

## 有孔虫の教材化に関する基礎的研究\*

森屋 一\*\*・相原 延光<sup>a</sup>\*\*\*・高橋 節郎<sup>b</sup>\*\*\*.  
似内 克郎<sup>c</sup>\*\*\*・辻 功<sup>d</sup>\*\*\*

\*\*神奈川県立逗子高等学校, \*\*\*神奈川県立教育センター

## The Utilization of Foraminiferans in The Classroom

Kazu MORIYA, Nobumitsu AIHARA, Setsurou TAKAHASHI,  
Katsuro NITANAI, Isao TSUJI

KANAGAWA PREFECTURAL ZUSHI SENIOR HIGH SCHOOL  
KANAGAWA PREFECTURAL EDUCATION CENTER

### SUMMARY

Foraminiferans were found in large quantities on *Ceramium tenerrimum* and on *Amphiroa dilatata* and the ratio of live individuals was high there. On the other hand, they could hardly be found on *Ulva pertusa* or on *Sargassum nigrifolium*.

The dominant foraminiferan species on algae was *Angulodiscorbis quadrangularis* and more than 94% of the individuals found were alive.

Foraminiferans could be found not only on algae but also in sediments.

Many individuals of *Miliolinella circularis* and *Quinqueloculina costata*, whose life style are considered to be free living forms, were found to be alive in sediments.

As far as foraminiferans, which were found from sediments at the *Amphiroa dilatata* growing area, are concerned, the number of live individuals per 1 gram of sediment was large, whereas the ratio of live individuals was low. Having investigated the relationship between dry mass of the sample sediment and the number of individuals and species found there, it was shown that 0.2g of the sample sediment is enough for main foraminiferan species to be seen in it.

### はじめに

有孔虫は原生動物門, 肉質虫綱, 根足虫亜綱の中の一つの目として分類的に位置づけられている. 有孔虫は石灰質やケイ質の殻を持ち<sup>1)7)</sup>, 古くから地

球上の広い範囲に多量に存在し, 化石として分布しているので地学教材としては重要であるが, 生物教材としてはほとんど扱われない. その理由として, 日本においては有孔虫の生態, 生理, 遺伝等, 基礎的な研究がほとんど進んでいなかったこと, 人間生

1993年1月10日受理

\*本研究の概要は, 昭和62年度日本生物教育学会で口頭発表した.

現在 a 神奈川県立光陵高等学校 b 神奈川県立川崎高等学校 c 神奈川県教育庁指導部義務教育課 d 神奈川県立逗葉高等学校

活への有益性や有害性が知られていないこと、微小なために人目に触れにくいこと等があげられる。しかし美しい構造と変化に富んだ形態は身近な親しみやすい教材として十分利用価値があると思われる。

日本における有孔虫の生態研究は、静岡県と岩手県の岩礁地における海藻から得られる有孔虫についての報告<sup>4)</sup>や神奈川県葉山芝崎海岸における潮間帯での深さと有孔虫の種類の関係についての報告などがあり、現在着々と進められているところである。

そこで筆者らは、有孔虫の教材化の基礎として逗子海岸を調査地点に選び以下のことを調査した。

- 1 どんな種類の有孔虫がいるのか。
- 2 どんな海藻に有孔虫がいるのか。
- 3 海藻以外の場所として、いわゆる「砂」の部分にも有孔虫がいるのか。
- 4 見つかる有孔虫はすべて生きているのか、あるいは死骸なのか。
- 5 海藻とか「砂」をどのくらい採取すればどのくらいの個数、種数の有孔虫が得られるのか。
- 6 一定の範囲に存在する有孔虫の種類とその割合を知るために必要な最少サンプリング量
- 7 有孔虫をその生活様式ごとに分けてみると、本調査地での有孔虫はどんな様子なのか。

