

SYMPOSIUM

フィリピン海の構造と地史/3

九州-パラオ海嶺および 大東海嶺群の島弧的性格 とその発展段階

志 岐 常 正

京都大学理学部 助教授

青 木 斌

東海大学海洋学部 教授

三 沢 良 文

東海大学海洋学部 講師

Island Arc-Like Character and Stages of Developments of the Kyushu-Palau Ridge and the Daito Ridge Group

Tsunemasa Shiki

Associate Professor, Faculty of Science, Kyoto University

Hitoshi Aoki

Professor, Faculty of Marine Science and Technology, Tokai University

Yoshifumi Misawa

Lecturer, Faculty of Marine Science and Technology, Tokai University

Based upon the recent results of studies of the Philippine Sea, a working hypothesis on "evolution of island arc" was proposed.

Some chemical character of igneous rocks, such as K/Na, K/Rb, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, relate not only with tectonic situation of the place, but also with maturity of the arc or the orogenic zone.

Daito Ridge Group is somewhat mature than Kyushu-Palau Ridge. Both of them, however, are not alive now. Honshu Arc is very old but repeatedly rejuvenated orogenic zone. Emperor Seamount Group should be investigated in more detail. It may be the embryo of a island arc.

フィリピン海、海嶺から得られた酸性深成岩その他は、海洋型の特徴をもっている。このことと、現在横に並んでみえるものを時間の軸に展開してみるダーウィンの方法とを結びつけて、島弧の発展段階の検討を提唱した。

1. はじめに

昨1975年11月13・14の両日、東京大学海洋研究所において、「フィリピン海の構造と地史に関するシンポジウム」が開かれた。このシンポジウムの趣旨は、本来、記録をとらず、大胆に、何でも言える討論会ということであり、筆者らも、そこで、島弧-造山帯の発展段階ということについて、かなり勝手なことを述べた。

実は、その主要な部分については、先にも、本誌上でふれたことがある（志岐・他、1975）が、その際には1つの重要な点についての説明を欠落させたので、もともと一貫した論理の上に組み立てられたものではない仮説が、ますますわかり難いものになっていた。ところが、今回、11月シンポジウムでの発言内容について投稿することを求められたので、多少躊躇しながらも、一言書いてみる気持になった次第である。

小論の執筆に当たっては、何人もの方からご教示を得た。特に、東京教育大学周藤賢治氏、地質調査所奥田義久氏には、討論や資料の提供をいただいた。ここに厚くお礼申し上げる。

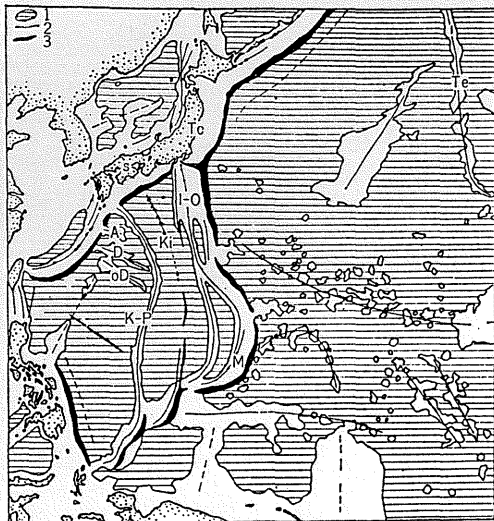
2. 九州-パラオ海嶺、大東海嶺群の性格

プロパーな、狭義の太平洋の周りを囲んで、ほうぼうに島弧-海溝系と縁海がある。それらの縁海の中で、フィリピン海は、その東側（狭義の太平洋の側）だけでなく、その反対側（西側）にも島弧-海溝系をもち、そのさらに西側にもう1つの縁海をひかえているという特徴をもった海である。

このフィリピン海の中には、これを南北に縦断して、九州-パラオ海嶺や紀南海山列が走り、前者の北半の西側、つまりフィリピン海西半の北部には、奄美海台、大東海嶺、沖大東海嶺（これら3者は大東海嶺群と総称される）が分布している。日本海にも大和堆その他があるとは言え、これらの海嶺や海山列の存在は、やはりフィリピン海の特徴と言ってよい。特に、海図を素直にみれば、九州-パラオ海嶺は、海溝を伴ったパラオ海嶺（パラオ弧）の延長に当たるようにもみえて興味をそそるのである。

