

研究航海報告：

中東部中央太平洋海盆に関する深海底鉱物資源の研究

(GH 76-1 研究航海, 1976 年 1 月 - 3 月)

水野篤行・盛谷智之(編)

要 旨

I. GH 76-1 研究航海とその結果の概要(水野篤行・盛谷智之)

本報告は 5°-10°N, 170°-175°W の海域(中東部中央太平洋海盆)について行われた白嶺丸による GH 76-1 研究航海の船上研究結果, および持帰り試料に関する室内分析の結果の一部を含むものである。また, 日本-小笠原-研究海域, 研究海域-ハワイ諸島の航海時に行われた物理探査, 深海カメラによる撮影結果も付録(I-III)として含めてある。

研究航海の参加者は, 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14名であり, また諸大学の学生・大学院生5名が船上作業補助員として参加した(表1)。1976年1月10日の船橋出港, 同年3月9日の船橋帰港に至る60日間の研究航海(表I-2, 3)の全航走距離は22,813.5 km, そのうち研究海域内のそれは約5,400 kmであった。

海上における研究は, 表I-4に示すように, 諸物理探査, サンプリング・海底撮影・S.T.D 観測などの測点に関する停船調査, 堆積物とマンガン団塊試料の船上分析などからなる。停船調査は100 km 間隔を基本として, 北西域の一部についてはその間隔を小さくした。また, 各点につき, Ocean-70 グラブによるサンプリングと2個のフリフォールグラブによるサンプリングの組み合わせにより行い, とくに西部についてはそれに加えて, 柱状採泥, 海底撮影, 原位置測定試験および複合型調査機試験を行った。諸物理探査は研究海域においては上記の諸測点を主として南北に結ぶ全測線について測点の移動を兼ねて約10ノットの船速で行った。全航程を通じて, とくに停船観測効率化のために新しく考案したセパレータをワイヤロープにとりつけ, 1回にできる限り多種のデータを得ることができるとの方式を検討した。また, NNSS による船位決定をできる限り精度高くし, かつその精度の範囲を評価するよう検討を行った。持帰り試料に関するデータについては, 堆積物コアの磁性測定結果, マンガン団塊の原子吸光法による金属量分析結果がこの報告に含められている。

測点に関する全船上観測・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ッシュューズ表により修正した結果, また位置は修正計算により修正した結果である。修正計算した位置は, 好条件時に約0.5 km, 悪条件時に約1 km の精度を有する。

上記のような諸観測・研究の結果, 本海域のマンガン団塊鉱床の諸性質とその分布状況, それらと海底地形, 堆積物, 堆積層の音響的層序構造との関連を把握することができたほか, 海水の動きについて予察的なデータを得, また海底地質・地球物理全般についても, とくに中央太平洋海盆の形成に関連する新知見を得た。おもな成果は次のとおりである(図I-5)。

本海域には水深5,600-5,900mの深海底が広く発達する。一般的に西方に向かって深さを増し, また地形配列は西北西-東南東の方向性の傾向を示す。地形上の特徴から次のいくつかの地形区(仮称)が識別できる: 北東部海山区, 南西部海山区, 東部線状海丘-舟状海盆区, 北西部海盆区, GH76-1

舟状海盆区、西部深海平原区。以上のうち、とくに GH 76-1 舟状海盆の成因は、地磁気異常、エアガンによる地質構造のデータとあわせて興味深く、注目と今後の詳細な検討に値する。

GH 76-1 舟状海盆区を含めた北西部には西北西-東南東で舟状海盆に平行に走る顕著な磁気縞模様が存在する。これと南西部の、フェニックス磁気縞模様の北縁部（東北東-西南西）との間の移化部に関する構造的、ならびに成因的な関係については今のところ不明である。フリーエア重力異常は海山城をのぞけばおおむね 0 mgal からやや負の異常を示している。

エアガンによる音響的層序は下位から音響的基盤、ユニット II、ユニット I にわけられる。音響時基盤は白亜紀の大洋性玄武岩に相当し、ユニット II は上部白亜系-中部始新統の諸堆積物である。ユニット I は中部始新統-第四系の珪質軟泥、深海粘土を主とするものと考えられ、タイプ A、B、C にわけられる。タイプ A は透明層のみからなるもので大部分に発達する。タイプ B、C はそれぞれ半不透明層、音響的タービダイトからなり、それらの分布は限られている。3.5 kHz PDR による音響的層序は、大部分上記ユニット I の中上部に関係するものであるが、上記のタイプにほぼ対応したタイプ a、b、c を認めることができる。

グラフとピストンコアによって得られる範囲の表層堆積物は、海山城に石灰質軟泥、石灰質-珪質軟泥/粘土が分布するほかは、深海粘土と珪質粘土によって占められている。珪質粘土はおそらく不整合関係で深海粘土をおおって 10-20 cm 前後の厚さで海域に広く分布するが、北西部から中央部にかけては深海粘土が直接海底に露出している。微化石の点からみると、珪質粘土は第四紀堆積物であるが、深海粘土は第三紀堆積物であるらしい。しかし、その確かな年代については今後の問題として残されている。深海粘土分布域では第四紀-現在に非堆積域であったらしい。これらの堆積物について若干の物理的・工学的性質が船上で測定された。

マンガン団塊については、サンプリング・海底撮影の結果を通じて形態、構成鉱物、重金属含有量、賦存量などの分布状況を明らかにし、さらにこれらと海底地形、堆積物のタイプ、年代、堆積層の音響的層序・構造との関係を検討し、団塊形成過程の問題に関する基礎的資料を得た。

