

伊豆・小笠原弧, 西七島海嶺天保海山の地史

碓 京子* 西村 昭**

Ikari, K. and Nishimura, A. (1991) Geologic history of the Tenpo Seamount of the Nishi-Shichito Ridge, the Izu-Bonin Arc. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 42 (1), p. 19-41, 6 fig., 4 tab., 4 pl.

Abstract: The Tenpo Seamount belongs to the southern part of the Nishi-Shichito Ridge, which is the western margin of the Izu-Bonin Arc and is 50 km long and 25 km wide. The top of seamount reaches 1100 m in depth. The geologic history of the seamount was reconstructed based on the foraminiferal biostratigraphy and facies analysis of rock and sediment samples. The results are as follows.

- 1) The seamount formed before the end of the opening of the Shikoku Basin (15 Ma).
- 2) The top of the seamount was in shallow waters at the early Middle Miocene, and afterward subsided to its present depth (1100 m).
- 3) On the seamount, foraminiferal ooze deposition with very small sedimentation rate has been dominated since the Middle Miocene.
- 4) Events of hiatus formation occurred since the Pliocene through the Early Pleistocene.
- 5) Wide distribution of manganese oxides (nodules and crusts) on the top of this seamount has been formed since the Late Miocene with local phosphatization.

要 旨

西七島海嶺南端部に位置する天保海山で採取された岩石試料, 柱状堆積物試料の検討と浮遊性有孔虫分析を行った。有孔虫分析試料は, 北部山頂で採取された2本の有孔虫砂からなるコアと石灰岩である。これらから, 初期中新世-中期中新世の年代を示す有孔虫化石が得られた。これは今までに報告された西七島海嶺の年代で最も古い値である。そのほか中期中新世初頭に海山が浅海にあったこと, その後堆積した有孔虫砂の堆積速度がかなり遅いこと, 鮮新世-前期更新世にハイエイタスが形成されたことが明らかになった。また天保海山に広く分布するマンガン団塊の形成開始時期が8 Ma頃であると推定した。

1. はじめに

フィリピン海の東縁に位置する伊豆・小笠原弧は, 地質調査所による調査(本座ほか, 1982; 湯浅ほか, 1982; Honza and Tamaki, 1985 など), 1989年のODP

(国際深海掘削計画)による深海掘削調査(Leg. 126 Shipboard Scientific Party, 1989a, 1989b; 藤岡ほか, 1989)などによって, その地史, 地質構造発達史に関して多くのことが明らかになってきた。ところが, 伊豆・小笠原弧西縁に位置する西七島海嶺は, 同弧を構成する主要な海嶺のうちの1つであり, 伊豆・小笠原弧の発達史や, 四国海盆の形成に密接な関係があると考えられているにもかかわらず, 地質学的研究は今までにほとんど行われていない。

西七島海嶺は火山弧である七島-硫黄島海嶺の西側に位置する海嶺で, その起源については火山弧から分離し形成されたとする説(Honza and Tamaki, 1985)などがある。しかし, 同海嶺は厚いマンガン酸化物が被覆しているために, 試料採取を試みてもマンガン酸化物しか得られなかったり, 得られたとしても変質が著しく放射性年代測定が不可能な場合が多い。従って形成年代の知見に乏しく, 四国海盆拡大や伊豆・小笠原弧の構造発

Keywords: paleontology, planktonic foraminifer, seamount, Neogene, Izu-Ogasawara Arc, Shikoku Basin, Nishi-Shichito Ridge, manganese nodule, coral limestone, hiatus

* 東海大学大学院海洋学研究所
** 海洋地質部

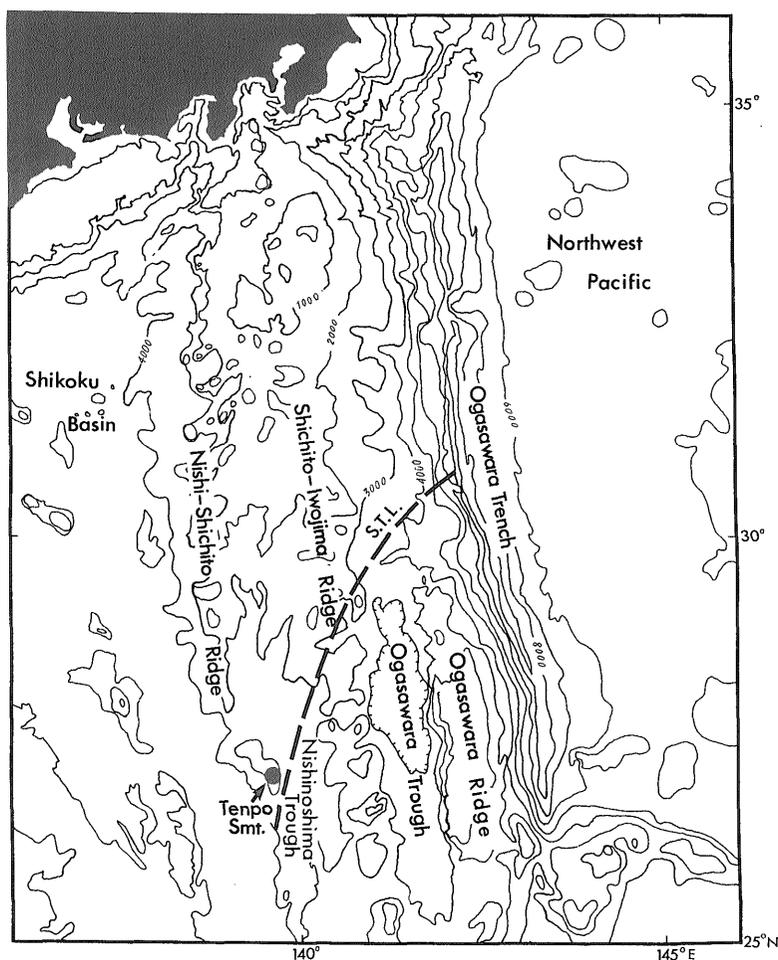
達史における位置づけが不確かなままとなっている。

天保海山は西七島海嶺の南端部に位置する海山で、1985年と1989年に地質調査所によって調査が行われており(中尾・湯浅(編)1986, 有田(編), 1990), 安山岩など火山岩礫と大量のマンガン団塊が採取されている。また、音波探査記録、海底写真から、天保海山が薄い堆積層で覆われ、特に北部山頂ではマンガン団塊・マンガクラストが広く分布していることが確認されている。さらに天保海山は正の磁気異常が極端に大きく、七島-硫黄島海嶺上の正負2つの磁気異常を持つ新しい海山と異なっている(石原・山崎, 1986)。以上のことか

ら天保海山は、第四紀以前に形成された古い海山であると予想される。本論では、堆積物および岩石試料の検討、浮遊性有孔虫による年代層序学的研究を行い、西七島海嶺の一部をなす天保海山の形成年代とその後の変動史を明らかにし、西七島海嶺における天保海山の地球科学的意義を考察・検討した。

2. 地形・地質概説

伊豆・小笠原弧は背弧海盆を伴う島弧で、東側の伊豆・小笠原海溝と共にフィリピン海の東縁を形成している。伊豆・小笠原弧の背弧海盆である四国海盆は25 Ma か

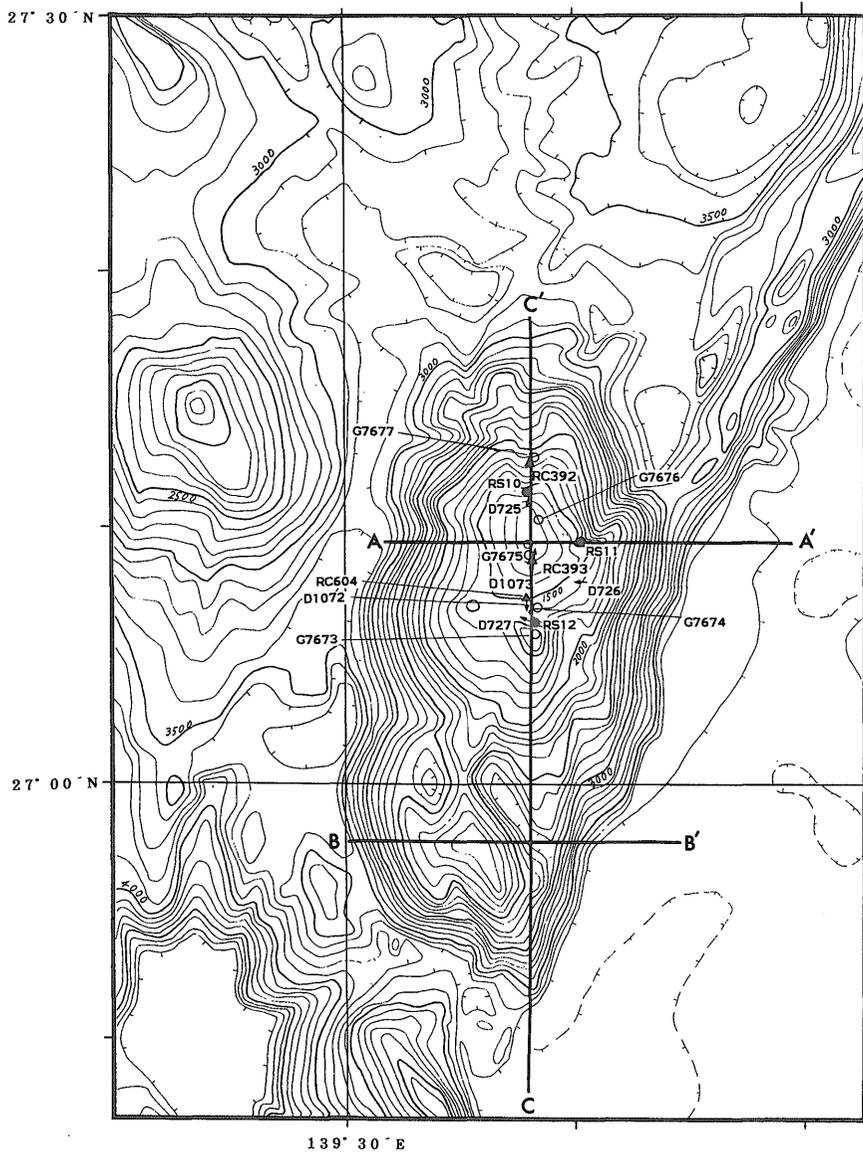


第1図 伊豆・小笠原弧海域の海底地形図
等深線の単位=m

Fig. 1 Bathymetric map of Izu-Ogasawara Arc region. Contour in m. S.T.L.: Sofugan Tectonic Line.

