

論 説

気仙沼湾および周辺地域における表層堆積物中の珪藻遺骸群集

塩見良三*・石川 智**・原口 強*・高橋智幸***・鹿島 薫**

*大阪市立大学大学院理学研究科地球学専攻・**九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門・***関西大学社会安全学部

Distributions of modern diatom assemblages from surface deposits in Kesenuma Bay and surroundings, northeast Japan

Ryozo Shiomi*, Satoshi Ishikawa**, Tsuyoshi Haraguchi*, Tomoyuki Takahashi*** and Kaoru Kashima**

*Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka City University, 3-3-138, Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka 558-8585, Japan (s-happy@gaia.eonet.ne.jp); **Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University, 6-10-1, Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka 812-8581, Japan; ***Faculty of Safety Science, Kansai University, 7-1, Hakubai-cho, Takatsuki 569-1098, Japan

Abstract. The surface deposits at 27 sites in Kesenuma Bay, North Japan, and at 6 sites in the surrounding rivers were taken on July and September in 2010, and February in 2011. The distributions of diatom assemblages from those sediments presumed the ecological environment and sedimentary processes at the study area. There was a distinct difference in the distributions of marine plankton species, such as *Thalassiosira* spp. and marine benthic-epiphytic species, such as *Cocconeis scutellum*. The marine plankton species *Thalassiosira* spp. dominated at eastern mouth of the bay, while the marine benthic-epiphytic species such as *Cocconeis scutellum* dominated at western mouth of the bay where shallow tidal flat with abundant sea algae spread widely. The freshwater diatom valves flew into the bay by river flooding and mainly deposited at the river mouths. The distribution of diatom assemblages from the surface sediments was very important data to presume the erosion, transportation and sedimentary processes by the huge tsunami on March 11, 2011.

Key words: diatom, inner bay, Kesenuma, surface deposits

はじめに

宮城県北東部気仙沼湾は、三陸リアス式海岸に位置する(図1, 2), 中間に狭窄部を伴う細長い形状を有する内湾である。当湾は日本有数の漁業基地であり、湾内ではカキ, ホタテ, ノリなどの栽培漁業も盛んに行われてきた。気仙沼湾を含む三陸沿岸地域は、過去のたび重なる津波によって多くの被害を受けてきたが、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に伴う巨大津波の来襲を受け、尊い多くの人命を失い、居住施設、公共施設、生産施設に大きな被害を受けた。

気仙沼湾は1960年5月24日に来襲したチリ津波においても大きな被害を受けている。気仙沼市小々汐くぐしおの検潮記録および気仙沼魚市場岸壁における観察記録から1960年5月24日午前4時05分から25日にかけて約1時間40分周期で、繰り返し津波が襲来した。最大波高は4mである。そして、内湾奥部の狭窄部では4m以上の土砂堆積が生じた。

筆者らは2008年から気仙沼湾におけるチリ津波による

地形および環境変動を明らかとするため、海底地形測量調査、音波探査、湾内3か所でのコアリング(図3)などの調査研究をすすめてきた。塩見ほか(2012)は、コア試料のX線CT観察、初期磁化率測定、含水比測定、年



図1. 気仙沼湾(宮城県)の位置(黒田編, 1996)

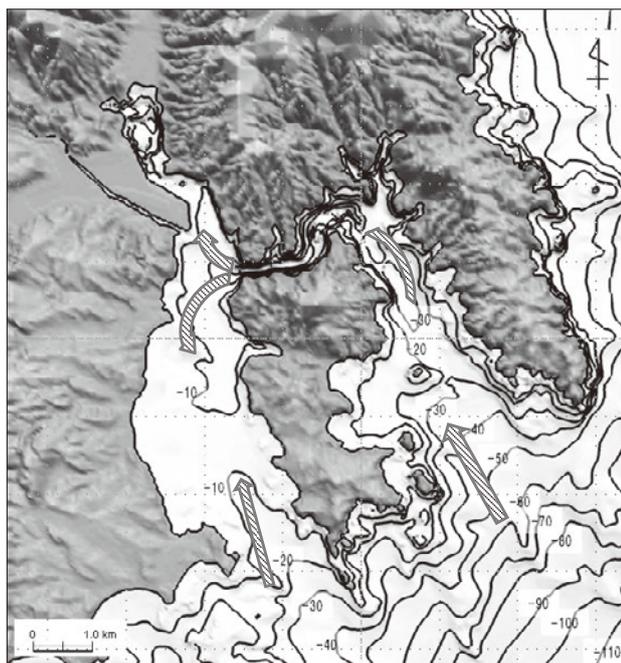


図2. 気仙沼湾の等深線（10m間隔）と海水の湾内への主な流れ（←）。

代測定などを用いて湾内のチリ津波堆積物の層位を確定し、珪藻分析によって堆積環境の推定を行い、津波に伴う湾内の土砂移動過程を復元した。そこでは土砂移動の指標として、湾口および外洋性珪藻種および陸域に生息する淡水生珪藻種の珪藻遺骸を用いることができることを明らかとした。

さらに、より精度の高いコア試料の解析を行うため、現生珪藻種の生息域とその移動と季節変化、気仙沼湾内へ流れ込む珪藻遺骸などを評価することを目的として、2010年7月、9月および2011年2月に、湾内・湾口の27カ所、陸域6カ所で表層堆積物のサンプリングを行った（図3）。この調査は2011年2月以降も継続する予定であったが、2011年3月の東北地方太平洋沖地震で中断した。気仙沼湾においては、この大津波によって湾内の地形と底質、海流、生物分布に大きな変化を生じており、本稿で用いる表層堆積物試料は大津波発生直前の気仙沼湾における珪藻の生態分布を示す貴重な資料となった。なお、東北地方太平洋沖地震以降も、気仙沼湾内の海底地形測量調査と音波探査、周辺陸域における津波の遡上とそれに伴う地形改変について調査を進めており（原口ほか、印刷中）、これらの調査結果の考察を進めるうえでも本稿の結果は重要な基礎資料となる。

本稿では、2010年7月、9月および2011年2月における気仙沼湾および陸域を含むその周辺地域で採取された表層堆積物中の珪藻遺骸群集およびその分布特徴について述べる。

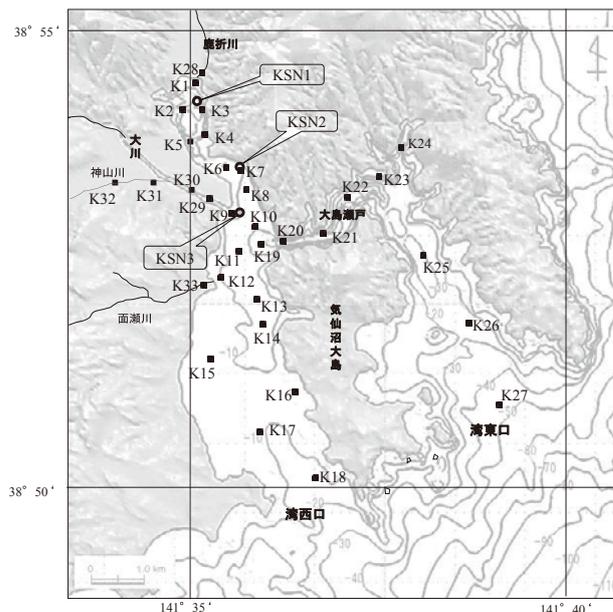


図3. 気仙沼湾および河川域の表層堆積物採取地点（■：K1～K33。現地での採取は2010年7月および9月（K28～K33は採取せず）、2011年2月に実施（2月：K10、K19は採取せず）およびコアリング地点（KSN1～3、2008年11月実施）。

試料と分析の方法

本研究で用いた試料は、2010年7月3～4日（湾内17か所）、2010年9月10～11日（湾内10か所）および2011年2月12～14日（湾内25か所、河川域6か所）に採取した表層堆積物である（図3）。試料採取はエッグマンバジ式採泥器を使用し、湾内では船上から、河川では橋上から採取した。なお、K28地点など採泥器を投下できなかつたりした場合は、護岸堤から数m離れた河川泥を柄杓で採取した。試料は、表層5mm程度をスプーンでとりわけ、サンプル袋に入れ現地でホルマリン固定した。

試料は、過酸化水素水で煮沸し、その後4回洗浄し、カバーガラス上で乾燥させ、マウントメディアで封入した。なお、この一連の作業については Ishikawa *et al.* (2010) によった。

検鏡は光学顕微鏡（1,000倍）を用い、試料ごと珪藻を600殻カウントした。なお、珪藻種の同定および淡水種・汽水種・海生種への生態分類は、鹿島（1992）、小林ほか（2006）、渡辺編（2005）、Hendey（1964）、Hustedt（1930）、Hustedt（1930–1966）、Krammer and Lange-Bertalot（1986、1988、1991a、1991b）、Ishikawa *et al.*（2010）などによった。なお、分布図の作成では、主要属ごとに合算し作図を行った。

調査地域の概要

北から流れ込むししおりがわ鹿折川の影響を受ける湾奥（K1～K5）

表1. 各表層堆積物採取地点の緯度経度、水深、底質の特徴および調査月。○、採取した地点。緯度経度、水深、底質の特徴は2010年7月4～5日、9月9～10日のデータ。ただし、K28～K33は2011年2月13日のデータ。

