

## 研究航海報告：

### マゼラン・トラフ北縁の海洋地質・地球物理及びマンガン団塊 (GH80-5 研究航海, 1980年8月—10月)

中尾征三・盛谷智之(編)

#### 要 旨

##### 第I部

##### I. GH80-5 航海の概要 (中尾征三・小野寺公児・玉木賢策・上嶋正人・臼井 朗・西村 昭・鶴崎克也)

地質調査所は、1979年度に工業技術院特別研究「深海底鉱物資源に関する地質学的研究」を開始した。これは、いわば中部太平洋のマンガン団塊の研究に関する第2次5ヶ年計画である。同じく第1次5ヶ年計画ともいふべき、「深海底鉱物資源探査に関する基礎的研究(1974-1978年度・工業技術院特別研究)」では、ハワイ南西の広大な海域(東西 2,100 km×南北 880 km)を対象とし、約 110 km 間隔の格子状測点によって、マンガン団塊の分布の概要を明らかにした。

第1次5ヶ年計画の遂行や、主に1970年代に展開されたDSDP(深海掘削計画)を通じて明らかになったことは、大洋の中央部においても、堆積環境が長期にわたって一定不変ではなかった(深海堆積物の中に多くの堆積間隙が認められる)ことや、110 km 間隔の格子規模では理解できないような局地的なマンガン団塊分布の変化が存在することであった。

第2次5ヶ年計画においては、ウェイク島東方からタヒチ西方に至る長大な2本のトランセクトに沿って、中部太平洋海山群、中央太平洋海盆、マニヒキ海台、及びベンリン海盆等の大構造に関係するマンガン団塊分布の広域的变化と、選定されたいくつかの小海域における、団塊分布の局地的変化の実態を明らかにして、その地質学的要因を究明することとした。

GH80-5 航海は、第2次5ヶ年計画の2年目、あるいは、マンガン団塊分布の局地的変化の実態を明らかにするための最初の航海といふことができる。そのために選定された海域は、マゼラン・トラフ及びその近傍であり、さらに、2つの小海域(精査海域Ⅰ及びⅡ)が選定された。精査海域Ⅰの範囲は、 $9^{\circ}30'N-10^{\circ}N$  と  $174^{\circ}30'W-174^{\circ}50'W$  で、中央太平洋海盆北部の、ある海山の南麓である。また、精査海域Ⅱの範囲は、 $8^{\circ}40'N-9^{\circ}10'N$  と  $173^{\circ}50'W-174^{\circ}10'W$  で、マゼラン・トラフの一部とその南北の縁辺を含む。

航海の概要：航海の参加者は、地質調査所、公害資源研究所及び金属鉱業事業団から計9名の他に5つの大学から計10名(調査研究補助員)であった。白嶺丸(奥村英明船長)は、1980年8月11日に船橋を出港し調査海域に向った。調査は前半と後半に分けられ、その途中で船はハワイ諸島のヒロとホノルルに計8日間寄港した。調査を完了して船橋へ帰港したのは、同年10月9日である。

##### 調査方法と帰港後の室内研究

音波探査、地形測量、地磁気測定、重力測定等については、従来とほぼ同様の方法で実施した。

堆積物・マンガン団塊の採取については、格子方式の概査(精査海域Ⅰでは10海里間隔、Ⅱでは5海里間隔で、1点につき、ボックスコアラとフリーフォールグラブ各1組、あるいはピストンコアラ1組とフリーフォールグラブ2組)を最初に実施し、次に直線方式の精査を実施した。精査では、3組のフリーフォールグラブと1組のボックスコアラまたはピストンコアラを使用し、数 100 m-2 km 程度の間隔の連続的なサンプル採取を試みた。

船位測量は、人工衛星航法装置により、海流の状況を勘案して、可能な限り予定の位置を保持

し、あるいは実際の船位を補正するようにした。

採取されたサンプルは、以下の非乗船研究者によっても室内研究に用いられた。望月常一（地質調査所—マンガン団塊の化学分析）、杉崎隆一（名古屋大学—堆積物の主成分化学分析）、三田直樹（地質調査所—堆積物の微量成分化学分析）及び青木三郎（東洋大学—堆積物の粘土鉱物分析）。

## II. 中央太平洋海盆 GH80-5 海域の地磁気異常（玉木賢策・上嶋正人）

プロトン磁力計（ジオメトリック柱モデル G801）を用いて全磁力を測定し、IGRF 1975.0 との残差を求めた。

精査海域 I では、南から北に向って M10 (122 Ma)、M10N (124 Ma)、M11 (126 Ma) 及び M12 (128 Ma) が認められた。東に向って開いた扇形のリネーションが認められ、そこではピーク間の振幅が西から東へ向って 300nT から 500nT と強くなる。白亜紀初期の海底拡大速度がある部分で 1.5 cm/年と計算された。

