

드레이크 해협 남부 코어퇴적물에서 산출된 제 4기 규조 화석 연구

박영숙^{1,*} · 이종덕¹ · 윤호일² · 윤혜수³ · 김효정¹

¹전북대학교 자연과학대학 지구환경과학과, 561-756 전북 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14

²한국 해양연구원 극지연구소, 425-600 경기도 안산시 우체국 사서함 29호

³충남대학교 자연과학대학 지질학과, 305-764 대전시 유성구 궁동 220

Quaternary Diatom Assemblages from Sediment Core GC 98-06 in the Southern Drake Passage, Antarctica

Young-Suk Bak¹ · Jong-Deock Lee¹ · Ho-Il Yoon² · Hyesu Yun³ · Hyo-Jeong Kim¹

¹Department of Earth & Environmental Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

²Polar Research Center, KORDI, Ansan P.O. Box 29, 425-600, Korea

³Department of Geology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract : A total of 64 species belonging to 23 genera of diatom fossils are identified from the Core GC 98-06 in the southern Drake Passage, Antarctica. The diatom assemblages are dominated by *Actinocyclus actinochilus*, *Coscinodiscus asteromphalus*, *Eucampia antarctica*, *Fragilariopsis kerguelensis*, *Thalassiosira lentiginosa*, *T. ritscheri* and *T. anguste-lineata*, which are about 73% of the assemblage. Open water species are more abundant than sea ice species in the diatom assemblages of the core. *Fragilariopsis kerguelensis* and *Thalassiosira lentiginosa* are valuable indicators of the habitats. Especially, *F. kerguelensis* represent the influence of waters from the Antarctic Circumpolar Current. Sea ice taxa represents the influence of cold waters from Bransfield Strait Water and melt water from the sea-ice at during warm periods. The reworked diatoms such as *Denticulopsis dimopha* (Miocene) and *D. hustedtii* (Pliocene) are occurred with Quaternary species (*Actinocyclus actinochilus*, *Fragilariopsis kerguelensis*, *Thalassiosira lentiginosa*, and *T. glacilis*). The presence of reworked diatoms indicates the transportation of the older diatoms into the Drake passage from the circumference sediments, due to strong bottom current activity of Antarctic circumpolar deep water.

Keywords : diatom assemblages, Antarctic Circumpolar Current, Bransfield Strait water, reworked diatoms, Antarctic circumpolar deep water

요 약 : 남극 드레이크해협 남부에서 채취한 코어퇴적물(GC 98-06)로부터 32개의 시료를 얻어 고생물학적으로 연구한 결과 총 23속 64종의 규조 미화석이 감정되었다. 산출된 규조 미화석의 군집 조성 중 *Actinocyclus actinochilus*, *Coscinodiscus asteromphalus*, *Eucampia antarctica*, *Fragilariopsis kerguelensis*, *Thalassiosira lentiginosa*, *T. ritscheri*와 *T. anguste-lineata* 등이 우점종으로 전체 군집의 73%를 차지한다. 공해환경을 지시해 주는 종들이 Bransfield Strait Water에 의해 유입된 해빙종들에 비해서 다량 산출되며, 제 4기 지시종과 제 3기의 마이오세와 플라이오세를 지시해 주는 종들이 혼합되어 산출되는 것은, 퇴적물의 퇴적 당시 고환경이 주로 남극 순환수에 의해 운반된 남극저층수(Circumpolar deep water)에 의해 영향을 받아서 주변의 고기 퇴적물로부터 규조 화석들이 재이동 되었음을 의미한다.

주요어 : 규조 미화석 군집, 남극 순환류, 남극 저층수, 재이동 규조화석

서론

연구 지역은 드레이크 해협과 남셰틀랜드 군도 사이에 위치하고 있으며 남극 순환수가 북동쪽으로 흐르는 지역이다(Fig. 1). 규조류는 남극 해양환경에서 풍부하게 산출이 되며 규조의 화석군집조성은 남극 해양환경의 고복원의 지시자로서 매우 중요하다. 남극에서의 규조 연구는 Van Heurck(1909), Heiden and Kolbe(1928) 등의 연구를 선두로 규조의 분포 및 군집조성에 대한 연구(Hargraves, 1968; Fenner *et al.*, 1976; Fryxell *et al.*, 1988; Leventer, 1991)와 퇴적기록에 대한 연구(Kellogg and Kellogg, 1987; Zielinski and Gersonde, 1997; Barcena *et al.*, 1998; Cunningham *et al.*, 1999; Taylor *et al.*, 2001) 등이 활발하게 이루어지고 있다.

본 연구는 GC 98-06 코어 퇴적물에서 산출된 규조 미화석의 정량적인 분석과 종 감정에 의하여 규조 미화석들의 군집 조성과 층준에 따른 종조성의 변화양상을 연구함으로써 퇴적 당시의 고환경 변화를 추측하고, 남극 환경 변화 해석에 응용될 수 있도록 고생물학적인 자료를 축적하는 데 목적이 있다.

연구 방법

시료 채취

코어 GC 98-06은 남셰틀랜드 군도의 북쪽, 드레이크 해협 남쪽 수심 약 4500m 지점에서 채취하였다(Fig. 1). 연구 지역은 현재 남극순환수에 의해 형성된 수온 1°C 이상, 최대 염도 34.73‰의 남극저층수와 웨델해 기원의 수온 0°C 이하, 34.45-34.6‰의 염도 범위를 갖는 Bransfield Strait Water(BS) 등의 해류가 존재하는 지역(Hofmann *et al.*, 1996)이다. 퇴적물 코어는 주로 이질 성분으로 구성되나 심도 150cm 이상에서는 모래 함량의 변화로 평균 입도의 변화가 큰 폭을 가진다. 규조 연구는 채취된 코어퇴적물 총 길이 248cm로부터 8cm 간격으로 얻은 32개의 시료를 대상으로 실시하였다.

