

沖縄県瀬底島周辺海域の現生放散虫

松 岡 篤*

Living radiolarians around the Sesoko Island,
Okinawa Prefecture

Atsushi Matsuoka*

Abstract Living radiolarians were collected from the surface water around the Sesoko Island by using a plankton net. The fauna is composed of more than 30 species. The dominant species are *Didymocystis tetrathalamus tetrathalamus*, *Euchitonia elegans*, *Tetrapyle octacantha*, *Pterocanium praetextum praetextum*, *Pterocorys zanclerus*. This paper documents the result of light microscopic observation of the following nine species; *Dictyocoryne profunda*, *Dictyocoryne truncatum*, *Euchitonia elegans*, *Lophophphaena hispida*, *Eucyrtidium hexastichum*, *Pterocanium praetextum praetextum*, *Carpocanistrum coronatum*, *Acanthodesmia vinculata*, *Zygocircus productus*.

はじめに

放散虫は古生代のはじめに出現して以来、現在まで脈々と生き続けてきた海生のプランクトンである。6億年にわたる顕生累代の海洋環境の変遷を明らかにしていくうえで、放散虫は環境指示者として大きな期待がもたれている。放散虫化石にかんする知識は近年急速に蓄積されたが、放散虫が殻をつくるメカニズムや物理的・化学的な環境因子が殻形成におよぼす影響など、放散虫の生物学的な検討はあまり進んでいない。これまでに、数多くの研究者が放散虫の化石や遺骸を観察しつづけてきた。しかし、放散虫の生物学的な知識が乏しいために、重要な情報が見逃されてきた可能性が高い。生きている放散虫についての理解が深まるとき、放散虫化石の価値はさらに増すにちがいない。

筆者は、中米バルバドス島において放散虫の飼育実験 (Matsuoka, 1992; Matsuoka and Anderson, 1992) を手掛けたのち、国内でも現生放散虫の研究を開始した。現在、いくつかの海域で放散虫の生息状況についての調査を進めつつある。本

論文では、沖縄県本部町の瀬底島周辺海域より得られた放散虫のリストおよび写真を示し、生体群集にかんする基礎データを提供する。また、得られた放散虫のうち9種について、生体の観察結果を記載する。

放散虫の採取と観察方法

放散虫の採取は瀬底島周辺の表層海水 (5m 以浅) より、開口部の直径 20cm のプランクトンネット (メッシュは $40 \mu\text{m}$) を曳いて行った。採取日時は 1992 年 11 月 5 日の 15~17 時である。試料の採取地点を図 1 に示す。地点 A では船の動力を止め、数回ネットを曳いた。その間、船は風に流されて西方に移動した。地点 B および C では、船を微速で走らせながら、それぞれ数回ネットを曳いた。地点 A では垂直曳きに近く、地点 B, C では水平曳きとなっている。したがって、地点 A の試料採取水深は、地点 B, C よりやや深い。

放散虫生体の観察には光学顕微鏡と双眼実体顕微鏡を併用し、プランクトン試料を少量ずつシャーレに移して行った。詳細な生体観察や写真撮影には倒立型の光学顕微鏡をもちいた。生体観察の一部は、雑多なプランクトンから放散虫だけ

