

研究航海報告：

小笠原島弧及び北部マリアナ島弧の地質学的調査

本座栄一・井上英二・石原丈実（編）

要 旨

はじめに

工業技術院特別研究「日本周辺大陸棚精密地質に関する研究」にかかわる小笠原諸島周辺海域の海洋地質学的・地球物理学的調査を白嶺丸により昭和54年4月16日から5月15日（GH79-2 航海）、5月28日から7月6日（GH79-3 航海）、7月13日から8月11日（GH79-4 航海）の3航海、計100日間にわたり実施した。

本報告は船上における調査結果と一部研究室における研究結果をもとにして述べられている。

I. 研究航海の概要（井上英二・本座栄一・石原丈実）

最初の航海、GH79-2 航海は小笠原島弧南端域と北部マリアナ島弧海域の調査、次の航海、GH79-3 航海は中部小笠原島弧域、3番目のGH79-4 航海は北部小笠原島弧及び八丈島周辺域の調査を実施した。地球物理学的調査の目的から測線は東西方向に15マイル間隔で設けられ、西は四国・パレスピラ海盆域から東は小笠原・マリアナ海溝の東域の太平洋海盆域の範囲まで調査された。採泥点は堆積岩と音波探査により求められた各層の採取を目的として設定し、上位堆積層の採取を目的としてピストンコアリングを行った。船位はNNSS、ロランCが同時に使用された。これらはFig. I-1, 2, Table I-1～13にまとめられている。

II. 海底地形（本座栄一・磯山 功・小野寺公児・石橋嘉一）

本域の海底地形に関して幾つかの名称が付けられているが、本論では以下のようにまとめられている（Fig. II-1）。全体としては小笠原島弧とマリアナ島弧北域であり、東の太平洋海盆域から小笠原海溝、小笠原海嶺、小笠原舟盆（小笠原舟状海盆）、七島（-硫黄島）海嶺、西ノ島舟盆、伊豆海嶺、四国海盆が南北に帯状に分布している。小笠原島弧におけるこれらの海嶺・舟盆の発達には北域と南域では幾分異なっている。マリアナ島弧では小笠原海台の南にマリアナ海溝、マリアナ海嶺、マリアナ舟盆、西マリアナ海嶺、パレスピラ海盆と南北方向の配列がみられる。これらの海嶺・舟盆のなかで小笠原島弧、マリアナ島弧に連続して全体にわたりみられるものではなく、それぞれ消長がある。全体にわたり連続しているのは東端の小笠原・マリアナ海溝と西端の四国海盆とパレスピラ海盆だけである。この現象は島弧内の段階的発達過程と地域的発達過程双方が存在することによるものと考えられる。

III. GH80-2, 3, 4 航海における 3.5 kHz PDR による表層調査（棚橋 学・玉木賢策・奥田義久）

本海域で観察される反射パターンを5種に分類した。海山、海嶺域では不規則な大きな双曲線反射がよく見られる。七島海嶺の北部では海底下に反射面がなく海底の反射が伸びたようになっている。海盆部には成層したパターンが発達している。小笠原舟状海盆西縁部には、七島海嶺からもたらされた海底地すべり堆積物と考えられる規則的な双曲線反射を示すパターンが見られる。海盆東

縁部にはより下位の同様な堆積物の一部と考えられる反射が見られ、これは小笠原海嶺側からもたらされたものと思われる。マリアナ舟状海盆とパレスピラ海盆には小規模で不規則な双曲線反射群が見られ、その間に小規模な成層パターンが見られ、この2つの海盆がよく似た起源を持つことを示すものと推測させる。

IV. 重力調査 (石原文実・村上文敏・宮崎光旗・西村清和)

一般に海嶺部にフリーエア高異常が対応し、海溝、トラフに低異常が対応しているが、その大きさは様々である。マリアナトラフ北端部では $+30 \sim +70$ mgal の正異常を示し、その両側のマリアナ海嶺、西マリアナ海嶺では $+80$ mgal を越す。七島海嶺上の火山島では $+150$ mgal を越えるが、その周囲以外の海嶺上では $+60 \sim +80$ mgal 程度の異常値になる。 30°N 以南では七島海嶺の東側に負異常を示す小笠原トラフがあり南部では -100 mgal を越える。さらに東側には $+380$ mgal に達する高異常を示す小笠原海嶺がある。七島海嶺の西側は $+30 \sim +60$ mgal のなだらかな異常値の分布を示す海盆部になっている。 30°N 以北では水深が浅くなるのに対応してフリーエア異常も一般的に高くなっており 32°N 以北では八丈島からその東側の海溝斜面縁にかけて $+100$ mgal を越す広い高異常部が存在する。 30°N 以北では七島海嶺の西側に雁行状に伊豆海嶺が存在し、 $+100$ mgal を越すフリーエア異常を示す地域もある。マリアナ海溝、小笠原海溝では -200 mgal を越す負異常を示す所が多いが両海溝の接合部では -50 mgal 程度の値となる。小笠原海嶺の高異常の原因としては、薄い地殻のモデル (海面下約 8 km にモホ面) か、高密度地殻モデル (通常より 0.22 gr/cm³ 高い密度の地殻) が考えられる。