연구 방법

퇴적물로부터 정확한 규조화석의 군집 조성과 산출량을 파악하기 위하여 정량적인 규조 미화석의 분석 방법(Boden, 1991)을 취하였으며 실험 과정을 도표로 나타내면 Fig. 2와 같다.

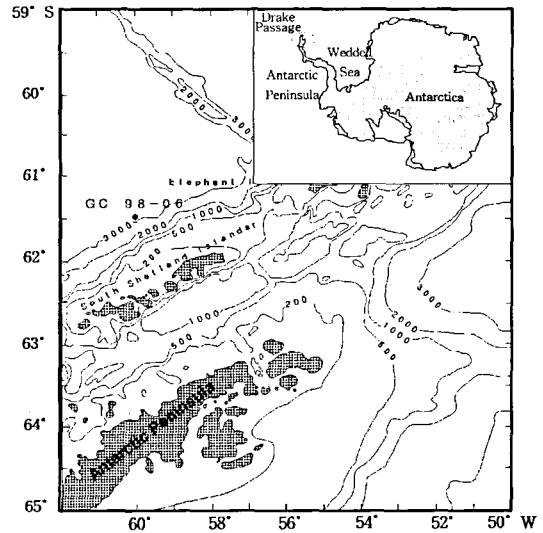


Fig. 1. Core location map of the southern part of Drake passage in Antarctica. Contour lines are water depth in meters.

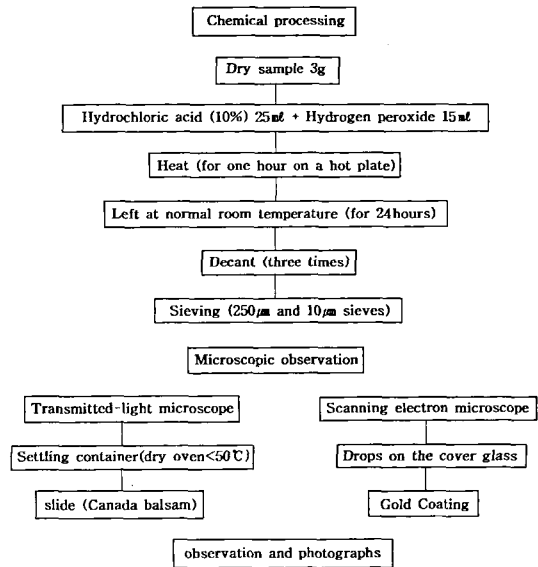


Fig. 2. Flow chart of sample processing method.

규조 미화석의 감정은 각 시료당 200 개체 이상의 규조각을 대상으로 하였다. 중심 규조목은 중심을 포함하여 2/3 이상이 남아 있을 때 1개체로 산정하였으며, 우상 규조목은 규조각이 1/2 이상 남아서 감정이 가능하고 정축부가 나타나면 1개체로 산정하였다.

Table 1. Continued.

species	horizons																															
	0	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	192	200	208	216	224	232	240	248
<i>T. torokina</i>				4	3	3	2	3	5	6	3							1			1	1	1		2						2	
<i>T. anguste-lineata</i>	28	13	23	13	10	13	14	2	5	12	17	22	18	18	24	18	8	4	2	8	5	2	1	6	5	10	9	17	17	9	9	16
<i>T. striata</i>													6		2					1	12	2					1			2		
<i>Thalassiothrix longissima</i>	2	5	1	1	6	4		12	7	4	3					1		4	9	2	10	7	1	7	5	6	8		4	2	4	5
<i>T. sp.</i>											2	2																				
<i>Trinacria pileolus</i>			1				3																	2			2					
<i>T. sp.</i>					1	1	3	2	2									1		2					2						2	

결과 및 토의

규조 미화석의 군집 조성

드레이크 해협 시추 코어 퇴적물 GC 98-06의 총 32개의 시료에서 23속 64종의 규조 미화석이 감정되었다(Table 1). 규조각 개체수는 건조 퇴적물 1g 당 9.3×10^6 valves- 0.1×10^6 valves까지 매우 다양하였다. 상부 층준 8~32cm, 중부 층준 104~128cm, 하부 층준 208~224cm 구간에서 상대적으로 규조각의 개체수가 높았으며, 176cm에서는 규조 미화석의 산출이 아주 적었다(Fig. 3).

감정된 규조 미화석중 주 구성 종들은 *Actinocyclus actinochilus*, *Coscinodiscus asteromphalus*, *Eucampia*

antarctica, *Fragilariopsis kerguelensis*, *Thalassiosira lentiginosa*, *T. ritscheri*와 *T. anguste-lineata* 등으로 전체 군집의 73%를 차지하며, 전체적인 산출률은 적지만 하부에서 상부까지 꾸준히 산출되는 종들은 *Actinocyclus octonarius*, *A. ingens*, *Dactyliosolen antarcticus*, *Schimperiella antarctica*, *Stellarima microtrias*, *Stephanopyxis* spp., *Thalassiosira eccentrica*와 *Thalassiothrix longissima* 등으로 전체 군집의 16%의 산출을 보인다.

