大阪湾北東部における珪藻遺骸の水平分布

廣瀬 孝太郎¹・後藤 敏一²

¹〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本3-3-138 大阪市立大学理学研究科生物地球系専攻 ²〒589-8511 大阪府大阪狭山市大野東377-2 近畿大学医学部基礎医学部門研究室

Horizontal distribution of diatom remains in the northeastern part of Osaka Bay

Kotaro Hirose¹ and Toshikazu Gotoh²

¹Department of Biology and Geosciences Graduate School of Science, Osaka City University, Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka 558-8585, Japan ²Division of Basic Medical Science, Kinki University School of Medicine, 377-2, Ohno-Higashi, Osakasayama, Osaka 589-8511, Japan

Abstract

We investigated the recent diatom assemblages in 30 surface sediment samples from Osaka Bay, Japan, with the identified diatoms divided into five categories [halobious system; Oligoeuryhaline Polyhalobous (OPH), Euryhaline Polyhalobous (EPH), Mesohalobous (MEH), Euryhaline Oligohalobous (EOH) and Stenohaline Oligohalobous (SOH)] based on their tolerance for salinity. The horizontal distribution pattern of each category suggested that the recent diatom distribution pattern of the bay is mainly controlled by the transportation of brackish/freshwater species from the mouth of the Yodo River through the riverwater discharge into the bay. In other words, the distance from the river mouth controls the relative abundance of brackish/freshwater species at each site, which is a major part of the total floral composition and could be a useful paleoecological indicator for riverwater discharge. The distribution pattern of *Chaetoceros* resting spores suggests they have potential as a paleoecological indicator for anthropogenic environmental degradation in exploited embayments. Taphonomic processes of recent diatoms are also discussed.

Key index words: diatom assemblage, distribution, halobious system, Osaka Bay, resting spores, surface sediments

はじめに

珪藻は,珪酸質の殻が堆積物から豊富に産出し, また殻の形態によって同定を行うことができるた め,環境評価や古環境復元のツールとして広く用 いられている (Stoermer & Smol 1999)。

沿岸域に生息する珪藻は、とくに塩分によって その群集構造を大きく変化させることから、海進・

Received 20 August 2008 Accepted 11 December 2008 海退や構造運動などにともなう塩分変動の指標と して用いられるようになってきた(例えばWilson et al. 1994)。このような研究では,試料から化石 として産出する珪藻の生態をもとに,研究対象地 点・時代の環境(古環境)を解析する。しかし沿 岸域の環境は,接続する河川,波浪,沿岸流,潮 汐など,さまざまな水理・地理的要素が複雑にか らみあって構成されるため,沿岸域で形成される 化石群集には,本来の生息地から輸送されて堆積 した異地性の種類が含まれる可能性がある。また 珪藻は死後,堆積物中に保存される過程において,



Fig. 1. Index and locality maps of Osaka Bay showing location of OB1 to OB30 (modified after Yasuhara & Iruzuki 2001).

生物摂食や水流による物理的・化学的作用により 溶解,破壊を受ける(Kato *et al.* 2003)ため,堆 積物中の種類ごとの出現相対度数や殻の量は,生 息当時の群集構造を直接的には反映していない可 能性がある。さらに,とりわけ都市部に隣接する 沿岸域に生息する珪藻は,自然の環境要素に加え, 人為的な汚染・環境の改変の影響もあわせて受け ていると考えられる(廣瀬ほか 2008)。

以上のような背景から、本研究では、大阪湾東 部における海底表層堆積物の珪藻遺骸を分析し、 その結果得られる種類組成と各種類の産出量の データ、および塩分耐性に関する生態を元にして、 大阪湾東部における優占的に産出する種類の水平 分布の現状とそれらの分布の傾向を明らかにする ことを目的とした。さらに、これまでほとんど注 目されることのなかった休眠胞子遺骸に着目し、 古環境解析、とくに人為的な汚染・環境の改変の 指標としての有用性を検討した。

材料と方法

試料採取地点周辺の地形・地質概要

大阪湾は,長軸60km,短軸35kmの楕円形をした閉鎖性海域で,面積は1450km²,瀬戸内海の東端部に位置する。西の明石海峡から播磨灘へ,南西の紀淡海峡から紀伊水道,さらに太平洋へと通じている(Fig. 1)。大阪湾の東経135度15分付近を,

ほぼ南北に水深20mの等深線が走る。その東側で は水深15~20m程度の平坦域が広がるのに対し, 西側では西に向かって急激に傾斜する(藤原 1995)。また,湾内には2つの大きな環流が存在す る。1つは沖ノ瀬環流で,湾の西側に位置する沖ノ 瀬を中心とした大きな時計回りの流れである。も う1つは東岸恒流帯で,湾の東岸に沿って北東から 南西方向へ流れる。その他,須磨沖反流,西宮沖 環流,友ヶ島反流が存在する。海流は明石海峡部 で速いため,そこでは粗粒な堆積物が堆積するが, 淀川河口部を除きそれ以西では,湾全体の80%で シルトあるいは粘土が堆積する(藤原 1995)。

分析試料

分析に用いた試料OB1~OB30は,1999年に大阪 湾内30地点(試料と同じ記号・番号で表記)にお いてエクマン・バージ採泥器によって採取された (Table 1)。ただし,同採泥器によって分析に適し た試料が採取できなかったOB17,24は、スミス・ マッキンタイアー採泥器によって採取された。分 析試料はその表層約1cmを採取し,無処理のまま 冷蔵保存を行ったものである。また試料採取時に は水深,水質(水温,塩分,pH,溶存酸素量), および堆積物の中央粒径(Yasuhara & Iruzuki 2001)が測定された(Table 1)。

Table 1. List of sample data. E: Ekman-Birge Grab sampler, S: Smith-McIntyre Grab sampler.

	Depth	Water temperature ($^{\circ}$)		Salinity (nsu)		I	эΗ	D (-0 ⁴	0 5m.)	D(0 0+1 m)	Sampler	Grain	
St.	(m)	-0.5m	bottom+1m	-0.5m	bottom+1m	-0.5m	bottom+1m	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(%)		(Md φ)	
OB 1	8.8	20.70	17.80	2.90	30.83	7.92	8.18	6.06	68.6	7.44	93.1	Е	6.23	
OB 2	11.6	18.70	17.24	22.70	31.20	7.85	8.16	6.58	80.8	7.72	97.4	Е	6.72	
OB 3	13.9	21.17	15.60	9.33	31.45	8.08	7.98	7.07	84.6	5.77	70.1	Е	7.02	
OB 4	13.6	18.31	15.80	25.70	31.45	8.14	8.09	6.95	89.5	6.11	75.5	Е	7.05	
OB 5	15.9	18.23	15.60	23.50	31.55	7.95	7.93	7.59	95.6	5.06	62.0	Е	7.05	
OB 6	16.2	19.35	15.61	13.87	31.83	7.97	7.87	5.98	70.7	4.30	52.4	Е	6.87	
OB 7	17.3	18.99	15.26	27.97	22.50	8.26	8.06	8.56	110.4	6.35	73.2	Е	6.99	
OB 8	16.2	18.50	15.65	28.50	31.68	8.18	7.99	8.56	110.2	5.40	65.9	Е	6.78	
OB 9	12.6	18.45	17.31	29.50	31.30	8.19	8.20	8.56	110.2	7.73	97.7	Е	6.76	
OB10	16.3	18.97	16.36	22.31	31.80	8.08	8.01	7.18	88.2	6.26	77.5	Е	6.34	
OB11	18.4	18.66	16.56	21.47	31.85	8.01	8.01	7.18	87.3	7.05	87.7	Е	6.45	
OB12	19.7	18.65	16.48	24.11	31.93	8.04	8.04	7.26	89.6	7.43	92.5	Е	6.52	
OB13	19.1	18.39	16.42	26.77	31.87	7.99	7.98	7.33	92.2	7.27	90.2	Е	6.45	
OB14	18.0	18.85	15.48	30.91	31.84	8.20	8.04	8.19	106.9	5.35	65.2	Е	6.81	
OB15	13.5	15.00	15.44	30.84	31.68	7.92	7.96	7.54	97.3	4.13	48.4	Е	6.88	
OB16	17.2	18.55	16.74	26.91	31.83	8.17	8.11	8.28	105.0	7.55	94.3	Е	4.74	
OB17	22.2	18.50	16.81	29.38	32.06	8.16	8.09	7.10	98.8	7.42	93.1	S	6.57	
OB18	23.1	17.92	16.82	30.62	32.09	8.16	8.08	6.83	87.0	6.93	86.1	Е	6.61	
OB19	20.2	17.25	16.81	31.92	32.06	8.09	8.07	6.86	87.1	5.95	75.1	Е	6.62	
OB20	18.5	17.85	16.75	31.76	31.86	8.12	8.09	6.94	88.2	5.73	72.2	Е	6.42	
OB21	18.7	17.92	16.78	30.31	31.82	8.00	8.03	7.00	87.7	6.43	80.2	Е	6.58	
OB22	17.2	17.40	16.11	31.08	31.84	7.99	8.01	7.13	89.6	4.45	54.8	Е	6.77	
OB23	13.6	17.19	16.76	31.63	31.97	7.93	7.91	7.03	88.1	5.75	71.7	E	6.60	
OB24	37.2	18.05	17.34	31.83	31.63	8.07	8.09	7.10	89.5	6.99	87.7	S	4.57	
OB25	30.1	18.52	18.10	31.40	32.02	8.11	8.09	7.41	94.0	7.02	88.1	S	6.67	
OB26	21.1	17.96	16.85	31.36	31.65	8.15	8.12	7.33	94.0	6.93	86.7	Е	6.59	
OB27	14.1	18.52	17.07	31.49	31.93	8.16	8.06	7.44	95.7	6.60	83.0	Е	6.69	
OB28	9.2	18.80	17.05	31.44	31.77	8.12	8.06	6.78	86.5	5.94	74.6	Е	6.35	
OB29	15.2	18.43	17.77	31.41	32.11	8.11	8.08	6.87	87.5	6.31	80.3	Е	6.64	
OB30	9.9	19.06	17.88	31.83	32.12	8.04	8.07	5.52	71.3	6.26	79.9	Е	6.40	

