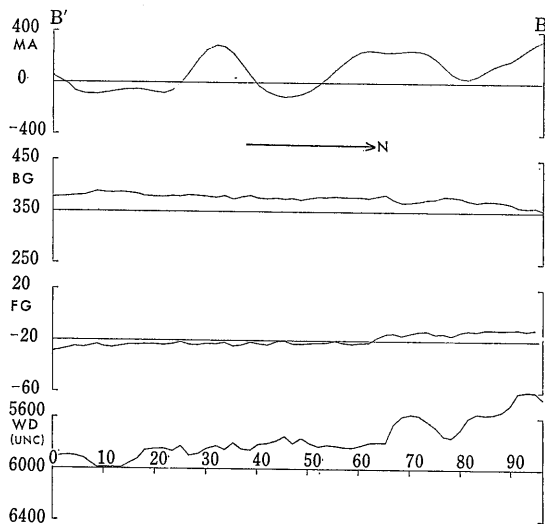
第7図  
 地磁気異常 重力異常(プーゲー及びフリーエア)及び水深のプロファイル位置

(a) 精査海域1 (b) 精査海域2





(a)



(b)

序のパターンのタイプを第10図に示す。なおエア・ガンによる反射法音波探査で得られる模式層序(第11図参照)のユニットIが3.5 kHzの透明層に相当すると考えられてきたがその関係は若干複雑でユニットIの中に見られる反射面から下が3.5 kHzですべて不透明になる場合もある。

精査海域1ではほぼ全域にわたって透明層の厚さが50m未満である。30m程度の比高を持つ緩やかな起伏の発達する場所で透明層の厚さの頻繁な変化がみられる。北半部の海底面は比較的明瞭である(3段階にわけて明瞭と中間にあたる)が南半部では一般に不明瞭である。層序パターンでは北半部がa型を主体とし

第8図((e)は次ページ)

地磁気異常 重力異常(ブーゲー及びフリーエア)及び水深のプロファイル例

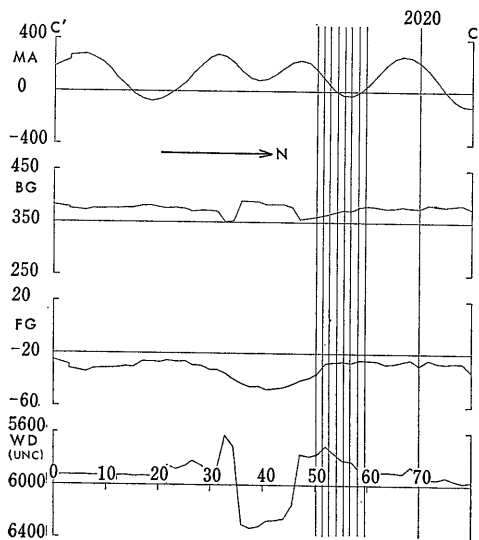
断面の位置(A-A' B-B' C-C' D-D')は第7図に示す。(d)は“北方海域”におけるものでその位置は北端9°20' N 南端8°30' Nである。

MA: 地磁気異常(単位nTで1975年のIGRFとの差で示した)

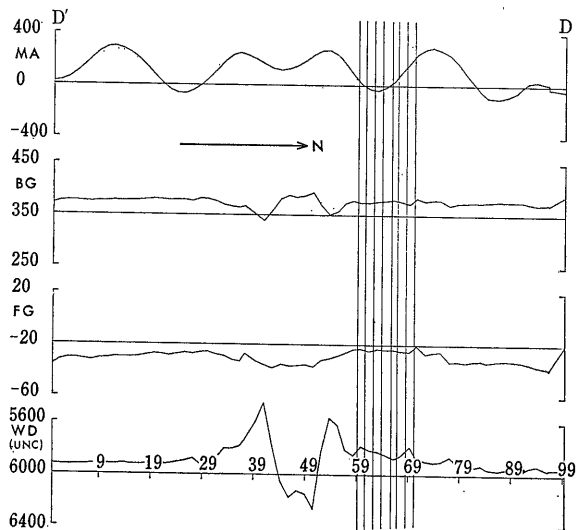
BG: 重力異常(ブーゲー 単位はミリガル)

FG: 重力異常(フリーエア 単位はミリガル)

