

김제시 부량면 제4기 퇴적물에서 산출된 구조 및 고환경 연구

박영숙¹, 이종덕¹, 양동윤², 남옥현², 이상현²

¹전북대학교 자연과학대학 지구환경과학과

²한국 지질자원연구원 지질환경재해연구부

요약: 김제시 부량면 일대에서 채취한 코어퇴적물 JB13A로부터 구조 화석 분석을 실시한 결과, 총 22속 59종의 담수규조를 감정하였으며 3개의 구조 화석 군집대를 설정하였다. 퇴적층은 탄소동위원소 연대 측정에 의하면 약 2,780y BP. ~ 50,000 y BP. 에 퇴적되었다. 구조 군집 분석에 의해 JB13A 코어퇴적물은 퇴적될 당시 범람 원으로 인한 배후습지였으나 최후빙기 최성기동안 침식곡이 발달 하여 건조한 육지환경이 되었다가 기후가 온난해지면서 간헐적으로 건조한 습지 환경으로 변화 하였다.

주제어: 부량면, 구조 화석, 배후습지, 침식곡

서론

호남평야는 동진강과 만경강에 의해 운반된 충적층이 넓게 분포하여 대규모 평야지대를 이루는 곳이다. 기복이 작고 사면경사가 완만하여 농경지로 이용되는 구릉성 내지 준평원성 침식지형이 대소 하천의 분수계를 따라 널리 분포한다. 동진강과 만경강은 여러개의 지류를 가지고 있으며 육지쪽 말단부를 중심으로 황해 쪽은 해안평야, 내륙쪽은 하곡평야로 구분할 수 있으며 이 두 지형은 서로 점이적으로 만난다. 호남평야의 핵심을 이루고 있는 충적지는 거의 10 m 미만으로서 현 해수면에 극히 가까우며 만경강의 해발고도보다 동진강의 경우가 약간 더 낮다. 또한 동진강의 하곡평야에서는 배후습지와 자연제방간의 고도차도 현저하게 나타나지 않는다(권혁재, 1975).

연구지역인 김제시 부량면 일대는 호남평야의 일부분으로 충적층이 두껍게 퇴적된 김제평야이다. 사질양토가 많아 일찍부터 벼농사가 발달했으며 부근에 백제시대에 축조된 벽골제가 위치하고 있다. 벽골제는 한국에서 축제된 대규모의 저수지 중에서 가장 오래된 것으로 알려져 있으며, 축제 시기는 서기 329년으로 기록되어 있다. 벽골제는 김제평야의 수전 경작에 중요한 역할을 하고 있었으며 현재는 2500m의 제방과 2개의 수문만이 남아 있다.

이 지역에서의 발굴 보고(윤무병, 1997)와 지리학적 연구(권혁재, 1974, 1975)가 있으나 화석을 이용한 고생물학적, 고환경적 연구는 전무하다. 구조 화석은 Bacillariophyceae강에 속하는 단세포 조류로서 방사대칭형의 원형규조(centric diatoms)와 좌우대칭형의 우상규조(pennate diatoms)로 나뉜다. 규조는 규질의 세포 벽을 가져서 퇴적물에 보존이 잘되며 해양 뿐 아니라 강과 하천에서 온도(Squires *et al.*, 1979; Descy and Mouvet, 1984), 영양염류(Pringle and Bowers, 1984; Pan *et al.*, 1996)와 같은 물리적, 화학적, 생물학적 환경요인에 민감하게 반응하기 때문에 고육수학(paleolimnology)과 고기후(paleoclimate)복원에 매우 중요하게 이용된다(Cohen, 2003; Kashima, 2003; Freund *et al.*, 2004; Kato *et al.*, 2004; Yabe *et al.*, 2004; Ojala *et al.*, 2005; Vos and Gerrets, 2005). 따라서 이 연구는 전라북도 김제시 부량면 월승리 일대에서 채취한 코어퇴적물로부터 구조 화석 군집을 분석하여 퇴적당시의 고환경 변화를 해석하고자 한다.

연구지역 및 연구방법

연구 코어 퇴적물 JB13A는 35°43'54"N, 126°51'52"E 지점에서 채취하였으며 김제시 부량면 월승리 지역에 해당된다. 지표면 고도는 6.929 m 이며 코어는 시추 시작 고도 6.039 m, 시추 끝 고도 -2.351 m 로서 총 시

추 길이가 8.390 m 이다. 연구지역 주변에 분포하는 수계로는 북쪽으로 동진강의 지류인 원평천과 남쪽으로 동진강이 흐르고 있으며, 동진강의 지천인 신곡천이 월승리와 선인리 사이를 흐른다(Fig. 1). 연구코어 지점은 이들 사이에 형성된 충적평야에 위치하며, 호남평야의 해발 50 m 이하의 구릉지는 기반암이 대부분 중생대 류라기의 대보화강암이다(이병주 외, 1997).

