

研究航海報告：

西部中央太平洋海盆に関する深海底鉱物資源の研究
(GH78-1 研究航海, 1978年1月-3月)

盛谷 智之・中尾 征三(編)

要 旨

第 I 部

I. GH78-1 研究航海とその結果の概要 (盛谷智之・小野寺公兎・半田啓二・石原文実・木下泰正
西村清和・鈴木泰輔・鶴崎克也・湯浅真人)

白嶺丸による GH78-1 研究航海は、地質調査所が昭和49年から行っている工業技術院特別研究「深海底鉱物資源探査に関する基礎的研究」の第4年度として、7°30'N-13°N, 179°W-177°30'E の範囲の西部中央太平洋海盆の海域を対象に、マンガン団塊の賦存状況を明らかにする目的で昭和53年1月7日から3月7日の60日間にわたって、海上研究を実施したものである。また、この間日本から調査海域、更に寄港地の南太平洋のフィジーに至る往復の航路についても物理探査と一部機器のテストを行った(図 I-1, 2)。一方、地質調査所による上記の研究と併わせて、公害資源研究所メンバーによる同所の工業技術院特別研究「海底鉱物資源開発技術の研究」の海上研究も行われた。更に、航海後持ち帰り試料について種々の室内研究が、乗船者以外からの参加も得て行われた。

本報告は、これらの海上研究及び室内研究の結果を含み、第 I 部 (I-XII) に主として調査海域における海上研究による結果を、第 II 部 (XIII-XVII) に室内研究の結果を、更に付録 (I-IV) に調査海域外の航路に沿って行われた物理探査、一部機器テストの結果をそれぞれ収めたものである。

研究航海への参加者は、地質調査所研究員、公害資源研究所研究員、金属鉱業事業団職員計11名、諸大学の学生・大学院生(船上研究補助員)計9名、及びフィジー鉱物資源局研究員(国連フェロシップ研修員)1名であった(表 I-1)。

白嶺丸は、奥村英明船長の指揮のもとに昭和53年1月7日に船橋の白嶺丸基地を出発、最初、マールシャル諸島マジュロ、途中南太平洋のフィジーのスパに寄港し、研究海域における前半14日間、後半9日間の作業を行い、同年3月7日に船橋に帰港した。この計60日間の研究航海(表 I-2, 3)の全航走距離は、22,387 km (12,088 海里)で、そのうち研究海域のそれは、5,988 km (3,233 海里)であった。

研究海域外においては、日本から研究海域、更にフィジーに至る往復の全航路に沿って 12 kHz PDR, 3.5 kHz PDR, プロトン磁力計、船上重力計による物理探査が連続的に行われた。また、南太平洋域の航路の2測点では試作した深海底用 3.5 kHz 送受波器のテスト、大型スピードコアラ採泥器のテスト、及びフィジー近傍におけるエアガン音波探査が付随的に行われた。

研究海域における海上研究は、表 I-4 に示すように、NNSS による船位決定、船上重力計による重力測定、プロトン磁力計による地磁気測定、12 kHz PDR による測深、海底地形調査、3.5 kHz PDR, エアガンによる音波探査などの諸物理探査の航走調査、サンプリング・海底写真撮影・STD 観測などの測点における停船調査、及び堆積物とマンガン団塊試料の船上での処理、分析などからなる。

停船調査は、1°つまり約 110 km 間隔の碁盤目測点を基本とし、南西部のマンガン団塊の高濃集域においては、その中間測点を補足的に設け間隔を小さくした(図 I-3~5)。各測点では、ダブルス

ベード型ボックスコアあるいはオケアン-70型グラブによるサンプリングと2個のフリーフォール・フォトグラブによるサンプリング・海底撮影を組み合わせを行い、また上記の補足測点を追加した地域の一部では、これに加えて深海カメラによる海底連続撮影、大型ドレッジ・バケットによる団塊の大量採取実験を行った。STD 観測は、採泥器によるサンプリングのさいワイヤラインに装着することによって併行して実施した。研究海域における諸物理探査は、上記の諸測点を結ぶ、主として南北方向に設定された全測線に沿って、測線の移動を兼ねて約10ノットの船速による航走調査として行った。

これらのサンプリングや物理探査などについては、たえず調査技術を向上させるよう努めた。特にダブルスピード型ボックスコアは、今回の航海のために新たに試作し最初にテストしたものであるが、これに成功し不攪乱試料採取の秀れた採泥器としての見通しを得た。船位決定について、従来のNNSSによるものに、オメガのデータを補助的に組み合わせた計算処理による複合測位法による精度向上を検討した。

測点に関する船上観測と研究結果は、表I-5に要約して示した。同表に掲載されている水深は、マシューズ表により修正した結果、また位置は上記の複合測位法により修正計算された結果である。

上記のような諸観測・研究の結果、本研究海域のマンガン団塊鉱床の諸性質と分布状況、それらと海底地形、表層堆積物、堆積層の音響的層序・構造との関連性を把握することができた。これらの成果は、海上研究及び室内研究の各研究テーマごとに詳しく述べられているが、主な点を要約すれば次の通りである。

本海域の地形は、大局的にはWNW-ESEの方向性が卓越し、南西部と北東部の2つの地形的に高まりを示す海山域とその間に広がる北西部深海平原域、中央-南東部の線状配列の舟状盆・海丘群で特徴づけられる深海盆地からなる。

音響的層序・構造は、エアガンと3.5kHz PDRの記録から得られた。エアガンにより層序は第1層、第2層又は音響的基盤に区分され、上位の第1層はユニット1（上部透明層：完全透明のタイプAと、細層理状反射面をもつ音響的タービートのタイプCが認められる）及びユニットII（下部半透明層）からなる。ユニットIは、北緯10°線あたりを境にして北に50m以下と薄く南に向って厚くなる傾向がある。特に、南東部の隣接海域のマゼランライズ山麓から北西方向に延びた舟状盆の部分では、厚さが200mにも達する。3.5kHz PDRによる上部透明層は、やはり北で薄く南に厚くなる傾向を示し、またWNW-ESE方向の線状配列の海丘・舟状盆構造に強く支配され、舟状盆の部分が相対的に厚くなっている。

