

## 김제시 용성리 일대 유적지에서의 규조 분석

박영숙<sup>1,\*</sup>, 김선태<sup>1</sup>, 고금님<sup>2</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 지구환경과학과, <sup>2</sup>전라문화유산연구원

## Diatom analysis from the archaeological sites in around Yongseong-ri, Gimje

Young-Suk Bak<sup>1,\*</sup>, Seon Tae Kim<sup>1</sup>, Keum-nim Koh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Earth and Environmental Sciences, Chonbuk National University

<sup>2</sup>Jeolla Research Institute of Cultural Heritage

**요약** : 김제시 부량면 용성리 일대 유적 발굴 지역의 트렌치 단면으로부터 총 23개의 시료를 채취하여 규조를 분석하였다. 총 32속 61종의 규조를 감정하였으며, 종 다양성과 개체 수는 매우 적었다. 각 층준의 군집 구성과 규조 절대 개체 수 및 환경지시종의 분포에 의해서 3개의 군집대를 설정하였다. 규조분대 I에서는 해수종이 주로 산출되었으며, 인접한 지역에서는 해수종의 산출이 보고되지 않았기 때문에 이는 해수유입에 대한 귀중한 자료가 된다. 규조분대 II에서는 기수종과 담수종의 산출이 풍부하여 담수의 유입으로 인한 기수 환경이었음을 알려준다. 규조분대 III에서는 담수종의 산출이 많고, 그 중 *Eunotia*속에 포함되는 종들이 주로 산출되는 것으로 보아 담수의 유입이 있는 습윤한 토양 환경에서 퇴적되었다.

**주요어** : 부량면, 규조, 해수, 기수, 담수

**Abstract** : A total of 23 specimens were collected from the trench sections of the archaeological area, around Yongseong-ri, Buryang-myeon, Gimje. The diatoms identified to 61 species belonging to 32 genera and species diversity and abundance were very few. Three diatom assemblage zones were set up according to the vertical assemblage of each horizons, the absolute abundance of diatoms and the distribution of indicator species. In diatom assemblage zone I, marine species was mainly occurred. Because the marine species is not reported in study of the adjacent area, it is valuable data on sea-water inflow. In diatom assemblage zone II, the yield of brackish and freshwater species are abundant, indicating that the brackish water environment was caused by the influx of freshwater. In diatom assemblage zone III, the yield of freshwater species is high and species of genus *Eunotia* are mainly occurred. It is considered that they are deposited in wet soil environment where freshwater inflows occasionally.

**Key words** : Buryang-myeon, Diatom, Marine, Brackish, Freshwater

## 1. 서론

김제시 부량면 일대에는 약 1700년의 역사를 가진 벽골제가 존재하며, 벽골제는 다섯 개의 수문을 통하여 여러 지역의 논에 물을 대고 장마철에는 하류지역에 고르게 분산하도록 물을 흘려보내는 역할을 하도록 고안된 것으로 보인다. 또한, 서해로부터 유입되는 바닷물과 파도로부터 농지를 보호하는 데에도 이바지 해 온 것으로 추측된다(Park et al., 2003). 근현대에 이르러 급격한 훼손으로 제방 상단 중심부가 수로로 개조되었고 지금까지 용수로의 기능을 하고 있다(Jeong, 2009). 그러나 벽골제의 기능이 저수지라는 견해가 일반적이고, 방조제의 역할을 했는지에 대한 논란은 계속 제기되고 있다(Noh, 2010). 즉, 만조 때에 석제 수문을 닫아 해수의 침입을 막고 간조 때에 여는 수문이라는 견해를 입증하려면 해수면의 상승 등에 대한 규명이 매우 필요한 상황이다.

연구 지역은 벽골제에서 김제시 청소년수련원을 통과하는 국도(29호선)에 횡단 보행을 위한 지하보도를 설치하는 과정에서 발굴됨

에 따라 발굴 조사를 실시한 곳으로, 시굴 조사를 위한 트렌치 단면을 대상으로 규조 분석을 수행하였다(Fig. 1). 고고학적 조사지역에서 규조의 연구는 매우 드물게 이루어지며(Bak et al., 2006; 2007; 2016; Kim et al., 2011), 벽골제 인근에서는 Bak et al.(2007)이 부량면 월승리 지역의 시추 코어 시료로부터 규조를 연구한 이후로 다른 연구 결과는 없다. 규조는 퇴적물에 보존이 잘되며 해양 뿐 아니라 강과 하천에서 물리적·화학적·생물학적 환경 요인에 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 본 연구는 김제시 부량면 용성리 일대 트렌치 단면의 퇴적물을 채취하여 규조 분석을 수행하고, 연구 지역에 해수의 유입이 있었는지를 알아보는데 주목적이 있다.