고환경 해석

해빙과 관련된 종으로는 *Actinocyclus actinochilus*, *Eucampia antarctica*, *Fragilariopsis curta*, *F. cylindrus*,

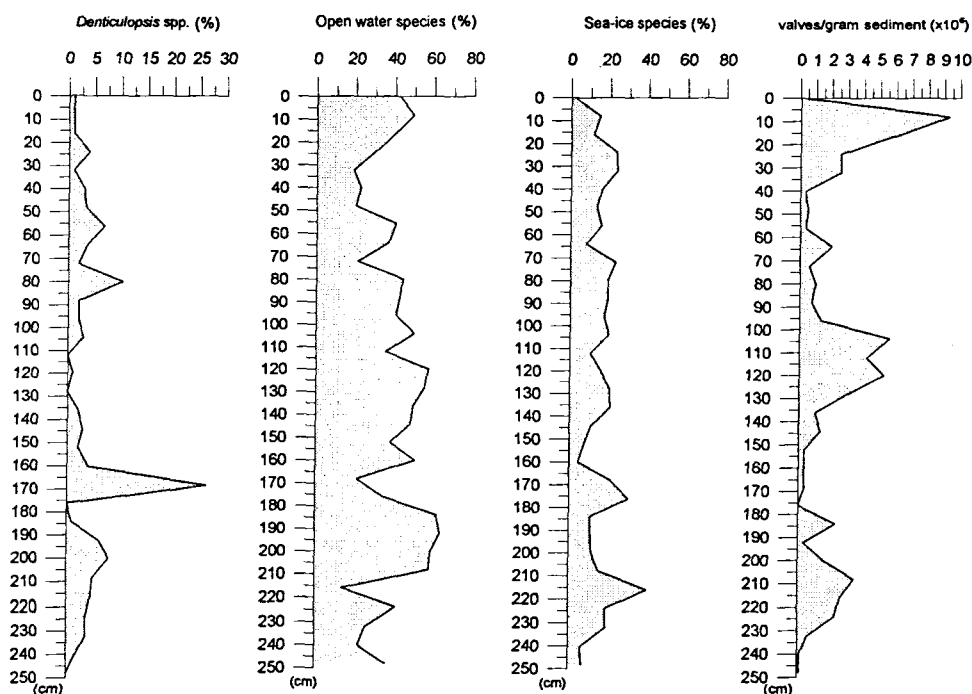


Fig. 3. Relative abundance of the most significant diatom groups in core GC 98-06.

Table 2. Abundance of the most significant diatom groups in core GC 98-06.

depth (cm)	valves/g dry sed. (x106)	Open water taxa (%)	Sea-ice taxa (%)
0	0.4	38	2
8	9.3	21	15
16	6.0	34	11
24	2.6	17	24
32	2.6	12	24
40	0.3	15	16
48	0.5	18	13
56	0.4	12	16
64	2.0	20	8
72	0.6	15	23
80	1.0	11	19
88	0.8	36	19
96	1.4	32	17
104	5.7	28	20
112	4.2	27	10
120	5.3	25	16
128	3.1	35	20
136	1.0	27	21
144	1.4	36	11
152	0.4	36	8
160	0.4	43	4
168	0.4	15	21
176	0.0	30	30
184	2.3	58	11
192	0.4	62	11
200	1.6	44	12
208	3.5	22	16
216	2.7	1	40
224	2.4	29	19
232	0.6	18	19
240	0.1	19	6
248	0.1	36	7

F. obliquecostata, *F. sublineata*와 *Stellarima microtrias* 등이 산출되었다. *Actinocyclus actinochilus*는 전형적인 남극 근해종으로서(Kozlova, 1966) ice edge zone에서 산출되며 전체 산출량의 7%를 차지 한다(Medlin and Priddle, 1990). *Eucampia antarctica*는 전체 산출량의 8%로서 남극의 -2~0°C의 표층수에서 매우 풍부하게 산출되며(Zielinski and Gersonde, 1997), 근해 환경과 간빙기동안 해빙이나 빙산이 녹는 부근에서 많이 발견 된다(Burckle 1984). *Fragilariopsis curta*, *F. cylindrus*, *F. obliquecostata*와 *F. sublineata*는 전형적인 해빙(sea-ice) 종이며(Gersonde, 1986; Zielinski and Gersonde, 1997), 특히 *F. curta*는 *F. cylindrus*와 함께 under-ice 구조의 주요 성분이다(Hendey, 1981). 그러나 연구 지

Table 3. Age of selected diatom species from GC 98-06. (LO, last occurrence; LCO, last common occurrence; FO, first occurrence).

Datums	species	Age (Ma)	Reference
LO	<i>Denticulopsis hustedtii</i>	4.5	Ciesielski, 1983
LCO	<i>D. dimorpha</i>	10.1	Baldauf and Barron, 1991
FO	<i>D. dimorpha</i>	11.9 (12.2)	Baldauf and Barron, 1991
FO	<i>D. hustedtii</i>	14.2	Gersonde and Burckle, 1990

역에서 *F. curta*의 산출량은 매우 빈약하다. *Stellarima microtrias*는 해빙이나 해빙에 의해 영향 받는 해수에서 발견되며(Hasle et al., 1988), 전체 산출량의 2%를 차지 한다. 이와 같은 해빙종 들은 주로 차가운 해수인 Bransfield Strait Water로 부터 유입되었으며, 특히 해빙종 들의 산출이 많아지는 구간 (32cm, 72cm, 136cm, 216cm)에서는 기후 한랭화에 의한 빙하분포의 확장보다는 주변의 해빙으로부터 녹은물이 유입 되었다고 할 수 있다.

Fragilariopsis kerguelensis, *Thalassiosira antarctica*와 *T. lentiginosa*의 산출은 구조 군집이 공해(open water)환경에서 퇴적되었음을 의미한다. *Fragilariopsis kerguelensis*(전체 산출량의 13%)는 남극 순환수가 우세한 지역에서 산출이 좋다(Burckle et al., 1987; Gersonde and Wefer, 1987). *T. lentiginosa*(전체 산출량의 26%)도 마찬가지로 공해 환경의 지시자이며(Zielinski and Gersonde, 1997), *T. antarctica*는 남극 해 전역에 분포하고 특히 Southern Ocean의 공해에서 우세한 일차 생산력을 가지는 종으로서 연구 퇴적물 코아에서는 1% 산출되었다.

