

동해남부해역과 울릉분지의 퇴적상과 퇴적작용

이병관*·김석윤¹

부경대학교 해양과학공동연구소, ¹부경대학교 해양학과

Sedimentary Facies and Processes in the Ulleung Basin and Southern East Sea

Byoung Kwan LEE* and Seok Yun KIM¹

Korea Inter-University Institute of Ocean Science and ¹Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

The coarse deposit with a lower mud content adjacent to the shelf of the southern East Sea is probably a "relict" sediment deposited in response to a lower stand of sea level during the Pleistocene. The sediment that developed on the slope and in the deep sea was river-borne primarily and was secondarily reworked or redistributed by the Tsushima Warm Current from the East China Sea. The clay mineralogy of the area suggests various sources of fine-grained sediment from adjacent rivers, the Korea Strait, volcanic material from Ulleung Island, and the Japan coast. Massive sand, bioturbated mud, homogeneous mud, and laminated mud were the dominant facies found in the core sediments from the study area. The massive sand was mainly volcanic ash from an eruption on Ulleung Island (9300 yr BP) and consisted of colorless pumiceous glass and a black scoriaceous type. The sedimentation rates on the slope, based on the Ulleung-Oki ash layer, were about 10 cm/ky higher than in the basin. Other than the coarse-grain sediment, the mean size of the fine sediment dominating the bioturbated and homogeneous muds in the basin and the laminated mud on the slope was 6-10 phi. This indicates a difference in the major sedimentary process: hemipelagic sedimentation in the Ulleung Basin and mass flow deposition, such as turbidite, on the slope of the southern East Sea.

Key words: East Sea, Southern East Sea, Ulleung basin, Sedimentary facies.

서 론

국가별 배타적 경제수역 (EEZ)선포에 앞서 동해의 중요성이 날로 커지고 있다. 과거 동해의 지질해양학적인 연구는 관측선과 관측 장비의 부족으로 주로 연안 퇴적환경에 대한 연구에 국한되었다(Park and Choi, 1986; Suk, 1986; Park and Yoo, 1988; Youn and Jung, 1992). 그러나, 최근 해양 관측선 및 다양한 지질, 지구물리관측 장비가 갖추어진 후 심해환경 및 지질해양학적인 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

동해는 중생대 후기(백악기)에서 신생대 제3기 동안에 한반도와 일본열도 사이의 해저가 확장되어 생성된 배호분지(Back-arc Basin)로 알려져 있다(Uyeda and Miyashiro, 1974). 동해는 주위의 한반도, 일본열도, 시베리아에 의해 둘러싸여 있으며, 해양학 및 지질해양학적인 관점에서 전형적인 연해(Marginal sea)의 성격을 띠며 크게 3개의 분지(Japan Basin, Yamato Basin, Ulleung Basin)로 이루어져 있으며 이들 분지는 Korea Plateau, Oki Bank, Yamato Ridge, Kita-Yamato Ridge 등으로 경계져 있다.

일반적으로 대륙주변부는 많은 육성기원 퇴적물의 유입으로 인해 퇴적속도가 빠르다(Seibold and Berger, 1982). 평균

수심 200 m 이내의 동해 남부해역은 Mud-belt와 해수면이 낮았던 플라이스토세(Pleistocene) 빙하기에 집적된 잔류(relict) 퇴적물로 덮여 있으며(Park, 1983), 대륙붕 퇴적물이 봉단으로 서서히 이동하여 사면에서는 slide와 slump, 사면의 기저나 분지에서는 debrites와 turbidites를 이루고 있다(Chough et al., 1985; Lee et al., 1993). 분지에서 퇴적물은 대부분이 세립질의 반원양성퇴적물과 저탁류기원의 퇴적물로 구성되어 있으나, 울릉 화산회층을 비롯한 층서대비에 유용한 수 개의 조립질 화산회층이 협재되어 있기도 하다(Arai et al., 1981; Furuta et al., 1986).

