

西太平洋における浮遊性有孔虫の分布と日周期運動

八田 明夫

鹿児島大学教育学部
〒890-0065 鹿児島市郡元1-20-6
hatta@rikei.edu.kagoshima-u.ac.jp

Geographical and Vertical Distribution of the Recent Planktic Foraminifera in the Western Pacific Ocean

Akio HATTA

Faculty of Education, Kagoshima University, Korimoto 1-20-6, Kagosima 890-0065, Japan

Abstract

Investigating Foraminifera is useful to an analysis of the earth's history, environment, and paleoenvironment. Among foraminiferal assemblages, fossil planktic Foraminifera provides particularly valuable information on biostratigraphy and paleoenvironment. When we consider the environment of geological age, it is necessary to make clear the biogeography of recent planktic Foraminifera.

Planktic Foraminifera are found in the sea between near the surface and a few hundred meters of depth. However, researchers have differed about the changes exhibited by planktic Foraminifera with depth. If the interval change of vertical distribution will be made clear, it is an explanation of the state of material movement. The purpose of this study is to clarify biogeographical and vertical changes exhibited by recent planktic Foraminifera in the Western Pacific Ocean.

はじめに

現生や化石の有孔虫の研究を通して、有孔虫の生態・生息環境、有孔虫の生息した時代の地史・古環境が解明されている。有孔虫の中で浮遊生活をしている浮遊性有孔虫は、外洋性堆積物の分布する地域の生層序、古環境の解析に貴重な情報をもたらしてくれる。生層序学的研究により、浮遊性有孔虫の種としての進化速度が明らかになっているので、地質時代の判定に使われている。底棲有孔虫はその生息環境に各種類による特殊性があるため、古環境を考察する上で重要な役割を担っている。外洋性堆積物には底棲有孔虫よりも浮遊性有孔虫が多く含まれるので、古環境の解析に浮遊性有孔虫が役立つことが期待される。酸素や炭素の同位体の含有比率を調べることで浮遊性有孔虫の生息していた海域の水温を推定することもできる。浮遊性有孔虫の海洋地理学的研究からその生息海域が調べられているが (BÉ, 1977 など)、現生浮遊性有孔虫の生物地理がより一層明らかになることが必要である。

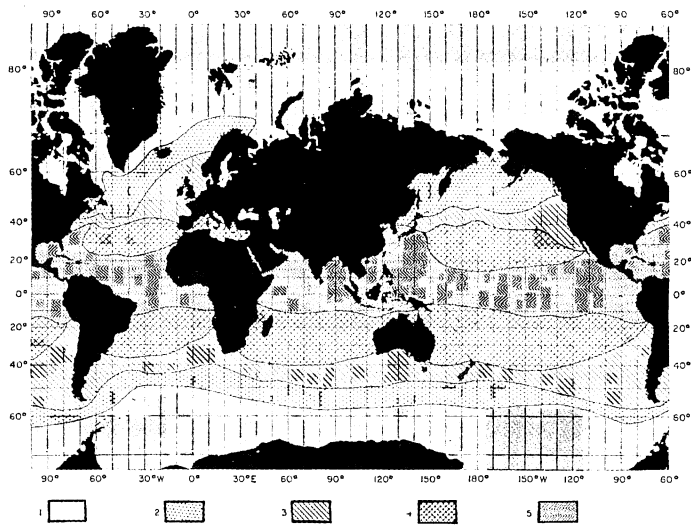


図1. 5つの浮遊性有孔虫地理区分 (Bé, 1977より)

- 1 極有孔虫区, 2 亜極有孔虫区, 3 遷移帶有孔虫区, 4 亜熱帶有孔虫区,
- 5 熱帶有孔虫区

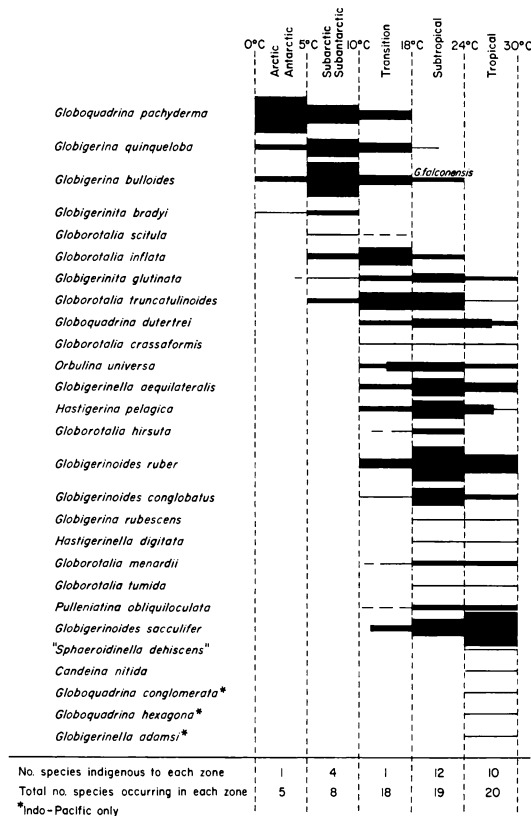


図2. 5つの浮遊性有孔虫地理区の浮遊性有孔虫の分布域と産出量 (Bé, 1977より)

横軸の長さとは幅は、5つの浮遊性有孔虫地理区における浮遊性有孔虫の分布域と相対的産出量を示す

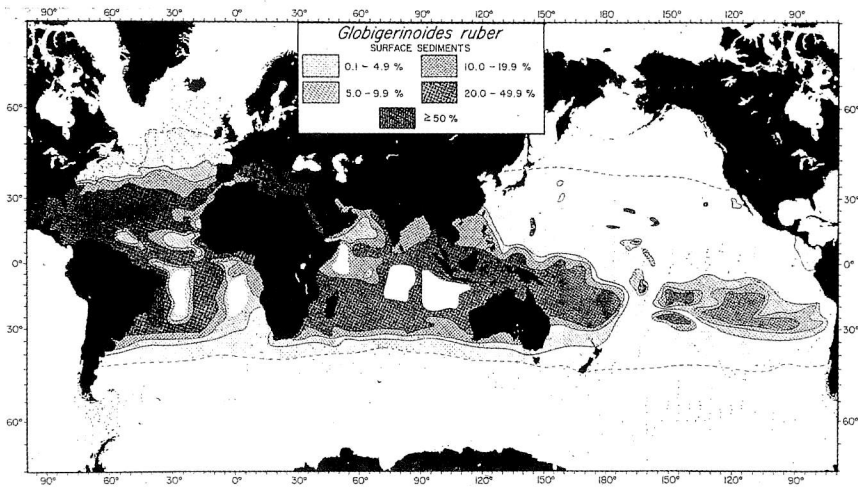


図3. *Globigerinoides ruber*の分布 (BÉ, 1977より)

