

서해 보령시 삼시도 지역에서 산출된 규조를 이용한 홀로세 고환경 해석

김향주¹ · 박영숙^{2,*} · 이종덕¹

¹전북대학교 지구환경과학과

²경북대학교 지질학과

요 약

서해 보령시 삼시도 ‘돌리망골’ 유적으로부터 규조를 이용한 고환경 연구를 수행하기 위해 KR-07 트렌치 퇴적물을 획득하여 총 두께 1.64 m로부터 총 83개의 시료를 채취하였다. 규조를 감정한 결과 총 32속 68종의 규조가 산출되었으며, 규조 개체수 농도는 $15.0 \times 10^6 \sim 0.1 \times 10^6$ valves/g dry sediments이다. 규조 군집의 조성과 퇴적 환경 지시종에 따라 6개의 범위 군집대를 설정하고 퇴적환경을 분석한 결과, 규조 군집대 I; 육성환경 - 규조 군집대 II; peat bog - 규조 군집대 III; tidal marsh - 규조 군집대 IV; tidal flat - 규조 군집대 V; tidal marsh - 규조 군집대 VI; tidal flat로 퇴적환경이 변화하였다. 연구 지역의 퇴적물이 퇴적되는 약 7,500년 ~ 6,000년경에는 해수면이 상승하는 시기로서, 규조의 연구 결과 6,000년경까지 전체적으로 상승을 계속하였으며 상부구간에서는 하강과 상승을 반복하는 변동(fluctuation)을 하여 현재 해수면보다 수준이 높았던 적이 있었다.

주요어: 서해, 삼시도, 규조 군집대, 퇴적환경, 해수면

Hyang-Ju Kim, Young-Suk Bak and Jong-Deock Lee, 2011, Holocene paleoenvironmental analysis from the Sapsido in Boryeong, Yellow Sea : evidence from the diatom record. Journal of the Geological Society of Korea. v. 47, no. 4, p. 371-378

ABSTRACT: The paleoenvironmental history was reconstructed using diatom analysis of trench sediment KR07 from the Dolreemanggol of Sapsido in Boryeong, Yellow Sea. A total of 83 samples were collected from the horizons of 1.64m thick layer. A total of 68 species belonging to 32 genera were identified from KR07. A large number of diatom valves per gram of dry sediment was observed in the KR07 trench sediments, ranging from 0.1×10^6 to 15.0×10^6 . Based on the diatom assemblages and index taxa, six diatom assemblage zones and the sedimentary environment were identified. The changes in the depositional environment of the study area are as follows: diatom assemblage I; terrestrial environment - diatom assemblage zone II; peat bog - diatom assemblage zone III; tidal marsh - diatom assemblage zone IV; tidal flat - diatom assemblage zone V; tidal marsh - diatom assemblage zone VI; tidal flat. The trench sediment KR07 in the Dolreemanggol was formed by sea-level fluctuations from 7,500 to 6,000 yr. BP. and they were distributed higher than the mean sea-level of the present day.

Key words: Yellow Sea, Sapsido, diatom assemblage zone, depositional environment, sea-level

(Hyang-Ju Kim and Jong-Deock Lee, Department of Earth and Environmental Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea; Young-Suk Bak, Department of Geology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea)

1. 서 론

현재의 기후특성을 효과적으로 이해하고 미래의 기후변화 양상을 예측하는데 있어서 제 4기 기후환경 변화의 고찰과 해석에 대한 연구는 매우 중요하다

(정혜경 외, 2010). 특히, 제 4기 홀로세(Holocene)는 약 10,000년 전부터 현재에 이르는 지질시대로서, 최후 빙하기가 끝나고 범지구적인 기온상승과 함께 해수면이 상승한 시기이다(Chernicoff and Venkatakrishnan, 1995). 따라서 이시기의 기후변화를 추적하는 것은 매우

* Corresponding author: +82-10-9740-8804, E-mail: sydin@knu.ac.kr

중요한 일이다. 연구지역인 서해는 에오세(Eocene)에 형성된 얇은 바다로서(Chough *et al.*, 2000), 지금보다 해수면이 130 m 가량 낮았던 최후빙하기(Last Glacial Maximum: LGM)에는 전체가 육지로 드러나 있었고 그 후, 해수면 상승에 의해 바다가 된 지역이다(Chough *et al.*, 2000). 서해의 서부는 중국 동부의 황하와 양쯔강으로부터 많은 퇴적물이 유입되어 해안선이 다소 완만한 반면, 우리나라의 서부에 위치한 서해 동쪽은 상대적으로 퇴적물 공급량이 적고, 암반 노출이 많으며 지형의 굴곡이 심한 지형적 특성을 가지고 있다(Choi and Dalrymple, 2004). 서해는 해수면 변화에 매우 민감하며, 퇴적층에는 후기 제 4기 빙하기-간빙기에 일어난 전 지구적인 해수면 변동에 따른 변화 기록이 잘 보존되어 있다(Kim and Kennett, 1998; Kim *et al.*, 1999; Li *et al.*, 1999; Liu *et al.*, 2000; Berne *et al.*, 2002).

