

研究航海報告：

中西部中央太平洋海盆に関する深海底鉱物資源の研究

(GH77-1 研究航海, 1977年1月—3月)

盛谷智之(編)

要 旨

I. GH 77-1 研究航海とその結果の概要(盛谷智之)

本報告は $6^{\circ}\text{N}-11^{\circ}\text{N}$, $175^{\circ}30'\text{W}-179^{\circ}\text{W}$ の海域(中西部中央太平洋海盆)(図 I-1, 2)について行われた白嶺丸による GH77-1 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—マーシャル群島西方(Kwajalein 南西方)—研究海域の航海時に行われた物理探査の結果も付録(I-III)として含めてある。

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12名, 諸大学の学生・大学院生(船上作業補助員)計7名, およびアピア観測所研究員(国連フェローシップ研修生)1名であった(表 I-1)。1977年1月12日の船橋出港, 同年3月12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 18,565 km (12,213.8 n.m.), そのうち研究海域のそれは 6,919 km (3,736 n.m.) 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, 1° つまり約 110 km 間隔の基盤目測点を基本とし, 北東ないし東部域の一部においてはその中間点を補足的に設け間隔を小さくした(図 I-3—6)。各測点では, オケアン-70型グラフによるサンプリングと2個のフリーフォール・フォト・グラフによるサンプリング・海底撮影を組み合わせて行い, また, とくに上記の補足測点追加域の一部においてはこれに加えて, 柱状採泥, 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などを行った。研究海域における諸物理探査は, 上記の諸測点を主として南北方向に結ぶ全測線に沿って, 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, とくにオケアン-70型グラフの海底作動のピンガーによる確認方式の確立, NNSS による船位決定の精度を高めるための検討など, 調査技術の向上につとめた。なお海底 TV撮影は本航海中海況が一般に悪かったため実施を断念せざるを得なかった。持帰り試料については, 堆積物コアの磁性測定, マンガン団塊の金属量化学分析, 海底表層堆積物の化学分析を行い, それぞれの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 0.25-0.55 km, 悪条件時に約 0.9 kmの精度(最大誤差)を示す。

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・構造との関連性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, 中央太平洋海盆の形成史を知る上での諸データを得ることができた。これらの主な成果を要約すれば次の通りである。

GH77-1 海域の地形は, 南部のマゼラン・ライズ(頂部水深3,250m)と北部の海山列(頂部水深4,250m)の2つの台地状の高まりと, その他の部分の, WNW方向の海上・舟状海盆群あるいは深

海平原の発達で特徴づけられる深海盆地に大きく区分される。さらに深海盆地は、マゼラン・ライズから NNE 方向に延びるやや地形起伏の顕著な幅広い隆起帯とその東西の深海盆に細区分され、また、この東側海盆の北部には顕著な NWN 方向のマゼラン・トラフ（最大水深6,500m以上）が走っている。マゼラン・トラフは東隣の GH76-1 海城から続くものであるが、上述の NNE 方向の隆起帯に入ると分岐し、その明瞭な線状性を失う。

このような地形的特徴は物理探査による音響層序や地殻構造の様相、表層堆積物の分布、さらにはマンガン団塊の分布にも大きく関係している。

地磁気異常は、GH76-1 海城で確認されたマゼラン・トラフを拡大軸とする白亜紀玄武岩海洋地殻の形成に関連すると考えられる扇状の縞模様が、本海城でも認められるものの振幅が狭く、上記の隆起帯に突き当たるトラフ分岐部ではパターンがくずれ、地形と良く一致している。フリーエア重力異常は、海山城で最高15ミリガル、マゼラン・トラフで-35ミリガル、南東部海盆地で-30ミリガルを示し、トラフでの異常は地形の影響を、南東部海盆地でのそれは厚い堆積の影響をそれぞれ表わしている。

エアガンによる音響的層序、構造は、マゼラン・ライズ、その他の深海盆地、およびマゼラン・トラフでそれぞれ特徴が異なっている。深海盆地では上から第 I 層（タイプ A と B）、第 II 層、および音響的基盤に区分される。タイプ A は音響的透明層で、新第三紀-第四紀の軟泥・粘土堆積物と推定されており、10~200mの厚さで、北から南に向って厚くなる。一方、タイプ C は成層した音響層でタービダイト様特徴をもち、西側と南東側の深海盆地に発達し、平坦な地形面を形成する。第 II 層は音響的に半不透明な層で、40-250mの厚さであり、上部に中期始新世-漸新世のチャートを示すとされる反射層をもっている。音響的な基盤は白亜紀玄武岩と考えられ、第 I 層、第 II 層の下位に不規則な面をなしている。マゼラン・ライズでは、基盤上に4つの音響層が識別され、DSDP のデータによるとこれらは厚さ1,000mにも及ぶ、白亜紀-第四紀の石灰岩・チャート・チョーク・軟泥からなっている。マゼラン・トラフは南北の2つのリッジにはさまれた線状凹地をなす。

