

서산시 석림동 제4기 퇴적층의 구조 및 고환경 연구

박영숙^{1,*} · 김명진² · 이종덕¹ · 구자진³¹전북대학교 자연과학대학 지구환경과학과²충청문화재연구원 부설 한국고환경연구소³충남발전연구원

요 약

서산시 석림동 유적지에 분포하는 제4기 지층에서 규조군집 분석결과 수성환경(해수환경, 기수환경, 담수 환경)을 지시하는 환경 지시종을 포함하여 총 29속 92종이 산출되었으며 5개의 규조 분대가 설정되었다. 방사성탄소 연대측정의 결과로 퇴적층의 연대는 제 4기 플라이스토세 후기인 약 34,600~23,000 y BP로 나타났다. 규조군집 분석결과 연구지역은 late Mid WÜRМ-Late WÜRМ기에 해당하여 추운 시기로 퇴적 환경이 하부에서 상부로 가면서 육성환경 → 호수 연안 소택지 환경 → 육성환경 → 습지로 변화 하였다. 그러나, 해수종의 산출을 해석하기 위해서는 이 시기의 우리나라 서해 해역에서 구조를 이용한 고환경 연구가 계속적으로 수행되어야 한다.

주요어: 규조, 제4기 플라이스토세, 아간빙기, 해수종

Young-Suk Bak, Myung-Jin Kim, Jong-Deock Lee and Ja Jin Goo, 2006, Paleoenvironments of the Quaternary Sediment from the Seokrim-dong, Seosan, based on Diatom assemblage. Journal of the Geological Society of Korea. v. 42, no. 4, p. 549-559

ABSTRACT: Diatoms of 92 species belonging to 29 genera are identified from the Seokrim-dong archaeological site. The diatom assemblages consist of marine, blackish and freshwater species. Five diatom zones are erected on the basis of frequency of the critical taxa throughout the section. Radiocarbon dates indicate that the studied section is dated approximately to 34,600 to 23,000 yr BP. The climatic conditions from late Mid WÜRМ to Late WÜRМ were colder than today, and diatom assemblages indicate that there were changed the terrestrial environment → freshwater lake littoral swamp environment → terrestrial environment → wetland. But, we must carry on continuous study of the diatoms for interpretation to occurrence of marine species.

Key words: Diatom, late Pleistocene, Interstadial, marine species

(Young-Suk Bak and Jong-Deock Lee, Department of Earth and Environmental Sciences, Chonbuk National University, Jeonju, 561-756, Korea; Myung-Jin Kim, Chungcheong Cultural Properties Research institute, 233, Bonggok-ri, Banpo-myeon, Gongju-si, Chungcheongnam-do, 314-923, korea; Ja Jin Goo, Chungnam Institute of History and Culture, 284-1, Jung-dong, Gongju-si, Chungcheongnam-do, 314-050, korea)

1. 서 언

한반도에서의 제4기 지층들에 대한 초기연구는 제주도의 퇴적층에서 1930년대에 처음 시작되었으며 1970년대 이후부터는 내륙에서도 연구되었다. 한반도의 제4기 퇴적층은 해수면의 변동과 기후의 변화를 잘 기록하고 있으며 서해안의 연안 퇴적층들의

발달과 침식은 해수면 변동과 밀접하게 관련된다. 따라서, 우리나라의 황해 조간대 부근에서 광범위한 제 4기 층 연구가 실시되고 있다(김여상, 1988; 김여상과 박용안, 1988; 김여상과 박수철, 1992; Park *et al.*, 1994; 박용안 외, 1995, 1997; 오경섭 외, 1995; 장진호, 1995; Park and Lim, 1996; Park and Choi, 1998; 임동일 외, 2002). 또한 우리나라에서의 제4기

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

플라이스토세 지층에 대한 연구로는 속초 영랑호의 호저퇴적물에서의 연구(Chang and kim, 1982), 가조분지(조화룡 외 1987), 영양분지(윤순옥과 조화룡, 1996)와 아산시 풍기동 지역(이상현 외, 2006)에서의 연구 등이 있으며, 이들 지역에서는 주로 화분연구가 이루어졌고 구조연구는 이루어지지 않았었다. 구조류는 단세포 식물성 플랑크톤으로서 황색 식물 문에 속하며 서식처가 매우 다양하여 습한 토양, 호수, 강, 해양 등 모든 수서환경에서 발견된다. 또한, 어떤 종들은 온천이 분출되는 특별한 조건에서도 성장하기도 한다(심재형, 2003). 또한 구조는 염분농도, 영양염류, 수온 등의 환경변화에 매우 민감하기 때문에 퇴적층 속에 포함되어 있는 구조의 군집 조성을 연구하면, 고생물학 및 고생태학에서 뿐만 아니라 기후변화나 해수면의 변동과 같은 고환경의 연구에 널리 이용될 수 있다(Kashima, 2003; Freund *et al.*, 2004; Kato *et al.*, 2004; Yabe *et al.*, 2004; Ojala *et al.*, 2005; Vos and Gerrets, 2005). 그러나 우리나라에서 고고

학 발굴 현장 및 제4기 퇴적층에서의 구조 화석의 연구는 매우 미약하게 시행되었으며, 현재에도 활발하게 이루어지고 있는 형편은 아니다(조화룡, 1980, 1986; 이영길 외, 1994, 1995, 1997; 배부영과 이영길, 1993; 황상일, 1992, 1994, 1995, 1998; 황상일 외, 1997; 류은영 외, 2005).

본 연구에서는 서산 석림동 문화유적 시굴조사 구역 내 제4기 퇴적층에서 산출되는 구조군집의 고생물학적 분석을 통하여 연구지역의 퇴적 환경 변화를 알아보고자 한다.

