

## 한국 동해 서측해역에서 채취한 시추 퇴적물의 후기 현세 퇴적률 연구

박병권<sup>1</sup> · 한상준<sup>2</sup> · 박은주<sup>3</sup> · 존 써우돈<sup>4</sup>

<sup>1</sup>한국해양연구소 극지연구센터

<sup>2</sup>한국해양연구소 해양지질연구그룹

<sup>3</sup>기초과학지원연구소 지구과학분석실

<sup>4</sup>미국 국립 리버모어연구소 AMS센터

## Late Holocene Sedimentation Rates from Core Sediments of the Western Part of the East Sea, Korea

BYONG-KWON PARK<sup>1</sup>, SANG-JOON HAN<sup>2</sup>, EUNJOO BARG<sup>3</sup> AND JOHN SOUTHON<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Polar Research Center, Korea Ocean Research & Development Inst.,  
Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea*

<sup>2</sup>*Marine Geology Research Group, Korea Ocean Research & Development Inst.,  
Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea*

<sup>3</sup>*Earth Science Analytical Facility, Korea Basic Science Inst., Sungbuk-Ku, Korea Univ.,  
Seoul 136-701, Korea*

<sup>4</sup>*Center for AMS, Lawrence Livermore National Lab., P.O. Box 808, Livermore, CA 94551-9900, U.S.A.*

동해 서측해역에서 채취한 4개의 시추 퇴적물에 함유되어 있는 부유성 유공충 또는 엽기 용해수 성분, 산 및 엽기추출 잔류물 성분의 <sup>14</sup>C-연령을 가속질량분석기(AMS)로 측정하여 동해 서측해역의 후기 현세 퇴적물을 연구하였다. 시추공 HP-10, HP-3, 94-9 및 92-3 퇴적물에서 시료깊이-연령간의 직선방정식으로부터 유추한 표층 퇴적물의 손실분을 고려하여 퇴적률을 계산한 결과 각각 30 cm/kyr, 10 cm/kyr, 11 cm/kyr 및 112 cm/kyr로 나타났다. 그러나 이중 시추공 HP-10과 94-9 퇴적물만이 3개 이상의 시료에서 연령이 측정되어 신뢰도가 높으므로 동해 서측해역에서 현세 후기의 퇴적률은 대체로 11 cm/kyr에서 30 cm/kyr의 범위이다. 또한 각 시추공에서 깊이 에 따른 퇴적률은 거의 일정하게 나타나는데, 이는 빙하기 이후 동해의 해수면 상승은 대체로 현세 전반기에 거의 완료되고 그 이후는 전반적인 퇴적환경에 있어서 큰 변화가 없었음을 시사한다.

This study intended to investigate the sedimentation rates of core sediments of the western part of the East Sea using Accelerator Mass Spectrometer (AMS) <sup>14</sup>C-age on the planktonic foraminifera or acid-extracted residue, base-soluble and base-extracted residue fractions. On the basis of the depth-age correlations, the sedimentation rates during the late Holocene period of Cores HP-10, HP-3, 94-9 and 92-3 were 30 cm/kyr, 10 cm/kyr, 11 cm/kyr and 112 cm/kyr, respectively. The sedimentation rates of the western part of the East Sea, however, seems to be ranged from 11 cm/kyr to 30 cm/kyr, because the rates of the only two cores (Cores HP-10 and 94-9) which were dated at more than three depths are considered to be more reliable. The rates in each core sediment showed good linear relationship with the sample depth, suggesting that the sea-level rise had been finished nearly during the early Holocene period and the general depositional environments had been lasted rather constant during the late Holocene period.

서 언

동해는 판구조론적으로 전형적인 배호분지이며 4개의 좁은 해협으로만 유통되는 거의 고립된 대륙연해(marginal sea)로서 해양학적으로 독특한 특성을 갖고 있는 바다이다. 동해의 해양 진화과정을 이해하기 위해서는 진화과정의 기록을 간직하고 있는 동해 분지내에 퇴적된 해저 퇴적물을 이용한 고해양학적 연구가 필수적이다. 그러나 그동안은 장기간의 진화과정의 기록을 간직하고 있는 긴 시추 퇴적물을 획득하는 것이 그리 쉬운 일이 아니었으며, 더구나 시추 퇴적물의 연령을 체계적으로 측정하여 고해양학적 변화를 정확한 지질 시간에 맞추어 연구하는 것도 또 다른 과제였다.

그간 피스톤 시추기(piston corer) 또는 상자 시추기(box corer)로 획득한 시료를 이용하여 한반도 주변의 비교적 얇은 바다의 표층 퇴적층의 퇴적속도를 측정하기위한 연구가 여러 학자들에 의해 시도되어 왔다(한국자원개발연구소, 1977; 윤과 정, 1992; DeMaster et al., 1985; Kang and Chough, 1982; Lee et al., 1988; Alexander et al., 1991; Hong et al., 1995). 그러나 최근에 와서야 시추 퇴적물의 연대를 정밀하게 측정할 수 있는 가속질량분석기(AMS, Accelerator Mass Spectrometer)를 이용한 연령 측정기술의 발달로 현세(Holocene) 기간 동안의 고해양학 및 지구환경 변화에 관한 연구가 가능하게 되었다.

