

강원도 동해안 문암리 해안지층의 제4기 후기 퇴적층서와 환경

박 용 안 · 김 수 정

서울대학교 자연대학 지구환경과학부

Late Quaternary Stratigraphy and Depositional Environment of the Coastal Sediments along Moonamni, Kangwon Province, Korea

Yong A. Park and Su J. Kim

Research Institute of Oceanography, College of Natural Sciences,
Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

요 약

강원도 고성군 문암리 신석기 유적지가 발견된 지역의 심부시추(기반암까지 시추됨) 자료에 대한 해안 퇴적층의 퇴적층서학적 연구를 실시하여 제 4기 후기의 퇴적환경을 규명하는 것이 본 연구의 목적이다. 심부시추 지점은 3곳으로 해안에서 각각 200m, 400m, 600m 떨어진 곳이며, 이 논문은 해안선에서 약 200m 떨어진 시추 지점(MA-1)의 중간 연구 내용의 일부로서 퇴적물의 조직 특성, 패각편과 미세화석의 함유와 동정 및 수소 이온 지수 측정을 근거로 한 퇴적 환경의 변화와 잠정적인 층서 퇴적 단위 해석을 시도하였다. AMS ^{14}C 연대 측정은 지표면(해수면보다 약 170cm 상위) 하위의 두 지점, 1,165 cm와 2,085cm 깊이의 탄화된 토탄을 선택하였으며 각각의 연대는 $36,700 \pm 900$ yr. BP, $37,000 \pm 1000$ yr. BP이다. 중간 연구 결과에 의하여 MA-1의 시추 퇴적층(25.5m)은 3개의 층서 퇴적단위와 부정합이 제안된다.

ABSTRACT

The coastal deposits along Moonamni, Kangwon Province, Korea have been investigated by using deeply cored sediments(down to the basement rocks: Pre-Cambrian metamorphic rocks and granitic rocks) in order to understand and propose the late Quaternary stratigraphy and related major unconformities. Three major stratigraphic-depositional units are proposed. The neolithic cultural sites in the Moonamni area are considered as middle Holocene coastal dunes, which were developed due to active supply of beach sands from Unit I(Holocene transgressive deposit). Such coastal dune sediments are characteristic in the upper part of Unit I(Holocene in age). So far, Unit II and Unit III are considered as continental deposits, such as fluvial-swamp and alluvial deposit, respectively.

서 론

동해안의 현세와 선현세의 해수면 변동과 제4기

층서 및 고환경에 관한 연구는 지난 30여년 동안
미미한 실정이다. 오건환(1996)은 강원도 중부 해
안평야의 형성 과정과 고환경에 관한 논문을 발표

하였고 조화룡(1987)은 강릉 지방과 속초 주변 해안 평야의 지형발달과 화분 분석을 근거로 고환경에 관한 연구를 발표하였다. 야스다(安田壹憲) 외(1980)는 자연호(경호, 향호, 영랑호, 송지호, 화진호), 인공호(안압지, 덕진호, 월합지), 충적평야의 습지 등 20 지역의 시료에서 퇴적층의 주상도와 퇴적층에 포함되어 있는 화분 및 포자를 분석하여 후빙기를 편년하였다.

이 논문은 강원도 고성군 문암리의 신석기 유적지 근방의 해안 퇴적층에 대한 퇴적층서학적 연구로서 신석기 유적이 발견된 모래 언덕 즉, 사구의 형성과 그 주변의 자연환경을 해석하고 동해 연안의 제4기 후기의 퇴적층서와 기후 변화를 규명하려는 것이다. 퇴적물의 지화학 분석, 광물성분 분석, 석영 입자의 이미지 분석, 패류와 미화석(foraminifera, pollen, diatom)의 동정과 함유량 분석 및 AMS ^{14}C 연대 측정에 근거하여 제4기 후기의 퇴적층서를 규명하며, 현세 초기에서 중기에 해당하는 신석기 시대의 문암리 유적지의 자연 환경을 해석하는 것은 매우 중요한 연구이다.

