

# 阿嘉島の Soritidae 科 有孔虫殻に記録される 酸素・炭素同位体比の変異

Pratul Kumar Saraswati

インド科学技術庁地球科学部

瀬戸 浩二

島根大学地球科学科

岩尾 研二・下池 和幸

阿嘉島臨海研究所

(藤田 和彦 訳)

Some observations on oxygen and carbon isotopic variations in soritid Foraminifera of Akajima Island

P. K. Saraswati, K. Seto, K. Iwao and K. Shimoike  
(translated by K. Fujita)

## はじめに

大型有孔虫は、サンゴ礁や砂浜の形成をはじめ、サンゴ礁の生物多様性・共生・物質循環を考える上で欠かすことができない生物である。琉球列島の島々に発達するサンゴ礁にも、さまざまな種類の大型有孔虫が棲息している (Hatta and Ujiie 1992)。著者らは安定同位体分析を行うために、1999 年の夏に阿嘉島周辺で大型有孔虫数種を採集した。ここでは、ゼニイシ (*Marginopora* sp.) など薄い円盤状の形をした有孔虫の殻に記録される酸素・炭素同位体比について報告する。

我々が有孔虫試料を採集したちょうど 1 年前の 1998 年 8 月に、阿嘉島周辺で 30 を越す高い海水温が記録された。これは、例年の同じ時期の平均海水温を 2 度上回る値であった。この高い海水温の状態が長く続いた結果、阿嘉島周辺だけでなく、世界中の造礁サンゴが白化した。大型有孔虫も造礁サンゴと同様に微細藻類と共生しているが、有孔虫では当時同様の白化現象は確認されなかった。有孔虫と有孔虫の細胞内にある共生藻は、1998 年夏の高水温に耐えることができたのだろうか？

一方、その 1 年後の 1999 年 7 月に採集した試料の中から、輪状の室を形成して同心円状に成長する Soritidae 科有孔虫 (図 1) で異常な成長様式を示す個体が発見された。これらの個体は、ほとんどが通常の殻の成長方向に対して垂直に室を形成しており、二つの個体が融合してねじれた個体も確認された。Reiss and Hottinger (1984) も紅海アカバ湾の浅海域に棲息する Soritidae 科有孔虫で同様の奇形個体を報告しており、水温や塩分の一時的な上昇が原因

ではないかと推測している。しかし、奇形個体の出現頻度は個体群中の 2% 以下しかなく、同じ阿嘉島の礁原に多く棲息している *Calcarina* 属、*Baculogypsina* 属、*Peneroplis* 属の有孔虫では認められないことから、Soritidae 科有孔虫個体群では稀に起こる形態変異の範囲に含まれるものかもしれない。

以上の大型有孔虫で確認された 2 つの現象は、1998 年夏の海水温の上昇と何か因果関係があるのだろうか？ Soritidae 科有孔虫の殻に記録されている同位体比は棲息時の水温を推定できるため、これらの現象と海水温との関係を調べるのが可能である。

## 方法

Soritidae 科有孔虫 3 種 (*Sorites orbiculus*, *Amphisorus hemprichii*, *Marginopora vertebralis*)

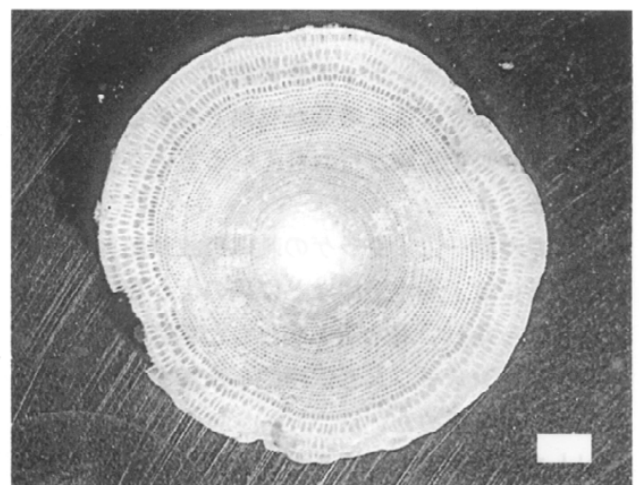


図 1. Soritidae 科有孔虫の一種、ゼニイシ (*Marginopora* sp.) このグループの有孔虫は、輪状の室を形成して同心円状に成長する。周縁部部分の幅の広い室が生殖室であり、無性生殖を行うときに数室形成される。スケールは 1mm。

