

マリアナ海溝から発見された超深海性 現世底生有孔虫群集

秋元 和寛*¹ 植松 勝之*² 服部 陸男*³ 加藤 千明*⁴

1996年3月4日、マリアナ海溝チャレンジャー海域で実施された「かいこう」第23試験潜航において、水深10,897mの超深海底から底質試料が得られた。分析した結果、6種の現世底生有孔虫が同定された。*Reophax difflugiiformis* ならびに *Reophax scorpiurus* の生体が認められ、これらが11KBの水圧下でも生息することが明らかになった。これらは、地球上最も深い場所に生息する底生有孔虫であり、Thompson (1980) の報告より約3,500m深い。遺骸群集では、*R. difflugiiformis* および *Rhabdammina abyssorum* が優勢であり、*Hormosina globulifera* が随伴する。

キーワード：マリアナ海溝、超深海帯、現世、底生有孔虫、群集

Recent Benthic Foraminiferal Assemblage Discovered from the Hidal Zone of Mariana Trench, Northwest Pacific Ocean

Kazumi AKIMOTO*⁵ Katsuyuki UEMATSU*⁶
Mutsuo HATTORI*⁷ Chiaki KATO*⁸

The sediments sample was obtained from the seafloor (10,897m in water depth) of the Challenger area in Mariana Trench by the submersible "Kaiko" at March 4, 1996. Six benthic foraminiferal taxa are identified. Living *Reophax difflugiiformis* and *Reophax scorpiurus* are discovered in the benthic foraminiferal assemblage. This assemblage is the deepest in the depth distribution of benthic foraminifers. *R. difflugiiformis* and *Rhabdammina abyssorum* are dominant and *Hormosina globulifera* is subordinary in the thanatocoenosis of benthic foraminifers.

Key words : Mariana Trench, Hidal zone, Recent, Benthic foraminifers, Assemblage

*1 名古屋自由学院短期大学

*2 株式会社マリン・ワーク・ジャパン

*3 海洋科学技術センター深海研究部

*4 海洋科学技術センター深海環境プログラム

*5 Nagoya Jiyu Gakuin Junior College

*6 Marine Works Japan Ltd.

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

*8 Deep-sea Environment Exploration Program, Japan Marine Science and Technology Center

1. はじめに

間断なく堆積した深海底の岩石から系統的に採集できる底生有孔虫は、著しい地殻変動を連続して捉え、古環境を高精度に解析するために、極めて有用な示相化石である。伊豆-小笠原弧および東北日本沖の深海掘削では、底生有孔虫による古水深の推定は、活動的プレート境界の地殻変動の解析上不可欠であった。しかしなが

ら、底生有孔虫のもたらす情報の重要性に対し、海溝の現世底生有孔虫群集の研究は10指に満たない(例えば Bandy and Rodolfo, 1964; Thompson 1980, 1982; Inoue, 1989; 安田, 1989 など)。水深6,000mを超える超深海における現世群集の深度分布の資料は、ペルー-チリ海溝(Bandy and Rodolfo, 1964)および(Thompson, 1980)に限られる。最深の現世群集は、東北日本沖

