

## 영산강 하구의 제4기 후기 층서 및 고환경

남옥현<sup>1\*</sup> · 김주용<sup>1</sup> · 양동운<sup>1</sup> · 홍세선<sup>1</sup> · 봉필운<sup>2</sup> · 이윤수<sup>3</sup> · 유강민<sup>4</sup> · 엄종권<sup>4</sup>

<sup>1</sup>한국지질자원연구원 지질환경재해연구부, <sup>2</sup>한국지질자원연구원 석유해저자원연구부

<sup>3</sup>한국지질자원연구원 지질기반정보연구부, <sup>4</sup>연세대학교 이과대학 지구시스템과학과

## Late Quaternary Stratigraphy and Depositional Environment of the Yeongsan River Estuary, Southwestern Korea

Wook-Hyun Nahm<sup>1\*</sup>, Ju-Yong Kim<sup>1</sup>, Dong-Yoon Yang<sup>1</sup>, Sei-Sun Hong<sup>1</sup>, Pil-Yoon Bong<sup>2</sup>, Yoon-Su Lee<sup>3</sup>, Kang-Min Yu<sup>4</sup> and Jong-Gwon Yum<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Geological & Environmental Hazards Division, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea

<sup>2</sup>Petroleum & Marine Resources Division, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea

<sup>3</sup>Geology & Geoinformation Division, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea

<sup>4</sup>Department of Earth System Sciences, College of Sciences, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

Detailed interdisciplinary investigations demonstrate that the Yeongsan River estuarine-filled sediments clearly record important paleoenvironmental changes during the Last Glacial and Holocene. The sediments from 18.9 m (20.5~1.6 m in depth) long core MW-① are differentiated by changes in sedimentary textures and palynomorph assemblages. Chronology was provided by AMS <sup>14</sup>C dating and regional pollen correlation. Three paleoenvironmental phases are recognized: (1) The Last Glacial deposits consist mainly of fluvial sediments and paleosols, experienced deposition alternating with pedogenesis. The appearance of the paleosols suggests that the paleoclimate might be cold and humid. (2) The early and middle Holocene phase started abruptly in response to the rapid global climatic warming, and is characterized by abundant marine palynomorphs. (3) The late Holocene is marked by more cool conditions. The paleoenvironmental changes recorded in the sediments coincide not only with local but also with broad-scale, probably global climate changes.

**Key words** : Last Glacial, Holocene, Yeongsan River estuary, palynomorph

영산강 하구 퇴적물에서 최종빙기 및 현세에 해당하는 길이 18.9 m의 시추 퇴적물(심도 20.5~1.6 m)을 획득하였으며, 퇴적물의 조직과 유기질 미화석 분석을 통하여 고환경의 변화를 인지하였다. AMS <sup>14</sup>C 연대측정과 한반도에서의 화분분포 대비에 의하여 퇴적물 연대를 결정하였다. 본 시추 퇴적물에서는 크게 3가지 고환경대를 구분할 수 있었다. (1) 최종빙기 퇴적물: 주로 하천 퇴적층이며 고토양화 되어 있다. 퇴적 작용과 토양화 작용을 수차례에 걸쳐 받은 것으로 보이며, 고토양의 양상으로 보아 한랭·습윤 환경에서 토양화 작용이 진행된 것으로 추측할 수 있다. (2) 현세 초기~중기 퇴적물: 해수면 상승으로 인하여 해수의 영향을 받게 되었으며, 해양성 미화석을 다량 포함하는 점토로 구성된다. (3) 현세 후기 퇴적물: 보다 한랭한 기후를 나타낸다. 이러한 양상은 지역적, 전지구적 환경변화 양상과 일치하는 결과를 보인다.

**주요어** : 최종빙기, 현세, 영산강 하구, 유기질 미화석

### 1. 서 론

하구(河口, estuary)는 바다와 강 사이의 경계에 존

재하므로 해수면 상승으로 인한 해양성 퇴적물과 더불어 육지에서 침식되어 운반된 육성 퇴적물이 두겹게 퇴적될 수 있으며, 따라서 이들 퇴적층은 해수면 변동과

\*Corresponding author: nahmwh@kigam.re.kr

고환경, 고기후 등에 관한 많은 정보를 포함하게 된다. 최근 전지구적 규모의 기후변화와 해수면 변동에 대한 관심이 고조되면서, 제4기 동안의 연안역 자연환경 변화를 분석하여 앞으로의 환경변화와 이에 따르는 연안의 자연재해 예측에 대한 연구의 필요성이 강조되고 있다(Muller, 2001; Colman *et al.*, 2002). 한반도 서해안 일대의 하구 및 조간대 퇴적물은 최종빙기최성기(Last Glacial Maximum, LGM) 이후에 해수면 상승으로 인한 퇴적환경 변화로 형성되었으며, 이들 퇴적물에는 후기 제4기 동안의 기후, 퇴적기작, 해수면 변동 등 환경변화에 대한 기록이 잘 보존되어 있다.

한반도 서해안의 곰소만, 천수만, 함평만, 남양만 등 조수퇴적분지에서 퇴적층서와 해수면 변동에 관한 연구는 비교적 많이 수행되었다. Frey *et al.*(1987)은 서해안 한강 하구의 인천 조간대에서 퇴적물에 관한 연구를 수행하였으며, 박용안 등(1995, 1997, 1999)은 황해의 해수면 변동과 기후변화에 대한 연구결과를 보고한 바 있다. Kim *et al.*(1999)는 서해안 곰소만의 조간대 퇴적물에서 홀로세 동안의 해침층서를 연구한 바 있다. 또한 기후변화와 관련하여 Yi *et al.*(1996)의 화분분석 연구가 있었고, Kim and Kennett (1998)은 저서성 유공충과 안정동위원소 분석을 통하여 황해의 해수면 상승과 관련된 고환경의 변화를 연구, 보고하였다. 그러나 해수면 변동에 특히 민감한 하구에서 제4기 퇴적층에 대한 고환경이나 미화석 생층서 등과 관

련한 연구는 거의 보고된 바가 없다(윤혜수 등, 2000).

본 연구는 한반도 서해안의 남부에 해당하는 영산강 하구 퇴적물을 대상으로 퇴적학적 및 고생물학적 연구를 수행하여 후기 제4기 동안의 퇴적환경 변화를 규명하는 것을 목적으로 하며, 이를 위하여 영산강 하구(전라남도 무안군 일로읍 망월리, 126°29'27"E, 34°46'47"N)에서 MW-① 시추공 시추조사를 실시하여 현재 평균 해수면을 기준으로 심도 1.6~20.5 m(길이 18.9 m)의 시추 퇴적물을 획득하였다(Fig. 1). 이 MW-① 시추공의 위치를 현재 지형상에서 보면 하구 일대에 발달한 하부 점토질 조간대에 해당한다.

## 2. 연구지역 개관

황해(Yellow Sea)는 중국과 한반도로 둘러싸인 반폐쇄적인 대륙붕 바다(semi-enclosed shelf sea)로서, 남북방향으로 길게 위도 32~40°N에 걸쳐 분포한다. 북서쪽으로는 중국의 발해만(Bohai Bay), 남쪽으로는 동중국해(East China Sea)와 연결된다. 계절 변화가 심한 바람과 해류 그리고 몬순 기후의 영향으로 강우량과 증발량, 담수의 유입량 변화, 그리고 해저 지형의 차이 등에 의해 영향을 받기 때문에 염분과 수온이 계절에 따라 크게 변한다(송영호, 1992). 황해의 면적은 약 487,000 km<sup>2</sup>이고, 평균 수심은 55 m로서 다소 편평한 해저 지형을 보이며, 가장 깊은 가운데 부분에서도 수