### 材料および方法

#### 1) 調査地点

逗子海岸の波食台の不如帰の碑付近の潮だまりを調査地点に選んだ。この波食台は、一日のうちのほとんどの時間、海水に漬かっていて、海面から出て潮だまりができていのは、ごくわずかの時間だけである。この波食台の凹凸は少なく、潮だまりの深さはせいぜい30~40cmである。採取した海藻や堆積物も水面からの深さが10cm以内のところであったものである。潮の満ち干に伴う海水の流れにより、海底(つまり、干潮時に潮だまり)での砂などの堆積物や生物の移動も比較的容易に起こっていると考えられる場所である。

#### 2) 材料とその処理法

1987年6月23日および10月4日の干潮時に材料の海藻と堆積物を採取した。海藻として、カニノテ(石灰藻の一種)、ケイギス(糸状の藻)、アナアオ

サ、ナラサモ、カタワベニヒバの5種を選び、磯ガネで根こそぎ採取した。また、いわゆる「砂」の部分には藻類、貝・甲殻類など小動物の死骸、ケイ質・石灰質の無機物などが堆積しているが、これらを「堆積物」と呼ぶことにする。カニノテが主に生育している場所とケイギスが主に生育している場所の堆積物を、小型シャベルで採取した。

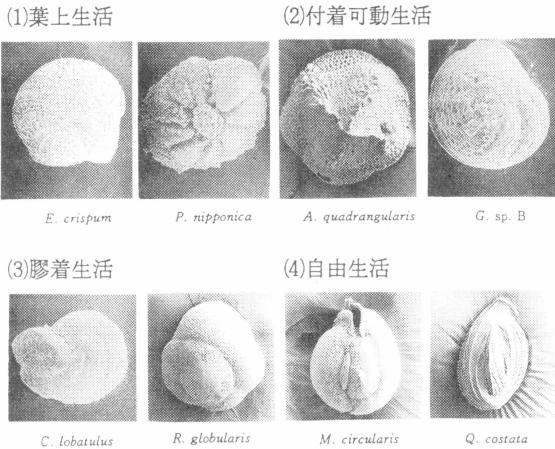
海藻については採取後すぐに現地で10%ホルマリンを注いで固定した。これを実験室に持ち帰り、ビーカーに水とともに入れて、十分に海藻をもみほぐし、附着しているものをよく落とした。この段階で、海藻は水をよく切って、湿重量を測定しておいた。ビーカーの底に沈殿したものは、ふるいを使ってよく水洗した。ふるいはタイラーの標準ふるいの200メッシュのもの(穴の径74 $\mu$ m)を用いた。十分水洗した沈殿物を0.5%ローズベンガル水溶液に24時間漬けた。ローズベンガルは、生体中の蛋白質を暗赤色に染めるので、有孔虫の生体と死骸を区別するために使用した<sup>2)</sup>。ローズベンガル水溶液に漬けて24時間経ってから試料をふるいで水洗し、さらにビーカー中で24時間以上水に漬けてから、再びふるいでよく水洗した。これにより、余分のローズベンガルを洗い落とすことができた。試料を小シャーレに入れて乾燥させた。双眼実体顕微鏡で観察しながら、水に濡らした小筆で有孔虫を附着させて拾い出した。

「堆積物」の処理法も海藻の場合と基本的には同じに行って試料を乾燥させ、重量を測定した。試料を観察するとき、適当な少量に小分けする必要がある。しかも、小分けした各区分における偏りがないように一様に分けなければならない。これを行うのに扇形二分法<sup>2)</sup>を用いた。沢山の小分けした区分を作ってからひとつひとつ双眼実体顕微鏡で観察し、有孔虫を拾い出した。

### 結果と考察

#### 1) 出現する有孔虫の種類

今回見つかった64種、672個体の有孔虫の主なものを、有孔虫の4つの生活様式(後述)ごとに並べたのが第1表である。さらに第2表に試料の種類ごとに上位3位までの有孔虫の優占種を示した。また、これら有孔虫の代表的なものの走査型電子顕微鏡写真を示す(第1図)。



第1図 生活様式別の主な有孔虫(電子顕微鏡写真)