精査海域 II では、M9 (121 Ma)（マゼラントラフの直上）と対称をなす M10 が認められた。東-南東へ向ってわずかに開いた扇形のリネーションがあり、そこではピーク間の振幅が 500nT であった。海底の拡大速度（同じく白亜紀初期の）は 2.5 cm/年と計算された。

## III. GH80-5 海域の重力異常（上嶋正人）

GH80-5 海域の重力異常調査は白嶺丸搭載のラコスト・ロンバーグ社の重力計によって行なわれた。前年度まで中央太平洋の調査は 1-3 月に行なわれ、時化の日が多く重力データも乱れがちであったが、本年度から 8-10 月に変わり、晴天、無風の日が多くノイズとしての船の動揺が小さいための重力データも良好になった。当海域は地形の起伏が小さく、浅い所で 5300m、深い所で 6400 m で地形によって作られる重力異常差は最大でも 40 ミリガル程度である。精査海域 I の北西方向で比高 4-500m 程度の海丘があり、深海盆の平均の -15 ミリガルに比べて高く約 0 ミリガルである。また、精査海域 II の中央にあるマゼラントラフでは約 -30 ミリガルである。マゼラントラフ部の密度 2.67 と仮定しての 2 次元ブーゲ異常においても、この負異常は数ミリガル程度残り、海底下の何らかの質量欠損が考えられる。

## IV. 3.5kHz SBP による GH80-5 海域の堆積層構造（中尾征三）

精査海域 I 及び II の 3.5kHz サブボトムプロファイラー記録を、海底反射面の鮮明度、最上部層の内部構造と厚さに基づいて解析した。

### 精査海域 I

海底反射面は、北半部では鮮明又は中間、南半部では全体に不鮮明である。最上部層の内部構造（第 IV-1 図参照）は北半部では A、B 又は B' 型、南半部では B' 型が卓越する。最上部層の厚さは、種く一部の例外を除き、50m 以下である。マンガン団塊の分布状況と 3.5kHz SBP によって判明した堆積層構造との関係では、(1) 鮮明な海底反射面—A 型内部構造—s (smooth) 型団塊と (2) 不鮮明な海底反射面—B' 型内部構造—r (rough) 型団塊という 2 組の組み合わせが認められる。この場合、海底反射面が鮮明であることは、海底に大量に露出して産する s 型の団塊の存在を反映しているものと考えられる。

### 精査海域 II

海底反射面の鮮明度及び最上部層の内部構造は、いずれもマジェラン・トラフに平行な帯状分布を示す。最上部層の厚さは、マジェラン・トラフ南方の音響的タービグイト分布域で 100 m に達す

る他は、全体に 50 m 以下である。“タービダイト”分布域以外では、マンガン団塊の分布状況と 3.5 kHz 層序との間に、精査海域 I で認められるのと同様の関係がある。

#### マンガン団塊の分布と 3.5 kHz 音響層序の関係

過去の研究航海では、最上部層（更新統及び第四系：最近の約 200 万年間の堆積物？）の厚さが薄い場所に s 型団塊が、より厚い場所に r 型団塊が分布し、その境界付近の最上部層の厚さは、海盆域で 4m、海丘域で 20m 程度と例示されていた (MIZUNO, 1981)。しかし、GH80-5 海域では、堆積層の最上部（最近 100 万年間に堆積した部分）の厚さが 2-4 m の海底に s 型団塊が分布し、それよりも薄い (1 m 未満) 海底に逆に r 型団塊が分布するという例が見られる。さらに古地磁気や微古生物のデータから推定される最近 200 万年間の堆積層の厚さは、3.5 kHz SBP 記録上の最上部透明層の厚さよりずっと薄いことが判明した。これらの事実から、堆積層の層序、音響的構造及びマンガン団塊の産状との間の相互関係を再検討することが必要であると思われる。

#### V. GH80-5 航海における中央太平洋海盆の音波探査結果 (玉木賢策)

波形整形装置 (WSK) を用いて高解像度の記録を得るに際し、WSK による出力音圧の減少をカバーするため、1,900 C、120 立方インチのエアガン 2 台を同時に用いた。既に過去の航海において、中央太平洋海盆北部の堆積層は音響的に 3 つのユニットに分けられ、上位から下位へ向って、ユニット I、ユニット II A 及びユニット II B と呼ばれる (TAMAKI and TANAHASHI, 1981)。そして、ユニット I と II A を境する反射面と、同じく II A と II B を境する反射面は、それぞれ A' 及び B' と呼ばれ、DSDP の結果と良く対比できる。ユニット I は音響的に透明ないし半透明で、始新世中期から第四紀にかけて堆積した粘土あるいは軟泥に対比されるが、一部の海域では石灰質タービダイト層がユニット I に含まれる。