ところで、これらの海台、海嶺、海山列などをつくっているものの正体（基盤*岩）が何かということに関しては、今日までに得られている資料は決して多いとは言えない。しかし、それでも、少数

* 軟らかい堆積物や炭酸塩-磷酸塩岩に対してその基礎をなす岩盤を「基盤」と呼んだ



第1図 西太平洋の地形区分。1: 海盆、海洋底、2: 海山列、海嶺、海膨、3: 海溝、古海溝、Ki: 紀南海山列、K-P: 九州-パラオ海嶺、A: 奄美海台、D: 大東海嶺、O-D: 沖大東海嶺、I-O: 伊豆-小笠原弧、M: マリアナ弧、To: 東北日本弧、S: 西南日本弧、Te: 天皇海山群(茂木, 1970 に基づく)

ながらかなり重要な情報を提供するものがあるのである。

例えば、昨年までに、既に、九州-パラオ海嶺の少なくとも北部は、酸性深成岩類、安山岩、玄武岩、同質凝灰岩、砂岩、などからなること、奄美海台の基盤には酸性～塩基性深成岩類、安山岩～玄武岩および同質凝灰岩などがあること、大東海嶺には結晶片岩があること、などが知られていた。昨年(1975年)の GDP-15 航海では、大東海嶺、沖大東海嶺域には、結晶片岩、シルト～砂質岩、安山岩～玄武岩、それらの凝灰岩などの他、酸性の凝灰岩や、深成岩が存在することが明らかにされた*。

これらの資料は、九州-パラオ海嶺や大東海嶺群の海台、海嶺が、一種の島弧～造山帯の性格をもっていることを強く指示すると言わざるを得ない。もちろん、“島弧”とは何か、“造山帯”とは何かということは問題である。上記の海嶺などのどれも、島弧のもつべき属性である海溝を伴うこと、活火山や新しい火山をもつこと、浅発巨大地震帯や深発地震帯をもつことなどを欠いている。しかし、ここで筆者らが島弧的と言ったのは、何もこのような属性をもっているという意味ではなく、プロパーな大洋の島列(例えばハワイ諸島や天皇海山群)や大洋中央海嶺などとは非常に構成(基盤)岩が異なるという点を指したのである。

定義の問題はここではさておきたい。より本質的な問題は、このような、島弧的と言うか、造山帯的と言うか、あるいは陸的と言うか、そのような性格をもつものが何故このようなところにあるのかということであろう。しかし、実は、その問題に入る前に、もう1つ問題があるのである。それは、上記のような基盤岩は、呼び方は別として、果たして本当に“造山帯的”あるいは“陸的”なものと

* これについては乗船研究者一同により別に報告される予定である

してよいものであるかという点である。

九州-パラオ海嶺北端近くの、駒橋第二海山から採取された酸性深成岩礫の中には、一見して、丹沢山地の石英閃緑岩によく似たものがあることは、これを見た岩石学者の一致して指摘するところである。このような石英閃緑岩を含めて、駒橋第二海山からの酸性深成岩類は、カリ長石を欠くか、あるいはそれに乏しいという共通した特徴をもっている(志岐・青木・他, 1975; 諏訪・青木, 1975; 青木・他, 1975)。石坂(1975)によれば、かれの測定した駒橋第二海山の2個の酸性深成岩は、いずれも K, Rb, 特に後者の含有量が少なく、Na 含有量が高いという点で特徴的である。これに対して、駒橋第二海山の南東約 500 km の南高嶋海山で、白嶺丸により得られた花崗閃緑岩には、カリ長石がかなり含まれている(水野・奥田・他, 1975)。しかし、やはりその量は多くはないらしい*。

一方、奄美海台で得られた酸性～塩基性深成岩類は全体として1つの岩系をなすものとみなされ、駒橋第二海山のものとは岩石学的に異なる点がある(諏訪・青木, 1975)。しかし、カリ長石に乏しいという点では共通である(青木・金・他, 1975)。松田・他(1975)は、同海嶺中央稜線からのトータル岩の試料について、Rb の量が驚くほど少なく、K も少ないこと、K/Rb が異常に高いこと、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比が非常に低いことなどを明らかにしている**。

GDP-15 航海では、大東海嶺の東部から酸性深成岩が得られた。この深成岩も、径 2 cm に満たぬ小礫ながら、カリ長石の少ない型のものと言ってよいようである***。沖大東海嶺からは、いまのところ、酸性深成岩は得られていない。

