

# 有孔虫の飼育と繁殖についての試み

— その環境教育における意義 —

藤崎博隆\*・八田明夫\*\*

(1997年10月15日 受理)

Experiment on keeping and Reproduction of the Foraminifera

— Significance on Environmental Education —

Hiroataka HUIJISAKI and Akio HATTA

key word : 飼育, 教材化, 環境教育

## 1. はじめに

環境問題が地球規模で進行していることが世界中の人々に認識されて久しい。しかし、具体的な解決策は、いまだに見い出されていないといえる。地球環境の現状を改善することも大切であるが、将来、現在以上に危機的状態を招かないような対策を施さなくてはならない。環境問題を解決する上で人間と自然環境との関わりに関する人々の意識を変えることは大きな意味があるといえよう。むしろ、人々の意識が変わらなければ環境問題を抜本的に解決することはできないだろう。

学校教育は、将来の地球環境を担う人間を育てる場である。そういった意味で学校教育における環境教育は、環境問題を解決する上で重要といえる。しかし、実際の学校現場では、環境教育教材として地球的規模で進んでいる環境問題をトピック的に取り上げて環境問題の起因を知識的に理解させる授業、すなわち環境問題理解教育になっている現状がある(中村, 1996)。理科における環境教育では、実験・観察などを通して体験的に学ぶことが大切である。八田・岩尾(1996)は、環境教育の教材として有孔虫を用いることを提案している。本論では、有孔虫の飼育と繁殖の観察を理科における環境教育で取り上げることの有効性について論じる。

## 2. これまでの研究

有孔虫の飼育は、これまでに多く行われてきている。表1は、有孔虫の飼育を行なったこれまでの研究である。特にKITAZATO(1988)は、有孔虫を含む堆積物200mlと海水300mlを500mlのビーカーに入れ、上部に0.095mm孔の布をかぶせた簡単な装置を使って飼育している。ビーカーは、海水の入ったタンクの中に入れ温度調節をできるようにしている。

---

\*鹿兒島大学大学院教育学研究科

\*\*鹿兒島大学教育学部

表1. これまでの飼育の研究

	飼育種	容器	温度	光	海水
HALLOCK(1974)	<i>Amphistegina madagascariensis</i>	ベトリ皿 (150×20mm)	24~26度	自然光	緩衝後のErdschreber海水
HALLOCK(1979)	<i>Amphistegina lessonii</i> <i>Amphistegina lobifera</i>	ベトリ皿 (150×20mm)	24~26度	12hの明/暗サイクル	ろ過後の含栄養Erdschreber海水
LUTZE AND WEFWR(1980)	<i>Cyclorbiculina compressa</i>	プラスチック容器	25度	60wats/m <sup>2</sup>	試料採取地の海水を循環させる
DUGUAY(1983)	<i>Archais angulatus</i> <i>Sorites marginalis</i> <i>Cyclorbiculina compressa</i>	serum bottle (32×51mm)		50w/s・m <sup>2</sup>	ろ過海水
HALLOCK(1986)	<i>Amphistegina gibbosa</i> <i>Amphistegina lessonii</i>	ベトリ皿 (150×20mm)	25度	12hの明/暗サイクル	ろ過後の含栄養Erdschreber海水
KITAZATO(1988)	底生有孔虫(22種)	500mlビーカー	自然状態と等しくなるように調整	自然光	試料採取地の海水

表2はこれまでの現生有孔虫の教材化の研究である。現生有孔虫の教材化の研究は、あまり多くない。八田・渡辺(1988)は、tide poolの有孔虫の年間産出変化を調べている。有孔虫群集の月別変化から有孔虫の産出には、6月と10月の2度のピークがあることを示している。教材化の対象は高校地学と中学校理科の第2分野を挙げている。有孔虫を教材として用いる単元の内容は、堆積環境の推定、生物の環境への適応がふさわしいと述べている。

竹ノ内(1990)は、沿岸部から3km沖までの5地点の海底表層堆積物を採取し、底生有孔虫群集の調査を行っている。優占種の生殻・死殻分布を水深・底質などとの関係で考慮し、堆積環境を学習させる前段階として、生徒の学習展示用となる新鮮な指標標本を作成している。