マンガン団塊は、本海域においては 0-30 kg/m² の賦存量で分布し、数 kg/m² 以下の低賦存量が全体的に優勢である。そして 10 kg/m² をこえる団塊分布は主として北西部海盆区にみられるほか部分的に GH 76-1 舟状海盆が St. 414 付近にみられる。一般的にこのような分布は最表層における深海粘土の分布と関係しているように思われる。団塊は通常 1 cm 以下ないし数 cm の大きさを持ち、表面の模様から r (粗) 群、s (平滑) 群の 2 つの基本的タイプにわけられる。それぞれは、さらに形の上から、Sr、SPr、SEr、Db、Ss/SPs、ISs、IDPs、V に暫定的にわけられる。団塊は一般に半埋没状態で底層水-堆積物の境界面に存在し、また底層水に露出している部分の表面は平滑、堆積物中に埋れている部分の表面は粗である。したがって、r 群、s 群はそれぞれ、相対的に埋没型、露出型ということもできる。この 2 つの基本的タイプの識別はいくつかの点で重要である。

一般的傾向として、s 群は大小の大きさをもつが、r 群は比較的小さい。また前者は深海粘土と関係し、時に量が多いが、後者は珪質粘土にみられ、1 点での賦存量は小さい。団塊中の重金属量も形態と関係がある。r 群は Mn、Ni、Cu に比較的富み（それぞれ 20% 以上、1~1.5%、1~1.5%）、s 群はそれらに少ない。これらの諸関係を表 I-6 に総括した。この関係は GH 76-1 海域における一般的傾向であって、多少の例外もある。しかし、団塊の形成が堆積物の形成、とくに堆積史に本質的に関係したものであろうということが示されている。

マンガン団塊は、賦存量の点で、エアガン・3.5 kHz PDR による音響的層序（とくにエアガンによるユニット I）とある程度関係している。タイプ C はほとんど団塊を産しない。タイプ B では 3.5 kHz PDR での最上部の透明層の厚さと関係する傾向がある。タイプ A ではユニット I（透明層のみからなる）の厚さとの間に関係があるようである。このことは始新世中期以降の堆積史と団塊形成との間に関係があることを示唆しているようにみえるが、団塊の形成にはそれ以外の要因も関

与していると考えられ、さらに今後の検討が必要である。現在のところ、音響的層序との関係については成因が不明確であって、単に経験的なものであるが、少なくとも、音響的層序（エアガン・3.5 kHz PDR 両者の資料の利用が望ましい）は、測点間で音響的資料のみある測線に関する団塊の賦存量の予察にある程度有用と考えられる。

II. NNSS による船位の修正計算（石原丈実・石橋嘉一）

NNSS による測点の位置決定を正確にするために、新しくプログラムを開発し、それを用いて、推測航法による実時間位置の修正計算を行い、各測点の位置ならびにその精度を求めた。

まず、衛星受信の回数の多い好条件の場合と回数が少ない悪条件の場合について比較検討した。次に、推測航法誤差は衛星受信時との時間差に比例するという簡単な関係式で誤差の評価を行った。得られた関係式からは、最も近い衛星受信時との差が1時間の場合、修正計算による位置の誤差は約0.5 km、2時間の場合約1 kmとなる。同時に行われたカメラの連続撮影の結果では、船の移動方向はこの修正計算で得られた結果と一致する場合もあるが、一致しない場合もあり、関係式の係数の値はより大きい可能性がある。

なお、航走中について行われた修正計算により、調査時における表面の海流の方向が明らかにされた。調査海域の北緯7°以北では西ないし北西向きの流れが優勢で、以南では西経173°以西では東ないし北東向きの流れが、それより東ではほぼ北向きの流れがあることが明らかとなった（図II-1）。

III. 12 kHz PDR による海底地形（水野篤行・玉木賢策・石橋嘉一）

GH 76-1 海域に関し、測線にそう 12 kHz PDRデータをもとに、また一部 WINTERER, EWING, et al. (1973) の地形図を参照し、海底地形図を作成した。当海域は大部分 5,600-6,000mの深さで平坦ないし多少起伏のある深海底からなり、全体的傾向としては東部より西部に向かって深さが増大する。北西部には GH 76-1 Trough と仮称する線状の舟状海盆が存在する。とくに、この舟状海盆の地形、地磁気異常、エアガンによる音響的層序・構造との間の関連性については興味深いものがある。地形上の特徴からこの海域は次のいくつかの地形区にわけられる（いずれも仮称）。

1) 南西部海山区、2) 西部深海平原区、3) GH 76-1 舟状海盆区、4) 北西部海盆区、5) 東部線状海丘-舟状海盆区、6) その他。

以上のうち、とくに GH 76-1 舟状海盆区については詳細な海底地形図を作成し、その特徴を記述した。6) のその他は、西部と東部の諸区にはさまれ、ほぼ海域中央に南北にのびる地形上の移行部（水深5,700-5,800m）である。

最後に、西部にあるいくつかの項目の停船観測を行った測点（Aが付されている測点）について、その付近の詳細な海底地形、測点の地形上での位置を明らかにした。

IV. 3.5 kHz PDR による堆積層の音響的層序（水野篤行・玉木賢策）

3.5 kHz PDR による堆積層の音響的層序には、次の4つのタイプを識別することができる：タイプ a、タイプ b、タイプ c、タイプ d。

タイプ a は本海域にもっとも普遍的に分布するもので、上位と透明層と下位の不透明層からなり、透明層は全体として北から南に向かって20m以下から150m以上に深さを増している。タイプ b は、タイプ a の透明層のなかに不規則に成層した不透明部を有するもので北東部、南西部の一部に分布する。タイプ c は同透明層の中下部が水平に細かく成層した不透明部（音響的タービダイト）をもつもので、西部深海平原区に典型的に発達する。タイプ d は透明層を欠き、不透明層のみからなるものであり、海山、あるいは海丘の一部にみられる。a、b、c の区分は、エアガンによるユニッ