본 연구에서는 시추 퇴적물의 연령을 <sup>14</sup>C-연령 측정방법으로 측정하여 동해 퇴적물의 현세 퇴적물을 계산하여 동해의 고해양학 연구에 필요한 정보를 제공하고 동시에 현세 기간 동안의 고기후변화 연구에 도움을 주고자 하였다. 아울러 본 연구 결과는 장기적으로 동해의 해양자원 개발과 공간자원 이용기술 개발의 기초자료로도 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

동해의 해양학적 특성

동해는 북서태평양에 위치한 반고립된 대륙연해로서 전형적인 배호분지의 하나로 평균 수심은 1,350 m이고 최대수심은 3,700 m에 이른다. 동해는 오희츠크해(Sea of Okhotsk), 북태평양(North Pacific Ocean) 및 동중국해(East China Sea)와 4개의 천해 해협을 통해 연결되어 있다. 오희츠크해와는 수심 약 15 m의 타탈스키 해협(Tatarskiy Strait)을 통해, 북태

평양과는 수심 55 m의 소야 해협(Soya Strait) 및 수심 130 m의 츠가루 해협(Tsugaru Strait)을 통해, 그리고 동중국해와는 수심 130 m의 대한해협(Korea Strait)을 통해 연결되어 있다(Fig. 1).

동해 해저에는 조구조 운동에 의해 형성된 한국대지(Korea Plateau), 오키 천퇴(Oki Bank), 야마토 해령(Yamato Ridge), 키타-야마토 해령(Kita-Yamato Ridge) 등과 같은 구조들이 발달되어 있으며, 이들은 수심 500 m 이내까지 돌출되어 있다. 이러한 대지와 해령들을 경계로 동해에는 일본분지, 야마토 분지, 울릉분지 등 3개 분지가 각각 형성되어 있다. 울릉분지의 해저에는 몇 개의 해저산(seamount)과 해저구릉을 제외하고는 비교적 평탄한 지형을 이루고 있다.

그동안 동해의 수괴와 순환에 관한 연구들(김 등, 1991; 송, 1992; Kim and Chung, 1984; Kim et al., 1991; Cho and Kim, 1995)에 의하면, 현재 수심 200~300 m 이상의 동해 심층에는 저온(0~1°C), 저염(34.0~34.1‰), 고용존산소량(5~6 ml/l)의 특성을 갖고 있는 동해 고유수(proper water)가 존재한다. 이 수괴는 겨울철 동안 동해 북서부의 표층수가 급격히 냉각되어 형성되며, 이 수괴의 영향으로 동해는 용존산소가 풍부하고 수온이 낮아 해저의 표층 퇴적물은 산화환경하에 있고 탄산염보상심도(CCD, Carbonate Compensation Depth)도 대양보다 얕은 수심 2,000 m에 위치하고 있다.

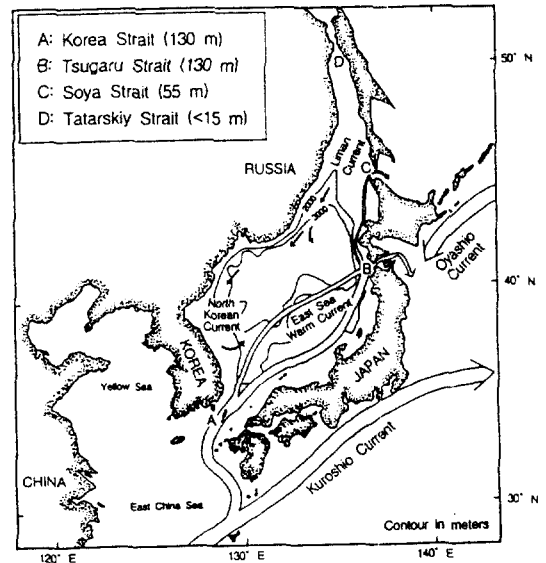


Fig. 1. Map of the East Sea and surrounding regions.

Oba *et al.*(1991)에 의하면 85,000 yr B.P.에서 27,000 yr B.P.사이에는 동한난류가 동해로 거의 유입되지 않았고, 황해와 동중국해로부터 표층수가 소량 유입되었으나 수직 혼합작용이 미약해서 동해 표층수의 온도는 현재보다 낮았으며 해저에는 혐기성(dysaerobic) 환경과 미약한 산화환경이 교차하고 있었다. 그 후 27,000 yr B.P.에서 20,000 yr B.P.에는 황하 등 큰 하천으로부터 담수가 유입되어 동해의 수괴는 층상구조가 형성되었다. 이 때 해저에는 무산소(anoxic)환경이 강해져서 저서동물은 절멸되었다. 이에 관해 Keigwin and Gorbarenko(1992)는 흑룡강(Amur River)도 많은 영향을 미쳤을 것이라고 했다. 20,000 yr B.P.에서 10,000 yr B.P.에는 한랭한 오야시로 해류(Oyashio Current)가 츠가루 해협을 통해 동해로 유입되고 동해의 심층수의 순환이 재생되었다. 이 때 저서동물이 없던 동해의 심해분지에 북태평양의 천해성 저서동물들이 동해로 유입되어 새로이 자리를 잡게 되었다. 10,000 yr B.P.에서 8,000 yr B.P.에는 온난한 동한난류가 대한해협을 통해 동해로 다시 유입되기 시작하여 약 8,000yr B.P. 부터 현재와 유사한 환경이 조성되었다. 따라서 유공충보상심도(FCL, Foraminifera Compensation Level)도 점진적으로 상승하여 수심 1,000 m에 이르게 되었으며, 이 때 해수면 변동은 대한해협의 수심 130 m보다 더 컸을 것이라고 해석된다. 해저는 혐기성 환경에서 산화환경으로 전환되는 기간이었다. 8,000 yr B.P. 이후에는 해수면 상승에 따라 동한난류가 계속 유입되고 해저에는 산화환경이 조성되고 심층에는 동해 고유수가 형성되었다.

