

伊豆・小笠原海溝の前弧斜面の潜航結果 — 鯨骨生物群集 —

藤岡換太郎*¹ 和田 秀樹*² 森田 澄人*³
篠原 雅尚*³ 小泉 聡子*²

伊豆・小笠原弧中部において潜水調査船「しんかい6500」による潜航調査が初めて行われた。潜航の事前調査としてマルチナロービームによる海底地形の精査が行われた。海側斜面は太平洋プレート最古の部分が沈み込んでおり、ここでは日本海溝の海側斜面に見られるよりも規模の大きい地塁・地溝構造が観察された。潜航は前弧の鳥島海山と須明海山で行われ、ここでは蛇紋岩類と炭酸塩の堆積物が発見されたが活動的なチムニーは発見されなかった。このことから鳥島海山と須明海山は蛇紋岩のダイアビルからなること、そして現在はその活動を停止していることが明らかとなった。

同じ蛇紋岩海山の鳥島の頂上付近から歯鯨の背骨22個と顎の骨1個が発見され、その骨の表面には熱水や冷湧水生物群集と極めてよく似た生物群集が発見され、「鳥島鯨骨生物群集」と名付けられた。このような生態系は、骨の中に含まれる脂肪酸の分解によってできるメタンに依存していること、そしてこのような生物群集は広大な深海底の生物の伝播にとって飛び石の役割をしていることが強く示唆された。

前弧の基盤が露出している水深6,500メートルの地点からはドレライトが発見され、海洋性の鳥島の基盤岩を考えるうえで大きな材料を提供した。

Dive Results of the Forearc Slope of the Izu-Bonin Arc — Whale Bone Animal Community —

Kantaro FUJIOKA** Hideki WADA** Sumito MORITA**
Masahisa SHINOHARA** Akiko KOIZUMI**

The Izu-Bonin Arc was surveyed by the submersible "Shinkai 6500" in the middle part. As a pre-dive survey, precise topographic survey was performed by multi-narrow beam system and the old Pacific Plate has larger horst-and-graben structures than those of the Japan Trench seaward slope. Dives were

*1 海洋科学技術センター深海研究部

*2 静岡大学理学部地球科学教室

*3 東京大学海洋研究所

*4 Deep Sea Research Department, Japan Marine Science and Technology Center

*5 Shizuoka University

*6 Ocean Research Institute, University of Tokyo

carried out at the Torishima and Sumyo seamounts whose trends are parallel to the trench axis. Results may confirm that the Torishima and Sumyo seamounts consist mostly serpentinites and small amounts of carbonate rock but the active chimneys were not found out at these seamounts. These evidences support that these seamount consist of the serpentinite diapir like Mariana forearc seamounts such as Conical and Pacman and the activity of diapirism now stopped.

22 backbones and one jaw bone of the teeth whale were found near the summit of the Torishima seamount together with queer deep sea animal community which was quite similar to the hydrothermal and cold seep ones and this community was named by the Torishima Whale Bone Animal Community, TOWBAC. This kind of animal community may be sustained by methen which are derived from the lipids of the whale during anoxic conditions. Moreover, this kind of animal community may play important role of the stepping stone of animals in the vast deep sea environment.

Basement rocks which were recovered from the limit depth of the submersible were doleritic basalt which offer significant information about the origin of the oceanic island arcs.

1 はじめに

伊豆・小笠原弧は南北に800km以上連なる島弧—海溝系で島弧全体は2つの大きな構造線、青ヶ島構造線（藤岡ほか，1990）。と娯婦岩構造線（湯浅・村上，1985）によって北部，中部，及び南部の3つのセグメントに区分される（図1，2）。3つのセグメントでは表1に示すように地殻の厚さ等の地球科学的性質が異なる（藤岡，1992）。伊豆・小笠原弧では従来「しんかい2000」によって伊豆海嶺の潜航調査が行われてきた。米国の潜水調査船「アルビン」が1987年にスミス凹地などで一連の潜航を行った。本格的な海溝域の潜航研究は「しんかい6500」の登場を待たねばならなかった。1992年島弧横断潜航の一環として「しんかい6500」はODPの掘削などデータのよくそろった伊豆・小笠原中部の航海に出かけた。ここでは8回の潜航が予定されていたが台風のため半分の潜航しかできなかった。それでも、伊豆・小笠原弧中部域の鳥島海山，須明海山，前弧斜面の基盤から新しい知見が得られた。またマリアナ北部や、小笠原海台でも潜航が行われ多くの成果が出てきたがそれらは本報告書の別の論文にゆずる。

小論では伊豆・小笠原前弧での潜航の結果を記

載し、特に鳥島海山で見つかった鯨骨生物群集について考察を加えた。

2 鳥島海山

鳥島海山は鳥島東方約150kmの伊豆・小笠原海溝前弧域にある海山である（図1）。しかし海上保安庁水路部発行の海底地形図「日本南方海域」には描かれていない（海上保安庁水路部，1991）。鳥島海山の地形については、国際深海掘削計画（ODP：Ocean Drilling Program）第125，126節の航海の事前調査の際に調査された（Taylor and Fujioka et al., 1990；Fryer, Pearce and Stokking et al., 1990）。鳥島海山の詳細な地形調査は、東京大学海洋研究所の白鳳丸KH92-2次航海で行われた。その際鳥島海山から伊豆・小笠原海溝海側斜面に至る帯状地域のシービームによる海底地形の調査が行われた（図3）（Shipboard Scientific Party, 1993）。また今回潜航の後、前弧の青ヶ島海山から鳥島にかけての海山群地域で、「よこすか」によるマルチナロービームの調査が新たに行われ、地形的な特徴が明らかにされた（図4）。海溝を横断する方向での地形断面を図5に示す。海溝海側斜面の地塁・地溝の構造が日本海溝より

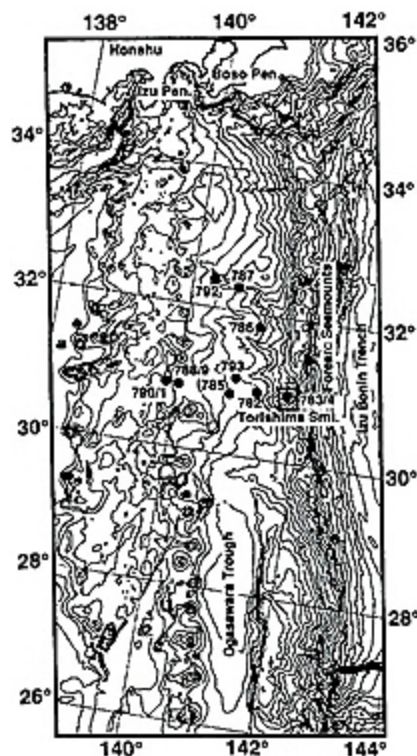


図1 伊豆・小笠原弧の地形と鳥島海山の位置。黒丸はODP第125, 126節の掘削地点。太棒で囲まれた地域は「しんかい6500」で潜航を行った地域を示す。

Fig. 1 Topographic map of the Izu-Bonin Arc and the location of the Torishima Seamount.