*新潟大学教養部地学教室

1993年3月20日受付, 1993年4月26日受理

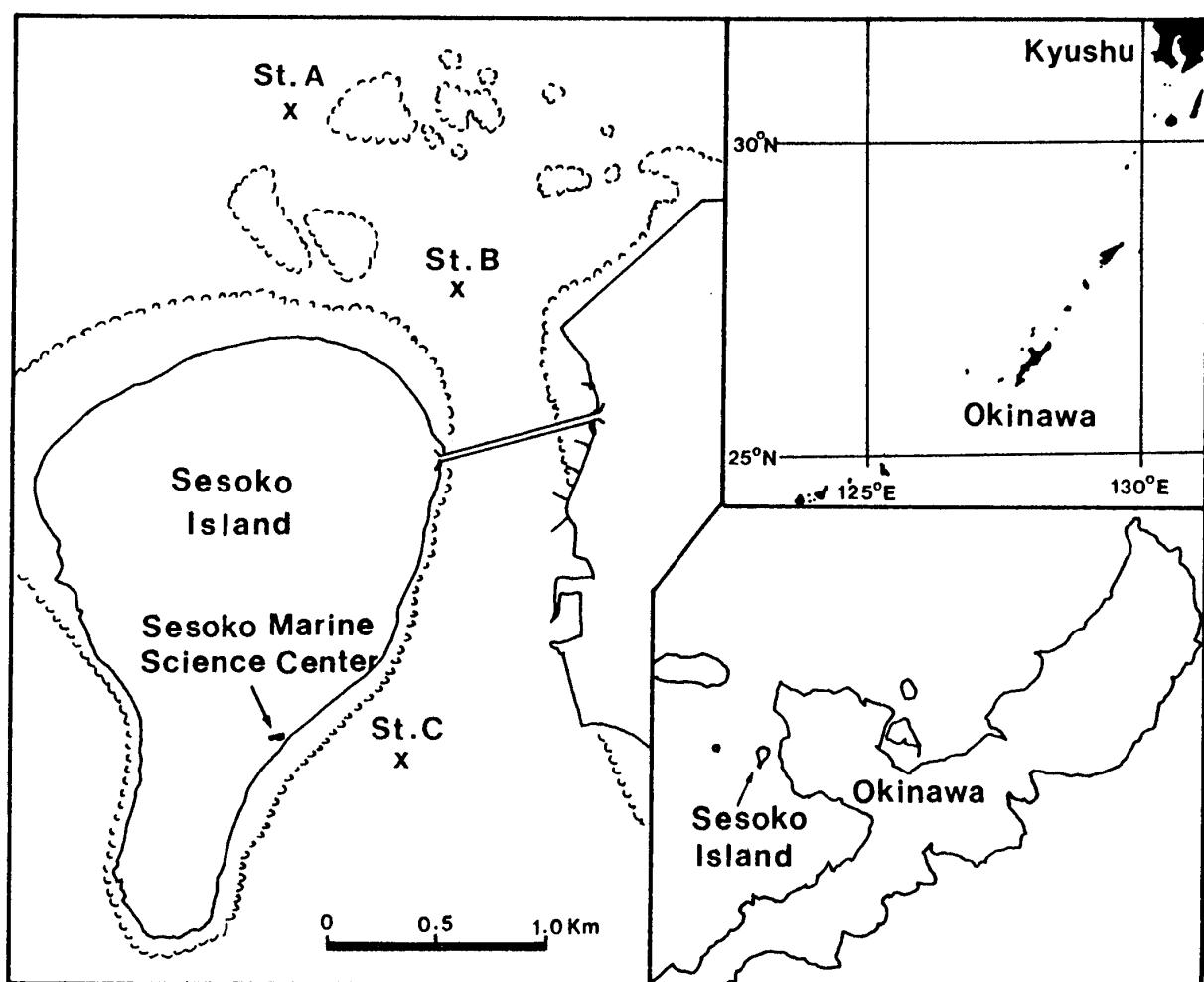


図1. 試料採取地点.

を分離したのち行った。電子顕微鏡観察のための放散虫の殻は、プランクトン試料を硫酸で煮沸し、有機物や炭酸塩殻などを溶解した残渣から拾い上げた。

放散虫の群集組成

今回の調査の結果、地点 A および B ではそれぞれ約 100 個体の、地点 C では約 50 個体の放散虫が得られた。各地点ごとの放散虫のリストを表 1 に示す。代表的な放散虫生体の光学顕微鏡写真および殻の電子顕微鏡写真をそれぞれ図 2 および図 3-4 に示す。3 地点をつうじて個体数の多い放散虫としては、*Didymocyrtis tetrathalamus tetrathalamus*, *Euchitonnia elegans*, *Tetrapyle octacantha*, *Pterocanium praetextum praetextum*, *Pterocorys zanclerus* があげられる。また、地点 B からは 20 個体以上の *Siphonosphaera* sp. aff. *S. mar-*

tensi が得られた。この放散虫はコロニーをつくる種なので、ネットを曳いたときにコロニーを捕獲したものと考えられる。

今回得られた放散虫のうち、種レベルで同定されたすべての種は、Nishimura and Yamauchi (1984) が南海トラフのピストンコア試料から報告した第四紀の放散虫群集に含まれる。また、かれらが卓越種としてあげた 11 種のうち、*D. tetrathalamus tetrathalamus*, *T. octacantha*, *P. praetextum praetextum*, *P. zanclerus* の 4 種が瀬底島周辺でも卓越種となっている。

バルバドス島周辺のカリブ海表層海水から得られた放散虫群集は、約 100 種から構成されている。今回、瀬底島周辺で得られた放散虫のうち、ほとんどの種がバルバドス島周辺海域からもみだされている。

表 1. 濱底島周辺海域 (図 1) から得られた放散虫.

