

서남극 맥스웰만에서 산출된 홀로세 구조 연구

박영숙^{1,*} · 이종덕¹ · 윤호일² · 윤혜수³¹전북대학교 자연과학대학 지구환경과학과²한국 해양연구원 극지연구소³충남대학교 자연과학대학 지질학과

요 약

서남극 남쉐틀랜드 군도의 맥스웰만에서 채취한 중력 코어 퇴적물 GC00-MX2로부터 총 33속 60종의 구조를 감정하였으며 *Cocconeis costata*, *Fragilariopsis kerguelensis*, *Rhizosolenia styliformis*, *Thalassiosira antarctica*, *T. glacilis*와 *T. lentiginosa* 등이 전체 군집의 50.3%를 차지하는 우점종으로 나타났다. 연구 지역에서 *Acanthes* sp., *Cocconeis costata*, *Grammatophora* sp., *Licomphora* sp., *Navicula directa*, *Pseudogomphonema* sp.와 *Trachyneis aspera* 등과 같은 연안 저서성 구조들의 산출은 육지로부터 퇴적물의 유입을 의미한다. *Chaetoceros* 휴면포자가 하부 층준에서 풍부하게 산출되고 208 cm 층준을 기준으로 상부로 갈수록 양이 급격히 감소하는 경향을 보인다. 이들을 종합한 결과, 코어 퇴적물의 하부 층준(208 cm 이하)이 퇴적될 당시 연구지역은 신빙하기 었을 지라도 해빙기와 간빙기가 반복되었고, 256 cm 이상의 상부 층준 중에서 176 cm~96 cm 사이의 층준은 TOC 값과 대비해 볼 때 냉각기(little ice age)였음을 알 수 있다.

주요어: 코어 퇴적물, 연안 저서성 구조, 용빙수, 온난기, 냉각기, 홀로세

Young-Suk Bak, Jong-Deock Lee, Ho-Il Yoon and Hyesu Yun, 2004, Diatom assemblages from Maxwell Bay in Antarctica. *Journal of the Geological Society of Korea*. v. 40, no. 4, p. 455-468

ABSTRACT: A total of 60 species and varieties belonging to 33 genera is identified from the Core GC00-MX2 in the Maxwell Bay of the South Shetland Islands, Western Antarctica. The Holocene diatom assemblages from the core are characterized by predominance (about 50.3% of the total) of *Cocconeis costata*, *Fragilariopsis kerguelensis*, *Rhizosolenia styliformis*, *Thalassiosira antarctica*, *T. glacilis* and *T. lentiginosa*. The neritic benthic diatoms, such as *Acanthes* sp., *Cocconeis costata*, *Grammatophora* sp., *Licomphora* sp., *Navicula directa*, *Pseudogomphonema* sp., and *Trachyneis aspera*, which are introduced by glacier meltwater, indicate a warm event during the sedimentation periods. The lower horizons of the core (592 cm~208 cm) are characterized by high abundance of *Chaetoceros* resting spore, indicating input of sea-ice meltwater. In contrast, the abundance of this resting spore in upper horizons is gradually decreased from 208 cm horizon upward. As a result, the lower horizons of the core were influenced by open marine conditions and ice conditions, and the upper horizons changed to ice conditions(cold) in core intervals of 176 cm to 96 cm.

Key words: core sediments, neritic benthic diatoms, meltwater, Holocene, warm period, ice conditions

(Young-Suk Bak and Jong-Deock Lee, Department of Earth and Environmental Sciences, Chonbuk National University, Jeonju, 561-756, Korea; Ho-Il Yoon, Polar Research Institute, KORDI, Ansan P.O. Box 29, 425-600, Korea; Hyesu Yun, Department of Geology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

1. 서 론

맥스웰만은 서남극 남쉐틀랜드 군도의 킹조지

섬과 벨슨섬 사이에 위치하고 있으며 전형적인 피요르드 지형이다(Fig. 1). 맥스웰만의 남동쪽 입구는 브랜스필드 해협으로 연결되며 서쪽으로

* Corresponding author: Tel. +82-63-270-2804, E-mail. sydin@hanmail.net

는 얇고 좁게 발달한 수로가 있어서 드레이크 해협과 좁게 이어져 있다. 만의 길이는 약 12 km 이고, 폭은 약 7 km이며 해저는 U자형으로 수심 200 m까지는 경사가 완만하나 서서히 깊어지다가 200 m 이상부터는 급격히 깊어진다. 만의 중앙부는 수심이 500 m 정도이고 맥스웰만을 벗어나면 수심이 급격히 깊어지며 해류의 흐름도 빨라진다. 또한, 고온 저염의 벨링스하우젠해 기원의 해수는 하계 맥스웰만 유입수의 기원이며 맥스웰만 해수 순환에 커다란 영향을 미친다(Chang *et al.*, 1990). 또한 저온, 다습한 기후 영향을 받는 맥스웰만의 연간 총 강우량은 약 170 mm이며 그 중 73%가 하계인 12월과 2월 사이에 집중되어 있다 (KORDI, 1989). 1988년 킹조지섬에 세종기지가 설립된 이래로 우리나라 연구자들에 의해 맥스웰만에서의 연구가 다양하게 이루어 졌으나(해양학: 강영철 외, 1995; 생물학: 양재삼, 1990; 오윤식, 1993; 정호성 외, 1993; 기상학: 이방용 외, 1990; 퇴적학: Kim, B. K., 1997; Kim,

D., 1997; Yoon and Park,1996; Yoon *et al.*, 1997; 지구물리학: Kim and Nam, 1991) 규조에 대한 연구는 드문 편이다(안인영 외, 1994; Kang *et al.*, 1995). 규조는 남극의 1차 생산자로서 하계 중 짧은 기간동안에 해빙의 주변부에서 생산이 폭발적으로 일어나며 남극 하계기간 중 맥스웰만에서 규조류가 식물성 플랑크톤의 대부분을 차지한다고 보고 된 바 있다(최중기 외, 1992). 따라서 본 연구는 맥스웰만의 입구에 위치하는 코어 GC00-MX2의 퇴적물에서 산출된 규조분석을 통하여 층수에 따른 군집변화양상을 연구함으로써 퇴적당시의 환경 변화를 해석하고자 한다.

2. 시료채취 및 연구방법

시료 채취지역은 맥스웰만의 입구에 위치하고 있으며 일반적으로 겨울에는 해수면이 얼고 여름에는 녹으나, 그 양상이 변화가 심해 일년 내내 해수가 얼지 않는 해도 있다(Fig. 2). 또한 연중

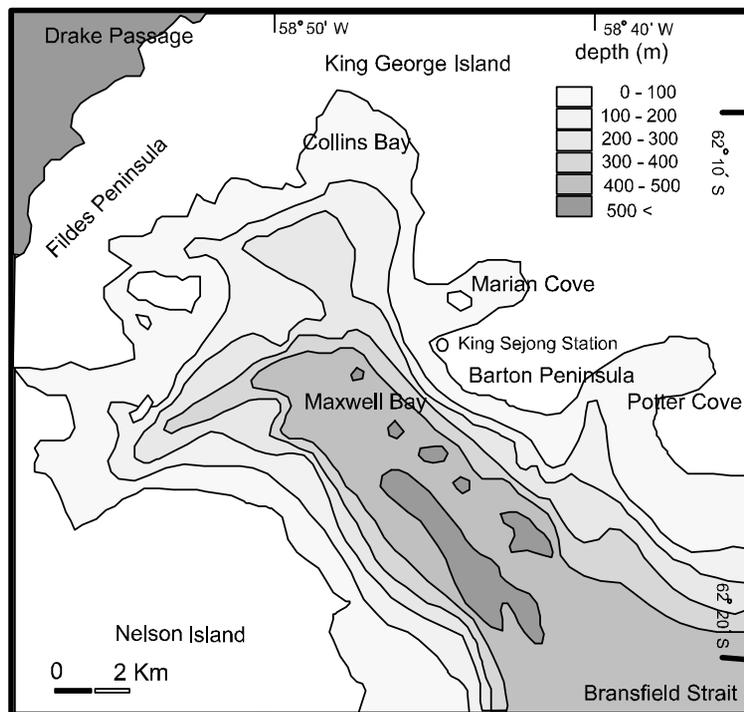


Fig. 1. Horizontal distribution of water depth in Maxwell bay, Anrarctica.