も顕著であり、水深の深い部分にまで認められる。それらの地形図を見ると(図4, 5), 前弧の斜面とくに伊豆・小笠原弧中部には南北に並んだ特徴的な海山が存在するので、これを仮に「前弧海山群」と呼ぶ。そして、青ヶ島のすぐ東方にある海山が海上保安庁水路部によって「青ヶ島海山」と名付けられているので、以下順に南に島の名前と2つの島の漢字をとって、明青海山, 明神海山, 須明海山, 鳥須海山と名付けた(図6)。鳥島海山は北緯31°52'Nから北へ連なるこれらの前弧海山群の南端に位置する。前弧海山群は、従来の研究から玄武岩安山岩などの火山岩ではなく、蛇紋岩からなる特異な海山であることが明らかになっている(Hussong and Fryer, 1983; Fryer and Hussong, 1985)。

図7は海溝の海側斜面から陸側前弧にかけての

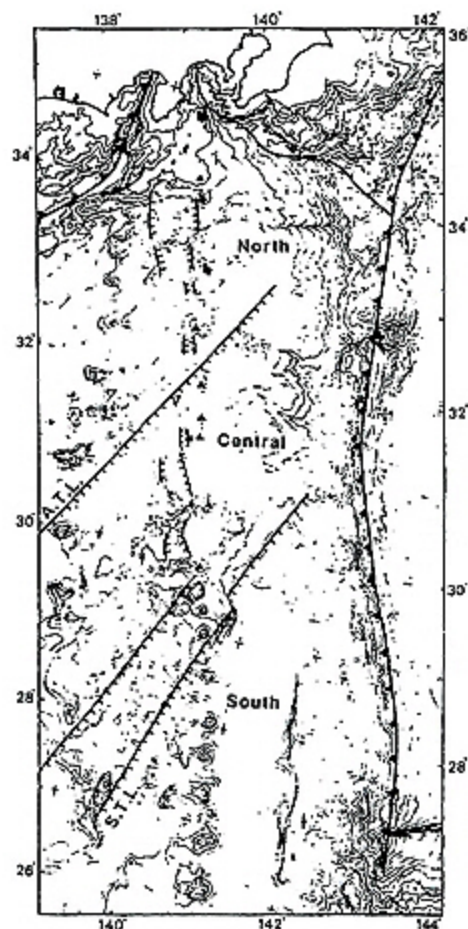


図2 伊豆・小笠原弧の地形構造区分。A.T.L.は青ヶ島構造線, S.T.L.は綿綿岩構造線, けばのついた線は断層と、背弧リフトを示す。A.T.L., S.T.L.により北部, 中部及び南部の3つの地域に分けられる。

Fig. 2 Tectonic division of the Izu-Bonin Arc. ATL: Aogashima Tectonic Line; STL: Sofugan Tectonic Line. Lines show the faults and backarc rifts. The Izu-Bonin Arc is divided into three blocks from north to south, northern, middle and south by the ATL and STL.

地形的な特徴をまとめたもので、前弧海山群の内側には平坦なTerrace basinが、前弧斜面から海溝底にかけての斜面の崩壊、海側斜面の地塁・地溝が描かれている。これらの前弧海山群の鳥島海山は、陸側斜面の水深4,700m付近の基部から最浅所4,000mに至る楕円錐の山体を呈しており、その高度差は約700mである(図8)。東京大学海洋研究所のシービーム地形図によれば、尾根は

表1 青ヶ島構造線と綿綿岩構造線によって区切られた伊豆・小笠原弧の3つの構造ごとの地球科学的特徴

Table 1 Geotectonic characteristics from each block which is divided by the Aogashima Tectonic Line and the Sofugan Tectonic Line.

	NORTH	CENTRAL	SOUTH
Water Depth	shallow	middle	deep
Crustal Thickness	thick (30-40km)	middle (18km)	thin (15km)
Volcanic Rock	Th & Ca	Th	Th
Peak of Volcanism	< 3 Ma	< 6 Ma	Eo-Oligocene
Topographic Characteristics	en echelon	Nishinoshima trough	none
Outer Arc	Banks	none	well developed islands
Arc-Trench Gap	213km	188km	235km
Moho	7.7km/s	8.3km/s	7.9km/s

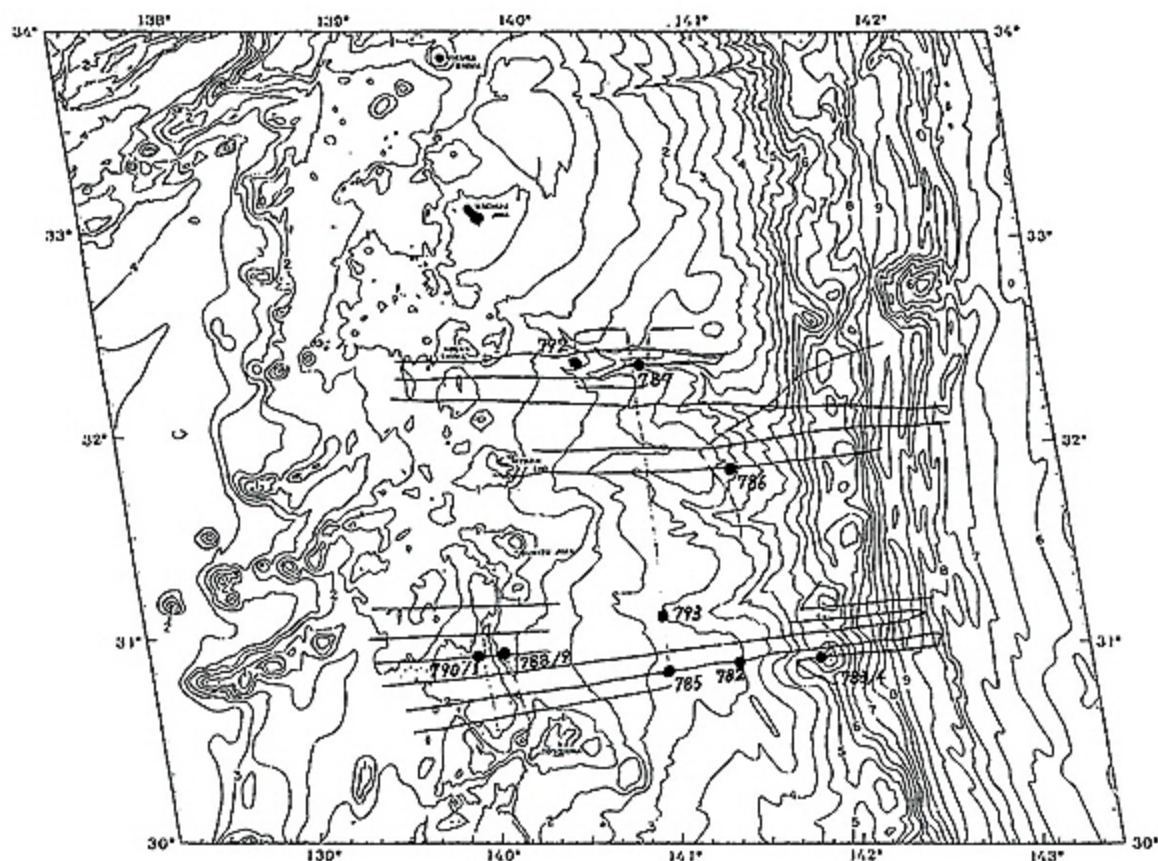


図3 調査海域の地形。黒丸はODP第125, 126節の掘削地点。実線は音波探査の測線を示す。
Fig. 3 Topography of the surveyed area. Solid circles show the ODP Drill sites.
Solid lines show the seismic profile lines.

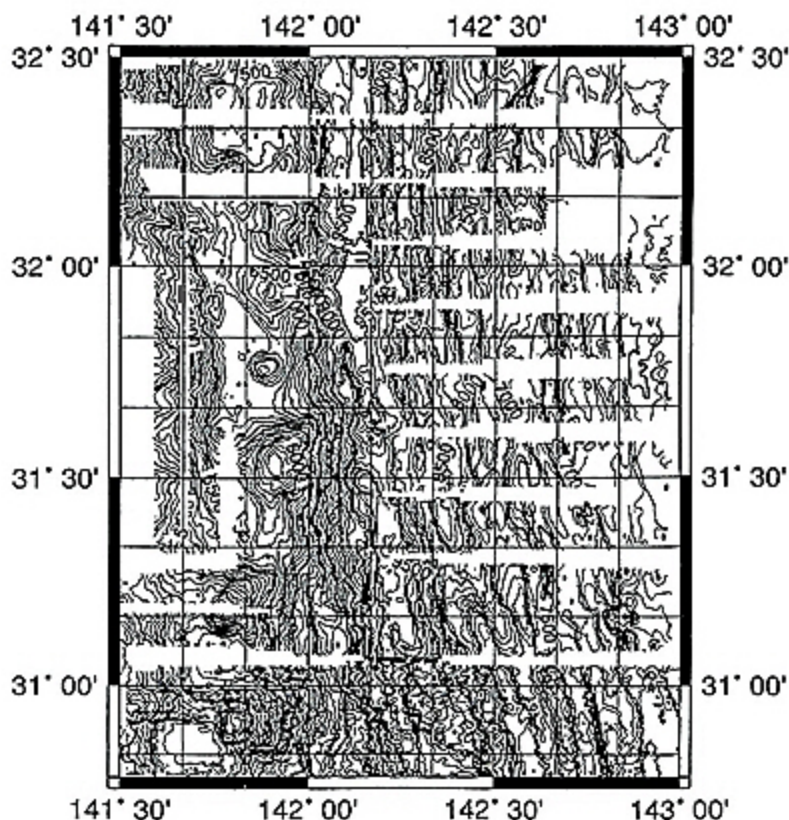


図4 「よこすか」のマルチナロービームによる青ヶ島海山から鳥島海山にいたる前弧弧と海側斜面の海底地形。コンターは100m

Fig. 4 Topographic map of the forearc and seaward slope from the Aogashima to the Torishima by the Multi-narrow beam of the mother ship Yokosuka. Contours are every 100m.