Species	Station		
	A	B	C
<i>Acrosphaera</i> sp. aff. <i>A. cyrtodon</i> (Haeckel)	+		
<i>Acrosphaera</i> sp. aff. <i>A. flammabunda</i> (Haeckel)		+	
<i>Buccinosphaera invaginata</i> Haeckel		+	+
<i>Disolenia zanguebarica</i> (Ehrenberg)			+
<i>Siphonoshaera</i> sp. aff. <i>S. martensi</i> Brandt		+	+
<i>Didymocystis tetrathalamus tetrathalamus</i> (Haeckel)	+	+	+
<i>Heliodiscus</i> sp.	+		
<i>Euchitonita elegans</i> (Ehrenberg)	+	+	+
<i>Dictyocoryne profunda</i> Ehrenberg	+		
<i>Dictyocoryne truncatum</i> (Ehrenberg)	+		+
<i>Dictyocoryne</i> sp. aff. <i>D. truncatum</i> (Ehrenberg)			+
<i>Hymenastrum</i> sp.			+
<i>Spongaster tetras tetras</i> Ehrenberg	+	+	+
<i>Spongodiscus</i> sp.	+		
<i>Tetrapyle octacantha</i> Müller	+	+	
<i>Lophophaena hispida</i> (Ehrenberg)	+	+	+
<i>Peridium</i> sp.	+		
<i>Peromelissa</i> sp.	+		
<i>Eucyrtidium acuminatum</i> Ehrenberg	+	+	
<i>Eucyrtidium hexastichum</i> (Haeckel)	+		
<i>Lipmanella dictyoceras</i> (Haeckel)			+
<i>Pterocanium praetextum praetextum</i> (Ehrenberg)	+	+	+
<i>Stichopilidium kruegeri</i> (Popofsky)			+
<i>Anthocyrtidium ophirensis</i> (Ehrenberg)	+		
<i>Pterocorys zanclerus</i> (Müller)	+	+	
<i>Theocorythium trachelium trachelium</i> (Ehrenberg)			+
<i>Botryocyrtis</i> sp.	+		
<i>Spirocycla scalaris</i> Haeckel	+	+	
<i>Carpocanistrum coronatum</i> (Ehrenberg)	+		
<i>Acanthodesmia vinculata</i> (Müller)	+	+	
<i>Zygocircus productus</i> (Hertwig)	+	+	