## 2) どんな海藻に有孔虫がいるのか(第2表)

カニノテでは藻体の湿重量1gあたりに29.4個の有孔虫が見つかった。ケイギスで43.5個、カタワベニヒバで6.5個、アナアオサで0.47個、ナラサモで0.49個見つかった。1987年6月23日採取の試料では1gあたりに、ケイギスで5.4個、アナアオサで0.6個、ウミトラノオで1.4個見つかった。

石灰藻のカニノテ、糸状の形態をもつケイギスに多数の有孔虫が見つかり、アナアオサ、ナラサモにはごくわずかの有孔虫しか見つからなかったといえる。アナアオサ、ナラサモは藻体の表面が滑らかでものが付着しにくい、カニノテ、ケイギスでは有孔虫のエサとなるケイ藻などが付着しやすいためにこのような違いが現れたものと推察される。

## 3) 堆積物中にも有孔虫がいるのか(第2表)

試料として、カニノテ、ケイギスが生育している場所の堆積物を調べたところ、試料の湿重量1g当たりそれぞれ430.5個、12.9個得られた。また、海藻が周囲に生えていない場所で採取した砂の中には2.2個/g得られた(6月23日の試料)。今回カニノテ生育域の堆積物に見つかった430.5個/gという値は驚くべき大きな数である。授業で生徒に観察させたい時、このような場所の堆積物を少量採取するだけで十分多くの有孔虫が得られる。

## 4) 見つかる有孔虫はすべて生きているのか

ローズベンガルに染まって赤くなったものを生きていた個体と判定する方法によると、海藻では有孔

虫が多数見つかった種類(カニノテ、ケイギス、カタワベニヒバ)において生個体の割合が高かった(それぞれ93.0%, 92.5%, 80.8%)。これに対し、堆積物中の有孔虫は生個体の割合が低かった(カニノテ堆積物33.5%, ケイギス堆積物8.9%)。

## 5) 最少サンプリング量について

試料をどのくらい採取すれば、どんな数の有孔虫が得られるのかについては上の結果に示した通りである。ある決められた場所で見つけ得る有孔虫の種類は、試料の量と正比例するわけではなく限りがあると思われる。このことを検討するために、カニノテ生育域の堆積物の試料について、乾重量と、有孔虫の個体数、種数の関係を調べた。扇形二分法により試料を8mgにまで細分割して検鏡した。この8mgごとの試料から見つかる有孔虫の個体数、種数を累積してグラフを作った(第2図)。個体数は試料の乾重量と比例の関係があるが、種数はある程度ところで横ばいになる。ここでは、0.2gの試料をとればこの試料における主要な有孔虫がほぼ出揃うことになる。別の表現をすると、有孔虫を100個体ほど集めると、30くらいの種数になり、カニノテ生育域の堆積物中の有孔虫の種としてどんなものがあるのかほぼ決まってしまう、これ以上の試料を観察してもそれほど種数は増加しないことになる。

## 6) 海藻ごとの有孔虫群集

有孔虫個体が多く見つかった海藻のカニノテ、ケイギス、カタワベニヒバで優占する有孔虫の種を比較して見ると(第2表) *Angulodiscorbis quadrangularis* と *Miliolinella circularis* の2種が共通に上位を占めていて、海藻ごとにほとんど変わらない。

## 7) 堆積物での有孔虫群集

カニノテ、ケイギス両生育域の堆積物において上位を占める有孔虫の種は大分異なる(第2表)。生体の割合はケイギス生育域では8.9%と低いが、カニノテ生育域では33.5%とやや高い。カニノテ生育域で上位を占める *M. circularis*, *Q. costata*, *A. quadrangularis* もそれぞれ、61%, 50%, 60%と高い生体の割合を示す。さらに藻体と堆積物とで優占種の共通性があるかどうかを見ると、ケイギスについては上位3種で全く異なっているのに対し、カニノテでは *M. circularis*, *A. quadrangularis* の2種が共通