表層堆積物は、大局的には北東部と南西部の地形的高まりの部分に石灰質軟泥、石灰質-珪質軟泥が、北西部の深海平原域と中央部の深海盆地に深海粘土が、またこの帯と南東部の石灰質-珪質軟泥との間に珪質粘土が、それぞれ分布し局部的に珪質軟泥が発達する。

マンガン団塊のタイプ分類は、GH76-1海域で確立された方法に準拠したが、表面構造による基本グループのs（平滑）型とr（粗）型に加えてs・r（平滑-粗）の中間型が認められた。本地域の特徴としては、s型グループが卓越し、特に従来の研究海域ではみられなかった球形度の高い中-大型のSs型が、南西部で産出したことが指摘される。

マンガン団塊の賦存量の分布では、最高濃集量域（ $>20 \text{ kg/m}^2$ ）が南西部の海山域に顕著にみられ、ここでは最高 49.2 kg/m^2 （St. 1070）を示し、また局部的には北東部の海山域と中央-南東部海盆地の海丘-海山の部分にも認められる。また、高濃集量域（ $10.0\text{-}20.0 \text{ kg/m}^2$ ）は、中央部海盆の北緯10°-11°付近の東西に帯状に延び、これは隣接のGH77-1海域の高濃集量域の延長部に当たる。これに対して低濃集量域は、南東部海盆地と北西部の深海平原域に特徴的である。

上記の賦存量の分布は、一般にユニットIが薄いか欠如するような海山ないし海丘卓越部に高い濃集量が、ユニットIの厚い海盆卓越部に低い濃集量が偏在すること、一方ユニットIが薄くても北東部の深海平原域のように、低い濃集量で特徴づけられる場合もあることを示す。これは、従来の海域

で認められた音響的透明層（エアガン・3.5 kHz PDR）の厚さが40-50mより薄い部分に高い濃集量の部分が存在するという傾向に一致する。しかし、マンガン団塊の賦存量やタイプと表層堆積物との間には、石灰質軟泥と珪質軟泥域で低濃集ないし欠如することを除くと明瞭な関係はみられない。むしろ、s型と高い濃集量域、r型と低い濃集量域という関係が地域的分布にも表われている。なお、上記の49.2 kg/m³という最高の値の団塊が石灰質-珪質軟泥に伴うことは注目される。

マンガン団塊の賦存量やタイプは、地形、生物生産量あるいは堆積物の供給量、また底層流の存在など全体的な影響としての堆積速度に支配され、高い濃集量は低堆積速度に関連しているものと考えられる。今後、これらの関係について更に検討を深め、マンガン団塊の生成の地質環境、機構など解明していくことが、資源的・成因的研究の両面において必要である。

II. GH78-1 航海における NNSS とオメガ航法装置による位置決定（石原丈実）

主要な測位装置として NNSS を用い航海の全測点について修正再計算により位置決定を行った。本航海では連日衛星測位の間隔が4時間以上あく時間帯が存在する状態が続きその時間帯では修正再計算による位置決定も大きな誤差を含むので補助的な測位装置としてオメガ航法装置を用いた。まず送信局・受信点が与えられた場合の標準的なオメガ測定値を求める式を導き、それに基づいて調査海域の近くにあるマジュロでの観測結果と8°N172°Eでの理論的なPPC値（伝播補正值）との比較を行った。両者はほぼ同様な変化パターンを示すがその差は0.1-0.2程度になるので以下の計算にはマジュロで観測されたPPC値を用いることにした。また昼側が安定なのに対し夜側のPPC値は不安定なので19時-6時（GMT）のみを対象とすることにした。調査海域を4部分に分けマジュロでの観測値に更に地域的なPPC値の変化を加味し各部分のPPC値とした。次にオメガ測定値から位置を計算する方法を示しそれに基づき上記の地域的なPPC値で補正した調査海域でのオメガ測位と衛星測位を比較した。その結果オメガ測位の精度として経度方向0.25-0.62海里、緯度方向0.86-1.41海里という結果を得た。この誤差を考慮してオメガの良好なデータが得られた全測点についてオメガ測位と更にそのオメガ測位と再計算されたNNSS測位を複合した最適位置を求めた。

III. GH78-1 海域の12 kHz PDR による海底地形（盛谷智之・小野寺公児・西村清和）

12 kHz PDR による地形測深データから、WINTERER, EWING *et al.* (1973) による海底地形図を補充、修正した広域地形図、及び南西部の一部でやや詳しい地形図を作成した。

広域的な地形は、一般にWNW-ESE（一部NW-SE）の方向性が顕著であるが、大きくは4つの地形区に分けられる。つまり、北東部の海山域と南西部の海山卓越域（頂部水深はともに約4,000m）の2つの地形的高まり、及び両者の間に広がる北西部の深海平原域（水深5,500m-6,000m）と中央部-南東部のWNW-ESE方向の舟状盆-海丘列群で特徴づけられる深海盆地（水深5,000-6,000m）の2つの一般に低い地形の部分である。

これらの地形的特徴は原海洋地殻の形状とその後の堆積作用の結果を反映しているものと考えられる。WNW-ESE方向の海丘ないし海山列群は、中生代の火山岩基盤をおそらく示し、これは隣接のGH77-1及びGH76-1海域に発達する前期白亜紀の拡大軸であるマゼラン・トラフの方向に調和的である。しかし、この方向性は南西部に近づくときNW-SE方向にふれる傾向がみられ、これはその西方を通ると考えられているNWN方向の断裂帯の影響を示すものかもしれない。堆積層は、特に深海盆地においてこれらの原地形と考えられる海丘-海山列の間の舟状盆あるいは凹所を埋めて堆積しており、その堆積史がまたマンガン団塊の形成に影響を与えたものと推定される。