서해의 해수면 변동에 관한 기존 연구를 살펴보면, 진도 앞바다 해역에서 연체동물화석을 이용하여 홀로세 고지형 및 고환경 복원(이연규와 최정민, 2007)이 있으며, 경기도 일산지역에서 화분분석(윤순옥, 1997; 이상현 외, 2005)과 경기도 평택 지역의 화분 분석(전창표 외, 2009) 등이 있다. 구조분석으로는 경기도 남양만 일대(이영길 외, 1994)와 전라남도 함평만 일대(이영길 외, 1997), 서해 만경강-동진강 하구역 및 연안역 조간대(이영길과 박용안, 1995), 경기도 일산지역(황상일, 1998; 류은영 외, 2005), 서산시 석림동(박영숙 외, 2006), 김제시 부량면(박영숙 외, 2007)등에서 연구 되었다.

연구지역인 삼시도는 서해의 외해와 인접해 있어 해수면변동에 민감하게 반응하는 지역이다. 따라서 이번 연구는 구조 분석을 통하여 삼시도의 고환경을 해석하고 홀로세 해수면 상승기간 동안에 해수면의 변화를 밝히는데 목적이 있다.

2. 연구지역

삼시도는 행정구역상 충청남도 보령시 오천면 삼시도리에 해당되며, 좌표는 북위 36° 19' ~ 36° 21', 동경 126° 20' ~ 126° 22'에 위치한다. 섬 중앙부를 중심으로 해발 60 m 내외의 산지가 동서방향으로 뻗어 있어서 남쪽과 북쪽으로 지역이 구분되고 있으며, 남서쪽 해안에 해발 112.7 m의 산지가 발달하여

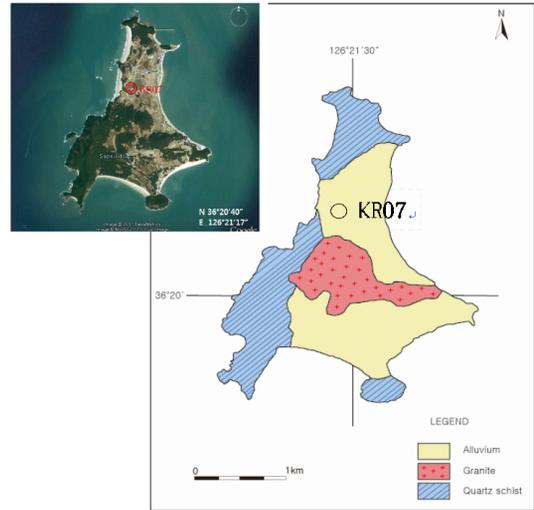


Fig. 1. Sampling location of trench sediments KR07 and the geologic map of Sapsido (KAERI, 1991).

있다(그림 1). 연구지역의 해류는 고온 고염인 쿠로시오 해류가 여름철에 북상하여 요동반도 쪽으로 올라가며 겨울철에는 저염도인 한류가 영향을 미치며 연안을 따라 대한해협으로 빠진다. 삼시도는 선캄브리아 누대의 석영편암이 분포하고, 중앙부에 이들을 관입한 쥐라기 화강암이 분포한다(한국원자력연구소, 1991). 석영편암은 담홍색 내지 황갈색을 띠며, 화강암은 섬 중앙부와 동남쪽 돌출부에서 석영편암을 관입하여 회색 내지 담홍색을 보인다. 연구지역은 보령 삼시도 돌리망골 유적지로서 보령시의 의뢰로 충청문화재연구원에서 기초조사를 실시한 곳이다.

3. 연구방법

보령 삼시도에서 구조 분석을 위한 시료를 채취하기 위하여 '돌리망골' 골짜기 중앙부에 있는 안정된 지점을 선정하여 해발고도 -1.8 m.a.s.l. (meters above sea level) 깊이까지 트렌치(KR07)를 절개하였다. 시료를 채취한 층준은 0.06 ~ -1.58 m.a.s.l. 지점까지 총 1.64 m 두께로, 각 2 cm 등 간격으로 총 86개의 시료를 채취하여 구조 분석을 실시하였다. 교란된 것으로 보이는 최상부의 현생 습지퇴적물과 바로 하부의 붉은색 층은 산화된 것으로 보아 시료채취를 하지 않았고, 트렌치의 최하부에 청회색 실트층과 모래층이 분포하고 그 상부에 0.7 m 두께의 식물유체가 함유된 토