表層堆積物は、マゼラン・ライズ、北部の海山列の地形的高所に石灰質軟泥ないし石灰質-珪質粘土が分布し、この外側の深海盆に向かって珪質粘土、さらに深海粘土へと移行する。珪質粘土は通常厚さ 10 cm 内外で、その下位には深海粘土が横たわっている。また一部には珪質粘土域と深海粘土域の境界に厚い珪質軟泥が局所的に分布する。これらの表層堆積物の化学組成は遠洋性堆積物としての安定した値を示す。

マンガン団塊の形態的タイプは、GH76-1 海城で確立された表面構造と形による9つのタイプ、つまり Sr, SPr, SEr, Db, Ss/SPs, DPs, ISs, IDPs, V からなる分類がほぼ適応できることがわかった。しかし、本 GH77-1 海城では、表面構造による r (粗) 型と s (平滑) 型の2大別の基本的タイプ群のうち、s 型が、とくに粒径の大きいものが多く、r 型は少ないという傾向がある。これは化学組成にも反映され、本海城の団塊は、GH76-1 海城のものに比較して、Mn およびそれに相関する Ni と Cu の量が全般的に低い。

次に団塊の量的分布は、主として地形、堆積層の発達状況と密接な関係を示し、さらには表層堆積物ともある程度関連している。20 kg/m² 以上の高賦存量の顕著な区域が、北部海山列の南の深海盆地に東西方向の延びをもって偏在し、一方賦存量皆無の不毛域は南のマゼラン・ライズや南東部深海盆地に広がり、この傾向は海底写真撮影による被覆率のデータからも立証される。北部の高濃集域は、地形起伏がやや顕著で、第 I 層タイプ A (音響的透明層) の厚さが50m以下の場所であり、また底質は深海粘土で放散虫遺骸が卓越する傾向がある。南部の賦存量皆無の区域は、マゼラン・ライズの厚い石灰質軟泥域と、その東西のタイプ A が厚いか、あるいはタイプ C が発達して深海平原を形成する場所に当たる。また、賦存量皆無の小区域が北部の高濃集域に入り込む形で、珪質軟泥域に認められる。しかし、10 kg/m² のオーダーの賦存量を示す場所の表層堆積物は変化に

富み、珪質—石灰質粘土から放散虫遺骸の少ない深海粘土までにまたがり、団塊と特定の底質との結びつきはかならずしも示さない。

これらのことから、マンガン団塊の分布は堆積史と密接な関係をもち、その形成をさまたげる堆積物による希薄化が少ないか、あるいは漸新世以降の無堆積的な場所に偏在するのではないかと考えられる。このため、今後、団塊と堆積物の年代学的検討を行う必要がある。しかしながら、このような全般的な条件が似ていても、団塊の賦存量、タイプが局地的に変化する場合もあり、局地的な金属供給の寄与の可能性も検討する必要がある。また、海底写真で認められた底生動物の活動の団塊の発達への影響も無視できない。重要な点として、団塊の賦存量と Cu・Ni の品位の間には逆相関が認められ、資源的検討のさい考慮に入れる必要がある。

II. NNSS による位置決定 (上嶋正人・小野寺公兎)

NNSS は当調査海域で正確な位置決定をするための唯一の有効な手段である。ロランやオメガはここではあまり有効ではない。NNSS による位置決定には推測航法の中に含まれるエラーによる誤差が入っており、エラーは主として水流のみつもりちがいに起因している。サテライトフィックスは正確な位置を出せるので2つのサテライトフィックスの間の水流を再計算してその間の位置を再計算することができる。このためサテライトフィックスの多い時間帯の方が正確な位置が出せる。よってサテライトフィックスの統計を行ってみた。また昨年と同じ方法で再計算後の最大誤差見積りを求めたが $0.1 + (\alpha/2) \times T$ (n.m.) であらわれ、 $\alpha = 0.403$ (n.m./hour) であり、T は最も近いサテライトフィックスからの時間である (石原・石橋, 1976)。

