

남극 브랜스필드 동부소분지 코어 퇴적물의 구조군집

배부영^{1,*}, 윤혜수², 이성숙³¹전북대학교 자연과학대학 지구환경과학과, 561-756, 전주시 덕진동 664-14²충남대학교 자연과학대학 지질학과, 305-764, 대전광역시 공동 220³한국석유공사 석유기술연구원, 431-711, 안양시 관양동

요약: 남극 브랜스필드 해협 동부 소분지로부터 채취된 코어 퇴적물 내의 구조군집은 구조휴면포자의 폭발적 산출이 특징이다. 구조휴면포자를 제외한 구조군집으로부터 총 32속 90종의 구조군이 분류되었으며 *Fragilariopsis*속, *Rhizosolenia*속, *Thalassiosira*속이 전체 구조군집의 65% 이상을 차지하였다. 구조휴면포자를 제외한 구조군집으로부터 우점종은 *Fragilariopsis curta*, *F. kerguelensis* 그리고 *Rhizosolenia styliformis*이다. *Corethron criophilum*, *Proboscia inermis*, *R. hebetata* f. *semispina*의 구조군집 내 상대적 산출은 일부 코어심도에서 폭발적이다. 이 결과는 연구코어가 퇴적될 당시 연구해역이 구조각의 고생산 지역이었고 연구해역에서 구조의 대변식은 반복되는 잦은 사건이었음을 지시한다. 연구코어의 구조연니구간 내 해빙종과 공해종의 상대적 산출량의 변화는 코어심도에 따라 뚜렷한 주기성을 보여주었다. 남극해의 주요 고기후 지시자로서 해빙종과 공해종의 구조군집 내 상대적 산출량비의 코어심도에 따른 변화 양상은 연구코어가 퇴적된 지난 약 3000년 동안 연구해역에서는 5번의 상대적 기후 한랭기를 포함, 반복적인 기후변화가 있었음을 지시한다.

주제어: 브랜스필드 해협, 구조군집, 구조휴면포자, 해빙종, 기후변화

서론

구조는 남극해 생물기원의 규질 퇴적물의 주요 구성성분으로 해저 퇴적물 내 구조군집의 종조성과 상대적 산출량은 수괴의 물리적, 화학적 성질에 따라 뚜렷한 변화를 보인다(Abelmann and Gersonde, 1991; Armand *et al.*, 2005; Bárcena *et al.*, 2006). 남극해의 표층 및 코어 퇴적물로부터 획득된 구조군집에 대한 연구들은 남극해의 구조군집의 크기와 다양성이 해빙의 분포 및 크기 변화와 밀접한 관계가 있으며 퇴적물 내의 구조군집의 변화는 남극의 기후변화뿐만 아니라 전지구적 규모의(global-scale) 기후변화를 잘 반영하고 있음을 보고하고 있다(Gersonde and Zielinski, 2000; Crosta *et al.*, 2008). 남극해의 해빙 크기는 남극의 겨울엔 최대 약 $19 \times 10^6 \text{ km}^2$ 이고 남극의 여름엔 약 $3.5 \times 10^6 \text{ km}^2$ 로 뚜렷한 계절적 변화를 보여준다(Gloersen *et al.*, 1992). 남극해에서 연간 구조각의 생산은 해빙의 크기가 최소인 남극의 4-8주 사이 짧은 여름동안에 집중되며 이 시기 기후의 변화가 해저퇴적물 내에 기록되는 연간 구조각의 생산성과 구조군집의 종조성의 변화에 절대적인 영향을 끼친다(Wefer *et al.*, 1988; Gersonde and Zielinski, 2000). 따라서 남극해의 코어 퇴적물 내에서 산출되는 구조군집의 정량적 연구는 남극지역의 고생물학적 연구뿐만 아니라 고해양학적 연구에도 매우 중요하다(Burckle and Cirilli, 1987; Cremer *et al.*, 2003; Buffen *et al.*, 2007).

본 연구는 남극 브랜스필드 해협(Bransfield Strait) 내 동부 소분지, 코어퇴적물(Gravity core A9-EB2)로부터 획득한 구조군집의 정량적 분석을 기초로 연구지역의 고기후 변화를 이해하는데 목적이 있다. 브랜스필드 분지(Bransfield Basin)는 남극반도와 남셰틀랜드 군도(South Shetland Islands)사이, 브랜스필드 해협 내에 위치해 있으며 남셰틀랜드 군도가 남극반도의 북단으로부터 분리, 확장되면서 형성된 대륙주변부 분지(marginal basin)로 지형적 특성에 의해 서부, 중부, 동부의 세 개의 소분지로 나뉜다(Barker and Austin, 1994; González-Casado *et al.*, 2000). 브랜스필드 해협 내 연구코어가 위치한 동부 소분지 주변해역에 영향을 주는 해류로는 벨링스하우젠해(Bellingshausen Sea)로부터 유입되어 분지의 북동쪽으로 흐르는 비교적 따

*Corresponding author: 011-548-5131, E-mail: ybbybb@hanmail.net

뜻하고 염도가 낮은 해류, 웨델해(Weddell Sea)로부터 유입되어 남극반도의 해안선을 따라 남서쪽으로 흐르는 비교적 차고 염도가 높은 해류, 그리고 드레이크 해협(Drake Passage)으로부터 브랜스필드 분지로 유입되는 남극순환류(Antarctic Circumpolar Current)가 있다(López *et al.*, 1999). 연구코어가 위치한 해역은 남극의 겨울엔 해빙으로 완전히 덮여있고 남극의 여름엔 해빙이 완전히 녹아 해빙의 연간 분포에 있어서 뚜렷한 계절적 변화를 보여주는 곳으로(Naval Oceanography Command Detachment, 1985) 연간 높은 생물 생산성과 퇴적물로 남극뿐만 아니라 전지구적 규모의 고기후 변화 및 고해양학 연구를 위해 지리적으로 중요한 위치에 있다(Khim *et al.*, 2002; Bárcena *et al.*, 2006). Khim *et al.* (2002)은 연구코어에 대한 방사성 탄소 연대측정의 결과를 기초로 연구코어의 연령을 약 3000년, 코어의 퇴적률을 $87.4 \text{ cm}/10^3 \text{ yr}$ 으로 보고하였으며 코어심도에 따른 대자율(Magnetic susceptibility) 값의 주기적 변화를 기초로 연구코어가 퇴적될 당시 연구해역은 소빙하기(Little Ice Age), 중세 온난기(Medieval Warm Period)를 포함, 약 200년 주기의 기후변화가 있었음을 보고하였다. Bahk *et al.* (2003)은 연구코어의 규조연니구간 내 엽리층의 발달이 연구해역의 계절변화 혹은 연간 기후변화와 관련된 구조의 종조성 변화와 밀접한 관련이 있음을 보고하였다. 그 외 연구코어에 대한 고생물학적 연구로는 박 외(2001)에 의한 방산충 연구가 있다.