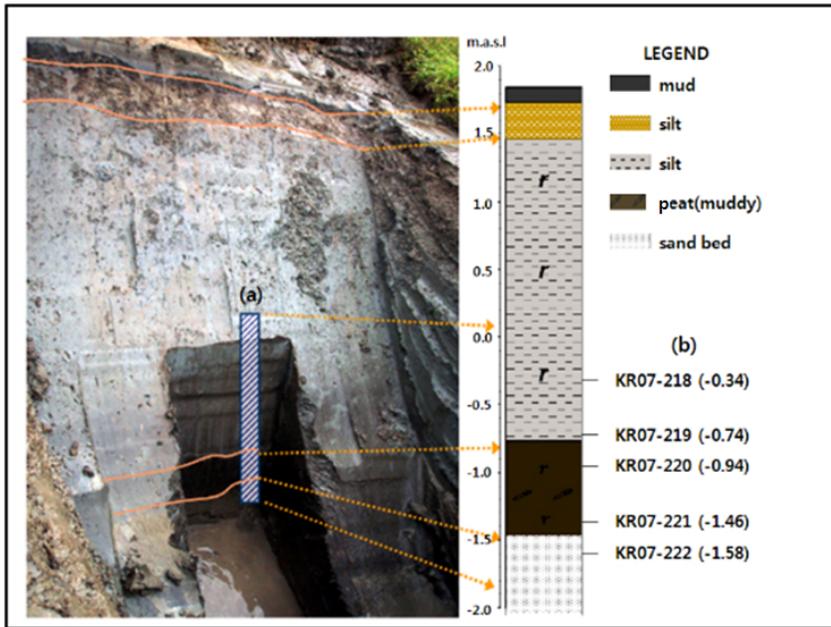


Fig. 2. Sampling sites in the trench KR07. (a) Depth of diatom analysis (b) Measurement sites of absolute age (CCPRI, 2009).

탄층과 청회색 실트층이 퇴적되었다(그림 2).

채취한 시료는 오븐에 건조한 후, 각 시료당 2 g을 취하여 박영숙 외(2007)의 시료처리과정을 약간 수정하여 사용하였다. 구조의 동정은 주로 400배 내지 600배의 고배율하에서 행하였으며, 구조각의 산정 시 중심 구조목은 중심부를 포함한 구조각의 2/3 이상이 보존되어 있을 경우 1개체로, 우상 구조목은 구조각이 1/2이상 남아서 감정이 가능하고 정측부가 나타나면 1개체로 산정하였다. 구조의 정량분석을 위한 슬라이드 준비를 위해서 Scherer (1994)의 연구 방법을 사용하였고 절대 개체수 농도의 계산은 계산식 $Abundance = ((A \times B) / (C \times D)) / E$ (A =number of specimens counted; B =area of settling chamber; C =number of field of view in microscope; D =area of field of view; E =mass of sample)으로 하였다.

4. 결 과

4.1 규조 군집

충남 보령시 삼시도에 위치한 돌리망골 골짜기 중앙부의 트렌치 퇴적물 KR07의 83개 시료에서 총 32속 68종의 규조 미화석이 동정되었으며, 규조 분석

결과 개체수 농도는 $15.0 \times 10^6 \sim 0.1 \times 10^6$ valves/g dry sediments로 매우 다양하였다. -0.62 m.a.s.l.에서 가장 풍부하게 산출되었으며, -1.36 ~ -1.58 m.a.s.l.에서는 구조의 산출이 거의 없다. 산출된 구조 군집 조성을 살펴보면 우점종으로는 *Rhopalodia gibberula* (22.2%), *Nitzschia granulata* (18.4%), *Cocconeis scutellum* (17%), *Paralia sulcata* (14.2%)가 전체 구조 산출의 71.8%를 차지하며 부수적으로 수반되는 종으로서 *Thalassionema nitzschioides* (5.5%), *Navicula radiosa* (3.3%), *Cyclotella striata* (2.5%) 등이 산출되었다. 산출된 구조 군집 조성과 환경 지시종에 따라 6개의 군집대를 설정하고 고환경을 해석하였다(그림 3).

4.1.1 규조 군집대 I (-1.58 ~ -1.18 m.a.s.l.)

규조 군집대 I 은 구조의 산출이 거의 없는 구간으로서(규조 개체수 농도: $0 \sim 0.2 \times 10^6$ valves/g) -1.44 m.a.s.l.에서부터 일반적으로 토양 환경(soil environment)에서 산출이 되는(Johansen, 1999), *Hantzschia amphioxys* (2개체 이하)가 매우 적게 나타난다. 수심이 거의 없는 습지의 이끼 등에 부착되어 사는 종인 *Pinnularia* spp. (Kosugi, 1988)가 최하부를 제외한 전 구간에 걸쳐 꾸준히 산출되는 것

