

大東海嶺周辺海域の地質構造発達史

岩淵 洋* 永野 真男** 桂 忠彦*

GEOLOGIC DEVELOPMENT OF DAITO RIDGE

Yo Iwabuchi*, Manao Nagano** and Tadahiko katsura*

Abstract

In 1983 and 1984, narrow multi-beam bathymetric, seismic reflection, gravity and a magnetic surveys of Daito Ridge, Oki-Daito Ridge and adjacent areas were conducted by the Hydrographic Department, MSA Japan with its survey vessel "Takuyo". The area surveyed lies north-west of the Philippine Sea, and includes three islands: Kita-Daito Zima, Minami-Daito Zima and Oki Daito Zima. In the survey the spacing of the north-south inclinig tracks were 5 to 10 nautical miles. Figure 3 and 4 show the results of the topographic and geological survey. The ridges and basins, extending E-W to SE-NW lie alternately in the surveyed area. From north to south, they are Kita-Daito Basin, Daito Ridge, Minami-Daito Basin and Oki-Daito Ridge.

The topographic trend of Daito Ridge is ESE on its western half, whereas the eastern half of the ridge extends ENE. The northern slope of the ridge shows horst and graben structures, probably formed in the Eocene. The southern flank of the ridge slopes down to Minami-Daito Basin with a relatively simple and steep gradient. Dredge hauls were attempted to obtain samples from outcrops of the ridge, but only manganese nodules were retrieved. Previous investigations of Daito Ridge have described green schists, serpentinites, andesites and other rocks.

The Minami-Daito Basin contains a sediment-filled flat bottom and a group of seamounts. The seamount group discovered by the survey was tentatively named "the Tyōzyu Seamount Group". The basin is characterized by its negative free-air gravity anomaly of less than -50 mgal and geological structures with a northward inclination. The negative gravity anomaly of Minami-Daito Basin, probably due to its thick crust, shows remarkable contrast to the slightly positive free-air gravity anomaly of Kita-Daito Basin, where the sediment thickness and water depth are roughly the same as that of the Minami-Daito Basin. The seismic reflection profiles indicate that Minami-Daito Basin has been plunging to the north since the Eocene, while the Tyōzyu Seamount Group was formed before the Eocene.

* 大陸棚調査室 Continental Shelf Surveys Office

** 沿岸調査課 Coastal Surveys and Cartography Division

The features described above suggest that Daito Ridge may be a paleoisland arc, Kita-Daito Basin may be a marginal sea and Minami-Daito Basin may be a fore-arc basin.

1. はじめに

海上保安庁水路部は、大陸棚調査の一環として昭和58～59年にわたり大東海嶺周辺の海底地形・地磁気・重力及び地質構造の調査を実施した。この報告では大東海嶺から沖大東海嶺までの海域の海底地形・地質構造をまとめると共に、地史についての考察を行なった。なお本海域の大陸棚調査の概要についてはすでに永野・ほか(1985)；内田・ほか(1985)の報告があり、地磁気・重力については春日・ほか(1986)の報告がある。

2. 調査区域および調査方法

調査区域はFig. 1に示すように、フィリピン海北西部、九州-パラオ海嶺と南西諸島海溝に夾まれた海域である。この海域には奄美海台・大東海嶺・沖大東海嶺の高まり(大東海嶺群・仮称)があり、その一部は北大東島・南大東島・沖大東島となっている。なお今回の調査には奄美海台と沖大東海嶺の南東部は含まれていない。調査は昭和58年10～12月、59年1、4月にいずれも水路部測量船「拓洋」により行なわれた。調査測線はFig. 2に示す。測位はロランC、NNSSの複合測位システムを、測深にはナローマルチビーム測深機を用いた。音波探査は3.5KHz表層探査装置及びエアガンを音源とする深海用音波探査装置(1ch, 12ch)を使用した。12chの音波探査は北緯25度線沿いの測線で行ない、他の測線では1chの音波探査を行なった。底質採取は11地点で行なわれた。海嶺・海山ではチェーンバック型及び円筒採泥器を使用し、海盆では柱状採泥器を使用した。

3. 海底地形

フィリピン海北西端部には大東海嶺群の3つの高まりが、いずれも東西に伸びた形で並んでいる。奄美海台と大東海嶺の間には北大東海盆(仮称)、大東海嶺と沖大東海嶺の間には南大東海盆(仮称)と呼ばれる平坦面が広がる。以下この大地形ごとに説明を加える。なお今回の調査の結果得られた海底地形図を第3図に示す。

北大東海盆：東西約400km、南北約150km、海盆北部には海山・海丘が散在する。これらはN70°WあるいはN80°Eの方向性を持ち、直線的な地形をもつ。海盆の平均水深は約5300m、最深点で5780m、海盆から海丘、海嶺へ移行する傾斜変換点の水深は約5200mである。

大東海嶺：海嶺は西部ではN75°Wの走向だが133°E付近で大きく屈曲し東部はN75°Eの走向となる。海嶺の最高点は西端近くにあり、北大東島(標高74m)、南大東島(標高75m)の2島を形成する。大東海嶺は並列する数列の高まり、およびこの間に夾まれる小トラフから構成された、地溝・地壘地形を程する。西部では地壘の起伏が小さく、海台状の地形をなす。海嶺を横断する方向から見ると南側の海嶺斜面は単調な急傾斜が海嶺脚部まで続くのに対し、北側は地溝・地壘が階段状にくり返し全体としては緩傾斜である。海嶺頂部には水深1400m付近に平坦面がみられる。地溝部に続く東西方向の谷地形がいくつか認められるが、海嶺南側には谷地形は認められない。

南大東海盆：海盆から沖大東海嶺への傾斜変換点の水深は約4600mであるのに対し、大東海嶺への傾斜変換点の水深は約5200mであり、南大東海盆は全体に北側に傾斜している。海盆最深点は大東海嶺脚部付近の