육성기원 퇴적물은 주로 기후조건, 수리학, 기원지의 영향을 받으며, 이중 점토광물은 세립질 퇴적물, 주위의 모암, 기후의 기원을 해석하는데 중요한 해양퇴적물이다(Biscaye, 1965, Staneley and Liyanage, 1986). 한반도 연안의 일차적인 침식작용과 이들 퇴적물이 이차적으로 대마난류를 통하여 재동 및 재분포 되는 가능성을 시사하였고, 동해연안역의 사면에서는 사태나 함몰 및 저탁류에 의한 불안정한 퇴적환경과 분지에서는 반원양 기원에 의한 안정된 퇴적환경으로 알려져 있지만(Chough et al., 1991; Lee et al., 1991; Lee et al., 1996), 점토광물을 이용한 세립질 퇴적물의 기원과 분포에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 본 연구는 동해남부와 울릉분지에서 획득

*Corresponding author: leebk@pknu.ac.kr

한 표층퇴적물의 입도와 점토광물을 분석하여 세립질 퇴적물의 기원과 분포를 연구하고, mass flow deposit이 우세한 동해남부해역과 반원양 퇴적 작용이 우세한 울릉분지의 퇴적상을 비교하여 퇴적작용을 연구하였다.

재료 및 방법

연구 지역

동해는 남으로 수심 130 m의 대한해협 (Korea Strait), 동으로는 수심 130 m의 츠가루해협 (Tsugaru Strait), 북으로는 수심 55 m의 소야해협 (Soya Strait)과 수심 15 m의 타탈스키해협 (Tatarskiy Strait) 등 4개의 해협을 통해서만 각각 동중국해 (East China Sea), 북태평양 (North Pacific Ocean) 및 오흐츠크해 (Sea of Okhotsk)와 유통되는 거의 고립된 준폐쇄해역이다 (Oba et al., 1991). 동해는 평균 수심이 1350 m이고 최대수심은 3700 m로 비교적 수심이 깊으며, 동해 해수의 염분 및 수온의 분포는 수심 300 m이하의 심부에서 매우 균일하고 안정된 특성을 보이며 염분은 34.07%, 수온은 0.3℃이하를 보인다 (Kobayashi, 1985).

동해 연안의 해안선은 거의 평행하고 폭이 좁은 대륙붕에서 경사가 급한 대륙사면이 형성되어 심해저로 연결되는 해저 지형과 대한해협을 지나 동쪽으로 평균 수심 120 m 정도의 비교적 평탄한 지형으로 이루어져 있다. 현생 퇴적환경에서 남해나 황해퇴적물은 직접 유입되는 육성기원의 퇴적물과 주위의 연안류와 함께 타 해역에서 유입되어 형성된 반면에 동해로 공급되는 퇴적물의 대부분은 타 해역으로부터 유입되어 퇴적된 것으로 조사되었다 (Park and Yoo, 1988; Song, 1988; Lee et al., 1991).

연구 방법

주상시료 채취는 부경대학교 해양과학공동연구소 탐사선인 탐양호와 해양연구소의 온누리호를 이용하여 1994, 1995년에 피스톤 코아 (piston corer)와 박스 코아 (box corer)를 이용하

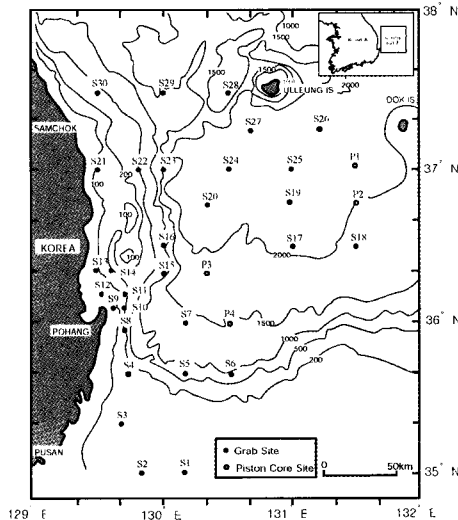


Fig. 1. Map showing the sampling sites in the study area.

여 주상퇴적물과 표층퇴적물을 채취하였다 (Fig. 1). 코아는 실내에 보관한 뒤 종축방향으로 절개하여 한쪽은 입도분석과 점토광물분석용 시료를 5-10 g 정도 취하여 분석하였고, 다른 한쪽의 시료는 soft X-ray를 통하여 퇴적물의 퇴적 구조와 퇴적 환경 해석에 이용하였다.