IV. GH78-1 海域の重力異常（石原丈実）

ラコステ船上重力計を用いて重力を測定したが、航海前4ヶ月間の不使用期があったためにみられ

た異常なドリフトと、ビーム・速度に起因するノイズに悩まされたが、前者については仮定ドリフト値を使い、後者については補正式を組み立てて処理した。

調査海域の南東部では、フリーエア異常がほとんど0であるが、一方、南西の海山域では、水深の変化にともなう、100ミリガル程度の異常がみられる。なお、13°N、180°付近の海山では大きな負の異常がみられる。調査の前半（海域の西部）では、一般に見かけ上正の異常がみられたが、これは、ドリフトを誤って見積ったため、再計算の結果、ほとんど0となった。

V. GH78-1 海域の地磁気異常（石原丈実・西村清和）

プロトン磁力計を用い、調査海域の全磁力値を測定し、地磁気異常を求めた。調査海域を通じて多くの異常がみとめられ、その振幅は隣接する極大-極小で50-100 nT程度、波長は、500 nTの海山域を除いて、20-30 kmである。過去の航海（GH76-1及びGH77-1）の結果を合わせると、西方へ向って振幅が小さくなるようである。振幅の減少と不規性が、縞異常の同定を困難にしている。この現象は、WINTERER (1976) が示唆するように、白亜紀の火山活動による攪乱に起因するものであろう。

VI. GH78-1 海域の地震波反射法探査（西村清和・盛谷智之・中尾征三）

エア・ガンによる音響的層序は、上部の第1層（堆積層）と下部の第2層（音響基盤）に区別され、更に、第1層は1ユニットI（上部“透明層”）とユニットII（下半不透明層）とに分けられる。ユニットIは、TAMAKI (1977) により3つのタイプの音響的パターンが識別されている。すなわち、完全に透明なタイプA、若干の反射部分がみられるタイプB及び密集した成層構造がみられるタイプCの3つである。今回の（GH78-1）海域では、タイプBの存在は認められないが、一方、タイプAと同様に透明ではあるが、海底の反射面がより強い部分が認められ、これをタイプA'と呼ぶことにした。この強い海底反射は、3.5 kHz・PDRの記録でも認められることから、音源の強さや受信系の調子などによるものではなく、透明層とは速度の違う堆積物の存在を示しているものと考えられる。

当海域の地形は、南西部及び北東部の海山域、それら両海山域の間で舟状海盆と海丘の発達する中央部（WNW-ESE方向）及び北西部の5,500-6,000mの深海平坦面に区分される。各層序分布と地形区分との関係は以下のようである。

ユニットIは、当海域の南部で厚く、中央部及び深海平坦部では50m以下である。タイプAは、いずれの地形区分にもみられるが、北西部の深海平坦面では一様の厚さで極めて薄く、また、中央部では海丘と海丘の間を埋める形で堆積している。タイプA'は、北東部海山域北麓の舟状海盆を中心に分布（厚さ約0.05秒≒37m）する他、北西部の一部にも、0.02秒（約18m）の厚さで認められる。更にタイプCは、南東部すなわちマジェラン・ライズの北西部に分布し、ユニットIIの舟状海盆状のくぼみを埋めて発達している。タイプCの厚さは、約0.07秒-0.28秒（500-210m）でユニットIの中では最も厚く、従来の調査結果と合わせて、マジェラン・ライズ起源の堆積物からなっていると考えられる。

ユニットIIは、DSDPの資料により、固結した堆積層と推定される。音響パターンは一様ではなく、内部に強い反射面が存在する場合もある。また、厚さは0.05-0.25秒（音波伝播速度を2.0km/秒として、約50-250m）で変化するが、一定の地域性等はみられない。

最後に音響基盤は主に玄武岩からなると考えられ、その表面は海域全体を通じて起伏に富み、一部では、ユニットIと直接し、あるいは海底面に達する高まりがみられる。音響基盤とユニットIIとの境界は、北東部では明瞭であるが、その他の海域では不明瞭である。

VII. GH78-1 海域の海底堆積物 (中尾征三・鈴木泰輔)

オケアン70型グラブ又はボックス・サンプラーで採取された31点及び深海カメラのフレーム・パイプにつまった1点の堆積物について、その粗粒部分 (>63 μm) を実体顕微鏡で観察して、組成を明らかにした。前回 (GH77-1) と同様、粗粒部分の成分を、1) 放散虫、2) 染色された放散虫、3) 珪化 (結晶化) 放散虫、4) 沸石、磷酸塩等の鉱物粒、5) 有孔虫、6) マンガン団塊の破片または微小球体、7) *ichthyoliths* (魚類骨格碎屑物)、及び8) 珪質海綿骨針及び放散虫の棘にわたった。堆積物全体に対する粗粒部分の体積%と粗粒部分の組成にもとづいて、次の7つの堆積物のタイプを設定した。

①深海粘土、②珪質粘土、③石灰質-珪質粘土、④珪質軟泥、⑤石灰質軟泥、⑥石灰質-珪質軟泥及び⑦沸石泥。隣接海域の一部で明らかにされている放散虫及び有孔虫層序と岩相 (粗粒部分組成の変動を含めて) との関係を当海域に適用して、堆積物の時代を第三紀と第四紀に大別した結果、生物源成分が卓越する南半部の表層は第四紀のものとして推定される堆積物で覆われ、マンガン団塊の豊富 (>10 kg/m^2) な産出は、その海域に限定されることが明らかになった。マンガン団塊の分布と堆積物との関係でいえば、更に、(1) 団塊と石灰質軟泥又は珪質軟泥とはほとんど共存しないこと、及び(2) マンガン団塊が 20 kg/m^2 より多く産する地点の堆積物は、その粗粒部分が放散虫又は有孔虫-放散虫を主体とするものになっている (例外: St. 1054) ことが指摘できる。なお、北半部に広く分布する沸石及び珪化放散虫に富む堆積物は第四紀のものではないと考えられる。