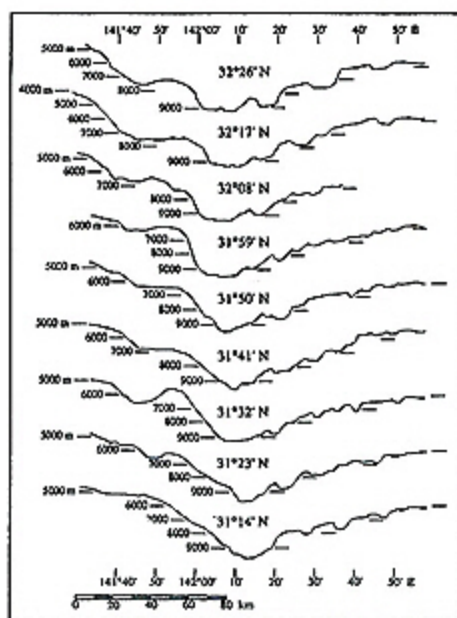


図5 図4の範囲の伊豆・小笠原弧の東西地形断面図

Fig. 5 East-west topographic cross section of the Fig. 4 map.

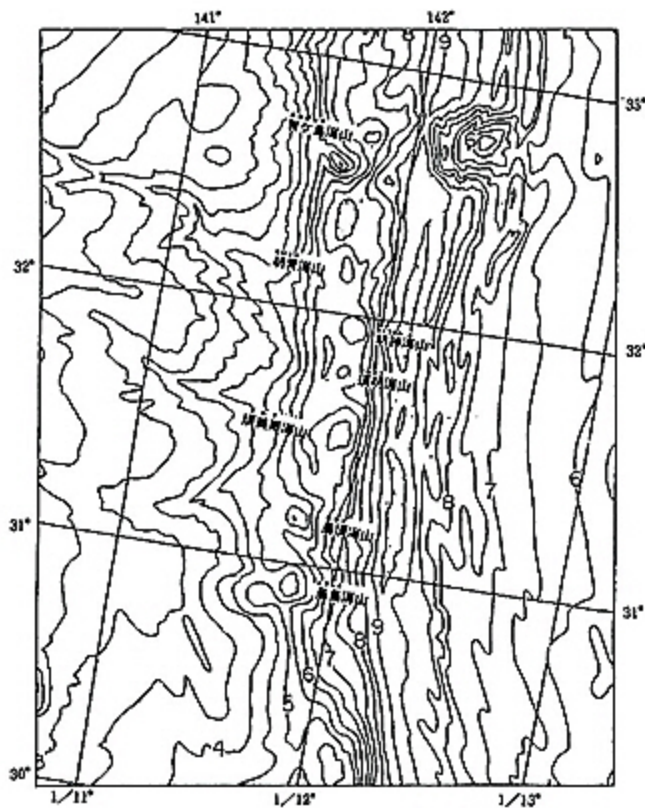


図6 伊豆・小笠原弧の前弧海山群の海底地形と海山の新名称
 Fig. 6 Topographic map of the forearc seamount group and their new names

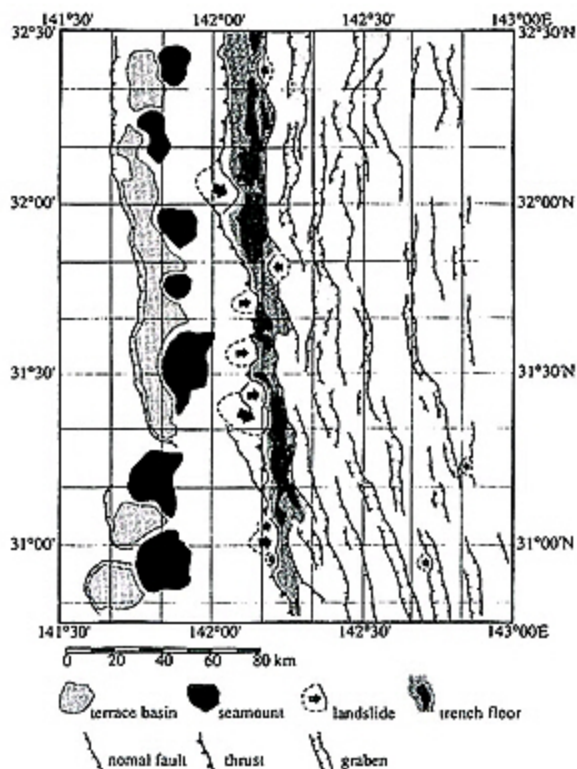


図7 図4の範囲の海底地形図による地形解釈図
 Fig. 7 Topographic implication by the Fig. 4 topographic map.

40°と220°の方向に伸びており、頂上には長さ1 km程の3つの小さな嶺が存在する。北の2つの嶺の頂部から40°方向へ伸びる顕著な尾根が2本認められ、北側の尾根は約10kmも連なる。尾根の南西端は巨大な崩壊地形となっている。海山の最浅部は3,980 mである。南西の斜面には、水深4,400~4,600 mにかけて幅約1.5 kmの小さな高まりが山体の南西部を取り巻くように分布している。斜面には小規模な崩壊地形や小さなステップが認められる。また、断層に起因すると考えられる急崖が、北西-南東方向に認められる。

図9, 10は鳥島海山を東西と北東-南西方向に切った地形断面である。断面には西側の斜面の方がやや急であることが示されている。また、A-A'断面では頂上のやや平坦な面の上に、嶺が突き出している様子がわかる。ODP第125節の事前調査で行われたマルチチャンネル音波探査記録を見ると、山体の地下は複雑な形を呈しており、山体の西側は厚い堆積物に覆われている (Taylor and Fujioka et al., 1992)。鳥島海山では、国際深海掘削計画 (ODP) 第125節によって山体の西側及び北西側の裾で掘削が行われ、2本の連続柱状試