反射面 A' は始新世中期のチャート層の上限に対応する。ユニット II A は白亜紀から始新世中期のチャート、泥灰岩、石灰岩、砂岩及び火山性タービダイトに対比される。さらに、反射面 B' は基盤上の玄武岩溶岩流に、また、ユニット II B は玄武岩溶岩流と火山性タービダイトの複合体にあたると思われる。なお、基盤は白亜紀前期の玄武岩である。

#### 精査海域 I

中央太平洋海盆北部の標準的音響層序がみられる。ユニット I は一般に透明で、弱い反射面が多くの場所で認められる。ユニット I の厚さは、往復時間で 0.1 秒 (75 m 程度) 以下であり、地形の高まりでは薄く、くぼみでは厚いことが多い。ユニット II A の上部は反射面 A' の回折波の影響で半透明であることが多いが、下部は成層し、時々、複数の強い反射面が存在して反射面 B' の反射を弱めるために検出が困難になることがある。ユニット II A の厚さは、往復時間で 0.2 秒程度であるが、北マゼラン海台のふもとでは 0.3 秒を超える。

反射面 B' は反射面 A' 程普遍的に分布せず、より深い所に多い。反射面 B' が存在すると、その下位のユニット II B の検出は困難である。ユニット II B の厚さは 0.1 秒以下と思われる。地形の起伏の延びと同方向 (EW) の断層が基盤を切っており、これらは、また地磁気異常の延びの方向とも平行である。これらは、海底拡大にともなう地殻のアクリーションによって形成されたと考えられる。基盤の形態は堆積層の堆積様式を支配している。

#### 精査海域 II

音響層序は、基本的には精査海域 I の場合と同様であるが、白亜紀初期の拡大軸であったと考えられるマゼラン・トラフ (WNW 方向) の南側には、ユニット I の中に“タービダイト” (厚さ 0.1-0.15 秒) が認められる。“タービダイト層”の下位では、反射面 A' が欠けることがあるが、これはタービダイトをつくった混濁流が、反射面 A' の起源となり得た珪質堆積物を侵食したためと考えられる。また、同じくユニット II A も、混濁流による侵食を示唆して、0.05 秒程度と薄く

なっている。この他の点については、精査海域Ⅰと共通する要素が多い。精査海域ⅡのユニットⅠ中の弱い反射面は St. 2026 で採取された珪質軟泥に対比されよう。

## VI. GH80-5 海域における熱流量 (上嶋正人)

熱流量値は通常、海底下の温度勾配に熱伝導率をかけることで求められる。GH80-5 航海では温度勾配は3点のサーミスタで測定し、熱伝導率はピストンコアラで採取された堆積物に対し船上で測定する方式を取っている。堆積物の熱伝導率が測定されている近くで、ヤリの途中に3点サーミスタを取りつけた DHF 型の熱流量計を使用して連続的に2点の温度勾配を測定した。他にはピストンコアラに取りつける方式で15点の熱流量を測定した。他は 1.0-1.7 の間でバラついているが、周辺の地形的条件の良い所の平均で  $1.343 \pm 0.136$  HFU となりプレートの拡大にともなう冷却モデルにこの海域の想定される年代 120 Ma をあてはめた値約 1.15 より約 0.2 高い。また松林によるシミュレーション結果によれば、値のバラつきは地形的効果で説明がつけられる範囲にあるといえる。

## VII. マゼラン・トラフ北側の GH80-5 調査域の深海堆積物 (西村 昭)

ボックス・コアラ、ピストン・コアラ、フリーフォール・グラブなどにより得た堆積物について、肉眼観察及びスミア・スライドの鏡下観察により記載を行った。また、予察的な古生物学的検討結果と、本報告中の残留磁化測定結果から堆積物の年代を推察し、それらと岩相変化から本地域の堆積史を考察した。

精査海域Ⅰ・Ⅱは、近接した小さな海域で、堆積物も類似しているため、ここでは一括して結果を述べる。

調査域は水深 5,500-6,300 m の炭酸カルシウム補償深度以深であり、赤道付近の生物高生産帯からもはずれているために、表層堆積物は褐色-暗褐色の珪質粘土であり、部分的には、暗褐色遠洋性粘土である。ピストン・コアラ (約 8 m) の中での岩相を模式的に3つに区分できる。上より以下のようなようになる。

①褐色～暗褐色の珪質粘土

②暗褐色遠洋性粘土

③暗灰褐色ゼオライト質粘土

この区分された岩相変化のうち、①と②の変化は、続成作用による珪質生物殻の溶解によるものであり、連続的な堆積をしていることが、残留磁化測定結果からも示持される。ここでは、最上部のブリュンヌ正磁極期から松山逆磁極期、一部のコアでガウス正磁極期に対応する残留磁化を示している。③のゼオライト質粘土の部分は残留磁化測定結果から、②との間に連続性がないと推定され、③-②間は、ハイエイタスと考えられる。ゼオライト質粘土の年代は、その下位に数点でみとめられた珪質軟泥や石灰質軟泥の化石年代と、中から産出したイクチオリスなどから始新世から中新世後期にわたるものと考えられる。ハイエイタスの形成は中新世後期から鮮新世前期におこったと思われる。