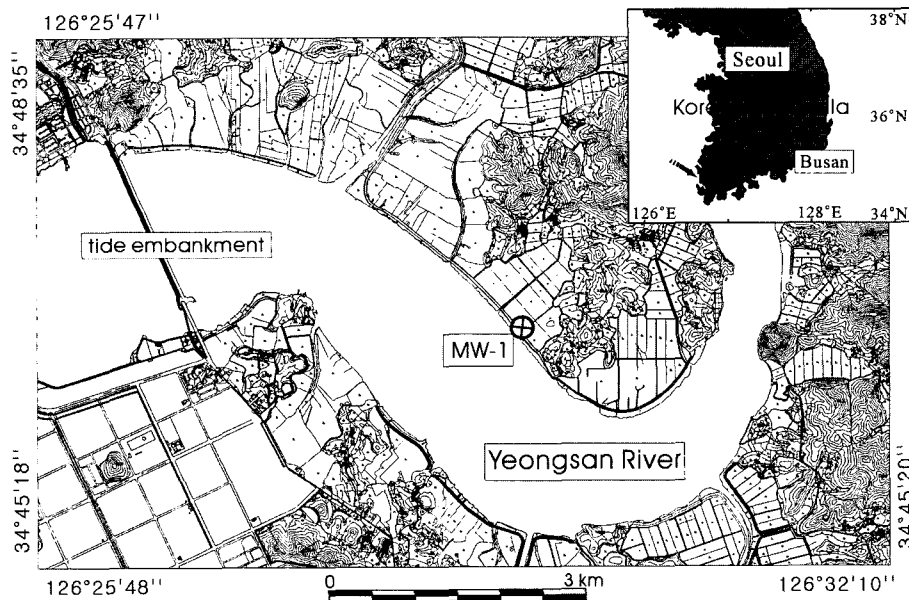


Fig. 1. Map of the study area with location of the core MW-① site.

심은 80 m를 넘지 않는다. 황해로 흘러드는 퇴적물의 주요 근원지는 중국의 Huanghe River(Yellow River, 황하강)과 Chanjiang River(Yangtze River, 양자강), 그리고 한반도의 강들이며, 이들 강에서 황해로 유입되는 연간 부유 퇴적물의 양은 각각  $1.1 \times 10^9$  tons,  $4.9 \times 10^8$  tons, 그리고  $5.0 \times 10^6$  tons이다(Schubel *et al.*, 1986). 최종빙기최성기 시기인 약 20,000년 전에는 해수면이 낮아 황해 대부분은 대기에 노출된 육성 환경이었으나, 전지구적인 해수면 상승에 의하여(Fairbanks, 1989), 약 13,000년 전부터 해침 영향으로 바다가 형성되기 시작하였다(Park *et al.*, 1994; 천중화 등, 1995; Kim and Kennett, 1998; Kim and Kucera, 2000). 한반도 서해안은 현재 동안의 해수면 상승에 의해서 형성된 리아형(ria-type) 해안으로, 해안선이 매우 복잡하게 전개되어 크고 작은 만(灣, bay)이 잘 발달하고 있다. 서해안은 지형적 특성에 따라 개방적 해안(open coast)과 반폐쇄적 해안으로 구분할 수 있다. 개방적 해안의 경우는 몬순 계절풍의 영향을 따라 겨울에는 빈번하게 발생하는 폭풍 등에 의하여 세립질 퇴적물이 침식되는 양상이 뚜렷한 반면, 여름에는 낮은 에너지 환경으로 세립질 퇴적물이 집적되는 이원적 계절변화를 보인다. 반폐쇄적 해안에서도 일차적으로는 몬순 계절풍의 영향을 받지만, 내만역의 형태와 방향, 조류로와 조간대의 발달 양상 등과 같은 지형적 요인이 중요한 영향을 미치면서 복잡한 퇴적 양상을 보인다(류상욱 등, 1999). 한반도 서해 연안역은 수심이 얕고 대체로 평탄하며 평균 조차(潮差, tidal range)가 4 m 이상에 달하는 대조차(大潮差, macrotidal) 환경으로서, 특징적으로 조간대가 광범위하게 분포하고 있다(박용안 등, 1995).

영산강은 한강, 낙동강, 금강과 더불어 우리나라 4대 강 중의 하나이다. 전라남도 담양군 용면 용추산(560 m)에서 발원하여 북북동-남남서 방향으로 흐르며, 주요 지류인 오례천, 증암천, 황룡강, 광주천, 지석천, 문평천, 고막원천, 함평천 등과 합류하여 광주와 목포를 지나 황해로 유입된다. 영산강의 유로연장은 약 115 km이며, 유역면적은  $2.8 \times 10^3$  km<sup>2</sup>, 유출량은  $1.6 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/yr, 유출계수는 0.57, 하상계수는 682, 하상구배는 1/600~1/9000이며, 직사각형의 수지상 하계망 형태를 갖추고 있다(은고요나 등, 1997). 영산강 유역의 주요 지층은 선캠브리아기의 편마암류, 고생대 퇴적암류, 중생대 편마상화강암류, 퇴적암류, 화산암류, 화성암류, 신생대 제4기 충적층 등이며, 유역의 평균고도는 104.6 m로서 비교적 낮은 구릉성 산지로 구성된다. 목

포와 광주 지방의 연평균 강우량은 1304.8 mm로서 다우지역에 속하며, 6~9월의 강우량이 전체의 63%를 차지하고 있다. 영산강은 황해의 남해만으로 유입하면서 끝나는 것으로 되어 있는데, 이 영산강 하구의 남해만에는 고하도, 허사도, 달리도 등의 도서가 분포하여 반폐쇄적 해안을 형성하고 있다. 이 하구에는 1976년 부터 1981년 까지에 걸쳐 영산강 하구언이 건설되었으며, 이외에도 영암만에 영암방조제, 해남만에 금호방조제 등이 축조되어 있다(류상욱 등, 2000). 남해만은 'L'자 모양으로 길이가 15~20 km, 폭이 1.5~5 km 정도의 내만이며, 이를 영산강 하류 부분인 남해만과 영암천 하류 부분인 덕진만으로 구분하기도 한다. 남해만과 목포만 사이는 폭 약 600 m 정도의 좁은 협곡이며, 이 협곡을 통하여 밀물과 썰물이 드나들어 조간대가 넓게 분포하고 있다. 영산강은 그 자체가 큰 대하천이며 많은 퇴적물을 공급하고 있고, 또한 하구 주변에 분포하고 있는 많은 도서로 말미암아 파랑의 영향은 감소하고 조류의 영향이 크게 작용하는 등 조간대 발달에 좋은 지형적 조건을 갖추었다고 할 수 있다(권혁재, 1974; 반용부, 1975; 박의준, 2000; Hart and Long, 1990). 현재 목포 일대에서 대조차는 3.6 m, 소조차는 1.8 m 정도이다(범선규, 2001).

### 3. 시추시료와 연구방법

본 시추조사에는 유압 회전수세식 시추기를 사용하였다. 먼저 황동관(외경 76 mm, 내경 74 mm, 길이 85 cm)을 Standard Stationary Piston Sampler 안에 장착하고, 유압을 이용하여 이 황동관을 퇴적층 속에 밀어넣는 방법으로 비교란 시료를 채취하였다. 일부 시료의 유실이 많은 모래층이나 자갈층에서는 Denison Sampler를 이용하였다. 시료 회수율은 전체적으로 90% 이상 되었다. 시료 채취를 마친 후에는 황동관의 위와 아래에 녹인 파라핀을 부어 넣어 수분의 증발이나 운반 중의 교란을 방지하였다. 황동관 내의 시료는 실내에서 유압 압출기로 밀어내어 PVC관에 옮겨 담아 분석에 사용하였다.

먼저 시추 퇴적물을 수직으로 절개하여 육안관찰과 사진촬영을 실시하였으며, 육안으로 식별할 수 없는 퇴적구조를 관찰하기 위해서는 soft X-ray radiograph 촬영을 하였다. 시추시료를 30×5×1 cm의 acryl slab에 담아 70 kVp, 3 mA, 40 sec의 조건을 적용하였으며, 필름은 Fuji Industrial X-Ray Film(IX FR)을 사용하였다. 필름을 현상한 후에는 형태 왜곡과 명암 변

**Table 1.** Data for Accelerator Mass Spectrometer  $^{14}\text{C}$  dates on the core MW-①.

sample No.	depth (m)	material	weight (mg)	$^{14}\text{C}$ age (yr BP)
SNU 01-313	6.95	plant fragment	7.1	6,650±40
SNU 01-313	7.54	plant fragment	4.3	6,950±40
SNU 02-342	19.03	sediment bulk	39.4	27,800±700

화를 방지하기 위하여 흑백 인화지에 1:1 밀착 인화하였다.