世界中の海底表面における *Globigerinoides ruber* の相対的産出量の分布を示す

浮遊性有孔虫は外洋の海面近くから数100mの深度にまで生息している。この垂直的分布の様態が時間的に変化することについての研究があるが (HEMLEBEN *et al.*, 1989など)、その結論は垂直的日変化に対する異論も含まれている。垂直的な分布の時間変化を明らかにすることができれば、その海域における物質移動の様態の一部を解明することに繋がる。

本研究は上記の地理的分布や垂直分布の変化を明らかにする目的で、西太平洋海域で浮遊性有孔虫を採取し、調べたものである。

地理的分布についてのこれまでの研究

浮遊性有孔虫は世界中のあらゆる海域に分布している。しかし、それぞれの海域には固有の種類が生息しており生物地理区として示すことができる。図1はBÉ (1977)により、極有孔虫区、亜極有孔虫区、遷移帯有孔虫区、亜熱帯有孔虫区、熱帯有孔虫区の5つに区分した浮遊性有孔虫の生物地理区である。図2は5つの浮遊性有孔虫地理区に生息する浮遊性有孔虫の分布域と産出量を示したものである。こうした分布を基に、同一または近縁の化石種とを照合することで当時の環境を推定できる。

この様に現在生きている有孔虫がどのような海域に生息しているかが、ある程度調べられている。太平洋全域についての浮遊性有孔虫の地理的分布はBÉ (1977)などにより *Globigerinoides ruber*などの種類についてその分布が明らかにされている(図3)。西太平洋におけるこれらの種の分布はある程度知られている。こうした分布はすべての種類について調べられているわけではない。まだ明らかにされていない種類もあり、その精度も西太平洋に限って調べられたものはまだない。

垂直的分布についてのこれまでの研究

海中で層状にプランクトンネットを引いたり、堆積物を捕獲したりするなど浮遊性有孔虫の採取方法が発達することにより、その垂直的分布が明らかになり、分布構造や生態学的ニッチについてなど多くの情報がだされている。

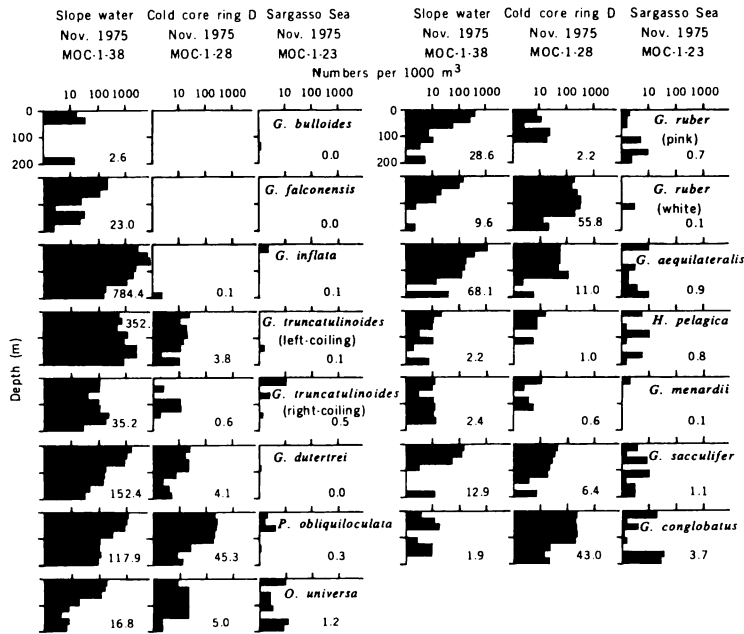


図4. 浮遊性有孔虫の垂直分布 (FAIRBANKS, *et al.*, 1980 より)

大西洋の大陸棚斜面, メキシコ湾流 Clod Core Ring, Sargasso海の3つの海域における1975年11月の200mまでの深さの浮遊性有孔虫13種(内2種は巻きの方向, 殻の色で2分)の1 m³あたりの個体数

SHACKLETON and VINCENT (1978)はコアの先端(海底面)のサンプルの同位体分析を行ない *Globorotalia menardii*は寒い海では表面近くに多く暖かい海では深い所に多いとしている。BOUVIER-SOUMAGNAC and DUPLESSY (1985)は, *Orbulina universa*と *Globorotalia menardii*と *Neogloboquadrina dutertrei*の3種について異なった温度条件下で飼育実験を行ない, 炭素と酸素の同位体構成比率を測定し, それぞれの温度における同位体の平衡状態がプランクトンネットの採集サンプルのそれと殆ど変わらないことを示した。*Orbulina universa*は, 表層から上部温度背斜部までの海域(Mixed layer)中やその下部の水塊から採取されたサンプルなどとの比較から, Mixed layerの中だけでその殻を分泌していることを示した。対照的に *Globorotalia menardii*と *Neogloboquadrina dutertrei*の2種はMixed layerの下部でも殻の分泌を行なっていることを示した。炭素の同位体の分析でも浮遊性有孔虫の殻は海水の温度を反映し, *G. menardii*と *N. dutertrei*の2種は, 同様にMixed layerの下部で石灰化されていることを示している。

DEUSER (1987)はSargasso (ホンダワラ類)海の海底からの7年間の堆積物捕獲サンプルを分析し, 同位体の構成比率と温度の関係から深度を割り出し, *Globigerinoides ruber*の殻は25m以浅で形成され, *Globigerinella aequilateralis*の殻は50-75mの間で形成され, *Orbulina universa*の殻は25-50mの間で形成されるとした。この3つの種の季節的変化はあまり無いので良い古海洋学的指標になるとした。

HEMLEBEN *et al.* (1989)は, 高緯度に比べて生物的物理的多様性があるので暖かい海水の方が垂直的分布区分がより明らかであるとしている。

FAIRBANKS and WIEBE (1980)は多くの浮遊性有孔虫がクロロフィル極大帯で殻を蓄積

させており、 ^{18}O と ^{16}O の比率に現われるので、過去の気候を推定できることを示し、FAIRBANKS *et al.* (1980)は13種の浮遊性有孔虫を垂直的に配置したプランクトンネットで採取し、北部サルガッソ海では200m以浅の海域において垂直的分布に明白な違いがあるとしている(図4)。FAIRBANKS *et al.* (1982)は浅海の透過光帯において温度の好みの違いに因るとされる分布が層状になっていることを明らかにしている。*Neogloboquadrina dutertrei*は25-50mの海域に多く、*Globigerina calida*は、深部のクロロフィルが極大になる箇所の上に下部に分布し、*Globigerinoides ruber*, *G. sacculifer*, や *G. conglobatus*などはMixed layerの上に殆どが分布しているとしている。