堆積物から考察したこの地域の地史は次のようである。

(1)始新世には赤道付近に位置し、その生物高生産帯で珪質生物殻からなる珪質軟泥を堆積した。一部で採取したチャートはこれらから続成作用で形成された。

(2)プレート運動に伴う北方への移動により、赤道付近の生物高生産帯をはずれ、遠洋性粘土が堆積した。遅い堆積でゼオライトが形成された。この時期にはときどきこの地域でも珪質生物殻からなる珪質軟泥や珪質粘土を堆積した。また、マゼラン・トラフ南側では、石灰質軟泥がタービダイ

トとして堆積した。

(3)中新世後期以降、底層流が強くなり、侵食によりハイエITASが形成された。

(4)鮮新世後期以降、遠洋性粘土が堆積している。

マンガン団塊の量や形態と堆積物の関係については次のようなことが明らかになった。

(1)海底表面以外に埋没したマンガン団塊は遠洋性粘土の主として松山逆磁極期にみられた。

(2)r型マンガン団塊は、ハイエITAS上堆積物の薄く、堆積速度も1mm/1000年以下の小さい地域に分布する傾向がある。

(3)s型マンガン団塊は、ハイエITAS上堆積物の厚く、堆積速度が2-4mm/1000年のこの地域としては大きい地域に分布する傾向がある。

### VIII. 深海底堆積物の工学的特性 (鶴崎克也)

マンガンノジュール採掘のための基礎資料を得る目的で、船上において、ボックスコア及びピストンコアで得られた深海底堆積物試料について、その含水比、ペーンせん断強度、コーン貫入抵抗及び堆積物とノジュールとの間の粘着力を測定した。各測定手法は、ほぼ、これまでの研究航海と同様であるが、堆積物とノジュールとの間の粘着力は、ノジュールを堆積物表面から引き上げるのに要する力の最大値をより正確に知るために、歪ゲージ式ロードセルを用い、電気的に測定した。

23点のボックスコアの各個の試料の含水比、ペーンせん断強度、コーン貫入抵抗を第VIII-1図に、平均値を第VIII-3図に示した。同図によれば、含水比は試料深さ4cmで350%、16cmで270%と大きく減少するが、それ以深はほとんど変化がみられない。ペーンせん断強度は、試料深さ4cmで10g/cm<sup>2</sup>、16cmで40g/cm<sup>2</sup>と増大するが、それ以深では、40g/cm<sup>2</sup>-50g/cm<sup>2</sup>でほぼ一定となる。また、コーン貫入抵抗は、試料深さ4cmで60g/cm<sup>2</sup>、16cmで240g/cm<sup>2</sup>と急激に増大し、それ以深でも、28cmで310g/cm<sup>2</sup>、34cmで330g/cm<sup>2</sup>と漸増する傾向を見せている。これらから、深海底堆積物の工学的特性としては表層から20cm程度までは、水分が減少し、強度が増大する傾向があるが、それ以深の30-50cm程度までは変化が乏しいといえる。また、含水比とペーンせん断強度及びコーン貫入抵抗とは逆の相関を示す。ペーンせん断強度とコーン貫入抵抗とは正の相関を示し、前者の値は後者の値の約6分の1であることがわかる。

第VIII-1表には、賦存するノジュールの型別(r型賦存域、s型賦存域、2kg以下の不賦存域)に分類した海域の堆積物の工学的特性の平均値を示した。同表によれば、含水比については、r型賦存域が最も小さく、s型賦存域、不賦存域の順に大きくなっている。しかし、前2者の差はごく小さく、不賦存域との差は大きい。これから、岩相はほぼ同様であるが、ノジュールの賦存している海域の堆積物は、賦存していない海域と比較して、明らかに水分が少なく、強度が高いことがわかる。また、r型賦存域及びs型賦存域については、後者が前者よりも水分を多く含みながら、高い強度を示していることは、堆積物の岩相がほとんど同様なることを考え合わせると、何らかの別の因子を考えなければならないように思われる。

ピストンコアについては、17本のコア試料でペーンせん断強度及び含水比の測定を行った。測定は原則として、1mずつに切断した半載コアについて、上から30cm及び80cmの位置で行ったが、サンプルによっては適宜その位置をずらして測定した。