현재까지 진행된 실험과 분석은 세 지점의 심부 시추 시료 중 MA-1 시추 퇴적물의 입자 분석과 패각편의 함량, pH 측정 및 AMS ^{14}C 연대 측정이며, 이러한 분석 자료에 근거하여 중간 연구 결과를 기술하는 것이 이 논문의 중요 내용이다.

연구 지역

연구 지역은 $128^{\circ}31'E \sim 33^{\circ}30'E$, $38^{\circ}17'30"N \sim 22^{\circ}30"N$ 에 위치한 강원도 고성군 동해안 일대이다. 송지호 남쪽으로 약 2 km 간격으로 세 개의 하천(인정천, 황포천, 문암천)이 남서쪽에서 북동쪽 방향으로 흐르고 있으며 하천 사이에는 수지상의 간헐천들과 인공수로가 2~3개씩 가지를 뺀고 흐르고 있다(Fig. 1).

백두대간의 설악산 산맥의 급한 경사면을 따라 내려와 바다와 접해 있는 이 지역의 연평균 기온은 $10 \sim 11^{\circ}\text{C}$, 연 평균 강수량은 $1,100 \sim 1,200 \text{ mm}$ 이다. 해안선을 따라 좁고 긴 해양 평야가 분포하고

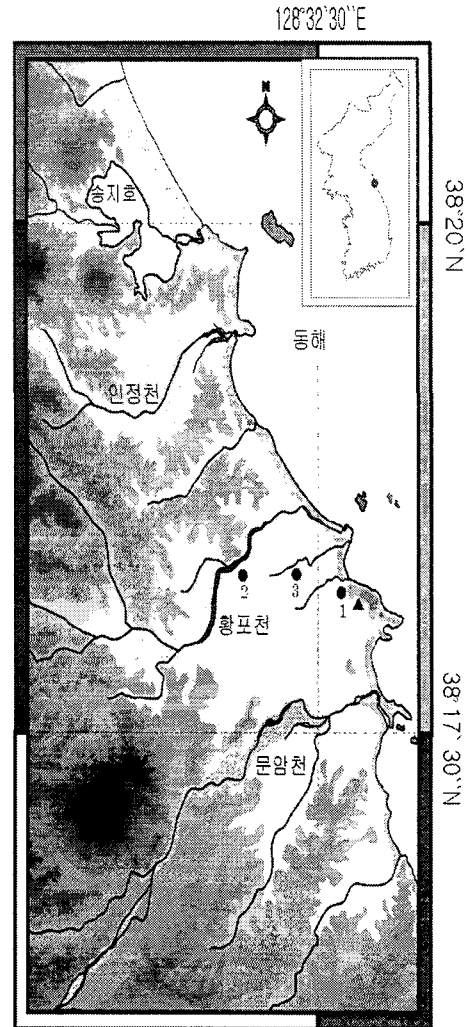


Fig. 1. Map showing the study area. Three solid circles are boring sites.

있다.

재료 및 방법

실험과 분석의 대상이 된 퇴적물 시료는 해안선에서 약 200 m, 400 m, 600 m 떨어진 3 지점의 심부시추 시료이다. 해안선에서 약 200m 떨어진 지점의 시추(MA-1)의 총 길이는 25.5m이며 $10 \sim 15 \text{ cm}$ 간격으로 총 151개의 subsample를 채취하였다. 시료는 입도 분석과 지화학 분석, 함수율 측정

