

研究航海報告：

中央太平洋海盆，深海丘周辺の海洋地質・地球物理及びマンガン団塊  
(GH81-4研究航海，1981年8月—10月)

中尾征三（編）

要 旨

第 I 部

I. GH81-4 航海の概要（中尾征三・石原丈実・白井 朗・西村 昭・棚橋 学・山崎俊嗣  
斎藤英二・半田啓二・山崎哲生・中山 健）

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、マンガン団塊分布の概要を明らかにした。

第2次5ヶ年計画は、第1次計画の結果に基づいて、マンガン団塊分布の広域的並びに局地的変化を支配している地質学的要因を解明することを目的として立案された。その第1年目には、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するマンガン団塊分布の広域的变化の実態を明らかにした。この研究航海報告は、マンガン団塊分布の局地的変化を対象とする研究の第2年次（あるいは第2次5ヶ年計画の第3年次）におけるGH81-4研究航海の結果をまとめたものである。

航海の概要：航海には、地質調査所，公害資源研究所及び金属鉱業事業団から計10名の研究者，及び6つの大学から計9名の学生（調査研究補助員）が参加した。白嶺丸（奥村英明船長）は、1981年8月14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，その途中で船はアメリカ領（東）サモアのバゴバゴ港に7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21日である。航海日程の概要は以上のとおりであるが，前半の最後にNo. 2 ウインチが故障するという事件があり，寄港地のバゴバゴに日本のメーカーから技師を派遣してもらい，修理し，さらに，最後の調整に4,000 m以深での現場テストが必要ということで，寄港期間中に臨時に1日半の短い航海を組むという一幕があった。

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，従来とは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，最初に約5海里間隔の格子方式で地形と団塊分布の概要を把握した。次にその結果に基づいて設定した精査海域Ⅰ及びⅡについて，ピストンコアまたはボックスコアと5-6組のフリーフォールグラフを，ほぼ直線状に展開して連続的なサンプリングを行った。直線の方向はマンガン団塊の生成と堆積作用あるいは海底地形との関係が把握できるように考慮して決定した。

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。寺島 滋（地質調査所—マンガン団塊の化学分析），山本鋼志・杉崎隆一（名古屋大学—堆積物の主成分化学分

析), 三田直樹(地質調査所一堆积物の微量成分化学分析)。

**調査海域の概要:** 調査海域は, 北緯3度30分及び2度30分の緯度線と西経169度55分及び169度15分の経度線によって囲まれる。海域内にはいくつかの深海丘があるが, それらのうちの主要なものは, ほぼ南北に3つ並んでいる。これらは, その頂部水深が5,000 mより若干深く, 比高が500 m弱であるために, 250 fathom (ひろ:1ひろ=1 m 83 cm) 単位の海底地形図では, 2,750 fath. (5,033 m) と3,000 fath. (5,490 m) の等深線間にマスクされてしまうような小さな海丘である。上に述べた3つの主要な海丘のうち, 北側のものを精査海域Ⅰ, 南側のものを精査海域Ⅱの対象として選定した。

## II. GH81-4 航海での, 中部太平洋海盆における地磁気・重力測定結果 (石原丈実・山崎俊嗣)

(1) GH81-4 調査海域内では, 主に北西-北北西走向の磁気異常帯が見られる。しかし, 2°40′-2°50′N 付近にこれらを横切る東西走向の正の異常帯が存在し, 断裂帯を示唆する。調査海域の西方には, 東北東走向のフェニックス縞状地磁気異常群(前期白亜紀)が広がり, 調査海域の北東には北西走向の縞状地磁気異常が存在する。調査海域のすぐ西及びすぐ北東の異常がM4と同定できるとすれば, 調査海域の基盤の年代は127 Ma位である。