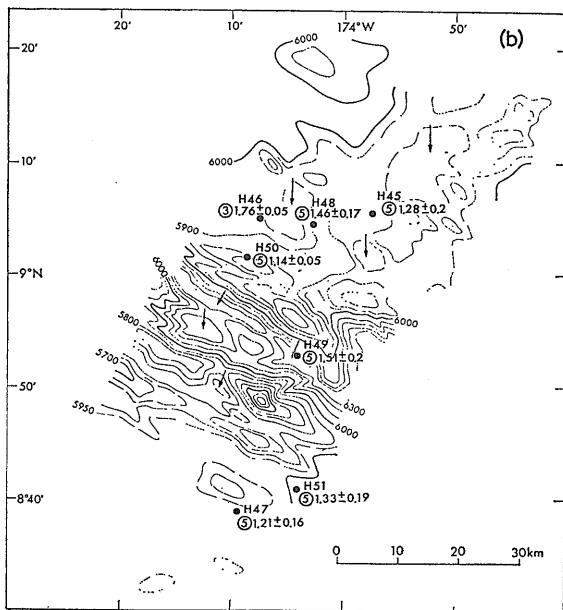
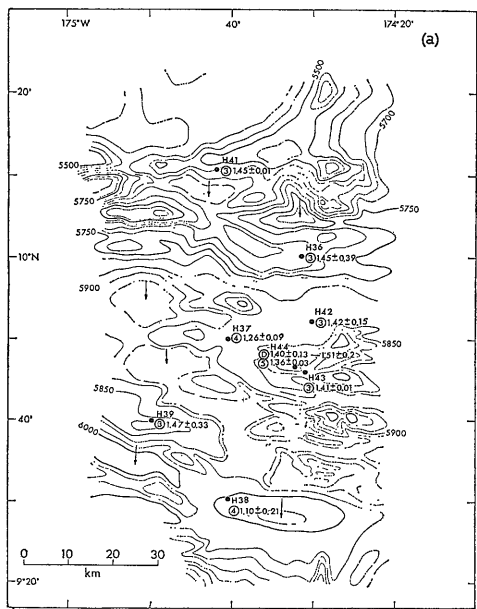
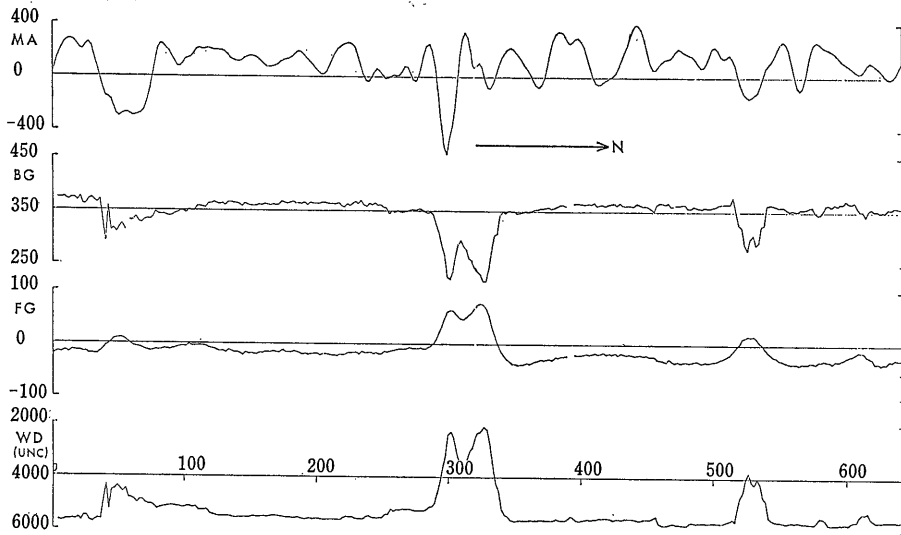
WD: 水深(未補正 単位はm)



(c)



(d)



第9図 精査海域における熱流量測定値

(a) 精査海域1 (b) 精査海域2

H: 熱流量測定番号のイニシャル

○内の数字はセンサー番号 (◎は DHF 型用センサー)

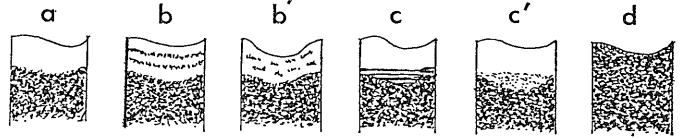
●測定地点 測定値の単位は HFU (=10<sup>-6</sup> cal/cm<sup>2</sup> · sec)

て b'型が卓越し c'型がこれに次ぐ。後述されるマンガン団塊の被覆率 (海底の面積とそこにマンガン団塊が露出する面積の比 %で示される) と海底の明瞭さの間には著しい対応関係があり 露出したマンガン団塊が軟かい堆積物に比べて 高い音波反射能を持っていると考えられる。

精査海域2における透明層の厚さは 北部: 20~50 m

中部: 20m 未満 南部: 50~100m となっている。ただし 南部では 不透明層の上位に発達する“タービダイト層” (厚さ 50m 程度) を含めて算定しているので 厳密な意味での透明層の深さは 20m内外である。また 北部では不透明層上面の緩い起伏を誇張するような形で透明層が発達するが 全体としては東部の方が厚い。海底面の明瞭さについてみると 北部全体及び中部の一

部が不明瞭 中部のトラフ縁辺部が明瞭 その他中部及び南部の大半が中間的である。さらに 層序パターンでは 不明瞭な海底面と対応して (すなわち北部全体と 中部の一部) b'型が発達し 一方 南部はc型で代表される。中部の層序パターンは 複雑な地形と基盤構造を反映して 複雑に変化する。マンガン団塊の質・量分布と 3.5kHz 層序との関係は 北部と南部では 精査海域1 におけると同様単純である。しかし 中部では起伏の変化が著しいため 3.5 kHz 層序の解釈が不正確になっていて 単純な対応関係が把握できない部分が多い。



