

「みらい」MR00-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

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」MR00-K05 次航海において、三陸沖東方の水深6,000 m海域で2本のピストンコアを採取した。これらのコア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、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：黒潮続流域, ピストンコアラー, 珪藻

Changes in the warm water Kuroshio Current system from the ending period of the last glacial to the present interglacial based on diatom fossils in the western North Pacific Ocean sampled on the R/V Mirai cruise [MR00-K05].

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

Diatoms react sensitively even to a slightest change in the waters; 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 two piston cores 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 B.P. 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 Researcher in 2000 (The professor emeritus of Hokkaido university)

*5 Graduate school of Environmental Science, Hokkaido University

*6 Ocean observation and Research Department

1. はじめに

研究船「みらい」MR00-K05 次航海において、三陸沖東方の水深5,907mの地点(34°30'N, 147°30'E)からピストンコアPC-01(無攪乱コア長15.319m)および水深5,177mの地点(40°00'N, 146°00'E)からピストンコアPC-02(無攪乱コア長18.78m)を採取した(図1)。これらの地点では表層堆積物を攪乱しないで採取するためにマルチプルコアラをピストンコアラのパイロットコアラとして使用し、PC-01地点では31cm, 32cm, 35cm, PC-02地点では30.7cm, 30.4cm, 30.3cmの表層堆積物(PL-01, PL-02)を採取した。

本研究は、これらの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、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ようとするものである。

2. 分析試料

PC-01地点では、マルチプルコアPL-01の2cmから10cmまでを2cm毎に厚さ0.5cmの試料を5個とピストンコアPC-01の0cmから40cmまでを21個、計26個の試料を取り出した。同じように、PC-02地点では、PL-02の2cmから10cmまでを2cm毎に厚さ0.5cmの試料を5個とピストンコアPC-02の0cmから40cmまでを21個、計26個の試料を取り出した。

3. 分析方法

3.1. 試料の処理とスライド作成

乾燥重量0.1gの試料を過酸化水素水約10mlの入った100mlのビーカ中に投入し、数秒間ガスバーナで沸騰・冷却後、蒸留水を水柱約10cmまで注入し、一昼夜放置する。上澄み液を流し出した後、50mlまで蒸留水を加えて攪拌、マイクロピペットを使用して0.25mlをあらかじめホットプレート上に並べておいた18×18mmのカバーガラスに移す。約60℃で乾燥させた後、封入剤(プルーラックス)を数滴カバーガラス上に落とし、溶剤のエタノールを蒸発・乾固させる。カバーガラスをアルコールランプであたため封入剤の表面が溶けた状態で、76×26mmのスライドガラスに張り付ける。

3.2. 顕微鏡作業と分析法

- ① 光学顕微鏡を使用した鏡下観察では、対物レンズ63倍の油浸と広視野接眼レンズ10倍の組み合わせによって、カバーガラスの端から約1/3の測線から検鏡を始め、鏡下に現れた珪藻化石を同定し、合計200個までを算定した(表1~4)。
- ② 乾燥重量1gの試料中に含まれる珪藻化石数を算出して、珪藻生産に関連すると考えられる珪藻生息時の環境復元を試みた(表1~4の下行)。

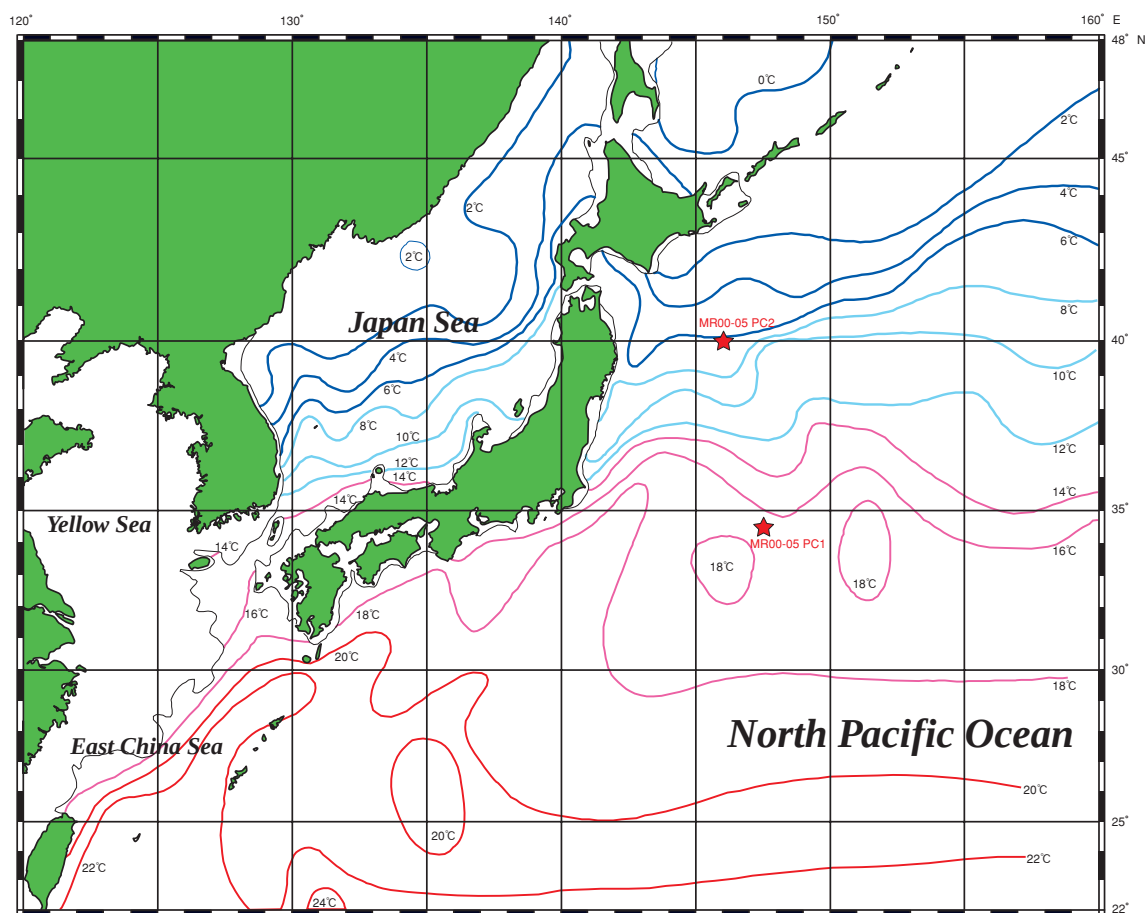


図1 研究船「みらい」MR00-K05次航海で採取されたピストンコアの位置
Fig. 1 Locations of piston cores collected in MR00-K05.