(2) GH81-4 調査海域内のフリーエア重力異常は-10 mgal (海盆部) から+5 mgal (海丘域) の範囲におさまり, 顕著な異常は存在しない。

## III. GH81-4 海域(中央太平洋海盆東部)における3.5 kHz サブボトムプロファイラーによって識別される海底表層堆積物(棚橋 学)

GH81-4 航海の全測線において表層堆積物の構造とマンガン団塊の分布との関係を明らかにするために3.5 kHz サブボトムプロファイラーによる調査を行った。

識別される層は音波探査によって認められるUnit Iに対応する音響的透明層で漸新世以降の珪質軟泥及び粘土からなると考えられるものである。音響基盤は海盆域ではUnit IIa, 海丘域では海洋性玄武岩の基盤にあたと推定される。透明層が厚いところでは音響基盤が識別できないこともある。透明層の厚さは平均約150 mで海盆域では変化は少ない。海丘域では一般により薄く変化も大きい。特に海丘の西側斜面では欠如して音響基盤が露出していると考えられる所も多い。

海盆域の透明層の表層部には成層構造, チャンネル構造, 沈降部等の堆積構造が認められる。成層構造が発達しているのは北部と南部の海丘の間の東部で, その周囲とその他の海盆部で弱い成層構造が見られる。海丘の西側の海盆の一部ではsediment wave構造が見られる。南部の海丘の西側の麓に沿って非常に顕著なmoat構造が認められる。これらの堆積構造の多くは南西ないし西からの底層流の活動を示すものと考えられ, その活動は地質学的な時間スケールでは現在も活動的であるといえる。このような底層流の活動はマンガン団塊の形成に大きな影響を与えたと推定される。

マンガン団塊の採取地点でのs-型団塊の賦存量の最大値と透明層の層厚との間には逆相関関係がある。またr-型団塊の多くは透明層が欠如する所でのみ分布する。i-型団塊はr-型とほぼ同様の関係を示す。透明層の層厚が100 mを越えるところではマンガン団塊はほとんど分布していなかった。これらの関係は従来中央太平洋海盆で認められていた関係とよく似ており探査上の良い指針になると考えられる。

## IV. 中央太平洋海盆東部(GH81-4 海域)における音波探査(棚橋 学)

中央太平洋海盆東部の小海域でエアガン及び小型ウォーターガンを音源とした音波探査を行っ

た。

本海域内の大部分では音波探査記録上での海底の反射が弱く断続的な弱い反射面としてかろうじて認められる。これは海底での音響インピーダンスの差が小さく海底表層の堆積物が海水とほぼ同じ音響的性質を持つことを示唆しており、表層の堆積物が未固結状態であることを示している。

海盆部では海底下には2つの顕著な反射面が認められる。上部のものは反射面A'と呼ばれるもので明瞭で連続性のよい反射面で非常に透明度の高い上位層 (Unit I) と半不透明な下位層 (Unit IIa) を分ける。下部のものは反射面B'と呼ばれるものでウォーターガンの記録では反射面A'より強い反射となっている。平坦なことが多いが所により小断層に切られることがあり反射面A'より連続性は悪い。音響基盤は海丘域では双曲線反射で示される凹凸の激しい表面として認められるが、海盆部では散点的に識別されるのみである。

Unit I はほとんど全部が音響的に透明で内部の反射が認められない。本海域のUnit I は TAMAKI (1977) による Type A に属する。平均層厚は約150 m 程度で北部の海丘の東側の海盆部では西側よりやや厚い。海丘部では一般に100 m 以下で海丘の西側斜面を中心に欠けているところも多い。DSDP site 66 との対比により Unit I は漸新世-第四紀の柔らかい珪藻質放射虫軟泥に対比される。

Unit IIa は音響的に半不透明な層で、海盆域での平均層厚は約50 m である。南部では北部に比べてやや厚い傾向がある。海丘域では認められないこともあり、認められる場合でも海盆部よりは薄い。DSDP site 66 との対比により上部では柔らかい堆積物をはさむ薄いチャート層、下部は非常に締まった褐色遠洋性粘土及び火砕質砂に対応すると考えられる。下部の粘土の層の堆積年代は白亜紀後期の Turonian 又は Cenomanian 頃と推定されている。

Unit IIb は反射面B'に隠されていることが多く、層厚も非常に薄く20 m 程度と推定される。Unit IIb の上部は DSDP site 66 の最下部に認められた後期白亜紀の玄武岩に対比される。この玄武岩は滑らかな最下部反射面 (反射面B'に対応する) に相当する部分から採取されており、この玄武岩は Layer II を構成する玄武岩ではなく site 165 で認められたような堆積物中に挟まれたものであると考えられる。