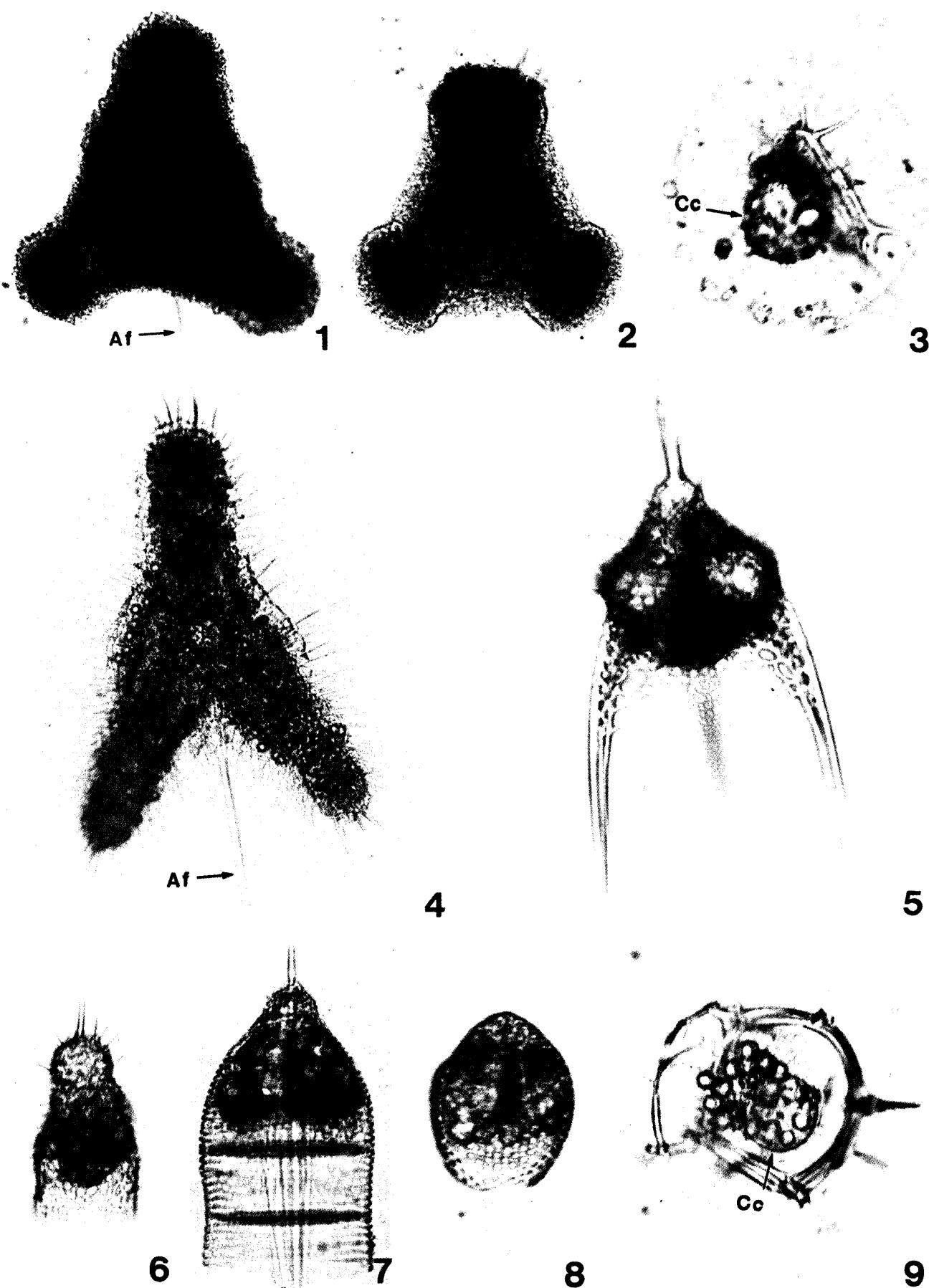
放散虫生体の観察事項

個々の種についての記述に先だち、光学顕微鏡で観察される項目について一般的な事柄を以下に述べる。

仮足：放散虫が外界に向けて放射している纖維状の軟体部を仮足 (pseudopodia) と総称する。1 個体の放散虫が 2 種類以上の仮足をもつことが多い。Spumellarida 目については、殻から外部環境に向けて多数放射される仮足をアクソポディア (axopodia), アクソポディアより太く 1 本だけ

鞭状にのびる仮足をアクソフラジエルム (axo-flagellum) として区別する。Nassellarida 目についても、いく種類かの仮足が観察される場合があるが、ここでは特別な用語をもちいて区別はせず、すべて仮足とよぶ。

共生生物：濱底島周辺の表層海水から得られた放散虫は、かなりの種が共生生物をもっている。共生生物は大別すると共生藻類と共生バクテリアに区分され、両者は大きさが異なる。共生藻類のサイズは、直径 5~8 μm 程度である。一方、共生バ



クテリアの粒径は、光学顕微鏡での計測限界 (1.5 μm) より小さい。放散虫の共生藻類は電子顕微鏡による微細構造の観察から、Dinoflagellate, Prasinophyte などいくつかの分類群からなることが明らかにされている (Anderson, 1983)。しかし、光学顕微鏡での観察だけではそれらを区別することはむずかしいので、ここでは一括して共生藻類として取り扱う。共生生物の分布場所は、同一個体であっても観察する時刻によって変化することが明らかにされている (松岡, 1992)。共生生物が放散虫の細胞の深部に分布するときは、光学顕微鏡で観察されないこともある。

軟体部の色：放散虫の軟体部は、赤・黄・茶色などの色彩をもつ場合が多い。軟体部が色づいて見える原因としては、放散虫自身の細胞質や細胞内器官が色をもっている場合と、共生生物や捕食物質の色による場合とが考えられる。共生生物が実際に観察される場合をのぞいて、光学顕微鏡をとおして観察される色調が何によるものかを特定することはむずかしい。ここでは光学顕微鏡で観察される色を軟体部の色とよぶ。本論文で示す軟体部の色は、瀬底島周辺で 11 月初めに採取された放散虫について観察されたものであり、別の場所あるいは他の時期に採取される放散虫は異なる色調を呈する可能性も考えられる。

中心嚢：放散虫は細胞内に中心嚢をもつ。中心嚢は一般に殻の中にあるため、光学顕微鏡での観察は困難であることが多い。しかし、Spumellarida 目の Collosphaeridae 科や Nassellarida 目の Acanthodesmiidae 科に属する種では、比較的観察しやすい場合もある。ここでは Acanthodesmiidae 科の 2 種について、中心嚢の形状や大き

さについて述べる。

放散虫の生体観察

図 2 に示した 9 種について、放散虫の生体についての観察結果を述べる。また、バルバドス島近海で採取した同種の個体について生体観察がなされている場合には、関連する事項について記述する。

1. *Dictyocoryne profunda* Ehrenberg (図 2-1)

本種は Spumellarida 目、Spongodiscidae 科に属する。殻は、平板・スponジ状で 3 本の腕をもつ。仮足には、アクソポディアとアクソフライジルムとがある。アクソフライジルムは鞭状で、通常アクソポディアより長い。アクソポディアはスponジ殻のメッシュのあいだから、放射状に外部環境にでる。観察した個体では共生生物は認められなかった。軟体部は全体に赤味がになっているが、中心部や腕の付け根には無色の部分がある。赤色部は、アクソフライジルムとその対角の腕を結ぶ線に対して対称に分布する。