ト I のタイプ A, B, C の区分にそれぞれほぼ対応する

V. 重力異常 (石原丈実)

ラコステ船上重力計を用いて調査海域のフリーエア重力異常とブーゲ異常を求めた。フリーエア異常は、南西部に 3 カ所、北東部に 1 カ所存在する海山にそれぞれ対応した高異常を除けば、おおむね、0 mgal からやや負の異常を示し、南西部に向ってゆるやかに低くなって行く傾向がみられる。南西部の最低値は -40 mgal 以下になる。ブーゲ異常は調査海域の北西部から南東部にかけて高異常の部分があり、それから南西方向、あるいは北東方向に向かうにしたがって、ゆるやかに値が下がる。南西部のフリーエアの最低値の部分では、ブーゲ異常も低く、堆積層が厚くなっていることを予想させる。

VI. 地磁気異常 (石原丈実・玉木賢策)

プロトン磁力計を用いて、調査海域の全磁力値を測定し、地磁気異常を求めた。とくに顕著な縞模様は北西部域に認められる。振幅は 400~600 r であり、この海域の南側のフェニックス磁気縞模様にくらべて小さい。波長は 15~20 km の範囲にあり、西北西-東南東性に配列される。そして東方に開く扇形を示すのが特徴である。西経 172° の東方では不明瞭となる。GH 76-1 舟状海盆と平行して走るのが注目に値する。フェニックス磁気縞模様と同様、白亜紀前期の縞模様と考えられる。

海域の南西部には N80°E 方向に走る別の縞模様が存在し、これはフェニックス磁気縞模様の北部に属するものである。これと北西部の縞模様との移行関係については不明である。なお、南西部の海山に伴って -850r ~ -1,150r の異常が認められた。これらの海山が正常に磁化されていることが示されている。

VII. 地震波反射法探査に基づく層序・構造に関する研究 (玉木賢策)

エアガンを使用した地震波探査結果に基づき、調査海域における音響的ユニットを、上位より、ユニット I、ユニット II、音響的基盤の 3 つに区分した。また、各ユニットを、DSDP による層序と対比した (表 VII-1)。

ユニット I は、一部に不透明な部分を含む透明層で、未固結の堆積層である。ユニット I は、その音響的性格に基づき、3 つのタイプに分けられる (図 VII-5)。ユニット II は、半不透明層で、固結堆積層である。音響的基盤は、第 2 層を構成する大洋底玄武岩よりなる。

これらの岩相の境界は等時間面ではないが、大まかには、ユニット II の上部は、漸新統~中期始新統に、音響的基盤は下部白亜系に相当する。

ユニット I は、ユニット II に比べて層厚変化が顕著で、南に厚く北西に薄い傾向 (300m~20m) を示す (図 VII-6)。これは、北西部では、南部に比べて、始新世中期~漸新世以降、堆積速度が小であったことを示すものと思われる。

GH 76-1 舟状海盆内では、ユニット I が極端に薄く (図 VII-7)、またユニット II 相当層から凝灰岩が採取された。同舟状海盆の起源は、地磁気異常との関連から、調査海域の地殻生成時にさかのぼるものと推定される。また、他の構造線の多くも、地殻生成時のもので、それ以降の構造運動はあまり顕著でないようである。

VIII. S. T. D. 観測結果について (丸山修司・木下泰正)

自記式 S. T. D. 計測装置 (Plessey Environmental Systems 9060 形) を用いて、大型グラフによる底質サンプリング時に、海水の塩分濃度・温度の測定を行った。当初全測点について実施する予定であったが、機器の電気的故障により、西部の 2 測点 (403, 406) でデータを得るに止まった。測

定結果から海水の密度 (δt)、ダイナミックデプスのアノマリー (AD)、サーモステリックアノマリー (Asl) を算出し、両点における垂直分布を検討した。両点の表層-深層を通じて塩分濃度は 34.4~35.3‰ (大体において 34.6~35.0‰) の範囲で変動している。水温は表層では 26.8°-27.0°C であるが、5,500m 層では 1.5°C まで低下する。その垂直分布は、0~250m 前後は両点で減少の傾向が異なるが 250m 前後以下ではほぼ同一であり、10.50°C (250m) から 1.4°C 前後 (4,000-5,000m) まで漸次低下する。5,000-5,500m では多少上昇の傾向が認められる。以上の点から水深についてみる限り、少なくとも 250m 以上の水塊と以下の水塊に大きくわけることができるだろう。いっぽう、海水密度とサーモステリックアノマリーの垂直分布をみると、300m 前後、1,250m 前後を境として水塊が数層にわけられる可能性があることが示されている。詳細については、さらに多数の S.T.D. データをもとに解析する必要がある。

IX. 海底撮影によるマンガン団塊と底生動物活動について (木下泰正)

St. 408A-1 (C7) と 414A-3 (C6) の 2 地点において、エジャートン深海カメラ (372形)、同フラッシュ (382形) を用いて、約 500 枚の海底画像情報を得た。撮影間隔は、St. 408A-1 では 10 秒、St. 414A-3 では 3 秒とし、それぞれ約 630m、約 110m にわたる海底の観察を行うことができた。得られた写真については、とくにマンガン団塊の被覆率算出のためにフォトパターンアナライザにより処理した。