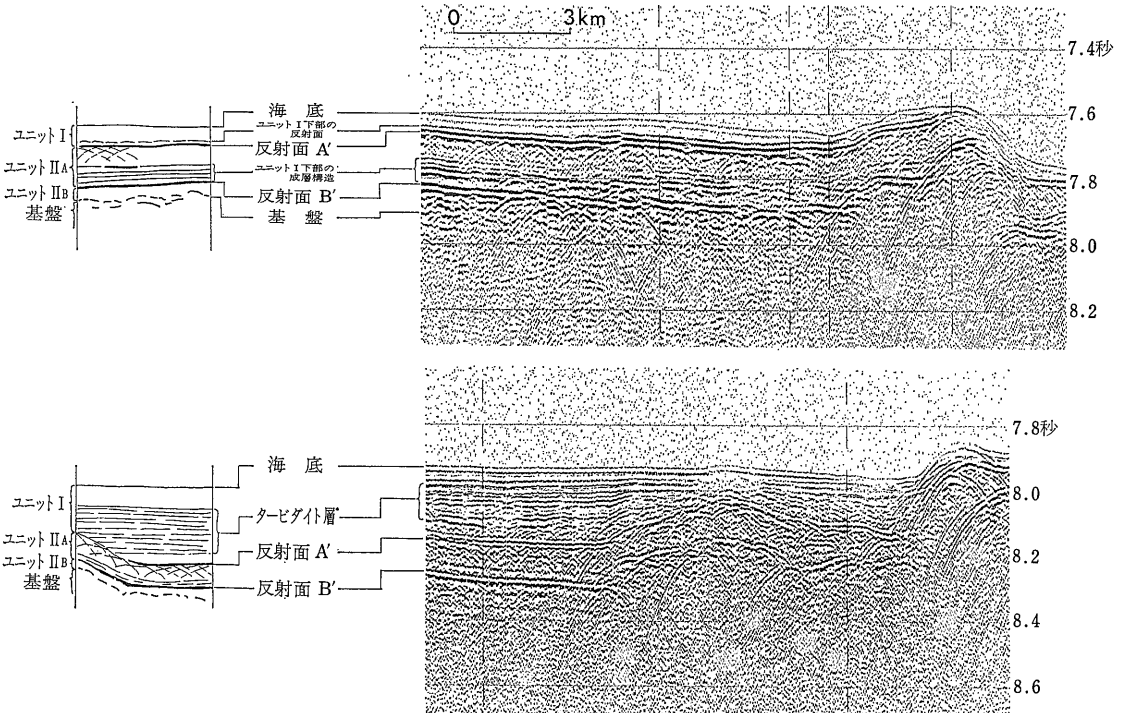
第10図 3.5 kHz PDR による音響層序のパターン

- a : 透明層 (上位) と不透明層 (下位) にわかれる。
- b : 透明層の中に連続的な反射面がみられる。
- b' : 透明層の中に散在する非連続的な反射体がある。
- c : 透明層の下部に 不透明に近い成層構造がある。
- c' : 透明層の一部 (下部) 又は全体が反透明層で置換されている。
- d : 透明層あるいは それに相応する上位層がなく全体が不透明である。

(6) エア・ガンによる反射法音波探査 (玉木) : 今回 初めて波形整形装置 (WSK) を使用して 高解像度の記録を得ることができた。WSK の使用による出力音圧の減少をカバーするために エア・ガン (1,900C 120in<sup>3</sup>) を2台用いた。また ショット間隔をできる限り短かく (30m) し 平面的な解像力を上げた。これらの結果従来の航海でその概要が把握されていた 中央太平洋海盆北部の音響的層序の詳細な検討が可能になった。第11図に当海域の模式的な音響層序2例を示す。

精査海域1には 中央太平洋海盆北部の基本層序 (上位

より ユニットI ユニットIIA ユニットIIB 及び音響的基盤。第11図参照) が模式的に発達する。ユニットIは 大体透明であるが 下部に弱い反射面 (St. 1983 及び St. 2026のコアでみられた珪質軟泥の表面?) が見られることが多い。ユニットIIAは さらに 多くの場合透明な上部と 成層構造の発達する下部に二分される。ユニットIIBは一般に薄く 音波到達時間に直して最大0.1秒程度である。音響層序分布の特徴を第12図に示した。ユニットIの厚さは 最大0.1秒 (75m) で 北部の薄い帯状域 (0.025秒または 18.75m以下) と中央部西端の厚い部分を除くと 大半は 0.05秒 (37.5m) 程度である。

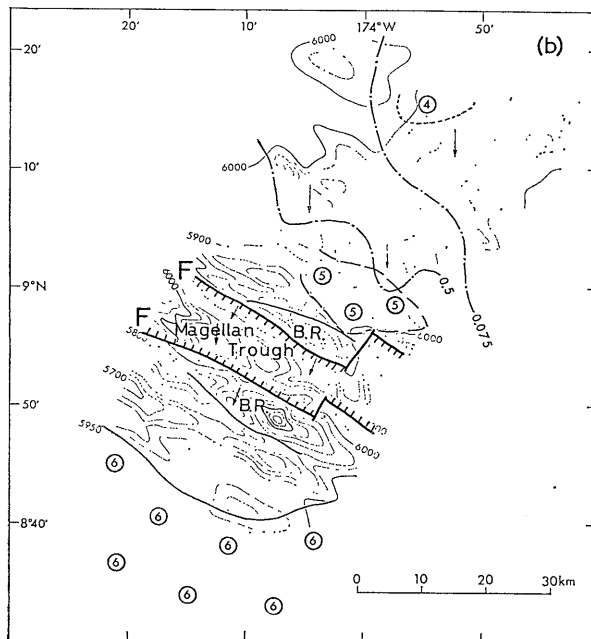
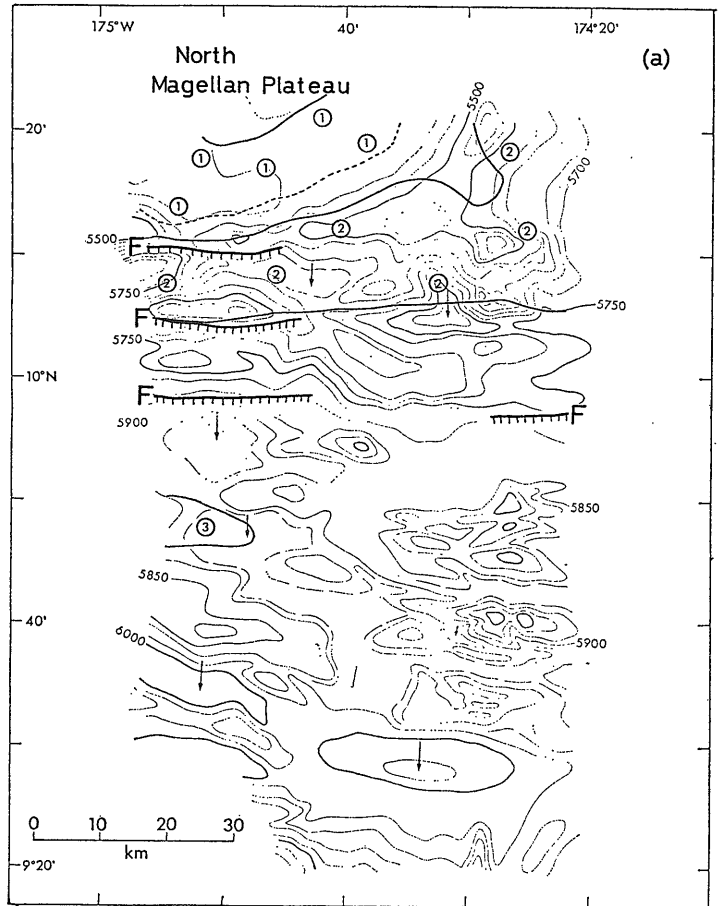