연구를 위한 시추 코어를 채취하기 위한 조사에는 유압 회전수세식 시추기를 사용하였다. 황동관(외경 76 mm, 내경 74 mm, 길이 85 cm)을 Standard stationary Piston sampler 안에 장착하고, 이 황동관을 유압으로 퇴적층 속에 밀어 넣는 방법으로 비교란 시료를 채취하였다. 육안으로 식별할 수 없는 퇴적구조를 관찰하기 위해서 교란되지 않은 편형 시료를 30×5×1 cm의 acryl slab에 담아 soft X-radiograph촬영을 하였고, 퇴적물의 수직적인 입도 변화양상을 파악하기 위해 필요구간에서 퇴적물 부시료를 채취하여 Mastersiaer 2000 (Malvern instrument) 장비를 이용하여 Laser Diffraction 방법으로 입도분석을 실시하였다. Biogenic silica (BSI)의 함량을 분석하기 위해 Müller and Schneider(1993)의 방법을 따랐다.

구조 화석 연구를 위해 채취한 시료공은 교란되지 않도록 절개하여 4 cm 등간격으로 총 182개의 시료를 채취하였으며 구조 화석 추출을 위한 실내 처리는 박영숙 외 (2006)의 방법을 사용하였다. 구조의 분류는 400~ 800배 현미경하에서 시료 당 산출되는 개체수가 적어 Slide 전체에 대해 실시하였다

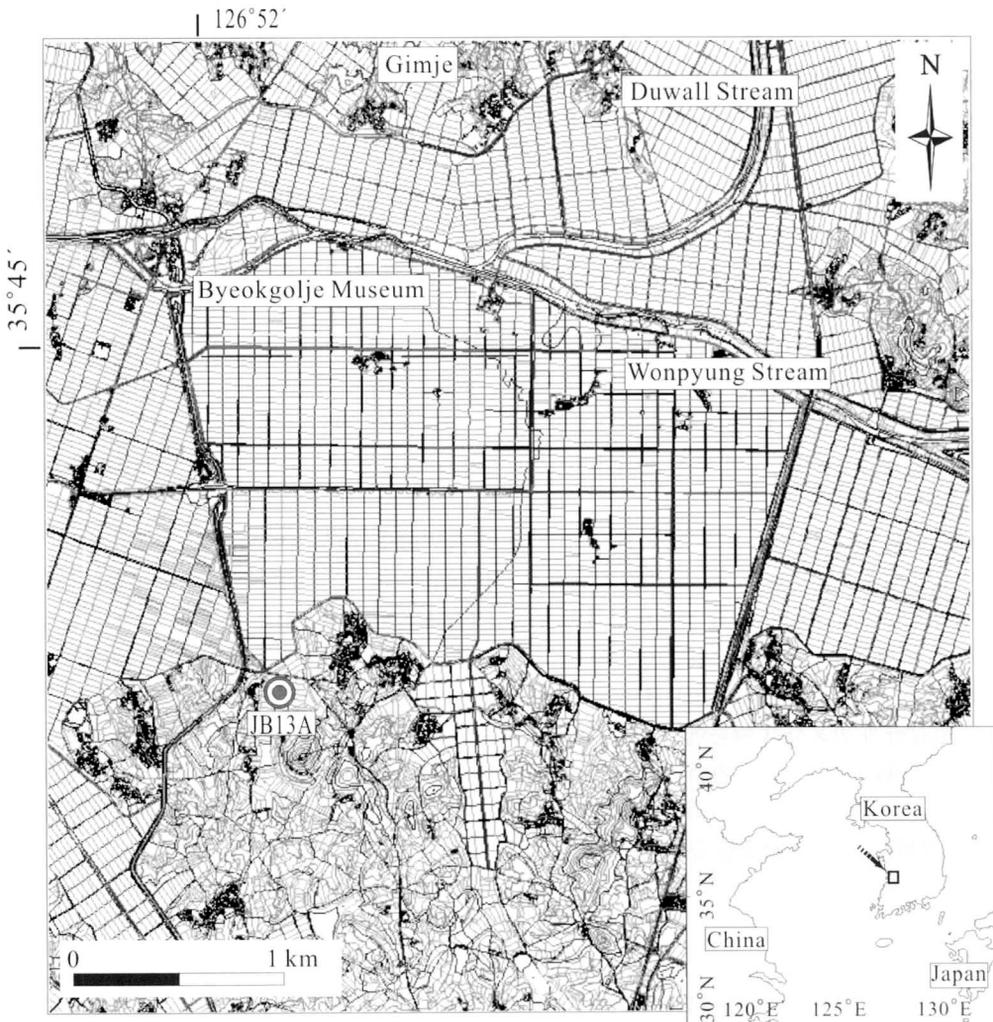


Fig. 1. Topographic map of the Buryang-myeon, Gimje.