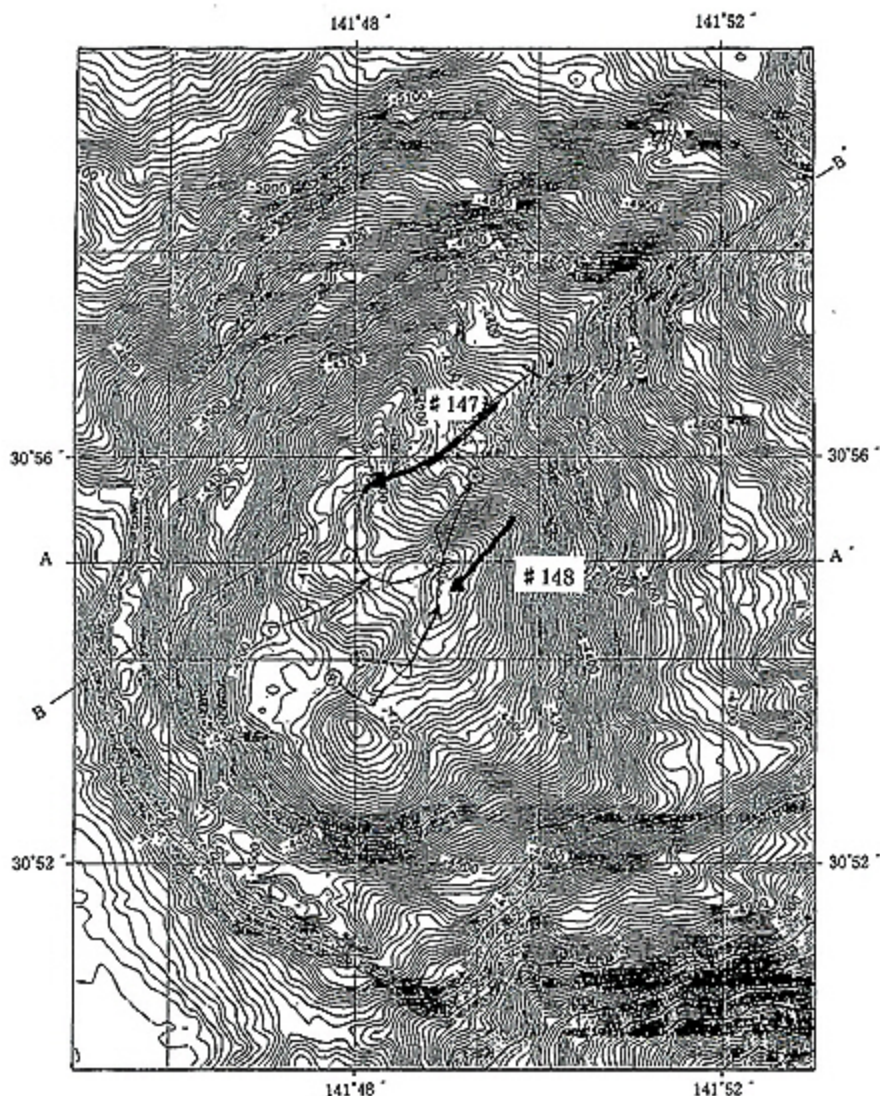


図8 鳥島海山の地形と第147,第148潜航のルートマップ。A-A', B-B'は図9, 10の地形断面の位置を示す。

Fig. 8 Topography of the Torishima Seamount and the dive 147 and 148 ship's tracks. A-A' and B-B' show the location of the cross section.

料が得られている(掘削点783と784)。それによると、山体は掘削点783では120mの鮮新世以降の堆積物に、掘削点784では320mの中期中新世以降の堆積物に覆われている。この事実は音波探査の記録とよく一致しており、蛇紋岩のダイアピルの活動が古くに行われ、現在は活動的ではない可能性を示唆する(Fryer, Pearce and Stokking et al., 1990)。

マリアナ海溝前弧域のコニカル海山やバックマ

ン海山からは、蛇紋岩のほかに、サーペンティンフローのマトリックス中に、異質岩片として高圧の変成岩(藍閃石片岩)や炭酸塩岩、玄武岩、チャートなどが得られている(Fryer, Pearce and Stokking et al. 1990)。従って、今回の鳥島海山での「しんかい6500」を用いた潜航調査の当初の目的は、蛇紋岩とその分布の確認及び炭酸塩チムニーの有無の探査等であり、その結果をマリアナ海溝の前弧の蛇紋岩海山と比較することであった。

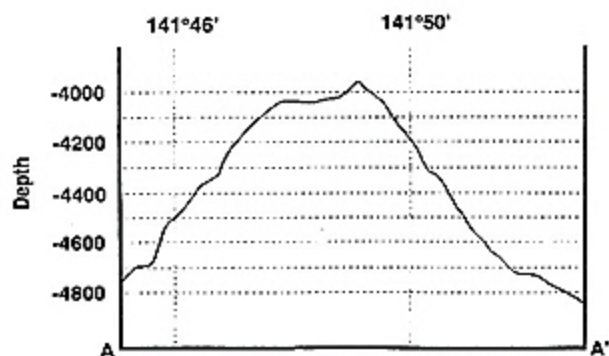


図9 鳥島海山の東西地形断面。断面の位置は図8に示した。

Fig. 9 East-west topographic cross section of the Torishima Seamount. Location is shown in Fig. 8.

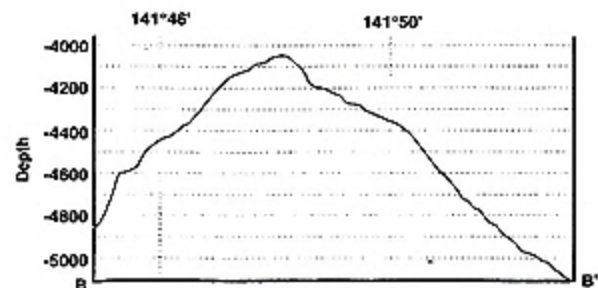


図10 鳥島海山の地形断面（北東-南西）。断面の位置は図8に示した。

Fig. 10 North-south topographic cross section of the Torishima Seamount. Location is shown in Fig. 8.

3 潜航の結果

鳥島海山では、2回の潜航（第147と148）が行われた（図8，11）。第147潜航では北東の斜面より頂上に向かい、その後北側の頂上から北東に延びる尾根を潜航した。第148潜航は、東の斜面の上部から頂上に至った後、第147潜航の航跡を南側に約2 km平行にずらしたルートをとった。

第147潜航では、まず白い堆積物に覆われた斜面に着底した。堆積物の厚さは、柱状採泥器による採泥からみて少なくとも10cmはあった。堆積物の主体は細かい粘土質の物質からなることが、潜水船着底時に多量の堆積物を巻き上げることから推定された。堆積物の表面には生物の遺跡、巣穴、糞が数多く見られた。生物としては巻き貝が認め

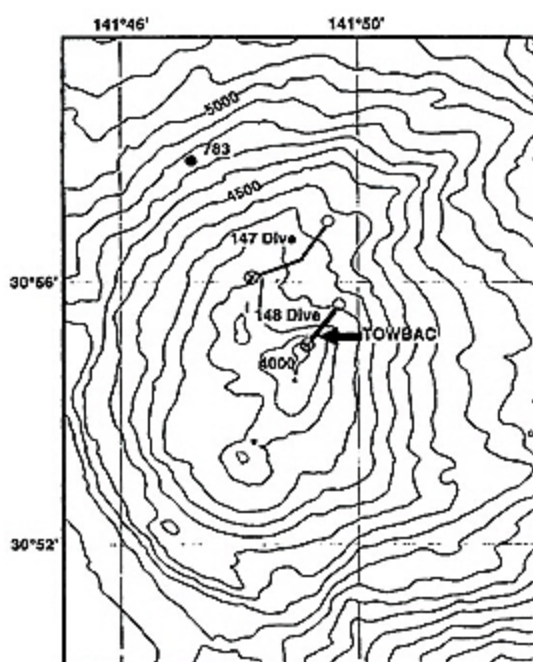


図11 鳥島海山の海底地形の概略と潜航のルート。白丸は着底地点、白丸に×は離底地点、黒丸はODPの掘削地点を示す。

Fig. 11 Outline of the topography of the Torishima Seamount and route of the dive. Open circle shows the landing point and open circle with × shows the leave bottom and solid circles are the ODP drilling sites.

られた。斜面はおおむね平滑で厚い堆積物に覆われていた。1～3 m程度の小さなステップが見られる斜面では、約60°程度傾斜していたにもかかわらず、堆積物に覆われていた。この段差が、断層によるものか、あるいは崩壊によるものかは断定できないが、前者の可能性が強い。海底面には円礫と角礫が散らばっているのが見られ、礫が集積しているところもあった。地形的に段になっているところには露頭が見られた。地形的に崩壊の跡を示す堆積物が所々に見られた。堆積物の断面の一部から土石流堆積物の様相がうかがわれ、表面に散らばっている巨礫はおそらく土石流の細粒部が洗われて、中に含まれていた礫が海底面に露出したものと考えられる。また強い流れを示すリップルマークが至る所で観察された。頂上付近の段差には堆積物の被覆がなく、直接露頭が観察できる場合には、斜面から運ばれた小規模なラブルフローや成層した地層が認められた。水深4,076 m

付近には蛇紋岩の露頭が見られ、その上位には白い炭酸塩岩と思われる地層が見られた。

蛇紋岩の露頭は黒っぽい超塩基性岩と変質した蛇紋石類の粘土鉱物の混合したもので、崖のすぐ下には超塩基性岩のラブルフローが見られた。超塩基性岩は著しくシアーを受け蛇紋岩化している。露頭の状況は三波川変成岩帯や秩父帯に見られる超塩基性岩体の風化したものと極めてよく似ている。白い炭酸塩岩と思われる地層はほぼ水平で、山体の斜面の方向にわずかに傾斜している。この地層がどのような鉱物からなるか検討が必要であるが、全体の観察からチムニーの崩壊堆積物が固結して形成されたものと思われる。頂上付近では、白い炭酸塩岩と思われる地層の中に、黒っぽい蛇紋岩らしい礫が含まれていた。

