

研究航海報告

中央太平洋海盆南部の海洋地質、地球物理、及びマンガン団塊 (白嶺丸 GH82-4 研究航海, 1982年 8月-10月)

白井 朗 (編集)

I. GH82-4 航海の概要 (野原昌人・白井 朗・西村 昭・棚橋 学・山崎俊嗣・池原 研・渡辺和明)

地質調査所は1979年度から1983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」を実施した。この研究はマンガン団塊の諸性質の広域的・局地的変化を支配する地質学的要因を解明することを目的として中央太平洋海盆を縦断するウェーク・タヒチ測線を調査対象とした。本調査航海は第4年次にあたる。航海には地質調査所、外務省海洋課、金属鉱業事業団、韓国動力資源研究所から計10名の研究者及び5大学から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1982年8月14日に船橋を出港し、西サモア国アピアに寄港、同年10月12日帰港した。調査海域は中央太平洋海盆南部に位置する東西系のノバ・カントントラフとその南方マニヒキ海台に挟まれる赤道太平洋である。航海の前半には約300 km × 200 kmの海域において概査を行い、その結果に基づいて東端に精査海域(50 km × 40 km)を選定した。精査海域では約1 km 間隔で直線上の測線に沿って底質採取を行った。

調査方法は従来の白嶺丸航海と同様、音波探査、地磁気・重力調査、熱流量測定、底質採取、海底写真撮影などである。航海後は所内外の研究者によってデータ解析・分析を行った。調査研究の結果、マンガン団塊の分布実態・性質に関するデータにとどまらず、当海域の地質構造、堆積史、底層流の流向、堆積物の諸性質など、マンガン団塊の成因解明の上で貴重な成果が得られた。

II. 中部赤道太平洋、ノバ・カントントラフ周辺 (GH82-4 海域) の磁気異常、重力異常 (山崎俊嗣・棚橋 学)

中部赤道太平洋のノバ・カントントラフ周辺における磁気異常及び重力異常の分布は次のように解釈される。

1) ノバ・カントントラフ周辺には海洋底拡大起源の縞状磁気異常は存在しない。トラフに沿って、最大振幅800 nTの磁気異常が認められるが、これは地形の効果で説明される。トラフの南側は主に負の異常となっている。調査海域は、白亜紀の磁気静穏帯の初期の部分に当たると推定される。

2) ノバ・カントントラフに沿って最大振幅200 mgal に達する大きなフリーエア重力異常が見られる。トラフ付近の地殻の厚さは地形の起伏にかかわらず一定(5 km)であるとするモデルで、観測される異常を説明できる。トラフの起源としては古拡大軸モデルと断裂帯モデルがあるが、トラフの下で地殻が薄くないことは古拡大軸モデルにとって都合がよい。トラフの南側では、調査海域の東半は20 mgal 程度の正異常、西半では-20 mgal 程度の負異常が卓越する。

III. 中央太平洋海盆南部 (GH82-4 海域) 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)

GH82-4 航海の全測線において海底表層の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なった。

本海域ではサブボトムプロファイラーで識別される層はエアガンをういた音波探査で識別されるユニット I に一般に対応する。ユニット I は一般に音響的透明層で漸新世以降の珪質軟泥および粘土からなる場合が多い堆積層である。サブボトムプロファイラーの記録上ではこの透明な堆積層は平坦な海盆部や、小規模な凹地でよく発達し、ノバ・カントントラフの南側の海山や海丘などの緩斜面では散点的に小規模な分布をしている。往復走時で 0.15 秒を越える厚さの部分ではこの堆積層の下面の読み取りが困難である。海盆域の堆積層の内部では、しばしば平行な反射面が発達しておりタービダイトの堆積を示していると思われる。

本海域では精査海域以外ではマンガン団塊は一般的に少なく、特にタービダイトが発達した部分ではほとんど見られなかった。精査海域内での堆積層とマンガン団塊の関係は次のとおりである。s 型団塊は海盆周辺の斜面や海丘上の上部透明層が欠けていたり、薄い部分で見られる。r 型および中間型団塊は緩斜面や海盆部の上部透明層が 80 m 以下の部分で見られ、ある層厚での最大賦存量と層厚が逆相関を示している。s 型団塊は堆積層が 30 m 以下の地点に限ってみられ、15 kg/m² 以上の地点は 15 m 以下の部分にしかない。層厚 70 m 以上の地点ではマンガン団塊はほとんど分布していない。