表1 MR00-K05, PL-01地点のコア中における珪藻化石群集。

Table 1 Occurrences of diatoms in the piston core from the PL-01 site in MIRAI [MR00-K05] cruise.

MR00-K05, PL-01					
Species / Samples(cm)	2	4	6	8	10
<i>Actinocyclus curvatus</i>	1	1	2	1	2
<i>A. ochotensis</i>					1
<i>A. octonarius</i>	4	6	5	4	4
<i>Achnanthes lanceolatus</i>					1
<i>Actinoptychus senarius</i>	4	8	2	3	4
<i>Asteromphalus flabellatus</i>			3	1	2
<i>A. marylandicus</i>					1
<i>A. robustus</i>	2	1			
<i>Avius marinus</i>	5	5	7	6	3
<i>Azpeitia africana</i>	1	1	4	3	1
<i>A. nodulifera</i>	4	4	4	4	1
<i>A. tabularia</i>	9	6	4	11	9
<i>Cocconeis scutellum</i>				2	
<i>Coscinodiscus marginatus</i>	6	3	3	6	7
<i>C. nitidus</i>	1		1		
<i>C. oculus-iridis</i>	5	2	1	4	1
<i>C. radiatus</i>	2	2			
<i>Cyclotella kutziana</i>					1
<i>C. striata</i>	1	1	3	3	2
<i>Delphineis amphicerous</i>			1		
<i>D. surirellus</i>	1	2	2	1	2
<i>Diploneis interruptus</i>	2				2
<i>D. pupulus</i>	1			1	1
<i>Fragilariopsis doliolus</i>	4	3	9	7	4
<i>Hemidiscus cuneiformis</i>			1		
<i>Melosira albicans</i>				1	
<i>Neodenticula kamtschatica</i>			1		
<i>N. seminae</i>	5	2	3	2	2
<i>Nitzschia bicapitata</i>	3	1			
<i>N. brrarudii</i>	1	2		3	1
<i>N. curta</i>	1				
<i>N. grunowii</i>			4		1
<i>N. interrupta</i>		1			
<i>N. kolaczekii</i>	1	2	1	1	
<i>N. sicula</i>	1	2	1	2	4
<i>Odontella aurita</i>	12	11	4	2	3
<i>O. sinensis</i>	7	1	3	4	4
<i>Paralia sulcata</i>	4	6	9	15	9
<i>Pseudopodosira elegans</i>	1			1	
<i>Planktoniella sol</i>			2		1
<i>Rhizosolenia alata</i>	1				
<i>R. bergonii</i>	2	3	1	3	
<i>R. hebetata</i>				2	1
<i>R. setigera</i>		5	7	3	5
<i>R. styliformis</i>	3	1	1	3	1
<i>Roperia tessellata</i>	7	6	7	3	4
<i>Stellarima stellaria</i>	1			1	2
<i>Stephanopyxis turris</i>	1	1	3		2
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	50	63	53	54	58
<i>Thalassiosira bramaputrae</i>	1			1	2
<i>T. eccentrica</i>	9	4	7	6	11
<i>T. gravida</i>	2	1	2	5	10
<i>T. hyalina</i>	1	1			
<i>T. leptopus</i>	3	2	2	3	2
<i>T. lineata</i>	6	12	3	5	6
<i>T. nordenskioldii</i>	2	2	2	3	2
<i>T. oestrupii</i>	9	12	10	3	7
<i>T. pacifica</i>	3	3	2	7	5
<i>T. trifulta</i>			3	3	1
<i>T. undulata</i>		1	2		
<i>T. spp.</i>	2	1	1	1	
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	6	5	9	3	2
<i>T. longissima</i>	2	4	5	3	4
<i>Trachineis aspera</i>					1
Total valves	200	200	200	200	200
Diatom number (10*7/g)	2.3	2.6	2.3	1.7	1.7

表2 MR00-K05, PC-01地点のコア中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 [MR00-K05] cruise.

MR00-K05, PC-01																					
Species / Samples (cm)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
<i>Actinocyclus curvatus</i>	4	1	1	1		1		1	3	2		4	3	5	4	1	2	2	2	3	2
<i>A. ellipticus</i>															1						
<i>A. elongatus</i>						1										1				1	
<i>A. ochotensis</i>	2						1				2	1	1	2			4		10		
<i>A. octonarius</i>	1	3	8	7	6	5	10	3	3	6	7	6	7	9	4	7	9	1		10	5
<i>Actinopteryx senarius</i>	7	4	5	1	3	2	5	11	5	4	2	1	4	3	1		2	6	4	2	5
<i>Amphora</i> spp.															1						
<i>Asteromphalus flabellatus</i>	1	1	1	4	1	2	1			2	2	1	1			1	1	1		2	
<i>A. heptactis</i>	1									1						1				1	
<i>A. marylandicus</i>		2									2	1	1	1		1		1			
<i>A. robustus</i>	1									1											
<i>Avius marinus</i>	3	4	5	5	8	4	5	7	6	5	2	1	2	4	4	3	3	3	4	5	5
<i>Azpeitia africana</i>			1	1	3	1	1	2			1	1		1							1
<i>A. nodulifera</i>	3	4	8	2	5	4	4	4	7		2	1	1				1	4	2	1	1
<i>A. tabularia</i>	7	5	7	6	7	4	8	9	5	16	7	6	12	3	6	5	1	9	5	5	7
<i>Bacterosira fragilis</i>	1						1	1	1	1		1	1	2	2				1		1
<i>Cocconeis costata</i>	1				1	1	1	1				1	1		2		1				
<i>C. disculus</i>																		1			
<i>C. placentula</i> v.	1													1		1	1				
<i>C. scutellum</i>	1				1			1				2		1		1	1				4
<i>Coscinodiscus marginatus</i>	10	4	5	13	6	7	6	2	7	6	7	10	4	7	10	7	10	9	13	9	9
<i>C. nitidus</i>										1			1				1	1	1		1
<i>C. oblongus</i>							1														
<i>C. oculus-iridis</i>				2	2	2		3		5	3	1		1	2	2	2	4	5	5	6
<i>C. perpolatus</i>					1									1							2
<i>C. radiatus</i>			1																		
<i>C. subtilis</i>		1	1							1				1	1						
<i>Cyclotella chaetocera</i>																	1				
<i>C. compta</i>				1																	
<i>C. kutzingiana</i>			8		1	1	1								1		1				
<i>C. striata</i>	5	4	4	1	6	2	8	3	4		4	1	5	4	5	2	4	5	4	1	2
<i>Delphineis amphicerous</i>														1					1		
<i>D. surirellus</i>	3	2	3		3	1	2	3	4	2	2	3	2	1		3	1	1	3	1	2
<i>Denticulopsis hustedtii</i>														1							
<i>D. hayalina</i>														1		1					
<i>Diploneis adonis</i>			1																		
<i>D. bombus</i>						1								1							
<i>D. interruptus</i>						2	1	1				2				2					
<i>D. pupulus</i>					1	1		1	1	1	1	2	1						2		
<i>D. suborbicularis</i>			1																		
<i>Eunotia</i> spp.																			1		
<i>Fragilaria</i> spp.		1							1		2										
<i>Fragilariopsis doliolus</i>	11	14	15	6	5	10	6	5	6	8	7	1	4	4	6	5	3	6	2	8	5
<i>Gomphonema</i> spp.						1					1	1		1							
<i>Grammatophora</i> spp.		1			1					1		1		1	1	1	1	2	3		
<i>Hemiaulus sinensis</i>										1	1	2	1			1					
<i>Hemidiscus cuneiformis</i>				2	3	1	2		2	1		2	3	5	2	5	6	2	4	7	14
<i>Melosira albicansa</i>												1		2		1				1	
<i>Meridion circulare</i>										1		1									