ら 15 Ma にかけて拡大したと考えられている (Klein and Kobayashi, 1980). 同弧は南北に並走する，東から小笠原海嶺，七島-硫黄島海嶺，西七島海嶺の3つの海嶺によって構成されている．小笠原海嶺は同弧の南半においてのみ見られ，主として古第三紀の火山岩類か

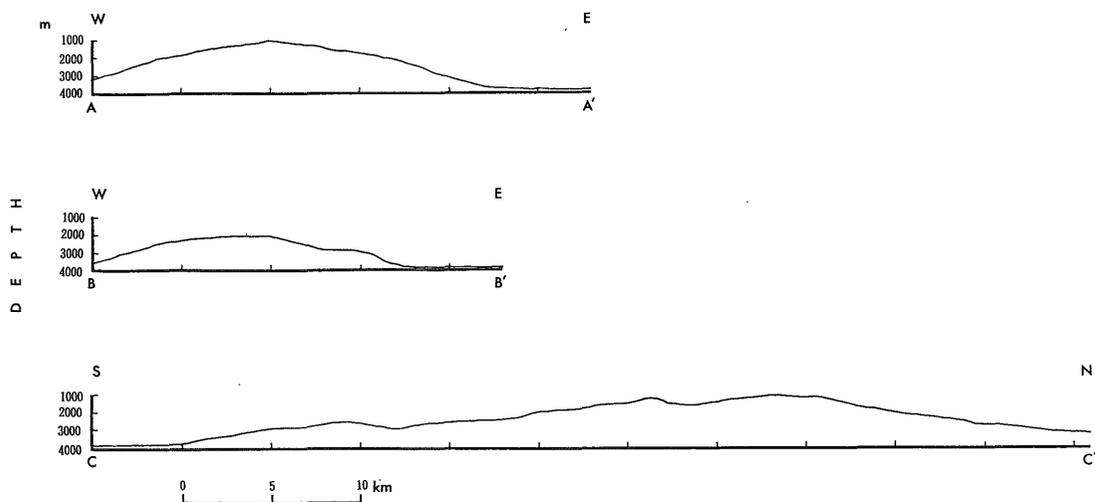
らなり，七島-硫黄島海嶺は現在も活動を続けている第四紀の火山列からなっている (Inoue and Honza, 1983). 西七島海嶺は伊豆・小笠原弧の最西部に位置する海嶺で，その西側では四国海盆と接している (第1図). この海嶺は，北部では北東-南西～東北東-西南西の方向



第2図 天保海山地形図及び採泥地点 (斎藤，原図)

A-A', B-B', C-C' は第3図の地形断面の位置。

Fig. 2 Topography and sampling location of the Tenpo Seamount. Bathymetric map is followed after Saito(original data). Contour in m. A-A', B-B' and C-C' are positions of the topographic profiles (Fig. 3).



第3図 天保海山の地形断面図
Fig. 3 Topographic profiles across the Tenpo Seamount.

をなす雁行山脈群が南北に配列し、南部においては、南北に海山が連なるという地形的特徴をもつ(湯浅・村上, 1985)。

西七島海嶺北部の雁行山脈群の地質は、島嶼については一色(1978, 1980, 1982)、海底試料については湯浅(1985)らによって調査されており、玄武岩、安山岩、流紋岩類など多種の火山岩類が報告されている。地質年代については、銭洲海嶺上の銭洲および神津島より産するデイサイトが伊豆半島の中新世の湯ヶ島層群や、中新世-鮮新世の白浜層群に関連しているとされている(一色, 1980, 1982)。また、須美寿島西方の海嶺から採取された玄武岩の K-Ar 年代として 2.2 ± 1.1 Ma (Yuasa, 1985)、銭洲南西方の海底の安山岩、玄武岩の K-Ar 年代としてそれぞれ 2.90 ± 0.28 , 3.3 ± 0.7 Ma が報告されている(中村ほか, 1987)。

西七島海嶺南部海山列の地質、および年代については地質調査所の 100 万分の 1 海洋地質図では、これらの海山は火山岩からなり、第四紀および鮮新世火山堆積層と鮮新世堆積層が示されている(湯浅ほか, 1982)。Honza and Tamaki (1985) は伊豆・小笠原弧南部の音波探査記録において七島-硫黄島海嶺からもたらされた堆積物が西七島海嶺を被覆していることから西七島海嶺は七島-硫黄島海嶺よりかなり古いこと、また四国海盆の基盤直上の堆積層が西七島海嶺の基盤直上に連続していることから、同海嶺の形成が四国海盆の形成直後であるこ

とを述べている。

天保海山は、西七島海嶺南部の海山列に属しており、西之島西方約 110 km に位置している。南北約 50 km、東西約 25 km の南北方向に長い山体で、基底部の水深は約 3000-3500 m、頂部は水深約 1100 m に達している(斎藤ほか, 1986) (第2図)。海山の水深 2000-2500 m まではやや平坦な面が続き、それ以深では 15° を越える斜面となる(第3図)。天保海山の東側斜面は、孀婦岩構造線 (Yuasa, 1985) の南方延長部にあたり、北北東-南南西の海山の急斜面を形成している。孀婦岩構造線は伊豆・小笠原弧を 2 つに分断する北東-南西方向に延びる断層であるが、天保海山の最南端より南側では延長部が不明である (Yuasa, 1985)。天保海山の東方は、2000 m 以上の非常に厚い堆積物によって埋積されている水深約 3300 m の平坦面をもつ西之島トラフがあり(湯浅・村上, 1985)、西方には水深約 1800 m の頂きを持つ西天保海山がある。海山の北東には、天保海山に引き続くような、北東方向に細長い水深約 2800 m の頂部をもつ地形的高まりがあり、南部には孀婦岩構造線と直交する方向で北西-南東に延びる細長い地形的高まりが続いている。また南西部では、幅 10 km の平坦面を有し約 1000 m 落ちこむ凹地が存在するなど複雑な地形が見られる。

3. 岩石・底質試料

3.1 試料及び試料採取地点

海底試料採取には、2 m バレルを使用したロックコアラ（RC），チェーンバッグ式円筒型ドレッジ（D），スミスマッキンタイア式グラブ採泥器（G），地調型グラブ採泥器（RS）を用い、グラブ採泥器では採泥と共に海底写真撮影も行われた。RC 392, 393 の柱状試料ではマンガン酸化物と有孔虫砂が採取され、RC 604 ではマンガンクラストと凝灰岩が採取された。ドレッジ（D 725-727, D 1072, D 1073），グラブ採泥器（G 7673-7677, RS 10-12）では、火山岩，砂岩，石灰岩などを核とするマンガン団塊，マンガンクラストが採取された（第 2 図）（湯浅・西村，1986）。天保海山北部山頂付近の海底写真（図版 1）は山頂付近から斜面にかけてマンガン酸化物が広く被覆していることを示している。特に南側斜面は全体的に被覆されている。しかし、その産状及び分布は多様性に富み、マンガン団塊（G 7673-7675），マンガンクラスト（RS 12, G 7673），そしてマンガン団塊を覆って形成するようなマンガンクラスト（RS 10, 11, G 7674）が各地点ごとに見られる。また、北側斜面ではマンガン団塊の被覆がほとんどない堆積物が見られる地点もある（G 7676, 7677）。さらに、G 7677 の堆積物にはリップマークが認められる。

3.2 試料記載

採取試料のうち、有孔虫分析を行った試料 RC 392, 393, D 1073 について以下記載する。

RC 392 は海山の最北部の山頂北側斜面，RC 393 は山頂部付近の南側斜面にて採取された。D 1073 は、RC 393 採取地点付近の斜面を南からほぼ北方へ水深 1315 m から水深 1170 m まで曳航採取された（第 1 表）。

D 1073

D 1073 地点では大量のマンガン団塊と少量のマンガンクラストが採取された。その中から中礫大のものを無作為に 160 個抽出し、切断して肉眼観察を行った。マンガン酸化物層は層厚 10-12 mm のものが非常に多く、茶褐色の不純物を多く挟み、層状構造をなしている。核は、160 個のうち約 120 個までが火山岩礫で、その他半深成岩，シルト岩，変成作用を受けた火砕岩，石灰質砂岩，石灰岩，マンガン酸化物等があった。そして核のほとんどは、円礫-亜円礫である。

有孔虫分析を行った岩石試料 D 1073-MC 136 は長さ 13 cm，幅 11 cm，厚さ 0.7-2.5 cm の板状の石灰岩で、全体に極めて薄いマンガン酸化物の被覆がある。石灰岩は白色の C，灰褐色の B，淡黄色の A からなり、厚さ

第 1 表 採泥点データ

Table 1 Sampling location data.

SAMPLE No.	CRUISE No.	POSITION		DEPTH (m)
		Lat. (N)	Long. (E)	
RC392	GH85-1	27° 12.54'	139° 38.03'	1850
RC393	GH85-1	27° 08.94'	139° 38.13'	1195
D1073	GH89-1	27° 08.10'	139° 38.10'	1315
		27° 09.25'	139° 38.27'	1170

D 1073 については、最初の着底と最後の離底を示す。

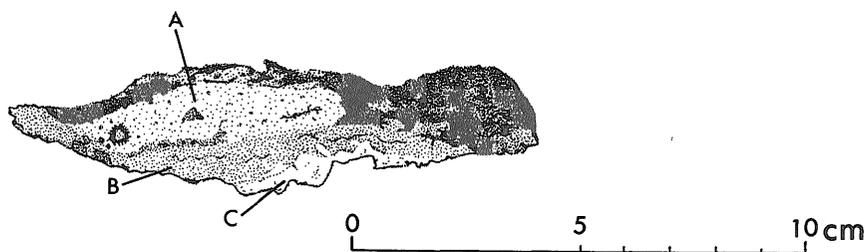
The data of D1073 are first on bottom and last off bottom.