に対して、1 個体全体の殻をすりつぶしたときと、各個体の初室部分と周縁部分を分けてすりつぶしたときの、酸素と炭素の同位体比を測定した。また、*M. vertebralis* に関しては、初室から周縁部分にかけての成長過程に沿った、より細かい同位体比の変化も検討した。成長過程に沿った分析用の試料としては、直径 0.5mm から 1mm のマイクロドリルで有孔虫殻を削り出し、各成長段階から分析に最小限必要な 0.02mg 以上の炭酸塩試料を採取したものをを用いた。分析用の試料を、60 のウォーターバスに浸したガラス製容器の中に入れ、 $10^{-3}$  トールの真空条件下で 100%リン酸と反応させた。発生した気体から、液体窒素と n-ペンタンの混合物を冷媒 (-131 ) として用いて水蒸気を分離し、炭酸ガスを抽出した。抽出された炭酸ガスを Finnigan MAT 社製質量分析計 delta S を用いて測定した。得られた測定値は、PDB 標準試料で規格化し、 $^{18}\text{O}$  値と  $^{13}\text{C}$  値として表した。分析誤差は 0.05%以下である。

### 結果と議論

分析結果を表 1 に示す。1 個体全体を分析した結果、*M. vertebralis* の酸素・炭素同位体比は *S. orbiculus* や *A. hemprichii* と比較して低い値を示す。Craig (1965) の関係式にしたがって同位体比から棲息時の水温を推定したところ、*M. vertebralis* の顕球型個体（無性生殖によって生まれた個体）は 27.3、微球型個体（有性生殖によって生まれた個体）は 27.9 である。一方、*S. orbiculus* や *A. hemprichii* の同位体比から推定される棲息時の水温は、それぞれ 23.6、22.8 とより低い値を示す。また、3 種の殻の中央部分にある初室の酸素同位体比の値は、*M. vertebralis*、*A. hemprichii*、*S. orbiculus* の順に大きくなる。初室の同位体比は生まれたときの海水温を記録しているので、この結果は 3 種の生殖時期の相対的な順序を示しており、*S. orbiculus* は水温の比較的低い時期に、*M. vertebralis* は比較的高い時期に生まれたと推測される。さらに Soritidae 科有孔虫の平均成長率が 100-150  $\mu\text{m}/\text{week}$  であること (Ross 1972; Zohary *et al.* 1980) から推定すると、阿嘉島で採集された *M. vertebralis* の生存期間

は、約 60-90 週 (1-1.5 年) であり、殻サイズが相対的に小さい *A. hemprichii* と、*S. orbiculus* は 1 年以下であると見積られる。以上の結果と阿嘉島の年間平均海水温が 25 であることから判断すると、Soritidae 科有孔虫 3 種の同位体比の違いは、おそらく生まれた時期の違いによるものと考えられる。つまり、*S. orbiculus* や *A. hemprichii* は 1998 年夏以降に生まれたため、相対的に低い水温を有孔虫の殻が記録しているのに対して、*M. vertebralis* は 1998

表 1. 阿嘉島で採集した Soritidae 科有孔虫の酸素・炭素同位体比の値

種名	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$	備考
<i>S. orbiculus</i>	-1.52	3.47	正常個体
<i>A. hemprichii</i>	-1.34	2.37	正常個体
<i>M. vertebralis</i> (A)	-2.32	2.51	正常個体
<i>M. vertebralis</i> (B)	-2.43	1.73	正常個体
<i>S. orbiculus</i>	-1.8	3.6	奇形個体
<i>S. orbiculus</i>	-1.64	3.61	奇形個体
<i>M. vertebralis</i> (A)	-2.66	2.17	奇形個体
<i>S. orbiculus</i>	-1.09	3.78	初室
	-1.72	2.81	周縁部分
<i>A. hemprichii</i>	-1.54	3.97	初室
	-1.97	3.12	周縁部分
<i>M. vertebralis</i> (A)	-2.1	2.67	↓ 初室から
	-1.82	3.2	↓ 周縁部分へ
	-2.03	2.93	↓
	-2.74	2.15	↓
<i>M. vertebralis</i> (B)	-2.61	1.83	↓ 初室から
	-3.1	1.57	↓ 周縁部分へ
	-2.87	2.24	↓
	-3.2	1.72	↓
	-2.44	1.71	↓
	-2.74	2.37	↓
	-1.67	1.4	↓
	-2.79	1.85	↓
	-3.72	1.6	↓ 生殖室
	-3.66	1.62	↓ 生殖室

属名の省略は以下の通り； S. : Sorities, A. : Amphisorus, M. : Marginopora。種名の (A) は顕球型個体（無性生殖によって生まれた個体）を、(B) は微球型個体（有性生殖によって生まれた個体）を示す。