토의 및 결과

김제시 부량면 월승리 지역에서 채취한 JB13A 코어 퇴적물을 분석한 결과 총 42개의 시료에서 규조가 산출되었다. 산출된 규조 화석의 보존상태는 매우 불량하였고, 산출되는 층준이 매우 한정되어 있다. 연구 코어 퇴적물의 하부 층준(sample no. JB13A 623 ~ 695: altitude -0.891 m ~ -1.861 m)과 상부 층준(sample no. JB13A 8 ~ 114: altitude 5.969 m ~ 4.909 m)에서 규조 화석이 다량 산출되었으며 중상부 층준에서는 두 구간(sample no. JB13A 207, 214: altitude 3.939 m ~ 3.869 m)에서만 규조 화석이 산출되었다. 이 연구에서 규조는 총 22속 59종이 분류되었으며 규조 군집의 종 다양성과 풍부성이 하부, 중부와 상부 구간으로 매우 변화가 심하게 나타났다.

JB13A 코어 퇴적물에서 산출된 규조 군집의 분석 결과 *Aulacoseira* spp., *Eunotia flexuosa*, *Pinnularia cardinalis*, *Stauroneis phoenicenteron* 등이 우점종으로서 전체 산출량의 38.3%를 차지 하였다.

산출된 규조 종은 담수종으로서 *Aulacoseira* spp., *Cymbella* spp. (*C. cuspita*, *C. lanceolata*, *C. ventricosa*), *Eunotia* spp. (*E. epithemioides*, *E. diadon*, *E. pectinalis*, *E. praeupta* var. *biden*, *E. zygodon*), *Gomphonema* spp. (*G. acuminatum*, *G. acuminatum* f. *coronata*, *G. augur*, *G. constrictum*, *G. lanceolatum*, *G. sphaerophorum*), *Pinnularia* spp. (*P. cardinalis*, *P. hemiptera*, *P. maior*), *Amphora ovalis*, *Anomoeoneis sphaerophora*, *Hantzschia amphioxys*, *Stauroneis phoenicenteron*, *Tabellaria fenestrata* 등이 하부층준과 상부층준에서 풍부하게 산출되었다(Fig. 2).