バルバドス島近海から得られた同種の個体 (松岡, 印刷中) も、瀬底島周辺の個体と同じ色調および赤色部の分布形態をもつ。バルバドス島近海産のものは、共生生物としてバクテリアをもつ個体があることが知られている (松岡, 1992)。

2. *Dictyocoryne truncatum* (Ehrenberg) (図 2-2, 図 3-7)

本種は Spumellarida 目、Spongodiscidae 科に属する。殻は、平板・スponジ状で 3 本の腕をもつ。仮足には、アクソフライジルムとアクソポディアとがある。仮足の性質は前記の *D. profunda* と同様である。本種は共生生物として、茶褐色粒状の共生バクテリアをもつ。図 2-2 に示

図 2. 放散虫生体の光学顕微鏡写真. Af : アクソフライジルム, Cc : 中心嚢.

1. *Dictyocoryne profunda* Ehrenberg, $\times 185$, St. A
2. *Dictyocoryne truncatum* (Ehrenberg), $\times 185$, St. A
3. *Zygocircus productus* (Hertwig), $\times 370$, St. A
4. *Euchitonia elegans* (Ehrenberg), $\times 185$, St. A
5. *Pterocanium praetextum praetextum* (Ehrenberg), $\times 370$, St. A
6. *Lophophphaena hispida* (Ehrenberg), $\times 370$, St. A
7. *Eucyrtidium hexastichum* (Haeckel), $\times 370$, St. A
8. *Carpocanistrum coronatum* (Ehrenberg), $\times 370$, St. A
9. *Acanthodesmia vinculata* (Müller), $\times 370$, St. A