は変化し、C もしくは B の欠如する部分もある（第 4 図）。また、C 側は付着するマンガン酸化物の表面が粗く堆積物と接していた面と考えられる。C は生物遺骸片バックストーン（Daunham, 1962）でミクライト（Folk, 1962）を基質とし、浮遊性有孔虫、*Lepidocyclina* sp., *Cycloclypeus* sp. などの大型底生有孔虫や *Halimeda* sp., 石灰藻，六放サンゴの破片を含んでいる。B は有孔虫ワッケストーン（Daunham, 1962）で固結度が高く、C よりやや粗粒なミクライトの基質と多くの浮遊性有孔虫からなり、鋳物片を含んでいる。A は鏡下でリン酸塩化が顕著に見られるが、岩相は B と同様である。各々の境界は明瞭で、鏡下では A と B との境界が 0.1 mm 程度の漸移帯を伴っており、境界にまたがるような有孔虫，鋳物も確認できる。また、これら三層について X 線回折分析を行った。全層に方解石と燐灰石が検出されたが、C は方解石が、A は燐灰石のピークが顕著で、B は中間的である。

RC 392

RC 392 のコアは長さ約 80 cm で有孔虫砂からなっている（第 5 図）。このコアは、色調と固結度によってコア頂部より約 45 cm を境に上部と下部に区分される。境界は明瞭でそこに生物痕と思われる細長い穴があり、上部の砂が埋めている。上部は中粒の有孔虫砂で、灰色がかった褐色をしており、下部は明黄褐色の細粒で固結した有孔虫砂である。上部，下部共に堆積構造は全く見られない。上部は所々に径 2-4 mm 程度の変質した軽石が入っている。下部層の最上部 10 cm には生物による攪拌が認められる。同層最下部 6 cm の部分には有孔虫砂より粒径の粗い白色石灰岩（数 mm-2 cm）が多く含まれている。この石灰岩は少量の固結度の高い石灰岩片と *Lepidocyclina* sp., *Amphistegina* sp. などの大型有孔虫と浮遊性有孔虫からなる半固結した石灰質

D1073-MC136



第4図 D1073-MC136 切断面のスケッチ

A, B: foraminiferal wackestone C: skeletal packstone.

Fig. 4 Sketch of Sample D1073-MC136. A, B: foraminiferal wackestone. C: skeletal packstone.

砂からなっている。薄片観察によるとこの固結度の高い岩片は浮遊性有孔虫を含んでおらず、固着性の有孔虫、コケ虫からなることが確認された。またコアキャッチャーにも同様の白色石灰岩が含まれていた。下部層は、61 cmの所に径2 cm程度のマンガン団塊(マンガン酸化物層厚2 mm>, 核; 泥質岩)を含んでおり、その他不定形で未固結なマンガン酸化物の集合(径2-5 mm)が57-73 cmの間に見られる。

RC 393

RC 393のコアは長さ約50 cmで、RC 392と同様に有孔虫砂からなっており(第5図)、色調、固結度により3層に分けられ、各々の境界は明瞭で上部から6 cm, 16 cm付近にある。コア全体をとおして、RC 392のコアと同様、堆積構造は見られない。コアの頂部(海底表面)には径1-2 cm大のマンガン団塊が産出しており、頻度に変化があるものの、径0.3-1 cmのマンガン酸化物が全層を通して見られる。上部層は、灰褐色の中粒な有孔虫砂で、RC 392の上部層と類似している。ただし、この層は、RC 392と異なりマンガン酸化物が多く含まれている。中部層は、暗黄褐色の細粒な固結した有孔虫砂で、2-3 mmのマンガン酸化物を多く含んでいる。下部層は、黄白色-明黄褐色の固結度の高い有孔虫砂で、色がやや白っぽいことを除けば、RC 392の下部層と酷似している。しかし、RC 392と異なりマンガン酸化物は少なく、24 cmと44 cmのところ極少量見られるのみである。また、下部層白色石灰岩が多く含まれている。この白色石灰岩はRC 392のものと同様に半固結の白色有孔虫砂(大型有孔虫は含まれていない)と極少量

の固結度の高い石灰岩片(1 cm>)からなる。石灰岩片はRC 392より細粒で褐色がかっている。この石灰岩片の薄片観察ではアオサング類が確認された。コアキャッチャーにも、RC 393の下部に産したものと同様の白色石灰岩が入っていた。

4. 有孔虫分析

有孔虫分析は岩石試料 D1073-MC136 と柱状試料 RC 392, RC 393 について行った。

4.1 有孔虫分析方法

D1073-MC136の石灰岩はA, B, Cの3層について各々硫酸ナトリウム法による有孔虫抽出を行った(尾田, 1978)。水洗のふるいは250メッシュ(63 μm径)を用い、有孔虫の拾い出しは115メッシュ(125 μm径)のふるい上のものについて行った。

コア(RC 392, RC 393)については、最上部から最下部まで10 cm間隔でサンプルを採取した(第5図)。サンプルは乾燥後秤量し、水洗、拾い出しについてはD1073-MC136と同様に行った。

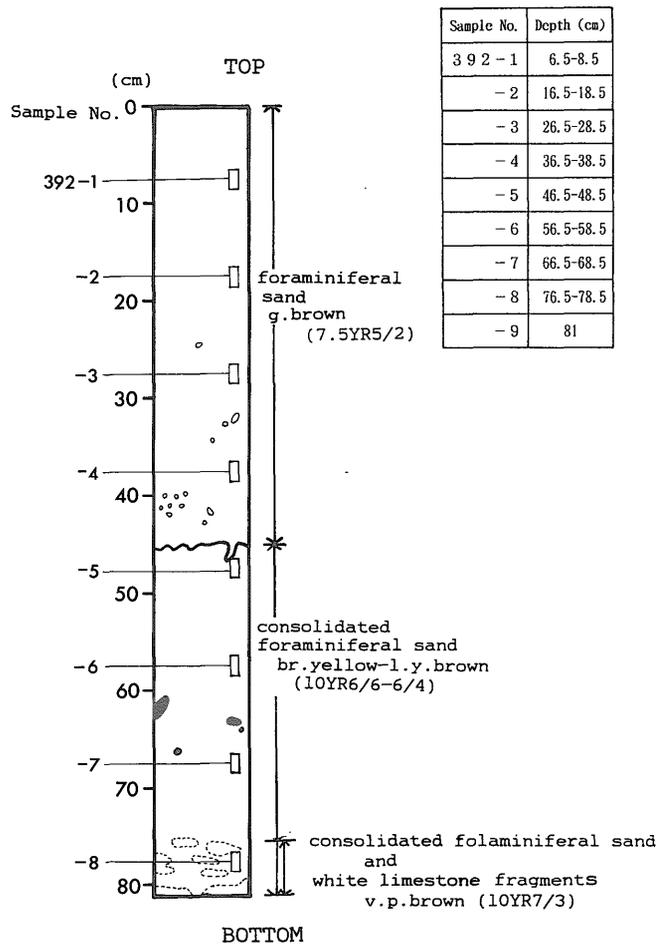
なお、全てのサンプルにおいて、有孔虫は浮遊性種と底生種に分け、浮遊性種は種の同定を行い、底生種は個体数を数えた。浮遊性有孔虫の生層序区分と年代については熱帯-亜熱帯の群集からなるため Kennett and Srinivasan (1983), Echols (1980), Barron *et al.* (1985)に従った。

4.2 有孔虫分析結果

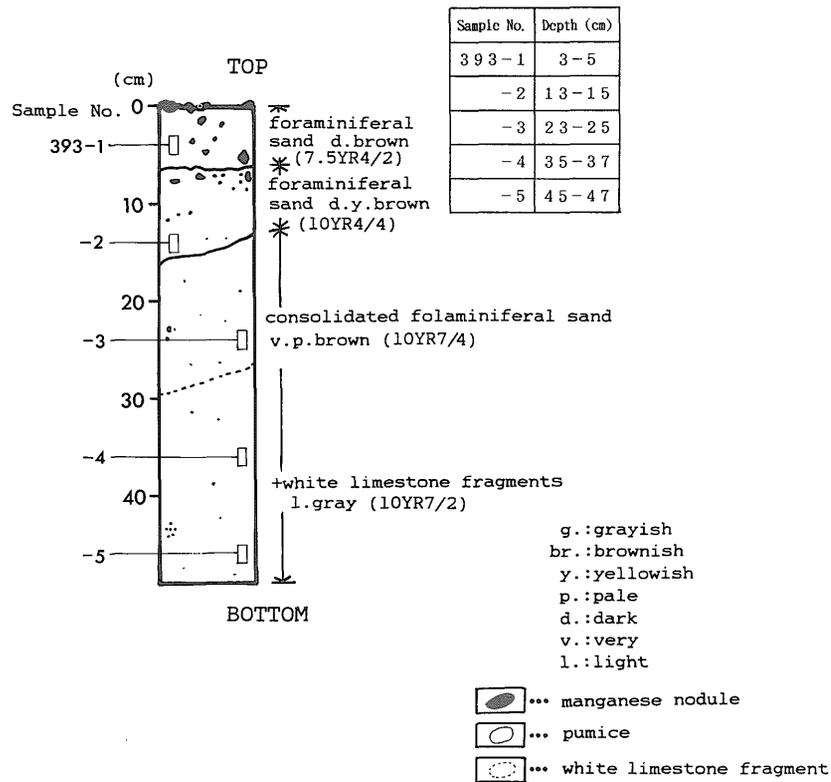
D1073-MC136

MC-136はA, B, C3つの層全てに多くの浮遊性有

RC 392



RC 393



伊豆・小笠原弧、西七島海嶺天保海山の地史 (旋 京子・西村 昭)

第5図 RC 392・RC 393 の岩相柱状図及びサンプル採取点

Fig. 5 Sketch of Cores RC 392 and RC 393 and positions of foraminiferal analysis.

第2表 D 1073-MC 136 から産出した有孔虫
Table 2 Occurrence of foraminifers from sample D 1073-MC 136.

◆D 1 0 7 3 - M C 1 3 6◆

SPECIES	SAMPLE	B	C
<i>Globigerina praebulloides</i> BLOW			4
<i>Gg. eamesi</i> BLOW			1
<i>Gg. falconensis</i> BLOW			1
<i>Gg. nepenthes</i> TODD	2		
<i>Globigerinoides triloba</i> (REUSS)			4
<i>Gs. quadrilobatus</i> (D'ORBIGNY)			3
<i>Orbulina universa</i> D'ORBIGNY	25		
<i>Globigerinita glutinata</i> (EGGER)	1		9
<i>Globorotalia praescitula</i> BLOW			1
<i>Gr. praemenardii</i> CUSHMAN & STANFORTH	2		13
<i>Gr. mayeri</i> CUSHMAN & ELLISOR	2		
<i>Gr. acrostoma</i> WAZEL			2
<i>Gr. paralenguensis</i> BLOW	2		
<i>Globoquadrina dehiscens</i> (CHAPMAN, PARR & COLLINS)	7		22
<i>Sphaeroidinellopsidis juncta</i> (FINLEY)			2
<i>Ss. seminulina seminulina</i> (SCHWAGER)	3		2
<i>Ss. kochi</i> CAUDRI	1		
<i>Globigerina</i> spp.			38
<i>Globorotalia</i> sp.	2		2
<i>Globoquadrina</i> sp.	1		2
Total number of specimens		48	106
Benthonic		26	84
Benthonic + Planktonic		74	190

各種産出数を同定した個体数で示す。
frequencies in identified number.