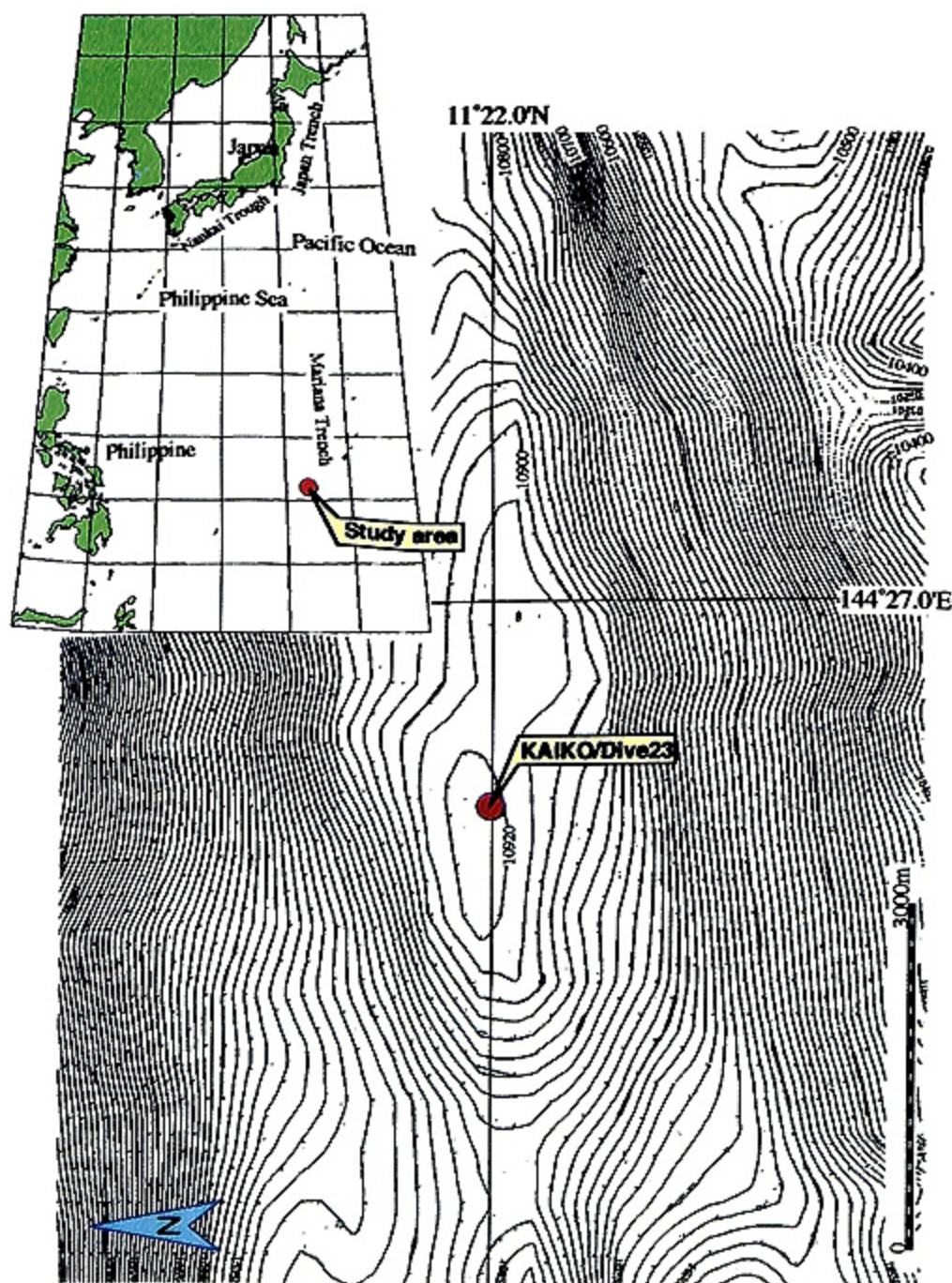


図1 試料採集地点の位置図
Fig. 1 Index map of sampling point.

日本海溝の水深 7,400m から報告されている (Thompson, 1980)。石灰質保障深度 (CCD) を超える海溝に分布する群集は、膠着質種から構成されている。したがって、海溝充填堆積物から構成される付加体の研究の進展のためには、超深海帯における現世膠着質有孔虫の深度分布の研究は不可避といえる。

マリアナ海溝は、太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界に位置し、世界最深のチャレンジャー海淵 (水深 10,924m) があることで知られている。1996 年 3 月 4 日、チャレンジャー海域で実施された「かいこう」第 23 試験潜航において、水深 10,897m から底質試料が採集された (図 1)。分析の結果、膠着質種から構成される底生有孔虫群集が、確認された。群集には生体も含まれ、地球上最も深い場所に生息する底生有孔虫群集と判断される。小論では、群集の特徴、種組成の概要を報告し、すでに報告されている炭酸塩補償深度以深の群集組成と比較する。

2. 分析試料

採泥地点 (東経 142°25.85', 北緯 11°22.59', 水深 10,897m) の水温は 2.6°C, 塩分濃度は 34.7‰, 圧力は 11.13KB であった。この地点でグラバ式採泥器によって、表層から深さ 20cm までの赤色を帯びた遠洋性粘土が得られた。この底質試料は、引き上げ直後、深さ 10cm にて上下に 2 分された。上部の試料から、底生有孔虫分析用試料として 54ml が切り分けられた (写真 1)。分割後直ちに、冷凍庫 (-80°C) で保存された。

実験室にて、底質試料をローズベンガル染色液に浸し、解凍とともに染色した。底質試料から有孔虫を分離するために、試料を目開き 250 メッシュ (孔径 0.063 mm) の篩上で水洗した。底質試料中のシルトの全重量を計測するために、水洗時得られた全懸濁液 (3 l) から正確に 30ml を抽出し、その乾燥重量を計り換算した。粗粒成分からなる残渣は、4 時間の流水による弁色の後、ろ紙で回収し、35°C に設定した電気定温乾燥機にて乾燥後、重量を求めた。残渣と懸濁物の乾燥重量に基づいて、分析試料の全乾燥重量 (16.788 g) および含泥率 (96.0%) を決定した。

粒径 0.063mm 以上の粗粒粒子のほとんどが、板状の白色多角形を呈する粒子ならびに放散虫遺骸であり、若干の黒雲母および碎屑物を伴う (写真 2)。板状粒子は、1 辺が最大で 300 μ m, 厚さ 3-5 μ m である (写真 3, 4)。表面には小さい穴が直線状に配列し、粒子を貫通している。穴の密度は、100 μ m² あたり 15 個である。EDS 分析

により、成分は二酸化珪素である (図 2)。破片の形状および成分より、珪藻起源の破片と推定された。

粒径 0.063mm 以上の残渣から、成体の有孔虫個体を摘出するために、目開き 115 メッシュ (孔径 0.125mm) の篩にて残渣をふるい分け、粗粒部分から双眼実体顕微鏡下で全有孔虫個体を摘出した。摘出後、得られた 91 底生有孔虫個体について分類・同定し、種毎に個体数を数え表示した (表 1)。併せて、浮遊性有孔虫数 (Planktonic foraminiferal number), 底生有孔虫数 (Ben-