2. 연구지역 및 시료채취

연구지역인 서산시는 동경 126°2' ~ 126°39', 북위 36°24' ~ 37°1'에 위치하고 있으며, 바다와 인접해 있다. 서해 쪽으로 평탄한 지형을 이루고 있어 사람들이 터전을 잡고 생활하기에 좋은 지형조건을 가지고 있다(Fig. 1). 연구지역인 석림동 문화유적 시굴조사

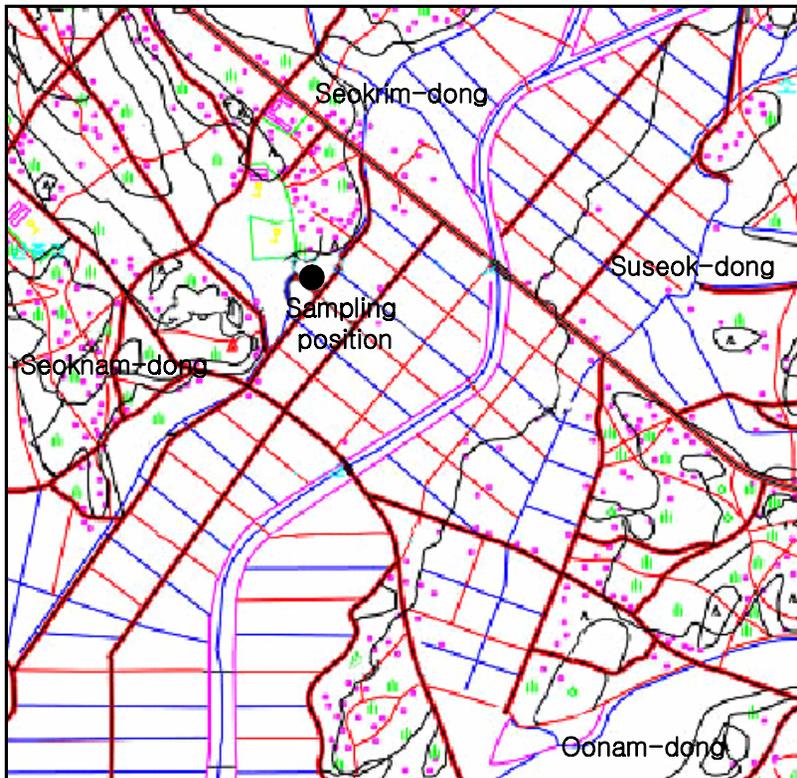


Fig. 1. Topographic map of the Seokrim-dong, Seosan.

구역은 기반암으로서 결정질 화강편마암이 주변에 넓게 분포하고 있고 토양은 황갈색 삼립토이며 지표는 층적층으로서 현재 논으로 경작되고 있다. 연구 단면의 하부에 사질 구간이 있으며, 사질 점토층을 경계로 상부에는 검은색 점토층이 분포하고 있고 최상부에는 황색을 띠는 사질 점토층이 존재 한다. 구조 분석을 위하여 표준 시굴 구멍이(trench) 내부의 1개 단면(총 깊이 250 cm)중 첫번째 토양썰기(soil wedge) 하부의 층준에서부터 약 10 cm간격으로 총 27개를 채취하였으며 식물의 잔해가 많이 보이는 155 cm 층준에서 추가 샘플을 하였다. 또한, 탄소 동위원소 연대 측정을 위해서는 구조 분석 시료를 채취한 층준 중에서 5개의 시료를 채취하였다(Fig. 2, Table 1).

3. 구조 연구방법

석림동 연구 단면에서 채취한 27개의 시료에서 구조를 추출하기 위한 과정은 다음과 같다.

- ① 건조 시료 2g을 250 ml의 비이커에 담는다.
- ② 석회질과 유기질 성분을 제거하기 위하여 10% 묽은 염산(HCl) 25 ml와 과산화수소수(H₂O₂) 15 ml를 첨가한다. Hot plate위에서 과산화수소의 반응이 완전히 끝날 때 까지 가열한다.
- ③ 1차 반응이 끝나면 다시 염산 15 ml와 과산화수소수 15 ml를 첨가하여 약 1시간 정도 가열한다. 이때 반응이 완전히 끝나면 비이커 속의 용액이 노랗게 변한다.
- ④ 24시간 정도 비이커를 놓아 둔 후, 남은 침전물은 산이나 부유성 물질을 모두 제거하기 위해 증류수로 적어도 세 번이상 세척한다(decant).
- ⑤ 잔류 현탁액을 250 ml 비이커에 넣고 눈금 200 ml까지 증류수를 첨가하여 잘 흔들어 약 10초간 정치시킨 후, Auto pipette을 이용하여 10 μl를 취한다. 이를 slide glass위에 떨어뜨려 건조시킨 후, Mountmedia (ref. 1.50)를 사용하여 smear

slide를 제작하였다. 석림동 시료에서는 구조의 산출량이 많지 않아서 각 slide위의 개체수를 모두 산정하였다.

4. 결과

4.1 구조 군집

서산 석림동 문화유적 시굴조사 구역에서 채취한 27개의 시료를 분석한 결과 모든 시료에서 구조가 산

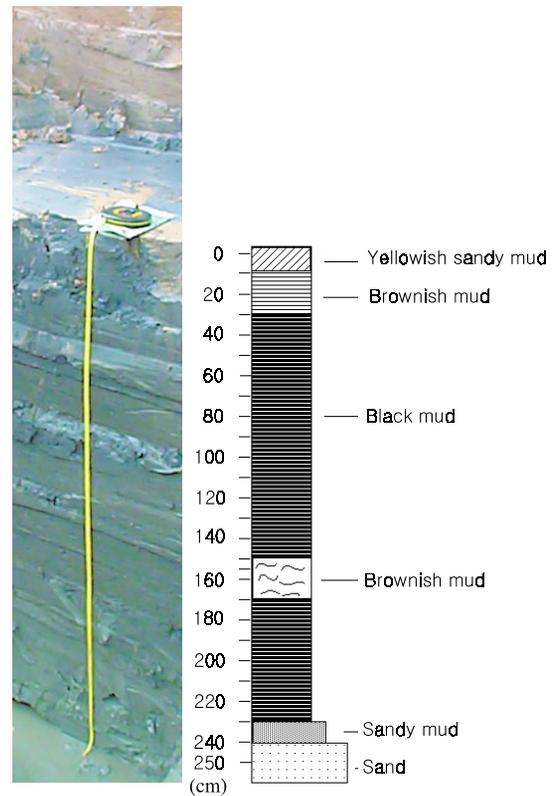


Fig. 2. Trench and lithologic features of the study section.