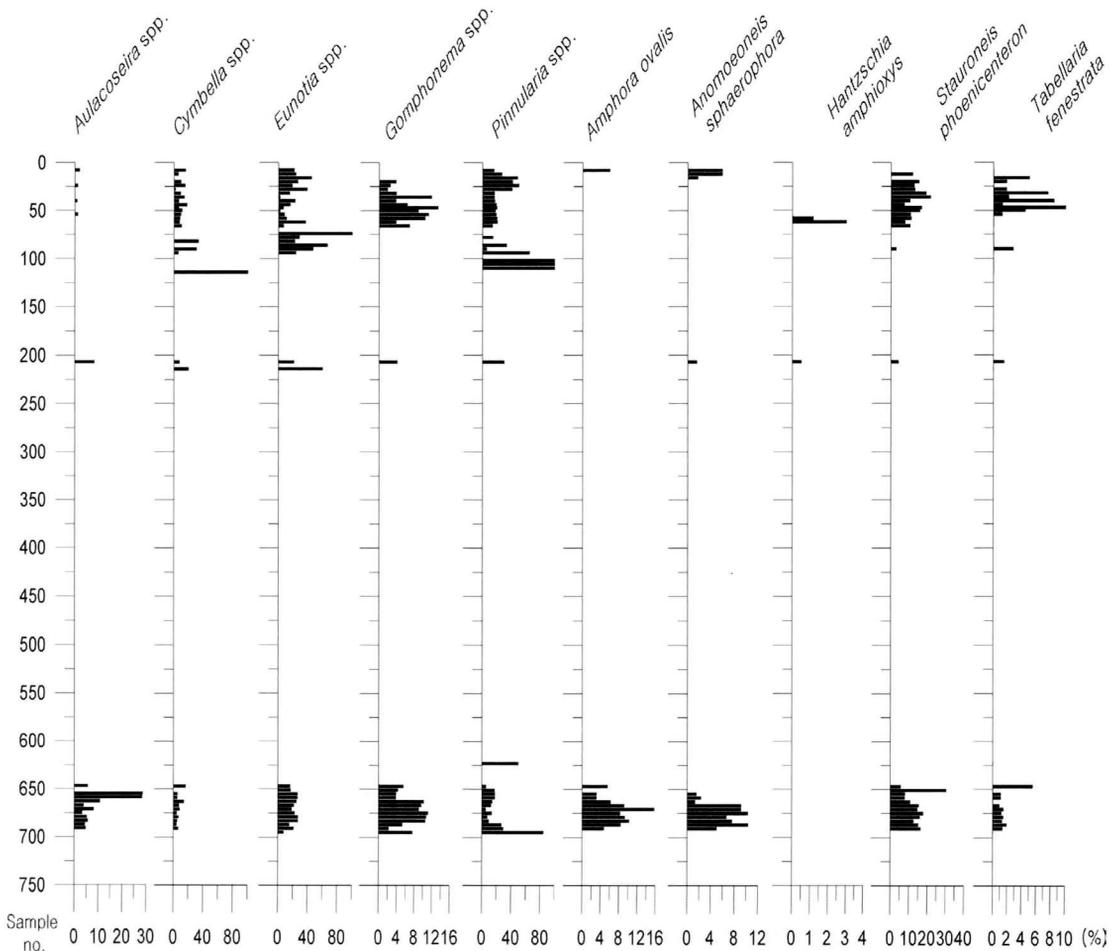


Fig. 2. Relative abundance of paleoindicator diatom in Buryang-myeon, Gimje.

규조 분대

규조 군집 분석의 결과 종조성과 산출량에 근거하여 연구 지역에서 3개의 분대를 설정하였다(Fig. 3).

규조 분대 I (sample no. JB13A 623 ~ 743; altitude -0.891 m ~ -2.341 m)

전체적인 규조의 산출이 상대적으로 풍부한 구간이며, 담수종으로서 *Aulacoseira* spp. (3.3% ~ 28.6%), *Cymbella* spp. (4.2% ~ 16.7%), *Eunotia* spp. (7.7% ~ 27.5%), *Gomphonema* spp. (2.2% ~ 11.2%), *Pinnularia* spp.(5.1% ~ 84.6%), *Amphora ovalis* (3.1% ~ 15.7%), *Anomoeoneis sphaerophora* (1.3% ~ 10.4%), *Stauroneis phoenicenteron* (5.6% ~ 30.4%), *Tabellaria fenestrata* (1% ~ 5.6%)가 산출되었으며, JB13A 743 ~ 698까지의 구간에서는 규조의 산출이 없다.

규조 분대 II (sample no. JB13A 118 ~ 619; altitude 4.869 m ~ -0.851 m)

규조의 산출이 거의 없는 구간으로서 두 층준 (JB13A 207(alt. 3.939 m), JB13A 214(alt. 3.869))에서만 규조가 산출된다. *Aulacoseira* spp. (8.1%), *Cymbella* spp. (7.6% ~ 20%), *Eunotia* spp. (21.3% ~ 60%), *Gomphonema* spp. (4.1%), *Pinnularia* spp. (29.9%), *Anomoeoneis sphaerophora* (1.5%), *Hantzschia amphioxys* (1%), *Stauroneis phoenicenteron* (4.1%), *Tabellaria fenestrata* (1.5%)가 산출된다.

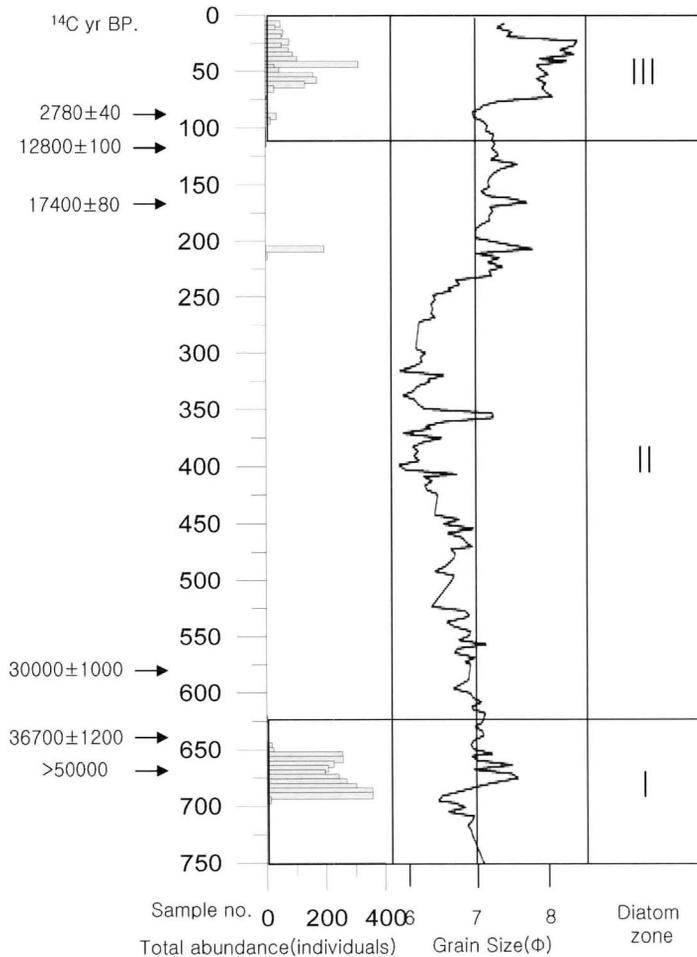


Fig. 3. Diatom zonation and abundance of total diatom.