孔虫が含まれていた。しかし、A, B は分離、保存状態がきわめて悪く、特に A は、同定可能な個体を拾い出すことができなかった。B は有孔虫の殻が再結晶しているため同定できるものが少なかった。C については、分離、保存状態も比較的良好であったが、口孔内を方解石が埋めていたり殻が再結晶している個体が多く、特に *Globigerina* 属のものは種まで同定することができなかった。有孔虫は試料 B, C について同定した個体数により表記した(第2表)。

B の石灰岩からは6属9種の浮遊性有孔虫を同定した。B の群集を特徴づけ、また非常に多く産する有孔虫は *Orbulina universa*, *Globoquadrina dehiscens* である。*Globorotalia praemenardii* と *Globorotalia mayeri* は他種と比較して保存状態が良く、白色石灰岩(C)に産する有孔虫と同様に白色で変質していないことから、岩石より試料を分取する際にCから混入した可能性が強い。

C の石灰岩からは6属12種が同定された。C の群集は *Gr.*¹⁾ *praemenardii*, *Sphaeroidinellopsidis disjuncta* によって特徴づけられている。また、B と同様 *Gg. dehiscens* が多産するが、B に多く見られた *O.*

universa は全く産出していない。その他、種は同定できなかったが *Globigerina* 属が多く産出している。

RC 392

RC 392 からは13属47種の浮遊性有孔虫が確認された(第3表)。コアは岩相から46cm付近で上部と下部に2分されるが、これは有孔虫の産出の差異としても認められる。全体的に見ると、RC 392-1~4では産する有孔虫の種類が少なく *Globorotalia inflata*, *Globorotalia truncatulinoides* で産出個体数の半数を占める。そのほかこの群集を特徴づけている種は *Neogloboquadrina dutertrei*, *Pulleniatina obliquiloculata* である。下部のRC 392-6~8の群集は *Globigerina decoraperta*, *Globigerinoides immaturus*, *Globigerinita glutinata*, *Globigerina nepenthes*, *Globoquadrina venezuelana* によって特徴づけられる。特に *Ga. glutinata*, *Gg. nepenthes* は個体数も多く、コアの下部を代表する種となっている。RC 392-5は、上部の群集である *Gr. inflata*, *Gr. truncatulinoides*, *P. obliquiloculata* と下部の群集であ

¹⁾ 略語は正式ではないが属名がわかりやすいため、2文字で表記する Kennet and Srinivasan (1983) に従った。

第3表 RC 392 から産出した有孔虫
Table 3 Occurrence of foraminifers from Core RC 392.

SPECIES	SAMPLE							
	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8
<i>Globigerina quinqueloba</i> NATLAND					0.6			
<i>Gg. falconensis</i> BLOW	0.5	0.6	0.4	3.3	0.6	1.5	0.8	
<i>Gg. bulloides</i> D'ORBIGNY		1.6	1.7	0.8	1.2			2.8
<i>Gg. decoraperta</i> TAKAYANAGI & SAITO		0.3				3.0	8.9	7.3
<i>Gg. rubescens</i> HOFKER	0.5							
<i>Globigerinoides immaturus</i> LEROY						1.5	4.8	4.6
<i>Gs. succulifer</i> (BRADY)	7.1	3.2	9.1	7.0	1.2	7.5		
<i>Gs. conglobatus</i> (BRADY)	1.0	1.6	3.0					
<i>Gs. ruber</i> (D'ORBIGNY)	8.1	6.1	8.7	18.9	1.2		0.8	
<i>Gs. cyclostoma</i> (GALLOWAY & WISSLER)				1.6	3.6			
<i>Orbulina universa</i> D'ORBIGNY	1.0	1.0	1.3	2.0		1.5		4.6
<i>O. bilobata</i> (D'ORBIGNY)								0.9
<i>Globorotalia inflata</i> D'ORBIGNY	52.2	51.3	48.7	34.0	33.1			
<i>Gr. menardii</i> (PERKER, JONES & BRADY)	1.5	1.0	1.3		0.6			
<i>Gr. fimbriata</i> (BRADY)			0.4					
<i>Gr. scitula</i> (BRADY)	1.0	2.3	1.3	3.3				
<i>Gr. truncatulinoides</i> (D'ORBIGNY)	13.2	17.4	12.6	8.2	1.2			
<i>Gr. tumida tumida</i> (BRADY)	0.5	1.0						
<i>Neoglobobulimina pachyderma</i> (EHRENBERG)	1.5	1.9	1.3	0.8	11.4	1.5		0.9
<i>N. dutertrei</i> (D'ORBIGNY)	8.1	7.4	6.5	15.2	13.9			
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i> (PERKER & JONES)	2.5	2.3	2.2	2.0	0.6			
<i>Sphaeroidinella dehiscens</i> (PERKER & JONES)		0.3			0.6			
<i>Globigerinita uvula</i> (EHRENBERG)				0.4		1.5		
<i>Ga. glutinata</i> (EGGER)				1.2	0.6	14.9	13.7	11.0
<i>Globigerinella aequilateralis</i> (BRADY)		0.3						
<i>Gg. praebulloides</i> BLOW						6.0	3.2	1.8
<i>Gg. nepenthes</i> TODD					16.9	34.3	35.5	32.1
<i>Gs. obliquus</i> BOLLI						1.5		
<i>Gs. extremus</i> BOLLI							0.8	
<i>Gs. triloba</i> (REUSS)					1.2		0.8	
<i>Praeorbulina glomerosa curva</i> (BLOW)							1.6	
<i>Pr. glomelosa circularis</i> (BLOW)							0.8	
<i>Gr. fohsi robusta</i> BOLLI								0.9
<i>Gr. praemenardii</i> CUSHMAN & STANFORTH						7.5		1.8
<i>Gr. praescitula</i> BLOW							1.6	
<i>Gr. mayeri</i> CUSHMAN & STANFORTH							3.2	0.9
<i>Gr. lenguaensis</i> BOLLI						1.5	2.4	
<i>Gr. paralenguaensis</i> BLOW								0.9
<i>Gr. merotumida</i> BLOW & BANNER							1.6	
<i>Globobulimina venezuelana</i> (HEDBERG)					2.4	4.5	4.0	0.9
<i>Gg. dehiscens</i> (CHAPMAN, PARR & COLLINS)					7.8	7.5		11.9
<i>Dentoglobigerina altispira altispira</i> (CUSHMAN & JARVIS)							0.8	0.9
<i>Sphaeroidinellopsis disjuncta</i> (FINLAY)							0.8	2.8
<i>Ss. seminulina seminulina</i> (SCHWAGER)					0.6		1.6	4.6
<i>Ss. kochi</i> CAUDRI						3.0		
<i>Globigerinella praesiphonifera</i> (BLOW)							0.8	
<i>Globorotalia</i> spp.								5.5
Unidentified specimens	1.0	0.3	1.3	1.2	0.6	1.5	11.3	2.8
Total number of specimens	197	310	230	244	167	67	124	109
Benthonic	9	12	7	8	109	55	40	61
Benthonic+Planktonic	206	322	237	252	276	122	164	170

各種産出数をサンプル中の全浮遊性有孔虫に対する (%) で示す。
frequencies in percent.

る *Gg. nepenthes*, *Gg. venezuelana*, *Gg. dehiscens* が混在している。

なお、表には記載していないが、最下部の白色石灰岩からは *Gg. nepenthes*, *Globorotalia mayeri*, *O. universa*, *Sphaeroidinellopsis seminulina semin-*

ulina などが産出した。

RC 393

RC 393 のコアからは 13 属 49 種の浮遊性有孔虫が産出した (第 4 表)。 *Ga. glutinata* は全サンプルをとって見られ、 *O. universa*, *Gg. decoraperta* はコア

第4表 RC 393 から産出した有孔虫
Table 4 Occurrence of foraminifers from Core RC 393.

◆RC 393◆

SPECIES	SAMPLE	-1	-2	-3	-4	-5
<i>Catapsydrax dissimilis</i> (CUSHMAN & BERMUDEZ)		0.3				
<i>Globigerina quinqueloba</i> NATLAND		0.9				
<i>Gg. falconensis</i> BLOW		0.9	0.8	1.6	3.1	2.0
<i>Gg. bulloides</i> D'ORBIGNY		4.1		4.4	3.1	2.3
<i>Gg. decoraperta</i> TAKAYANAGI & SAITO			3.3	7.1	13.6	13.3
<i>Gg. rubescens</i> HOFKER		0.3				
<i>Globigerinoides immaturus</i> LEROY				3.3		
<i>Gs. succulifer</i> (BRADY)		2.2		1.6	13.6	6.3
<i>Gs. conglobatus</i> (BRADY)		0.3	0.8			
<i>Gs. ruber</i> (D'ORBIGNY)		6.9	5.8			
<i>Orbulina universa</i> D'ORBIGNY			0.8	2.2	3.7	4.0
<i>O. bilobata</i> (D'ORBIGNY)						0.6
<i>O. suturalis</i> BRÖNNIMANN						1.7
<i>Globorotalia inflata</i> D'ORBIGNY		60.3	46.7			
<i>Gr. scitula</i> (BRADY)				3.3	3.1	1.2
<i>Gr. truncatulinoides</i> (D'ORBIGNY)		7.8				
<i>Gr. tumida tumida</i> (BRADY)		0.3	11.7		0.5	
<i>Neogloboquadrina pachyderma</i> (EHRENBERG)		8.1	5.0	1.6	0.5	
<i>N. dutertrei</i> (D'ORBIGNY)		6.2	6.7			
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i> (PERKER & JONES)		0.6				
<i>Sphaeroidinella dehiscens</i> (PERKER & JONES)			5.0			
<i>Globigerinita uvula</i> (EHRENBERG)						1.7
<i>Ga. glutinata</i> (EGGER)		0.6	1.7	7.7	3.1	3.2
<i>Gg. praebulloides</i> BLOW				2.7	2.6	2.3
<i>Gg. druryi</i> AKERS						3.5
<i>Gg. nepenthes</i> TODD			0.8	19.2	16.8	13.8
<i>Gs. obliquus</i> BOLLI					6.8	5.2
<i>Gs. extremus</i> BOLLI				6.6	6.3	6.9
<i>Gs. triloba</i> (REUSS)				1.1	3.6	1.2
<i>Praeorbulina glomerosa curva</i> (BLOW)					1.0	0.6
<i>Pr. glomelosa circularis</i> (BLOW)						0.3
<i>Gr. miozea</i> FINLEY				0.5		
<i>Gr. puncticulata</i> (DESHAYES)			6.7	0.5		
<i>Gr. limbata</i> (FORNASINI)				2.7	3.7	11.8
<i>Gr. margaritae</i> BOLLI & BERMUDEZ					0.5	
<i>Gr. hirsuta</i> (D'ORBIGNY)						2.6
<i>Gr. merotumida</i> BLOW & BANNER				2.7	4.7	2.9
<i>Gr. plesiotumida</i> BLOW & BANNER					2.6	
<i>Dentoglobigerina altispira globosa</i> BOLLI				1.1		0.3
<i>D. altispira altispira</i> (CUSHMAN & JARVIS)					1.0	
<i>N. continuosa</i> (BLOW)				15.4	0.5	2.3
<i>N. acostaensis</i> (BLOW)				0.5		0.3
<i>Pulleniatina primalis</i> BERNER & BLOW				1.6		
<i>Sphaeroidinellopsis seminulina seminulina</i> (SCHWAGER)					3.1	2.0
<i>Ss. kochi</i> CAUDRI				1.6		1.4
<i>Ss. paenedehiscens</i> BLOW			0.8	1.6		
<i>Globigerinella obesa</i> (BOLLI)				1.1		1.2
<i>Ge. pseudobesa</i> (SAVATORINI)					0.5	
<i>Glogigerina</i> spp.					0.5	3.2
<i>Globorotalia</i> spp.				4.4		
<i>Neogloboquadrina</i> sp.				1.6		
<i>Sphaeroidinellopsis</i> sp.						0.9
Unidentified specimens			3.3	3.8	1.0	1.2
Total number of specimens		320	120	182	191	347
Benthonic		23	109	19	17	26
Benthonic+Planktonic		343	229	201	208	373

各種産出数をサンプル中の全浮遊性有孔虫に対する(%)で示す。
frequencies in percent.