유빙의 양과 상태가 불규칙적으로 변화하고 하계 동안에는 콜린즈하버와 마리안소만 쪽에서 담수인 용빙수의 유입이 상대적으로 많아진다(Fig. 1). 연구에 사용된 코어 퇴적물의 암상은 특기할 만한 변화는 나타나지 않고 생물작용으로 교란된 균질 니층(bioturbated mud)으로 이루어져 있다. 전체 코어퇴적물(총길이 총 592 cm) 중에서 16 cm 간격으로 38개의 시료를 대상으로 규조 분석을 수행하였으며 실내에서의 화학 처리방법은 Boden (1991)의 시료처리 방법을 사용하였다.

3. 결과 및 토의

3.1 규조 미화석의 군집조성

맥스웰만 부근에서 채취한 코어 퇴적물 GC00-MX2로부터 총 33속 60종의 규조를 감정하였다(Table 1). 규조 군집 조성을 살펴보면 규조각(valves)의 개체 수 농도($\times 10^7/g$)는 3.1에서 22.2

까지 다양하게 나타났다(Fig. 3). 전체 군집의 50.3%를 차지하는 우점종으로는 *Cocconeis costata*, *Fragilariopsis kerguelensis*, *Rhizosolenia styliformis*, *Thalassiosira antarctica*, *T. glacialis*와 *T. rentiginosa* 등이 있다. 그 외에 다량 수반되는 종으로서 *Actinocyclus actinochilus*, *Corethron criophilum*, *Fragilariopsis curta*, *F. seperanda*, *Licomphora sp.*와 *Porosira glacialis*등이 전 층수에 걸쳐서 지속적으로 산출되며 전체 군집의 17.3%를 점유한다.

3.2 퇴적물의 연대측정

일반적으로 남극해 생물에 대한 ^{14}C 동위원소 연대측정의 결과는 실제 보다 나이가 많은 경우가 있다. 나이가 예상보다 높은 값을 보이는 것은 퇴적물 속에 바다물속의 오래된 탄소를 섭취하여 성장한 생물의 사체를 함께 포함하고 있기 때문이다. 따라서 이를 보정하기 위해 남극 표층 퇴적물에 대하여 연대측정을 한 결과를 측정값에

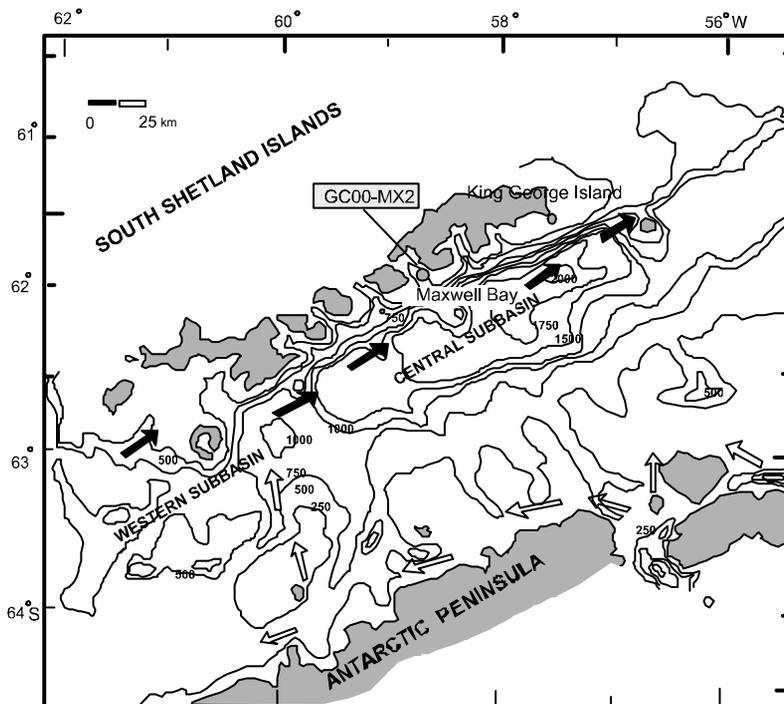


Fig. 2. Core location map of Maxwell Bay in Antarctica. Inferred surface water flows are shown by arrows: solid arrows indicate warm and less saline water masses originating from the Bellingshausen Sea; hollow arrows indicate cold and saline Weddell Sea water (from Piakowski, 1985).

Table 1. Occurrence chart of the diatom taxa from the core GC00-MX2.