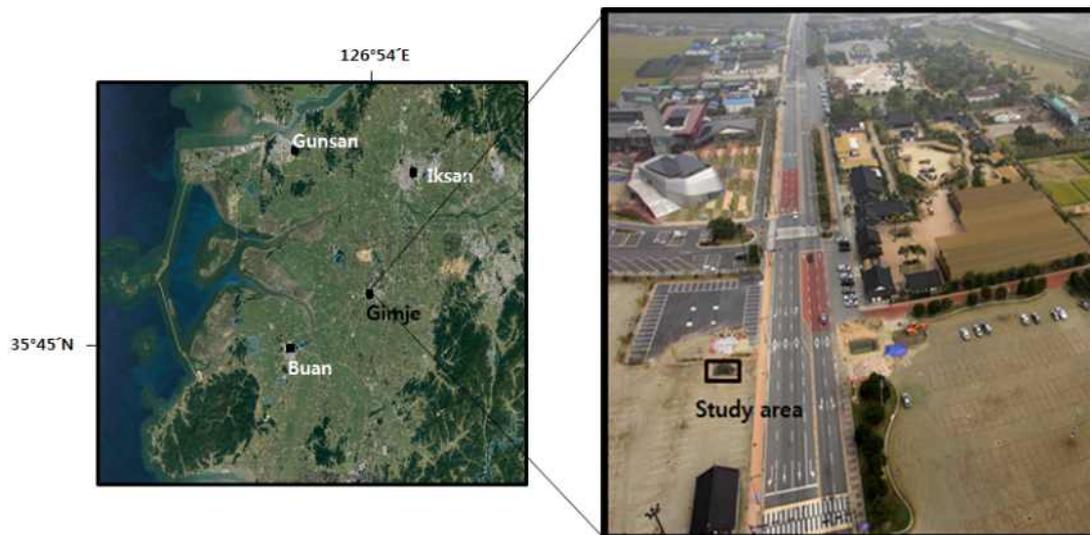


Fig. 1. Location of the Buryang-myeon, Gimje and study area.

## 2. 연구지역 및 연구방법

연구 지역은 김제시 부량면 용성리 일대에 분포하고 있으며, 김제시 부량면 일대는 호남평야의 일부분으로 충적층이 두껍게 퇴적된 김제평야이다. 호남평야에 있어서 해발 50m 이하의 구릉지는 기반암이 대부분 중생대 쥐라기의 대보화강암으로 되어있다(Lee et al., 1997). 사질양토가 많아 일찍부터 벼농사가 발달했으며, 부근에 백제시대에 축조된 벽골제가 위치하고 있다.

연구단면은 크게 8개의 층으로 구별되며 하부에는 사질점토와 점질토가 분포하고, 상부에 산화철이 집적되어 있는 회색점질토와 망간이 집적된 황회색점질토 및 논 경작층이 분포하고 있다(Fig. 2). 규모를 연구하기 위해 논 경작층

까지 각 토양층의 상부·중부·하부를 기준으로 총 23개의 시료를 채취하였다.

트렌치 퇴적물로부터 규모 화석을 산출하기 위하여 시료 4g에 묽은 염산(10%)과 과산화수소수를 각각 20mℓ씩 첨가한 후 핫플레이트 위에서 1시간 이상 가열하였다. 다시 묽은 염산과 과산화수소수를 첨가하고 퇴적물이 잘 분리되도록 2시간 이상 끓여 준다. 반응이 끝난 후 비이커 안의 윗물을 따라내고 증류수를 채워 퇴적물을 가라앉힌 다음 다시 따라 낸다. 이러한 세척 과정을 세 번 이상 반복하여 산이나 부유성 물질들을 모두 제거한다. 남은 잔류물을 60mℓ 병에 담고, 그 중 부표분을 취하여 슬라이드글라스가 장치된 settling container에 넣어 저온의 건조기(약 50°C) 안에서 건조시킨 후 커버글라스를 고정시켰다.