및 pH 측정을 하기 위해 세분되었다. 입자 분석 후의 시료는 중광물과 경광물로 분리된 후 광물 조성 분석을 하였다. 그 중 석영 입자는 이미지 분석을 위해 사용된다. 그리고 사질 퇴적물에 함유된 패각과 미화석(foraminifera, diatom)의 함량과 동정이 이루어지며, 점토광물 분석과 화분 분석을 위한 시료는 필요에 따라 시추 퇴적물의 나머지 반쪽에서 채취, 분석될 계획이다. 퇴적 구조를 파악하기 위해서 가로 5cm, 세로 30cm, 두께 1cm의 슬랩을 제작하여 X-ray 촬영을 하였다. AMS ¹⁴C 연대 측정을 위한 시료는 토탄층에서 선택되었고 서울대학교 기초과학교육연구 공동기기에 의뢰하였다. 입자 분석은 Folk(1954)의 mud-sand-gravel 삼각 도표에 근거하였다(Fig. 2).

Folk의 입자분석을 기초로 한 퇴적물의 색, 패각 함유 및 퇴적구조 요인이 통합되어 퇴적상 class를 분류하였고 이를 다시 세분하여 총 12개의 subclass를 분류하였다(Table 1).

결과 및 토론

층서 퇴적단위 설정

입자분석 결과와 퇴적물의 색 및 AMS ¹⁴C 연

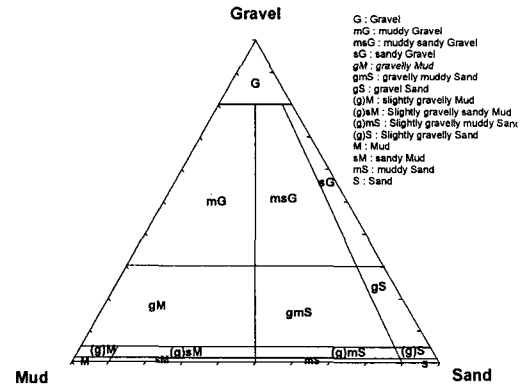


Fig. 2. Ternary diagram for sediment type classification (Folk, 1954).

대 측정의 결과에 근거하여 잠정적인 층서 퇴적단위의 구분과 부정합이 제안되었고, 이에 관한 퇴적층서학적 해석이 중간연구 결과로 기술되는 바, 위에서 설명된 여러 다른 분석이 완료·추가되는 경우, 이 연구의 결론은 더 자세하게 도출되고 기술될 것이다.

Unit I

Unit I은 지표면에서 1,110 cm까지 약 11 m의 두

Table 1. Facies classification scheme of the core sediments in the study area.

| Class | Subclass | Facies description |
|--------------------|----------|---|
| Gravelly Sand (gS) | M-gS-G | Massive gravelly sand-gray color |
| | M-gS-Y | Massive gravelly sand oxidized-yellow brown color |
| | Sh-gS-Y | Shell content gravelly sand oxidized-yellow brown color |
| Muddy Sand (mS) | M-mS-G | Massive muddy sand-gray color |
| | M-mS-Y | Massive muddy sand oxidized-yellow brown color |
| | Sh-mS-G | Shell content muddy sand-gray color |
| Sandy Mud (sM) | Sh-mS-Y | Shell content muddy sand oxidized-yellow brown color |
| | M-sM-G | Massive sandy mud-gray color |
| | In-sM-G | Interlaminated sandy mud-gray color |
| Mud (M) | M | Mud yellow brown color |
| Peat (P) | P | Peat |
| | P-ml | Peat with mud lumps |