第1表 生活様式別の主な有孔虫のリスト

	種名	カニノテ堆積物		ケイギス堆積物		カニノテ		ケイギス		カタワベニヒバ	
		個体数%	生体%	個体数%	生体%	個体数%	生体%	個体数%	生体%	個体数%	生体%
葉	<i>Elphidium crispum</i>	5(12.5)		8(0)		1(100)		2(100)		3(75)	
	<i>Elphidium jenseni</i>	1(0)									
	<i>Elphidium reticulosum</i>		5/23 =22	1(0)	1/20 =5	2(50)	8/10 =80		8/11 =73		17/23 =74
	<i>Elphidium</i> sp.	1(50)				1(100)		1(100)		3(67)	
	<i>Elphidium</i> sp. A	4(33)				2(50)		1(100)			
上	<i>Pararotalia nipponica</i>	4(16.7)		13(8.3)		4(100)		3(50)		13(75)	
付	<i>Glabratella</i> ex. gr. <i>subopercularis</i>	3(40)		4(0)				4(100)		3(25)	
	<i>Glabratella nakamurai</i>	2(0)		3(0)		2(0)				1(0)	
	<i>Glabratella patelliformis</i>	2(0)	12/32 =37.5		1/20 =5	1(0)	31/37 =84		148 /149 =100		32/41 =78
	<i>Glabratella</i> sp. B	3(0)		14(7.7)		1(0)		3(100)		13(67)	
	<i>Patellina corrugata</i>	1(100)				1(?)					
動	<i>Angulodiscorbis quadrangularis</i>	10(60)				33(94)		73(99)		18(100)	
膠	<i>Cibicides lobatulus</i>	1(0)		4(0)							
	<i>Cibicides</i> sp.	1(0)									
	<i>Cymbaloporetta bradyi</i>	3(40)									
	<i>Cymbaloporetta</i> sp.	1(0)									
	<i>Rosalina bradyi</i>	1(0)	3/16 =19		0/5 =0		7/8 =88		4/6 =67		14/17 =82
	<i>Rosalina bulloides</i>	1(0)									
	<i>Rosalina globularis</i>					8(88)		3(67)		14(82)	
	着	<i>Rosalina vilardeboana</i>	1(0)		1(0)						
<i>Rosalina</i> sp. A	2(33.3)										
自	<i>Bolivina</i> sp.	3(0)				2(50)		2(33)			
	<i>Miliolinella circularis</i>	15(61)		8(28.6)		20(50)		5(78)		23(78)	
	<i>Miliolinella oblonga</i>	7(18)		2(0)							
	<i>Miliolinella sublineata</i>			1(0)							
	<i>Quinqueloculina costata</i>	11(50)	28/73 =38	2(100)	5/32 =16	6(?)	11/13 =35	2(50)	12/19 =63	3(100)	27/34 =79
	<i>Quinqueloculina</i> cf. <i>curta</i>			4(0)							
	<i>Quinqueloculina sagamiensis</i>	1(0)									
	由	<i>Quinqueloculina vulgaris</i>	4(28.6)		8(143)		2(?)		1(?)		2(50)
<i>Quinqueloculina yabei</i>	5(12.5)		9(0)		1(0)		1(100)		1(100)		

カッコ内の数字は生体数/個体数(%) 採集場所は神奈川県逗子海岸波食台 採集日は1987年10日4日

に上位を占めている。このようなことから、カニノテ生育域の堆積物は、堆積物としては比較的有孔虫に住みよい環境となっている可能性がある。

しかしながら堆積物中に有孔虫の死骸が多いのは事実である。この死骸がどこから来たのかということと2通り考えられる。1つは他の場所から来たと

第2表 岩礁地の潮だまりにおける有孔虫の生態（神奈川県逗子海岸）

海藻の下の堆積物

海 藻		カニノテ	ケイギス
優占種数/個体数%	1	<i>M. circularis</i> 15 (61)	<i>G. spB</i> 4.4 (7.6)
	2	<i>Q. costata</i> 11.4 (50)	<i>P. nipponica</i> 3.3 (8.3)
	3	<i>A. quadrangularis</i> 9.5 (60)	<i>Q. yabei</i> 8.9 (0)
1g当りの個体数(個)		430.5	12.9
生体数/個体数(%)		33.5	8.9