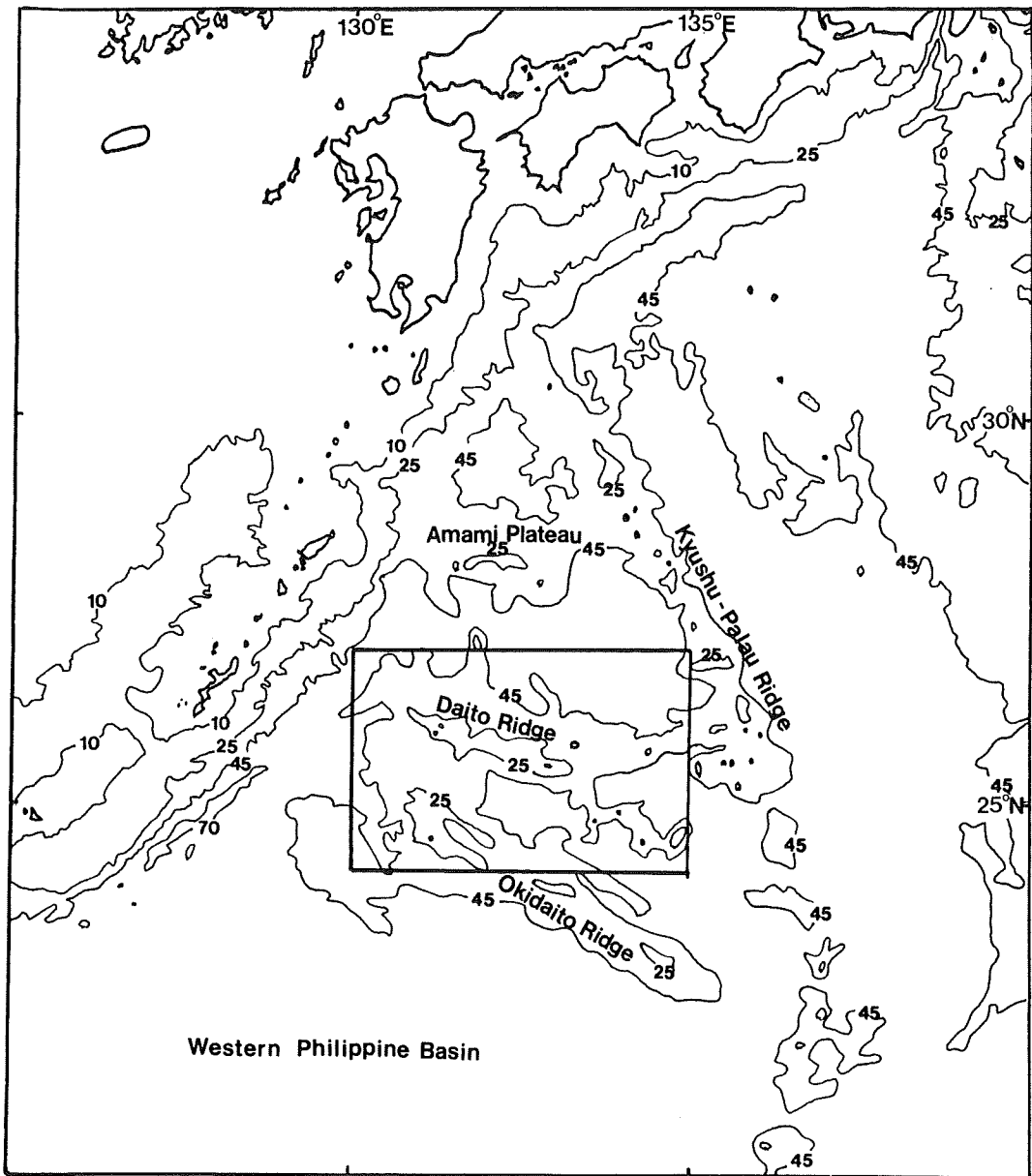


Figure 1 Northern Philippine Sea.

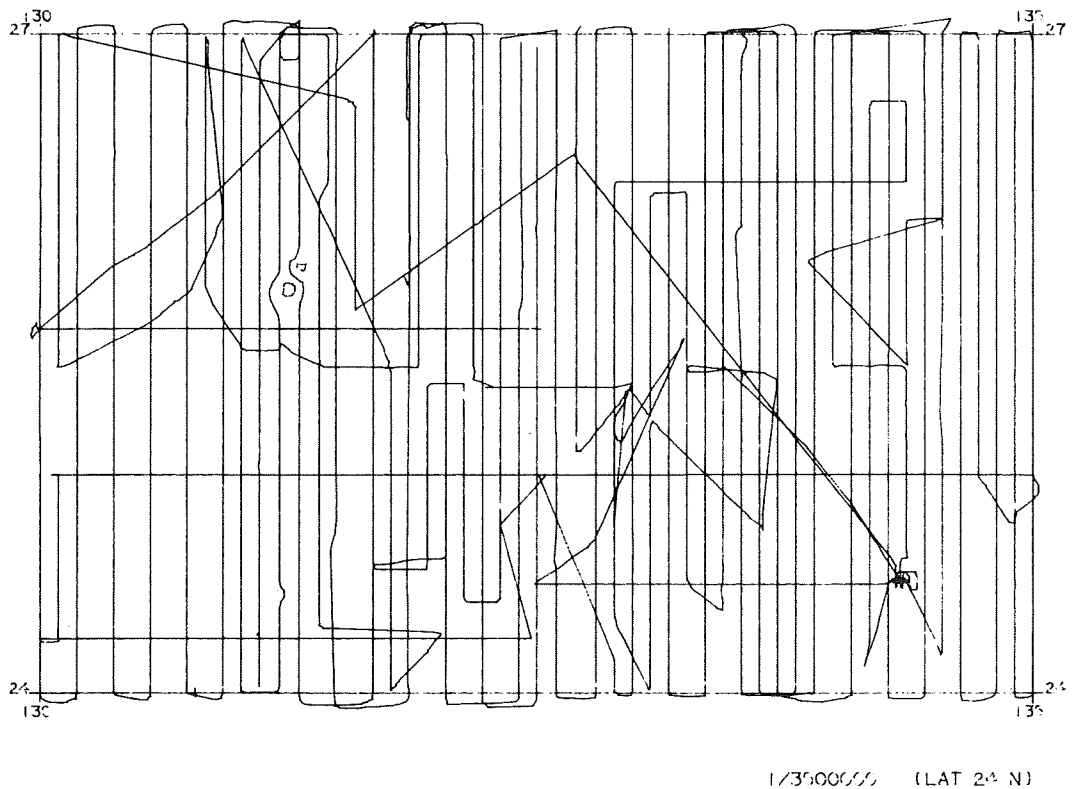


Figure 2 Tracks of continental shelf survey around Daito Ridge

5310mである。海盆東部ではいくつかの海山（長寿海山群・仮称）が発見された（第1表）。長寿海山群はN60°Wの方向に顕著な海山列をつくっている。海山のうち最大のものは24°30'N・134°20'Eに位置する米寿海山（仮称）で最浅部の水深は88m、頂部に水深150mを傾斜変換点とする平坦面をもつ。

Table 1 New sea mounts "Tyōzyu-Kaizan Group" at Minami-daito-basin.