규조 분대 III (sample no. JB13A 1 ~ 114: altitude 6.039 m ~ 4.909 m)

규조의 산출이 다시 풍부해 지는 구간으로서 규조 분대 I에 비하여 상대적으로 *Aulacoseira* spp. (1.2% ~ 2.0%)와 *Amphora ovalis* (5.9%)가 매우 적게 산출이 되며, 규조 분대 II에서 소량 산출되었던 *Hantzschia amphioxys* (1.2% ~ 3.0%)가 증가한다. *Cymbella* spp. (1.9% ~ 33.3%), *Eunotia* spp. (2.2% ~ 66.7%), *Gomphonema* spp. (3.7% ~ 13.3%), *Pinnularia* spp. (5.6% ~ 64.7%), *Anomoeoneis sphaerophora* (1.7% ~ 5.9%), *Stauroneis phoenicenteron* (2.8% ~ 21.5%), *Tabellaria fenestrata* (1.2% ~ 10%)가 산출된다.

퇴적시기 및 입도분석

JB13A코어 퇴적물에 대한 방사성 탄소 연대측정의 결과 본 연구 단면 하부 JB13A 666층은 50,000년전 이전에 퇴적되었으며 JB13A 641 층은 36,700±1,200y BP., JB13A 172층은 17,400±80y BP., JB13A 40 층은 2,780±40y BP.에 퇴적된 것으로 분석 되었다. 그러나 연구 단면의 중부 층에서는 연대 측정 분석 결과가 나오지 않았다(Table 1).

위의 결과로 보아 연구지역의 퇴적층이 형성된 시기는 약 2,780 ~ 50,000y BP.으로 신생대 제4기 플라이스토세 후기에 해당되며, 산소 동위원소 구분 연대인 Isotope Stage 1-3에 걸쳐 퇴적되었다고 볼 수 있다. 이 시기는 빙름 빙기의 중기와 후기에 해당하고 20,000y BP. 부근에서 최대 빙기를 거쳐서 11,000y BP. 부터는 기온이 상승하게 된다.

퇴적물의 입도 분석 결과 연구 단면의 하부에서는 6.5φ이상으로 세립의 실트가 주를 이루며 중부에서는 하부에서보다 조립의 실트로 구성되어 있으며 상부구간에서는 8φ 이상으로 점토질이 우세한 경향을 보인다. 유기질 silica 함량의 경우 하부구간에서 최대치를 보이며 고도 -0.1 m를 지나면서 함량이 급격히 감소하다가 상부구간으로 갈수록 증가하는 경향을 보인다(Fig. 4).

고환경 해석

연구단면에서 설정된 규조 분대에 대한 고환경을 해석하였다.

규조 분대 I

전체적인 규조의 산출 개체수가 상대적으로 풍부하고 산출되는 종이 모두 담수종으로 구성된다. 특히 상부구간에 비해 *Aulacoseira* spp.이 우세하게 산출되며 *Cymbella* spp., *Eunotia* spp., *Gomphonema* spp., *Pinnularia* spp. 와 같은 호소습지 부착성종들이 대부분을 차지한다. 또한, 간헐적으로 건조한 매우 얇은 수심을 지시하는 *Anomoeoneis sphaerophora*가 다량 산출된다(Blinn et al., 1994). 따라서 규조 분대 I이 퇴적될 당시 연구지역은 매우 얇은 소택지환경 이었다

규조 분대 II

두 층 (JB13A 207(alt. 3.939 m), JB13A 214(alt. 3.869))을 제외한 나머지 층에서는 전체적으로 규조의 산출이 없다. 산출되는 두 층에서는 규조 분대 I에서와 마찬가지로 담수 환경을 지시하는 *Aulacoseira*

Table 1. Accelerator mass spectrometry ¹⁴C ages from Buryang-myeon, Gimje.

sample	Lab. No.	segment start altitude (m)	Material	¹⁴ C yr BP.
JB13A 87	SNU05-613	5.179	sediment bulk	2780±40
JB13A 120	SNU05-614	4.849	sediment bulk	12800±100
JB13A 172	SNU05-615	4.329	sediment bulk	17400±80
JB13A 578	SNU05-621	-0.441	sediment bulk	30000±1000
JB13A 641	SNU05-622	-1.071	sediment bulk	36700±1200
JB13A 666	SNU05-623	-1.321	sediment bulk	>50000

spp., *Eunotia* spp., *Gomphonema* spp., *Pinnularia* spp.가 매우 소량 산출되며 육성환경을 지시하는 *Hantzschia amphioxys*가 산출된다. 이 시기는 전체적으로 연구지역에 담수의 유입이 거의 없었으며 건조화된 환경이었으며 JB13A 207과 214 층준이 퇴적될 당시에만 약간 담수의 유입이 있었다.