V. 地磁気調査 (宮崎光旗・村上文敏・西村清和・石原文実)

伊豆・小笠原海域の IGRF 残差による地磁気異常は全体として正值が卓越し、東北日本・日本海・オホーツク海と対照的である。七島海嶺や小笠原海嶺では短波長大振幅の異常がみられる。小笠原海台は他の海洋性火山と同様、帯磁しているようである。マリアナ海盆北部は明瞭な磁気縞異常は見えてとれないが、それらしきものがあるようである。この海盆北部の異常プロファイルを説明する一つのモデルを示す (図 V-2)。

VI. 小笠原弧及び北部マリアナ弧における反射法音波探査結果 (玉木賢策・棚橋 学・奥田義久・本座栄一)

GH79-2, 3, 4 調査航海における音波探査の結果、小笠原弧及びマリアナ弧北部の地質構造の概要が明らかになった。音源は、150立方インチ (約 2.5 リットル) のエアガン2台を使用した。以下に、本調査で明らかになった両島弧の特徴を列挙する。

1) 小笠原弧の七島海嶺の西には、幅 $20\text{--}60$ km の depression (仮称 backarc depression) が発達する。backarc depression はその両側を比高 $500\text{--}1300$ m の斜面で画され、堆積物がほとんど認められない。backarc depression の中軸には、地形的な高まりが見られ、その様子は、四国海盆よりも若い backarc spreading を想起させる。この backarc depression は、KARIG & MOORE (1975) の “young extensional basin” と同一のものであるが、その分布の詳細は、我々の結果と彼等のものでは異なる。我々の結果では、backarc depression は、八丈島西方から西之島北西方まで断続的にみられるが、西之島と南硫黄島の間にはみられない。そして南硫黄島の南からマリアナトラフが現れる。backarc depression のみられない地域は、ちょうど、小笠原海台と小笠原弧の接合部に相当する。

2) 小笠原弧には、backarc depression と伊豆海嶺の間に、最大 1.0 秒程度の堆積層で覆われた、地形的に変化のない zone が、幅 $50\text{--}100$ km でみられる。現在、この zone を backarc gap

と仮称している。

3) マリアナトラフは、南硫黄島の南方で消滅し、マリアナ海嶺と西マリアナ海嶺は、南硫黄島で合流して、七島海嶺につながる。また、forearc basin の堆積形態から、七島海嶺は、active volcanic ridge とそれより古い時代の ridge の複合体であることがわかった。古い時代の ridge は、南域の西マリアナ海嶺につながるものかもしれない。

4) マリアナトラフは、北方へ不連続的にとじてゆき、観測された最小幅は 7 km であった。

以上の諸特徴は、小笠原、マリアナ弧の構造発達史を考察する上で、重要な鍵になろう。

VII. ソノブイによる屈折法探査（棚橋 学・玉木賢策・奥田義久）

小笠原舟状海盆の中央部と青ヶ島東方の上部大陸斜面上との 2 点でソノブイによる屈折法探査を行った。小笠原舟状海盆では厚い水平な堆積物が反射記録で見られるが屈折波は 1 つしか見られなかった。堆積層中に発達する海底地すべり堆積物によって波が乱されたためかも知れない。堆積層の厚さは 1.77 km、基盤の音速は 3.59 km/s と推定された。

青ヶ島東方ではよい記録が得られた。ここでは堆積層の厚さは 1.76 km、その下に 4.57 km/s の 1.69 km の層がある。その下が反射記録上の音響基盤で 5.58 km/s の音速を持つ。

VIII. 堆積物、岩石及び鉄・マンガン酸化物（湯浅真人・西村 昭・牧本 博）

3 航海を通じて、85 測点で 127 点の試料採取を試みた。内訳はドレッジ 62 点、ロックコア 20 点、ピストンコア 15 点、フリーフォールグラフ 26 点、試錐機によるボーリング 4 点である。結果は第一表に一覧表として示した。