퇴적물의 수직적인 입도 변화양상을 파악하기 위하여 필요 구간에서 퇴적물 부시료(sub-sample)를 채취하여 Mastersizer 2000(Malvern instrument) 장비를 이용하여 Laser Diffraction 방법으로 입도분석을 실시하였다.

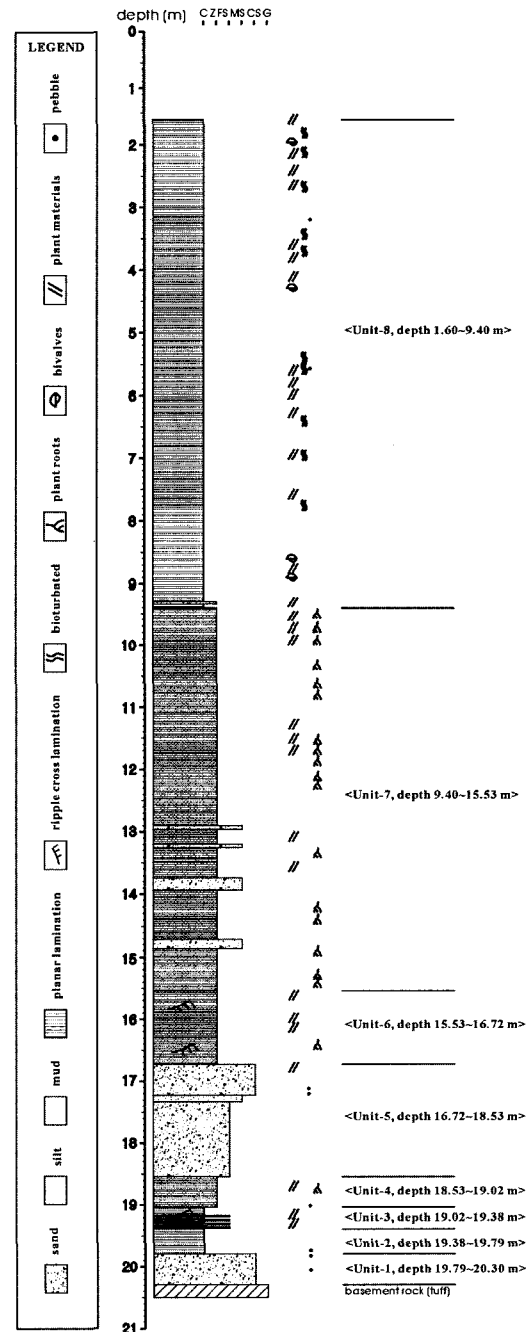
회분, 아크리타치(acritarch), 조류 등 유기질 미화석(polynomorph) 연구를 위한 전처리 과정은 다음과 같다. 먼저 약 30 g의 시료를 20% 염산과 50% 불산에 차례로 반응시켜 탄산염 광물과 규산염 광물을 제거한 후, 잔여물을 비중 2.0의 염화아연 비중액으로 분리시켜 유기물을 농축시켰다. 농축된 유기물은 Schulze 용액( $\text{HNO}_3:\text{KClO}_3=1:1$ )과 5% KOH 용액으로 환원시켜 미화석을 퇴적 당시의 상태로 복원시켰으며, 이를 현미경 하에서 분류하였다. 시료처리의 전 과정은 현생종의 유입을 방지하기 위하여 증류수를 사용하였다. polynomorph는 시료 당 200개체씩 현미경으로 관찰하고 분류하였다.

또한 시추 퇴적물의 층서를 확립하고 정확한 퇴적기작 및 퇴적환경을 해석하기 위하여 가속질량분석기(Accelerator Mass Spectrometer, AMS)를 이용한  $^{14}\text{C}$  연대측정을 실시하였다. 연대측정을 위한 시료는 식물 파편과 sediment bulk 등이며, 서울대학교 기초과학교육연구 공동기기원(<http://kiki.snu.ac.kr>)에서 4130-Tandetron AMS/MPS 기기를 이용하였다.

## 4. 연구결과

### 4.1. 연대측정

하구에는 다양한 기원에서 유래한 퇴적물이 쌓이기 때문에 하구 퇴적물에  $^{14}\text{C}$  연대측정 방법을 적용하기에는 어려운 점이 많다. Colman *et al.*(2002)은 재이동 문제 또는 생물교란작용의 영향을 감안하더라도 하구 퇴적물에서는 조개 파편이나 유공충을 이용하여 연대측정을 실시하는 것이 보다 신뢰할 수 있다는 의견을 제시한 바 있다. 또한 황해에서의 reservoir effect에 대한 연구는 아직 자세하게 이루어지지 않았으며, 따라

**Fig. 2.** Simplified stratigraphic section of the core MW-①.

서 이에 따른 보정도 어려운 실정이다. 그러나 Kim and Kucera(2000)는 한반도 중부의 서해안 조간대에서 vibracore를 획득하고, 가장 상부에서 저서성 유공충 시료로  $^{14}\text{C}$  연대측정을 실시한 결과  $4 \pm 73 \text{ yr BP}$  값을 얻어 서해안에서는 reservoir effect가 거의 없음을 보였다. 본 영산강 하구의 MW① 시추 퇴적물에서는 다음 Table 1과 같이 세 층준에서 AMS  $^{14}\text{C}$  연대측정을 실시하였다.

**4.2. 암층서**

본 시추공의 시추 퇴적물을 암상에 따라 하부에서부터 모두 8개의 암상 Unit로 구분하였다(Fig. 2).

**Unit 1, 심도 19.79~20.30 m, 두께 0.51 m:**

MW① 시추공의 기반암은 lapilli와 breccia tuff로 구성된 후기 백악기의 진도층(Jindo Formation)의 가지 응회암(Gaji tuff)에 해당한다(Kim and Nagao, 1992). 심도 20.30 m에서 기반암을 이루는 응회암층을 확인하였으며, 그 상부에 놓이는 Unit 1은 조립 모래, 잔자갈(pebble) 등으로 구성된다. 잔자갈은 응회암, 화강암, 혈암 등 다양한 암종을 포함하며, 대부분 원마도가 좋다. 직경이 대체로 1 cm 정도이며, 큰 것은 2 cm에 이르는 것도 있다.

**Unit 2, 심도 19.38~19.79 m, 두께 0.41 m:**

본 Unit는 청회색~회색(10Y5/1 gray) 괴상의 점토질

극세립 실트로 구성되며, 평균 입도는  $7\phi$  정도이다. 하부의 Unit 1과는 뚜렷한 경계를 보인다. 심도 약 19.62 m부터 상부에는 약 2~2.5 cm 간격으로 조립~중립 실트의 박층(두께 약 1 mm)이 수매 협재하고 있다.