Name	Lat.	Lon.	Depth
喜寿海山 Kizyu-Kaizan	24°44'8	133°21'0	888m
還暦海山 Kanreki-Kaizan	24°30'3	133°34'5	2200m
古希海山 Koki-Kaizan	24°30'0	133°35'7	1180m
白寿海山 Hakuzyu-Kaizan	24°40'7	134°48'9	3600m
米寿海山 Beizyu-Kaizan	24°30'9	134°19'2	88m

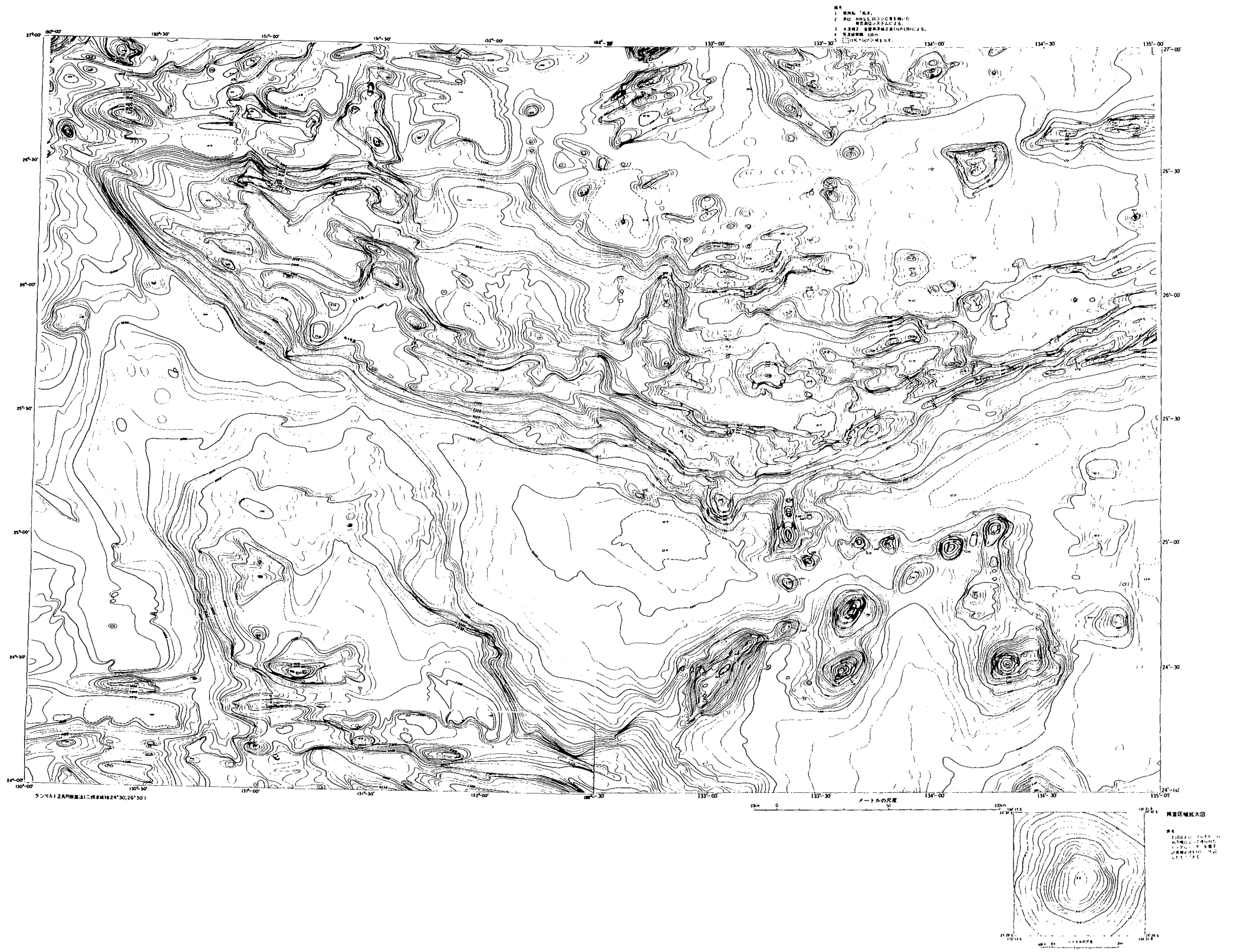


Figure 3 Bathymetric chart around Daito Ridge

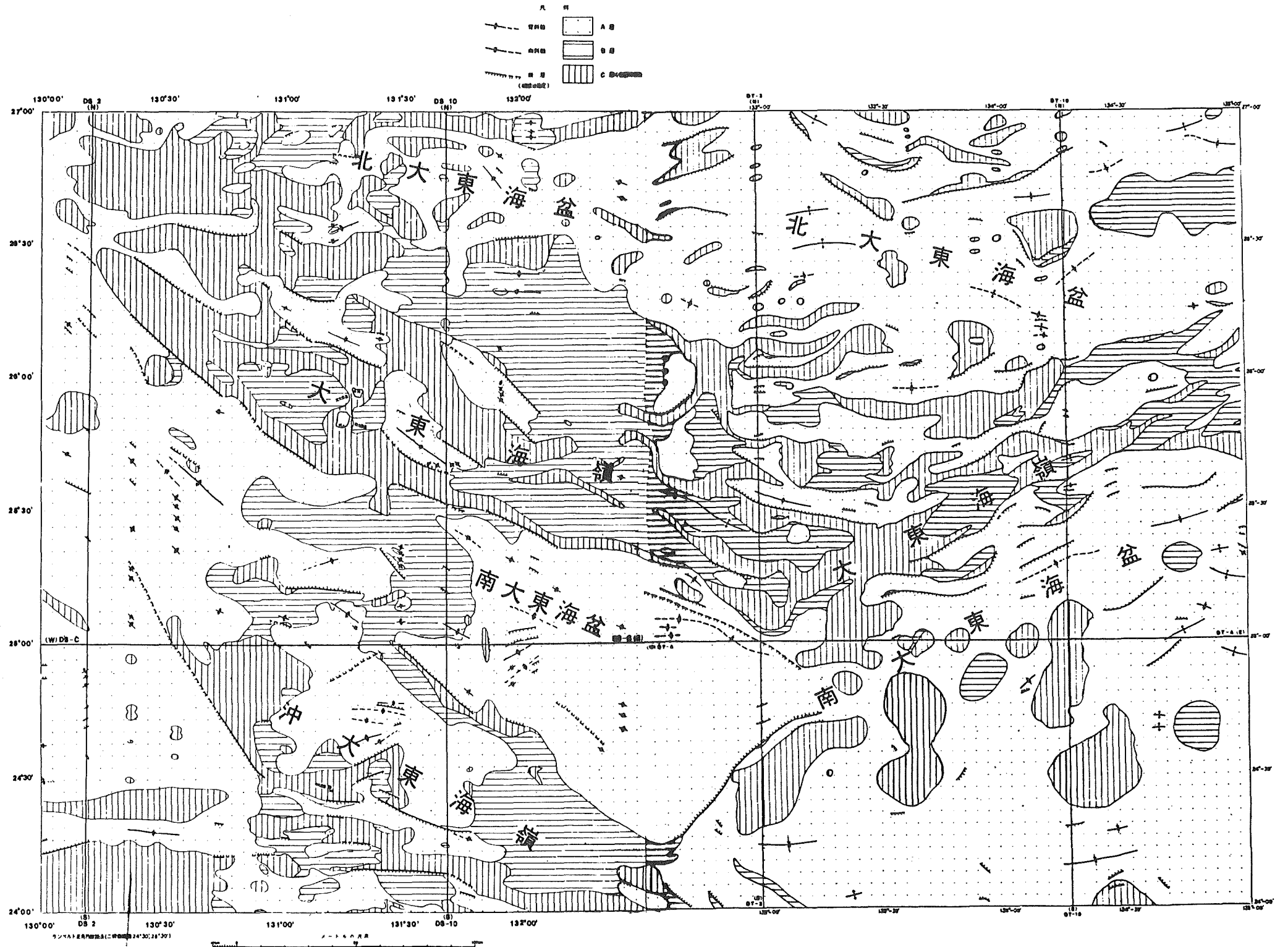


Figure 4 Geological map of Daito Ridge

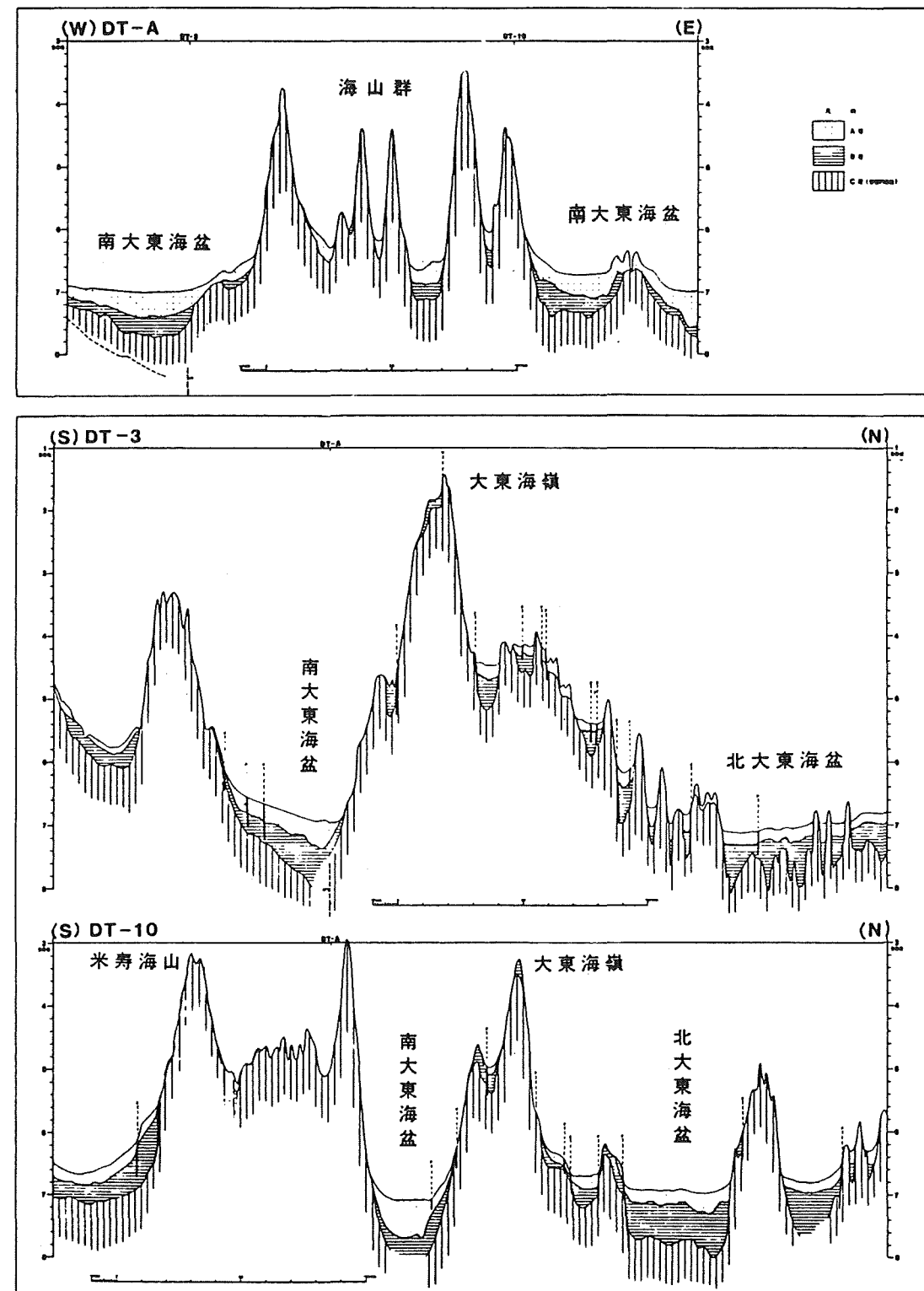
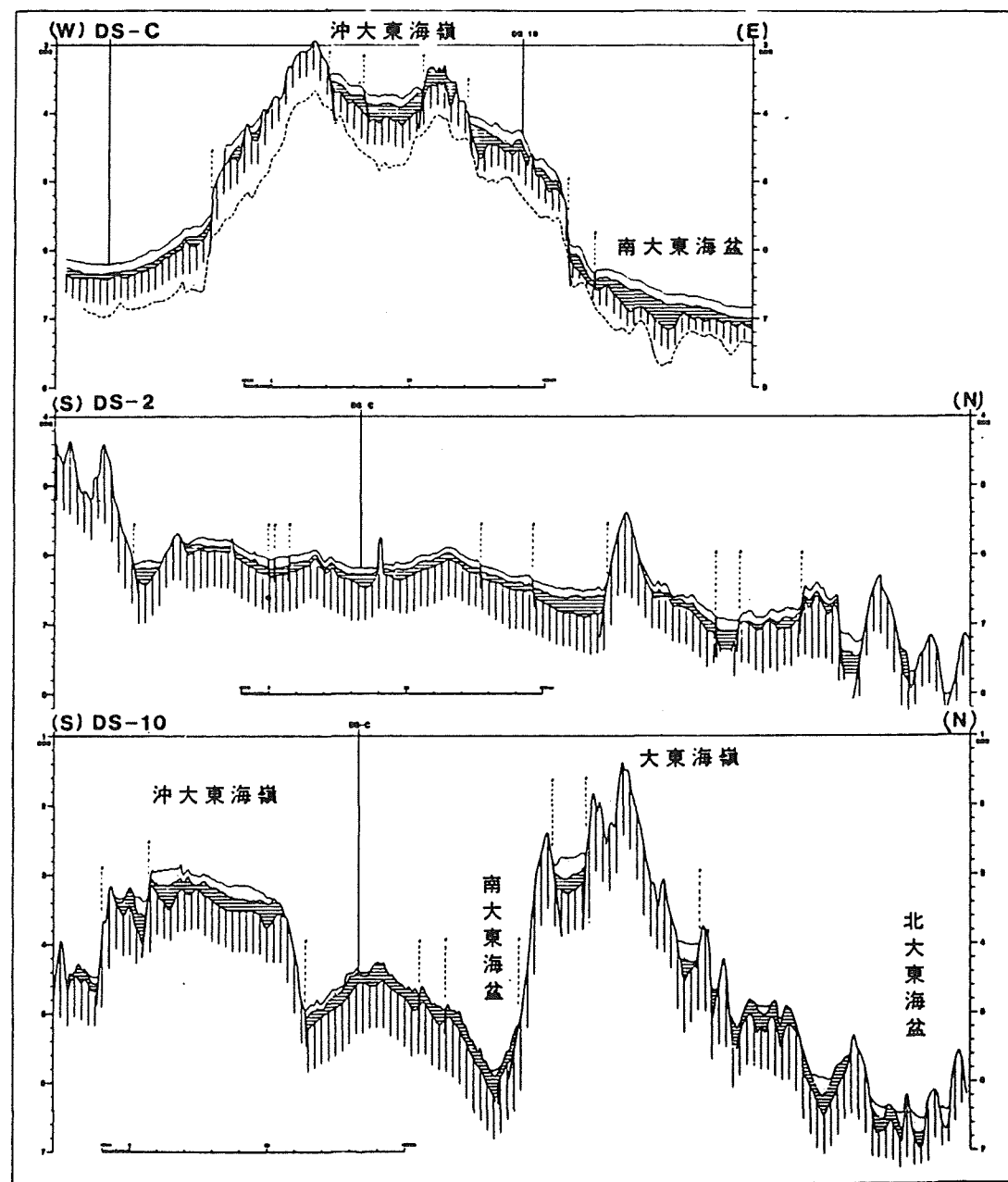


