

SYMPOSIUM

西太平洋の海底/9

GDP-8次航海の地質学的・岩石学的成果

志岐 常 正

京大理学部助教授

青 木 斌

東海大海洋学部教授

鈴木 博 之

同志社大工学部助教授

武蔵野 実

京都教育大地球学教室

奥 田 義 久

地質調査所海洋2課技官

Geological and Petrographical Results of the GDP 8th Cruise in the Philippine Sea

Tsunemasa Shiki

Associate Professor, Faculty of Science, Kyoto University

Hitoshi Aoki

Professor, Faculty of Marine Science and Technology, Tokai University

Hiroyuki Suzuki

Associate Professor, Faculty of Technology, Doshisha University

Makoto Musashino

Department of Earth Sciences, Kyoto University of Education

Yoshihisa Okuda

Marine Geology Division, Geological Survey of Japan

The 8th cruise of the Japanese Geodynamics Project (GDP) was carried out in October, 1973. Dredge works and corings were made in the Northern Philippine Sea. A block of basaltic tuff was obtained at the Daini-Kinan Seamount which lies to the south of the Kii Peninsula. A number of manganese nodules which contain angular gravels of acidic plutonic rocks were dredged from the Komabashi-Daini Seamount of the Kyushu-Palao Ridge. Based on these new findings a few working hypothesis concerning the origin of the Northern Philippine Sea were discussed in brief.

1973年10月15日から同27日の間、GDP-8次研究航海が行なわれた。この航海により多くの成果が得られたが、特に、西太平洋における、今後のGDP研究の中での、地質学的・岩石学的研究の展望を開いたことの意義は大きい。

1. はじめに

伊豆-マリアナ島弧以西のフィリピン海(広義)は、多くの海嶺や海山列と深海盆などから構成される複雑な縁辺海である。その成因については多種多様な見解が提出されているが、議論の多様性に比較して、その実態には不明な点が多い。特に、海嶺・海山や、大陸斜面の構成岩石を示す標本は、ほとんど得られていない。国際地球内部ダイナミクス計画(GDP)における西太平洋研究の重要性を考える時、このような状況を早急に克服することが緊急の課題であることはいうまでもない。

フィリピン海、特に、その北部の海嶺・海山や、大陸斜面の構成岩石を採取する試みは、実は、これまで、いろいろな機会に行なわれている。それにもかかわらず、これまで成功しなかったについては、水深、海流などの条件の悪さの他に、海山山頂が古くて硬い礫性の炭酸塩物質により覆われているということがあられるらしい。というのは、ドレッジを行なっても採泥器が空のままピカピカに磨かれて返ってくる事が多く、採取されたものがあったとしても、それはサンゴや石灰藻などの破片だけであったからである。この状況からの脱出は、それ自体、GDP研究の上で、1つの頭の痛い課題であった。

ところで、最近、この海の構成岩石に関する資料が、わずかながら得られ始めた。まず、1972年には、白鳳丸KH72-2航海により、奄美海台で安山岩礫が採取された。また、グローマー・チャレンジャー号によるDSDPのLeg 31では、フィリピン海盆(狭義)から玄武岩、九州-パラオ海嶺から漸新世の凝灰岩、四国海盆から中新世の凝灰質泥岩、大陸斜面下部から更新世のタービダイトが得られている(Ingle et al., 1973)。さらに、九州-パラオ海嶺で、サハリン総合科学研究所のアスターペンコらにより、花崗岩礫をもつマンガン団塊多数が採取されたという情報が青木斌にもたらされた。このような状況を背景として、東海大学望星丸によるGDP-8次航海が行なわれたのである。当初航海に寄せられた要望や期待が、与えられた日数に比して多きにすぎた感があったが、台風発生が例年になく少ないという幸運にも恵まれ、予期以上の成果を収めることができた。

GDP-8航海について得られた採泥試料を第1表に示す。以下に、採泥によって得られた成果のうち、地質学的・岩石学的問題に関する

る事項について、おもに青木や武蔵野による岩石学的検討結果も含めて報告しよう。

2. 第2紀南海山

紀州の南方に、海山が、南北の列をなして点々と分布する。これらの海山の1つである第2紀南海山の山頂付近から、岩塊1個(32×22×5.5m大)を得ることができた。(GDP-8-4)。