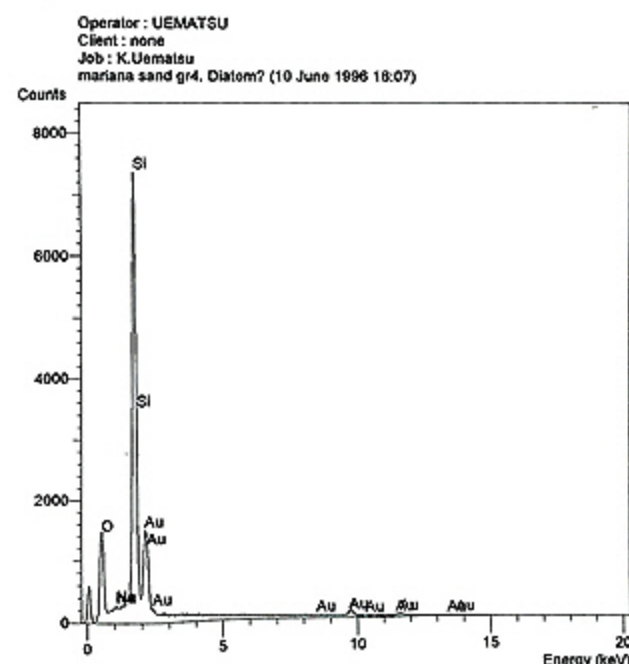


図 2 白色板状粒子の元素分析結果
Fig. 2 EDS analysis of the white plate grain.

表 1 底生有孔虫リスト
Table 1 List of benthic foraminifers.

Benthic foraminiferal species (dead)	
<i>Mormosina globulifera</i> Brady	9
<i>Reophax difflugiformis</i> Brady	39
<i>R. guttifer</i> Brady	3
<i>R. scorpiurus</i> Montfort	3
<i>R. sp.</i>	6
<i>Rhabdammina abyssorum</i> Sars	27
Total number of dead individuals	87
Benthic foraminiferal species (living)	
<i>Reophax difflugiformis</i> Brady	3
<i>R. scorpiurus</i> Montfort	1
Total number of living individuals	4
Total number of benthic foraminifers	91
Living benthic foraminiferal number (individuals/g)	0.2
Living benthic foraminifers / total benthic foraminifers ratio (%)	4.4
Benthic foraminiferal number (individuals/g)	5.4
Agglutinated foraminifers / total benthic foraminifers ratio (%)	100.0
Planktonic foraminiferal number (individuals/g)	0.1
Planktonic foraminifers / total foraminifers ratio (%)	0.0

thic foraminiferal number), 全有孔虫に対する浮遊性種の割合 (Planktonic foraminifers/total foraminifers ratio) および全底生有孔虫に対する膠着質種の割合 (Agglutinated foraminifers/total benthic foraminifers ratio) を算出した。多産種の光学ならびに走査型電子顕微鏡写真を巻末に図示した (写真 5-10)。

3. 現生底生有孔虫の特徴

3. 1 群集の産状

底生有孔虫は海底に生息するため、分布は底層水の状態に強く影響される。一般に有孔虫の生産量は、それぞれの種にとって最適な環境で最大になる (Boltovskoy and Wright, 1976)。海洋の表層に生息する浮遊性有孔虫は、海底まで沈降する過程で溶解作用を被る。底質試料中の有孔虫個体の含有量を用いて、有孔虫の生産量あるいは溶解の程度と環境との関係が議論されている。これまで、古海洋および堆積環境の復元のために浮遊性・底生有孔虫群集に基づく多様な指標が提案されており、浮遊性有孔虫数、底生有孔虫数、全有孔虫に対する浮遊性種の割合および全底生有孔虫に対する膠着質種の割合は代表的な指標とされている (例えば、浅野, 1970)。

底生有孔虫は、石灰質種と膠着質 (砂質) 種の 2 つのグループに大別される。1 群集中に含まれる全底生有孔虫の個体数に対する後者の割合が膠着質種比である。この数値は、石灰質種の溶解と砂質種の生態に関係しており、海洋の pH の低下 (Cruz and López, 1989)、石灰質保障深度 (Akimoto, 1990) および溶存酸素量 (Nishi, 1992) の低下にともなって増加する。今回得られた種は、すべて膠着質種であった。

底生有孔虫数は、底質試料 1 グラムあたりに含まれる底生有孔虫の遺骸数である。本試料におけるこの値は 5.4 である。八丈島周辺における石灰質保障深度より深い水深 5,525m での値 (1,000) に比べ、著しく低い。種数が 5 種と著しく片寄っていることを考慮すると、底生有孔虫にとって厳しい生息環境が窺える。

浮遊性有孔虫数は、底生有孔虫数と同様に海底表層の底質試料 1 グラムあたりに含まれる浮遊性有孔虫の遺骸数である。今回の著しく破損した浮遊性種 1 個体が得られた。八丈島周辺の小笠原弧における炭酸塩補償深度は、水深 4,000m 付近にある (Akimoto, 1990) ので、流入した遺骸と思われる。

3. 2 種組成

現世底生有孔虫は、3 属 6 種 (1 未決定種を含む) に

同定された。*Reophax difflugiformis* (3 個体) ならびに *Reophax scorpiurus* (1 個体) の生体が認められ、これらが水深 10,897m まで生息することが明らかになった。遺骸群集では、*R. difflugiformis* (39 個体) および *Rhabdammina abyssorum* (27 個体) が優勢であり、*Hormosina globulifera* (9 個体) が随伴する (表 1)。

Rhabdammina abyssorum の房室の配列は分岐状、*Hormosina globulifera* および *Reophax difflugiformis* は単室である。したがって、膠着質有孔虫の中でも単室あるいは分岐状構造の底生有孔虫が、海洋底の最も深い場所まで生息することが明らかになった。安田 (1989) は、膠着質種の殻の形態の比較から深度分布の違いを指摘した。水深の増加とともに単純な形態を有する種が優勢になるとした見解は、大局的に裏付けられた。