範囲	採泥地点	(北)緯度	(東)経度	採取地点	水深(m)	底質の特徴	2010年7月	2010年9月	2011年2月
湾奥	K1	38°52'43.88"	141°36'15.19"	鹿折川河口	2.4	黒色泥、かなりの異臭あり。枯葉、枝、草茎など混在。貝無し。	○		○
	K2	38°54'34.29"	141°35'08.51"	神明崎南	7	黒色泥、異臭あり。貝殻、網・生活物などの塵混在。		○	○
	K3	38°54'21.10"	141°34'49.87"	神明崎東	9.2	黒色泥、異臭あり。	○		○
	K4	38°54'19.43"	141°35'09.09"	魚市場東	9.3	黒色泥、海藻あり。	○		○
	K5	38°54'00.51"	141°35'03.92"	魚市場東	7.9	黒色泥、異臭あり。小貝片、網・生活物などの塵混在、砂が混在。		○	○
狭窄部	K6	38°53'36.74"	141°35'23.03"	埠頭近く	10	黒色泥、異臭あり。少量の貝片混在。		○	○
	K7	38°53'26.04"	141°35'37.26"	小々汐西	8.4	褐色泥と黒色泥の混在。貝殻小片あり。	○		○
	K8	38°53'32.38"	141°35'44.44"	二ノ浜北	15	黒色泥、異臭あり。貝片なし。		○	○
大川河口域	K9	38°53'16.06"	141°35'52.76"	大川河口域	3.7	表面は褐色泥、内部は黒色泥。貝殻小片あり。	○		○
	K10	38°52'46.78"	141°35'57.97"	大川河口域	22.7	粘っこい黒色泥。異臭あり。貝殻なし。		○	
	K11	38°53'02.29"	141°35'40.97"	山京東	18.2	表面は褐色泥、内部は黒色泥。海藻が混在。	○		○
湾西口一帯	K12	38°52'45.09"	141°35'47.94"	松岩漁港入口	12.5	黒色泥。植物根あり。	○		○
	K13	38°52'26.97"	141°35'32.29"	松崎尾崎東	13	少量の黒色泥土、異臭あり。ムール貝片が多数混在。	○		○
	K14	38°52'12.29"	141°35'53.90"	田尻西沖	11	表面は褐色泥、内部は黒色泥。	○		○
	K15	38°51'54.53"	141°35'53.63"	岩月台ノ沢	5.4	表面は褐色泥、内部は黒色泥。海藻と細かい貝殻片多数あり。	○		○
	K16	38°51'29.02"	141°35'12.74"	向山下	3.5	砂混じり黒色泥土。	○		○
	K17	38°51'135.19"	141°36'28.61"	要害ノ鼻西	9.5	黒色の砂混じり泥土。	○		○
	K18	38°50'08.44"	141°36'33.37"	姥ヶ磯北東	13.5~37.2	3回採泥を実施。3回目まで砂を採取。		○	○
	K19	38°52'46.80"	141°36'15.10"	大島瀬戸西口	43	粘っこい黒色泥。異臭あり。		○	
大島瀬戸	K20	38°52'48.47"	141°36'41.06"	松明崎北	41	表面は褐色泥、内部は黒色泥。	○		○
	K21	38°52'48.58"	141°36'41.51"	三ノ浜東	33.4	表面褐色で内部黒色の泥。異臭あり。貝殻なし。		○	○
	K22	38°53'21.59"	141°37'34.52"	日向貝北東	31.5	表面は褐色泥、内部は黒色泥。海藻が混在。	○		○
	K23	38°53'45.32"	141°37'56.39"	九九鳴き浜	32.3	表面は褐色泥、内部は黒色泥。海藻が混在。	○		○
	K24	38°52'36.79"	141°38'15.63"	藤浜西	20.8	表面は褐色泥、内部は黒色泥。貝殻片が混在。	○		○
湾東口一帯	K25	38°52'01.16"	141°38'43.48"	恵比寿鼻東	31.2	表面は褐色泥、内部は黒色泥。	○		○
	K26	38°51'51.68"	141°38'47.21"	津本浜漁港西	28.8	砂に若干の泥が混在。		○	○
	K27	38°50'58.74"	141°39'18.73"	小前見島東	43	砂に泥が混在。黒味がかっている。		○	○
河川域	K28	38°54'56.00"	141°35'11.28"	鹿折川河口500m	0.4	鹿折川コンクリート護岸。黒っぽい泥。干潮時に護岸付近にて採取。			○
	K29	38°53'43.86"	141°34'14.12"	大川JR鉄橋下	0.5	大川JR鉄橋下200m付近。コンクリート護岸にて採取。黒味がかった泥。			○
	K30	38°54'10.67"	141°33'24.01"	大川曙橋下	不明	エッグマンにて採取。黒っぽい泥混じり砂。しまっている。			○
	K31	38°53'32.75"	141°34'00.84"	神山川橋梁下	0.3	大川合流点より上約600mで採取。茶褐色の砂泥。			○
	K32	38°53'12.25"	141°33'21.10"	神山川国道橋梁下	0.2	大川合流点より上約1.5kmで採取。茶褐色の砂泥。			○
	K33	38°52'13.68"	141°34'57.73"	面瀬川国道橋梁下	0.4	河口から約500m。黒っぽい泥混じり砂。			○

は、狭窄部に阻まれ海水の流入が少なくて、泥質が連続して堆積している閉塞的な場所である。河口に近い(K1～K3)表層泥はかなりの異臭がした。コア採取地点KSN1付近は1960年チリ津波で最大で2mの土砂堆積があったところで(高橋ほか, 1991)、海底の海草には懸濁物が付着していた。狭窄部(K6～K8)で採取した表層泥は、異臭がする黒色泥である。コア採取地点KSN2付近は泥底

表面を攪乱させないが、沈降する堆積物はある程度抑制できる流動場である。大川河口域(K9～K11, K19)は西から流れ込む大川の影響を受ける。採取した黒色表層泥表面は茶褐色泥が数mm覆われていた。コア採取地点KSN3付近は海藻の生息がほとんどなく、生物の生息痕も見られない。大川から流れ込んできた木片や枝が堆積していた。底質は柔らかいシルト質であった。湾西口一

表2. 2010年(夏季), 2011年(冬季)の生息域別珪藻遺骸出現個体数およびその割合(%)。

地点	2010年 夏季						2011年 冬季					
	淡水生(個数)	汽水生(個数)	海水生(個数)	淡水生(%)	汽水生(%)	海水生(%)	淡水生(個数)	汽水生(個数)	海水生(個数)	淡水生(%)	汽水生(%)	海水生(%)
K1	454	58	88	75.7	9.5	14.8	343	78	179	57.2	13.0	29.8
K2	115	121	364	17.2	20.2	62.7	131	113	356	21.8	18.8	59.3
K3	276	57	267	46.0	9.5	44.5	134	43	423	22.3	7.2	70.5
K4	143	102	355	23.8	17.0	59.2	114	69	417	19.0	11.5	69.5
K5	90	100	410	15.0	16.7	68.3	139	59	402	23.2	9.8	67.0
K6	169	89	342	28.2	14.8	57.0	183	79	338	30.5	12.0	57.5
K7	170	80	350	28.3	13.3	58.3	118	67	415	19.7	11.2	69.2
K8	143	94	363	22.8	15.7	61.5	227	54	319	37.8	9.0	53.2
K9	412	55	133	68.7	9.2	22.2	277	82	241	46.2	13.7	40.2
K10	281	67	252	46.3	11.2	42.5				採取せず [※]		
K11	188	103	309	31.3	17.2	51.5	191	71	338	31.8	11.8	56.3
K12	159	71	370	26.5	11.3	62.2	133	56	411	22.2	9.3	68.5
K13	79	57	464	13.2	9.5	77.3	113	66	421	18.8	11.0	70.2
K14	48	69	483	8.0	11.5	80.0	89	79	432	14.8	13.2	72.0
K15	42	40	518	7.0	6.5	86.0	56	17	527	9.3	2.8	87.8
K16	51	14	118	27.9	7.7	64.5	112	23	205	32.9	6.8	60.3
K17	139	60	401	23.2	9.8	67.0	37	11	88	27.2	8.1	64.7
K18	30	23	88	18.4	16.3	65.2	99	76	184	27.6	21.4	51.0
K19	243	78	279	40.5	13.0	46.5				採取せず [※]		
K20	222	40	338	37.0	6.7	56.3	200	53	347	33.3	8.8	57.8
K21	148	44	408	24.2	7.3	68.5	210	66	324	35.0	10.5	54.5
K22	128	40	432	21.3	6.7	72.0	165	31	404	27.5	5.2	67.3
K23	104	66	430	17.3	11.0	71.7	84	36	480	14.0	5.8	80.0
K24	72	81	447	12.0	13.5	74.0	88	65	447	14.7	10.8	74.5
K25	3	8	71	3.6	8.4	88.0	59	79	462	9.8	13.2	77.0
K26	29	17	82	21.1	12.5	66.4	3	38	115	1.9	24.4	73.7
K27	7	3	27	18.9	8.1	73.0	3	10	24	8.1	27.0	64.9
K28			採取せず [※]				343	63	194	57.2	10.5	32.3
K29			採取せず [※]				453	81	66	75.5	13.5	11.0
K30			採取せず [※]				141	112	156	35.0	27.4	38.1
K31			採取せず [※]				427	123	50	71.2	20.5	8.3
K32			採取せず [※]				538	50	12	89.7	8.3	2.0
K33			採取せず [※]				329	19	10	91.9	5.3	2.8
合計	3945	1637	8189	28.8	11.5	59.7	5539	1869	8787	24.4	9.8	65.8

帯(K12~K18)は、主に表面が茶褐色で砂混じり表層泥である。採取した水深は3.5~13mと浅い。K18(水深13.5~37.2m)は西湾入口で、採泥器を数回入れ、少量の砂が採取できた。大島瀬戸(K20~K24)は水深(30m前後)が深く流れも速く、採泥に苦労した。海水は主にこの瀬戸を通り湾内へ流れ込む(図2)。主に表面が茶褐色、内部が黒色の表層泥を採取した。湾東口一帯(K25~K27)は、水深がさらに深くなる。K25で表面が茶褐色、内部が黒色の表層泥が採取できたが、K26、K27は主に黒色泥混じり砂であった。河川域の採泥は2011年2月の1回である。鹿折川は河口から約500m上流(K28)で、干潮時にほぼ中央部で採泥した。一帯は黒色泥質が堆積している。大川は河口から約500m上流(K29)の護岸から数m離れた川底の表層泥、曙橋(K30)からは採泥器で採取した。K28、K29は採泥器の使用はできなかった。K31、K32は大川合流点からそれぞれ約600m、約1,500m上流の神山川で採取した。面瀬川(K33)は河口から500m上流地点のほぼ川の中央部で採泥した。一帯は泥質が堆積している。

各地点の地名・緯度経度および水深、底質の特徴については表1にまとめた。

淡水種・汽水種・海生種の分布

生息域別珪藻遺骸出現数およびその割合は表2の通りである。以下のような地域的特徴がみられた。

鹿折川河口(K1)および大川河口(K9~K11): 淡水生種が卓越し、K1では、夏季76%、冬季57%、K9では、夏季69%、冬季46%となる。K10の夏季は46%(冬季は採取せず)、K11の夏季は31%、冬季は32%であった。

湾奥一帯(K2~K5): 南北を鹿折川河口および大川河口に挟まれている。海水生種が卓越し、鹿折川河口域に最も近いK3地点では、海水生種の夏季割合が45%であるが、その他の地点ではほぼ60~70%である。

狭窄部一帯(K6~K8): チリ津波によって4m以上の土砂堆積を生じた地域である(高橋ほか, 1991)。海水生種がほぼ55~60%、汽水生種が15%、淡水生種が20~30%程度を占める。

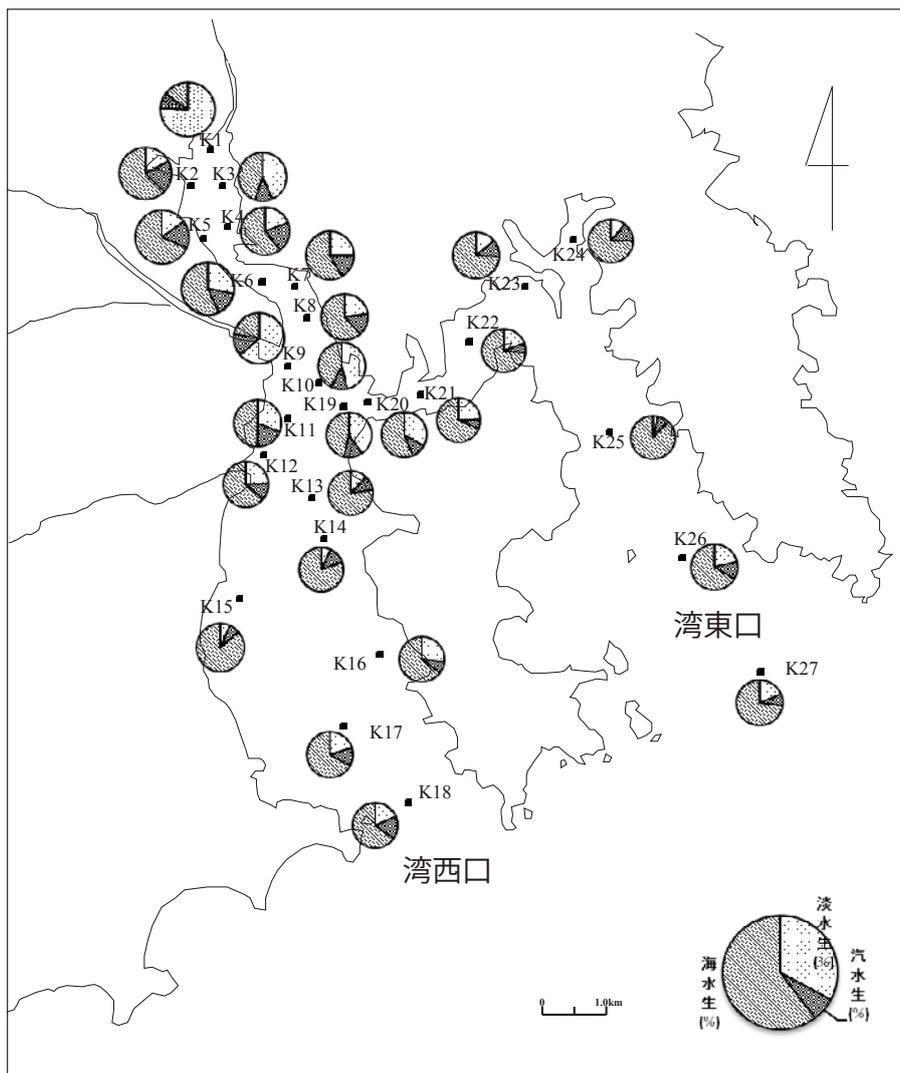


図4. 2010年7月および9月（夏季）の気仙沼湾表層堆積物中の珪藻遺骸群集の淡水・汽水・海水生種の割合（％）.