HOLMES (1982)は1 m²当たり昼間は550個体で、夜は861個体で垂直的移動をしており、BÉ and AMLIN (1967)は、夜よりも昼の方が多という観察結果を報告している。

このように浮遊性有孔虫の垂直的分布は種の違いや深度まで明らかとなっているが、その移動についてはまだ確認されているとは言いがたい。浮遊性有孔虫を深度別に採取することにより、直接的にその垂直的分布を明らかにすることができ、採取時間帯を変えることで移動の有無を明らかにできる。浮遊性有孔虫については、まだこのような課題が残されているといえる。

浮遊性有孔虫の採取

主な浮遊性有孔虫の特徴について述べる。プランクトンネットで採集した状態の浮遊性有孔虫を図版に示す。Fig.1-2は*Globorotalina menardii*で殻の膨らみ具合で*G. tumida*と区別できる。この属はとげが無いということが特徴である。Fig. 3-4は*Globigerinoides sacculifer*で、長径約0.7mm。Supplement aperture (補口孔)といわれるものが開いていることで区別される。Fig. 5-7は、*Globigerina calida*で長径約0.7mm、Fig. 8は*Orbulina universa*で、トゲを除いた殻の長径約1mmである。球形の殻の一部を壊して中の*Globigerinoides*タイプの幼形が見える様にしてある。Fig. 9-11は*Globigerinella aequilateralis*で、長径約0.6mm。本個体は採集室が不完全な成長をしている。Fig. 12は*Globorotalia hirsuta*で、長径約0.5mmと小さい。

ミジンコなどと一緒に採取されるがFig. 11に比較的大きなミジンコが写っている。Fig. 13-14は、プランクトンネットによる浮遊性有孔虫の採取風景である。ワイヤーの角度を計測して角度に応じてワイヤーを延ばして採取する。ウインチの計器で深度を測定し、巻き上げ速度を調節しながら浮遊性有孔虫を採取する。

西太平洋海域の浮遊性有孔虫の分布

筆者は鹿児島大学の共同研究者と南太平洋海域研究センター(現、多島圏研究センター)の西太平洋海域の調査で鹿児島以南から赤道付近までの西南太平洋における浮遊性有孔虫の群集がどのように変化するかということを調べた(HATTA *et al.*, 1990, 1992, 1996)。

表1はHATTA *et al.* (1996)のデータで、図5は西南太平洋における浮遊性有孔虫の分布である。それぞれの種について、鹿児島以南の海域を高緯度から赤道に向かってデータの数値を並べた。*Globigerina calida*, *Globigerinoides obliquus*, *Globigerinoides tenellus*, *Globigerinella aequilateralis*は北緯18度付近以北に多く、*Globigerina rubescens*, *Globigerina glutinata*, *Globigerinoides conglobatus*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerinoides sacculifer*, *Orbulina universa*, *Pulleniatina obliquiloculata*は、北緯18度付近以北及び北緯7

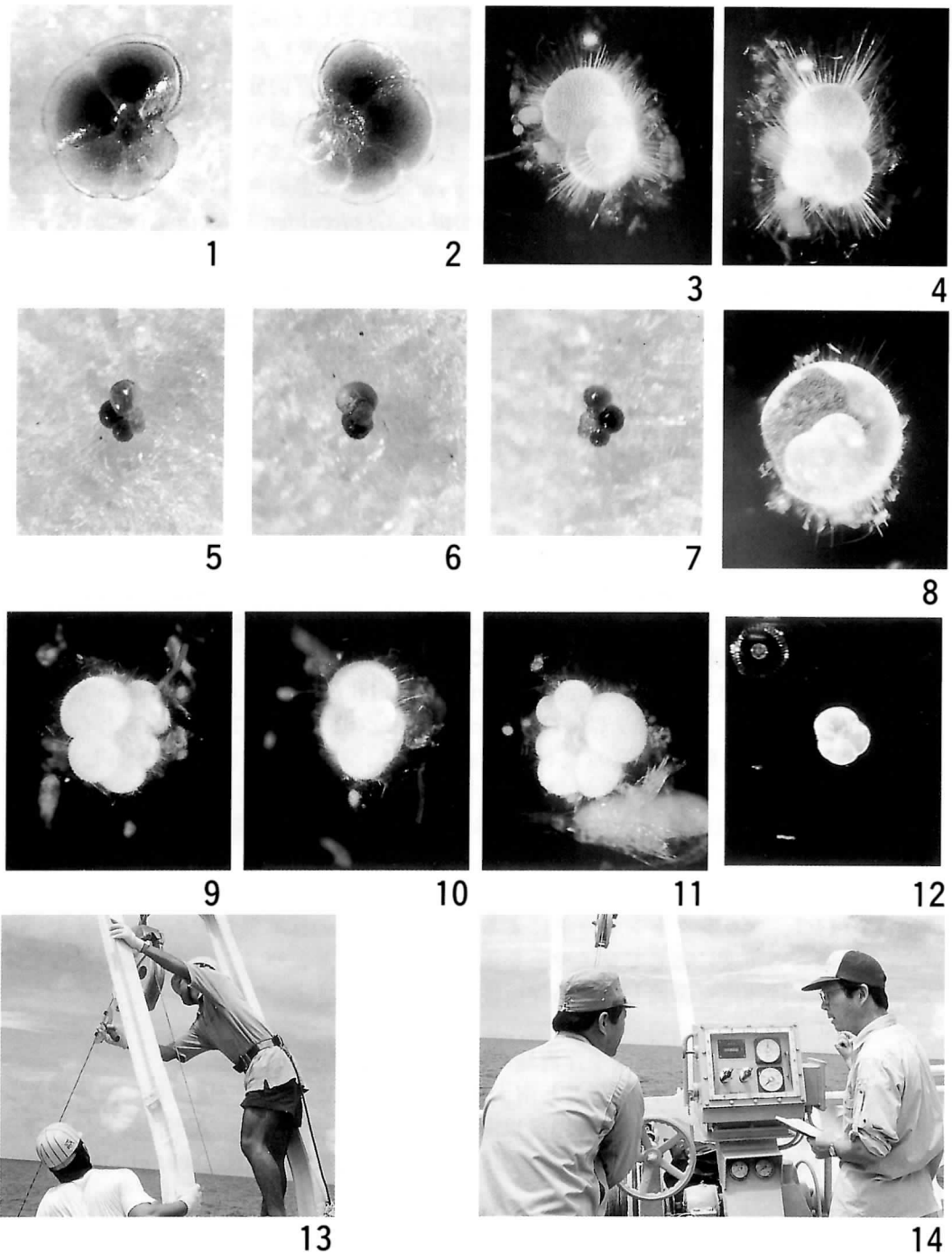


Fig. 1-2. *Globorotalia menardii* (Perker, Jones and Brady), 長径約 1 mm

Fig. 3-4. *Globigerinoides sacculifer* (Brady), 長径約 0.7 mm

Fig. 5-7. *Globigerina calida* Perker, 長径約 0.7 mm

Fig. 8. *Orbulina universa* d'Orbigny, トゲを除いた殻の長径約 1 mm

Fig. 9-11. *Globigerinella aequilateralis* (Brady), 長径約 0.6 mm

Fig. 12. *Globorotalia hirsuta* (d'Orbigny), 長径約 0.5 mm

Fig. 13. プランクトンネットによる浮遊性有孔虫の採取, ワイヤールの角度を計測中, 角度に応じてワイヤールを延ばして採取する

Fig. 14. プランクトンネットによる浮遊性有孔虫の採取, ウィンチで深度を測定し, 巻き上げ速度を調節する.