깨를 가지는 퇴적층으로 부분별 퇴적상은 다음과 같다. 지표면에서 46 cm까지 massive muddy sand로서 dark yellowish orange(10YR 6/6)색을 띠고 있으며 상향 세립한 경향을 보인다. 상부의 평균 입도는 3ϕ (0.125mm)로 분급이 양호한 사구 모래이며 하부의 평균 입도는 0ϕ (1mm)로 조립하며 분급이 다소 불량하다(1.348~2.077). 46cm~175 cm까지는 massive gravelly sand로서 light olive gray(5Y 5/2)색을 띠고 있으며 평균 입도는 $1\sim 0\phi$ (0.5~1mm)이다. 175cm부터 약 300cm까지는 massive gravelly sand로서 dark yellowish orange색을 띠고 있으며 운모가 우세한 것이 특징이다. 그 하위부터 415cm까지는 massive muddy sand로서 dark greenish gray색이며 역시 운모가 우세하다. Unit I의 특징적인 우세 입자 퇴적상은 Fig. 3에 제시된 바와 같이 gS, (g)S 및 S이며 (g)mS, mS 및 gmS의 퇴적상은 상대적으로 우세하지 않은 것으로 밝혀진 바, 동해안 제4기 퇴적층의 최상위 지층인 Unit I의 층서 퇴적 단위는 연근해 해변 퇴적층(체)과 해안 사구층으로 해석된다(Fig. 4).

415cm에서 1,110cm 까지 약 7m 두께의 퇴적물은 패각편을 함유하고 있는 muddy sand로서 분급은 대체로 0.937~2.196으로 불량하다. 그런데 11m에서 약 9.5m까지 상향 조립해지다가 7m까지 다시 상향 세립해지며 5m까지 다시 조립해지는 경향을 보이고 있다. 패각편의 함유율은 4.2m, 5.5m, 9.3m 지점에서 전체 모래 입자($-1\sim 4\phi$)의 약 50~60%를 차지하고 있었으며 나머지 다른 지점에서는 10~40%의 함유율을 보인다. 원형을 보존하고 있는 패각편은 주로 $-1\sim 1\phi$ 사이에 분포하고 있으며 동정이 가능한 것은 전체의 약 20% 정도로 대부분 고등류이며 조개류는 파쇄되어 식별이 불가능하다. 패각편이 해수종과 담수종 중 어디에 속하는지만을 구별하였다. 고등류는 주로 *Alvania* (*Alvnia*) *concinna* (쌀눈 고등), *Cryptonatica hirasei* (빨강구슬우렁이), *Bulleia trifasciata* (깨고등), *Cerithiopsis subreticulata*(날씬이갯고등불이), *Ceratostoma inornatus* (어깨빨고등), *Iwakawatrochus urbanus* (잔무늬얼룩고등), *Eu-*

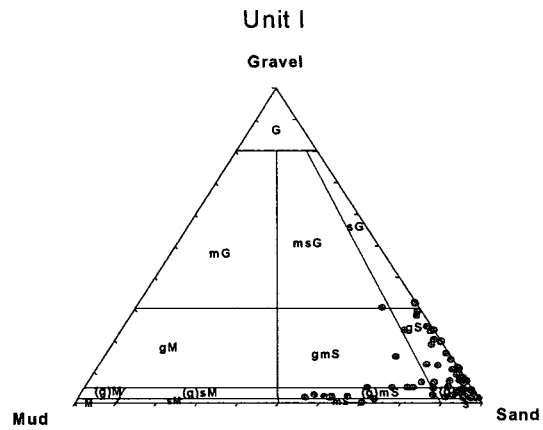


Fig. 3. Ternary diagram showing textural grain-size facies of Unit I sediments.