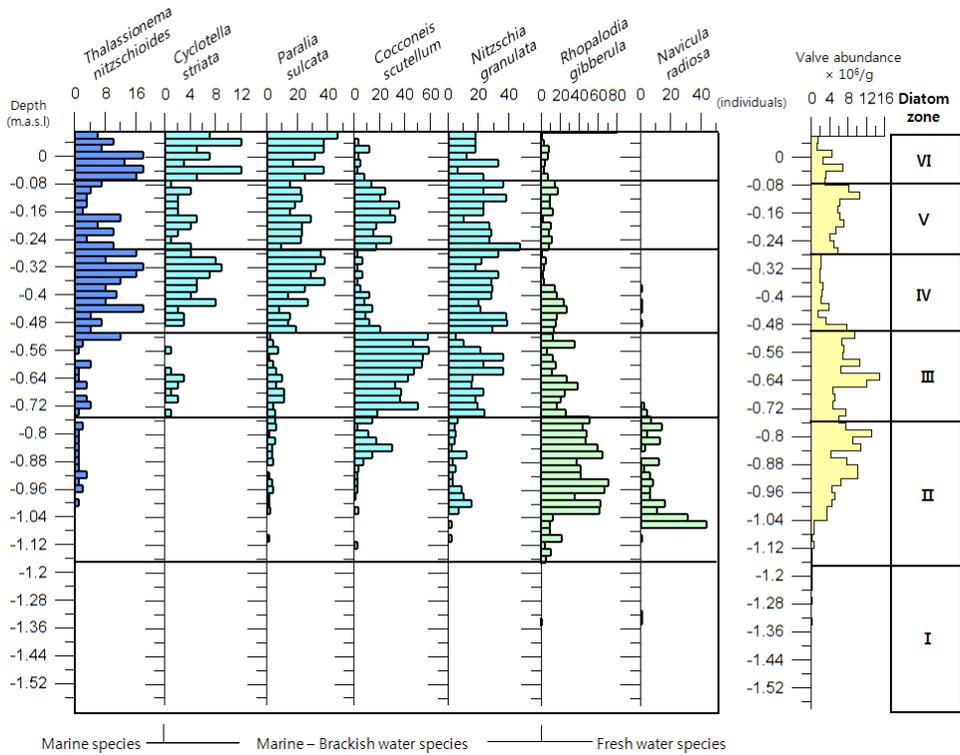


Fig. 3. Diatom assemblage zones and down-core variations of relative abundance of dominant species (*Thalassionema nitzschioides*, *Cyclotella striata*, *Paralia sulcata*, *Cocconeis scutellum*, *Nitzschia granulata*, *Rhopalodia gibberula* and *Navicula radiosa*) and valve abundance.

으로 보아 군집대 I의 퇴적당시 환경은 건조한 기후의 육성환경(soil environment)으로 생각된다.

4.1.2 규조 군집대 II (-1.16 ~ -0.76 m.a.s.l.)

규조 군집대 II는 규조 군집대 I에 비해 개체수 농도가 높게(0.1 ~ 13.1×10⁶ valves/g) 나타나고, 규조 군집대 II에서 가장 많이 산출되는 종은 *Rhopalodia gibberula* (15.3~69.3%)로서, 이 종은 담수 내지 저염분의 수심이 얇은 호수나 하천가에 사는 저서종이다(Crosby et al., 1959). 또한 다량 산출되는 *Navicula radiosa* (1.6~43%)는 담수종으로 약간 염분이 있는 웅덩이(pond)나 호수에 사는 종이다. 이들의 산출이 규조 군집대 II에서 매우 풍부하고 해수-기수종인 *Cocconeis scutellum*, *Nitzschia granulata*와 *Paralia sulcata*의 산출이 시작되고 해수종인 *Thalassionema nitzschioides*의 산출이 미약한 것으로 보아, 담수 환경 하에서 해수의 영향을 매우 조금씩 받는 소택지(bog) 환경이었을 것으로 생각된다.

4.1.3 규조 군집대 III (-0.74 ~ -0.52 m.a.s.l.)

규조 군집대 III의 개체수 농도는 4.6 ~ 15.0×10⁶ valves/g 범위이며, 규조 군집대 II에서 상대적으로 풍부했던 담수종인 *Navicula radiosa*의 산출이 거의 없다. 대신에 감소 습지(tidal marsh)퇴적물에서 집중적으로 산출되는 *Cocconeis scutellum* (Yuki, 2001)가 폭발적으로 증가한다. 또한, 해수-기수종이면서 점토(mud)에서 서식하는 *Nitzschia granulata*가 크게 증가한다(5~34.6%). 따라서 규조 군집대 III의 퇴적당시 환경은 해수의 영향을 가끔씩 받는 감소 습지(tidal marsh) 환경으로 생각된다.

4.1.4 규조 군집대 IV (-0.5 ~ -0.28 m.a.s.l.)

규조 군집대 IV의 개체수 농도는 규조 III분대보다 줄어들고(1.6 ~ 9.6×10⁶ valves/g), 해수-기수종인 *Nitzschia granulata*가 약간 증가하고 감소 습지(tidal marsh)의 지시종인 *Cocconeis scutellum*의 산출이 급감하였다. 대신에 Neritic-littoral meroplanktonic종인