III. 12 kHz PDR による海底地形 (小野寺公兎・村上文敏・盛谷智之)

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、および各測点域の局地的地形図を作成した。

広域的地形は、大きくは南部のマゼラン・ライズ (頂部水深約3,250m)、北部の海山列 (頂部水深約4,250m) の2つの台地状の高まりと、その他の部分の一般に WNW 方向の線状の舟状海盆・海丘列群の発達で特徴づけられる深海盆 (水深5,500-6,500m) に分けられる。さらに深海盆は、マゼラン・ライズから北部海山列に向かって NNE 方向に延びる幅広いやや高まった地形起伏の帯状域と、その東西に広がる2つの深海盆地に分けられ、また、東側深海盆地の北部には顕著な WNW 方向の舟状海盆であるマゼラン・トラフ (最大水深6,500mをこえる) が、隣接の GH76-1 海域より延びている。しかし、このトラフは前述の NNE 方向の隆起帯に突き当たると、分岐し、その線状性は乱されあいになる。

これらの地形的特徴は、原海洋地殻の形状と、それ以後の堆積作用の結果とを反映しているものと考えられる。すなわち、卓越する WNW 方向の線状の海丘・舟状海盆群の地形は、前期白亜紀にマゼラン・トラフを拡大軸として形成された原海洋地殻を、そして平坦な深海盆地はそれ以降の主として生物源物質による原地形の埋積を、さらにマゼラン・ライズ、北部海山列の台地は原地形の高まりと補償水深で浅での厚い石灰質堆積物の堆積を示すものであろう。

このような原地形と、以後の堆積史がマンガン団塊鉱床の発達に大きな影響を与えたものと推定される。

IV. 重力異常 (上嶋正人)

重力測定は精度1ミリガルといわれるラコストロンバーグ社製の重力計で行った。重力値は船橋基地で陸の重力と結合される。

当調査海域で最も高い重力異常はマゼラン・ライズのような海山にあらわれ約15ミリガルであり、

最も低い値は約-35ミリガルでありトラフの部分にあらわれる。このトラフの部分で2次元の補正を行ったところほとんどフラットな値になり地形の影響が主であったと考えられる。幅の広い低い重力異常が海域の南東部にあらわれ値は約-30ミリガルであるが、トラフのような地形もなく、密度の低い堆積層が厚く堆積していると考えられる。この海域の重力異常は、一般的に言って小さく、トレンチやリッジにみられるような現在のテクトニックな動きに応ずるような変化はみられない。

V. 磁力異常 (上嶋正人・村上文敏)

本海域における磁力調査はジオメトリクス社製のプロトン磁力計により行われた。全磁力異常が測定され、IGRF (1975) (国際標準地球磁場) との比較で異常を計算した。海域の北東部には、GH76-1 で詳細に調べられた扇状の縞模様が続いているが、異常の振幅は GH76-1 海域にくらべて小さく、幅もせまくなっている。パターンは経度 176°W と 175°30'W の間でくずれてしまっている。この縞模様は地形的特徴とよく一致し、扇状縞模様の中央線は GH76-1 トラフと一致し、また扇状の模様の消えるあたりでトラフも3つに分岐している。この縞模様はマゼランリネーションと呼ぶことにした。他にも小さなリネーションがみられるが、相関がつかめない。北西部では特に小さく PP でも 100γ 程度である。

VI. 地震波反射法探査による層序と構造の研究 (村上文敏・盛谷智之)

本調査海域の地震波反射法探査による層序・構造の特徴は、3つの区域すなわち深海盆地、マゼラン舟状海盆、およびマゼラン・ライズでちがいがあがる。

深海盆地の音響的層序は上位よりユニット I 層、ユニット II 層と音響的基盤とに区分される。

ユニット I 層は音響的パターンから2種類のタイプに分けることができる。透明層だけから成るものをタイプ A、よく成層した層から成るものをタイプ C と呼ぶ。タイプ A は調査海域を広くおおい層厚は北から南へ厚くなる。タイプ A の層厚は 10~200m であり変化に富む。タイプ C の層が分布する地域では、その層により埋没される地形面とは無関係に平坦な海底面を形成する。タイプ C の分布は調査海域の西側と南東側の地域に限られる。

ユニット II 層は音響的に半不透明な層であり、その内部構造は一様でない。ユニット II 層の音波伝播速度を 2.0 km/sec とすればその層厚は 40~250m となる。

音響的基盤はユニット II 層の下位にみられる強い反射である。海底から音響的基盤までの深さは最大 425m、平均 150m である。音響的基盤は一般に起伏に富むが例外的に平坦な地形を示す地域もある。海底地形はユニット I 層-タイプ C の堆積域を除いてほとんど音響的基盤の地形に規定される。

マゼラン舟状海盆の地形的走向は WNW であり、舟状海盆としての地形的、構造的特徴は 176°W 付近で消滅する。舟状海盆の南北両側のリッジの斜面でいくつかの正断層がみられ、発達程度は南側リッジにおいてより進んでいる。

マゼランライズにおける音響的層序は上位より A 層、B 層、C 層と D 層の4層に区分でき、DSDP による深海掘削の結果との対比から各層の時代区分を行った。D 層の下は玄武岩層からなる基盤である。