この岩塊は、全体として橙褐色ないし赤褐色を帯びた、偏平な亜角礫である。表面の大部分は、二酸化マンガンの黒色物により薄く被覆されており、また、その上に環形動物その他の生物殻が付着

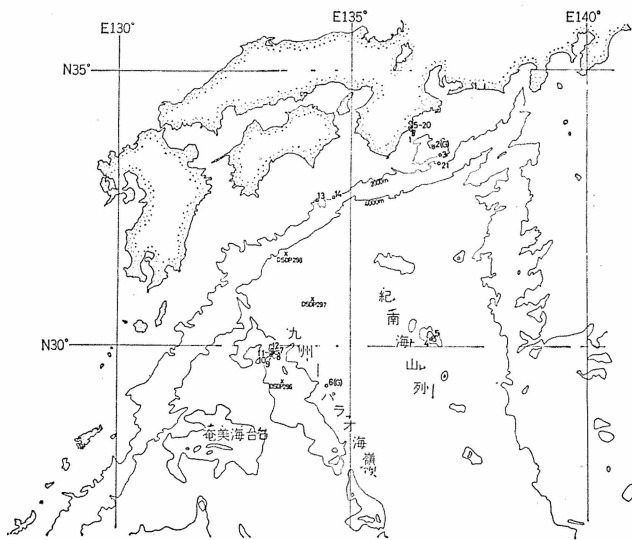
している。しかし、一側面には新鮮な破断面があり、ドレッジの際、より大きい岩塊からもぎ取られたものと思われる。

表面に火山岩礫(スコリア、最大1.6×1.4×1.0cm)が、2~3個ある。また、断面では、多数の褐色~黄褐色の破片(径2~3mm)や、少数の黒灰色の破片(径1~2mm、表面に見える“火山岩礫”と同じものと思われる)が見られる。それらの間は、白色~灰白色の半透明物質で埋められている。

はなはだしく変質しているが、鏡下で見ると、カンラン石や斜長石が残っており、この岩塊が、もとはカンラン石玄武岩質の凝灰岩であることは間違いない。

採泥番号	海 域	着底~離底点位置	水深(m)	採 泥 器	採 集 物
GDP-8-1	熊 野 灘	34°51.7'N ~ 34°51.1'N 136°19.0'E ~ 136°18.4'E	935~990	円筒型採泥器	青灰色泥、ややしまった青灰色泥、穿孔された痕のあるあまり固くないシルト岩、花崗岩礫、砂岩礫各1個、貝殻など
- 2	〃	33°36.5'N 136°44.5'E	2,078	フレーガー・コアラ	灰色~青灰色泥、200cm長
- 3	〃	33°28.8'N ~ 33°29.8'N 136°51.5'E ~ 136°51.5'E	1,992~ 2,331	円筒型採泥器	オリーブ・灰色泥
- 4	第2紀南海山	30°08.3'N ~ 30°08.1'N 136°43.5'E ~ 136°43.5'E	770~925	〃	変質玄武岩質凝灰岩塊1個
- 7	駒橋第2海山	29°53.4'N ~ 29°52.8'N 133°20.2'E ~ 133°20.1'E	975~1,165	〃	マンガン団塊18個、有孔虫砂、サンゴ片
- 8	〃	29°53.0'N ~ 29°53.1'N 133°20.0'E ~ 133°20.2'E	518~570	〃	有孔虫砂、サンゴ、二枚貝、巻貝、サメの歯、ウニ、海綿、石灰藻など
- 9	〃	29°49.5'N ~ 29°48.3'N 133°18.0'E ~ 133°18.5'E	1,133~ 1,410	〃	有孔虫砂
-10	〃	29°51.6'N ~ 29°50.9'N 133°18.0'E ~ 133°17.5'E	1,460~ 1,900	〃	オリーブ灰色泥
-11	〃	29°51.9'N ~ 29°51.5'N 133°19.5'E ~ 133°19.3'E	765~800	チェーン・バッグ	サンゴ片、貝殻片、石灰藻など
-12	〃	29°55.6'N ~ 29°55.0'N 133°18.5'E ~ 133°20.0'E	2,250~ 2,280	チェーン・バッグ 小型円筒採泥器	マンガン団塊637個、帯白褐色有孔虫軟泥
-13	四 国 沖	32°41.7'N ~ 32°42.1'N 134°16.0'E ~ 134°16.8'E	1,750~ 1,776	円筒型採泥器	暗緑灰色泥、暗オリーブ色砂岩4個、やわらかい泥岩数個、軽石10個
-14	〃	32°44.6'N ~ 32°44.3'N 134°37.0'E ~ 134°39.5'E	2,046~ 2,100	チェーン・バッグ 小型円筒採泥器	ややしまった泥
-15	尾 鷲 沖	33°56.8'N ~ 33°56.8'N 136°15.8'E ~ 136°15.7'E	100	小型円筒採泥器	暗緑灰色中粒砂、石英斑岩角礫2個
-17	〃	33°55.5'N ~ 33°55.52'N 136°17.58'E ~ 136°17.63'E	200	〃	オリーブ灰色中~細粒砂
-18	〃	33°54.65'N ~ 33°54.70'N 136°18.51'E ~ 136°18.48'E	280~300	〃	オリーブ灰色細粒砂
-19	〃	33°54.33'N ~ 33°54.48'N 136°19.15'E ~ 136°19.17'E	360~385	〃	オリーブ灰色細~中粒砂
-20	〃	33°54.32'N ~ 33°54.36'N 136°20.15'E ~ 136°19.95'E	490~530	円筒型採泥器	暗オリーブ色細粒砂
-21	熊 野 灘	33°22.0'N ~ 33°21.0'N 136°50.8'E ~ 136°55.0'E	2,250~ 2,375	小型円筒採泥器	灰色泥