表2の続き

Navicula mutica																		1				
Neodenticula kamtschatica	1	1			1	1			1	1	1			2	1	3	1			1		
N. seminae	3	2	1	2	7	5	4	7	3		4	3	5	1	1	1	2	4	3	1	2	
Nitzschia bicapitata	3					2			2	1	2	1	1		1				1			
N. brrarudii		2	1	3	4	2			1	3	1	1	2			1	1	1				
N. curta	1		3								1											
N. grunowii	1							1		4		2	5	2	1	3			1	4		
N. interrupta striata	1					1				1			2	2					1	1		
N. jouseae						1																
N. kolaczekii	1							1			1	1	2	1		2	1			1		
N. sicula	2	3		2		1		2	4	2	5	3	1	3	5	3	1	4		2		
Odontella aurita	3	3	2	3	3	5	3	4	7	4	5	1			2	4	1	5				
O. sinensis	2	5	2	2	2	2	4	3	3	1	3	4	3		1	3	2	1	1	2	4	
Paralia sulcata	13	10	8	7	5	8	14	5	8	3	9	8	5		6		3	3	7	6	1	
Porosira glacilis											2											
Pseudopodosira elegans			1	1		1		1									1			1		
Planktoniella sol		1		4	1	1		2	2	4	1	2		2	2	1	1		3	1	2	
Psudotriceratium punctatum			1																			
Rhizosolenia alata															1							
R. bergonii	6	3	4		6	7	6	1	2	2	1	1	1		1	2	1	4	1	1		
R. calcar-avis		2		1	2				1					1			1					
R. hebetata			1	3				1		1							1	1	1	1		
R. imbricata										1												
R. setigera			1		4	3	2	1	2	3	3	4	2	5	6	3	7		3	9	4	
R. styliformis	2	3	3	1	3	2		1	2		3	1	3	3		1	2	2	1		1	
R. spp.	2		2			1	1	1	3						1	1				1		
Roperia tessellata	4	5	5	5	7	6	5	5	5	2	5	1	4	3	2	1	3	3	5		3	
Rouxia yabei																		1				
Stellarima stellaria	1		1	4	2	2			1	1	3	3		1		2		1		2	2	
Stephanopyxis turris	1	1	3	2	3	1		1	2		3	5	4	3	4	7	4	4	6	6	6	
Synedra ulna															1							
Thalassionema nitzschioides	46	52	55	57	43	49	49	47	56	54	48	61	50	54	55	58	59	57	56	52	57	
Thalassiosira bramaputrae				2		1		1		1	1	1		1		1						
T. eccentrica	15	16	7	7	12	6	16	15	8	8	6	5	10	6	10	12	9	16	14	14	8	
T. gravida	3	8	1	3	1	4	2	8	2	9	6	2	8	9	9	7	8	4	4	7	7	
T. hyalina			1		1												1					
T. leptopus	1	2	3	2	5	2	6	5	1	2	2	4	2	3	1		1	4	3	3		
T. lineata	2	3	6	7	5	8	5	4	4	2	3	5	4	7	4	4	8	3	2	3	3	
T. nidulus																		1				
T. nordenskioldii	1			1	1				1		1	1	1		1	2	1					
T. oestrupii	8	14	10	8	6	5	5	8	13	10	7	4	3	4	7	1	8	6	7	6	10	
T. pacifica	5	3		8	4	4	1	2	1	3	8	5	7	7	6	4	3	5	1	2	2	
T. tenera												1		1								
T. trifulta	4		3	5	2	2		4		5	1	6	13	4	6	7	2	5	2	3	5	
T. undulata				1		1			1	1			1					1				
T. spp.		1		1		3		2		1	2	1	1		4	3	2	2	3	1	2	
Thalassiothrix frauenfeldii	2	4		3	2	2	8	7	5	3	2	2	3	3	2	3	2		2	2	3	
T. longissima	3	4		3	4	7	4	2	4	4	4	6	2	6	6	8	6	4	3	5	5	
Triceratium imper	1	1					1				1			2					1	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	
Diatom number (10*7/g)	1.8	1.9	1.8	2.2	2.1	1.7	1.8	2.2	2.2	1.7	1.5	1.8	1.5	1.1	1.3	1.5	0.9	1.5	0.8	0.9	1	

表3 MR00-K05, PL-02地点のコア中における珪藻化石群集。

Table 3 Occurrences of diatoms in the piston core from the PL-02 site in MIRAI [MR00-K05] cruise.