以上の事実より、鳥島海山は古い時代に蛇紋岩を噴出し炭酸塩チムニーを形成したが、現在は活動的ではなく、後に厚い堆積物に覆われたものと考えられる。

第148潜航の着底点は、潜航記録によると水深4,154mであるが、マルチナロービームの地図上では斜面のテラスから急斜面への駆け上がり部に位置しており、水深はほぼ4,190mになる。今回の潜水艇の位置決めは、母船「よこすか」のGPS等による位置をもとにしているSSBL方式であり、トランスポンダーによる計測と最大200~300mの食い違いがあると思われる。地図の深度と地形が正しく、潜航艇の実測深度も正しいとすると、真の着底位置は地図上の着底位置の約200m南西の斜面中腹となる。

「しんかい6500」は最初かなりの急斜面に着底した。着底点から20m程上昇すると、海底地形は比較的平坦になり、比高2~3mで幅十数mの地滑りによる溝状の構造が認められた。ここでは、マルチナロービームによる海底地形図にはほとんど現れない小さな崩壊地形がたくさん見られ、斜面が何度も小規模に崩壊したことがうかがわれた。その後、緩やかに起伏しながら平滑な斜面を上昇すると、所々に地滑りによると思われる幅広い溝があり、その断面に蛇紋岩デブリフローの断面が見られた。水深4,050m位まではゆるく傾斜する地形で、鳥島海山の頂上を300m程かすめながら南側斜面を上昇していった。途中浅い谷地形を横

切り、蛇紋岩の大きな露頭につき当たり、さらに平坦面が続いた。強い流れを示唆するリップルマークも観察された。着底点の補正の結果、離底点はほぼ山頂付近と推測される。

東側山頂近くの北東に延びる斜面には露頭が認められた。目視観察された山頂付近の表層は、おおむね遠洋性の軟泥に覆われている。斜面に沿って角礫から円礫まで様々な形態を持つ蛇紋岩の礫やブロックが認められた。これらの大きさは、小石からブロック大まで極めて変化に富んでおり、崖堆積物あるいはデブリフローというべきものであろう。蛇紋岩の礫やブロックが露出する場所はいずれも多少地形的に高まっており、付近にリップルマークがあることから、底層流によって表面が洗いだされてしまった所と考えられる。着底点から4,050mまでにしばしば見られる蛇紋岩の礫やブロックは、表面が風化され白っぽい粘土に覆われているものも多い。また蛇紋岩の周りは風化されて白く粘土化した物質でマット状に覆われている。しかし、山頂付近の蛇紋岩の大きな露頭は、かなり新鮮であり風化していない。斜面の礫やブロックは、堆積物のなかで炭酸を含む流体と接触して風化が進み、斜面崩壊に伴い海底面に露出したものであろう。山頂付近の新鮮な露頭は、比較的最近に断層運動などテクトニックな活動によって露出したのかもしれない(写真7, 8)。

蛇紋岩の炭酸塩化の程度について、山体の各所で採取された3個の試料を比べてみた。山体の外側で取られた試料R-001は5mmほどの頁岩質の碎屑岩脈を持つ蛇紋岩で、多くの炭酸塩脈によって切られている。試料R-001より、山頂よりの斜面で得られた試料R-002は変質した蛇紋岩で、少ないながら割れ目が認められる(写真10)。割れ目は炭酸塩により満たされている。山体頂上付近で得られた試料R-005には割れ目は認められないものの、切断面に酸をかけるとわずかに気泡が観察される。以上の事実は山体の外側ほど割れ目が多く、炭酸塩脈がより発達している可能性を示唆する。試料数が少ないのではっきりしたことは分からないが、炭酸塩脈が変形構造の激しいものに多いのか、山体の場所の違いによるのかは、炭酸塩脈形成の時期との関係で重要な情報となる。

本潜航中に白いサイコロ状の物質が並んでいる

のが確認された。近寄って観察すると、それにおびただしい生物が付着していることがわかり、後に白いサイコロは鯨の背骨であること、そしてこれが極めて稀に発見された生物群集であることがわかった(写真3-6)。

須明海山の潜航結果

第149潜航：10月3日(土) Brian Taylor (ハワイ大学)

須明海山は古く泥質の堆積物によって覆われている。冷水の湧出も炭酸塩のチムニーも蛇紋岩のフローも見つからなかった。時折、スランプが見られ、特に海山の南斜面には半固結の泥岩や基盤のブロックが見られた。それらは玄武岩や蛇紋岩であった。

これらの潜航結果から伊豆・小笠原の前弧海山が蛇紋岩からなり、マリアナのコンカル海山が活動的なのに対して現在はほとんど活動していないことが結論される。

前弧の基盤がどのような岩石からなるのかを第150潜航で調査した。これは海洋性の島弧の基盤が直接海底に露出している可能性のある地点が選ばれた。以下はその記載である。

前弧基盤の潜航

第150潜航：10月5日(月) Susan DeBari (ハワイ大学)

- (1) 海溝内側斜面の下部は生物攪拌を受けた泥で覆われている。
- (2) さらに上位の崖は輝緑岩の露頭でできている。
- (3) サンプルした地点では深成岩は見られなかった。

調査した最深部(水深6,491~6,420m)は生物攪拌を受けた堆積物で覆われていて露頭は見られなかった。着底点付近の海底から火山角礫岩の巨礫が得られた。堆積物の表面には生物の巣穴、ナマコの遺跡、ガラス海綿などが見られた。水深6,420mより浅い部分では巨礫の数が増え始め露頭が観察された。露頭はよく成層し斜面の下る方向に20°傾いており、急斜面を形成している。ここで得られた岩石は細粒の輝緑岩であった。さらに上位の水深6,400~6,383mの範囲では露頭が多くなる。露頭は最大10mの急崖を形成しておりサンプリングは困難であった。それらは輝緑岩ない

し玄武岩であった。巨大な層状構造がみられその方向はN30°Wで傾斜は20°Wである。急崖の頂上には柱状節理に似た節理が観察された。調査地域には深成岩は見られなかった。このことには2つの可能性がある。1) もし輝緑岩の年代が始新世で深成岩を欠くとすれば、海溝内側斜面の前弧の基盤が大変浅い所に露出していることになり、海溝斜面のDowndroppingが起こっていることになる。2) もし輝緑岩がもっと若い年代ならそれは深成岩にせよ火山岩にせよ古くて余り露出していない基盤に貫入したことになり、海溝斜面のこのようなレベルに輝緑岩が露出していることを説明するのが難しい。さらに研究が必要である。

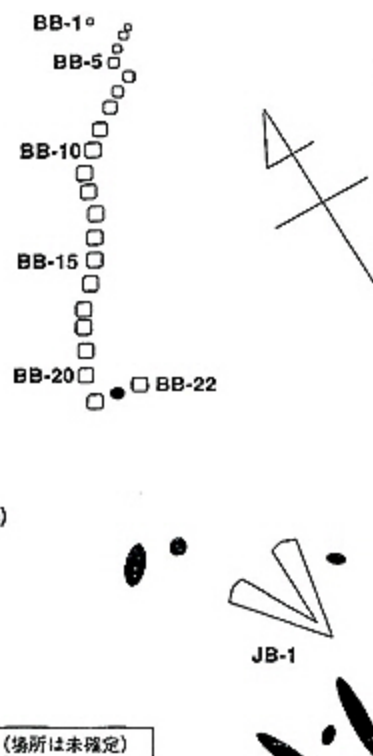


図12 鯨骨群集の平面分布。BBは背骨、JBは顎の骨を表す。BB-22は第148潜航で得られた試料採取地点と試料名を示す。

Fig. 12 Distribution of the whale bones. BB ; Back bones, JB ; Jaw bone. BB-22 is the sampling point of the dive 148 and sample name.