第11図 エア・ガンによる反射法音波探査で得られる記録例 (縦横比10倍) と対応する模式層序。

小規模な起伏のあるところでは 地形の高まりでユニットⅠの厚さが薄くなる場合と 逆にユニットⅡ以下の構造を誇張するような形で 高所で厚くなる場合もある。これは堆積様式が場所によって異なることを示すものと思われる。一方 ユニットⅡAの厚さは 大体0.2秒であるが 海域を北にはずれた北マジェラン海台のふもとで0.3秒以上に達する。なお 基盤地形は 明らかに東西性の伸びをもっており その方向が地磁気の縞異常と調和的であることから 地殻形成時 すなわち前期白亜紀に形成されたものであると考えられる。

精査海域2の北部には 精査海域1と同様の音響層序がみられるが 次のような特徴がある。①ユニットⅠ下部の弱い反射面が広く発達する。②ユニットⅡA下部の成層構造の発達が弱く 一方 上部は ほとんどの場合半透明である。③マジェラン・トラフの北縁をなすリッジの北側に ユニットⅡAの全体が透明である地域がある。

マジェラン・トラフの底には 薄い



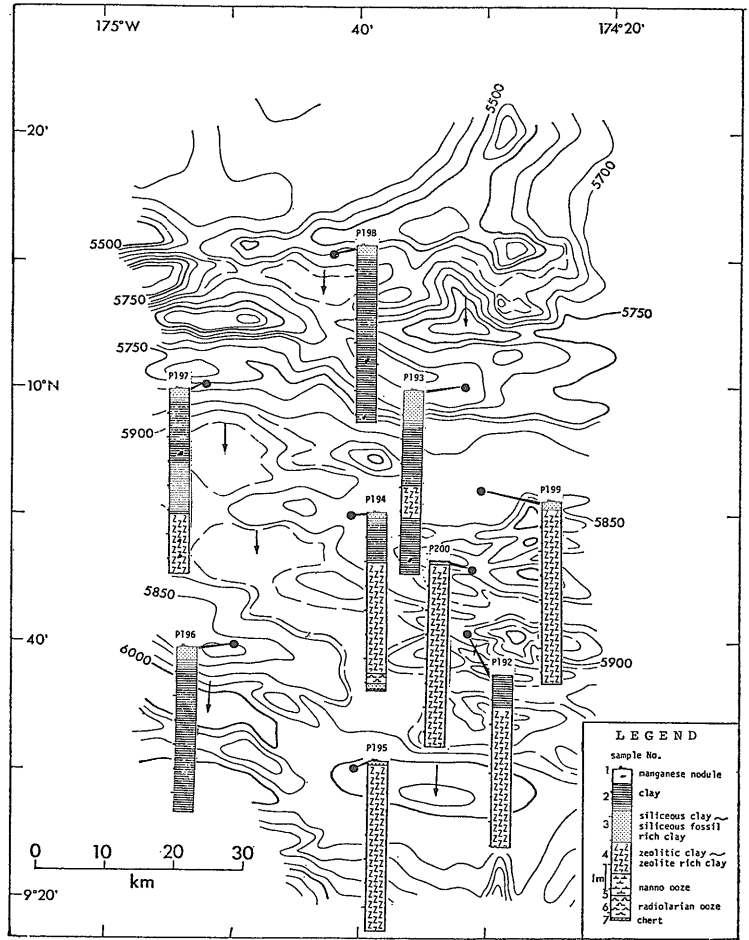
第12図 精査海域におけるエア・ガン音響層序分布の特徴  
 (a) 精査海域1 (b) 精査海域2  
 ① ユニットⅡAの厚さが0.3秒以上の区域  
 ② ユニットⅠの厚さが0.025秒(18.75m)以下の区域  
 ③ ユニットⅠの厚さが56.25m~75m  
 ④ ユニットⅠの厚さが0.05秒以下  
 ⑤ ユニットⅠが透明な区域  
 ⑥ “タービダイト”地域  
 F:断層  
 B. R:マジェラン・トラフ縁辺の高まり  
 一点鎖線:ユニットⅠの等厚線(数字は厚さを秒単位で表わしたもの)

ユニット I (0.025 秒前後) と比較的厚いユニット II (0.3 秒前後) がみられる。さらに 南部ではユニット I の中に“タービダイト層”(厚さ0.1~0.15秒) が顕著に発達し ユニット II 最上部の反射面が欠除することが多い。また 南部ではユニット II A が0.05秒程度と薄くなっている。これらの現象は “タービダイト” 形成時の下位層の削剝によるものと思われる。なお この“タービダイト層”はマジェラン・ライズまで追跡される。