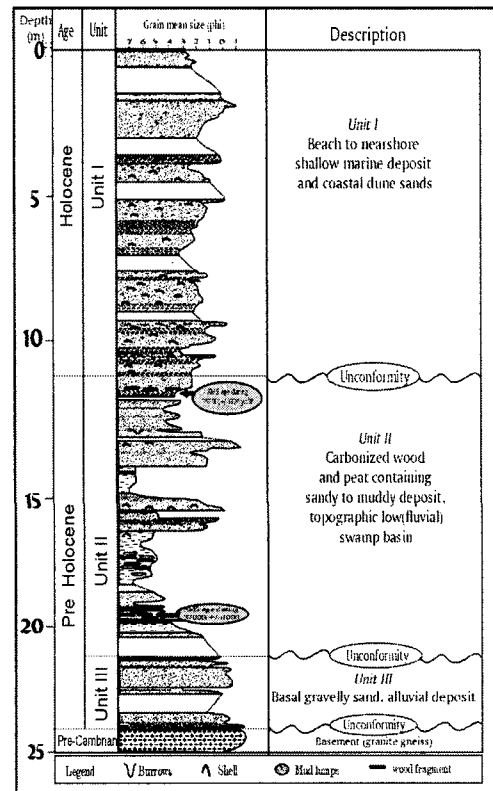


Fig. 4. Schematic stratigraphy of the MA-1 deep core sediments. Note three units and three unconformities.

spira plicispira (젓빛구슬우렁이) 등이며, 조개류로는 *Parathyasira kawamurai* (뽕족말발조개), *Pillucina (Pillucina) pisidium* (매화꽃잎조개), *Obli-mopa japonica* (흰바탕무늬조개), *Glycymeris ro-tunda* (북방밤색무늬조개) 등이 관찰되었다. 이러한 패류종은 모두 해수종으로 동정된 바, 이 부분의 퇴적체는 연근해 해빈 환경에서 집적된 것으로 해석된다. 이 중 AMS ¹⁴C 연대 측정의 대상이 된 패각은 서울대학교 기초과학교육연구 공동기기에 의뢰하였다.

Unit II

Unit I에 의하여 부정합적으로 피복되는 Unit II는 1,110cm~2,164cm에 이르는 약 10m 두께의 퇴적단위로서 입자 조직 퇴적상은 Unit I과 크게 다른 것이 분명하며, 이러한 퇴적상의 차이는 Fig. 3과 Fig. 5를 비교함으로써 이해된다(Fig. 5). 즉, Unit II의 우세 입자 조직 퇴적상은 M, sM, mS, S이며 sG, gM 및 gS의 퇴적상은 부차적이다. 이러한 퇴적상은 Unit II의 퇴적층이 해안의 지형적 저지인 습지와 하천 환경에서 집적된 것으로 해석될 수 있다.

Unit II의 상부에서 하부에 이르는 부분별 퇴적상의 특징을 기술하면 다음과 같다. 1,110cm~1,322cm까지는 massive muddy sand로서 dark greenish gray 색을 띠고 있으며, 1,165cm에는 탄화된 토탄 유기물이 협재되어 있다. 이 유기물의 AMS ¹⁴C 연대 측정 결과는 36,700±900 yr. BP이다. 1,322~1,468cm까지는 상향 조립의 gravelly sand로서 dark yellowish orange색을 띠고 있으며 분급은 2.042~2.924로 불량하다. 특히 1,325cm 깊이에서 생물흔적 구조로서 burrow가 확인되었다(Fig. 6).

1,486cm에서 약 15cm 두께의 light brown(5YR 5/6)색의 mud층이 위치하며 그 하위에는 약 20cm 두께의 토탄층이 위치한다. 이 갈색 점토층은 강한 집중 호우와 장마 비의 영향으로 분지 주변으로부터 운반 집적된 것으로 해석되는 중요한 의미의 소 퇴적층이다. 즉, 육상의 퇴적 현상임을 뚜렷하게 지

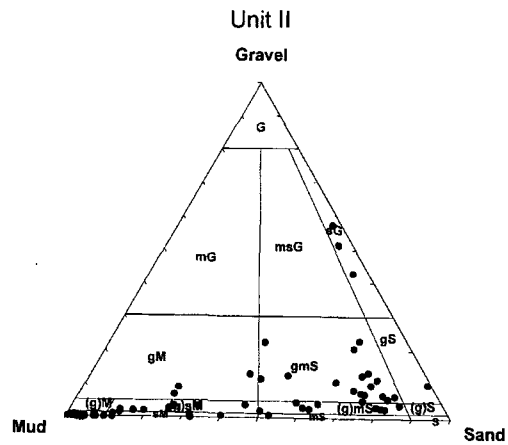


Fig. 5. Ternary diagram showing textural grain-size facies of Unit II sediments.