한편 동해의 시추 퇴적물에는 5개의 화산재층(volcanic ash layer)이 협재되어 있는 것으로 알려져 있으며, Arai *et al.*(1981)과 Machida and Arai(1983)는 <sup>14</sup>C과 U-계열 연대측정 방법으로 화산재층의 연령을 측정하여 각각 80,000 yr B.P.의 Aso-4(Aso-4) 층, 33,000 yr B.P.의 Yamato(Ym) 층, 22,000 yr B.P.의 Aira-Tanzawa(AT) 층, 9,300 yr B.P.의 Ulleung-

Oki(Oki) 층, 그리고 6,300 yr B.P.의 Akahoya(Ah) 층으로 보고하였다.

## 연구 재료 및 방법

본 연구에서는 한국해양연구소가 동해에서 피스톤 시추기로 채취한 시추 퇴적물 중 4개의 시추공(HP-3, HP-10, 92-3, 94-9)을 선정하여 분석하였다(Fig. 2; Table 1).

시추공 HP-3과 HP-10 퇴적물에는 석회질 유공충이 산출되지 않아서 산과 염기를 각각 이용하여 퇴적물로부터 유기기원 탄수화물을 분리해 내어 각 성분별로 <sup>14</sup>C-연령을 측정하였다. 시추공 HP-10 퇴적물의 경우 산추출 잔류물(acid-extracted residue) 성분, 염기 용해(base-soluble) 성분 및 염기추출 잔류물(base-extracted residue) 성분으로 구분하여 각 성분별로 <sup>14</sup>C-연령을 측정하였다. 성분별로 측정한 깊이별 퇴적물 연령 측정치는 일률적으로 산추출 잔류물, 염기 용해, 염기추출 잔류물 성분 순으로 더 크게 나타났으나, 주로 염기 용해 성분과 염기추출 잔류물 성

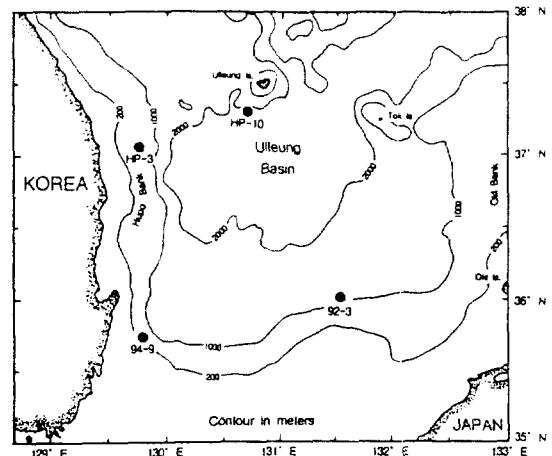


Fig. 2. Location map of the Cores HP-10, HP-3, 94-9 and 92-3.

Table 1. Location, water depth and length of the cores used in this study.

Core No.	Latitude	Longitude	Water Depth (m)	Core Length (cm)
HP-3	37° 12' 58.00" N	129° 42' 58.00" E	320	225
HP-10	37° 21' 02.00" N	130° 41' 08.00" E	2,200	235
92-3	35° 42' 00.94" N	130° 46' 16.24" E	937	247
94-9	35° 43' 07.82" N	129° 46' 01.59" E	227	102

분에서 측정된 값들이 퇴적물의 연령을 잘 대표하는 것으로 판단되며 그 중에서도 염기 용해수 성분의 연령이 퇴적물의 연령을 잘 대표하고 있었다(박 등, 1995). 따라서 시추공 HP-3 퇴적물은 염기 용해수 성분에서만 연대를 측정하였다. 시추공 92-3과 94-9 퇴적물은 석회질 유공충이 함유되어 있어서 이중 가장 우세하게 산출되는 부유성 유공충 종인 *Neogloboquadrina pachyderma*와 *Globigerina bulloides*를 선별하여 <sup>14</sup>C-연령 측정에 사용하였다.

<sup>14</sup>C-연령 측정은 미국 국립 리버모어연구소(Lawrence Livermore National Lab.)의 Tandem AMS (Accelerator Mass Spectrometer)를 이용하였다. 연대 계산은 Libby의 <sup>14</sup>C 반감기 5,568년을 채택하여 Stuiver and Polach(1977)의 변환식으로 계산하였다. 또한 시료의 일부에서 안정동위원소분석기로 δ<sup>13</sup>C를 분석하여 연령계산시에 이용하였다. 시추 퇴적물의 퇴적물은 측정 시료의 깊이와 연령을 기준으로 각 측정 깊이까지의 평균 퇴적률로 계산하였다. 이때 시료의 깊이-연령 상관직선식으로부터 시추시 손실된 만큼의 표층 퇴적물의 두께를 더하여 퇴적물을 구하였으며, 퇴적물의 특성을 고려하여 계산된 퇴적물 중에서도 선별하여 다음의 연구 내용에서 검토하였다.