이처럼 연구 지역의 퇴적물에서는 공해종들이 해빙 종들의 산출량에 비해 많고(Table 2), 남극 순환수 같은 따뜻한 해류의 유입을 지시하는 *Fragilariopsis kerguelensis*가 다량 산출된다. 따라서 차가운 Bransfield Strait Water의 영향 보다는 따뜻한 남극 순환수에 의해 주로 영향을 받았음을 알 수 있다(Fig. 3).

GC 98-06 퇴적물 코아에서 산출된 구조 중에서 *Actinocyclus actinochilus*, *Fragilariopsis curta*, *F. kerguelensis*, *Thalassiosira gracilis*와 *T. lentiginosa*는 제 4기(Pleistocene-Holocene)를 지시하나 *Denticulopsis dimorpha*, *D. hustedtii* 등은 제 3기 마이오세와 플라

이오세를 지시하는 종들이다(Table 3). 전 층준에 걸쳐서 제 4기 종과 재이동 된 규조 화석이 혼합되어 산출되는 양상은 남극순환수에 의해 운반된 남극저층수에 의해 주변의 퇴적물로부터 규조각들이 재이동되었음을 보여준다.

결 론

드레이크 해협 남쪽 퇴적물 코아 GC 98-06으로부터 채취한 32개의 시료에서 총 23속 64종의 규조 미화석이 감정되었으며, 규조각 개체수는 건조 퇴적물 1g 당 9.3×10^6 valves에서 0.1×10^6 valves까지 다양하였다. GC 98-06에서 산출된 규조 미화석의 군집 조성은 *Actinocyclus actinochilus*, *Coscinodiscus asteromphalus*, *Eucampia antarctica*, *Fragilariopsis Kerguelensis*, *Thalassiosira lentiginosa*, *T. ritscheri*와 *T. anguste-lineata* 등이 우점종으로 산출되었으며 전체 군집의 73%를 차지한다. 공해종과 해빙종의 산출 양상을 비교해 본 결과, *Fragilariopsis kerguelensis*, *Thalassiosira antarctica*와 *T. lentiginosa* 등 공해환경을 지시해 주는 종들이 해빙과 관련된 종인 *Actinocyclus actinochilus*, *Eucampia antarctica*, *Fragilariopsis curta*, *F. cylindrus*, *F. obliquecostata*, *F. sublineata*와 *Stellarima microtrias*에 비하여 전체적인 산출량이 풍부하였으며, 제 4기 종과 재이동된 규조 화석이 혼합되어 산출되었다. 따라서 GC 98-06의 퇴적물 코어는 퇴적될 당시 주로 남극순환수 (ACC)에 의해 운반된 남극저층수(CDW)의 영향을 받는 동시에 차가운 Bransfield Strait water의 유입이 있었으며, 특히 해빙종들이 약간 많아지는 32cm, 72cm, 136cm, 216cm 구간에서는 이외에도 주변의 해빙으로부터 녹은 물의 유입이 있었던 것으로 보인다.

참고문헌

- Baldauf, J.G. and Barron, J.A., 1991, Diatom biostratigraphy: Kerguelen Plateau and Prydz Bay regions of the southern ocean. In Barron, J.A., Larsen, B., Baldauf, J.G., et al., Proceedings of the Ocean Drilling Program, Science Result, 119, 547-598.
- Barcena, M.A., Gersonde, R., Ledesma, S., Fabres, J., Calafat, A.M., Canals, M., Siervo, F.J., and Flores, J.A., 1998, Record of Holocene glacial oscillations in Bransfield Basin as revealed by siliceous microfossil assemblages. Antarctic Science, 10(3), 269-285.
- Boden, P., 1991, Reproducibility in the random settling method for quantitative diatom analysis. Micropaleontology, 37(3), 313-319.
- Burckle, L.H., 1984, Ecology and paleoecology of the marine diatom *Eucampia antarctica* (Castr.) Mangin. Marine micropaleontology, 9, 77-86.
- Burckle, L.H., Jacobs, S.S., and McLaughlin, R.B., 1987, Late austral spring diatom distribution between New Zealand and the Ross Ice Shelf, Antarctica: Hydrographic and sediment correlations. Micropaleontology, 33(1), 74-81.
- Ciesielski, P.F., 1983, The Neogene diatom biostratigraphy of DSDP Leg 71, subantarctic sediments. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 71, 635-665.
- Cunningham, W.L., Leventer, A., Andrews, J.P., Jennings A.E., and Licht, K.J., 1999, Late Pleistocene-Holocene marine conditions in the Ross Sea, Antarctica: Evidence from the diatom record. Holocene, 9(2), 129-139.
- Fenner, J., Schrader, H.J., and Weinig, H., 1976, Diatom phytoplankton studies in the Southern Pacific Ocean, composition and correlation to the Antarctic Convergence and its paleoecological significance. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 35, 757-813.
- Fryxell, G.A., Reap, M.E., and Kang S.H., 1988, Antarctic phytoplankton-dominants. Life stages and indicators. Antarctic Journal of the United States, 25, 129-131.
- 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 Wefer, G., 1987, Sedimentation of biogenic siliceous particles in Antarctic waters from the Atlantic sector. Marine Micropaleontology, 11, 311-332.
- Gersonde, R. and Burckle, L.H., 1990, Neogene diatom biostratigraphy of ODP Leg 113, Weddell Sea (Antarctic Ocean), Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 113, 761-789.
- Hargraves, P.E., 1968, Species composition and distribution of the net plankton diatoms in the Pacific sector of the Antarctic Ocean. Ph. D. thesis, College of William and Mary, Virginia, 171p.
- Hasle, G.R., Sims, P.A., and Syvertsen, E.E., 1988, Two recent *Stellarima* species: *S. microtrias* and *S. stellaris* (Bacillariophyceae). Botanica Marina, 31, 195-206.
- Heiden, H. and Kolbe, R.W., 1928, Die marinen Diatomeen der Deutsch S dpolar-Expedition 1901-1903. Deutsch S dpolar-Expedition 1901-1903, 8, 450-714.
- Hendey, N.L., 1981, Miocene diatoms from the Subantarctic Southwest Pacific, Deep Sea Drilling Project Leg. 29, Site 278, Core 10, BACILLARIA, 4, 65-124.
- Hofmann, E.E., Klinck, J.M., Lascara C.M., and Smith, D.A., 1996, Water mass distribution and circulation west of the Antarctic Peninsula and including Brans-