IV. 中央太平洋海盆南部 (GH82-4 海域) における音波探査 (棚橋 学)

中央太平洋海盆南部のノバ・カントントラフとその南部でエアガンを音源とした音波探査を行なった。

ノバ・カントントラフは東北東方向の主に 2 列の海嶺とその間の水深 8000 m に達する深いトラフからなる。ノバ・カントントラフの北側は堆積層の発達する中央太平洋海盆の主部が、南側は北西-南東方向に伸びる海丘列、トラフ列が発達する。ノバ・カントントラフはライン諸島を間に挟んで東太平洋のクリップarton 断裂帯の西方へのおよその延長位置に発達しているため元来断裂帯であったという考え方と、北西方に発達するフェニックス縞状地磁気異常群の磁気静穏期への延長部とも考えられ得るので元来海底拡大系であったという考え方がある。

中央太平洋海盆では海底下に 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' で連続性のよい反射面であり、非常に透明度の高い遠洋性粘土ないし放散虫軟泥からなる上位層 (ユニット I) と半不透明な下位層 (ユニット II A) とを分けるものである。ユニット II A は上部が始新世から漸新世のチャート層、下部は白亜紀後期の遠洋性粘土に対比される。下部の反射面は反射面 B' とよばれその下位のユニット II B は白亜紀の石灰岩層、火山砕屑岩、玄武岩のシルなどに対比されるが玄武岩の基盤と区別できないことが多い。

本海域の海盆部では反射面 A' はよく識別されるが、反射面 B' は認められないことが多い。ユニット I は海盆部のやや浅い部分では非常に透明度の高い層で普通 0.1-0.3 秒程度の層厚であるが、基盤が深い部分では細かく成層したタービダイトとなっていて 0.3-0.5 秒程度と厚くなっている場合が多い。海嶺、海山の麓の緩傾斜部では発達は悪く散点的に認められるだけである。本海域で反射面 B' が認められるのは南部の北西方向のトラフ内の一部においてのみである。

本海域でのノバ・カントントラフは最大水深 8000 m 程度と最も深い西側トラフ、西側トラフの南の境界をなす海嶺の南に発達する 5600 m 程度と浅い中央トラフ、東部で再び中央トラフの北側

に発達する6000 m 程度の水深の東部トラフの3つのトラフからなる。いずれも幅は約10 km である。その内部には0.6 秒程度とかなり厚い堆積層が認められ内部にいくつかの反射面が発達しており、堆積期間中の変形を示すと思われる褶曲が見られる。

ノバ・カントントラフの北側の海盆縁辺部では、深さ0.6 秒程度のタービダイトの発達する堆積盆が認められ、その内部には多数の貫入構造を示唆する *piercement* 構造が発達している。この構造は火成岩の貫入活動があったことを示唆している。このようなタービダイトの発達とその内部での *piercement* 構造の発達は調査海域南部の北西-南東方向のトラフでも認められる。

V. 中部赤道太平洋、ノバ・カントントラフ南方海域 (GH82-4 海域) の海底熱流量 (山崎俊嗣)

中部赤道太平洋のノバ・カントントラフ南方海域の19地点で、新たな熱流量値を得た。測点付近の地形や堆積層の分布に基づいて、測定値の信頼性を *Sclater et al.* (1977) の Environment Quality Factor (E.Q.F.) を用いて評価した。ランク A に分類される信頼性の高い測定値の平均は60 mW/m² であり、これはランク B, C に分類される測点の平均値の53 mW/m² より高い。さらにいくつかの測点について、地形の影響を境界要素法を用いて数値的に評価した。その結果は、ランク A に分類される地点の熱流量が、この海域の熱流量を代表しているとする考えを支持する。この海域の海底の年代は、110 Ma と127 Ma の間と考えられる。この海域の熱流量はプレートの冷却モデルから期待される110 Ma の海底の熱流量に比べ10 mW/m² 以上大きいと結論される。音波探査の結果から、海底が形成された後のある時期に火山活動や構造運動が再び起こったことが推定され、この活動に伴う熱が理論値より高い熱流量の原因と考えられる。

VI. 中部太平洋海盆 (GH82-4 海域) の深海堆積物 (西村 昭・池原 研)

ビストンコアラ、ボックスコアラで採取した深海堆積物について、肉眼観察結果およびスミアスライドの鏡下観察結果により記載した。年代の推定は、珪質微化石 (珪質鞭毛藻・放射虫) 年代と本報告中の残留磁化測定結果 (第7章; 山崎) により行なった。

調査海域の表層堆積物は、珪質プランクトンの放射虫殻・珪藻殻を比較的多く含む珪質粘土である。これは、調査域の採泥を実施した地点の水深が炭酸カルシウムの補償深度 (約5000 m) より大きく、かつ赤道域にあって生物生産量が比較的大きいことによる。

柱状試料に見られる岩相は、鮮新世～第四紀の珪質粘土と中新世の珪質軟泥に分けることができる。また一部の鮮新統には遠洋性粘土が見られる。

ハイエータスは、半数のコアに認められる。その形成は、南極底層流の活発化によるものと考えられる。最上部のハイエータスの形成は、オールドバイ事変とハラミヨ事変の間を中心としている。