VII. 海底サンプリングについて (木下泰正・丸山修司)

本航海の海底サンプリングには、3つの採泥器、すなわち底質と団塊採取のための大型のオケアン-70 グラブ、団塊採取と同時に海底撮影のためフリーフォール (ブーメラン)・フォト・グラブ、および柱状試料採取のためのコア・サンプラーが使用された。

オケアン70グラブ: 1974年に製作された最初のモデルはトリガー機構に問題があったが、GH

76-1 航海からこれが改良され、本航海でも機能は十分に働いた。今回はさらに、ピンガー利用による採泥器の海底での作動確認技術を確立し、ほとんど 100% の成功率に高めることができた。これは、ピンガーを採泥器の上方15m位置のワイヤ・ロープに取り付け、その発信音を PDR で記録し、採泥器の作動（ジャーがしまる）によるワイヤ・ロープの伸び約 2 m を、記録上の差約 1 mm として読みとり、確認する方法である。

フリーフォール（ブーメラン）・フォト・グラフ：Preussag 社のグラフをすでに GH76-1 航海から最初カメラなしで導入し利用したが、今回はこれに16 mmの単発カメラを付けて使用し、団塊採取と同時にその被覆率を知るのに十分な鮮明度の海底写真を得ることができた。さらに DOMA によって考案された小型採泥管をグラフに装着することで、少量の表層堆積物を採取し、そのタイプの大まかな確認が可能となった。

コア・サンプラー：本航海の海況は常時風速 10 m/sec の NNE 卓越風があるという悪条件であったため、コア・サンプラーは重力貫入方式で用いた。その結果、5 測点で 6 m 長のコアラーで各 2.30~3.80 m 長のコアが得られた。しかし、コアラー外面で最上部まで泥が付着し完全貫入を示す場合もあり、コアチューブ内部の 3-4 m 長さの部分で、摩擦抵抗のためコア詰まりを起こした可能性もある。

VIII. 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・半田啓二）

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・グラフを使用し、マンガン団塊・岩石試料の採取と併行して、79枚の海底写真を撮影、また 2 測点（St. 735 と St. 737）で深海カメラを使用して、それぞれ距離500mで155枚、距離355mで385枚の海底連続撮影を行った。

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、および底生動物活動の検討を行った。

その結果、高被覆率の部分は、北部の $9^{\circ}30'-10^{\circ}30'N$, $174^{\circ}-177^{\circ}W$ の範囲で WNW の方向に延びる帯状域に認められ、とくに 737, 739, 719, 736 および 735 の各測点は 70-75% の高いレベルを示し、さらに粒径が 8-6 cm, 6-4 cm のような比較的大きい団塊がこの帯状域の中央部に分布し、これに対して粒径が 2 cm 以下の小さい団塊はその帯状域の外側に向かって多くなる、という全体的傾向が明らかになった。しかし、一方では同一測点域で被覆率が局地的に変化する場合も、例えば、St. 710 での 65% と 8%、および St. 707 での 30% と 2% のように認められた。これらのことは、マンガン団塊の発達が水平的に均等ではなく、金属の濃集に適した条件が何らかの地質学的要因に支配されて変化したことを示唆する。

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、St. 735 と St. 737 の海底連続撮影写真から示された。すなわち、体長が 40-50cm ものナマコ holothurian や海綿などの生物体、糞塊が数多く認められ、これら生物の活動はマンガン団塊の生長の地質学的時間とは比較にならぬ程大きいスケールで行われるため、団塊の発達に何らかの影響を与えてきたことが十分考えられる。

IX. 海底堆積物（中尾征三）

オケアン70型グラフ（フリフォール式グラフ2個を併用）による採泥29点、重力式柱状採泥器による採泥5点、および若干のフリーフォール式グラフによる採泥を実施し、グラフで採取したサンプルについては3-4の層位に分割（表面の2-3 cm および以下 10 cm 程度の厚さに分割）した96個を、また、柱状サンプルについては、10 cm 厚に分割したものを、ひとつおきに分取した86個について、230メッシュ（63 μ ）の篩でわけた。この粗粒部分を実体顕微鏡で観察し、その成分を、1) 放散虫、2) 染色された放散虫、3) 珪化（結晶化）した放散虫、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)、および8)珪質海綿骨針および放射虫の棘にわけて構成比(体積%)を求めた。さらに堆積物全体に対する粗粒部分の体積%と上述の粗粒部分の組成の特徴に基づいて堆積物のタイプを設定し、その水平・垂直分布とマンガン団塊の分布との関係を検討した。本航海におけるマンガン団塊の大量採取点(20.0 kg/m²以上)は、St. 729の例外を除いて、すべて北緯9°-10°に分布するが、堆積物のタイプとの関係は以下のものである。