St. 408A-1 のマンガン団塊は約 70% の被覆率で延長約 630m の海底を連続時におおっている。その分布量、形態的特徴は近くの地点で行われたサンプリングの結果とほぼ一致している。写真上の団塊 1,049 個について行った団塊の配列方向解析の結果では、有意の方向性は認められない。

St. 414A-3 では団塊の被覆率は 37~25% であり、終了方向に向かって減少して行く。サンプリング結果とあわせると、この付近では団塊の分布量、形態的特徴は変化にとむと考えられる。

両地点を通じて、海底写真には活発な底生動物活動の跡が認められる。概して生物体そのものは乏しく (少なくとも 7 種類がある)、這跡・巣孔・糞塊ないし糞粒などの生痕が豊富である。これらについてタイプわけをし、深海底に関して従来しられているタイプとの比較検討を行った。

X. 堆積物について (有田正史)

調査海域において、オケアン 70 型グラブ採泥器とピストン式柱状採泥器によって採取された堆積物は、74ミクロンの篩の残渣量と残渣物の組成によって分類された。篩残渣は珪藻の破片、新鮮な放散虫 (第四紀型)、褐色に着色された放散虫、珪化した放散虫、サメのウロコ、有孔虫、メノウの破片および微小マンガン粒の 8 つの構成要素のうち、いくつかの組合せによって構成される。堆積物は篩残渣の組合せによって、有孔虫およびその破片から構成される石灰質軟泥、新鮮な放散虫と有孔虫の混合した珪質-石灰質粘土、新鮮な放散虫と珪藻の破片が卓越する珪質粘土、着色された放散虫、珪化した放散虫、メノウの破片、サメのウロコ、微小マンガン粒からなる深海粘度の 4 種に大別される。

これらの各々の堆積物は海山列に支配された規則的な分布を示し、深海粘土は、調査海域の北西部から中央に向かってクサビ状に分布し、その表面に大型のマンガン団塊と第三紀を示す巨大なサメの歯を伴う。調査海域南西部では、放散虫から第四紀堆積物と考えられる珪質粘土が広く分布し、この珪質粘土は北東部と南西部に位置する海山城に向かって珪質-石灰質粘土に移化し、さらに海山城では石灰質軟泥となる。それ故に、これらの堆積物分布は第四紀における海山列に支配された動物生息区の分化および無堆積空間の存在を示すと考えられる。

第四紀の珪質粘土は約 20 cm 内外の厚さで第三紀の深海粘土を覆っている。両者の境界は堆積物の色調の境界と調和的であり、深海粘土は暗黄褐色、珪質粘土は黄褐色である。深海粘土中には多

くの生痕が認められ、生痕部の色は上部の珪質粘土と同色である。それ故に、深海粘土中に認められる第四紀型の放散虫は生痕を形成した動物によって上部から下部に移動させられたものと考えられる。

ピストン式柱状採泥器によって採取された柱状試料の堆積物の組成変化は古地磁気の変化と著しく調和的であり、上部正帯磁期の上部では第四紀型の放散虫、下部では着色された放散虫が多く、逆帯磁期には着色された放散虫とサメのウロコ、下部正帯磁期では残渣物は著しく少なく、サメのウロコと微小マンガン粒が卓越し放散虫を欠いている。逆帯磁期に観察されるサメのウロコは漸新世とされているものに著しく類似した形状を示すが、時代論に関しては、詳細な古生物学的検討が必要である。粘土鉱物の検討結果によれば、これらの柱状試料の下部では続成作用の影響が認められる。

XI. ピストンコアの磁性測定 (上嶋正人)

5本のピストンコア (P73, P71, P69, P68, P67) の帯磁方向を 10cm おきに測定し、方向変化のパターンを得た (図XI-1-5)。どのコアについても共通して、正帯磁と逆帯磁部があり、逆帯磁部は互いに対比できるようにみえる (図XI-7)。有田正史の研究によれば、コアに含まれる微化石の垂直変化は磁化方向の変化とおおよそ対応している。コア最上部の逆帯磁部を松山逆帯磁期とすることには、磁化方向変化のこまかいパターンと微化石の面からみて問題が多く、むしろ、第三紀のなかのある逆転期を示すのではないかと思われるが、この点についてはさらに今後の研究が必要である。なお、堆積物の帯磁は一定の消磁を行ったあととはかなり安定であり、またコア採取後の乾燥に対しても十分安定であり、測定結果は信頼性のあるものと考えられる。

XII. 海底堆積物の工学的性質 (鶴崎克也・廣田豊彦)

深海底堆積物の工学的性質の2, 3について、採取試料に対する船上測定を行った。測定項目はコーン貫入抵抗、ベーンせん断強度および含水比である。

測定試験はグラブ (オケアン70型) により採取された堆積物およびピストンコアによるコアとであり、総数は31試料であった。

測定器具としては、ベーンテスタおよびコーンテスタ2種を用いた (第XII-1図)。ベーンテスタは直径2cm、長さ4cmの4枚羽根と容量2kg・cmのトルクメータで構成されており、軸長は55cmである。グラブ用コーンテスタ (電気式) は、支持面積5cm²、先端角60°のコーンと容量2kgのロードセルとからなっている (第XII-2図)。コア用コーンテスタは、支持面積1および5cm²、先端角60°の2種のコーンと容量600grのスプリングで構成されている。なおグラブ用コーンテスタでの測定時にはストレインメータおよびペンレコーダを使用した。