大島瀬戸一帯（K19～K24）：海水生種が卓越するが、大島瀬戸西口周辺（K19, K20）では、夏季の淡水生種がほぼ40％を占める。冬季には淡水生種の占有率が33％である。

湾西口一帯（K12～K18）：海水生種の占有率が、夏季、冬季ともに60～85％である。汽水生種はほぼ10％で、冬季の淡水生種は10～33％を占め、増える傾向にある。

湾東口一帯（K25～K27）：夏季の珪藻産出は、K25で82個体（淡水生種4％、汽水生種8％、海水生種88％）、K26で128個体（淡水生種21％、汽水生種13％、海水生種66％）、K27で37個体（淡水生種19％、汽水生種8％、海水生種73％）であった。冬季は、湾内に入ったK25で600個体数えることができた。内訳は淡水生種10％、汽水生種13％、海水生種77％であった。K26では156個体（淡水生種2％、汽水生種24％、海水生種74％）、K27では37個体（淡水生種8％、汽水生種27％、海水生種65％）であった。

河川域（K28～K33）：鹿折川（K28）では、淡水生種が卓越するものの、海水生種が32％、汽水生種が11％を占める。海水生種や汽水生種の産出は大川のJR鉄橋下流（K29：海水生種11％、汽水生種14％）、上流の曙橋下（K30：海水生種38％、汽水生種27％）でも見られる。さらに内陸支流の神山川2地点（K31, K32）、面瀬川（K33）でも海水生種が産出した。このことから大川流域では支流の神山川まで、1.5km以上の海水の遡上と海水生珪藻の堆積があると推定される。

内湾域の試料では、2010年7月の試料からは58属、2010年9月の試料からは49属、2011年2月の試料からは56属の珪藻が産出した。河川域からは2011年2月に39属を得た。淡水生種・汽水生種・海水生種の割合は、一般的に冬季で淡水生種の割合が夏季に比べてやや減少する傾向は認められたものの（図4, 5）、大きな季節変動は見られなかった。

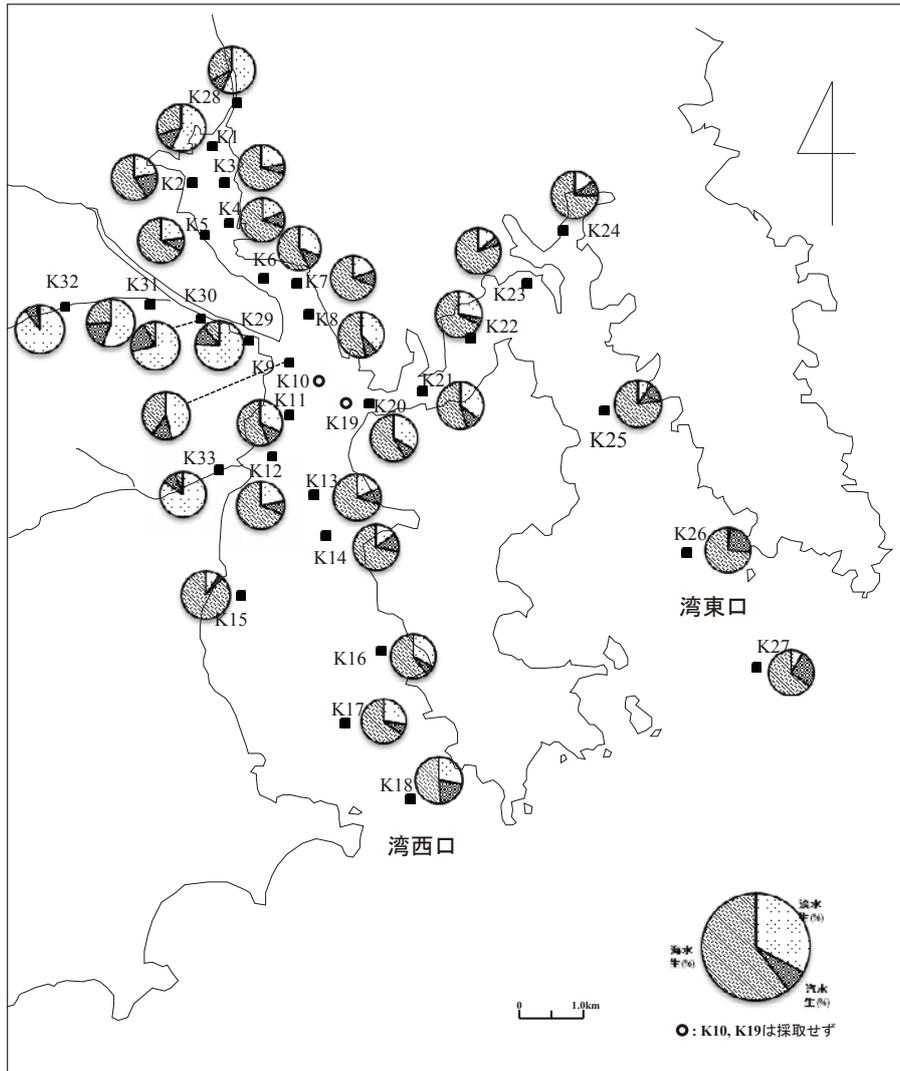


図5. 2011年2月（冬季）の気仙沼湾および周辺河川の表層堆積物中の珪藻遺骸群集の淡水・汽水・海水生種の割合（%）（○印：K10, K19は採取せず）。

主要珪藻属ごとの分布

Thalassiosira属（海生種）

*Thalassiosira excentrica*などの海水生の *Thalassiosira*属をまとめて計数した（図19a, b）。海水生の *Coscinodiscus*属は *Thalassiosira*属と区別することが難しかったため、計数に際してはこれらを含んでいる。夏季および冬季で湾内ほぼ全域に分布が確認された。特に、大島瀬戸（K19～K24）から湾東口（K25～K27）において10%を越える産出が認められた（図6a, b）。

Thalassionema属（海生種）

形態は両先端がやや突出した海水生の *Thalassionema nitzschioides*が多く産出する（図19c）。分類上の再検討が必要かもしれない。夏季および冬季で湾内ほぼ全域で分布が確認され、特に湾奥（K2～K5）から大島瀬戸（K19～K24）において10%を越える産出が認められた。湾東

口（K25～K27）において産出が減少することが *Thalassiosira*属の産出傾向と異なる（図7a, b）。

Amphora属（海生種）

Amphora venticosa（図19d）など海水生の *Amphora*属をまとめ、*Amphora lybic*など淡水生の *Amphora*属は除外している。夏季および冬季で湾内ほぼ全域に分布するが、特に湾西口（K12～K18）で20%を越える産出が見られた。湾西口は水深が10m以浅であり、K16地点では3.7mとなる。これに対して水深28.8～43mの湾東口（K25～K27）では20%を越える産出は見られなかった（図8a, b）。

Cocconeis属（海生種）

Cocconeis scutellum（図19e）、*C. psuedomarginata*（図19f）、*C. pellucida*（図19g）など海水生の *Cocconeis*属をまとめ、*Cocconeis placentula*など淡水生の *Cocconeis*は除

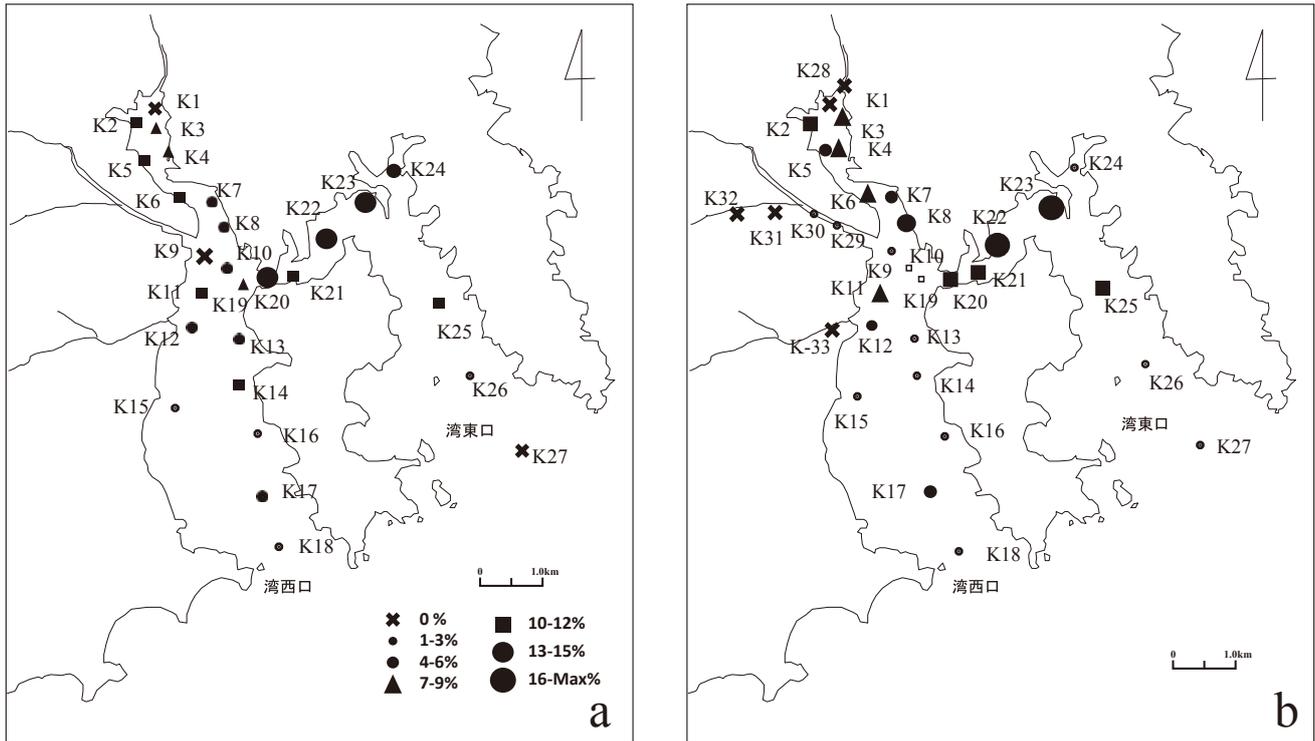


図6. *Thalassiosira*属 (海生種) の気仙沼湾および周辺河川の表層堆積物中の出現頻度分布. a, 夏季 (2010年7月, 9月). b, 冬季 (2011年2月). □, 採取しなかった地点.

