

[原著]

青森県陸奥湾奥部堤川河口周辺の現世有孔虫*

根本直樹**・濱崎惇志***

Modern foraminifers around mouth of Tsutsumi River in Mutsu Bay,
Aomori Prefecture, Northeast Japan*

NEMOTO, Naoki** and HAMAZAKI, Atsushi***

Abstract

Modern foraminiferal assemblages around the outfall of the Tsutsumi River in the southwestern part of Mutsu Bay, Aomori Prefecture, Northeast Japan were examined in order to infer environmental factors controlling their distribution. Two assemblages, the offshore and the near-breakwater assemblages, were recognized. The offshore environmental condition around the outfall of the Tsutsumi River may be homogeneous because the species components in the offshore assemblages are very similar to each other. The bottom in the offshore area is in an organic-rich condition as indicated by the dominance of the genus *Trochammina*. The near-breakwater assemblages were composed of *Elphidium subarcticum*, which is common in bay environment, and additional several taxa inhabiting sea grass bed such as *Cibicides*, *Elphidium crispum* and *Rosalina*. These assemblages may be mixtures of bay bottom and sea grass taxa. The sea grass taxa might have inhabited sea grass on the side of nearby breakwaters.

Key words: modern foraminifer, environmental factor, Mutsu Bay, Aomori Prefecture

1. はじめに

近年、微化石として残る有殻微小生物を用いて海洋汚染など現在の海洋環境を評価する環境微古生物学的研究がなされている（たとえば、Collins *et al.*, 1995; Angel *et al.*, 2000）。青森県の中央に位置する陸奥湾は、津軽半島と下北半島に囲まれた内湾で、外洋とは湾北西部に位置する平館海峡でのみ連絡しているため、閉鎖性が強い海域である。そのため、一度環境が擾乱されるとその回復は容易ではない。

陸奥湾では近年、タラの漁獲量減少やホタテ貝の大量弊死など、なんらかの生態系環境要因の変化を示唆する事例が報告されている（たとえば、小田切ほ

か, 2003; 関野, 2004）。陸奥湾の環境を保全するためには、陸奥湾の環境の現状を正しく把握しておくことは重要である。本研究では、陸奥湾を環境微古生物学的に評価する調査の端緒として、陸奥湾奥部の青森市堤川河口周辺における現世有孔虫群集の分布を明らかにし、その分布を規制する環境要因を検討する。

2. 研究方法

1) 試料および処理方法

本研究で用いた試料は、2006年8月22日および同年10月26日に堤川河口周辺で採取した（図1, 表1）。8月の採取では、防波堤からエクマン・バージ採泥器を

2009年3月2日受付, 2009年7月8日受理

* 日本地質学会東北支部2007年総会, 地学団体研究会第62回総会で発表

** 〒036-8561 青森県弘前市文京町3, 弘前大学大学院理工学研究科研究部

Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University, Hirosaki, Aomori 036-8561, Japan

*** 〒036-8561 青森県弘前市文京町3, 弘前大学大学院理工学研究科地球環境学専攻

Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University, Hirosaki, Aomori 036-8561, Japan

E-mail address: nemoto@cc.hirosaki-u.ac.jp

垂下し、10地点 (E1～E10) で試料を採取した。また、10月には漁船をチャーターし、7地点 (E11～E17) でエクマン・バージ採泥器を用いて、さらに1地点 (U1) では不攪乱柱状採泥器を用いて試料採取を行った。以下では、8月に採取した試料 (E1～E10) を「防波堤の試料」、10月に採取した試料 (E11～E17, U1) を「沖合の試料」と呼ぶ。エクマン・バージ採泥器による試料採取では、堆積物と一緒に回収された海水 (以下「底層水」と呼ぶ) の塩分濃度を株式会社アタゴの海水濃度屈折計 IS/Mill-E を用いて測定した。

エクマン・バージ採泥器により採取した堆積物は、表層約1cmをすくい取り分析用試料とした。不攪乱柱状採泥器により採取された試料はコア・トップの試料

を用いた。これらの試料は採取後保冷して持ち帰った。

試料は、63 μ mのふるい上で水洗した。その際、通過した泥水を回収して乾燥させて秤量し、ふるい上に残った残渣も乾燥後秤量して、各試料の含泥率を算出した。

残渣は、1分割に有孔虫が200個体程度含まれるように簡易分割器を用いて分割し、その分割に含まれる全有孔虫殻を実体顕微鏡下で拾い出し、同定した。陸奥湾北東縁では有孔虫の優勢種が季節により変化することが報告されている (根本・三谷, 2004)。防波堤の試料と沖合の試料とでは採取時期が異なるため、生体のみを扱うと採取時期の差による影響が出ると懸念される。そのため今回は遺骸と生体は区別しなかった。

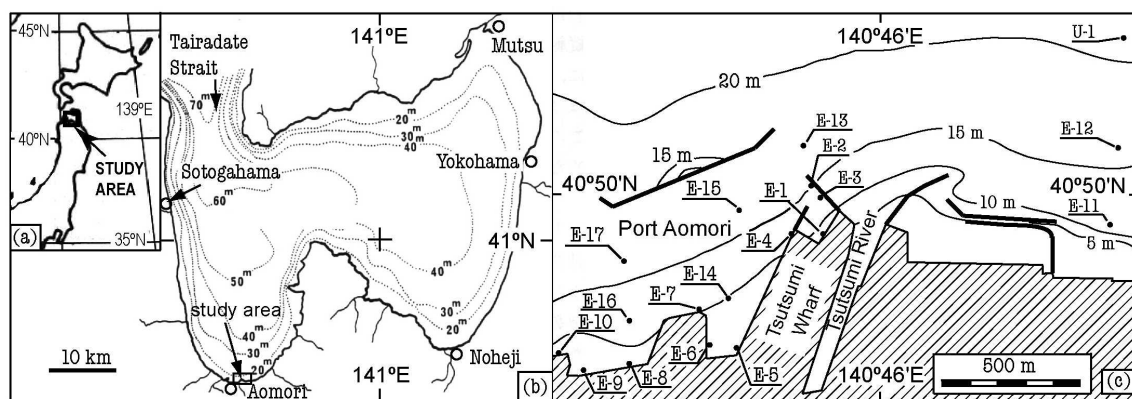


図1 調査地域の位置(a, b)および試料採取位置(c)。 (b)は Minoura and Osaka(1992) を改編, (c)の等水深線は国土地理院(1982)に基づく。 (c)の斜線部は陸域を表す。