年夏の間かそれ以前に生まれたために、夏の高い水温を有孔虫殻が記録していると考えられる。

次に、1年以上生存している *M. vertebralis* の成長過程に沿った同位体比測定の結果、成長に伴って  $^{18}\text{O}$  の値は周期的な変化を示す。成長初期（殻の中央部分）は値が小さく、続く成長中期には値が相対的に夫きくなり、殻の周縁部分に近づくと再び値が小さくなる傾向が認められる。特に、生殖室が形成される直前の室で値が小さいことは、水温に換算すると初夏に生殖室をつくり無性生殖を行うことを示唆している。また、生殖室の  $^{18}\text{O}$  の値が非常に小さくなることは、生殖を行う段階で代謝活動が活発になり、海水と有孔虫との同位体平衡関係が崩れたためと考えられる。Wefer and Berger (1980) も、同じ Soritidae 科有孔虫の周縁部分で  $^{18}\text{O}$  と  $^{13}\text{C}$  の値が小さくなることを報告しており、生殖に伴って代謝活動が増加したためと解釈している。今回分析した *M. vertebralis* の生殖室の  $^{18}\text{O}$  の値は明らかに小さくなっているが、 $^{13}\text{C}$  の値は生殖室とそれ以前の室とではほとんど変化していない。

しかしながら、海水と有孔虫殻との同位体平衡関係にやや疑問が残されている。例えば、生殖室を形成する前の段階で認められた  $^{18}\text{O}$  の最小値は -3.2‰ であり、水温に換算すると 31.7 °C である。1998 年夏の平均海水温は 30.4 °C（最高値は 31.2 °C）であることから、殻の同位体比から推定される海水温は平均値よりも最高値に近い値を示す。また、微球型個体の周縁部分の同位体比を水温に換算すると 29.4 °C であり、採集した時期（1999 年 7 月）の平均海水温よりも 1.8 °C 高い。これらのことは、*M. vertebralis* の殻の同位体比から換算される水温は季節的な変化を記録しているが、実際の水温よりも 1-2 °C 高く見積もられることを示唆している。このような過去の水温を高く見積もってしまう原因について、同位体比の非平衡現象が生殖室部分に限られるのではなく、発生段階を通して認められるためなのかどうか、現在詳細に検討中である。また今回、正常な成長をしている個体と奇形個体との酸素・炭素同位体比にはほとんど差が認められなかったが、有孔虫殻の奇形現象を同位体比から理解してみるため

には、さらにデータを追加していく必要があるだろう。

### 結論

阿嘉島の礁原に棲息する大型有孔虫群集の中で、*Marginopora vertebralis* は 1998 年夏の高い海水温の時期を生き延びており、その記録を酸素同位体比として殻に残している。しかしながら、有孔虫と海水との同位体平衡関係がこの種に限って異なるためか、同位体比から推定される水温は実際の水温よりも 1-2 °C 高いようである。また、Soritidae 科有孔虫の奇形個体は、正常個体とくらべて酸素・炭素同位体比とも違いが認められず、おそらく個体群中に稀に起こる形態変異の範囲に含まれるものと考えられる。

### 謝辞

PKS は、阿嘉島で現生有孔虫を研究する機会を与えていただいた日本の科学技術振興事業団とインド政府科学技術省に感謝いたします。

### 引用文献

- Craig, H. 1965. The measurement of oxygen isotope paleotemperature. Proc. Spoleto. Conf. on Stable Isotopes in Oceanogr. Stud. Paleotemp., 3: 161-182.
- Hatta, A. and H. Ujiie 1992. Benthic foraminifera from Coral seas between Ishigaki and Iriomote islands, southern Ryukyu Island Arc, northwestern Pacific. Bull. Coll. Sci., Univ. Ryukyus, 53/54: 1-287.
- Reiss, Z. and L. Hottinger 1984. The Gulf of Aqaba-Ecological Micropalaeontology. Springer Verlag, Berlin, 354pp.
- Ross, C. A. 1972. Biology and ecology of *Marginopora vertebralis* (Foraminiferida), Great Barrier Reef. Jour. Protozool., 19: 181-192.
- Wefer, G. and W. H. Berger 1980. Stable isotopes in benthic foraminifera: seasonal variation in larger tropical species. Science, 209: 803-805.
- Zohary, T., Z. Reiss and L. Hottinger 1980. Population dynamics of *Amphisorus hemprichii* (Foraminifera) in the Gulf of Eilat (Aqaba), Red Sea. Eclogae. Geol. Helv., 73: 1071-1094.