コアの第四系の珪質粘土には、石灰質軟泥からなるタービダイト層が挟在する地点がある。これらは、地形の配列や音波探査の結果から、調査海域の南にあるマニヒキ海台から由来するものと考えられる。百万年に3～4枚という頻度の小さいものである。

堆積速度はタービダイト層を含まない地点では1～3 mm/k.y. と小さく、北部赤道域のマングンジュール分布域 (GH80-5, GH81-4 調査海域) と同程度である。

VII. 中部赤道太平洋, GH82-4 海域より採取された堆積物柱状試料の古地磁気 (山崎俊嗣)

中部赤道太平洋, GH82-4 海域より採取した20本のビストンコア試料について古地磁気学的研究を

行なった。これらのコアは、珪質粘土及び珪質軟泥からなる。すべてのコアについて、交流消磁の後、初生磁化方位を復元することができた。古地磁気層序により、何本かのコアは連続して堆積していて、コア最下部の年代は1~3.5 Maであることが推定された。これらのコアの第四紀の平均的な堆積速度は2~9 m/m.y.である。一方他のコアでは、さまざまな期間の堆積間隙が見られる。前期更新世には、堆積間隙を作る環境が強化されたと推定される。コアの磁化の平均的な伏角は、地心双極子磁場から期待される伏角より一般的に深く、長周期の非双極子磁場成分の寄与を示唆する。ブリュンヌ期及び松山期の伏角異常の大きさは、Schneider and Kent (1988)によるグローバルな解析結果とほぼ一致する。

VIII. 中部赤道太平洋、ノバ・カントントラフ南方海域 (GH82-4 海域) の表層堆積物の含水比：堆積残留磁化の獲得との関連 (山崎俊嗣)

堆積残留磁化獲得の過程を理解することを目的として、中部赤道太平洋、ノバ・カントントラフ南方海域より採取したボックスコア試料の含水比の測定を行なった。堆積物の採取地点の水深は5200~5800 mと CCD より深いため、堆積物は主に珪質粘土の岩相を示すが、いくらかの石灰質成分を含むものが多い。堆積物表層で含水比が急減するのは、海底面から約10 cmの範囲である。10 cm以深では、珪質粘土の含水比は320~330%、石灰質成分を含む堆積物では150~250%の値に落ち着く。堆積残留磁化は、圧密による密度の増加に応じて獲得されることが、圧縮実験から知られている。この結果が天然の堆積物にも適用できるとすれば、遠洋性の堆積物の残留磁化は、海底面から10 cm程度の範囲で固着すると推定される。

IX. 中央太平洋海盆南部 (GH82-4) 海域の深海堆積物の化学組成 (三田直樹・加藤甲壬)

ノバ・カントントラフ南方海域から得た堆積物の主成分 (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , K_2O , MnO , P_2O_5 , $\text{H}_2\text{O}+$) 及び副成分の金属元素 (Co, Ni, Cu, Zn, Pb) の分析を行った。13点のボックスコアから得た最表層堆積物の Al/Ti 比から、当海域の表層堆積物の起源は南太平洋ペニン海盆の表層堆積物と同様、海洋性の玄武岩の風化物と推定される。表層堆積物中の Cu, Ni は Mn と強い正相関を示す。5点のビストンコアの堆積物を5 cm 間隔で分析した結果、主成分含有量が垂直方向にほとんど変化しない場合 (P352) と大きく変化する場合 (P341) がある。P341における主成分の急激な垂直変化は石灰質または珪質化石の含有量に支配される岩相の変化と対応している。副成分はいずれも主成分とは有為な相関は認められず、副成分の間で互いに強い正相関があることが特徴である。

X. GH82-4 海域におけるマンガン団塊の広域的・局地的変化 (臼井 朗)

GH80-1 航海ウェーク・タヒチ測線上の、ノバ・カントントラフ周辺からマニヒキ海台北端部にいたる海盆域において概査と精査を実施した。概査域西部の石灰質タービダイトが卓越する平坦地には団塊はほとんど分布せず、一方東部の遠洋性堆積物分布域ではしばしば濃集率が20 kg/m²を超える。トラフ斜面の露岩地帯にはクラストが分布する。精査海域では一般的に5-10 kg/m²の濃集率を示すが、数 km のオーダーの精査によると、団塊のタイプはときに濃集率と無関係に局地的な変化をすることが確認された。水深、底質タイプとの関連が若干認められるものの、濃集率は最上部透明層の層厚との関連が最も強い。本海域は北方の r 型団塊 (続成起源) 分布域と南方の s 型団塊 (海水起源) 分布域との漸移帯に位置するため、この複雑な局地変化が認められるものと考えられ