試料処理と計数

採取した試料から,以下の方法を用いてプレパ ラートを作製した。各試料を約60℃で乾燥させた 後,1g程度を秤量し,6%過酸化水素水を加え30分 程度加熱して有機物を分解した。処理後の試料に 蒸留水を加え,150mlの懸濁液を得た。この懸濁液 から0.8mlをとり,計数マーカーとして一定濃度(ca. 1.85×10⁶個/ml)のマイクロスフェアー(直径10 μ mのプラスチック球;製造:Duponto,輸入販売 元:Perkin Elmer Life Sciences Products)懸濁 液1.2mlを添加し,2mlの試料液を作製した。試料 液の0.4mlをカバーガラスに均一に塗布し,約60℃ で水分を蒸発させた。スライドグラスにプルーラッ クス(Mount Media;和光純薬)を滴下し,試料を 塗布したカバーガラスを載せ,約140℃で熱し,接 着・封入した。

顕微鏡はNikon Microphoto-FXAを使用し,油浸 系対物レンズ (×100),接眼レンズ (×10)のもと で,カバーグラス上の任意に選んだ直線に沿って メカニカル・ステージを用いて走査し,各試料に おいて栄養細胞殻200殻を基準として計数,同定を 行った。ただし産出数の乏しいOB5,15,16,23, 24,28,29,30については,マイクロスフェアー の計数が2000粒に達したところで計数を終了した。 ここで得られた計数結果から,試料中の各種類の 産出相対度数,および試料の殻含量(乾燥重量1g あたりの珪藻殻数)を求めた。殻含量は,Kuwae *et al.* (2006)の算出方法から求めた。

クラスター分析

産出した種類の湾内における分布傾向を明らか にするためにRモードクラスター分析を,地点間の 群集の類似性を明らかにするためにQモードクラ スター分析をそれぞれ行った。分析には,フリー ウェアとして公開されているPAST (Palaeontological Statistics, http://folk.uio.no/ohammer/past/) を用いた。類似度はHorn's overlap indices (Horn 1966)を用いた。Rモードクラスター分析は,産出 した栄養細胞殻のうち,調査地点のいずれかで3% 以上の産出相対度数が確認された種類(31種類)に ついて実施した。Qモードクラスター分析は,産 出した全ての種類(106種類)の計数結果を用いて 実施した。

塩分系列

珪藻群集を規制する要因には種々あるが、塩分

Table 2. A simplified halobious system for diatoms based on the system of Simonsen (1962).

Category	Abb.	Main habitat and the tolerance for salinity
Oligoeuryhaline Polyhalobou (after Simonsen 1962)	18 OPH	Marine with tolerance the fairly narrow range of salinity.
Euryhaline Polyhalobous (Incl. Pleio-, Meso-, Meioeur	EPH yhaline l	Marine, but it may live in brackish water with tolerance the fairly wide range of salinity. Polyhalobien, after Simonsen 1962)
Mesohalobous (Incl. β-Mesohalobien, α-Mes	MEH sohalobie	Brackish water with tolerance the fairly wide range of salinity. en, Euryhaline Mesohalobien, Holoeuryhaline Mesohalobien, after Simonsen 1962)
Euryhaline Oligohalobous (Incl. Holo-, Pleio-, Meso-, M	EOH feioeury	Feshwater, but it may live in brackish water with tolerance the fairly wide range of salinity. haline Oligohalobien, after Simonsen 1962)
Stenohaline Oligohalobous	SOH	Freshwater with no tolerance for salinity.

(= Oligohalob (indifferent); Haloxen, after Simonsen 1962)

について傾度をもつ内湾域のような水域では,塩 分が珪藻群集を規制する大きな要因である(Denys & de Wolf 1999)。そこで本研究では,産出した 珪藻の生態としてとくに塩分に関する適応を取り 上げた。

珪藻の生態,特に塩分への適応範囲に基づく体 系(Halobious System 塩分系列)は,Kolbe(1927), Hustedt (1957),Simonsen (1962),Ehrlich (1975), Carpelan (1978a, b)など,いくつかが提唱されて いる。これらは,カテゴリーの数・名称,塩分の 範囲,およびそこで扱われている珪藻の種類の点 で相互に異なる。そこで本研究では,産出した珪 藻のすべてについて同一の基準で生態を評価でき るように,Simonsen (1962)の体系に基づいてそ れを簡略化した塩分系列を設定した(Table 2)。 その上で,Simonsen (1962)で取り上げられてい ない種類について,Hustedt (1957),Snoeijs(1993), van Dam *et al.* (1994) など26の文献のデータを 使用し,それぞれがどのカテゴリーに属するかを 決定した。

結果と考察

試料の殻含量

設含量(valves/g)は、湾最奥部のOB1で最大値 327.5×10⁶を示し、関西空港南東側のOB28で最小 値27.9×10⁶を示した。湾全体では奥部(淀川河口 付近;OB1,2,4)で高い値を示し、湾央部に向 かって減少する傾向を示した。関西空港の南側の OB27では局所的に高い値を示した。それ以外の地 点は、湾沿岸部(OB5,6,9,10,15,16,23,28, 30)で低く、沖合で高い傾向を示した(Fig. 2)。 また、本研究で用いた試料からは、上記の栄養細 胞の殻の他に、休眠胞子の殻も多量に産出した (Fig. 2)。これについてはのちに考察する。



Fig. 2. Spatial distributions of valve content (number of valves/g dry sediment) of vegetative cells and resting spores of *Chaetoceros* spp. in surface sediments from Osaka Bay (OB1-OB30). Min, Max, Avg are minimum, maximum and average of valve content, respectively.



Fig. 3. Spatial distributions of valve content (number of valves/g dry sediment) of the species categorized into the groups of the haobious system (see Table 2 for halobious system). Min, Max, Avg are minimum, maximum and average of valve content, respectively.

産出した珪藻と塩分系列

本研究において確認された珪藻は,54属106種 (変種・品種を含む)および未同定種20種(ただし spp.を1と計数した)であった(Table 3)。本研究 で用いたプレパラートは,Hirose *et al.*(2004)と 同じであるが,計数方法が異なるため,産出した 珪藻も一部異なる。今回,新たに確認された種類 は以下のとおりである。

Aulacoseira spp.

殻帯面が観察できず同定が不可能であった個体 を一括した。

Auliscus sp.

Cocconeis pseudomarginata W.Greg.; cf. Hustedt 1959. p. 359. fig. 813.

Cyclotella radiosa (Grunow) Lemmerm.; cf. Krammer & Lange-Bertalot 1991a. p. 57. pl. 62. figs 1-6, 9-12. Cymbella spp. Diploneis aestuarii Hust. 1939. Abh. Naturw. Ver. Bremen **31**: 612. figs 41, 42.

Hirose *et al.* (2004)において*Diploneis oblongella* と記載したもの。

Gomphonema spp.

Hippodonta hungarica (Grunow) Lange-Bert, Metzeltin & Witk. 1996. Iconogr. Diatomol. 4: 259. pl. 1. figs 22-26.

Navicula accommoda Hust. 1950. Arch. Hydrobiol. p. 446. pl. 39. figs 17, 18.