測定はつぎのようにして行った。

(i)ベーンせん断強度：グラブ試料については表面から深さ5cmごとに、コア試料については50cmごとに測定した。

(ii)コーン貫入抵抗：グラブ試料については表面から深さ方向に連続的に、コア試料については50cmごとに測定した。

(iii)含水比：グラブ試料については深さ3~5cmごとに、コア試料については50cmごとに秤量用試料をとり、湿潤重量および105°Cで24時間乾燥後の乾燥重量から計算した。

測定は、ベーンせん断強度および含水比は23グラブ試料、8コア試料について、コーン貫入抵抗は16グラブ試料、8コア試料について実施した。これらの測定結果の一部を第X-3, 6図に示した。

St. 405の堆積物は、表面から深さ10cmまでは珪質粘土でそれ以下は粘土であるが、含水比は上部10cmが約450%、その下部が200%以下であって、この堆積物の境界付近で急激に変化してい

る。またコーン貫入抵抗は上部 10 cm で 50 g/cm² から 200 g/cm² まで深さ方向に増加しているが、10 cm 以下では 200 g/cm² 前後でほぼ一定の値を示し、堆積物の変化を反映している。St. 412 のコア試料では、含水比に対して、コーン貫入抵抗およびペーンせん断強度が明瞭な負の相関関係を示している。

第XII-3, 4 図にすべての測定結果をプロットして示した。含水比は堆積物表面では300~500%であり、深さの増加とともに減少し深さ 30 cm で150~300%となるが、それ以深では数mまでの範囲では大きな変化はみられない。ペーンせん断強度は表面では 0~20 g/cm² であるが、深さ 25 cm で 30~60 g/cm² と漸増し、それ以深では大きな変化はみられない。コーン貫入抵抗は表面で0~100g/cm² であり、深さ 20 cm で 200~350 g/cm² と漸増している。

XIII. 堆積物中の微化石に関する予察的研究結果 (有田正史・水野篤行)

堆積物には多くの微化石が含まれているが、そのなかで豊富なものはすでに DSDP コアにしられているものと同種または類似種である。ここではとくに放散虫と Ichthyolith 類に関する検討結果をのべる。予察的研究結果によれば、グラブ・ピストンコア試料は、ともに第四紀-第三紀中期、ある場合には第三紀中期の堆積物からなる。

放散虫は新鮮なもの、着色されたものないし珪化されたものを含む。新鮮なものは、次のような典型的な第四紀種からなる: *Euchitonia elegans*, *E. mulleri*, *Pterocanium praetextum*, *Hexapyle dodecantha* など。着色・珪化のものは非常に保有がわるいが、優勢なものは、*Dorcadospyris dentata*, *Calocyclella costata* (それぞれ中新世前期、中新世前-中期種) である。

Ichthyolith 類にはいくつかのタイプが認められる。その1つは DOYLE *et al.* (1974) のタイプ a2/b2 に属すると考えられるもので、とくに漸新世の同タイプのものに近い形態上の特徴を示している。Ichthyolith 類のなかで長三角形のものはコアの下半、とくに逆帯磁層の下位に多い。少なくとも次の三つのタイプが認められる: DOYLE *et al.* (1974) のタイプ a9/b6 群に属するもの; 同、タイプ a9/b1 群; 同、タイプ a9/b1/c1/d1/e1/f4/g1/h1/i2/j2/k2/l0.2/m2.2/n6/o1/p1 (HELMS and RIEDEL, 1971のタイプ D-1)。最後のものが全体としてもっとも多い。なお、Ichthyolith 類については、現存のサメのウロコに形態が似ており、第X章では便宜的にサメのウロコ (shark's scale) とよんでいる。

XIV. マンガン団塊の記載、分類および分布について (盛谷智之・丸山修司・野原昌人・松本勝時・萩津 毅・森脇久光)

各測点で大型グラブサンプラー (採取面積 0.50 m²) およびフリーフォール・グラブサンプラー (採取面積 0.13 m²) によって採取された団塊について、船上で、1) 形態観察、粒径区分、重量測定および賦存量 (kg/m²) の算定、2) 両種採泥器の採取面積を示す板上での全試料、および 5 cm 格子目盛板上での代表的試料の写真撮影、3) 切断研磨面での内部構造の観察、4) X線回折による鉱物組成の検討などを行った。

これらの観察記載データを総合・比較検討することにより団塊の形態的分類を行った。さらに団塊のタイプと、化学組成、分布や地質要因との関連性などにつき、各分野の研究結果も参考にして検討した。

本調査航海で採取したマンガン団塊は、団塊のサイズ、形、表面構造、一部内部構造の特徴から、9つのタイプに分類される。この分類では、特徴的な形をその形容詞の頭大文字、表面構造を頭小文字で表現し、その組合わせでタイプを示した。これらは、Sr, SPr, SEr, Db, Ss/SPs, DPs, ISs, IDPs, Vの各タイプである (表XIV-2: 図XIV-1)。

とくに重要な分類基準となるのが表面構造で、その全体的特徴から、滑らか (s型) と粗 (r型) の2つの基本的タイプに分けられる (粗のタイプには b型も含まれる)。団塊の水-底泥界面付近の

産状からいえば、s型が露出型、r型が埋没型である。団塊の形については球状 (spheroidal)、楕円体状 (ellipsoidal)、扁平板状 (discoidal) など単体の完全形をなすもの、これらが癒着状 (poly or intergrown) の集合体をなすものも最も普遍的に産する (Sr, SPr, SEr, Db, Ss/SPs, DPs の各タイプ)。一方、注目されるのは、本来これらのタイプであったものが、個体の一部あるいは主部が自破砕状にこわれて、不規則 (irregular) な不完全形あるいはさまざまな (variable) 形の破片となり、その破面上を酸化マンガンの新しい薄層が覆った場合である (ISs, IDPs, V—団塊片—の各型)。

