

「みらい」のMR01-K02 PC-1中の珪藻化石群集に基づく最終氷期 末期～現間氷期における黒潮系暖水の変遷

小泉 格^{*1} 入野 智久^{*2} 山本 浩文^{*3}

珪藻は環境変化に敏感な生物で、わずかな水質の変化にも反応し、その群集構成を大きく変化させる。光合成を行い、大気中の二酸化炭素の同化に貢献している。また、自然界の重要な第一次生産者であり、多くの動物の餌となっている。

「みらい」MR01-K02 次航海において、三陸沖東方の水深6,000m海域で1本のピストンコアと3本のマルチプルコアを採取した。ピストンコアとマルチプルコア中に含まれる珪藻化石群集を最終氷期末期から現間氷期までについて分析し、平成12年度の珪藻分析結果を加えた変数関数法を用いて、これらの海域における最終氷期最寒時(約2万年前)から現在までの黒潮系暖水の変遷を明らかにした。

キーワード：黒潮統流域、ピストンコアラ、珪藻

Changes in the warm Kuroshio Current system from the ending period of the last glacial to the present interglacial based on diatom fossiles in the western North Pacific Ocean sampled on the R/V Mirai cruise [MR01-K02]

Itaru KOIZUMI^{*4} Tomohisa IRINO^{*5} Hirofumi YAMAMOTO^{*6}

Diatoms react sensitively even to a slightest change in the waters and they cause substantial changes in the composition of their assemblages. Diatoms photosynthesize, making a contribution to the assimilation of atmospheric carbon, and supply foods to the animals as a primary producer in the nature.

Authors investigated the samples taken from one piston core recovered from 6,000 meters deep in the eastern area off Sanriku on board "MIRAI cruise [MROO-K05]". We analyzed the diatom fossil assemblages to know changes in the warm water Kuroshio Current system in the area from 20,000 years BP. to the Present.

Keywords : Kuroshio Extension, Piston corer, Diatom

*1 海洋観測研究部 平成12年度客員研究員(北海道大学名誉教授)
*2 北海道大学大学院地球環境科学研究科
*3 海洋観測研究部
*4 Guest Resercher in 2000 (The professor emeritus of Hokkaido university)
*5 Graduate school of Environmental Science, Hokkaido University
*6 Ocean observation and Research Department