土橋(1990)は、有孔虫の採集・分類の方法を具体的に述べ、小学校のクラブ活動の中で人間と自然との関わりを学習するための教材として有孔虫を用いて実践を行っている。また、有孔虫を教材として用いる単元内容として食物連鎖と物質循環(二酸化炭素の固定など)を提案している。

表2. これまでの現生有孔虫の教材化の研究

	採集場所	内容	教材化の対象	環境教育との関連
八田・渡辺(1988)	tide pool	基礎的研究として有孔虫群集の年間産出変化を調べている。	高校地学、中学理科第2分野	堆積環境の推定、生物の環境への適応
竹ノ内(1990)	沿岸部	海底表層堆積物中の有孔虫群集を水深・底質などとの関係を考察し、教材化の前段階として指標標本を作成している。	高校地学	堆積環境の推定
土橋(1990)	海岸砂、海草付着	有孔虫を採集・分類し、有孔虫を教材として用いる方法を考察し、実際にクラブ活動で実践している。	小学校クラブ活動	食物連鎖、二酸化炭素の固定
土橋・八田(1991)	海岸砂、海草付着	児童が有孔虫を実験的に扱えることを示すとともに、教材化可能な単元方法を示している。	小5「動物の誕生と成長」小6「人と環境」「大地のつくりとでき方」	二酸化炭素の固定、地質のつき方の推定
竹ノ内(1992)	海岸	基礎的研究として有孔虫群集の構成を調べ生息環境との関連を考察している。	高校地学	堆積環境の推定
八田・岩尾(1996)	珊瑚礁	有孔虫を生きたまま、あるいは殻を溶かして観察したり、繁殖の様子を観察して有孔虫の環境教育の教材としての有効性を示している。	生物の学習	生物の連続性、生物相互の関連性、物質循環
八田(1997)	海洋(浮遊性種)、さんご礁、海草付着	有孔虫と藻類の共生関係と環境との関わり、及び有孔虫の分布と環境との関わりを述べその環境教育における意義を述べている。	生物・地学の学習	生物相互の関連性(共生)、二酸化炭素の固定(ミジンコ等)との関連を含む

土橋・八田（1991）は、小学校における有孔虫の教材としての有効性を分析している。そして、有孔虫のより効果的な教材としての活用を示している。また、有孔虫を教材として用いる単元は、5年生の「動物の誕生と成長」、6年生の「人と環境」、「大地のつくりとでき方」を提案している。

竹ノ内（1992）は、鳥取県中部地域沿岸沿いの有孔虫の分布を調べている。分布の特徴として河口から離れるにしたがって有孔虫群集の総個体数が増加していると述べている。各地点ごとに優占種を示し、環境要因と群集構成の関係を推定している。また、有孔虫を教材として用いる学習内容として堆積環境の推定を提案している。

八田・岩尾（1996）は、塩酸処理により有孔虫の内部に共生している藻類の観察及び偽足を出して活動している様子の観察を行っている。環境教育として生きている有孔虫から学べる事柄として生物の連続性、生物の相互関連性、物質環境を提案している。さらに、環境教育における実験・観察の重要性を述べ、有孔虫を用いた実験・観察を行うことで地球の有限性、生命の連続性、物質の循環性、生物の共生関係を学ぶことができるとしている。

八田（1997）は、有孔虫と藻類の共生関係について述べ二酸化炭素の固定における共生関係の影響と劣悪環境下での共生藻類の役割を写真とともに示している。有孔虫をミッシングシンク問題の解決に結び付けようとしている。有孔虫の観察・実験で学べることとして、二酸化炭素の固定・濃度調節及び藻類との共生関係を挙げている。

これらの現生有孔虫の教材化の研究の中で八田・岩尾（1996）、八田（1997）以外は、薬品を用いて固定した後の有孔虫を用いている。また、主に地学教育における教材化である。しかし、八田・岩尾（1996）は、生きたままの有孔虫を用いており、共生している藻類や有孔虫の活動を観察することの重要性を示している。さらに、生物教育においても有効な教材であることを指摘し、有