の下位層増加し、逆に *Neogloboquadrina pachyderma* は減少する傾向がある。コアの群集は岩相と同様、RC 393-1, 2, 3~5の3つに区分することができ。RC 393-1は種数が少なく、群集は *Gr. inflata*,

Gr. truncatulinoides, *P. obliquiloculata* によって特徴づけられている。*Gr. inflata* は産出個体数の約 60% を占める。RC 393-2 は *Gr. inflata*, *Globorotalia tumida tumida* が多く産出し, *Gr. inflata*, *Sphaeroidinella dehiscentes*, *Gg. nepenthes*, *Gr. puncticulata* がこの群集を特徴づけている。RC 393-3~5 は *Gg. nepenthes*, *Neogloboquadrina continua* が比較的多く産出し, *Gs. immaturus*, *Gr. scitula*, *Globorotalia limbata*, *Globorotalia hirsuta* と共にこの群集を特徴づけている。

なお, 表には示していないが, 最下部の白色石灰岩には *Globigerinoides succulifer*, *N. continua*, *N. pachyderma*, *Ss. seminulina seminulina* が含まれていた。

4.3 有孔虫の示す地質年代

D 1073-MC 136

MC 136 の B の灰褐色石灰岩は, *Globorotalia paralenguaensis* が産出し, 浮遊性有孔虫分帯の N. 15-N. 17 a (中期中新世末期-後期中新世) と考えられる。*Gr. praemenardii*, *Gr. mayeri* は C の石灰岩からの混入と考えられる。C の石灰岩は, *Sphaeroidinellopsis disjuncta* が産出し, *Globorotalia praescitula*, *Gr. praemenardii* が共存しており, N. 10 (中期中新世初期) となる。ただし, 四国海盆では *Gr. praemenardii* が N. 9 でも産出する (Echols, 1980) ことから, C は N. 9-N. 10 と考えられる。

RC 392

RC 392-1~4 は, *Gr. truncatulinoides* が産出し, N. 22 前期で消滅する *Globorotalia tosaensis* が見られないことから N. 22 の後半-N. 23 (更新世後期-現世) と考えられる。RC 392-6 は *Gg. nepenthes*, *Globorotalia lenguaensis*, *Gg. dehiscentes* が産出する。*Gg. nepenthes* と *Gr. lenguaensis* の共存により, N. 14-N. 17 a (中期中新世初期-後期中新世) であると推定される。同様に RC 392-7 は *Gr. lenguaensis* と *Globorotalia merotumida* が共存し N. 16-N. 17 a (中期中新世-後期中新世), RC 392-8 は *Gr. paralenguaensis* の産出により N. 15-N. 17 a (中期中新世-後期中新世) であると考えられる。RC 392-5 は前述したように上部と下部の群集が混在しているのは, 岩相の境界部で採取したためと考えられる。最下部の白色石灰岩は *Gr. mayeri* と *Gg. nepenthes* の共存により N. 14-N. 15 (中期中新世後期) と考えられる。また, RC 392-6~8 には前期中新世末期-中期中新世初期のみに生存期間を限られる種が一般的に見られ, 再堆積と推測さ

れる。RC 392-6 は *Gr. praemenardii* が, RC 392-7 は *Praeorbulina glomerosa curva*, *Gr. praescitula*, *Globigerinella praesiphonifera*, が, RC 392-8 は *Gr. praemenardii* が産出しており, 各々 N. 10, N. 8-N. 9, N. 10-N. 12 と考えられる。これらの種は各々産出個体数の約 2% 産出している。以上の結果をまとめてみると下部層は N. 15-N. 17 a の連続した堆積物で, 上部層は N. 22 後期-N. 23 の堆積物, そしてその境界は, N. 18-N. 21 の欠如するハイエイタスである。

RC 393

RC 393-1 は, *Gr. inflata*, *N. dutertrei*, *Gr. truncatulinoides* が産出し, *Gr. tosaensis* が産出していないことから N. 22 後期-N. 23 (更新世中後期-現世) と考えられる。RC 393-2 は N. 22 基底で出現する *Gr. truncatulinoides* が認められず *Gr. inflata*, *Globorotalia puncticulata* が共存することから N. 21 (前期鮮新世末期) と考えられる。N. 19 で消滅する *Gg. nepenthes*, *Sphaeroidinellopsis paenedehiscentes* が各々個体数の約 1% 見られ, 再堆積と考えられる。RC 393-3 は *Gr. merotumida* と *Gr. puncticulata* の共存により, N. 18 (中新世最後期) と考えられる。RC 393-4 は *Gr. merotumida* と *Gr. plesiotumida* が, RC 393-5 は *N. acostaensis* と *Gr. merotumida* が共存しており, N. 17-N. 18 (後期中新世) と考えられる。そして, 最下部の白色石灰岩は *N. continua*, *N. pachyderma* が共に産出することから N. 16 (後期中新世初期) と推定される。また, RC 393-4, 5 には N. 8-N. 9 (前期中新世末期-中期中新世初期) に生存期間を限られる *Praeorbulina glomerosa circularis*, *Pr. glomerosa curva* が個体数の各々約 1% の割合で見られ, 再堆積と推定される。以上をまとめると, これらの年代は岩相区分と良く一致し, 下部の堆積物: N. 17-N. 18, 中部層: N. 21, 上部層: N. 22 後期-N. 23 で, 各々の境界は N. 19 の欠如するハイエイタス, N. 22 前期の欠如するハイエイタスである。

5. 考 察

天保海山の形成年代

RC 392, RC 393 コアの下部層には *Pr. glomerosa curva*, *Pr. glomerosa circularis* など N. 8-N. 9 (16.4-14.6 Ma) を示す浮遊性有孔虫が再堆積として見られる。従って天保海山は, 14.6 Ma よりも古い時期に形成された海山であるといえる。この年代は今までに西七島海嶺で報告された年代の中で最も古い。また, 天

保海山の南東斜面は孀婦岩構造線の南方延長部にあたり、同構造線の形成年代がパレスベラ海盆形成に関連したものとすれば(湯浅・村上, 1985), 天保海山は漸新世かそれより古い時代に形成されたことが推測される。以上のことより、天保海山は四国海盆拡大停止以前(15 Ma)(Klein and Kobayashi, 1980)にすでに存在していた可能性が考えられる。さらに、天保海山が四国海盆東縁にある西七島海嶺に位置することを考慮に入れると、同海山は四国海盆拡大の際、同海盆西縁の九州-パラオ海嶺と分離し形成されたことが推定される。

今回の天保海山の年代は今までに報告された他の西七島海嶺の年代と大きな差がある。さらに、同海山の正の磁気異常が大きいことから、天保海山は、現在西七島海嶺を構成している他の海山と成因を異にする、西七島海嶺の中でも特異な海山であることも考えられる。つまり、天保海山は九州-パラオ海嶺と分離した古い島弧の一部であり、天保海山より北の西七島海嶺には天保海山(古島弧)が九州-パラオ海嶺と分離した後、K-Ar年代に示されるような鮮新世やそれ以降の火山活動により形成された海山が分布している。

石灰岩

D 1073-MC 136 の生物遺骸バックストーンである C は *Lepidocyclina* sp., *Halimeda* sp., 石灰藻片, サング片が含まれており、礁前縁相であると考えられる(Wilson, 1975)。有孔虫ワッケストーンの A, B は有孔虫砂が固結した岩相を示す。このことから、C と A, B の堆積環境には水深の差が読み取れる。また、A, B の境界にまたがって有孔虫、鈹物片が見られることから連続した堆積物と考えられる。よって、A からは同定可能な有孔虫が産出しなかったが、B が N. 15-N. 17 a を示しており、これとほぼ同年代と考えられる。

C が N. 9-N. 10 の年代を示すので MC 136 の石灰岩は生物遺骸バックストーンの堆積後、N. 15-N. 17 a に有孔虫砂が堆積、固結したと推定される。また、この石灰岩にはリン酸塩化が認められるが、A, B が連続した堆積物であるのにリン酸塩化の度が異なること、X線回折分析結果において C, B, A と順次燐灰石のピークが大きくなることから、A-C が堆積後リン酸塩化したことが推測できる。ほぼ同地点の RC 393 コアには全層を通じてリン酸塩化が認められないので、RC 393 最下部(白色石灰岩中の半固結有孔虫砂)の年代である N. 16 以前にリン酸塩化したと考えられる。

RC 392, RC 393 コアの最下部に見られる白色石灰岩は半固結した有孔虫砂と、コケ虫・サング片などを含む石灰岩片からなる。有孔虫砂の年代はそれぞれ N. 14-

N. 15, N. 16 と得られた。石灰岩片はコケ虫、サング片を含むことから礁性であると考えられるが、この岩片には浮遊性有孔虫が認められず年代は不明である。この礁性石灰岩片の年代としては二つの可能性がある。一つは半固結の有孔虫砂と同時期に存在した礁からの堆積物として考え、N. 14-N. 15 あるいは N. 16 とするものである。もう一つは、半固結の有孔虫砂と石灰岩片の年代が異なり、石灰岩片は D 1073-MC 136-C と岩相が類似していることから C の示す N. 9-N. 10 かそれに近い年代であるという考えである。D 1073-MC 136-C, RC 392, RC 393 の石灰岩片が礁性を示すことから、天保海山には礁を形成していた時期があり、頂部水深が海面付近にあったことが推定される。これは採取されたマンガン団塊の核である礫の円磨度が高いことから示唆される。この時期については MC 136-C の年代から N. 9-N. 10 (15.2-14.0Ma)には確実に礁が存在したといえる。前述したように RC 392, RC 393 の礁性石灰岩片の年代が MC 136-C と同様とすれば礁が形成されたのは N. 9-N. 10 のみと考えられる。また、石灰岩片の年代が N. 14-N. 16 であれば、水深の浅かった時期は N. 9-N. 10 と N. 14-N. 16 (8.0-10.9 Ma)の二回あったと考えられる。