- (1) 石灰質軟泥および珪質軟泥(軟泥は粗粒部分が30%以上で、生物遺骸が卓越する)とは一般に共存しない。
- (2) 大量採取点の表層堆積物は、大半が深海粘土(粗粒部分10%以下)であるが、いずれも放射虫遺骸の卓越する粗粒組成を有する。
- (3) 濃集率10 kg/m²以上の地点の堆積物は変化に富み、粗粒部分が10-30%の珪質粘土および石灰質-珪質粘土や放射虫遺骸の少ない深海粘土(珪化放射虫または鉱物粒が主成分となる)にまでおよぶ。

過去2回の調査結果(有田・木下、1976)を合わせて考えると、マンガン団塊と堆積物との関係は地史的に検討される必要がある。

X. 海底堆積物の物理的性質の測定(半田啓二)

本航海においてマンガン団塊採掘のための基礎データを得るために、堆積層の物理的性質の船上測定を、GH76-1航海とほぼ同様な方法により実施した。測定した物理的性質は、ベーンセン断強度および含水比である。前者はグラブサンプルの24点において、後者は25点において測定した。

測定機器：ベーンセン断強度の測定には小型ベーンテスタ(図X-1)を用いた。本器はパネの回転モーメントを利用して堆積層のせん断強度を測定するものである。4枚の翼の高さは4 cm、幅は2 cmであり、ロッドの長さは25 cmである。パネの最大回転モーメントは2 kg/cmである。

堆積層の含水比を測定するためには、サンプルの乾燥重量および湿潤重量を測定する必要がある。本船の振動や動揺を除くために、電気式重量測定装置を用いた。本装置はひずみゲージ式小型ロードセル(容量2 kg)、動ひずみ測定器、ローパスフィルタおよびペンレコーダから構成されている。約2分間の測定記録の平均値をサンプルの重量とした。

グラブサンプルに対する測定方法：本航海で使用されたグラブサンブラはオケアン70型サンブラである。サンブラを甲板上に回収した後、堆積層上に分布するマンガン団塊の写真撮影を行い、その後、団塊を拾い出し、各種の計測、観察に供した。ベーンセン断強度の測定は団塊を除いた後に行った。ベーンテスタを堆積層中に挿入し、手によって約2 rpmの速さで回転して測定した。ベーンセン断強度は最大回転モーメントから次式で与えられる。

$$S_v = T_m / \left(\frac{\pi D^2 H}{2} + \frac{\pi D^3}{6} \right)$$

ここで、 S_v ：ベーンセン断強度
 T_m ：最大回転モーメント
 D ：翼の幅
 H ：翼の高さ

測定深度は6、11、16、21、26 cmの各点である。この深さは堆積層表面から翼の中央までの距離である。

ベーンセン断強度の測定後、直径6 cmの二ツ割りの円筒を堆積層中に挿入し、サブサンプルを取った。採取したサブサンプルを実験室内に運び込み、約2 cmの厚さの円盤状のサンプルを数 cmごとに用意し、含水比測定に供した。まず、湿潤重量を測定し、次いで24時間、105°Cで乾燥した後

の乾燥重量を測定した。含水比は次式で与えられる。

$$w = \frac{Ww - Wd}{Wd} \times 100(\%)$$

ここで、 w : 含水比

Ww : 湿潤重量

Wd : 乾燥重量

測定結果：石灰質軟泥を除く全サンプルに対する物理的性質の関係を図示した（図X-2）。

堆積層の種類とこれらの物理的性質との関係、およびこれらの物理的性質相互の関係等の解明には、今後一層の研究、データの集積が必要である。

XI. 表層海底堆積物の化学組成（加藤甲壬・盛谷智之・中尾征三）

海底堆積物の主成分および若干の微量成分の組成を知り、物質の供給源を評価することと、その分析法の研究をも目的に、18試料の化学分析を行った。その結果は、従来報告されている遠洋性堆積物のそれにはほぼ一致する値を示す。ここでは主として分析法について述べる。

分析試料の調整：海水を含む堆積物を洗浄水中で搅拌・分散させた後、遠心分離器中で水と分離する。この洗浄操作を、クロールイオンがなくなるまで、4-5回行った後、堆積物を乾燥し、200メッシュ（74 μ ）以下に粉碎し、デシケーター中に保存し、分析試料とする。

湿分（-H₂O）：試料を、105~110℃で乾燥し、その減量から求める。

化合物（+H₂O）・二酸化炭素（CO₂）：試料を1000℃に強熱し、発生した水分は無水過塩素酸マグネシウムに、二酸化炭素はソーダアスベストにそれぞれ吸収させ、その増量から求める。ただし+H₂Oはこの水分から-H₂Oを差引いて得る。