Figure 5 Profiles of Daito ridges

沖大東海嶺：延長600kmにおよぶ海嶺のうち、今回の調査区域では西北端部が含まれるにすぎない。本区域の沖大東海嶺はN50°Wの方向に伸びる海台と、これと交わるE-W方向の海丘列から構成される。海台の上に海丘が重なった所が沖大東海嶺最浅部となっており、頂部は沖大東島（標高33m）となる。海台部には水深1800m, 2200m, 2800m, 3300m付近にそれぞれ平坦面がみられる。沖大東海嶺では谷地形は特に認められない。

4. 地質構造

本調査区域の層序を音響的特徴から上位よりA・B・Cの3層に区別した。その特徴を以下に述べる。

A層：最上位の音響的透明層で、弱い音響的層理がみられる。A層は海盆や海嶺地溝部など傾斜の小さい場所に分布に限られる。層厚は北大東海盆や沖大東海嶺上の平坦面では約0.1秒（音波往復走時、以下同じ）だが、南大東海盆最深部では0.4秒になる。

B層：音響的層理の顕著な層をB層とした。北大東海盆では音響的層理の連続性は良いが、南大東海盆では層理の連続性は弱い。海嶺部では音響的層理は不鮮明である。層厚は海盆では最大1.0秒以上に達する。

C層：音響的基盤をC層とした。上位層とは不整合にあり、海嶺・海山脚部では上位層がアバットすることが多い。C層にはその表面に強い反射面をもつものと、特に反射面をもたないものがある。後者は北大東海盆の基盤や貫入岩から構成されると考えられる小海丘を形成する。

本調査区域の西部ではWNW-ESE方向、東部ではWSW-ENE方向に地層が帯状に配列し、断層・褶曲構造もこの方向のものが卓越する。この方向は大東海嶺の走向と同じである。沖大東海嶺はNW-SE方向の構造系であるが、さらにこれを切る形でE-W方向の断層があり地溝をなしている。地層分布と配列は地形と密接な関係がある。従って次に各地形区ごとに地層分布は構造について述べる。

北大東海嶺：北大東海盆表層にはA層が層厚約0.1秒でほぼ一様に分布する。音響的層理はほぼ水平で、下位層とは一部で整合だが、概ね不整合で接する。B層は音響的基盤の上に著して不整合関係にある。層厚は西部では薄く海盆西縁では尖滅するが、東に向かうにつれて厚くなり最大1.0秒以上に達する。全般に変形を受けたE-W方向の向斜・褶曲が多くみられる（第6図a）。音響的基盤C層は起伏が大きく、基盤深度は海底下0秒～1.2秒以上である。北大東海盆のC層は南大東海盆や海嶺のC層に比べ反射が弱く上位層との境界は不明瞭である。海盆には直線的な形の小海丘が散在する。この小海丘はN60°WあるいはN75°Eの走向の断層を伴うものが多い。直線的な形の小海丘は強い反射面を持つC層から成る。一方径が数km以下の小海丘もいくつかある。これは特に反射面のみられないC層から成る。本層は上位層を切っているように見えることから貫入岩体と推定される。