시료 및 연구방법

연구코어 A9-EB2(표층에서 455 cm까지 총 길이 455 cm)는 브랜스필드 해협 내, 동부 소분지 수심 약 2,200 m의 심해지역($61^{\circ}58.9' \text{ S}$, $55^{\circ}57.4' \text{ W}$)으로부터 획득되었다(Fig. 1). 본 연구를 위해 코어 표층으로

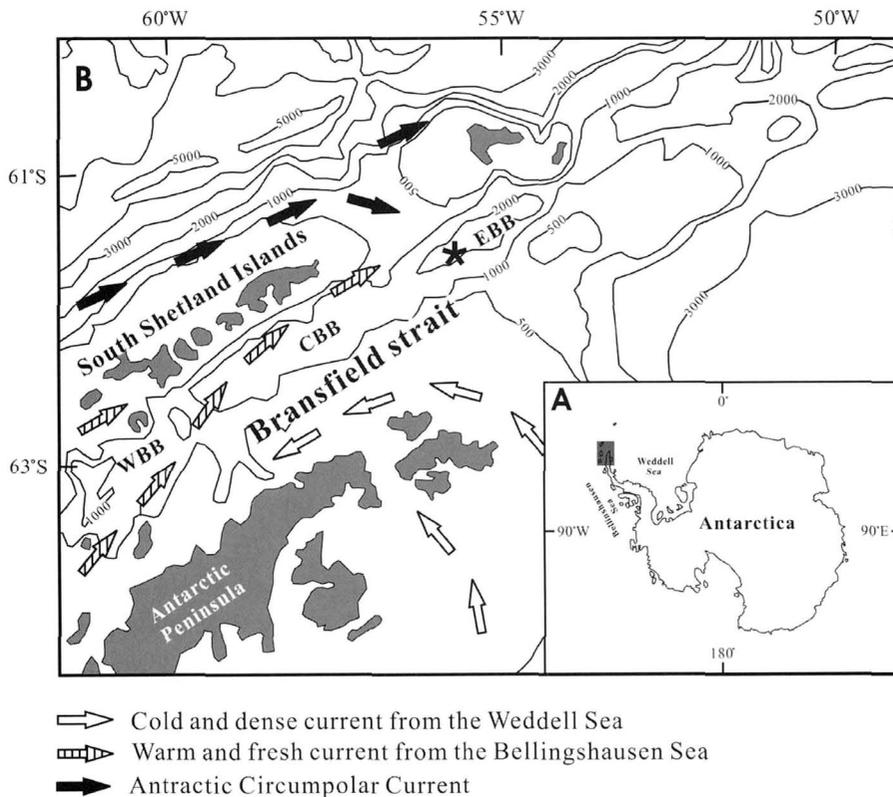


Fig. 1. A, Index map of study area (gray-shaded area) in the northern Antarctic Peninsula, Antarctica. B, Map of core location (★) and water currents in Bransfield Strait: WBB, western Bransfield Basin; CBB, central Bransfield Basin; EBB, eastern Bransfield Basin. Contours in meter. Modified from Bárcena *et al.*, 2002.

부터 약 10 cm간격으로 총 47개의 시료가 채취되었다. 연구코어는 전체적으로 규조연니(diatom ooze)가 절대적으로 우세하나 부분적으로 저탁류의 영향으로 형성된 homogeneous mud와 silt-clay couplets가 교호하는 구간(24-92 cm, 306-366 cm, 430-455 cm)이 존재한다(for details, see Khim et al., 2002; Fig. 2A).

연구코어 47개 시료에 대한 규조각의 정량적 분석을 위한 박편 제작은 Bóden(1991)의 random settling method를 참고로 하였다. 건조 시료 0.05 g을 100 ml 비이커에 넣고 증류수 70 ml를 첨가한 다음 초음파 세척기로 15초간 2번 세척한다. 이 현탁액을 500 ml 메스실린더에 넣고 현탁액이 400 ml가 될 때까지 증류수를 첨가한다. 이 현탁액 중 80 ml를 settling chair와 cover slip이 장치된 100 ml 비이커에 부은 다음 55-60°C로 정온된 건조기에서 건조시킨다. 건조된 cover slip은 canada balsam으로 slide glass에 붙여 규조각의 관찰에 사용하였다. 준비된 박편에 대한 예비관찰 결과, 코어 전 심도에서 규조휴면포자(*Chaetoceros* resting spores)가 폭발적으로 산출하였다. 따라서 비록 규조군집 내 상대적 산출량은 적으나 고기후 해석에 중요한 규조종의 정량적 분석을 위해 각 시료의 임의의 주사선상으로부터 관찰되는 규조각 중 규조휴면포자를 제외한 규조각 200개를 가능한 중 수준까지 분류하였다. 이 때, 중심 규조목은 중심을 포함, 2/3이상을 1개체로, 우상 규조목은 정축부(apical axes)가 나타나는 1/2개를 1/2개체로 계산하였다. 연구코어 시료의 규조휴면포자의 개수는 시료 당 계산한 200개의 각과는 별도로 규조각 200개를 세는데 사용한 view field내의 개수로 계산하였다. 연구코어가 퇴적될 당시 연구해역의 기후변화를 알아보기 위한 규조군집의 종조성 변화에 대한 분석은 규조연니가 퇴적된 구간(총 30개 시료, 코어길이 약 293 cm)에 한해서 이루어졌다. 남극해에서 해빙의 크기 및 분포를 추적하는데 유용한 해빙종(sea-ice taxa)으로 알려져 있는 *Fragilariopsis curta* group (*F. curta* + *F. cylindrus*), 대표적 공해종(open-sea taxa)인 *F. kerguelensis*와 *Thalassiosira antarctica* group (*T. antarctica* + *T. scotia*)의 규조군집 내 상대적 산출량의 변화를 코어심도를 기준으로 비교, 분석하였다. 이 결과를 남극, 아남극의 제 4기 및 현세 해수온 추정 지시자로 유용하게 사용되는 *F. curta*와 *F. kerguelensis*의 비(*F. curta*/*F. kerguelensis*)와 비교하였다. 규조각 관찰에는 1000배의 광학현미경을 사용하였으며 주요 산출 규조종은 전자현미경을 통해 관찰, 사진촬영 하였다.