**Unit 3, 심도 19.02~19.38 m, 두께 0.36 m:**

하부의 Unit 2와 뚜렷한 경계를 이룬다. 하부에 직경 약 0.5 cm 정도의 잔자갈과 모래가 약 3.5 cm 두께로 분포한다. 그 위로는 1~4 cm 정도로 다양한 두께의 모래층과 약 0.5 cm 두께의 점토층이 호층을 이루며 발달하고 있으며, 상부로 가면서 점토층이 더 두꺼워진다. 모래층 윗부분을 점토층이 덮고 있는 양상으로 미루어 유수의 에너지가 점차 감소함에 따라 모래 위에 점토가 쌓인 것으로 볼 수 있다. X-ray radiograph를 보면 점토층의 하부 경계는 점이적인데 반하여 상부 경계는 비교적 명확한 점토 drape 형태를 보이는데, 이는 모래층과 점토층이 한번의 유수에 의하여 퇴적되었다는 점을 시사한다. Unit 3 전체적으로 사엽층리, 평행엽층리 등 퇴적구조를 볼 수 있으며, 일부 사엽층리는 양방향 유수의 흐름을 지시하기도 한다(Fig. 3, arrow ©). 모래층 하부에서는 몇몇 식물 파편과 이편(mud chip)이 나타나는데(Fig. 3, arrow ⑥), 특히 이편은 점토 위를 모래가 덮으면서 고화되지 않은 점토를 뜯어내어 위로 뜯긴 암편(rip-up clast)으로 해석할 수 있다(Blatt et

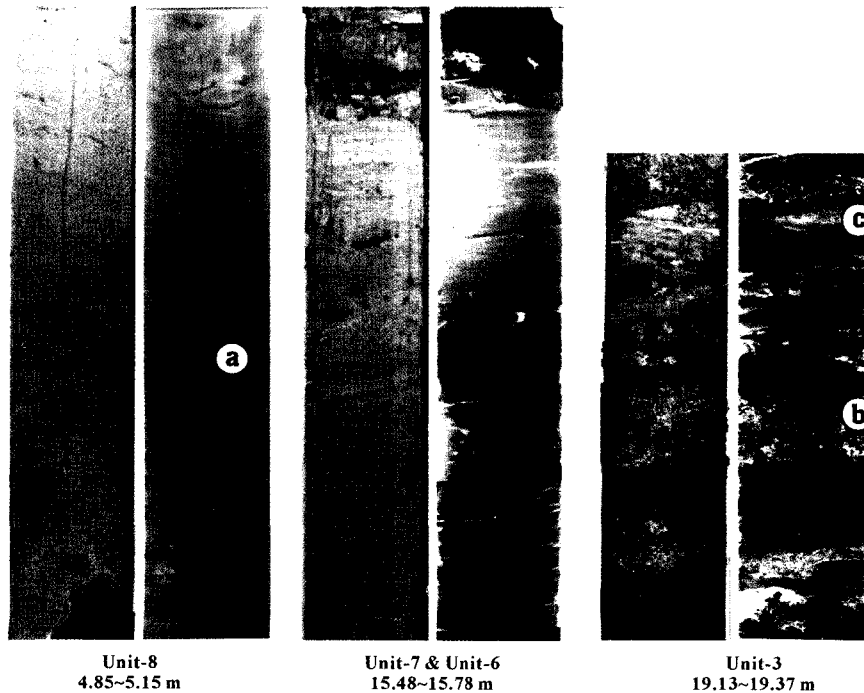


Fig. 3. Photographs and X-radiographs of the core MW- ① .

al., 1980). 이 Unit 3은 자연제방 또는 범람원 등 하천 주변 환경에 해당하며, 홍수 등 일시적으로 발달하는 유수가 강한 에너지로 모래를 퇴적시키고, 점차 에너지가 감소하면서 점토가 퇴적된 것으로 보인다. 이러한 과정이 Unit 3에서 수차례 반복하여 일어났으며, Unit 3 상부에는 점토가 더 우세하게 나타나는 점으로 미루어 Unit 3의 위치가 하도 중심부에서 점차 멀어져 유수 에너지의 영향이 감소한 것으로 해석할 수 있다.

#### Unit 4, 심도 18.53~19.02 m, 두께 0.49 m:

황갈색(2.5Y5/3 yellowish brown), 황토색(2.5Y6/4 dull yellow) 등의 색을 보이는 약간 굳은 점토질 세립 실트로 구성된다. Unit 4는 식물 파편과 식물뿌리 흔적, 그리고 연회색~갈색의 반점상(mottled) 구조가 많이 나타난다는 점, 수직적으로 색 변화가 심하다는 점 등의 특징으로 미루어 고토양으로 간주하였다.

#### Unit 5, 심도 16.72~18.53 m, 두께 1.81 m:

대체로 갈색(7.5YR4/6 brown), 괴상의 모래층으로 구성된다. 하부에는 세립 모래가 우세하고 점토를 많이 포함하며, 상부로 가면서 점이적으로 조립 모래로 바뀌는 양상을 보인다. 17.0~17.2 m 부근에서는 직경 1 cm 정도의 잔자갈이 관찰된다.

#### Unit 6, 심도 15.53~16.72 m, 두께 1.19 m:

하부의 Unit 5와 뚜렷한 경계를 보인다. 실트 또는 세립 모래와 점토의 박층이 교호하는 양상을 나타내며, 하나의 박층의 두께는 수 mm 정도로서 매우 얇고 각 경계는 비교적 뚜렷하다. 하부에는 세립 모래와 점토가 우세하며, 상부로 가면서 점이적으로 세립 모래의 입도가 작아져 실트로 바뀌며 점토 함량도 많아지게 된다. 또한 하부에서는 층이 약 9~12° 정도 경사지게 분포하며, 상부에서는 수평하게 분포하는 경향을 보인다. 식물 파편을 포함하기도 하며, 일부 식물뿌리 흔적도 관찰할 수 있다.

#### Unit 7, 심도 9.40~15.53 m, 두께 6.13 m

하부의 Unit 6과 비교적 명확한 경계를 보이며, 전체적으로 Unit 4의 고토양층과 유사한 양상을 보인다. 황갈색(2.5Y5/3 yellowish brown), 황토색(2.5Y6/4 dull yellow) 등의 색을 보이는 약간 굳은 점토질 세립 실트(7~6.5 φ)로 구성된다. Unit 4에서와 마찬가지로 식물 파편과 식물뿌리 흔적, 그리고 연회색~갈색의 반점상 구조가 많이 나타난다는 점, 수직적인 색 변화가 심하다는 점 등의 특징으로 미루어 고토양으로 해석하였다. 그러나 토양층의 발달이 미약하고, 반점상 구조와 식물뿌리 흔적이 몇몇 층위에 집중하여 나타나는 경향이 있는 점 등으로 미루어, 본 Unit에서는 퇴적이 일어

남과 거의 동시에 토양화 작용이 약하게 일어나면서 짧은 시기의 퇴적 중단에 이어 다시 퇴적이 일어나는 일련의 과정을 반복하여 거친 것으로 생각할 수 있다. 일부 층군에서는 희미한 평행엽층리 또는 사엽층리가 불연속적으로 분포하는데, 이러한 일차퇴적구조에서 자연제방 또는 범람원 환경이었을 것으로 추정할 수 있다.

#### Unit 8, 심도 1.60~9.40 m, 두께 7.8 m:

균질한 녹회색~회색(10Y5/1 gray)의 점토질 실트로 구성된다. 입도는 하부에서 7φ이며 상부로 가면서 6.5φ로 약간 조립해지는 경향을 보인다. 육안으로는 내부 퇴적구조를 볼 수 없지만, X-ray radiograph를 보면 생물교란작용을 심하게 받았고 이러한 생물교란작용에 의하여 엽층리가 파괴된 흔적을 볼 수 있다(Fig. 3, arrow ④). 식물 파편을 다량 포함하며, 일부 층군에서는 참굴(*Crassostrea gigas*)의 파편이 산출되기도 한다.

### 4.3. 생층서

#### 4.3.1. 유기질 미화석 군집

본 MW-① 시추공의 32개 부시료에서 총 51 종류의 화분, 포자 및 조류화석이 산출되었다(Table 2). 산출된 미화석 군집은 크게 조류화석, 양치류 포자화석, 나자식물 화분화석, 목본류 피자식물 화분화석 및 초본류 화분화석 등 모두 5개로 구분할 수 있다.

##### (가) Algae(조류화석)

- Dinoflagellate(와편모조류, 0~3%)
- Leiosphaeridia(acritarch, 0~16.5%)
- Micrhystridium(acritarch, 0~3%)
- Botryococcus(acritarch, 0~2.8%)
- Pseudoschizaea(acritarch, 0~46.6%)
- Zygnema(freshwater algae, trace)
- Spirogyra(freshwater algae, trace)
- Unidentified algae(0~2.3%)

##### (나) Pteridophytic spores(양치류 포자)

- Laevigatosporites(고란조류, 0~32%)
- Polypodiisporites(고란조류, 0~4%)
- Osmunda(고비속, 0~2%)
- Cyathidites(고사리류, 0~9%)
- Pteris+Pteridium(고사리류, 0~3.5%)
- Lycopodium(석송, trace)
- Unidentified trilete spores(0~3%)

##### (다) Gymnosperm pollen(나자식물 화분)

- Pinus(소나무속, 0~59.5%)
- Abies/Picea(젓나무속/분비나무속, 0~22.5%)

Table 2. Absolute abundance data of palynomorphs in the core MW-①.