VIII. GH78-1 海域における深海底堆積物の工学的性質 (鶴崎克也・半田啓二)

マンガンジュール採掘のための基礎データを得るために、船上において、深海底堆積物のベーンせん断強度及び含水比を測定した。また、実験室でのより高い精度の測定、多くの物理的、工学的因子の研究のために、サブコアを各堆積物試料から再採取した。これらの測定の具体的な目的は、1) 中央太平洋海盆及びそのうちのマンガンジュール胚胎域の堆積物の土質工学的性質、2) サンプリングによる工学的な乱れの傾向、3) 堆積物の種類と工学的性質の関係、4) サブコアの採取法、保管法によって生じる工学的性質の変化などを把握することである。

測定方法及び結果

堆積物試料はオケアン70型グラブサンプラー及びダブルスピード型ボックスコアラによって採取された。ベーンせん断強度測定には、図VIII-1 に示された電動型ベーン試験器及び従来から用いられている手動式のベーン試験器を使用した。ベーンは、幅 2 cm、高さ 4 cm の直交した4枚羽根からなり、約90°/分の速度で回転し、堆積物せん断時の最大トルクから、ベーンせん断強度を求めた。測定は、サンプラーの船上回収、マンガンジュール抽出後、速やかに、サンプラー内の3点 (サンプラー可動壁から 5, 10, 20 cm の点) で、深度 6 cm ごとに実施した。各測定では、不攪乱ベーンせん断強度及び繰り返しベーンせん断強度を測定した。各測定の試料に関する測定結果を第 VIII-2 図に示した。

含水比は、各試料から再採取された直径 6 cm のサブコアから、深度 6 cm ごとに厚さ 2 cm のサンプルケーキを切り取り、湿潤重量及び105°C、24時間乾燥後の重量から算出した値に、35 ppt の塩分補正を行った。重量測定には、船の揺動、振動の影響をなくするために、電気式荷重計及び記録計を使用した。各試料に関する測定結果は、ベーンせん断強度とともに図VIII-2 に示されている。

また、同図に示されている堆積物の色は、アメリカ地質協会発行の岩石標本色彩表に準拠した。色彩記号と呼称は付図に示した。

陸上実験室での測定に供するためのサブコアは直径 10 cm の透明アクリルパイプに、各堆積物試料からできるだけ乱さないように配慮して再採取した。パイプ内の堆積物の上下端を合成樹脂の落し蓋、ゴム栓、ビニールテープで密封し、16試料を冷蔵庫内 (約5°C) で、10試料を船上実験室内で保管し、陸上へ持ち帰った。

全測点及びマンガンジュール胚胎域の堆積物のペーンせん断強度及び含水比と堆積物の深度との関係を、それぞれ、図VIII-3, 4, 表VIII-1, 2に示した。それらの図及び表によれば、ペーンせん断強度は表面から4cmで平均22.5g/cm²であり、10cmで34.4g/cm²と急激に増大するが、それ以上の深度では、ほとんど増加しない。含水比は、全深度の平均値が231%で深度の増加による顕著な変化の傾向はみられない。また、全測点の堆積物試料とマンガンジュール胚胎域での試料を比較すると、ペーンせん断強度、含水比ともに、後者の方が前者よりも、わずかに大きい傾向が全深度にわたってみられる。

IX. GH78-1 海域のマンガン団塊の記載、タイプ及び分布について（盛谷智之・湯浅真人・安食恒和・窪木英二）

調査海域の39測点中37測点からマンガン団塊が採取された。各測点では、オケアン70型グラブ（採取面積0.50m²）、ダブルスベード型ボックスコア（採取面積0.16m²）及びフリーフォール・グラブ（採取面積0.116m²）によって得られた団塊について、船上で、1)産状観察、形態的タイプ分類、粒径区分、重量測定及び賦存量（kg/m³）の算定、2)各採泥器の採取面積を示す板上でのその全試料の写真撮影、及び代表的試料の5cm格子目盛板上での写真撮影、3)切断研磨面での内部構造の観察、を行った。

マンガン団塊のタイプ分類は、基本的にはGH76-1海域の試料で確立された形態分類法に準拠したが、表面構造による2つの基本グループのs（平滑）型とr（粗）型のほか、新たに中間のs・r（粗一平滑）型が認められた。これらのうちs型が卓越し、rないしs・r型は分布測点数、量ともに少なく、またs型でも大型のものが目立ち、特に従来調査海域ではみられなかった球形度が高く大型のものが南西部の海山域で産出した。

マンガン団塊の賦存量について各測点域における通常1個の採泥器、2個のフリーフォール・グラブによって得られたデータは、ときに値がかなり変動する場合がある。しかし、フリーフォール・フォトグラブによる写真データなどから判断すると、異常に小さい値は岩片、岩盤などの存在によって採取できなかった機械的原因、あるいは岩片そのものが団塊のかわりに存在するという原因にもとめられる。したがって、大きい方の値がその測点域の賦存量を示すとみてよいことが分かった。

マンガン団塊の賦存量の大局的分布は、一定の傾向を示すことが確認された。すなわち最高濃集量域（>20kg/m³）は、南西部山岳地域に顕著であり、また局部的に北東部海山域と中央-南東部海盆域の海山部に認められる。更に、高濃集量域（10.0-20.0kg/m³）は中央海盆の北緯10°-11°の東西に延びる地帯に顕著であり、これは隣接のGH77-1海域における高濃集量域の西方延長部に相当する。一方低濃集量域は、北緯10°から南に広がる南東部海盆域と、北西部の深海平原域に特徴的である。

表層堆積物のタイプは、大まかには地形区分との関連を示すが、マンガン団塊の濃集量やタイプと一般的には石灰質軟泥と珪質軟泥域で低濃集ないし皆無の場合が多いことを除くと、明瞭な相関は見られない。むしろs型と高濃集量、r型と低濃集量という関係が、地域的分布の特徴にも表われている。なお、球状、大型Ssタイプで49.2kg/m³という最高濃集量がSt.1070の石灰質一珪質軟泥域に存在し、通常の傾向とは異なる随伴関係で注目される。

これらのことから、マンガン団塊の賦存量、また、そのタイプもある程度、地形、生物生産量あるいは堆積物供給、また底層流など全体的な影響による堆積速度に支配され、高濃集量域は低堆積速度に関連して分布するものと考えられる。