규조 분대 III

하부구간에 비하여 전체적인 규조의 산출이 대폭 증가하는 구간으로서 호소습지환경을 지시해주는 *Aulacoseira* spp.의 산출이 대폭 줄어들고 *Hantzschia amphioxys*가 증가하는 경향을 보이며 매우 얇은 수심 환경을 나타내는 *Anomoeoneis sphaerophora* 와 *Tabellaria fenestrata*가 다량 산출된다. 이들로 보아 이 시기는 규조 분대 I에서 보다 간헐적으로 건조화되는 매우 얇은 습지환경을 나타낸다.

토 의

범람원의 주변에 분포하는 자연제방(natural levee)과 배후습지(backmarsh)는 토지 이용에 예민하게 반영되기 때문에 일찍부터 사람들의 주목을 끌어 왔다. 홍수가 자주 발생하고 지하수면이 높은 범람원에 있어서 자연제방은 개발초기부터 농경지로 이용되며 촌락이 입지하나 배후습지는 marsh 또는 swamp로 남아 있어 식별이 용이 하였으나 현재 호남평야의 범람원은 전부 농경지로 개발되었다(권혁재, 1975). 현재의 농경지 주변에서 채취한 연구 단면의 퇴적 시기는 탄소 동위원소 연대측정 결과로 살펴보면 약 2,780~5만년 사이에 퇴적된 것으로, 마지막 빙기의 최성기를 포함하고 있는 시기이다. 전체 시추 코어퇴적물중 상부층과 하부층은 비교적 규조산출이 많았으나 중간부의 경우 규조산출이 급격히 줄어들어 중대한 지질학적변화가 있었음을 알 수 있다. 연구지역이 원평천과 동진강사이에 펼쳐진 충적평야에 놓여 있으며, 이들 사이를 가로질러 흐르는 신곡천과 매우 근거리에 위치하고 있다. 연구 단면의 규조 I분대가 퇴적된 환경은 담수종의 산출과 상대적으로 입도가 작은 세립실트가 퇴적된 것으로 미루어 보아 범람원으로 인해 생긴 배후습지로 해석된다(Fig. 5a). 그러나 규조 분대 II가 퇴적될 당시는 우리나라에 있어 18,000y BP.을 전후하여 해수면이 현재보다 100m전후로 낮아 있는 최후빙기 최성기였기 때문에 저해수준에 대응해서 하천은 하각작용이 일어나 현재의 충적층 밑에 침식곡을 형성하였다. 해저경사가 완만한 경우는 연장천이 길게 형성되고 완만한 구배를 갖게 되므로 침식기준면 저하의 영향이 긴 연장천 구간에 분산되어 현 하구부 부근에는 얇은 침식곡을 형성하게 된다(조화룡, 1987)(Fig. 5b).

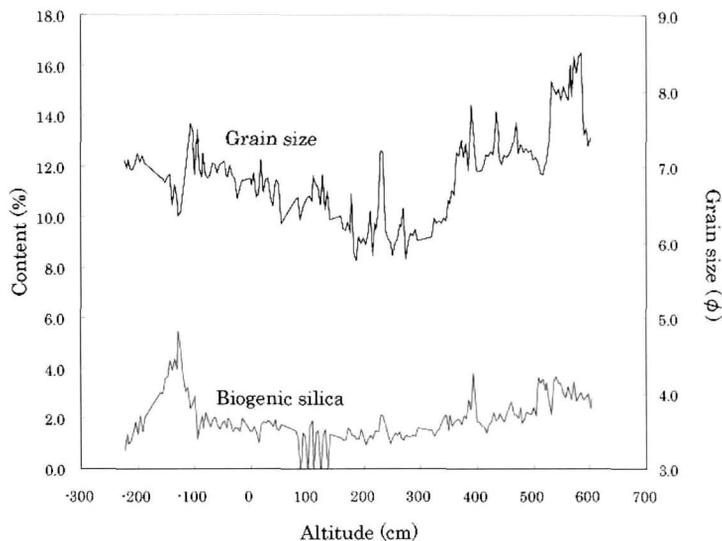


Fig. 4. Grain size and Biogenic silica record.