本調査海域の大きさは、本州のそれに匹敵するが、地質学的情報は、海域内に散在する島嶼及び従来の狭域的海底地質調査の成果しかなく、実態はそれ程明らかになっているわけではない。

採泥試料から明らかなのは、海面上に顔を出している島嶼の地質から類推されるように、本海域の主構成要素は火山岩類を主体とした山脈群である。これ以外に、遠洋性堆積岩として、小笠原海溝海側斜面下部から白亜紀チャートが、また、四国海盆縁部海山から緑泥石-白雲母片岩が採取された。

IX. 柱状試料（西村 昭・本座栄一）

本海域でピストン・コア 15 点、ロック・コア 19 点が行われた。採取された試料の柱状図が Fig. IX-1 に示されている。小笠原海溝外側の大洋底では、複色粘土からなり静穏な堆積環境である。小笠原海溝底では、葉理が発達した凝灰質シルトからなり、一点 (P151) では、チャート破片を含む粗粒砂層を挟在している。小笠原舟状海盆・七島海嶺と伊豆海嶺の間の海盆・四国海盆では、灰-オリーブ灰色粘土で、比較的多くの火山灰層を挟在している。海嶺とその周辺での柱状試料は、その水深や海嶺上の位置により種々の岩相を示している。

X. 南硫黄島、嫁島、媒島の地質調査（湯浅真人・玉木賢策・西村 昭・本座栄一）

小笠原弧上には沢山の島嶼が散在している。これらの島嶼は、七島-硫黄島火山列及び小笠原弧上の 2 列に分けられる。これらの島嶼の地質については沢山の報告があるが、いくつかの島については、いまだに報告された例がない。それらの島嶼のうち 3 島を選んで、簡単な調査と試料採取を行った。

南硫黄島は火山列島南端の島で、普通輝石・かんらん石玄武岩質の溶岩、火山灰層、及びそれらを高角度で貫く岩脈群からなる。嫁島は、小笠原弧上の輝島列島に属し、ほとんどが安山岩質（斜方輝石・普通輝石、及びかんらん石・斜方輝石）及び玄武岩質（かんらん石・斜方輝石）の火山角

礫岩からなる。一部に枕状構造を示す溶岩及び、角礫岩層を貫く岩脈が観察される。嫁島は、嫁島一筆島間にあり、斜方輝石・かんらん石（単斜輝石）安山岩質の火山角礫岩、枕状溶岩からなる。

XI. 八丈島北方の海台での海底試錐機 MD500H を用いたロックコア試料採取（井上英二・湯浅真人）

GH79-4 航海では八丈島北方の新黒瀬の頂部と斜面最上部及び黒瀬の頂部の4地点で海底試錐機 MD500H による岩石試料採取を行った。新黒瀬の斜面最上部では 250 cm 掘削し 186 cm の砂質石灰岩のコア、新黒瀬頂部では 200 cm 掘削し 134 cm の石灰藻砂岩のコア、黒瀬頂部では 130 cm 掘削し 55 cm の軽石を含む礫岩角礫岩のコアを回収したが、最初に試みた新黒瀬頂部では回収できなかった。給水能力の増加、岩石に応じた適当なビットと掘進力の選択が必要である。

XII. 小笠原島弧地域の熱流量測定（松原幸夫）

熱伝導度と地温勾配の測定を行い両者の積として9点で熱流量の値を得た。Table XII-2 と Fig. XII-2 に結果を示した。これらの結果によれば、熱流量は海溝のやや陸側で最小になり、海溝と火山前線（七島海嶺）の間では 1.5 HFU より小さく、火山前線に近づくにつれ徐々に増加し、火山前線の後側では急に高くなり、所によってはラフな地形による熱水循環のためとみられる低い値をとる。西北太平洋ではプレートの年代が古いのを反映して熱流量は一樣で比較的低いが、海溝や海台の近くでは高い可能性もある。小笠原トラフは堆積作用の効果を考えても 2.0 HFU 以下で最近の拡大地帯とは考えられない。

XIII. 堆積物（岩）の地質時代（小泉 裕）

本航海を通じて得られた試料の地質年代を海生浮遊性珪藻にもとづいて判定した。20試料には珪藻が含まれていなかった。各試料に対して分類群ごとの頻度分布を Fig. XIII-1 に示した。低緯度地域に対する示準面にもとづく特徴的種の出現から、P154CC, P155CC, P157CC, RC53CC, RC54CC, D361-3 の6試料の年代は上部更新統 (0-0.55 Ma) と判定される。