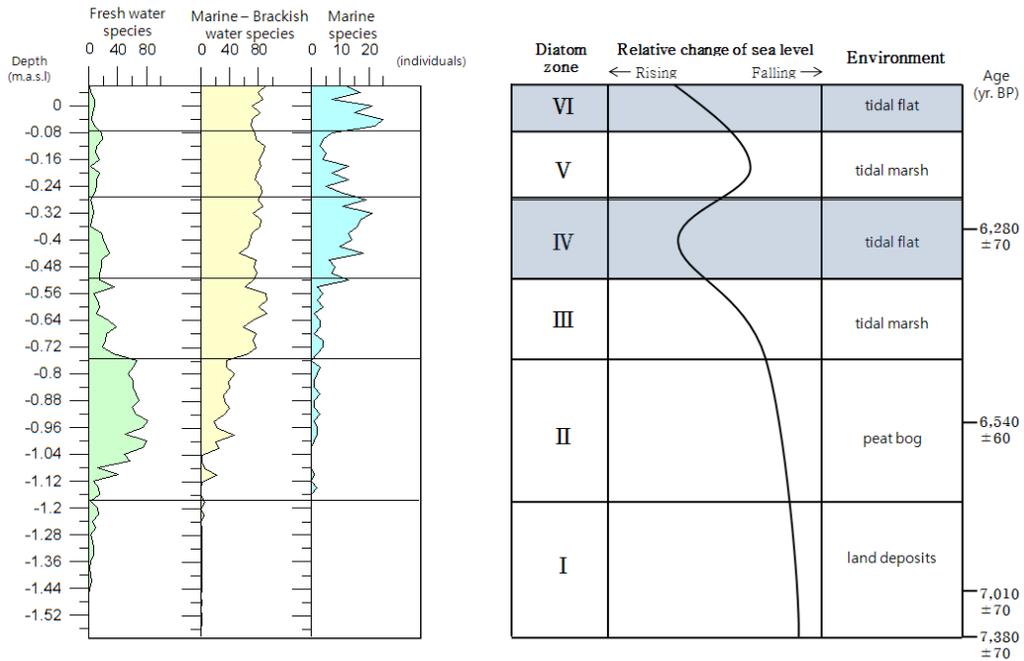


Fig. 4. Relative abundance of the indicator taxa (marine, marine-brackish water, fresh water) and change of depositional environment in KR07.

Paralia sulcata (Tanimura, 1981; Oba *et al.*, 1991; Tada and Irino, 1999; Tanimura *et al.*, 2002)와 Littoral tychopelagic - meroplaktonic종인 *Cyclotella striata*가 급증하는 것으로 보아 규조군집대 III 보다는 좀 더 해수면이 상승하여 조간대 환경으로 변화하였음을 알 수 있다. 또한 연안해수종인 *Thalassionema nitzschioides*의 산출이 급증하는 것도 이를 뒷받침 해준다.

4.1.5 규조 군집대 V (-0.26 ~ -0.08 m.a.s.l.)

규조 군집대 V에서는 규조 군집대 IV보다 개체수 농도가 다시 증가($4 \sim 10.5 \times 10^6$ valves/g)하고 감소 습지 지시종인 *Cocconeis scutellum*의 산출이 규조 군집대 IV에서 보다 개체수가 증가(13~35%)하며 조간대를 지시하는 *Cyclotella striata*와 *Paralia sulcata*가 감소하는 경향을 보인다. 또한 연안 해수종인 *Thalassionema nitzschioides*의 산출도 감소하므로 규조 군집대 V는 다시 해수면이 약간 낮아진 감소 습지(tidal marsh) 환경으로 변화 하였다.

4.1.6 규조 군집대 VI (-0.06 ~ 0.06 m.a.s.l.)

규조 군집대 VI에서는 전체적으로 규조 군집대 IV

와 비슷한 경향을 보인다. 개체수 농도는 이전 분대보다 감소($1.2 \sim 6.9 \times 10^6$ valves/g)한다. 연안 해수종인 *Thalassionema nitzschioides*가 다시 풍부하게 산출되며, 조간대 지시종인 *Paralia sulcata*와 *Cyclotella striata*가 증가한다. 그러나 *Cocconeis scutellum*의 산출은 감소한다. 따라서 규조 군집대 VI은 규조 군집대 IV의 퇴적환경과 같은 조간대 (tidal flat) 환경에서 퇴적되었다.

5. 고환경 해석

연구지역인 삽시도의 돌리망골 골짜기 중앙부는 현재 갈대와 부들 등의 초본 식생이 서식하는 수심이 얇은 습지 환경이며 연구 트렌치 퇴적물 KR07을 대상으로 5개 지점의 탄소 동위원소 절대연령을 측정 한 결과 -0.34 m.a.s.l.에서 $6,280 \pm 70$ yr. BP., -0.74 m.a.s.l.에서 $6,660 \pm 70$ yr. BP., -0.94 m.a.s.l.에서 $6,540 \pm 60$ yr. BP., -1.46 m.a.s.l.에서 $7,010 \pm 70$ yr. BP., -1.58 m.a.s.l.에서 $7,380 \pm 70$ yr. BP.으로 측정되었다(충청문화재연구원 2009). 이시기는 마지막 최대 빙하기(Last Glacial Maximum) 이후 기온이 상승하여 홀로세 중에서 기온이 가장 높았던 홀로세 기후 온난기(Holocene

Climatic Optimum)시기를 포함한다. 최하부 층준인 -1.58 ~ -0.76 m.a.s.l.에서는 토탄층이 존재 한다. 서해안에서의 해안저습지성 토탄지는 주로 약 7,000년경에서 3,000년경까지 형성되었고, 이들의 분포 고도는 대부분 현재의 평균해수면보다 2~6 m 높은 위치에 분포하고 있다. 따라서 황상일 외(1997)의 주장과는 다르게 연구지역에서는 평균해수면 아래에서 토탄층이 형성되었음을 알 수 있다.