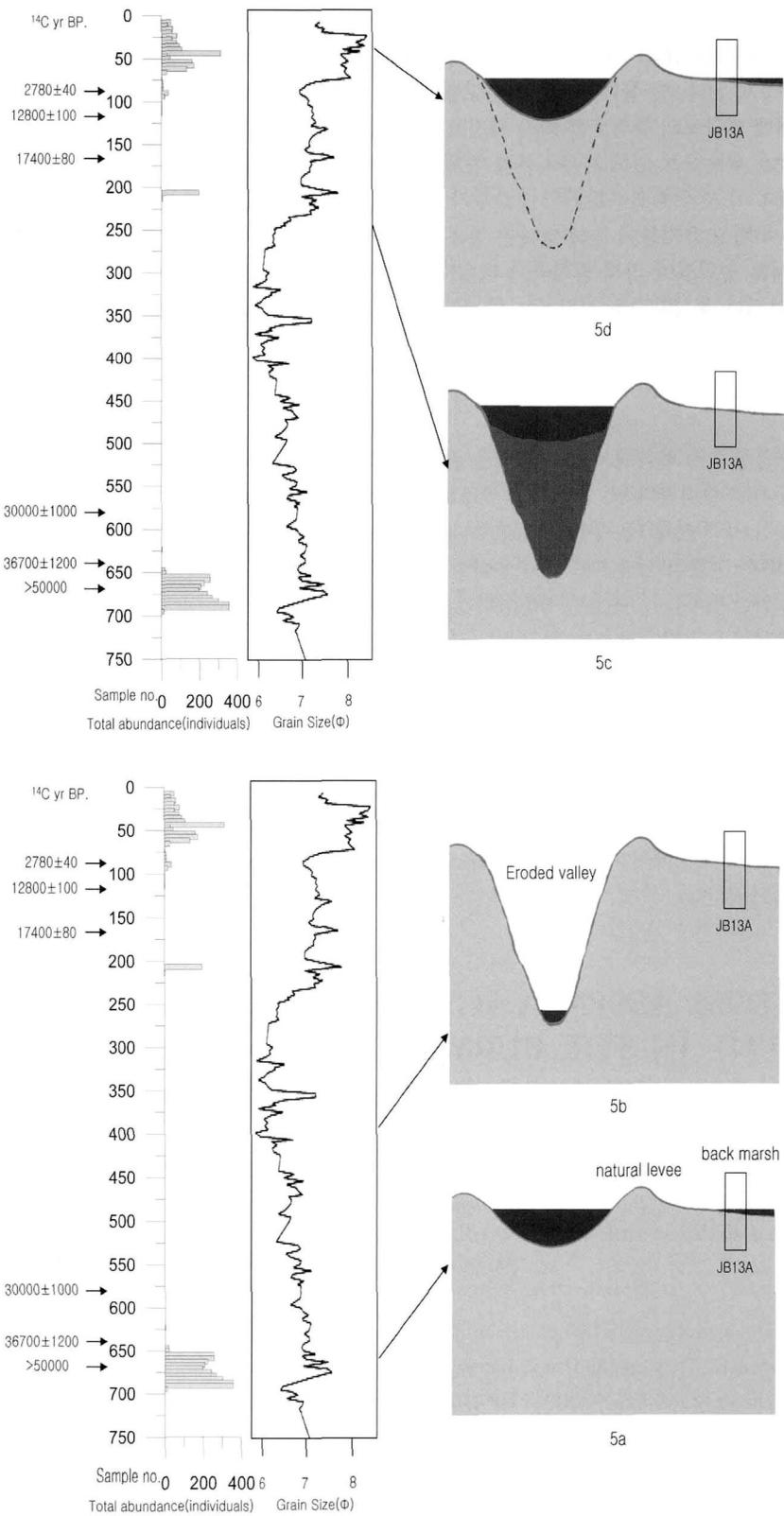


Fig. 5. Palaeoenvironmental reconstruction based on diatom analysis of JB13A core, Buryang-myeon, Gimje.

규조분대 II의 상부에서 규조분대 I로 넘어가는 시기는 빙기 최성기 이후 후빙기에 이르러 해수면이 점차 상승하므로 하류에서는 침식곡을 따라 익곡한 해류와 금강으로부터 내려온 세립질의 퇴적물이 조류에 의해 내륙으로 이동하게 된다. 또 상류지역인 진안고원지역에서도 퇴적물이 하류쪽으로 이동하여 결과적으로 현재의 김제 지역에 대규모의 충적토를 퇴적 시키게 된다. 넓게 형성된 충적토를 따라 동진강과 만경강, 그리고 그 지류들은 낮은 유속으로 인해 자유곡류를 하게 되고 자주 소규모 범람을 하게 된다(조화룡교수 논문집 발간위원회, 2006). 이 시기에 연구지역의 중간부가 퇴적된 것으로 보인다. 규조분대 I과 규조분대 III보다 상대적으로 층후가 두텁고 유기물이 거의 없다는 점은 대량의 퇴적물이 단시간에 쌓였음을 의미한다(Fig. 5c). 규조 분대 III에서는 충적토에 의해 침식곡이 매워지고 다시 수로의 범람으로 인해 연구지역이 다시 배후습지 지역이 된다. 그러나 육성환경을 지시하는 종 (*Hantzschia amphioxys*)의 산출이 증가하는 것으로 보아 간헐적으로 육화되는 시기가 많았음을 지시한다(Fig. 5d).