各コア試料の測定結果を第VIII-2図に示した。図中の破線は明瞭な岩相変化あるいはマンガン団塊、泥岩、チャートなどの固結物の存在位置を示している。ごく表層を除いて、コア長全般にわたって同一の岩相を示す試料の多くは、試料深度とともに含水比が単調に減少し、ペーンせん断強度が単調に増大する。例えば、測点1986 P 196試料は、表層30cmが亜珪質粘土で、以下6cmまで均質な遠洋性粘土である。この試料については、含水比が350%から250%に、ペーンせん断強

度が  $20\text{g/cm}^2$  から  $75\text{g/cm}^2$  に深度とともに単調に変化している。しかし、このような均質な試料であっても、例えば測点 2006 P 199 試料のように、 $4.5\text{m}$  の深さの沸石質粘土層で、含水比が  $250\%$  から  $150\%$  に、ペーンせん断強度が  $75\text{g/cm}^2$  から  $180\text{g/cm}^2$  に、急激な増減を示している例もある。同様な傾向は測点 2011 P 200 試料の  $5.5\text{m}$  の深さでも見られる。この 2 試料は隣りあった測点で得られたものであるから、何らかの関係があるかもしれない。

多くのコア試料は、図に示されたように、いくつかの岩相から構成されており、工学的特性もこの岩相変化に影響されている。

測点 2026. P 204 試料は、岩相変化が多くみられる。表層から珪質粘土、遠洋性粘土、沸石質粘土、放射虫軟泥という層序を成しているが、これらの岩相の変化を反映して、ペーンせん断強度及び含水比の変化も激しい。とくに、サンプル最下部に見られる放射虫軟泥については、含水比が非常に高くなっている。また、中間層の沸石粘土においても、その中間にマンガン団塊が存在しているが、そこを挟んで含水比が大きく変化している。マンガン団塊の存在、含水比の変化から考えると不連続的な堆積環境を示しているのであろう。しかし、ペーンせん断強度は一樣な変化を示している点は興味深いところである。

ピストンコア試料の工学的特性を大雑把にとりまとめれば、表層から約  $7\text{m}$  の深度までで、含水比は  $350\%$  から  $250\%$  に減少し、ペーンせん断強度は  $20\text{g/cm}^2$  から  $80\text{g/cm}^2$  に増大していることが判った。

ノジュールと堆積物との間の粘着力については、サンプルの表面の乱れの少ない 16 個のボックスコアから、88 個のノジュールを選び、測定を実施した。ノジュールの投影面積当りの粘着力の平均値は  $5.3\text{g/cm}^2$  であり、標準偏差は  $3.0\text{g/cm}^2$  とばらつきが大きい。また、ノジュールの表面構造別に平均値をとってみると、r 型が  $4.5\text{g/cm}^2 \pm 3.7\text{g/cm}^2$ 、s 型が  $5.6\text{g/cm}^2 \pm 2.6\text{g/cm}^2$  となり、前者の方が粘着力は少なく、ばらつきが大きいことが示された。粘着力の測定については、これまでのデータを総合し、堆積物の強度なども考慮して解析する必要がある。

#### IX. GH80-5 海域におけるマンガン団塊の局地的変化 (臼井 朗・中尾征三)

本海域では団塊の濃集率、形態、産状等の局地的変化を把握することを目的として、約  $60\text{km}$  四方の 2 海域において精査を実施した。各精査海域では  $10\text{--}20\text{km}$  間隔の採泥のあと  $1\text{--}2\text{km}$  間隔の測点でボックスコア、フリーフォールグラフ、ピストンコア、採泥器付カメラを用いて調査・観察を行なった。

マンガン団塊は 90 回の採泥のうち 88 点から採取されたが、各海域内において団塊濃集率タイプは大きく変化する。団塊の形態分類は従来の s 型、r 型に中間的表面構造 s・r を加えて詳細な記載を行なった。精査海域 I ( $9^{\circ}30'\text{--}10^{\circ}10'\text{N}$ ,  $174^{\circ}30'\text{--}174^{\circ}50'\text{W}$ ) では  $10^{\circ}00'\text{N}$  付近の南落ち急斜面を境界として北部では s 型のみ、南部では r 型が卓越し s 型も分布する。濃集率は s 型の  $10\text{--}20\text{kg/m}^2$  に対し r 型はすべて  $10\text{kg/m}^2$  以下である。精査海域 II ( $8^{\circ}40'\text{--}9^{\circ}20'\text{N}$ ,  $173^{\circ}50'\text{--}174^{\circ}10'\text{N}$ ) ではマゼラントラフを挟んで団塊タイプが顕著に変化する。すなわちトラフの南北の平坦な海盆部には r 型が少量 ( $10\text{kg/m}^2$  以下) 分布し、トラフの嶺及び底部には s 型が分布する。北側の外側斜面での精査では狭い範囲に  $20\text{kg/m}^2$  を越える r 型が分布するが、内部構造の観察 (第 XIV 章) によると内部に例外なく s 型相当の古期団塊が含まれている。