Opephora olsenii M.Møller; cf. Sundbäck 1987. p. 241. *figs 1-33*.

Placoneis elginensis (W.Greg.) E.J.Cox, 1987. Diat. Res. 2: 155. figs 20-27, 34.

Small Thalassiosira spp.

また,次の16種類はHirose *et al.* (2004) にお ける検鏡では産出したが,本研究の計数条件下で は確認されなかったため, Table 3から除外した。 **Table 3.** Diatoms found in the surface sediments collected from the stations OB1 to OB30, categories of halobious system and its references, relative abundances in the assemblages, and valve content (number of valves/ g dry sediment) of vegetative cells and resting spores.

References: 1) Hustedt 1957, 2) Simonsen 1962, 3) Snoeijs 1993, 4) Snoeijs & Vilbaste 1994, 5) Snoeijs & Potapova 1995, 6) Snoeijs & Kasperoviciene 1996, 7) Snoeijs & Balashova 1998, 8) van Dam *et al.* 1994,

Tayon	Halobious	Defenences									
Taxon	System	References	OB1	OB2	OB3	OB4	OB5	OB6	OB7	OB8	OB9
A shu guth og ovigu g	EOU	1.0	10.1			3.1					
Achnanines exigua Achnanthes undata	SOH	1, 0	10.1			1.0					
Achnanthidium convergens	SOH	21	10.1	13.1	1.0	63	12	1.1	0.7		
Achnanthidium minutissimum var minutissimum	EOH	138						0.4			0.6
Achnanthidium saprophila	SOH	19	6.8	10.5	1.5		0.3	0.4	1.1		
Actinoptychus senarius	EPH	5				1.0			1.1	0.7	0.3
Amphora aff. A. tumida	_										
Amphora pediculus	EOH	1, 2, 3, 8	13.5	1.3		2.1					
Aulacoseira ambigua	EOH	1, 2, 8	13.5	17.0	3.6	4.2	0.3	0.7	1.1		
Aulacoseira granulata	EOH	1, 2, 8	3.4	7.9	2.6	4.2	0.3	1.1	1.1		
Aulacoseira subarctica f. subborealis	SOH	8	21.9	6.6	4.6	3.1	0.3	1.5			
Aulacoseira spp.	-			2.6	3.1	1.0					0.9
Auliscus sp.	-										
Azpeitia nodulifera	OPH	13						1.1			
Chaetoceros spp.	-										
Cocconeis aff. C. pediculus	-		1.7		<u> </u>						
Cocconeis costata	EPH	2,6			0.5					0.4	0.2
Cocconeis pseudomarginata	EPH	1, 2, 7			0.5		0.2			0.4	0.3
Cocconeis scutellum	EPH	1, 2, 3	0 /	7.0		50	0.5				0.6
Cooconeis placentula var. euglypta	EOH	1, 2, 7, 8	0.4	7.9		3.2				0.4	0.0
Coscinodiscus perforatus var. cellulosa	OPH	13				1.0	0.3	0.7	1.1	0.4	0.6
Coscinoaiscus sp.	FOU	1 2 9			0.5		0.5	0.7	1.1	0.7	0.0
Cyclosiephanos audius	ЕОП	1, 5, 8	11.8	184	21.6	25.0	93	157	173	16.2	192
Cyclotella atomus yar gracilis	FOH	5	6.8	5.2	1.0	2.1	1.5	0.7	0.7	1.5	17.2
Cyclotella meneghiniana	EOH	1238	17	0.2	1.0	2.1		0.7	0.4	1.0	03
Cyclotella nseudostelligera	EOH	1, 2, 5, 6	1.7				0.6		0.4	0.4	0.5
Cyclotella radiosa	EOH	5 8	1.7	6.6			0.3	0.4			
Cymatotheca weissflogii	OPH	12			0.5	2.1	0.6		0.4	0.7	1.1
Cymbella minuta	EOH	8	16.9	6.6	0.5	5.2	0.6				0.3
Cymbella tumida	EOH	1.8	1.7						1.1		
Čymbella turgidula	SOH	14	1.7								
<i>Cymbella</i> spp.	-										
Delphineis minutissima	EPH	15									
Diadesmis contenta	EOH	1, 8									
Diploneis aestuarii	MEH	15			1.0	2.1	2.0	0.7	0.7	0.7	0.3
Diploneis bombus	MEH	1, 2	1.7		0.5		0.6	0.4	0.4	1.1	0.3
Diploneis papula var. constricta	EPH	2									
Diploneis parma	SOH	16						0.4			
Diploneis smithii var. smithii	EPH	1, 2, 4			0.5						
Epithemia adnata	EOH	1, 2, 3, 8			0.5					0.4	
Fallacia clepsidroides	MEH	5								0.4	
Fallacia florinae	MEH	3									
Fallacia forcipata	MEH	5			1.0						
Fallacia oculijormis	DPH	1/	17	5 2	1.0	31		0.4			
Fragilaria capucina Var. capucina	EOH	2, 4, 8	3.4	5.2		5.1		0.4			
Comphonois pseudorigua	MEH	2	5.4					0.4			
Gomphonens pseudexigua	FOH	1.8				1.0					
Gomphonema alovei var lingulatum	SOH	22				1.0					
Gomphonema minutum	EOH	8									
Gomphonema olivaceum	EOH	1. 3. 8									0.3
Gomphonema parvulum var. parvulum	EOH	1, 4, 8	3.4	6.6	1.5	9.4	0.6	1.1		0.4	1.4
Gomphonema spp.	-	, , -	1.7	3.9		2.1					
Grammatophora angulosa	EPH	2									
Grammatophora sp.	-								0.4		

9) Danielidis & Mann 2002, 10) Desikachary & Prema 1987, 11) Hasle & Syvertsen 1996, 12) Hendey 1958,
13) Hustedt 1930a, 14) Hustedt 1930b, 15) Hustedt 1939, 16) Hustedt 1959, 17) Hustedt 1961-1966, 18)
Kobayasi *et al.* 1987, 19) Kobayasi & Mayama 1982, 20) Kobayasi & Mayama 1986, 21) Kobayasi *et al.* 1986,
22) Krammer & Lange-Bertalot 1986, 23) Krammer & Lange-Bertalot 1991, 24) Meister 1935, 25) Sims 1996,
26) Tuji & Kociolek 2000, 27) Wallace 1960.

					Samp	ling S	tations	;												
OB10	OB11	OB12	OB13	OB14	OB15	OB16	OB17	OB18	OB19	OB20	OB21	OB22	OB23	OB24	OB25	OB26	OB27	OB28	OB29	OB30
	0.5						0.5					0.3			0.3			0.3	0.6	0.9
	0.5																			0.6
1.7	2.8	1.5 0.5	1.0	1.3	0.3		2.2	1.5	3.4	1.0	2.6	0.3	0.3	0.6	1.0 0.3	1.7		0.3	0.9	0.9
				0.9	03									0.6	0.7			0.8		0.6
			0.5	0.4	0.5	0.6												0.0		0.3
				0.4	0.3	0.3				0.3	0.5		0.6		0.7	0.3	0.6	0.3		0.6 0.3
	0.5	0.5	1.9				0.5	0.5 0.5			0.5	0.3			0.3					0.3
																		0.5		
0.7	0.5		1.0	0.4			1.6							0.3	0.7			0.3		0.6
0.3	0.5	0.5	1.0	0.4			0.5		0.5		0.5 0.5	1.3	0.9	0.3 0.9	0.7	3.3	0.6	0.5	0.3	
0.3	0.5	2.6	2.9	1.3	0.9		1.6	4.1	3.9	1.0	1.6	0.9	0.6	1.2	0.3	1.7				0.3
13.3	20.4	25.7	17.6	23.4	14.7	5.0	12.5	10.6	17.1	10.2	17.3	15.3	15.6	6.9	5.6	14.6	9.0	4.6	9.4	6.6
0.3		0.5 0.5	1.4	1.7 0.4		0.6		1.5	0.5						1.7 0.3		0.6		0.3	
	0.5	0.5							0.5	0.3						0.3	0.6	0.3		
0.7	3.3	1.0	1.0	2.1	0.6	2.0	2.2	3.0		1.0	3.7	1.3	0.9	1.4	0.7	1.3	3.8	0.3	0.6	0.3
0.7				0.4																0.5
						0.3														0.3
0.7			0.5																	
0.7	0.5	1.0	0.5	1.3	0.6	0.6	1.1 1 1	0.5	1.0	1.0	0.5	0.3	0.3	0.6	2.4 2.4	0.7	32		0.3	0.3
0.7	0.9	0.5	2.4		0.6	0.0	1.1	2.0	1.0	1.5	2.0	1.9	0.9	0.9	2.1	0.7	5.2		1.1	0.9
																0.3			0.6	
	0.5							0.5												
0.2	0.5		0.5				0.5				1.1									
0.3 0.7			0.5 0.5			0.3	0.5	1.5	0.5	0.3	1.1	0.3	0.3		1.0	0.7				
																		0.3		
03																	0.6	03		
0.5			1 4		0.7	0.2											1.2	0.5		0.2
2.1			1.4	0.4	0.0	0.3								0.3			1.3	0.8		0.3
1.0	14					0.3			0.5					0.6	03		0.6	03		03