4 鯨骨群集

第148潜航で鳥島海山の頂上付近から鯨の骨と、それに群がる生物群集が発見された。鯨骨群集の発見は、サンタカタリナ海盆で発見されたものに次いで世界で2番目のものである。潜航中にこの鯨骨群集の付近で見られた生物は、以下の2つのグループに分けることができる。すなわち(1)潜航中に会った単独で見られた生物、(2)鯨骨遺骸に群がる、あるいはその付近にいる生物群集である。

(1) 潜航中に会った単独で見られた生物

約1.7kmの航跡に沿って、多様な生物が見られた。魚類については、ソコダラ、イトヒキイワシなど潜航中十数個体を確認した。甲殻類はソコチヒロエビのほか、数cmの透きとおったエビや、さらに小さなプランクトンのような個体も観察された。泥層の上にはナマコ類が4~5個体確認された。泥層の上には白いチューリップのようなカイメンが点々と10個体以上観察された。ヒトデは腕の細いクモヒトデを始めとし、星形のヒトデ等20個体以上が確認された。その他、蛇紋岩の礫やブロックに付着した石灰藻がよく見られた。また、生物の糞や遺跡などの生痕はほとんどすべての泥層の上に見られ、特に生物が排出する泥によってできる円形の小さなマウンドや、小礫が六角形に並んだ幾何学模様様が海底面に認められた。

(2) 鯨骨遺骸に群がる、あるいはその付近にいる生物群集

鳥島海山の山頂近くの水深4,036m付近で細粒の泥に覆われた平坦部に、全長約8mの鯨の骨が発見された。鯨の骨は、図12に示すように、ある方向性を持って分布している。骨は直線状に並んだ脊椎部と(写真1, 2)、それから2~3m離れた顎の部分に分かれている(写真6)。脊椎部ではほぼ直線状に20個のサイコロ状の骨が並んでいて、BB-1とBB-2(写真9)の2個がそこから外れて分布している。背骨は全部で22個見られたが、各々の間隔は必ずしも等間隔ではない。骨は著しく変質しているため、同定困難であったが、写真から齒鯨の一種と推定された(宮崎私信)。新鮮な鯨の骨は決してサイコロ状ではなく、このような形態になったのは、1)炭酸塩補償深度近くの海底で骨が溶けた、2)生物が食い尽くした、

の2つの可能性が考えられる。背骨と顎の骨の間には約3mの骨のない部分が観察されており、なぜこの間に骨がないのかは、肋骨が全く見られないことと併せて現段階では謎である。この生物群集を構成している種は、ヒトデ、ウニ、カイメン、ナマコ、コシオリエビ、二枚貝(大小2種)、巻き貝、ゴカイ等である。1辺が15cm程度の白いサイコロ状の脊椎には、それぞれ数匹のコシオリエビや数十個体の二枚貝などが群生しており、顎に集まっていた11個体とあわせて生物固体数は55個体を数えた。生物は、移動性のコシオリエビと巻き貝、付着性の二枚貝と腔腸動物及びゴカイ等に分けられる。コシオリエビは鯨の群集に近づく手前10m辺りからすでに泥の上にもその姿を観察することができ、また群集地点から100mほど南西の蛇紋岩露頭の前でも1個体が観察された。堆積物と鯨の脊椎試料1つを採取した。船上で骨を切断したところ腐敗臭がひどく、2日ほど実験室に臭いが残った。このことは、種々の脂肪酸やアミノ酸が骨に含まれていたことを示唆し、それが腐敗したものと考えられる。

5 考察

鳥島鯨骨群集は、これまでに知られている熱水生物群集や沈み込み帯の冷水湧出帯生物群集と比較して何が異なるのであろうか?

大西洋と太平洋では、同じ熱水生物群集でも群集組成に違いがある。前者にはチューブワームや二枚貝はいなくて、代わりにイソギンチャクとエビがいる。これは背弧海盆であるマリアナトラフで潜水船「アルビン」が発見したアリススプリングの生物の構成要素と類似している。後者ではチューブワームや二枚貝が存在するが、逆にイソギンチャクとエビは存在しないという大きな違いがある。これらの深海生態系は、地球の内部から運ばれるイオウを分解する細菌が介在して、生態系の第一次生産者の役割を示していると考えられている。一方、沈み込み帯の冷水湧出生物群集では、シロウリガイ、ナマコ、二枚貝、シンカイコシオリエビ等が卓越している。鯨骨生物群集では、Santa Catalina海盆でも鳥島でも種単位では異なるが、その組成は共通している(Smith et al., 1989; 藤岡ほか, 1992b)。沈み込み帯の生物群

集については冷湧水の化学組成が必ずしも分析されているわけではないが、それが地下のかなりの深さに由来する水であることが同位体の研究から示唆されている（酒井ほか，1987；吉田・塚原，1991）。

ここでは深海底における生物の移動について考察する。熱水や冷水に関与する生物群集は、その活動に依存して生命活動を維持していると考えられるが、その活動がなくなった時にどのようにして次のオアシスを発見し、どのようにして新しい群集を形成するのかは未解決の問題である。そのような生態上の問題を考えるときに、本研究で観察されたような大型生物の死骸を介した生物群集の形成が大きな役割を果たしていると考えられる。地形図で見たように、鳥島海山は伊豆・小笠原弧より150kmも離れており、陸に近いところから生物が直接運ばれて来た可能性は低い。深海底に大型の生物の死骸が落下する確率は全部の鯨の量がわかれば推定できるが、鯨以外の大型の生物がある単位時間に海底に死骸として横たわっている確率は極めて高いと考えられる。しかし、一方で死んだ魚がなぜいけないかという論文では、その理由として深海底のスカベンジャーが短期間のうちに死骸を食べ尽くしてしまうことを挙げている（河井・石橋，1986）。鯨の肉や骨は巨大で、これを生物が食い尽くすにはかなり時間がかかる。そのため、生物がある一定の期間生存できるとすれば、そこに1つの生態系が形成される可能性がある。Smith（1992）は、鯨の骨のなかにある脂肪酸が外の骨格に遮蔽されているために、内部ではメタンを合成するような作用が働いていることを考えている。そうであるとすれば、1つの鯨が熱水や冷水の生物群集に匹敵する生物群集を形成することは十分考えられる。熱水生物群集は水深の小さい初島では大きな群集を形成しているが、一般にはチムニー周囲の数m×数mの地域を占めているにすぎない。また、冷水生物群集は日本海溝のように水深の大きいところではその規模は5m×2m程度の規模であり、鳥島の鯨骨生物群集はサイズにおいては日本海溝の冷水湧出帯生物群集の規模に勝っている（藤岡ほか，1992a；1992b）。

鯨の生態は必ずしもよくわかっているわけではなく、例えば鯨の墓場があるのかないのかでさえ

専門家間で必ずしも意見がまとまっていない（宮崎私信）。もし墓場があるとすれば、そこには巨大な生物群集が存在してもよいことになるが現在のところ発見されていない。

深海では、生物は休眠孢子や芽胞を形成していたりあるいは幼生として、海面の流れや底層流に乗って長い距離を移動するものと考えられる。そうしたときに海底の数百kmおきに生物の死骸があれば、そこに踏み留まって新しい生態系を形成することが可能である。生物群集がすべての栄養物を食い尽くした後に、卵や幼生で少なくとも数百km移動すればまた新しい生態系を維持することができる。果たしてそうであろうか？

Smith（1992）はSanta Catalinaの生物群集の論文で、鯨骨生物群集がstepping stoneであるという考えを提唱している。もし、この飛び石という考えが正しいとすれば、Santa Catalina海盆のすぐ北にある熱水地域とすぐ南にある熱水地域の生物群集の構成組成は全く同じであるべきである。しかし、実際には異なる組成を示している。また熱水や冷湧水生物群集も同じ生物群集を形成しているはずであるが、実際にはかなり違う生物組成を示す。このことは、1つの群集がどのようにして構成されていくのかという生物群集の成立の問題に関連する。従って、深海のオアシスである鯨骨生物群集は飛び石ではあっても、そこで独自の群集組成を形成するプロセスがあって、それにはバクテリアなどの微生物や水の化学組成、周辺環境の物理化学的条件などが関係していると考えられる。深海底での生物の行動や生物地理的な研究はほとんどなされておらず、これからの大きな課題である。Santa Catalinaの生物群集は海洋の平均水深3,800mよりはるかに浅いところで見つかっており、また大陸に近い海盆で見つかっていることから、深海という砂漠を生物がどのようにしてわたっていくかという問題に必ずしも論究してはいない。鳥島生物群集はそういう意味で上述の問題を考える点で重要である。