孔虫が環境教育の中で学ぶ事柄を多く含んでいることを示している。また、他の研究とは異なり特に環境教育の視点から述べている。

前述の様に環境教育に有孔虫という素材を活用する研究は、その途についたばかりであるといえる。

### 3. 試料の採取

飼育のための試料は、1996年8月23日鹿児島県加計呂麻島の芝沿岸において、石に付着していたものを採取した（図1）。石や海草に付着している有孔虫は、死骸が少なくほとんど生きて

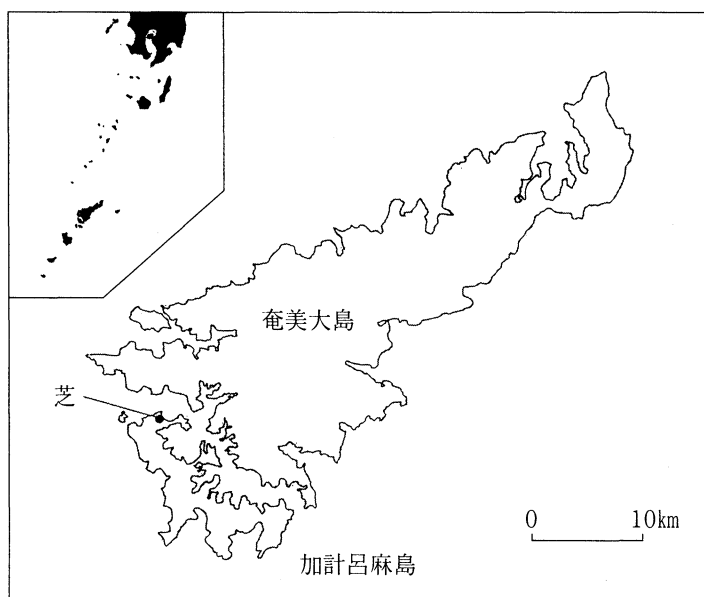


図1. 試料採取地点

いるため飼育に用いる上で有効であると考えた。芝海岸西端の岩場で主に採取したが、海水の流れがかなり速く、石の上面には海草は付着しておらず、有孔虫も全くといってよいほど見られなかった。半分ほど底の砂に埋まっている石の側面に多く有孔虫が見られた。主に砂に半分ほど埋まっている石を選び、海水を入れた2ℓのプラスチック容器の中に入れて、石に付いている有孔虫をこすり落としした。20個ほどの石から同じようにして有孔虫を採取した。プラスチック容器の中で有孔虫が沈澱するまで1-2分待ち、上澄みの海水は捨てた。沈澱物は別の300mlのプラスチック容器に移し新鮮な海水を注いで密封した。有孔虫を入れた容器は、ダンボール箱に入れて実験室へ持ち帰った。

#### 4. 資料の処理・有孔虫の分離

2日後の8月25日実験室で容器のふたを開けると強い腐敗臭がした。上澄みの海水を捨て、ピンセットで除ける腐敗物は除いて、シャーレに沈澱物を広げ、腔腸動物用の人工海水を注いだ。有孔虫の生死を確認するため実体顕微鏡下にシャーレを置いた。有孔虫の中の共生藻類の色、偽足を出して動いている様子が確認できたことから生きていると判断した。シャーレの中の沈澱物を500mlのビーカーに移し、人工海水を入れた。

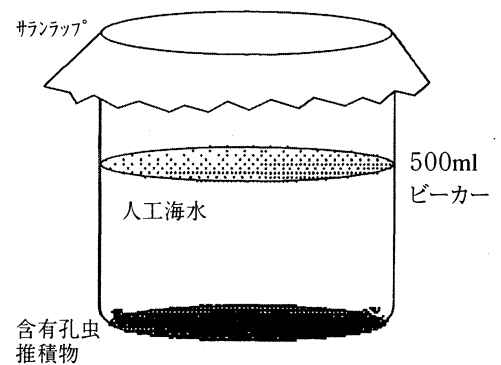


図2. 飼育装置

上部は、図2のようにラップをかぶせて輪ゴムでとめ、水分の蒸発をできる限り少なくした。ビーカーは実験室の北側の窓際において2ヶ月間何も加えずに観察した。2ヶ月後の10月25日にエタノールで固定し、ローズベンガルで生体を染色し乾燥試料にした。