団塊のタイプと化学組成との関係については、r型が Mn, Cu, Ni に、これに反して s型は Fe, Co にそれぞれ相対的に富んでいること、全体としてみると Sr→SPr→Ss/SPs→DPs→ISs→IDPsの各タイプの順に Mn, Cu, Ni 減少、Fe, Co が増大するという一連の漸移的变化傾向のあることが認められる。

各タイプの団塊の分布、賦存量と表層堆積物との関係は大局的にはつぎのようにまとめられる。r型の団塊は、珪質粘土域、深海粘土域を通じて広範に分布するが賦存量は小さい。これに対してs型の団塊は、深海粘土域あるいは珪質粘土と珪質/石灰質粘土との境界域に偏在し、分布は限られるが賦存量は大きい。とくに最高 30 kg/m² 級の高濃集域は北西部の深海粘土域に分布する。

しかしながら、一方では団塊のタイプ、化学組成が例えば同一測点域のような狭い範囲内で変化する事実も確認された。まだ十分な検討データに不足しているが、これらはおそらく局地的な微地形、堆積物の性質、底層流、金属成分の供給、地球化学的条件などの諸要因に関係するのであろう。今後、団塊分布とその地質条件の大局的把握とともに、局所的变化の研究が不可欠であることが指摘できる。

XV. マンガン団塊の鉱物について (野原昌人)

白嶺丸船上の理学電機X線回折装置によりマンガン団塊の鉱物組成を検討した。得られたマンガン団塊の主要マンガン鉱物はトドロカイトとバーネサイトである。従来 δ -MnO₂, 7 Åマンガンナイトとされているものは、ここではバーネサイトとして扱った。

バーネサイトは調査域のマンガン団塊の大多数に存在し、とくに St. 411, 417, 418, 422, 423, 431の団塊に優勢である。トドロカイトは主として St. 426, 430, 433, 407A-2 の団塊に見出された。堆積物のタイプとの関係では、トドロカイトは深海粘土中の団塊に多く、バーネサイトは、深海粘土、珪質粘土両方の団塊中に分布しているようである。

St. 407A-2の団塊はトドロカイトにとむがそれに近接した407, 408の団塊は、結晶度の弱いバーネサイトとトドロカイトを含む。諸データからみて、CRONAN and TOOMS (1969) がのべたような地形と団塊の鉱物組成との関係は当海域では重要な要素とは考えられない。また、鉱物組成と堆積地のタイプあるいは団塊の形成深度、形態の間にははっきりした関係はみられないように思われる。さらに、たとえば酸化還元電位のような条件も団塊の鉱物組成を支配する主要な要素であるということもありそうにない。NOHARA and NASU (1977) は鉄マンガン酸化物の沈殿の kineticsが団塊形成に重要な役割を果すようにみえることをのべた。この問題の解決には当海域の鉱物組成のより詳細な研究が要される。

ゲーサイトは団塊中には認められない。マンガン鉱物に伴って微量の碎屑性あるいは自生の鉱物として、石英、長石、粘土鉱物は常に存在している。当海域ではマンガン団塊は一般にフォスフォライトの核を有している。これは、フォスフォライトとマンガン鉱物の成因的關係を示唆するものである。

XVI. マンガン団塊の化学組成 (藤貫 正・望月常一・盛谷智之)

各測点を代表する団塊試料について、Mn・Feの主成分、Cu・Ni・Co・Pb・Znの微量成分、およびH₂O±の全岩化学分析を行い、得られた分析値から団塊の化学組成の諸特徴を検討した。

分析法は、Mn・Feは容量法、Cu・Ni・Co・Pb・Znは原子吸光法、全水分は重量法にそれぞれよった。

各成分の平均含有量は、Mn 23.54%; Fe 7.52%; Cu 0.95%; Ni 0.97%; Co 0.19%; Pb 348 ppm, Zn 1,170 ppm, H₂O±20.74%であり、またMn/Fe平均値は3.13である。これを太平洋産マンガン団塊の従来報告された分析値と比較すると、当調査海域のものはCu, Znが高く、Fe, Co, Pbが低いことと、Mn/Fe比が大きいという、一般的傾向がある。

マンガン団塊のタイプと化学組成との関連についてはつぎの3点が指摘できる。1)表面構造の特徴から2大別されたr型とs型の基本的タイプにより主成分の含有量にちがいがあり、すなわちr型はMnに、s型はFeにそれぞれ富んでいる。2)各成分間には、MnとCu・Ni・Zn、そしてFeとCo・Pbがそれぞれ相関関係を示す。3)全体としてみるとSr→SPr→Ss/SPs→DPs→ISs→IDPsの各タイプの順に、Mn・Cu・Niグループが減少、Fe・Coグループが増加するという一連の漸期的変化傾向が認められ、これはMEYER(1973)の報告と一致する。ただし彼のいう最高の経済的金属含有量の“B”型に対比されると思われるDb型は、かならずしも最高のCu・Ni量を示さなかった。ただし分析例が少ないのでその傾向は明確でない。