### 결과 및 토의

시추공 HP-10의 위치는 울릉도에서 서쪽으로 약 18 km 떨어진 지점으로 수심은 2,200 m이다. 시추공의 동쪽으로는 급격한 경사면이 울릉도로 이어지고 남쪽으로는 울릉분지가 형성되어 있다. 이 시추 퇴적물은 전체적으로 펄이 90% 이상 포함된 세립질 퇴적물로 전형적인 반원양성 퇴적물(hemi-pelagic sediment)로 구성되어 있으며, 시추 퇴적물 내에 2개의

화산재층(volcanic ash layer)이 깊이 148~158 cmbsf와 218~233 cmbsf에 각각 나타난다(Han et al., 1988). 화산재층은 10~15 cm 두께로 회색을 띄고 있으며 상·하층의 암녹회색과 쉽게 구분된다. 이 시추 퇴적물의 전체 길이는 235 cm이다.

시추공 HP-10 퇴적물의 <sup>14</sup>C-연령 측정결과는 Table 2에서 보는 바와 같다. 깊이 150 cmbsf 시료의 <sup>14</sup>C-연령은 염기 용해수 성분이 6,200±50 yr B.P.이며 염기추출 잔류물 성분은 7,190±60 yr B.P. 이다. 이는 Machida and Arai(1983)가 동해 시추 퇴적물의 최상부 화산재층인 Akahoya(Ah) 층에서 측정된 연령 6,300 yr B.P.와 대비된다. 또한 깊이 218~233 cmbsf에 있는 화산재층의 바로 상부에 해당되는 깊이 210 cm 시료의 염기추출 잔류물 성분의 <sup>14</sup>C-연령은 9,030±70 yr B.P.이다. 이는 Machida and Arai(1983)가 Akahoya(Ah) 화산재층 하부에 발달한 Ulleung-Oki(Oki) 화산재층에서 연령을 측정된 9,300 yr B.P.와 대비된다.

Oba et al.(1991)에 의하면, 동해 남부 오끼 천퇴 정상부의 수심 935 m지점(37° 03.5' N, 134° 42.6' E)에 위치한 시추공 KH-79-3의 경우(시추공의 길이; 900 cm), Akahoya(Ah) 화산재층이 동일지점에서 시추(duplicate)한 L-3공에서는 깊이 76~80 cmbsf에, 그리고 C-3공에서는 깊이 43~45 cmbsf에 각각 위치하고 있다. 또한 Ulleung-Oki(Oki) 화산재층은 L-3공에서는 깊이 86~94 cmbsf에, 그리고 C-3공에서는 깊이 52~60 cmbsf에 각각 위치하고 있다. 최상부 화산재층인 Akahoya(Ah) 층이 본 연구지역에서 채취한 시추공 HP-10에서는 깊이 148~158 cmbsf에서 나타나는 반면, 오끼 천퇴의 L-3에서는 깊이 76~80 cmbsf에서 그리고 C-3에서는 깊이 43~45 cmbsf에 나타난다. Ulleung-Oki(Oki) 화산재층은 HP-10에서는 깊이

Table 2. Core depth, <sup>14</sup>C-age and calculated sedimentation rates\* of Core HP-10 ssediments.

Core Depth (cmbsf)	Acid-extracted Residue		Base-soluble		Base-extracted Residue	
	Age (yr B.P.)	Sedimentation Rate (cm/kyr)	Age (yr B.P.)	Sedimentation Rate (cm/kyr)	Age (yr B.P.)	Sedimentation Rate (cm/kyr)
30	1,450±50	51.7	2,470±60	30.4	3,450±70	21.7
70	3,040±60	37.8	3,900±60	29.5	4,230±80	27.2
150	6,450±90	30.2	6,200±50	31.5	7,190±60	27.1
190	7,710±60	30.5	7,860±60	29.9	7,960±60	29.5
210	7,960±60	32.0	-	-	9,030±70	28.2

\*The rates are calculated simply from the age-depth relation, using the depth of sediment length plus sediment loss length of the core top sediment, refer to Fig. 3.

218~233 cmbsf에 나타나고 L-3에서는 깊이 86~94 cmbsf에, 그리고 C-3에서는 깊이 52~60 cmbsf에 각각 나타난다. 이는 시추공 HP-10이 위치한 본 조사 지역이 시추공 KH-79-3이 위치한 오끼 천퇴 지역보다 퇴적물의 공급이 많아 퇴적률이 높음에서 온 결과로 해석된다. 시추공 HP-10은 울릉도에 가깝게 위치하고 경사면 하부에 위치하므로 울릉도의 화산작용과 경사면을 따라 운반되는 퇴적물의 공급량이 많기 때문이며, 반면에 시추공 KH-79-3은 오끼 해령 위에 위치하고 있으므로 상대적으로 퇴적물의 공급이 HP-10보다는 적은 것으로 해석된다.