#### 5. 観察結果

腐敗物を除いて、新しい人工海水を入れたビーカーを窓際に置いて数時間経つと、有孔虫がビーカーの側面を上っていく様子が観察できた。ビーカーの側面に付着している有孔虫を毎日数えたところ平均約200個体/日であった(表3)。2ヶ月後に固定した有孔虫を乾燥試料から拾い出した。表4は、飼育した群集で2%以上産出した種を示している。全部で1831個体おり、そのうちの63%にあたる1153個体が生きていたことを示す赤色に染まっていた。また、殻が変形している固体も多く確認することができた(図3)。生個体変異は、全固体中の8%で生個体中の13%であり、遺骸個体変異は、全個体中の3%で遺骸個体中の9%であった(図3)。また、変形は、砂質種・陶器質種で顕著であった。図版1の Figs.1, 2は、砂質の *Textularia neorugosa* が、変形した個体の電子顕微鏡写真である。形成されている部屋の途中でくびれができ、そこから部屋の構成が変わっていることがわかる。また、*Peneroplis* spp. の幼形が多くみられ、394個体いた。

表3. ビーカーの側面に付着した個体数の変化

観察日	個体数
9月2日	192
9月4日	195
9月5日	218
9月7日	232
9月9日	208
9月11日	230
9月12日	218
9月17日	207
9月18日	246
9月20日	242
9月22日	179
9月23日	157
9月26日	192
9月29日	184
10月7日	92

表4. 飼育群集内の2%以上産出種

	個体数(i)	生個体数(l)	個数(i)/総数(s)
<i>Peneroplis</i> spp. (幼形)	394	380	21.5%
<i>Amphistegina lessonii</i>	238	208	13.0%
<i>Rosalina globularis</i>	106	22	5.8%
<i>Textularia neorugosa</i>	103	76	5.6%
<i>Cymbaloporeta tabellaeformis</i>	101	29	5.5%
<i>Quinqueloculina gualtierina</i>	81	52	4.4%
<i>Cymbaloporeta squamosa</i>	71	47	3.9%
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	69	44	3.8%
<i>Textularia agglutinans</i>	69	52	3.8%
<i>Spirolina</i> sp.	59	25	3.2%
<i>Calcarina calcar</i>	58	37	3.2%
<i>Peneroplis planatus</i> (成体)	58	4	3.2%
<i>Discorbis australis</i>	49	19	2.7%
<i>Cymbaloporeta bradyi</i>	37	34	2.0%
その他	678	124	37.0%
合計(s)	1831	1153	100.0%

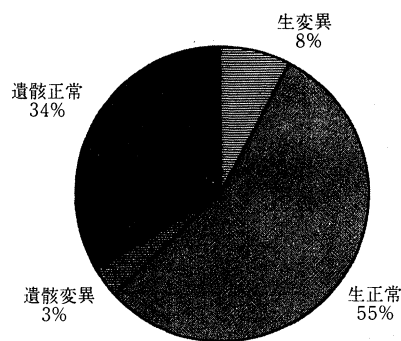


図3. 飼育群集の構成

## 6. 飼育と繁殖の観察における考察

2ヶ月の間何の手も加えずに多くの有孔虫が生き続けることができたのは、餌となる藻類が繁殖しやすい、あるいは共生藻類が光合成を行うのに適切な環境であったためであろうと考えられる。変形が多くみられたのは、*Quinqueloculina* 属・*Textularia* 属・*Peneloplis* 属であるが、これらの変形には特徴がある。殻の構成がある部分から小さくなる、殻壁が薄くなる、殻の素材が変わるのいずれかである。また、これらの変形は同じ種内で同じように起こっている。特に *Textularia*