ハイエイタス

柱状試料では RC 392 に N. 17 b-N. 21 を欠くハイエイタスが、RC 393 に N. 19 と N. 22 前期を欠く二つのハイエイタスが確認された。これらのハイエイタスはそれぞれ上位、下位の岩相が類似しており、下位の層の固結度が高いことから、一度堆積したものが削剥し形成されたものと考えられる。また、このハイエイタスは上位、下位の岩相が有孔虫砂であることから海面下において形成されたとされる。

深海盆におけるハイエイタスは気候変化に関連して底層流の強化等により形成し発達するとされ、年代も明らかにされている(Keller and Barron, 1983)。しかし、海山などの斜面、また堆積物が薄いといった局所的条件下でのハイエイタスの報告や形成要因の考察例は少ない。フィリピン海では、鮮新世-更新世のハイエイタスは奄美海台で採取された柱状試料(GDP11-5, 28° 06.2' N, 131° 35.2' E, 水深1830m)にも確認されており(Nishimura *et al.*, 1977), RC 392, RC 393 のハイエイタスと一致することから、この時代のハイエイタスはフィリピン海では広域的に発達する可能性がある。

マンガン団塊

天保海山においてマンガン酸化物が堆積するような環境を生じたのは、RC 392 では下部層(N. 15-N. 17 a)

にすでにマンガン酸化物，マンガン団塊が形成していることから，N. 15 (10 Ma) 以前であることが推定される。ただし，この地点ではコア上部層にマンガン酸化物が認められず，N. 17 b-N. 21 (6.3-2 Ma) のハイエータス以降マンガン酸化物の堆積を停止している。RC 393 では，下部層の堆積物中にマンガン酸化物が産出していることから，N. 17-N. 18 (8-5 Ma) 以前であると考えられる。

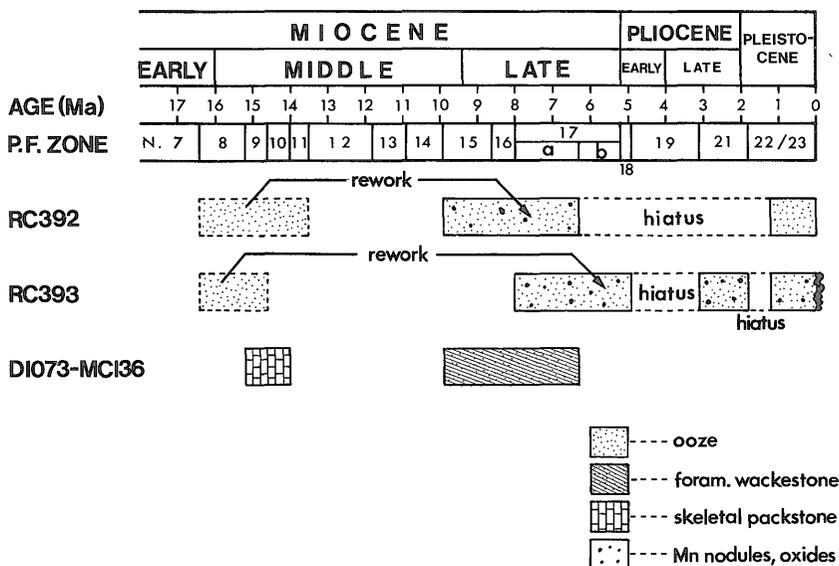
RC 392-RC 393 コアの下部層は N. 15-N. 17 a, N. 17-N. 18 という年代を示し，層の下位ほど年代が古くなるという傾向が見られる。RC 392 の下部層の上部を N. 17 a, 下部を N. 15 とすると，堆積速度は最大でも $0.6\text{m}/10^6\text{ year}$ と極めて遅いことがわかる。このような堆積環境はマンガン団塊の形成に適当な環境であるといえる（原田，1977）。

RC 393 コアは全層を通じてマンガン酸化物が見られ，最上部にマンガン団塊が産出しており，この地点では常にマンガン酸化物が堆積する環境にあったことが推定される。よって，マンガン団塊の形成開始年代を 8 Ma とし，それ以降マンガン団塊が成長し続けたと仮定した

場合，マンガン酸化物の層厚の最頻値である $10\text{-}12\text{ mm}$ を用いて成長速度を計算すると約 $1.5\text{ mm}/10^6\text{ year}$ が得られる。これは他の近接した海域のデータ《母島海山： $0.78\text{ mm}/10^6\text{ year}$ （石井，1985），奄美海台： $2.8\text{-}8.0\text{ mm}/10^6\text{ year}$ （Inoue *et al.*, 1983）》の中間の値である。しかし，原田ほか（1985）によれば，九州-パラオ海嶺北部地域のマンガン団塊は，鮮新世初期-中期頃地質学的に短時間に形成され，その後成長速度を大幅に減少し，更新世中期-後期に成長を停止したと考えられており，天保海山産のマンガン団塊の形成年代，成長速度については今後より詳細な研究が必要である。

6. まとめ

以上をまとめ，天保海山の地史の概略を述べる（第 6 図）。約 15-16 Ma 以前に形成された天保海山は，14-15 Ma 頃礁を形成し，頂部は海面付近にあった。その後海山は沈降したが，柱状試料中の礁性石灰岩を N. 14-N. 16 とすると再び 11-8 Ma に隆起したことも考えられる。9 Ma 頃には有孔虫砂の堆積が可能なまでに沈降し，極めて遅い堆積速度で有孔虫砂を堆積しはじめ，ま



第 6 図 天保海山の堆積史

実線は堆積層として確認しているもの，点線はそうでないものを示す。

中新世における有孔虫分帯の境界は磁極期 5 と海洋の磁気異常のクロン 11 を一致させた時間軸を使用している Barron *et al.* (1985) に従い，N. 19/N. 21, N. 21/N. 22 の境界は Echols (1980) に従った。P.F. ZONE: Planktonic foraminiferal zone.

Fig. 6 Summary of samples from the Tenpo Seamount. The Miocene time scale derived from a correlation of paleomagnetic Anomaly 5 to paleomagnetic Chron 11 (Barron *et al.*, 1985). The N. 19/N. 21 and N. 21/22 boundaries followed after Echols (1980). P.F. ZONE: Planktonic foraminiferal zone.

たそのような環境のなかでマンガン酸化物(マンガン団塊)を形成した。そしてハイエイタスが鮮新世-前期更新世に RC 392 では一度、RC 393 では二度形成された。RC 392 ではマンガン酸化物の形成がこのハイエイタスの間に停止した。後期更新世以降再び現在に至るまで有孔虫砂がやはり遅い堆積速度で堆積し、RC 393 ではマンガン団塊を形成している。

天保海山で採取されたマンガン団塊の核として、半深成岩や火山岩類が採取されたことは同海山の地史を考察するために重要なことであり、今後検討する必要性がある。また、同海山およびその周辺は複雑な地形をしており、孀婦岩構造線の活動等による変形の可能性を検討しなければならない。そして底生有孔虫により古環境を推定し、特にハイエイタスの前後における水深の変化などからハイエイタスの形成要因を考察することも重要であろう。

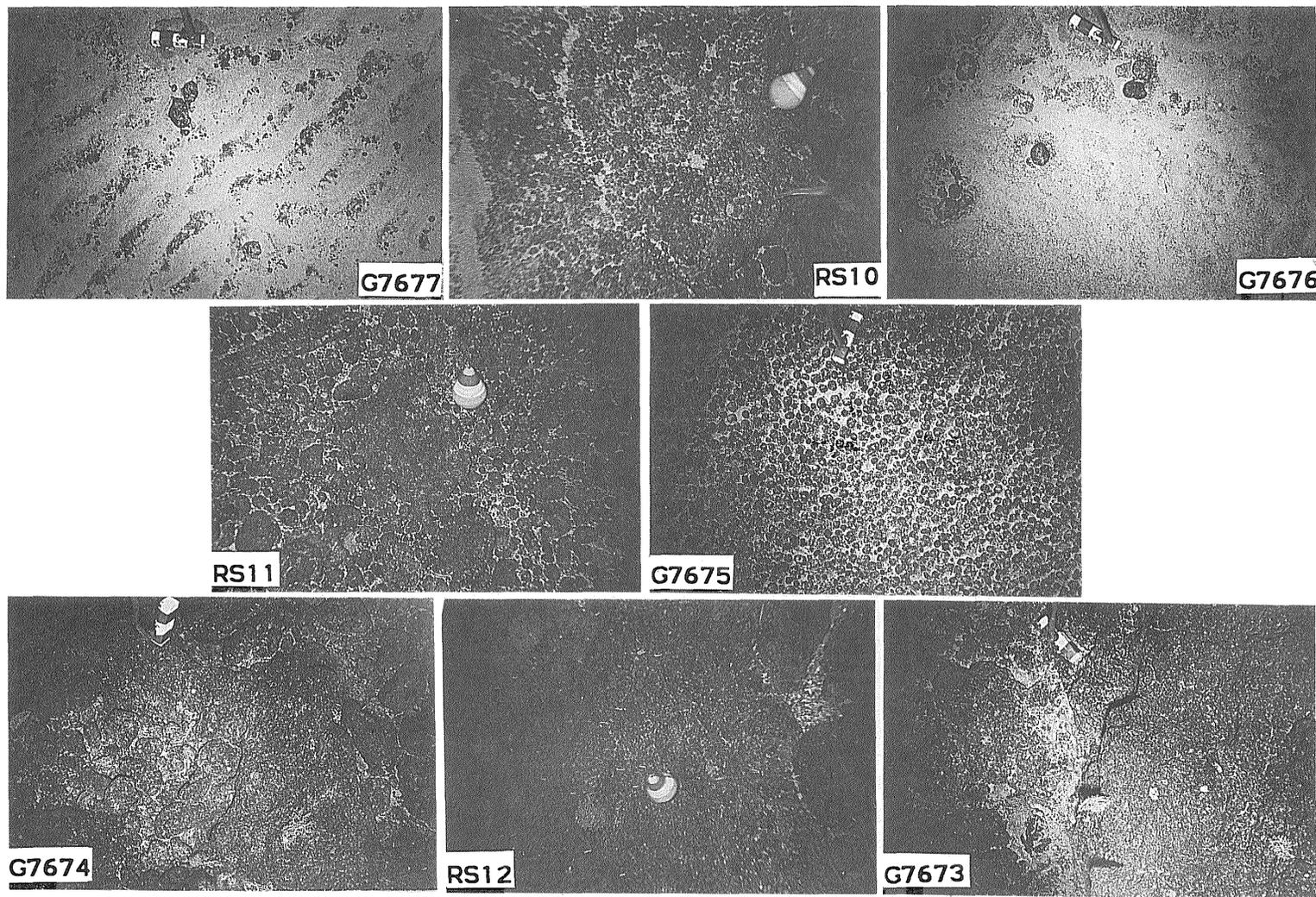
謝辞 試料採取および試料分析にあたって、白嶺丸乗船員の方々、海洋地質部の方々には多くの御協力、御助言を賜った。海洋地質部飯笹幸吉博士にはマンガン団塊の記載を共同でしていただく他、貴重な御助言御助力をいただいた。同部、茅根 創博士、東京大学濱田隆士教授には石灰岩の試料について種々御教えいただいた。国立科学博物館の谷村好洋博士には DSDP-IPOD-ODP のリファレンスセンターにおいて有孔虫を比較する際、御助力いただいた。地質情報センター斎藤英二氏には海底地形図の原図を使用させていただいた。また、海洋地質部奥田義久博士、湯浅真人博士、斎藤文紀氏、中村光一氏、燃料資源部名取博夫博士、東京大学海洋研究所藤岡換太郎博士、東海大学海洋学部青木 斌教授には原稿を読んでいただき、地殻物理部本座栄一博士、海洋地質部村上文敏氏、静岡大学小山真人博士、海上保安庁水路部長岡信治博士からは有益な御助言をいただいた。以上の方々に厚く感謝の意を表する。