입도 분석

표층시료와 주상 시료로부터 10-20 cm간격으로 10 g정도를 취해 염분을 제거하고 6%의 H₂O₂와 0.1 N의 염산으로 유기물과 탄산염 성분을 제거하였다. 조립질은 4 보다 큰 입자로서 표준체를 siever shaker에서 15분-20분 정도 시료에 따라 건식 체질을 하여 전자 저울에서 입자별로 무게를 구하고, 피펫법은 표준체에서 4 보다 가는 입자로서 10% 확산제를 시료량에 따라 첨가한 뒤 확산 정도를 확인한 다음 온도·시간표에 따라 피펫팅을 하였다. 퇴적물의 조직 매개 변수 (평균 입도, 분급도)들은 모멘트방법으로 산출하였다 (Folk and Ward, 1957).

점토광물분석 (X선 회절 분석, XRD)

점토광물은 Biscaye (1964)의 방법에 따라 채취한 시료의 유기물을 제거하기 위해 약 20-25 g의 시료에 H₂O₂ (30%)를 가하였다. 유기물을 제거한 시료에서 clay size fraction이 2 μm 이하의 점토를 분리 추출하기 위해서 침강법 (Stoke's Law)을 이용하여 피펫방법으로 분리한 다음 원심분리기를 이용하여 분리된 점토를 농축한 뒤, 슬라이드 글래스에 얇게 입힌 다음 ethylene glycol을 처리하였다. XRD분석으로 나온 자료는 각 점토광물들의 고유의 peak (Chen, 1978)를 이용하여 주요 점토광물로 식별하였다.

XRD분석은 Rigaku 모델 D/Max-2400을 이용하여 30 Kv, 20 mA, Slow Scanning speed 1°/min의 조건하에서 이루어졌으며 K-beta filter를 사용하였다. 본 연구에서는 반정량분석의 방법을 이용하여 주요 점토광물의 상대적인 함량비를 구하였다 (Biscaye, 1965). 점토광물의 상대적 함량은 기저선으로부터의 면적비에 의한 반 정량적 분석을 통하여 계산하였다. 본 연구에서 사용한 방법은 에틸렌 글리콜 처리된 시료의 X선 회절도 (diffractogram)에서 기저선으로부터 17Å, 10Å, 7Å에서 나타난 피크의 면적을 각각 스멕타이트 (smectite), 일라이트 (illite), 고령석 (kaolinite)과 녹니석 (chlorite)의 값으로 선택한 것이다 (Biscaye, 1965).

퇴적구조 분석 (Soft X-radiography)

채취된 주상 시료를 반으로 절개한 후, 길이 20 cm, 두께 1 cm의 투명 아크릴 슬랩에 퇴적물을 담아 실험실에 보관하였다. 슬랩 제작은 코아의 점토질부분에 대해서 채취되었고, 모래의 함량이 높고 암석 파편이 많은 부분에 대해서는 슬랩을 만들지 않았다. 퇴적물 슬랩은 Softex M-1005형 X선 촬영기를 이용하여 촬영한 후에 인화하여 퇴적구조를 조사하였다.

결과 및 고찰

표층 퇴적물의 입도조직특성

연구지역은 수심 130 m 근처의 대륙붕지역에서 대륙사면과

그 기저부에 위치하고 있는 울릉분지로 구분된다. 표층퇴적물의 입도분포는 이러한 지리적 특성을 잘 반영하고 있어 세계의 group로 구분된다. 포항연안에서는 평균입도가 2-6 범위로 연안에서 muddy sand, sandy mud, mud로 세립해지고, 한반도의 동해안에서는 육지에서 멀어질수록 세립해지고, 이 외 다른 정점에서는 평균입도가 6-10 범위이고, mud와 clay의 type이 우세하였다. 한반도의 동해안에서는 등수심선에 평행한 평균입도분포를 보이는데 이는 한반도 연안의 일차적인 침식에 의한 세립질 퇴적물의 재동 및 재분포의 영향으로 생각된다 (Fig. 2). 연구지역에서 우세한 세립질 퇴적물 중 silt와 clay의 상대적인 함량 (%)을 비교해 본 결과, silt의 함량이 높은 정점은 한반도 연안과 동해남부에 나타나며, 나머지의 넓은 지역은 clay의 함량이 높게 나타났다. 또한 대마난류의 주수로의 연장선상에 위치하고 있는 S1, S2는 모래함량이 65% 이상을 차지하는 Muddy Sand의 퇴적상을 보였다. 이는 해수면이 낮았던 시기의 잔류퇴적물 (Park and Choi, 1986; Park and Yoo, 1988)로서 대마난류의 영향으로 현생퇴적물의 집적이 제한된 결과로 판단된다.