Table 1. Accelerator mass spectrometry ¹⁴C ages from Seokrim-dong, Seosan.

Sample	Lab No.	Material	¹³ C(‰)	¹⁴ C yr BP.(1 σ SD)
30 cm	SNU 04-555	Sediment	-26.9	23,000±100
50 cm	SNU 04-554	Sediment	-24.85	24,700±300
100 cm	SNU 04-553	Sediment	-24.76	29,200±400
140 cm	SNU 04-552	Sediment	-26.6	34,000±400
170 cm	SNU 04-551	Sediment	-26.6	34,600±400

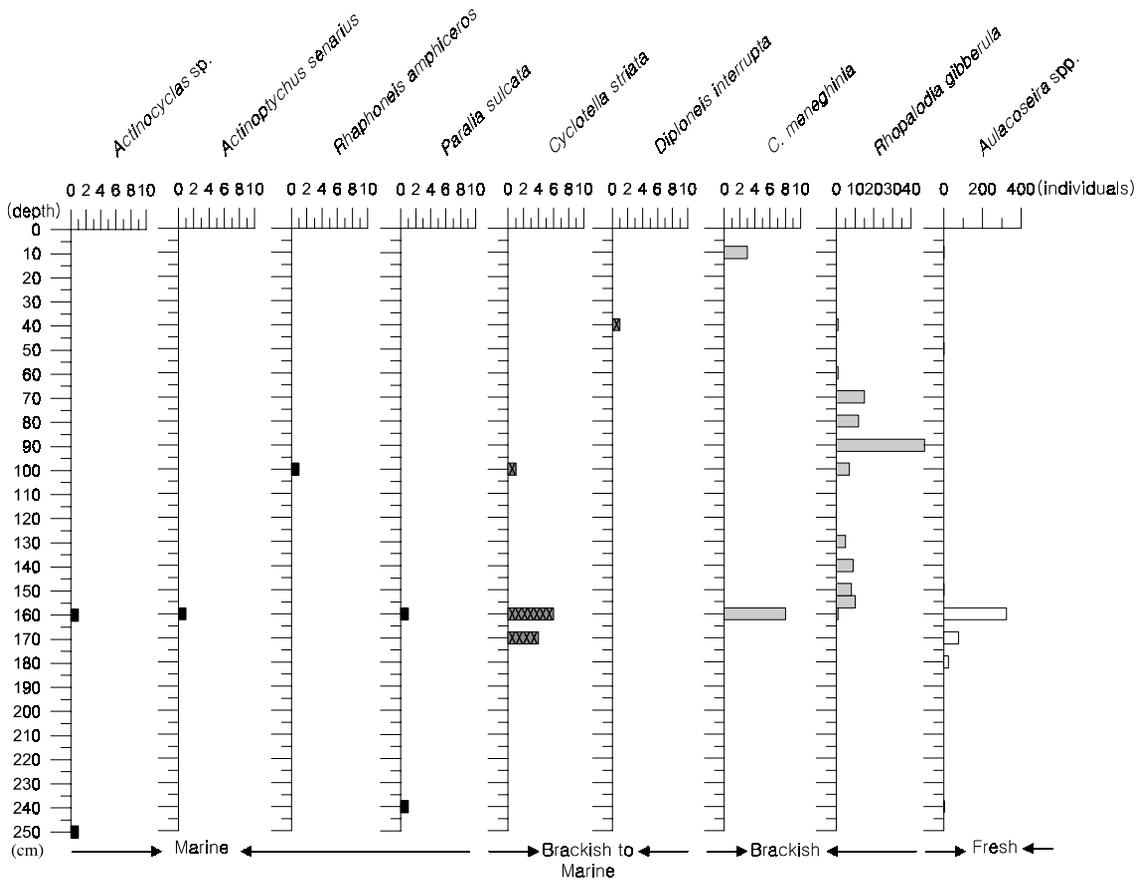


Fig. 3. Relative abundance of paleoindicator diatom in Seokrim-dong, Seosan.

출되었으나 보존상태는 다소 불량한 편이었다. 이 연구에서 규조는 총 29속 92종이 동정되었으며 규조 군집의 종의 다양성과 개체의 풍부성은 구간에 따라서 변화가 심하게 나타난다.

연구지역 퇴적물에서 산출된 규조 군집의 분석결과 *Aulacoseira* spp., *Diploneis ovalis*, *Eunotia praerupta*, *Hantzschia amphioxys*, *Pinnularia borealis*, *Rhaphalodia gibberula*, 등이 우점종으로서 전체 산출량의 43.6%를 차지하였다(Table 2).

또한 전체 규조 군집 중 환경 지시종으로는 해수종, 기수종, 담수종이 모두 산출되었다. 해수종으로서 *Actinocyclus* sp., *Actinoptychus senarius*, *Rhaphoneis amphiceros*, *Paralia sulcata*가 연구 층준의 하부(160 cm, 240 cm, 250 cm)에서 매우 적게 산출되었으며, 기수-해수종으로서 *Cyclotella striata*, *Diploneis interrupta*, 기수종으로서 *C. meneghiniana*, *Rhaphalodia gib-*

*berula*등이 연구 층준의 중부(250 cm, 170 cm~130 cm, 100 cm~40 cm, 10 cm)에서 소량 산출이 되었다. 또한, 담수종으로는 *Aulacoseira* spp., *Diploneis ovalis*, *Cymbella* spp., *Epithemia* spp., *Eunotia* spp., *Hantzschia amphioxys*, *Pinnularia* spp., *Tabellaria fenestrata* 등이 하부 층준(250 cm~200 cm)을 제외하고 전체적으로 다량 산출되었다(Fig. 3, 4).

