

남극 드레이크 해협 코어 퇴적물(GC05-DP02)에서 규조 연구

박영숙^{1,*} · 이재일² · 윤호일² · 이종덕³ · 이성주¹

¹경북대학교 지질학과

²극지연구소 극지기후연구센터

³전북대학교 지구환경과학과

요 약

남 쉘랜드 군도 북쪽 드레이크 해협에서 총 길이 593 cm의 GC05-DP02 코어퇴적물을 획득하여 규조를 분석하였다. 총 25속 56종의 규조 화석이 감정되었으며, 규조 개체수 농도의 범위는 $0.2 \sim 2.8 \times 10^6/\text{g}$ 이다. GC05-DP02 코어퇴적물에서 산출된 규조 중중에서 공해환경을 지시하는 *Fragilariopsis kerguelensis*와 *Thalassiosira lentiginosa*가 전체 산출개체수의 69.8%를 차지하였다. *F. kerguelensis*, *T. lentiginosa* 규조개체수 농도와 대자율 값에 의하여 9개의 Unit를 설정하였고 이들의 분포에 의하여 간빙기(Unit A, C, E, G, I)와 빙기(Unit B, D, F, H)로 구분되었다. 공해종의 산출이 매우 풍부하고 해빙종의 산출이 미약한 것으로 보아 연구 지역은 빙기에도 해빙의 영향을 적게 받는 공해환경이었음을 알 수 있다. 시대 지시종인 *Hemidiscus karstenii* (FAO: 0.42 Ma (MIS 11), LAO: 0.19 Ma (MIS 7))가 간빙기인 Unit E와 G에서 상대적으로 풍부하게 산출되는 것으로 보아 이 코어퇴적물의 시기는 Marine Isotope Stages 7과 9에 대비된다.

주요어: 드레이크 해협, 규조, 간빙기, 빙기, *Hemidiscus karstenii*

Young-Suk Bak, Jae Il Lee, Ho-Il Yoon, Jong-Deock Lee and Seong-Joo Lee, 2010, Diatom research from the Drake Passage Core Sediment (GC05-DP02), Antarctica. Journal of the Geological Society of Korea. v. 46, no. 6, p. 553-560

ABSTRACT: Diatom samples have been extracted from core sediment GC05-DP02 in Drake Passage, Antarctica. High number of diatom valves per gram of dry sediment was observed in core, ranging from 0.2 to $2.8 \times 10^6/\text{g}$. The open ocean diatoms from the core are dominated by *Fragilariopsis kerguelensis* and *Thalassiosira lentiginosa* which are about 69.8% of the total. We believe that there is little effect by the sea-ice even in the glacial periods, because high abundance of these Southern Ocean endemic taxa indicates sea-ice free waters. Diatom valve abundance and open ocean species are scarce in Unit B, D, F and H, identified as glacial periods (magnetic susceptibility: high). On the contrary, The Unit A, C, E, G and I shows high valve concentration and increasing open ocean species, identified as interglacial periods (magnetic susceptibility: low). The distribution pattern of *Hemidiscus karstenii* (FAO: 0.42 Ma (MIS 11), LAO: 0.19 Ma (MIS 7)) indicates interglacial periods during Marine Isotope Stages 7 and 9 in the Unit E and G, GC05-DP02.

Key words: Drake Passage, diatom, interglacial, glacial, *Hemidiscus karstenii*

(Young-Suk Bak and Seong-Joo Lee, Department of Geology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea; Jae Il Lee and Ho Il Yoon, Korea Polar Research Institute, Songdo Techno Park, 7-50 Songdo-dong, Yeonsu-gu, Incheon 406-840, Korea; Jong-Deock Lee, Department of Earth and Environmental Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea)

1. 서 론

남극 반도 주변의 평균 기온이 1951년 이래로 약

3°C 상승하였고 매년 지표의 온도도 상승을 하고 있다(Turner *et al.*, 2005). 이러한 경향은 후기 제4기 동안 남극 반도 주변에서 일어나고 있는 기후와 해