表1の続き

MR01-K02, PL-01(HAND2)																			
Species / Depth (cm)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	
D. smithii					1						1								
D. suborbicularis	1		1							1									
D. weissflogii					1				2	1	1	1	2	1			1	1	
Ditylum sol			1						1	2	1								
Eunotia sp.													1						
Fragilaria spp.													1			1		1	
Fragilariopsis doliolus	9	7	4	7	8	6	5	9	4	3	2	4	2	4	4	3	1	2	
Grammatophora spp.	1		1	1	1	1				1	1				1				
Hemiaulus sinensis		1	2	1							1		2	2		1	1		
Hemidiscus cuneiformis	1	2	3	2	3	1	1	2	1			2			1		1	1	
Hyalodiscus sp.														1					
Melosira albicans					1								2			1	1	1	
Navicula spp.	1																	1	
Neodenticula kamtschatica							1	1	1			1						1	
N. koizumi	1																		
N. seminae	2	1	5	5	1	2	1	2	3	1	3	4		2	2	1	2	2	
Nitzschia bicipitata	1				1	1	1		1	1	1				1				
N. braarudii	2	1	1	3	4	1	3	3	2	6	1	5	1	2	2	3		1	
N. cylindra			1					1		1						2		1	
N. grunovii					1	1	1				1	1	1	1	2	4	4	3	
N. kolaczekii			1				1			1						1		1	
N. reinholdii									1										
N. sicula	2	2	3	2	1	2	2	1		2	3	3	3	4	1	3	1	2	
Odontella aurita	8	5	5	9	9	8	7	2		1		2		1		1	2		
O. sinensis	4	6	7	1	11	3	1	2	3	3	5	7	3	3	7	2	5	4	
Opephora spp.						1								1					
Paralia sulcata	4	11	12	6	5	3	6	12	12	7	8	10	8	13	14	9	12	9	
Pinnularia sp.																	1		
Planktoniella sol	1				1	3		2		1	2		3				3		
Porosira glacialis				1			1			1									
Proboscia alata															1			1	
Pseudopodosira elegans			1	1		1		2	1	1									
Pseudosolenia calcar-avis							2		1		1	1							
Rhizosolenia acuminatum		1										1	1						
R. bergonii	3	2	3	1	4	1	3	9	2	1	4		2	4	2	1	1	1	
R. hebetata	1			2	1	3		3	3	1	3	1	2	1	1	2	1	1	
R. imbricata	1			1			1						1	1					
R. setigera	2	3			2	6	8	3	1	2	1	7	4	7	4	1	8	6	
R. styliformis	6	2	1	3	6	1	4	5	3	2	2	3	3	3	4	3	3	2	
Roperia tessellata	1	5	8	5	5	7	3	4	1	2	1	2	4	3	1	4	2	4	
Stellarima stellaris	2	1	1	1	1		2		3	1		1	2	2	1	1			
Stephanodiscus sp.						1													
Stephanopyxis turris	4	2	2	5	5	2	5	1	10	7	6	7	5	4	6	7	7	8	
Thalassionema frauenfeldii	4	7	6	7	7	3	5	2	1	2	1	6	3	4	3	4	4	7	
T. nitzschoides	33	37	30	35	26	41	36	34	36	39	38	36	42	45	45	43	31	31	
T. nitzschoides v.	16	16	17	9	21	13	16	9	12	11	17	13	10	9	11	7	10	8	
Thalassiosira antiqua										1		1	1						
T. bramaputrae			1						4	1	1	1	3	2	3	1	3	1	
T. decipiens				1															
T. eccentrica	5	4	9	10	6	6	8	9	10	10	7	9	9	10	5	6	4	11	
T. gravida	2	2	2	1	3	2	2	2	6	5	2	3	5	1		4	2	5	
T. hyalina																1	2	1	
T. leptopus	6	4	3	2	3	2	6	6	6	5	7	6	7	4	3	5	2	2	
T. lineatus	6	6	7	2	9	3	7	6	10	10	8	5	7	6	10	3	12	5	
T. nordenskioldii						1		1	1	2	2	1	2	2	2	3	3		
T. oestrupii	8	8	11	11	7	11	8	10	6	7	7	4	9	7	5	12	6	6	
T. pacifica	3	5	2	2	4	1	3	3	4	6	1	3	4	1	5	1	7	4	
T. subtilis																1			
T. trifulta	1	2	2	1	1	2	1	1	3	1	4	5	6	4	3	4	4	2	
T. spp.	2	1	1	1								2	1	1		2	1		
Thalassiothrix longissima	7	5	2	5	2	3	7	2	4	5	3	6	2	2	5	7	4	3	
Tracyneis aspera				1				1							1				
Triceratium spp.	1			1						1	1						1		
Total valves	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
Abundance (x10*7)	2.38	2.50	2.16	1.76	2.16	2.16	2.50	2.16	1.61	2.27	1.90	2.97	1.58	1.64	1.83	2.07	1.64	1.06	

表2 MR01-K02, ピストンコア(PC-01)における珪藻化石群集。

Table 2 Occurrences of diatoms in the piston core from the PC-01 site in MIRAI [MR01-K02] cruise.

