

# 星砂の生物学

藤田 和彦

阿嘉島臨海研究所

Biology of star sands, *Baculogypsina sphaerulata* (Foraminifera)

K. Fujita

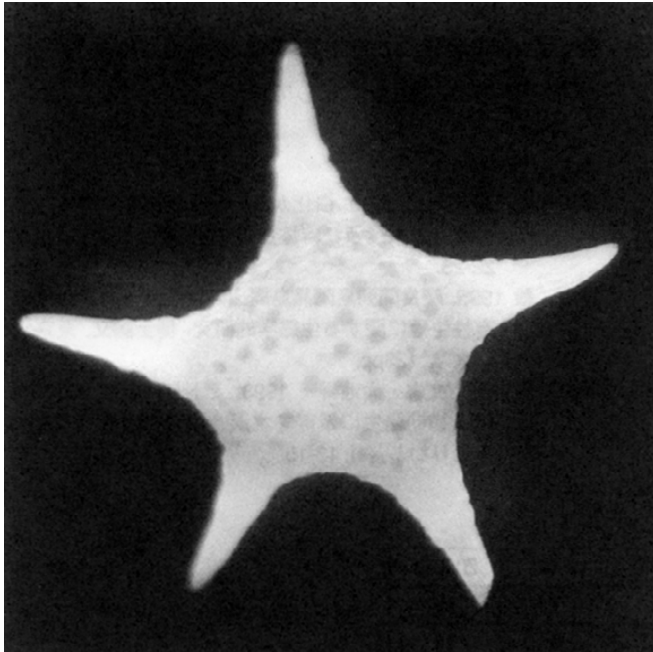


図 1. ホシズナ (*Baculogypsina sphaerulata*)  
大きさは約 2mm

## 星形の殻をつくるアメーバ

*Baculogypsina sphaerulata* (Parker and Jones) という原生動物有孔虫類の一種は、砂粒サイズの殻をつくり、その外形が星の形をしていることから星砂 (ホシズナ、英語では Star Sand) と呼ばれている (図 1)。その死んで残された星形の殻はサンゴ礁の砂粒となり、礁原に堆積したり、海岸に打ち上げられて砂浜を形成したりする (山内 1990)。特に八重山諸島の竹富島や西表島の砂浜がホシズナの死骸で構成されていることは有名であるが、実は琉球列島であれば、どこの島の砂浜にも量の違いはあれ、ホシズナの殻を見つけることができる。また沖縄では、その珍しい形ゆえに観光用のお土産品として瓶詰め にされて売られている。このようにホシズナは、沖

縄をはじめ西太平洋のサンゴ礁に特徴的な微生物で、その存在は広く知られているが、どのような生き物なのかについては意外と知られていない。ここでは、生きているホシズナについて、さまざまな角度から述べてみたい。

## ホシズナの成長と形態

ホシズナの成長過程は、大きく幼年期と壮年期に区分される (半澤 1968)。幼年期は球状の初室に続いて、らせん状に 1.5 回転分の新しい室 (chamber) が付加される。ホシズナに特徴的な棘 (spine) は、幼年期に既に数本発達しており、その位置のまま次第に大きくなる。壮年期は、小さなドーム状の室が幼年期の全面を覆うように付加していき、それらは放射状に列をなして配列する。そして、数本の軟を取り巻くように室が付加していくため、次第に星の形になっていく。また、殻の表面に見える多数の丸い粒 (granule) は、殻の構造を支える柱 (pillar) の先端が見えたものである。ちなみに、ホシズナが属する *Baculogypsina* 属は 1 属 1 種と、形態的にあまり多様化していない。しかし近年、ホシズナの形態にも集団内変異や地理的変異があることが報告されている (Rottger and Kruger 1990)。

## ホシズナの時空分布

化石記録によると、ホシズナは第三紀末鮮新世 (Pliocene) に初めて出現する (Todd 1960)。現在の生物地理は、西太平洋の熱帯海域に限られた分布を示し、中央太平洋やハワイ諸島には到達していない (Todd 1960; Belasky 1996)。日本列島沿岸における