上記のほか 北マジェラン海台の南北断面 (174°45'W に沿う) 北方海域の一部等で若干のデータを取得したが ここでは省略する。

(7) ソノバイによる屈折法音波探査 (玉木):大型エアガン1,500C (550in<sup>3</sup>) を音源として マジェラン・トラフの軸沿いに1測線 M10N 地磁気縞異常に沿った3測線の屈折法音波探査を実施した。地質時代の拡大軸であったと考えられるマジェラン・トラフの軸部には 異常速度を有する地殻が存在する可能性があるので測線を設けたが トラフの底が平坦でないため 十分なデータを得ることができなかった。一方 扇型をしたマジェラン縞異常群では扇の閉じる方向 すなわち西に向かって急速に地磁気異常の振幅を減ずることが過去の調査でわかっており この原因を究明するために M10N 異常に沿って3測線の屈折法探査を実施した。その結果 一番西よりの測線で海洋性地殻第3層までの構造を把握することができた。このデータを今後解析する予定である。

(8) 堆積物 (西村): 精査海域1および2を通じて ボックス・コアによる表層柱状試料(約300m) 24点 ピストン・コアによる柱状試料(8m弱) 17点 フリーフォルム・グラブ付属の採泥管による表層試料67点及びドレッジによる表層試料1点を採取した。スミヤ・スライドの観察で明らかにした岩相を中心に両精査海域の特徴を述べる。なお 岩相の分類は GH 80—1 の航海報



第13図 精査海域1における堆積物の岩相層序分布

- 凡例
- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| 1. マンガン・ノジュール   | 5. 石灰質(ナンノ化石)軟泥 |
| 2. 遠洋性粘土        | 6. 珪質(放散虫)軟泥    |
| 3. 珪質粘土~亜珪質粘土   | 7. チャート         |
| 4. 沸石質粘土~亜沸石質粘土 |                 |

告(地質ニュース316号)の方式に従った。

精査海域1—①表層は 全域で亜珪質粘土(~珪質粘土)で 放散虫・珪藻の両者を含む 厚さは10~30cm のことが多いが まれに100cm以上に達する。②柱状試料でみられる岩相層序(第13図)は 表層の亜珪質粘土から下位へ 遠洋性粘土 沸石質粘土(または亜沸石質粘土)に変化するのが一般的な形である。ただし 南東部及び中西部では 遠洋性粘土が薄く 沸石質粘土が浅い所に出てくる。③中央部の St. 1983 (P194) では 沸石質粘土の下位に 珪質(放散虫)軟泥及びチャートが採取された。④上記の珪質軟泥は 含まれる放散虫化石から後期始新世に堆積したものと考えられ また 同様に

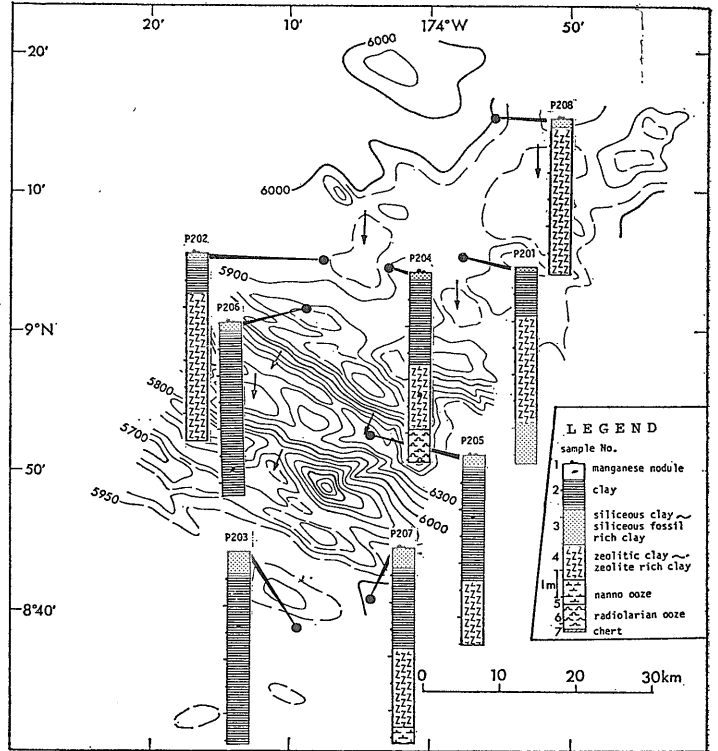
St. 1988 (P197) の最下部 (沸石質粘土) は 中期中新世のものと考えられる。

精査海域 2—①表層堆積物は 精査海域 1 の場合と同じく すべて放射虫・珪藻を含む珪質粘土である。 ②岩相層序 (第14図) は 上位から下位へ 珪質粘土—遠洋性粘土—沸石質粘土 (または 珪沸石質粘土) と変化するのが 一般的であるが 西側の 2 本 (St. 2022 及び 2025) では 遠洋性粘土が厚いためか 沸石質粘土が採取されていない。 ③St. 2018 (P 201) では 沸石質粘土の下位に 珪質粘土 (最下部で中期中新世) St. 2026 (P204) では 同じく珪質軟泥 (前期~中期始新世) 及びSt. 2049 (P207) では 同じく石灰質 (ナン) 軟泥 (最下部で漸新世—浮遊性有孔虫による) が採取された。 ④上記の石灰質軟泥は 音波探査で “タービダイト層” が 直接海底に露出すると思われる地点で採取されたものであり 堆積構造の上での証拠はないが “タービダイト層” の最上部に相当するものと考えられる。 したがって その堆積した時代も 微化石が示す漸新世よりも若い可能性がある。

⑤大半のコアで 遠洋性粘土の中下部に 上下より淡色の部分 (上下の dark brown に対して yellowish brown) がみられる。 これは 還元的環境 (生物活動が関与したか否かは別にして) 下でのマンガニ酸化物等の 溶脱による脱色作用の結果であると推定されるので 同時代のものであるか否か 検討するつもりである。