* Corresponding author: +82-63-270-2804, E-mail: sydin@knu.ac.kr

양의 자연적인 변화와 관련된 것으로 생각된다(Domack and McClennen, 1996; Leventer *et al.*, 1996, 2002; Pudsey and Camerlenghi, 1998; Hiemstra, 2001; Taylor *et al.*, 2001; Taylor and Sjunneskog, 2002; Domack *et al.*, 2003; Bentley *et al.*, 2005; Maddison *et al.*, 2005). 남극 반도와 남미 대륙사이에 위치하고 있는 드레이크 해협(Drake Passage)은 태평양과 대서양을 잇는 유일한 통로로서 남극순환류(Antarctic Circumpolar Current)가 대서양 쪽으로 흐르고 있으며, 연구지역은 드레이크 해협에 있는 남극전선(Antarctic Polar Front)과 남극순환류의 남부경계 사이에 위치하고 있다(그림 1). 구조는 매우 유용한 생물학적인 지시자로서 제 4기동안의 고해양학적 상태를 결정하는데 남대양 퇴적물에서 매우 유용하게 사용된다(Gersonde and Zielinski, 2000; Taylor and McMin, 2002; Taylor and Leventer, 2003; Armand *et al.*, 2005; Crosta *et al.*, 2005; Gersonde *et al.*, 2005; Maddison *et al.*, 2005, 2006; Romero *et al.*, 2005; Stickley *et al.*, 2005). 국내 연구로는 남극 드레이크해협 인근 퇴적물에서 박영숙 외(2003, 2007)가 구조를 이용한 고환경 연구를 수행한 바 있다. 본 연구는 남쉐틀랜드 군도 북쪽 드레이크 해협 내에 위치하는 시추퇴적물 GC05-DP02로부터 산출된 구조의 균질분석을 통하여 층준에

따른 화석군의 변화양상을 연구함으로써 퇴적 당시의 고환경의 변화를 해석하고 퇴적시기를 알아보는 데 목적이 있다.

2. 연구지역 및 연구방법

시료 채취지역은 드레이크 해협 북서쪽($61^{\circ} 02.7096' S$, $62^{\circ} 38.3859' W$)에 위치하며 시추코어 퇴적물의 채취 수심은 약 3,503 m이다. 연구 지역은 남극 순환수(Antarctic Circumpolar Current)와 환남극 심층수(Circumpolar Deep Water)의 영향을 받는 지역이며, 여름철 최소해빙대(Sea-ice minimum)와 겨울철 최대해빙대(Sea-ice maximum)의 사이에 놓여 있다(그림 1). 남극 반도의 해양 생태계는 연안과 대륙붕 대와 계절적인 해빙대로 특징 지워지는데 여름철 최소해빙대와 겨울철 최대해빙대의 사이인 marginal ice zone은 1차 생산자인 식물성 플랑크톤의 대증식에 중요한 영향을 미치며 빙하가 녹는 동안과 여름철에 대증식이 일어난다. 연구지역에서 채취한 GC05-DP02 코어퇴적물의 총길이 593 cm에서 10 cm 간격으로 35개의 시료를 채취하였으며, 시추 퇴적물로부터 구조 화석을 산출하기 위하여 박영숙 외(2007)의 시료처리방법을 사용하였다. 또한 구조

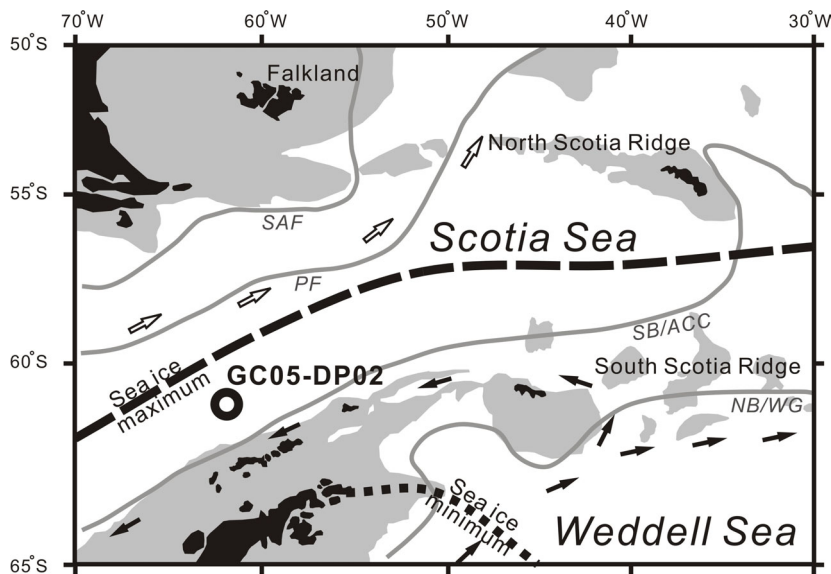


Fig. 1. Location of the GC05-DP02 core in Antarctica. Grey lines show fronts and boundaries of the ocean current systems: SAF, Sub-Antarctic Front; PF, Polar Front; SB/ACC, southern boundary of the Antarctic Circumpolar Current; NB/WG, northern boundary of the Weddell Gyre (Orsi *et al.*, 1993, 1995; Whitworth *et al.*, 1994).