X. GH78-1 海域の海底写真撮影によるマンガン団塊の産状と底生動物活動の観察（木下泰正・盛谷智之）

各観測点で、通常2台のフリーフォール（ブーメラン）フォト・グラブを使用し、マンガン団塊・

岩石試料の採取と併行して、72枚の海底写真を撮影、また2測点 (St. 1068 と St. 1076) で深海カメラを使用して、それぞれ距離 410m で 210 枚、520m で 458 枚の海底連続写真撮影を行った。

これらの写真から、カラー・インデックス・チャートを使用した団塊の被覆率の測定、団塊の粒度の測定、底生動物活動の確認、並びにこれらの結果の検討を行った。

高被覆率の部分は、南西部の海嶺域と、北緯 10° - 11° の St. 1056 と 1057 付近地域で、後者は GH77-1 航海の高被覆率域の西方延長部にあたる。団塊の粒度は高被覆率の部分で大きく、低被覆率の部分で小さくなるという一般的傾向を示す。一方、St. 1068 の連続海底写真撮影の結果は、粒度が局地的に変化する例を示す。被覆率、粒度と水深との関係を検討するため予察的にプロットした図は、団塊が 200m-300m の水深範囲をもつ少なくとも、上、中、下の3帯に集中し、しかも各帯において被覆率、粒度とも水深の増大に応じて漸減する傾向を示し、このことは団塊が水深に関して帯状分布する可能性を示唆する。

St. 1068 と St. 1076 の海底連続撮影写真から GH77-1 海域と同様に、魚、海グモ、ナマコ、海綿状の動物、糞塊、はい跡などの生痕が認められ、底生動物の活動が深海底においてかなり普遍的であることが示された。

XI. GH78-1 海域におけるマンガン団塊賦存量と音響的層序との関連性 (盛谷智之・西村清和)

マンガン団塊の賦存量と、3.5 kHz サブボトムプロフラ及びエアガンのプロファイル上の音響層序との関連性については、従来の GH74-5, GH76-1, GH77-1 の各航海で、透明層で代表される上位の第 I 層の層厚の変化との間の相関が指摘されている。つまり、層厚が 100m より厚いと賦存量は皆無で、 10 kg/m^2 以上の賦存量は透明層が 50m 以下のところに限られ、特に 20 kg/m^2 以上の高賦存量は第 I 層のタイプ A 層のみに関連するという傾向がみられることである。

この関係は、今回の GH78-1 航海においても確認された。本海域は全般に、また特に北緯 10 度線付近から北半分あるいは南西部海山卓越域で第 I 層の厚さが 10m 以下のように非常に薄いという特徴があり、南西部の最高濃集量域、中央部の高濃集量域はこの部分にみられる。しかし、同様に第 I 層の薄い北西部深海平原域では低濃集量を示し、層厚の薄いところがかならずしも高濃集量ではないという関係がみられる。一方、上記の北緯 10 度線付近から南に向っては、特に舟状盆部で第 I 層の厚さが増し、南東部深海盆では隣接海域のマゼランライズに由来したと考えられる、音響的タービダイからなるタイプ C 層が 150m 以上に達する部分がみられ、ここではマンガン団塊が皆無で、従来から認められた関係が成り立っている。

XII. GH78-1 海域における STD 観測 (半田啓二・鶴崎克也)

マンガン・ジュール開発のための基礎研究のひとつとして、海水環境の調査が重要な課題と考えられるが、本航海においても海水の塩分濃度及び温度の測定が実施された。

測定に用いた自記式 STD 記録器 (米岡、Plessey 社製 Model 9060) は、記録器、電源部を内蔵し、海水の塩分濃度及び温度を水深に対応して連続的に測定、記録するものである。実施の測定にあたっては、グラブサンブラの上方 50m に本器を装着して計測を行った (図 XII-1)。

本航海においては 15 点で記録が得られた。測定された塩分濃度、水温及び深度から、現場温度における密度 (σ_t) 及び現場密度 (σ_{std}) が算出される。これらの結果を表 XII-1 及び図 XII-2 に示した。

今回の測点における海面温度は 27°C 内外を示すが、水深 100m を越えると水温は急激に低下し、いわゆる温度躍層を示している。250m 以深ではゆるやかな温度変化を示し、1,500m 以深では 3°C 以下となるが、温度変化は更にゆるやかになる。水深 5,000m 内外で 1.40 - 1.55°C となるが、更に深くなるとわずかに上昇している。

水深 600m 以浅の塩分濃度は、特に温度躍層に対応する深さで 33.30-34.50 ppt とその変動幅が大きい。600m 以深では 0.1 ppt 以内の変動幅を示し、3,000m まではわずかに増加し、その後わずかに減少している傾向をみる事ができる。

現場密度は、図にみられるように温度躍層を変曲点とするほほひとつの曲線で表わされることがわかる。

これらの結果から、本海域におけるこの時期の概略的な海水環境を知ることができたが、海水環境の調査は空間的、時間的な因子も考慮しなければならず、詳細な解析や考察のためには更にデータの蓄積が必要である。

第Ⅱ部

XIII. GH78-1 海域の堆積物の化学組成 (湯浅真人・加藤甲壬・盛谷智之)

49試料について、それぞれ17成分の化学分析を行った (表 XIII-1)。各成分の値は試料ごとに非常に変動している。それらのうち CO_2 量の変動は炭酸塩含有量を直接に反映し、これが他の成分の変動にも影響を与えている。

堆積物の化学組成に対する炭酸塩の影響を除くために、 CO_2 量に基づく CaCO_3 分の CaO を引き、更に H_2O を除いて再計算した (表 XIII-3)。この操作によって SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 などの変動が小さくなる。しかし、それでもなお CaO 、 P_2O_5 では変動係数が大きい。両成分の関係を図 XIII-2 に示した。石灰質堆積物を除けば、これらの組成はりん灰石の線 Ap にほぼ並行な分布をしている。従って、両成分の変動は堆積物中のりん灰石 (成分) の含有量の変動を反映しているものと考えられる。