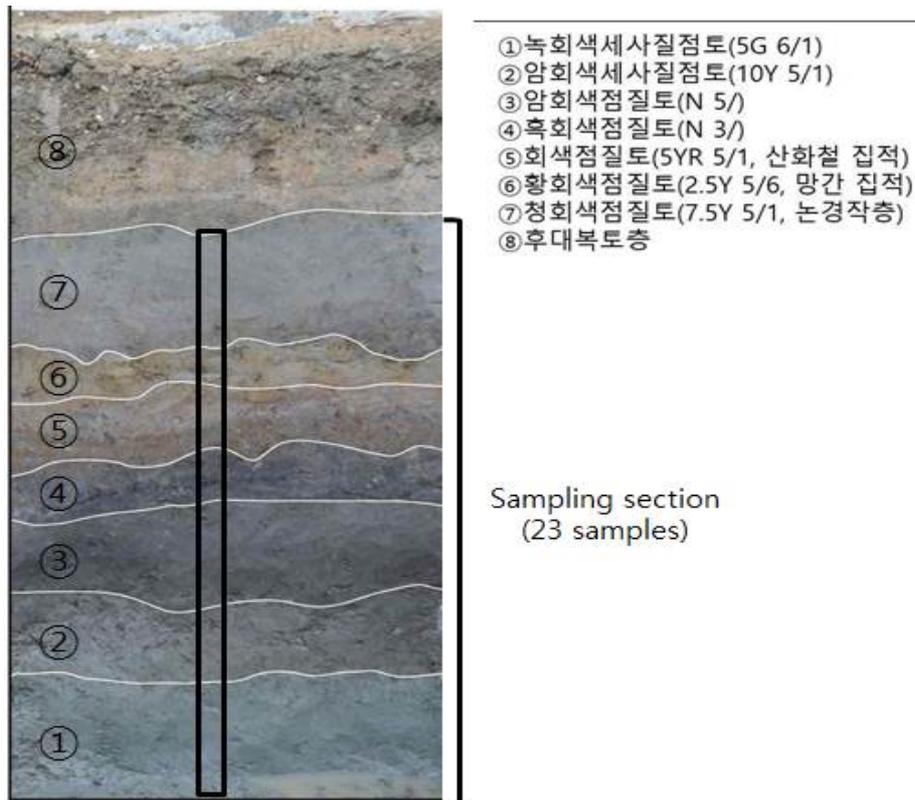


Fig. 2. Sampling site of trench section.

Nikon E400 현미경을 이용하여 규조를 관찰 하면서 주로 400-800배율에서 규조의 감정을 수행하였다. 또한, 규조 개체 수의 절대 농도를 측정하기 위하여 Scherer(1994)의 실험 방법을 따랐으며 계산식은 다음과 같다.

*DVC(Diatom Valve Concentration)*

$$= \frac{WS \times AV \times NV \times VS}{WD \times AC \times ND}$$

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.

### 3. 결과 및 토의

부량면 용성리 일대 연구지역에서 채취한 23 개의 트렌치 시료를 현미경 관찰한 결과, 모든 층준에서 규조가 산출되었으나 77cm 이상의 상부에서는 매우 적었으며 규조 개체 수 농도의 범위는  $0.1 \times 10^6 - 12.7 \times 10^6/g$ 으로 나타났다. 규조의 보존 상태는 평균적으로 불량한 편이며 32속 61종이 감정되었다. 규조 군집의 종의 다양성과 개체의 풍부성은 130-82cm구간에서 상대적으로 풍부하게 나타났다.

산출된 종들은 *Gomphonema acuminatum f. coronata* (9.4%), *Synedra ulna* (7.8%), *Paralia sulcata* (5.9%), *Amphora ovalis* (5.8%), *Gomphonema acuminatum* (4.9%), *Anomoeoneis sphaerophora* (4.5%), *Gomphonema constrictum* (4%), *Eunotia monodon* (3.4%)의 순으로 개체 수가 많다 (Fig. 3 and Plate 1).