Rhabdammina abyssorum ならびに *Reophax difflugiformis* は、北西太平洋の現生群集において、それぞれ水深 1,200m ならびに 3,000m 以深で 3% 以上の頻度になる。*Hormosina globulifera* の分布の上限は、水深 4,065m にある (Inoue, 1989; 安田, 1989; Akimoto, 1990)。したがって、これらの種の深度分布は、かなり広いといえる。

3. 3 殻構造

膠着質種は、個体の周辺にある物質を集積し、分級・付着して殻を構築する。光学顕微鏡観察で、*Reophax difflugiformis* および *Rhabdammina abyssorum* の殻の粒子は、堆積物中の多産する粒子とは著しく形態を異にしていた (写真 5, 8)。電子顕微鏡観察においても、多産する粒子の持つ放射状の穴の配列が認められなかった (写真 7, 10)。そこで、両種の代表的な粒子を EDS にて元素分析した (図 3, 4)。その結果、両種とも粒子の大部分は灰長石であり、少量の海綿骨針を伴う。したがって、堆積物の粗粒粒子の大半を占める板状の珪質の破片および放散虫遺骸を用いず、極めて少ない火山砕屑性あるいは生物起源の粒子の中から特定の大きさのものを集積・付着していることが判明した。このことから、超深海の膠着質有孔虫においても、種にとって必要な粒子を堆積物中から意図的に分別すると推定される。

4. 北西太平洋の膠着質群集との比較

今回発見された群集の属組成は、*Reophax*, *Rhabdammina* および *Hormosina* である。これは、Thompson (1980) が報告した東北日本沖日本海溝軸部 (水深 6,485-7,425m) の群集の属組成 (種組成は不明) に近い。一方、水深 6,000m 付近の現世底生有孔虫

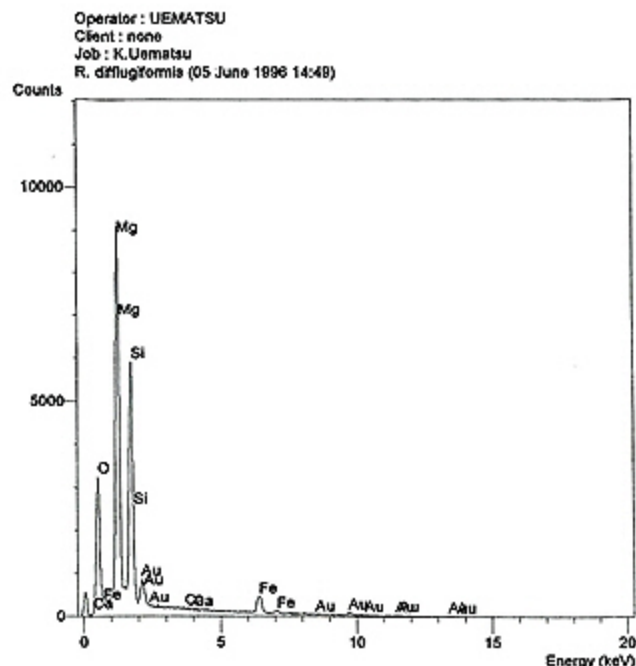


図3 *Reophax difflugiformis* Brady の殻の粒子の元素分析結果

Fig. 3 EDS analysis of the grain of *Reophax difflugiformis* Brady.

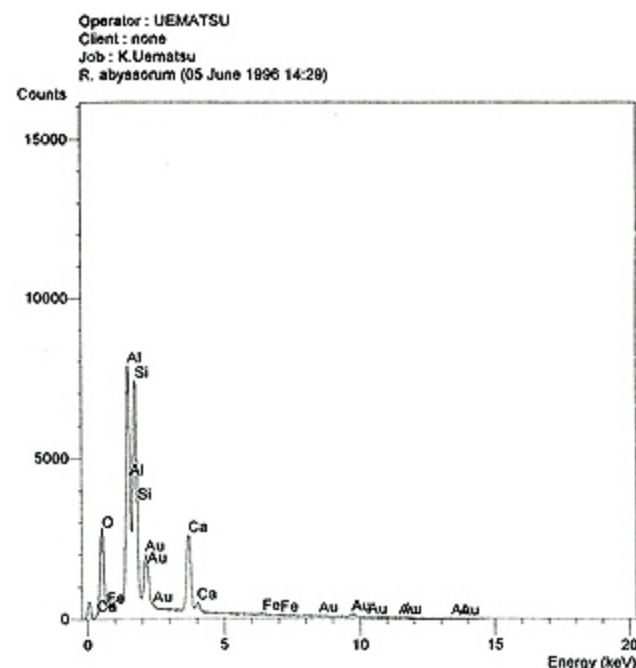


図4 *Rhabdammina abyssorum* Sars の殻の粒子の元素分析結果

Fig. 4 EDS analysis of the grain of *Rhabdammina abyssorum* Sars.