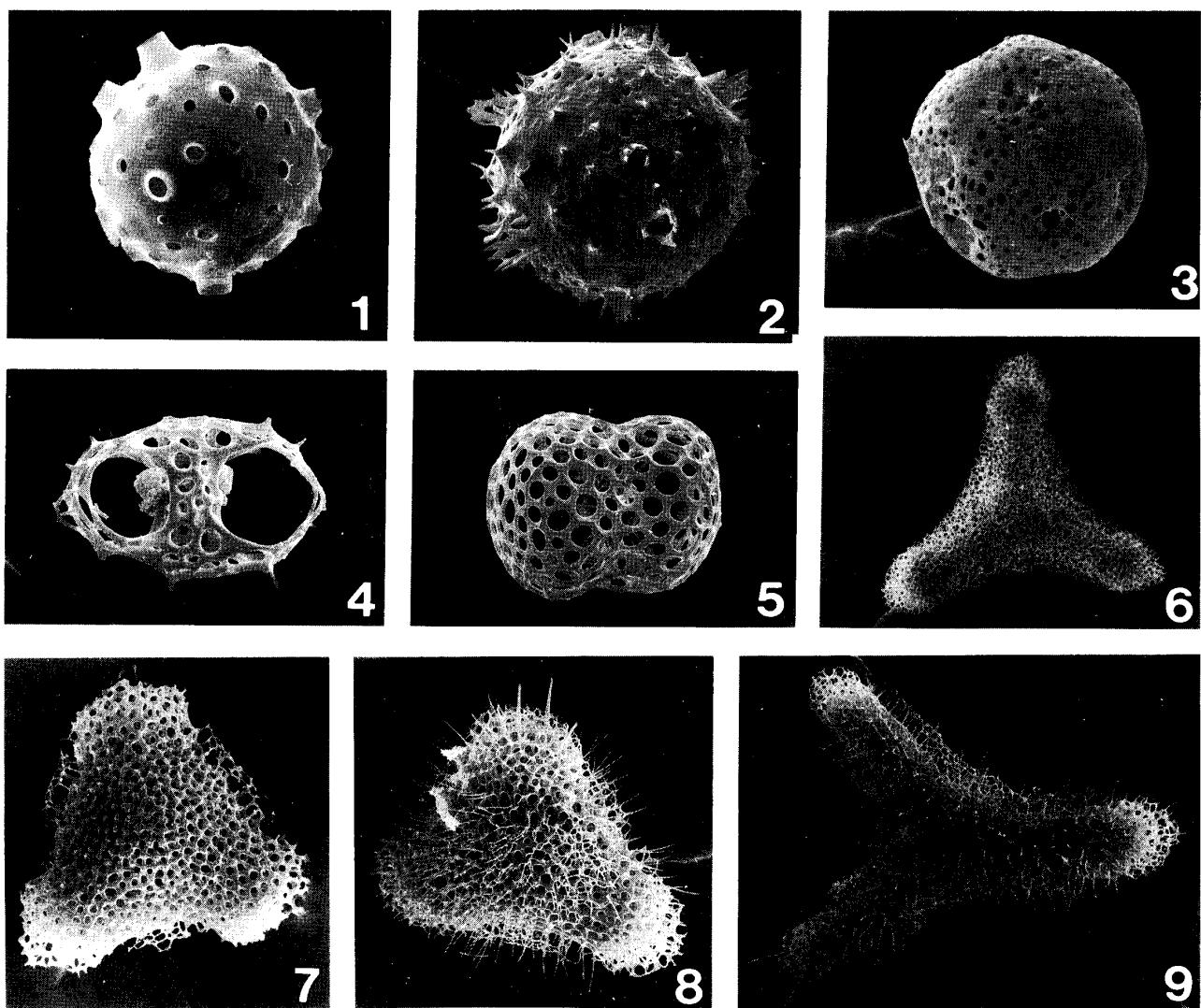


図3. 放散虫殻の電子顕微鏡写真。

1. *Siphonosphaera* sp. aff. *S. martensi* Brandt, $\times 375$, St. B
2. *Acrosphaera* sp. aff. *A. flammabunda* (Haeckel), $\times 250$, St. B
3. *Buccinosphaera invaginata* Haeckel, $\times 250$, St. B
4. *Tetrapyle octacantha* Müller, $\times 375$, St. B
5. *Didymocystis tetrathalamus tetrathalamus* (Haeckel), $\times 250$, St. B
6. *Hymeniastrum* sp., $\times 100$, St. C
7. *Dictyocoryne truncatum* (Ehrenberg), $\times 250$, St. C
8. *Dictyocoryne* sp. aff. *D. truncatum* (Ehrenberg), $\times 250$, St. C
9. *Euchitonita elegans* (Ehrenberg), $\times 150$, St. C

した個体では、共生バクテリアは1本の腕の表面近くに濃集している。殻の内部は、中心部や周辺部をのぞいて黄色に色づいてみえる。これが放散虫の軟体部そのものの色なのか、共生藻類によるものであるのか、あるいはそれらが複合した結果であるのかは不明である。

バルバドス島近海で得られた同種の個体も殻内の軟体部は黄色を示し、他の3本腕をもつ Spon-

godiscidae科の放散虫とを区別する際の有効な指標となっている(松岡、印刷中)。バルバドス島近海で得られた *D. truncatum* の透過型電子顕微鏡による観察の結果、中心囊内に共生藻類とバクテリアの存在が認められている(Anderson and Matsuoka, 1992)。