시추공 HP-10 퇴적물의 표면적인 퇴적률은 퇴적물의 염기 용해 성분의  $^{14}\text{C}$ -연령을 기준으로 계산하면 30 cmbsf에서 12.2 cm/kyr, 70 cmbsf에서 18.0 cm/kyr, 150 cmbsf에서 24.2 cm/kyr, 190 cmbsf에서 24.2 cm/kyr로, 시추 퇴적물의 하부층으로 내려 갈수록 퇴적률이 다소 증가하는 것처럼 보인다. 그러나 퇴적률을 계산할 때에는 시추 퇴적물 채취시 표층 퇴적물의 상당 부분이 손실되는 현상을 고려하여야 한다. 즉, 시추공 HP-10 퇴적물의 연대를 측정할 시간 사이의 퇴적률을 계산하면 표층에서 깊이 30 cm 까지는 12.2 cm/kyr이나 표층퇴적물의 손실을 고려하면 이 보다는 커진다. Fig. 3에서 보는 바와 같이

시추공 HP-10 퇴적물의 연대를 측정할 4개 시료의 깊이와 연대간의 상관계수는 0.995로 매우 좋은 직선관계를 보이고 있으며, 깊이-연령 상관관계 직선을 연장하면 약 1,500년에 해당하는 45 cm 두께의 표층 퇴적물이 손실되었을 것으로 추정된다. 따라서 깊이 30 cm 이하에서 측정된 기간 사이의 퇴적률이 실제의 값이라고 볼때, 시추공 HP-10 퇴적물의 퇴적률은 30 cmbsf에서 30.4 cm/kyr, 70 cmbsf에서 29.5 cm/kyr, 150 cmbsf에서 31.5 cm/kyr, 그리고 190 cmbsf에서 29.9 cm/kyr로써, 대략 30 cm/kyr인 것으로 판단되며, 이는 손실부분을 고려하지 않은 시추공 HP-10 퇴적물의 30 cmbsf에서 190 cmbsf 구간에서의 평균 퇴적률 29.7 cm/kyr과도 일치한다. 그러므로 이 지역의 퇴적률은 약 30 cm/kyr이며, 연대를 측정할 8,000 yr B.P.내지 9,000 yr B.P. 이후 현재에 이르기까지 거의 일정했었던 것으로 해석된다.

시추공 HP-3의 위치는 강원도 임원에서 동쪽으로 37 km 떨어지고 수심이 320 m되는 지점으로 상부 대륙사면에 위치하고 있다. 이 시추 퇴적물 역시 전체적으로는 90% 이상이 펄질로 구성되어 있는 세립질이다. 그러나 표층 퇴적물(< 15 cm)은 약 40%의 사질 성분이 포함되어 있는 것으로 보아 퇴적물의 공급이 일정하지 않으며 경우에 따라서는 질량류

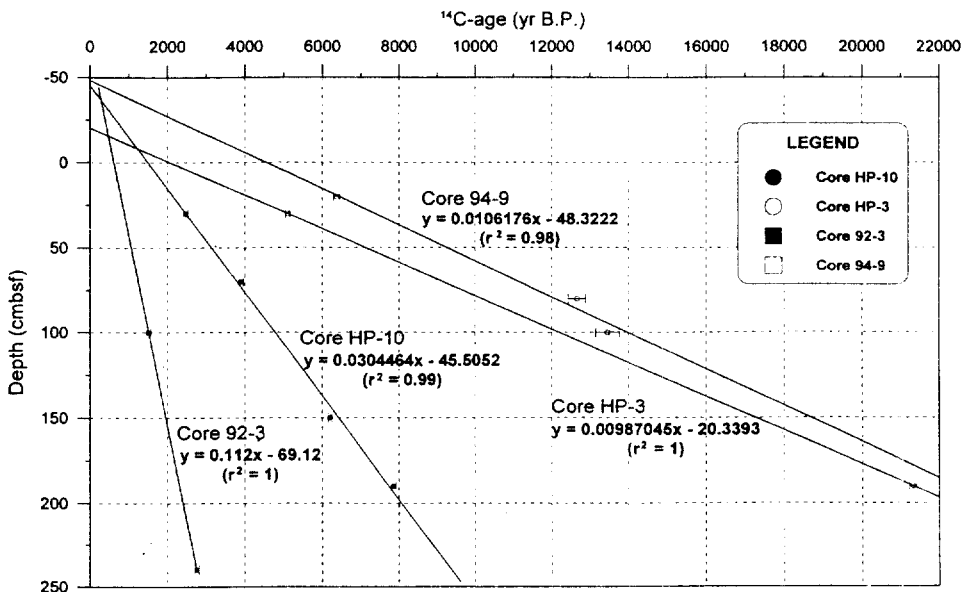


Fig. 3.  $^{14}\text{C}$ -age versus depth profiles for the Cores HP-10, HP-3, 94-9 and 92-3 of the western part of the East Sea. Dots indicate the dated sediment depth (cmbsf), and the horizontal lines indicate error ranges of the  $^{14}\text{C}$ -ages.

(mass flow)에 의한 퇴적물의 운반 및 퇴적작용도 일어나는 환경으로 해석된다. 이 퇴적물에는 퇴적구조가 발달되어 있지 않아 퇴적 환경의 변화를 해석하기는 어려우나 깊이 50~120 cmbsf 구간에서 퇴적물의 전단력, 밀도 및 공극률 등이 상·하층간에 급격한 차이가 나타나는 것으로 보아서 질량류에 의해 운반된 퇴적층으로 해석된다(Han *et al.*, 1988). 따라서 깊이 110 cmbsf 시료에서 측정된  $^{14}\text{C}$ -연령값은 무시되어야 할 것이다.