る。一般的に底層流により促進される団塊の成長と赤道高生産帯下の海底表層における続成作用によって団塊の濃集率とタイプが規制されている。

堆積物コア中には海底下数10 cm から数 m に埋没して小型の団塊が稀に存在する。形態は s 型と r 型の両者が認められ、中新世以降の堆積物に伴うが埋没の位置は様々であり、互いに同一時間面に形成されたとは考えにくい。

XI. GH82-4 海域のマンガン団塊の局地変化と音響層序の関係 (臼井 朗・棚橋 学)

従来の DSDP コア層序との対比によれば、本精査海域の最上部堆積層は音響的透明層 (Unit I) からなり、その構成物は漸新世以降現世までの深海粘土または珪質軟泥である。層厚は概ね60 m より薄く、概査域西部とは対照的にタービダイト層を挟まない。Unit I の層厚が60 m 以上から150 m に達する地域では団塊濃集率は0である。これは厚い堆積物 (=速い堆積速度) が団塊の成長を妨げるという一般的法則に一致する。層厚60 m 以下の地域には s 型、r 型両者が分布し、層厚との間に有為な関連性がある。つまり20 m 未満の地域に s 型、10から60 m に r 型の関係があるが、濃集率のバラつきは非常に大きい。この関係はウェーク・タヒチ測線および GH81-4 海域 (中心は3°N, 169°30' W) と同一である。本研究結果から、中央太平洋海盆では底層流が卓越する無堆積または侵食が s 型に最適の生成環境であり、一方 r 型は海底表層における弱還元層の存在が重要であるという、海域に共通した解釈が成り立つ。

XII. GH82-4 海域に産するマンガン団塊の鉱物組成、化学組成、内部構造 (臼井 朗・三田直樹)

粉末 X 線回折、原子吸光法、反射顕微鏡観察により、団塊構成物の鉱物化学的特性及び内部微細構造を調べた。本地域の団塊の構成鉱物は従来中央太平洋海盆において記載されたものと同様、1) Ni, Cu, Zn に富むマンガン鉱物 buserite, 2) Co, Pb に富む鉄・マンガン鉱物 vernadite, 及び 3) 核・碎屑物中の珪酸塩鉱物など、の三成分である。また、団塊の形態的タイプと全岩化学組成との明瞭な関連性及び金属含有量の間の強い相関関係は本海域においても認められ、おそらく中央太平洋海盆の団塊に一般的にあてはまるであろう。

一般的に団塊の内部において鉱物組成が頻繁に変化することは稀であるが、本地域の団塊は内部における変化が大きい特徴がある。しかもその変化は精査海域内部においても一定ではない。つまり団塊の成長過程において、鉱物形成に関わる海底表層の物理化学条件が変化してきたことを示している。その変化は赤道高生産帯からの物質の供給量及び底層流の活動によってもたらされたであろう。

堆積物コア中の埋没団塊の化学・鉱物組成、微細構造は、表層の団塊の変動範囲にあり、埋没後の変質・溶脱などを示唆する結果は得られなかった。

XIII. 中部赤道太平洋、ノバ・カントントラフ南方海域 (GH82-4 海域) の底層水温 (山崎俊嗣)

中部赤道太平洋のノバ・カントントラフとマニヒキ海台の間に位置する調査海域の19地点で、海底から直上約1000 m の範囲の底層水温を測定した。測定には熱流量測定用の温度差測定器を用い、熱流量測定と併せて行なった。水深約5000 m 付近で in situ 水温は最低となり、それ以深は深海底層水の断熱水温鉛直勾配の値 $1.3 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C/m}$ で深さと共に上昇する。約4800 m 以深の水温が調

査海域の東部で西部より明かに高いことから、サモアン・パッセージを通過してきた底層水の一部が、ノボトラフ南側の海嶺とマニヒキ海台の地形に規制された流路を東向きに移動していることが推定される。約4800 m 以浅の水温には地域差が見られない。

XIV. 西太平洋の磁気異常—GH80-1, GH80-5, GH81-4, GH82-4, GH83-3 各航海の調査海域往復測線における磁気測定 (中西正男・山崎俊嗣・石原丈実)

1980年から1983年に、工業技術院特別研究「深海底鉱物資源の地質学的研究」の一環として行なわれた標記の5航海において、中部太平洋の調査海域と船橋港の往復途上で行なった磁気測定の結果をまとめた。北緯25度～35度、東経140度～155度では、Japanese lineation set のM17からM29 (143-160 Ma) を同定できる。北緯10度～30度、東経155度～175度では、海山域を除いて磁気異常の振幅は小さく、縞状磁気異常は存在しない。その南東の北緯5度～15度、東経175度～西経175度では、短波長の磁気異常が存在し、おそらく縞状異常をなしているが、同定は困難である。さらに南東の赤道以北には、振幅の大きな縞状磁気異常が存在し、これは Phoenix lineation set の一部である。