MR00-K05, PL-02					
Species / Samples(cm)	2	4	6	8	10
<i>Actinocyclus curvatulus</i>	2	1	1	6	6
<i>A. ochotensis</i>	3	1	3	3	5
<i>A. octonarius</i>			1	2	
<i>Actinoptychus senarius</i>	4	3	3	4	2
<i>A. robustus</i>	1				2
<i>Avius marinus</i>		2	2	1	2
<i>Azpeitia nodulifera</i>			1		
<i>A. tabularia</i>		1	2		
<i>Bacterosira fragilis</i>	2		1		1
<i>Caetoceros furcelatus</i>		1	2	2	1
<i>Cocconeis costata</i>		1			1
<i>Coscinodiscus mariginatus</i>	7	1	4	5	5
<i>C. nitidus</i>	1				1
<i>C. oculus-iridis</i>	2	2	6	6	5
<i>C. radiatus</i>			1	1	
<i>Cyclotella striata</i>	1	1		1	
<i>Delphineis surirella</i>		2	2	1	2
<i>Diploneis interruptus</i>	1				
<i>D. pupulus</i>			1		
<i>Fragilariopsis doliolus</i>	3	2	4	6	
<i>Gomphonea sp.</i>		1			
<i>Hemidiscus cuneiformis</i>					1
<i>Neodenticula seminae</i>	37	32	39	30	34
<i>Nitzschia brrarudii</i>		1			1
<i>N. curta</i>		1	1	1	
<i>N. grunowii</i>	6	5	2	2	3
<i>N. kolaczekii</i>			1		
<i>N. sicula</i>	1		1	1	
<i>Odontella aurita</i>	29	35	34	28	27
<i>O. sinensis</i>	1	2	3	2	
<i>Paralia sulcata</i>	2	4	3	3	
<i>Pseudopodosira elegans</i>					1
<i>Rhizosolenia bergonii</i>		1			
<i>R. hebetata</i>	3	1	1	2	1
<i>R. setigera</i>	2	4	2	1	2
<i>R. styliformis</i>	3	3	5	6	6
<i>Roperia tessellata</i>	2	3	1		
<i>Stellarima stellaria</i>	1				2
<i>Stephanopyxis turris</i>		1	1	1	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	25	20	17	17	21
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	2	1	3	7	3
<i>T. gravida</i>	13	13	15	21	16
<i>T. hyalina</i>	3		3	2	1
<i>T. leptopus</i>		2	1	3	1
<i>T. lineata</i>		1		1	6
<i>T. nordenskioldii</i>	5	13	5	4	11
<i>T. oestrupii</i>	5	1	3	1	1
<i>T. pacifica</i>	1	3	1		
<i>T. trifulta</i>	21	23	15	21	20
<i>T. undulata</i>	4	3	2	2	2
<i>T. spp.</i>	3	3	2	2	1
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>		1	1	1	3
<i>T. longissima</i>	4	4	4	3	3
Total valves	200	200	200	200	200
Diatom number (10*7/g)	7.7	12.9	7.7	1.8	1.8

表4 MR00-K05, PC-02地点のコア中における珪藻化石群集。

Table 4 Occurrences of diatoms in the piston core from the PC-02 site in MIRAI [MR00-K05] cruise.

MR00-K05, PC-02																						
Species / Samples(cm)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	
<i>Actinocyclus curvatus</i>	4	2	2	7	4	5	1	2	4	3	3		3			1	2	2	1	2	1	
<i>A. ochotensis</i>	1	2	2	2	2	1	5	2		2	2		1	2	3	4	4		2	3	1	
<i>A. octonarius</i>		1		1	4	1	1	2			1	1	1	1		1	1		1			
<i>Actinoptuchus senarius</i>	4	2	4	2	4	2	1	1	1	3	5	2	1	1	2	1	2	3	4	2	3	
<i>Asteromphalus robustus</i>			1		2	2		1		2		1		3	1	1	1	3	1		1	
<i>Avius marinus</i>		1	1	1		1						1			1		2	3	2		1	
<i>Azpeitia africana</i>																					1	
<i>A. nodulifera</i>							1	2	2		1	1	1		1		1		2	1	1	
<i>A. tabularia</i>		1	2		2	2		2	1	2		1	1	1	2				1	1		
<i>Bacterosira fragilis</i>		6	4	2	4	11	5	3	2	1	5	3	1	1	2	2	1	2	2	4	1	
<i>Chaetoceras furcellatus</i>		1		2	2	1		1	1	3	1	1	1	2	3	1		2	1	1	1	
<i>Cocconeis costata</i>	1				1						3											
<i>C. disculus</i>												1										
<i>Coscinodiscus marginatus</i>	3	1	5	4	1	1	2	2	3	4	1	3	1	2	1	2	1	3	2	4	3	
<i>C. nitidus</i>						1		1		1												
<i>C. oculus-iridis</i>	1	2	3	1	2	1	4		4	5	3	1	1	6	4	5	5	3	1	1	2	
<i>C. perpolatus</i>													1								1	
<i>C. subtilis</i>									1													
<i>Cyclotella kutzingiana</i>									1						1	1						
<i>C. striata</i>	1	2	2		2		2	1	1		2	5	3	2		3	1	1	2	4	10	
<i>Delphineis surirella</i>			1	1	1	3	1				1				1		1	1	1	2	1	
<i>Diploneis bombus</i>																						
<i>D. interruptus</i>								1							1		1	2		1		
<i>D. pupulus</i>												1										
<i>Fragilaria construens</i>	1																					
<i>Fragilariopsis doliolus</i>	3	5	5	3	7	3	11	8	7	8	5	6	5	5	2	9	3	4	3	4	6	
<i>Grammatophora spp.</i>	1		1														1		2			
<i>Hemiaulus sinensis</i>					1				1													
<i>Melosira albicansa</i>									1			2	3	1								
<i>Neodenticula kamtschatica</i>				1																		
<i>N. seminae</i>	33	30	29	28	24	23	26	44	35	29	24	36	38	41	76	37	23	33	30	43	27	
<i>Nitzschia brrarudii</i>	1		2				1									2		1	1	1		
<i>N. curta</i>	2		2		2		1	2			3	1	2	1	1	4	2	3	2	1	1	
<i>N. grunowii</i>	1	8	4	2	5	8	4	3	4	2	8	9	6	6	6	4	9	3	7	4	3	
<i>N. interruptastriata</i>								1			1											
<i>N. kolaczekii</i>													1		1							
<i>N. sicula</i>						2	1	1				1				1		1				
<i>Odontella aurita</i>	41	25	37	42	24	27	19	21	11	19	22	12	12	18	15	12	22	22	22	23	21	
<i>O. sinensis</i>	1	3	1		4	3	2	3	3	1	5	1	3	2	1	3	1	1	3	5	4	
<i>Paralia sulcata</i>	3	4	2	2	4	8	5	2	4	3	4	1	4		1	2		2	5		4	
<i>Porosira glacilis</i>							5		1													
<i>Pseudopodosira elegans</i>			1	1		1						1				1					1	