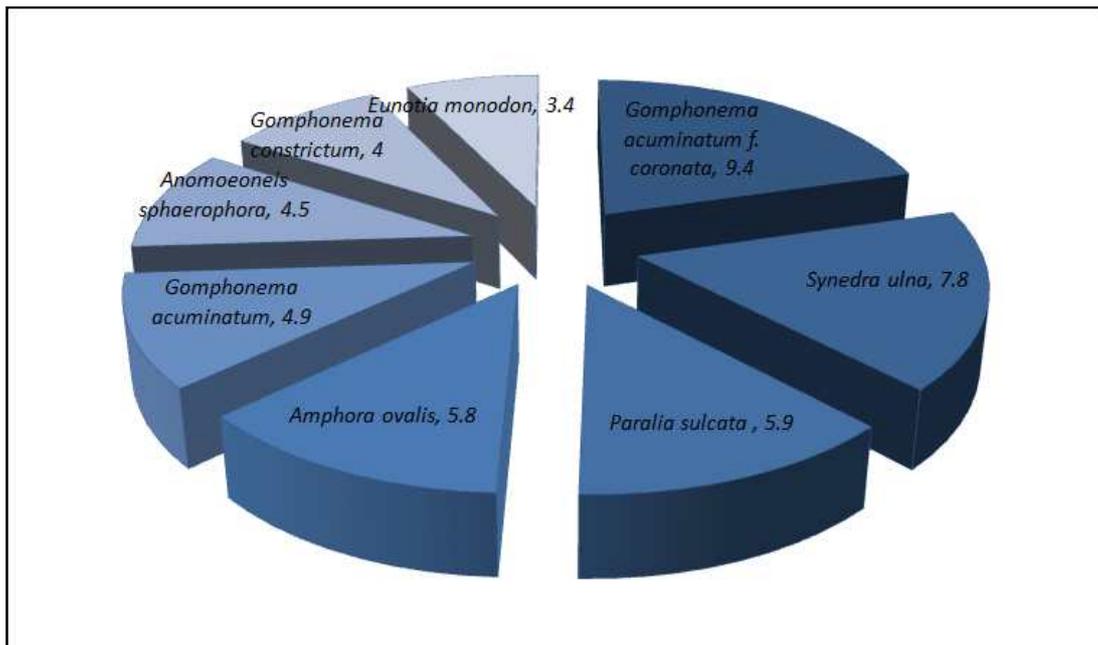


Fig. 3. Occurrence ratio of diatoms in the tench section.

규조의 생태적 특징은 Cupp(1943), Hasle(1960; 1976; 2001), Hendey(1964), Jouse et al.(1969), Sancetta(1982), Koizumi et al.(2004), Sancetta and Silvestri(1986), Shiga and Koizumi(2000), Simonsen(1974) 와 Tanimura(1992; 1999) 등을 참조하여 해석하였다.

### 3.1.1. 규조분대 I: 170cm-140cm

규조 개체 수의 농도 범위가  $0.3-4 \times 10^6/g$ 에 해당되며, 규조분대 I에서는 해수종인 *Actinocyclus senarius*, *Cyclotella striata*, *Cymatotheca weissflogii*, *Paralia sulcata*, *Podosira stelliger*, *Raphoneis amphicerus*, *Thalassiosira eccentrica*, *T. oestrupii*, *Thalassionema nitzschioides*의 산출이 많다