규조 군집에서 설명한 것처럼, 이 시기의 규조 군집 I은 육성 환경(Soil environment)을 지시하며 규조 군집대 II는 담수종이 우점하는 가운데 해수-기수종들이 수반되고 있어, 해수종은 적지만 해수의 영향을 약간 받는 이탄습지(Peat bog; 규조 군집대 II)로 변화하였음을 지시한다. 따라서 -1.58 ~ -0.76 m.a.s.l. 퇴적층이 퇴적될 당시(약 7,500 ~ 6,500 yr BP.), 연구지역의 해수면은 현재보다 낮았음을 알 수 있다. 또한, 규조 군집대 III과 V는 담수종이 감소하고 해수-기수종이 많은 환경으로서 하부 층준보다 해수의 영향을 많이 받은 감소 습지(tidal marsh)이고, 규조 군집대 IV와 VI은 조간대를 지시하는 연안 해양성 종들이 우세해 지므로 조간대 환경이다. 따라서, 삼시도 트렌치 퇴적물 KR07로부터 규조의 분석 결과, 육성환경 - peat bog - tidal marsh - tidal flat - tidal marsh - tidal flat로 퇴적환경이 변화 하는 것은 약 7,500년 - 6,000년 전경 해수면이 계속적인 상승을 지속 했다가 보다는 상승 도중 하강의 시기도 겪었음을 알 수 있었다(그림 4). 또한, 현재 연구지역의 제방도로를 막기 전 환경이 갈대와 부들이 존재하는 염습지인 것을 보면 규조 군집대 IV와 VI의 간석지(tidal flat) 퇴적 환경은 현재보다 해수면이 높았음을 의미한다.

6. 토 의

마지막 최대 빙하기(LGM)에는 해수면이 현재보다 130~140 m 정도 낮았고, 이후 간빙기가 되어 기온이 상승함에 따라 해수면이 급상승하였다. 그러나 제 4기 이후의 범세계적 해수면 변화의 상승폭과 상승양상에 대해서 아래에 기재한 학자에 따라 매우 다르게 주장되고 있다. Fairbridge (1961)는 현세 해수면이 변동적으로 상승하였음을 주장하였고, Shepard (1964)는 현세 해수면이 큰 변동이 없이 점진적으로 상승하여 현재의 수준에 이르렀음을 주장하였다. 또

한 Fairbridge (1961)와 Schofield (1964) 등은 6,000 yr BP. 이후 현재까지 일차 또는 수차의 후빙기 고위면이 존재했다는 주장이다(윤용구 외, 1977). 국내의 연구를 살펴보면 Park and Bloom (1984)은 한반도 황해의 완신세 해수면 곡선을 제시하였는데 8,600 yr BP.에서 4,800 yr BP.의 시기에 한국 서해의 해수면은 매년 평균 1.6 mm의 속도로 꾸준히 상승하였다고 보고 하였으며, 장진호(1995)는 곰소만에서의 연구 결과 7,000 yr BP.경 6.5 m, 4,000 yr BP.경 3 m 와 2,000 yr BP.경에는 2.5 m 아래에 해수면이 위치하였다고 해석하였다. 황상일(1998)과 황상일 외(1997)는 일산 가와지곡과 평택 도대천 유역에서 규조, 화분분석과 ^{14}C 연대 자료를 토대로 서해안의 해수면 변동곡선을 복원하였는데, 일산 가와지곡의 경우 7,000 yr BP.경까지 다소 빠르게 해수면이 상승하고 일시적 정체기를 보이다가 5,000 yr BP.경에는 해발고도 5.5 m 까지 도달하였다고 하였다. 평택 도대천의 경우 7,000 yr BP.경에 도대천 유역에 해수면이 다다랐으며, 그 후 소해진과 해퇴를 거듭하며 상승하여 6,000 yr BP.경에는 현해수면 또는 이보다 약 1 m 정도 높은 수준까지 도달하였다고 보고하였다. 보령 삼시도 지역에서도 규조에 의한 연구 결과 약 7,500년 - 6,000년경 해수면이 하강과 상승을 하는 변동(Fluctuation)을 가지고 수준이 상승하였음을 알 수 있었으며, 약 6,000년경에는 간석지환경으로서 현재의 해수면 보다 약간 상승해 있었던 것으로 생각된다. 따라서 Park and Bloom (1984)의 연구결과 보다는 황상일(1998)과 황상일 외(1997)의 해수면 변화와 일치하는 경향을 보이며, 서해지역 변동 연구에서 약 10,000년경의 해수면이 -30 m 부근에, 6,000년경에는 현해수준보다 약간 위에 있었음을 보고한 중국의 王清泰 와 汪品先 (1982)의 연구와도 일치한다. 서해의 외해에 인접해 있고 현 해수면 고도보다 낮은 퇴적물을 대상으로 한 삼시도지역의 이번 연구 결과는 기존의 연구지역에서보다 해수면 변동에 더욱 민감하게 반응하였을 것이라 생각되며, 7,500 ~ 6,000 yr BP.시기의 해수면 변동과 고수위면 연구에 있어서 매우 중요한 결과이다.

7. 결 론

충청남도 보령시 오천면 삼시도의 '돌리망골' 유

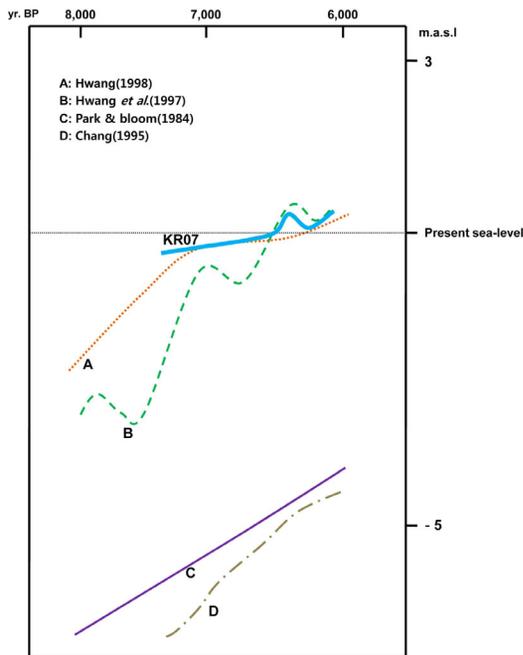


Fig. 5. Comparison with the sea-level fluctuation curve of the Sapsido and previous studies.