資料はいまだ少なく、決定的なことが言える段階ではないが、あえて言えば、以上に見る限り、九州-パラオ海嶺や大東海嶺群からの火成岩は、地殻物質に由来しているのではなく、また、堆積物などとの混成も、全く、あるいはほとんどなかったと考えてよいようなものである。言い換えれば、それらは、陸的と言うよりは海洋的であり、大西洋中央海嶺から得られた閃緑岩(Aument, 1969)とも共通の特徴をもっている。同様なものは、本州のような、かなり大きい陸にも見出されるが、それらは、舞鶴地帯、長門構造帯、黒瀬川構造帯などの酸性深成岩、西南日本外帯の半島最先端(潮岬など)にみられるもの、“みかぶ緑色岩類”に含まれるものなど、かなり深い所まで達する構造帯と考えてよいような性格をもつ場所に、塩基性岩類に伴って産出するものである****。

* 奥田義久氏の私信による

** 同様の傾向は、同じ海台からの火山岩のうち、海水の影響を受けないと思われるものについても言えるようである

*** 詳しい記載は別に発表される

**** 海洋性のあるいは、深い所(上部マントル)から直接由来した性格をもつ火成岩(特に酸性深成岩)の特徴と考えられる性質を第1表に示す

以上、一見矛盾したようにも見えるかも知れない書き方をしたので整理をしてみよう。

大東海嶺群を一括して扱うことには問題があろうが、一応いまの段階でそうして見ると、同海嶺を構成している基盤岩はかなり多様である。造山帯的、陸的性格を強く指示する結晶片岩や、碎屑性堆積岩、酸性凝灰岩などがある一方、“海洋性”の深成岩がある。これに対し、九州-パラオ海嶺の基盤岩としては“海洋性”酸性深成岩はあるが、結晶片岩はこれまで得られていない。これらの性格を“島弧的”とか、“造山帯的”とか呼ぶとすれば、大東海嶺群の方が九州-パラオ海嶺よりも、やや“造山帯的”性格が強いということが考えられよう。これに対して、九州-パラオ海嶺は、“造山帯”と見なすには、それを指示する岩石に乏しい*。しかし、酸性深成岩は、“海洋性”とは言え、その分布がかなり広く、同海嶺のおもな構成基盤岩の1つをなしているようである。また、安山岩や、ごく少数個ながら碎屑性堆積岩も得られている。このような点からみると、九州-パラオ海嶺を、他の普通の海山脈や大洋中央海嶺と同一視することはできない。むしろ、このような構成基盤岩の性格という点からは、九州-パラオ海嶺を“島弧的”であると言っても差し支えないだろうというわけである。

ところで、九州-パラオ海嶺や大東海嶺群を、このような見方で見ることが、もし許されるとすれば、同じ見方で周辺の他の海嶺や島弧についても考えることができなければならない。九州-パラオ海嶺に並行的に延びている紀南海山列や伊豆-小笠原海嶺についてはどう考えるのか、新旧の陸的、造山的な岩石や海洋性の岩石をいろいろに含んでいる本州弧についてはどう考えたらよいのだろうか。以下にこのような問題を考えるについての“考える方法”を探ってみよう。

3. ダーウィンの方法

森羅万象、生成、発展、消滅しないものはない。そこに事物があるならば、その生成、発展、消滅を知ろうとするのが、地質屋の魂である。“そこに造山帯や島弧や海嶺があるならば、その生成、発展、消滅を知らなければならない”ということで、これらについての研究が積み重ねられてきた。フィリピン海についての資料はまだ乏しいが、本州弧をはじめとする周辺島弧についての資料は、いまや、おびただしいものになっている。

ところで、人間は残念ながら数百万年、数千万年にわたる造山帯や島弧の発展を眼で観察し続けることはできない。しかし、人類は

第2図 海洋型(深部起源型)酸性深成岩産出地の数例(本文中にふれたもののみを示す)。M: 舞鶴構造帯, N: 長門構造線, K: 黒瀬川構造帯, T: 丹沢山地, S: 瀬ノ坪