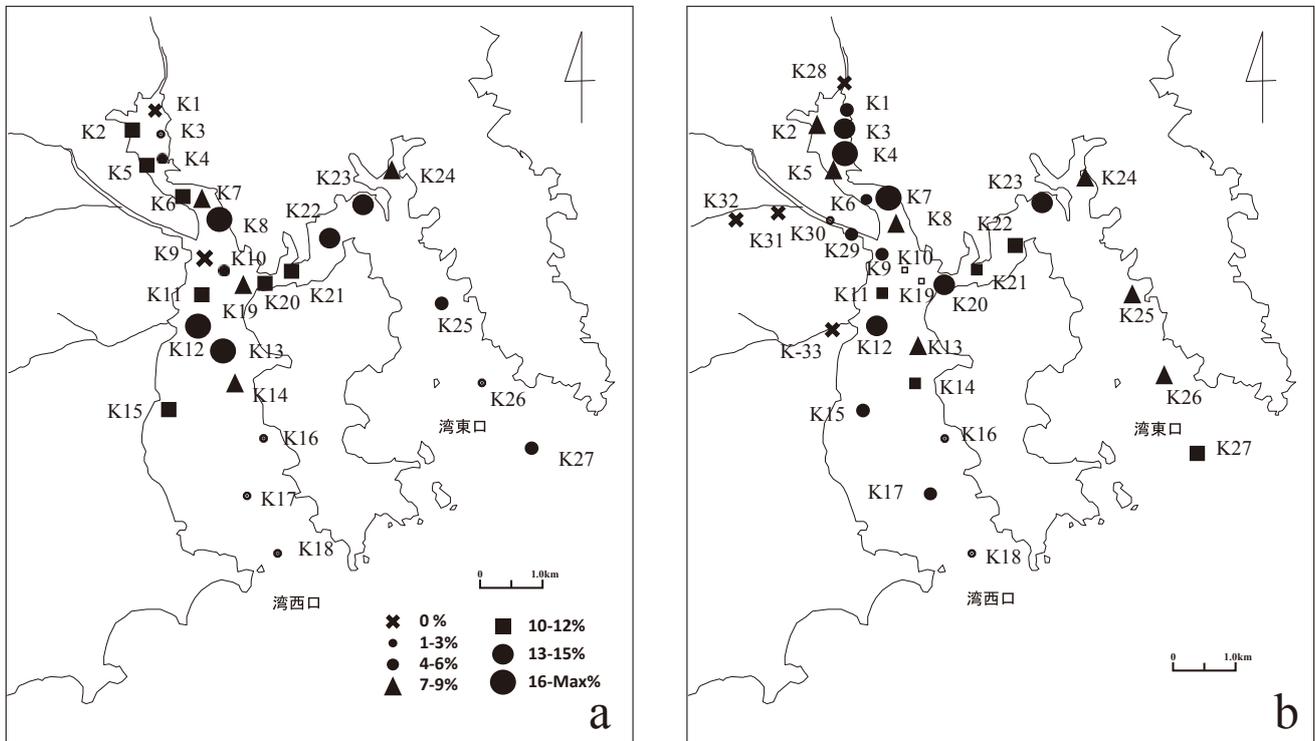


図7. *Thalassionema*属 (海生種) の気仙沼湾および周辺河川の表層堆積物中の出現頻度分布. a, 夏季 (2010年7月, 9月). b, 冬季 (2011年2月). □, 採取しなかった地点.

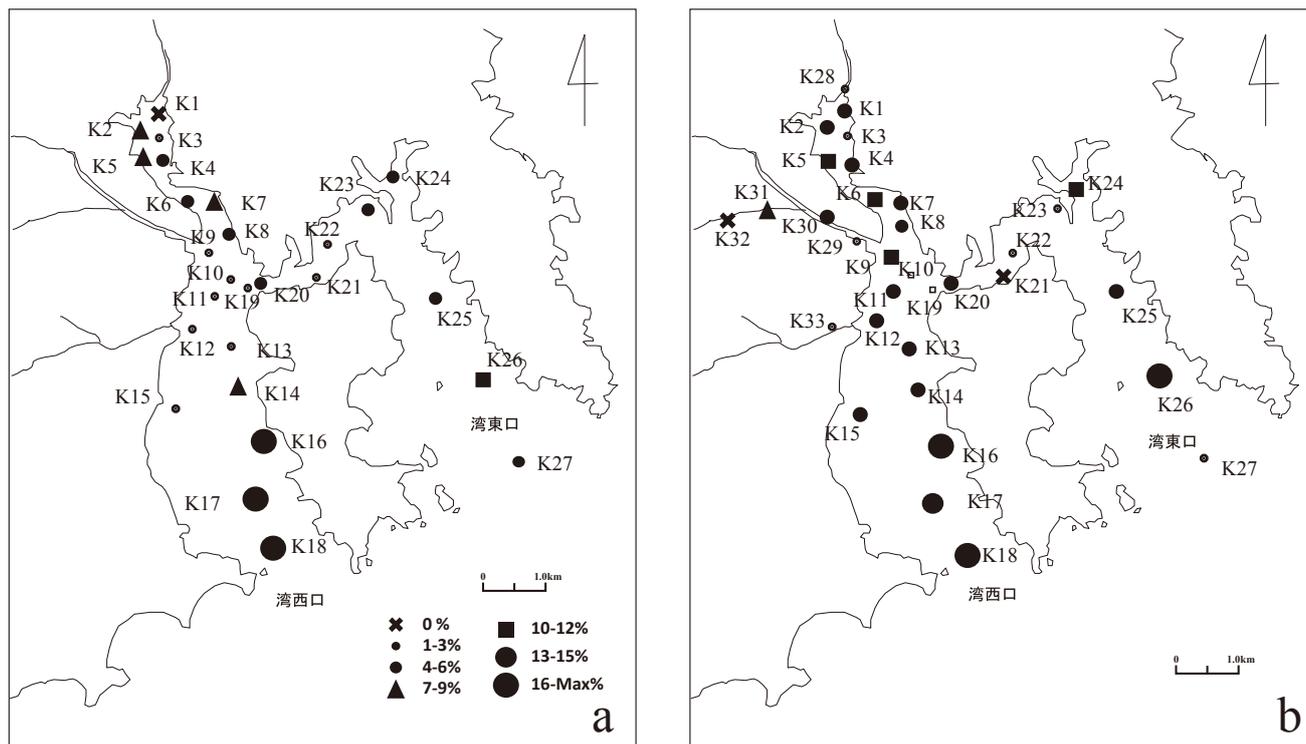


図8. *Amphora*属 (海生種) の気仙沼湾および周辺河川の表層堆積物中の出現頻度分布. a, 夏季 (2010年7月, 9月). b, 冬季 (2011年2月). □, 採取しなかった地点.

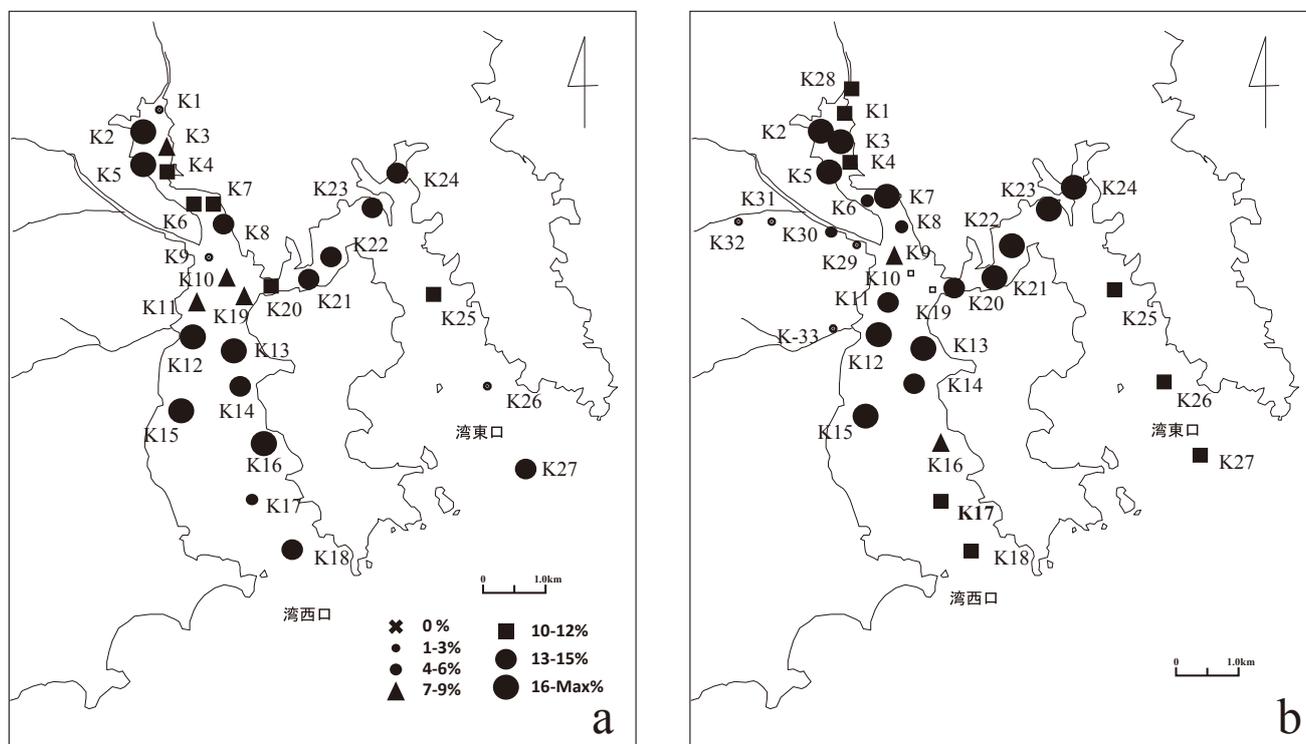


図9. *Cocconeis*属 (海生種) の気仙沼湾および周辺河川の表層堆積物中の出現頻度分布. a, 夏季 (2010年7月, 9月). b, 冬季 (2011年2月). □, 採取しなかった地点.

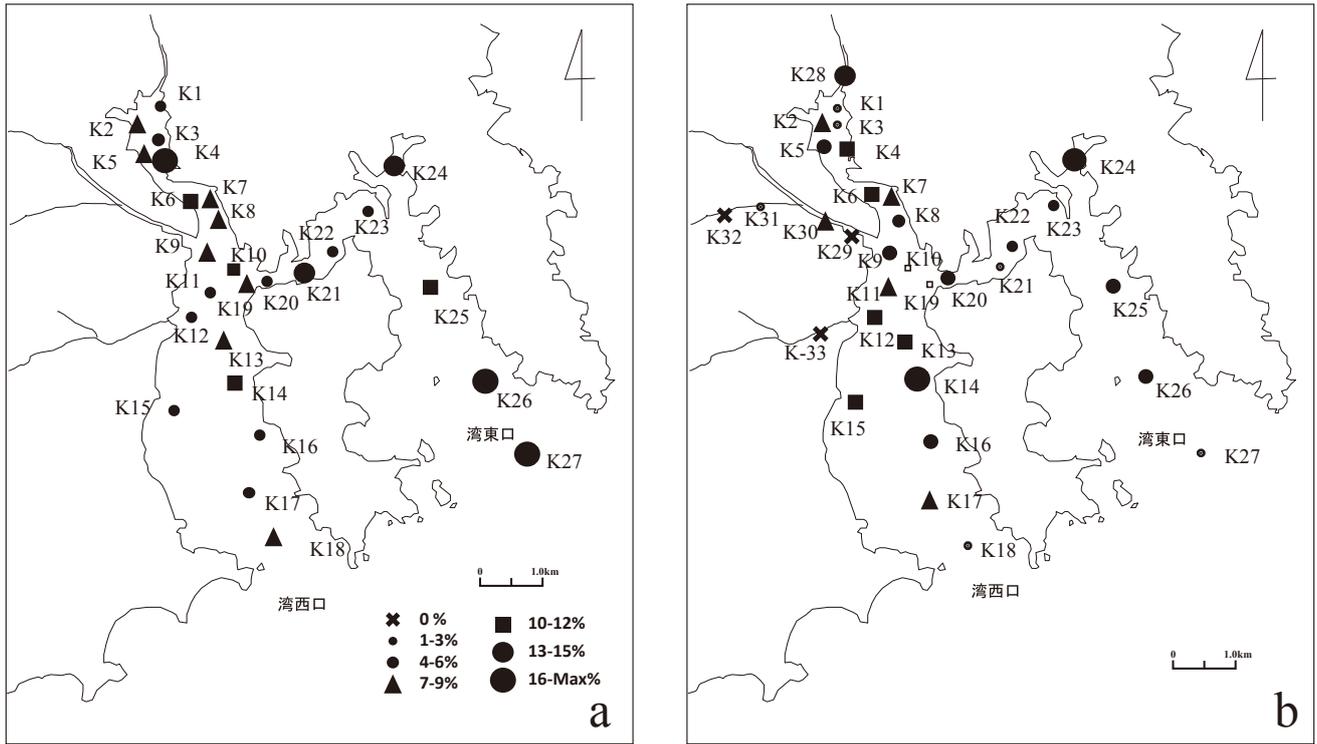


図10. *Nitzschia*属 (海生種) の気仙沼湾および周辺河川の表層堆積物中の出現頻度分布. a, 夏季 (2010年7月, 9月). b, 冬季 (2011年2月). □, 採取しなかった地点.