XIV. 八丈島北方の地球物理学的予備調査（西村清和・石原丈実・玉木賢策）

八丈島北方約 30 km の海底カルデラと同島北東方約 60 km にある新黒瀬で重力、地磁気調査、反射法音波探査を行った。海底カルデラは直径 4-6 km でその底は約 500 m カルデラ壁頂部より低いが、音波探査結果では 0.4 秒程度の厚さの成層した堆積物がカルデラ壁にアバットして存在する。カルデラによる重力異常は顕著でなくブーゲー異常はカルデラの中央部で 180 mgal の最大値になる。磁気異常は 250-300 γ の大きさである。新黒瀬は 160 m 程度の水深であるがフリーエア異常は約 220 mgal と高く八丈島東方に広がる高異常の中心をなしている。音波探査結果には傾斜した反射面がみられ主として堆積岩類より成ると考えられる。

XV. GH79-3 で得られたピストンコアの残留磁気（上嶋正人）

GH79-3 航海で得られた 12 m 長のピストンコアラーによる堆積物について、残留磁気の測定を行った。サンプリングサイトは 27°30.2'N, 144°53.0'E, 水深 5475 m の点で、その点での国際標準磁場の値は、トータル 40234 γ (nT), 偏角 -2.5 度, 伏角 36.5 度である。サンプリングは 2.2 cm で連続的に行い、測定は 8.8 cm おきに、50cc の消磁をほどこして行った。逆転等の現象はみられなかった。

伏角は 35 度から 45 度の間におさまっており上記の標準磁場の値に近い。最上部から最下部までイベントに対応するような磁化の反転はみられないが、10.2 m で磁化強度が 1/3 に減少する所が

あり短いイベントの可能性を示す。ブレイクイベント(10万年)とすると102 mm/1000年の堆積速度で多少速すぎる感じもするが、磁化強度の変動を地磁気強度の変動と考えて、最近の地磁気強度変動の周期6000年と対応させてみると、50-60 cmの変動が多いので10.2 mで11万年となり一見妥当な値を示す。磁化強度をノーマライズすることをまだ行っておらず、今後その点について研究する必要がある。

XVI. 伊豆小笠原諸島周辺の海洋泥質堆積物の化学組成(杉崎隆一・木下 貴)

泥質堆積物の101試料について化学分析を行った。結果はTable XVI-2, 3に示してある。

これらの結果によると、 TiO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 の相関関係から見て、小笠原海溝とその東側の太平洋底ではほとんどの堆積物が日本列島から供給されたものと考えられるのに対し、小笠原諸島周辺のものは日本の平均的な花崗岩や第四紀の火山岩から考えられるものからずれた分布を示す。小笠原海溝と太平洋底では SiO_2 含有量が高く SiO_2 と Al_2O_3 の相関係数が多いが、日本海溝の堆積物が生物起源のものが多いと異なり火山性ガラス質のものが多い。伊豆小笠原諸島周辺では TiO_2 と P_2O_5 に富む。小笠原海嶺から小笠原海溝、太平洋底と東側へ行くにつれ、 MnO 含有量が多くなり、 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ は増加し酸化的環境になる。

XVII. 小笠原島弧・北部マリアナ島弧の地質 —結論—(本座栄一)

北西太平洋縁辺域の島弧群をみると島弧を形成する要因が幾つか考えられる。それらは大洋底からつながる海溝、前面弧基盤隆起帯、火山列、縁海の4帯であり、これらを修飾して海嶺・舟盆域が連なる。小笠原島弧南域の小笠原海嶺はこのうち前面弧基盤隆起帯にあたり、マリアナ海嶺も同様にこれに相当する。両海嶺の構成物の中・後期始新統と後期漸新統の火山岩が主体となり、それ以後の石灰質堆積層が覆っている。小笠原島弧の七島海嶺は火山列であり、後期鮮新統以降の火山岩が主体である。一方、四国海盆は漸新世末期以降に拡大して形成されている。縁海の形成はもぐり込む海洋プレート上面の摩擦熱により熱対流が形成されることによるという説を著者はとっている。その熱対流の湧き出し口が火山列である。小笠原島弧の小笠原海嶺は始新世中期-漸新世後期に火山列であり、その時期には四国海盆は存在せず、火山活動の休止した漸新世末期以降に海盆が形成されている。この事実から背面弧における熱エネルギーは火山活動か、縁海の拡大かのどちらかに消費され、火山列における火山活動が盛んな時は縁海は形成されず、縁海が形成される時は火山列の火山活動は不活発になると考えられる。小笠原海嶺が火山列であった時には前面弧基盤隆起帯があったものと推定され、これが現在みられないことから、縁海の形成時に海溝域のテクトニック・エロージョンが存在し、また小笠原海嶺から七島海嶺への火山列の移動も存在したことが判断される。