〔属名の略号〕  
 M : *Miliolinella*  
 Q : *Quinqueloculina*  
 A : *Angulodiscorbis*  
 G : *Glabratella*  
 P : *Pararotalia*  
 R : *Rosalina*

カッコ内は優占種生体数/優占種数(%)

海 藻

海 藻		カニノテ	ケイギス	カタワベニヒバ
優占種数/個体数%	1	<i>A. quadrangularis</i> 33 (94)	<i>A. quadrangularis</i> 73 (99)	<i>M. circularis</i> 22.5 (78)
	2	<i>M. circularis</i> 20 (50)	<i>M. circularis</i> 4.8 (78)	<i>A. quadrangularis</i> 17.5(100)
	3	<i>R. globularis</i> 8 (88)	<i>G. ex. gr. subopercularis</i> 3.8 (100)	<i>R. globularis</i> 14.2 (82)
1g当りの個体数(個)		29.4	43.5	6.5
生体数/個体数(%)		93.0	92.5	80.8

カッコ内は優占種生体数/優占種数(%)

いうこと。もう1つは、その場所で、別の季節に繁殖していたものが死骸になっているということである。調査地点の観察によれば、堆積物が波により移動する可能性は十分にある。このことを明かにするためには、もっと多くの量の試料についてのデータを揃え、また他の季節においても同様の調査を行う必要がある。

8) 有孔虫の生活様式

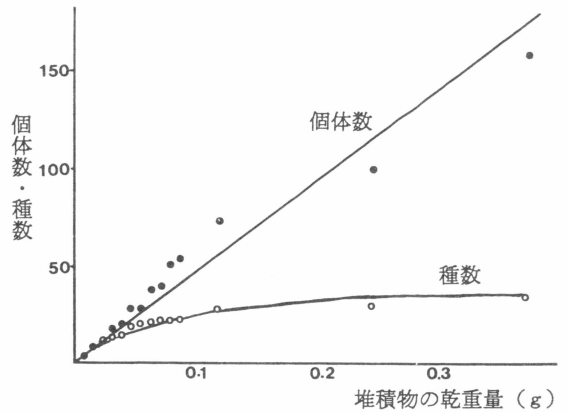
海藻帯に生息する底生有孔虫類は、以下のような4つの特徴的な生活様式<sup>3)4)5)</sup>をもったグループに区別することができる。

1 葉上生活

*Elphidium crispum*, *Pararotalia nipponica*のよう海藻上で偽足を張り、殻を起こして生活する。殻の外形は凸レンズを2枚重ねたような形である。貝類のハマグリ、アサリの形に類似する。

2 附着可動生活

*Glabratella* spp., *Pattellina corrugata*, *Angulodiscorbis quadrangularis*などのように主に海藻の葉上にあり、多数の偽足を葉上に出して動き回っている。葉上に繁殖するケイ藻などの藻類をそぎとつ



第2図 カニノテ生育域の堆積物の乾重量と個体数・種数の関係

て食べる。殻は円錐型あるいはヘルメット型である。貝類のアワビ、トコブシが岩に付着して動く様子に似る。

3 膠着生活

*Cibicides lobatulus*, *Rosalina* spp., *Cymballoporetta* spp.のように海藻の茎に膠着して生活する。殻は平らなトロコイド状旋回をしている。貝類で