音響基盤は DSDP site 165, 166 などで確認された白亜紀の海洋性玄武岩から成ると考えられる。

海丘部の東側の海盆では西側より水深も基盤もより深く、東側の方がより古いことを示しているかも知れない。そうだとすれば海丘の並びはトランスフォーム断層によるプレート境界であったと推定される。

反射面A'及びB'を切る小断層が多数認められブロック状の隆起や継続的な傾動による構造が認められる。これらは白亜紀後期から始まり始新世から漸新世のチャート層の堆積後まで続いた構造運動の存在を示唆している。

## V. 中部太平洋海盆 (GH81-4 海域) での海底地殻熱流量測定 (山崎俊嗣)

中部太平洋海盆の、3°N, 169°40'W を中心とする約70×50 km の範囲から12点の地殻熱流量値を得た。平均は57±10 mW/m<sup>2</sup> である。海域北部の海丘域では、最低35 mW/m<sup>2</sup>, 最高70 mW/m<sup>2</sup> と開きがあるが、これは地形による効果だけでなく、堆積層に比べ透水性の良い基盤の露出が一部にあって、そこから対流により熱が失なわれる効果によると考えられる。平均値57 mW/m<sup>2</sup> は、この海域の基盤の年代を125 Ma とした場合のプレート冷却モデルに基づく理論的熱流量値より10 mW/m<sup>2</sup> 程大きく、又、海洋底基盤は理論値より浅いため、リソスフェアがその生成後に再加熱を受けた可能性が考えられる。堆積層中の温度勾配は、わずかに上に凸の非直線であるとも解釈可能である。これは、古い年代 (125 Ma) の、かつ厚い堆積層が存在する海底でも、堆積層中で間隙水の循環がおこっていること (調査海域では上向きに10<sup>-4</sup>-10<sup>-3</sup> m/s の速度) を示唆する。

## VI. 中部太平洋海盆 (GH81-4 海域) の深海堆積物 (西村 昭)

ビストン・コアラ, ボックス・コアラ, ドレッジで採取した堆積物試料について, 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。さらに, 古生物学的検討と, 本報告中の残留磁化測定結果から, 堆積物の年代を決定して, それと岩相変化, ハイエイタスの分布より, この海域の堆積史を考察した。

調査域の採泥点は, 水深が現在の炭酸カルシウム補償深度 (CCD) より深い。また, 赤道付近の生物高生産帯に近い。そのため, 表層堆積物は, 放散虫殻の多い珪質粘土である。海丘域のボックス・コアラの堆積物では, 表面下10-30 cm に石灰質軟泥がみられることもあり, 後期更新世に CCD が現在より深かった時期の存在を示唆する。

海盆域の柱状試料は, 後期鮮新世以降の珪質粘土の連続的な堆積を示し, ハイエイタスは認められない。堆積速度は, ブリュヌ期で3-6 mm/k.y. であるが, 松山期のハラミヨ・イベント付近で5-9 mm/k.y. と大きい。

海丘域の柱状試料は, ハイエイタスが認められる。最上位のハイエイタスの上は, 更新世の珪質粘土からなっており, 下は中新世-鮮新世の主として珪質軟泥からなっている。ハイエイタスの形成時期として, 8.5-6.0 Ma と2.5-0.8 Ma の2つの時期が区別される。前者は, KELLER and BARON (1983) の NH6 に相当する。後者は, その上位に堆積物が殆んど存在しない柱状試料もあり, 削剥や無堆積が現在にかなり近い時代までつづいていた可能性がある。

ドレッジにより, マンガンクラストに覆れた, 後期始新世-漸新世の粘土岩が採取された。音波探査での, ユニット II A, サブボトムプロファイラ記録での音響基盤に相当するものと考えられる。

堆積物の岩相, 年代と, プレート運動によるこの海域の古緯度の推定から考えられる堆積史は以下のようである。

(1) 古第三紀には, 赤道付近の高生産帯より南で, 遠洋性粘土が堆積した。その後, 音波探査でのユニット I と II A の境界を形成する削剥期が存在したかもしれない。