결과 및 토의

산출 규조종

연구코어(A9-EB2) 47개 전 시료에서 초미화석 크기의 규조휴면포자(*Chaetoceros* resting spores; *Chaetoceros* RS)가 전체 규조군집의 약 95% 이상을 차지하였다(Fig. 2B). 남극해에서 규조휴면포자의 대번식(blooms)은 일반적으로 연안류의 용승 및 해양의 고생산성(high productivity)을 지시하는 것으로 알려져 있으며 스트레스 환경 즉, 영양염류의 고갈 혹은 안정된 수괴의 형성을 지시한다(Leventer, 1991; Buffen et al., 2007). 연구코어 47개 시료의 규조휴면포자를 제외한 규조군집으로부터는 총 32속 90종의 규조가 산출되었다. 산출된 규조종 중 *Actinocyclus ingens*를 제외한 대부분의 규조종은 현재 남극의 표층 혹은 코어퇴적물에서 흔히 산출되는 남극 고유종으로 올리고세(Oligocene)에서 홀로세(Holocene)의 지질시대를 지시한다. 코어하부에서 마이오세(Miocene)에서 플라이오세(Pliocene)를 지시하는 *Actinocyclus ingens*의 산출은 남극 저층수에 의한 규조각의 재이동의 결과이다. 규조휴면포자를 제외한 규조군집의 종조성을 살펴보면 코어심도 112 cm를 제외한 코어 전 심도에서 *Fragilariopsis*속, *Rhizosolenia*속 그리고 *Thalassiosira*속이 전체 규조군집의 65% 이상을 차지하고 있다(Fig. 2C). 각 규조군집은 주로 2-3개의 규조종이 전체 군집을 대표하고 있으며 특히, *Fragilariopsis curta*, *F. kerguelensis* 그리고 *Rhizosolenia styliformis*는 코어 전 심도에서 규조군집 내 우점종을 차지하고 있다(Fig. 2D-F). 연구코어에서 규조휴면포자를 제외하고 전 시료에서 비교적 높고 고른 산출을 보여주는 규조종은 *F. curta*이다. *F. curta*는 여름 표층수온이 약 2°C 이하인 남극해역에서 흔히 산출되는 남극 고유종으로 남극대륙 쪽으로 갈수록 산출빈도가 증가하는 것으로 알려져 있다(Zielinski and Gersonde, 1997; Armand et al., 2005). *F. curta*는 홀로세 이후 남극 및 아남극의 전지구적 규모의 기후변화