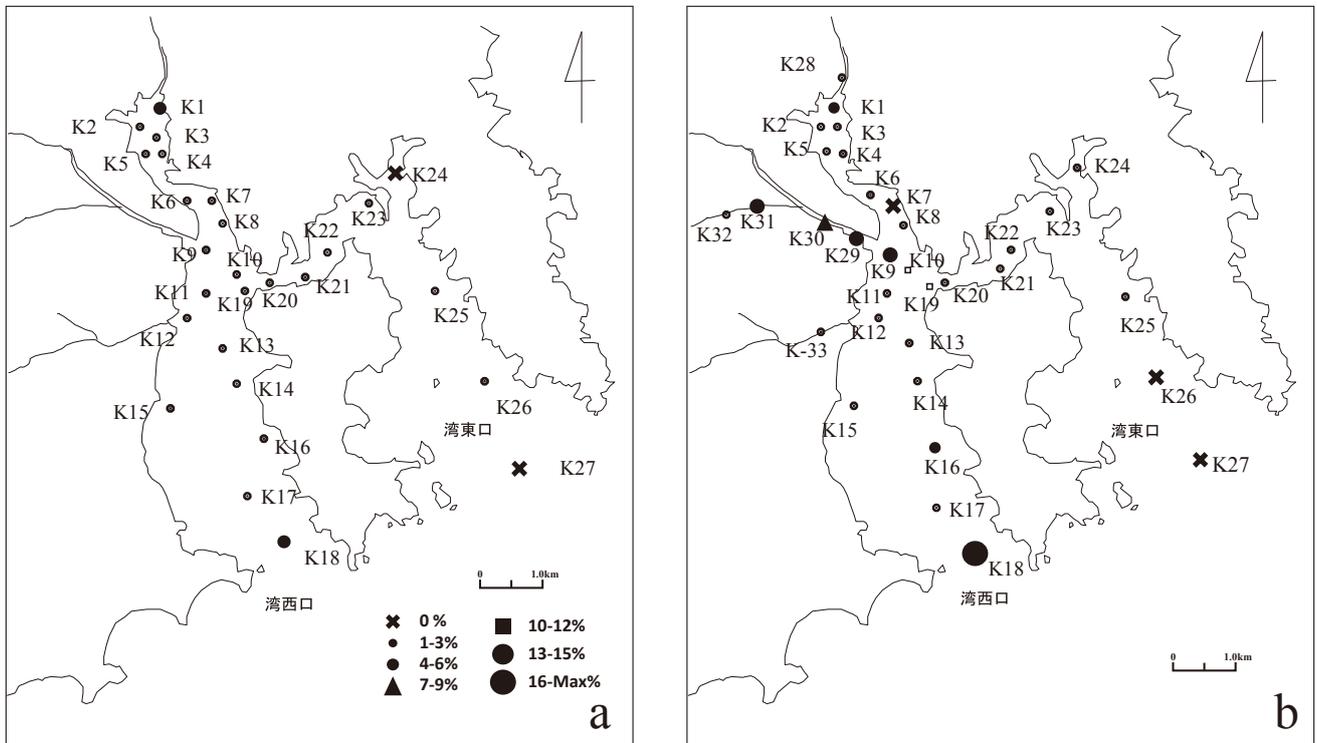


図11. *Achmanthes*属 (汽水種) の気仙沼湾および周辺河川の表層堆積物中の出現頻度分布. a, 夏季 (2010年7月, 9月). b, 冬季 (2011年2月). □, 採取しなかった地点.

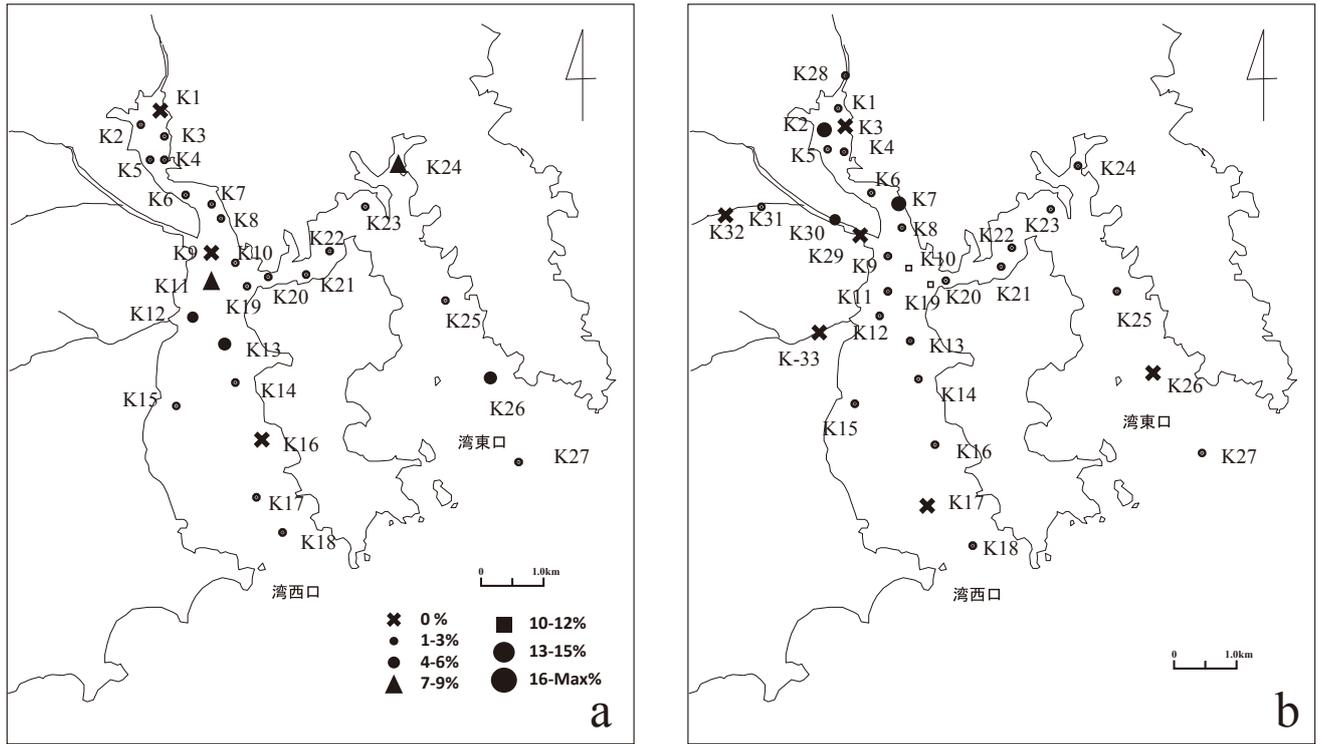


図12. *Bacillaria*属（気生種）の気仙沼湾および周辺河川の表層堆積物中の出現頻度分布. a, 夏季（2010年7月, 9月）. b, 冬季（2011年2月）. □, 採取しなかった地点.

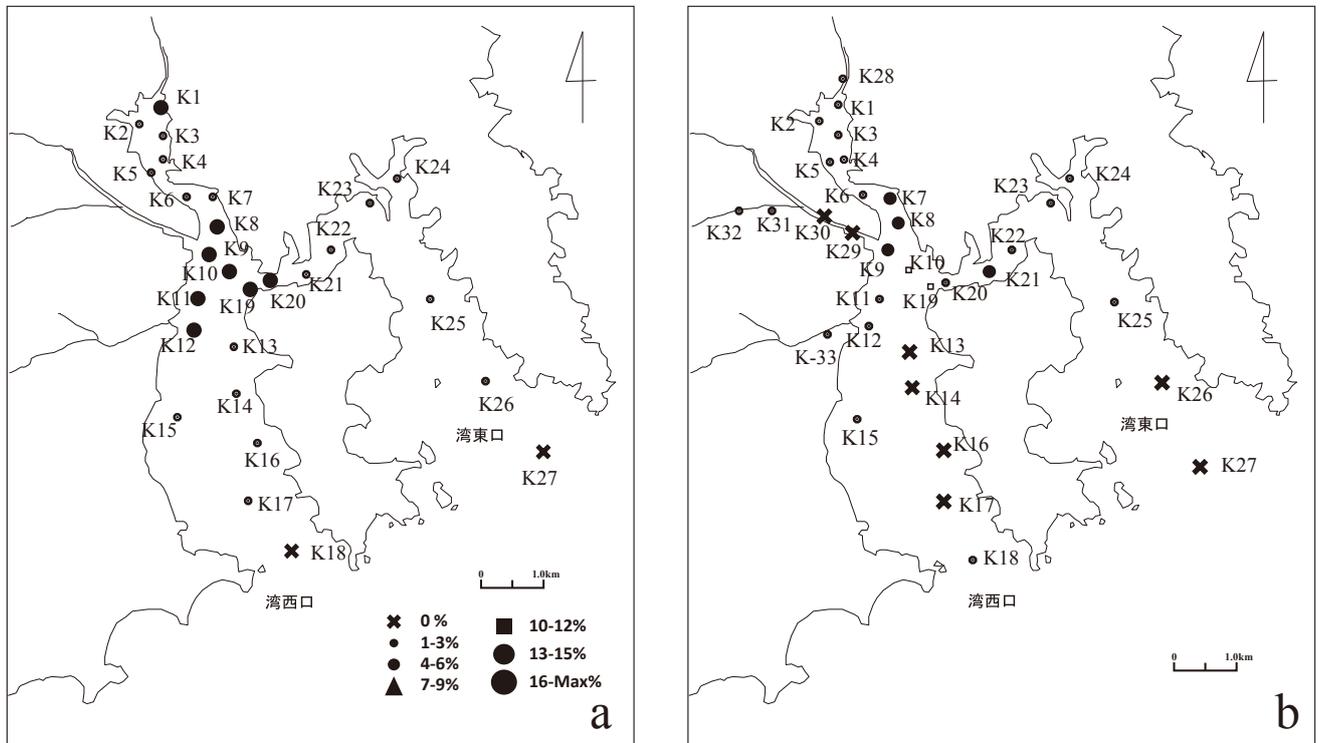


図13. *Cocconeis*属（淡水種）の気仙沼湾および周辺河川の表層堆積物中の出現頻度分布. a, 夏季（2010年7月, 9月）. b, 冬季（2011年2月）. □, 採取しなかった地点.