(2) 中新世から鮮新世には, 赤道付近で, 生物高生産帯において, 珪質軟泥が堆積した。8.5-6.0 Ma には, 底層流が強く, 削剥があった。

(3) 2.5-0.8 Ma に, 底層流の最強になる削剥期があった。後期更新世まで, 削剥や無堆積状態がつづいていた所もある。

(4) 海盆域では, 後期鮮新世以降, 珪質粘土が堆積している。ハラミヨ・イベント付近で堆積速度が大きく, これは, 海丘域で削剥に関係している底層流の活発化に関連している可能性がある。

(5) 現在, 珪質粘土が堆積している。

マンガン団塊の分布と堆積物の関係については, ハイエイタスが発達し, 第四紀の堆積物の薄い海丘域にマンガン団塊の高濃集域があるという MIZUNO *et al.* (1980) の示した海域と類似している。

補遺として, 本文での議論に関連した, 古生物学的検討結果と, 特異な堆積物を構成しているマイクロジョールと重晶石について報告した。

## VII. GH81-4 海域におけるマンガン団塊及び深海底堆積物の工学的性質 (半田啓二・山崎哲生)

マンガン団塊の大きさと重さとの定量的関係を把握するため, また海底写真からマンガン団塊の賦存量を推定する方法の基礎的資料を得るため, 個々の団塊についてその長径, 短径, 厚さ及び重さを測定した。測定方法はこれまでの研究航海と同様である。

測定は72サンプリング点（ボックスコアサンプル6点，フリーフォールグラブサンプル66点）で行った。

第VII-1図(A)，(B)は，全調査海域で採取されたマンガン団塊について，s型及びr型のそれぞれの長径の頻度比率分布及び重さの累加折れ線グラフを示した図である。

本海域で採取されたマンガン団塊のうち，r型についてその長径，短径，厚さ及び重さの関係を図示すると，第VII-2図のように表される。図示のように，長径と短径，長径と厚さ，及び長径と重さの関係はいずれも両対数グラフ上で直線化できるような関係にある。

深海底堆積物の土質工学的性質の測定は，マンガン団塊採掘のための基礎的資料を得る目的で，船上において含水比，ペーンせん断強さ，及び堆積土とマンガン団塊との間の付着力について行った。各測定手法はこれまでの研究航海と同様である。

含水比及びペーンせん断強さの測定は，ボックスコアサンプルについては11サンプル，ピストンコアサンプルについては13サンプルで行った。また，堆積土と団塊との付着力については，比較的乱れの少ない5測点のボックスコアサンプルの18個の団塊で測定した。

第VII-3図にボックスコアサンプルについての含水比及びペーンせん断強さの測定結果を，第VII-4図にピストンコアサンプルについてそれらの測定結果を示した。第VII-5図はボックスコアサンプルについて測定した含水比及びペーンせん断強さを，マンガン団塊の表面形態別及び団塊賦存の存否別に分けて図示したものである。

堆積土と団塊との間の付着力は，団塊の単位面積当り7.7 gf/cm<sup>2</sup>（標準偏差3.1）であった。

### VIII. GH81-4 海域の深海丘周辺におけるマンガン団塊の局地的分布（臼井 朗）

ウエイク-タヒチ測線における過去の調査によって，中部太平洋におけるマンガン団塊の広域的分布の概要が明らかになった。本調査では数百m間隔のサンプリングによって団塊の分布・産状・諸性質の局地的変化を平面的に把握した。従来の広域調査により，団塊はr型，s型に大分できること，各々の型は堆積物との位置関係・濃集率・海底被覆率・形状・粒径等に関して有意な差があることが知られていたが，本小地域でも全く同じ傾向が認められた。各々の団塊タイプの分布が2～3km四方の狭小域に限られることもあるが，各タイプの諸特性は広域的に認められるものと一致する。

団塊の濃集率・タイプの局地的変化は水深，海底地形，表層堆積物の種類との間に強い対応関係は認められない。但し平坦な海盆部にはほとんど団塊が分布せず，団塊の分布は調査海域内の3つの深海丘頂部麓部に集中する。団塊のタイプは数kmの間隔で変化することも稀ではなく，特にs型団塊は数km四方の孤立的分布が特徴的である。