団塊中のCu・Ni・Coの地域的分布は、団塊のタイプ、底質との密接な関連性を示す。

また測点414では同じ地域で化学組成が明瞭に変化する例が認められた。

XVII. マンガン団塊分布と堆積層の音響的層序との関連性について(玉木賢策・本座栄一・水野篤行)

GH 76-1, GH 74-5 両海域に関し、マンガン団塊分布とエアガン・3.5 kHz PDRによる堆積層の音響的層序との関係を検討した。成因的な面については今後さらに十分な吟味が必要であるが、とくにエアガンによるユニットIとの間にある一定の関係がみられることは、少なくとも中央太平洋海盆においては、音響的層序のデータがサンプリングあるいはカメラデータを欠く測線に関する団塊分布の予察的推定に役に立つこと、また、その際、エアガン、3.5 kHz PDR両方のデータに基づくのが望ましいことを示している。

エアガンによるユニットIのなかでタイプAの分布域については、団塊の分布とユニットIの厚さ、3.5 kHz PDRの透明層との間に一定の関係がある。ユニットI層厚120m、3.5 kHz透明層100m前後以上になると団塊はほとんどない。10 kg/m²以上の団塊はユニットI層厚、3.5 kHz透明層50m以下の部分に限られている。さらに、全体として、20 kg/m²以上の団塊はタイプAだけに関係している。このような関係はSt. 414-415の測線において非常に典型的にみられる。いっぽう、このような一般的傾向と反する面も2, 3見出される(St. 407-433-408測線および407付近)。タイプAに関しては、大局的には、団塊の量的分布は始新世中期ないし漸新世以降におけるユニットIの透明層の堆積速度に関係しているものと考えられるが、量的分布を支配した要因としては諸データからみて、それ以外のもの(現在のところ不明)も重要であったと思われる。

タイプBにおいてはユニットIの厚さは団塊の量と全く無関係である。しかし、3.5 kHz透明層との間にはGH74-5海域についてすでに述べた(MIZUNO and CHUJO, eds., 1975, Geol. Surv. Japan Cruise Rept., no. 4)のような関係がある。この場合にはユニットIの最上部の透明層(年代的に位置不明)の堆積速度が少なくとも部分的に支配要因となっていることが考えられる。

深海平原に分布するタイプCにおいては、ユニットI、3.5 kHz透明層の厚さ如何にかかわらず、

団塊は欠如、あるいは極めて微量である。この成因についても団塊の成因・成長の問題と関連して重要であるが、今後の問題として残されている。

VIII. 原位置測定試験および複合型調査機（廣田豊彦・鶴崎克也）

深海底鉱物資源開発にたいする基礎的研究の一部として、深海底に対する調査作業の能率を高めるとともに、今後の技術開発に必要な深海底堆積物に関する特性を把握するために、複合型調査機を開発し、深海底への適用性を本航海において試験した。この装置には、海底堆積層の切削抵抗測定装置、海底面および機器の観察用カメラ、マンガン団塊用サンブラ等を搭載した。このような方式は、同一地点に対して、写真撮影、ある種の強度測定、サンプリング等を1作業で行うことができ、得られた資料を相互に関連して検討しうる。従って、作業能率の向上、資料価値の相乗効果による増大など、今後のワイヤライン調査法では重要な技術であると考えられる。

調査機の形式は海底曳行式とし、そり付の長方形パイプ製フレームに必要な機器を装備した。フレーム寸法は幅1.2m、高さ1.0m、長さ1.7mで、後端に取付けたチェンバッグは長さ約1mである。なお、そりの寸法は、地耐力を想定して、幅12cm、長さ1.5mのもの2本とした。

切削抵抗測定装置は、幅5cmおよび10cm、フレーム下方への突出長さ10cmの2種の切削刃、これからリンクを介して切削抵抗を測定する容量100kgのロードセル、小型ストレインメータおよびカセット型データレコーダによって構成される。電源は内蔵した充電式電池によって供給され、測定時期はプリセットタイマによって制御される。このほかの測定用として、加速度検出器、マイクロフォン等を装備した。以上の機器は耐圧型容器に収納したが、可動貫通部をもつロードセルおよび車輪式速度計の発信用マイクロスイッチについては、圧力平衡型油浸容器に取めた。なおデータレコーダは記録専用とし、船上回収後に再生ユニットを接続し、ペンレコーダで記録波形を再現した。調査機の構成図および外観写真を第VIII-1、2図に示した。

カメラシステムは、フレームの前上方に装備し、調査機の進路直前の海底面を撮影するよう調整した。同時に、カメラシステム全体の持つ浮力を利用し、調査機の着底時における転倒防止および姿勢安定化をはかった。カメラ部および主光源部はそれぞれ外径36cm、肉厚2cmの耐圧ガラス球に収納し、専用フレームに取付けた。カメラ部はモータードライブ付250コマ撮り35ミリ一眼レフ(OM-1 MD)、主光源発光信号用小型ストロボおよびICによるタイマ等から構成され、主光源部はスレーブセンサおよびストロボ等から構成される。なお撮影レンズは $f=24$ mmである。タイマの機能は、撮影までの待機時間(35分~3時間)、撮影コマ間隔(8~90秒)および撮影動作時間(10分~2時間)の3種である。このカメラシステム(耐圧ガラス球を含む)は、海洋科学技術センターで開発中のものであるが、本航海では、深海底での適用性を試験するために仕様を変更し、公害資源研究所内で試作したものを用いた。第VIII-3図にカメラ部を、同4図に主光源部を示した。

実験はSt. 407Aおよび433で行ったが、後者では電氣的故障等のため動作不良であった。曳航の方法としては、第VIII-5図に示すように、調査機の前(上)方100mの位置に100kgの重錘をつけて水平曳きをしうるよう考慮し、またさらにその前(上)方10mにピンガを取付けてPDR記録上で監視し、ワイヤ長の繰出しによって調査機の浮上を抑えた。