- field Strait. Foundation for Ecological Reserch West of the Antarctic Peninsula Antarctic Reserch Series, 70, 61-80.
- Kellogg, D.A. and Kellogg, T.B., 1987, Microfossil distributions in modern Amunsen Sea sediments. *Marine Micropaleontology*, 12, 203-222.
- 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.
- Leventer, A.A., 1991, Sediment trap diatom assemblages from the northern Antarctica Penninsula region. *Deep-Sea Reserch*, 38, 1127-1143.
- Medlin, L. and Priddle, J., 1990, Polar Marine Diatoms. British Antarctic Survey, Cambridge, 214 p.
- Taylor, F., Whitehead, J., and Domack, E., 2001, Holocene paleoclimate change in the Antarctic Peninsula: evidence from the diatom, sedimentary and geochemical record. *Marine micropaleontology*, 41, 25-43.
- Van Heurck, 1909, Diatomées. Expedition Antarctique Belge. Resultats du Voyage de la "Belgica" en 1897-1899. *Rapport Scientifique*, 128p.
- 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.

2002년 3월 21일 원고 접수
2002년 5월 23일 수정원고 접수
2002년 5월 25일 원고 채택

PLATE EXPLANATION

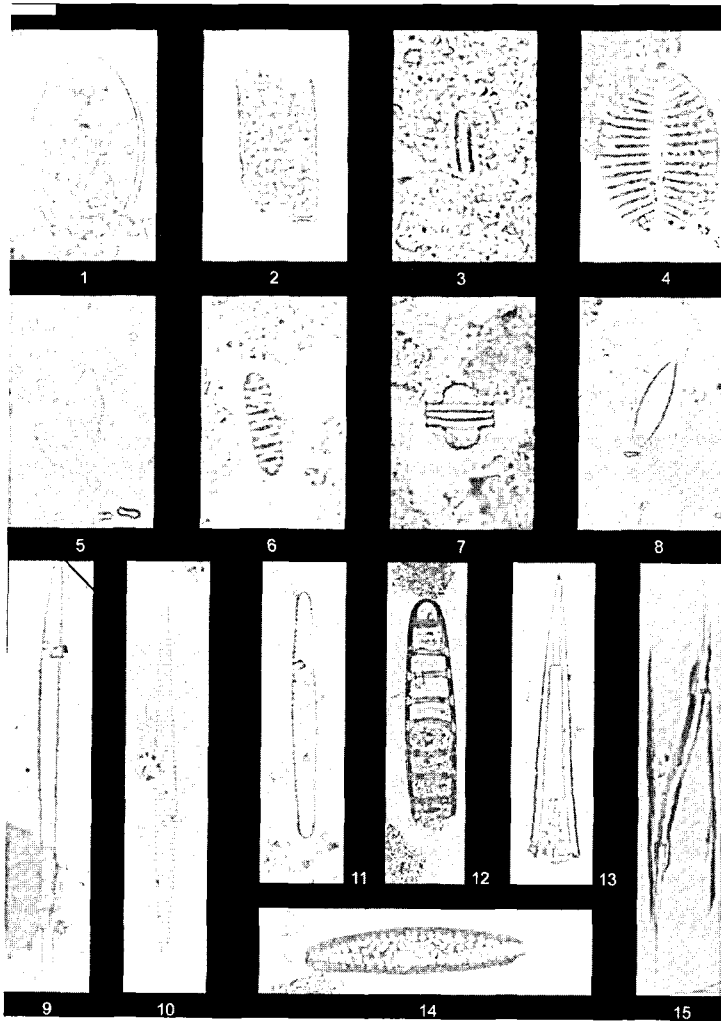


Plate 1 (barscale: 15 μ m)

- Fig. 1. *Odontella weissflogii* (Janisch) Grunow: GC 98-06, 128cm.
- Fig. 2. *Eucampia antarctica* (Castracane) Margin: GC 98-06, 88cm.
- Fig. 3. *Fragilariopsis cylindrus* (Grunow) Helmck and Krieger: GC 98-06, 232cm.
- Fig. 4. *Cocconeis costata* Gregory: GC 98-06, 120cm.
- Fig. 5. *Fragilariopsis separanda* (Hustedt) Hasle: GC 98-06, 104cm.
- Fig. 6. *Denticulopsis hustedtii* (Simonson and Kanaya) Simonsen: GC 98-06, 96cm.
- Fig. 7. *Chaetoceros* resting spores: GC 98-06, 208cm.
- Fig. 8. *Synedra* sp.: GC 98-06, 104cm.
- Fig. 9. *Thalassiothrix longissima* Cleve and Grunow: GC 98-06, 168cm.
- Fig. 10. *Fragilariopsis obliquistata* van Heurck: GC 98-06, 152cm.
- Fig. 11. *F. sublineata* van Heurck: GC 98-06, 144cm.
- Fig. 12. *Grammatophora* sp.: GC 98-06, 8cm.
- Fig. 13. *Rhizosolenia setigera* Brightwell: GC 98-06, 160cm.
- Fig. 14. *Eucampia antarctica* (Castracane) Margin: GC 98-06, 96cm.
- Fig. 15. *Rhizosolenia styliformis* Brightwell: GC 98-06, 168cm.