文 献

- 有田正史(編)(1990) 海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究—平成元年度報告書, 地質調査所, 253 p.
- Barron, J.A., Keller, G. and Dunn, D.A. (1985) A multiple microfossil biochronology for the Miocene. *Mem. Geol. Soc. Amer.*, no. 163, p. 21-36.
- Daunham, R.J. (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, no. 1, p. 108-121.
- Echols, D.J. (1980) Foraminifer Biostratigraphy, North Philippine Sea. In de Vries Klein, G., Kobayashi, K., et al., eds., *Init. Rept. Deep Sea Drilling Project*, vol. 58, Washington (U.S. Government printing office), p. 567-586.
- Folk, R.L. (1962) Spectral subdivision of limestone types. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, no. 1, p. 63-84.
- 藤岡換太郎・Taylor, B・西村 昭・小山真人・海保邦夫・田崎和江・Janecek, T. 及び第126節乗船研究者一同(1989) 伊豆・小笠原弧の横断掘削. 地学雑誌, vol. 98, p. 886-910.
- 原田憲一(1977) マンガン・ノジュール. 月刊海洋科学, vol. 9, p. 410-429; 480-490; 635-645.
- ・西田史郎・臼井 朗(1985) フィリピン海北部海山産マンガン団塊の地質学的意義. 地学雑誌, vol. 94, p. 170-180.
- 本座栄一・玉木賢策・湯浅真人・棚橋 学・西村 昭(1982) 小笠原弧北部広域海底地質図(100万分の1). 海洋地質図, no. 17, 地質調査所.
- Honza, E. and Tamaki, K. (1985) The Bonin Arc. In Nairn, A.E.M. and Stehli, F.G., eds., *The ocean basins and margins*, vol. 7A, Plenum Publ., p. 459-501.
- 井上英二・本座栄一(1983) 日本周辺海底地質図(300万分の1). 地質調査所.
- Inoue, T., Huang, Z.H., Imamura, M., Tanaka, S. and Usui, A. (1983) ^{10}Be and $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ in manganese nodules. *Geochem. J.*, vol. 17, p. 307-312.
- 石原丈実・山崎俊嗣(1986) 伊豆・小笠原南部海域(GH 85-1及びGH85-3航海)の重力異常. 中尾征三・湯浅真人編, 海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究, 昭和60年度報告書, 地質調査所, p. 127-134.
- 石井輝秋(1985) オフィオライトの起源—島弧前縁

- 部リソスフェア由来のオフィオライトー。
月刊地球, vol. 17, p. 680-688.
- 色直記(1978) 利島地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 34 p.
- (1980) 御蔵島・蘭難波島及び銭洲地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 35 p.
- (1982) 神津島地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 75 p.
- Keller, G. and Barron, J.A. (1983) Paleocceanographic implications of Miocene deep-sea hiatuses. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 94, p. 590-613.
- Kennett, J.P. and Srinivasan, M.S. (1983) *Neogene planktonic foraminifera—A phylogenetic atlas*. Hutchinson Ross Publishing Co., Stroudsburg, 265 p.
- Klein, G. de V. and Kobayashi, K. (1980) Geological summary of the North Philippine Sea, based on Deep Sea Drilling Project Leg. 58 results. In de Vries Klein, G., Kobayashi, K., et al., eds., *Init. Rept. Deep Sea Drilling Project*, vol. 58, Washington (U.S. Government printing office), p. 951-961.
- Leg 126 Shipboard Scientific Party (1989a) Arc volcanism and rifting. *Nature*, vol. 342, p. 18-20.
- (1989 b) ODP Leg 126 drills the Izu-Bonin arc. *Geotimes*, vol. 34, p. 36-38.
- Morozowski, C.L. and Hayes, D. (1979) The evolution of the Parece Vela Basin, eastern Philippine Sea. *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 46, p. 49-67.
- 中尾征三・湯浅真人(編)(1986) 海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究, 昭和60年度報告書, 地質調査所, 149 p.
- 中村光一・内海 茂・柴田 賢(1987) 銭洲海嶺で得られた火山岩の化学組成と K-Ar 年代(演旨). 火山 第2集, vol. 32, p. 181.
- Nishimura, A., Konda, I., Matsuoka, K., Nishida, S. and Ohno, T. (1977) Microfossils of the core sample GDP-11-15 from the Amami Plateau, the northern margin of the Philippine Sea. *Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ., ser. Geol. & Mineral.*, vol. 43, no. 1/2, p. 111-130.
- 尾田太良(1978) 有孔虫・貝形虫. 微化石研究マニュアル, 高柳洋吉編, 朝倉書店, 東京, p. 33-41.
- 斎藤英二・渡辺和明・村上文敏(1986) 伊豆・小笠原弧南部及びマリアナ島弧北部の海底地形. 中尾征三・湯浅真人編, 海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究, 昭和60年度報告書, 地質調査所, p. 8-10.
- 湯浅真人・本座栄一・玉木賢策・棚橋 学・西村昭(1982) 小笠原島弧南部及びマリアナ島弧北部広域海底地質図(100万分の1). 海洋地質図, no. 18, 地質調査所.
- 村上文敏(1985) 小笠原弧の地形・地質と孀岩帯構造線. 地学雑誌, vol. 94, p. 115-133.
- (1985) ドレッチにより採取された岩石. 海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究, 昭和59年度報告書, 地質調査所, p. 7-9.
- Yuasa, M. (1985) Sofugan Tectonic Line, a New tectonic boundary separating northern and southern parts of the Ogasawara (Bonin) Arc, Northwest Pacific. In Nasu, N., Kobayashi, K., Uyeda, S., Kushiro, I. and Kagami, H., eds., *Formation of active ocean margins*, Terra Pub., Tokyo, p. 483-496.
- 湯浅真人・西村 昭(1986) 伊豆・小笠原南部海域(GH 85-1及びGH 85-3航海)のマンガン酸化物について. 中尾征三・湯浅真人編, 海底熱水活動に伴う重金属資源の評価手法に関する研究, 昭和60年度報告書, 地質調査所, p. 90-109.
- Wilson, J.L. (1975) *Carbonate facies in geologic history*. Springer-Verlag, New York Heidelberg Berlin, 474 p.

(受付: 1990年6月11日; 受理: 1990年12月6日)

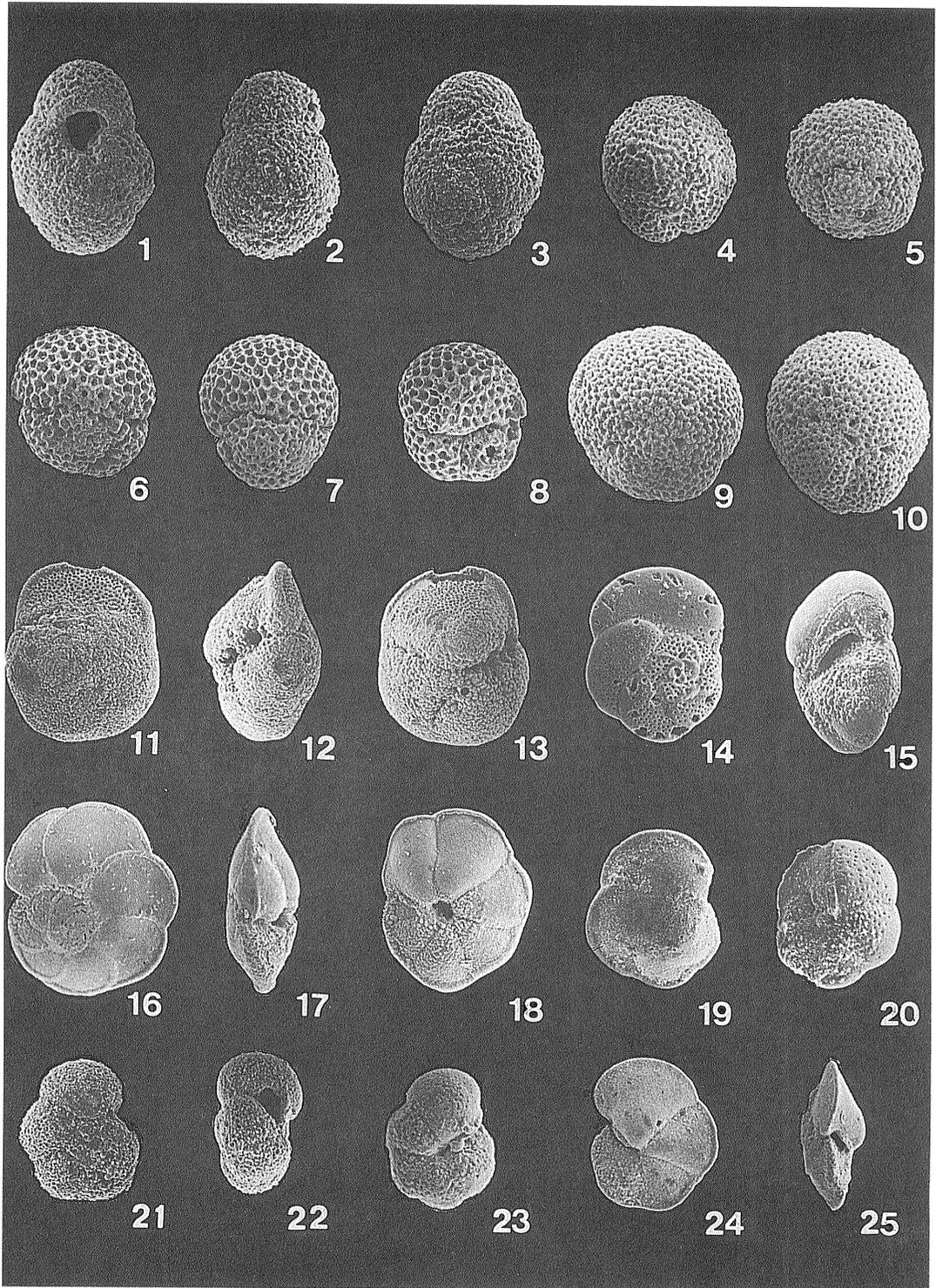


図版 1 天保海山の海底写真
写真中、円形の錘りの直径は8cm.