3. *Euchitonita elegans* (Ehrenberg) (図2-4, 図

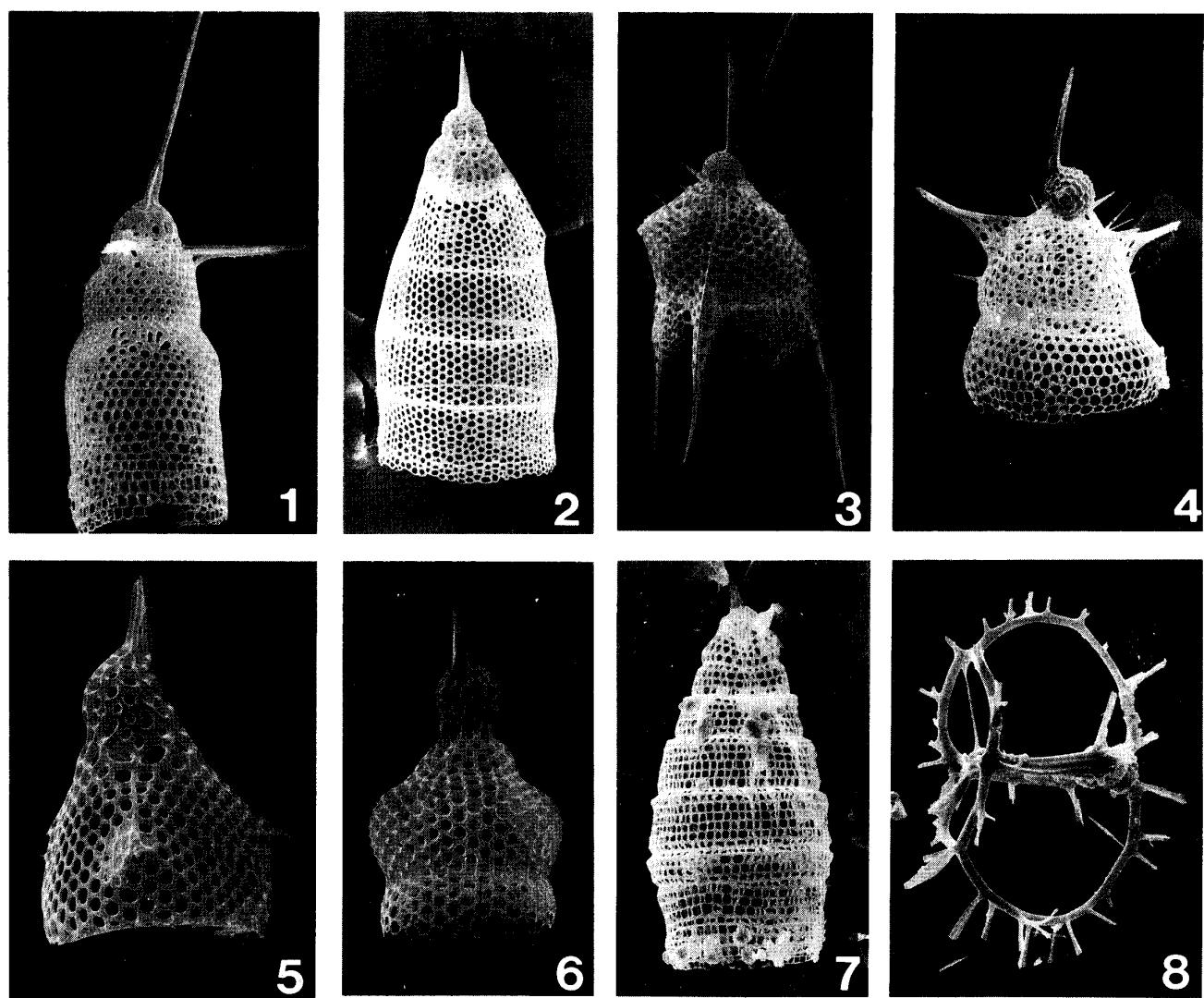


図4. 放散虫殻の電子顕微鏡写真。

1. *Stichopilidium kruegeri* (Popofsky), $\times 375$, St. B
2. *Eucyrtidium acuminatum* Ehrenberg, $\times 250$, St. B
3. *Pterocanium praetextum praetextum* (Ehrenberg), $\times 250$, St. B
4. *Lipmanella dictyoceras* (Haeckel), $\times 250$, St. B
5. *Pterocorys zancleus* (Müller), $\times 375$, St. B
6. *Theocorythium trachelium trachelium* (Ehrenberg), $\times 250$, St. B
7. *Spirocyrtyis scalaris* Haeckel, $\times 250$, St. B
8. *Acanthodesmia vinculata* (Müller), $\times 250$, St. B

3-9)

本種は Spumellarida 目, Porodiscidae 科に属する。殻は、平板・スポンジ状で3本の腕をもつ。幼体殻である中心部は殻孔をもたないドーム状の殻からなる。腕の先端を結ぶ三角形は、正三角形ではなく高さ方向にのびた二等辺三角形である。仮足にはアクソボディアとアクソフラジェルムがある。仮足の性質は前述の2種と共通する。アクソフラジェルムは必ず二等辺三角形の底辺に相

当する部分からのびる。共生生物としては赤褐色の共生バクテリアと黄色球状の共生藻類がみられる。軟体部の色は無色に近いが、共生バクテリアが濃集する場合は赤褐色にみえる。中心部のドーム状殻の部分は、まわりより淡色で透明感がある。

今回の観察結果は、バルバドス島近海産の個体の観察結果（松岡, 1992, 印刷中）に一致する。バルバドスでの飼育実験から、藻類は外部共生、

バクテリアは内部共生していると考察されている（松岡，1992）。

4. *Lophophaena hispida* (Ehrenberg) (図2-6)

本種は Nassellarida 目, Plagiacanthidae 科に属する。本種の殻は、球状の cephalis と筒状の thorax とからなる。軟体部の主要部は殻の中に収納されている。本種は cephalis に多くの突起物をもつが、それに沿って仮足が放射状にのびる。球状で黄色の共生藻類が thorax 内の下部に認められる。

5. *Eucyrtidium hexastichum* (Haeckel) (図2-7)

本種は Nassellarida 目, Theoperidae 科に属する。本種の殻は、球状の cephalis, 円錐台状の thorax および abdomen とそれらに続く円筒状の post-abdominal chamber とからなり、全体として塔状をなす。軟体部の主要部は塔状の殻の上部に収納されている。2種類の仮足が認められ、1つは塔状からの表面に多数みられる殻孔から放射状にのびる細い仮足で、もう1つは殻の開口部から下方にのびる太い仮足である。殻内の軟体部は赤色を呈する。

6. *Pterocanium praetextum praetextum* (Ehrenberg) (図2-5, 図4-3)