大東海嶺：並走する地塁は主に音響的基盤C層から成り、海嶺頂部平坦面や西部北側の海台部の一部にはB層が分布する。A層は地溝部にその分布に限られる。海嶺西部ではN70°W、東部ではN70°Eの走向の断層があり、この断層系による地溝・地塁が形成される。地溝には上位よりA層：B層（層厚それぞれ0.3秒, 0.5秒）が堆積する。地溝の堆積層は弱い向斜構造を示し、さらに正断層によって変位を受けている。大東海嶺と南大東海盆との間は、西部では断層（第6図b）、中央部ではB層がアバットし（第6図c）、東部では多数の小断層を伴った地すべり状地形を呈する（第6図d）。海嶺西部北側の海台部平坦面には径が約5km以下の反射の弱いC層がみられる。反射の強いC層の中に入れられ、上位層を切っていることから貫入岩体と推定される。

沖大東海嶺：本調査区域における沖大東海嶺は海台地形を呈し、その縁は断層により急傾斜となっている。

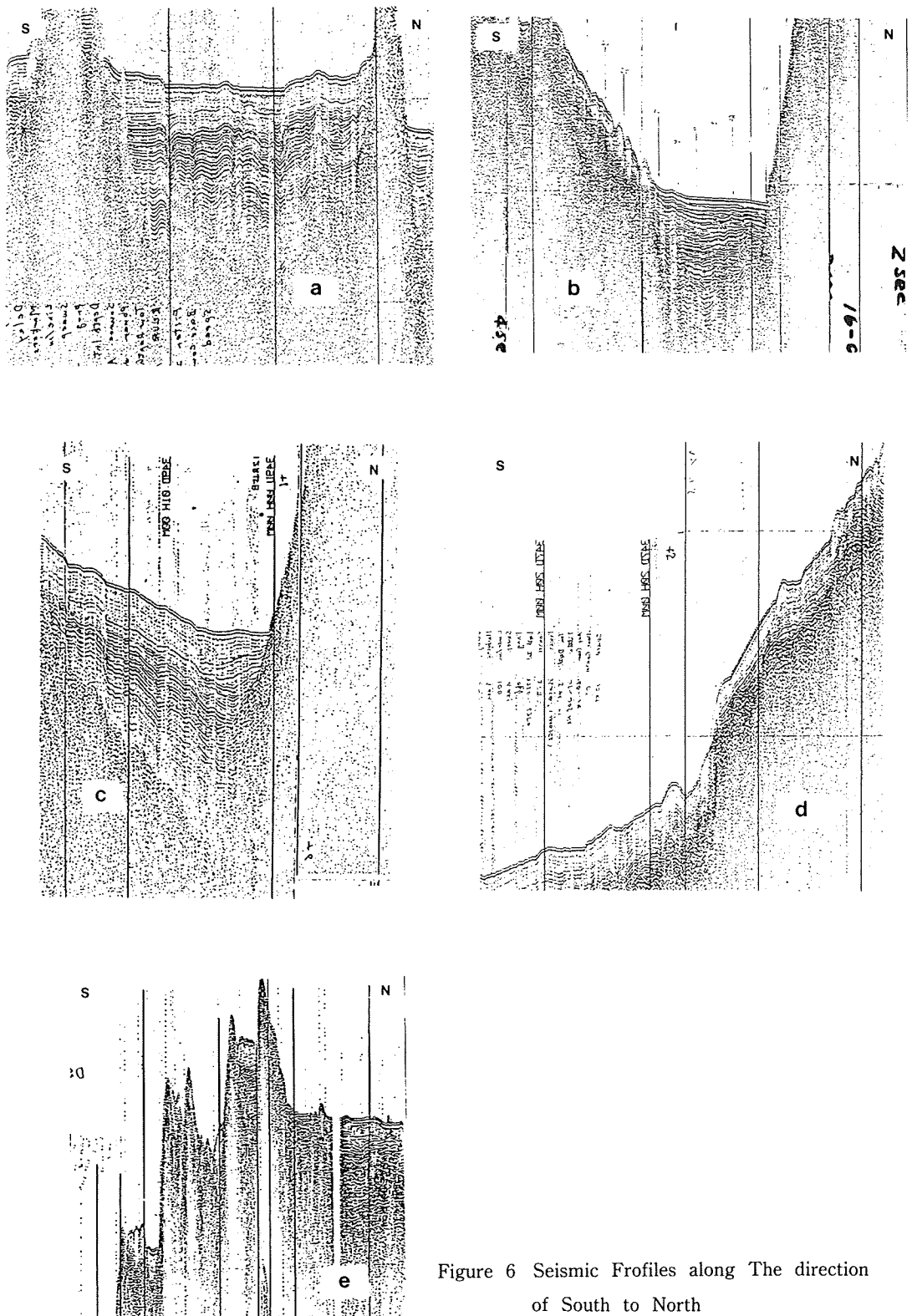


Figure 6 Seismic Profiles along The direction of South to North

この断層はN60°Wの走向であり、沖大東海嶺の地形の伸びと同方向である。またこれと交わるE-W方向の断層系があり、地溝をなしている。明らかに後者の断層は沖大東海嶺形成後に形成されたものである。堆積層は海台部を覆い、層厚はA層が約0.2秒、B層が約0.3秒である。これらがC層と不整合で接する。E-W系の断層に伴ない海丘列が形成されている。これら海丘は地溝に接し、上位置を切った。貫入岩様の形態を示す(第6図e)。