MR01-K02, PC-01																					
Species / No.	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Depth (cm)	0.4	4.1	7.8	11.4	15.1	18.8	22.5	26.2	29.8	33.5	37.2	41.9	44.6	48.0	52.0	55.6	59.3	63.0	66.6	70.9	74.4
Achnanthes spp.	1											1				1					
Actinocyclus curvatus	4	4	1				2		1	3	4			3	4	2	2	5	2	3	5
A. elongatus											1					1					
A. ochotensis																					
A. octonarius	5	4	5	7	5	4	2	4	1	6	8	8	7	1	6	7	10	12	13	10	6
Actinocyclus senarius	4	2	6	7	7	4	2	6	3	5	8	1	5	4	2	1	1	4		3	3
Alveus marinus	3	2	6	9	10	7	6	7	7	5		4	7	6	4	3	3	4	3	4	2
Asterolampra marylandica				1	2	2	1					2				1	1	2			
Asteromphalus flabellatus		1	1		2	1		1	1		1	2	1	3	1	2		1	1	1	
A. heptactis												1									
Aulacosira spp.		1											1				3	2	1		1
Azpeitia africana	2		1	1	1	2	1		1	1	1	1	2	1							
A. nodulifera	3	3	5	6	2	3	5	3	2	4	2	1		1	1	1		1		1	
A. tabularia	8	8	4	6	5	9	12	6	7	9	6	4	4	7	3	3	7	8	9	4	5
Bacillaria paradoxa																		1			
Bacteria fragilis													2				1	2	1	1	1
Chaetoceras furcellatus																					2
Cocconeis costata				1										1				1	1		
C. disculus				1																	
C. scutellum				1						3						2	1	1	2	1	
Coscinodiscus marginatus	1	1	4	1	4	4	2	4	2	5	7	3	4	3	3	4	3	6	7	8	3
C. nitidus									1		4										
C. oculus-iridis	1	1	4	1	2			2	2	3		1	2	1	2	2	2	1	2	1	5
C. radiatus	6	3	4	1	5	2	2	2	1		4	1	2	2	2	1	3	3		1	1
Cyclotella striata		3	3	2	5	3	5	4	2	5	3	3	1	1	2	5	7	5	3	5	3
C. stylosum	1	1	1							1		1									1
C. sp.						1															
Delphineis amphiceros									1							1					
D. kippa	1															1		1			
D. surirella	2	2	3	4		4	1	3	1						1	1	1				1
Denticulopsis dimorpha			1											1			2	1		2	
D. hyalina											2	1						1			
Diploneis bombus					1									1							
D. chersonensis								1													
D. interrupta															1						
D. pupula	1					2			1		4	2	2	1				1			
D. smithii			1																1		
D. weissflogii	1	1	1	1	1	1			3					1							1
Ditylum sol							1		1		1										1
Epithemia sp.											1										
Eunotia spp.		1																			
Fragilaria spp.	1								1								1				
Fragilariopsis doliolus	8	5	6	7	8	9	7	5	4	5	3	1	4	5	4	3	3	2	5	3	3
Gomphonema sp.											1										
Grammatophora spp.										1		2	1				1			3	1
Hemiaulus sinensis																		1			
Hemidiscus cuneiformis	1	1	1	1	2	2			2	2		3				2	1			1	1
Hyalodiscus spp.							1				1										
Mastogloia spp.		1											1								
Melosira albicans	1															2					
Neodenticula kamtschatica										1		1		1		1	1	1	1		
N. koizumii														1							
N. seminae	4	3	2	2	1		2	4	2	3	1	1			4	1		1	2		3
Nitzschia bicapitata	2	1								1	1	2									
N. braarudii	3	4	2	2	1	2	2	1		2	3	1	1	1	2	1	3	5		5	2
N. cylindrica																2					2
N. fossilis																					1
N. grunowii							1				1			1	1		2	2	2	4	5
N. kolaczekii	1			1				1						1	1				1	2	1
N. reinholdii												1					1		1		
N. sicula	3	3	2		1	1	1	2		1	1	1	2	3	3	3	3	1	4	2	2
Odontella aurita	4	6	9	9	3	4	6	7	1	3	4	3	1	4	1	1	1	2	2	1	2
O. pulchella			1																		
O. sinensis	6	6	5	6	5	3	7	10	7	2	1	4		3	5	1	2			2	3
Opephora sp.																1					
Paralia sulcata	4	7	8	13	7		4	7	11	5	9	7	11	4	10	7	4	7	3	3	2
Pinnularia sp.																					1
Plagiogramma tessellata																					1
Planktoniella sol	2	1	1	1	1		1			1		1	1	3	2			1	2	1	1
Pleurosigma sp.	1																				
Porosira glacialis			1				1						1	2	1	1	1	1		2	
Provoscia alata																1					
Pseudopodosira elegans	1					1			1			1									1
Pseudosolenia calcar-avis	1	2	2	2						1	1	2	1	1	1		1				
Rhizosolenia bergonii	2	5	3	1	3	2	3	2	1	2		1	2	1	2			1	1	1	
R. hebetata		1	1	2		1	1	1	1	1	2	1	1	3	4	2	2		1		
R. imbricata		2	3	1		1	2				1										
R. setigera	6	2	1	4	3	3	5		5	4	4	3	6	8	8	4	7	4	8	3	4
R. styliformis	6	5	3	3	3	2	3	5	2	5	4	2		6	3	1		2			1
Roicosphenia curvata																					1
Ropalodia sp.													1								
Roperia tessellata	1	3	3	4	3	9	6	7	8	3		8	7	4	3	1	2	1		2	6
Stellarima stellaris			1	1	2	1	1	1	1	4		1	1	2	1		3		1		
Stephanodiscus spp.												2				1		1			
Stephanopyxis turris	2	3	7	3	3	5			4	2	8	5	9	7	3	7	20	9	11	10	8
Synedra jouseana											1										
Thalassionema frauenfeldii	4	3	1	5	3	4	4	3	2	3	2	4	4	4	5	6	2	6	7	4	5
T. nitzschoides	31	41	33	38	46	42	48	47	50	44	55	46	43	34	45	51	47	33	48	63	53
T. nitzschoides v.	29	19	18	12	14	19	12	14	20	8	6	20	15	11	12	14	1	10	8	8	8