鯨の骨は、現在の海底だけでなく、地質時代の地層にも数多く発見されている。東北日本の第三紀の地層から、鯨やそれ以外の生物の化石が発見されている（大石ほか，1985；Takeda et al., 1984）。それらの共存関係の原因はわからないも

の、地質時代においても鯨骨生物群集が存在した可能性がある。

6 まとめと今後の課題

鳥島海山の頂上付近で見つかった鯨骨生物群集は、我が国では初めての発見であり世界でもまだ5例と知られてはいない。鯨骨生物群集は1987年に米国西岸のSanta Catalina海盆で発見されており、今回発見された群集組成はそれと酷似している。鯨の死骸に群がった生物は、鯨の肉部の無くなった後も骨の上に群集を形成している。これらの生物は鯨の骨の中に含まれていた脂肪酸が分解して出てきたメタンガスをもとにして生息している可能性が高く、冷水湧出帯・熱水噴出孔生物群集の基礎生産と同様な特徴を有することが推定される。

鯨骨生物群集の発見は我々に大きな波及効果をもたらした。今後は、鯨等の大型の哺乳類の死骸を用いた現場実験を行うことが、深海の生物群集の形成のメカニズムやその分散プロセス、鯨化石群集との比較研究や地質環境復元といった問題を考えるうえで重要である。従って、以下のような研究を今後展開する必要がある。

- 1) 毎年「しんかい2000」や「しんかい6500」のテスト航海海域に、鯨骨を設置して定期的に観察する。その際、熱水や冷水の湧出している所は避ける。
- 2) 適当な時期に骨をサンプリングして、バクテリアの付着状況を観察する。
- 3) ビデオやカメラで大型の生物はいつ、どのようにしてやって来るかを観察する。
- 4) 大型生物の代謝機構と、生理活性を調べる。
- 5) 鯨骨の脂肪酸分解について実験的に調べる。
- 6) 栄養源が完全に失われたときの生物群集はどうなるかを観察する。

これらの問題を検討して、深海の生物群集の形成機構を研究する。現場実験と室内での研究は、深海の生態系がどのようにして形成されるのか、生物はどこからどのようにして来るのか、栄養がなくなったときに生物たちはどこへ行くのかといった深海の生態系にとって本質的な問題を解決するための糸口を与えてくれるであろう。そういう意味で鳥島海山は天然の実験室というにふさわしい。しかし、厳密にいうと現場実験を行う海域はもっ

と違う場所の方がよいであろう。毎年行う「しんかい6500」のテスト航海の時に現場実験を行うのがよく、海域としては四国海盆がよい。南海トラフや駿河湾、相模湾から遠く離れ、沈み込み帯の影響も熱水活動の影響もなく水深は4,000mを超えるからである。

前弧の蛇紋岩海山は鳥島や須明については堆積物の被覆からかなり古いことがわかった。鳥島海山は頂上付近まで蛇紋岩が露出するが、マリアナのコンカル海山のような活動的なチムニーは発見されなかった。ODP第125節の掘削結果から少なくとも蛇紋岩の活動は中新世中期から始まっている。蛇紋岩の上昇に伴う炭酸塩チムニーの活動の消長関係は島弧特に前弧の活動度を知るうえで重要である。

前弧の基盤は玄武岩質な岩石からなり地殻の下部の岩石と考えられる。今回得られたドレライト的な岩石が島弧の基盤の一部であるとすれば、地震学的に決めている島弧の基盤のさらに下部を直接見、サンプリングできる日も遠くないであろう。

謝辞

小論を書くに当たり「しんかい6500」運航チーム、「よこすか」の船長始め乗組員の方々には大変お世話になった。骨の鑑定には海洋研究所の宮崎信之氏、鯨骨群集の生物の鑑定に関しては藤倉克則氏と橋本惇氏の手を煩わせた。蒲生俊敬、玉岡迅、角皆潤氏には生物群集の基本的な成り立ちについて教示いただいた。「よこすか」船上では川手新一、岡野肇氏にお手伝いいただいた。以上の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- Fryer, P. and D.M. Hussong (1985): "Sea-MARC II studies of subducting seamounts." p273-290. In: Formation of Active Ocean Margins. Edited by N. Nasu, K. Kobayashi, S. Uyeda et al., Terra Publ. Tokyo.
- Fryer, P., J.A. Pearce, L.B. Stokking et al. (1990): Proc. ODP, Inits. Rept., 125: College Station, TX (Ocean Drilling Program).
- 藤岡換太郎 (1992): 伊豆・小笠原弧と琉球弧一

- 比較島弧論事初め一. 月刊地球科学, 14, 50
6-513.
- 藤岡換太郎・西村 昭・K. Rodolfo・J. Gill・
小山真人 (1990): 伊豆・小笠原弧の火山活
動史とテクトニクス (予察). 日本火山学会
1990年度秋季大会講演予稿集, p. 77.
- 藤岡換太郎・竹内 章・堀内一穂・岡野 肇 (19
92a): 日本海溝の陸側・海側斜面の地形とテ
クトニクス. 第9回しんかいシンポジウム予
稿集, 1-8.
- 藤岡換太郎・和田秀樹・B. Taylor・S. Debari・
森田澄人・川手新一・古賀義徳・岡野 肇・
橋本 惇・藤倉克則 (1992b): 伊豆・小笠
原海溝の蛇紋岩海山と鯨骨生物群集の成因.
第9回しんかいシンポジウム予稿集, 34-38.
- Hussong, D.M. and P. Flyer (1983): Back-arc
seamounts and the SeaMARC II seafloor
mapping system., EOS. Trans. AGU, 64
(45), 627-632.
- 海上保安庁水路部 (1991): 海底地形図「日本南
方海域」(1/2,500,000).
- 河井智康・石橋喜美子 (1986): 死んだ魚はなぜ
いないか. 「しんかい2000」研究シンポジウ
ム報告書, 2, 89-98.
- 大石雅之・小野慶一・川上雄司・佐藤二郎・野刈
家宏・長谷川善和 (1985): 岩手県胆沢郡前
沢町生母から産出した鮮新世ひげ鯨類化石と
骨質歯鳥類化石 (Parts I-VI). 岩手県立
博物館研究報告, 3, 143-162.
- 酒井 均・蒲生俊敬・遠藤圭子・石橋純一郎・柳
沢文孝・日下部実・赤木 右・石塚明男・五
十嵐丈二・太田 秀 (1987): しんかい2000
による相模湾初島沖シロウリガイコロニーの
地球化学的研究. 「しんかい2000」研究シン
ポジウム報告書, 3, 75-88.
- Shipboard Scientific Party (1993): "Prelimi-
nary Report of the Hakuho Maru Cruise
KH-92-2; the Tansei Maru Cruise KT-
92-7 and the Kaiko Maru-5 Cruise." In:
Edited by K. Suehiro, Ocean Res. Inst., U.
Tokyo, (in press).
- Smith, C.R. (1992): Whale Falls - Chemo-
synthesis on the Deep Seafloor-. Oceanus,
Fall 1992, 74-78.
- Smith, C.R., H. Kurert, R.A. Wheatcroft, P.A.
Jumars and J.W. Deming (1989): Vent
fauna on whale remains. Nature, 341, 27-
28.
- Takeda, M., M. Oishi and I. Fujiyama (1984):
A Record of Pliocene Cancrid Crab, *Cancer
minutoserratus* NAGAO, from the Yushima
Formation, Iwate Prefecture, with a note
on Subgeneric Diversity of *Cancer* in Japan.
Bulletin of The Iwate Prefectural Museum,
2, 157-163.
- Taylor, B., K. Fujioka and Shipboard
Scientific Party (1990): Proc. ODP, Inits.
Rept., 126: College Station, TX (Ocean
Drilling Program).
- Taylor, B., K. Fujioka and Shipboard
Scientific Party (1992): Proc. ODP, Sci.
Rept., 126: College Station, TX (Ocean
Drilling Program).
- 湯浅真人・村上文敏 (1985): 小笠原弧の地形・
地質と娯娯岩構造線. 地学雑誌, 94, 47-66.
- 吉田則夫・塚原弘明 (1991): シロウリガイ貝殻
の $\delta^{14}\text{C}$, $\delta^{13}\text{C}$ と群生地下からの物質の供
給. 「しんかい2000」研究シンポジウム報告
書, 7, 25-31.