表4の続き

<i>Rhizosolenia alata</i>																	1				
<i>R. bergonii</i>					1								1		1						
<i>R. hebetata</i>		4	3	3	2	2	3	2		1	2	2	1	1	1	3	1	2	2		2
<i>R. imbricata</i>				2						1						1					
<i>R. setigera</i>	2	2		2	2	2	1	2	1	4	1	5	1	1	2	4	3	1	2	1	6
<i>R. styliformis</i>	6	3	4	3	6	4	5	3	7	4		1	5	2	3	2	4	5	3	2	2
<i>R. spp.</i>			1																		
<i>Roperia tessellata</i>								1			1		1			1	1	1			
<i>Stellarima stellaria</i>		1		1		1		2	1		1					1	1	1	1		
<i>Stephanopyxis turris</i>		2	2	2		4	2			4		1			1		3		2		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	34	29	14	24	27	25	29	28	25	29	29	30	18	22	13	19	25	23			
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	1	2	5	3		2	2	1	5	4	2	1	3	3		2	4	1	3	6	5
<i>T. gravida</i>	20	16	17	14	20	14	12	14	20	21	15	16	19	18	3	20	18	21	16	12	11
<i>T. hyalina</i>	2	2		1	3	1	2	1	4	1	1	3	3	2		1	4	3	1	1	2
<i>T. leptopus</i>		1	3	1	1	1	3	2	3	1	1			1	2	3	2	1	2	2	1
<i>T. lineata</i>	1	1	3		1	2	1	3	1	1	1	1	3	1		2	2	3	1	2	2
<i>T. nordenskioldii</i>	2	8	5	5	9	6	11	11	10	16	11	13	23	19	23	25	13	8	8	12	15
<i>T. oestrupii</i>	5	4	4	6	2	5	6	5	8	3	3	3	2	9	5	2	5	5	5	4	5
<i>T. pacifica</i>	1	1	4	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	3			1	2	5	2	2
<i>T. tenera</i>							3						1				1				
<i>T. trifulta</i>	15	22	17	19	13	13	14	8	17	13	23	23	21	16	14	11	21	18	16	22	17
<i>T. Undulsta</i>	1	1	2	3	1	2	4		1	2	1	2	1	2	3	1			1		1
<i>T. spp.</i>	1	2		1	2	2	1	1			1	1	1	1		1		1	1	1	1
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	2	1	1	3	3	1	1	1		1	1	1	1	2			3	1	4	1	4
<i>T. longissima</i>	4	2	4	3	4	5	1	6	7	5	5	3	3	2	3	2	3	4	6	3	5
<i>Trachineis aspera</i>	1			1				1								2					1
<i>Triceratium imper</i>	1			1				1								2					1
Total valves	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Diatom number (10*7/g)	10.3	7.7	1.8	1.8	7.7	5.1	5.1	7.7	8.8	7.7	8.8	11.4	7.7	12.9	15.4	8.8	8.8	8.8	7.7	7.7	7.7

3.3. 珪藻化石の環境因子分析

珪藻化石の環境因子分析において変換関数法 (transfer function method) を用いた。この方法は、現世の浮遊性微化石の群集型分布とそれを支配する環境因子 (主として表層海水温と塩分) を因子分析法によって抽出し、次いで特徴種の算出頻度とある環境因子との回帰関係 (変換関数, transfer function) を得ておけば、過去の環境因子をこの重回帰関係から復元することができるという Imbrie and Kipp (1971)¹⁾ によって開発・実用化された原理に基づいている。

これまでのデータと今回のデータによると、北海道厚岸湾沖から八戸、三陸沖、仙台湾沖、常磐沖、銚子沖、房総沖を経て、西七島海嶺に到る東経155°までの海域からの表層堆積物53点における珪藻化石群集の種組成 (115 タクサ) について、Qモード因子分析を行った結果、各地点における夏期および冬期の表層海水温および塩分の測定値と計算値が正比例することが分かった (図2)。さらに、全分散の90%が6つの因子 (群集型) で説明されることも判明した。各地点における夏期および冬期の表層海水温と表層塩分の一次関係図に、抽出された各因子をプロットすると、各因子の特

徴を明確に評価できる (図3)。抽出された各因子を構成する種の環境に関わる生態と各因子の各地点への寄与率 (地理的分布) とこの情報を加えて検討したところ (図4)、因子1はやや寒冷な混合水域に優勢であり、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* で特徴づけられる。因子2は黒潮とその続流域、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で特徴づけられる。因子3は寒冷な親潮域に優勢である。因子4は広域に分布し、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している。因子5は北方沿岸域に弱小ながら優勢であり、(とくに夏期において) 低温・低塩分の海域に生息する種群で特徴づけられる。因子6は沖合域に優勢であり、外洋種で特徴づけられる。