表2の続き

Species / No.	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Depth (cm)	0.4	4.1	7.8	11.4	15.1	18.8	22.5	26.2	29.8	33.5	37.2	41.9	44.6	48.0	52.0	55.6	59.3	63.0	66.6	70.9	74.4
<i>Thalassiosira antiqua</i>																	1				1
<i>T. bramptonae</i>		1				1		1			3	1	2				1	1			
<i>T. decipiens</i>																	2			1	
<i>T. eccentrica</i>	8	4	7	4	7	7	7	6	6	6	7	7	5	9	3	6	8	5	14	9	4
<i>T. gravida</i>	2				2	4	4	3	2	4	4		1	2	1	6	2	2	10	5	3
<i>T. hyalina</i>																		1			2
<i>T. leptopus</i>	2	3	3	5	5	3	2	3	3	7	1	6	3	5	8	3	1	5	3	3	5
<i>T. lineatus</i>	4	5	1	4	6	8	7	4	9	6	7	6	9	10	9	8	6	7	6	5	8
<i>T. nidulus</i>										1							1		1		
<i>T. nordenskiöldii</i>	1		1			2			2	1	1	3		2	1	1	2	4	2		
<i>T. oestrupii</i>	10	12	12	8	8	8	12	13	7	8	7	4	7	7	7	7	6	4	4	1	5
<i>T. pacifica</i>	1	3	1	2	3		1	1	3	1	1		3		2	1	1	2	2	4	3
<i>T. subtilis</i>	2												1								
<i>T. trifulta</i>		1		2		3	1	2	2	4	2	4	2	3	7	5	4	5	1	4	4
<i>T. spp.</i>		1	1	2		1	1		2	1	1		5	2	1	2	3	3		1	
<i>Thalassiothrix longissima</i>	5	7	7	5	7	3	5	5	6	4	5	5	7	8	4	5	5	3	5	2	3
<i>Triceratium spp.</i>			1										1								
Total valves	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Abundance (x10 ⁻⁷)	2.64	1.90	2.07	2.97	1.98	1.70	2.64	2.64	2.50	2.16	2.07	1.76	2.44	2.32	2.16	1.34	1.20	0.99	1.32	1.06	0.99

4. 分析結果

4.1. 珪藻殻数 (図1a)

PL-01コア: コア最下部の $1.06 \times 10^7/\text{g}$ から最上部の $2.38 \times 10^7/\text{g}$ へ周期的な増減を繰り返しながら増加する。最小値は34cm層準の $1.06 \times 10^7/\text{g}$ であり、最大値は22cm層準の $2.97 \times 10^7/\text{g}$ である。

PC-01コア: コア最下部の $0.99 \times 10^7/\text{g}$ から最上部の $2.64 \times 10^7/\text{g}$ へ周期的な増減を繰り返しながら増加する。最小値は40cmと34cm層準の $0.99 \times 10^7/\text{g}$ 、最大値は11.4cm層準の $2.97 \times 10^7/\text{g}$ である。

4.2. 温暖種(暖流系種)と寒冷種(寒流系種)の個体数(図1b)

PL-01コア: 寒冷種の個体数が卓越する29cm層準以下、寒冷種と温暖種の個体数が入れ替わる29cm～15cm層準、温暖種が卓越する15cm層準以上に3区分される。

PC-01コア: PL-01コアでの区分と同様に、50cm層準以下、50cm～35.4cm層準、31.7cm層準以上に区分される。

4.3. 珪藻温度指数(Td value; 図1c)

PL-01コア: コア最下部の最低値35.4から最上部の62.1へ増減を繰り返しながら増加する。最大値は14cm層準の71.9である。

PC-01コア: コア最下部の34.0から最上部の61.5へ増減を繰り返しながら増加する。最小値は37.2cmの27.6、最大値は15.1cm層準の74.5である。

4.4. 沿岸性種の個体数(図1d)