二酸化けい素（SiO₂）：試料を炭酸ナトリウムとほう酸で融解し、塩酸で溶解した後、高分子凝集剤を加えて凝集させ、これを炉過洗浄する。沈殿を強熱してはかり、ふっ化水素酸で処理し、主二酸化けい素量を求める。炉液からモリブデン青吸光光度法により、沈殿からもれた二酸化けい素量を求め、両者の和を二酸化けい素全量とする。

二酸化チタン（TiO₂）：二酸化けい素の炉液から一定量を分取し、Dianotipyrylmethaneでチタンを呈色させ、390 nmにおける吸光度を測定して二酸化チタン量を求める。

酸化アルミニウム（Al₂O₃）：二酸化けい素の炉液から一定量を分取し、EDTA-亜鉛滴定法によって酸化アルミニウム量を求める。

酸化第二鉄（Fe₂O₃）・酸化マンガン（MnO）・酸化マグネシウム（MgO）・酸化カルシウム（CaO）・酸化ナトリウム（Na₂O）および酸化カリウム（K₂O）：試料に、過塩素酸、硝酸およびふっ化水素酸を加え蒸発乾固する。これを塩酸に溶解し塩化ランタン溶液を干渉抑制剤として加えた後、この溶液の一定容量について原子吸光分析装置により、それぞれの量を求める。

五酸化りん（P₂O₅）：試料を、硝酸とふっ化水素酸で分解し、蒸発乾固後、硝酸で溶解・酸性とし、りんバナドモリブデン吸光光度法により、460 nmにおける吸光度から五酸化りん量を求める。

コバルト（Co）・銅（Cu）・ニッケル（Ni）・鉛（Pb）および亜鉛（Zn）：試料を、過塩素酸とふっ化水素酸で分解し、蒸発乾固後、塩酸に溶解する。これにカルシウム溶液を干渉抑制剤として加えた後、溶液の一定容量について原子吸光分析装置により、それぞれの量を求める。

XII. グラビティコアの残留磁気測定（上嶋正人）

深海底の堆積物の残留磁気を本調査で得られた5本のグラビティコアに対して測定した。サンプリングサイトはGH76-1海域でのピストンコアサイトから西に200 kmほど離れ、同様に赤道に近く磁場の方向が水平に近いために、地磁気の反転の値としては偏角の180度の変化が期待される。

750 Oe の消磁の後、P97では表面から 20 cm での残留磁気の強さの不連続がみられ、その下部では多くの反転がみられてこのコアの古いことがわかる。P98、P99 は類似の反転パターンを示し、また GH76-1 での P69、P71 とよく類似している。P100、101 では伏角偏角ともバラつきがひどく、反転に対応した伏角、偏角の変化を判別しづらい。残留磁化が不安定なためとも考えられるが原因はよくわからない。

XIII. マンガン団塊の記載、タイプおよび分布について（盛谷智之・丸山修司・野原昌人・木下泰正・小泉俊夫・伊藤 正）

各測点でオケアン70型グラブ（採取面積 0.50 m²）およびフリーフォール・グラブ（採取面積 0.13 m²）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、重量測定および賦存量(kg/m²)の算定、2)フリーフォール・グラブの採取面積を示す板上でのその全試料の写真撮影、および両採泥器の代表的試料の5 cm 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、4)X線回折による鉱物組成の検討を行った。

マンガン団塊のタイプ分類には、GH76-1 海域の試料で確立された形態分類法がおおむね適応できることがわかった。しかしながら、本 GH77-1 海域の試料では、表面構造による2つの基本グループ、r（粗）型およびs（平滑）型のうち、s型が卓越し、r型は分布測点数、量共に少なく、かつs型でも大きな粒径のものが目立つという特徴がみられる。

マンガン団塊の大局的な分布には明瞭な傾向のあることが確認された。すなわち、20kg/m² 以上の高賦存量の部分は北部の東西方向の延びをもつ帯状域に存在し、一方、賦存量皆無の不毛域はマゼラン・ライズを含む南部地域に広がる。これらの分布傾向は広域的地形、音響層の発達状況、あるいは堆積史を反映している。つまり、マゼラン・ライズと北部海山列の高まりは、補償水深より浅く石灰質堆積物による厚い堆積を、また音響の第I層のタイプA層の透明層やタイプC層の厚い南部の深海盆地は、赤道帯の高生物生産性と生物源物質の供給による厚い堆積を示唆する。これに対して北部の高濃集域は、深海盆地中の透明層が50mより薄い、深海丘群の起伏にやや富む部分に当たり、堆積量の小さいことで特徴づけられる。