分布は、ほぼサンゴ礁の分布に一致する。小笠原諸島に棲息していないのもサンゴ礁の発達と関連があるのか、それとも出現してからの分散能力によるものなのかはっきりしない。

### ホシズナは生きている!

生きているとき、ホシズナの殻の中は原形質で満たされている。そのため、酸などで脱灰させると、肌色の原形質だけが残る (八田・岩尾 1997)。この原形質の中には珪藻が共生しており、サンゴと褐虫藻との共生関係と同様、貧栄養環境で効率よくエネルギーをやりとりしている (Lee 1998)。しかし、造礁サンゴのような白化現象はこれまで確認されていない。

一般に有孔虫類には口孔 (aperture) と呼ばれる外部環境との連絡口が存在するが、ホシズナには存在しない。その代わりに、棘の先端が外部環境との唯一の連絡口となっており、生きているホシズナは棘の先端から偽足を伸縮させて、餌を採ったり、排泄物を出したりしている (Rottger and Kruger 1990)。他の有孔虫はこの偽足を使って動くことができるが、ホシズナはむしろ棘の先端から透明な粘性物質を出して一つの場所にとどまっていることが多い (図 2)。それも、何本もある棘のうち一本だけを使って、海藻や瓦礫の表面に付着している。

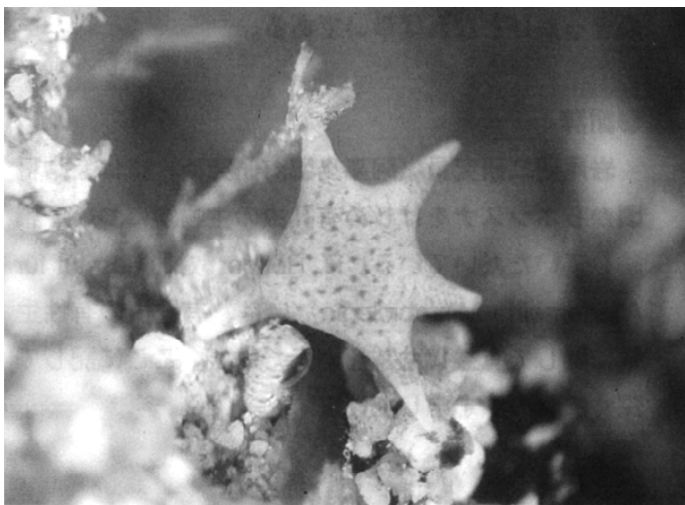


図 2. 一本の棘だけを使って基質に付着しているホシズナ  
大きさは約 2mm

また、ホシズナはバクテリアや共生藻 (珪藻) を食べているといわれているが、具体的にはよくわかっていない。しかし、エネルギーとしては、摂食よりも共生藻による光合成に依存しているようである (Hallock 1999)。

### ホシズナのすみか

ホシズナはサンゴ礁の中でも、波当たりの強く、干潮時には干出する礁嶺付近に多く棲息する。水深分布は 5m 以浅に限られる (Hallock 1984; Hohenegger 1994)。人工基質を用いてホシズナの微小空間分布について実験したところ、人工芝のような複雑な空間が存在すると、他の基質よりもホシズナが集まりやすく、個体数が有意に増加することが判明した (Fujita 1999)。礁嶺には人工芝に類似した芝生状の海藻類 (turf algae) が繁茂しており、このような微小環境はホシズナに最適な棲息場所を提供するものと考えられる。実際、礁嶺の潮だまりの芝生状海藻に棲息するホシズナの個体群密度は 100cm<sup>2</sup>あたり 4,000-6,000 個体に達する (Sakai and Nishihira 1981)。しかし、礁嶺は光量・波浪・水温・塩分など、ほとんどの物理環境因子の日周変化や季節変化が激しい環境であり、なぜホシズナはこのような過酷な棲息場所に適応するに至ったのか非常に興味深い。