第1表 GDP-8 航海において得られた採泥試料



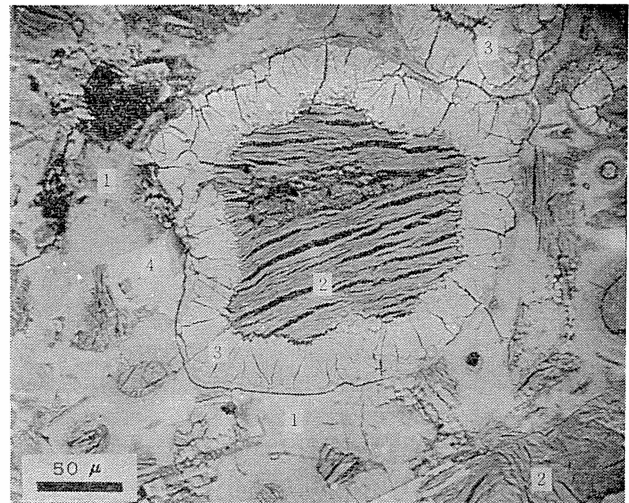
第1図 調査海域および試料採取地点図 (GDP-8). 参考までに DSDP のボーリング地点の一部を合わせて記入した

EPMA による観察や X 線粉末回折による検討を合わせて行なうと、変質した凝灰物質破片の主体をなすものは、 11.3\AA 、 5.6\AA の反射が強い、Mg, Al, (Fe) の珪酸塩である。また、凝灰質物質の間や、空晶状構造の空隙を埋めた Mg と Al の含水硫酸塩らしいものが多量にある。

同様のものは、長石から変わったらしい短冊状の形をなしても見られる。その他、沸石 (灰十字沸石その他と思われる) が、空晶を埋め、または“含水硫酸塩”を取り囲み、また破片を縁どっている。肉眼で白色～灰白色半透明に見えるものは、アラゴナイトである。これはおもに、岩塊の表面近くで、含水硫酸塩その他を交代して生じているらしい。また、長石を交代したらしい、短冊状の形をなすものもある。

おそらく、この岩石は、凝灰岩として堆積後、かなり複雑な変質作用や風化作用をこうむったものであろう。第2紀南海山の構成岩盤それ自体の岩片である保証はないが、それにしても、岩塊の大きさ、その表面の被覆や破断面の状況などを見ると、構成岩盤より割れて現地近くにあった岩塊の一部であると思われる。

問題は、この岩石をつくる凝灰物質や礫の起源であるが、小笠原列島その他の島列や海山列からの距離を考えると、遠くとも、同じ紀南海山列のなかの隣接する海山に由来するものであろう。含水硫酸塩がつくられるような変質作用を受けた点を考えても、この第2紀南海山自身をつくった火山活動による産物の可能性がいちばん大きいといえるだろう。