他に比較的変動係数の高いものとして、 MnO とアルカリがある。 MnO は堆積物中のマイクロ/ジュール含有量に、またアルカリは粘土鉱物や沸石類の種類や含有量に、それぞれ影響されているであろう。

CO_2 含有量から計算した CaCO_3 量により、Pettijohn (1975) の第 10-41 図に基づいて、4 グループを設定した。これと堆積物の粒子組成による分類とから、堆積物を表 XIII-2 のように分類しなおした。この分類に従って各堆積物の平均化学組成を求めた (表 XIII-4)。変動係数は全体の平均のそれに比べ、大変小さくなっている。従って、この分類は少くとも本海域の堆積物についてみる限り、有意であるといえよう。 CaO と P_2O_5 とは他の酸化物に比べ大きい変動係数を持つが、前述のようにこればりん灰石成分として通常の堆積作用とは独立に堆積物中へ加えられることに起因する。

本海域の堆積物の化学組成は、従来知られている堆積物の化学組成と比べると、ほぼ平均的な値である (図 XIII-3)。これは、今までに述べたように、いくつかの成分に変動はありながらも、炭酸塩やりん灰石成分のように不均等分布を示すもの以外の堆積性粒子からなる堆積物が、かなり均質な組成を持っていることを示すのだから。

XIV. GH78-1 海域で採取されたマンガン団塊の化学組成 (中尾征三・望月常一・寺島 滋・湯浅真人・盛谷智之)

原子吸光光度法を用いて、25測点57個のサンプルの化学分析を行った。対象とした元素は、Mn、Fe、CO、Ni、Cu、Zn 及び Pb の7つで、その他に重量法で $\pm\text{H}_2\text{O}$ を求めた。各元素の濃度をヒストグラム (第 XIV-1 図) に表すと、Fe、CO 及び Pb は、表面が smooth な団塊 (s 型) に濃集し、Mn、Ni、Cu 及び Zn は、逆に rough な団塊 (r 型) に濃集することがわかる。また、Mn を単独でとり上げた場合には、上記の傾向が弱い。Mn/Fe 比をとると、s 型と r 型の違いが明瞭になる。すなわち、s 型団塊の Mn/Fe 比は大半が 2 以下であり、一方、r 型の場合には、2 以上となる。更に、Ni+Cu の品位も、全岩分析であるために若干不明瞭ではあるが、団塊の表面構造な

いしは賦存率 (kg/m²) と相関し、高品位—低賦存率あるいは低品位—高賦存率という図式をつくっている。

化学組成の中で、団塊のタイプと連動してその品位を間接的に表し、また、他のデータと比較する際に、分析法(全岩分析か否か、水分を除外したベースになっているか等)の影響の少ない要素として、Mn/Fe 比を選び、その分布を図 XIV-6 に示した。データの数が少ないので、堆積相や地形との関係を詳しく議論することはできないが、概略、以下の指摘ができる。

- (1) Mn/Fe 比が 2 以上の地点は、調査海域の南部、すなわち、9°N 以南に集中する。
- (2) 尾根状になっているような水深の浅い地点は、Mn/Fe 比の高い団塊の生成に適していないと思われる。
- (3) 若干、水深が大きくなる場所では、地形に平行な、高 Mn/Fe 比の団塊の分布があると思われる。
- (4) 珩質堆積物(軟泥を含む)は、高 Mn/Fe 比の団塊の生成に何らかの関係を持つと思われる。

XV. GH78-1 海域におけるマンガンノジュールの X 線錳物解析 (M. ファキオグル・湯浅真人・盛谷智之)

本海域のマンガンノジュール中に含まれるマンガン錳物は 10 Å manganite と δ-MnO₂ とである。中でも、10 Å manganite は多くの試料中に含まれている。また、ほとんど全ての試料に石英のピークがみられた。ゲーサイト、レピドロサイト、沸石類が微量ながらも含まれることがある。

マンガン錳物の量比と海底地形との関係を見ると、海山斜面から得られた試料に δ-MnO₂ が多い。また、ノジュールの表面形態との関係では、スムーズな表面のものでは組成範囲が広く、ラフな表面のものでは 10 Å manganite に富む傾向がみられる。

マンガンノジュールの核となっている物質は、主要構成錳物種により次の 4 つに分けられる。1) 沸石類 2) マンガン錳物 3) 石英 4) モンモリロナイト。

XVI. GH78-1 海域深海堆積物間隙水中のマンガン (日下部正志・山田正俊・角皆静男・盛谷智之)

角皆・日下部(1979)は、すでに、鉄が第二鉄化合物から第一鉄化合物に還元される位に低い酸化電位の下でなくとも、深海堆積物中のマンガンが還元されて Mn⁺⁺ イオンとなり、間隙水と共に移動することを示している。この Mn⁺⁺ イオンは、マンガン団塊の生成に関与すると思われるが、酸化環境にある深海堆積物間隙水中のマンガン濃度の研究は多くはない。GH78-1 海域のオケアン 70 型グラフで採取された 16 点のサンプルを、深さ 4 cm 毎に切りとり、室温・1.5-2.0 気圧で間隙水を抽出した。各 50 g 程度のサンプルから得られた 10-15 ml の間隙水に 2 規定硫酸 1 ml を加え冷凍保存した。これを実験室に持ち帰り、解凍後原子吸光度法でマンガンの定量を行った。結果は、全サンプルについて、原子吸光の検出限界(0.05 ppm)未満であった。今回のような短かいコア(32 cm)で、しかも酸化した堆積物(いわゆる赤粘土)の場合には、より深いところでマンガンが沈殿してしまっていると考えられるので、より長いコアについて研究する必要があるといえる。

XVII. マーシャル群島東方 (GH78-1 海域) の深海堆積物の放射化学的研究 (角皆静男・山田正俊・盛谷智之)

ウラン及びトリウム壊変系列に属する天然放射性核種を海水—堆積物界面を通しての物質移動の研究のトレーサーとすることを試みた。²³²Th, ²³⁰Th により深海堆積物の堆積速度を求め、²³⁰Ra を用いて間隙水を通しての拡散について研究した。