Depth (m)	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	9.99	10.48	10.98	11.48	11.98	12.48	13.00	13.50	14.00	14.49	14.99	15.48	15.98	16.48	18.98	19.48					
Dinoflagellata	1																																				
<i>Leiosphaeridia</i>	4	9	5	9	3	15	9	19	4	2	10	17	5	33																							
<i>Micrhystridium</i>				2	6		1	2				4		3																							
<i>Botryococcus</i>	1	2	3	2	2		2					1	1																								
<i>Pseudoschizaea</i>	5	2	3	4		3	1	2	6			1	3	1	1	10	3																				
<i>Sporogrya</i>																																					
<i>Zygnema</i>							2	1																													
Algal remains	4	4	2				1	1				1	2	3	2																						
<i>Laevigatosporites</i>	33	25	21	64	9	60	41	37	32	15	13	31	9	9	37																						
<i>Polysporidiisporites</i>	2	7	5	2		3	1	2	1																												
Monolete spores		1	3			1	2	1	1																												
<i>Cyathidites</i>	4	1	18	2	4	7	8	18		4	7																										
<i>Pieris+Pteridium</i>	10	6		2			1	1																													
<i>Osmunda</i>				1			3	1																													
Trilete spores	3	2	5	2	2	2	2	2	2	3	3	5	1	2	6																						
<i>Pinus</i>	21	43	18	14	1	20	23	12	9	3	4	10	2	4	3																						
<i>Abies/Picea</i>																																					
<i>Tsuga</i>							2																														
<i>Inaperturopollenites</i>	1			7	5	9	11	8	11	3	11	12	4	3	9																						
<i>Ephedra</i>							1	1																													
<i>Quercus</i>	2	8	9	23	6	23	35	26	52	5	19	43	7	7	28																						
<i>Alnus</i>		1	1	1	2	2	2	6		1	4	5	3	1	5																						
<i>Benitaceae/pollenites</i>	4			1	3	5	2	3	2	3	3	2	1	2	5																						
<i>Juglans</i>																																					
<i>Ulmus/Zelkova</i>	2	1		2			1	1																													
<i>Salix</i>																																					
<i>Acer</i>				1																																	
<i>Tilia</i>				2																																	
<i>Symplocos</i>																																					
<i>Elaeagnus</i>																																					
Rosaceae				3	1	2		2	2		3	1		2																							
<i>Ligustrum</i>																																					
<i>Ilex</i>																																					
<i>Lonicera</i>																																					
<i>Iricolporollenites</i>	1	2		4	2	4	3	2	2	1	2	2	1	2	4																						
Chenopodiaceae	6	3	5	8	10	12	17	20	14	2	10	14	5	1	5																						
Gramineae	1			1	2	3		2	1																												
Cyperaceae	11	16	9	19	8	9	12	12	16	1	9	16	7	1	16																						
Artemisia	1	7		1		1	2	1	2		3			2																							
Tubiflorae																																					
Umbelliferae																																					
<i>Rumex</i>	9	15	14	10	4	5	11	13	7		7	8	3	2	12																						
<i>Persicaria</i>																																					
Saxifragaceae				1	2			1	2				4	2	1	4																					
Ranunculaceae																																					
Caryophyllaceae																																					
Verbenaceae																																					
<i>Arisaema</i>																																					
<i>Smilax</i>																																					
<i>Trapa</i>																																					
<i>Typha</i>																																					
Total-Count	124	173	108	200	68	200	200	191	200	40	110	200	58	38	200	3	4	0	0	2	1	2	1	2	1	62	200	18	197								

- Tsuga*(솔송나무속, 0~1%)  
 Cupressaceae(측백나무과, 0~6%)  
*Ephedra*(마황속, 0~0.5%)  
 (라) Angiosperm arboreal pollen(목본성 피자식물 화분)  
*Quercus*(참나무속, 0~26%)  
*Alnus*(오리나무속, 0~3%)  
*Betulaceae*(자작나무속, 0~3%)  
*Ulmus/Zelkova*(느릅나무속/느티나무속, 0~1.5%)  
*Juglans*(가래나무속, 0~1%)  
*Salix*(버드나무속, trace)  
*Acer*(단풍나무속, trace)  
*Tilia*(피나무속, 0~1%)  
*Symplocos*(노린재나무속, trace)  
*Elaeagnus*(보리수나무속, trace)  
 Rosaceae(장미과, 0~1.5%)  
*Ligustrum*(쥐똥나무속, trace)  
 Ilex(감탕나무과, trace)  
*Lonicera*(인동속, trace)  
 (마) Non-arboreal pollen(초본식물 화분)  
 Chenopodiaceae(명아주과, 0~10%)  
 Gramineae(벼과, 0~7%)  
 Cyperaceae(사초과, 0~9.5%)  
 Compositae(국화과, 0~14.5%)  
 Umbelliferae(산형과, trace)  
 Polygonaceae(마디풀과, 0~8.5%)  
 Saxifragaceae(범의귀과, 0~2%)  
 Verbenaceae(마편초과, trace)  
 Ranunculaceae(미나리아재비과, 0~2%)  
 Caryophyllaceae(석죽과, trace)  
*Arisaema*(천남성속, trace)  
*Smilax*(밀나물, trace)  
 \*수생식물  
*Trapa*(마름, trace)  
*Typha*(부들, 0~2%)

본 시추공에서 산출된 유기질 미화석의 산출 양상을 보면, 세립질 퇴적물로 구성된 상부 구간에서는 화분화석이 풍부하게 산출되는 반면에 하부의 조립질 퇴적물 구간에서는 화석의 산출이 거의 없으며 기저부에서 다시 산출량이 증가하는 양상을 보인다. 한편, 주요 식물 군별 산출양상을 보면 조류화석(algae)은 산출구간에서 약 7%의 평균 산출비를 보이며, 일부 시료에서는 최대 46.6%까지 점유하고 있다. 이들 중 가장 많이 관찰되

는 종류는 *Leiosphaeridia* 화석으로, 이 종류는 최근 녹조식물문 담녹조강에 속하는 것으로 추정하고 있는 담수성 아크리타치이다(Servais, 1996). 또한 가장 지속적으로 산출되는 종류는 *Pseudoschizaea*인데, 이 종류는 하안단구의 소택지 퇴적층에서 우세하게 산출되는 점으로 미루어 담수에 서식하는 식물성 조류로 추정되는 아크리타치이다(Christopher, 1976; Takahashi, 1979). 이외에 *Bobyococcus*, *Spirogyra*, *Zygnema* 등 주로 정체된 담수에 서식하는 조류화석들도 관찰된다. 양치류 포자화석(pteridophytic spores)은 평균 20%의 산출비를 보이며 최대 35%의 높은 산출비를 보이는 구간도 있다. 이 종류의 대부분은 고란초과(polypodiaceae)에 속하는 *Laevigatosporites*와 *Polypodisporites*가 차지하며, 고사리류나 고비류의 포자 산출은 상대적으로 미약하다. 나자식물 화분화석(gymnosperm pollen)으로는 소나무과(Pinaceae)에 속하는 종류가 대부분을 차지하며 기저부에서 많은 산출량을 보이는 반면에 발아공이 없는 *Inaperturopollenites*(낙우송과-주목과-측백과)는 상부 구간에서 많이 관찰된다. 목본성 활엽수의 화분화석은 참나무과(Fagaceae)와 자작나무과(Betulaceae)에 속하는 종류들이 가장 흔하게 관찰되고, 이 외에 느릅나무과(Ulmaceae), 장미과(Rosaceae)의 화분이 나타나고, 그 외의 온대 낙엽활엽수들의 분포는 미비하다. 초본식물 화분화석은 매우 다양한 종류가 산출되는데 이들 중에서 주종을 이루는 종류는 사초과(Cyperaceae), 명아주과(Chenopodiaceae), 마디풀과(Polygonaceae)의 화분화석이며, 흔히 관찰되는 종류는 국화과(Compositae), 벼과(Gramineae), 범의귀과(Saxifragaceae), 미나리아재비과(Ranunculaceae)의 화분화석이다. 이들 외에도 다양한 종류의 초본류 화분이 소량이나마 산출된다. 수생식물로는 부들(*Typha*)의 화분이 상부 구간에서 지속적으로 산출된다.