両精査海域に共通してマンガン団塊の分布、産状には次のような特徴がある。ひとつは従来の広域的調査によると r 型は表面堆積物中に全体が埋没し s 型は海底面に露出する一般の傾向が認められているが、本海域の r 型団塊 (特に濃集率が高い場合) では若干積堆物の被覆があるが海底写真で確認されることが多いことである。この産状は東太平洋マンガン団塊濃集地域で r 型相当の団塊が海底に露出していることと共通しており何らかの共通の要因があるかもしれない。

次に団塊の濃集率の地域的变化は主に s 型団塊の分布により規制されていることがわかる。つまり、団塊高濃集地域と s 型団塊の分布域が一致し、r 型の濃集率が高い場合には内部に s 型相当の大きな団塊が含まれている。

以上の局地的変化の様式と水深、海底地形、表層堆積物との間には明瞭な対応関係は見い出せない。精査海域Ⅰで r 型が斜面南部に限られること、精査海域Ⅱで s 型がトラフ周辺に多いという若干の傾向が認められるのみである。表層堆積物は全海域を通じて珪質粘土である。また音波探査記録上の最上部透明層の厚さは、団塊の局地的変化のある測線上でも 20-40 m の範囲にあり対応しない。しかし一部の測線では下部不透明層との境界の明瞭さと s 型の分布が一致している。

現在、堆積物コアの古地磁気層序・化石層序・音波探査記録の解析が進んでおり、コア中に埋没した団塊に伴う堆積物の時代も決定される可能性が強い。本調査の結果からは、団塊の局地的変化が現在の海底環境のみによって支配されているとは考えにくく、堆積環境の変遷をさかのぼることによって詳しく解明されるものと思われる。

## 第Ⅱ部

### X. GH80-5 海域におけるピストンコアの残留磁気 (上嶋正人)

GH80-5 航海で得られた17本のコアについて6 cm に1点を原則としてすべて測定した。総長は115 m になり、消磁をほどこした後の測定も含めて約2500回の測定を行った。消磁に対しては交流磁場をなめらかに減少させる必要があるが、パイプ中の水の放出による水面低下を利用して磁場を作る電流をなめらかに減少させる方式をとった。またデータをデジタルポルトメーターより直接マイクロコンピューターに取り込むようにしたため、処理速度は倍近くに速くなっている。測定結果については17本のうち10本が安定した磁化をもっていることがわかった。また途中にハイエイタスを含むコアが多くあり、磁化はハイエイタスの上位では安定であるが、下位ではかなり不安定になっている。せまい海域であるにもかかわらず、磁化方向変化のパターンがコアごとに異なっており上位の中の堆積速度が場所と時代によってかなり変化していることが解明された。

### XI. 中央太平洋海盆北部海域から採取された数本の柱状堆積物に含まれる粘土鉱物組成の垂直変化 (青木三郎)

研究海域から採取された3本のコアに含まれる粘土鉱物組成の垂直変化を調べた。3本のコアで共通していることはスメクタイトが卓越していることである。P182 と 204 から、スメクタイトは前期ないし中期中新世で最高含有率を示し若い時代へと漸減する傾向を示す。これに対し、イライト・クロライトは逆に第三紀から第四紀へと漸増傾向を示している。この結果と P192 の鉱物組成(斜プロセロフ石を含む)の検討から、次の様に研究海域の粘土鉱物の堆積史を推定することができる。

古第三紀から中新世にかけて研究海域に近接する陸上と海底で火山活動が活発に起り、それと共にスメクタイトの供給が著しく増加した。しかし鮮新世あたりから火山活動がおとろえはじめ、同時に気候変動が世界的規模で発生しそれと共に大陸から砕屑性起源のイライト・クロライト・カオリナイトの供給が増加しはじめ、スメクタイトは逆に減少し始めた。この傾向は現在も続いている。

### XII. 10°N, 174°W 付近 (GH80-5 海域) で得られた海洋堆積物の主要元素の化学 (杉崎隆一・山本鋼志)

GH80-5 海域で得られた6本のコア試料と23か所のボックス試料から106個の堆積物試料を選

浜し、その主要元素について化学分析を行った。結果は Table 2, 3 に示してある。これら資料の検討の結果、以下のことが明らかとなった。

(1) 炭酸カルシウム補償深度(約 500 m) より深い海底より得られた試料がほとんどであるので、当然炭酸カルシウムを含まない。

(2) Table XII-4 に本海域及び他海域における堆積物の平均組成を示すが、本海域では  $\text{SiO}_2$  含有量がやや低く、 $\text{Na}_2\text{O}$  及び  $\text{P}_2\text{O}_5$  が高いという特徴がみられる。 $\text{SiO}_2$  については本海域に隣接する GH79-1, GH80-1 両海域で生物起源のシリカが多量に認められたことと対照的であり、本海域におけるシリカに関する生物活動が低いことを示している。