### ホシズナの繁殖

ホシズナは無性生殖を行うのがしばしば確認されているが (Kuwano 1956; Sakai and Nishihira 1981)、有性生殖も行っているようである。ホシズナの有性生殖は配偶子放出型で、"cloud" と呼ばれる白色の配偶子の塊を放出する (Rottger 私信)。しかし、造礁サンゴのように集団が同調して配偶子を放出しているのかどうかは定かではない。一方、無性生殖は主に初夏に行われている。大型個体の中で泡状の生殖室を形成するものが現れ、その一つ一つの室がはじけて、中から幼生個体が出てくる (図 3)。1 個体の

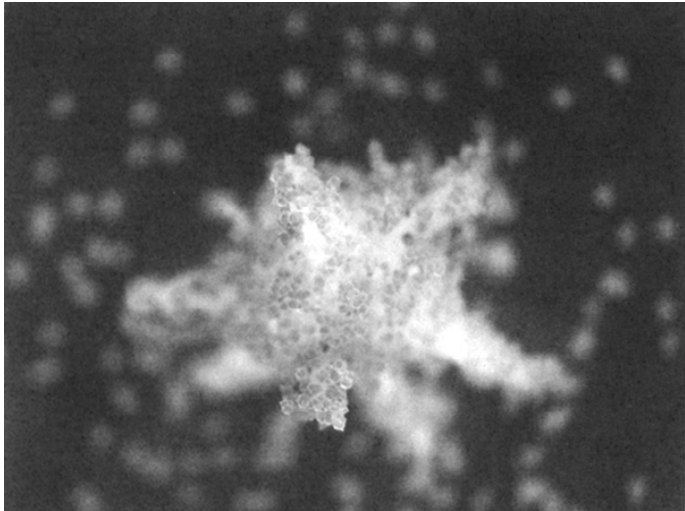


図 3. ホシズナの無性生殖 (多分裂)  
1 個体の親から約 800 個体の幼生クローンが生まれる。幼生クローンの大きさは約 100  $\mu\text{m}$ 。

親から産まれたクローン数は平均 769 個体である。しかし、無性生殖する個体の比率は、個体群中の 0.01% と非常に低い (Sakai and Nishihira 1981)。

また、近縁種のタイヨウノスナ (太陽の砂; *Calcarina gaudichaudii*) は世代の違いが外部形態に現れ、配偶子放出を行う有性世代は棘の数が少なく、先端が枝分かれしないが、有性生殖によって生まれた無性世代は棘の数が極端に多くなり、先端が枝分かれする (Rottger *et al.* 1990)。ホシズナでもタイヨウノスナと同じような外部形態の変異が観察されるため、この形態変異が世代の違いを反映しているのか、今後ホシズナの生殖様式と合わせて検討していきたい。

### サンゴ礁における役割

ホシズナの寿命は 1.5 年と見積もられており (Sakai and Nishihira 1981)、死んだ後、星形の石灰質殻が残り、サンゴ礁の砂粒となる。この砂粒は、ほとんどが波浪によって海岸に運ばれ砂浜を形成する主要構成成分となる。沖縄の海岸で見られるビーチ

ロックや粟石と呼ばれる石灰岩も、ホシズナなどの有孔虫の死骸が主要な構成成分となっている。また、サンゴ礁石灰岩の穴埋め役として、死骸サンゴの間隙を埋めて石灰岩を緻密にする働きもある。その炭酸塩 (無機炭素) 生産力は、700g (800,000 個体)/ $\text{m}^2/\text{yr}$  と見積もられ (Sakai and Nishihira 1981)、1 個体の大きさは小さいが、造礁サンゴや石灰藻に次ぐ生産力をもつ (Hallock 1981)。特に造礁サンゴが比較的少ない礁嶺や沿岸の海草藻場での無機炭素生産に貢献している。