以上の結果から 両精査海域を通じての堆積史を簡単にまとめると次のようになる。 ①始新世には両海域は赤道付近にあって 珪質の生物遺骸が多量に沈積し 珪質軟泥 (一部はチャート) になった。 ②中期中新世には少なくとも一部で珪質粘土が堆積した。 マジェラン・トラフの南側の石灰質軟泥の “タービダイト” はこの頃まで堆積していた可能性がある。 ③その後は 生物遺骸の供給が比較的乏しく 遠洋性粘土や沸石質粘土 (あるいは その起源となった物質) が堆積した。 ④さらに 現在は珪質粘土が堆積しつつある。

(9) マンガン団塊 (白井) : 従来の方法に従って 賦存率 (kg/m<sup>2</sup>) 粒径 形態 内部構造及び鉱物組成に関するデータを得た。 表面構造のタイプ別産出比 形態 賦存率 (kg/m<sup>2</sup>) 及び被覆率 (%) を第 4 表に示す。 形態については GH80—1 航海で新たに加えた以下の 3 つ

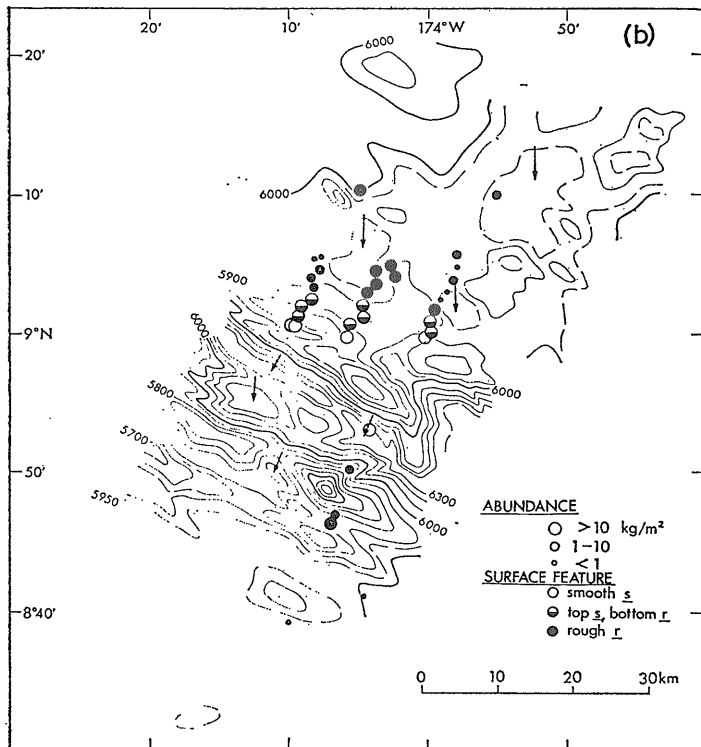
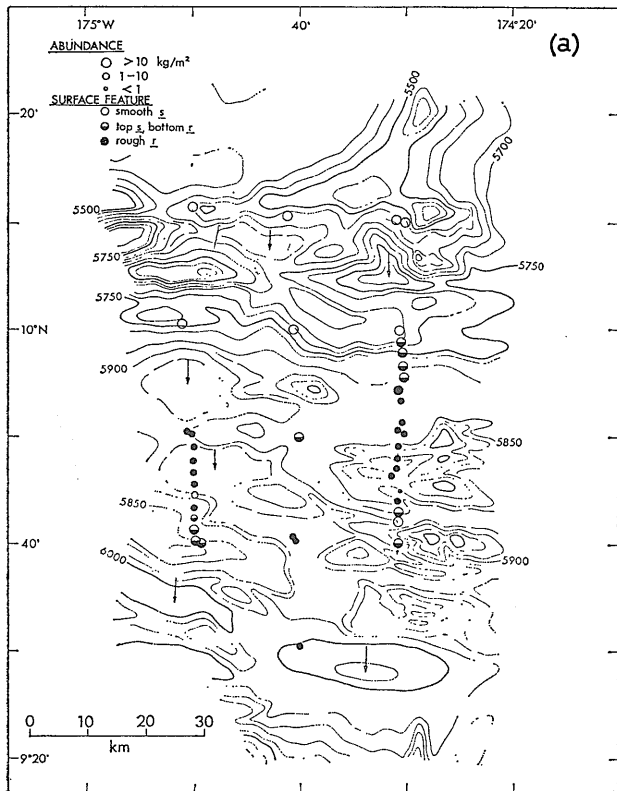


第14図 精査海域 2 における堆積物の岩相層序分布 凡例は第13図と同じ

のタイプを ひき続き使用している。

- F : 団塊の破片で 数 mm の厚さの被膜を伴うことがある。部分的に平面に近い表面を持つ。
- T : 平板状
- I : 多くの核を持つ団塊 又は不規則な形状の核を多く持つもの。

また 表面構造については 従来の s (滑らか) と r (粗) に加えて s・r (r 型の鉱物相=10Å manganite の発達に貧弱である) という中間型を重視し さらに 上部と下部 (すなわち 海水に露出している部分と堆積物に埋没している部分) とが比較的是っきりと区別できる場合には s+r (上部が s 下部が r) のように表示することにした。 この表示方法を用いると s s+s r s+r s・r s+r+r 及び r の 6 つのタイプが識別できる。 さらに 内部構造を加味すると ① r 型の表面をほとんど持たない典型的な s 型 ② 内部まですべて r 型の鉱物相から成り 同心円状の内部構造が発達する r 型及び ③ 既存の s 型の周囲に多少とも r 型が発達する という 3 つのタイプに大別できる。 ただし船上では内部構造のデータが不十分なので とりあえず 内部構造にかかわらず 表面が全体に r 型鉱物相からなる場合には r 型と呼び 他の 2 者