表1. HATTA *et al.* (1996)による西南太平洋における浮遊性有孔虫の産出頻度表

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Candeina nitida	0-50m	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
	50-100m	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	100-150m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	150-200m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Globigerina rubescens	0-50m	9	6	2	9	10	0	12	1	2	11	35
	50-100m	0	2	10	2	17	0	1	2	0	0	10
	100-150m	1	0	9	0	4	0	0	1	0	0	4
	150-200m	0	3	1	5	3	0	0	1	1	0	4
Globigerinella aequilateralis	0-50m	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	50-100m	0	0	0	0	17	2	0	0	1	1	0
	100-150m	0	2	0	2	2	4	0	0	0	0	0
	150-200m	0	2	0	1	0	3	1	0	0	0	0
Globigerina calida	0-50m	2	10	14	7	3	6	4	1	0	1	0
	50-100m	1	1	13	6	0	0	0	3	0	0	0
	100-150m	2	0	14	10	4	0	1	2	1	0	2
	150-200m	0	0	5	3	2	0	0	1	0	0	0
Globigerina glutinata	0-50m	2	12	32	107	54	8	34	1	9	11	42
	50-100m	0	1	21	48	62	0	2	2	0	0	8
	100-150m	0	3	14	32	30	8	1	1	0	2	0
	150-200m	0	7	12	24	30	4	0	1	5	9	25
Globigerinoides conglobatus	0-50m	0	0	4	0	4	0	0	0	0	11	42
	50-100m	0	0	4	0	4	0	0	0	1	0	8
	100-150m	0	0	0	14	3	2	0	0	0	2	0
	150-200m	0	1	0	4	5	0	0	0	0	9	25
Globigerinoides obliquus	0-50m	0	1	10	10	2	0	0	0	0	0	0
	50-100m	0	0	4	10	14	0	0	0	1	0	0
	100-150m	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
	150-200m	2	0	5	0	4	0	0	0	0	0	0
Globigerinoides ruber	0-50m	3	3	50	24	4	0	0	4	1	10	53
	50-100m	0	0	31	18	9	0	1	0	0	0	12
	100-150m	1	0	8	2	7	3	1	1	0	0	3
	150-200m	4	0	4	9	3	0	0	1	0	1	1
Globigerinoides sacculifer	0-50m	8	11	204	69	88	30	0	2	4	5	42
	50-100m	1	2	63	52	97	8	1	3	4	5	7
	100-150m	0	3	62	26	30	8	1	0	0	2	0
	150-200m	3	0	31	26	10	8	5	1	0	1	0
Globigerinoides tenellus	0-50m	3	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	50-100m	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	100-150m	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	150-200m	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Globoquadrina conglomerata	0-50m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	50-100m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100-150m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	150-200m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Globorotalia hirsuta	0-50m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50-100m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	100-150m	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
	150-200m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Globorotalia menardii	0-50m	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1
	50-100m	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	100-150m	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2
	150-200m	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0
Globorotalia tumida	0-50m	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	50-100m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100-150m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	150-200m	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Neogloboquadrina dutertrei	0-50m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50-100m	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100-150m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	150-200m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Orbulina universa	0-50m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	50-100m	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0
	100-150m	0	0	4	0	1	4	0	0	0	0	0
	150-200m	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Pulleniatina obliquiloculata	0-50m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50-100m	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100-150m	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
	150-200m	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hastigerina pelagica	0-50m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50-100m	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100-150m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	150-200m	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sample No.1
25° 59.6N 131° 26.1E
18:38-20:00