PL-01コア: コア最下部の51/200から最上部の31/200へ増減を繰り返しながら減少する。最大値は32cm層準の52/200であり、最小値は10cm層準の24/200である。

PC-01コア: コア最下部から最上部へ増減を繰り返しながら減少する。最大値は32cmと20cm層準の50/200、最小値は22.5cmの24/200である。

4.5. 淡水生種と絶滅種の個体数(図1e, f)

両コアとも産出数は少ないが、PL-01コアでは15cm層準以下、PC-01コアでは30cm層準以下の下部層において産出数が増加する。

5. 変換関数法による表層海水温と塩分

小泉・入野・山本(2001)によれば、日本の太平洋側海底表層堆積物中の珪藻化石群集は6つの因子(群集型)で説明される。各因子の特徴は;

因子1 やや寒冷な混合水域に優勢で、沿岸性種と津軽海峡から流出したと考えられる暖流系種*Fragilariopsis doliolus*が特徴的

因子2 黒潮とその続流域および津軽海峡東側域で優勢であり、暖流系種と沿岸性種

因子3 寒冷な親潮域に優勢

因子4 広域に分布し、暖流系種を除く寒流系種、沿岸性種、淡水生種、絶滅種などが普遍的に出現

因子5 北方沿岸域に比較的優勢であり、(夏期において)低温・低塩分濃度の海域に生息する種群

因子6 沖合域に優勢であり、外洋種が卓越

となっている。これら因子の各地点での寄与率とその直上の表層水温・塩分との相関関係に基づいて変換関数が作成されている。

変換関数を本報告のコア試料から得られたデータに応用するためには、まず最初に上記の各因子が各コアサンプルにどれだけ寄与しているかを、珪藻群集データから計算する必要がある。その計算結果を図2に示した。本地点においては、解析した全時代を通して黒潮系種で特徴づけられる因子2が卓越しており(図2b)、他の因子の寄与は少ない。どの因子も時代による変動は小さいが、深度60cm前後における因子2の減少と因子4の増加が特徴的である。この層準における因子2の減少は温暖種の減少(図1b)を、因子4の増加は沿岸性種・淡水生種・絶滅種の増加(図1d, e, f)を反映している。深度15～35cmにおいて、PL-01とPC-01の値の不一致が大きく、PL-01の方が因子1と2は過小、因子4と5は