群集の構成種は、*Ammodiscus* sp., *Haplophragmoides rotulatum*, *Reophax* sp. および *Rhabdammina*? sp. である (Inoue, 1989)。属組成の比較から、水深 6,000m と 6,485m との間に群集の境界が存在すると推定される。

これより浅い水深における膠着質有孔虫群集の境界は、高知県沖太平洋において設定されている (安田, 1989)。同論文によれば、多様な膠着質種優先群集と単純膠着質種優先群集との境界が、石灰質保障深度付近 (水深 3,500-4,000m) に存在する。

そこで、水深 3,500 から 6,000m までの膠着質有孔虫の深度分布を明らかにするために、Akimoto (1990) および Inoue (1989) に基づき、図 5 を作成した。この図によれば、水深 4,000-5,500m までの底生有孔虫群集における代表的な膠着質種の分布の下限は、次のようである。水深 4,065m 以深の群集には、*Haplophragmoides columbiensis*, *Hypammina friabilis*, *Hypammina laevigata*, *Nodellum membranaceum*, *Reophax fusiformis* および *Rhizammina algaeformis* が含まれない。水深 4,500m 以下では *Reophax scorpiurus* が、5,000m 以深では *Glomospira gordialis* が存在しない。水深 5,255m 以深では、*Karreriella apicularis*, *Psammosphaera parva*, *Reophax bacillaris*, *Saccammina sphaerica* ならびに *Saccorhiza ramosa* がなくなり、水深 5,500m では *Glomospira charoides*, *Reophax aduncus* が見い出せない。したがって、膠着質種の深度分布の境界は、水深 4,065m, 4,500m, 5,255m および 5,500m に認められる。これら現世種の分布の下限によって、安田 (1989) の単純膠着質種優先群集は、一層細分できると判断される。

5. 今後の課題

これまでの研究との比較から、炭酸塩補償深度以深の深海における膠着質有孔虫種毎の生息深度の差異が明白になった。膠着質有孔虫の深度による棲み分けは、膠着質種のみを産した地層の古環境解析に対して、新たな資料が適用できることを示唆している。さらに、膠着質殻の化学組成ならびに遺伝子の検討により、深度分布を規制する因子が見い出され、古水深の手法として確立できる可能性もある。他方、従来の研究が海溝の陸側斜面の現世底生有孔虫群集を扱っているため、Thompson (1980) によって指摘された海溝を挟んで陸側と大洋側で群集の種組成が異なることを追試できないことも判明した。今後、付加体を構成する堆積岩の起源の決定のために調査すべき問題として残されている。

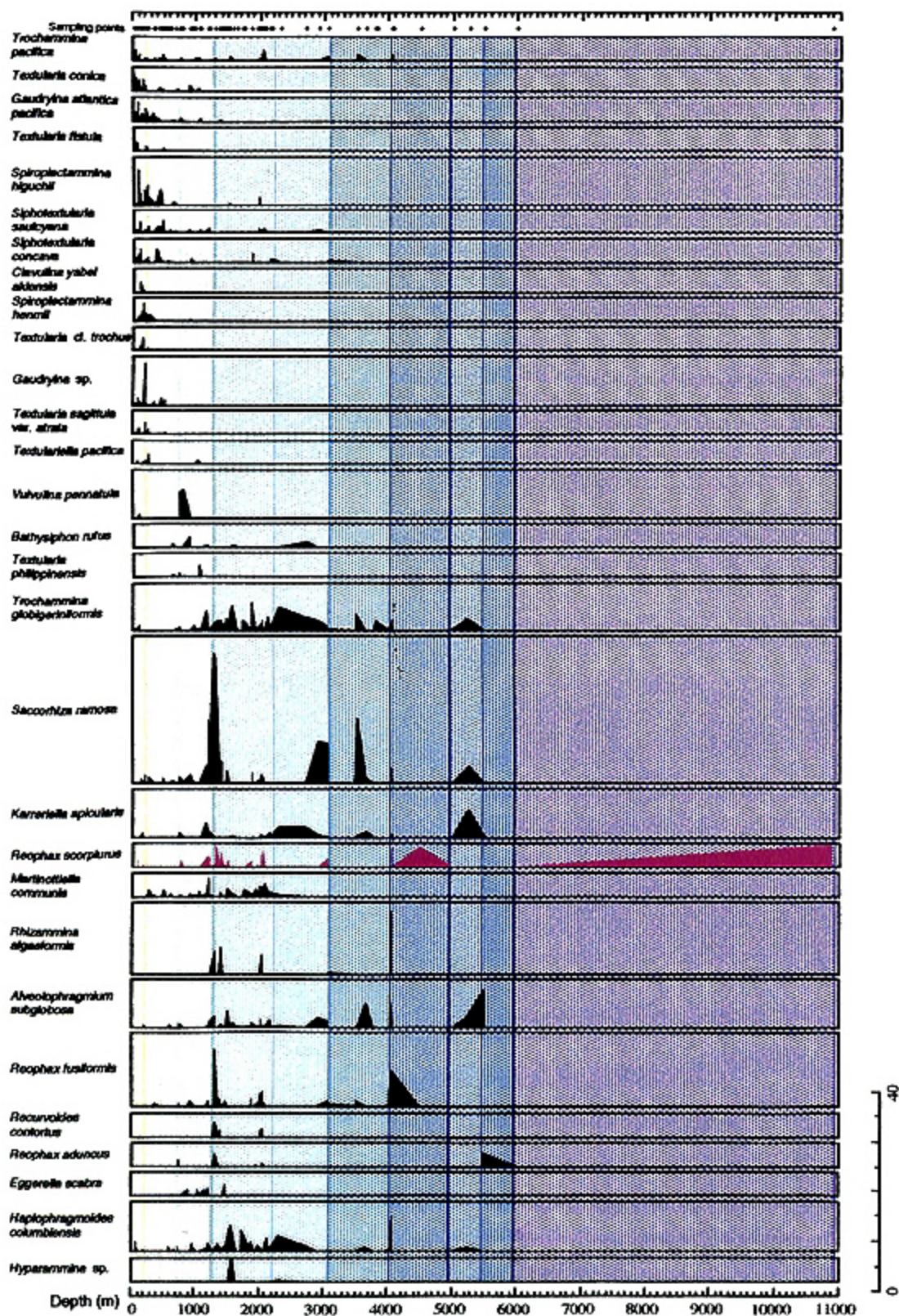


図 5 膠着質有孔虫の深度分布

Fig. 5 Depth distribution of agglutinated benthic foraminifers.