4.2 규조 분대

규조 군집 분석의 결과 연구 지역에서 5개의 분대를 설정하였다(Fig. 4).

4.2.1 규조 분대 I (250 cm~200 cm)

전체적인 규조의 산출이 매우 빈약한 구간으로서 각 층준의 산출량이 4~13개체에 불과하다. 해수종인 *Actinocyclus* sp.와 *Paralia sulcata*가 각각 1개체

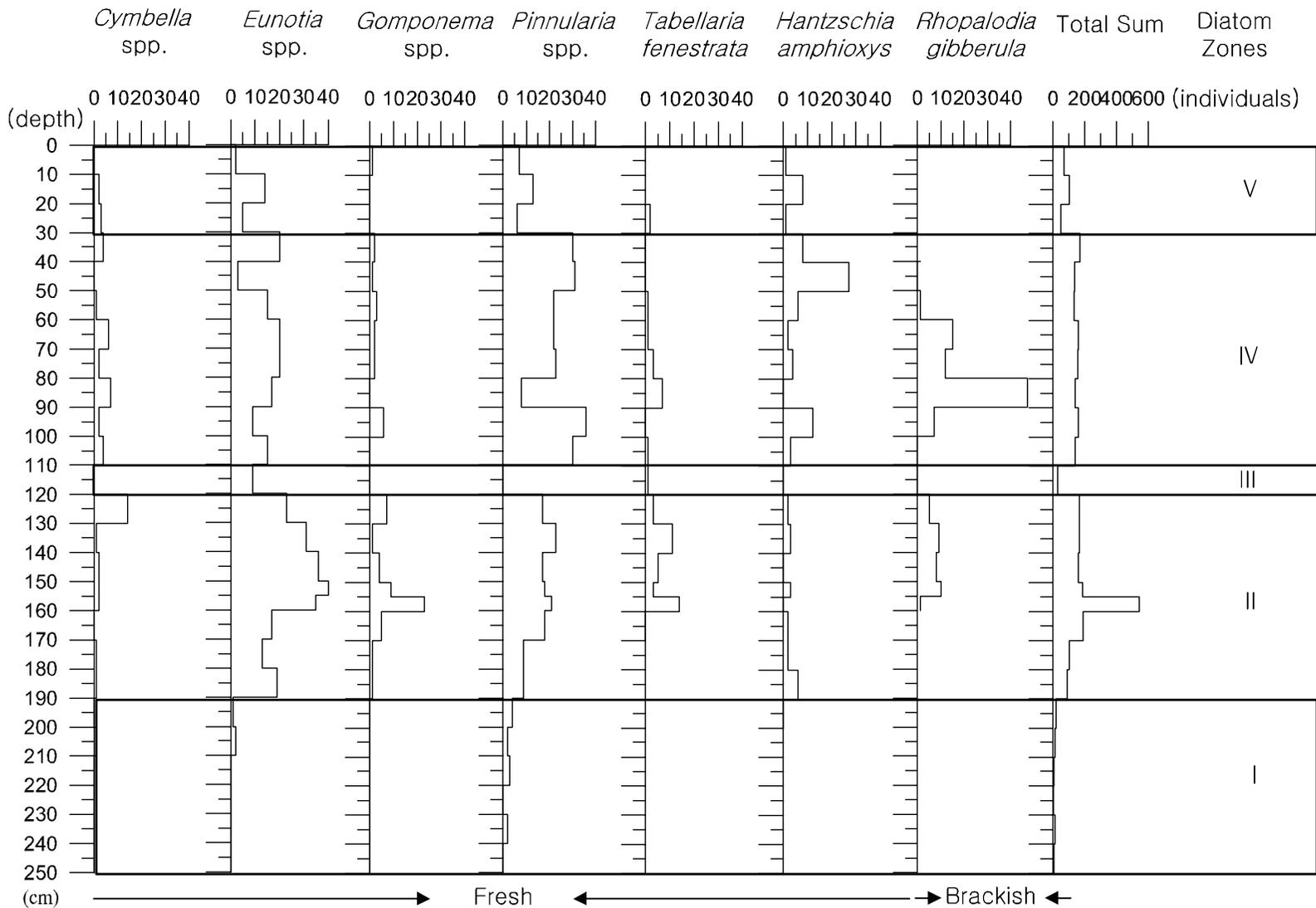


Fig. 4. Diatom zonation and relative abundance of dominant diatom.

씩 산출되며, *Cymbella ventricosa*, *Diploneis ovalis*, *Desmogonium rabenhorstianum*, *Eunotia* spp., *Pinnularia* spp. 등의 담수 규조종도 매우 적게 산출된다.

4.2.2 규조 분대 II (190 cm ~ 130 cm)

규조의 산출이 전체적으로 증가하는 구간으로서 180 cm ~ 160 cm 층에서는 특징적으로 담수종인 *Aulacoseira* spp. 이 폭발적으로 다량 산출된다. 이에 수반하여, 담수종으로서 *Cymbella* spp. (1-8%), *Eunotia* spp. (7-23%), *Gomphonema* spp. (1-5%), *Pinnularia* spp. (4-10%), *Diploneis ovalis* (1-8%), *Hantzschia amphioxys* (1-7%), *Tabellaria fenestrata* (1-5%) 등이 산출하였다. 또한, 기수-해수종으로서 *C. striata* (1%) 기수종으로서 *Cyclotella meneghiniana* (1%), *Rhaphalodia gibberula* (1-10%) 가 산출되며, 해수종으로서는 160 cm 층에서 *Actinocyclus* sp., *Actinoptychus senarius* 와 *Paralia sulcata* 가 각각 1개체씩 산출되었다.

4.2.3 규조 분대 III (120 cm)

규조 II 분대에서 규조의 풍성도가 증가한 반면, 규조 분대 III에서는 규조의 산출이 급격히 감소한다. 담수종인 *Diploneis ovalis* 와 *Eunotia* spp. 등이 소량 산출된다.