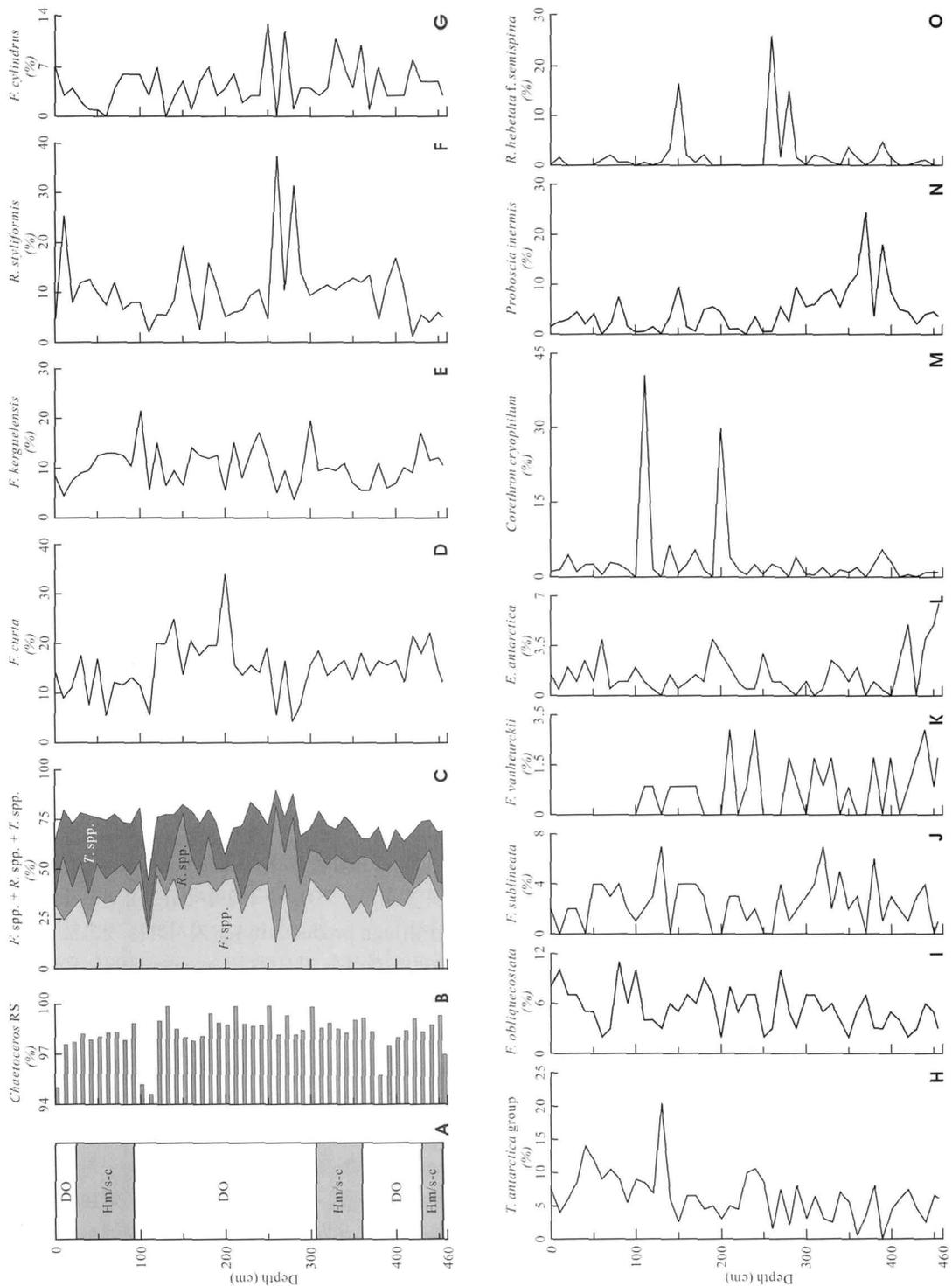


Fig. 2. A, Lithological log of gravity core A9-EB2, the eastern Bransfield Basin, Antarctic Peninsula: DO, diatom ooze; Hm/s-c, Homogeneous mud intercalated with silt-clay couple. B, Relative abundance of *Chaetoceros* resting spores (RS). C, Cumulative relative abundance of three dominant genera: *F. spp.* + *R. spp.* + *T. spp.*, *Fragilariopsis* spp. + *Rhizosolenia* spp. + *Thalassiosira* spp. D-O, Relative abundance of selected diatom taxa in gravity core A9-EB2.

를 지시하는 주요 해빙종 중 하나로 연구코어 전 심도에서 구조군집 내 상대적 산출량은 4.0-34.0%, 평균 15.0%이다(Fig. 2D; Gersonde and Zielinski, 2000). *F. kerguelensis*는 50°S와 70°S사이, 표층수온 -1 °C에서 13 °C사이의 아남극 공해역에서 최대 산출을 보이는 대표적 공해종으로 남극의 표층퇴적물에서 가장 흔히 발견되는 남극 고유종 중 하나이다(Fenner et al., 1976; Krebs et al., 1987; Zielinski and Gersonde, 1997). Defelice and Wise(1981)는 *F. kerguelensis*가 60°S와 70°S사이 아남극 해역의 전체 구조군집의 70%이상을 차지하는 것으로 보고하였다. 연구코어에서 *F. kerguelensis*는 전체 구조군집의 3.5-21.5%, 평균 10.3%의 상대적 산출을 보이며(Fig. 2E) 연구코어에서 이들의 산출은 남극순환류(Antarctic Circumpolar Current)의 영향을 지시한다(Leventer, 1992; Zielinski and Gersonde, 1997). *R. styliiformis*는 전세계 해양에서 흔히 산출되며 특히 남극, 아남극 지역에서 높은 산출량을 보이는 구조종으로 연구코어 내 전체 구조군집의 1.0-37.5%, 평균 10.4%의 상대적 산출량을 보인다(Fig. 2F). *F. curta*와 함께 *F. cylindrus*는 해빙의 크기와 분포를 추적하는데 유용하게 사용되는 대표적 해빙종이다(Gersonde and Zielinski, 2000; Armand et al., 2005). *F. cylindrus*의 코어 전 심도에서 구조군집 내 상대적 산출량은 0.0-6.5%, 평균 2.2%로 비교적 낮다(Fig 2G). *Thalassiosira antarctica* group은 아남극 공해역의 구조연니로부터 흔히 산출되는 구조종이다(Abelmann and Gersonde, 1991; Zielinski and Gersonde, 1997). 연구코어의 구조군집 내 대표적 공해종인 *F. kerguelensis*와 함께 *Thalassiosira antarctica* group (*T. antarctica* + *T. scotia*)의 상대적으로 높은 산출은 웨델해로부터 차고 밀도가 높은 해류가 브랜스필드 해협으로 유입되었음을 의미한다(Zielinski and Gersonde, 1997). 연구코어 전 심도에서 구조군집 내 *Thalassiosira antarctica* group의 상대적 산출량은 0.0-20.5%, 평균 6.4%이다(Fig 2H). 남극 고유종으로 해빙의 분포와 밀접히 관계있는 구조종으로는 *F. obliquecostata*, *F. sublineata*, *F. vanheurckii* 등이 있다(Zielinski and Gersonde, 1997; Bárcena et al., 1998; Armand et al., 2005). 이들 구조종의 연구코어에서 구조군집 내 상대적 산출량은 평균 2.7%, 1.2%, 0.4%로 비교적 낮다(Fig. 2I-K). 그 외 *Actinocyclus actinochilus*, *Eucampia antarctica*, *F. ritscherii*, *T. lentiginosa* 등은 47개 전 시료에서 구조군집 내 상대적 산출량은 5.0% 이하이나 전 시료에 걸쳐 꾸준히 산출된다. 남극해의 연안 혹은 천해환경에서 풍부히 산출되는 구조종 중의 하나인 *E. antarctica*의 연구코어 구조군집 내 상대적 산출은 0.0-6.5%, 평균 1.5%이다(Fig. 2L). *Corethron criophilum*, *Proboscia inermis*, *R. hebetata* f. *semispina*의 구조군집 내 상대적 산출량은 코어심도에 따라 극심한 변화를 보이는데 일부 코어 심도에서 이들의 최대 상대적 산출량은 전체 구조군집의 41.0%, 24.5%, 26.0%까지 차지한다(Fig. 2M-O). 남극해에서 *Proboscia inermis*와 같은 일부 구조종의 폭발적 산출은 표층수위가 안정화된 해역에서 일어나는 특정종의 대번식(blooms)을 지시한다(Jordan et al., 1991; Leventer et al., 1993). 연구해역에서 해빙의 크기가 뚜렷한 계절적 변화를 보이는 점을 고려할 때 일부 코어심도에서 몇몇 구조종의 상대적 산출량이 폭발적으로 증가하는 현상은 연구코어가 퇴적된 기간 동안 계절에 따른 해빙의 증가와 감소가 수괴의 물리적, 화학적 변화를 야기시켜 환경에 민감한 특정 구조종이 대번식을 일으킨 결과이다.