団塊タイプの局地的変化と対応関係が強い要素は音波探査記録による最上部音響透明層の発達状況（棚橋，本誌）及び柱状堆積物試料の層序（西村，本誌）である。透明層厚と団塊分布との関係は概ね新第三紀以降の平均的堆積速度の小さいことが団塊形成の必要条件であることを示すが，平均堆積速度が重要なのか様々なスケールの堆積間隙（ハイアタス）の存在が重要なのかという課題が今後の問題として指摘される。

### IX. マンガン団塊の局地的分布と音響層序との関係（臼井 朗・棚橋 学）

中央太平洋海盆に広く分布する反射面A'より上位のユニット1はエアガン，3.5 kHz SBPの両者により最上部音響の透明層として本地域に広く分布する。マンガン団塊の分布は透明層の層厚が比較的薄い（約150 m以下）海丘周辺に限られている。マンガン団塊の形態的タイプ（r型，s型，中間型）は海丘周辺で局地的変化をするが，この変化と透明層厚との間に明瞭な対応関係が認めら

れた。

3.5 kHz SBP 記録の上では、海丘頂及び斜面上に下部不透明層が露出し透明層は実質的に欠如する地域が局地的に認められる。この地域には s 型団塊（クラストを含む）が分布し、逆に透明層がやや厚く（数10 m）発達する地域には r 型団塊が分布する。この対応関係は 1-2 km 間隔の採泥を行なった精査測線上でも非常によく対応している。例外的に r 型団塊で透明層欠如地域に分布するものもあるが、この場合は団塊の内部に古期の s 型団塊を含むことが多い。

この関係は s 型団塊は海水から、r 型団塊は堆積物の続成作用に伴って生成する、というモデルと一致する。またこの対応関係は北部中央太平洋海盆の狭小海域やウエイクータヒチ測線での広域的調査の結果とも共通しており、マンガン団塊の形成過程が堆積環境の変化に大きく規制されることを示している。

#### X. 中部太平洋海盆（GH81-4 海域）の底層水温（山崎俊嗣）

コア採取、熱流量測定と同時に底層水温を測定した。調査海域内で底層水温に差はない。水温 (in situ) は 4,500 m 付近で最小となるが、この深度は中部太平洋の他地域に比べ浅い。それ以深は、断熱温度勾配約  $0.12^{\circ}\text{C}/1,000\text{ m}$ （深さ 5,000 m、塩分濃度 34.7% を仮定）で水温が上昇する。

### 第 II 部

#### XI. 中部赤道太平洋（GH81-4 海域）の深海底堆積物の古地磁気層序（山崎俊嗣）

GH81-4 航海で採取された 13 本のコア試料の残留磁化測定を行なった。西村による岩相、微化石の検討結果（本報告第 VI 章）とあわせて古地磁気層序を確立した。その結果次の様な堆積史が明らかになった。

(1) 海丘域より採取したコアには Hiatus が認められる。その期間は、(a) 前期中新世（約 20 Ma）から更新世（約 0.8 Ma）—P224, P225. (b) 後期中新世又は鮮新世からはほぼ現世—P218, P219（約 2.5 Ma-）; P223, P227（約 3.5 Ma-）; P220（約 8.5 Ma-）。末期鮮新世—前期更新世は Hiatus を作る環境が支配的であったことが推定される。

(2) 海盆域より採取したコア（P221, P222, P226, P228, P229, P230）は、第四紀の連続した堆積物からなる。

(3) 前期中新世、前期鮮新世、第四紀は堆積速度が比較的大きく、3 m/m.y. 以上であった。一方、中期、後期中新世、後期鮮新世は 2 m/m.y. 以下であった。

(4) 第四紀の堆積速度は、Jaramillo Event 頃局大（5-10 m/m.y.）となり、Brunhes Epoch では減少して 3-6 m/m.y. となった。

#### XII. GH81-4 航海で得られた $3^{\circ}\text{N}$ , $196^{\circ}\text{W}$ 付近の太平洋深海堆積物の化学的特徴（山本綱志・杉崎隆一）

GH81-4 航海で採取されたピストンコア 13 個、ボックスコア 12 個から 112 個の堆積物試料を選びその主成分元素についての特徴を論じ、隣接の航海（GH79-1, 80-1, 80-4）による結果と比較した。試料の簡単な記載と分析結果はそれぞれ Table XII-1 および 2 に示す。