試料としては、マーシャル群島東方海域で得た (GH78-1 次航海) 深海堆積物を用いた。これを、

(A)酢酸可溶部分 (B)酢酸一塩酸ヒドロキシルアミン可溶部分 (C)塩酸可溶部分 (D)残りの部分に分け、それぞれのフラクションを放射化学的に分析した。

その結果、深海底赤粘土においては、 ^{230}Th は塩酸可溶部分すなわち陸起源物質のうち塩酸可溶と思われるケイ酸塩の微小粒子のような物質に多く含まれ、 ^{232}Th は ^{230}Th に比べ溶け出しにくく、 ^{226}Ra は溶け出しやすい状態で存在していることがわかった。

また、Excess ^{230}Th 法により得られた堆積速度は、1.2 mm/ 10^3yr (Stn. 1056)、1.7 cm/ 10^3yr (St. 1045)、2.0 cm/ 10^3yr (St. 1050) であった。

^{230}Th の堆積速度は、 $(5.8-9.7) \times 10^{-3} \text{dpm/cm}^2/\text{yr}$ [$(3.3-5.6) \times 10^6 \text{atoms/cm}^2/\text{yr}$] であった。この値は、水柱中における ^{230}Th の生成速度 ($8-9 \times 10^{-3} \text{dpm/cm}^2/\text{yr}$) とよく一致した。

間隙水を通して ^{226}Ra が拡散することにより、堆積物表層では親核種の ^{230}Th に比べ ^{226}Ra が不足している。この不足分から、 ^{226}Ra が海底から底層水に溶け出すフラックスが $(2.5-4.1) \times 10^{-1} \text{dpm/cm}^2/\text{yr}$ [$(3.1-5.0) \times 10^8 \text{atoms/cm}^2/\text{yr}$] と算出された、これは、堆積物中で生成した ^{226}Ra の約9割に相当する。この値は、西部北太平洋や New York Bight で観測された値より約1オーダー高い。これは、この海域の堆積物（赤粘土）の特徴が反映したものと考えられる。

付録

AI. GH78-1 航海における新しい底質採取装置のテスト結果（木下泰正・半田啓二・鶴崎克也・中尾征三・盛谷智之）

この航海で使用された底質採取装置は、オケアン70型グラフ、シャッター式ボックスコアラ、ダブルスピード型ボックスコアラ、フリーフォール・グラフ及び大型ドレッジ・バケットである。これらのうち、多少とも新しい3種の装置をテスト結果とともに紹介する。なお、大型ドレッジ・バケットとシャッター式ボックスコアラは、既に GH77-1 航海でも使用されているが、機構や使用方法に若干の改良を加えたものである。一方、ダブル・スピード型ボックスコアラは、日本鉱業会・海底サンプリング委員会で設計された原型を地質調査所と離合社が改良試作したものであり、今回が最初のテストである。

ダブル・スピード・ボックスコアラ：この装置は、取扱いが簡単でサンプルの乱れもない。本装置の主たる構成は、ボックス部、切離し部、スピード部から成る。その作動原理は以下のようなものである。

投入時は、図 AI-1 に示す2つのスピード⑤は両側に開き、(破線) スピード吊り下げ用ワイヤー③で切離しフック②にかけられている。切離しフック②は、更に切離しウェイト①にひっかかっている。この2つのスピードは貫入止めの役も行い、その調整は、姿勢安定板⑥のボルト穴を移動することによりなされる。更に⑤のウェイトを調整することによっても貫入の調整を行うことができる。

着底時は、まず、インナーケース⑦を内蔵したボックスが海底に貫入し、貫入が終了しメインのワイヤーにたるみが見えると切離し用ウェイト①が下へスライドし、②の切離しフックが開く。そのため、スピードを吊っていたワイヤー③がはずれる。

巻き上げを開始すると切離しウェイト①はボックス部から離れる。したがって、切離しウェイト①に連結されているスピード閉鎖用ワイヤー④が引き上げられ、スピードは回転しながら閉鎖される。同時に、貫入時に開いていたボックス上部蓋⑩は、スピードのシャフトの回転を利用し閉鎖用ギヤ⑩が回転し閉鎖される。

図 AI-2 には、投入前（左）と揚取後（右）の様子が示される。船上に揚取された装置は側板⑧（図 AI-1）が取りはずされ、中のインナーケース⑦がスライドされ、サンプルが取り出される。図 AI-3 には底質採取状況を示す。採取面積は 0.16m^2 ($0.4\text{m} \times 0.4\text{m}$) で、深さは最大 0.4m 採取することができる。

本装置の作動確認は、本体の上（約 20m ）のメインワイヤーにとりつけられた 12kHz ・ソナーピ

ンガーを用いて行われた。図 AI-4 に示した 12 kHz・PDR の記録上で、ピンガーからの直接信号とコアラ本体上での反射信号との間隔は、作動後の方がわずかに長くなる。これは、作動後切離しウェイトと本体、すなわちピンガーと本体との距離が長くなるためである。

大型ドレッジバケット：GH77-1 航海で用いられたバケットと同じものであり、曳航方法も図 AI-5 に示されるようにはほぼ同様である。今回は、図 AI-6 に示されるような小型深海カメラをバケットの前方に装着し、バケットの挙動観察を試みた。採取実験は、St. 1036 A 及び St. 1072 の 2 測点において実施された。実験結果を表 AI-1 に、St. 1036 A において採取されたマンガンノジュールを図 AI-7 にそれぞれ示した。小型深海カメラはバケットの巻降し中の様子を撮影した。