表1 本研究で用いた試料の採取位置 (世界測地系), 水深, 堆積物の特徴, 塩分濃度, 含泥率および群集の特徴。

Sample	Location		Dep. (m)	Sediment	Sal. (‰)	Mud Cont. (%)	P/T ratio (%)	Benthic Foraminifer			
	Latitude (N)	Longitude (E)						B.F.N. (indv./g)	A/BT (%)	N. S.	Div.
E-1	40°50'04.2"	140°45'38.5"	3.8	brown coarse sand with shell	27	2.8	0.5	164.3	3.8	29	2.39
E-2	40°50'09.7"	140°45'37.0"	9.8	dark brown coarse sand with shell	26	29.3	0.0	195.8	5.1	25	2.53
E-3	40°50'08.7"	140°45'38.3"	6.9	dark brown coarse sand	26	28.6	0.0	640.0	7.4	36	3.02
E-4	40°50'04.3"	140°45'33.8"	8.0	dark brown coarse sand	26	11.2	0.0	36.2	12.9	30	2.78
E-5	40°49'49.9"	140°45'24.1"	5.0	dark brown coarse sand with shell	26	6.1	0.0	120.5	11.2	25	2.36
E-6	40°49'50.1"	140°45'18.6"	7.8	dark brown coarse sand	25	14.9	0.0	4.4	24.0	12	2.17
E-7	40°49'53.9"	140°45'19.1"	9.3	dark brown coarse sand with shell	26	55.2	0.3	154.7	6.9	44	3.18
E-8	40°49'47.8"	140°45'06.4"	5.3	brown coarse sand with shell	28	2.6	0.0	24.4	10.2	34	2.92
E-9	40°49'46.9"	140°44'58.4"	5.8	dark brown coarse sand	26	19.0	1.2	292.0	2.0	31	2.85
E-10	40°49'49.2"	140°44'54.9"	8.6	dark brown coarse sand	29	8.7	0.0	55.2	0.6	31	2.54
E-11	40°50'04.7"	140°46'24.8"	10.5	dark brown sandy mud	35	46.9	0.0	809.3	68.8	21	2.38
E-12	40°50'12.6"	140°46'24.6"	15.3	brown mud	34	84.4	0.0	607.5	79.2	18	2.39
E-13	40°50'13.8"	140°45'35.7"	15.5	brown mud	34	88.6	0.0	20.0	100.0	4	1.38
E-14	40°49'55.1"	140°45'23.1"	10.8	dark brown mud	32	47.3	0.0	132.0	84.5	16	2.21
E-15	40°50'03.4"	140°45'23.8"	15.2	brown mud	33	80.5	0.0	534.1	89.2	16	2.30
E-16	40°49'51.3"	140°45'07.3"	10.3	dark brown fine sand	34	19.4	0.0	120.0	77.9	22	2.47
E-17	40°49'57.1"	140°45'06.8"	15.4	brown mud	34	65.8	0.0	388.6	87.3	19	2.38
U-1	40°50'25.8"	140°46'24.7"	20.2	mud	—	96.8	0.0	1210.0	80.2	18	2.39

Dep. = depth, Sal. = salinity, Mud Cont. = mud content, A/BT = A/BT ratio, N. S. = number of species, Div. = diversity.

2) 群集解析

各試料における全有孔虫の個体数に対する浮遊性種の個体数の割合 (P/T Ratio), 試料の乾燥重量 1 g あたりに含まれる底生有孔虫の個体数 (Benthic Foraminiferal Number: 以降 B.F.N.), 全底生有孔虫の個体数に対する膠着質種の個体数の割合 (A/BT Ratio), 種数, 種多様度をそれぞれ求めた. 種多様度 (index (H')) は Shannon and Weaver (1963) の Shannon-Wiener 関数を用いて算出した.

さらに, 各地点における群集組成の類似性を解析するために, SPSS (株) のソフトウェア SPSS 6.1 for the Macintosh を用いて Q モードクラスター分析を行った. ただし, 試料 E-6 および E-13 は, 有孔虫の産出数が少ないためにクラスター分析には用いなかった. 使用したデータマトリックスは各タクサの相対産

出頻度である. 試料間の類似性は平方ユークリッド距離を, デンドログラムの作成には, グループ間平均連結法を用いた. 石崎 (1978) に従えば, 棄却率を 5% とした場合, 本研究で扱った 69~348 個体を含む試料での有意な産出は 3 個体以上となる. そこでクラスター分析では, 3 個体以上を産出とした.

3. 結果

1) 塩分濃度および含泥率

底層水の塩分濃度は, 防波堤の試料で 25~29‰ を, 沖合の試料では 32~35‰ を示した (表 1, 図 2 a).

含泥率は試料 U-1 で最高の 96.77%, E-8 で最低の 2.63% を示し (表 1), 水深が増加するに従い増加する傾向が見られた (図 2 b).