Sample No.2
23° 59.7N 131° 44.2E
06:07-07:40

Sample No.3
21° 59.6N 132° 02.1E
17:49-19:00

Sample No.4
19° 59.7N 132° 19.6E
04:54-06:40

Sample No.5
18° 06.4N 132° 35.8E
16:01-17:50

Sample No.6
16° 12.9N 132° 52.1E
02:00-03:05

Sample No.7
14° 21.5N 133° 07.2E
12:00-13:10

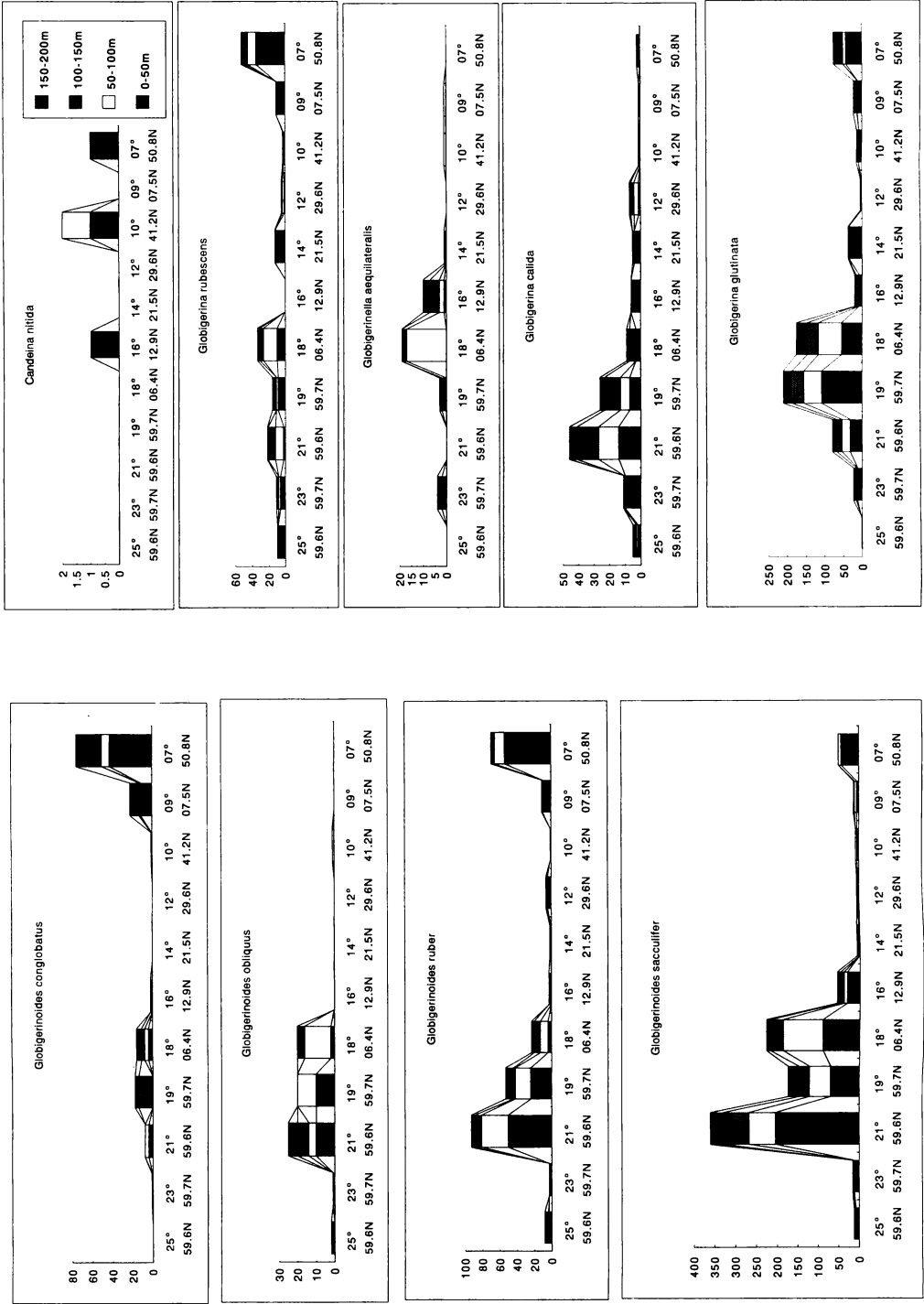
Sample No.8
12° 29.6N 133° 22.8E
22:00-23:00

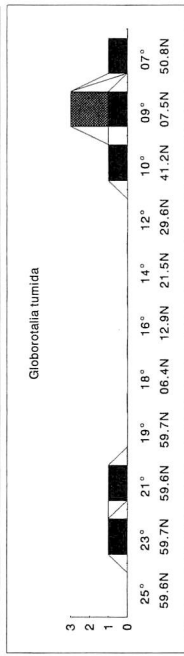
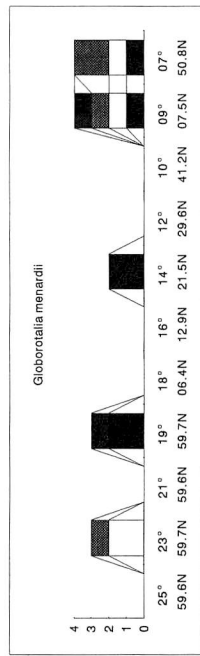
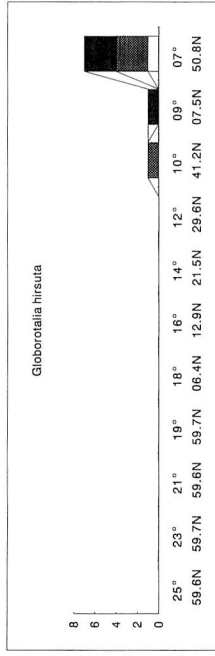
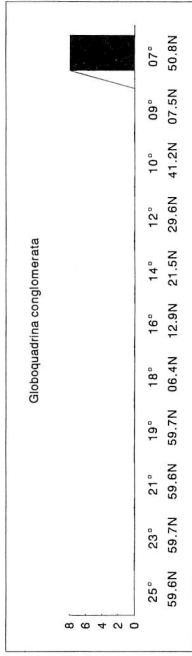
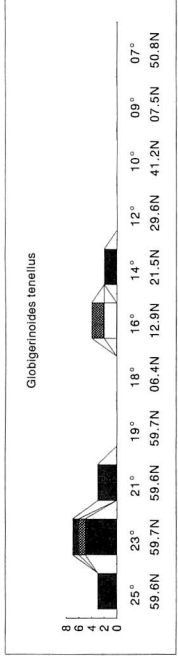
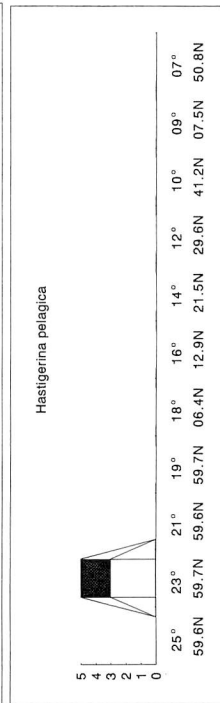
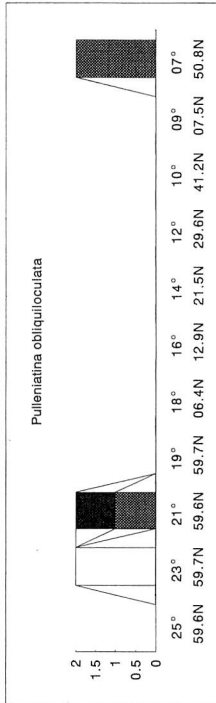
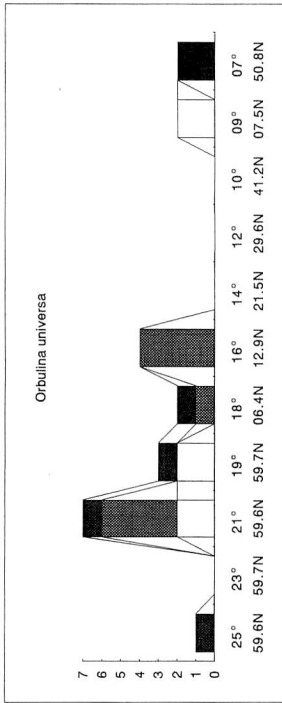
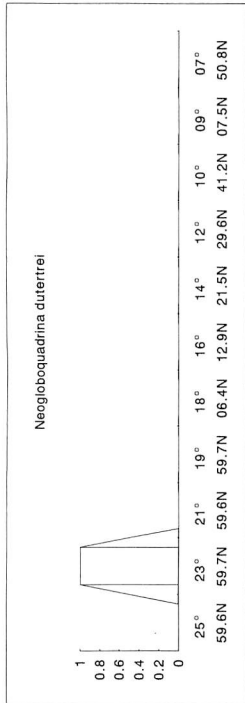
Sample No.9
10° 41.2N 133° 37.8E
08:00-09:05