第3表 生活様式ごとの割合

生活様式	カニノテ堆積物		ケイギス堆積物		カニノテ		ケイギス		カタワベニヒバ	
	試料		試料		試料		試料		試料	
葉上	16%	(22%)	26%	(5%)	12%	(80%)	6%	(73%)	20%	(74%)
付着可動	22%	(32%)	26%	(5%)	43%	(84%)	81%	(100%)	36%	(78%)
膠着	11%	(16%)	6%	(0%)	9%	(88%)	3%	(67%)	15%	(82%)
自由	51%	(38%)	42%	(16%)	36%	(35%)	10%	(63%)	30%	(79%)

数字は各試料中に占める割合 (%)

カッコ内は生体数/個体数 (%)

は、ヒザラガイが岩に膠着している様子に類似する。

#### 4 自由生活

*Quinqueloculina* spp., *Miliolinella* spp., *Bolivina* spp. のように、海藻の茎の付着物中および葉の表面を偽足を出して動き回る。やや細長い殻をもつ。貝類ではタケノコガイ、フデガイが似る。

そこで第1表を上記の生活様式ごとに整理してみる(第3表)。

各試料の中でどんな有孔虫が多いかをみると、堆積物中ではどちらも自由生活者が一位であることがわかる。そしてその中で生体の占める割合も高い。ケイギス堆積物では16%であるが他の生活様式のものに比べると高い値といえる。このことから自由生活者は堆積物を好むものと考えられる。

また、各海藻中で付着可動生活者の割合が高いのはその中の1つの *Angulodiscorbis quadrangularis* の数が多いためである。これはまたカニノテ堆積物中にも多く、いずれも生体の割合が高い。この種は静岡県御前崎、小浜、岩手県大槌湾沿岸の岩礁地においては見いだされていない<sup>4)</sup>。伊豆下田や八丈島での報告があり黒潮暖流域に見られる種であるといわれている<sup>6)</sup>。今回逗子海岸でこの種が多量に見つかったことは興味深い。この一種だけがこれほど多く見つかったということは逗子海岸がこの種にとり特に住みよい場であるからかもしれないし、たまたま繁殖期のあと採取したためかもしれない。これを明らかにするためには他の季節に何回か同様の調査をする必要がある。

## 適 要

有孔虫を教材として利用するための基礎として神奈川県逗子海岸を調査地点に選び、以下のことを明らかにした。

- 1 有孔虫は海藻のケイギスやカニノテ藻体に多く見つかり、生体の割合も高かったが、アナアオサ、ナラサモには極めて少なかった。
- 2 海藻での優占種は *Angulodiscorbis quadrangularis* であり、その94%以上が生体であった。
- 3 有孔虫は海藻上だけでなく堆積物中からも見つけることができた。
- 4 堆積物中の有孔虫で生体のものは *Miliolinella circularis* や *Quinqueloculina costata* など生活様式が自由生活とされているものに多かった。
- 5 カニノテ生育域の堆積物からの有孔虫は生体の割合は低かったが、1g当たりの個体数は多かった。この試料の乾燥重量と個体数、種数の関係を調べたところ0.2gの試料を観察すれば、この試料における主要な有孔虫が出揃うことがわかった。

本研究を進めるに当たり貴重なご教示を賜りました神奈川県立厚木高等学校 楠元 守先生、有孔虫の同定をはじめ多岐にわたりご指導を賜りました静岡大学 北里 洋先生に心より感謝致します。

## 引用文献

- 1) Brasier 1980 Microfossils 90-168 George Allen and Unwin
- 2) 池谷仙之 1971 化石・現生小型有孔虫類の採集と検出法 1-31 静岡県地学会
- 3) 北里 洋 1986 有孔虫はどういう生物か? 底生有孔虫の運動と殻の機能形態についての考察 月刊海洋科学 18 (9) 552-557
- 4) 北里 洋 1986 岩礁地生底生有孔虫類の生態 新生代底生有孔虫の研究 1-12
- 5) 北里 洋 1981 底生有孔虫の行動と生活様式の観察 静岡大学地球科学研究報告 6 61-71
- 6) 北里 洋 私信
- 7) 高柳洋吉 1970 微古生物学 上 (浅野 清編) 朝倉書店