구조연니구간 내 구조군집-고기후 변화의 지시자로서의 구조

연구코어가 퇴적될 당시 연구해역의 기후변화를 알아보기 위해 구조연니가 퇴적된 구간(총 30개 시료, 코어길이 약 293 cm)의 구조군집 내 기후 지시종의 상대적 산출량을 비교, 분석하였다(Fig. 3). 남극해에서 *Fragilariopsis curta* group (*F. curta* + *F. cylindrus*)의 구조군집 내 상대적 산출량의 변화는 연중 해빙크기의 변화와 밀접한 관계가 있으며(Crosta et al., 2008) 특히, 플라이스토세(Pleistocene) 동안 해빙의 크기 변화를 추적하는데 유용한 도구로 알려져 있다(Gersonde and Zielinski, 2000). 구조연니구간에서 *Fragilariopsis curta* group (*F. curta* + *F. cylindrus*)의 구조군집 내 상대적 산출량은 10.5-36.0%, 평균 17.6%로 비교적 높았으며 코어심도에 따라 수직 주기성을 보였다(Fig. 3A). 연구코어 구조군집 내 대표적 공해종인 *F. kerguelensis* (4.5-21.5%, 평균 10.0%의 상대적 산출)와 *Thalassiosira antarctica* group (*T. antarctica* + *T. scotia*; 4.0-20.5%, 평균 6.2%의 상대적 산출)의 코어심도에 따른 상대적 산출량의 변화는 *Fragilariopsis curta*

group의 상대적 산출량의 변화보다 더 뚜렷한 수직 주기성(vertical cyclic fluctuations)을 보였으며(Fig. 3B, C) *Fragilariopsis curta* group의 코어심도에 따른 상대적 산출량의 변화와 반대였다(Fig. 3A-C). 남극 코어 혹은 표층퇴적물에서 산출되는 구조종 중 남극, 아남극의 제 4기 및 현세 해수온을 추정하는데 중요한 지시자로 사용되고 있는 *F. curta*와 *F. kerguelensis*의 비($F. curta/F. kerguelensis$)는 구조연니 전 구간에 걸쳐 0.5-6.2, 평균 1.75로 코어심도에 따라 뚜렷한 수직 주기성을 보여주었다(Fig. 3D). 남극해에서 *Fragilariopsis curta* group (*F. curta* + *F. cylindrus*)의 구조군집 내 상대적 산출량의 증가는 해빙의 전진 혹은 확장을 의미하며 상대적으로 한랭한 기후를 지시하는 것으로 알려져 있다(Gersonde and Zielinski, 2000; Bárcena *et al.*, 2002). 반대로, 해빙종의 상대적 산출량이 감소하는 시기는 해빙이 존재하지 않거나 해빙의 영향이 없는 공해 환경을 지시하며 이것은 상대적으로 온난한 해양환경을 지시한다(Gersonde and Zielinski, 2000). 연구코어에서 구조연니구간 내 *Fragilariopsis curta* group의 산출량이 증가하는 구간은 *F. kerguelensis* 혹은 *Thalassiosira antarctica* group의 산출량이 감소하는 구간과 잘 일치하였다. 따라서 본 연구에서는 연구코어의 구조연니구간 내 코어심도에 따른 *F. curta*와 *F. kerguelensis*비의 수직 주기성을 연구코어가 퇴적된 기간 동안 연구해역에서 일어난 고기후 변화의 증거로 고려, 구조연니구간 내에서 해빙종의 상대적 산출량이 증가하고 공해종의 상대적 산출량이 감소하는 구간을 연구해역이 상대적으로 한랭한 기후환경(relatively cold periods) 하에 놓여있었던 구간으로 설정하였다. 즉, 코어의 수직심도를 따라 구조군집 내 해빙종의 상대적 산출이 최고인 각 주기의 양의 정점(arrows in Fig. 3)을 포함, *F. curta*와 *F. kerguelensis*의 비가 상대적으로 높은 코어구간을 연구코어가 퇴적된 기간 중 연구해역이 상대적으로 한랭한 기후환경 하에 놓여있었던 시기(gray-shaded areas, C1-C5 in Fig. 3)로, 그 반대의 경우는 연구해역의 기후가 상대적으로 온난했던 시기로 간주하였다. 이 결과는 Khim *et al.* (2002)의 방사성 탄소 연대측정 결과를 고려, 연구코어가 퇴적된 과거 3000년 동안 연구해역에서는 5번의 상대적 기후 한랭기를 포함, 반복적인 기후변화가 있었음을 지시한다(Fig. 3).