species	depth	0	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	176	192	208	224	240	256	272	288	
<i>Acanthes</i> sp.		1																			
<i>Actinocyclus actinochilus</i>		2	3	8	3		8	10	12	8	2		4	8	2	13		6	10	2	
<i>A. curvatulus</i>										1											
<i>A. ingens</i>									1												
<i>A. octonarius</i>		2	3		1									4						4	
<i>Amphora</i> sp.			4									2		2			1	1			
<i>Asteromphalus hookeri</i>		1	3		3	1						1									
<i>A. parvulus</i>				2			1														
<i>A. sp.</i>				1						2											
<i>Cocconeis costata</i>		25	17	18	8	14	12	16	15	12	14	6	10	28	13	2	10	16	17	18	
<i>C. fasciolata</i>		7	4	3	6	5	6		1	4	6		2	3	2	4	8	6	6	2	
<i>C. pensacolae</i>																					
<i>C. sp.</i>									3	2		1		2			1		4	2	
<i>Corethron criophilum</i>		16	7	6	15	38	28	4	14	18	18	6		4	28	11	4	3	2	26	
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>		4		4		4		8	3								2	4		2	
<i>Dactyliosolen antarcticus</i>		3	5	6		6	2	4	15	6	2	2	2	2	2	10	4		3	4	
<i>Denticulopsis</i> sp.													2								3
<i>Entopyla</i> sp.		2				1						1				2	1		2	4	
<i>Eucompia antarctica</i>				1	4	6	4		2	6		2	6	2	4		4	5	6	2	
<i>Fragilariopsis curta</i>		1	9	4	18	8	12	10	3	12	16	14	4	8	18	19	14	13	6	2	
<i>F. cylindrus</i>									6		6				2	4	10	6	2		
<i>F. kerguelensis</i>		26	33	32	34	24	36	34	18	28	18	19	44	38	20	23	22	45	36	44	
<i>F. lineata</i>					2												2				
<i>F. obliquocostata</i>							4	8	10	4	2		15	4	2	2	3	4	5	4	
<i>F. oceanica</i>										10	4	3	13	6	4	6	2	2	2	1	
<i>F. ritscheri</i>		3	11				10	3			6	6	3		4	2			4		
<i>F. separanda</i>		6	18	3	8		10	2		6	4	2	2		3	8	5	1	6		
<i>F. sublineata</i>		2		4	8	6	4	3		2	6	2	3		10	3	4	2	2	2	
<i>Grammatophora</i> sp.		7		13	2	2		2	7	4	14	12	4	4		2		1	8	16	
<i>Gyrosigma</i> sp.									2												
<i>Isthmia nervosa</i>																					
<i>Licmphora</i> sp.		9	6	12	8	4		14	5	4	12	10	2	9	2	1	12	4	11	2	
<i>Melosira sol</i>																					
<i>M. sp.</i>			3	4					1	4		2					2	4	1		
<i>Navicula directa</i>			6												4						
<i>Navicula</i> sp.			3				1		1								4				
<i>Nitzschia</i> spp.									6	2	6	4	2			4	2		4		
<i>Odontella weissflogii</i>		17	7			6	2	12	6		4	10		6	5	6	2	14	4	4	
<i>Pinnularia</i> sp.				2																	
<i>Porosira glacialis</i>		9	16	17	20	14	21	4		5	6	2		2	13	18	8	6	4	18	
<i>Proboscia inermis</i>			3	1	2	7	6	2	1	10	6	8	4		2	6			1	4	
<i>Pseudogomphonema</i> sp.												2									
<i>Pseudo-nitzschia cuspidata</i>		1																			
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.																	1				
<i>Rhizosolenia styliformis</i>		6	5	18	6	8	8	12	10	20	4	58	12	26	19	16	18	23	30	12	
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>bidens</i>											17	4	2		2						
<i>Schimperiella antarctica</i>						5				3										2	
<i>Stellarima microtrias</i>			1		6		2	14		2		2	4	7	2		2	6	4		
<i>Stephanopyxis</i> sp.																					
<i>Synedra</i> sp.		2	7	2	4		2			6	10	4		2		6	6	2	4	1	
<i>Thalassiosira antarctica</i>		23	13	14	17	10	18	16	29	6	10	16	26	17	14	26	17	14	10	9	
<i>T. elliptipora</i>									1												
<i>T. glaciilis</i>		16	11	10	23	8	4	6	3	14	8	4	20	29	24	4	12	16	10	4	
<i>T. lentiginosa</i>		8		14	16	24	14	22	23	12	18	2	10	6	13	4	22	6	7	26	
<i>T. lineata</i>		1													2			1		2	
<i>T. spp.</i>		6	22	5	7		13		3		2	10	20	10						16	
<i>Thalassiothrix longissima</i>		5	7	2	9	1	2	3	4	4	3	1	3	3	4		10	4	3	4	
<i>Thalassiothrix</i> sp.									3												
<i>Trachyneis aspera</i>																					
<i>Trinacria</i> sp.																1					
<i>Chaetoceros</i> resting spores		3	21	7	26	30	79	10	4	39	27	45	17	48	80	112	66	200	156	50	

Table 1. Continued.

<i>species</i>	<i>depth</i>	304	320	336	352	368	384	400	416	432	448	464	480	496	512	528	544	560	576	592
<i>Acanthes sp.</i>																				
<i>Actinocyclus actinochilus</i>		8	2	4	6	8	4		3	8	3	6	8	6	10	10	8	4	6	7
<i>A. curvatulus</i>																				
<i>A. ingens</i>		4												1	2					1
<i>A. octonarius</i>			2			2														
<i>Amphora sp.</i>					1				2				1				2			
<i>Asteromphalus hookeri</i>					1									2						
<i>A. parvulus</i>																2				
<i>A. sp.</i>					1															
<i>Cocconeis costata</i>		20	10	26	14	28	16	6	7	22	16	28	14	22	14	16	16	12	10	16
<i>C. fasciolata</i>		10	3	6		4	5	8	4		8	4	4	2	4	4	4	3	4	2
<i>C. pensacolata</i>		2						1	2				1							
<i>C. sp.</i>									4	3					1			3		
<i>Corethron criophilum</i>				4	8	8		2	2			4	2				4	2	6	4
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>			4	5			4	1	4			2		6	4	2	6		2	
<i>Dactyliosolen antarcticus</i>		4	8	7		4	12	10	6	10			2	4	8		6	4	4	6
<i>Denticulopsis sp.</i>						2														
<i>Entopyla sp.</i>					1					1						2	2	4		
<i>Eucampia antarctica</i>		6	4	2	3	2				6	7			2	6			2		2
<i>Fragilariopsis curta</i>		10	26	2	10			24	26	4	6	10	6	4	2	4	16	10	30	10
<i>F. cylindrus</i>			4		6					4										
<i>F. kerguelensis</i>		32	20	44	42	50	56	26	18	34	28	30	32	60	28	44	54	34	42	60
<i>F. lineata</i>			2	2					4			2		4		2			6	
<i>F. obliquecostata</i>		12	2	2	3			6	10	4	2		4	6	4		2	2		6
<i>F. oceanica</i>					1	4		5											2	
<i>F. ritscheri</i>			4	2	1			6	14		2	2	3	6						8
<i>F. separanda</i>		8	12		8	10	10	8	20	2	10	4			4		6	4	22	
<i>F. sublineata</i>		2	6	4	2	4	10	6	4		16	8	4		8	6	12	20	4	4
<i>Grammatophora sp.</i>		4	2	8		1	4			8	2		1	4	2	12		12	2	4
<i>Gyrosigma sp.</i>																				
<i>Isthmia nervosa</i>			1					1							1					
<i>Licomphora sp.</i>		6	10	8	12	6	4	5	12	10	10	2	4	4	5	3	6	8		
<i>Melosira sol</i>		1								1										
<i>M. sp.</i>			1				2	1		4				1				2	2	
<i>Navicula directa</i>					2	1		2			1							2		
<i>Navicula sp.</i>															1					
<i>Nitzschia spp.</i>																			2	1
<i>Odontella weissflogii</i>			4	6	7	2	6	2	4	10	4	10	2	2	3	16	2	6		4
<i>Pinnularia sp.</i>												2								
<i>Porosira glacialis</i>			12	2	4	2	2	8	9			10	8	2	6		8	4	4	4
<i>Proboscia inermis</i>		8			1	2		3	2			2				6				
<i>Pseudogomphonema sp.</i>								1			2					1	4			2
<i>Pseudo-nitzschia cuspidata</i>																				
<i>Pseudo-nitzschia sp.</i>							14													
<i>Rhizosolenia styliformis</i>		28	10	24	7	22		14	10	30	10	26	40	18	12	14	10	20	4	12
<i>Rhizosolenia hebetata f. bidens</i>				2								2			2	3				2
<i>Schimperiella antarctica</i>									4	1	12		6	2	2	6	2	2	2	2
<i>Stellarima microtrias</i>		2		8	14	8	4					8					8	2	4	2
<i>Stephanopyxis sp.</i>		1																		
<i>Synedra sp.</i>		6	8	4	5	10	6	10	8	4	5	2	2	2	4	6	10	2	6	4
<i>Thalassiosira antarctica</i>		10	10	18	13	16	22	24	14	12	26	22	21	24	18	32	8	10	22	22
<i>T. elliptipora</i>								2												
<i>T. glacilis</i>		10	18	14	13	16	12	5	12	10	9	16	18	20	30	14	6	10	14	12
<i>T. lentiginosa</i>		14	14	10	8	16	10	14	6	12	24	10	14	18	16	14	6	14	4	4
<i>T. lineata</i>			2								1	2			2		2			4
<i>T. spp.</i>		6	8								1								2	
<i>Thalassiothrix longissima</i>		8	4	4	3	1	2	6	4	6	4	2	4	6	2	2	6		4	10
<i>Thalassiothrix sp.</i>																				
<i>Trachyneis aspera</i>								1												
<i>Trinacria sp.</i>		1					1						1			2		1		
<i>Chaetoceros resting spores</i>		154	164	22	200	56	28	200	200	35	200	90	101	20	30	160	200	74	200	156

Table 2. AMS ^{14}C radiocarbon age datings and lithofacies of the examined core GC00-MX2.