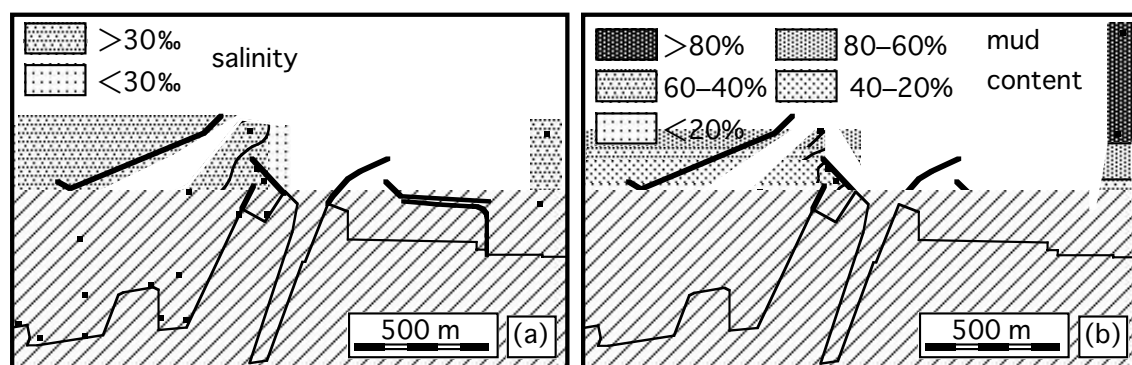


図 2 各試料における塩分濃度(a)および含泥率(b)の分布. “.” は試料採取地点を, 斜線部は陸域をそれぞれ表す.

2) 群集組成

検討した 18 試料より, 浮遊性有孔虫 2 属 2 種, 底生有孔虫 38 属 123 種を同定した (表 2). P/T ratio は最高でも E-9 の 1.2% で, E-1 および E-7 では 1% 未満の値を示し, それ以外の試料には浮遊性有孔虫は含まれていなかった. B.F.N. は E-6 の 4.4 個体/g から U-1 の 1,210 個体/g まで変化し, ばら

つきはあるものの沖合の試料の方が高い傾向を示した. A/BT ratio は, 防波堤の試料では 0.6~24.0% であったのに対し, 沖合の試料では 68.8~100.0% と相対的に高い値を示した (図 3 a). 種多様度は防波堤の試料の方が若干高い値を示し, E-7 で 3.18 と最高値を示した.

表 2 陸奥湾奥部堤川河口周辺海域で採取した表層堆積物から産出した有孔虫のリスト

Sample Number	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	E-15	E-16	E-17	U-1
PLANKTIC FORAMINIFERS																		
<i>Globigerina quinqueloba</i> Natland							1		1									
<i>Neogloboquadra incompta</i> (Cifelli)	1																	
Gen. et sp. indet.										2								
BENTHIC FORAMINIFERS																		
AGGLUTINATED FORAMINIFERS																		
<i>Eggerella propinqua</i> (Brady)																		
<i>Eggerella scabra</i> (Williamson)			2	2	6		5	2	1	1	19	37		11	14	24	15	16
<i>Eggerella</i> sp.					1							3		2	7	2	11	6
<i>Haplophragmoides canariensis</i> (d'Orbigny)												6			4		4	3
<i>Haplophragmoides</i> sp.											6			1	1			1

表 2 (続き)

Sample Number	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	E-15	E-16	E-17	U-1
<i>Reophax nana</i> Rhumbler													1	2				
<i>Reophax scottii</i> Chaster															1			
<i>Reophax</i> sp.																7	5	1
<i>Spiroplectammina</i> spp.				1								2	4		6		3	4
<i>Spiroplectammina</i> ? sp.									1									
<i>Textularia agglutinans</i> d'Orbigny								1										
<i>Textularia earlandi</i> Parker								1				5	13	1	12	27	5	9
<i>Textularia</i> cf. <i>earlandi</i> Parker	1																	1
<i>Textularia</i> spp.								3				11	11		6	24	5	5
<i>Textularia</i> ? sp.														1				
<i>Tiphotrecha kelletae</i> (Thalmann)			1					4	2									
<i>Tiphotrecha</i> sp.						1												
<i>Trochammina hadai</i> Uchio	1	2	1	10	8	1	3	1				26	16		29	16	23	27
<i>Trochammina japonica</i> Ishiwada				6	7	1	2	2	1			33	8		38	40	35	31
<i>Trochammina</i> cf. <i>japonica</i> Ishiwada			5	1														
<i>Trochammina pacifica</i> Cushman			1	4			4		12	1		35	37	1	21	28	35	34
<i>Trochammina</i> cf. <i>pacifica</i> Cushman	5	1																
<i>Trochammina</i> sp.		5	4		3		5	2	2			44	25		14	30	16	37
Gen. et sp. indet.				5			3	3	1			45	19		18	13	3	4
CALCAREOUS FORAMINIFERS																		
<i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus)												6						
<i>Ammonia</i> cf. <i>becarii</i> (Linnaeus)																	2	
<i>Ammonia japonica</i> Hada			1		5	2		1	2		2		3		2		8	3
<i>Ammonia</i> spp.	1		2									1	2				2	1
<i>Ammonia</i> ? sp.										1								
<i>Bolivina seminuda</i> Cushman	2																	
<i>Bolivina</i> cf. <i>seminuda</i> Cushman					1		4											
<i>Bolivina striatula</i> Cushman										1								
<i>Bolivina</i> cf. <i>striatula</i> Cushman										1								
<i>Bolivina tokiokai</i> Uchio							12											
<i>Bolivina</i> cf. <i>tokiokai</i> Uchio			1	1	1			1										
<i>Bolivina</i> sp.	1	1	1	1														
<i>Buccella frigida</i> (Cushman)				1			1					8	5				6	8
<i>Buccella tenerrima</i> (Bandy)				1		1										1	2	1
<i>Buccella</i> cf. <i>tenerrima</i> (Bandy)													1					
<i>Buccella</i> sp.	1																1	
<i>Buccella</i> ? sp.																		
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny	1	1																
<i>Buliminella elegantissima</i> (d'Orbigny)	2	2		1	3		4	3										
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker and Jacob)	5	6	6	6	2	1	17	14	8	11								
<i>Cibicides refulgens</i> (Montfort)	4		5	3		1	29	18	2	9								4
<i>Cibicides</i> spp.	7	5	18	7	1		21	26	7	4								1
<i>Cibicides</i> ? sp.		5	4							1								
<i>Cribrulinoides curta</i> (Cushman)											1							
<i>Cymbaloporeta bradyi</i> (Cushman)				1			1		2									
<i>Cymbaloporeta</i> sp.							1			1								
<i>Elphidiella</i> sp.												1						
<i>Elphidium advena</i> (Cushman)			1		8		10	15	3	3								
<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)	6	4	11	2	4		20	7	17	46								
<i>Elphidium excavatum</i> (Terquem)	7	11	12	27	59	4	14	3			1					1		2
<i>Elphidium</i> cf. <i>excavatum</i> (Terquem)						1											3	
<i>Elphidium jenseni</i> (Cushman)	6	1		1			1	3	1	3							4	
<i>Elphidium</i> cf. <i>jenseni</i> (Cushman)						1					1			2				
<i>Elphidium kusiroense</i> Asano								3	7	1							2	
<i>Elphidium</i> cf. <i>kusiroense</i> Asano			1		2													
<i>Elphidium reticulosum</i> Cushman				1														
<i>Elphidium somaense</i> Takayanagi			3															
<i>Elphidium subarcticum</i> Cushman	74	38	25	31	39		36	25	20	11							1	
<i>Elphidium</i> cf. <i>subarcticum</i> Cushman												1						
<i>Elphidium subincertum</i> Asano	4			12	28	7	4					1	3		3	5	7	1