また、ホシズナの細胞内は、造礁サンゴと同様、共生藻類による一次生産の場としてサンゴ礁の基礎生産を支えている。その他、海藻類やサンゴ瓦礫という微視的な空間における食物網の中で、ホシズナは重要な役割を担っていると思われるが、具体的には明らかでない。

### おわりに

このようにホシズナはサンゴ礁や砂浜の形成に貢献しているだけでなく、共生・生殖・物質循環・食物網・時空分布の変遷などサンゴ礁の興味深い問題にも関わっている。今後は是非さまざまな研究分野の方々に協力していただき、この不思議な形をしたアメーバから、生命現象やサンゴ礁生態系の謎を解き明かしていきたいと考えている。小論がそのためのきっかけとなれば幸いである。

### 謝辞

岩尾研二研究員 (阿嘉島臨海研究所) には、常日頃からホシズナをはじめ有孔虫の生物学について議論していただいている。Rottger 教授 (Institut für Allgemeine Mikrobiologie) には、有孔虫の有性生殖に関して有益な助言をいただいた。ここに記して深く感謝の意を申し上げます。

## 引用文献

- Belasky, P. 1996. Biogeography of Indo-Pacific larger foraminifera and scleractinian corals: a probabilistic approach to estimating taxonomic diversity, faunal similarity, and sampling bias. *Palaeogeogr. Plaeoclimatol. Plaeoecol.*, 122: 119-141.
- Fujita, K. 1999. Ecological studies of larger foraminifera for establishment of environmental indicators in coral reefs. Doctoral Dissertation, Tohoku Univ. 132pp.
- Hallok, P. 1981. Production of carbonate sediments by selected large benthic foraminifera on two Pacific coral reefs. *J. Sedi. Petrol.*, 51(2): 467-474.
- Hallok, P. 1984. Distribution of selected species of living algal symbiont-bearing foraminifera on two Pacific coral reefs. *J. Foraminiferal Res.*, 14(4): 250-261.
- Hallok, P. 1999. Symbiont-bearing Foraminifera. In: K. Sen Gupta (ed.), *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p.123-139.
- 半澤正四郎 1968. 大型有孔虫. 朝倉書店, 300pp.
- 八田明夫・岩尾研二 1997. 共生藻を含む生きている有孔虫の観察 理科教育における有孔虫の教材化の一例. 鹿児島大学教育学部研究紀要, 48: 79-88.
- Hohenegger, J. 1994. Distribution of living larger Foraminifera NW of Sesoko-Jima, Okinawa, Japan. *P.S.Z.N. I: Mar. Ecol.*, 15(3/4): 291-334.
- Kuwano, Y. 1956. Invertebrate fauna of the intertidal zone of the Tokara Islands, . *Foraminifera. Publ. Seto. Mar. Biol. Lab.*, 5(2): 273-282.
- Lee, J. J. 1998. "Living sands" -Larger Foraminifera and their endosymbiotic algae. *Symbiosis*, 25: 71-100.
- Rottger, R. and R. Kruger 1990. Observations on the biology of Calcarinidae (Foraminiferida). *Mar. Biol.*, 106: 419-425.
- Rottger, R., R. Kruger and S. De Rijk 1990. Larger foraminifera: variation in outer morphology and prolocular size in *Calcarina gaudichaudii*. *J. Foraminiferal Res.*, 20(2): 170-174.
- Sakai, K. and M. Nishihira 1981. Population study of the benthic foraminifer *Baculogypsina sphaerulata* on the Okinawan reef flat and preliminary estimation of its annual production. *Proc. 4th Int. Coral Reef Symp.*, 2: 763-766.
- Todd, R. 1960. Some observations on the distribution of *Calcarina* and *Baculogypsina* in the Pacific. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, 2nd Ser. (Geol.), Spec. Vol. (4): 100-107.
- 山内秀夫 1990. サンゴ礁海岸の砂. サンゴ礁地域研究グループ編, 熱い自然 サンゴ礁の環境誌. 古今書院, p101-117.