は、変形後形成された部屋の数ほぼ同じであり同じ時期、すなわち飼育後に変形の要因が加わったと考えられる。変形した生個体数の全生個体数に対する割合(13%)の方が変形した遺骸個体数の全遺骸個体に対する割合(9%)よりも高いことも飼育後の変形の可能性を高めている。Cluver and Buzas (1995) は、人為汚染が進む地域では殻が変形する個体が多く見られ、特に重金属を多く含む海域では、変形した固体が多いとしている。YANKO et al. (1994) は、重金属汚染域の有孔虫群集の総個体数の2-3%が変形しており、変形した殻には変形していない殻より高い濃度の Mg, S が含まれていたとしている。このような研究結果などをもとに殻の変形の原因として予想できるものを次に挙げる。まず、人工海水を作成する際に水道水(地下水)を用いたので比較的重金属が多く含まれていたという可能性がある。その重金属により殻が変形したのではないかと考えられる。地下水についての水質調査の結果(検査報告書、鹿児島県環境技術協会第3408号)と有孔虫の試料採取地域の水質調査の結果(鹿児島県, 1994)を比較したが、どちらもそれぞれの項目において環境基準値を下まわっており、厳密な数値が示されていないので、重金属が原因であると断言することはできない。次に殻が薄くなったものは、海水中の Ca イオンの減少及びその他の殻構成物質の不足が原因として考えられる。また、これら以外の環境要因(例えば、照度・水温の

変化) が有孔虫の成長にとってストレスとなり殻の構成を阻害したということも考えられる。殻の変形については原因を特定することは難しくこれからの課題といえる。

## 7. 環境教育について

表5は、有孔虫の飼育・繁殖の環境教育における有効性と学習内容を示したものである。まず教材としての有効性であるが、本研究において有孔虫は、簡単な装置により長期間の飼育が可能なことが示された。したがって、場所・時間の制限なく有孔虫を教材として使用することができるといえる。

飼育と繁殖の観察の両方における有効性として藻類と原生動物の共生関係を学べることと食物連鎖における生産者と消費者の関係を観察できることが挙げられる。

繁殖における有効性として無性生殖の観察ができることと初期条件が等しい実験ができることが挙げられる。無性生殖によって生まれた幼形は全て同一条件であることから、例えば環境条件を操作した成長比較実験などを行なうことができる。筆者らは、*calcarina defrancii* の幼形を用いて照度の異なる環境で成長比較実験を行ない、照度の高い方が成長が早いこと、暗所でも二週間以上生き続けられるが全く部屋を形成しないことを確認した。このことは、有孔虫が藻類の光合成にその成長を依存していることを示しているといえる。

表5. 飼育と繁殖の有効性と学習内容

	教材としての有効性	学習内容
飼育	・長期飼育で時間・場所の制限なく教材化可	・共生藻類の観察 ・物質循環(食物連鎖など) ・人間活動と自然環境の関係 ・二酸化炭素の固定
	・共生関係を学べる ・食物連鎖を学べる	
繁殖	・無性生殖を観察できる ・初期条件を等しくした実験が可能	・物質循環(特に有孔虫の殻内) ・生命の連続性

次に有孔虫の飼育・繁殖において学習できる内容である。有孔虫の飼育と繁殖観察の両方における学習内容として第一に共生藻類の観察がある。飼育している個体あるいは繁殖によって生まれた幼形を実体顕微鏡下で観察すると共生している粒状の藻類を確認することができる(図版1 Figs. 3, 4, 5, 6)。SORITIDAE 科の有孔虫は、平たく、殻壁が薄いので特に藻類の観察が容易であるが、*Amphistegina* spp., *Peneroplis* spp. など光の当て方をうまく工夫すると鮮明に藻類を観察することができる。50倍程度まで拡大できれば粒状の藻類を観察することができる。多くの有孔虫には、褐色の藻類が共生しているが、*Parasorites* spp. などは緑色の藻類が共生しており、植物と動物が共生しているという実感を得ることができる。

第二に食物連鎖による物質循環が挙げられる。プランクトンが大量に発生した容器の中に有孔虫を入れてしばらく観察していると、クモの巣のように広げられた有孔虫の偽足に多くの藻類が付着