개체수의 절대 농도를 측정하기 위하여 Boden (1991)의 실험방법을 따랐으며 계산식은 다음과 같다.

$$\text{DVC (Diatom Valve Concentration)} = \frac{\text{WS} \times \text{AV} \times \text{NV} \times \text{VS}}{\text{WD} \times \text{AC} \times \text{ND}}$$

위 식에서 WD: weight of the dried initial sample, AC: area of the setting container, ND: number of diatom valves counted, WS: weight of the sample solution, AV: area of the view-field, NV: number of view fields, VS: volume of sub-sample을 나타낸다.

규조의 관찰을 위해 Nikon Y-IM 광학현미경을 이용하여 400-800배로 관찰하였으며 산출되는 규조의 개체수가 슬라이드마다 편차가 심하여 관찰한 시야수(view field수) 1000개를 대상으로 하였다. 규조 종의 감정은 주로 Peragallo (1921), Heiden and Kolbe (1928), Hustedt (1930-1966, 1958), Manguin (1957, 1960), Johansen and Fryxell (1985), Medlin and Priddle (1990), 및 Simonsen (1992)를 토대로 실시하였다.

3. 결과 및 토의

3.1 규조 군집구성

드레이크 해협에서 채취한 시추 코어퇴적물 GC05-DP02로부터 총 25속 56종의 규조 화석이 감정되었다. 연구지역에서 산출된 규조 화석들은 개체수가 적고 보존이 좋지 않았으며, 규조 개체수 농도의 범위는 $0.2 \sim 2.8 \times 10^6/g$ 을 차지한다. 따라서, 연구지역에서 산출된 규조 종은 종류는 상대적으로 다양하나 전체적인 산출 수가 매우 적게 나타났다. 규조 화석 군집 구성을 살펴보면 *Fragilariopsis kerguelensis*가 전체 산출의 62%를 차지하여 매우 우세하게 산출되었고 *Thalassiosira rentiginosa*와 *Thalassionema nitzschioides*가 상대적으로 다량 산출(12%) 되었다.

3.2 고환경 해석

연구 코어퇴적물 GC05-DP02에서 산출된 환경지시종(*F. kerguelensis*, *T. lentiginosa*, *Actinocyclus actinochilus*), 규조 개체수농도와 대자율값을 비교하여 9개의 Unit를 설정하였다(그림 2).

① 간빙기(interglacial periods): Unit A, C, E, G, I

규조 개체수 농도가 상대적으로 증가하는 경향을 보이며, 대자율 값 역시 감소한다. 우점종으로 산출된 *Fragilariopsis kerguelensis*는 공해(open ocean) 지시종으로서 남극순환수(Antarctic Circumpolar Current)의 영향을 받는 지역과 극 수렴대(Polar Front)에서 우세한 종이다(Burckle and Cirilli, 1987; Bathmann et al., 1997; Zielinski and Gersonde, 1997; Fischer et al., 2002). 특히 *F. kerguelensis*는 0-10°C 사이의 표층수에서 풍부하며 용해에 강하기 때문에 퇴적물에서 상대적으로 많은 산출을 한다. 연구 코어퇴적물에서는 *F. kerguelensis*가 Unit A, C, E, G, I에서 상대적으로 다량 산출 되고 있으며 특히, Unit E와 G구간에서는 220 cm 층준에서 65.4%, 270 cm 층준에서는 전체 산출개수의 약 70.4%를 차지한다.