表 2 (続き)

Sample Number	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	E-15	E-16	E-17	U-1
<i>Elphidium</i> cf. <i>subincertum</i> Asano			1															
<i>Elphidium</i> spp.	16	8	6	15	38	2	20	15	12	1	5	3		1		2		2
<i>Glabratella globosa</i> (Sidebottom)									19									
<i>Glabratella</i> cf. <i>globosa</i> (Sidebottom)							8											
<i>Glabratella opercularis</i> (d'Orbigny)							7		20	3								
<i>Glabratella ozawai</i> Asano			2															
<i>Glabratella subopercularis</i> (Asano)										1								
<i>Glabratella</i> spp.		3	16				5	2	18									
<i>Glabratella</i> ? sp.										1								
<i>Hanzawaia nipponica</i> Asano										3								
<i>Hanzawaia</i> ? sp.	1																	
<i>Islandiella norcrossi</i> (Cushman)										1								
<i>Lagena sulcata spicata</i> Cushman & McCulloch							1											
<i>Massilina</i> sp. A									1									
<i>Massilina</i> sp. B									1									
<i>Massilina</i> sp.			1							1								
<i>Massilina</i> ? sp.	1																	
<i>Miliolinella circularis</i> (Bornemann)							1											
<i>Miliolinella</i> cf. <i>sidebottomi</i> (Martinotti)				1			1											
<i>Miliolinella</i> sp.							3	2										
<i>Murrayinella globosa</i> (Millett)	3		4				2	1	1									
<i>Neoconorbina stachi</i> (Asano)		2																
<i>Neoconorbina</i> sp.			1															
<i>Nonionella stella</i> Cushman and Moyer		2		2	2		1				2				2			4
<i>Nonionella</i> ? sp.							1											
<i>Pararotalia nipponica</i> (Asano)										42								
<i>Planorbulina acerralis</i> Bradyi		2																
<i>Planorbulina mediterraneensis</i> d'Orbigny							6	2	10									
<i>Planorbulina</i> sp.			1															
<i>Porosotalia makiyami</i> (Chiji)										4								
<i>Porosotalia</i> ? sp.	1																	
<i>Pseudoparrella naraensis</i> Kuwano	1																	
<i>Pseudoparrella tamana</i> Kuwano		1		7	6		4				5	5			1		4	
<i>Pseudoparrella</i> sp.			1													1		
<i>Pseudoparrella</i> ? sp.											1							
<i>Pyrgo</i> ? sp.										1								
<i>Quinqueloculina elongata</i> Natland			1															
<i>Quinqueloculina seminulum</i> (Linnaeus)			1	1			1	1	5	2								
<i>Quinqueloculina subagglutinata</i> Asano										1								
<i>Quinqueloculina</i> sp.			1	1	3				8	4								
<i>Quinqueloculina</i> ? sp.	8																	
<i>Reussella haizumensis</i> Asano																	1	
<i>Rosalina bradyi</i> (Cushman)	2			1			3	1	1	10								
<i>Rosalina globularis</i> d'Orbigny	2	11	14	5	1	1	31	17	39	3								
<i>Rosalina vilardeboana</i> d'Orbigny			9				10	3	6	3								
<i>Rosalina</i> cf. <i>vilardeboana</i> d'Orbigny				1														
<i>Rosalina</i> spp.	6	18	18	7	3		29	15	21									
<i>Rosalina</i> ? sp.										1								
<i>Sigmomorphina</i> sp.							1											
<i>Sigmomorphina</i> ? sp.							1											
<i>Spiroloculina hadai</i> Thalmann										2								
<i>Spiroloculina</i> sp.								1										
<i>Stainforthia</i> sp.			1															
<i>Triloculina</i> ? sp.							1											
<i>Triloculina</i> sp.										1								
<i>Valvulineria hamanaoensis</i> (Ishiwada)	4		3		1		1											
<i>Valvulineria</i> ? sp.											1							
Gen. et sp. indet.	10	43	5	9	3		10	7	12	4	4				2		1	
Total Number	184	175	190	178	233	25	349	216	253	182	263	202	4	169	223	190	205	121