対比、本調査区域において陸地はわずかに、北大東島・南大東島の3島が存在するにすぎず、またこれらはいずれも新期の石灰岩から構成されており、海底の地層・層序と対比することはできない。一方DSDPでは、大東海嶺地溝部でSite 445の、南大東海盆ではSite 446のボーリング調査が行なわれており、それぞれ約900m、約600mのコア試料が得られている。このデータにより直接に音響的層序と岩相の対比が可能である。Site 445ではA層は鮮新世以後の遠洋性堆積物に、B層は漸新世～中新世の再堆積性のチョーク、石灰岩、泥岩に、またC層は始新世の礫岩、泥岩に対比される。C層が礫岩泥岩に対比されることは、音響的基盤と地質的基盤とは完全に一致するわけではないことになる。ただし本地点では音波伝播速度の検討により基盤の直前まで掘削が行なわれたと考えられている。Site 446ではA層は漸新世以後の遠洋性堆積物に、B層は始新世の砂岩、泥岩に、またC層は始新世の泥岩に対比される。C層の泥岩にはアルカリ玄武岩のシルが多数含まれている。このため泥岩層が音響的基盤に対比されたのであり、地質上の基盤はさらに下位に存在すると考えられる。音響的特徴からB層として一括した始新世の砂岩、泥岩層を大東海嶺脚部まで延長すると、同じ層内でアバットする関係がみられる(第6図c)。南大東海盆のA層は古第三系も含んでいるのに対し大東海嶺地溝部のA層は新第三系である。これら音響的特徴から区分された層序は時代を必ずしも反映している訳ではない。本調査では11地点で底質採取が行なわれた(第2表)。GDPなどこれまでの調査で得られた底質試料についてShiki et al (1985)がコンパイルしている。これら採泥結果と音響的層分布との比較から、A層は遠洋性堆積物に、B層は石灰質泥岩に、C層は玄武岩、閃緑岩、緑色片岩、蛇紋岩、凝灰岩等に対比される。

5. 考 察

フィリピン海は周囲を島弧-海溝系でかこまれた特異な海洋として、多くの研究者の注目を集めてきた。その中で音波探査や地磁気異常の測定、さらにはボーリング調査などにより、西フィリピン海盆がかつてセトラルベイズ断層を中心として海洋底拡大を続けていたこと、西フィリピン海盆全体が赤道付近から北上してきたことなどが明らかにされている。しかし西フィリピン海盆北西端に存在する大東海嶺群についてはその位置づけが未だ不明確である。大東海嶺からは緑色片岩や蛇紋岩など変動帯を特徴づける岩石が得られていること、奄美海台から花崗閃緑岩など酸性深成岩が得られていること、またNummulites bonienseisを含む石灰岩が海嶺、海台から得られていることなどから、大東海嶺は古第三紀初めまでは島嶼をなしており、その後沈水した「古島弧」であると考えられている。しかしこの「古島弧」を作った沈み込み帯については、大東海嶺群南側からの沈み込み(水野ほか1976)、北側からの沈み込み(Shiki et al. 1985)、あるいは南大東海盆から北側への沈み込み(Tokuyama 1983 MS)など諸説があり、見解は一致していない。本調査では奄美海台や沖大東海嶺の大部分を含んでいないため、大東海嶺群を作った沈み込み帯について直接論ぜるような証拠は得られなかった。従って大東海嶺形成後の動き、各地形区の性格について考察する。

今回の調査では、(i)大東海嶺の北側には地溝・地壘がいくつか存在する (ii)北大東海盆と南大東海盆の間には地球物理学的に大きな相違がある (iii)南大東海盆には大東海嶺と並行する海山列が存在する

Table 2 Results of Dredging

St. No.	Date	Lat.	Lon.	Depth(m)	Sampler	Sample
5801D01	Nov.10'83	24°36'7	132°02'6	3330	Chain bag	Calcareous ooz, foraminiferal sand
5801D02	Nov.10'83	25°32'0	132°04'6	2300	"	Purmice. Scoria. Mudstone
5802D01	Jan.24'84	25°23'8	132°58'1	1310	"	Mn-nodules (core:Calcareous Mudstone)
59DTC01	Apr.24'84	25°48'6	130°42'7	4590	Piston corer	Brown mud.
59DTC02	Apr.17'84	25°08'0	133°54'0	5280	"	Brown mud
59DTC03	Apr.16'84	25°59'4	133°53'3	5430	"	Brown mud
59DTD01	Apr.24'84	26°10'6	130°54'8	1690	Chain bag	Mn-nodules, Scoria (Core:Calcareous tuff)
59DTD02	Apr.22'84	24°16'6	132°02'1	1780	"	Purmice. Lappili, foraminifera sand
59DTD03	Apr.18'84	25°27'8	133°43'2	1260	"	Mn-nodules
59DTD04	Apr.18'84	24°44'1	133°39'3	1260	"	Mudstone, Andesite, Basalt Purmice, Scoria.
59DTD05	Apr.17'84	24°31'0	134°19'0	113	"	Coral reef limestone

(iv) 沖大東海嶺の北西部は海台となっており、これと交わる方向の海丘列が存在する等の知見が得られた。これらに基づき地史を考察する。

大東海嶺北側には海嶺と並行する断層が地溝・地壘をなしている。地溝部の堆積物は下位ほど粗粒で堆積速度が大きく、最下部は始新世の再堆積性砂岩・礫岩から構成されている。このことから、始新世の断層活動による急速な沈降によって地溝が形成され、これに伴う密度流が砂礫を堆積させたと考えられる。その後地溝を形成した断層は活動を止め、大東海嶺全体がゆっくりと沈降し、ついには遠洋性の堆積環境になったと考えられる。地溝堆積層の礫種はアルカリ玄武岩が多く、他には石灰岩・泥岩・緑色片岩、蛇紋岩等、大東海嶺を構成する岩石とほぼ同じものであり、これら礫は大東海嶺に由来するものと考えられる。佐藤(1981)による重鉱物分析からも堆積層が大東海嶺に由来することが明らかにされている。重鉱物としては、中新世以後の堆積層から斜方輝石が出現することから、中新世にカルクアルカリ岩系の火成活動が行なわれた可能性も考えられる。礫岩層の石基には二次鉱物としてHeulandite, Laumontite が晶出していることから、大東海嶺は始新世に沈降が始まった後も、熱的活動が行なわれていたことを示す。

北大東海盆、南大東海盆とも水深は約5000mである。しかし重力異常は前者が約0 mgalとフィリピン海の他の海盆と同じレベルであるのに対し、後者は最大約-50magalの負の異常を示す。このことから南大東

海盆は北大東海盆より厚い地殻を持つと考えられる(春日ほか1986)。地質構造も北大東海盆では褶曲構造が顕著であり圧縮の場と考えられる(第6図a)のに対し、南大東海盆では正断層・撓曲が多く存在する沈降の場となっている。南大東海盆に存在する長寿海山群は本調査の結果、海盆に分布するB層堆積以前に形成されたと考えられる。地磁気異常から推定される磁化率から、これら海山群は安山岩から成ると推察される(春日ほか1986)。