Sample No.10
09° 07.5N 133° 50.4E
20:00-21:05

Sample No.11
07° 50.8N 134° 15.0E
14:00-15:05

図5. 浮遊性有孔虫の分布 (HATTA *et al.*, 1996より作図)





度付近に多く、*Candeina nitida*, *Globoquadrina conglomerata*, *Globorotalia hirsuta*は北緯10度以南に見られる。*Globorotalia menardii*は所々産出しない海域もあるがほぼ全調査海域に見られ、*Globorotalia tumida*は北緯19度から12度までは見られなかった。*Hastigerina pelagica*と*Neogloboquadrina dutertrei*はこの調査では北緯23度の海域にだけ産出した。

垂直的变化がある場合の物質移動

浮遊性有孔虫は、その寿命を終えて海面近くから数千mの深海底へ沈降していく。このことは、 CaCO_3 や有機物の物質移動となっていると考えられている。同様な動きをする生物と共に海面近くの物質を深海に運ぶ「生物ポンプ」として認識されている。特に Ca^{2+} と HCO_3^- の深海への移動において重要な役割をしていると考えられている。

有孔虫群集の垂直的移動の日変化が存在した場合、動物としての有孔虫の呼吸による O_2 と CO_2 の出入りと、内共生している藻類の呼吸や炭酸同化作用による O_2 と CO_2 の出入りが深度の違う場所で行われることになる。表層付近で有孔虫も内共生藻類も呼吸で O_2 を取り入れ CO_2 を出すか CaCO_3 の殻を作る。内共生藻類は光合成で CO_2 を取り入れ O_2 を出す。従って表層付近では CO_2 は、出されたり吸収されたりしている。有孔虫が生息するやや深い所では有孔虫も藻類も呼吸で CO_2 を出すだけである。このように表層付近の海水中の CO_2 は、やや深い海水中に運ばれ、大気中 CO_2 濃度は常に溶け込める状態になっている。八田(1997)はこのことを第2表の様な流れで示し有孔虫の第1のポンプとし、遺骸が沈降して深海に堆積する流れを有孔虫の第2のポンプとした。

浮遊性有孔虫は同じ種類でも時間帯によって採取される深さが違うことがいくつかの論文で指摘されていたが、1996年以前の筆者らの研究でも浮遊性有孔虫の生息深度の時間帯による違いがあるていど示された(八田, 1997)。Sampling pointを緯度2度ごとに指定して地理的分布を明らかにする目的で実施した採集試料なので時間帯の区分が均等では無いがSampling回数は同じになるように処理してある。図6は採取時間帯による違いを示したもので昼間、浮遊性有孔虫は表層近くに多く、夜間深い所に多くなることをしめしている。18時から7時の夜間の200mまでの採集された有孔虫の数がいくらか多くなっている。昼間は0-50mまでが多くなっている。

表2. 有孔虫の第1のポンプと第2のポンプ(八田, 1997より)

二酸化炭素の取り込み(第1のポンプ) 遺骸が沈降して深海に堆積する流れ(第2のポンプ)

(第一のポンプ)

日中と夜間の浮遊性有孔虫への二酸化炭素と酸素の出(←→)入り(→←)			二酸化炭素の動き
二酸化炭素 →	(表層付近) 日中の浮遊性有孔虫	二酸化炭素 ←	日中、浮遊性有孔虫中の共生藻類に取り込まれる二酸化炭素
←酸素		酸素→	
酸素→	夜間の浮遊性有孔虫 (150-200m付近)	←酸素	夜間、浮遊性有孔虫から吐き出される二酸化炭素
二酸化炭素 ←		二酸化炭素 →	

(第二のポンプ=生物ポンプ)

表層	生きている浮遊性有孔虫	炭酸カルシウムの殻の形成、二酸化炭素の取り込み
	浮遊性有孔虫の寿命↓	有孔虫殻の沈降↓
深海底	遺骸となった浮遊性有孔虫	二酸化炭素が炭酸カルシウムの形で堆積

(炭酸カルシウム補償深度(CCD)以深では海水に溶解)

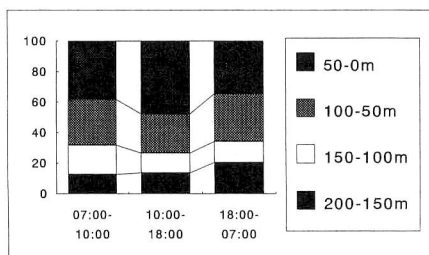


図6. 浮遊性有孔虫の採取時間帯による産出層準の違い (八田, 1997より)
 昼間, 浮遊性有孔虫は表層近くに多く, 夜間深い所に多くなる. 18時から7時の夜間の150-200mに採集された有孔虫の数がいくらか多い

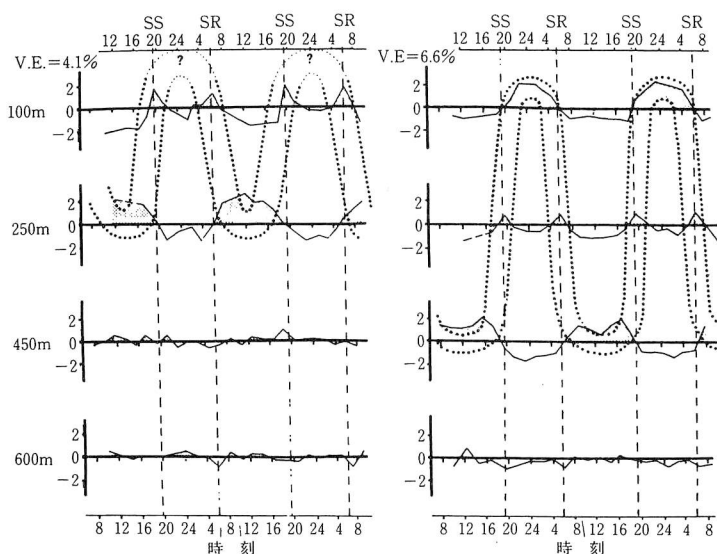


図7. 1984年のDOMANSKの図に基づく動物プランクトンの日周期移動行動分布 (西澤敏編, 1989より) 日中 (午後8時から午前6時ごろまで) 100m以浅に多く, 夜間 (午前6時から午後8時ごろまで) 250m以深に多い

図7は海洋生物の教科書に載っている動物プランクトンの日周運動を示したものである。この様に一般的には動物プランクトンは日中深い所に多く夜間浅い所に多く存在している (西沢, 1989)。浮遊性有孔虫はそうしたプランクトンと逆の動きをしているのではないかと考えられる。その分布が垂直的に変化する理由としてPatchiness分布と日周期垂直運動を考えることができる。八田 (1997) はHATTA *et al.* (1990, 1992, 1996) のデータをもとに, 浮遊性有孔虫が日周期の運動をしている可能性を述べている。