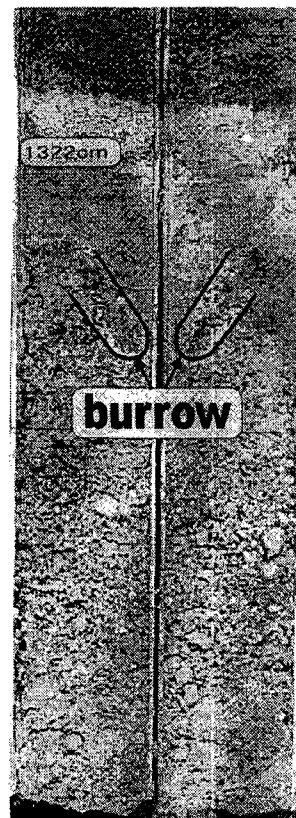


Fig. 6. Photographs showing burrow structure in the core sediments at depth of 1,310 cm~1,350cm.

시하는 작은 단위의 퇴적층이라고 해석된다.

1,500cm~1,580cm는 massive-sandy muddy로서 olive gray(5Y 4/1)색을 띠며 유기물을 함유하고 있다. 유기물의 함량이 비교적 우세한 이 부분의 퇴적층은 지형저지(topographic low)에 서식하는 초본식물이 세립 퇴적물의 집적과 함께 조용한 환경에서 우세하게 분포한 것으로 해석된다.

1,580~1,730cm는 패각편을 함유한 gravelly sand로서 dark yellowish orange색을 띠며 상향 세립한 경향을 보이고 있다. 1,730cm~1,800cm는 위와 같이 패각편을 함유한 gravelly sand이지만 dark greenish gray색을 띠고 있다.

1,800cm~1,950cm는 이토(mud)를 함유한 peat 층이다. 1,950cm~2,164cm까지는 sand와 mud가 교호되는 엽리층 구조가 우세한 sandy mud층으로서 사이사이에 목탄층이 협재된다. 2,085cm 깊이의 탄화된 토탄층의 AMS ^{14}C 연대 측정은 $37,000 \pm 1,000$ yr. BP이다. 따라서 Fig. 4에 제시된 바와 같이, 현세(Holocene)의 해수면 상승 과정과 연계되어 형성된 Unit I 퇴적층과 선현세에 해당되는 Unit II의 퇴적층서단위는 부정합적인 층서관계이다(박 외, 2000).

Unit III

이 층서 퇴적단위는 2,164cm에서 2,550cm에 이르는 퇴적층으로서 약 390cm의 두께이다. Unit III의 퇴적물은 Fig. 7에 제시된 바와 같이 (g)mS, gmS, (g)S, sG 및 (g)sM의 입자 퇴적상으로 지배된다. 이러한 조직 퇴적상은 전형적인 하성 기원 퇴적물의 조직성질이며 퇴적물의 색상도 오랜 기간의 풍화작용을 뒷받침한다. 결과적으로 서해안의 제4기 조간대 층서 연구에서 밝혀진 기반암과의 기저 부정합(basal unconformity)을 나타내는 Unit III는 상위 층서 퇴적단위인 Unit II와 부정합적이다(박 외, 1997; Park et al. 1998; 박 외, 2000).

이러한 Unit III의 부분별 조직 퇴적상은 다음과 같다.