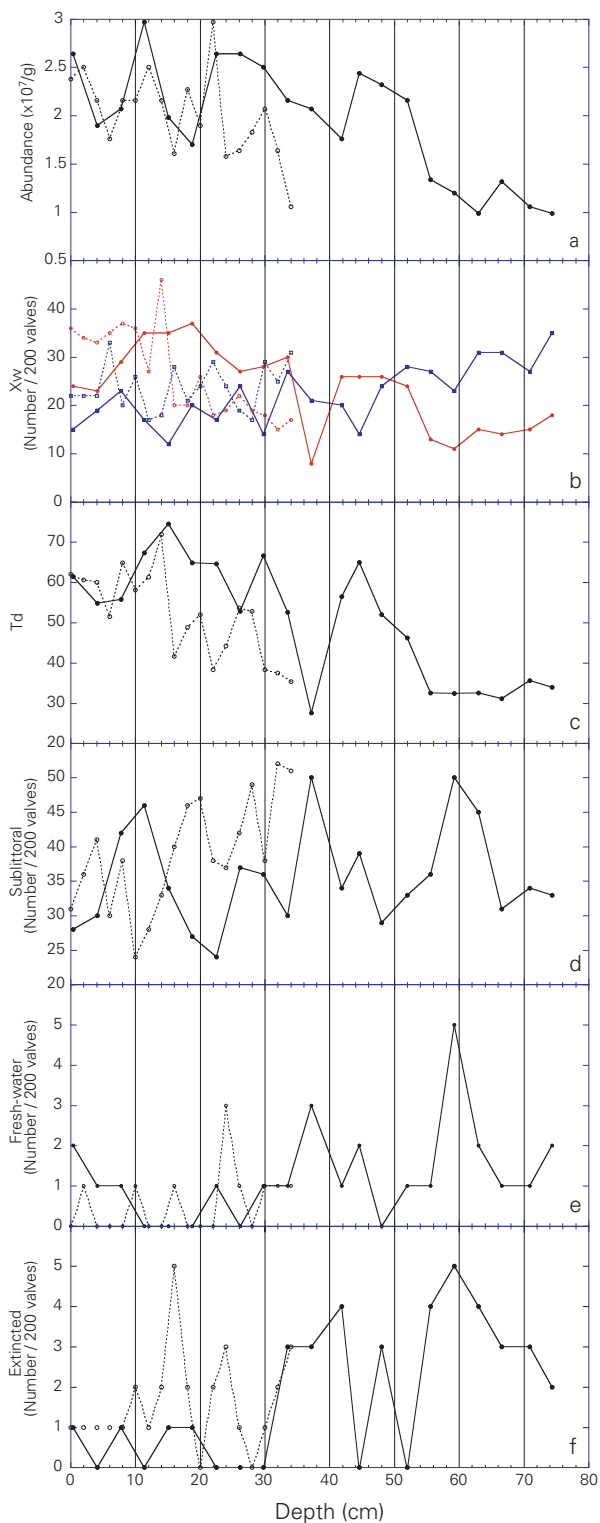


図1 マルチプルコア(PL-01, 点線) 及びピストンコア(PC-01, 実線) における珪藻殻数(a)と珪藻化石群集の生態区分(b, 温暖種(Xw)と寒冷種(Xc); c, 珪藻温度指数(Td value); d, 沿岸性種(Sublittoral species); e, 淡水生種(Fresh-water species); f, 絶滅種(Extincted species))による群集型の最終氷期から現在までの変遷。

Fig. 1 Changes of the number of diatom and diatom fossil assemblages which ecological group from the end of the last glacial to the Present.

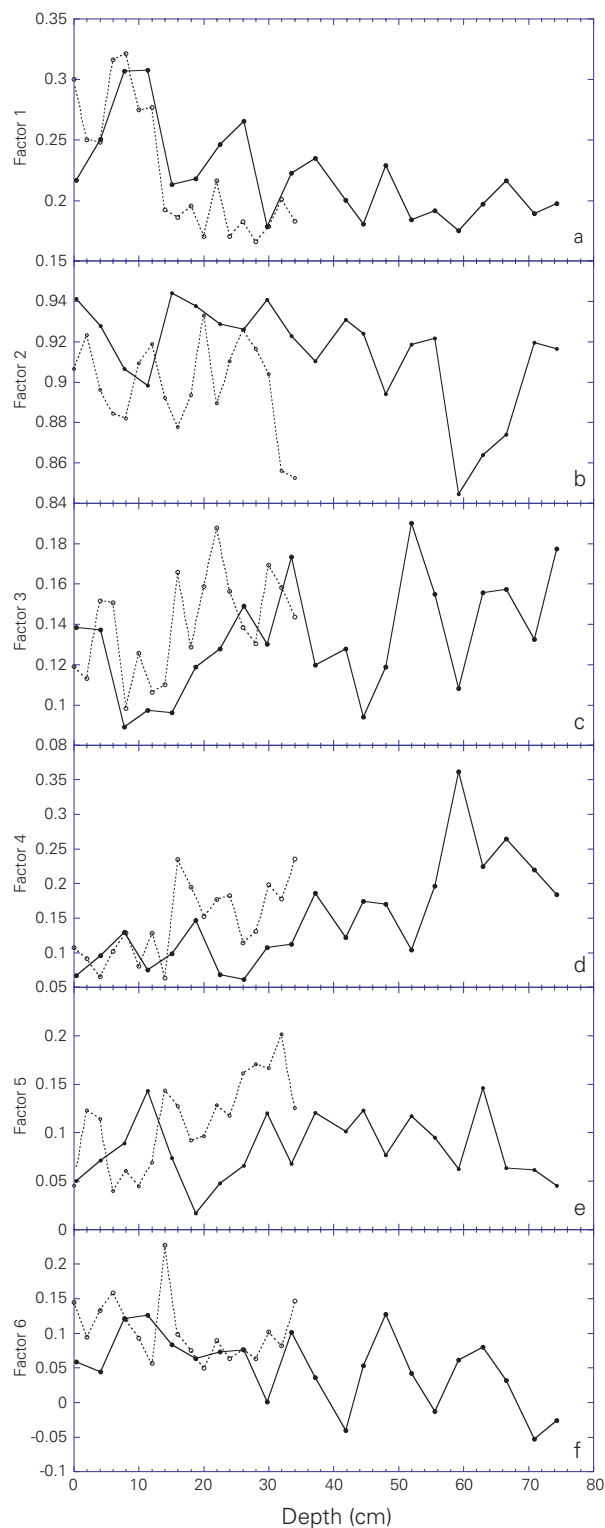


図2 マルチプルコア(PL-01, 点線) 及びピストンコア(PC-01, 実線) における珪藻化石群集の6因子(群集型: a, やや寒冷な混合水域; b, 黒潮水域とその続流; c, 寒冷な親潮水域; d, 沿岸性広域; e, 低温・低塩分; f, 外洋性広域)の最終氷期から現在までの変遷。

Fig. 2 Changes of six factors which indicates different environments from the end of the last glacial to the Present.