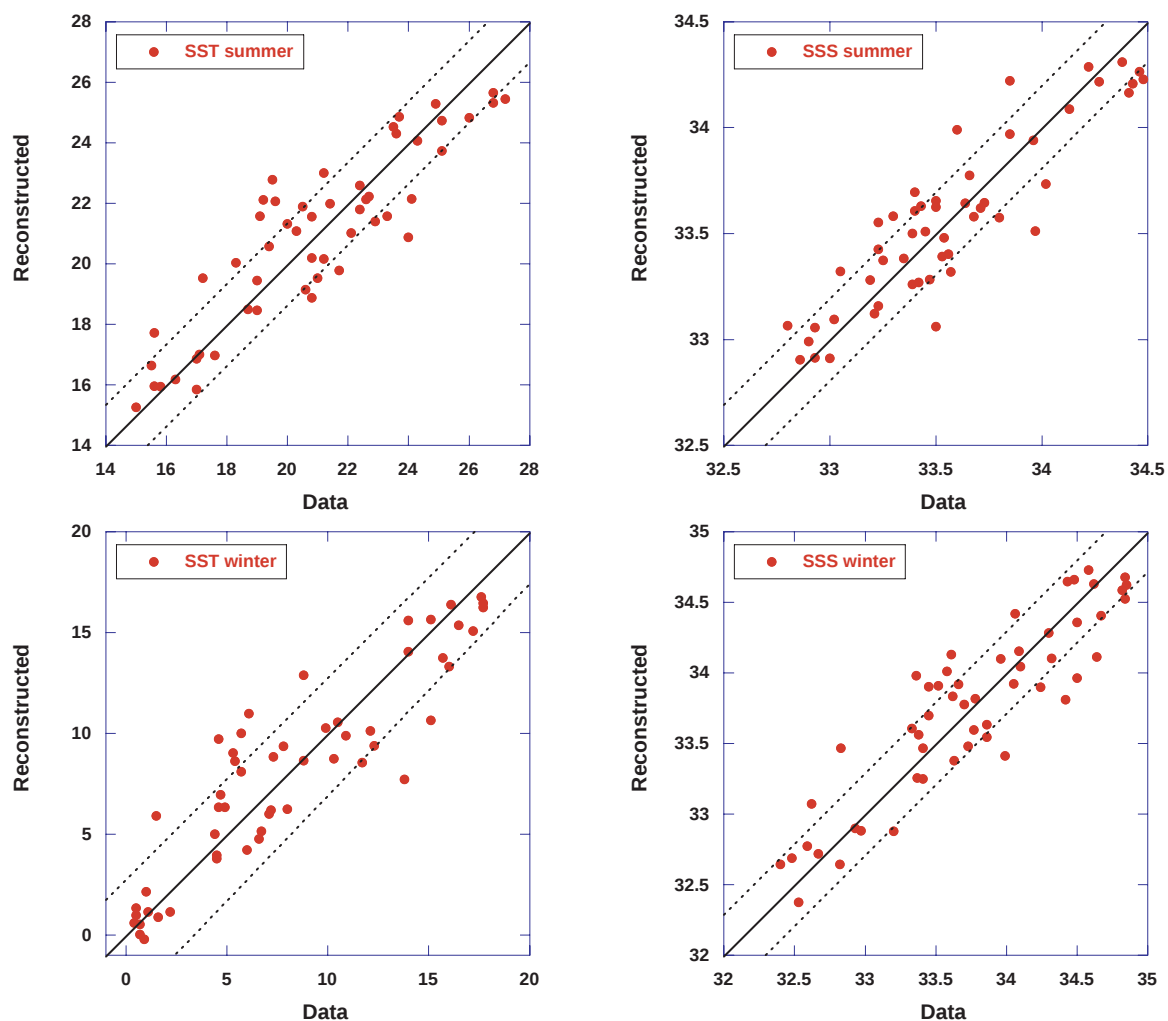


図2 三陸沖表層堆積物53点中の珪藻化石群集に基づく変換関数法から求めた夏期および冬期の表層海水温および塩分とそれらの観測値との関係図

Fig. 2 Sea surface temperature and salinity for summer and winter obtained transfer function method and its relatedness to the observed figures.

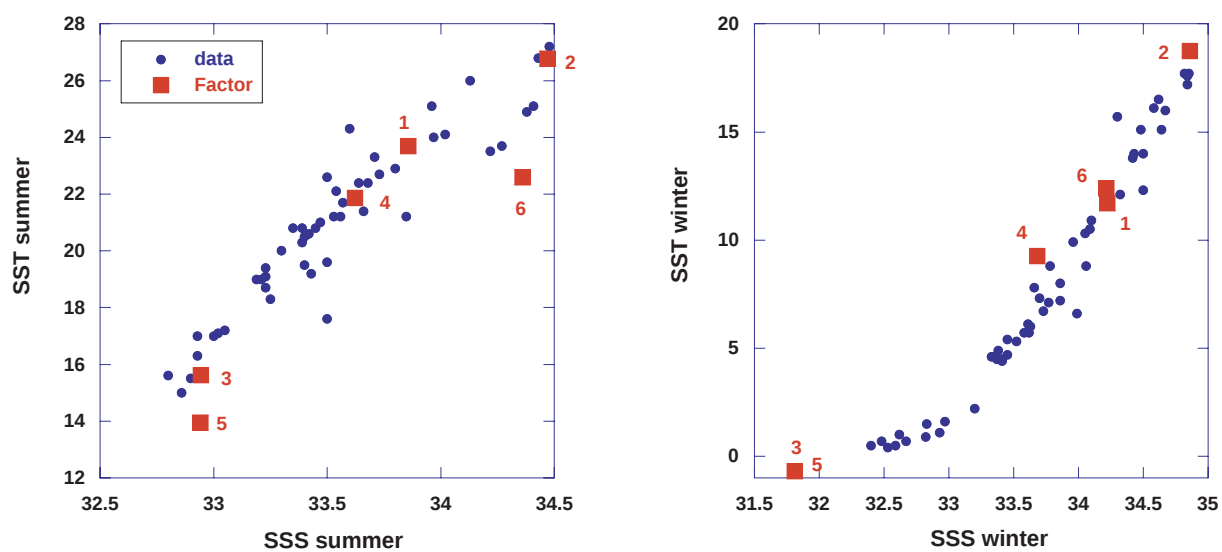


図3 三陸沖表層堆積物における珪藻化石群集の夏期および冬期の因子(群集型)と表層海水温・塩分との関係図

Fig. 3 Relatedness of sea surface temperature and salinity to summer and winter factors.