第2図 EPMA による反射電子像 (組成像). 1; MgAl(Fe) 珪酸塩鉱物, 2; MgAl 含水硫酸塩鉱物, 3; 沸石, 4; アラゴナイト (GDP-8-4)

3. 駒橋第2海山

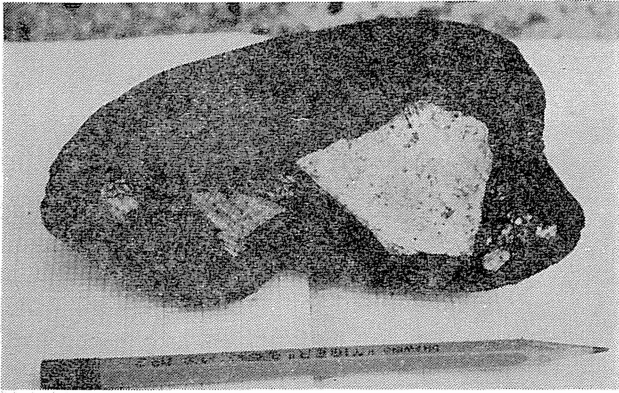
九州—パラオ海嶺では、その北部に位置する駒橋第2海山においてドレッジを行ない、その山頂北東側平坦面上2カ所において、下記のような興味ある標本を得た。これらの地点は、先にアスターペンコらにより花崗岩が採取されたと伝えられる地点 ($29^{\circ}51.3'N$, $133^{\circ}19.0'E$) に非常に近いように思われる。

採集されたのは、マンガン団塊 637 個 (GDP-8-12)、同 18 個 (GDP-8-7) と有孔虫軟泥である。団塊は、馬鈴薯や卵のような丸味のある外形を示すが、その核になっている岩片は、角礫ないし亜角礫である。

これらの岩片から81枚の薄片をつくり、鏡した結果、岩石を次のように分類できることが明らかになった。すなわち、(1) 石英閃緑岩質岩石、(2) 黒雲母花崗岩質岩石、(3) 優白質花崗岩質岩石、(4) その他の岩石である。

石英閃緑岩質岩石は、粗粒石英閃緑岩 (21個) と斑状の閃緑ヒン岩 (7個) に、黒雲母花崗岩質岩石は、黒雲母花崗岩 (7個) と花崗斑岩 (3個) に、また優白質花崗岩は、粗粒のもの (33個) と細粒のもの (7個) に、それぞれ細分される。その他の岩石と呼んだものは、上記のいずれにも属さない岩石であり、その数も少ない。いいかえると、粗粒優白質花崗岩と石英閃緑岩の頻度が高く、引き続き閃緑ヒン岩・黒雲母花崗岩・細粒優白質花崗岩となり、花崗斑岩とその他の岩石はごく少ない。

各グループの代表的な岩石の記載をすると次のとおりである。



第3図 マンガン団塊とその核。石英閃緑岩や閃緑ヒン岩の比較的大きい角礫の他に、これらと類似した岩質の小岩片や火山灰？が見られる (GDP-8-12-20)

石英閃緑岩 (標本番号: GDP-8-12-191)

組織: 完晶質, 粗粒

主成分鉱物: 斜長石 (自形, 柱状, 著しい累帯構造を示す)・石英 (半自形~他形)・角閃石 (自形~他形, X=黄色・Y=黄緑色・Z=緑色, CAZ \approx 23°, 双晶も見られる)・黒雲母 (ほとんどが緑泥石に変質)

副成分鉱物: 磁鉄鉱 (多い)・緑レン石・方解石・緑泥石・絹雲母

閃緑ヒン岩 (標本番号: GDP-8-12-179)

組織: 完晶質, やや斑状

斑晶: 斜長石 (自形, 新鮮, 著しい累帯構造)・石英 (半自形~他形)・角閃石 (他形, ポイキリチック, X=黄色・Y=黄緑色・Z=緑色, CAZ \approx 21°)

石基: 斜長石 (長柱状, 自形, 累帯構造を示す)・石英 (他形)・角閃石・黒雲母 (ほとんどが, 緑レン石, 緑泥石, 方解石に変質)・磁鉄鉱

黒雲母花崗岩 (標本番号: GDP-8-12-178)