시추공 HP-3 퇴적물의  $^{14}\text{C}$ -연령 측정결과는 Table 3에서 보는 바와 같다. 시추공 HP-3 퇴적물의 퇴적률은 깊이 30 cm와 190 cm 시료의 염기 용해 성분의  $^{14}\text{C}$ -연령이 각각  $5,100 \pm 60$  yr B.P. 및  $21,310 \pm 90$  yr B.P.이며 손실부분이 약 2,000년에 해당하는 20 cm이므로 평균 퇴적률은 약 10 cm/kyr 이다. 이 값은 동해의 일본측 대륙붕의 시추 퇴적물의 깊이 약 180 cmbsf 시료의 평균 퇴적률인 8.0cm/kyr(Oba *et al.*, 1991)보다 다소 높다. 그러나 21,000yr B.P.는 빙하기였으며 10,000 yr B.P.부터는 이미 간빙기의 현세에 해당하므로 시추공 HP-3 퇴적물의 측정 연대와 시료 깊이를 연결한 깊이-연령 상관관계 직선에 의한 퇴적률 계산은 이 지역 퇴적물의 후기 홀로세 퇴적물의 평균 퇴적률을 대표한다고 보기 어렵다.

시추공 94-9의 위치는 울산에서 동쪽으로 46 km 떨어져서 수심이 227 m되는 곳으로, 대륙사면이 시작되는 대륙붕단에 위치하고 있다. 시추 퇴적물의 깊이 40 cmbsf 부근에는 사질과 니질 성분이 교호하고 있으며 이는 퇴적물들이 높은 에너지 환경하에서 퇴적된 것으로 해석되며 많은 퇴적물들이 재동(reworking)된 것으로 생각된다(한국해양연구소, 1994). 따라서 40 cmbsf에서 측정된  $^{14}\text{C}$ -연령은 무시하였다. 또한 40 cmbsf에서 100 cmbsf까지는 자갈과 패각들이 피상의 사질 퇴적물에 함유되어있는 것으로 보아 이 시추공의 퇴적물에 함유되어 있는 유공

충의 연령 해석시 퇴적물이 재동되었을 가능성을 고려하여야 할 것이다.

시추공 94-9 퇴적물의 연대를 측정된 3지점의 깊이-연령 상관관계수는 0.981로써 매우 좋은 직선관계를 보인다(Fig. 3). 이 시추 퇴적물의 퇴적률은 시추시 약 4,500년에 해당되는 약 48 cm 두께의 표층 퇴적물이 손실된 것으로 사료되므로, Table 4에서 보는 바와 같이 20 cmbsf까지는 10.7 cm/kyr, 80 cmbsf까지는 10.1 cm/kyr, 100 cmbsf까지는 11.0 cm/kyr로, 시추공 94-9의 평균 퇴적률은 대략 11 cm/kyr이다.

시추공 92-3의 위치는 울산에서 동쪽으로 130 km 떨어져서 수심이 937 m되는 대륙사면에 위치하고 있다. 이 시추 퇴적물은 전체가 새립질의 니질 퇴적물로 구성되어 있다. 그러나 퇴적물 내에는 생물교란작용(bioturbation)에 의해 형성된 퇴적구조가 비교적 전 깊이에 발달되어 있는 점으로 보아(한국해양연구소, 1994) 퇴적물들이 저서생물들에 의해 상당량 교란된 것으로 해석된다.

따라서 이 시추 퇴적물에 함유되어 있는 유공충의  $^{14}\text{C}$ -연령이 퇴적물의 연령을 대표하는 것으로 해석하기 어려우므로 퇴적률 계산시 주의가 필요하다. 이 시추 퇴적물의 연대는 Table 5에서 보는 바와 같

Table 3. Core depth,  $^{14}\text{C}$ -age and calculated sedimentation rates\* of Core HP-3 sediments.

Core Depth (cmbsf)	$^{14}\text{C}$ -dated Age (yr B.P.)	Sedimentation Rate (cm/kyr)
30	$5,100 \pm 60$	9.8
110	$4,450 \pm 60$	-
190	$21,310 \pm 90$	9.9

\*The rates are calculated simply from the age-depth relation, using the depth of sediment length plus sediment loss length of the core top sediment, refer to Fig. 3.

Table 4. Core depth,  $^{14}\text{C}$ -age and calculated sedimentation rates\* of Core 94-9 sediments.

Core Depth (cmbsf)	$^{14}\text{C}$ -dated Age (yr B.P.)	Sedimentation Rate (cm/kyr)
20	$6,370 \pm 80$	10.7
40	$12,820 \pm 280$	-
80	$12,660 \pm 230$	10.1
100	$13,460 \pm 310$	11.0

\*The rates are calculated simply from the age-depth relation, using the depth of sediment length plus sediment loss length of the core top sediment, refer to Fig. 3.

Table 5. Core depth,  $^{14}\text{C}$ -age and calculated sedimentation rates\* of Core 92-3 sediments.

Core Depth (cmbsf)	$^{14}\text{C}$ -dated Age (yr B.P.)	Sedimentation Rate (cm/kyr)
20	-	-
50	-	-
100	$1,510 \pm 60$	112.6
200	-	-
240	$2,760 \pm 60$	112.3

\*The rates are calculated simply from the age-depth relation, using the depth of sediment length plus sediment loss length of the core top sediment, refer to Fig. 3.