定点採取

こうした特徴を確かめるために奄美大島沖の一ヶ所に船を止めて24時間連続して8回採集した。図8は3時間ごとに同じ場所に船を戻し試料を採取する間に船が風や潮流で流された軌跡を示す図である。緯度経度とも平均2分以内の範囲内の海域の浮遊性有孔

虫を採取したと判断できる。採取した浮遊性有孔虫を便宜的に大中小に分けて調べた予測的な結果を第9図に示す。簡単に分類できて種名まで確認できる「大」と小さいが *Globigerina rubessenns* の様に色がついていてすぐに種の判定ができるものやこの種と同じ程度の大きさの種を「中」とし、「小」は更に小さく余程時間をかけなければ判らない種類あるいは最終的に分類不能とされる小さい個体である。大きい種類だけで見ると18時からの夜間に増えていることが分かる。しかし200mまでにすべての有孔虫がいるとすると合計が同じ数値になるはずなのに夜間の数値がかなり少ない。この理由は有孔虫がパッチ状に分布していて採取されなかったか、夜間200mで深に分布する種類が多いかのいずれかであろう。

今日、CO₂の増加問題考えられているがミッシングシンクの存在が未解決となっている(小川, 1992)。1990年のIPCC(気候変動に関する政府間パネル)報告書が最初にミッシングシンクの認識を示した。予想される二酸化炭素濃度の上昇よりも実際の濃度上昇が少ない。どこにシンクされているのかということが二酸化炭素のミッシングシンク問題である。1994年のそれでは陸地でためているとしているがその誤差が100%もあるので、まだ疑問が解決されたわけではない。

昼間、海面の表層近くで有孔虫が海水に溶けている二酸化炭素とカルシウムで炭酸カルシウムの殻を作る。この時、次式の様な反応が起こり、1モルの炭酸カルシウムの形成で1モルの二酸化炭素という割合で海水中の二酸化炭素を増加させてしまう(鈴木, 1997)。



このことを根拠にして珊瑚や有孔虫などの動物が炭酸カルシウムの殻を作っても二酸化炭素のシンクにはならないで逆に大気中の二酸化炭素のソースとなっているという議論もある。確かに有孔虫などが炭酸カルシウムの殻を作っても二酸化炭素をその瞬間は生産するのであるが、有孔虫や珊瑚には藻類が共生しているため生産された二酸化炭素は植物である藻類に消費され酸素に変えて出されている。動物としての有孔虫の呼

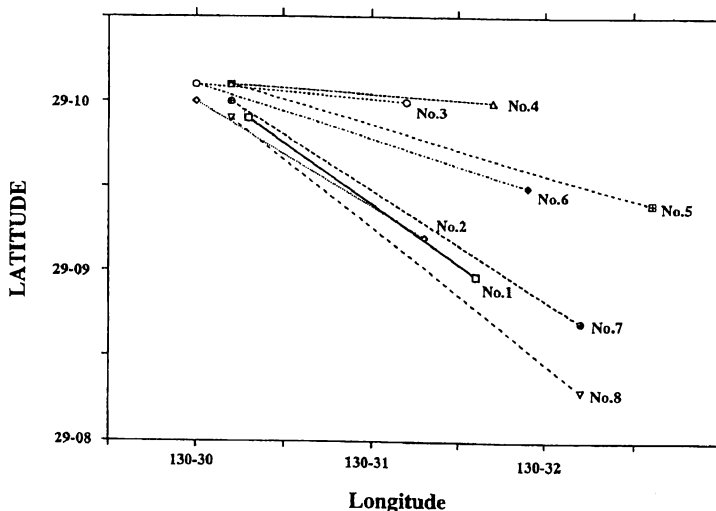


図8. 24時間連続定点採取 (HATTA *et al.*, 1998より)