점토광물 분포

표층퇴적물에 대한 점토광물의 상대적인 함량은 일라이트 57.9%, 녹니석 25.5%, 고령석 13.5%, 스멕타이트 3.1%의 평균 함량을 각각 보였다. 황해와 남해 및 일본연안에 대해서 조사된 자료에 의하면, 황해 남동부 퇴적물중에는 일라이트 70.0%, 녹니석, 17.0%, 고령석 13.0%, 스멕타이트 2.0% 이하의 평균 함량치를 보이며 이중 많은 양이 한국의 강들로부터 운반된 것으로 보고 있다 (Khim, 1988). 대한 해협 퇴적물에는 일라이트 50.0%, 녹니석 8.0%, 고령석 21.0%, 스멕타이트 4.0% 등으로 Park and Han (1985)은 대한해협에서의 점토광물분포는 주로 쿠로시오 해류에 의해 동지나해로부터 수송이 이루어진다고 하였다. Aoki et al (1974)에 의하면 일본해에서는 일라이트 40.0%, 녹니석 30.0%, 고령석 11.0%, 스멕타이트 11.0%로 일본해의 남쪽은 동중국해로부터 이동된 뒤, 대한해협을 통한 유입가능성을 시사하였다.

스멕타이트 (Smectite) 분포

연구 지역에서 smectite는 평균 함량이 3.1% (0.9-8.0%)로 나타난다 (Fig.3. A). 포항연안에서 외양으로 갈수록 4.0-2.3%로 감소하며, 포항 외양에서 울릉분지쪽으로 갈수록 4.0%로 증가한다. 위도 상 포항북쪽에서는 연안에서 울릉분지쪽으로 갈수록 증가하며 울릉분지에서 울릉도와 독도로 갈수록 최고 8.0%의 함량을 나타냈다. 스멕타이트는 화산물질의 풍화산물로서 육지에서 생성되어 바다로 공급되는 쇄설성기원 외에 해저에서 자생기원에 의한 것도 많이 분포하는 것으로 알려져 있다 (Youn and Jung, 1992). 특히 남태평양에서는 중앙해령이 화산활동에 의해 생성되는 화산분출물은 해수와 접촉하여 해저 풍화작용을 받아 다량의 스멕타이트가 생성된다고 하였다 (Griffin et al., 1968; Biscaye, 1965; Aoki et al., 1979). 동지나해역에서 스멕타이트 함량은 3.0%, 양자강에서는 5.5%, 서해

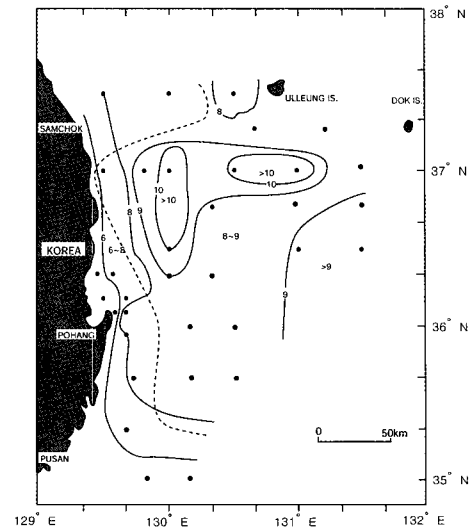


Fig. 2. Distribution of mean size(ϕ) in the surface sediments. Dotted line denotes clay/silt ratio equals one (Clay contents are large silt contents on the basin-side)