Lab code	Core depth(cm)	Lithofacies	Materials	^{14}C ages(yr. B.P.)	
				Uncorrected	Corrected ^a
R28150/3	107	Diatomaceous mud	micro-shell	1662±45	562±45
R28150/8	273	Diatomaceous mud	micro-shell	2021±40	921±40
R28193/1	448	Diatomaceous mud	micro-shell	2839±40	1739±40
R28193/2	447	Diatomaceous mud	micro-shell	3032±40	1932±40
R28193/3	573	Diatomaceous mud	Plant-fragment	3514±45	2414±45

^aCorrected ages were determined by subtracting the surface age of 1100 years in core GC00-MX2.

서 빠춤으로써 실제 나이를 얻게 된다(Gordon and Harkness, 1993). 뉴질랜드의 Rafter Radiocarbon Laboratory에서 측정된 코어 퇴적물의 AMS ^{14}C 동위원소 연대측정의 값을 보정한 결과 GC00-MX2 코어의 퇴적 시기는 신빙하기(Neoglacial)가 시작되는 시기 이후이다(Table 2).

3.3 고환경 해석

코어 GC00-MX2의 퇴적물에서 산출된 환경 지시 규조 종들의 조성을 살펴보면 연안 저서성 규조로서 *Acanthes* sp., *Cocconeis costata*, *Grammatophora* sp., *Licomphora* sp., *Navicula directa*, *Pseudogomphonema* sp., *Trachyneis aspera* 등이 산출되었다. 저서성 규조의 깊이를 연구한 Whitehead and McMinn (1997)에 의하면 *Cocconeis costata*, *Navicula directa*, *Trachyneis aspera*등을 포함한 규조군(group)은 깊은 아조간대(deep sublittoral zone)인 9.8 m 이상에서 25.0 m의 지역에 분포한다. 현재 맥스웰만의 표층수 연구에 의하면 육상근접해역으로 갈수록 규조류의 밀도와 저서성 규조가 차지하는 비율이 높아지고 육상에서 멀어져 맥스웰만의 입구로 갈수록 구성비율이 적어진다고 하였다(Johansen and Fryxell, 1985). 또한 연안 부유성종으로서 *Actinocyclus actinochilus*, *Eucampia antarctica*, *Fragilariopsis obliquecostata*, *Odontella weisflogii*등도 지속적으로 산출된다. 연구 시료의 채취 지역이 맥스웰만의 입구 부근이지만 각 층준에서 이들 연안성 군집이 계속적으로 산출되는 것은 2,400 yr. B.P.에 신빙하기의 시작으로 맥스웰만의 빙하의 발달과 더불어 육성기원 퇴적물의

유입이 계속 된 것으로 보인다(Fig. 3).

고환경을 해석할 수 있는 지시종으로서 해빙종은 *Fragilariopsis curta*, *F. cylindrus*, *F. obliquecostata*와 *F. sublineata* 등이 산출되었다. 이들의 특징을 개별적으로 살펴보면, *Fragilariopsis curta*는 sea-ice의 영향을 받은 곳으로부터 산출되는 종이며, *F. cylindrus*는 pack ice나 fast ice(Garrison and Buck, 1989; Scott *et al.*, 1994), ice edge blooms (Kang and Fryxell, 1992)가 있는 곳에서 발견된다. *Fragilariopsis obliquecostata*는 남극 연안이나 ice-edge근처에 제한되어 나타나는 종으로서(Kozlova, 1966) 해빙의 영향을 강하게 받은 근해(neritic) 환경을 지시해주는 유용한 종이며(Gersonde, 1986), *F. sublineata*는 점빙성 종(epontic species)이다. 또한 공해종(open water species)으로서 *Fragilariopsis kerguelensis*, *Thalassiosira antarctica*와 *T. lentiginosa*가 있다. *F. kerguelensis*는 남극 순환수가 우세한 지역에서 아주 풍부하며(Kozlova, 1964; Defelice and wise, 1981; Gersonde and Wefer, 1987) 전체 산출량의 16%를 차지한다. 남극에서 흔히 산출되는 종으로 *Thalassiosira antarctica*는 연구 지역에서 총 7.9%가 산출되었고 모든 층준에서 고른 분포를 보인다. 또한 *T. lentiginosa*도 전층준에 걸쳐 꾸준히 산출되며 전체 산출량의 5.8%를 점유한다(Table. 1). 이들 공해종은 브랜스필드 해협으로부터 연구지역으로 벨링스하우젠해 기원의 표층수가 유입되었음을 지시해 준다. 해빙종과 공해종의 산출분포를 비교해 볼 때 전체적으로는 공해종이 우세하게 나타난다(Fig. 3). 그러나, 해빙종이 증가하는 구간이 연속적으로

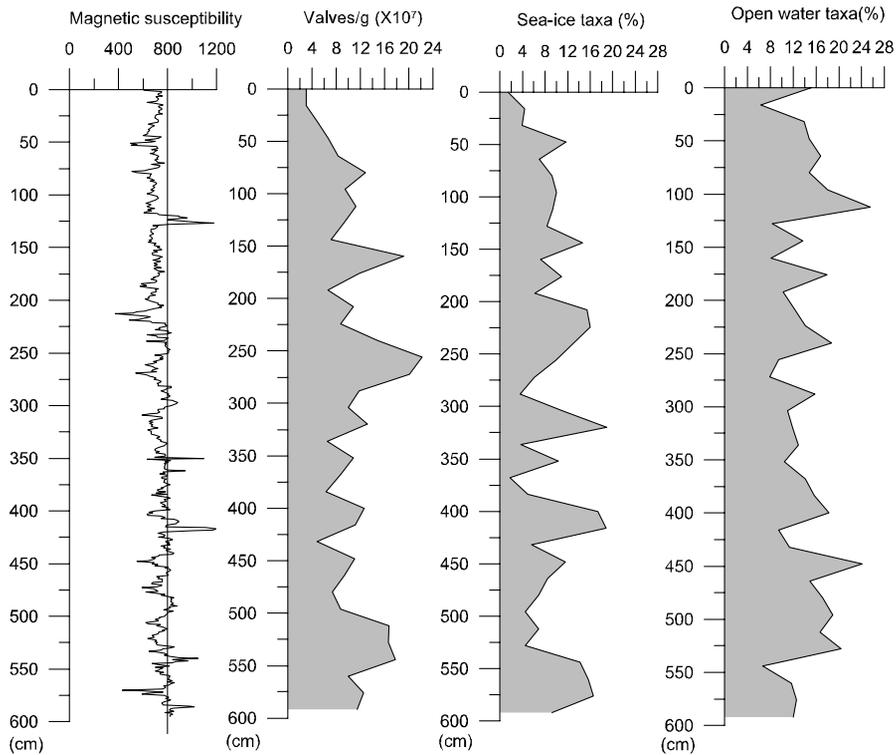


Fig. 3. Holocene diatom assemblages of Core GC00-MX2.