Table	3.	(Continued)	
lable	э.	(Commueu)	

System Neterences OB1 OB2 OB3 OB4 OB5 OB6 OB7 OB8 OB9 Hantzschia amphioxys EOH 1, 2, 8 0.5 0.3 0.3 0.3 0.3 0.3 0.4 0.6 0.3 0.3 0.4 0.6 0.3 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.5 0.3 0.4 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.6 0.4 0.4 0.4 0.4 0.4 0.4 0.4 0.4 0.4 0.4 0.4 0.4 0.4 0.4 0.4 0.4 <td< th=""></td<>
Hantzschia amphioxysEOH $1, 2, 8$ 0.3 Hippodonta hungaricaEOH $1, 2, 8$ 0.5 0.3 Karayevia clevei var. cleveiEOH $1, 2, 5, 8$ 0.4 0.6 Navicula acomodaEOH $1, 4, 8$ 8.4 0.4 0.6 Navicula capitata var. hungaricaEOH $1, 4, 8$ 8.4 0.4 0.6 Navicula capitata var. hungaricaEOH $1, 4, 8$ 8.4 0.4 0.6 Navicula capitata var. hungaricaEOH 8 1.7 $Navicula capitata var. hungarica0.40.3Navicula conthaSOH273.46.61.80.40.40.3Navicula subminusculaEOH85.10.40.40.3Neodelphineis pelagicaOPH111.75.210.315.63.54.89.98.54.3Neofragilaria nicobaricaOPH10 -Nitzschia aff. N. lacuum -Nitzschia fustulumEOH1, 2, 3, 821.922.39.39.41.20.40.71.80.6Nitzschia paleaEOH1, 83.4 -Nitzschia sp. -Nitzschia sp.$
Hippodonta hungaricaEOH $1, 2, 8$ 0.5 0.3 Karayevia clevei var. cleveiEOH $1, 2, 5, 8$ 0.4 0.6 Navicula accomodaEOH $1, 8$ 8.4 0.4 0.6 Navicula copitata var. hungaricaEOH $1, 4, 8$ 8.4 0.4 0.6 Navicula cryptotenellaEOH 8 1.7 0.4 0.6 Navicula subminusculaSOH 27 3.4 6.6 1.8 0.4 0.4 0.3 Neodelphineis pelagicaOPH 11 1.7 5.2 10.3 15.6 3.5 4.8 9.9 8.5 4.3 Neofragilaria nicobaricaOPH 10 10 1.2 8.5 1.6 1.8 0.4 1.1 0.3 Nitzschia aff. N. lacumEOH $1, 2, 8$ 16.9 3.9 1.5 4.2 0.4 0.4 1.1 0.3 Nitzschia frustulumEOH $1, 2, 3, 8$ 21.9 22.3 9.3 9.4 1.2 0.4 0.7 1.8 0.6 Nitzschia paleaEOH $1, 8$ 3.4 0.6 0.6 0.6 0.6 0.6
Karayevia clevei EOH $1, 2, 5, 8$ Navicula accomoda EOH $1, 8$ 8.4 0.4 0.6 Navicula capitata var. hungarica EOH $1, 4, 8$ 8.4 0.4 0.6 Navicula capitata var. hungarica EOH $1, 4, 8$ 8.4 0.4 0.6 Navicula capitata var. hungarica EOH $1, 4, 8$ 1.7 8.4 0.4 0.4 0.6 Navicula notha SOH 2.7 3.4 6.6 1.8 0.4 0.4 0.3 Navicula subminuscula EOH 8 5.1 0.4 0.4 0.3 Neodelphineis pelagica OPH 11 1.7 5.2 10.3 15.6 3.5 4.8 9.9 8.5 4.3 Neofragilaria nicobarica OPH 10 0.6 0.1 0.1 0.3 0.4 0.4 1.1 0.3 Nitzschia frustulum EOH $1, 2, 8$ 16.9 3.9 1.5 4.2 0.4 0.7 1.8 0.6 0
Navicula accomoda EOH 1, 8 8.4 0.4 0.6 Navicula capitata var. hungarica EOH 1, 4, 8 1.7 1.8 0.4 0.4 0.3 Navicula cryptotenella EOH 8 1.7 1.8 0.4 0.4 0.3 Navicula subminuscula EOH 8 1.7 1.8 0.4 0.4 0.3 Navicula subminuscula EOH 8 5.1 1.8 0.4 0.4 0.3 Neodelphineis pelagica OPH 11 1.7 5.2 10.3 15.6 3.5 4.8 9.9 8.5 4.3 Neofragilaria nicobarica OPH 10 10 10 10 10 10 10 11 0.3 15.4 2 0.4<
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
Navicula subminuscula EOH 8 5.1 Neodelphineis pelagica OPH 11 1.7 5.2 10.3 15.6 3.5 4.8 9.9 8.5 4.3 Neofragilaria nicobarica OPH 10 1.7 5.2 10.3 15.6 3.5 4.8 9.9 8.5 4.3 Nitzschia aff. N. lacuum -
Neodelphineis pelagica OPH 11 1.7 5.2 10.3 15.6 3.5 4.8 9.9 8.5 4.3 Neofragilaria nicobarica OPH 10 0
Neofragilaria nicobarica OPH 10 Nitzschia aff. N. lacuum - - Nitzschia amphibia EOH 1, 2, 8 16.9 3.9 1.5 4.2 0.4 0.4 1.1 0.3 Nitzschia frustulum EOH 1, 2, 3, 8 21.9 22.3 9.3 9.4 1.2 0.4 0.7 1.8 0.6 Nitzschia sp. - - 0.6 - 0.6 - 0.6
Nitzschia aff. N. lacuum - Nitzschia amphibia EOH 1, 2, 8 16.9 3.9 1.5 4.2 0.4 0.4 1.1 0.3 Nitzschia frustulum EOH 1, 2, 3, 8 21.9 22.3 9.3 9.4 1.2 0.4 0.7 1.8 0.6 Nitzschia sp. - - - - 0.6 - 0.6
Nitzschia amphibia EOH 1, 2, 8 16.9 3.9 1.5 4.2 0.4 0.4 1.1 0.3 Nitzschia frustulum EOH 1, 2, 3, 8 21.9 22.3 9.3 9.4 1.2 0.4 0.7 1.8 0.6 Nitzschia sp. Image: Constraint of the sp. Image: Constraint of the sp. Image: Constraint of the sp. 0.6
Nitzschia frustulum EOH 1, 2, 3, 8 21.9 22.3 9.3 9.4 1.2 0.4 0.7 1.8 0.6 Nitzschia palea EOH 1, 8 3.4 0.6 0.6 0.6
Nitzschia palea EOH 1, 8 3.4 Nitzschia sp. 0.6
Nitzschia sp. 0.6
Upephora olsenii MEH 3, 22
Paralia sulcata EPH 1, 2, 4 1.0 3.5 1.1 3.2 4.1 1.7
Placoneis elginensis EOH 8 5.2
Placoneis undulataSOH225.20.4
Planotidium frequentissima SOH 23 9.2 4.2 0.6 0.4 0.4
Planotidium hauckianumMEH1, 2, 80.3
Pleurosigma normaniiEPH20.30.40.4
Podosira stelliger OPH 1
<i>Reimeria sinuata</i> EOH 1, 2, 6, 8 5.2 0.5
Rhaphoneis sp. –
Rhoicosphenia abbreviataEOH1, 2, 3, 81.72.62.1
Rhopalodia sp
<i>Sellaphora japonica</i> OPH 20 3.4 1.3 1.1 0.7
Sellaphora pupula var. pupula EOH 1, 2, 5, 8 3.4 1.3
Seminavis robusta EPH 2
Seminavis ventricosa OPH 9
Seminavis sp.
Staurosira construents var. construents f. construents EOH 1, 2, 7, 8 1.3 0.5 0.5
Staurosirella leptostauron OPH 1,8 0.4
Stairosirella pinnata var. pinnata $EOH = 2, 8 = 3.4 = 2.0 = 1.0 = 0.3 = 0.4$
Stephanoatscus pseudosuzuku SUH 26 43.9 9.2 5.1 21.9 0.9 5.7 1.4 1.1 2.0
Surrella fastuosa Var. cuneata OPH 25
Surrella minuta EOH 3,8
Syntaria inaequalits SOH 18 1.7 2.0 1.0
Tableau sp. $-$ 21 104 14 48 35 59 23
$\begin{array}{cccc} \text{Indiassionema mizscholates} & \text{MEII} & 1, 2, 4 & 2.1 & 10.4 & 1.4 & 4.6 & 5.5 & 5.5 & 2.5 \\ \hline \text{The logging accounting} & \text{EDII} & 5 & 1.1 & 0.7 & 1.1 & 0.9 \\ \hline \end{array}$
$\begin{array}{cccc} Thal assistive decentric d & EFR \\ Thal assistive for a contract a \\ Thal assistive for a contract a \\ ODL & 11 \\ 68 \\ 52 \\ 52 \\ 83 \\ 26 \\ 15 \\ 53 \\ 48 \\ 34 \\ 34 \\ 34 \\ 34 \\ 34 \\ 34 \\ 3$
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
That assisting a particular 346657311237464426
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
Trachyneis genera var minuta EPH 2 6 0.7 0.7
Trobling la coartata MEH 7 2.6 0.5 0.4 0.4 0.3
others _ 47.3 28.8 7.2 18.8 2.0 4.4 3.2 2.6 0.9
total vegetative cells - 327.5 255.6 106.6 202.4 40.5 70.6 70.4 71.9 54.8
resting spores - 72.6 82.6 103.2 108.1 34.6 102.3 82.7 117.3 76.8