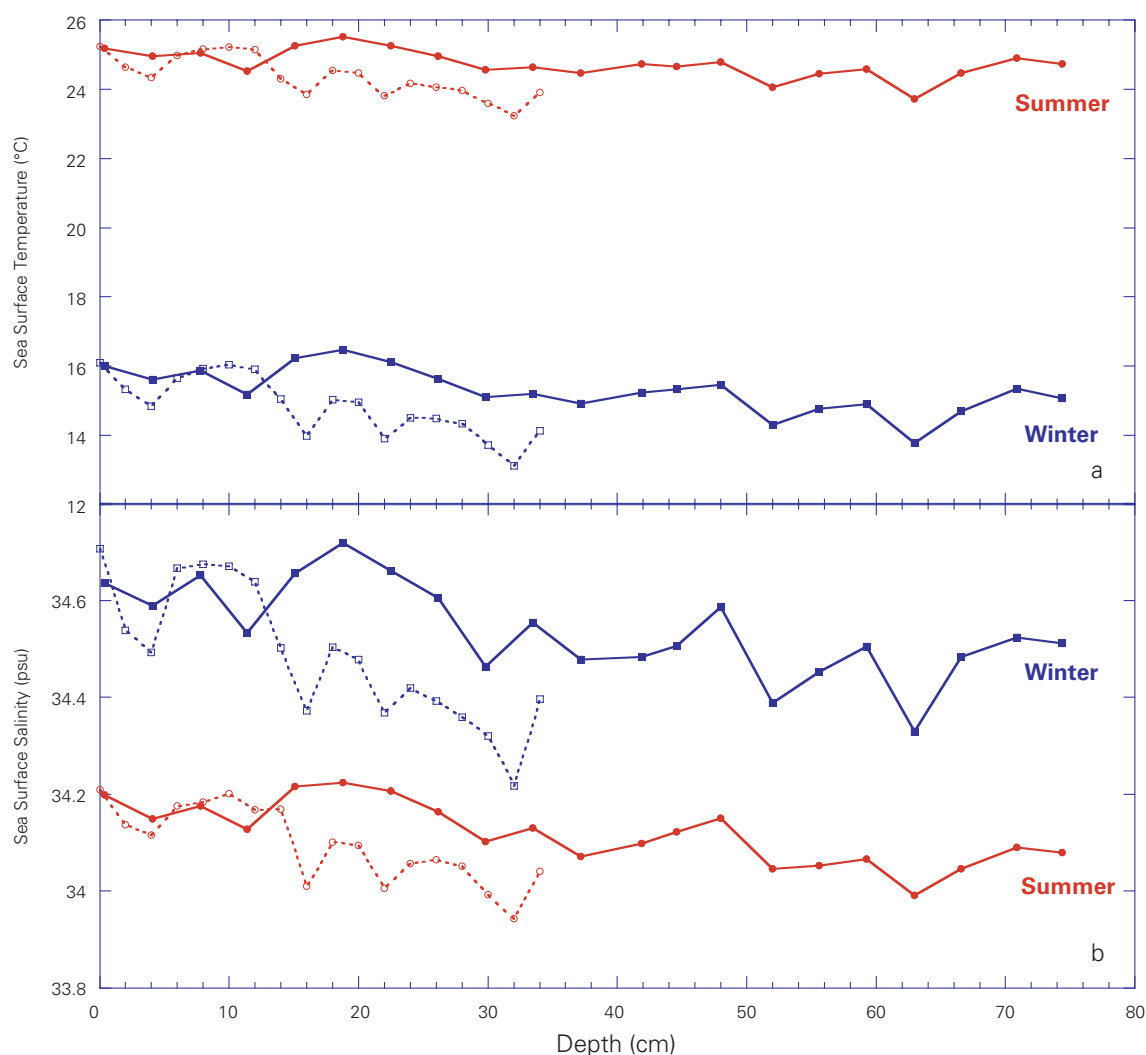


図3 マルチブルコア(PL-01, 点線)及びピストンコア(PC-01, 実線)における珪藻化石群集に基づく変換関数法から復元した最終氷期から現在までの夏季(summer)及び冬季(winter)の表層海水温と塩分の変遷。

Fig. 3 Changes in sea surface temperature and salinity for summer and winter reconstructed by transfer function method applied on the diatom fossil assemblages from the end of the last glacial to the Present.