4.2.4 규조 분대 IV (110 cm ~ 40 cm)

규조 분대 III에서 보다 전체적인 규조의 산출이 풍부하게 나타나며, 담수종으로서는 *Cymbella* spp. (1-5%), *Eunotia* spp. (6-13%), *Gomphonema* spp. (1-4%), *Pinnularia* spp. (6-23%), *Diploneis ovalis* (6-12%), *Hantzschia amphioxys* (1-20%), *Tabellaria fenestrata* (1-5%) 등이 산출되며, 규조 분대 II에서 다량 산출되었던 *Aulacoseira* spp. 는 거의 산출되지 않는다. 기수-해수종으로서 *Cyclotella striata*, *Diploneis interrupta* 가 각각 1개체씩 산출되었으며, 기수종으로서 *Rhaphalodia gibberula* (1-44%) 는 다량 산출되었다.

4.2.5 규조 분대 V (30 cm ~ 0 cm)

연구 지역의 최상부에 해당되는 층으로서 규조의 전체적인 산출이 감소하는 분대로 담수종인 *Eunotia* spp., *Pinnularia* spp. 등의 산출이 감소하며, 기수종인 *Cyclotella meneghiniana* 가 10 cm 층에서 1개체 산출되었다. 구성 퇴적층이 사질이암으로서

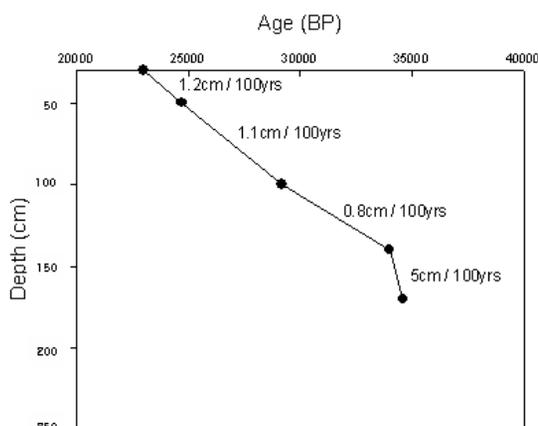


Fig. 5. Sediment depth versus AMS 14C dating and sedimentation rates for Seokrim-dong, Seosan.

규조화석이 보존되기 어려웠던 것으로 보인다.

5. 토의

5.1 퇴적시기 및 퇴적속도

본 연구단면의 방사성탄소 연대측정 결과, 퇴적층을 절개한 단면의 최하부에서 170 cm 지점은 약 34,600±400y BP.에 퇴적되었고, 최상부인 30 cm 지점은 약 23,000±100 y BP.에 퇴적된 것으로 분석되었다. 석림동 연속단면에서 분석된 방사성탄소 연대측정 결과는 오차가 모두 1.5% 이하라는 사실과 가장 젊은 시료의 연대가 일반적으로 받아들여지는 상부 토양층기(15,000년전; 이선복, 2000)의 연대보다 오래되었다는 사실로부터 유의미한 결과로 판단된다.

따라서, 연구지역의 퇴적층이 형성된 시기는 약 23,000~35,000y BP.로 이는 신생대 제4기 플라이스토세 후기에 해당하며(late Mid WÜRME기~Late WÜRME기), 산소동위원소로 구분한 연대인 Isotope Stage 3의 후기와 Isotope Stage 2의 전기에 걸쳐 퇴적되었음을 알 수 있다. 이 시기는 약 125,000y BP.의 마지막 최대 간빙기(Last Interglacial Maximum) 이후, 전 지구적으로 서서히 기온이 하강하면서 극지방의 빙하의 양은 증가하였고, 이에 따라 전 세계 바다의 해수면이 하강하던 시기에 해당한다.

연구 단면 각 층의 연대측정 값으로부터 퇴적속도를 구해보면, 단면의 최하부에서 170 cm ~ 140 cm 구간에서는 식물의 잔재를 포함하는 이탄층으로서

다른 구간에 비해서 상대적으로 빠른 약 5 cm/100년의 퇴적속도를 보이고, 140 cm~100 cm 구간에서는 퇴적속도가 급격히 줄어들어 약 0.8 cm/100년, 100 cm~50 cm 구간에서는 약 1.1 cm/100년, 50 cm~30 cm 구간에서는 약 1.2 cm/100년으로 평균 약 1.0 cm/100년의 속도로 퇴적층이 형성되었음을 알 수 있다 (Fig. 5).

5.2 고환경 해석

규조 분대 별로 다음과 같이 해석하였다(Fig. 6).

규조 분대 I: 전체적인 규조의 산출 개체수가 매우 적고 보존 상태가 아주 불량하며 극히 소량의 담수종이 산출되는 것으로 보아 이 시기의 퇴적층은 물이 흐르지 않는 약간 건조된 육성 퇴적층으로서 규조 화석의

보존이 좋지 못한 환경으로 생각된다.

규조 분대 II: *Aulacoseira* spp.와 cyst가 우세하게 산출되며 *Eunotia* spp., *Gomphonema* spp., *Pinnularia* spp. 가 같이 다량 산출한다. 이러한 군집은 파랑이 심하고 퇴적물의 유입이 많은 호수 연안 소택지 환경 (freshwater lake littoral swamp environment) 을 지시한다(Caballero *et al.*, 1999, Owen *et al.*, 2004). 이 시기에 퇴적속도가 빠른 것도 이러한 사실을 뒷받침 해준다. 해수종과 기수종으로서 *Actinocyclus* sp., *Actinoptychus senarius*, *Paralia sulcata*, *Cyclotella striata* 등이 적은 양이지만 같이 산출된다(Sancetta, 1983; Hendeby, 1964; Wang and Jiang, 1987).