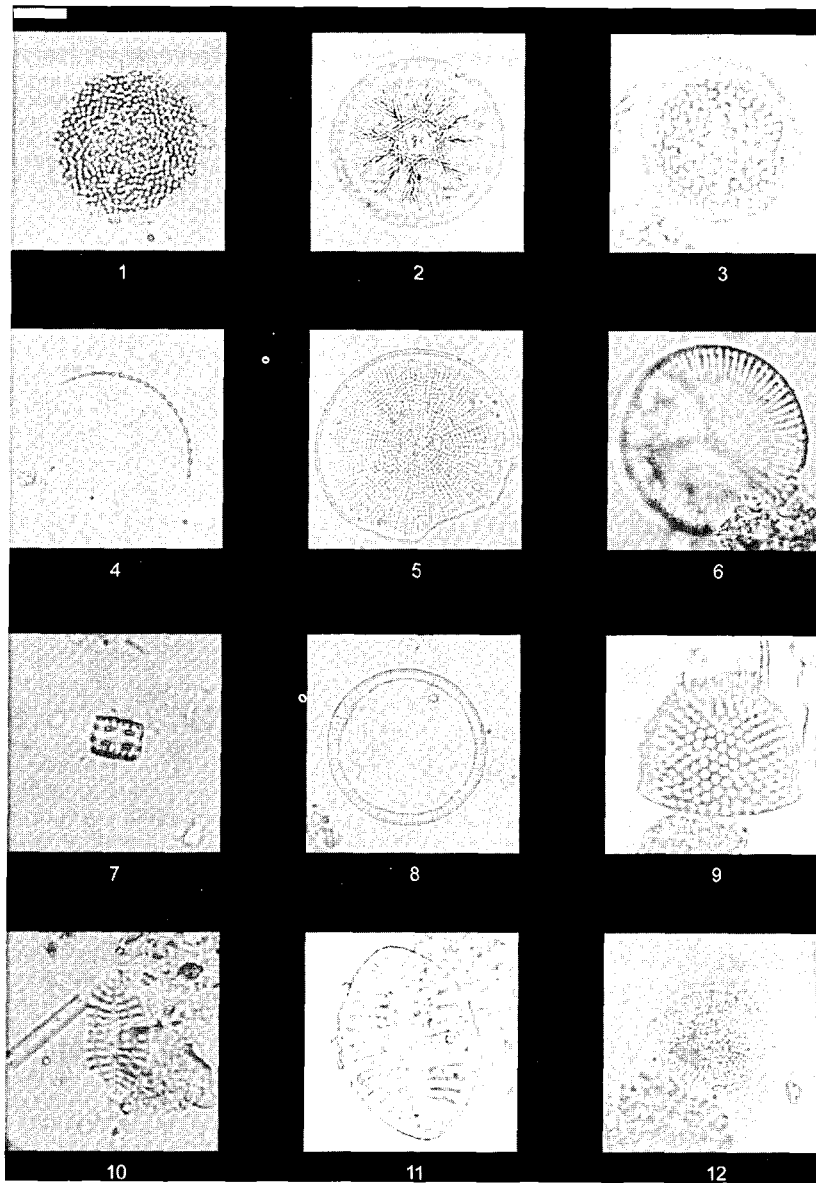


Plate 2 (barscale: 15 μ m)

- Fig. 1. *Thalassiosira lentiginosa* (Janisch) Fryxell: GC 98-06, 8cm.
 Fig. 2. *Thalassiosira anguste-lineata* (Schmidt) Fryxell and Hasle: GC 98-06, 24cm.
 Fig. 3. *Actinocyclus ingens* Rattray: GC 98-06, 72cm.
 Fig. 4. *Dactyliosolen antarcticus* Castracane: GC 98-06, 64cm.
 Fig. 5. *Actinocyclus octonarius* Ehrenberg: GC 98-06, 48cm.
 Fig. 6. *Melosira sol* (Ehrenberg) Kutzing: GC 98-06, 232cm.
 Fig. 7. *Gramatophora* sp.: GC 98-06, 192cm.
 Fig. 8. *Schimperiella antarctica* Karsten: GC 98-06, 116cm.
 Fig. 9. *Stephanopyxis* spp.: GC 98-06, 48cm.
 Fig. 10. *Cocconeis* sp.: GC 98-06, 208cm.
 Fig. 11. *C. costata* Gregory: GC 98-06, 136cm.
 Fig. 12. *Thalassiosira antarctica* Comber: GC 98-06, 168cm.