過大となっている(図1a, b, d, e)。この層準におけるPL-01での値は、PC-01の深度60cm前後の値にむしろ近い。

次に各試料における因子の寄与率に変換関数を応用して、夏季および冬季における表層水温・塩分を計算した(図3)。PC-01コアの結果を見ると、夏季および冬季の表層水温は、深度18cmでそれぞれ25.5℃および16.5℃で最高、深度62cmでそれぞれ24℃および14℃で最低となっている。さらに深度7cm, 18cm, 34cm, 47cmと4回の極大を持つ(図3a)。夏季および冬季の表層塩分は、深度18cmでそれぞれ34.2psuおよび34.7psuで最高、深度62cmでそれぞれ34psuおよび34.3psuで最低となっている。塩分の時代変化も水温に同調し、深度7cm, 18cm, 34cm, 47cmと4回の極大を持つ(図3b)。水温・塩分の変動幅は、夏季で1℃および0.2psu, 冬季で2℃および0.4psuで、冬季の方が変動幅が大きい。水温・塩分の計算後も、深度15~35cmにおいてPL-01とPC-01の値の不

一致が大きく、因子寄与率における両者の不一致が反映されている。そして、この層準におけるPL-01での値は、PC-01の深度60cm前後の値にむしろ近い。

6. 結論と課題

PC-01コアにおける温暖種と寒冷種の個体数、珪藻温度指数および計算された表層水温・塩分の時代変化に基づく、63cm層準が最終氷期最寒時(約2万年前)に、52cm層準がヤンガードリアス期(約1万5000年前)、47cm層準がプレボレアル期(9500年前)、34cm層準がボレアル期(8000年前)、26cm層準が気候最適期(6000年前)に相当するのであろう。珪藻殻数の変化をみると、完新世の部分については、どちらかという高温・高塩分期に殻数が減少する傾向をもつ。一般に、親潮水塊は黒潮水塊に比べて低温・低塩分・高栄養塩で特徴づけられるが、PC-01における完新世の水温・塩

分変化と珪藻殻数変化の関係は、千年スケールでの親潮水塊の強弱がこの海域にも及んでいた可能性を示唆する。そして、今回示したのと同様の完新世における4回の水温・塩分変動は、昨年報告したMR00-PC-02地点でも記録されている(小泉・入野・山本, 2001)。最終氷期に低温・低塩分になるのも、親潮の影響の強化と解釈されるが、同時に珪藻殻数が減少しているのは、この時期の風成塵フラックスの増大によって珪藻殻数が希釈されているからであろう。

深度15～35cmにおけるPL-01とPC-01の値の不一致は、本報告における大きな問題点である。本試料の記載報告(Yamamoto et al., 2001)によると、PL-01はPC-01に比べてGRAPE densityが大きく、ピストンコアPC-01の最上部が引き延ばされてしまっている可能性がある。仮に引き延ばされた効果のために、PL-01の深度15～35cm層準が、PC-01の深度60cm前後に対比されるのならば、両者の不一致は解消されることになる。しかしながら、計測された帯磁率・色指標

値のプロファイルおよび堆積物の見た目(酸化層の色合い)を比較すると、PC-01の最上部はPL-01に良く対比されるようにも見える。今後、帯磁率異方性の検討によるピストンコア試料の品質チェックが望まれる。

引用文献

- 1) 小泉 格・入野 智久・山本 浩文, "[「みらい」KR00-K05 PC-1及びPC-2の珪藻化石群集に基づく最終氷期末期～現間氷期における黒潮系暖水の変遷", 海洋科学技術センター試験研究報告, 第44号, 29-40, (2001).
- 2) Yamamoto, H., Kanamatsu, T., Muraki, H., Matsuura Y., Shimokawara, M., and Ishimori, M., "6. MR01-K02 SEDIMENT", MIRAI CRUISE REPORT(MR01-K02), (2001).

(原稿受理: 2002年7月29日)