シャック式ボックスコアラ：GH77-1 航海における実験結果に基づき、シャック閉鎖機構に改造が加えられ、本航海における採取実験に供された。本コアラの試料採取面積は、 $0.24\text{m}^2(0.52\text{m}\times 0.47\text{m})$ 、採取深さは 0.75m、重さは約 250 kg で更に約 150 kg の重りを付加することができる（図 AI-8）。採取実験は、St. 1037 及び St. 1058 の 2 測点において行われた。St. 1037 においては、トリガが作動せず失敗に終わった。コアラ各部の損傷状況から判断すると、海底に斜めに着底したものと思われる。St. 1058 においては 40 cm の不攪乱試料の採取に成功した（図 AI-9）。本コアラは重りが上部に集中しているため、St. 1037 の実験結果にみられるように着底時に転倒しやすい傾向にある。したがって、着底直前の姿勢制御が重要な課題となる。また、構造面において強度的な問題も残されていると言える。今後、実用化にあたってはこれらの課題を解決するとともに、シャック閉鎖機構を更に単純化する必要がある。

AII. GH78-1 航海における深海用 3.5 kHz 送受波器のテスト（上嶋正人・西村清和）

船底に送受波器を取り付けたタイプの 3.5 kHz サブボトムプロファイリングシステムでは、深海や急斜面で良好な記録がとれないことが多い。その原因は水中での音波の伝送ロスにあると考えられる。送受波器を海底近傍までおろすとこのロスを少なくすることができるので良い結果が得られるはずである。このテストは送受波器を深海底近傍に降下させ、音波の伝送ロスを軽減させ、浅海と同様の記録を得ることを目的として行った。このテストに使用した機器は、深海用送受波器（図 AII-1,2）をアーマード同軸ケーブルを介して船上の 3.5 kHz サブボトムプロファイリングシステムに接続して構成してある（図 AII-3）。テスト地点はフィジー諸島北方約 270 マイルで、水深は約 1,950m である。送受波器は海底上 1,000m、500m、200m、100m 及び 50m の位置に下降させ、船上のグラフィックレコーダーで記録をとった。テストの結果は海底上 100m 及び 50m で海底下の詳細な構造が現われたが良好な記録は得られなかった（図 AII-4、表 AII-1）。原因としてはサブボトムプロファイラの送受信機とトランスジューサーとのミスマッチング、サブボトムプロファイラのセスブの非有効性が考えられる。トランスジューサーの反射板がコーン状なので沈降速度が遅い欠点が生じた。これはコーンを使用しないで、トランスジューサー素子を横にして使用するか、あるいはコーンの下に逆円錐状の物を付加し、沈降の際の抵抗を減じ、送受波器を取り付けたフレームの脚に錘りをつけて安定させることによって改良できる。信号波形の良くない点は、セスブによる利得を犠牲にし、マッチングを良好にして改善する必要がある。また水中曳航のための形状の改良も必要である。

AIII. GH78-1 航海における船橋—調査海域及び調査海域—フィジー諸島の磁力及び重力データ（石原丈実・西村清和）

重力測定は、標記両区間で、磁力測定は調査海域—フィジー諸島の区間だけで行った。

日本列島近傍の重力異常の特徴は、日本海溝と伊豆—小笠原海溝の接合部付近に -300 ミリガルの異常がみられ、その大洋側では 50 ミリガルの異常があることである。北緯 25 度以南に点在する多くの海山では、150-200 ミリガルの異常がみられるが、航跡が海山の頂上を通過していれば、この値はもっ

と大きくなると思われる。海山から離れた所では一般に弱い負の異常（-10~-30ミリガル）がみられる。

一方、フィジー海台では50ミリガルの異常がみられるが、太平洋プレートとフィジー海台の境界部では、伊豆一小笠原海溝でみられるような大きな異常はみられない。フィジー海台北方の太平洋でプレート上では、一般に弱い負の異常を示すかまたは0である。

磁気異常については、フェニックス縞異常の一部が調査海域よりの区間でみられ、極大-極小値が500-1000 nT (=ガウス) に達すること、及びフィジー海台域が、1000 nT あるいはそれ以上の大きさの不規則な異常で特徴づけられることが指摘できる。

AIV. GH78-1 航海で実施したフィジー諸島の近海における音波探査結果について（西村清和・中尾征三・盛谷智之）

GH78-1 航海中フィジー諸島近海で連続反射法音波探査を行った。使用したエアガンシステム及び調査条件は、GH78-1 調査海域で行ったものとほとんど同一である。

測線は2本で、最初の測線（A測線、約260マイル）はフィジー諸島北東方海域（12°00' S, 178°40' W-16°26' S, 179°00' W）で1978年2月6日（GMT: 37日, 02:03）-2月7日（38日, 04:00）まで行われた。

2番目の測線（B測線、約270マイル）はフィジー諸島西海域（18°17' S, 178°22' W-15°58' S, 176°00' W）で1978年2月13日（44日, 4時54分）-2月14日（45日, 7時00分）まで行われた。B測線は、B-1測線（44日, 04:54-19:44）とB-2測線（44日, 19:44-45日, 7:00）とに分けた。A測線：海底地形は、けわしい地形が多く起伏に富んでいる。水深は2,500m前後である。堆積層は海丘の鞍部などに見られるが顕著ではない。測線全体を見ても堆積物の被覆は薄く音響的基盤が各所で露出している。この音響的基盤岩は磁気異常の記録、堆積層の未発達などから火山性の新しい基盤岩と推定される。

B-1 測線：ピチレブ島（スバ）の南の海域（44日, 05:00-11:00）では水深約2,100mの比較的平坦な海底地形が見られ1秒（750m）以上の厚い堆積層が存在する。（44日, 10:00-12:00）付近の地形は高まっていて、音響的基盤が露出している。ピチレブ島南西の沿岸（44日, 12:00-16:00）では、2つの堆積層が認められる。上部層は0.6 sec-0.8 secの厚さで、下部層は0.2 sec以上で音響基盤は記録されていない。（44日, 16:00-20:00）では、海底地形の様相がA測線の記録とよく似てきており、音響基盤が各所で露出している。堆積物は少く、海丘の鞍部を埋める0.2 sec程度の堆積物が存在するにすぎない。

B-2 測線：海底地形はきわめて起伏に富んでおり、海底地形、海底下の音響的パターンともA測線によく似ている。音響的基盤岩が各所で露出しており、堆積層はA測線の海域より更に少ない。音響的基盤は地磁気異常の記録、堆積層の未発達などから火山性の新しい基盤岩と推定される。