나 20 cmbsf, 50 cmbsf 및 200 cmbsf 퇴적물에 함유되어 있는 유공충의 연령은 측정되지 않았으며 평균 퇴적률은 약 112.0 cm/kyr이다. 이 시추 퇴적물의 연령을 측정한 두 지점간의 깊이-연령 상관관계 직선은 시추공 HP-3에서와 마찬가지로 두 지점에서만 얻어진 결과이므로 신뢰도가 적다. 그러나 이 직선이 깊이축(Y-축) 직선과 만나는 지점이 다른 시추공과 유사한 것으로 보아(Fig. 3) 시추 퇴적물 채취시 다른 시추 퇴적물 채취시와 비슷한 두께의 표층 퇴적물이 손실되었음을 의미한다. 따라서 두 지점에서 얻은 퇴적률 112.0 cm/kyr은 다만 참고자료로만 사용할 수 있을 것이다.

한편 Miyake *et al.*(1968)은 일본분지의 퇴적률을 1.0~3.0 cm/kyr로 보고하였으며, Arai *et al.*(1981)과 Burckle *et al.*(1992)은 야마토 분지의 퇴적률을 10.0~20.0 cm/kyr로 보고하였다. 또한 Lee *et al.*(1995)은 울릉분지의 퇴적률을 10.0~70.0 cm/kyr로 보고하였다. Hong *et al.*(1995)은 동해 서측의 대륙붕, 대륙사면, 울릉분지 및 야마토 해령에서 상자 시추기로 채취한 표층 퇴적물의 퇴적률을  $^{210}\text{Pb}$  측정방법으로 측정하여 20~200 cm/kyr로 보고한 바 있다. 이들을 종합해 볼 때, 동해에서의 퇴적률은 한반도에서 멀어질수록, 그리고 수심이 증가할수록 감소하여 울릉분지에서는 40~70 cm/kyr이며, 야마토 해령에서는 상대적으로 작은 20 cm/kyr을 보여준다. 한 등(1995)에 의하면, 동해 서남부 해역의 대륙붕 및 대륙사면에서 상자 시추기로 채취한 표층 퇴적물의 퇴적률은 70~600 cm/kyr 범위로, 이 결과도 연안에서 멀어질수록 퇴적률이 감소하고 있음을 보여주고 있다.

이처럼 본 연구지역에서의 퇴적물이 연안에서 멀어질수록, 그리고 수심이 깊어질수록 점차 감소하는 현상으로 보아 동해 서측 해역의 퇴적물들이 주로 육지와 대한해협으로부터 공급되고 있는 것으로 해석된다.

## 결론

동해 서측해역 4개 지점에서 획득한 시추 퇴적물의  $^{14}\text{C}$  연령을 측정하여 이 지역에서의 퇴적률을 계산하였다. 그러나 일반적으로 시추 퇴적물 채취시 상당부분의 표층 퇴적물이 손실되므로 시추 퇴적물의 연대측정에 의한 퇴적률 계산시 많은 주의가 필요하다. 본 연구에서 얻어진 시료깊이-연령의 상관관계는

상관계수 0.98 이상의 매우 좋은 직선관계를 보였다. 따라서 이들 직선 방정식으로부터 유추한 표층 퇴적물의 손실분을 더하여 퇴적률을 계산한 결과 본 연구지역의 시추공 HP-10, HP-3, 94-9 및 92-3 퇴적물의 퇴적률은 각각 30 cm/kyr, 10 cm/kyr, 11 cm/kyr 및 112 cm/kyr이었으며, 이는 각 측정시료의 구간별 퇴적률과도 잘 일치한다. 그러나 시추공 HP-3과 92-3 퇴적물의 퇴적률은 두 지점의 시료에서만 얻어진 결과이므로 신뢰도가 낮아 참고자료에 불과한 것으로 보인다. 따라서 동해 서측해역에서 현세 후기의 퇴적률은 3개 이상의 시료에서 연령이 측정되어 신뢰도가 높은 시추공 HP-10과 94-9 퇴적물의 퇴적률로 볼 때, 대체로 11cm/kyr에서 30 cm/kyr의 범위로 생각된다.

전체적으로 본 연구지역의 현세 후기 이후 각 시추 퇴적물의 깊이-연령 관계가 매우 좋은 상관관계를 갖는 직선관계에 있는 것으로 보아 현세 후기동안 이 지역의 퇴적률은 거의 일정하였으며, 빙하기 이후 동해의 해수면 상승은 대체로 현세 전반기에 거의 완료되고 후반기 동안에는 동해 서측 해역으로의 퇴적물 공급과 퇴적분지의 환경이 거의 변화되지 않은 안정된 환경을 유지하고 있음을 시사한다.

## 사 사

본 연구는 한국해양연구소의 과학기술처 출연연구사업 '한국 대수심 해역의 지구적 해저환경연구(BSPN 00259)와 기초과학지원연구소의 국제공동연구사업인 '지질 및 해양 시료의 미량조성 및 구조분석법 연구(UCPN0010-025-4)'의 지원으로 이루어 졌다. 유공충을 동정해준 한국해양연구소 해양지질연구그룹의 우한준 박사와 자료정리를 맡아준 극지연구센터의 장현도 연구원에게 깊은 감사를 드린다. 또한 세밀한 심사로 논문개선에 도움을 준 익명의 두 심사위원들께도 사의를 표한다.