#### 4.3.2. 유기질 미화석 분대

본 시추공에서 산출된 유기질 미화석 군집은 다음과 같이 4개의 zone으로 구분된다 (Fig. 4).

##### I. Pinus Zone, 심도 15.53~20.30 m:

이 구간의 식물군에서 가장 큰 분포를 보이는 종류는 소나무(*Pinus*), 잣나무(*Abies*), 분비나무(*Picea*) 등 소나무과(Pinaceae)의 화분화석이며, 특히 소나무(*Pinus*) 화분이 주종을 이루고 있다. 반면에 활엽수의 화분화석은 극히 미약한 산출비를 보이는 반면, 초본식물인 사초과(Cyperaceae)와 벼과(Gramineae)의 화분 산출이 많다. 아크리타치로서는 *Pseudoschizaea*와 *Leiosphaeridia*가 흔하게 산출된다.



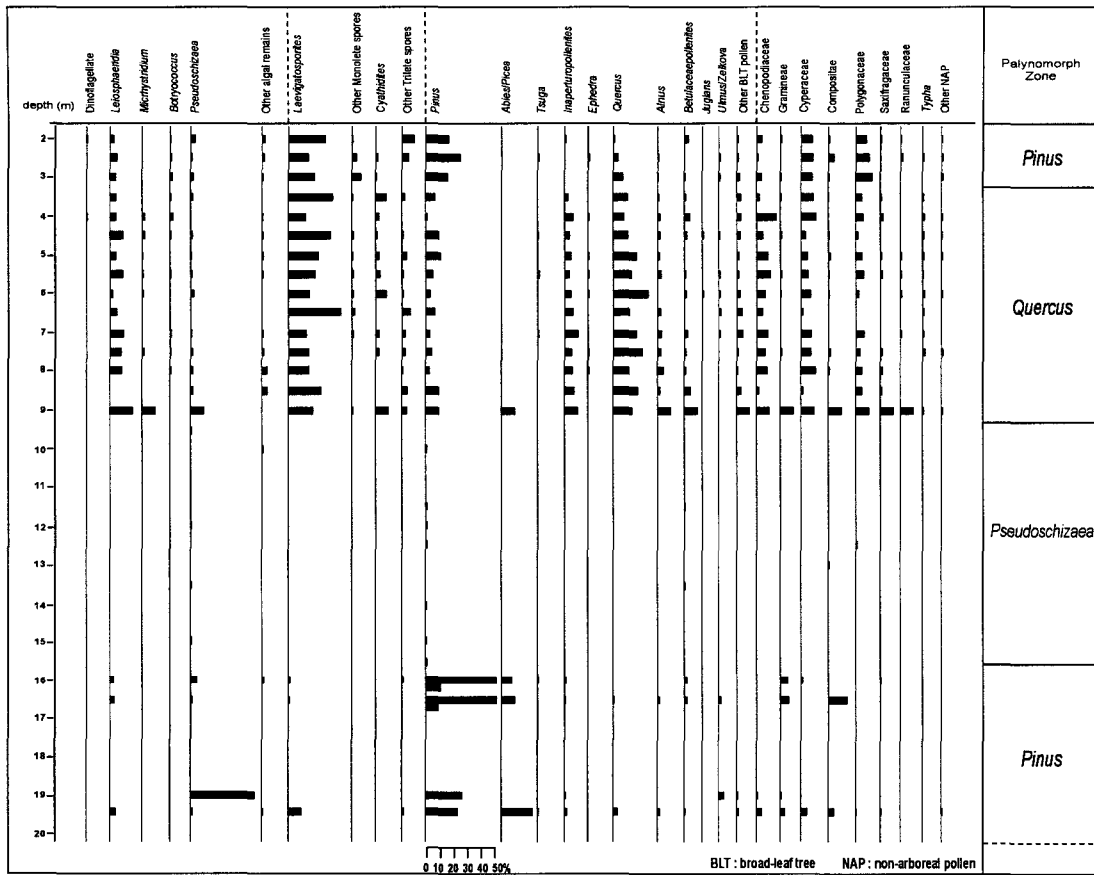


Fig. 4. Palynomorph diagram of the core MW- ① .

II. Pseudoschizaea Zone, 심도 9.40~15.53 m:

이 구간은 모두 황갈색 세립사로 구성되며 화석의 산출이 거의 없다. 그러나 정체된 담수에 서식하는 아크리타치인 Pseudoschizaea 화석이 간간히 산출되는 점으로 미루어 이 구간은 자연제방 내지 하안단구의 환경으로 생각할 수 있다.

III. Quercus Zone, 심도 3.25~9.40 m:

회색 점토로 구성된 이 구간에서는 화분·포자 화석이 풍부하고 다양하게 산출된다. 이 구간에서는 담수 내지 반담수의 각종 조류 및 식물이 지속적으로 산출되고 산출량도 비교적 많다. 이들과 더불어 해양성 외편모조류의 화석이 소량이나마 출현한다. 따라서 이 시기에는 미약하나마 해수의 영향을 받기 시작하였던 것으로 추정된다. 한편, 육상식물로는 양치식물인 Laevigatosporites을 비롯하여 명아주과(Chenopodiaceae), 사초과(Cyperaceae), 그리고 마디풀과(Polygonaceae) 등의 초본류가 넓은 분포를 보인다. 활엽교목으로는 참나무(Quercus)가 가장 큰

분포를 보이고 자작나무과(Betulaceae)와 느릅나무과(Ulmaceae)도 소규모로 분포하며, 침엽수의 화분도 협재되어 나타난다.

IV. Pinus Zone, 심도 1.60~3.25 m:

전체적으로 하부의 III. Quercus Zone과 비슷한 양상을 보이나, 참나무(Quercus)의 산출이 감소하고 소나무(Pinus) 화분의 양이 증가하는 뚜렷한 경향을 보인다.

5. 토 의

본 MW① 시추 퇴적물은 최근 약 30,000년 시기의 것에 해당한다. <sup>14</sup>C 연대측정 결과에 의하면 심도 19 m 부근의 퇴적물이 약 27,000년 전의 것이며, 이 시기에 황해의 해수면은 현재 해수면 보다 약 60 m 아래에 존재한 것으로 알려져 있다(Saito, 1998). 응회암으로 구성된 기반암 위에 놓이는 Unit 1~7은 하천 퇴적물로 해석된다. 이 하천 퇴적물은 크게 하도 환경

(Unit 1, 5)과 자연제방 및 범람원 환경(Unit 2, 3, 4, 6, 7)으로 구분할 수 있으며, 특히 Unit 4와 7은 토양화 작용을 받은 고토양으로 해석할 수 있다.