결 과

김제시 부량면 월승리 지역에서 규조 분석을 실시한 결과 총 22속 59종의 규조 화석이 감정되었으며, 퇴적물의 입도와 유기질 실리카의 양, 전체적인 규조의 산출 개체수, 규조의 종 조성분석을 통하여 3개의 규조분대를 설정하였다. 규조 분대 I은 얇은 소택지 환경이었으며 최성빙하기에 접어들면서 규조 분대 II는 육성환경, 규조 분대 III은 기온의 상승으로 다시 수심이 매우 얇은 습지 환경으로 변화하였다. 즉 김제시 부량면 일대는 범람으로 인한 배후습지 형성후 최성빙하기를 거치면서 침식곡의 형성과 다시 침식곡이 매몰되는 과정, 빙하기 이후 현재의 충적평야의 형태를 갖추는 모습으로 변천하였다.

감사의 글

이 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2002-070-C00087)과 한국지질자원연구원 기본사업인 “한반도 단주기/돌발 지구환경변화 과거 복원 및 미래예측기반 구축 (07-3314)” 과제의 일환으로 수행되었습니다. 논문 심사 과정에서 세심하고 값진 조언을 해 주신 충남대학교 윤혜수 교수님과 익명의 심사위원께 깊은 감사를 드립니다.

DIATOM ASSEMBLAGE FROM THE QUATERNARY SEDIMENT IN THE BURYANG-MYEON, GIMJE, AND ITS PALEOENVIRONMENTAL IMPLICATION

Young-Suk Bak¹, Jong-Deock Lee¹, Dong-Yoon Yang², Wook-Hyun Nahm² and Sangheon Yi²

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

²Geological and Environmental Hazards Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon, 305-350, Korea

Abstract: Sediment samples of JB13A core from Buryang-myeon, Gimje yielded 59 freshwater diatom species belonging to 22 genera. They enabled three diatom assemblage zones. Radiocarbon dates indicate that the studied section is approximately 2,780 to 50,000 yr BP. Diatom assemblages suggest that there were paleoenvironmental change in following ascending order; back marsh, eroded valley, terrestrial environment and back marsh or intermittent dry.

Key words: Buryang-myeon, Diatom, Back marsh, eloded valley

참고문헌

- 권혁재. 1974. 황해안의 간석지 발달과 그 퇴적물의 기원. 지리학회지 10:1-12.
- 권혁재. 1975. 호남평야의 층적지형에 관한 지리학적 연구. 지리학회지 12:1-20.
- 박영숙, 김명진, 이종덕, 구자진. 2006. 서산 석림동 제4기 퇴적층의 구조 및 고환경 연구. 지질학회지 42(4):547-557.
- 윤무병. 1997. 김제 벽골제 발굴보고. 고대학연구 139:18-28.
- 이병주, 김정찬, 김유봉, 조등룡, 최현일, 전희영, 김복철. 1997. 광주 지질도폭 설명서 (1:250000). 한국자원연구소, 82 pp.
- 조화룡. 1987. 한국의 층적평야. 교학연구사, 219 pp.
- 조화룡교수 논문집 발간위원회. 2006. 한국의 지형발달과 제4기 환경변화. 한울아카데미, 924 pp.
- Blinn, D. W., Hevly, R. H. and Davis, O. K. 1994. Continuous Holocene Record of Diatom Stratigraphy, Paleohydrology, and Anthropogenic Activity in a Spring-Mound in Southwestern United States. Quaternary Research 42(2):197-205.
- Cohen A. S. 2003. Paleolimnology; The history and evolution of lake systems. Oxford University Press, 528 pp.
- Descy, J. P. and Mouvet, C. 1984. Impact of the Tihange nuclear power plant on the periphyton and the phytoplankton of the Meuse River (Belgium). Hydrobiologia 119:119-128.
- Freund, H., Gerdes, G., Strief, H., Dellwig, O. and Watermann, F. 2004. The indicative meaning of diatoms, pollen and botanical macro fossils for the reconstruction of palaeoenvironments and sea-level fluctuations along the coast of Lower Saxony; Germany. Quaternary International 112:71-87.
- 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.
- Müller, P. J. and Schneider, R. 1993. An automated leaching method for the determination of opal in sediments and particulate matter. Deep-Sea Research 40:425-444.
- Ojala, A. E. K., Heinsalu, A., Saarnisto, M. and Tiljander, M. 2005. Annually laminated sediments date the drainage of the Ancyclus Lake and early Holocene shoreline displacement in central Finland. Quaternary International 130:63-73.
- Pan, Y., Stevenson, R. J., Hill, B. H., Herlihy, A. T. and Collins, G. B. 1996. Using diatoms as indicators of ecological conditions in lotic systems: a regional assessment. Journal of the North American Benthological Society 15:481-495.
- Pringle, C. M. and Bowers, J. A. 1984. An in situ substratum fertilization technique: diatom colonization on nutrient-enriched, sand substrata. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 41:1247-1251.
- Squiers, L. E., Rushforth, S. R. and Brotherson, J. D. 1979. Algal response to a thermal effluent: Study of a power station on the Provo River, Utah, USA. Hydrobiologia 63:17-32.
- 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.