### 3.1. 규조분대

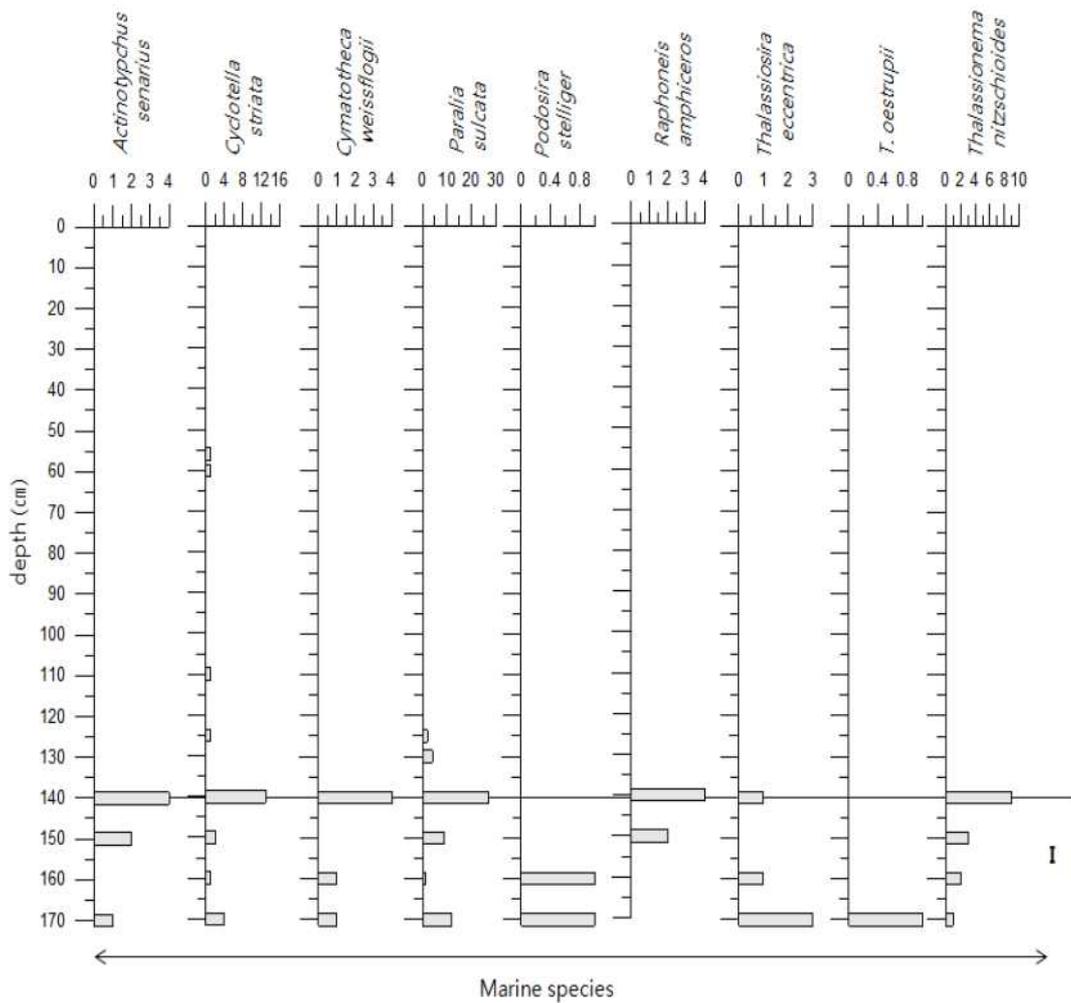


Fig. 4-1. Vertical abundance of the selected diatom taxa and diatom assemblage zones in the trench sediments.

(Fig. 4-1).

3.1.2. 규조분대 II: 140cm-82cm

규조 개체 수의 농도 범위가  $2.2 \times 10^6 - 12.7 \times 10^6/g$ 에 해당되며, 이 구간에서는 규조분대 I에서 산출되던 해수종들이 거의 나타나지 않는다. 그러나 *Amphora ovalis*와

*Anomoeoneis sphaerophora* 같은 기수종이 상대적으로 다량 산출되며, 담수종으로서 *Gomphonema acuminatum*, *G. acuminatum f. coronata*, *G. angur*, *G. constrictum*, *Pinnularia major*, *Stauroneis anceps*, *Synedra ulna* 등도 풍부하게 산출되는 구간이다(Fig. 4-2).