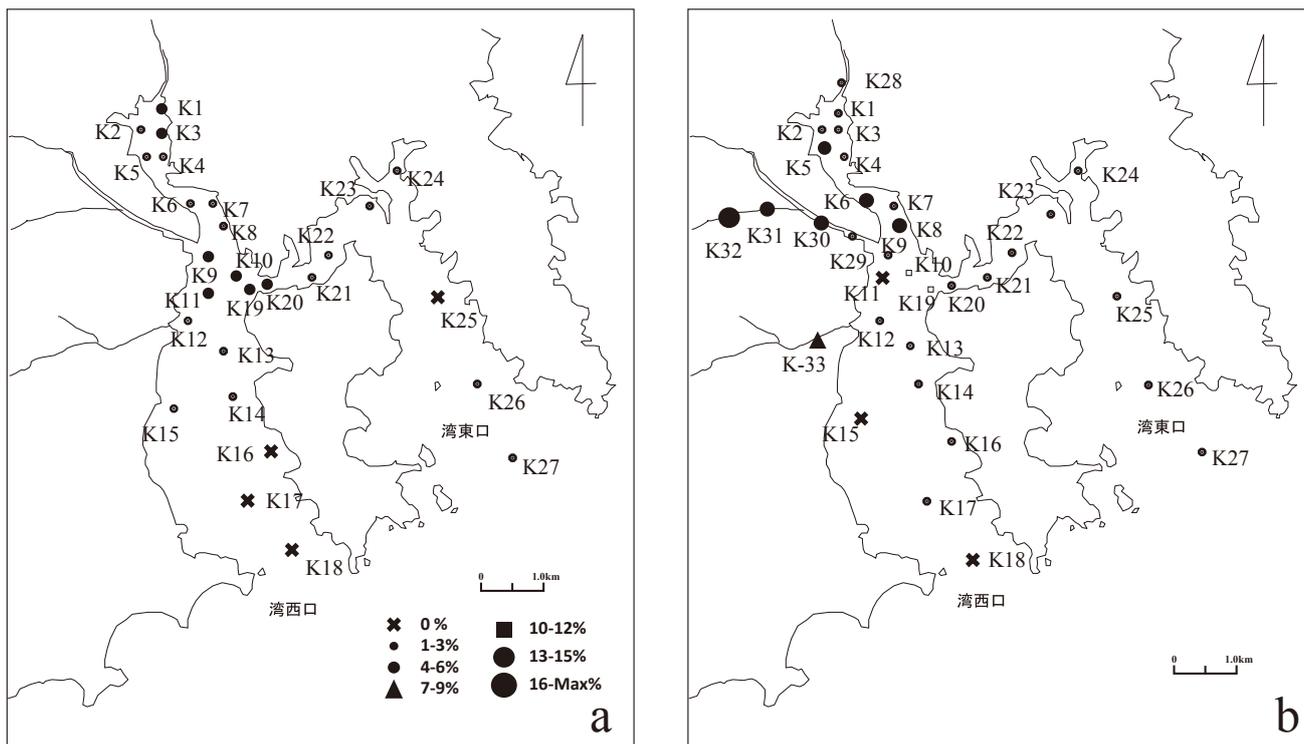


図14. *Gomphonema*属 (淡水種) の気仙沼湾および周辺河川の表層堆積物中の出現頻度分布. a, 夏季 (2010年7月, 9月). b, 冬季 (2011年2月). □, 採取しなかった地点.

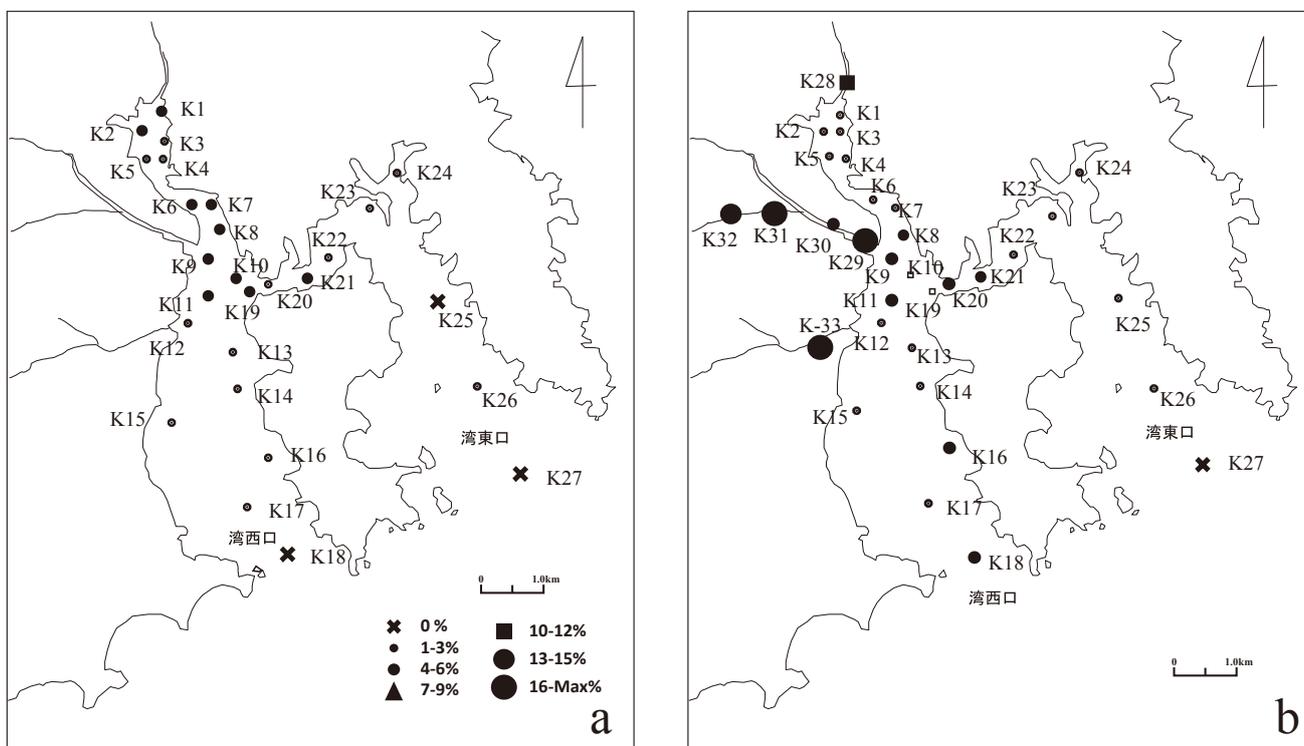


図15. *Navicula*属 (淡水種) の気仙沼湾および周辺河川の表層堆積物中の出現頻度分布. a, 夏季 (2010年7月, 9月). b, 冬季 (2011年2月). □, 採取しなかった地点.

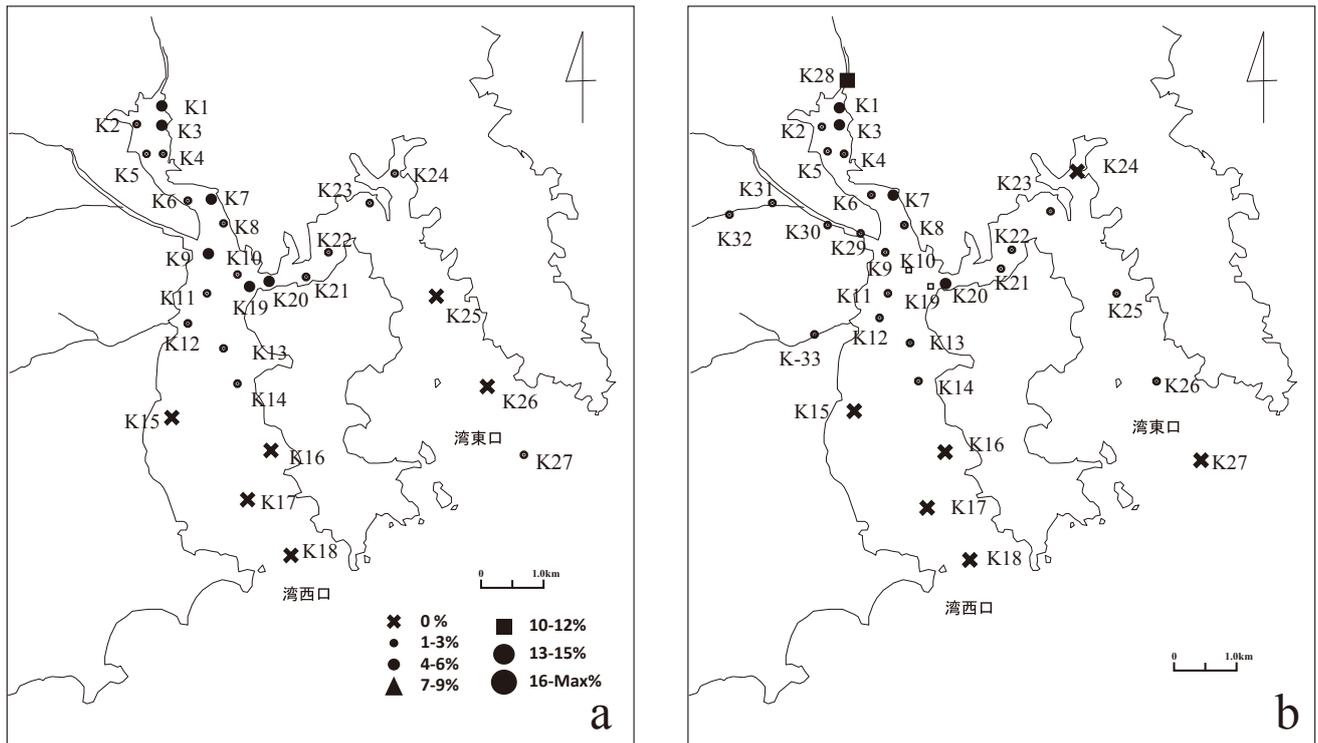


図16. *Synedra*属(淡生種)の気仙沼湾および周辺河川の表層堆積物中の出現頻度分布. a, 夏季(2010年7月, 9月). b, 冬季(2011年2月). □, 採取しなかった地点.

外している. 夏季および冬季で湾内ほぼ全域に分布するが, 特に湾西口の岩月台ノ沢(K15)で, 夏季に37%, 冬季では43%の産出が見られた. この地点は水深が浅く(5.4m), しかも底質には海藻片が多く含まれていた. このため, 海藻に付着するこれらの *Cocconeis* が多く産出したものと推定された(図9a, b).

Nitzschia属(海生種)

Nitzschia littoralis(図20a), *N. panduriformis*(図20b)など海水生の *Nitzschia*属をまとめて計数した. なお, これらには *Tryblionella*属に再分類されているものも含まれているが, 本稿では旧来の分類に基づき, *Nitzschia*属をまとめた. 夏季および冬季で湾内ほぼ全域に分布するが, 夏季に湾東口(K25~K27)では *Nitzschia littoralis*が20%を越える産出があった(図10a, b).

Achnanthes属(汽水種)

Achnanthes brevipes(図20c), *Achnanthes hauckiana*(図20d)など汽水域に産出する *Achnanthes*属をまとめ, *A. lanceolata*など淡水生の *Achnanthes*属は含んでいない. 鹿折川河口(K1), 大川河口(K9~K11)および河川域(K28~K33)に分布の中心が見られた. なお, 冬季において湾西口(K12~K18)にも10%を越える産出が見られた(図11a, b).

Bacillaria属(汽水種)

Bacillaria paradoxa(図20e)が産出した. 鹿折川河口(K1), 大川河口(K9~K11)および河川域(K28~K33)に分布の中心が見られた(図12a, b).

Cocconeis属(淡水種), Gomphonema属(淡水種), Navicula属(淡水種), Synedra属(淡水種)

気仙沼湾では河川から流入した淡水生珪藻が夏季・冬季に産出している. *Cocconeis placentula*(図20f)などの淡水生 *Cocconeis*属, *Gomphonema parvulum*(図20g)などの淡水生 *Gomphonema*属, *Navicula radiosa*(図20h)などの淡水生 *Navicula*属および *Synedra ulna*(図20i)などの淡水生 *Synedra*属について作図を行った. 淡水生のこれらの属はいずれも似たような分布を示し, 鹿折川河口(K1), 大川河口(K9~K11)および河川域(K28~K33)に分布の中心が見られた(図13~16).