중앙부해역은 13.0%, 황하강에서는 23.2%, 대한해협은 4.0%로 연구지역보다 다소 높게 나타나고, 황해의 경우 양자강과 황하의 영향으로 높은 값을 보인다. 특히, 포항 근해역은 3.0% 이상의 값을 보이는 지역이 나타나고, 대한해협보다는 낮은 값이지만 울릉분지에서는 6.0% 이상으로 높은 값을 보인다. 이는 포항 주위 육상에서 유입된 풍화화산쇄설물, 화산암 등에 의해서 영향을 받고, 울릉도의 화산쇄설물에 의한 유입에 의한 것으로 보인다.

일라이트 (Illite) 분포

일라이트 (illite)는 연구지역에서 가장 풍부한 함량을 보이는 점토광물로 동중국해에서 함유량이 높고, 동북쪽인 대한해협과 동해 쪽으로 향함에 따라 점차로 감소하는 경향을 나타내는데 이는 남중국해와 동중국해 해저퇴적물에 풍부히 함유되어 있는 일라이트가 쿠로시오 해류와 바람의 영향에 의해 동해 쪽으로 수송되고 있음을 의미한다 (Aoki et al., 1983). 동해 연안역에서 대체로 57.9%의 함량을 보이고, 대륙붕이나 분지에서보다는 middle slope, lower slope 지역에서 높은 함량을 보인다 (Fig.3. B). 울릉분지 지역에서는 51.0%, 포항연안역에서는 51.2%, 일본연안으로 갈수록 평균함량 40% 정도로 감소한다. 포항연안에서 유입되는 육상기원의 쇄설물보다 대마난류와 수로를 통하여 이동된 뒤, 사면지역에서 높은 함량을 보이는 것으로 생각된다. Aoki et al (1974)은 한반도에 광범위하게 분포하는 화강암과 변성암류에서 공급되는 운모질 물질 때문에 서해인 경우 중국 측보다 한반도 쪽에서가 높은 함량을 보인다고 지적했고, Khim (1988)은 서해 남동부에서 높은 함량은 한반도 서해안의 금강과 영산강으로부터 운반된다고 보고한 바 있다. 포항연안과 울릉분지에서 다소 낮은 함량을 보이는 것으로 보아 한반도의 서해에 비해 상대적으로 낮은 일라이트의 함량은 서해의 세립질 퇴적물이 대마난류를 통해