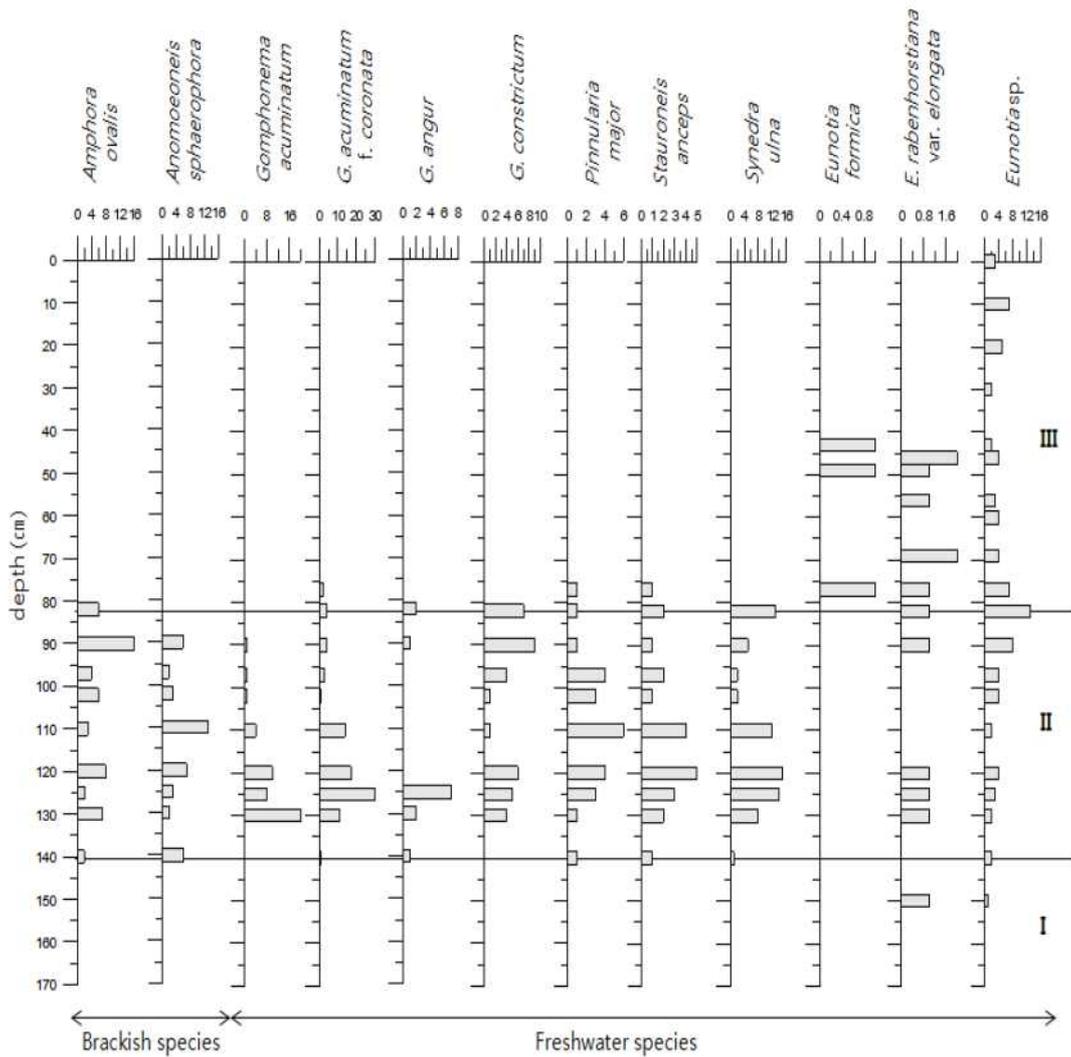


Fig. 4-2. Vertical abundance of the selected diatom taxa and diatom assemblage zones in the trench sediments.

### 3.1.3. 규조분대 III: 82cm-0cm

규조 개체 수의 농도 범위가  $0.1 \times 10^6 - 0.6 \times 10^6/g$ 에 해당되며, 규조분대 II보다 전체적으로 규조의 산출이 적다. 규조분대 II에서 다량 산출되었던 기수종과 담수종의 산출이 거의 없으며, 담수종인 *Eunotia formica*와 *E. rabenhorstiana* var. *elongata*가 풍부하게 산출된다. 특히 규조분대 II에서부터 *Eunotia* sp. 이 꾸준히 산출된다(Fig. 4-2).

## 3.2. 고환경 해석

김제 벽골제 인근 규조분석에 대한 연구는 박영숙 외(2007)에 의해서 수행된 바 있으며, 2,780 yr BP. -50,000 yr BP. 시기에 퇴적된 퇴적층으로부터 3개의 규조 군집대를 설정하였

고, 퇴적 당시 배후 습지에서 최후빙기 최성기 동안 육지 환경이었다가 기후가 온난해지면서 간헐적으로 건조한 습지 환경으로 변화하였다고 보고하였다. 그러나 본 연구 트렌치 퇴적층은 연대측정이 이루어지지 않아 기존 연구와 대비할 수는 없으나 기존 연구에서 산출되지 않았던 해수종의 산출이 나타난 것은 특이할 만한 사실이다.

규조 분대 I에서 해수종이 주를 이루며, 그중 oceanic 종인 *Thalassiosira eccentrica*, *T. oestrupii*, Neritic-littoral 종인 *Actinoptychus senarius*, *Paralia sulcata*, *Podosira stelliger*, *Thalassionema nitzscoides*, Littoral 종인 *Cyclotella striata* 가 산출된다. 따라서 규조분대 I에 퇴적되는 당시에는 연구 지역에 해수가 유입되었다고 할 수 있다(Fig. 5).

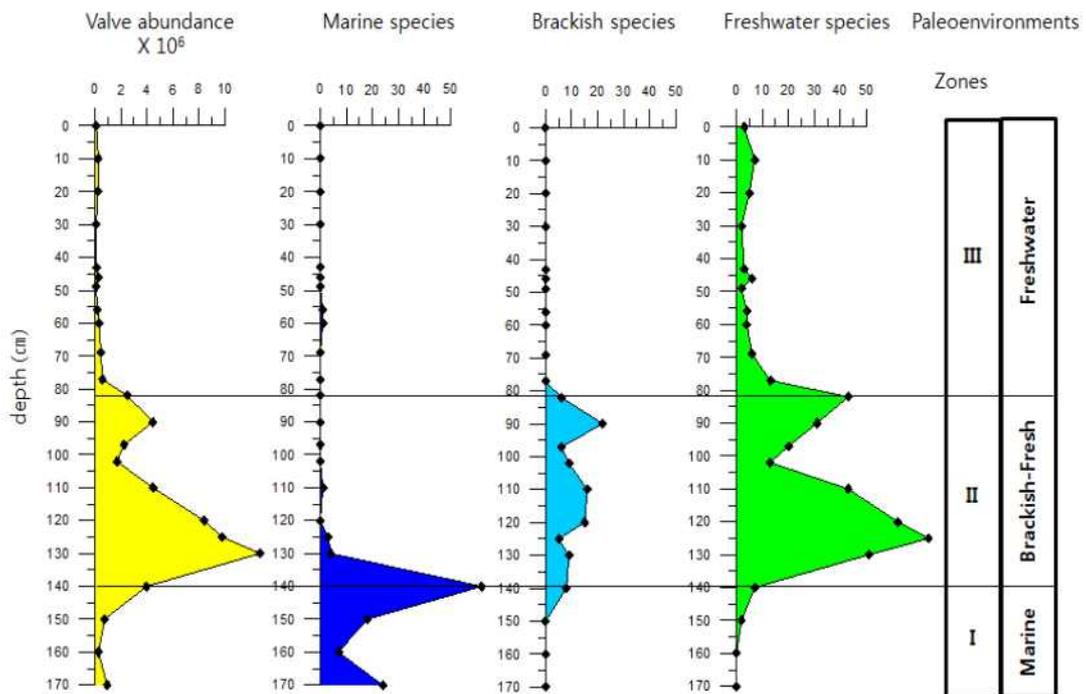


Fig. 5. Biostratigraphy and Relative abundance of the indicator taxa (Marine, Brackish and Freshwater species) and valve abundance.