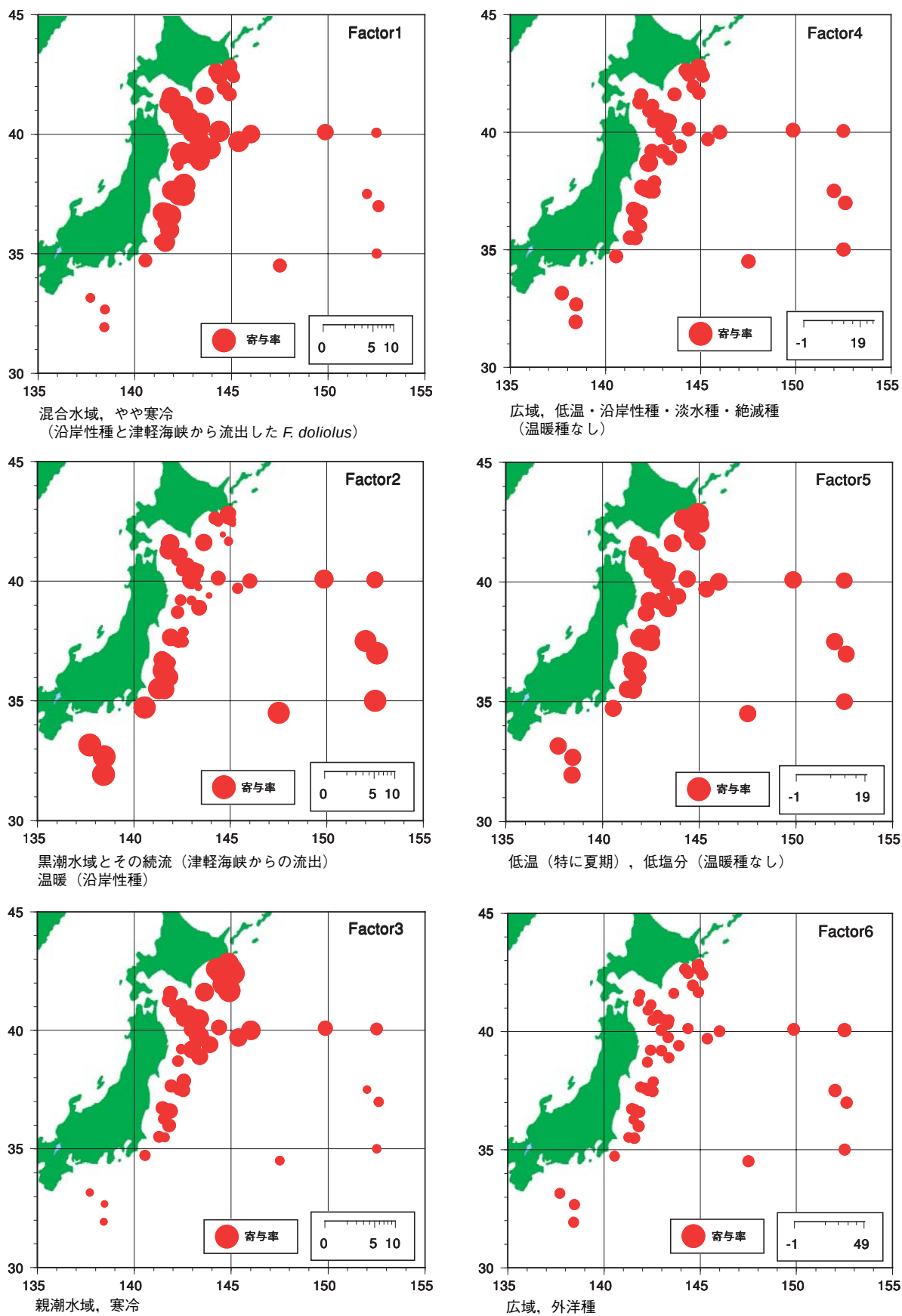


図4 三陸沖表層堆積物における珪藻化石群集の6因子(群集型)
Fig. 4 Six factors for diatom fossil assemblages.

4. 分析結果

4.1. 珪藻殻数

PC-01コアの珪藻殻数に周期的な増減が認められる。すなわち、PL-01コアの2cm～6cm層準の珪藻殻数($2.3\sim 2.6\times 10^7/\text{g}$)は下層準のそれ($1.7\times 10^7/\text{g}$)よりもやや多く、同じような傾向がPC-01コアの6cm～8cm層準とその下層準にもみられるので、これらの層準を対比することができる。同じような傾向が14cm～16cm層準とその下層準にも認められるが、下層準ほど珪藻殻数は減少している。なおMSTおよび層相観察によればPC-01コアの上部15～19cmが欠如している。このことは後述する珪藻化石群集の解析結果によっても確認されている。

PC-02コアの珪藻殻数(平均 $8.1\times 10^7/\text{g}$)はPC-01コアのそれ(平均 $1.6\times 10^7/\text{g}$)よりも多い。PL-02コアの4cm層準の増加と8cm～10cm層準の減少がPC-02コアの0cm層準と4cm～6cm層準にそれぞれ対応しているので、それらの層準を対比することができる。

4.2. 変換関数法による表層海水温および塩分変遷の復元

4.2.1. PC-01地点(図5a):

PC-01コアは、コアトップが約15cm欠如していた。この部分に関しては、パイロットに用いたPL-01コアがカバーしているので連続したコアとする。このことから、図5aは、PL-01のトップをPC-01のトップに対して15cmオフセットして図を作成した。

夏期の表層海水温は24～25℃、冬期のそれは14～16℃の範囲内を変動しており、冬期の変動幅がやや大きい。一方、夏期の塩分は34.3～34.65‰、冬期のそれは33.95～34.25‰と夏期の変動幅がやや大きい。

表層海水温および塩分とも24cm層準で著しく減少している(夏期表層海水温約2℃、冬期表層海水温約3℃;夏期塩分約0.35‰、冬期塩分約0.2‰の降下)ので、この層準が最終氷期最寒時(約2万年前)と考えられる。それ以前の最終氷期を通じて表層海水温および塩分は現間氷期と同じレベルに達している。

夏期における表層海水温および塩分の変動が冬期におけるそれよりも変動幅が大きく激しい。現間氷期を通じての夏期表層海水温変動に3回のピークが認められるが、コア最上部においては減少している。なお、他の要因の変動は顕著でない。

4.2.2. PC-02 地点(図5b):

PL-02 コアの2cm～4cm 層準はPC-02コアの0cm～2cm 層準に相当しているので、PC-02コアの上部2cmの欠如がみられた。従って、図5bは、PL-02のトップをPC-02のトップに対して2cmオフセットして図を作成した。夏期の表層海水温は15～20℃、冬期のそれは0～7℃と冬期の変動幅がやや大きい。塩分は夏期と冬期ではほぼ同じ変動レベルにあるが、冬期における変動幅がより大きく32.7～33.7‰で夏期のその2倍である。表層海水温および塩分とも24cm層準で著しく減少している(夏期表層海水温約3℃、冬期表層海水温約5℃;夏期塩分約0.4‰、冬期塩分約0.45‰の降下)ので、本

分析では、この層準が最終氷期最寒時(約2万年前)と考えられる。表層海水温はそれ以前の最終氷期を通じて夏期および冬期とも現間氷期より1～2℃低めであるが、塩分は現間氷期より約0.4‰減少している。

現間氷期を通じて表層海水温および塩分の変動に4回のピークが認められ、コア最上部では両者とも増加している。塩分の顕著な変動は因子1の影響によるものであり、沿岸性種と津軽海峡から流出した暖流系種*Fragilariopsis doliolus*の高い産出頻度で特徴づけられる。

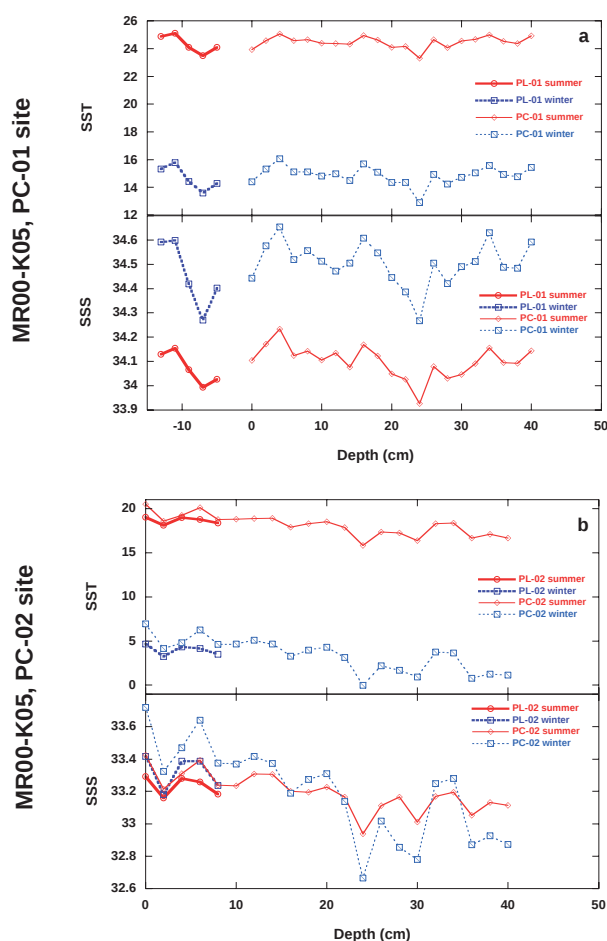


図5 MR00-K05,PC-01地点およびPC-02地点におけるピストンコア中の珪藻化石群集に基づく変換関数法から復元した最終氷期から現在までの夏期および冬期の表層海水温と塩分の変遷

Fig. 5 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.