その平均値（Table XII-4）が示す一般の特徴として  $\text{SiO}_2$  と  $\text{P}_2\text{O}_5$  がとくに多いということができる。 $\text{SiO}_2$  は  $\text{Al}_2\text{O}_3$  とよい相関を示す（Fig. XII-1）ことから、生物質  $\text{SiO}_2$  が多く含まれていると考えられる。そして siliceous ooze 中にとくに多い。

$\text{P}_2\text{O}_5$  も siliceous clay に多く含まれており（平均 0.79%）、それはまた  $\text{CaO}$  とよい相関を示して

いる (Fig. XII-2)。この相関関係は他の航海でも見い出され、リン酸カルシウムの沈積を示唆している。siliceous ooze は  $Al_2O_3/TiO_2$  比が通常の海洋堆積物よりも高い (平均28.30)。この高い比は一般に酸性凝灰岩を特徴づけるものであるので、この siliceous ooze は酸性凝灰質の物質を含んでいるものと考えられる。この種の特徴をもつ堆積物は GH80-5 航海でも採取されており、それは鉱物として zeolite を含んでいる。一般に zeolite 鉱物は火山灰の続成作用によって生成すると考えられていて、この zeolite も  $Al_2O_3/TiO_2$  比の高い堆積物中に存在するので、火山灰起源といえよう。一方 GH81-4 の siliceous ooze は高い  $Al_2O_3/TiO_2$  比にも拘らず、zeolite は見出されていない。多分 zeolite が生成するほど続成作用が進行していないのであろう。しかし、この siliceous ooze と他の堆積物との層序関係から判断して、GH81-4 の siliceous ooze は GH80-1 や GH80-5 で zeolitic sediments と呼ばれたものに相当すると考えることができる。

### XIII. 中部太平洋 GH81-4 海域における深海底堆積物中の微量化学組成 (三田直樹・中尾征三)

中部太平洋の GH81-4 海域の海底から採取した、表層堆積物18点、コア分割試料36点及び粘土岩2点の合計76試料について Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb の7元素を原子吸光法で分析し、110°C 乾燥試料ベースの値から、これら金属元素の同海域における分布の特徴を検討した。今回測定した試料を堆積相及び岩相に基づいて分類すると珪質粘土48点、珪質軟泥23点であり、他にマイクロジュール含有の珪質軟泥2点、珪灰質軟泥1点および粘土岩2点から成っているため、統計的な検討は珪質粘土と珪質軟泥の2種類のグループについてのみ行った。

前々回の GH80-1 海域の調査では、ベンリン海盆で、Mn が2.2%をはじめとした極めて高濃度の金属を含有する表層堆積物の存在が注目されたが、今回の海域ではそれほど高濃度の金属を含有するものは見出されず、前回の GH80-5 海域の調査結果と同程度の濃度範囲であった。また、2つの代表的な堆積相である珪質粘土と珪質軟泥について各元素の濃度分布特徴をヒストグラムから読み取ると、珪質粘土中ではユニモダルのきれいな分布形をしているのに対して、珪質軟泥中ではポリモダルのばらついた分布形をしていることと、各元素の平均濃度は珪質粘土中の方が珪質軟泥中よりも大きいことが分かった。このことは、前の2つの航海で明らかになった、珪質プランクトン遺骸による金属濃度の希釈効果に基づく現象であると推定された。

分析した4本のコアについて元素の垂直濃度分布を概観すると、Mn と Ni の分布形がコアごとの分布形は異なっているが、どのコアの中でも極めて類似したパターンを示していることが明らかになった。また、全てのコア内で Pb は他の6元素と全く異なった分布形を示していることが注目された。更に、垂直濃度分布は堆積相の種類に大きく影響されており、コアの堆積相が珪質粘土から珪質軟泥に変化するところでは、7元素とも急激に濃度が低下することが分かった。

珪質粘土と珪質軟泥の2グループについて、各元素間の濃度の相関係数から元素間の相関関係の強さを概観すると、どちらの堆積相中でも Mn と Ni の相関がかなり強いことと、Pb は他の元素と殆ど相関がないことが明白となり、垂直濃度分布の特徴が反映されている。また、珪質軟泥中では Fe, Co, Cu, Zn の間で相互に強い相関が認められたのに対して、珪質粘土中ではこのような関係は認められなかった。