このことは、一般的に言えば、マンガン団塊の分布が、地形条件、高生物生産性あるいは堆積物の供給、そして底層流条件などの全体的な反映としての低堆積速度あるいは量に支配され、堆積物による団塊発達の希薄化の少ない、あるいは無堆積的な場所に卓越することを意味する。しかしそのような類似の条件下であっても、団塊の分布はなお変化を示し、局地的な金属成分の供給による寄与も考える必要がある。

なお、本航海の採取岩石として、マゼラン・ライズの山麓部あるいは北部において、玄武岩 (St. 706)、チャート (St. 706 と St. 711)、礫灰土 (St. 702) が得られた。

XIV. マンガン団塊の化学組成（盛谷智之・望月常一・寺島 滋・丸山修司）

各測点を代表する118個の団塊試料について、Mn・Feの主成分、Ni・Cu・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GH76-1の試料の場合と同様で、Mn・Feは容量法、Ni・Cu・Co・Pb・Znは原子吸光法、全水分は重量法によった。

各成分含有量の最低—最高値、および最も普通の値（かっこ内）は、Mn 10.57-23.73% (17-21%)、Fe 5.70-15.33% (10-14%)、Ni 0.32-1.20% (0.4-0.7%)、Cu 0.19-1.16% (0.3-0.6%)、Co 0.11-0.37% (0.2%)、Pb 220-850 ppm、Zn 450-1,650 ppm、±H₂O 13.64-26.54%、のようである。また Mn/Fe比は0.93から3.73まで変動する。これらの値をGH76-1海域のものと比較すると、

全体として Mn・Ni・Cu が低い傾向がある。

マンガン団塊のタイプと化学組成との関連性については、表面構造の特徴から2大別された r (粗)型と s (平滑)型の間で顕著なちがいが認められる。すなわち、Mn・Ni・Cu は r 型に高く、s 型で低くなる。Fe・Co は逆に s 型で高くなる。しかし、GH76-1 の試料でみられた Sr→SPr→Ss→Ss/SPs→DPs→ISs→IDPs の順序による化学組成の系統的な変化はかならずしも認められない。

各元素間の相関関係としては、Mn と Fe の間のブロードな線で表わされる逆相関、Ni と Cu の強い相関、および Ni と Cu の Mn への相関が認められる。しかし後者の Ni と Cu はむしろ Mn/Fe 比により強く相関し、これは鉱物相のとくに todorokite の含有量への相関を反映するものと考えられる。

Ni と Cu 品位と団塊賦存量の間には、明らかに逆相関の関係があり、注目される。

XV. マンガン団塊分布と音響的層序との関連性 (盛谷智之・村上文敏)

マンガン団塊の賦存量と、3.5 kHz サブボトムプロファイラおよ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 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/m² 以上の賦存量は透明層が 50m 厚以下のところに限られ、とくに 20 kg/m² 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 GH77-1 航海においても確認され、10 kg/m² 以上の賦存量は、厚さが 40m ないし 50m の透明層あるいは第 I 層のタイプ A 層の部分に限られ、これに反してそれらの層が 100m 以上だと賦存量は皆無となり、また第 I 層のタイプ C 層でも団塊の発達はいずれも皆無に近い。

これらのことは、薄い透明層、換言すれば中期始新世ないし漸新世以降の相対的に低い堆積速度が、マンガン団塊の発達にプラスに働き、相対的に高い堆積速度あるいはタイプ C 層 (音響的タービダイト層) に代表される堆積様式が団塊の発達にマイナスに働いたということを示唆する。しかしながら、厚さ 40~50m の薄い透明層の部分でも、団塊の賦存量はかならず高いというわけではなく、最高から皆無までの幅があることに注目する必要がある。これは団塊の分布を規制する他の局地的な要因の存在をも示唆する。

XVI. STD 観測 (丸山修司・木下泰正)

海洋城の地質環境、マンガン団塊鉱床の成因や開発の問題に対し、海水環境は重要な基礎データを提供する。このため、STD グラフィック・レコーダー (米国 Plessey 社製、9060型) による塩分濃度、水温、水深の試験的な観測と記録の解析を行った。観測は、本装置を大型オケアン採泥器を吊り下げた鋼線の先端から約 20m 上に、特別に試作した取付器具で取付けることにより、採泥作業と併行して行った。観測点は西経 178° 線上の 5 点 (St. 706-710) とし、それぞれ記録を得ることができた。計測記録から、水深、水温、塩分濃度を読みとり、これらから水路部の STD 観測結果の取りまとめ法に基づき、△D (ダイナミックステプスのアノマリー) および本計測の本来の目的である現場密度、流向をまとめた。これにより海水環境の把握への見通しが得られたので、今後測点の増加などにより詳細な検討を進める必要がある。