*T. lentiginosa*는 *F. kerguelensis*와 마찬가지로 남대양의 대서양 영구적인 공해지역(Permanent open ocean zone)과 남극 수렴대(Polar frontal zone)에서 상대적으로 풍부하게 산출되며, 남극반도의 연안 지역과 웨델해 지역에서는 적거나 거의 없다(Kozlova, 1964; DeFelice and Wise, 1981; Leventer, 1992; Tanimura, 1992). *T. lentiginosa*의 온도 범위는 *F. kerguelensis*보다 다소 협소하며 0-7°C 범위의 온도에서 서식한다(Zielinski and Gersonde, 1997). 연구 지역에서 *T. lentiginosa*의 산출은 *F. kerguelensis*와 같은 구간인 Unit A, C, E, G, I에서 상대적으로 다량 산출되며 각각 210 cm: 12.9%, 270 cm: 10.7%를 차지하였다. 전형적인 남극 연안종으로서 ice edge zone에서 산출되는 *Actinocyclus actinochilus*는 전체적인 산출이 매우 적으나, Unit E에서는 상대적으로 증가하는 경향을 보인다.

이들 환경지시종의 전체적인 산출 경향으로 볼 때, 연구지역의 Unit A, C, E, G, I의 구간에서는 공해종의 산출이 매우 풍부한 것으로 보아 해빙이나 유빙의 영향이 매우 적은 공해환경으로 생각된다.

② 빙기(glacial periods): Unit B, D, F, H

규조개체수의 농도가 급격히 감소하고, 대자율 값이 증가하는 경향을 보이는 구간들이다. *F. kerguelensis*, *T. lentiginosa*, *Actinocyclus actinochilus*의 산출이 간빙기인 Unit A, C, E, G, I에서 보다 상대적으로 공해종의 산출이 급격히 적어지는 구간으로 표층수의

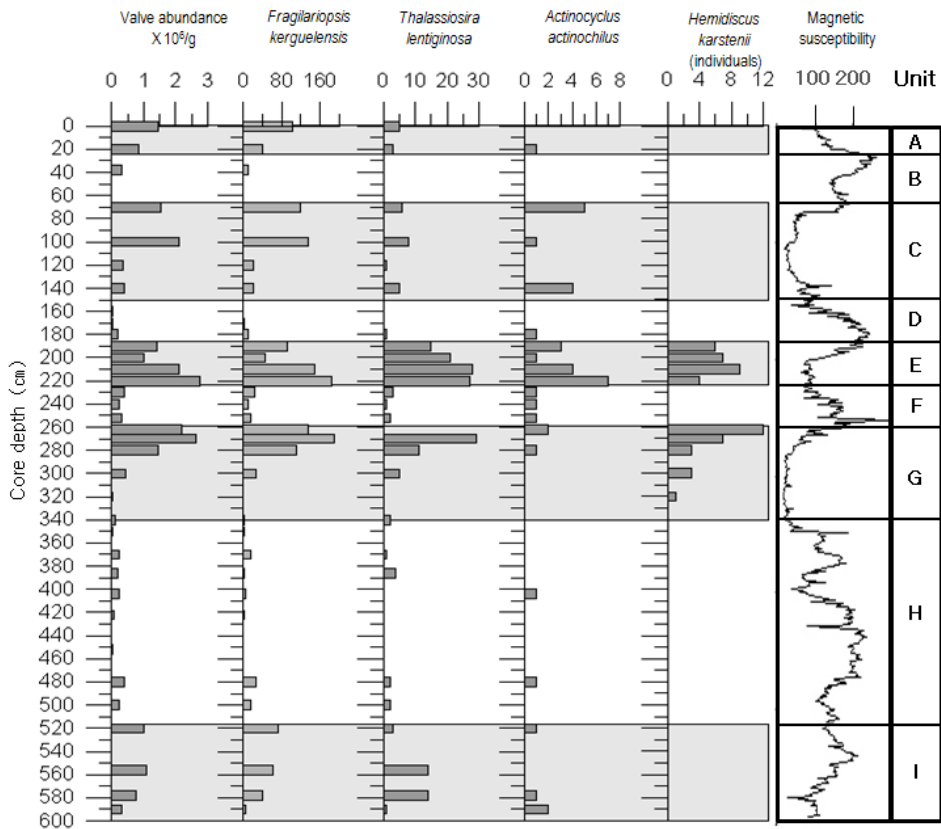


Fig. 2. Down-core variations of relative abundance of Valve abundance ($\times 10^6/g$), *Fragilariopsis kerguelensis*, *Thalassiosira lentiginosa*, *Actinocyclus actinochilus*, *Hemidiscus karstenii* and magnetic susceptibility. Biological units labeled A-I are reported as related to climatic changes.

온도가 하강하는 추운 시기로 생각된다.