Plate 1 Subsea photographs of the Tenpo Seamount taken by a camera attached to a grab sampler. Diameter of a spherical weight in photographs is approximately 8 cm.

Explanation of Plate 2

- Figs. 1, 2, 3 *Globigerina nepenthes* Todd
1. umbilical view. $\times 75$. 2. side view. $\times 75$. Sample RC 392-5. 3. spiral view.
 $\times 75$. Sample RC 392-7.
- Figs. 4, 5 *Praeorbulina glomerosa circularis* (Blow)
4. side veiw. $\times 99$. Sample RC 392-7. 5. side veiw. $\times 79$. Sample RC 393-5.
- Figs. 6, 7, 8 *Globigerinoides triloba* (Reuss)
6. spiral veiw. $\times 59$. Sample RC 392-7. 7. side veiw. $\times 65$. 8. umbilical veiw.
 $\times 69$. Sample RC 393-4.
- Figs. 9, 10 *Praeorbulina glomerosa curva* (Blow)
9. side veiw. $\times 95$. 10. side veiw. $\times 79$. Sample RC 393-5.
- Figs. 11, 12, 13 *Globorotalia miozea* Finley
11. spiral view, 12. side view, 13. umbilical view. $\times 50$. Sample RC 393-3.
- Figs. 14, 15, 20 *Globorotalia praescitula* Blow.
14. spiral view. $\times 79$. Sample D 1073 MC 136-C. 15. side view. $\times 89$. 20. umbilical
view. $\times 89$. Sample RC 392-7.
- Figs. 16, 17, 18 *Globorotalia limbata* (Fornasini)
16. spiral view. $\times 37$. 17. side view. $\times 35$. 18. umbilical view. $\times 34$. Sample
RC 393-5.
- Figs. 19, 24, 25 *Globorotalia praemenardii* Cushman and Stainforth
19. spiral view. $\times 50$. 24. umbilical view. $\times 40$. 25. side view. $\times 40$. Sample
D 1073-MC 136-C.
- Figs. 21, 22, 23 *Globorotalia mayeri* Cushman and Ellisor
21. spiral view. $\times 69$. Sample RC 392-8. 22. side view. $\times 69$. 23. umbilical view.
 $\times 69$. Sample RC 392-9.



Explanation of Plate 3

Figs. 1, 2, 3. *Globorotalia lenguaensis* Bolli

1. spiral view. $\times 95$. Sample RC 392-6. 2. side view. $\times 109$. 3. umbilical view. $\times 95$. Sample RC 392-7.

Figs. 4, 5, 9 *Globorotalia plesiotumida* Blow and Banner

4. spiral view. $\times 50$. 5. side view. $\times 50$. 9. umbilical view. $\times 50$. Sample RC 393-5.

Figs. 6, 7, 8 *Globorotalia paralenguaensis* Blow

6. spiral view. $\times 89$. Sample D 1073-MC 136-C. 7. side view, 8. umbilical view. $\times 99$. Sample RC 392-8.

Figs. 10, 14, 15 *Globorotalia acrostoma* Wazel

10. spiral view. 14. umbilical view. 15. side view $\times 95$. Sample D 1073-MC 136-C.

Figs. 11, 12, 13 *Globorotalia merotumida* Blow and Banner

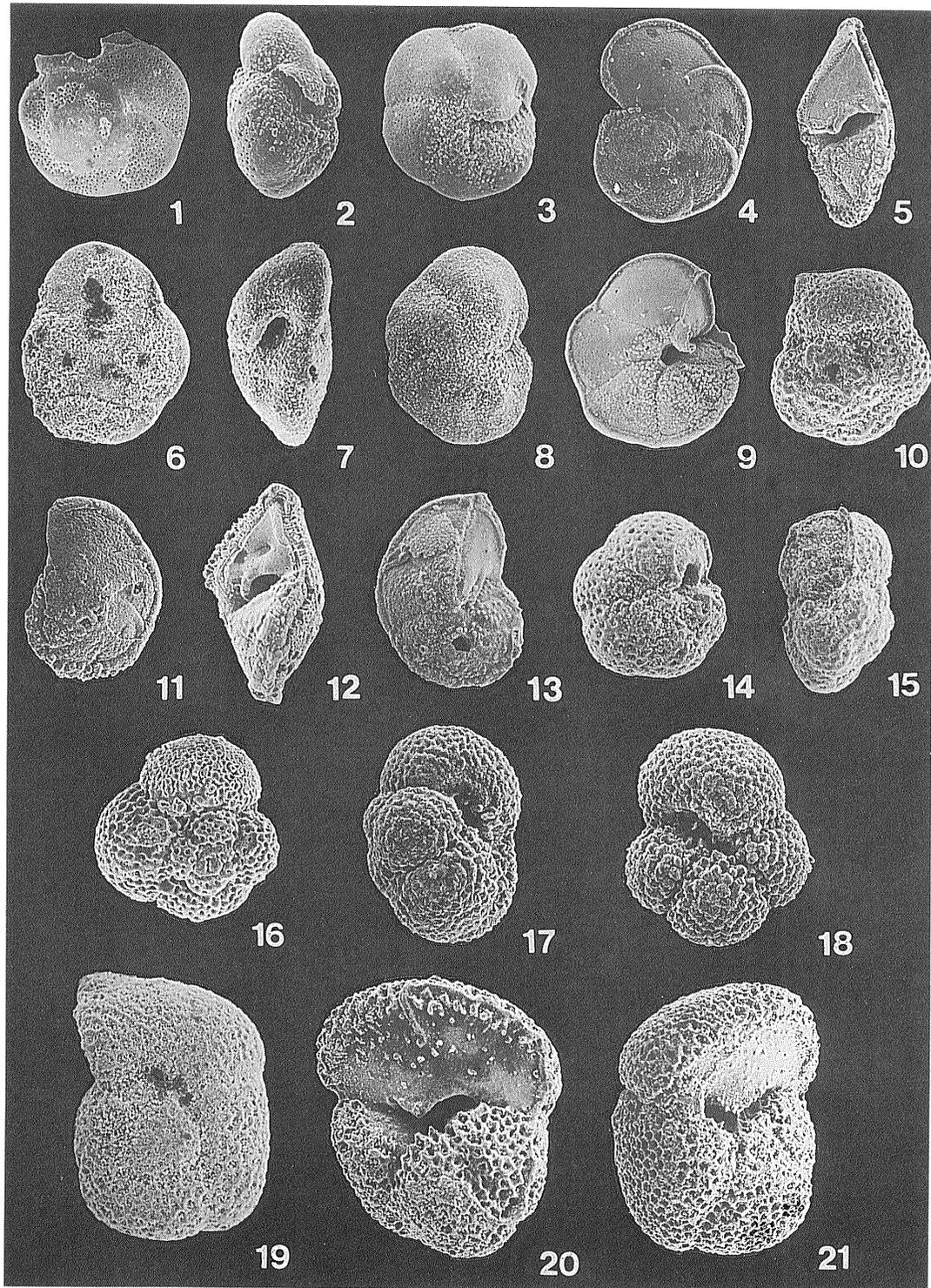
11. spiral view. $\times 69$. 12. side view. $\times 69$. 13. umbilical view. $\times 65$. Sample RC 393-5.

Figs. 16, 17, 18 *Neogloboquadrina continuosa* (Blow)

16. spiral view. $\times 95$. 17. side view. $\times 99$. 18. umbilical view. $\times 89$. Sample RC 393-3.

Figs. 19, 20, 21 *Globoquadrina dehiscens* (Chapman and Collins)

19. spiral view. $\times 79$. 20. side view. $\times 79$. 20. umbilical view. $\times 75$. Sample D 1073-MC 136-C.



Explanation of Plate 4

- Figs. 1, 2, 3 *Globorotalia puncticulata* (Deshayes)
1. spiral view. $\times 55$. 2. side view. $\times 55$. 3. umbilical view. $\times 75$. Sample RC 393-2.
- Figs. 4, 5, 9 *Globolotalia inflata* D'Orbigny
4. spiral view. $\times 50$. Sample RC 392-1. 5. side view. $\times 50$. 9. umbilical view.
 $\times 50$. Sample RC 393-1.
- Figs. 6, 7, 8 *Globorotalia truncatulinoidea* (d'Orbigny)
6. spiral view. $\times 47$. Sample RC 392-1. 7. side view. $\times 47$. 8. umbilical view.
 $\times 47$. Sample RC 392-2.
- Figs. 10, 11, 12 *Sphaeroidinellopsis seminulina seminulina* (Schwager)
10. spiral view. $\times 45$. 11. side view. $\times 50$. 12. umbilical view. $\times 50$. Sample
RC 393-5.
- Figs. 13, 14, 18 *Pulleniatina primalis* Berner and Blow
13. spiral view, 14. side view, 18. umbilical view. $\times 55$. Sample RC 393-3.
- Figs. 15, 16, 17 *Sphaeroidinellopsis paenedehiscens* Blow
15. spiral view, 16. side view, 17. umbilical view. $\times 59$. Sample RC 393-2.
- Figs. 19, 23, 24 *Globigerinita glutinata* (Egger)
19. umbilical view. $\times 85$. 23. spiral view. $\times 95$. Sample RC 392-7. 24. side view.
 $\times 95$. Sample RC 392-6.
- Figs. 20, 21, 22 *Globigerinella praesiphonifera* (Blow)
20. spiral view, 21. side view, 22. umbilical view. $\times 55$. Sample RC 392-7.