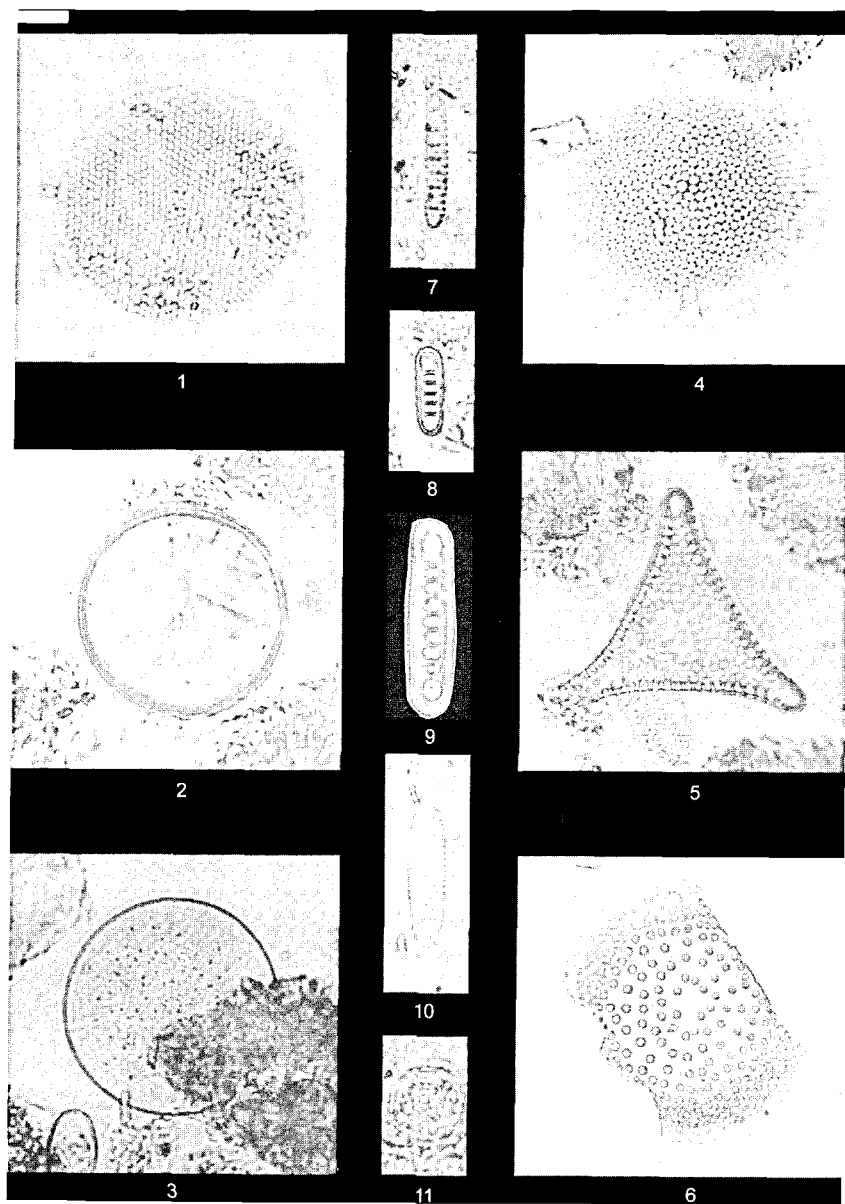


Plate 3 (barscale: 15 μ m)

- Fig. 1. *Thalassiosira lineata* Jouse: GC 98-06, 136cm.
 Fig. 2. *Stellarima microtrias* (Ehrenberg) Hasle and Slims: GC 98-06, 88cm.
 Fig. 3. *Porosira glacialis* (Grunow) Jorgensen: GC 98-06, 216cm.
 Fig. 4. *Coscinodiscus asteromphalus* Ehrenberg: GC 98-06, 168cm.
 Fig. 5. *Trinacria* sp.: GC 98-06, 48cm.
 Fig. 6. *Actinocyclus ingens* Rattray: GC 98-06, 96cm.
 Fig. 7. *Denticulopsis hustedtii* (Simonsen and Kanaya) Simonsen: GC 98-06, 136cm.
 Fig. 8. *D. dimorpha* (Scheader) Simonsen: GC 98-06, 192cm.
 Fig. 9. *D. dimorpha* (Scheader) Simonsen: GC 98-06, 40cm.
 Fig. 10. *Fragilariopsis ritscheri* Hustedt: GC 98-06, 192cm.
 Fig. 11. *Thalassiosira gracilis* (Karsten) Hustedt: GC 98-06, 32cm.

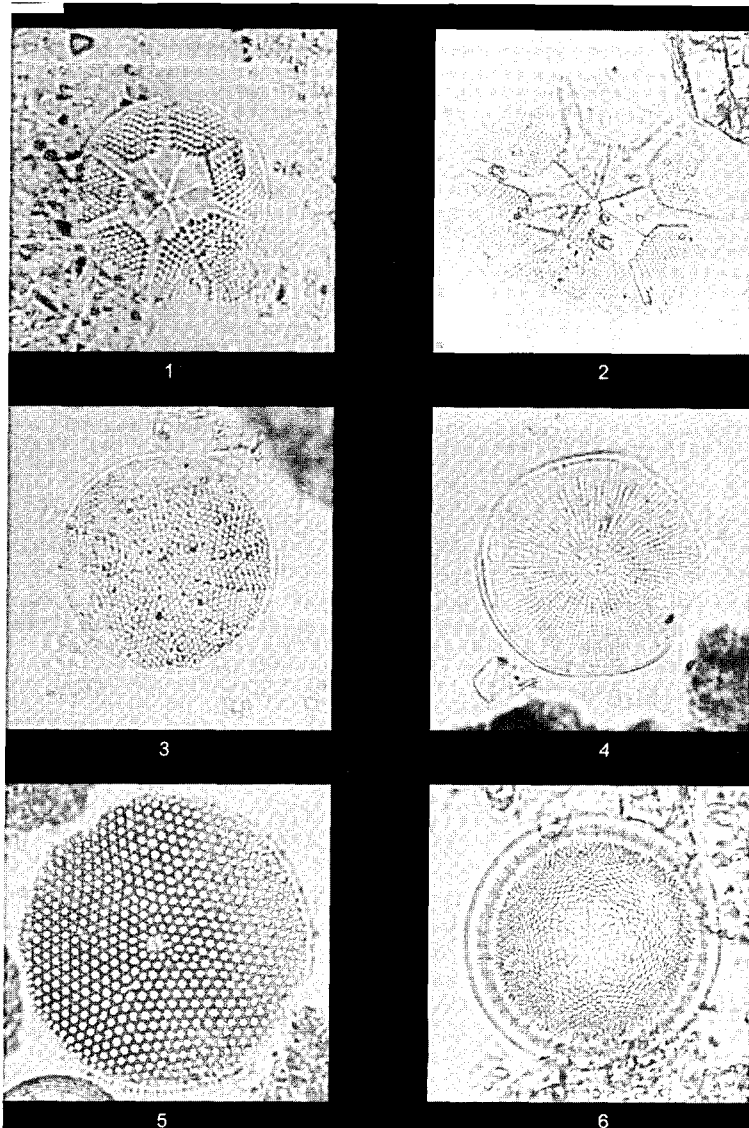


Plate 4 (barscale: 15 μ m)

Fig. 1. *Asteromphalus parvulus* Karsten: GC 98-06, 216cm.