第15図 精査海域におけるマンガン団塊の分布  
 (a) 精査海域1 (b) 精査海域2

をs型及び中間型と呼ぶことにする。

以下に両精査海域のマンガン団塊分布を第15図にそって説明する。

精査海域1—北部の水深5,600m程度以浅の地点で採取されたマンガン団塊はすべてs型である。一方 南部では大半がr型または中間型である。中間型のうちr型鉱物相の発達著しいものは 北部と南部をわける200—300mの急斜面の南部に限って分布する。破片状のs型団塊が核となった中間型もみられるが その分布は複雑である。精査の結果 s型団塊の埋没度(=r型表面の面積的発達度)が次第に増して遂に全埋没型(s・r型又は外見的r型)になり さらにs型の核を持たないと思われる本質的なr型団塊が分布するという 漸移的な変化の様子が明らかになった。

精査海域2—北部及び南部はr型で代表される。北部のマジェラン・トラフ寄りには 既存のs型団塊が完全に埋没して 全体をr型鉱物相が被うタイプが しばしば見られる。この場合 被覆の厚さは薄いもので1mm程度 厚いものでは2~3cmに達する。一方 トラフの底及び北縁の高まりにはs型団塊が また 北縁の高まりと北部のr型分布域との間に中間型の団塊が分布する。さらに 精査の結果 精査海域1の場合と同様の変化の様子が明らかになった。そのような変化の1例を第16図に示す。ここで 両精査海域とも s型ないし中間型の方が r型よりも賦存量が高いことを指摘しておきたい(第4表 第16図参照)。

以上が マンガン団塊に関する船上記載のまとめである。今後の解析のためには まず 内部構造を含めたデータを取得 整備し s型核の分布 r型鉱物相の発達度及び地点毎の団塊の形態上の発達史を把握する必要がある。

おわりに

以上に述べた船上研究の結果と従来

の研究から マンガン団塊の質量変化とその要因について以下のような指摘ができる。

(1) マンガン団塊の量(賦存率)と質の間には従来のわれわれの研究で指摘されていたのと同様に一定の関係がある。すなわち顕著な同心円状構造を持つr型の団塊は賦存量が低くS型や中間型の場合は高い。今航海に関して賦存量を具体的な数字で示せば前者は20kg/m<sup>2</sup>未満 後者は20kg/m<sup>2</sup>の場合が大半を占め中には40kg/m<sup>2</sup>という例(St.1979)もある。

(2) 団塊の内部構造のいくつかの例をみると典型的なsの場合にも最表層(厚さ1~3mm)とその内側の部分には明らかに成長の休止があったと思われる。またs型を核として表面に発達したr型鉱物相(10Å manganite)の成長時期と上記のs型最表層( $\delta$ -MnO<sub>2</sub>)の成長時期との間には単純な前後関係はないと考えられる。

(3) 鉄に富むs型鉱物相( $\delta$ -MnO<sub>2</sub>)は海水との接触面で成長し一方鉄に乏しいr型鉱物相(10Å-manganite)は堆積物との接触面で成長するといわれるので中間型(s+r型等)の団塊は既存のs型団塊またはその破片が多少とも堆積物中に埋没した状態で形成されたと考えられる。しかし両精査海域で比較的新しい時代(後期中新世以降)の珪質堆積物の分布は一様であり大局的な堆積速度にも大きな違いはないと思われるので上記現象を規制する要因としてより小さな規模での堆積作用の時間的 空間的変化を考慮する必要がある。

(4) s型及び中間型団塊の分布は地形の伸びと平行な配列を示すが必ずしも基盤形成時以降の堆積物の堆積速度が小さい地域に集中するわけではない。したがってs型団塊の形成要因は鉄 マンガン等の金属元素の究極的な供給源の問題を含めて再検討されるべきであろう。

以上がGH80-5航海を終えた段階でマンガン団塊の成因について指摘できる事項である。今後の室内研究を通じて問題の所在をより明確にし時代論に裏打ちされた成因論を追求するつもりである。

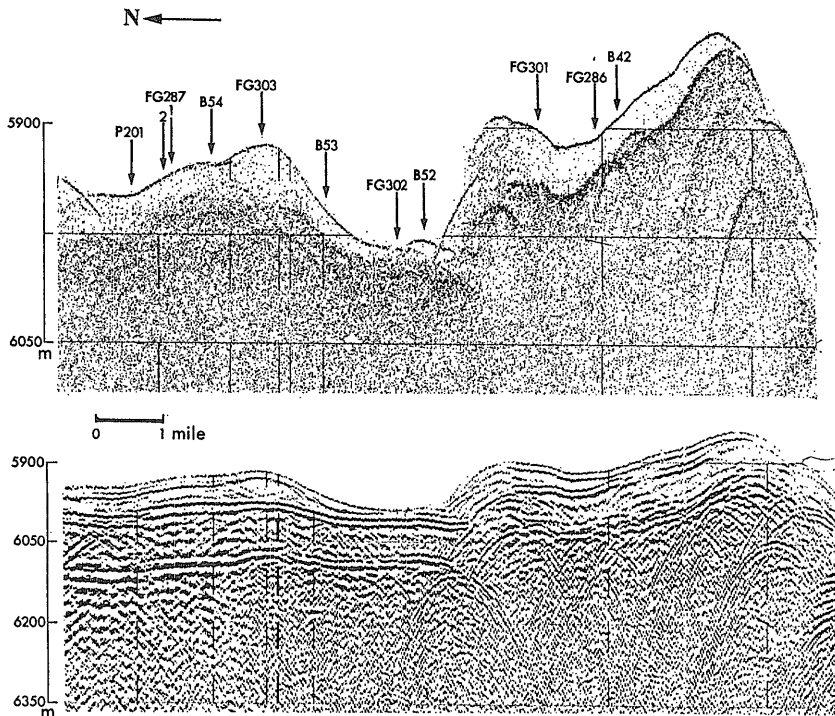
第4表 精査測線に沿うマンガン団塊の表面構造のタイプ別産出比 形態賦存率及び被覆率(測点は各ブロック毎に北から南へ並べた)