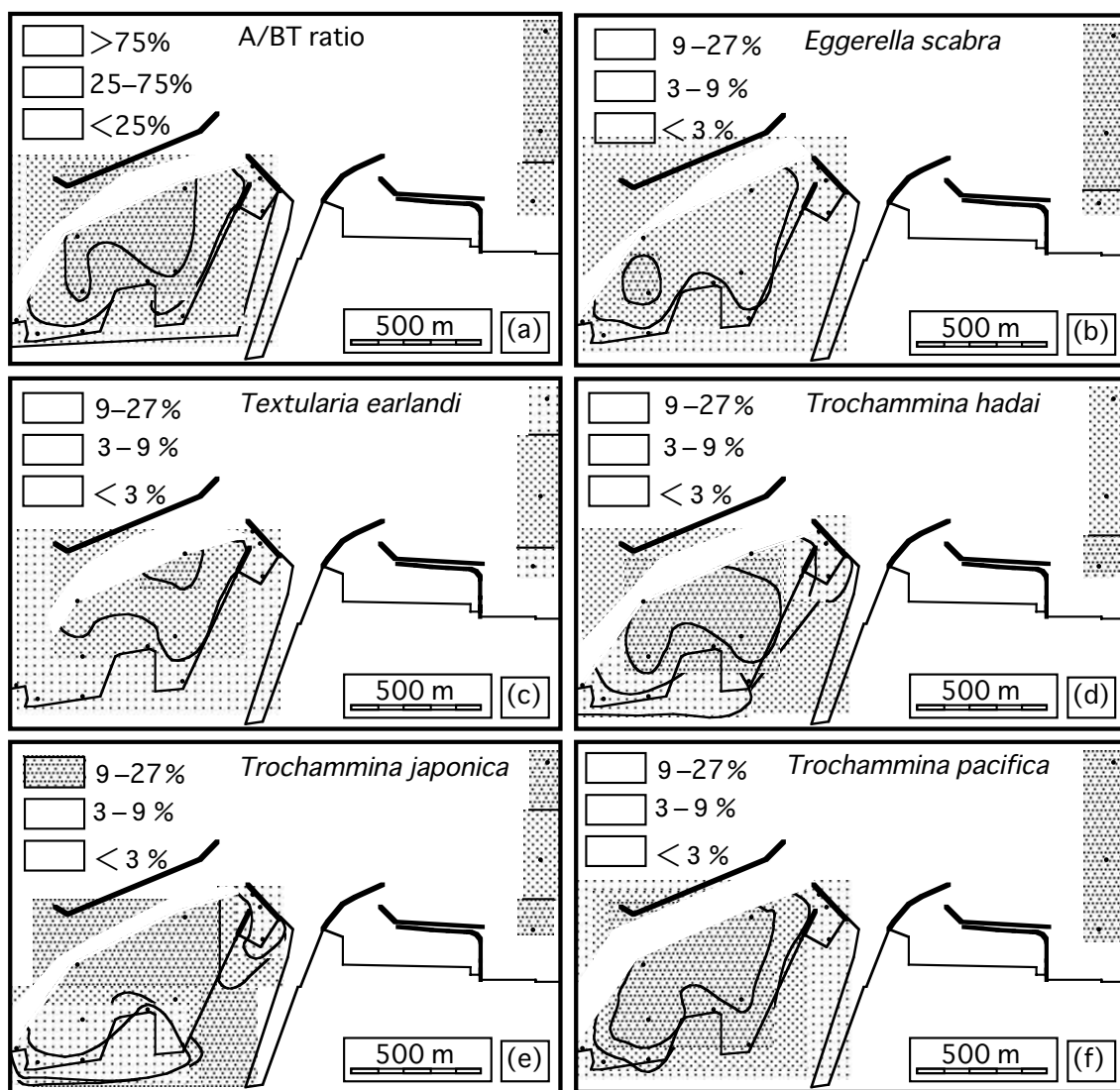


図3 A/BT ratio(a)および主要膠着質種の底生有孔虫群集における相対頻度(b)~(f)の分布。(b) *Eggerella scabra*, (c) *Textularia earlandi*, (d) *Trochammina hadai*, (e) *Trochammina japonica*, (f) *Trochammina pacifica*。“.”は試料採取地点を、斜線部は陸域をそれぞれ表す。

3) 種構成

膠着質種は沖合の試料で多産する傾向が見られた(図3 a)。*Eggerella scabra* (Williamson), *Textularia earlandi* Parker, *Trochammina hadai* Uchio, *Trochammina japonica* Ishiwadaおよび*Trochammina pacifica* Cushmanが優勢であった(図3 b-f)。

石灰質種は防波堤の試料で多産した。*Elphidium crispum* (Linnaeus)および*Pararotalia nipponica* (Asano)

は、最西端の試料E-10で優勢であった(図4 b, f)。*Elphidium excavatum* (Terquem), *Elphidium subarcticum* Cushmanおよび*Elphidium subincertum* Asanoは堤岸頭西岸で優勢で、特に*E. subarcticum*の頻度はE-1で全有孔虫個体数の40%を超えた(図4 c-e)。*Rosalina globularis* d'Orbignyは、その間のE-7, 8および9からやや多く産出した(図4 g)。