### XIV. GH81-4 海域のマンガン団塊の鉱物組成と内部構造 (臼井 朗)

X 線粉末回折法及び反射顕微鏡により全岩としての鉱物組成及び団塊内部でのマンガン鉱物の微細構造を検討した。X 線回折用試料と同一粉末試料について化学分析を行ない、鉱物組成と化学組成との関係について従来の研究結果と同一の傾向を認めた。

通常のマンガン団塊からはマンガン鉱物として  $10\text{\AA}$  manganate 及び回折線2本型  $\delta$ - $MnO_2$  が認

められ、他にモンモリロナイト族粘土鉱物、灰十字沸石、石英、斜長石などが検出された。2つのマンガン鉱物と団塊の表面形態のタイプ (s型, r型, 中間型) との間には、概して良い対応関係が認められる。

団塊の内部にも鉱物相の変化が認められる場合があり、成長とともに表面構造が変遷したことを示している。顕微鏡下において団塊の内部構造を鉱物相を単位として各測点の切断試料内部に簡単な層序を読みとった。例えば海丘周辺から得られた団塊には表面と内部で明らかな鉱物分布の相違が認められるものが多く、表面構造による形態タイプと全岩としての性質とが対応しないことがある。全海域を通じて一般に10Å manganate相が上位つまり団塊の表面側に発達しており、局地的に下位つまり核近くに $\delta$ -MnO<sub>2</sub>相が発達する。各相の正確な形成年代は不詳だが、本地域では局地的に $\delta$ -MnO<sub>2</sub>が形成された時期と、広く10Å manganate相が形成された時期との間には明らかに前後関係があると考えられる。

#### XV. GH81-4 海域の深海丘周辺におけるマンガン団塊化学組成の局地的変化 (白井 朗・寺島 滋)

本海域のマンガン団塊はCu, Niに関して概ね高品位であり、深海底団塊の特徴を有する。団塊の化学組成はMn/Fe比で最も顕著に表わされるが、海域全体でその比は1.2-7.1まで変動する。Mn, Fe, Cu, Ni, Co, Zn, Pbの7元素の変動には強い相関関係があり、その原因は2種の異なるマンガン鉱物の含有量の変動によるものである。Mn, Cu, Ni, Znは10Å manganateの主要成分であるため、鉱物組成の変動に伴い4元素は互いに強い正相関を持って変化する。一方Fe, Co, Pbは $\delta$ -MnO<sub>2</sub>の主要成分であるため互いに正相関を持つ。両グループの間には必然的に負の相関がある。

表面構造により分類された団塊の形態のタイプと全岩化学組成は一般によく対応する。主に海盆部に卓越するr型団塊は10Å manganateの組成を反映して高Mn/Fe, Cu, Ni, Znであり、海丘頂及び斜面に分布するs型及び内部に大きいs型団塊を含む中間型・r型は $\delta$ -MnO<sub>2</sub>の組成を反映してFe, Co, Pbに富む。

以上の鉱物組成に規制される大きな変動の傾向に加えて、鉱物の化学組成自身が若干変化する可能性がある。直径5mm以下の球形r型団塊は、より大型のr型団塊に比べると、Cu, Znに対して相対的にNiに富む傾向が認められる。これは10Å manganateの生成初期にNiが選択的にとり込まれるためか、Niの供給量が多い環境によるものかは不明である。

Si, Alの含有量は一般に小さく酸化物として10%程度である。マンガン酸化物含有量との間に強い相関関係は認められない。Si/Alの原子比の変動は小さく2.4-3.0の範囲に入る試料が多い。平均は2.8であり、海成の灰十字沸石の値とよく一致している。

ピストンコアP218(深さ30-35cm)からは極めて純粋な組成をもつマンガン酸化物が得られており(28%Mn, 0.3%Fe, 0.1%Cu, 0.4%Al)、鉱物組成と共に、深海産団塊として異常な組成を持っている。組成の上では浅海産の続成起源の団塊又は海底熱水性マンガン酸化物に類似することは注目すべきである。またボックスコアB63(深さ15m)からは極めてFe含有量の高い(Mn/Fe=0.44)s型団塊が認められ、P218とは全く相反する化学組成を持つ。両者は成因的に興味深い試料である。