적지로부터 규조를 연구하기 위해 저습지 퇴적물을 대상으로 해발고도 -1.8 m 까지 트렌치를 절개하여 토탄층과 청회색 실트층을 기준으로 0.06 ~ -1.58 m.a.s.l. 지점까지 총 1.64 m의 두께에서 퇴적물 시료(KR07)를 총 83개 채취하였다.

규조를 감정한 결과 총 32속 68종의 규조가 산출되었으며, 규조 개체수 농도는 $15.0 \times 10^6 \sim 0.1 \times 10^6$ valves/g dry sediments로 나타났다. 규조 군집의 조성에 의해 6개의 규조 군집대를 설정하였으며, 환경 지시종에 따라 퇴적환경을 연구한 결과 규조 군집대 I은 육성환경에서 퇴적되었으며, 규조 군집대 II는 토탄층이 존재하고 담수종의 산출이 풍부함에 따라 이탄 습지(peat bog)에서 퇴적 되었다. 규조 군집대 III과 V는 해수-기수종의 산출이 많고 감소 습지(tidal marsh)를 지시하는 *Cocconeis scutellum*의 산출이 풍부함에 따라 감소 습지, 규조 군집대 IV와 VI은 해수종, 해수-기수종의 산출이 풍부하고 조간대를 지시하는 종(*Paralia sulcata*, *Cyclotella striata*) 등이 풍부하므로 간석지(tidal flat)에서 퇴적되었다. 퇴적환경이 육성환경 - peat bog - tidal marsh - tidal flat - tidal marsh - tidal flat로 변화 하는 것은 KR07

퇴적 시기인 약 7,500 ~ 6,000 yr BP.경의 해수면이 하강과 상승을 하는 변동(fluctuation)을 가지고 수 준이 상승하였음을 지시하며, 연구지역의 현재의 환경과 비교해 볼 때 간석지(tidal flat) 시기는 현재 수 준 보다 약간 높았다고 생각된다.

사 사

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것입니다(2011-0002705). 시료를 제공해준 충청문화재연구원 부설 한국고고과학연구소의 김명진 연구원께 감사드리며, 논문심사 과정에서 값진 조언을 해주신 경북대학교 이성주 교수님과 익명의 심사위원께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- 류은영, 남옥현, 양동윤, 김주용, 2005, 한국 서해 연안습지의 규조 및 고환경 연구. 지질학회지, 41(2), 227-239.
- 박영숙, 김명진, 이종덕, 구자진, 2006, 서산시 석림동 제4기 퇴적층의 규조 및 고환경 연구. 지질학회지, 42(4), 549-559.
- 박영숙, 이종덕, 양동윤, 남옥현, 이상현, 2007, 김제시 부량면 제4기 퇴적물에서 산출된 규조 및 고환경 연구. 고생물학회지, 23(1), 105-113.
- 윤순옥, 1997, 화분분석을 중심으로 본 일산지역의 홀로세 환경변화와 고지리복원. 대한지리학회지, 32(1), 15-30.
- 윤용구, 박병권, 한상준, 1977, 한반도 후빙기 해면 변화의 지형학적 증거. 지질학회지, 13(1), 15-22.
- 이상현, 류은영, 김주용, 남옥현, 양동윤, 신숙정, 2005, 경기도 일산 이산포지역의 후기 홀로세 고환경 변화 연구: 화분과 규조분석. 지질학회지, 41(3), 295-322.
- 이연규, 최정민, 2007, 한국 서남해역의 연체동물화석에서 나타나는 홀로세 고지형 및 고환경 변화. 고생물학회지, 23(1), 49-71.
- 이영길, 박용안, 1995, 한국 서해 만경강-동진강 하구역 및 연안역 조간대 퇴적층의 퇴적상과 미고생물학적 연구. 한국해양학회지, 30(2), 77-90.
- 이영길, 박용안, 최진용, 1994, 한국 서해 남양만 북서부 조간대 퇴적층의 퇴적상과 미고생물학적 연구. 고생물학회지, 10(1), 26-40.
- 이영길, 박용안, 최진용, 1997, 한국 서해 함평만 조간대 퇴적층의 층서, 퇴적상 및 규조에 관한 연구. 한국지구과학회지, 18(2), 90-98.
- 장진호, 1995, 한국 서해안 곰소만 조간대의 퇴적작용. 서울대학교 박사학위논문, 192 p.