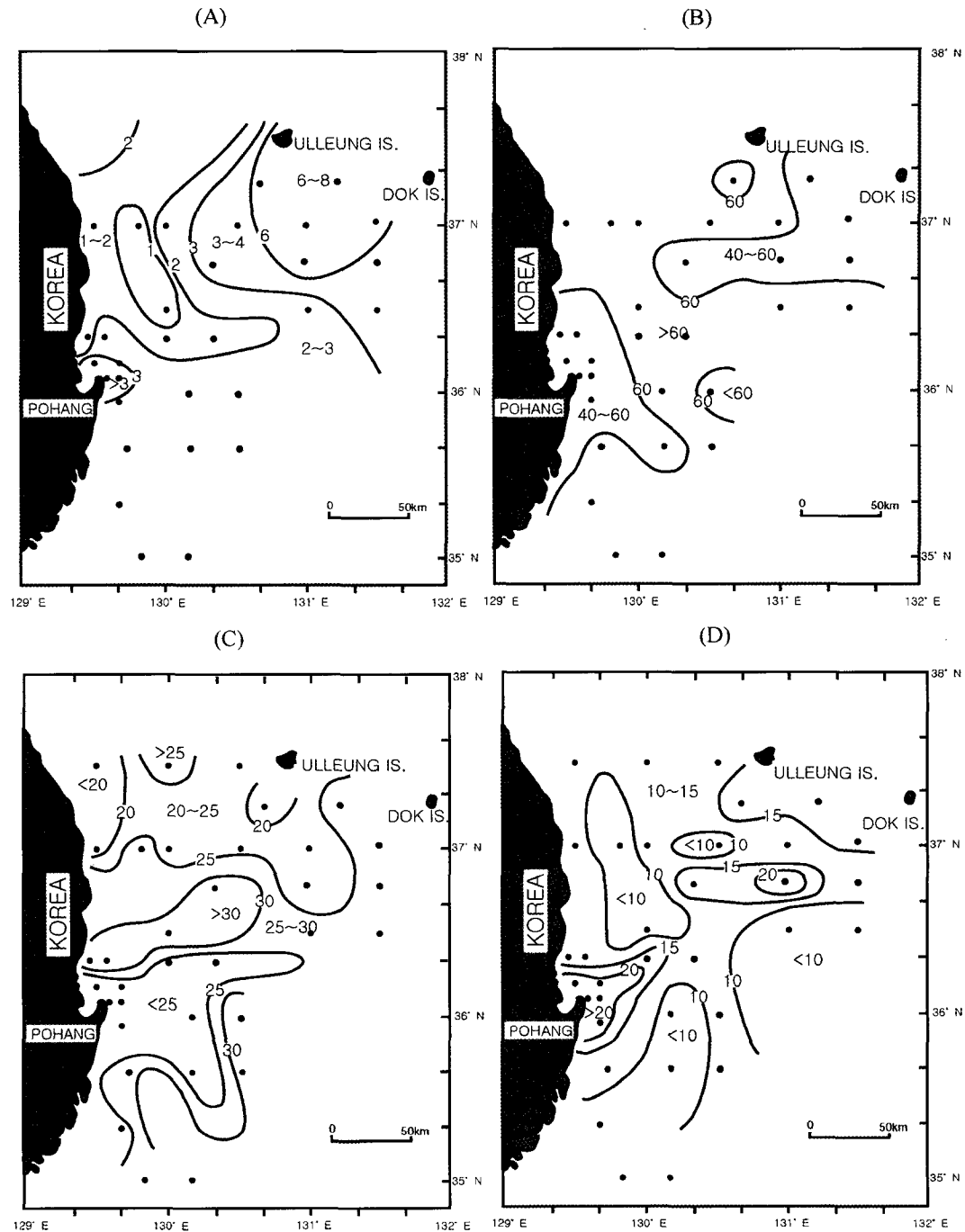


Fig. 3. Distribution of smectite (A), illite (B), chlorite (C) and kaolinite (D) content (%) in the surface sediments.

서 많은 양이 운반되어지는 결과로 생각된다.

녹니석 (Chlorite) 분포

녹니석 (chlorite)은 고위도 해역의 특징적인 점토광물로서 육상 퇴적암과 변성암 등의 물리적 풍화작용에 의해 형성되는 일차광물로 알려져 있다. 동해의 경우는 동위도의 서해해역보다 매우 높은 값을 보인다. 서해에서는 14.0%로 한반도 연안으로 갈수록 증가하고, 남해에서는 강 하구 지역에서 높은 값을

나타낸다 (Youn and Jung, 1992). 녹니석 (chlorite)은 연구지역에서 일라이트 다음으로 높은 평균함량인 25.5%을 가지고, 대륙에 연안 지역으로 갈수록 감소하는 양상을 보인다 (Fig.3. C). 이러한 분포경향은 근접하는 육상지질을 잘 반영하며, 아시아 대륙 쪽보다는 일본열도 쪽으로 치우쳐 30.0%이상의 높은 함량을 나타내고 있다 (Shiozawa, 1969). 이는 두 지역의 다양한 지질학적 구성 암석의 차이로 보아진다.

고령토(Kaolinite) 분포

적도성 광물로 알려져 있는 고령석 (kaolinite)은 저위도 지방의 특징적인 광물로서 육상암석의 화학적 풍화작용이 활발한 지역에서 주로 토양 생성 시 형성되는 2차 광물로 알려져 있다(Griffin et al., 1968). 동해연안역에서 평균 13.5%의 함량을 보이며, 울릉분지에서는 16.4%, 포항연안역에서는 20.0%로 육지에서 멀어질수록 값이 감소함을 보인다(Fig.3. D). 서해의 경우 13.0%, 남해는 21.0%, 일본 연안은 낮은 11.0%의 평균함량을 보인다. 동해는 동위도의 다른 해양들과 비교하여 상대적으로 높은 값을 가지지만 남해에 비해 낮은 함량을 보인다. 이는 대한해협을 통한 유입과 주위 육상에서 공급이 일어나고 있다는 것을 의미한다. 일라이트와는 대조적으로 육지에 가까운 대륙붕이나 심해분지에서 높은 함량을 보이는 반면, 사면지역에서 대체로 낮은 함량을 보인다. 특히, 남해안 및 남동해안의 강 하구 지역에 위치하는 낙동강, 진해만과 울산만에서 매우 높은 값을 보이는 것으로 알려져 있다(Park and Han, 1985).