組織: 完晶質, 不均質

主成分鉱物: 斜長石 (半自形, 新鮮, 累帯構造を示す)・石英 (他形, クラックが発達)・カリ長石 (他形, 間隙充填, 斜長石を取り巻くこともある)・黒雲母 (X=淡黄色・Y=Z=褐色, しばしば緑泥石に変質, クロット状)

副成分鉱物: 磁鉄鉱・緑レン石・緑泥石・絹雲母

花崗斑岩 (標本番号: GDP-8-12-140)

組織: 完晶質, 斑状

斑晶: 斜長石 (自形, 累帯構造)・石英

石基: 斜長石 (短柱状, 自形)・石英 (粒状)・黒雲母 (X=黄色・Y=Z=褐色, クロット状, しばしば緑泥石に変質)

粗粒優白質花崗岩 (標本番号: GDP-8-12-195)

組織: 不均質, グラノフィリック

主成分鉱物: 斜長石 (石英と微文象構造をなす)・石英

副成分鉱物: 黒雲母 (ごく少量, 緑泥石に変質)・磁鉄鉱

細粒優白質花崗岩 (標本番号: GDP-8-12-187)

組織: 不均質, 細粒, グラノフィリック

主成分鉱物: 斜長石 (自形で柱状のもの, 石英と微文象構造をなすもの)・石英

副成分鉱物: 斜長石 (自形, 長柱状)・黒雲母 (ごく少量, 緑泥石に変質)

これらの火成岩類礫は, 上述のように, 円磨度が小さく, なかには非常に角ばっていて崖錐礫を思わせるもの (第3図参照) も少なくない。礫の表面には擦痕のようなものは認められない。礫種も限られている。海底地形から見て, 少なくとも新しい地質時代における九州の陸地からの運搬は考えられない。また, 中生代以後の地史をどのように考え, どのような海流の変化を考えても, この海山を取り巻くフィリピン海の周辺に大陸水河が存在したとは考えられず, 氷山による運搬の可能性はない。

以上の諸点から見て, これらの礫が, この海山自身で生産されたものであることは疑う余地がない。採集地点が海山の中腹平坦面の上で, かつ, そこからそびえる急崖の麓にあたることも, 上記の礫の形状と考え合わせ興味深い。九州一パラオ海嶺は, 少なくともその北部の一部が, 今回採集されたような酸性深成岩 (~半深成岩) 類から構成されていることは確実になったといつてよい。

これら岩石の放射年代については, 目下測定を依頼中である。アスターペンコ博士の談話によれば, かれらの採集した岩石については, 560 万年, 280 万年, 140 万年という値が得られているとのことである。これらの値は, やや若すぎる感じがしないでもない。検鏡結果では, 石英閃緑岩は, 丹沢山地などの第三紀のそれに類似している。黒雲母花崗岩質岩石と優白質花崗岩質岩石が, 日本のどの時代のものに類似しているかについては, 今のところ, 将来の検討をまたねばならない。

一方, 礫と同時に採集された軟泥の超微化石や有孔虫については別に西田史朗らにより報告されるが, 鮮新世中期のやや古めの時代を示すものが含まれている。この点から見れば, 礫の原岩の形成時代は, 少なくとも鮮新世中期より古くなければならない。

4. 紀州一四国沖

熊野灘や四国沖で, 大陸斜面下部や, いわゆる Outer ridge の岩石を採取することが試みられたが成功しなかった。しかし, GDP-

8-1 で採られた“生物によって穿孔された痕のある、あまり硬くないシルト岩”は、大陸斜面上部の構成物であると思われる。

その他、陸棚や大陸斜面の表層堆積物試料（泥質ないし砂質）がかなり採取された。これらは、微古生物学および地球化学的に調べられつつあり、別にそれぞれ、本誌あるいは他の場所に報告されるであろう。