규조분대 II에서는 기수종(*Amphora ovalis*와 *Anomoeoneis sphaerophora*)과 담수종(*Gomphonema acuminatum*, *G. acuminatum* f. *coronata*, *G. angur*, *G. constrictum*, *Pinnularia major*, *Stauroneis anceps*, *Synedra ulna*)이 혼합되어 산출된다. 규조 개체 수 농도가 가장 높은 구간으로서 담수의 유입이 시작되면서 담수종의 산출이 풍부하게 나타났기 때문이다(Fig. 5).

규조분대 III에서는 해수종, 기수종의 산출이 거의 없고 개체 수 농도도 매우 낮은 구간이다. 담수종 중에서 *Eunotia*속에 속하는 종들이 주로 나타나며, *Eunotia spp.*는 일반적으로 산성수(acidic water)와 관계된 담수종으로서 빈영양(oligotrophic)인지 부영양(dystrophic) 환경 인지를 나타내고 중금속 오염 지시자로서도 사용된다(Patrick and Reimer, 1966; Pierre, 1996; Lius et al., 2009). 또한 *Eunotia spp.*들은 주로 간간히 물의 유입이 있는 육성 환경(aerophilus)을 지시한다. 연구 지역에서 산출된 *Eunotia sp.*은 완전 개체가 아니고 속만 감정이 가능한 상태이지만, 규조분대 II와 III에서 풍부하게 산출된다(Fig. 4-2).

따라서 연구 지역의 퇴적층은 하부층준(규조분대 I)은 해수의 영향 하에 놓여 있었으며, 그 후 규조분대 II가 퇴적되는 동안 담수가 유입되어 기수환경이었다. 규조분대 III은 담수의 유입이 간간히 있었던 육성 환경에서 퇴적된 것으로 확인되었다(Fig. 5).

#### 4. 결론

김제시 부량면 용성리 일대 지하보도 설치 사업부지 내 유적 발굴 지역에서 규조 분석을 위하여 총 23개의 시료를 채취하였으며, 총 32속 61종의 규조를 감정하였다. 규조의 종 다양성과 개체 수가 매우 적게 산출이 되었으며, 군집조성과 규조 절대 개체 수 및 환경지시종의

분포에 의해서 3개의 군집대를 설정하였다. 규조분대 I에서는 해수종이 주로 산출되고 담수종의 산출이 거의 없는 것으로 보아 퇴적 당시 해수의 영향 하에 있었던 것으로 보인다. 규조분대 II에서는 기수종과 담수종의 산출이 풍부하고 개체 수 농도가 가장 높은 것으로 보아, 담수의 유입으로 인한 기수 환경이었다. 규조분대 III에서는 해수종과 기수종의 산출이 거의 없고, 전체 개체 수 농도도 매우 낮은 값을 보여준다. 산출되는 담수종 중 *Eunotia*속에 포함되는 종들이 주를 이루고 있어, 이 시기는 담수의 유입이 간간히 일어나는 습윤한 토양 환경임을 알 수 있다.

#### 참고문헌

- Park, S.H., Choi, K.W., Lee, K.Y., Um, M.C. and An, J.S., 2003, A Study on Possibility of the Byeokgolje Dam as a Sea Dike, Korean National Committee on Irrigation and Drainage Journal, 10(1), 64-72.
- Bak, Y.S., Kim, M.J., Lee, J.D. and Goo, J.J., 2006, Paleoenvironments of the Quaternary sediments from the Seokrim-Dong, Seosan, based on diatom assemblage, Journal of the Geological Society of Korea, 42(4), 549-559.
- Bak, Y.S., Lee, J.D., Yang, D.Y., Nahm, W.H. and Yi, S., 2007, Diatom assemblage from the quaternary sediment in the Buryang-myeon, Gimje, and its paleoenvironmental implication, Journal of the Paleontological Society of Korea, 23(1), 105-113.
- Bak, Y.S., Ryu, C.K. and Cho, M.S., 2016,