本種は Nassellarida 目, Theoperidae 科に属する。本種の殻は、球状の cephalis と円錐状の thorax の2室からなる。cephalis には内部骨針の apical spine の延長である apical horn と vertical spine の延長である小さな刺がみられる。thorax の上部には多数の短い刺がみられる。thorax の下部からは3本の底足がのびる。底足のあいだをつなぐように、thorax の下端から多孔質の薄い膜状の殻が発達する。軟体部の主要部は、cephalis および thorax に収納されている。仮足は、apical horn, vertical spine の延長の刺、thorax 上部の小刺、3本の底足など殻にみられる突起部に沿うようにのびる。共生生物としては、球状で黄色の共生藻類が認められる。それらは、thorax 内あるいは底足のあいだの薄膜に囲まれるように分布する。殻内の軟体部の一部には淡い

赤色の部分が認められる。

今回の観察結果は、バルバドス島近海産の個体の観察結果（松岡、印刷中）に一致する。ただ、バルバドス島近海産の同種の個体には、軟体部が鮮明な赤色を示す個体が含まれる。

7. *Carpocanistrum coronatum* (Ehrenberg) (図2-8)

本種は Nassellarida 目, Carpocaniidae 科に属する。本種の殻は、半球状の cephalis と下方に開口部をもつ thorax の2室からなる。軟体部の主要部は全体として球状をなす殻内に収納されている。多数の仮足が殻に多数あいている殻孔をとおって放射状にのびる。球状で黄色の共生藻類が thorax 内に認められる。

8. *Acanthodesmia vinculata* (Müller) (図2-9, 図4-8)

本種は Nassellarida 目, Acanthodesmiidae 科に属する。本種の殻は、複数の環状の殻が合わさった形状をなす。殻は細胞の中に埋没しているようにみえる。細胞の内部には球状で直径が約 30 μm の中心嚢が認められる。細い仮足が外界に向けて放射状にのびる。球状で黄色の共生藻類が中心嚢を取り囲むように細胞内に分布する。

9. *Zygocircus productus* (Hertwig) (図2-3)

本種は Nassellarida 目, Acanthodesmiidae 科に属する。本種は、突起のある環状の殻をもつ。殻は細胞の中に埋没しているようにみえる。細胞の内部には球状で直径が約 35 μm の中心嚢が認められる。球状で黄色の共生藻類が中心嚢の近くに分布する。

おわりに

放散虫は、採取したのち運搬しているあいだに衰弱しやすい。生きた放散虫を使って飼育実験などをを行うためには、実験設備のある研究施設の近くで試料を採取する必要がある。今回の調査の結果、沖縄県本部町瀬底島周辺では陸域にかなり近い地点で放散虫生体の入手が可能であることが確認された。瀬底島にある琉球大学熱帯海洋セン

ターは、現生放散虫の研究を行ううえで恵まれた立地条件にあるといえる。さらに、黒潮の影響の強い外洋域には、より高密度の放散虫群集が分布すると予想され、容易に多量の放散虫生体を手に入れることができるのである。今後、放散虫群集の地理的分布や深度ごとの群集組成を明らかにするとともに、生きた放散虫をもちいて各種の実験を行う予定である。また、黒潮域の放散虫群集とカリブ海の放散虫群集との比較は生物地理学的に興味深く、今後の検討課題としたい。

謝 辞

琉球大学理学部の氏家 宏教授には、今回の調査に際しまさざまな便宜を計っていただいた。琉球大学熱帯海洋センターの中野義勝技官には、試料採取にご協力いただいた。また、同センターの竹村明洋博士をはじめスタッフの方々にはたいへんお世話になった。西村昭子さんには原稿を読んでいただき、放散虫の同定にかんしてご教示を得た。以上の方々に心よりお礼申し上げる。研究費の一部として文部省科学研究費補助金 (no. 04854089) を使用した。

文 献

- Anderson, O. R., 1983: Radiolaria. Springer Verlag, New York, 365pp.
- and Matsuoka, A., 1992: Endocytoplasmic microalgae and bacteroids within the central capsule of the radiolarian *Dictyocoryne truncatum*. *Symbiosis*, **12**, 237-247.
- 松岡 篤, 1992: 放散虫と共生生物の観察－平板状の Spumellarida 目について－化石, **53**, 20-28.
- , 印刷中: カリブ海の表層海水から採取した放散虫の生体観察. 大阪微化石研究会誌, 特別号, No. 9.
- Matsuoka, A., 1992: Skeletal growth of a spongioid radiolarian *Dictyocoryne truncatum* in laboratory culture. *Mar. Micropaleontol.*, **19**, 287-297.
- , and Anderson, O. R., 1992: Experimental and observational studies of radiolarian physiological ecology: 5. Temperature and salinity tolerance of *Dictyocoryne truncatum*. *Mar. Micropaleontol.*, **19**, 299-313.
- Nishimura, A. and Yamauchi, M., 1984: Radiolarians from the Nankai Trough in the Northwest Pacific. *News of Osaka Micropaleontol.*, Spec. Vol. no. 6, 148 pp.