(原稿受理: 1993年8月6日)

(注) 写真は次ページ以降に掲載

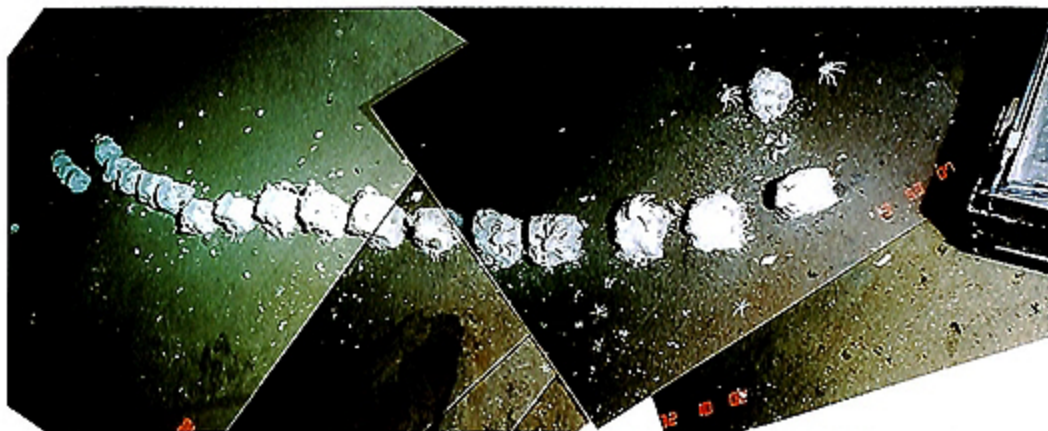


写真1 鯨骨群集の全景。いくつかのステールカメラの写真を張り合わせて作った背骨の部分の全景
Photo 1 Overview of the Torishima Whale Bone Animal Community (TOWBAC).



写真2 ビデオからプリントアウトした鯨の背骨の全景。ほぼ真東に並ぶ。
Photo 2 Overview of the TOWBAC gathered from the photos of video printer.
Back bones are linearly distributes from east to west.

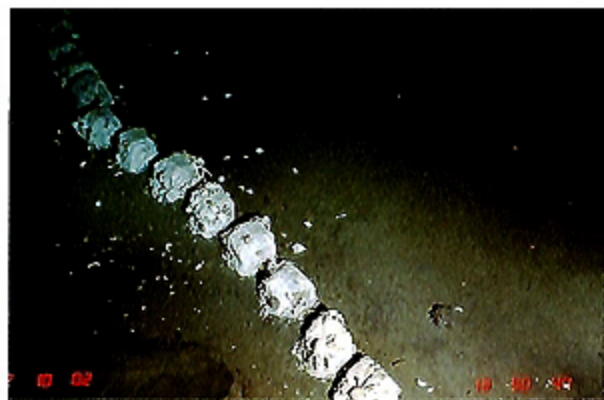


写真3 鯨骨試料とコシオリエビ
Photo 3 Whale bone sample and galatheid.



写真4 鯨骨試料とコシオリエビのクローズアップ。
二枚貝, 巻き貝, ゴカイ, コシオリエビなどが見られる。
Photo 4 Closed up of whale bone sample and galatheid. Bivalves, gastropods, worm and galateids are seen.

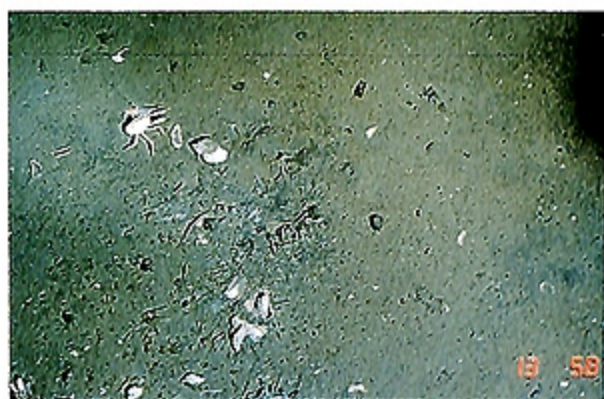


写真5 鯨骨試料採取後の表層堆積物
Photo 5 Surface sediments after taking the whale bone sample.



写真6 鯨の顎の骨とそれに群がる生物
Photo 6 Jaw bone and animals.

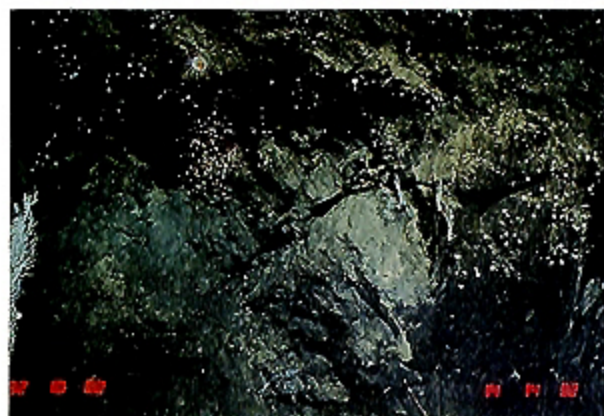


写真7 蛇紋岩の露頭
Photo 7 Serpentinite outcrop.

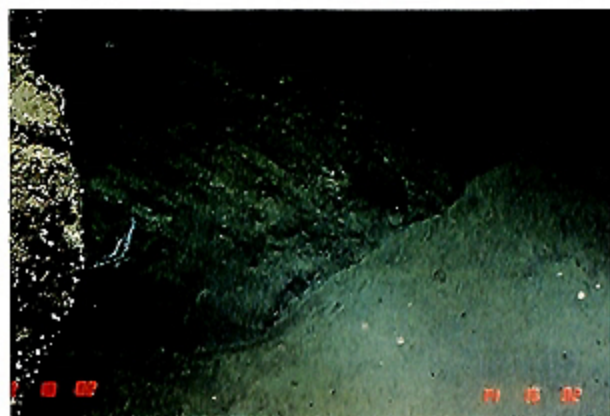


写真8 蛇紋岩の表面に見られるスリッケンサイド
Photo 8 Slikenside seen on the surface of serpentinite.



写真9 鯨骨試料 (BB-22)。表面に二枚貝が付着してその部分はえぐれたようになっている。
Photo 9 Whale bone sample BB-22. Bivalves fixed on the surface.



写真10 蛇紋岩試料の切断面。細くて白い炭酸塩の脈が見られる。
 Photo 10 Cross section of the serpentinite sample. Fine and white carbonate veins are seen.

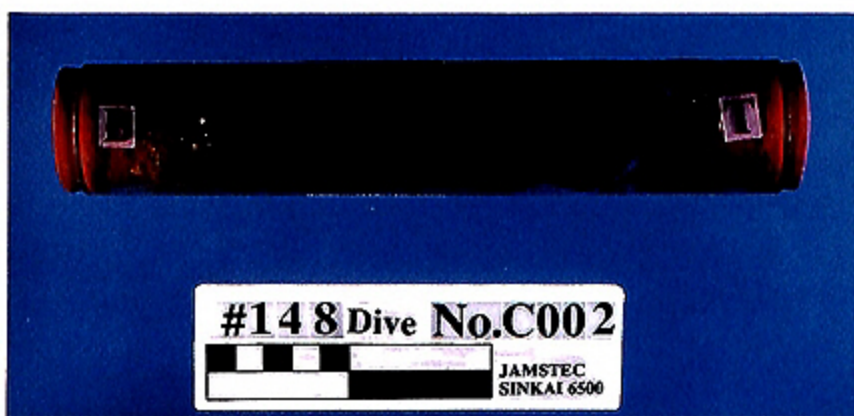


写真11 鯨骨群集の近くで得られた柱状堆積物。鯨骨生物群集以外の堆積物に比べて色が黒い。
 Photo 11 Columnar sediment sample obtained near the TOWBAC. The color of the sediments seems dark compared with the sediments outside the community.