沖大東海嶺は本調査海域では海嶺の走向と同じ向きの断層により縁どられている。さらに東西方向の地溝が形成され、これに伴って海丘列が形成されたと考えられる。この時期はNummulites bonienseisを産するB層堆積後である。沖大東海嶺でも大東海嶺同様、新生代にも火成活動が行なわれていたことになる。

島弧(あるいは島弧海溝系)は、海溝・島弧系火成活動・和達-ベニオフ面の存在で特徴づけられる。しかし「古島弧」については、その定義自体が不明確である。大東海嶺からは変動帯を特徴づける高压型の変成岩を産する。しかし陸性地殻とされる酸性深成岩は未だ得られておらず、重鉱物分析でも花崗岩に産するTorumalineは認められない。大東海嶺は島弧としては規模が小さく志岐ら(1977)が指摘するように、未成熟のまま活動を停止した島弧だったのかもしれない。大東海嶺群全体で見ると、北大東海嶺はフィリピン海の他の海盆と似た地殻の厚さだと考えられることから、縁海と考えられよう。一方南大東海盆は中性火山岩から成る海山を含み厚い地殻を持つことから、前弧海盆の性格を持つと考えられる。

6. まとめ

大東海嶺周辺の大陸棚調査の結果明らかにされた地形・地質は以下のようにまとめられる。

- (1) 大東海嶺は南北断面でみると著しい非対称となっている。北側は地溝・地塁がくり返し段階状の地形を呈するが、南側は直線的な急傾斜になっている。
- (2) 南大東海盆と北大東海盆では多くの点で違いが見られる。北大東海盆はフィリピン海の他の海盆底と似ているが、南大東海盆はそれに比べ陸的な性格を持つ
- (3) 南大東海盆は全体に北落ちの傾斜がみられる。これは海盆が北側を中心として相対的に沈降したためである。また海盆には海山列がみられる。これら海山は北大東海盆が沈降する以前から存在していた。
- (4) 沖大東海嶺北西部は海台地形である。海嶺を形づくっているN60°W方向の断層が活動した後、E-W方向の断層が活動し、これに伴って沖大東島を含む海嶺最浅部が形成された。

本稿を終るに当たり、本調査に従事された測量船「拓洋」の船長以下乗組員の方々及び調査班の方々、また本稿をまとめるうえで終始御助言下さった大島章一大陸棚調査室長に心からお礼申し上げます。

参 考 文 献

Aoki H., Ishikawa A., 1985; On the igneous rocks dredged in the Daito ridge group and the Kyushu-Palau ridge in the GDP cruises, Geology of the Northern Philippine Sea. Tokai univ. press, p.p. 42-49.

春日茂, 金子康江, 大島章一 1986: 大東海嶺周辺海域の地磁気・重力異常, 水路部研究報告No.21, (投稿中)

小林和男, 1983: フィリピン海のお底地学, 地質学論集22, 159-165ページ

Marsh N. G., Sounder Ad., Terney J., 1980: Geochemistry of basalts from the Shikoku and Daito

- basins, Initial rep. DSDP 58, p.p. 805-842.
- 松田准一 1983 : フィリピン海の絶体年代とSr同位体比, 海洋科学, vol.15, 473-477ページ
- 三踏良文 1976 : GDP航海における海底地形と地質, 海洋科学, vol.7, 470-478ページ
- Misawa Y., Aoki H., Kuroki S., 1985 : Results of seismic reflection profilings and dredge works around the Daito ridge group. Geology of the Northern Philippine Sea, Tokai univ. press.
- 水野篤行, 奥田義久, 玉木賢策 1976 : 大東海嶺群域の地質とその起源に関する問題
琉球列島の地質学的研究1, 177-198ページ
- 水野篤行, 奥田義久, 玉木賢策, 木下泰正, 野原昌人, 湯浅真人, 中島信久, 村上文敏, 寺島進世意, 石橋嘉一 1976 : 大東海嶺群域の海底地質と地史についての一試論(1)海洋科学, vol.7, 484-491ページ
- 水野篤行, 奥田義久, 玉木賢策, 木下泰正, 野原昌人, 湯浅真人, 中島信久, 村上文敏, 寺島進世意, 石橋嘉一 1976 : 大東海嶺群域の海底地質と地史についての一試論(2), 海洋科学, vol.7, 544-548ページ
- Mizuno A., Okuda Y., Nagumo S., Kagami H., Nasu N., 1978 : Subsidence of the Daito ridge and associated basins, North Philippine Sea, A. A. P. G.29, p.p. 239-243.
- 村内必典, 1975 : フィリピン海の海底地殻構造, 海洋科学, vol.7, 537-542ページ
- 永野真男, 桂忠彦, 池田清, 林田政和, 春日茂, 小山薫, 宗田賢二, 打田明雄, 1985 : 大東海嶺西部の大陸棚調査速報, 水路部技報No.2, 26-33ページ
- Nisterenko G. V. 1980 : Igneous rocks from the conglomerates of DSDP site 455, Initial rep. DSDP 58, p.p. 791-804
- Sato Y. 1980 : Heavy mineral composition of tertiary sediments at deep sea, DSDP site 455, Initial rep. DSDP 58, p.p. 661-668.
- 瀬川爾郎 1977 : フィリピン海とその周辺島弧の重力・地殻・マントル, 海洋科学, vol.8, 206-212ページ
- 志岐常正, 青木斌, 三沢良文, 1976 : 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, 海洋科学, vol.8, 163-167ページ
- Shiki T., Mizuno A., Kobayashi K., 1985 : Data listing of the bottom materials dredged and cored from the Northern Philippine Sea, Geology of the Northern Philippine Sea, Tokai univ. press, p.p. 23-47
- Shiki T. 1985 : Further geological problems concerning the Northern Philippine Sea, Geology of the Northern Philippine Sea, Tokai univ. press, p.p. 270-280.
- 内田摩利夫, 荻野卓司, 池田清, 永野真男, 林田政和, 小山薫, 春日茂, 宗田賢二, 富安義昭, 宗田孝次, 福島秀生, 白井宣好, 川井仁一, 1985 : 大東海嶺東部の大陸棚調査速報. 水路部技報No.2, 34-41ページ