Sprintall (2003)은 1996-2002년 까지 드레이크해협에서 소모성 수심-수온 측정(XBT)를 한 결과 ACC의 수송 변화가 분명한 계절적인 시그널이 없는 연간 변화를 보여준다고 하였으며 드레이크 해협에서의 계절적 변화는 수심 200 m 이하에서만 나타난다고 하였다. 또한 남부 드레이크 해협에서 차가운 경사류와 빙산은 해저 압력 변화로 인한 수송에서 기인된 수 주나 한달 이상의 짧은 기간 동안의 지역적인 수로 변화의 영향이라고 하였다. 따라서 연구 코어 퇴적물에서 해빙과 관계된 근해종(*F. curta*, *F. obliquocostata*, *Stellarima microtrias*)의 산출이 매우 적게 나타나는 것도 연구지역이 계절적 영향을 적게 받고 빙기에도 해빙의 영향을 거의 받지 않았으며 남극반도로부터 용빙수가 적게 유입되는 공해(open ocean)환경에 놓여 있었음을 알 수 있다.

3.3 퇴적 시기

GC05-DP02 코어퇴적물에서 부유성 유공충을 대상으로 탄소동위원소 절대연령을 측정한 결과 Unit B에서 $25,760 \pm 150$ 년 ~ $48,000 \pm 1,700$ 년에 해당하는 결과를 획득하였다. 따라서 Unit B는 추운 빙기로 MIS 2, 3, 4에 해당되는 것으로 추정되며 시대를 지시하는 구조종으로는 *Hemidiscus karstenii*가 산출되었다. *H. karstenii*는 일반적으로 특징적인 아남극종으로서 따뜻한 표층수(warm surface water)에 풍부하기 때문에(Burckle *et al.*, 1978; Burckle, 1982), MIS 7-11까지의 간빙기 퇴적물 내에서 다량 산출된다(Fenner, 1991). *H. karstenii*의 마지막 출현은(last abundant occurrence; LAO) 0.19 Ma이고 첫 출현(first abundant occurrence; FAO)이 0.42 Ma (Gersonde and Bárcena, 1998)에 해당 된다. 이 종의 산출영역이 아남극과 극수렴대로 지역적인 제한을 받기 때문

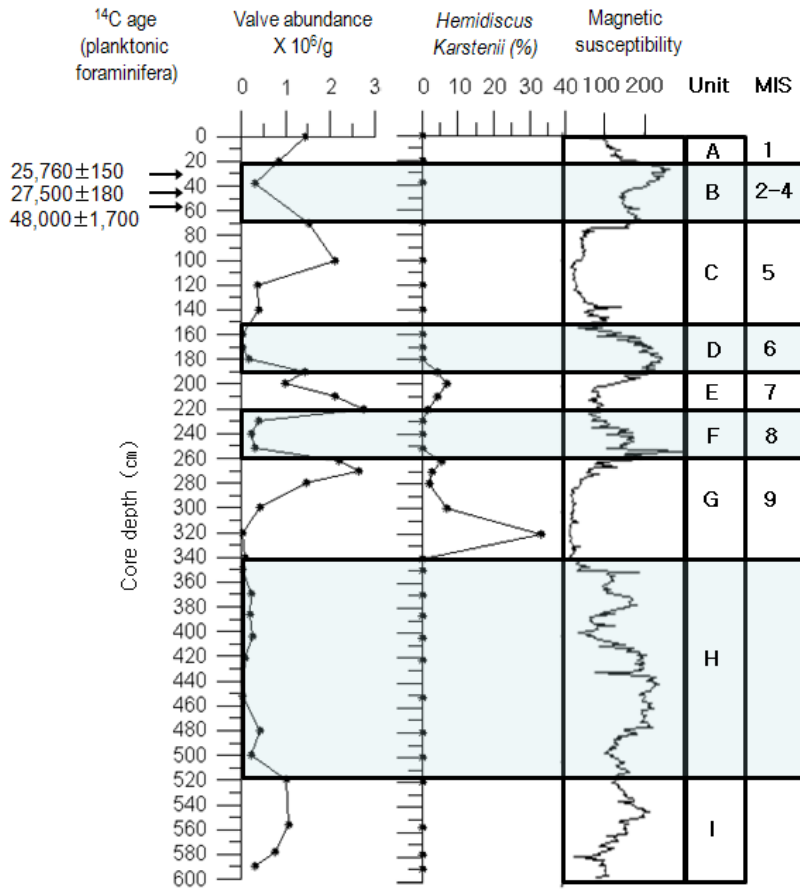


Fig. 3. Diatom analysis for core GC05-DP02. Number of valves per gram of sediment, percent *Hemidiscus karstenii* and magnetic susceptibility. Grey shaded areas represent glacial periods.