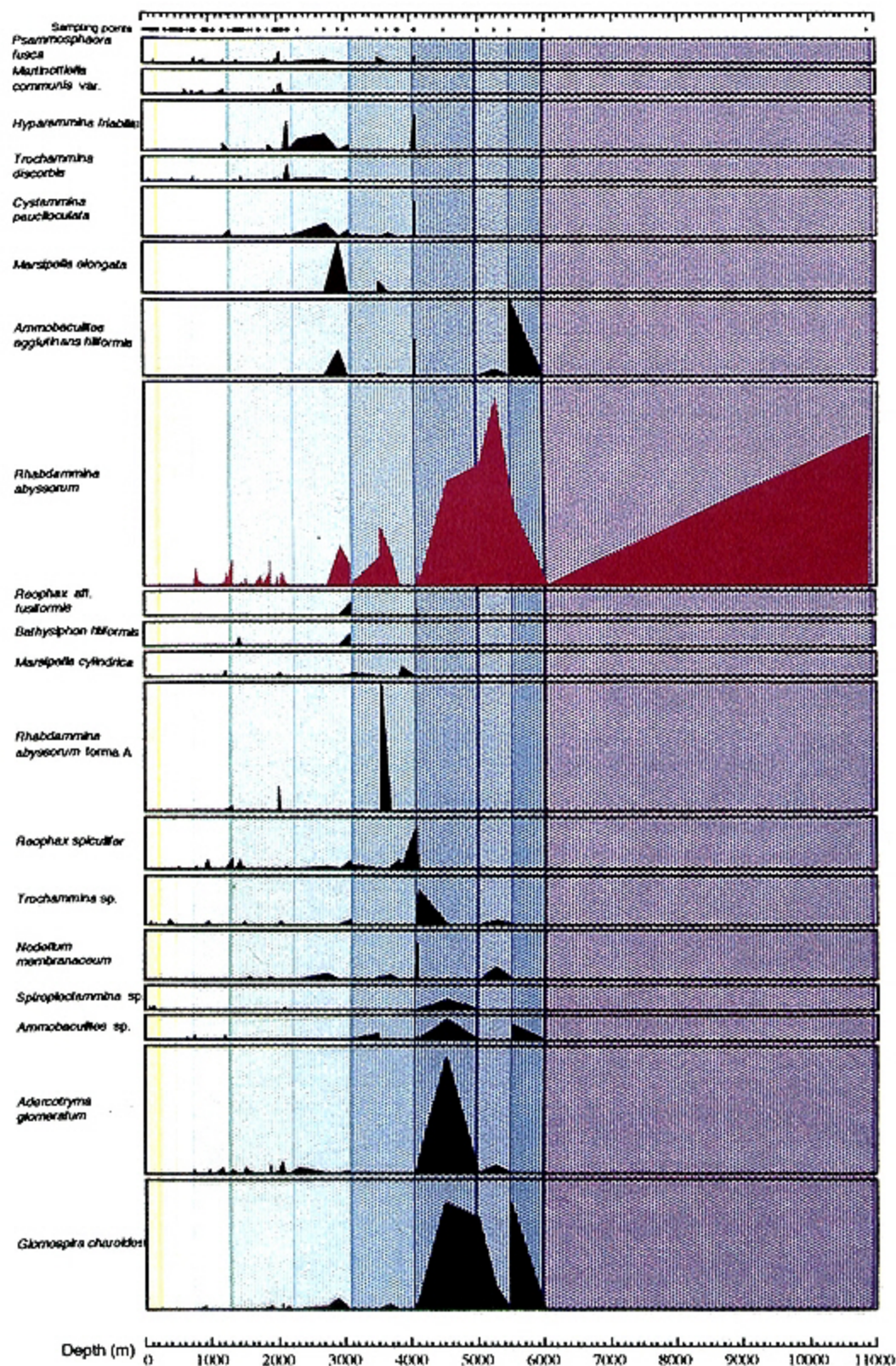


図 5 (続き)
Fig. 5 (Continued)