주상시료의 입도조직특성과 퇴적구조

주상시료의 조직 특성의 수직적 변화와 퇴적상분류는 주상도를 작성하여 나타냈다(Fig. 4 and Fig. 5). 퇴적상분석에서 표층은 뚜렷한 생물교란의 흔적을 보이고 있으며, 전반적으로 수직적 조성의 변화가 심하지는 않으나, 동해남부의 코아에서는 250 cm, 울릉분지의 코아에서는 150 cm 근처에서 화산재를 포함하는 조립한 층들이 존재한다. 이러한 조립질은 유백색의 부석질로 대체로 퇴적물이 높은 동해남부에서는 주상시료의 깊은 층에, 다소 낮은 퇴적물을 보인 울릉분지에서는 주상시료의 낮은 층에서 화산재층이 나타나는 것으로 보아 지역적인 퇴적물이 수심이 깊어질수록 감소하는 경향과 잘 일치하는 것으로 생각된다.

퇴적물의 입도와 퇴적구조를 기준으로 나타낸 퇴적상은 크게 4개의 퇴적상으로 구분된다(Fig. 5). 생물교란구조는 생물교란정도가 다소 심한 totally bioturbated mud와 교란정도가 다소 약한 weakly bioturbated mud, pyrite filament 형태의 생물교란나는 type C로 X-radiography상에 나타난 상 분석을 통하여 구분된다. 괴상모래 퇴적상은 코아에서 조립질 화산재로 흑색의 scoria 형태와 유백색의 부석질 (volcanic tuff: 2-6 mm)이 뚜렷하게 구분되는 울릉분지의 시료와 유백색의 부석질이 mud와 혼합되어 최초 육안으로는 다소 관찰이 어려운 동해남부의 시료로 퇴적양상의 차이를 보였다. 그리고, 얇은 층리를 형성하며 퇴적된 층리구조의 퇴적상은 조립질로 이루어진 laminated sand, 세립질로 이루어진 laminated mud, 수 mm의 얇은 층리를 보이는 thinly laminated mud 및 층리간의 경계가 다소 불분명한 indistinctly laminated mud로 구분된다.

울릉분지의 주상시료

울릉분지의 동쪽에 있는 P1 코아는 sand의 함량이 50 cm, 110-135 cm에서 38%와 48% (최고 80%)로 sandy mud가 우세하고, 나머지 시료에서는 평균 6%이하로 mud를 나타낸다.

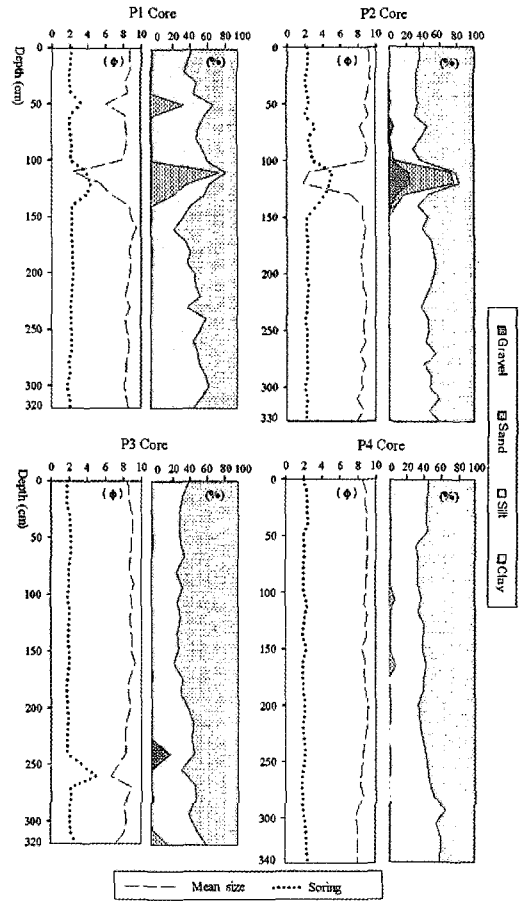


Fig. 4. Sediment characteristics of Ulleung Basin (P1, P2) and Southern East Sea cores (P3, P4).