있는 것으로 보아 코아가 채취된 지역의 퇴적환경은 해빙의 영향을 계속적으로 받은 공해환경이었음을 알 수 있다. 과거의 sea-ice 분포 변화를 알아 볼 수 있는 유용한 종인 *Fragilariopsis curta*와 *F. cylindrus* (Zielinski and Gersonde, 1997)와 공해환경을 지시 해주는 *F. kerguelensis* (Abelmann and Gersonde, 1991; Zielinski and Gersonde, 1997)를 이용하여, 연구코어의 *Fragilariopsis curta* + *F. cylindrus* / *F. kerguelensis*의 산출비를 그래프로 나타내어 보면 전 층준에서 144 cm~416 cm의 층준에서 증감하는 경향을 보인다(Fig. 4).

또 하나의 환경 지시종인 *Chaetoceros resting spore*는 남극 해양 환경에서 일반적으로 대번식(bloom)의 말기에 해수층의 영양염이 과다하게 소비되는 불안정한 시기에 급격하게 형성되며, 퇴적물속의 *C. resting spore*의 산출 빈도는 당시 표층 해양의 일차 생산력의 정도를 나타낸다 (Donrgan and Schrader, 1972; Stockwell, 1991),

또한 *Chaetoceros resting spore*의 상대적인 풍부성은 따뜻한 기후 동안 유빙과 해빙의 용해에 의한 용빙수의 유입을 지시해주기도 한다(Crosta *et al.*, 1997). 코어 퇴적물에서 *Chaetoceros resting spore*는 꾸준히 전 층준에서 산출되며, 산출 경향을 살펴보면 하부 층준(592 cm에서 208 cm까지)에서는 산출량의 증감을 반복하지만 전체적으로는 풍부하게 나타나고 176 cm에서 96 cm까지 상부 층준으로 갈수록 양이 급격히 감소하는 경향을 보인다. 하부 층준(208 cm 층준 이하)에서 산출량이 풍부한 것은 퇴적될 당시 따뜻한 기후였음을 지시해주며, 상대적으로 상부 층준에서는 점점 추운 기후로 인하여 *Chaetoceros resting spore*들의 퇴적 수가 줄어들었음을 나타낸다. 이를 *Fragilariopsis curta* + *F. cylindrus* / *F. kerguelensis*의 산출비를 그래프와 비교하여 보면 신빙하기에 해빙의 분포가 확장과 감소를 되풀이 하면서, 해빙 종들의 산출이 증가 또는 감소한

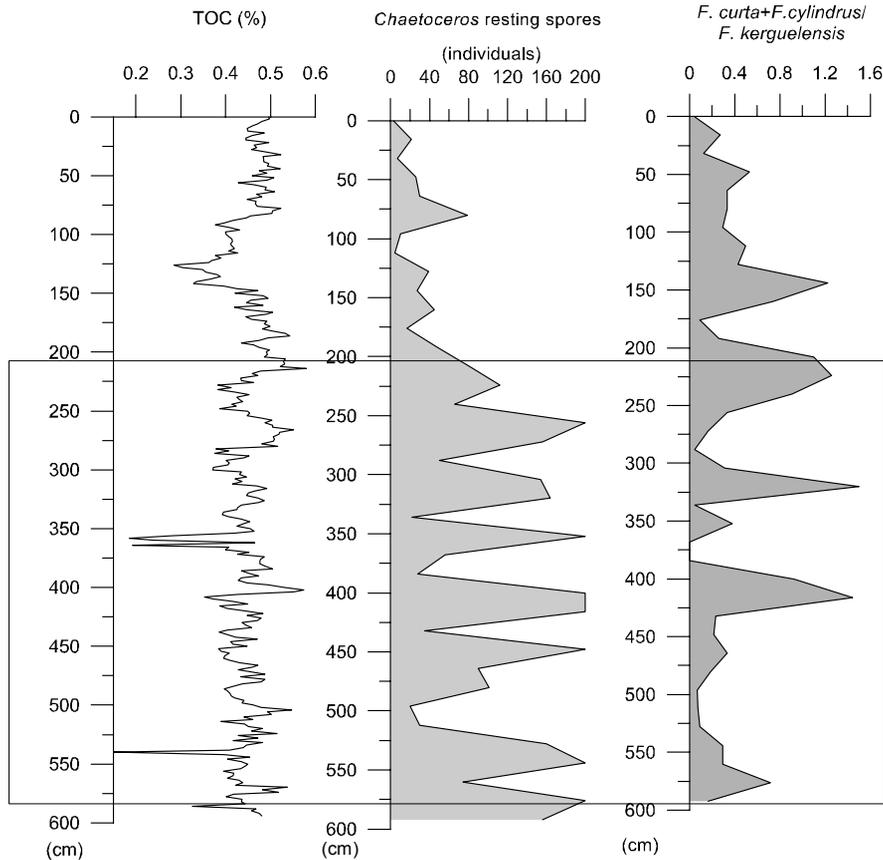


Fig. 4. Total organic carbon record and vertical abundance of *Chaetoceros* resting spores and *Fragilariopsis curta*+*F. cylindrus*/*F. kerguelensis* in Core GC00-MX2.

것으로 보이며, 해빙이 녹을 때 용빙수의 유입으로 *Chaetoceros* resting spore들이 다량 유입된 것으로 보인다. 그러나 *Chaetoceros* resting spore의 수가 감소하는 구간(176 cm에서 96 cm)에서는 추운 기후였음을 알 수 있다. 이는 코어퇴적물의 TOC(Total Organic Carbon)의 분석 결과와도 일치한다(Fig. 4). 코어퇴적물의 방사성 탄소 동위원소(^{14}C) 분석에 의한 연대측정 결과와 비교해 볼 때, *Chaetoceros* resting spore의 수가 감소하기 시작하는 시기가 Little Ice Age (LIA)의 구간으로 생각된다. 따라서, 이들 규조 군집의 특성을 종합해 본 결과, 코어퇴적물의 하부 층권이 퇴적되는 동안은 신빙하기로서 해빙의 분포가 증감하였으며 208 cm 층권의 상부(176 cm~96 cm)에서는 뚜렷한 냉각기가 있었음을 알 수 있다. 이

는 남극 Lallemand Fjord 지역에서의 연구 결과 (Shevenell *et al.*, 1996)와도 잘 일치한다(Fig. 5).