Unit 1은 주로 잔자갈과 조립 모래로 구성되며, 하도 퇴적물로 해석할 수 있다. Unit 2는 대체로 괴상의 실트와 점토로 구성된다. 특히 담수 식물성 조류로 추정되는 아크리타치인 *Pseudoschizaea* 산출이 우세한데, 이 종은 하안단구의 소택지에서 보고된 바 있다 (Christopher, 1976). 또한 활엽수의 화분화석은 극히 미약한 산출비를 보이는 반면, 소나무(*Pinus*) 화분과 초본식물인 사초과(Cyperaceae)와 벼과(Gramineae)의 화분 산출이 많다. 이러한 퇴적물의 조직과 화석산출 양상으로 미루어 본 Unit 2의 퇴적환경은 주변에 소나무류가 번성하고 한랭·건조한 기후가 우세한 소택지 또는 늪지성 범람원으로 해석할 수 있다. Unit 3에서는 보다 하도의 영향을 많이 받은 것으로 볼 수 있다. 홍수 등 일시적으로 발달하는 유수에 의하여 퇴적된 모래와 그 유수 에너지가 감소함에 따라 부유 퇴적물이 쌓여 형성된 점토 drape가 한 쌍을 이루며 반복되어 분포한다. Unit 3의 상부로 가면서 이러한 하도 영향이 점차 감소하여 점토가 우세하게 나타나게 된다. Unit 4는 식물 파편과 식물뿌리 흔적, 그리고 반점상(mottle)구조를 포함하는 고토양으로 구성되는데, 이러한 점토로 미루어 하천 영향을 벗어나 대기중에 노출된 환경으로 볼 수 있다. Unit 5는 다시 잔자갈과 조립 모래로 구성되는 하도 환경의 퇴적물로 해석된다. Unit 6은 실트 또는 세립 모래와 점토의 박층이 교호하는 양상을 보이는데, Unit 2에서와 마찬가지로 소나무(*Pinus*) 화분과 초본식물 화분 산출이 많다. 자연제방 또는 범람원 환경으로 해석된다.

Unit 7은 Unit 4와 유사한 양상을 보이는 고토양이다. 그러나 토양층의 발달이 미약하고, 반점상 구조와 식물뿌리 흔적이 몇몇 층위에 집중하여 나타나는 경향이 있는 점 등으로 미루어 퇴적과 거의 동시에 토양화 작용을 받았으며, 퇴적이 일시적으로 중단된 시기, 즉 토양화 작용을 받는 시기도 수차례에 걸쳐 있었을 것으로 판단할 수 있다. 이렇게 수차례에 걸쳐 토양화 작용과 퇴적 작용이 번갈아 일어났다는 점, 담수성 아크리타치인 *Pseudoschizaea* 화석이 산출된다는 점 등에서 본 Unit 7의 퇴적환경을 자연제방 또는 범람원으로 생각할 수 있다. Unit 7의 고토양층에서는 *caliche*, *calcareous horizon* 등을 찾아볼 수 없었으며, 따라서 그다지 건조하지 않은 기후 조건에서 토양화 작용이 진행되었음을 유추할 수 있다(Leckie *et al.*,

1989; Chen, 1997). Li *et al.*(2000)은 양자강 삼각주에서 이러한 양상의 고토양층을 인지하고, MIS 2의 시기에 연간 강우량 약 750 mm/yr 정도의 환경에서 형성되었을 것으로 해석한 바 있다. 또한 오경섭 등(1995)은 충청남도 서산시 천수만 일대에서 25,000~23,000년전의 고토양층을 조사하고, 토양의 과습윤 상태가 빈번한 한랭·습윤 기후와 관련된 gleyzation 또는 pseudo-gleyzation의 결과로 회백색의 무늬와 반점상 구조가 나타나게 된 것으로 결론내린 바 있다. 이러한 연구 결과로 미루어 볼 때, 본 Unit 7의 고토양층은 MIS 2 시기에 자연제방이나 범람원 등 하천 주변환경에서 퇴적 되었으며 한랭·습윤 기후에서 고토양화 작용을 받은 것으로 유추할 수 있다.

Unit 8은 해수의 영향을 받아 하구를 채운 점토로 구성된다. 생물교란작용을 심하게 받아 일차퇴적구조가 거의 파괴된 것으로 보인다. Unit 8에서는 미화석 산출 양이 크게 증가하고 종류도 풍부해져 급격한 환경변화를 시사하고 있는데, 특히 해양성 외편모조류와 아크리타치 *Micrhystridium*(Sarjeant and Stancliffe, 1994; Servais, 1996) 등의 산출은 해수의 영향이 있었던 것을 지시한다. 이러한 해양성 미화석과 더불어 담수성 미화석이 다양하게 지속적으로 산출되며, 산출량도 많다. 초본류도 넓은 분포를 보이며, 활엽수와 침엽수 등 목본 화분도 풍부하게 산출되는데, 이러한 화분 식물군은 주변의 산지 내지 충적지에서 바람과 수계를 따라 이동되어온 것들로서 이 시기는 온난·습윤한 기후가 지배적이었던 것으로 해석할 수 있다.

Unit 8에서 퇴적물 조직으로는 구분되지 않지만, 심도 3.25 m의 상부에서는 참나무(*Quercus*)의 산출이 감소하고 소나무(*Pinus*) 화분의 양이 증가하는 뚜렷한 경향이 나타난다. 이는 전지구적인 기후의 한랭화와 인간의 영향 등의 결과로 해석할 수 있다(윤순옥, 1996; Lamy *et al.*, 1999). 安田 등(1978)은 강원도 속초시 영랑호에서 약 6,700년전에 *Quercus zone*에서 *Pinus-Quercus zone*으로, 조화룡(1979)은 강원도 강릉시 주문진읍에서 약 6,000년전에 *Quercus zone*에서 *Pinus-Quercus zone*으로 전이하는 양상을 관찰한 바 있다. 이들 연구는 한반도 동해안에서 수행한 것이며, 서해안에서의 연구결과는 최기룡(1992)이 경기도 일산에서 약 5,000년전에 *Alnus-Quercus zone*에서 *Alnus-Quercus-Pinus zone*으로, 윤순옥(1997)이 경기도 일산에서 약 4,200년전에 *Alnus-Quercus zone*에서 *Alnus-Pinus-Quercus zone*으로의 전이를 보고한 것이 있다. 이들 연구를 바탕으로 하여 본 MW① 시추 퇴적물에서 *Quercus zone*에서 *Pinus zone*

으로의 전이 경계(심도 3.25 m)를 약 4,500 yr BP로 추정하였다.

6. 결 론

본 연구는 MW① 시추 퇴적물을 통하여 영산강 하구 일대의 지난 약 30,000년 동안의 퇴적환경 변화에 대한 자세한 기재와 해석을 시도한 것이다. 퇴적학적 기재와 유기질 미화석 분석을 통하여 8개의 암상 Unit와 4개의 미화석 zone을 구분할 수 있었으며, <sup>14</sup>C 연대측정 결과와 화분 연대 결과를 토대로 각 퇴적물 Unit의 연대를 결정할 수 있었다.

Unit 1~7은 MIS 2 시기에 해당하며, 하천의 작용이 우세하게 작용하는 한랭·습윤한 기후로 추정된다. 특히, Unit 7은 자연제방 또는 범람원 퇴적물로서 고토양화되어 있다. 양자강 삼각주 퇴적물의 하부에서도 이와 유사한 양상의 고토양이 인지된 바 있으며, 본 고토양층을 양자강 삼각주의 고토양층과 대비한다면 연간 강우량 약 750 mm/year 정도의 환경에서 형성된 것으로 해석할 수 있다(Li *et al.*, 2000). 이들 고토양층은 최종빙기최성기의 한반도 환경에 대한 많은 정보를 포함하고 있으며, 또한 상부의 Unit 8을 구성하는 해성 점토층과 명확한 경계를 이루고 있어 고해안선 복원을 위한 자료로 활용할 수 있을 것으로 보인다.

Unit 8은 MIS 1의 시기인 현세에 해당하며, 해수의 영향을 받아 하구를 채운 점토로 구성된다. 화분을 포함하여 다양한 미화석이 산출되며, 이러한 산출 양상으로 미루어 온난·습윤한 기후조건이 형성되었던 것으로 추정할 수 있다. 특히 화분 산출양상으로 추정된 약 4500 yr BP 부터는 다시 기후가 한랭화하는 것으로 보이며, 이는 전지구적 환경변화 양상과 일치한다(Lamy *et al.*, 1999).

사 사

본 연구는 한국지질자원연구원의 “미래 지표환경 변화예측을 위한 육상습지 연구”의 일환으로 수행되었다.