에 연구지역에서는 산출량이 풍부하지는 못하나 연구 코어퇴적물 GC05-DP02에서 *H. karstenii*의 산출이 상부구간인 Unit E (190 - 220 cm 층준)이 마지막 출현에 해당하는 MIS 7에 대비되는 온난한 시기로 생각되며 Unit F (230 - 250 cm) 구간은 MIS 8에 해당하는 한랭한 시기로 추정된다. 또한, Unit G (260 - 320 cm) 구간에서는 *H. karstenii*의 산출이 많은 시기로 MIS 9의 온난한 시기로 생각 된다. 이들의 산출은 기후변화를 반영하는 개체수 농도의 수직분포와 대자율(magnetic susceptibility)분석 결과와 비교해 볼 때 잘 대비됨을 알 수 있다(그림 3).

4. 결론

GC05-DP02로부터 우세하게 산출된 종들은 공해

중으로서 *Fragilariopsis kerguelensis*, *Thalassiosira rentiginosa*가 다량 산출되었으며, 전체 군집 조성의 69.8%를 차지하고 있다. 환경지시종, 규조 개체수 농도와 대자율 값을 대비한 결과 총 9개의 Unit를 설정하였다. *F. kerguelensis*와 *T. lentiginosa*, 규조 개체수 농도의 값이 증가하고 대자율값이 감소하는 Unit A, C, E, G, I 구간은 간빙기에 해당되며 반대로 *F. kerguelensis*와 *T. lentiginosa*, 규조 개체수 농도의 값이 급감하고 대자율값이 증가하는 경향을 보이는 Unit B, D, F, H 구간은 빙기에 해당된다. 이들 지역은 빙기에도 해빙의 영향이 매우 적은 환경이었으며 부유성 유공충의 탄소 동위원소 절대연령값에 의하여 Unit B는 MIS 2-4시기에 대비되며, *Hemidiscus karstenii*의 FAO와 LAO에 의하여 Unit E - G의 퇴적시기는 적어도 MIS 7-9에 대비됨을 알 수 있다.