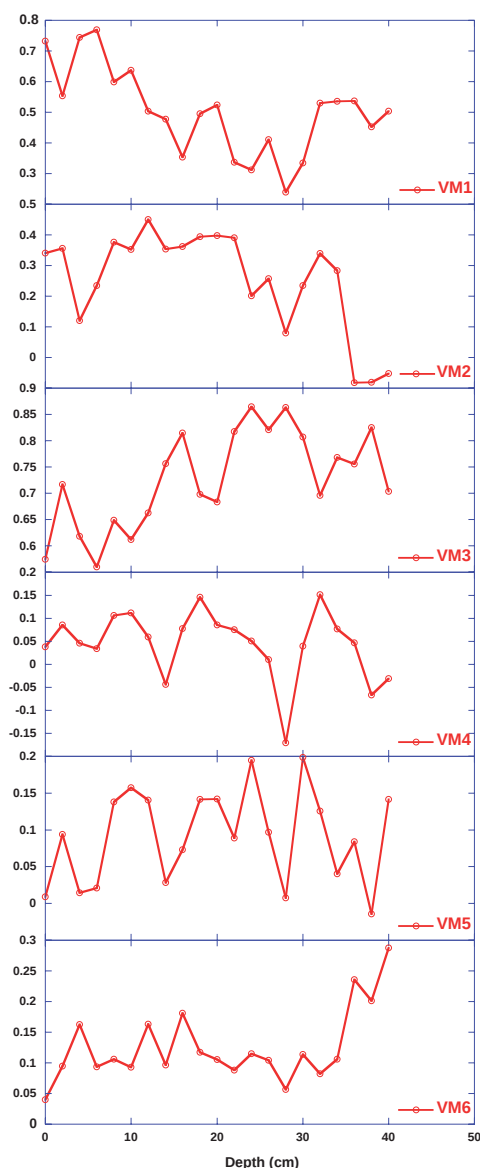


図6 MR00-K05, PC-02地点のピストンコアにおける珪藻化石群集の6因子(群集型)の最終氷期から現在までの変遷。

Fig. 6 Changes of each factor which indicates different environments from the end of the last glacial to the Present.

5. 結論と課題

図5に示したように、最終氷期以来一貫して、黒潮域にあるPC-01地点の方が親潮域にあるPC-02地点よりも水温・塩分が高い。また、PC-01とPC-02の両地点において、現間氷期における3回ないしは4回の水温・塩分の変動および融氷期における低温・低塩分イベントが共通して見られ、本分析の現間氷期の水温と最終氷期と推定した時期との水温の間にはほとんど差がない。現世から融氷期に至る水温変動の復元結果は、Takemoto and Oda (1997)⁴⁾による浮遊性有孔虫の群集組成に基づく三陸沖の過去1万年間の水温変動復元結果と調和的である。一方、融氷期に水温・塩分が最も低くなり、最終氷期には現在とあまり変わらない値となることは、黒潮統流の位置

が最終氷期において現在よりも2~3°南下していたとする従来の報告(Thompson and Shackleton, 1980)⁵⁾から推測されるような、親潮-黒潮前線域(あるいは混合水域)の南下では説明できない。珪藻群集組成が示すように、本海域は津軽海峡から流出する水塊の影響も受けているために、水温・塩分の時間変動が複雑なものとなっている可能性がある。実際、PC-02における塩分の変動パターンは、因子1群集の増加と因子3群集の減少で特徴づけられる変動の影響を強く受けており、これは親潮と黒潮の混合比率の変化よりも、むしろ親潮と津軽海峡から流出する水塊との混合比率の変化の影響をあらわしていると考えられる。一方、現間氷期に3回ないしは4回の水温・塩分の変動が起こることは、Koizumi (1989)²⁾によって指摘された日本海での対馬暖流の脈動パターンと調和的であり、これは日本海から津軽海峡を経て流出する水塊が三陸沖にも影響を与えている可能性を支持するものである。以上のことから、三陸沖から得られたコアを用いて親潮-黒潮混合水域における海洋表層水の性質が過去においていかに変動してきたかを復元する際には、日本海における表層水変動を考慮に入れなければならないことが明らかである。ところが、日本海においては、最終氷期最寒時には海水準の低下によってほとんど閉鎖的になり水塊構造が全く現在と異なっていた(Tada et al., 1999)³⁾ために、現在の珪藻群集の生態を前提とした変換関数の適用が困難である。従って今後は、最終氷期最寒時の日本海表層水がどのような性質を持っていたかを地球化学的手法で明らかにし、現間氷期における珪藻群集組成変動を、三陸沖と日本海全体を含む広い範囲で再検討していく必要がある。また、2本のコアの年代の特定を急ぐとともに、他の微化石との比較検討を行う必要がある。

6. 参考文献

- 1) Imbrie, J. and Kipp, N.G., "A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology" application to a Late Pleistocene climatology.. In Turekian, K.K. (ed.). The Late Cenozoic Glacial Ages, Yale University Press, New Haven, 71-181(1971).
- 2) Koizumi, I., "Holocene pulses of diatom growths in the warm Tsushima Current in the Japan Sea.", Diatom Research, 4, 55-68 (1989).
- 3) Tada, R., Irino, T., and Koizumi, I., "Land-Ocean Linkage over orbital and millennial timescales recorded in the late Quaternary sediments of the Japan Sea., Paleoclimatology, 14, 236-247 (1999).
- 4) Takemoto, A. and Oda, M., "New planktic foraminiferal transfer functions for the Kuroshio-Oyashio Current region off Japan", Paleontological Research, I, 291-310 (1997).
- 5) Thompson, P.R. and Shackleton, N.J., "North Pacific paleoclimatology: late Quaternary cooling variations of planktonic foraminifer. Neoglobobulimina pachyderma". Nature, 287, 829-833. (1980).

(原稿受理: 2001年7月31日)