Achnanthes groenlandica, Amphora copulata, Coscinodiscus aff. centralis, Ctenophora pulchella, Cyclotella bodanica var. affinis, Diploneis interrupta, Fragilaria capucina, Gomphonema parvulum var. lagenula, G. truncatum, Luticola acidoclinata, Melosira moniliformis, Navicula aff. N. pavillardii, Nitzschia antillarum, Rhopalodia musculus, Surirella angusta, Tryblionella cocconeiformis.

本研究において産出した珪藻のうち,未同定種 を除いた86種類を塩分系列によりグルーピングす ると次のようになる。

					Samp	ling Sta	ations													
OB10	OB11	OB12	OB13	OB14	OB15	OB16	OB17	OB18	OB19	OB20	OB21	OB22	OB23	OB24	OB25	OB26	OB27	OB28	OB29	OB30
		0.5						0.5												
0.7	0.5				0.3													0.3		1.4
0.7					0.3									0.6				0.5		1.1
11.2	12.3	11.8	76	77	2.6	39	20.6	117	10.7	93	95	41	2.6	58	11.2	79	83	11	17	37
11.2	12.5	11.0	7.0	,.,	2.0	5.7	20.0	0.5	10.7	2.5	2.5		2.0	5.0	11.2	1.5	0.5	1.1	1.7	5.7
0.7	0.5						0.5		0.5											17
0.7							1.1		0.5			0.6			0.7					0.6
				0.4			0.5		0.5					0.2						
				0.4			0.5		0.5					0.5						
2.4	3.3	3.1	5.2	4.3	1.2	1.4	0.5	3.5	2.0	2.2	4.2	3.8	3.4	0.6	1.0	2.6	5.8	1.1	2.8	0.6
0.7						0.3														
0.2			0.5						1.0					0.6	0.2				0.3	
0.5			0.5	0.9	0.3		1.6	1.5		0.3		0.3			0.5				0.3	0.3
	0.9		0.5						0.5											
			0.5																	
0.2									1.0						0.2					
0.5															0.5					
	0.5										0.5							0.2		
																		0.3		
					0.2	0.3	0.5								0.2	1.2		0.2		
					0.3		0.5								0.3	1.3		0.3		
0.7						0.3	2.2			0.2		0.2			0.3					0.3
0.7				0.9						0.3	0.5	0.3				0.3		0.5		
														0.3						
						0.3														
5.2	6.6	10.8	13.3	9.4	2.3	3.6	11.4	11.7	8.8	9.9	12.1	8.1	3.1	4.9	7.3	7.9	5.8	1.6	5.4	5.1
0.3 4.9	1.4 6.6	1.0 5.7	1.0	7.2	2.3	0.3	4.9	1.0 6.6	0.5 6.3	2.2	5.3	2.2	2.0	4.3	2.1	0.3 3.0	1.9	1.3	2.0	1.1
1.0	4.3	2.6	2.9	1.3		0.3		5.6		3.5	1.1	0.9		0.3	2.4	0.7	1.3		0.6	
3.1	7.1	7.2	8.1	9.8	4.6	3.4	16.3	7.6	9.8	2.6	18.9	5.6	7.1	5.2	5.9	9.3	55.7	2.1	5.7	4.9
8.4	0.2 7.1	17.0	5.5 7.1	2.0 5.1	2.0	5.3	11.4	11.1	14.2	10.9	3.8 13.1	5.1 4.4	4.0	0.5 9.2	2.1 7.0	5.6	5.8 17.3	0.8 5.9	0.9 7.4	6.3
0.2	0.9	0.5	0.5	0.4		0.3		1.0	1.0	1.3		0.6		0.6	0.7	0.7	0.6			
0.3	2.2	<u>/ 1</u>	12	2.1	1 4	1 1	4.2	0.5	4.0	0.6	4.2	1 2	20	2.2	0.3	26		27	1 1	2.4
2.4	3.3	4.1	4.3	2.1	1.4	1.1	4.3	0.5	4.9	2.9 64.5	4.2	1.5	2.8	50.7	5.1	2.0	102.6	2.7	1.1	3.4
08.0	94.2	101.8	90.8	89.1	40.2	33.3	103.2	93.8 57.6	89.4	04.5 04.2	106.7	39.5	40.7	50.7	64.5	64.4	123.6	27.9	43.0 80.6	45./
04.1	119.0	/1./	138.8	104.8	55.4	40.9	20.1	57.0	91./	04.2	02.0	/4.9	51.2	07.2	04.3	04.4	197.0	12.3	00.0	1/.1

 $(\times 10^5 \text{ valves/g dry sediment})$

- 1) 貧広塩性-多塩性種
- (OPH; Oligoeuryhaline Polyhalobous)14種類 2)広塩性-多塩性種
- (EPH; Euryhaline Polyhalobous) 13種類3) 中塩性種
 - (MEH; Mesohalobous) 10種類
- 4) 広塩性-貧塩性種
- (EOH; Euryhaline Oligohalobous) 37種類5)狭塩性-貧塩性種
- (SOH; Stenohaline Oligohalobous) 12種類 それぞれの調査地点における殻含量 (valves/g)
- を、塩分系列のカテゴリーごとにまとめたのがFig.

3である。OPH, EPH, MEHは沿岸部より沖側で 高い値をとるという類似した傾向を示した。これ ら3者の殻含量の平均値は, OPHが最大, EPHが最 小であった。OPHは大阪湾南東部(関西空港南側) のOB27で極端に大きな値(71.7×10⁵)を示した。 EPHは湾奥部のOB1, OB2で全く産出しなかった。

EOHとSOHは類似した傾向を示した。これらの 殻含量は湾奥部のOB1, OB2およびOB4で極端に 高く,淀川河口(OB1)から湾央部(南西方向)に 向かって減少した。それ以外の地点では低い値を 示し,とくにSOHはEOHよりもカテゴリーごとの 平均値が低く,全く産出しない地点も多かった。 塩分に関する適応が不明な種類(unclassified)で は明確な分布傾向は確認できなかった。

クラスター分析

産出した種類の湾内における分布傾向を明らか にするためにRモードクラスター分析を行った。そ の結果,分析を行った31種類は2つのクラスター (クラスター1とクラスター2)に分類された (Fig. 4)。クラスター1は, Neodelphineis pelagica など塩 分系列のOPHに所属する種類, Actinoptychus senariusなどEPHの種類, Thalassionema nitzschioidesなどMEHの種類,およびCyclotella aff. C. litoralisなど塩分系列について未分類の種類から構成さ れた。クラスター1を構成する種類間の類似度と, その種類が属する塩分系列のカテゴリーには,明 確な関係性を見出すことはできない。クラスター2 は, Navicula cryptotenellaなど塩分系列のEOHに 所属する種類,およびStephanodiscus pseudosuzukii などSOHの種類から構成された。クラスター1と同 様に,構成する種類間の類似度と,その種類が属 する塩分系列のカテゴリーには,明確な関係性を 見出すことはできない (Fig. 4)。

地点間の群集の類似性を明らかにするためにQ モードクラスター分析を行った。その結果, 試料 採取地点(OB1~OB30)は2つのクラスター(A区 とB区)に分類された(Fig. 5)。A区はOB1, OB2, OB4から, B区はOB3およびOB5~OB30から構成 され,この区分は各地点の位置関係でみるとA区(淀 川河口からその南西沖)がB区より湾奥部に位置す る。B区はさらに3つのクラスター(B1区, B2区, B3区)に細分された(Fig. 5)。このうちB1区はA 区の南西(沖合い)側に位置する湾奥部のOB3, OB 5~OB9から, B2区はさらに沖側のOB10~OB26, および関西空港の南側の沿岸付近のOB28~OB30 から, B3区は関西空港の南東側に位置するOB27か らそれぞれ構成された。







Fig. 5. Dendrogram of R-mode cluster analysis on the dominant species. Cluster 1 and cluster 2 are the groups with horizontal distributions in surface sediments inferred from similarity.