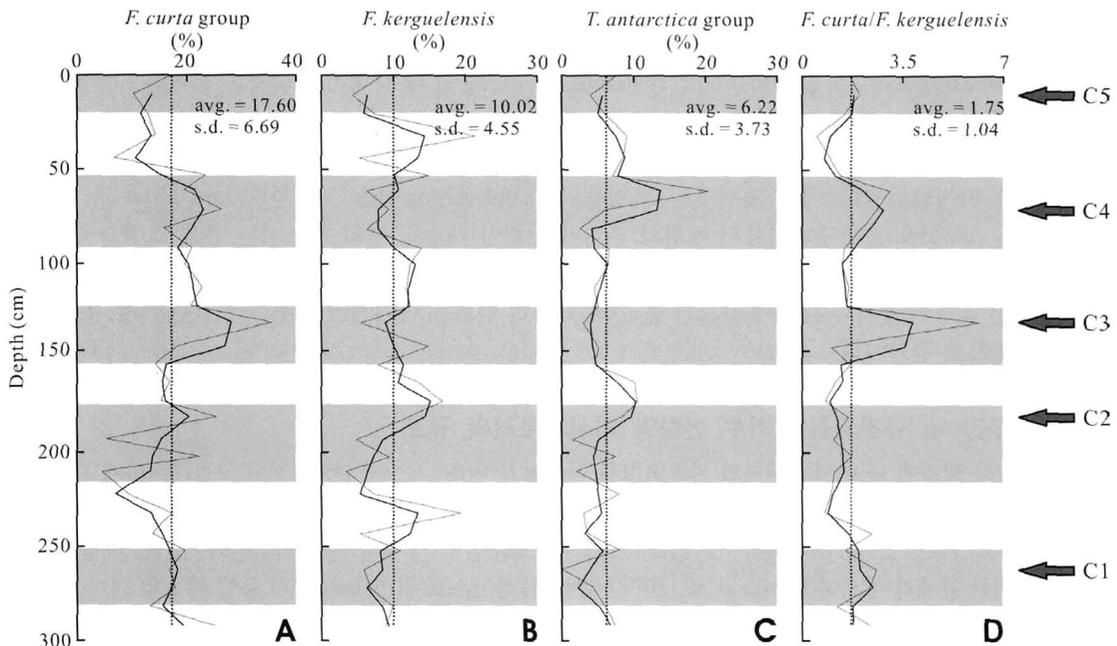


Fig. 3. Relative abundance of diatom taxa related to climate change within the diatom ooze of gravity core A9-EB2 (avg., average; s.d.; standard deviation). Each thicker line in A-D represents a two-point moving average. Gray-shaded intervals (C1-C5) and arrows on the left of C1-C5 indicate relatively cold periods and cooling peaks, respectively. Core depth was recalculated by removing the intervals of turbidites from the original core depth.