5. 岩石採取の意義

今回の、第2紀南海山および駒橋第2海山での岩石採取は、紀南海山列や九州-パラオ海嶺の少なくとも一部について、それが何からつくられているかを示す情報を得たという点で貴重なことはいうまでもない。また、さらに、これら海山列や海嶺の構造地質学的性格を考える上で重要な意味をもち、従来慎重であった研究者に、フィリピン海北部の形成史についての、いくつかの仮説を描かせるきっかけの1つとなっても不思議はない。これらの仮説を描くことは、今年度以降の GDP 研究航海の課題を設定する上に、大きな関係があるからである。この意味で、これら考えられる仮説の2, 3をここにあげてみよう。

(1) 花崗岩や閃緑岩のような酸性の深成岩は、大陸型地殻（≒酸性地殻）の所にしか生じない。もしこのように考えるならば、駒橋第2海山の酸性深成岩の存在は、少なくともそれが生じた頃には、そこに大陸型地殻があったことを示すことになる。この考えは紀州四万十帯研究グループによって明らかにされた、古第三紀に本州や四国の南側に陸があったという資料（紀州四万十帯研グループ, 1968; 原田・他, 1970）や、さらに、もっと古い時代には、単なる陸地ではなく、広い大陸的なものがあったとする推論（田山, 1952; Minato et al., 1965; 湊・他, 1972; 藤田, 1970; 伊東, 1972）を想起させる。しかし、紀南海山列で玄武岩質岩石が得られたことや物理探査による情報からは、四国海盆に典型的な酸性地殻の存在は考えられない。したがって、ここに大陸型地殻がかつてあったとしても、何らかの機構で消失したことを想定する必要がある。先に、青木（1970）は、四国・フィリピン海盆にかつて存在していた大陸地殻が、海洋化作用を受けて上部マントルに巻き込まれ、溶融・集積し、深部断層に沿って上昇して伊豆-小笠原-マリアナ弧の、第三紀の BSG 型火山を形成した、と述べた。

(2) 駒橋第2海山の深成岩類には、領家帯の花崗岩のような、造山帯の中軸部をなすとされたような型のものではなく、むしろ、その多くは、上記のように丹沢山地のものや、西南日本外帯に点在するものに似ている。

もしこの深成岩類が、九州-パラオ海嶺を特徴づけるものである

とすれば、同海嶺が一種の島弧的な性格をもつものであることは容易に推察される。

この推論は、最近、小林和男（1974）が、主として地磁気の縞模様や、海底地形に基づいて論じている考えと結びつけることができる。つまり、九州-パラオ海嶺は、四国海盆の形成・拡大と、その海底のもぐり込みの結果生じた島弧であるとするのである。小林の考えでは、Karig（1970）のマリアナ海盆拡大の考えと同様に、四国海盆の拡大の結果、紀南海山列や伊豆-小笠原諸島が東へ移動したとしている。この場合には、村内（1971）や山下（1974）も指摘しているように、フォッサ・マグナが伊豆-小笠原島弧へまっすぐにつながっている点の地史的解釈が必要になる。いずれにせよ、海底の東西方向への拡大や移動を考えるためには、南海舟状海盆のあたりにトランスフォーム断層のようなものがあつたとしなければならない。

ついでながらつけ加えておくと、奄美海台や大東島の地殻〔酸性地殻があるといわれる（Murauchi et al., 1968）〕が、現在、琉球海溝において沈み込みつつあるといわれる。もしそのように考えてよいとすれば、九州-パラオのところでその下にもぐり込んだものも酸性地殻であったと考えてもよいだろう。2つの沈み込みを合わせて引きもどせば、四国や紀州の南に大陸地殻を復元するにも十分であると思われる。

(3) 海洋地殻の中には酸性の深成活動は起こり得ないということは、地質学の伝統的な考えである。しかし、例えば、天皇海山群のいくつもの海山で酸性深成岩礫が得られているが、これらをすべて、氷河によって運搬されたものとして片付けてよいかどうかには問題があろう。もし、これら、天皇海山の深成岩礫が現地性であるようならフィリピン海のどこで酸性深成岩が見出されても不思議はない。

青木（1970）は、伊豆-小笠原-マリアナ弧の火山の性格に関して、第三紀に、マントル内の物理・化学的条件の変化によって酸性岩およびカルクアルカリ岩を形成し、大陸形成の第一歩をしるしたが、第四紀になってそれが一時中止していると考えた。同様に、九州-パラオ弧に関しても、それが大陸地殻のレリック的なものではなく（あるいは、レリックであると同時に）、大陸への成長が中絶した未発達な島弧であるとも考えられる。このような考えを進めるためには、九州-パラオ海嶺や紀南海山列の時空的位置についての一層具体的な検討が要求されるであろう。