4. 결론

맥스웰만 부근의 코어 퇴적물 GC00-MX2로부터 총 33속 60종의 규조를 감정하였다. 특징적으로 다량 산출되는 *Acanthes* sp., *Cocconeis costata*, *Granmatophora* sp., *Licomphora* sp., *Navicula directa*, *Pseudogomphonema* sp. 와 *Trachyneis aspera* 같은 연안 저서종들은 육지로부터 퇴적물의 유입을 지시해 준다. *F. curta*+*F. cylindrus* / *F. kerguelensis*의 산출 수직 분포비와 *Chaetoceros* resting spore의 산출 경향 등을 종합한 결과, 비록 신빙하기 일지라도 코어퇴적물의 하부 층권(208 cm 층

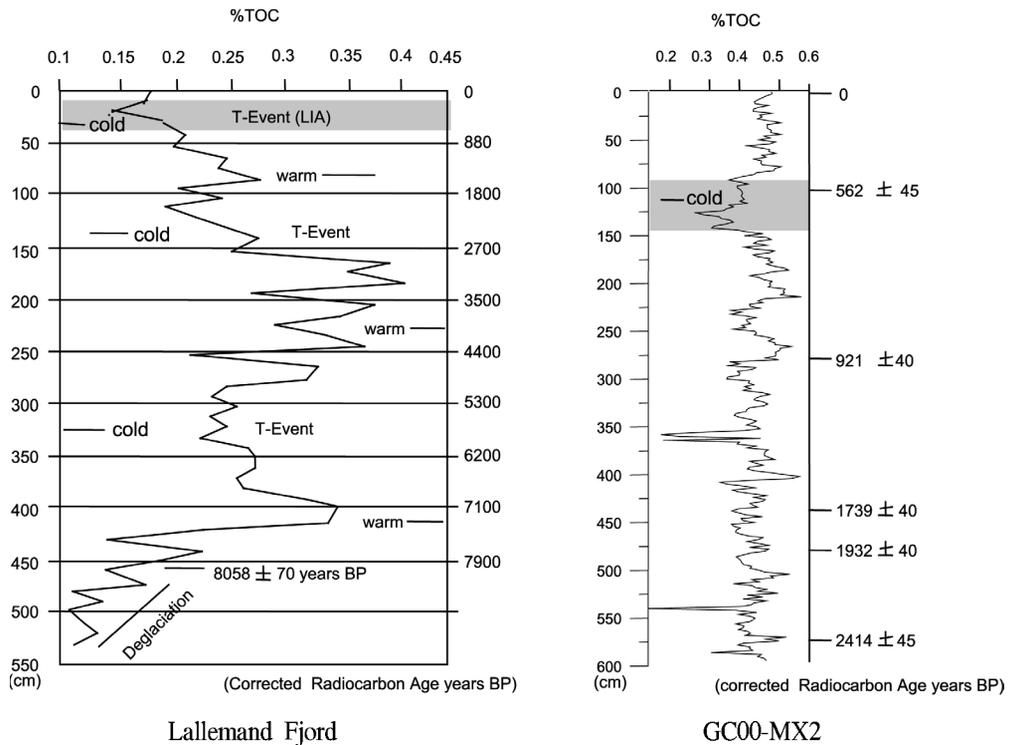


Fig. 5. TOC % versus core depth from Core GC00-MX2 correlate with previous work in Lallemand Fjord (Shevenell *et al.*, 1996).

이하)이 퇴적되는 동안 해빙의 분포에 증감이 있었고 상부 층준(176 cm~96 cm)에서는 little ice age 인 냉각기(cold event)가 있었음을 알 수 있다.

사 사

본 연구는 한국 해양연구원 극지연구소 기본연구사업(PP04106)과 과기부 국제공동과제(PN50800, PN50200)의 지원을 받아 수행되었습니다. 또한 자료 해석에 도움을 준 한국 해양연구원의 유규철 연구원에게 고마움을 전합니다. 논문 심사과정에서 유익한 조언을 해주신 익명의 두 분 심사위원님에게 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

강영철, 김해철, 이상훈, 1995, 1994년 1월 남극 킹조지섬 맥스웰만의 저층환경 -저층수의 고립과 용존산소의 저

층감소. 남극환경 특성 및 보존에 관한 연구, 제 3단계 1차년도 연차 보고서 (BSPN 00258-822-7), 635-646.
 안인영, 정호성, 강제신, 강성호, 1994, 남극 킹조지섬 맥스웰만 근해 규조류생태에 관한 기초 연구. The Korean Society of Phycology, 9(1), 37-45.
 양재삼, 1990, 킹조지섬 맥스웰만의 영양염, 클로로필-a 및 일차생산력. Korean Journal of Polar Research, 1(1), 11-18.
 오윤식, 1993, 남극 킹조지섬 맥스웰만 연안의 해조 분포 특성. 남극환경 및 자원탐사 기술(2단계 2차년도) 연차보고서(BSPN 00183-604-7), 639-675.
 이방용, 김동호, 김예동, 1990, 남극 세종기지의 기상연구 (1988-1989). 한국 극지연구, 1, 47-57.
 정호성, 오윤식, 이인규, 강성호, 박정기, 1993, 남극 킹조지섬 맥스웰만 조하대 해조류 생물량 분포와 그 서식환경의 특성. 남극환경 및 자원탐사 기술(2단계 2차년도) 연차보고서(BSPN 00183-604-7), 603-638.
 최중기, 박정철, 심문보, 노재훈, 강연식, 1992, 브랜스펠드 해협의 미세플랑크톤 분포와 원생동물의 역할에 관한 연구. 남극환경 및 자원탐사 기술(2단계 1차년도) 최종 보고서(BSPG 00169-5-485-7), 281-351.
 Boden, P., 1991, Reproducibility in the random settling