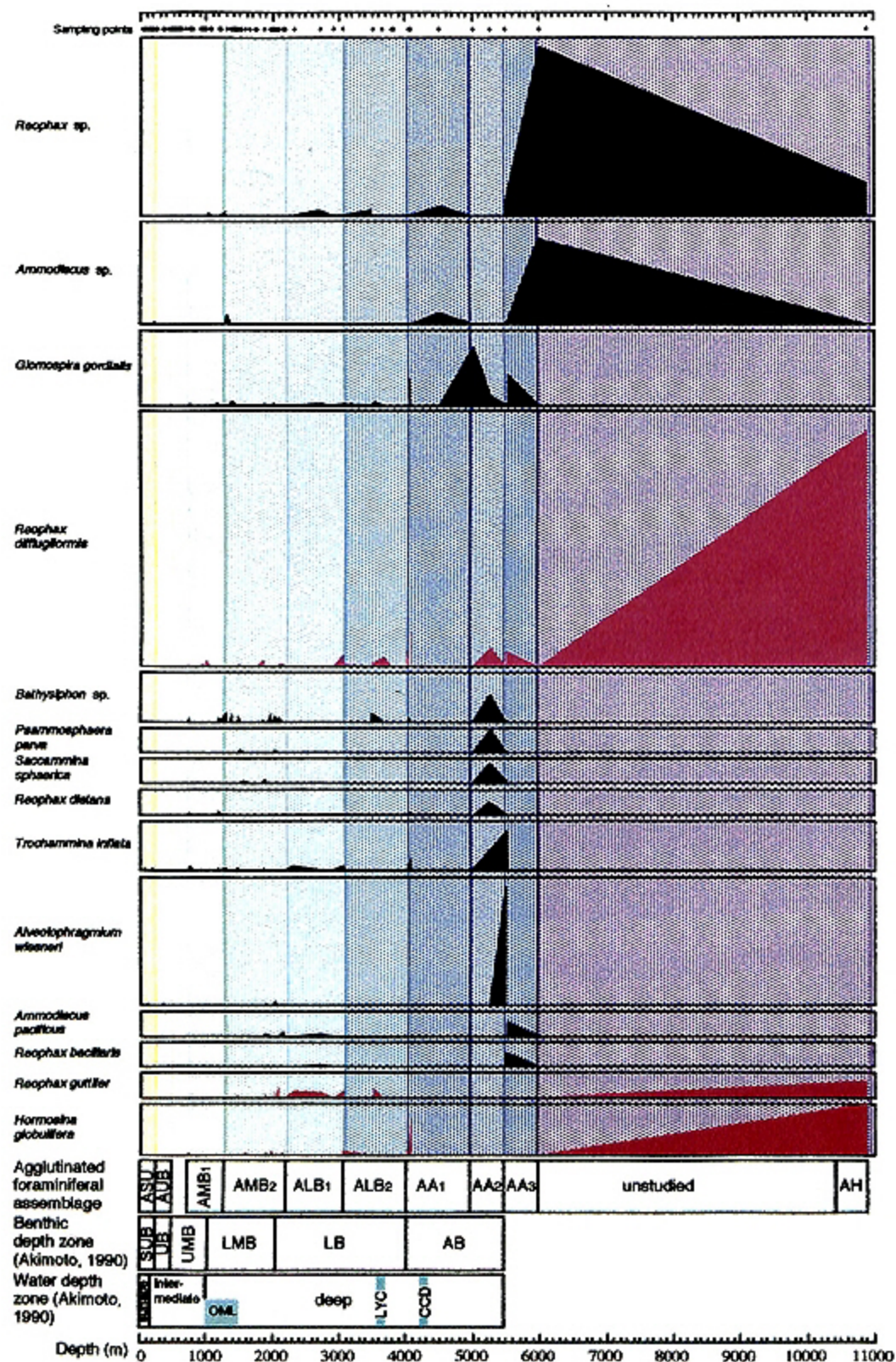


図 5 (続き)

Fig. 5 (Continued)

これらの課題の解決には、海溝周辺の現世底生有孔虫種の地理ならびに深度分布の資料の蓄積が不可避である。「かいこう」による超深海の調査、底質試料の採集が進めば、未着手であった水深6,000mから10,000mまでの現世底生有孔虫群集の研究において、飛躍的な進展が見込まれる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、平成8年度私学振興財団学術研究振興資金（代表：秋元和寛）の一部を使用した。

引用文献

- Akimoto, K. (1990): Distribution of Recent benthic foraminiferal faunas in the Pacific off southwest Japan and around Hachijojima Island. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, 2nd ser. (Geol.), 60 (2), 139-233.
- 浅野 清 (1970): "有孔虫の生態・分布・古生態." p 127-170. In: 微古生物学 (上). 朝倉書店, 278 pp.
- Bandy, O.L. and K.S. Rodolfo (1964): Distribution of foraminifera and sediments, Peru-Chile Trench area. *Deep-Sea Res.*, 11, 817-837.
- Boltovskoy, E. and R. Wight (1976): Recent Foraminifera. Dr. W. Junk b.v. Publishers, The Hague, 515 pp.
- Curz, A.M. and A.A. López (1989): Influence of the hydrothermal vents on the distribution of ben-

thic foraminifera from the Guaymas Basin, Mexico. *Geo-Marine Letters*, 8, 49-56.

- Inoue, Y. (1989): Northwest Pacific foraminifera as paleoenvironmental indicators. *Sci. Rept. Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, sec. B (Geological Science)*, 10, 57-162.
- Nishi, H. (1992): "The depth distribution of living benthic foraminiferal within marine sediments of Suruga and Sagami Bays, off the southern coast of Japan." p 109-115. In: *Studies in benthic foraminifera BENTHOS '90*, Sendai, 1990. Edited by Y. Takayanagi and T. Saito, Tokai University Press, 440 pp.
- Thompson, P.R. (1980): Foraminifers from Deep Sea Drilling Project sites 434, 435, and 436, Japan Trench. *Initial Rep. DSDP*, 56-57, 775-807.
- Thompson, P.R. (1982): Foraminifers of the middle American Trench. *Initial Rep. DSDP*, 67, 351-381.
- 安田尚登 (1989): "四国沖下部斜面海盆の有孔虫群と堆積相." p 83-92. In: 論集日本列島の有孔虫. 高柳洋吉・石崎国熙編, 東光印刷, 173 pp.