調査機を投入後、線速60m/min.でワイヤを繰出し、1.5時間後に着底させた。曳航は、停船時の漂移のみによって行ったが、本船のヒープ(波上り)による影響が加味されたものようであった。約70分間の曳航し、約1.8km移動後に回収作業に移った。第VIII-1表にSt. 407Aにおける実験の経過を示した。

切削抵抗測定は着底10分後に開始され、第VIII-6図に示す記録が得られた。この記録から、5cm幅、10cm長さの切削刃では、速度約1m/secにおいて、最大切削抵抗20kg、平均切削抵抗約6.3kgであることが知られた。またこの記録から、測定開始後約40分および50分に、調査機の離底およ

び再着底の行われたことが明らかに読取られる。

カメラシステムはすべて順調に動作し、約 220コマの写真が撮影された。全撮影時間は2時間20分、コマ間隔は約30秒であった。第XVIII-9図に示すように、マンガン団塊の海底分布状況や、調査機の曳航により発生した泥雲等が撮影された。

カメラシステム容器として用いた耐压ガラス球は国産品（福神硝子工業）で、深海実験は最初のケースであったが、内側エッジに僅かなチップングを発生したのみで、十分な性能を示した。

以上の実験とは別に、プーメランコアラの試用テストを St. 406 (5,630m), St. 414 (5,400m) および St. 432 (5,900m) で実施した。公害資源研究所が相模湾でテストした結果はあまり良好ではなかったが、本航海の St. 414 および432では、何れも約1.1mのコアを完全な形で採取することができた。

AI. 日本—ハワイ南西方海域、ハワイ南西方海域—ハワイ諸島間の地磁気・重力異常について (石原丈実・玉木賢策)

調査海域—日本間、調査海域—ハワイ間の往復測線で、プロトン磁力計による地磁気測定、ラコステ船上海力計による重力測定を行い、地磁気異常、重力異常のプロファイルをもとめた。

地磁気異常では、南方諸島海域北部で1,000 γ 程度の振幅、100 km に近い波長の異常が観測されたほか、小笠原海嶺と七島硫黄島海嶺から西七島海嶺にかけて 150-200 γ の振幅、10 km 程度の短波長をもった異常が観測された。海溝東方の太平洋側では海山に伴う負異常が顕著であり、これはほとんどの海山が正に帯磁しているからと考えられる。縞模様によると考えられる地形によらない異常は東経175°付近以東で観測され（図 AI-7, 8）、また調査海域—ハワイ間、伊豆・小笠原海溝沖でも見出された。

フリーエア重力異常については、小笠原弧で 300 mgal 近い高異常が観測された。海溝の太平洋側では海山に伴う高異常が顕著であるが、そのまわりの平坦部ではやや負の値を示す。マジエラン海膨ではフリーエア異常はほとんど 0 mgal である。

AII. 伊豆—小笠原島弧系における音波探査結果（玉木賢策）

調査海域に向う途中、GH 74-1 航海の調査を補足する目的で、南方諸島海域において音波探査を行った。調査測線は、図 AII-1に、得られた全プロファイルを図 AII-2 に示した。

伊豆—小笠原島弧系は、四国海盆、硫黄島海嶺、小笠原トラフ、小笠原海嶺及び伊豆—小笠原海溝よりなる（図 AII-1）。

硫黄島海嶺は多くの海嶺とトラフの集合からなり、トラフは多くの場合、堆積物により充填されている（測線 B-C-D）。本島弧系南部には、小笠原トラフ、小笠原海嶺が発達する（測線 C-D-E）。小笠原トラフにみられる層厚1.8秒以上の堆積層は、小笠原海嶺に対してはアバットするが、硫黄島海嶺に対しては、オーバーラップしている。また、同堆積層は、下部程変形が顕著である。

硫黄島海嶺の海溝側斜面上部には、堆積盆が発達する（測線 A-B 上では層厚1.4秒以上）のに対し、同斜面下部では、地形的凹凸が目立つ（測線 A-B-C）。これらの凹凸は、堆積層よりなるものと思われる。一方、小笠原海嶺海溝側斜面は音響的基盤からなり、地形的凹凸も少ない。外側海溝斜面では、階段状断層、地壘・地溝構造が発達する（測線 E-F）。

測線 F-G では、ギョーがみられる。このギョー上には、層厚1.0秒程度の成層した不透明層が識別される。同測線上の海盆部では、北西太平洋海盆で通常認められる音響的層序すなわち、上位より、上部透明層、上部不透明層、下部透明層、音響的基盤が識別された。

AⅢ. 伊豆-小笠原海溝底の海底撮影 (木下泰正・有田正史)

エジャートン 35mm 深海カメラ (372形), フラッシュ (382形) により, 白嶺丸 No. 2 ウインチのワイヤテストを兼ねて, 伊豆-小笠原海溝底 (未補正水深 9, 200m; 着底位置 $28^{\circ}32.2'N, 143^{\circ}03.3'E$; 離底位置 $28^{\circ}32.3'N, 143^{\circ}04.0'E$) で海底撮影を行った。撮影場所は海溝底の西部の平坦なところである (図AⅢ-1)。得られた写真 (図AⅢ-2) には無数の *Lebensspuren* が認められ, もっとも多いタイプは 3-5mm の幅で数mの延長をもつ曲りくねった這跡である。写真には底層流の存在に関する証拠は認められない。カメラ枠と共にひきあげられたごく少量の堆積物は, 顕微鏡観察によれば, 火山灰質のシルトラしい。