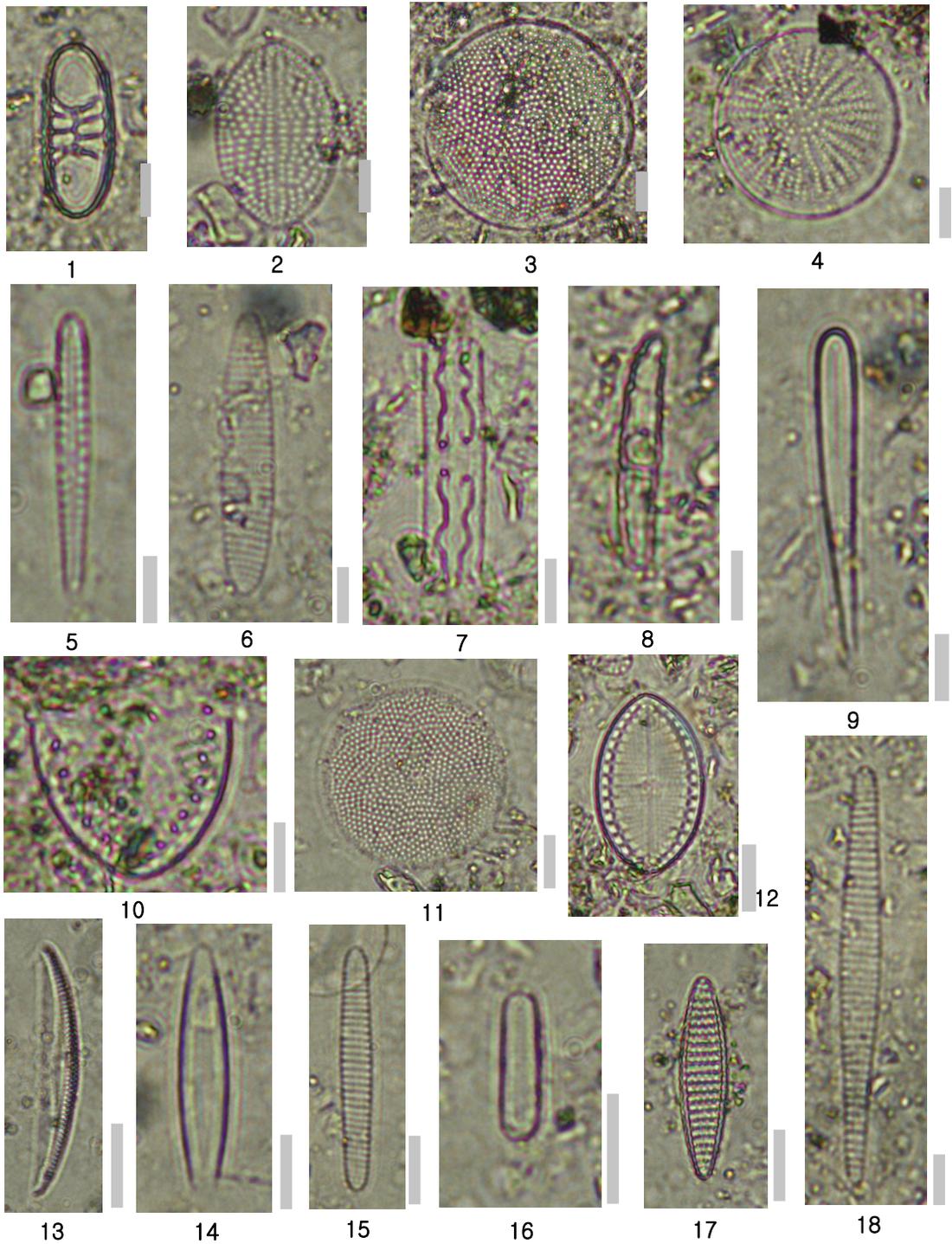
- method for quantitative diatom analysis, *Micropaleontology*, 37(3), 313-319.
- Chang, K. I., Jun, H. K., Park, G. T. and Eo, Y. S., 1990, Oceanographic conditions of Maxwell Bay, King George Island, Antarctica (Austral Summer 1989), *Korean Journal of Polar Research*, 1(1), 27-46.
- Crosta, X., Pichon, J.-J. and Labracherie, M., 1997, Distribution of *Chaetoceros* resting spores in modern peri-Antarctic sediments. *Marine Micropaleontology*, 29, 283-299.
- Defelice, D.R. and Wise, S.W., 1981, Surface lithofaces, biofacies, and diatom diversity patterns as models for delineation of climatic change in the Southeast Atlantic Ocean. *Marine Micropaleontology*, 6, 29-70.
- Donegan, D. and H. Schrader, 1972, Biogenic and abiogenic components of laminated hemipelagic sediments in the central Gulf of California. *Marine Geology*, 48, 215-237.
- Garrison, D.L. and Buck, K.R., 1989, The biota of Antarctic pack ice in the Weddell Sea and Antarctic Peninsula regions. *Polar Biology*, 10, 211-219.
- Gersonde, R., 1986, Siliceous microorganisms in sea ice and their record in sediments in the Southern Weddell Sea (Antarctica). In: Richard, M., (ed.), *Proceedings of the 8th International Diatom Symposium*, 549-566.
- Gersonde, R. and G. Wefter, 1987, Sedimentation of biogenic siliceous particles in Antarctic waters from the Atlantic sector, *Marine Micropaleontology*, 11, 311-332.
- Gordon, J.E. and Harkness, D.D., 1992, Magnitude and geographic variation of the radiocarbon content in Antarctic marine life: Implications for reservoir corrections in radiocarbon dating. *Quaternary Science Reviews*, 11, 696-708.
- Johansen, J.R. and Fryxell, G.A., 1985, The genus *Thalassiosira* (Bacillariophyceae): studies on species occurring south of the Antarctic Convergence Zone : *Phycologia*, 24(2), 155-179.
- Kang, J.S., Ahn, I.Y., Kang, C.Y. and Lee, J.H., 1995, Taxonomical studies on diatoms in Maxwell bay, King George Island, Antarctica during the 1992/1993 austral summer. *Korea Ocean Reserch & Development Institute*, 32p.
- Kang, S.-H. and Fryxell, G.A., 1992, Phytoplankton in the Weddell Sea, Antarctica: composition, abundance and distribution in water-column assemblages of the marginal ice-edge zone during austral autumn. *Marine biology*, 116, 335-248.
- Kim, B.K., Park, B.K. and Yoon, H.I., 1997, Oxygen isotopic compositions of seawater in the Maxwell Bay of King George Island, West Antarctica. *Geoscience Journal*, 1(2), 115-121.
- Kim, D., Park, B.K. and Yoon, H.I., 1997, Vertical distribution of biogenic elements and its implication on Holocene paleoclimatic records in the Maxwell Bay of the South Shetland islands, West Antarctica. *The Journal of the Korean Society of Oceanography*, 32(2), 69-74.
- Kim, Y. and Nam, S.H., 1991, High resolution seismic survey of Maxwell Bay, King George Island: Glacial Marine Sedimentation and Tectonics. *Korean Journal of Polar Research*, 2(1), 79-86.
- KORDI, 1989, A study on natural environment in the area around the Korean Antarctic Station, King George Island (second study), KORDI BSPG 00081-246-7.
- Kozlova, O.G., 1964, Diatoms of the Indian and Pacific sectors of the Antarctic, Institute of Oceanology, Academy of Sciences, Moscow (translated from Russian by the Israel Program for Science Translations), 1-191.
- Kozlova, A.P., 1966, Diatom algae of the Indian and Pacific Sectors of Antarctica. Academy of Sciences of the USSR Institute of Oceanology, Moscow, 1-191.
- Scott, P., McMinn, A. and Hosie, G., 1994, Physical parameters influencing diatom community structure in eastern Antarctic sea ice. *Polar Biology*, 14, 507-517.
- Shevenell A.E., Domack, P.E. and Kernan, G.M., 1996, Record of Holocene paleoclimate change along the Antarctic Peninsula: evidence from glacial marine sediments, Lallemand Fjord. *Papers and Proceedings of The Royal Society of Tasmania*, 130(2), 55-65.
- Stockwell, D.A., 1991, Distribution of *Chaetoceros* resting spores in the Quaternary sediments from Leg 119. *Proceedings of the Ocean Drilling program, Scientific Results*, 119, 599-610.
- Whitehead and McMinn, 1997, Paleodepth determination from Antarctic benthic diatom assemblages. *Marine Micropaleontology*, 29, 301-318.
- Yoon, H.I. and Park, B.K., 1996, Distribution and dispersal pattern of suspended particulate matter in Maxwell Bay and its tributary, Marian cove, in the South Shetland Islands, Antarctica. *Korean Journal of Polar Research*, 7, 65-76.
- Yoon, H.I., Han M.W., Park, B.K., Oh, J.K. and Chang S.K., 1997, Glaciomarine sedimentation and palaeo-glacial setting of Maxwell bay and its tributary embayment, Marian Cove, South Shetland Islands, West Antarctica. *Marine Geology*, 140, 265-282.
- Zielinski, U. and Gersonde, R., 1997, Diatom distribution in Southern Ocean surface sediments (Atlantic sector): Implications for paleoenvironmental reconstructions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 129, 213-250.