(3)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{TiO}_2$ - $\text{MgO}$  の関係図 (Fig. XII-1) 上で、各試料の成分点は世界の平均の花崗岩と玄武岩の中間に分布し、これらの元素が主に大陸地域に起源をもつことを示している。しかし、上記の  $\text{Na}_2\text{O}$  や  $\text{P}_2\text{O}_5$  がこれら大陸性堆積物に加わっている。

(4) コア試料 PI94 は Fig. XII-2 に示すように、主に pelagic clay (上半部) と zeolitic clay (下半部) より成る。そして、化学組成も両者著しく異にすることが分る。また Table XII-6 に示すように、zeolitic clay の平均値は pelagic clay のそれより  $\text{Na}_2\text{O}$  が多く zeolite の主成分である  $\text{Na}_2\text{O}$  の寄与を示している。さらに、本海域の pelagic clay も他海域のそれより  $\text{Na}_2\text{O}$  が多い (Table XII-4, 6)。このことは本海域の堆積物は zeolite のでき易い性格のものであることを暗示している。中央太平洋堆積物は montmorillonite に富むといわれているが、そのことと関係があるのかもしれない。

(5)  $\text{P}_2\text{O}_5$  は  $\text{CaO}$  と著しくよい相関を示し、相関係数は 0.997 に達する。Fig. XII-3 に示す回帰直線の勾配より計算すると、 $\text{Ca}:\text{P}$  の原子比は 5:3 となり、リン酸カルシウムの沈積を示している。GH80-5 海域の南東側、Manihiki 海台上の堆積物はアルカリ岩の影響のために  $\text{P}_2\text{O}_5$  に富むことが認められたが、本海域ではそのような事実はなく、生物活動に基づくリンの濃集が活発に行われている。

### XIII. 中央太平洋海盆 GH80-5 海域の深海堆積物の微量化学組成 (三田直樹・中尾征三)

GH80-5 海域の堆積物 109 サンプル (表層 22 及びコアから分取したもの 87) の Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn 及び Pb を原子吸光光度法で分析した。また、風乾サンプルの一部を用いて  $110^\circ\text{C}$  乾燥で除去される水分量を求めた。

#### 各成分の含有量と水平・垂直分布

ウエイクータヒトランセクトをカバーした前回の航海海域 (GH80-1) では、南太平洋のベンリン海盆で、 $\text{Mn}=2.22\%$ 、 $\text{Fe}=8.81\%$ 、あるいは  $\text{Cu}=1134\text{ ppm}$  (いずれも  $110^\circ\text{C}$  乾燥ベース) 等の異常に高い値が知られたが、今回の海域でのこれらの元素の最高含有量は、 $1.74\%$  (Mn)、 $5.9\%$  (Fe) あるいは  $903\text{ ppm}$  (Cu) である。堆積物表層部分は全て siliceous fossil rich clay であり、各元素含有量の水平的分布について、特に言及すべき特徴はない。

Mn の含有量は、各コアの最上部でその下位よりも若干低い。同じく Mn は pelagic clay 相の中では、下部へ行く程高い値を示す傾向を持っているが、zeolitic clay 相の中では増加と減少の両傾向が認められる。また、pelagic clay のうち、特に還元的な堆積又は統成環境を指示すると思われる淡色の部分や siliceous ooze あるいは calcareous ooze の部分で急激な Mn の減少が認められる。後者 (ooze) の場合には、Mn 以外の大抵の元素についても同様の傾向が認められるが、前者 (淡色部) の場合には、Ni と Mn の挙動に強い共通性が認められる反面、Cu の挙動が独立～矛盾しており、注目される。P207 の 400 cm 付近 (zeolitic clay の最上部) で、Mn と Ni が顕著に高い値を示すが、これは直上のマンガン・クラストの産出から考えて、統成的な濃集の結果であろう。分析された元素の中で、Cu の不規則な変動が数ヶ所で認められる。これは、他の元素



の変動と全く独立しており、Arrhenius (1963) が述べた、赤道高生産帯における Cu のプランクトンによる濃集説を支持するものである。

#### 堆積相と各元素の含有量との関係

Mn, Ni, Cu 及び Zn の各堆積相別の平均含有量は、zeolitic clay で最大、pelagic clay で中間、siliceous fossil rich clay で最少となっている。一方、Fe, Co 及び Pb の平均含有量は、pelagic clay facies で最大、siliceous fossil rich clay で中間、zeolitic clay で最少（ただし Co については中間と最少が逆）である。火山ガラスから zeolite の一種である phillipsite ができる時に、Fe が除去されることが知られている (HONNOREZ, 1978) が、zeolitic clay の中に認められる主要な zeolite である clinoptilolite の起源は、より複雑であり単純な議論はできない。