참고문헌

권혁재 (1974) 황해안의 간석지 발달과 그 퇴적물의 기원-금강, 동진강 하구간의 간석지를 중심으로. 지리학, 10권, p. 1-12.  
반용부 (1975) 경기만의 간석지 발달과 그 개발-인천 및 영종도 해안을 중심으로. 고려대학교 석사학위 논문,

unpressed.  
박의준 (2000) 순천만 염하구 퇴적과정의 시공간적 변이. 서울대학교 박사학위논문, unpressed.  
범선규 (2001) 영산강유역의 지형과 토지이용. 고려대학교 박사학위 논문, unpressed.  
류상옥, 김주용, 유환수 (2000) 반폐쇄된 무안만에서 부유물질의 계절적 변동 및 운반양상. 한국지구과학회지, 21권, p. 128-136.  
류상옥, 유환수, 김주용, 이인곤, 김민지 (1999) 한국 서남부 탄도만의 표층퇴적물 분포와 동계 동안 부유물질의 운반양상. 한국지구과학회지, 20권, p. 486-496.  
박용안, 임동일, 최진용, 이영길 (1997) 한국 서남해 함평만 조간대 퇴적층의 제4기 후기 층서 연구. 한국해양학회지 바다, 2권, p. 138-150.  
박용안, 최경식, 도성재, 오재호 (1999) 경기만 김포 조간대 지층의 제4기 후기 층서. 제4기학회지, 13권, p. 79-89.  
박용안, 최진용, 최강원, 이영길 (1995) 한국 서해 남양만 조수 퇴적층의 제4기 퇴적층서와 부정합. 한국해양학회지, 30권, p. 332-340.  
승영호 (1992) 한반도 주변해의 수괴와 해수순환. 한국해양학회지, 27권, p. 324-331.  
安田喜憲, 塚田松雄, 金邊敏, 李相泰, 任良宰 (1978) 韓國における環境變遷史と農耕の起源. 일본문부성 해외 학술조사보고, p. 1-19.  
오경섭, 박용안, 김여상 (1995) 천수만 간월도층의 퇴적후 변형상(cryoturbation)으로 해석되는 제4기 최후빙기의 한반도 서해안의 고환경. 제4기학회지, 9권, p. 43-60.  
윤순옥 (1996) 제4기학에 있어서 화분분석의 적용과 한반도에서의 화분분석연구. 지리업총, 24권, p. 19-47.  
윤순옥 (1997) 화분분석을 중심으로 본 일산지역의 홀로세 환경변화와 고지리복원. 대한지리학회지, 32권, p. 15-30.  
윤혜수, 변현숙, 박용안 (2000) 해남만 제4기 후기 조수환경 퇴적체의 미고생물학적 연구와 환경변이. 한국고생물학회지, 16권, p. 123-144.  
은고요나, 유환수, 김동주 (1997) 영산강유역 퇴적층의 수직적·공간적 발달 연구. 한국지구과학회지, 18권, p. 540-552.  
조화룡 (1979) 韓國 東海岸における 後氷期の 花粉分析的研究. 東北地理, v. 31, p. 23-35.  
천중화, 한상준, 장진호 (1995) 황해 곰소만 조간대의 후기 플라이스토세 니질 산화대층의 퇴적환경과 속성작용. 대한지질학회지, 31권, p. 546-559.  
최기룡 (1992) 일산지역의 꽃가루 분석. 일산새도시개발지역 학술조사보고 I, p. 146-154.  
Blatt, H., Middleton, G.V. and Murray, R. (1980) Origin of sedimentary rocks (2nd ed). Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 634 p.  
Chen, Q.Q. (1997) Characteristics and paleo-environmental implications of the Late Quaternary paleosols in the Yangtze Delta area. Tongji University (China), Ph.D. Thesis, unpressed.  
Christopher, R.A. (1976) Morphology and taxonomic status of Pseudoschizaea Thiergart and Frantz ex R. Potonie emend. Micropaleontology, v. 22, p. 143-150.  
Colman, S.M., Baucom, P.C. and Bratton, J.F. (2002) Radiocarbon dating, chronologic framework, and changes in accumulation rates of Holocene Estuarine sediments from Chesapeake Bay. Quaternary Research, v. 57, p. 58-70.  
Fairbanks, R.G. (1989) A 17,000-year glacio-eustatic sea

- level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature*, v. 342, p. 637-642.
- Frey, R.W., Hong, J.S., Howard, J.D., Park, B.K. and Han, S.J. (1987) Zonation of benthos on a macrotidal flat, Inchon, Korea. *Senckenbergiana Maritima*, v. 19, p. 295-329.
- Hart, B.S. and Long, B.F. (1990) Recent evolution of the Outardes estuary, Quebec, Canada: consequences of dam construction on the river. *Sedimentology*, v. 37, p. 495-507.
- Kim, I.J. and Nagao, K. (1992) K-Ar ages of the hydrothermal clay deposits and the surrounding igneous rocks in southwest Korea. *Journal of Petrological Society of Korea*, v. 1, p. 58-70.
- Kim, J.M. and Kennett, J.P. (1998) Paleoenvironmental changes associated with Holocene marine transgression, Yellow Sea (Hwanghae). *Marine Micropaleontology*, v. 34, p. 71-89.
- Kim, J.M. and Kucera, M. (2000) Benthic foraminifera record of environmental changes in the Yellow Sea (Hwanghae) during the last 15,000 years. *Quaternary Science Reviews*, v. 19, p. 1067-1085.
- Kim, Y.H., Lee, H.J., Chun, S.S., Han, S.J. and Chough, S.K. (1999) Holocene transgressive stratigraphy of a macrotidal flat in the Southeastern Yellow Sea: Gomso Bay, Korea. *Journal of Sedimentary Research*, v. 69, p. 328-337.
- Lamy, F., Hebbeln, D. and Wefer, G. (1999) High-resolution marine record of climatic change in mid-latitude Chile during the last 28,000 years based on terrigenous sediment parameters. *Quaternary Research*, v. 51, p. 83-93.
- Leckie, D., Fox, C. and Tarnocai, C. (1989) Multiple paleosols of the Late Albian Boulder Creek Formation, British Columbia, Canada. *Sedimentology*, v. 36, p. 307-323.
- Li, C., Chen, Q., Zhang, J., Yang, S. and Fan, D. (2000) Stratigraphy and paleoenvironmental changes in the Yangtze Delta during the Late Quaternary. *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 18, p. 453-469.
- Müller, A. (2001) Late- and postglacial sea-level change and paleoenvironments in the Oder Estuary, Southern Baltic Sea. *Quaternary Research*, v. 55, p. 86-96.
- Park, Y.A., Khim, B.K. and Zhao, S. (1994) Sea level fluctuation in the Yellow Sea Basin. *Journal of Korean Society of Oceanography*, v. 29, p. 42-49.
- Saito, Y. (1998) Sea levels of the last glacial in the East China Sea continental shelf. *Daiyonki Kenkyu*, v. 37, p. 237-242.
- Sarjeant, W.A.S. and Stancliffe, R.P.W. (1994) The Micrhystridium and Veryhachium complexes (Acritarca: Acanthomophitae and Polygonomorphitae): a taxonomic reconsideration. *Micropaleontology*, v. 40, p. 1-77.
- Schubel, J.R., Shen, H.T. and Park, M. J. (1986) Comparative analysis of estuaries bordering the Yellow Sea. In: Wolfe, D.A. (ed.), *Estuarine variability*. Academic Press, Inc., San Diego, California, USA, p. 43-62.
- Servais, T. (1996) Some considerations on acritarch classification. *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 93, p. 9-22.
- Takahashi, K. (1979) *Pseudoschizaea* from the Pleistocene sediments in the Ariake Sea area, West Kyushu. *Bulletin of Faculty of Liberal Arts, Nagasaki University*, v. 19, p. 39-46.
- Yi, M.S., Kim, J.M., Kim, J.W. and Oh, J.H. (1996) Holocene pollen records of vegetation history and inferred climatic changes in a Western coastal region of Korea. *Journal of Paleontological Society of Korea*, v. 12, p. 105-114.

---

2003년 8월 19일 원고접수, 2003년 10월 24일 게재승인.