今回出現した個体数の多い主な珪藻種を図17, 18に示した. 採取しなかった地点(2011年冬季: K10, K19)と全体で100殻以下の地点はデータが不十分と考え, 図には表示しなかった(2010年夏季: K25, K27, 2011年冬季: K27).

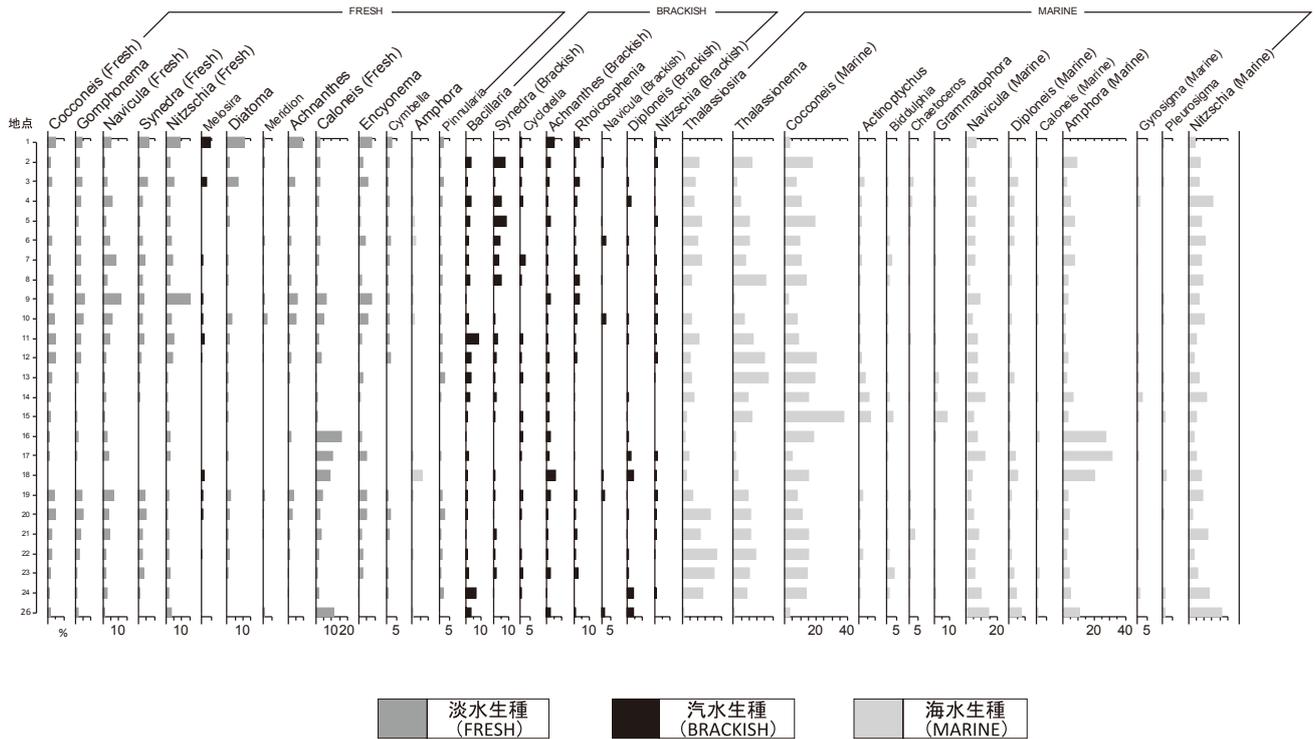


図17. 2010年夏季(7月, 9月)の主な出現珪藻種の割合(%). K25, K27は個体総数が100以下でデータが不十分と考え記載していない。

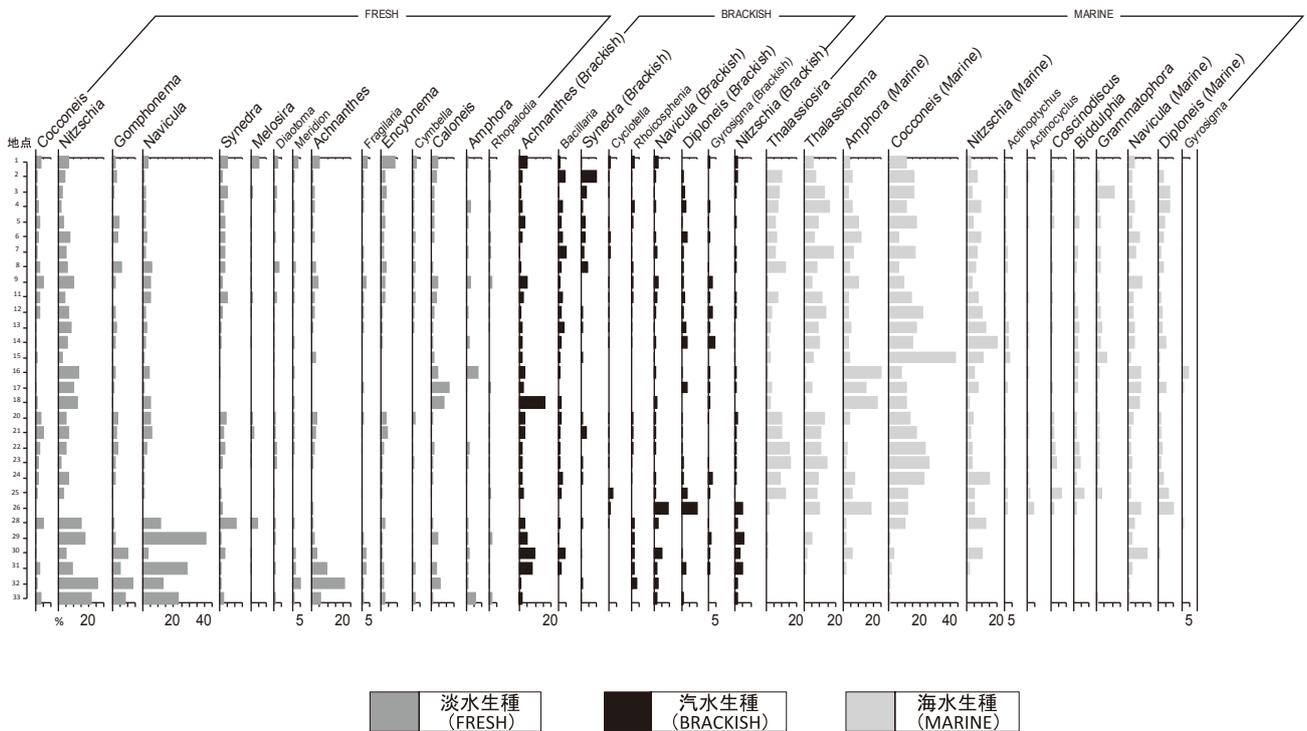


図18. 2011年冬季(2月)の主な出現珪藻種の割合(%). K10, K19は採取しなかったため, K27は個体総数が100以下でデータが不十分と考え, とともに記載していない。

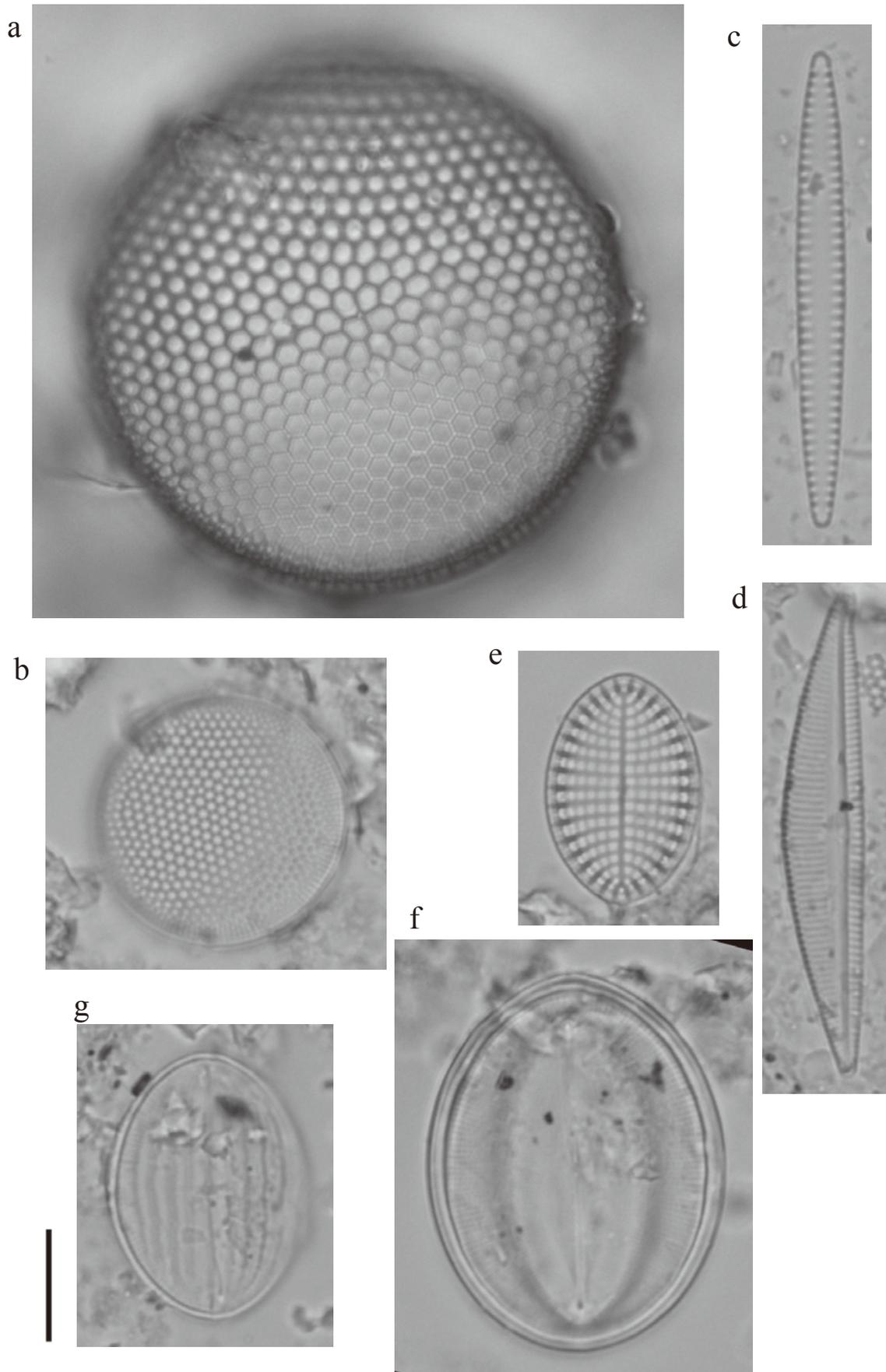


図19. 主な出現珪藻種2 (スケールバー: 10 μ m). a, *Nitzschia littoralis*. b, *Nitzschia panduriformis*. c, *Achnanthes brevipes*. d, *Achnanthes hauckiana*. e, *Bacillaria paradoxa*. f, *Cocconeis placentula*. g, *Gomphonema parvulum*. h, *Navicula radiosa*. i, *Synedra ulna*.