사 사

이 논문은 한국해양연구원 부설 극지연구소의 “지구온난화 대응책 마련을 위한 극지역 고기후 및 고해양 변화 복원기술 개발(PE10010)” 연구사업의 지원과 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것입니다(2010-0016177). 논문심사과정에서 세심하고 값진 조언을 해주신 충남대학교 윤혜수 교수님과 익명의 심사위원께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- 박영숙, 이종덕, 윤호일, 윤혜수, 2003, 남극 드레이크해협 극전선 부근 시추퇴적물(DP00-02)에서 구조화석을 이용한 고환경 연구. *지질학회지*, 39(3), 337-346.
- 박영숙, 이종덕, 윤호일, 이재일, 2007, 남극 사우스 오크니 제도 서부 해역의 코어퇴적물에서 산출된 구조 균집. *지질학회지*, 43(1), 33-42.
- 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. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 223, 93-126.
- Bathmann, U.V., Scharek, R., Klaas, C., Dubischar, C.D. and Smetacek, V., 1997, Spring development of phytoplankton biomass and composition in major water masses of the Atlantic sector of the Southern Ocean. *Original Research Article Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 44, 1-2, 51-67.
- Bentley, M.J., Hodgson, D.A., Sugden, D.E., Roberts, S.J., Smith, J.A., Leng, M. and Bryant, C., 2005, Early Holocene retreat of the George VI Ice Shelf, Antarctic Peninsula. *Geology*, 33, 173-176.
- Boden, P., 1991, Reproducibility in the random setting method for quantitative diatom analysis. *Micropaleontology*, 37(3), 313-319.
- Burckle, L.H., 1982, First appearance datum of *Hemidiscus karstenii* in Late Pleistocene of the subantarctic region. *Antarctic Journal*, 17(5), 142-143.
- Burckle, L.H. and Cililli, J., 1987, Origin of diatom ooze belt in the Southern Ocean: implications for late Quaternary paleoceanography. *Micropaleontology*, 33, 82-86.
- Burckle, L.H., Hammond, S.R. and Seyb, S.M., 1978, A stratigraphically important new diatom from the Pleistocene of the North Pacific. *Pacific Sciences*, 32(2), 209-214.
- Crosta, X., Romero, O., Armand, L.K. and Pichon, J.-J., 2005, The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments: 2. Open ocean related species. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 223, 66-92.
- 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.
- Domack, E.W. and McClennen, C.E., 1996, Accumulation of glacial marine sediments in fjords of the Antarctic Peninsula and their use as Late Holocene paleoenvironmental indicators. In: Ross, R.M., Hofmann, E.E., Quetin, L.B. (Eds), *Foundations for Ecological Research West of the Antarctic Peninsula*. Antarctic Research Series. American Geophysical Union, Washington, D.C., 135-154.
- Domack, E.W., Leventer, A., Root, S., Ring, J., Williams, E., Carlson, D., Hirshorn, E., Wright, W., Gilbert, R. and Burr, G., 2003, Marine sedimentary record of natural environmental variability and recent warming in the Antarctic Peninsula. In: Domack, E., Leventer, A., Burnett, A., Bindshadler, R., Convey, P., Kirby, M. (Eds.), *Antarctic Peninsula Climate Variability: Historical and Paleoenvironmental Perspectives*. American Geophysical Union, Washington, D.C., 205-224.
- Fenner, J. 1991, Taxonomy, stratigraphy, and paleoceanographic implications of Paleocene diatoms. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results College Station, TX: Ocean Drilling Program*. 114, 123-154.
- Fischer, G., Gersonde, R. and Wefer, G., 2002, Organic carbon, biogenic silica and diatom fluxes in the marginal winter sea ice zone and in the Polar Front Region in the Southern Ocean (Atlantic Sector): interannual variation and changes in composition. *Deep-Sea Research II*, 49, 1721-1745.
- Gersonde, R. and Bárcena, M.A., 1998, Revision of the upper Pliocene-Pleistocene diatom biostratigraphy for the northern belt of the Southern Ocean. *Micropaleontology*, 44, 84-98.
- Gersonde, R., Crosta, X., Abelmann, A. and Armand, L., 2005, Sea surface temperature and sea ice distribution at the EPILOG last glacial maximum - a circum-Antarctic view based on siliceous microfossil records. *Quaternary Science Reviews*, 24, 869-896.
- 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. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 162, 263-286.
- Heiden, H. and Kolbe, R.W., 1928, *Die marinen Diatomeen der deutschen Siidpolar-Expedition 1901-1903*. In: E. Drygalski (Editor), *Deutsche Stidpolar-Expedition 1901-1903*, Bd. 8. Botanik, Berlin, Leipzig, 450-715.
- Hiemstra, J.F., 2001, Microscopic analyses of Quaternary glacial sediments of Marguerite Bay, Antarctic Peninsula. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 33, 258-265.