(原稿受理: 1996年7月12日)

(注) 写真は次ページ以降に掲載



写真 1 分析した遠洋性赤色粘土
Photo 1 Pelagic red clay for foraminiferal analysis.



写真 2 堆積物の粗粒成分の光学顕微鏡写真 (×20)
Photo 2 Microscopic photograph of coarse grains of the pelagic red clay (×20).



写真 3 白色板状粒子の光学顕微鏡写真 (×80)
Photo 3 Microscopic photograph of the white plate grains (×80).

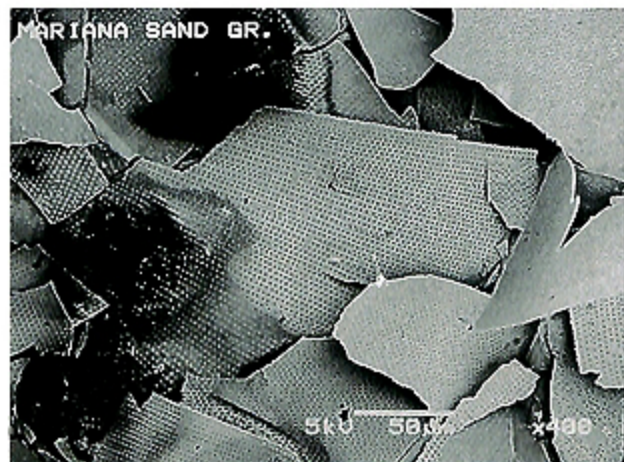


写真 4 白色板状粒子の電子顕微鏡写真 (×400)
Photo 4 Scanning Electronic Microscopic photograph of the white plate grains (×400).



写真 5 *Reophax difflugiiformis* Brady の光学顕微鏡写真 (×80), スケールは 100μm
Photo 5 Microscopic photograph of *Reophax difflugiiformis* Brady (×80).

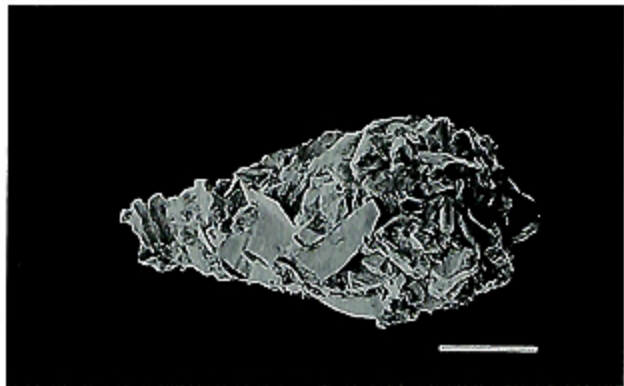


写真 6 *Reophax difflugiiformis* Brady の電子顕微鏡写真 (×170)
Photo 6 Scanning Electronic Microscopic photograph of *Reophax difflugiiformis* Brady (×170), Scale: 100 μm.



写真 7 *Reophax difflugiiformis* Brady の電子顕微鏡写真
(×600)

Photo 7 Scanning Electronic Microscopic photograph of the grains composed of *Reophax difflugiiformis* Brady (×600).



写真 8 *Rhabdammina abyssorum* Sars の光学顕微鏡写真
(×80)

Photo 8 Microscopic photograph of *Rhabdammina abyssorum* Sars (×80).

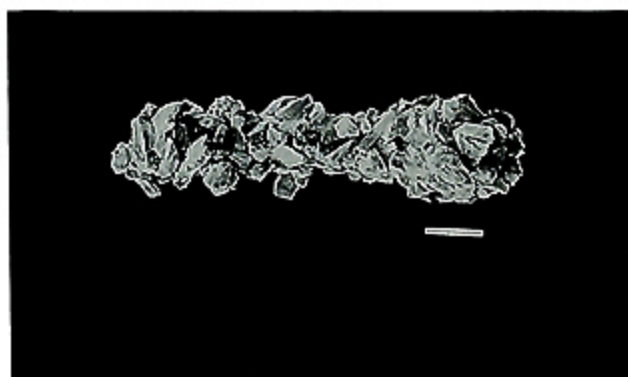


写真 9 *Rhabdammina abyssorum* Sars の電子顕微鏡写真
(×100), スケールは 100μm

Photo 9 Scanning Electronic Microscopic photograph of *Rhabdammina abyssorum* Sars (×100), Scale: 100μm.

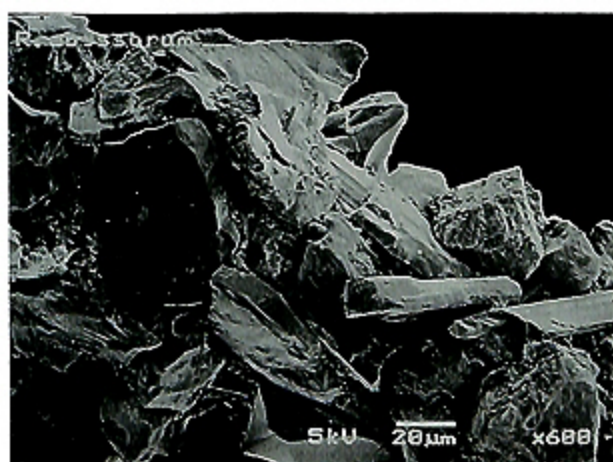


写真 10 *Rhabdammina abyssorum* Sars の電子顕微鏡写真
(×600)

Photo 10 Scanning Electronic Microscopic photograph of the grains composed of *Rhabdammina abyssorum* Sars (×600).