XVII. 試作調査機器による採取実験 (山門憲雄・半田啓二)

試作した大型ドレッジバケットおよびボックスコアラの採取実験を行った。

大型ドレッジバケットは、本来マンガン団塊採掘のための連続バケット法 (CLB法) に用いるバケットとして公害資源研究所において設計試作されたものである。本バケットは、アルミニウム製

のフレームに合成繊維ネットが内包されている。フレームの大きさは、幅90 cm (採取口部60 cm)、長さ125 cm、高さ 50 cm で、ネットの容積は0.7 m³ である。本バケットの特徴は重量が36kgときわめて軽い点であるが、これはこれまでの室内水槽実験や現場実験の結果に基づくものである。

試作バケットによるマンガン団塊の大量採取実験は、St. 722A および St. 733A の2測点において実施された。今回の実験におけるバケットの曳航はつぎのような方法によった(図XVII-2)。まず、バケットの前方100mに100kgの重りを取付けた。また、ネット内を通りバケットの後部フレームに結ばれたロープ端には重さ50kgのチェーンの束を取付けた。これは、バケットを巻上げる際のバケット重量を増加させる目的で付加したものである。さらに、重りの前方10mにはピンガを装着した。ピンガから送られる直接波および海底面からの反射波を PDR 記録紙上で監視し、ピンガと海底面との距離を約37mに保つように、つまりバケットの曳航角度を約 16°に保つように、ワイヤロープの繰出し長や船速を調節してバケットを曳航した。

これらの実験の結果、St. 722A においては約180kg、St. 733A においては約300kgのマンガン団塊の採取に成功した。

ボックスコアラは、不攪乱試料採取機器として、採取口部 50 cm×50 cm のシャッタ機構を用いた底部閉鎖方式をとり、公害資源研究所において試作されたものである。

本コアラは東京湾内で試みた採取実験で良好な成績を示したので、本航海で初めて深海における採取実験に供されたものである。実験は St. 733 および St. 734 の2測点で実施されたが、閉鎖機構の作動が思わしくなく失敗に終わった。作動不良の原因は、波高3~4 mの条件のもとでのシャッタのミストリップ防止機構の不確実作動によるものと推定される。

A I. 重力計、磁力計による日本から中央太平洋海盆までのデータ (上嶋正人・村上文敏)

重力調査は船橋から船橋まで連続して行われ往復のデータを得ることができた。顕著な異常としては、日本海溝での-320ミリガルと海溝をすぎてから450キロメートルにわたって続く30~50ミリガルの異常があり、また海山の近くで120ミリガルにもなる異常がある。他の所では-30~0ミリガルの所が多く堆積層の厚さなどと関係していると思われる。

磁力調査はマジュロから中央太平洋海盆までと中央太平洋海盆から日本までの間行われた。磁気縞模様によくみられる数十キロメートル波長の異常が日本海溝付近と調査海域の近くで得られた。日本海溝付近の磁気異常は、M-シーケンスとよばれているものであると思われる。

A II. マーシャル群島西方海域 (IPOD Leg 61 サイト付近) での磁気、重力調査(上嶋正人・村上文敏・盛谷智之)

IPOD サイトの近くで重力磁力調査が行われた。LARSON (1976) らによってコンパイルされた磁気異常のプロファイルと今回得られた磁気異常をくらべてみると、北部ではリネーションパターンははっきりしない。しかし7°Nより南では、他のプロファイルとよく一致し、西方からのリネーションがこの側線のところまでは続いていることがわかる。重力異常については、9°Nより北で振幅20ミリガルで波長数十キロメートルの異常が出ているが近くの海山などの地形的影響によると思われる。IPOD サイトの近くでは10~20ミリガルの負異常が続き厚く平らな堆積層を思わせる。7°Nより南では波長数百キロメートル、最小値30ミリガルの異常があらわれ北部よりも厚い堆積層を思わせる。

A III. マーシャル群島西方海域 (IPOD Leg 61 サイト付近) における音響的層序 (村上文敏・盛谷智之)

マーシャル群島西方海域・ナウル海盆において、測線長375マイルの地震波反射法探査を行った。

海盆内において海底地形は概して非常に平坦であるが、部分的にゆるやかな起伏と小規模なチャンネル状地形がみられる。

音響的層序は3つに分けることができ、上位より第1層、第2層と音響的基盤と呼ぶ。第1層は北側測線と南側測線とではその音響パターンが異なる。北側測線ではよく成層した層であるが南側測線では不透明な層になる。第1層の層厚は厚いところで0.4~0.5秒、第2層では0.1~0.2秒の厚さをもつ。第2層は音響的に半不透明~不透明な層であり基盤とのみわけが困難である。基盤の表面は起伏に富んでいる。