## 참고문헌

- 김경렬, 이태식, 김구, 정종률, 1991. 울릉분지 해역 동해 중층수의 화학적 성질. 한국해양학회지, 26: 278-290.
- 박은주, Southon, J., 박병권, 이광식, 박찬수, 윤혜은, 1995. 동해 울릉분지와 남극 Maxwell 만의 해양성 퇴적물에서 추출된 Chemical fraction 내 유기탄소의  $^{14}\text{C}$  연령. 한국해양학회 춘계학술발표회 요약집,

- 28p.
- 승영호, 1992. 한반도 주변의 수괴와 해수순환. 한국해양학회지, **27**: 324-331.
- 윤정수, 정덕상, 1992. 제주도 주변해역 퇴적물의 특성 및 퇴적환경. 대한지질학회지, **28**: 342-365.
- 한국자원개발연구소, 1977. 진해만 서북부 해역의 해안선 해양지질조사. 조사연구보고 제1호.
- 한국해양연구소, 1994. 한국해역 종합 해양환경도 작성연구-대한해협(3차년도). BSPN 00227-733-3, 439-715.
- 한정희, 박병권, 최만식, 한상준, 1995. 동남해역 해저퇴적물의 퇴적률 추정. 한국 해양학회 춘계학술발표회 요약집, 29p.
- Alexander, C. J., D. J. DeMaster and C. A. Nittrouer, 1991. Sediment accumulation in modern epicontinental-shelf setting: The Yellow Sea. *Mar. Geol.*, **98**: 51-72.
- Arai, F., Oba, T., Kitazato, H., Horibe, Y. and Machida, H., 1981. Late Quaternary tephrochronology and paleo-oceanography of the sediments of the Japan Sea. *Quaternary Res.*, **20**: 209-230.
- Burckle, L. H., Brunner, C. A., Alexandrovich, J., Demenocal, P., Briscoe, J., Hamano, Y., Heusser, L., Ingle, Jr. J.C., Kheradyar, T., Koizumi, I., Krumsiek, K. A. O., Ling, H. Y., Muza, J. P. Rahamn, A., Sturz, A., Vigliotti, L., White, L. D., Wippen, J. J. M. and Yamanoi, T., 1992. Biostratigraphic and biochronologic synthesis of Legs 127 and 128: Sea of Japan. In: Proc. ODP. Sci. Results, I edited by K. A. Isciotlo *et al.*, **127/128**: 309-316.
- Cho, Y.G. and Kim, K., 1995. Two modes of the salinity-minimum layer water in the Ulleung Basin. *La Mer*, **33**: 33-40.
- DeMaster, D. J., McKee, B. A., Nittrouer, C. A., Jiangchu, Q. and Guodong, C. 1985. Rates of sediment accumulation and particle reworking based on radiochemical measurements from continental shelf deposits in the East China Sea. *Cont. Shelf Res.*, **4**: 143-158.
- Han, S. J. *et al.*, 1988. Studies on Ulleung Development. Part II. Marine Surveys. KORDI Open File No. BI 00078, 203p.
- Hong, G. H., Kim, S.H., Chung, C. S., Kang, D. J., Shin, D. H., Lee, H. J. and Han, S. J., 1995. <sup>210</sup>Pb-derived sediment accumulation and mixing rates for the East Sea (Sea of Japan). (in preparation).
- Kang, H. J. and Chough, S. K., 1982. Gamagyang bay, southern coast of Korea: Sedimentation on a tide-dominated rocky embayment. *Mar. Geol.*, **48**: 197-214.
- Keigwin, L. D. and Gorbarenko, S. A., 1992. Sea-level, surface salinity of the Japan Sea, and the Younger Dryas Event in the northeastern Pacific Ocean. *Quaternary Res.*, **37**: 346-360.
- Kim, K. and Chung, J. Y., 1984. On the salinity-minimum and dissolved oxygen layer in the East Sea (Sea of Japan). In: *Ocean Hydrodynamics of the Japan and East China Seas* edited by T. Ichige. Elsevier Science Publisher, Amsterdam, pp. 55-65.
- Kim, K., Kim, K. R., Chung, J. Y. and Yoo, H. S., 1991. Characteristics of physical properties in the Ulleung Basin. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **26**: 83-100.
- Lee, H. J., Chough, S. K. and Yoon, S. H., 1995. Slope-stability change from the Pleistocene to Holocene in the Ulleung Basin, East Sea (Sea of Japan). *Sed. Geol.* (in press).
- Machida, H. and Arai, F., 1983. Extensive ash falls in and around the Sea of Japan from large late Quaternary eruptions. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **18**: 151-164.
- Miyake, T., Sugimura, T. and Matsumoto, E., 1968. Ionium-thorium chronology of Japan Sea cores. *Rec. Oceanogr. Works, Japan*, **9**: 189-195.
- Oba, T., Kato, M., Kitazato, H., Koizumi, I., Omura, A., Sakai, T. and Takayama, T., 1991. Paleoenvironmental changes in the Japan Sea during the last 85,000 years. *Paleoceanography*, **6**(4): 499-518.
- Stuvier, M. and Polach, H.A., 1977. Reporting of <sup>14</sup>C data. *Radiocarbon*, **19**: 355-363.

---

Accepted September 19, 1995