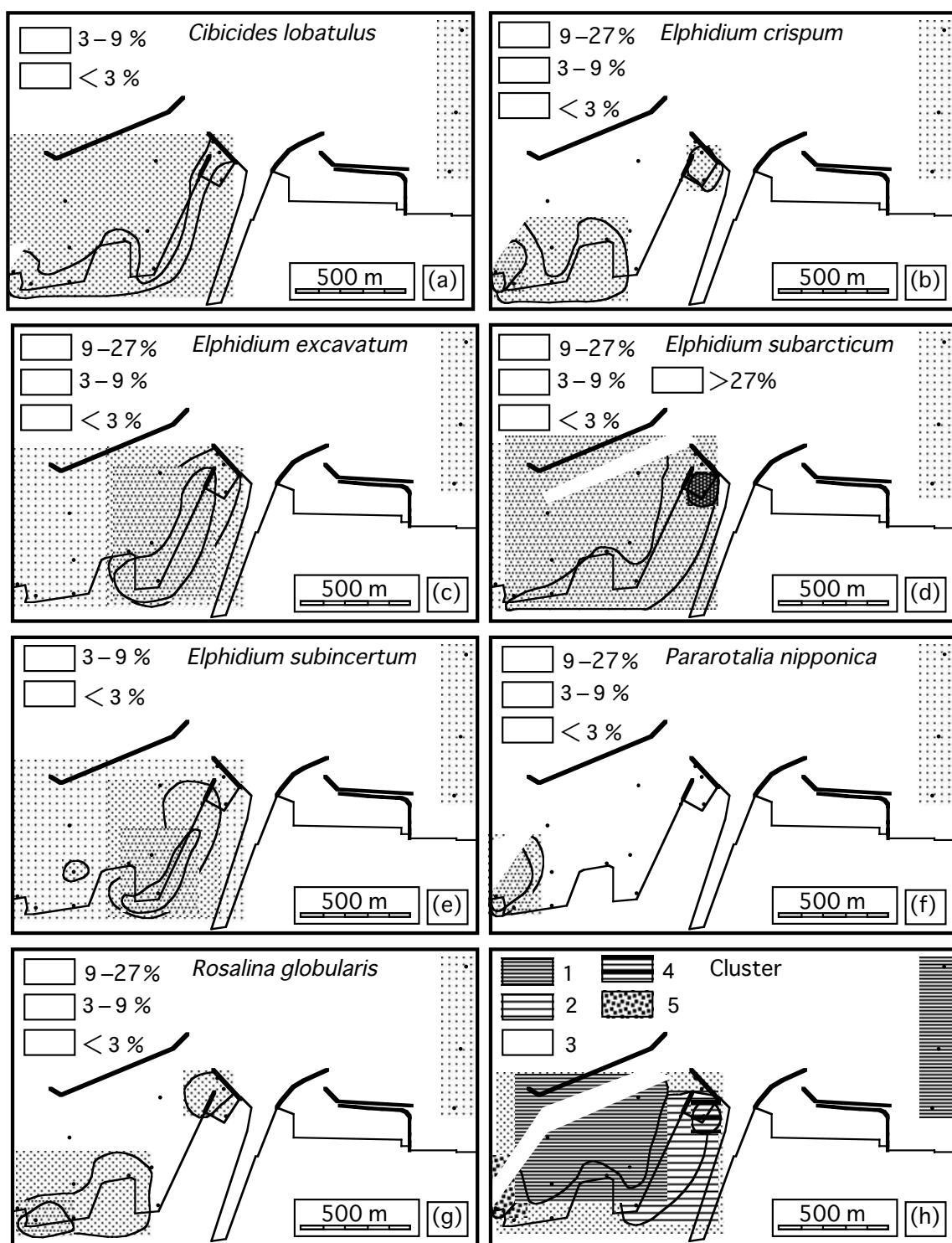


図4 主要石灰質種の底生有孔虫群集における相対頻度およびクラスターの分布。(a) *Cibicides lobatulus*, (b) *Elphidium crispum*, (c) *Elphidium excavatum*, (d) *Elphidium subarcticum*, (e) *Elphidium subincertum*, (f) *Pararotalia nipponica*, (g) *Rosalina globularis*, (h) クラスター。“・”は試料採取地点を、斜線部は陸域をそれぞれ表す。

4) クラスター分析

16試料は5つのクラスターに識別された(図5)。これらをクラスター1~5と呼ぶ。

クラスター1は沖合の試料から構成される(図4h)。*E. scabra*, *T. earlandi*, *T. hadai*, *T. japonica* および *Trochammina* sp. が優勢であった。他のクラスターに比べて種数は少なく, A/BT ratio は高いという特徴がある。

クラスター2~5は防波堤の試料から構成される。*E. subarcticum* が優勢で, A/BT ratio が低いという共通点がある。

クラスター2は堤埠頭西岸の試料E-4および5から構成される。*E. excavatum* および *E. subarcticum* が優勢で, *T. hadai*, *T. japonica*, *E. subincertum*, *Elphidium* spp., *Pseudoparrella tamana* Kuwano および *Rosalina* spp. が共通して産する。

クラスター3は試料E-2, 3, 7, 8および9から構成される。*Cibicides lobatulus* (Walker and Jacob), *Cibicides* spp., *E. crispum*, *E. subarcticum*, *Elphidium* spp., *R. globularis* および *Rosalina* spp. が共通して産出する。

クラスター4は試料E-1のみから構成される。*E. subarcticum* が卓越し, *Elphidium* spp. を随伴する。

クラスター5は堤埠頭西方の港の試料E-10のみから構成される。*E. crispum* および *P. nipponica* が優勢で, *C. lobatulus*, *E. subarcticum* および *Rosalina bradyi* (Cushman) を伴う。