測点番号	サンプル番号	表面構造のタイプ別産出比 (個数%)						形態 (個数の多い順)	賦存率 (kg/m <sup>2</sup> )	被覆率 (%)
		r	s+r	r*s	s+r	s+s*r	s			
1987	FG260	100						S,D,SP	> 3	(15)
1992	FG267	100						S,SP	6	15
1993	FG268	100						S	2	5
1994	B38	100						S,D	1.5	(0)
1995	FG269	100						S	1	10
1996	FG270				6	94		I	9	30
1997	FG271	100						S	7	20
1998	B39	76				24		SP	8	(20)
1999	FG272				58	42		IDP,ISP	16	30
1986	FG259				68	32		IDP	28	60
1982	FG255-2				39	61		IDP	24	70
2000	FG273				82	18		IDP	13	70
2001	FG274				31	69		IDP,DP	24	60
2002	FG275				47	53		IDP,DP	26	60
2003	B40				80	20		IDP,ISP	25	(50)
2004	FG276				95	5		ISP,IDP	21	50
2005	FG277	82	18					S,SP,ISP	8	40
2006	P199	(100)						S	*	—
2007	FG278	100						S,D	4	10
1981	FG254	100						S	4	10
2008	FG279	100						S	> 1	20
2009	FG280	100						S	> 1	15
2010	FG281	90	10					D,S	6	20
2011A	H44	(100)						S	*	—
#	FG285		(100)					D,DP	3	30
2012	FG282	100						S	>0.2	10
2013	FG283	96	4					D,S	3	10
2014	B41	29	61		10			ISP,IDP,S,D	11	(30)
2015	FG284				36	64		I,ISP,IDP	13	25
1980	FG253				4	96		I,DP,ISP	19	30
2021	P202	(100)						S	*	—
#	FG290-1	100						S,D	>0.7	0
#	# -2	100						D,S	3	0
2041	FG304	100						S,SP	5	—
2042	B55	98	2					S,SP,D	10	30
2043	FG305	80	20					D,ID	3	30
2044	B56				94	6		ID,IDP,DR,D	15	40
2046	P206			(100)				IDP	*	—
#	FG307				77	23		IS,ID,IDP	20	40
2045	FG306				83	17		ID,DP,IS	23	60
2022	B45			3	26	71		ID,I	24	50
#	FG291				10	90		ID,IS,F	21	50
2026	FG295-1	91	9					IDP,D,ISP,S	11	25
#	# -2	71	29					ISP,IDP,D	14	20
2026	P204	(100)						SP	*	—
2034	B51	75	20		5			ID,IDP	18	20
2033	FG300	100						S,SE,IS	24	25
2032	B50	60	12		28			IS,ISP,ID	34	30
2031	FG299				22	67	11	IS,ID	29	50
2030	B49				45	37	18	ID,IS,IDP	20	40
2029	FG298					75	25	ID,IS,IDP	20	50
2027	FG296					(100)		F(crust?)	(2)	(30)
#	B48				29	71		ID,IS,IDP	11	60
2018	FG287-1	100						D,IS	1.3	—
#	# -2	100						IS,I,S	1.0	0
2040	B54	100						S,I	0.3	0
2039	FG303	100						S,I	2.1	0
2038	B53	100						S,D	0.8	(0)
2037	FG302	100						S	>0.6	0
2036	B52	43	57					S,SE	27	0
2035	FG301			9	4	87		IS,ID,F	21	40
2017	FG286				17	66	17	IS,ID	27	50
#	B42				35	65		D,IS,DR,IDP	24	(50)

註:(1) 賦存率で\*は団塊が1個だけ採取された場合を示す。また>1とあるのは サンプラー(捕集網部分)が破損された場合で若干のサンプルが脱落した可能性があるため 船上で測定された1kg/m<sup>2</sup>は最少値としての意味を持つ。  
(2) 被覆率で—としたのは 海底写真がまき上げられた泥で利用できない場合 また数字を( )でくくったのは やはり写真画面の一部が利用できない場合である。



測点番号		2018			2040	2039	2038	2037	2036	2035	2017		
試料番号		P201	FG287-2	FG287-1	B54	FG303	B53	FG302	B52	FG301	FG286	B42	
水深 (m)		5942	5942	5942	5952	5921	5931	5994	5980	5893	5900	5890	
マンガ ン 団 塊	賦存率 (kg/m <sup>2</sup> )		1.0	1.3	0.3	2.1	0.8	>0.6	27	21	27	24	
	海底被覆率 (%)		0	—	0	0	(0)	0	20	40	50	(50)	
	卓越粒径		2-4	1-2	1-2	1-2	1-2	2-4	8-10	2-8	8-10	4-6	
	形状タイプ		IS,I,S	D,I,S	S,I	S,I	S,D	S	S,SE	IS,ID	IS,ID	IS,ID,D	
	表面 構造 タイプ (個数%)	r		100	100	100	100	100	100	43	0	0	0
		s·r+r		0	0	0	0	0	0	57	0	0	0
		s·r		0	0	0	0	0	0	0	9	0	0
		s+r		0	0	0	0	0	0	0	4	17	0
s+s·r			0	0	0	0	0	0	0	87	66	35	
s			0	0	0	0	0	0	0	0	17	65	
堆積物上での産状 (ボックスコア)			—	—	埋没	—	ほとんど埋没一部露出	—	一部露出	—	—	ほとんど露出	
岩石、その他		マンガ ン 団 塊 は 採 取 さ れ ず	なし	なし	軽石、サメの歯	軽石、サメの歯	軽石、サメの歯 底棲有孔虫	なし	サメの歯 マイクロ ノジュール	なし	なし	軽石	



第16図 マンガン団塊の局地的な質・量変化の例  
 断面記録上段：3.5 kHz PDR (縦横比27倍)  
 下段：エア・ガン (縦横比10倍)