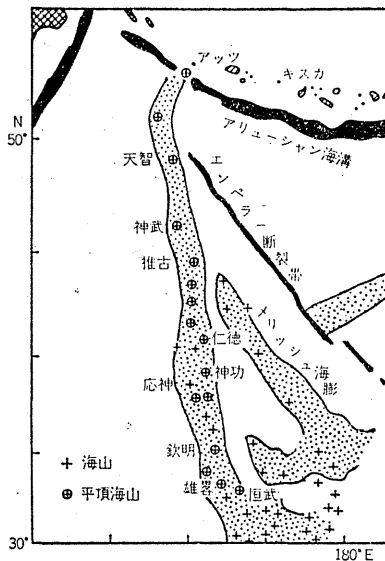
数千万年はおろか、数十億年にわたる地球の歴史を解明しつつある。その際に地質屋が用いてきた研究の方法が、“地層累重の法則”である。“切ったものは切られたものよりも新しい”というような法則も、本質的には、広義の地層累重の法則に含まれると言ってよい。例えば、ボーリングコアについて精細な層序を立てるといった時だけでなく、“九州-パラオ海嶺からは、酸性深成岩によって接触変成作用を受けた玄武岩が得られている”と言う時、人は、両岩石の間の新旧を念頭に置いているのである。

このような方法は、地質学的な研究の本筋であり、これによらなければ、事象の生起、事物の生成順序に関する、信ずるに足る資料を得ることはできない。

しかし、このような方法は着実ではあっても、事物の発展を大きくとらえその末を予測する仮説を打ち出すという目的のためには、どちらかというと非力である。このような目的の場合にしばしば用いられ、大きな成功を収めることがある方法に“現在横に並んでいるものを縦にしてみる”という方法がある。これは、つまり博物学的に記載、分類されてきた(横に並んでみる)事物を発展史的にとらえ、それらの発展段階を区別しようとする際、それらの事物を時間の軸の方向(縦の方向)に並べかえてみるという方法である。かつて、ダーウィンは、この方法によって、あの生物進化論を発想した。いまでも、宇宙人が飛来して地球上の人類を観察しているとしよう。かれらが人類を猿や他の動物と比較して地球人の猿からの進化(系統発生)を知るには時間がかかるかも知れないが、地球人個体の老幼を区別することは容易であるに違いない。

ところで、いまここにあげた例を造山帯や島弧、海嶺の問題にあてはめると、これらの系統発生を考えるということは、地球のグローバルな発展史研究という大きな問題そのものである。しかし人類や猿類といったものを縦に並べてみる場合と異なり、ある1つの島弧の前に別の1つの島弧を置いてみるということは、系統発生を考えることにはならない。それはむしろ、宇宙人が、地球人の幼

* もちろん、今後の採掘によって、同海嶺から結晶片岩や片麻岩などが採れないという保証はない



第3図 天皇海山群とその周辺
(佐藤, 1973 に基づき一部簡略化)

児や青年や老人をみて、その老幼を考える場合に相当する。つまり筆者らの提案は、現在横に並んで見える造山帯や島弧や海底山脈を、一度縦に並べかえてそれらの老幼の別を考えてみようということなのである。ここで注意を要することが2つある。1つは、地球の歴史の進行とともに、地球の個体としての発展段階は変わっており、島弧-造山帯の発展様式も変わっていくということである。しかし、この点に関しては、1千年前と現在くらいの時期の違いでは、人間の年齢による肉体的特徴の変化の仕方は、そうひどく変わることはなかろうといったふうに考えて、しばらくはあまりこだわらぬことにする。もう一つの点は、個体による個性の違いである。筆者らには、どうもこの方が問題であるように思われるが、よくはわからない。少なくとも、海嶺-島弧-造山帯の個体発生を考える場合には、1級と2級との区別が必要ないように思われる。この点については、後にもふれる。

4. 島弧の発展段階

“横のものを縦にする”ことによって、島弧の個体発生上の発展段階を推定しよう”と言っても、具体的に個々の島弧についてそれらの発展段階の推定を試みなければ何らかの仮説を提唱したことはならないだろう。実は、この点について筆者らはまだあまり具体的に検討を進めているわけではない。しかし、先に第2章で少しふれたように、九州-パラオ海嶺は大東海嶺群よりも発展段階が若い可能性があるように思われる。個体としての老幼 (mature, immature) だけでなく、以前にも述べたように (志岐・他, 1975)、火成岩の放射年代、被覆物の時代、地形的な切った切られたの関係など

からみて、前者は後者よりも、実際に絶対年代の上でも新しいと考えられる。実は筆者らはこのことを念頭に置きつつ、海嶺による基盤岩の性格、特徴の違いを海嶺の新旧、そして老幼の違いに結びつけたわけである。