규조 분대 III: 전체적인 규조의 산출이 대폭 감소하

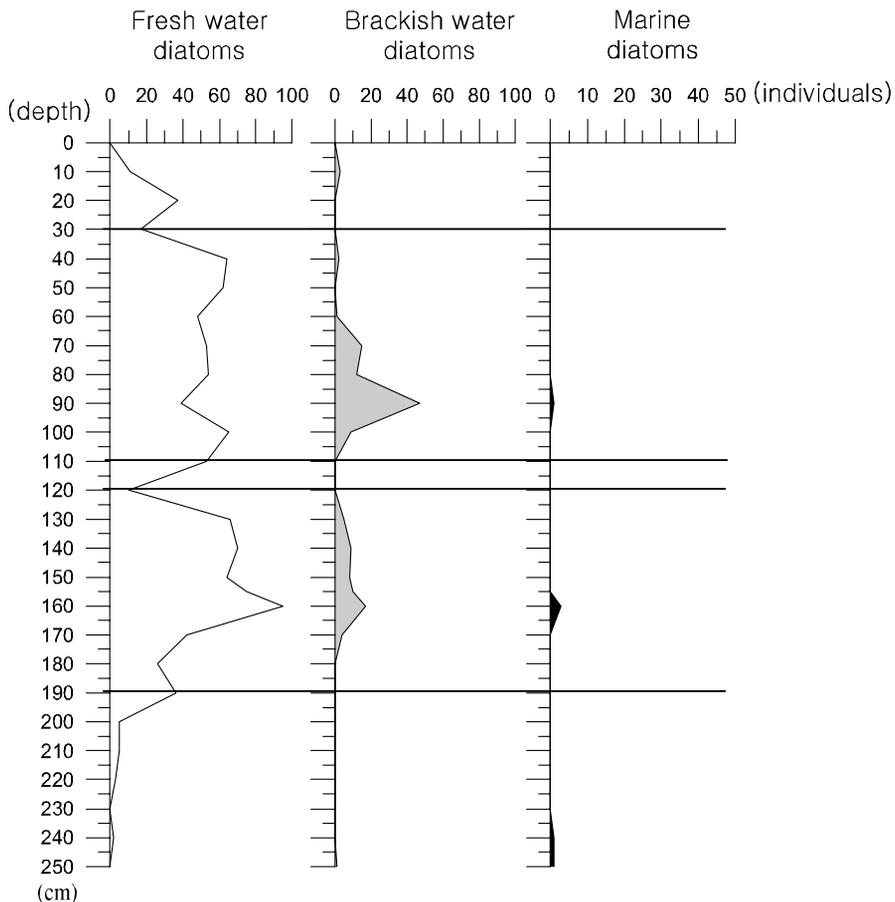


Fig. 6. The occurrence of the fresh water, brackish water and marine diatoms.

는 구간으로 담수종인 *Eunotia* spp.와 *Diploneis ovalis* 만이 10개체 미만으로 산출된다. 이 시기는 규모 분대 I에서와 마찬가지로 건조화 되어 수면 위로 노출된 육성퇴적층으로 생각된다.

규모분대 IV: 규모 II분대와 비슷한 전체 산출량을 보이나 상대적으로 *Hantzschia amphioxys*와 *Pinnularia borealis*등이 더 많이 산출이 되며, 이들은 일반적으로 육성 환경(terrestrial environment)에서 다량 산출이 된다(Johansen, 1999). 또한, 기수종인 *Rhaphalodia gibberula*가 상대적으로 증가하는 것으로 보아 건조 기후로 호수의 수심이 낮아져 염분이 있는 습지(wetland)를 형성한 것으로 보인다.

규모분대 V: 담수종의 산출이 대폭 감소하고 기수종의 산출도 거의 되지 않았다. *Diploneis ovalis*가 상대적으로 약간 증가하는 양상을 보여준다. 이시기는 소량의 규모 화석으로 환경해석을 하기에는 무리가 따르나 규모 분대 IV보다 좀 더 건조되었던 습지 환경으로 볼 수 있다.

5.3 해수종 해석

퇴적층 단면에서 다른 구간보다 상대적으로 빠른 퇴적속도를 보이는 170 cm~140 cm 구간은 퇴적물 속에 유기물의 파편을 포함한 암적색의 점토층으로 이루어져 있으며, 이 구간 중 180 cm~160 cm 내에서는 해수종들의 산출이 나타난다. 또한 연구 단면의 최하부인 250 cm~240 cm 에서도 해수종의 산출이 나타난다. 이들 해수종의 출현을 해수의 유입으로 해석하기에는 개체수가 너무 미약하고, 시기적으로도 무리가 따른다. 왜냐하면, 연구지역의 퇴적층이 형성되었던 시기는 마지막 간빙기 이후로 기온이 계속적으로 하강하던 시기에 해당하며, Linsley (1996)가 제안한 해수면의 변동 그래프에서는 34,000y BP.에는 전 세계의 해수면이 현재보다 약 60 m 정도 아래에 위치하였다고 보고 하였기 때문이다. 또한 현재까지의 한반도 지역 해수면의 변동에 대한 연구결과를 종합해 보면 마지막 빙하기 중에서 가장 추웠던 기간인 약 18,000y BP.~15,000y BP. 사이에 해수면이 현재보다 -120 m까지 하강한 시기였고, 10,000y BP. 전에는 현재보다 약 -20 m까지 상승하였으며, 이후로 급격하게 상승하여 약 6,000y BP.에는 거의 현재 수