- 전창표, 이상현, 이성주, 2009, 경기도 평택지역의 홀로세 고환경 변화 연구. *지질학회지*, 45(4), 299-309.
- 정혜경, 박지훈, 김정민, 2010, 탄소동위원소분석을 이용한 한국 홀로세의 기후환경변화: 서해 영종도지역을 사례로. *한국지구과학회지*, 31(4), 313-321.
- 충청문화재연구원, 2009, 보령 삼시도 돌리망골 유적. (재)충청문화재연구원 문화유적 조사보고, 99, 15-18.
- 한국원자력연구소, 1991, 도서 · 폐광현황 및 활용성 연구: 도서현황조사편. 원자력환경관리센터, 206-208.
- 황상일, 1998, 일산층적평야의 홀로세 퇴적환경변화와 해면변동. *대한지리학회지*, 33(2), 143-163.
- 황상일, 윤순옥, 조화룡, 1997, Holocene 중기에 있어서 도대천 유역의 퇴적 환경 변화. *대한지리학회지*, 32(4), 403-420.
- 王清泰, 汪品先, 1982, 中國東部の晚氷期更新世以來の海面上昇と氣象變化の關係. *第四紀研究*, 2(21), 101-114.
- Berne, S., Vagner, P., Guichard, F., Lericolais, G., Liu, Z., Trentesaux, A., Yin, P. and Yi, H.I., 2002, Pleistocene forced regressions and tidal sand ridges in the East China Sea. *Marine Geology*, 188, 293-315.
- Chernicoff, S. and Venkatakrishnan, R., 1995, *Geology*. Worth publishers, NY(New York), 593 p.
- Choi, K.S. and Dalrymle, R.W., 2004, Recurring tide-dominated sedimentation in Kyonggi bay (west coast of Korea): similarity of tidal deposits in late Pleistocene and Holocene sequences. *Marine Geology*, 212, 81-96.
- Chough, S.K., Lee, H.J. and Yoon, S.H., 2000, *Marine Geology of Korean Seas (2nd Edition)*. Elsevier, Netherlands, 313 p.
- Crosby, L.H., Ferguson Wood, E.J., 1959, Studies on Australian and New Zealand diatoms. *Transactions of the Royal Society of New Zealand*, 86, 1-58.
- Fairbridge, R.W., 1961, Eustatic changes in sea level. *Physics and Chemistry of the Earth*, 4, 99-185.
- Johansen, J.R., 1999, Diatoms of aerial habitats. In: Stoermer, E. F. and Smol, J.P. (eds.), *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*. Cambridge University Press, Cambridge, 264-273.
- Kim, D., Park, B.K. and Shin, I.C., 1999, Paleoenvironmental changes of the Yellow Sea during the Late Quaternary. *Geo-Marine Letters*, 18, 189-194.
- Kim, J.M. and Kennett, J.P., 1998, Paleoenvironmental changes associated with the Holocene marine transgression, Yellow Sea (Hwanghae). *Marine Micropaleontology*, 34, 71-89.
- Kosugi, M., 1988, Classification of living diatom assemblages as the indicator of environments, and its application to reconstruction of paleoenvironments. *Japan Association for Quaternary Research*, 27, 1-20.
- Li, B., Park, B.K. and Kim, D., 1999, Paleooceanographic records from the northern shelf of the East China Sea since the Last Glacial Maximum. *Journal of the Korean Society of Oceanography*, 34, 151-166.
- Liu, Z.X., Berne, S., Saito, Y., Lericolais, G. and Marsset, T., 2000, Quaternary seismic stratigraphy and paleoenvironments on the continental shelf of the East China Sea. *Journal of Asian Earth Sciences*, 18, 441-452.
- Oba, T., Gato, M., Kitazato, H., Koizumi, I., Omura, A., Sakai, T. and Takayama, T., 1991, Paleoenvironmental changes in the Japan Sea during the last 85000 years. *Paleoceanography*, 6, 499-518.
- Park, Y.A. and Bloom, Arther. L., 1984, Holocene sea-level history in the Yellow Sea, Korea. *Journal of the Geological Society Korea*, 20(3), 189-194.
- Scherer, R.P., 1994, A new method for the determination of absolute abundance of diatoms and other silt-sized sedimentary particles. *Journal of Paleolimnology*, 12(2), 171-180.
- Schofield, J.C., 1964, Postglacial sea levels and isostatic uplift. *Geology and Geophysics*, 7, 359-370.
- Shepard, F.P., 1964, Sea-level changes in the past 6,000 years; possible archaeological significance. *Science*, 143, 574-576.
- Tada, R. and Irino, T., 1999, Land-ocean linkages over orbital and millennial timescales records in late Quaternary sediments of Japan Sea. *Palaeoceanography*, 14(2), 236-247.
- Tanimura, Y., 1981, Late Quaternary diatoms of the Sea of Japan. *Science Reports of Tohoku University Series*, 2, 1-36.
- Tanimura, Y., Shimada, C. and Haga, M., 2002, Migration of continental mixed-waters preserved in abundance of abundance of a diatom species *Paralia sulcata*: paleoceanography of the northern east China Sea from the Last Glacial through the postglacial. *Quaternary research*, 41, 85-93.
- Yuki, S., 2001, Distribution of living and dead diatoms in tidal wetlands of northern Japan: relations to taphonomy. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 173(3-4), 125-141.

투 고 일 : 2011년 6월 24일

심 사 일 : 2011년 6월 27일

심사완료일 : 2011년 7월 25일