#### 各元素間の相関

全サンプルについてみると、Mn と Ni 及び Fe と Co の間の相関係数が 0.75 を超える他、全元素相互の相関係数が、0.20 を超える。siliceous fossil rich clay では Mn, Ni 及び Cu 相互に強い相関が認められるが、全サンプルを対象にすると、それらの係数は 0.7 未満になる。

pelagic clay facies については、Zn 及び Pb と他の元素との相関係数が極めて低いことが注目される。

zeolitic clay facies では、Mn-Fe、Mn-Ni 及び Fe-Co の相関が強い。これらのうち Mn-Fe 及び Fe-Co の siliceous fossil rich clay facies での係数は極めて低い。また zeolite clay facies での各元素間の相関係数は他の堆積相についてのもよりも全体に高い。これは、zeolite 鉱物の生成時における、これらの元素の挙動に一定の共通性があることを示唆するものであろう。

#### XIV. GH80-5 海域におけるマンガン団塊の内部構造と鉱物組成 (臼井 朗)

各精査海域中の 5 本の精査測線上で得られたマンガン団塊について、各団塊の所定部位試料の顕微鏡観察及び X 線粉末回折法による半定量鉱物分析を行なった。

団塊の所定部位試料の鉱物組成からは次のことが確認された。平滑表面は  $\delta$ -MnO<sub>2</sub> (回折線 2 本型)、粗い表面は 10 Å manganate から構成され、従来の海域の団塊と同じ関係があてはまる。個々の団塊で上下の表面構造が異なる場合でも同様なことがあてはまる。顕微鏡スケールの微細構造と構成鉱物種とが対応していることが再確認された。この対応関係は表面構造のみならず団塊内部の微細構造についても成り立つ。従って鉱物組成及び微細構造に基づいて団塊の内部に簡単な層序を読みとることが可能となった。

海盆部に分布する典型的 r 型団塊は表面、内部とも 10 Å manganate から成る。典型的 s 型は一般に  $\delta$ -MnO<sub>2</sub> から成り、二重の内部構造が顕著である。すなわち、内側には亀裂又は破片化の顕著な  $\delta$ -MnO<sub>2</sub> から成る比較的均質な古期団塊が存在し、周囲には 2-5 mm 厚の  $\delta$ -MnO<sub>2</sub> の被覆層が発達する。

精査測線上では内部構造が r 型から s 型への変化が観察され、その漸移帯は数 km である。漸移帯では 10 Å manganate と  $\delta$ -MnO<sub>2</sub> の発達には単純な前後関係はなく、顕微鏡スケールの互層も認められ典型的団塊にはない特徴である。精査海域 II の漸移帯には古期団塊を 1 cm 程度の厚さの 10 Å manganate が被覆した大型の球状 r 型団塊が大量に分布する。

本海域を通じてマンガン団塊は次のような過程を経て成長したと考えられる。 $\delta$ -MnO<sub>2</sub> のみから成る s 型団塊が沸石質岩石を伴って限られた地域で成長した。その後、この古期団塊には亀裂が発達し破片化が進んだ。次に地域により 10 Å manganate 又は  $\delta$ -MnO<sub>2</sub> が沈殿し、古期団塊が存在する地域ではその周囲に被覆層が発達した。しかしこれらの各現象の地質年代については詳しいデータはない。

XV. [GH80-5 地域における] マンガン団塊の化学組成の局地的変化及びその鉱物組成との関連 (臼井 朗・望月常一)

X 線粉末回折法によりマンガン鉱物の半定量分析を実施した試料と同一試料について, Mn, Fe, Cu, Ni, Co, Si, Al 及び  $H_2O_{\pm}$  の分析を行なった. 各試料は全岩の組成を代表するものではなく, 各部位の化学組成を特徴づけることを目的とした.

r 型団塊全体及び s 型の一部をとりまく粗い表面は例外なく  $10 \text{ \AA}$  manganate を主成分とし, Mn/Fe 比, Mn, Cu, Ni が明らかに高い. 平滑表面及び内部の古期団塊は  $\delta\text{-MnO}_2$  から成り, Fe, Co, Pb が高い. これらの関係は金属含有量, マンガン鉱物含有量のクラスター分析の結果によっても裏づけられ, Cu+Ni 量は Mn, Fe の 2 変量と強い相関関係をもつ. Al, Si 含有量は団塊タイプによる違いは認められない.

精査測線上的形態, 内部構造の局地的変化と化学組成は強い対応関係を持つ. この対応関係は各構成鉱物の団塊内部及び表面での発達状況の変化を反映したものである. つまり, 全岩としてのマンガン団塊は, 化学組成変動の小さい 2 鉱物が成長の各時期に異なる環境で沈殿したものの集合体として説明できる.

団塊化学組成の局地的変化の要因を解明する上で, これら構成鉱物の形成環境及び形成時代を明らかにすることが重要な課題であることが示唆された.