2,164cm~2,374cm까지는 massive gravelly sand이지만 그 색상은 상부로 갈수록 yellow에서 gr-

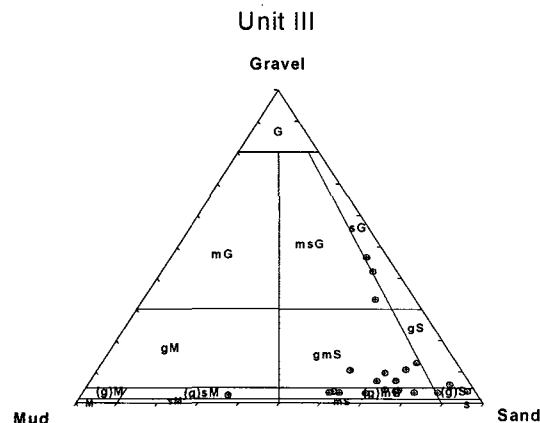


Fig. 7. Ternary diagram showing textural grain-size facies of Unit III sediments.

ay, 다시 yellow로 변한다. 그 아래 2,374cm~2,396cm까지는 gray색의 massive muddy sand이며 2,396cm~2,550cm까지의 약 60cm는 다시 yellow색의 massive gravelly sand로서 기반암이 풍화된 고토양이다.

요 약

본 연구 지역인 동해안의 해안 심부시추 퇴적물(층)의 층서와 퇴적환경을 과학적인 큰 모순없이 해석하기에는 지금까지의 자료만으로 어렵다. 그러나 입도분석 자료에 의한 퇴적상의 조합과 퇴적물의 색상 및 AMS ^{14}C 의 연대 측정 결과를 근거로 25.5m 두께의 퇴적층을 크게 3개의 층서 퇴적단위로 구분하였다. Unit I은 지표면에서 11m까지의 퇴적층으로 현세(Holocene) 동안에 퇴적된 층서적 최상위층으로 yellow색의 상부는 해안 사구(coastal dune) 퇴적 환경이고 gray색의 하부는 해변·연근해 (beach to shallow marine) 퇴적 환경이다. Unit II는 깊이 11m~21.5m이며 선현세(Pre-Holocene) 때 퇴적된 것으로 탄화된 목편과 토탄층이 협재하는 점토질 내지 사질 퇴적물(muddy sand to sandy mud)로서 해안 육지내의 지형적 저지로서의 하성 분지 퇴적 환경으로 해석된다. Unit III는 깊이 21.5m~25.5m로 풍화된 basal gravelly

sand위에 yellow 색의 조립한 사질 퇴적물로 이는
충적 퇴적 환경으로 해석된다.

사 사

본 연구는 해양수산부가 처음으로 시작한 Sea Grant의 연구비 지원사업에 의하여 가능한 것이며, 중간 결과 자체가 매우 중요하게 성취되어 연구비에 따른 연구 의욕이 크게 증진되었음을 기술하는 바이다. 심부 시추의 새로운 기술을 개발한 동아건설탄트(주)의 최병훈 부장의 기술팀에게 감사한다.

참고문헌

박용안, 임동일, 최진용, 이영길. 1997. 한국 서남해
함평만 조간대 퇴적층의 제4기 층서 연구, 한국
해양학회지 (바다) 2, 138-150.
박용안, 임동일, 김수정. 2000. 한국 서해 경기만 조
간대(상부조간대) 퇴적층의 제4기 후기 층서와

부정합, 한국제4기학회지, 14, 2000.

오건환. 1996. 강원도 중부(주문진-양양) 해안 평
야의 형성과정과 고환경. 한국제4기학회지, 10:
53-68.

貝類 博物館. 2001, 新原色韓國貝類圖鑑, 도서출
판 한글.

安田喜憲 외. 1980. 韓國における 環境變遷史,
文部省 「海外學術調査」 1-19.

Park, Y. A., Lim, D. I., Khim, B. K., Choi, J. Y.
and Doh, S. J. 1998. Stratigraphy and
subaerial exposure of late Quaternary tidal
deposits in Haeam Bay, Korea (south-eastern
Yellow Sea). *Estuarine Coastal Shelf Science*,
47, 523-533.

Folk, R. L. 1954. The distinction between grain
size and mineral composition in sedimentary
rock nomenclature. *The Journal of Geology*,
62, 344~359.

(Accepted: April 20, 2001)