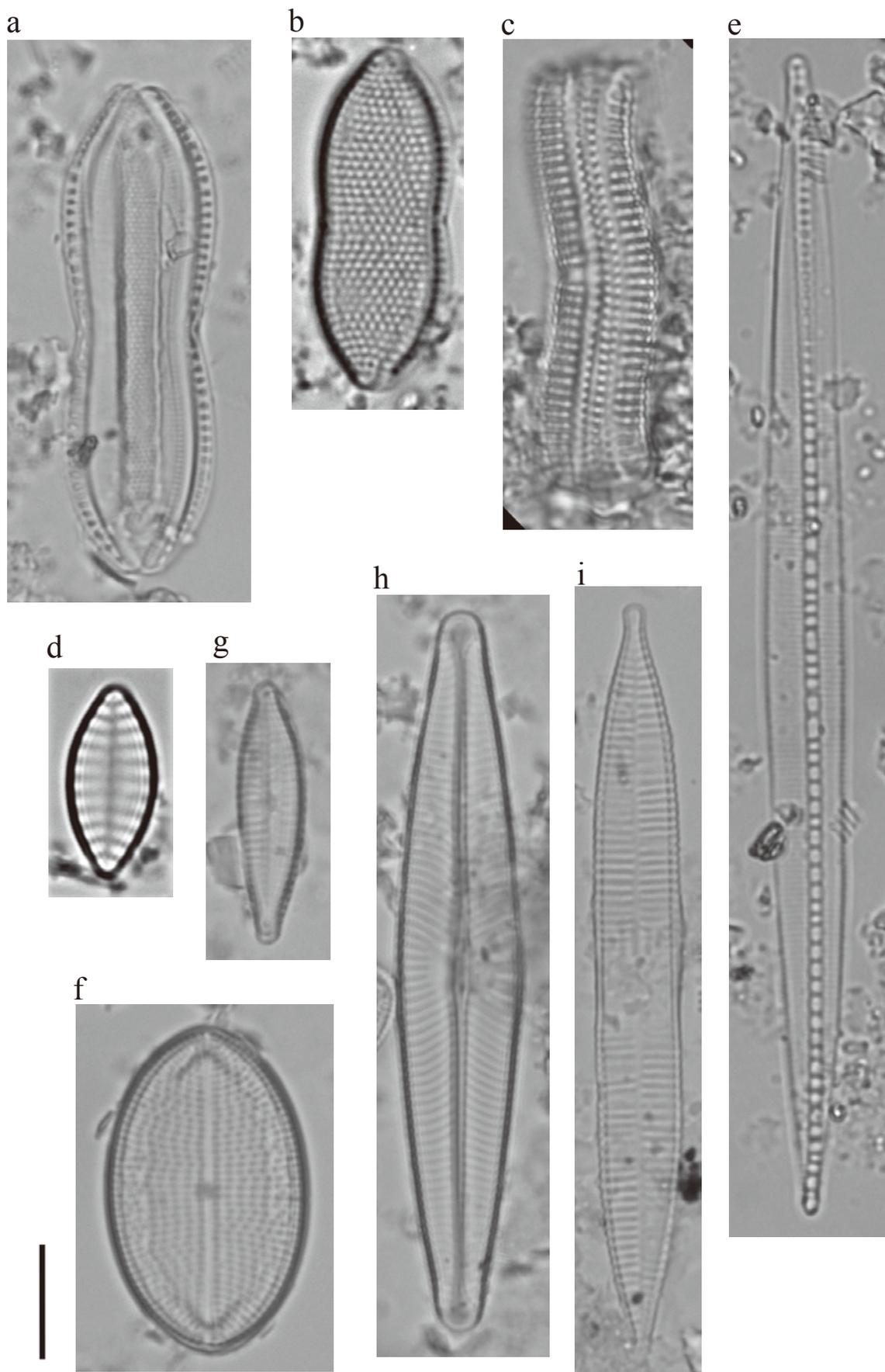


図20. 主な出現珪藻種1 (スケールバー: 10 μ m). a, *Thalassiosira* sp.-1. b, *Thalassiosira* sp.-2. c, *Thalassionema nitzschioides*. d, *Amphora venticosa*. e, *Cocconeis scutellum*. f, *Cocconeis pseudomarginata*. g, *Cocconeis pellucida*.

表層堆積物試料中の珪藻遺骸群集から復元される 気仙沼湾の物質移動過程

本研究では、気仙沼湾および周辺地域において採取された表層堆積物試料を用いて、そこから産出した珪藻遺骸群集の分布を明らかとした。ここでの表層堆積物試料とは、表層約5mmであり、気仙沼湾における1年ごとの堆積物の堆積速度などを厳密には議論できないものの、最近数年程度に堆積した珪藻遺骸の平均を見ているものと推定した。これは、夏季(2010年7月と9月)と冬季(2011年2月)の試料間の珪藻遺骸の分布に顕著な差異が認められないことから示唆される。

湾内で採取された表層堆積物試料では海水生種、汽水生種が優占するものの、約25~30%淡水生珪藻遺骸が含まれている。これに対して、河川で採取した試料の中からも約10~30%海水生珪藻遺骸が含まれていた。

そこで、淡水生珪藻遺骸の湾内での分布から、気仙沼湾の物質移動過程を考察する。鹿折川河口(K1)では60~70%程度の淡水生遺骸が含まれていたが、その割合は河口から約500m離れたK2地点では約20%、約400m離れたK3では約20~45%と減少している。これに対して大川河口(K9)においては約45~70%淡水生珪藻遺骸が含まれていたが、K9から約150m離れたK10では46%、約700m離れたK19では41%と鹿折川に比べると広域にまで淡水生種の割合が多くなっている。これは河川規模が大川の方が大きいため、淡水生珪藻遺骸の混入率に違いが生じたものと考えられる。ただ、両河川とも淡水生珪藻遺骸が50%以上を占める範囲は河口周辺のみ限定されている。

一方、チリ津波によって4mを越す土砂堆積が見られた狭窄部で掘削されたボーリングコアKSN2に見られる津波堆積物では、淡水生珪藻遺骸が63%を占めていた(塩見ほか, 2011)。同地点は鹿折川河口から約2,400m、大川河口から約1,000m離れており、本論で明らかとなった表層堆積物の種構成は、海水生種が50~70%、汽水生種がほぼ10%、淡水生種が30%程度を占める。したがって、60%を越す淡水生珪藻遺骸の堆積は通常の湾内の物質移動過程では生じえず、津波などの特別な海水流動に伴い堆積したことを示している。

鹿島(2001)は汽水湖沼である宍道湖において、湖内約50地点における表層堆積物中の淡水生珪藻遺骸の分布から、湖内への物質移動を観測したが、ここにおいても淡水生珪藻が優占するのは、最も大きい流入河川である斐伊川河口のみに限定されていた。

気仙沼湾や宍道湖は周辺を陸域で囲まれており、珪藻遺骸は長径が10~100 μm 程度と小さいことから、降雨時など多くの淡水生珪藻遺骸が湾内や湖内に流入・堆積するものと予想されたが、実際には津波時など極めて特殊な堆積環境を除くと、その分布は河口域に限られる傾

向にある。

内湾における表層堆積物中の珪藻遺骸分布については、大阪湾(廣瀬ほか, 2009)および東京湾(Tanimura *et al.*, 2001)によって研究がなされている。これを気仙沼湾における結果と比較すると以下のような特徴が認められた。大阪湾の淡水生珪藻遺骸は、淀川河口3地点で40%以上を越える出現がみられた。その分布は河口から4km以内の地点に限られている。その他の地点では、淡水生珪藻遺骸の産出は小さく、湾央域では数%以下となっている。東京湾においても、表層堆積物中から淡水生珪藻遺骸が多産する傾向はみられなかった。各地点の淡水生種の総計数については記載がなかったが、産出1%を越える種リストにおいても淡水生種の記載はなかった。

小杉(1986, 1989)は干潟域における表層中の珪藻遺骸を生体と遺骸に分けてその分布を明らかにした。干潟域に生体分布が見られなかった淡水生種も、遺骸として干潟域で分布することが確認された。ただし、その分布は河川に近接した地点に限られている。しかし、その産出は全体で5%未満に限られていた。

今後の課題

本研究では採取した試料を一括して過酸化水素水で加熱したため、珪藻殻と珪藻遺骸群集とを一括して計測した。しかし、一部の試料採取地点の水深は数mと浅く、群集の中に遺骸のほか、生体殻が混じっていたことが予測された。生体と遺骸とを分けて計測することで、環境による棲み分けや珪藻遺骸の堆積プロセスについて、より意義のあるデータを提出できたと思われる。これについては、気仙沼湾において今後も継続的に調査が予定されており、その中でデータを追加していきたいと考えている。

謝辞

現地調査においては畠山幸雄氏、気仙沼市危機管理課に協力していただいた。本研究の費用の一部は(独)原子力安全基盤機構からの委託業務「土砂移動解析手法の高度化(代表:関西大学 高橋智幸)」を使用した。ここに記して謝意を表します。

文献

- 原口 強・高橋智幸・久松力人・森下 祐・佐々木いたる, 2012. 2010年チリ中部地震津波および2011年東北地方太平洋沖地震津波による気仙沼湾での地形変化に関する現地調査. 海岸工学論文集B2(海岸工学), 68-1, 231-235.
- Hendey, N. I., 1964. *An Introductory Account of the Smaller Algae of British Coastal Waters, Part V, Bacillariophyceae (Diatoms)*. 317p., Fishery Investigations Series IV, HMSO, London.
- 廣瀬孝太郎・後藤敏一, 2009. 大阪湾北東部における珪藻遺骸の

- 水平分布. *Diatom*, **25**, 21–36.
- Hustedt, F., 1930. Bacillariophyta. (Diatomeae). *Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas*. 466p., Jena, Gustav Fischer, Stuttgart.
- Hustedt, F., 1930-1966. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. In Rabenhorst, L., ed., *Kryptogamen-Flora*, I (1930), 1–920, II (1959), 1–845, III (1961–1966), 1–816. Leipzig.
- Ishikawa, S., Fukumoto, Y. and Kashima, K., 2010. *An Introduction to Diatom Analysis*. 56p., EAEP Project Office, Kyusyu University.
- 鹿島 薫, 1992. 沖積層から得られた珪藻カタログ (その1) 北海道常呂平野. 九州大学教養部地学研究報告, (29), 1–36.
- 鹿島 薫, 2001. 日本各地の沿岸性汽水湖沼における完新世後半の塩分変動. 汽水域研究, **8**, 1–14.
- 小杉正人, 1989. 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, 1989. 珪藻化石群集の形成過程と古生体解析. 日本ペントス学会誌, **35/36**, 17–28.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H., 1986. Bacillariophyceae, Teil 1, Naviculaceae. In Pacher, A., ed., *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2*, 1–876. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H., 1988. Bacillariophyceae, Teil 2, Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In Pacher, A., ed., *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2*, 1–596. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H., 1991a. Bacillariophyceae, Teil 3, Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In Pacher, A., ed., *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2*, 1–576. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. 1991b. Bacillariophyceae, Teil 4, Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula. In Pacher, A., ed., *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2*, 1–437. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- 小林 弘・出井雅彦・南雲 保・真山茂樹・長田敬五, 2006. 小林弘珪藻図鑑 (第1版). 531p., 内田老鶴圃, 東京.
- 黒田敏夫編, 1996. 世界地図帳 (第46刷). 214p., 昭文社, 東京.
- 塩見良三・原口 強・高橋智幸・林田 明・中野遼馬・土田圭一, 2011. 1960年チリ津波に伴う気仙沼港内津波堆積物の特徴. 土木学会論文集B2 (海洋工学), **67**, 241–245.
- 塩見良三・石川 智・原口 強・高橋智幸・鹿島 薫, 2012 (印刷中). 1960年チリ津波に伴う気仙沼港内津波堆積物中の珪藻遺骸群集. 応用地質, **53**.
- 高橋智幸・今村文彦・首藤伸夫, 1991. 津波による流れと海底変動に関する研究—1960年チリ津波の気仙沼湾での場合—. 海岸工学論文集, **38**, 161–165.
- Tanimura, Y., Kato, M., Shimada, C. and Matsumoto, E., 2001. Distribution of planktonic and tychopelagic diatom species in surface sediment of Tokyo Bay. *Memoirs of the National Science Museum*, **37**, 35–51.
- 渡辺仁治編, 2005. 淡水珪藻生態図鑑. 666p., 内田老鶴圃, 東京.

(2012年8月16日受付, 2012年11月2日受理)