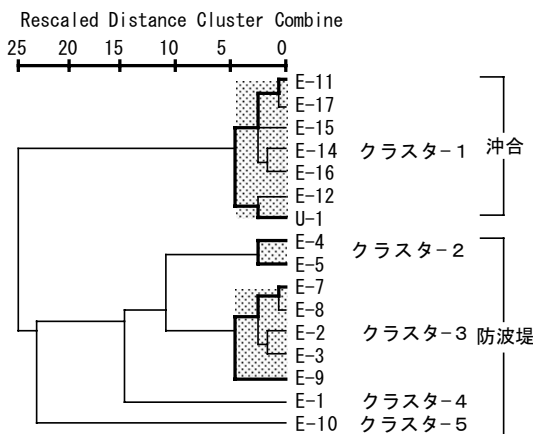


図5 Qモードクラスター分析に基づくデンドログラム。横軸は最大値を25に換算した平方ユークリッド距離。

4. 考察

1) 底生有孔虫群集と環境

本研究で識別した各クラスターと環境との関連を, 特徴的なタクサの調査海域での分布および既存の研究

から推定し, これらのクラスターが示唆する環境を考察する。

クラスター1を構成する沖合の試料の採取地点では, 相対的に塩分濃度が高かった(図2(a))。これらの試料では *Eggerella scabra* が優勢であった。本種は, 松島湾では河口付近で低頻度となることが報告されており (Matoba, 1970), これは今回の結果と調和的である。また, 本クラスターに属する試料の採取地点は, 相対的に含泥率が高かった(図2(b))。本クラスターでは, *Trochammina hadai* を含む *Trochammina* 属も優勢であった。*T. hadai* は大阪湾では貧酸素環境の指標の一つとされており (Tsujiimoto et al., 2006), また, Uchio (1962) によると, *Trochammina* 属の多くは有機物に富む海域に生息する。これらの報告で示される環境は, 本研究での高い含泥率を示す地点における環境と矛盾しないと考えられる。したがって, クラスター1は, 塩分濃度がそれほど低くなく, 有機物に富み溶存酸素が少ない環境に特徴的な群集と考えられる。

一方, クラスター2~5を構成する防波堤の試料は全体的に含泥率が低かった(図2(b))。これらの試料では *Elphidium subarcticum* が共通して優勢であった。本種は, 小杉ほか (1991) によって内湾広域種群とされており, 砂粒に付着して生息する表生種であることが知られている (Kitazato, 1994)。これは含泥率が高いクラスター1の沖合の試料から本種が産出しないことも調和的である。また, TROX モデル (Jorissen et al., 1995) によれば, 表生種は貧栄養富酸素環境を好むとされ, これは *E. subarcticum* を含まないクラスター1の沖合の試料が富栄養貧酸素環境を示すとした上述の推定と矛盾しない。

さらに, クラスター2~5を構成する防波堤の試料では, 小杉ほか (1991) によって藻場種群とされた *Elphidium crispum*, *Rosalina* 属, *Cibicides* 属および *Pararotalia nipponica* がさまざまな割合で随伴することが特徴である。したがって, 防波堤の試料は, 沖合の試料に比べ栄養が少なく酸素が多くて粗粒な底質環境を表す群集に, 藻場種群が様々な割合で混合した群集と考えられる。なお, 試料採取時には採泥器内に海藻が入っていなかったが, E-2, E-6 および E-8 と E-9 の間では防波堤の側面に海藻が繁茂しているのが確認された。したがって, 藻場種群の有孔虫は海底に繁茂した海藻からではなく, 防波堤側面に繁茂した海藻から落下して海底の有孔虫群集に混合したと考えられる。

クラスター2の試料は, 堤埠頭の西岸 (E-4, 5) で採取された。本埠頭西岸北部のコンクリートは比較的新しく, 最近改修されたと判断される。本

クラスターには小杉ほか (1991) により藻場種群とされたタクサはあまり含まれないが、試料 E-4 で藻場種群が少ないのは、岸壁改修後で藻場が十分に発達していないためと考えられる。一方、埠頭南部では最近岸壁を改修した痕跡はないが、試料 E-5 は今回扱った試料の中では 2 番目に浅い水深から採取されている。したがって、他の地点に比べ近傍の岸壁で藻が付着できる面積が少なく、これが藻場種群の割合を減らしていると考えられる。なお、試料 E-5 採取地点の近傍には小さな汚水口があり、高い有機物負荷を受けていると考えられる。本クラスターに属する試料では、*Elphidium excavatum*, *Trochammina hadai*, *Trochammina japonica* および *Pseudoparrella tamana* が共通して産する。小杉ほか (1991) によると、*E. excavatum* forma *excavatum* および *P. tamana* は内湾沖部泥底種群で停滞域にも多い。前述のように、*T. hadai* は貧酸素環境の指標であり (Tsujiimoto *et al.*, 2006), *Trochammina* 属は有機物に富む海域に生息する (Uchio, 1962)。これらの報告は、地点 E-5 での高有機物負荷という上述の推定を支持する。一方、地点 E-4 では高有機物負荷を推定させる構造物は認められなかった。ただし、地点 E-4 は、後述するように防波堤の試料の中で最も貧酸素環境と推定される地点 E-1 に近いので、その影響を受けている可能性がある。以上より、クラスター 2 の群集はやや低酸素で、藻場種群の混入が少ない海底環境を反映していると考えられる。

クラスター 3 に属する試料は、防波堤の試料の大半を占める。前述のように、防波堤の試料は沖合の試料に比べ栄養が少なく酸素が多くて粗粒な底質環境を反映すると考えられる。また、本クラスターの試料は E-1 や E-5 に比べ深い水深から採取されており、相対的に多くの藻場種群が混合している。

クラスター 4 の試料が採取されたのは堤埠頭突端の開口部が狭い船溜まりの奥部で、ここでは海水の循環が悪いと考えられる。本クラスターの試料では、*E. subarcticum* が卓越するが、野村 (2001) によると、*E. subarcticum* は有機物が多い還元的環境で卓越するとされている。これは、本クラスターの試料を採取した海域では海水が停滞しているとした上述の推定と矛盾しない。本クラスターの群集への藻場種群の混入はわずかである。

クラスター 5 を構成する試料 E-10 は、防波堤の試料の中では最も堤川河口から離れた地点で採取され、かつ底層水の塩分濃度は他の防波堤の試料に比べて高かった。本クラスターでは、*E. crispum* および *Pararotalia nipponica* が優勢であるが、松島湾では両種は湾口部で優勢である (Matoba, 1970)。これらの

ことから、本クラスターは他の防波堤の試料に比べやや高い塩分濃度環境を反映すると推定される。

2) 陸奥湾奥部の環境と有孔虫

沖合の群集は *Trochammina* 属を主体とした均質なもので、試料採取海域ごとの構成種の変化は少なかった。特に、防波堤に囲まれ比較的閉鎖的と考えられる堤川河口西方 (地点 E-13~17) と防波堤がなく比較的開放的と考えられる調査域東部 (地点 E-11, 12, U-1) の群集との間に、明瞭な群集組成の差は認められなかった。したがって、これらの海域では有孔虫群集の種構成に影響を与えるほどの環境の差がないと推定される。