では他の海嶺や島弧はどうかということになるが、このことを考える場合にも、それらの構成基盤岩の性格、特に火成岩の Na/K, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, などの、第1表に示したような特徴の違いは、結晶片岩や片麻岩などの有無とともに、有力な判断材料となるであろう。

つまり、海洋性の (あるいは深部起源性のと言った方が正しいかも知れないが) 性格の強い岩石ばかりからなる海山列-海嶺-島弧などは、島弧の萌芽ないし幼生の段階にあると考える。これに対し、年老いた、何回もの造山運動、多くの地殻変動を経た造山帯は深部断裂のような特種な場所を除いては、Kに富むなど、より“陸的”な特徴をもつ火成岩が多いと言ってよい。

火成岩の化学組成、特に同位体組成の資料が十分でない現在では、それらの海洋と陸とによる違い自体が専門家の間でもまだ確立された科学的知識とは言えないかも知れない。ましてやそれを、第3章の“横に並んでいる島弧を縦に並べてみることは方法として正しい方法である”という考えと結びつけることは、仮定と仮定をつなぎ合わせて仮説をつくることに他ならない。第2章の内容と第3章の内容とが結びつかなければならない必然性は存在しない。それをあえて結びつけてみようというのが小論の趣旨なのである。このような立場に立って、さて海嶺や島弧を個々に検討していくには、余裕がない。

それで、ここでは結論的というより予察的に、問題点を2, 3あげておくことにする。

(1) 上には、もっぱら九州-パラオ海嶺と大東海嶺群を比較して考えを進めたが、ここでも少しふれたように、これらには、どちらも、海溝や活火山、地震帯などを伴っていないという共通点がある。現在伴っていないだけでなく、エアガン調査の結果によれば、海溝は過去にも伴われていなかった可能性が強いように思われる。このことは、第3章の終りにふれた、これらが第2級の島弧であるということと関係があるのではないだろうか。つまり、プロパーな太平洋と縁海とを区切る島弧-海溝系を1級のものとすれば、縁海の中に生じた九州-パラオ海嶺のようなものは第2級のものであるとみることは妥当であろう。このような第2級のものは、海溝をも

第1表 海洋型 (深部起源型) 火成岩の化学的特徴

元素, 同位体 それらの量比	K	Na	K/Na	Rb	K/Rb	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
特 徴	少	多	低	少	高	低

った立派な島弧—造山帯へと成長することなく、途中で夭折してしまうこともあり得るのではないだろうか*。

(2) 本州弧、琉球弧などが老成していることは言うまでもない。伊豆-小笠原-マリアナ弧は、立派な体格をしているが、それほど mature ではないらしい。もっとも、人間と違って島弧は著しい“若返り”をやる。例えば、東北日本弧はいま非常に若々しい。これに対し、西南日本弧は少し老け込んでいる。しかし、島弧としての少々の若返りがあっても火成岩の化学的性質の方は、あまり若返りはしないように思われる。

(3) 天皇海山群とは何者であろうか。海底地形図を見て、天皇海山群と西太平洋との関係が、伊豆-小笠原-マリアナ弧とフィリピン海との関係に似ていると感ずる人は少なくないに違いない。あるいは天皇海山群は、数千万年後に島弧に発展するものの幼生段階にあるものではないだろうか。

佐藤 (1973) は、ソ連の Udintsev が、「ハワイ海嶺の東にある Hawaiian Deep は第一の海溝であり、伊豆-マリアナは第二の海溝、琉球・フィリピンは第三の海溝だ」と話していたことを紹介し、この考えを延長すると天皇海山の東のエンペラー断裂帯は海溝でメリッシュ海膨は島弧の卵になることを指摘している。かれはまた、屈折法地殻構造調査の結果をも参考にして、天皇海山群の構成基盤に大陸的な火成岩がある可能性が残されていることを指摘している。既に青木・平田 (1971) も述べていたように、天皇海山群より採取された火成岩礫や堆積岩礫を、すべて氷山によって運ばれたものと安易に考えてしまうのは問題であろう。神武海山や推古海山からは、片麻岩や酸性深成岩、シソ輝石岩系のものを含む各種の安山岩、碎屑性堆積岩など、多種多様の岩石が得られている (久野・他, 1956; 青木・平田, 1971)。もしこれらの岩石の大部分が原地性のものであるとすれば、これらは、大陸地殻の海洋化によるレリックであると考えざるを得ない。一方、その大部分はやはり氷山により運搬されてきたものであり、その一部、特に、カリ長石のない酸性深成岩が海洋性のもので、かつ原地性のものであるならば、上記の幼生島弧説が浮び上がってくることもあり得る。この意味で、天皇海山群からの火成岩その他の岩石学的性質の詳しい検討が推し進められなければならないであろう。