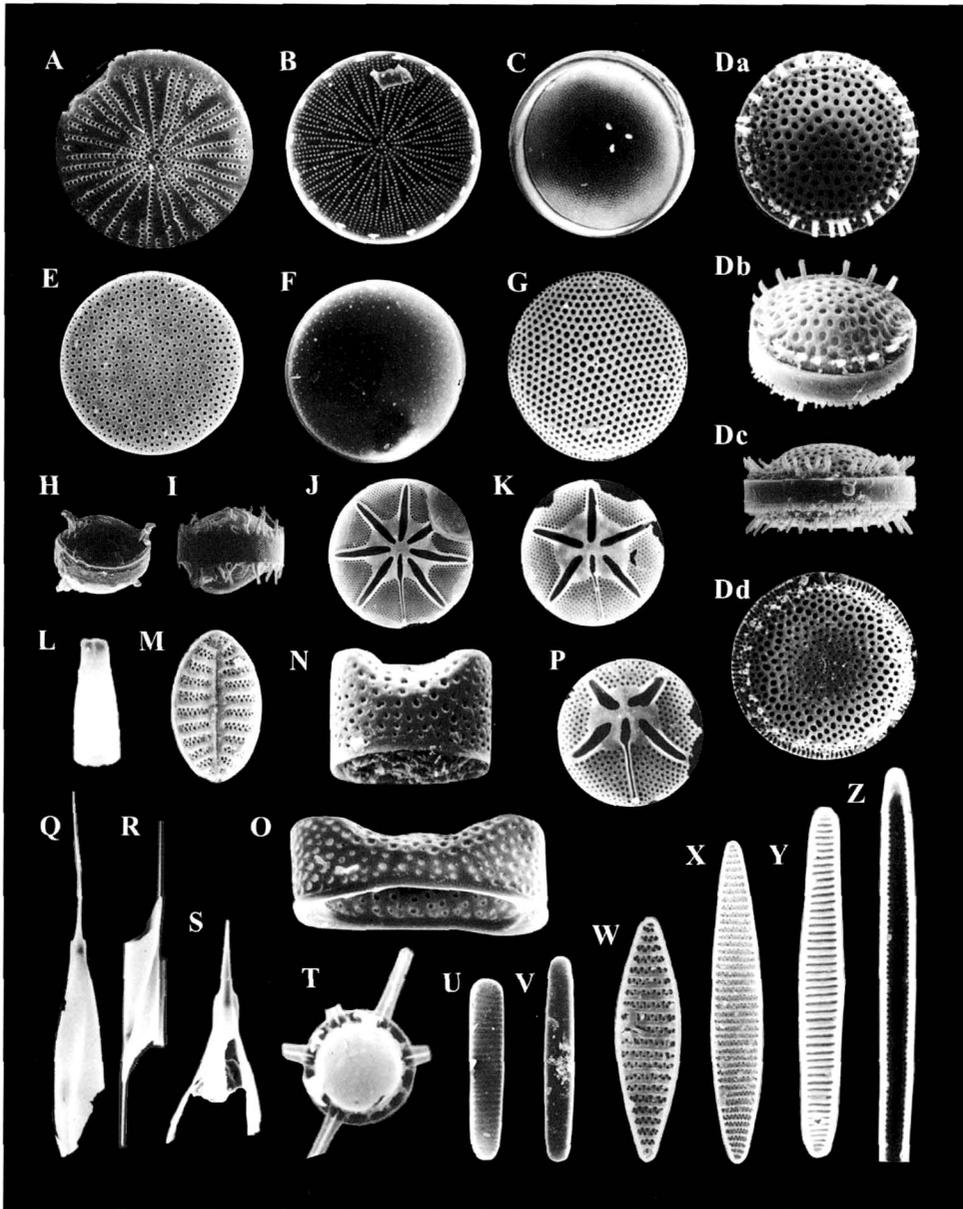


Fig. 4. Diatoms from gravity core A9-EB2. *A, B, Actinocyclus actinochilus* (Ehrenberg) Simonsen: *A*, 0 cm, x1,600; *B*, 270 cm, x1,380. *C, Stellarima microtrias* (Ehrenberg) Hasle and Sims, 0 cm, x2,030. *Da-d, Thalassiosira scotia* Fryxell and Hoban: *Da*, 50 cm, x3,040; *Db*, 270 cm, x3,770; *Dc*, 50 cm, x2,560; *Dd*, 112 cm, x2,530. *E, Thalassiosira lentiginosa* (Janisch) G. Fryxell: 440 cm, x2,810. *F, Porosira glacialis* (Grunow) Jørgensen, 249 cm, x1,980. *G, Thalassiosira eccentrica* (Ehrenberg) Cleve, 430 cm, x3,470. *H, I, Chaetoceros* resting spores: *H*, 0 cm, x4,400; *I*, 150 cm, x6,400. *J, Asteromphalus hookerii* Ehrenberg, 0 cm, x1,010. *K, Asteromphalus parvulus* Karsten, 0 cm, x1,430. *L, Proboscia inermis* (Castracane) Jordan and Ligowski, 150 cm, x1,730. *M, Cocconeis costata* Gregory, 121 cm, x2,350. *N, O, Eucampia antarctica* (Castracane) Mangin: *N*, 190 cm, x2,480; *O*, 100 cm, x2,590. *P, Asteromphalus hyalinus* Karsten, 0 cm, x2,740. *Q, R, Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* (Hensen) Gran: *Q*, 150 cm, x1,700; *R*, 150 cm, x800. *S, Rhizosolenia styliformis* Brightwell, 11 cm, x1,040. *T, Corethron criophilum* Castracane, 112 cm, x2,600. *U, Fragilariopsis curta* (Van Heurck) Hustedt, 249 cm, x2,810. *V, Fragilariopsis sublineata* (Van Heurck) Heiden in Heiden and Kolbe, 212 cm, x2,820. *W, X, Fragilariopsis kerguelensis* (O'Meara) Hustedt: *W*, 249 cm, x3,000; *X*, 112 cm, x2,060. *Y, Fragilariopsis obliquecostata* (Van Heurck) Heiden and Kolbe, 410 cm, x2,120. *Z, Thalassiothrix longissima* Cleve and Grunow, 455 cm, x3,000.

요약 및 결론

1. 남극 브랜스필드 해협 동부 소분지로부터 획득된 코어퇴적물 A9-EB2로부터 규조군집을 분석한 결과, 초미화석 크기의 규조휴면포자(*Chaetoceros* resting spores)가 전체 규조군집의 95% 이상을 차지하였다. 규조휴면포자를 제외한 규조군집으로부터는 총 32속 90종의 규조가 산출되었다.
2. 규조휴면포자를 제외한 규조군집 내에서는 *Fragilariopsis*속, *Rhizosolenia*속 그리고 *Thalassiosira*속이 전체 규조군집의 65% 이상을 차지하였으며 우점종은 *Fragilariopsis curta*, *F. kerguelensis* 그리고 *Rhizosolenia styliiformis*이다. *Corethron criophilum*, *Proboscia inermis*, *R. hebetata* f. *semispina*의 규조군집 내 상대적 산출은 코어 일부심도에서 폭발적이다.
3. 연구코어의 전 심도에서 규조군집 내 규조휴면포자의 폭발적 산출과 일부 심도에서 몇몇 규조종의 상대적 산출량의 급격한 증가는 연구코어가 퇴적될 당시 연구해역이 규조각의 고생산 지역이었고 연구해역에서 규조의 대번식은 반복되는 잦은 사건이었음을 지시한다.
4. 규조연니구간 내 규조군집에서는 해빙종인 *Fragilariopsis curta* group과 공해종인 *F. kerguelensis* 및 *Thalassiosira antarctica* group의 상대적 산출량은 코어심도에 따라 뚜렷한 수직 주기성을 보였으며 그 변화 양상은 서로 뚜렷이 반대였다.
5. 남극, 아남극의 제 4기 및 현세 해수온을 추정하는데 중요한 지시자로서 *F. curta*와 *F. kerguelensis*의 비의 규조연니구간 내 코어심도에 따른 변화 양상은 뚜렷한 수직 주기성을 보여주었다. 이 결과는 연구코어가 퇴적된 과거 약 3000년 동안 연구해역에서는 5번의 상대적 기후 한랭기를 포함, 반복적인 기후변화가 있었음을 지시한다.

감사의 글

본 연구는 한국해양연구원 부설 극지연구소의 시료제공과 재정적인 지원에 의해 수행되었다. 시료제공 및 재정적인 지원을 해 준 한국해양연구원 부설 극지연구소에 감사드린다. 논문을 심사하고 좋은 의견을 주신 두 분 심사위원께 감사드린다.

DIATOM ASSEMBLAGE OF THE SEDIMENT CORE FROM THE EASTERN BRANSFIELD BASIN, ANTARCTIC PENINSULA

Boo-Young Bae¹, Hyesu Yun² and Songsuk Yi³

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

²Department of Geology, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea

³Petroleum Technology Institute, Korea National Oil Corporation, Anyang, 431-711, Korea

Abstract: Diatom assemblage in the gravity core A9-EB2 from the eastern Bransfield Basin, Antarctic Peninsula has been quantitatively examined. *Chaetoceros* resting spores comprise more than 95% of the total diatom assemblage. Diatom assemblage excluding *Chaetoceros* resting spores is characterized by 90 species and varieties belonging to 32 genera with *Fragilariopsis*, *Thalassiosira* and *Rhizosolenia* being the most dominant genera. Among them, *Fragilariopsis curta*, *F. kerguelensis* and *Rhizosolenia styliiformis* are the most abundant species in the core. At some core depths, relative abundance of *Corethron criophilum*, *Proboscia inermis* or *R.*

hebetata f. *semispina* is extraordinarily high. Together with high relative abundance of *Chaetoceros* resting spores, this result indicates high primary productivity and frequent diatom blooms in the overlying surface water. Relative abundance of sea-ice taxa or open-sea taxa within diatom ooze of the core shows distinctive vertical cyclic fluctuations, which suggests repetitive climate change including five relatively cold periods during the last three millennia in the eastern Bransfield Strait.