Trochammina 属の優勢な群集は日本のほかの内湾 (たとえば Matoba, 1970; 亀丸, 1996) および有機物に富む環境 (Uchio, 1962) から報告されている。また、*T. hadai* は貧酸素環境を示す (Tsujiimoto *et al.*, 2006)。陸奥湾奥部での *Trochammina* 属の優勢は、陸奥湾奥部の閉鎖的な環境を反映したものなのか、青森市という人口密集地を背後に控え、人間活動に由来する高い有機物負荷あるいはそれに起因する低酸素環境により近年になって生じたものなのかは、今回の調査では判断できなかった。今後陸奥湾内におけるより広域的な有孔虫の分布に関する調査や、コアを用いた経時的調査を行うことにより、この問題は解決されることが考えられる。

5. 結論

陸奥湾奥部堤川河口域の 18 地点において現世有孔虫の分布を調査し、2 属 2 種の浮遊性有孔虫および 38 属 123 種の底生有孔虫を同定した。Q モードクラスター分析により 5 つの底生有孔虫群集が識別された。1 つは、沖合で認められた主に膠着質有孔虫からなる群集 (クラスター 1) であり、残りは防波堤で認められた主に石灰質有孔虫からなり多様性に富む群集 (クラスター 2~5) である。沖合の群集は、陸奥湾奥部の富栄養で貧酸素な環境に適応した群集と考えられ、試料採取地点間で種構成にほとんど差が認められない。したがって、沖合では有孔虫の構成種に影響を与えるほどの環境的差異はないと推定された。防波堤の群集は、内湾広域種群に藻場種群が混合した群集であり、それらの混合の割合から各地点にそれぞれ特徴的な群集組成が認められ、それらに対応する環境の細分化が推定された。

謝辞

本研究を行うにあたり、弘前大学農学生命科学部生物機能科学科遺伝情報科学講座助教の吉田 渉博士、同講座 4 年生 (当時) の長谷川靖祐氏および理工学部

地球環境学科地圏環境学講座4年生(当時)の天内俊介氏には、試料採取を援助して頂いた。査読者である東北大学総合学術博物館准教授の島本昌憲博士および東海大学社会教育センターの柴正博博士には、原稿を改善する上で貴重なご指摘を頂いた。以上の方々に深謝する。なお、本調査の一部には、弘前大学学長指定重点研究「陸奥湾の環境・資源と湾岸地域の活性化に関する学際的共同研究」の資金を用いた。

引用文献

- Angel, D.L., Verghese, S., Lee, J.J., Saleh, A.M., Zuber, D., Lindell, D. and Symons, A. (2000) Impact of a net cage fish farm on the distribution of benthic foraminifera in the northern Gulf of Eilat (Aqaba, Red Sea). *Journal of Foraminiferal Research* **30**, 54-65.
- Collins, E. S., Scott, D. B., Gayes, P. T. and Medioli, F. S. (1995) Foraminifera in Winyah Bay and North inlet marshes, South Carolina: relationship to local pollution sources. *Journal of Foraminiferal Research* **25**, 212-223.
- 石崎国熙 (1978) データの処理 I. 解析法, 高柳洋吉編, 微化石研究マニュアル, 129-140, 朝倉書店, 東京.
- Jorissen, F. J., De Stigter, H. C. and Widmark, J. G. V. (1995) A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. *Marine Micropaleontology* **26**, 3-15.
- 亀丸文秀 (1996) 1960年代から1990年代の松島湾における底生有孔虫群集の変化. 化石 **61**, 1-20.
- Kitazato, H. (1994) Foraminiferal microhabitats in four marine environments around Japan. *Marine Micropaleontology* **24**, 29-41.
- 国土地理院 (1982) 1:25,000沿岸域地形図 青森. 国土地理院.
- 小杉正人・片岡久子・長谷川四郎 (1991) 内湾域における有孔虫の環境指標種群の設定とその古環境復元への適用. 化石 **50**, 37-55.
- Matoba, Y. (1970) Distribution of recent shallow water foraminifera of Matsushima Bay, Miyagi Prefecture, Northeast Japan. *Science Reports of Tohoku University, 2nd Series (Geology)* **42**, 1-85.
- Minoura, K. and Osaka, Y. (1992) Sediments and sedimentary process in Mutsu Bay, Japan: Pelletization as the most important mode in depositing argillaceous sediments. *Marine Geology* **103**, 487-502.
- 根本直樹・三谷多恵子 (2004) 青森県むつ湾北東縁での底生有孔虫群集の季節変化. 日本地質学会第111年学術大会講演要旨, 248.
- 野村律夫 (2001) 環境微古生物学としての有孔虫. 月刊海洋 **33**, 406-413.
- 野村律夫・山根幸夫 (1996) 湖水環境の人為的改造と底生有孔虫の群集変化, その3 中海東部の過去数10年の環境変化. *LAGUNA* **3**, 13-24.
- 小田切譲二・高橋進吾・高坂祐樹 (2003) 陸奥湾産卵群マダラの津軽海峡内における回遊について. 青森県水産試験場研究報告 **3**, 9-13.
- 関野哲雄 (2004) 昭和50年(1975年)のホタテガイ大量弊死について. 青森県水産総合研究センター増養殖研究所だより **100**, 2-3.
- Shannon, C. E. and Weaver, W. (1963) *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, 125pp.
- Tsujimoto, A., Nomura, R., Yasuhara, M. and Yoshikawa, S. (2006) Benthic foraminiferal assemblages in Osaka Bay, southwestern Japan: faunal changes over the last 50 years. *Paleontological Research* **10**, 141-161.
- Uchio, T. (1962) Influence of the River Shinano on foraminifera and sediment grain size distributions. *Publications of Seto Marine Biological Laboratory* **10**, 363-393.