3時間ごとに同じ場所に船を戻し試料を採取する間に船が風や潮流で流された軌跡

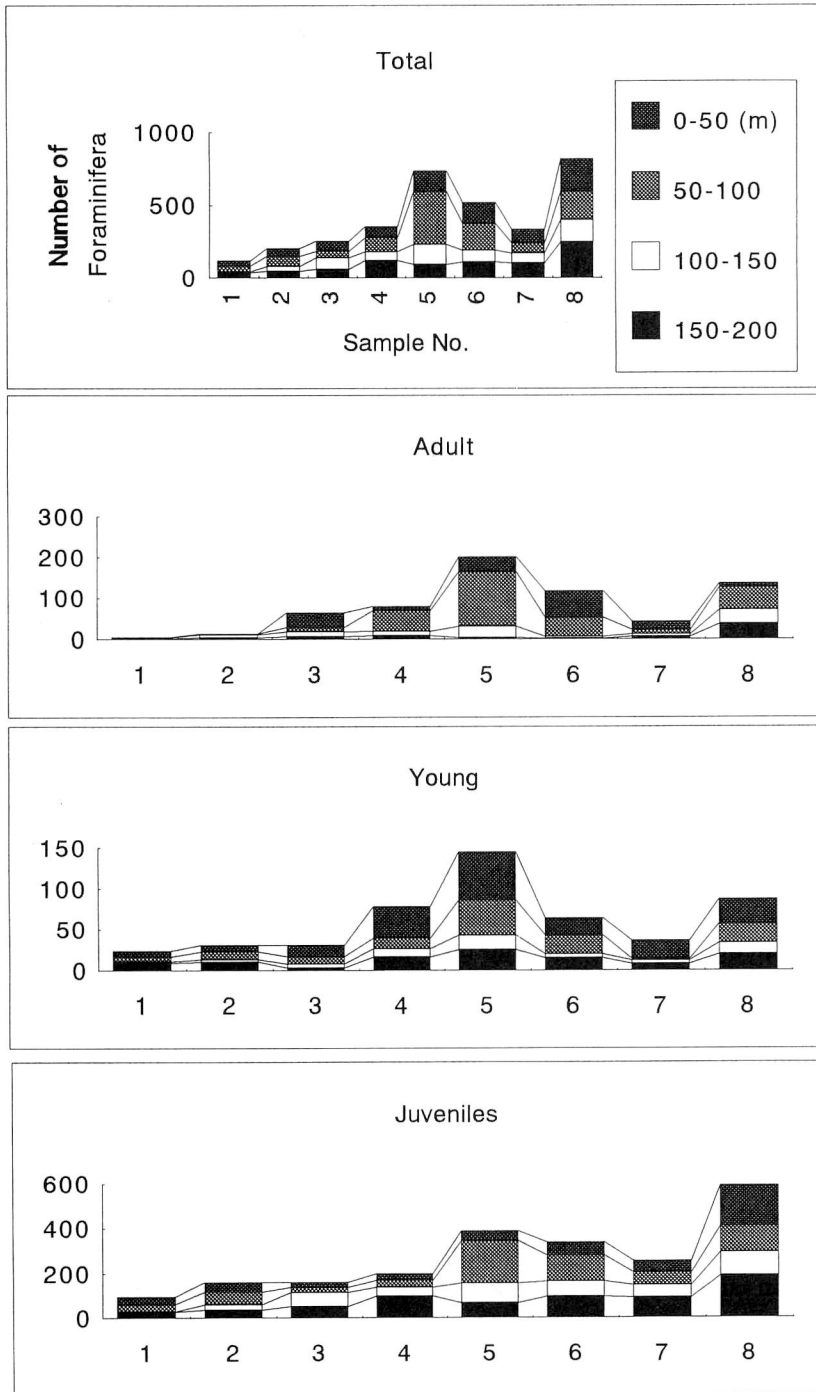


図9. 同一箇所24時間中の浮遊性有孔虫の産出個体数 (HATTA *et al.*, 1998より) 採取した浮遊性有孔虫を便宜的に大中小に分けて調べた予測的な結果

吸に注目しても同様で、日中表層水中で出された二酸化炭素は植物によって消費され、夜間、やや深い所で孔虫も植物も二酸化炭素を放出することになる。

こうした有孔虫の一日の動きがあれば表層水の二酸化炭素は有孔虫によって取り込まれ夜間に有孔虫が沈降してより深い所に運ばれ、夜間中層水で有孔虫(動物)も藻類(植物)も呼吸をして吐き出すという流れを説明できる。

一方、浮遊性有孔虫はその寿命がくると深海に沈降していく。これは炭酸カルシウムの殻として海水表層から深海に物質を運搬する動きなので前述の「生物ポンプ」と呼ばれるものである。他のプランクトンも同様な動きをしている。

このような動きがあれば有孔虫が海水表層で二酸化炭素をつぎつぎに溶かし込んでいっているのではないかと推測できる。最近では波がこれまでの予想以上に多くの二酸化炭素を溶かし込んでいるのではないかと推測する考えが示されているが、有孔虫の日周運動(Daily migration)が、あれば二酸化炭素を溶かし込んでいると言えるのではないかと推測できる。

引用文献

- BÉ, A. W. H. 1977. An ecological, zoogeographic and taxonomic review of Recent planktonic Foraminifera. *Oceanic micropalaeontology*, (ed. Ramsay, A. T. S.), Vol. 1, p.1-100. Academic Press, London, New York and San Francisco.
- BÉ, A. W. H. and HAMLIN, W. H. 1967. Ecology of Recent planktonic foraminifera: Part 3. Distribution in the North Atlantic during the summer of 1962. *Micropalaeontology*, 13, 87-106.
- BOUVIER-SOUMAGNAC, Y. and DUPLESSY, J. C. 1985. Carbon and oxygen isotopic composition of planktonic foraminifera from laboratory culture, plankton tows and recent sediment: implications for the reconstruction of paleoclimatic conditions and of the global carbon cycle. *J. Foram. Res.*, 15, 302-320.
- DEUSER, W. G. 1987. Seasonal variations in isotopic composition and deep-water fluxes of the tests of perennially abundant planktonic foraminifera of the Sargasso Sea: results from sediment-trap collections and their paleoceanographic significance. *J. Foram. Res.*, 17, 14-27.
- FAIRBANKS, R. G. and WIEBE, P. H. 1980. Foraminifera and Chlorophyll Maximum: Vertical distribution, seasonal succession, and paleoceanographic significance. *Science*, 209, 1524-1525.F and W
- FAIRBANKS, R. G., WIEBE, P. H. and BE, A. W. H. 1980. Vertical distribution and isotopic composition of living planktonic foraminifera in the western North Atlantic. *Science*, 207, 61-63.
- FAIRBANKS, R. G., SVERDLOVE, M. S., FREE, R., WIEBE, P. H. and BE, A. W. H. 1982. Vertical distribution and isotopic fractionation of living planktonic foraminifera from the Panama Basin. *Nature*, 298, 841-844.
- 八田明夫 1997. 藻類を内共生させた有孔虫 —その環境教育における意義— . 坂上澄夫教授退官記念論文集, p.71-87.
- HATTA, A., YUWAKI, Y., NISHI, T., MASUMITSU, S. and HIGASHI, M. 1990. Planktonic Foraminiferal Assemblages and Meridional Hydrographic Sections in the West Pacific Ocean. *Kagoshima Univ. Res. Center South Pacific, Occasional Papers*, No. 20,

72 - 81, pls.1-3.

- HATTA, A., YUWAKI, Y., SHIMADA, K., MASUMITSU, S., and HIGASHI, M. 1992. Meridional Hydrographic Sections and Planktonic Foraminiferal Assemblages in the West Pacific Ocean in 1991. *Kagoshima Univ. Res. Center South Pacific, Occasional Papers*, No. 23, 79-90, pls.1-3.
- HATTA, A., SHIMADA, K., UCHIYAMA, M., YOSHINAGA, K., FUJIEDA, S., TERADA, S., SUWA, S. and FUJISAKI, H. 1996. Meridional Hydrographic Sections and Planktonic Foraminiferal Assemblages in the West Pacific Ocean in 1995. *Kagoshima Univ. Res. Center South Pacific, Occasional Papers*, No. 30, 69-83, pls.1-3.
- HATTA, A., SHIMADA, K., HIGASHI, M., HABANO, A. and AZUMA, T. 1999. New Data on the Daily Migration of Planktic Foraminifera near the Island of Amami-Ooshima. 鹿児島大学教育学部研究紀要(自然科学編), 第50巻, 29-35.
- HEMLEBEN, C., SPINDLER, M. and ANDERSON, O. R. 1989. Vertical distribution; Patchiness and daily vertical migration. in *Modern Planktonic Foraminifera*, p.235-239, Springer-verlag.
- HOLMES, N. A. 1982. Diel vertical variations in abundance of some planktonic foraminifera from the Rockall Trough, Northeastern Atlantic Ocean. *Jour. Foram. Res.*, 12, 145-150.
- 西澤敏 1989. 生物海洋学 - 低次食段階論 - pp.236, 恒星社厚生閣
- 小川克郎 1992. 大空に消えたCO₂の謎:一つの思考実験 (ヒストリーマッチング). 地質ニュース, No.459, 30-39.
- SHACKLETON, N. J. and VINCENT, E. 1978. Oxygen and carbon isotope studies in Recent foraminifera from the southwest Indian Ocean. *Marine Micropaleontol.*, 3, 1-13.
- 鈴木款 1997. 海洋生物と炭素循環, 193pp., 東京大学出版会

受領日 1999 年 1 月 10 日 (Received Jan. 10, 1999)