- Environmental characteristics of the diatom in the trench sediments around Bangudae petroglyphs, Ulsan, *Journal of Korean Earth Science Society*, 37(1), 11-20.
- Lee, B.J., Kim, J.C., Kim, Y.B., Cho, D.L., Choi, H.I., Chun, H.Y. and Kim, B.C., 1997, Geological report of the Kwangju sheet (1:250,000), Korea Institute of Geology, Mining and Materials, KR-97(s)-1, 1-82.
- Cohen A.S., 2003, *Paleolimnology; The history and evolution of lake systems*, Oxford University Press, pp. 528.
- Cupp, E.E., 1943. *Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America*, University of California Press, Berkeley. pp. 237.
- 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.
- Hasle, G.R., 1960, Phytoplankton and ciliate species from the tropical Pacific. *Skrifter utgitt av det Norske videnskaps-akademi, Oslo, Matematisk-Naturvidensk Klasse 2*, 1-50.
- Hasle, G.R., 1976, The biogeography of some marine planktonic diatoms, *Deep-Sea Research*, 23, 319-338.
- Hasle, G.R., 2001, The marine, planktonic diatom family Thalassionemataceae: morphology, taxonomy and distribution, *Diatom Research*, 16, 1-82.
- Hendey, N.I., 1964, *An Introductory Account of the Smaller Algae of British Coastal Waters. Part V. Her Majesty's Stationery Office, London*, pp. 317.
- Jeong, Y.S., 2009, The Scale and Cultural Value of Byeokgolje, Gimje - Byeokgolje, the Need of Interdisciplinary Studies, *Korean Journal of Agricultural History*, 8(2), 169-192.
- Jouse, A.P., Mukhina, V.V. and Kozlova, O.G., 1969, Diatoms and silicoflagellates in the surface layer of sediments of the Pacific Ocean. In: Kort, V.G. and Bezrukov, P.L. (Eds.), *The Pacific Ocean: Microflora and Microfauna in the Recent Sediments of Pacific Ocean*, Nauka, Moscow, 7-47.
- 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.
- Kim, H.J., Bak, Y.S. and Lee, J.D., 2011, Holocene paleoenvironmental analysis from the Sapsido in Boryeong, Yellow Sea : evidence from the diatom record, *Journal of the Geological Society of Korea*, 47(4), 371-378.
- Koizumi, I., Irino, T. and Oba, T., 2004,

- Paleoceanography during the last 150 kyr off central Japan based on diatom floras, *Marine Micropaleontology*, 53, 293-365.
- Lius, A.T., Teixeira, P. Almeida, S.F.P., Ector, L., Matos, J.X. and da Silva, E.A.F., 2009, Impact of acid mine drainage (AMD) on water quality, stream sediments and periphytic diatom communities in the surrounding streams of Aljustrel mining area (Portugal), *Water, Air and Soil pollution*, 200, 147-167.
- Noh, C.K., 2010, Reservoirs and Gimje Byeokgolje in Baekje dynasty period, *The Baekje Hakbo*, 4, 27-41.
- 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.
- Patric, R. and Reimer, C.W., 1966, The diatoms of the United States. I. *Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, Sutterhouse. Litiz. Pennsylvania. pp. 688.
- Pierre, J.F., 1996, Communauté algale et acidité des ruisseaux du massif vosgien, *Bull. Acad. Soc. Lor. Sci.*, 35, 139-156.
- Sancetta, C. and Silvestri, S., 1986, Pliocene, Pleistocene evolution of the North Pacific ocean, atmosphere system, interpreted from fossil diatoms, *Paleoceanography*, 1, 163-180.
- 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.
- Shiga, K. and Koizumi, I., 2000, Latest Quaternary oceanographic changes in the Okhotsk Sea based on diatom records, *Marine Micropaleontology*, 38, 91-117.
- Simonsen, R., 1974, The diatom plankton of the Indian Ocean expedition of R/V "Meteor" 1964-1965. "Meteor" *Forsch.- Ergebnisse, Reihe D*, Berlin, 19, pp. 107.
- Tanimura, Y., 1992, Seasonal changes in flux and species composition of diatoms: sediment trap results from the northwest Pacific, *Bulletin of the National Science Museum, Series C (Geology and Paleontology)*, 18, 121-154.
- Tanimura, Y., 1999, Varieties a single cosmopolitan diatom species associated with surface water masses in the North Pacific, *Marine Micropaleontology*, 37, 199-218.
- 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

박영숙, 김선태, 고금남

paleoenvironmental changes  
inferred from the diatom records of  
the Echigo Plain, central Japan,  
Quaternary International, 115-116,  
117-130.

2017년 11월 13일 접수

2017년 12월 27일 수정

2017년 12월 27일 승인

Plate 1