5. あとがき

筆者らの1人、青木が“大洋化”説を機会あるごとに支持してきたことはよく知られている。今回の“島弧発展(育)段階”説は、

* 大東海嶺群に関しては、これがかつて“ダーウィン海膨”から続く大海嶺の延長であったという考え (茂木, 1970) もある。もしそうだとすると、これは第一級の構造であったことになる。

一見これと異質であり、あるいはこれに対立するようにもみえるかも知れない。しかし、もともと今回の小論の説の基本は、以前に青木が予察的に述べた (青木, 1970) ことを発展させたものである。天皇海山のような海山列を、古い大陸のレリックとみる考えと、大洋中に生じつつある島弧の萌芽とみる考えとはどちらも正しく、地球の長い歴史の中で、段階を異にして起こったことのそれぞれ一端を撫でているのかも知れない。

一方、注意深く読んでいただければおわかりいただけるように、小論の仮説は、四国海盆やフィリピン海の拡大説 (例えば、小林・他, 1973) と必ずしも矛盾するものではない。また星野の年来の“2,000m”説 (例えば、星野, 1970) と特に差し支える点はない。

小論は、少ない資料によって仮定と仮定をつなぎ合わせ、仮説に仮説を重ねたものである。しかし、いまはそれが地球科学にとって必要な時であろう。大陸移動説も海洋化説も、その発想の時には、裏づけの少なさにおいて小論と大差ない状態であったように思われる。Menard (1964) の海膨進化説は、海洋底拡大説が明確な形をとる以前の説として、いまではあまりかえりみる人もない。実はこの説は、その発想において、小論と同じように“横のものを縦に”したものである。したがって、海膨進化説は、“横のものを縦に”する方法の失敗例ということになるかも知れない、しかし、筆者らには、この説は、あり得る説として、もう少し積極的に再検討さるべきもののように思われる。

最後に、Minato and Funahashi (1973) によって提唱され、次第に支持を得つつある“ルナ-ステージ”説も、基本的には、やはり、進化論的な、“横のものを縦に”並べてみる発想に始まったものであることを指摘しておきたい。

参考文献

- [1] 青木 斌: 海底山脈と海山。深海底質学, 東海大学出版会, 221~289 (1970)。
 - [2] 青木 斌・金 容義・他: GDP航海における岩石学的成果。海洋科学, 7, 28~33 (1975)。
 - [3] 青木 斌・平田 寛: 海洋底の岩石—推古海山—。海洋科学, 3, 12, 36~42 (1971)。
 - [4] F. Aument: Diorite from the Mid-Atlantic Ridge at 45°N. Science, 165, 1112~1113 (1969)。
 - [5] 星野通平: 第三紀末期の海水準変化と海溝の形成。島弧と海洋。東海大学出版会, 155~177 (1970)。
 - [6] 小林和男・佐藤任弘・伊勢崎修弘: 西太平洋の海底—海底拡大説の試金石として—。世界の変動帯, 岩波書店, 35~46 (1973)。
 - [7] H.W. Menard: Marine Geology of the Pacific (1964)。
 - [8] M. Minato and M. Funahashi: Origin of the Earth's Crust and its Evolution. Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. IV, 16, 1, 515~561 (1973)。
 - [9] 水野篤行・他: 大東海嶺群域の海底地質と地史についての一試論 (I)。海洋科学, 7, 7, 52~59 (1975)。
 - [10] 茂木昭夫: フィリピン海との関連からみた西南日本海溝。島弧と海洋, 東海大学出版会, 137~148 (1970)。
 - [11] 佐藤任弘: 天皇海山群。世界の変動帯, 岩波書店, 33~34 (1973)。
 - [12] 志岐常正・青木 斌・三沢良文: フィリピン海研究の最近の地質学的成果と課題—特に GDP-8, 11 次航海に関連して—。海洋科学, 7, 7, 22~32 (1975)。
- 本文中に引用されている文献で上記にないものは、ほとんどフィリピン海の地質学的諸問題。日本地質学会第82年学術大会討論会資料集 (1975) の収録論文である。