珪藻遺骸の水平分布

Rモードクラスター分析の結果,クラスター1を 構成する種類の多くは, Neodelphineis pelagica, Thalassionema nitzschioidesなど、調査地点全域で 産出した種類であった(Fig. 6)。これらのうち, Coscinodiscus perforatus var. cellulosa, Diploneis *aesutuarii*などは、いずれの地点でも産出相対度数 が比較的低く、その分布傾向が明確ではない。そ れに対し, Neodelphineis pelagica, Thalassionema nitzschioidesなどは、A区では低率で産出し、B1区 からB3区にかけてほぼ同程度の相対度数で産出し た。ただし, Thalasssiosira pacificaは, B3区での 産出相対度数が極端に高い値を示した。Cyclotella aff. C. litoralis, Thalassiosira sp., small Thalassiosira spp., Coscinodiscus sp. は, 塩分に関する 詳細な適応は明らかではないが、クラスター1に分 類され、多くの地点で産出が確認されるという産 出状況を示したことから、OPH、EPH、MEHのい ずれかに属すると考えられる。

各試料採取地点で測定された塩分は,海面付近 でOB1の2.9psuが最低で,その他の地点はいずれ の地点でも20psu以上、海底付近ではいずれの地点 でも20psu以上である(Table 1)。このことからク ラスター1に分類された種類,およびその他のOPH, EPH, MEHは,少なくとも塩分に関しては各試料 採取地点に生息可能な耐性を有する。これに対し, クラスター2に分類された種類は,その塩分に関す る耐性から,それぞれの採取地点で生息していた とは考えられない。このような塩分に関する生態 および遺骸殻の分布の特徴から、以下では、クラ スター1に分類された種およびOPH, EPH, MEH に属する種を一括して「海水/汽水生種」、クラス ター2に分類された種およびEOH, SOHに属する 種を一括して「汽水/淡水生種」として扱う。

A区(淀川河口からその南西沖)とB区では、汽 水/淡水生種と海水/汽水生種の産出相対度数が異 なり、これがそれぞれのクラスターを特徴づけて いる (Fig. 7)。A区において汽水/淡水生種の産出 相対度数は46.4~72.7%であり、湾奥部から湾央部 に向かって減少傾向を示した。B1区(淀川河口~ 沖合いを除く湾奥部)では汽水/淡水生種と海水/ 汽水生種が混在した。本区では汽水/淡水生種9.7 ~30.9%,海水/汽水生種59.4~86.7%がそれぞれ 含まれた。B2区(B1区のさらに南西側)では,沿 岸に近いOB10, OB28, OB30を除く地点では汽水/ 淡水生種の産出相対度数は10%以下であった。B3 区(関西空港の南東側)はOB27のみから構成され、 その周囲に分布するB2区と汽水/淡水生種の産出相 対度数は類似するが、OPHに属するThalassiosira pacificaの産出相対度数が極端に高いという特徴を 有する。

以上のように,調査地域に分布する珪藻遺骸群 集は,沿岸付近,とくに湾奥部で汽水/淡水生種の 産出相対度数が高く,そこから湾央部に向かって 海水/汽水生種の産出相対度数が高くなる傾向が認 められた。大阪湾に流入する河川水の大部分は, 湾奥部に流入する淀川,大和川両水系からもたら される。そのうち淀川水系からの年平均流入量は 230m³/sであり,大和川水系の25m³/sに比べて圧倒 的に多い(日本河川協会 2000-2005)。大阪湾に 流入する淡水生種の殻は,これらの河川水によっ て運ばれ,潮汐や海流によって湾央部方向に拡散 したと考えられる。大阪平野のように沿岸域に発 達する平野部では,湾奥部に大河川が接続するこ とが多く,湾内における淡水生種の産出相対度数 の分布には,河口からの距離と流入量の寄与が大 きいと考えられる。そのため,このような地域を 対象として珪藻遺骸群集による古環境解析をおこ なう場合,産出した種類の塩分系列とその産出相 対頻度を明らかにすることが可能である。

現生群集と遺骸群集

大阪府立水産試験場が年4回継続的に実施してい る大阪湾のプランクトン調査(以下プランクトン 調査)によれば、Skeletonema costatumやThalassiosira属, Chaetoceros属などが優占することが多 い(大阪府立水産試験場 1974-2005)。これら浮 遊性の珪藻が、そのまま海底に沈降し堆積物に保 存されるとすれば、堆積物から産出する遺骸群集 も、現生群集と同様の組成を示すはずである。し かし、本研究で用いた表層堆積物からは、Skeletonema costatumやChaetoceros属はほとんど産出し なかった。一方、本研究において表層堆積物に多 産したCyclotella aff. C. litoralisは、プランクトン 調査において少なくとも主要種としては記録され ていない。このように、本研究における表層堆積 物中の遺骸群集の主要種は、プランクトンの主要



Fig. 6. Clusters and distributions of relative abundance of diatom valves in Osaka Bay. Dimension of circles show respective abundance.



Fig. 7. Spatial distributions of relative abundance of marine/brackish water species and brackish/freshwater species in Osaka Bay.

種(大阪府立水産試験場 1974-2005)とは異なる。 沿岸域では、浮遊性珪藻の細胞は1日に10m程度 の速さで沈降し(生物摂食を受け、ペレットとし て沈降する場合は、1日に100m程度)、その間の消 失はほとんど無い(Kato et al. 2003)。海底に沈 降した有機物は潮流や波浪の影響による運搬や, 海水や間隙水による物理的・化学的破壊・溶解を 受け、また底生動物による摂食もこれに寄与する (Martin 1999)。Kato et al. (2003) は、堆積物と セジメントトラップから得られた試料から、それ ぞれ珪藻のフラックスを算出し、前者の後者に対 する割合を珪藻殻の保存率 (preservation rate, %)として、珪藻の種類や堆積物の深度による違 いを検討した。これによると, 珪藻殻の保存率に は種類によって明確な差異があり、それには殻の 形態の違いによる破壊・溶解への耐性が寄与して いること、また同属内において形態が類似した種 類が、類似した保存率を示すことが指摘されてい る。

大村湾(長崎県)における海生浮遊性珪藻の殻 の保存率(Kato et al. 2003)は, Skeletonema costatumが0.4%, Chaetoceros属では本属中で最も高い 保存率を示したChaetoceros lorenzianusが1.1%, そ の他の種類の多くは0.1%以下であり,いずれも保 存率は低い(総海生浮遊珪藻の殻の保存率2.8%)。 一方, 7.6%と非常に高い保存率を示した "Cyclotella litoralis + C. striata"は,本研究において 多くの地点で多産したCyclotella aff. C. litoralisと 形態的に類似する種類である。Kato et al. (2003) の "Cyclotella litoralis + C. striata"と本研究のCyclotella aff. C. litoralisが同一の種類を指している かどうかは現時点では確認されていないが、「珪藻 殻の保存率には殻の形態の違いによる破壊・溶解 への耐性が寄与している(Kato et al. 2003)」な らば、Cyclotella aff. C. litoralisの保存率は相対的 に高いと推定される。また、珪藻殻の消失は、堆 積物表層3-5cmまでの酸化層、とりわけ海水と表層 との境界で顕著である(Takahashi et al. 1990)。 本研究に用いた試料を珪藻殻の保存率の観点から みると、堆積物の表層約1cmを採取したものであ ることから殻が選択的に消失する過程にあった可 能性が高く、また採取からプレパラート作製まで の約15ヶ月間、冷蔵庫において保存されていたた め、採取直後に比べてさらに同様の作用が進行し た可能性もある。

以上のことから、本研究における表層堆積物中 の遺骸群集の主要種とプランクトンの主要種との 相違の主たる要因を、各種の生産性と殻の保存に かかわる特性に求めることができる。大阪湾にお いて、現生群集が堆積物中に化石として保存され る過程で種類(殻の形態的特性)に応じた殻の選 択的な消失が起き、現生群集とは異なった遺骸群 集が形成されたと考えられる。