준에 이르렀다고 보고되어 있으며(Park and Bloom, 1984; Bloom and Park, 1985; 박용안, 1992, 1993; 김주용 외, 1998), 23,000~35,000y BP.시기의 해수면의 변화에 대한 연구는 거의 보고 되어 있지 않아 (Park et al., 1994), 연구지역까지 해수면이 상승되었을 것으로 생각하기에는 무리가 따른다. 그러나 Park et al.(1994)은 황해의 조수 퇴적층과 내대륙붕 퇴적층의 퇴적상 연구에 따른 방사성 탄소의 연령측정에 기초하여, 40,000y BP. 이후로 현재까지의 황해의 해수면변동을 연구한 바 있다. 이들은 이 연구에서 지난 약 40,000y BP. 이전부터 상승하던 해수면이 25,000~35,000y BP.에는 현재와 거의 비슷한 위치인 약 10~20 m 정도 아래까지 상승했었으며, 그 후로 마지막 최대 빙하기였던 18,000y BP.에는 약 150 m 정도까지 하강했다가 서서히 현재의 위치로 다시 상승하였다고 제안하였다. 또한 임동일 외(2002)는 한국 서해 천수만 선현세 간월도 퇴적층의 퇴적 환경을 연구하면서 간월도층으로 명명된 Unit M2층의 최상부 산화대 층에서 획득한 유기물의 연령을 16,300±130y BP.(박용안 외, 1995)과 21,470± 150y BP. 로 측정하였으나 유기물의 탄소 동위원소의 연령이 지시하는 아간빙기(interstadial periods)에는 천수만은 대기 중에 노출되어 침식활동이 활발한 환경에 놓여 있어서 Unit M2퇴적층이 퇴적되는 것이 불가능한 것으로 추정하였다. 또, 탄소 동위원소의 연령을 받아들이면 서해 연안이 현세(Holocene)동안 최소한 30 m이상 융기하는 지구조적 특성을 가정해야 하므로 퇴적환경, 층서적 위치와 해수면 변화 곡선을 종합적으로 고려하여 퇴적시기를 현재와 해수면 상승 높이가 비슷한 약 125,000년 전의 Eemian 간빙기(Oxygen isotope stage 5e)로 제안하였다. 본 연구를 Park et al.(1994) 연구결과로 해석하기에는 해수종의 산출이 너무 미미하며, 임동일 외(2002)에서 주장한 것처럼 서해 연안의 해수면 상승의 증거를 제시할 수 없다. 따라서 연구지역 내 퇴적층의 일부 구간에서 해수환경을 지시하는 규모가 산출된 점을 해석하기 위해서는 이시기의 우리나라 서해 연안퇴적물에서 계속적인 연구를 통하여 데이터를 축적하고, 나아가서는 해수종의 유입에 대한 해석을 좀더 세밀하게 연구해야 할 것으로 생각된다

6. 결론

서산시 석림동에 분포하는 문화유적지 시굴조사 구역 내의 발굴단면에서 채취한 퇴적물 시료에 대하여 구조 분석을 한 결과 구조 균집 조성변화로부터 5개의 구조 분대를 설정하였다. 연구 퇴적층의 퇴적 시기는 약 23,000~34,600y BP.이며, late Mid WÜRМ기에서 Late WÜRМ기로 넘어가는 시기에 해당된다. 이시기는 빙하기로서 해수면이 현재보다 매우 낮았음에도 불구하고, 퇴적층의 일부 구간(구조 분대 I 과 II)에서는 해수환경을 지시하는 구조중이 산출되었다. 구조 균집 조성을 근거한 연구 단면의 최하부에서 최상부까지의 퇴적 환경은 육성환경(terrestrial sediment) →호수 연안 소택지 환경(freshwater lake littoral swamp environment)→육성환경(terrestrial sediment)→습지(wetland)로 변화하였다.

사 사

이 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2002-070-C00087)에 의하여 연구되었습니다. 논문 심사 과정에서 세심하고 값진 조언을 해 주신 익명의 심사위원 두 분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

김여상, 1988, 한국 서해 천수만 사장포 해안의 조간대층의 퇴적환경과 진화. 박사학위논문, 서울대학교, 169p.
 김여상, 박용안, 1988, 한국 서해 천수만 북동부에 발달한 제4기 현세 조간대층 하위의 퇴적층의 간월도층 연구, 한국제4기학회지, 2, 13-24.
 김여상, 박수철, 1992, 한국 서해안 근흥만의 조간대 퇴적층 연구: 층서 및 형성과정, 한국지구과학회지, 13, 41-52.
 김주용, 이동영, 최성길, 1998, 플라이스토신 층서 연구, 한국제4기학회지, 12(1), 77-87.
 박용안, 1992, 한국 서해(황해)의 제4기 후기 및 홀로세(현세)의 해수면 변동과 기후, 한국제4기학회지, 6, 13-22.
 박용안, 1993, 플라이스토세 후기의 기후 변동과 황해 해저 분지의 환경 변화, 지질학회지, 93 특별호, 42-57.
 박용안, 최진용, 임동일, 최강원, 이영길, 1995, 한국 서해 남양만 조수퇴적분지의 제4기 퇴적층서와 부정합, 한국해양학회지, 30, 332-341.
 박용안, 임동일, 최진용, 이영길, 1997, 한국 서해 함평만 조간대 퇴적층의 제4기 후기 층서 연구, 『바다』 한국해양학회지, 2(2), 138-150.