Key words: Bransfield Strait, Diatom assemblage, *Chaetoceros* resting spores, sea-ice taxa, climate change

참고문헌

- 박영숙, 이종덕, 윤혜수, 윤호일, 김향숙. 2001. 서남극 브랜스필드 동부 분지내 코아 퇴적물(A9-EB2)의 방산층. 지구과학회지 22:130-137.
- Abelmann, A. and Gersonde, R. 1991. Biosiliceous particle flux in the Southern Ocean. *Marine Chemistry* 35:503-536.
- Armand, L. K., Crosta, X., Romero, O. and Pichon, J.-J. 2005. The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments 1. Sea ice related species. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 223:93-126.
- Bahk, J. J., Yoon, H. I., Kim, Y., Kang, C.-Y. and Bae, S. H. 2003. Microfabric analysis of laminated diatom ooze (Holocene) from the eastern Bransfield Strait, Antarctic Peninsula. *Geoscience Journal* 7:135-142.
- Bárcena, M. A., Gersonde, R., Ledesma, S., Fabrés, J., Calafat, A. M., Canals, M., Sierro, F. J. and Flores, J. A. 1998. Record of Holocene glacial oscillations in the Bransfield Basin as revealed by siliceous microfossil assemblage. *Antarctic Science* 10:269-285.
- Bárcena, M. A., Isla, E., Plaza, A., Flores, J. A., Sierro, F. J., Masqué, P., Sanchez-Cabeza, J. A. and Palanques, A. 2002. Bioaccumulation record and paleoclimatic significance in the Western Bransfield Strait. The last 2000 years. *Deep-Sea Research II* 49:935-950.
- Bárcena, M. A., Fabrés, J., Isla, E., Flores, J. A., Sierro, F. J., Canals, M. and Palanques, A. 2006. Holocene neoglacial events in the Bransfield Strait (Antarctica). *Paleoceanographic and paleoclimatic significance. Scientia Marina* 70:607-619.
- Barker, D. H. N. and Austin, J. A. Jr. 1994. Crustal diapirism in Bransfield Strait, West Antarctica: Evidence for distributed extension in marginal-basin formation. *Geology* 22:657-660.
- Bóden, P. 1991. Reproducibility in the random settling method for quantitative diatom analysis. *Micropaleontology* 37:313-319.
- Buffen, A., Leventer, A., Rubin, A. and Hutchins, T. 2007. Diatom assemblages in surface sediments of the northwestern Weddell Sea, Antarctic Peninsula. *Marine Micropaleontology* 62:7-30.
- Burckle, L. H. and Cirilli, J. 1987. Origin of diatom ooze belt in the Southern Ocean: Implications for late Quaternary paleoceanography. *Micropaleontology* 33:82-86.
- Cremer, H., Boberts, D., McMinn, A., Core, D. and Melles, M. 2003. The Holocene Diatom Flora of Marine Bays in the Windmill Islands, East Antarctica. *Botanica Marina* 46:82-106.
- Crosta, X., Denis, D. and Ther, O. 2008. Sea ice seasonality during the Holocene, Adélie Land, East Antarctica. *Marine Micropaleontology* 66:222-232.
- Defelice, D. R. and Wise, S. W. Jr. 1981. Surface lithofacies, biofacies, and diatom diversity patterns as models for delimitation of climatic change in the southeast Atlantic Ocean. *Marine micropaleontology* 6:29-70.
- Fenner, J., Schrader, H.-J. and Wienigk, H. 1976. Diatom phytoplankton studies in the southern Pacific Ocean and correlation to the Antarctic Convergence and its paleoecological significance. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* 35:757-813.
- Gersonde, R. and Zielinski, U. 2000. The reconstruction of late Quaternary Antarctic sea-ice distribution-the use of diatoms as a proxy for sea-ice. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 162:263-286.
- Gloersen, P., Campbell, W. J., Cavalieri, D. J., Comiso, J. C., Parkinson, C. L. and Zwally, H. J. 1992. Arctic and Antarctic Sea-ice 1978-1987: Satellite Passive Microwave Observations and Analysis. NASA-SP511, Washington, DC, 290.
- González-Casado, J. M., Giner-Robles, J. L. and López-Martínez, J. 2000. Bransfield Basin, Antarctic Peninsula: Not

- a normal backarc basin. *Geology* 28:1043-1046.
- Jordan, R. W., Ligowski, R., Nothig, E.-M. and Priddle, J. 1991. The diatom genus *Proboscia* in Antarctic waters. *Diatom Research* 6:63-78.
- Khim, B.-K., Yun, H. I., Kang, C. Y. and Bahk, J. J. 2002. Unstable Climate Oscillations during the Late Holocene in the Eastern Bransfield Basin, Antarctic Peninsula. *Quaternary Research* 58:234-245.
- Krebs, W. N., Lipps, J. H. and Burckle, L. H. 1987. Ice diatom floras, Arthur Harbour, Antarctica, *Polar Biology* 7:163-171.
- Leventer, A. 1991. Sediment trap diatom assemblages from the northern Antarctica Peninsula region. *Deep-Sea Research* 38:1127-1143.
- Leventer, A. 1992. Modern distribution of diatoms in sediments from the George V Coast, Antarctica, *Marine Micropaleontology* 19:315-332.
- Leventer, A., Dunbar, R. B. and DeMaster, D. J. 1993. Diatom evidence for late Holocene climatic events in Granite Harbour, Antarctica. *Paleoceanography* 8:373-386.
- López, O., García, M. A., Gomis, D., Rojas, P., Sospedra, J. and Sánchez-Arcilla, A. 1999. Hydrographic and hydrodynamic characteristics of the eastern basin of the Bransfield Strait (Antarctica). *Deep-Sea Research I* 46:1755-1778.
- Naval Oceanography Command Detachment. 1985. *In* Sea-ice Climatic Atlas Vol. 1. Antarctic National Space Technology Laboratory. Asheville, NL. p.131.
- Wefer, G., Fischer, G., Fütterer, D. and Gersonde, R. 1988. Seasonal particle flux in the Bransfield Strait, Antarctica. *Deep-Sea Research* 35:891-898.
- Zielinski, U and Gersonde, R. 1997. Diatom distribution in Southern Ocean surface sediments (Atlantic sector): Implications for paleoenvironmental reconstructions. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 129:213-250.

투고일 : 2008년 6월 10일, 심사일 : 2008년 6월 10일, 심사완료일 : 2008년 6월 14일