本研究でみられたように,あるいはまた小杉に よる一連の研究(1985,1986a,b,1987,1988, 1989)によっても明らかなように,珪藻の遺骸は 堆積物中に化石として保存される過程で運搬や破 壊・溶解などの作用を受けるため,堆積物中の群 集が堆積当時の珪藻群集をそのまま集積したもの であるとは必ずしも言えない。このことは,堆積 物から地質学(層序学)的手法を用いて古環境を 解析する場合,重要な問題である。この問題に対 しては,海岸付近における現生群集に基づいて, 生息域の塩分と付着基物(水理や栄養塩濃度など の物理・化学的要因の複合)への適応性を指標と する11の指標種群を設定し、古環境解析の精度を 高める試み(例えば, Kosugi 1987, 小杉 1988) がなされている。さらに、古環境解析の精度に関 わる重要な問題がある。大阪湾のような内湾域は, さまざまな要素(生産者・消費者・分解者,水質, 底質、水循環など)が複雑に関係しあうシステム であり、その中で珪藻は主要な一次生産者である ため、環境に応答するだけではなく、それ自身の 動態(群集構造や生産量の変化)が、逆に環境に 影響を与えると考えられる.例えば前述のSkeletonema costatumやChaetoceros属は、大阪湾に発生 する赤潮の主要構成種でもある(例えば大阪府立 水産試験場 1974-2005)。赤潮の発生は、それが 海水底層においてバクテリアに分解される過程で 貧酸素・無酸素化を引き起こし、底生生物を斃死 させる原因となる(大阪湾新社会基盤研究会 1996)。また、植物プランクトンの発生は海水の透 明度を低下させる一因である(大阪湾新社会基盤 研究会 1996)。大阪湾における近過去の珪藻遺骸 群集変化を検討した廣瀬ら(2008)では,1900年 以降に付着性種の多くが量的な減少傾向を示し, このことに海水の透明度の低下が寄与したことが 示唆されており、ある珪藻の動態が環境を経由し て他の種類に影響を与えることも考えられる。こ の例からも明らかなように、内湾域に生育する珪 藻は,環境に応答するだけではなく,その動態 (群 集構造や生産量の変化)を通じて環境に影響を与 え, 珪藻とそれをとり巻く環境とが相互に影響し 合った関係にあると考えられる。そのため、とく に遺骸群集を資料として近過去~現在に至る人為 的な環境改変・汚染などに対する環境評価を目的 とする場合,このことを考慮に入れた考察が必要 であろう。

Skeletonema costatumやThalassiosira属, Chaetoceros属などの一部には,休眠期細胞(resting stage cells)を形成する種類が存在する(板倉 2000)。珪藻の休眠期細胞は,栄養細胞の増殖に不 適な環境下で形成され,増殖に好ましくない時期 を底質中で過ごし,再び増殖に適した環境が訪れ たときにシードポピュレーションとして機能する (Garrison 1984)。休眠期細胞はその外部形態や生 理状態により休眠細胞および休眠胞子の2つに分け られる。Skeletonema costatumなどでは,栄養細胞 と酷似した外部形態を有する休眠細胞を形成する (板倉 2000)のに対し, Chaetoceros属には休眠細 胞に加え,栄養細胞と異なった外部形態を示す休 眠胞子を形成する種類がある(Garrison 1984)。 McQuoid & Hobson(1996)によれば,珪藻の中 で休眠胞子の形成が知られている種類は133種類で, そのうち118種類が海生種である。このことから本 研究において産出した休眠胞子を形成した種類が, 海生種である可能性が高い。

別項「珪藻遺骸の水平分布」において、クラス ター1を構成する種類が塩分に関して調査地域に生 息しうることを述べたが、その試料ごとの総殻含 量 (valves/g) $t_{20.6 \times 10^5 \sim 119.2 \times 10^5}$ であった。 これに対して休眠胞子の殻含量は17.1×10⁶~197.0 ×10⁵, であり, すべての試料においてクラスター 1(栄養細胞)の殻含量と同程度か、もしくはそれ 以上であった(Fig. 2)。産出した休眠胞子は形態 的な特徴に乏しいため,厳密な分類学的検討を行 うことができなかったが、過去の報告(例えば板 倉 2000)からみて多くはChaetoceros属の休眠胞 子であると考えられる。表層堆積物における休眠 胞子の量は水中の細胞数と密接な関係にある(板 倉 2000) ことから,本研究においてChaetoceros 属の休眠胞子の遺骸が豊富に産出したのは、現在 の大阪湾においてChaetoceros属の生産量が高く, かつ非常に頑丈な殻を持つ休眠胞子が多量に形成 されたことに起因すると考えられる。また休眠胞 子遺骸の殻含量を時系列的にみると,大阪湾の海 底の沖積層において、約1万年前~1960年頃に相当 する層準ではChaetoceros属の休眠胞子の産出はほ とんど認められないが、1960年以降の層準で急激 に増加する (Hirose et al. 2007)。 Chaetoceros属 の休眠胞子形成を支配する要因について完全には 明らかではないが、沖積層の試料の研究から得ら れた結果から考えると, 歴史的に見た場合の休眠 胞子の増加には、人為的な環境の改変・汚染が多 大な影響を与えたことが明らかである(廣瀬ら 2008)。以上のことから、堆積物中のChaetoceros属 の休眠胞子の遺骸は、内湾域における過去の珪藻 群集のより正確な復元に寄与し、また近過去から 現在の大阪湾における人為的な環境の改変・汚染 を解析する上で重要な指標であることが示唆され る。

謝 辞

大阪市立大学の吉川周作博士には,終始ご指導いた だいた。国立科学博物館の谷村好洋博士,兵庫県立人 と自然の博物館の佐藤裕司博士には,研究手法につい てご指導をいただいた。滋賀県立琵琶湖博物館の大塚 泰介博士には,珪藻群集の統計解析についてご指導い ただいた。スミソニアン研究所の安原盛明氏,産業技 術総合研究所の本郷美佐緒氏,大阪市立大学大学院の 辻本彰氏には,表層堆積物の試料採取にご協力いただ くとともに,研究内容について有益な助言をいただい た。厚くお礼申し上げます。

引用文献

- Carpelan, L.H. 1978a. Evolutionary euryhalinity of diatoms in changing environments. Nova Hedwigia 29: 489-526.
- Carpelan, L.H. 1978b. Revision of Kolbe's System der Halobien based on diatoms of California lagoons. Oikos 31: 112-122.
- Cox, E.J. 1987. *Placoneis* Mereschkowsky; the reevaluation of a diatom genus originally characterized by its chloroplast type. Diatom Research 2: 145-157.
- Danielidis, D.B. & Mann, D.G. 2002. The systematics of *Seminavis* (Bacillariophyta): the lost identities of *Amphora angusta*, A. ventricosa and A. macilenta. European Journal of Phycology **37**: 429-448.
- Denys, L. & de Wolf, H. 1999. Diatoms as indicators of coastal paleoenvironments and relative sea-level change. *In*: Stoermer, E.F. & Smol, J.P. (eds) The diatoms: applications for the environmental and earth sciences. pp. 277-297. Cambridge University Press, Cambridge.
- Desikachary, T.V. & Prema, P. 1987. Diatoms from the Bay of Bengal. *In*: Desikachary, T.V. (ed.) Atlas of diatoms III & IV. pp. 1-10. pl. 222-331. Madras Science Foundation, Madras.
- Ehrlich, A. 1975. The diatoms from the surface sediments of the Bardawil Lagoon (Northern Sinai)-Paleoecological significance. Beihefte zur Nova Hedwigia 53: 253-282.
- 藤原建紀. 1995. 大阪湾の生態系を支配する流れの構 造. 瀬戸内海 2-3: 85-93.
- Garrison, D.L. 1984. Planktonic diatoms. *In*: Steidinger, K.A. & Walker, L.M. (eds) Marine plankton life cycle strategies. pp. 1-17. CRC press, Boca Raton, Florida.
- Hasle, G.R. & Syvertsen, E.E. 1996. Marine Diatoms. *In*: Tomas, C.R. (ed.) Identifying Marine Phytoplankton. pp. 5-385. Academic Press, San Diego.
- Hendey, I. 1958. Marine diatoms from some West African ports. Journal of the Royal Microscopical Society 77: 28-85.
- Hirose, K., Gotoh, T., Sato, H. & Yoshikawa, S. 2004. Distribution of diatom surface sediment assemblages from northern part of Osaka Bay, southwestern Japan. Diatom 20: 229-240.
- Hirose, K., Yoshida H., Yasuhara M., Yamazaki H., Tsujimoto A. & Yoshikawa S. 2007 Urbanizationinduced diatom community changes for the last 150 years, Osaka Bay, Japan: comparison with Holocene flora. Abstracts volume of International Symposium on Quaternary Environmental Changes and Humans in Asia and the Western Pacific. p. 83. AIST, Tsukuba.
- 廣瀬孝太郎・安原盛明・辻本 彰・山崎秀夫・吉川周 作.2008.大阪湾における過去約120年間の珪藻遺骸 群集組成変化と人為環境改変・汚染による影響.第 四紀研究 47:287-296.
- Horn, H.S. 1966. Measurement of "overlap" in comparative ecological studies. The American Naturalist

100: 419-424.