배부영, 이영길, 1993, 한국 남해 서부해안 해역 표층퇴적물에서 산출되는 구조의 균집분석과 퇴적환경, 한국고생물학회지, 9(2), 115-130.
 류은영, 남옥현, 양동윤, 김주용, 2005, 한국 서해 연안습지의 구조 및 고환경 연구, 지질학회지, 41(2), 227-240.
 심재형, 2003, 플랑크톤 생태학. 서울대학교 출판부, 348p.
 오경섭, 박용안, 최진용, 1995, 천수만 간월도층의 퇴적후 변형상(cryoturbation)으로 해석되는 제4기 최후빙기의 한반도 서해안의 고환경, 한국제4기학회지, 9, 43-60.
 윤순옥, 조화룡, 1996, 제4기 후기 영양분지의 자연환경변화, 대한지리학회지, 31(3), 447-468.
 이상현, 김주용, 오근창, 양동윤, 류은영, 오규진, 2006, 화분 분석을 이용한 아산시 풍기동 지역의 후기 플라이스토세 고환경, 지질학회지, 42(1), 57-68.
 이선복, 2000, 구석기 고고학의 편년과 시간층위 확립을 위한 가설, 한국고고학보, 42, 1-22.
 이영길, 박용안, 최진용, 1994, 한국 서해 남양만 북서부 조간대 퇴적층의 퇴적상과 미고생물학적 연구, 고생물학회지, 10(1), 26-40.
 이영길, 박용안, 최진용, 1995, 한국 서해 만경강-동진강 하구역 및 연안역 조간대 퇴적층의 퇴적상과 미고생물학적 연구, 한국해양학회지, 30(2), 77-90.
 이영길, 박용안, 최진용, 1997, 한국 서해 함평만 조간대 퇴적층의 층서, 퇴적상 및 구조에 관한 연구, 지구과학회지, 18(2), 90-98.
 임동일, 정희수, 엄인권, 2002, 한국 서해 천수만 선현세 간월도 퇴적층의 퇴적환경, 『The Sea』 The Journal of the Korean Society of Oceanography, 7(1), 32-42.
 장진호, 1995, 한국 서해 곰소만 조간대 퇴적작용. 서울대학교 박사학위논문, 191p.
 조화룡, 1980, 한국 동해안에서 완신세의 해수준 변동, 지리학평론, 53(5), 324-325.
 조화룡, 1986, 만경강 연안층적평야의 지형발달, 경북대 사범대 교육연구지, 28, 19-35.
 조화룡, 장호, 이종남, 1987, 가조분지의 지형발달, 한국제4기학회지, 1(1) 35-45.
 황상일, 1992, 일산 새도시 개발지역 학술조사 보고 1, 155-175.
 황상일, 1994, 도대천 층적평야의 지형발달, 지리학총 21-22, 41-60.
 황상일, 1995, GIS 기법으로 복원한 일산 지역의 Holocene 퇴적환경 변화, 한국지형학회지, 2(1), 1-8.
 황상일, 1998, 일산 층적평야의 홀로세 퇴적환경 변화와 해면변동, 대한지리학회지, 33(2), 143-164.
 황상일, 윤순옥, 조화룡, 1997, Holocene중기에 있어서 도대천 유역의 퇴적환경 변화, 대한지리학회지, 32(4), 403-420.
 Bloom, A. L. and Park, Y. A., 1985, Holocene sea-level history and tectonic movements, Republic of Korea. Quaternary Research, 24, 77-84.
 Caballero, M., Lozano, S., Ortega, B., Urrutia, J. and

- Macias, J.L., 1999, Environmental characteristics of Lake Tecocomulco, northern basin of Mexico, for the last 50,000 years. *Journal of paleolimnology*, 22, 399-411.
- Chang, C.H. and Kim, C.M., 1982, Late-Quaternary vegetation in the lake Korea. *Korean Journal Botany*, 25(1), 37-53.
- Freund, H., Gerdes, G., Strief, H., Dellwig, O., and Watermann, F., 2004, The indicative meaning of diatoms, pollen and botanical macrofossils for the reconstruction of palaeoenvironments and sea-level fluctuations along the coast of Lower Saxony; Germany, *Quaternary International*, 112, 71-87.
- Hendey, N.I., 1964, An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. *Fishery Investigations Series VI*, HMSO, London, 317p.
- Johansen, J.R., 1999, Diatoms of aerial habitats. In: Stoermer, E. F., Smol, J.P. (Eds.), *The diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*. Cambridge University Press. Cambridge, pp. 264-273.
- Kashima, K., 2003, The quantitative reconstruction of salinity changes using diatom assemblages in inland saline lakes in the central part of Turkey during the Late Quaternary, *Quaternary International*, 105, 13-19.
- Kato, M., Tanimura, Y., and Fukusawa, H., 2004, Survival strategy of diatom species living on now-depositing non-glacial varves, *Quaternary International*, 123-125, 21-26.
- Linsley, B.K., 1996, Oxygen-isotope record of sea level and climate variations in the Sulu Sea over the past 150,000 years, *Nature*, 380, 234-237.
- Ojala, A.E.K., Heinsalu, A., Saarnisto, M., and Tiljander, M., 2005, Annually laminated sediments date the drainage of the Ancylus Lake and early Holocene shoreline displacement in central Finland, *Quaternary International*, 130, 63-73.
- Owen, R.B., Renaut, R.W., Hover, V.C., Ashley, G.M., and Muasya, A.M., 2004, Swamps, springs and diatoms: wetlands of the semi-arid Bogoria-Baringo Rift, Kenya, *Hydrobiologia*, 518, 59-78.
- Park, Y.A. and Bloom, A.L., 1984, Holocene sea-level history in the Yellow Sea, Korea, *The Journal of the Geological Society Korea*, 20(3), 189-194.
- Park, Y.A., Khim, B.K., and Zhao, S., 1994, Sea level fluctuation in the Yellow Sea Basin, *The Journal of the Korean Society of Oceanography*, 29(1), 42-49.
- Park, Y.A. and D.I., Lim, 1996, Sedimentology and stratigraphy of the Holocene and pre-Holocene tidal deposits, Namyang bay, west coast of Korea. In: abstract of "Tidalites '96", *International Conference on Tidal Sedimentology*, 126p.
- Park, Y.A. and K.S., Choi, 1998, Silty tidal rhythmites from the upper Pleistocene sedimentary sequence, West coast of Korea, *Journal of Korean Society of Oceanography*, 33, 71-79.
- Sancetta, C., 1983, Biostratigraphic and paleoceanographic events in the eastern equatorial Pacific. *Deep Sea Drilling Project Leg 69. Initial Reports of Deep Sea Drilling project*, 69, 311-342.
- Vos, P.C. and Gerrets, D.A., 2005, Archaeology: a major tool in the reconstruction of the coastal evolution of Westergo (northern Netherlands), *Quaternary International*, 133-134, 61-75.
- Yabe, H., Yasui, S., Urabe, A., and Takahama N., 2004, Holocene paleoenvironmental changes inferred from the diatom records of the Echigo Plain, central Japan, *Quaternary International*, 115-116, 117-130.
- Wang, K. and Jiang, H., 1987, Discovery of diatom assemblages from deep-sea basin in the South China Sea and their geological implication. *Acta Oceanologica Sinica*, 6, 215-221.

투 고 일 : 2006년 7월 27일

심 사 일 : 2006년 8월 2일

심사완료일 : 2006년 12월 18일