Fig. 2. *A. hookeri* Ehrenberg: GC 98-06, 96cm.

Fig. 3. *Actinocyclus curvatulus* Janisch: GC 98-06, 64cm.

Fig. 4. *A. octonarius* Ehrenberg: GC 98-06, 88cm.

Fig. 5. *Thalassiosira eccentrica* (Ehrenberg) Cleve: GC 98-06, 32cm.

Fig. 6. *T. anguste-lineata* (A. Schmidt) Fryxell and Hasle: GC 98-06, 80cm.

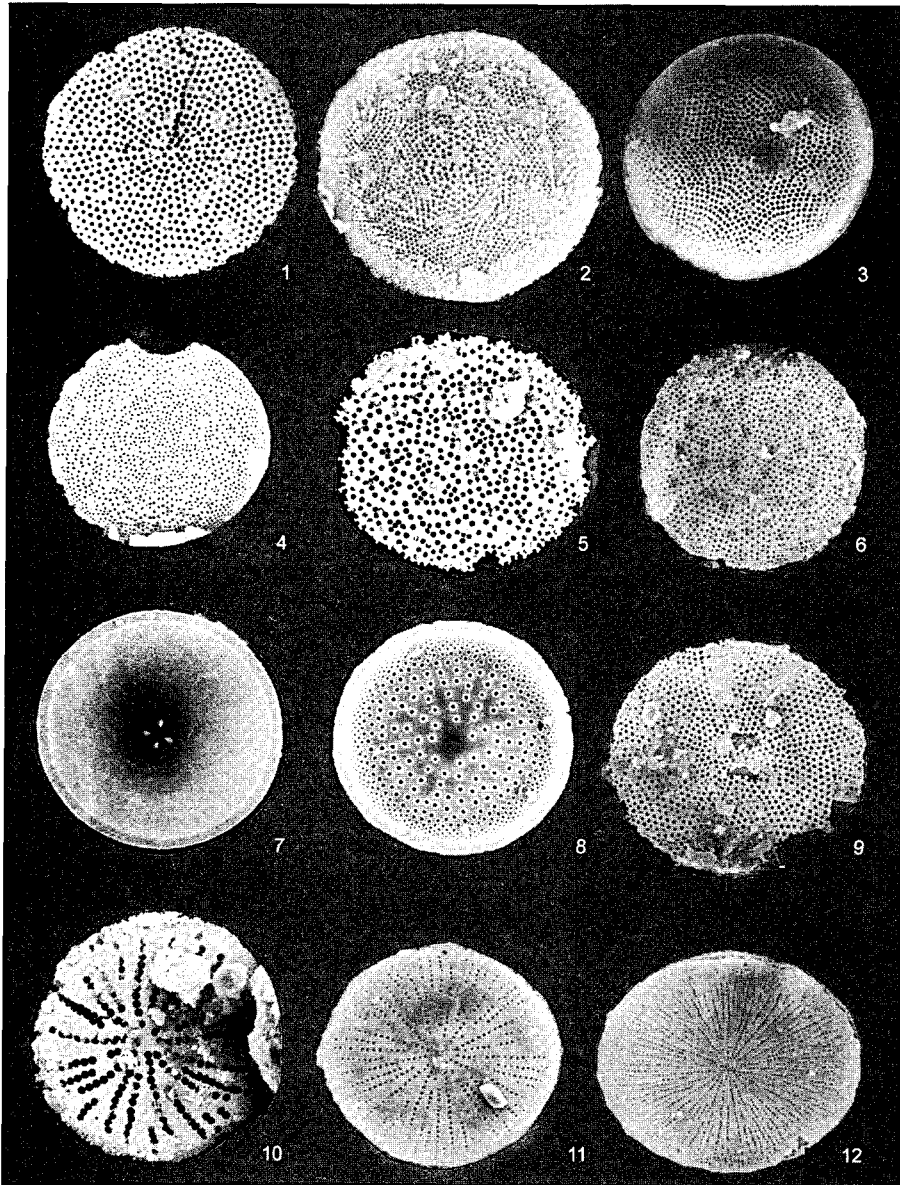


Plate 5

- Fig. 1.** *Actinocyclus curvatulus* Janisch: GC 98-06, 104cm, X1163.
- Fig. 2.** *Thalassiosira anguste-lineata* (A. Schmidt) Fryxell and Hasle: GC 98-06, 8cm, X891.
- Fig. 3.** *T. anguste-lineata* (A. Schmidt) Fryxell & Hasle: GC 98-06, 16cm, X938.
- Fig. 4.** *T. striata* (Harwood and Maruyama): GC 98-06, 8cm, X720.
- Fig. 5.** *T. striata* (Harwood and Maruyama): GC 98-06, 112cm, X1125.
- Fig. 6.** *T. striata* (Harwood and Maruyama): GC 98-06, 16cm, X975.
- Fig. 7.** *Stellarima microtrias* (Ehrenberg) Hasle and Slims: GC 98-06, 16cm, X975.
- Fig. 8.** *Actinocyclus ingens* Rattray: GC 98-06, 112cm, X1313.
- Fig. 9.** *A. curvatulus* Janisch: GC 98-06, 112cm, X975.
- Fig. 10.** *A. actinochilus* (Ehrenberg) Simonsen: GC 98-06, 104cm, X1500.
- Fig. 11.** *A. actinochilus* (Ehrenberg) Simonsen: GC 98-06, 16cm, X1125.
- Fig. 12.** *A. actinochilus* (Ehrenberg) Simonsen: GC 98-06, 16cm, X713.