투 고 일 : 2004년 6월 15일

심 사 일 : 2004년 6월 29일

심사완료일 : 2004년 6월 29일

[Plate 1]

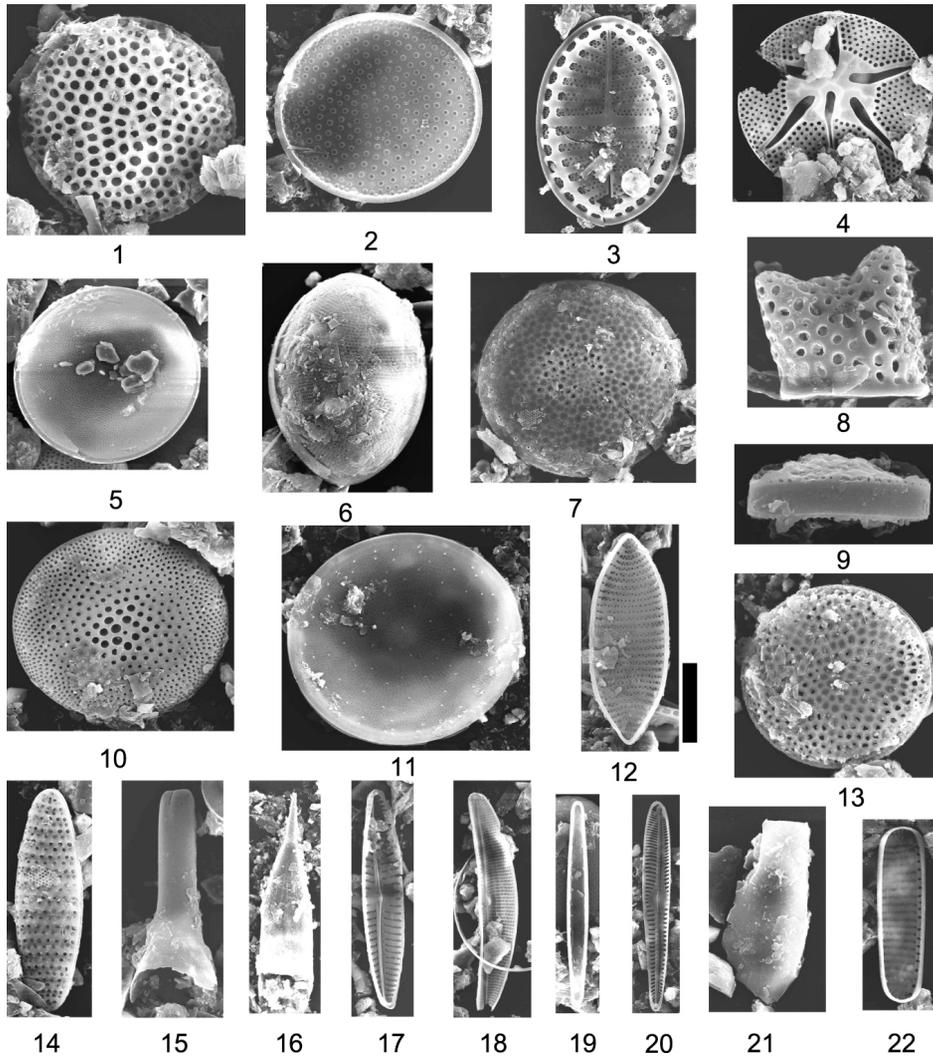


(bar scale: 11.4 μm)



- Fig. 1. *Entopyla* sp.: GC00MX-2 224 cm
Fig. 2. *Cocconeis* sp.: GC00MX-2 112 cm
Fig. 3. *Actinocyclus curvatulus* Janisch: GC00MX-2 128 cm
Fig. 4. *A.actinochilus* (Ehrenberg) Simonsen: GC00MX-2 32 cm
Fig. 5. *Pseudogomphonema* sp.: GC00MX-2 160 cm
Fig. 6. *Fragilariopsis ritscheri* (Hustedt) Hasle: GC00MX-2 416 cm
Fig. 7, 8. *Grammatophora* sp.: GC00MX-2 144 cm, 288 cm
Fig. 9. *Licomphora* sp.: GC00MX-2 96 cm
Fig.10. *Cocconeis pensacolae*: GC00MX-2 304 cm
Fig.11. *Thalassiosira lentignosa* Karsten: GC00MX-2 208 cm
Fig.12. *Cocconeis fasciolata* (Ehrenberg) Brown: GC00MX-2 192 cm
Fig.13. *Amphora* sp.: GC00MX-2 16 cm
Fig.14. *Synedra* sp.: GC00MX-2 368 cm
Fig.15. *Fragilariopsis sublineata* (Van Heurck) Hasle: GC00MX-2 448 cm
Fig.16. *F. curta* (V. Heurck) Hasle: GC00MX-2 320 cm
Fig.17. *F. kerguelensis* (O'Meara) Hasle: GC00MX-2 0 cm
Fig.18. *F. obliquecostata* (Van Heurck) Hasle: GC00MX-2 176 cm

[Plate 2]

(bar scale: 11.4 μm)

- Fig. 1. *Thalassiosira elliptipora* Donahue: GC00MX-2 400 μm .
 Fig. 2. *Actinocyclus actinochilus* (Ehrenberg) Simonsen: GC00MX-2 112 μm
 Fig. 3. *Cocconeis fasciolata* (Ehrenberg) Brown: GC00MX-2 304 μm
 Fig. 4. *Asteromphalus parvulus* Karsten: GC00MX-2 528 μm
 Fig. 5. *Stellarima microtrias* (Ehrenberg) Hasle and Slims : GC00MX-2 352 μm
 Fig. 6. *Odontella weissflogii* (Janisch) Grunow: GC00MX-2 160 μm
 Fig. 7. *Thalassiosira lentiginosa* Karsten: GC00MX-2 208 μm
 Fig. 8. *Eucampia antarctica* (Castracane) Mangin: GC00MX-2 448 μm
 Fig. 9. *Chaetoceros* resting spores: GC00MX-2 400 μm
 Fig. 10. *Thalassiosira gracilis* (Karsten) Hustedt: GC00MX-2 48 μm



- Fig. 11. *Porosira gracilis* (Grunow) Jorgensen: GC00MX-2 416 cm
Fig. 12. *Fragilariopsis seperanda* Hustedt: GC00MX-2 16 cm
Fig. 13. *Thalassiosira antarctica* Comber: GC00MX-2 160 cm
Fig. 14. *Fragilariopsis kerguelensis* (O'Meara) Hasle: GC00MX-2 128 cm
Fig. 15, 21. *Proboscia inermis* Castracane: GC00MX-2 304 cm
Fig. 16. *Rhizosolenia styliformis* Brightwell: GC00MX-2 336 cm
Fig. 17. *Navicula* sp. : GC00MX-2 16cm
Fig. 18. *Amphora* sp.: GC00MX-2 192 cm
Fig. 19. *Synedra* sp. : GC00MX-2, 144 cm
Fig. 20. *Pseudogomphonema* sp.: GC00MX-2 160cm
Fig. 22. *Fragilariopsis curta* (V. Heurck) Hasle: GC00MX-2 416 cm