- Hustedt, F., 1930-1966, Die Kieselalgen Deutschlands, Oster reichs und der Schweiz. In: L. Rabenhorst's Kryptogamen - Flora, Bd. 7. Die Kieselalgen, V. 1: 920 p. (1930); V. 2: 845 p. (1959); V. 3: 816 p. (1961-1966).
- Hustedt, F., 1958, Diatomeen aus der Antarktis und dem Südatlantik. Dtsch. Antarkt. ExpEditor 1938/39, 2:103-191.
- Johansen, J.R. and Fryxell, G.A., 1985, The genus *Thalassiosira* (Bacillariophyceae): studies on species occurring south of the Antarctic Convergence Zone, *Phycologia*, 24, 155-179.
- Kozlova, O.G., 1964, Diatoms of the Indian and Pacific sectors of the Anarctic. Published for the NSF, Washington DC. by the Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem (1966), 191pp. Laubscher, R.K., Perissinotto, R., McQuaid, C.D., 1993. Phytoplankton production and biomass at frontal zones in the Atlantic Sector of the Southern Ocean. *Polar Biology* 13, 471-481.
- Leventer, A., 1992, Modern distribution of diatoms in sediments from the George V Coast, Antarctica. *marine Micropaleontology*, 19, 315-332.
- Leventer, A., Domack, E., Barkoukis, A., McAndrews, B., Murray, J., 2002. Laminations from the Palmer Deep: a diatom-based interpretation. *Paleoceanography* 17 (2).
- Leventer, A. and Dunbar, R., 1996, Factors influencing the distribution of diatoms and other algae in the Ross Sea. *Journal of Geophysical Research*. 101, 18489-18500.
- Maddison, E.J., Pike, J., Leventer, A. and Domack, E.W., 2005, Deglacial seasonal and sub-seasonal diatom record from Palmer Deep, Antarctica. *Journal of Quaternary Science*, 20, 435-446.
- Maddison, E.J., Pike, J., Leventer, A., Dunbar, R., Brachfeld, S., Domack, E.W. Manley, P. and McClennen, C., 2006., Post-glacial seasonal diatom record of the Mertz Glacier Polynya, East Antarctica. *Marine Micropaleontology*, 60, 66-88.
- Manguin, E., 1957, Premier Inventaire des Diatomées de la Terre Adélie Antarctique. Espèces nouvelles. *Revue Algologique*, 3, 111-134.
- Manguin, E., 1960, Les Diatomées de La Terre Adélie Campagne du "Commandant Charcot" 1949-1950. *Annales des Sciences Naturelles; Botanique*, 12, 225-363.
- Medlin, L. and Priddle, J., 1990, *Polar Marine Diatoms*. British Antarctic Survey, Cambridge, 214 p.
- Orsi, A.H., Nowlin Jr., W.D. and Whitworth III, T., 1993, On the circulation and stratification of the Weddell Gyre. *Deep-Sea Research I*, 40, 169-203.
- Orsi, A.H., Whitworth III, T. and Nowlin Jr., W.D., 1995, On the meridional extent and fronts of the Antarctic Circumpolar Current. *Deep Sea Res*, 42, 641-673.
- Peragallo, M., 1921, Deuxième Expédition Antarctique Française 1908-1910 Commandé e par le Dr. Jean Charcot. Botanique. Diatomées d'eau douce et diatomés es d'eau salé e. Masson, Paris, 1-98.
- Pudsey, C.J. and Camerlenghi, A., 1998, Glacial-interglacial deposition on a sediment drift on the Pacific margin of the Antarctic Peninsula. *Antarctic Science*, 10, 286-308.
- Romero, O.E., Armand, L.K., Crosta, X. and Pichon, J.-J., 2005, The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean surface sediments: 3. Tropical/subtropical species. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 223, 49-65.
- Simonsen, R. 1992, The diatom types of Heinrich Heiden in Heiden & Kolbe 1928. *Bibliotheca Diatomoologica*, 24, 1-99.
- Sprintall, J., 2003, Seasonal to interannual upper-ocean variability in the Drake Passage, *Journal of Marine Research*, 61, 1-31.
- Stickley, C.E., Pike, J., Leventer, A., Dunbar, R., Domack, E.W., Brachfeld, S., Manley, P. and McClennen, C., 2005, Deglacial ocean and climate seasonality in laminated diatom sediments, Mac. Robertson Shelf, Antarctica. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 227, 290-310.
- Tanimura, Y. 1992, Distribution of diatom species in the surface sediments of Lu' tzow-Holn Bay, Antarctica. In: (K. Ishizaki and T. Satio, eds.) Centenary of Japanese micropaleontology, Terra Scientific Publishing Company, Tokyo. 399-411.
- Taylor, F. and Leventer, A., 2003, Late Quaternary palaeoenvironments in Prydz Bay, East Antarctica: interpretations from marine diatoms. *Antarctic Science*, 15, 512-521.
- Taylor, F. and McMinn, A., 2002, Late Quaternary diatom assemblages from Prydz Bay, eastern Antarctica. *Quaternary Research*, 57, 151-161.
- Taylor, F. and Sjunneskog, C., 2002, Postglacial marine diatom record of the Palmer Deep, Antarctic Peninsula (ODP Leg 178, Site 1089), 2, diatom assemblages. *Paleoceanography*, 17. doi:10.1029/2000PA000564.
- 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.
- Turner, J., Colwell, S.R., Marshall, G.J., Lachlan-Cope, T.A., Carleton, A.M., Jones, P.D., Lagun, V., Reid, P.A. and Iagovkina, S., 2005, Antarctic climate change during the last 50 year. *International Journal of Climatology*, 25, 279-294.
- Whitworth III, T., Nowlin Jr, W.D., Orsi, A.H., Locarnini, R.A. and Smith, S.G., 1994, Weddell Sea Shelf Water

- in the Bransfield Strait and Weddell - Scotia Confluence.
Deep-Sea Research I, 41, 629-641.
- 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 : 2010년 11월 3일
심 사 일 : 2010년 11월 3일
심사완료일 : 2010년 12월 19일