- Hustedt, F. 1930a. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz unter Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. 1. Teil. 920 pp. *In*: Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Band VII. Die Kieselalgen 1. Teil. (Reprint 1977 by Koeltz, Koenigstein).
- Hustedt, F. 1930b. Bacillariophyta (Diatomeae). 466 pp. In : Pascher, A. (ed.) Die Süsswasser-Flora Mitteleuropas, Heft 10. Zweite Auflage. Gustav Fischer, Jena.
- Hustedt, F. 1939. Die Diatomeenflora des Küstengebietes der Nordsee vom Dollart bis zur Elbemündung. I. Die Diatomeenflora in den Sedimenten der unteren Ems sowie auf den Watten der Leybucht, des Memmert und bei der Insel Juist. Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen **31**: 572-677.
- Hustedt, F. 1950. Die Diatomeenflora norddeutscher Seen mit besonderer Berücksichtigung des holsteinischen Seengebiets. V-VII. Seen in Mecklenburg, Lauenburg und Nordostdeutschland. Archiv für Hydrobiologie 43: 329-458.
- Hustedt, F. 1957. Die Diatomeenflora des Flusssystems der Weser im Gebiet der Hansestadt Bremen. Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen **34**: 181-440.
- Hustedt, F. 1959. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz unter Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. 2. Teil. 845 pp. *In*: Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Band VII. Die Kieselalgen 2. Teil. (Reprint 1977 by Koeltz, Koenigstein).
- Hustedt, F. 1961-1966. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz unter Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. 3. Teil. 816 pp. *In*: Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Band VII. Die Kieselalgen 3. Teil. (Reprint 1977 by Koeltz, Koenigstein).
- 板倉 茂. 2000. 沿岸性浮遊珪藻類の休眠期細胞に関 する生理生態学的研究. 瀬戸内海区水産研究所研究 報告 2: 67-130.
- Kato, M., Tanimura, Y., Matsuoka, K. & Fukusawa, H. 2003. Planktonic diatoms from sediment traps in Omura Bay, western Japan with implications for ecological and taphonomic studies of coastal marine environments. Quaternary International **102**: 25-31.
- Kobayasi, H. & Mayama, S. 1982. Most pollutiontolerant diatoms of severely polluted rivers in the vicinity of Tokyo. The Japanese Journal of Phycology 30: 188-196.
- Kobayasi, H. & Mayama, S. 1986. Navicula pseudacceptata sp. nov. and validation of Stauroneis japonica H.Kob. Diatom 2: 95-101.
- Kobayasi, H., Idei, M., Kobori, S. & Tanaka, H. 1987. Observations on the two rheophilic species of the genus *Synedra* (Bacillariophyceae): *S. inaequalis* H. Kob. and *S. lanceolata* Kütz. Diatom **3**: 9-16.

- Kobayasi, H., Nagumo, T. & Mayama, S. 1986. Observation on the two rheophilic species of the genus *Achnanthes* (Bacillariophyceae), *A. convergens* H.Kob. and *A. japonica* H.Kob. Diatom 2: 83-93.
- Kolbe, R.W., 1927. Zur Ökologie, Morphologie und Systematik der Brackwasser Diatomeen. Pflanzenforschung 7: 1-145.
- 小杉正人. 1985. 染色像による珪藻の生体・遺骸の識 別法とその意義. 第四紀研究 24: 139-147.
- 小杉正人. 1986a. 現世干潟における珪藻遺骸の運搬・ 堆積パターン-小櫃川下流域の場合—. 地理学評論 59: 37-50.
- 小杉正人. 1986b. 珪藻の古生態学上の基礎的問題. Diatom **2**: 169-174.
- Kosugi M. 1987. Limiting factors on the distribution of benthic diatoms in coastal regions – Salinity and substratum – . Diatom **3**: 21-31.
- 小杉正人. 1988. 珪藻の環境指標種群の設定と古環境 復元への応用. 第四紀研究 27: 1-20.
- 小杉正人. 1989. 珪藻化石群集の形成過程と古生態解 析. 日本ベントス研究会誌 35/36: 17-28.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1986. Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. 876 pp. *In*: Ettl, H. *et al.* (eds) Süβwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1. Gustav Fischer, Stuttgart.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1991a. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae 576 pp. *In*: Ettl, H. *et al.* (eds) Süβwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/3. Gustav Fischer, Stuttgart.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1991b. Bacillariophyceae 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturzeichnis Teil 1-4. 437 pp. In: Ettl, H. et al. (eds) Süβwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/4. Gustav Fischer, Stuttgart.
- Kuwae, M., Yoshikawa, S., Tsugeki, N. & Inouchi, Y. 2004. Reconstruction of a climate record for the past 140 kyr based on diatom valve flux data from Lake Biwa, Japan. Journal of Palaeolimnology 32: 19-39.
- Lange-Bertalot, H., Metzeltin, D. & Witkowski, A. 1996. *Hippodonta* gen. nov. Umschreibung und Begründung einer neuen Gattung der Naviculaceae. Iconographia Diatomologica 4: 247-275.
- Martin, R.E. 1999. Taphonomy: a Process Approach. 494 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- McQuoid, M.R. & Hobson, L.A. 1996. Diatom resting stages. Journal of Phycology 32: 889-902.
- Meister, F. 1935. Seltene und neue Kieselalgen. Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft (Zurich) 44: 87-108. 10 pls.
- 日本河川協会. 2000-2005. 年流量年表 (1998年~2002 年). 2261 pp. 日本河川協会.
- 大阪府立水産試験場. 1974-1976, 1978-2005. 大阪府水 産試験場業務報告(1972年度~2003年度). 4709 pp.

大阪府立水産試験場.

- Simonsen, R. 1962. Untersuchungen zur Systematik und Ökologie der Bodendiatomeen der westlichen Ostsee. Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie Systematische Beihefte **1**: 1-144, 4 pls.
- Sims, P.A. 1996. An atlas of British diatoms. 601 pp. Biopress Ltd, Bristol.
- Snoeijs, P. (ed) 1993. Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea. Vol. 1. 129 pp. Opulus Press. Uppsala.
- Snoeijs, P. & Balashova, N. (eds) 1998. Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea. Vol. 5. 144 pp. Opulus Press. Uppsala.
- Snoeijs, P. & Kasperoviciene, J. (eds) 1996. Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea. Vol. 4. 126 pp. Opulus Press. Uppsala.
- Snoeijs, P. & Potapova, M. (eds) 1995. Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea. Vol. 3. 126 pp. Opulus Press. Uppsala.
- Snoeijs, P. & Vilbaste, S. (eds) 1994. Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea. Vol. 2. 125 pp. Opulus Press. Uppsala.
- Stoermer, E.F. & Smol, J.P. 1999. Applications and uses of diatoms: prologue. *In*: Stoermer, E.F. & Smol, J.P. (eds) The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences. pp. 3-10. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sundbäck, K. 1987. The epipsammic marine diatom Opephora olsenii Møller. Diatom Research 2: 241-249.
- Takahashi, K., Billings, J.D. & Morgan, J.K. 1990. Oceanic province : assessment from the time-series diatom fluxes in the northeastern Pacific. Limnology and Oceanography 35 : 154-165.
- Tuji, A. & Kociolek, J.P. 2000. Morphology and taxonomy of *Stephanodiscus suzukii* sp. nov. and *S. pseudosuzukii* sp. nov. (Bacillariphyceae) from Lake Biwa, Japan and *S. carconensis* from North America. Phycological Research **48**: 231-239.
- van Dam, H., Mertens, A. & Sinkeldam, J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. Netherlands Journal of Aquatic Ecology 28: 117-133.
- Wallace, J. 1960. New and variable diatoms. Notulae Naturae 331: 1-8.
- Wilson, S.E., Cumming, B.F., & Smol, J.P. 1994. Diatom-salinity relationships in 111 lakes from the Interior Plateau of British Columbia, Canada: The development of diatom-based models for paleosalinity and paleoclimatic reconstructions. Journal of Paleolimnology 12: 197-221.
- Yasuhara, M. & Irizuki T. 2001. Recent ostracoda from the northeastern part of Osaka Bay, southwestern Japan. Journal of Geosciences, Osaka City University 44: 57-95.