以上、3つの仮説をあげてみたが、これらは、相互に必ずしも全面的に排除し合うものとは限らず、また多くのバリエーションがあり得る。

ここでは、問題を鮮明にするために、この3つを併記したにすぎない。いずれにせよ、今回の岩石採取は、フィリピン海北部の今後の研究を一層興味あるものとしたことは事実であろう。今年のGDP航海でも、紀南海山列あるいは九州-パラオ海嶺に採泥、岩石採取の努力を集中することが予定されているのである。

6. 謝 辞

稿を終るにあたり、研究航海に際して多大なご協力をいただいた、東海大学望星丸乗組員の諸氏および同大学学生諸氏、小林和男研究主任をはじめとする同乗研究者諸氏に厚くお礼申し上げる。サハリン総合科学研究所のアスターベンコ博士には、駒橋第2海山の花崗岩について、また、カリフォルニア大学のCasey Moore博士にはDSDP Leg 31の結果について、貴重な情報をお知らせいただいた。

白鳳丸KH72-2航海研究主任加賀美英雄博士には、同航海の未発表資料への言及をお許しいただいた。東京教育大学牛来正夫先生、東海大学杉山隆二教授、信州大学黒田吉益教授、京都教育大学井本伸広助教授、地質調査所湯浅真人技官、日本電子株式会社平田衛・池野敏喜両氏、その他のかたがたには、岩石の検討や、いろいろなど指導、ご援助をいただいた。これらのかたがたに厚く感謝の意を表する。

参考文献

- [1] J.C. Ingle Jr. et al.: Western Pacific floor. *Geotimes*, 8, 22~25 (1973).
- [2] 紀州四万十帯団研グループ: 紀州四万十帯の研究(その2)一研究の現状と、南方陸地の存在に関する一試論. *地球科学*, 22, 5, 224~231 (1968).
- [3] 原田哲朗・徳田隆夫・鈴木博之: 南方陸地問題. 島弧と海洋, 東海大学出版会, 31~40 (1970).
- [4] 田山利三郎: 南洋群島の珊瑚礁. 水路部報告, 11, 1~292, (1952).
- [5] M. Minato, M. Gorai and M. Hunahashi: The geologic development of Japanese Islands. Tsukijishokan (1965).
- [6] 湊正雄・舟橋三男: 南方にひろがる大陸. 伊豆半島, 東海大学出版会, 409~412 (1972).
- [7] 藤田至則: 北西太平洋の島弧周辺における造構運動のタイプとそれらの相関性. 島弧と海洋, 東海大学出版会, 1~30 (1970).
- [8] 伊東正喜・青木斌・上武治己・金容義・木下泰正・小松崎通雄・三沢良文: 西太平洋ヤップ群島の酸性深成岩れきの起源. 伊豆半島, 東海大学出版会, 391~399 (1972).
- [9] 青木斌: 海底山脈と海山. 深海地質学, 東海大学出版会, 221~289 (1970).
- [10] 青木斌: 伊豆・小笠原・マリアナ列島の火成活動. 島弧と海洋, 東海大学出版会, 126~136 (1970).
- [11] 青木斌: 海洋化作用の若干の実例—四国・フィリピン海盆の成因. *うみ*, 8, 50~51 (1970).
- [12] 小林和男: 裂けて広がる縁辺海. *サイエンス*, 4, 5, 39~42 (1974).
- [13] E.D. Karig: Ridge and Basins of the Tonga-Kermadec Island Arc System. *J. Geophys. Res.*, 75, 239~254 (1970).
- [14] 村内必典: 島弧の更新と marginal sea の造構造運動. 島弧と縁海, 東海大学出版会, 39~56 (1971).
- [15] 山下昇: 構造地質学的にみた関東地方の位置. 関東地方の地震と地殻変動, *レイス*, 1~17 (1974).
- [16] S. Murauchi et al.: Crustal Structure of the Philippine Sea. *J. Geophys. Res.*, 73, 3143~3171 (1968).
- [17] ソ連邦科学アカデミー地質学研究所・海洋学研究所編: 地球太平洋区の構造図(1970).