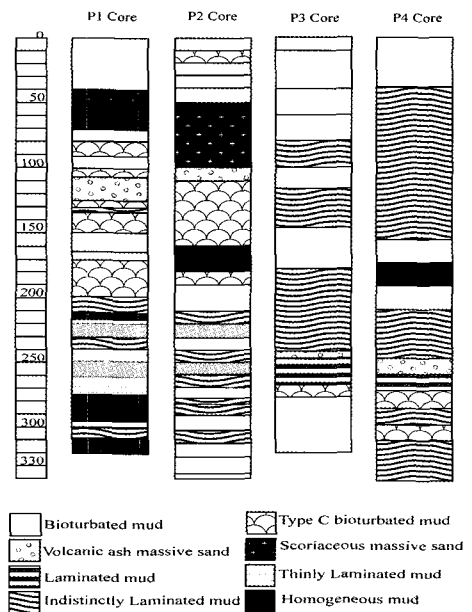


Fig. 5. Columnar section of X-radiography taken from Ulleung Basin cores (P1, P2) and Southern East Sea cores (P3, P4).

평균입도는 2-9로 입도의 변화가 넓고 분급도는 불량하거나 매우 불량하다. 다른 층에 비해 화산재층에서 분급이 불량한 경향을 보여준다. 그리고, 화산재층은 105-135 cm, 140-160 cm에서 분급은 3.02-3.11, 4.43-4.79로 불량한 경향을 나타냈다. silt와 clay의 함량이 90%이상의 값을 보이는 층은 화산재층을 제외하고 대부분 층에서 나타났다 (Fig. 4). 생물교란니퇴적상은 전 층에 걸쳐 나타나는 반면에 균질니퇴적상은 40-70 cm에서 나타난다. 괴상모래는 50 cm, 105-125 cm에서 뚜렷한 층을 형성하고, 울릉-Ok이화산재층으로 흑색의 scoria와 유백색의 부석질이 관찰되었다. 210 cm 하부에서는 박층니퇴적상이 육안으로 관찰된 층리면과 잘 일치하며 270 cm까지 나타난다 (Fig. 5).

울릉분지의 남동쪽에 있는 P2 코아는 sand의 함량이 90-150 cm에서는 평균 1%미만과 최고 77%로 clay, clayey sand를 보이고, 직경 2 cm의 자갈을 포함한 20%이상의 자갈질과 50%이상의 모래질로 구성된 부석층이 뚜렷하게 나타난다. 평균입도는 110-120 cm를 제외하고 7-9의 mud로 분급도는 불량하거나 매우 불량하다 (Fig. 4). 전 층에 걸쳐 생물교란니퇴적상이 관찰되며 균질니퇴적상은 50-60 cm, 160-180 cm에서 관찰된다. 층리니퇴적상은 210-320 cm에서 균질니퇴적상과 반복적인 층리를 형성하며, 박층니퇴적상은 290-300 cm에서만 뚜렷한 층리면을 보인다. 괴상모래는 60-120 cm층에서 흑색과 백색의 부석이 뚜렷하게 층을 형성하며 퇴적되어 있다 (Fig. 5).

동해남부해역의 주상시료

P3 코아는 평균입도 8-9의 mud 또는 clay의 퇴적상을 보이고, 240-260 cm, 310-320 cm 깊이에서는 조립사 내지 자갈 크기가 20%이상을 차지하는 화산재층들이 발견된다. 유백색의 부석질 (pumice)이 니질퇴적물과 함께 혼합된 퇴적상을 보이는데 이는 울릉분지 중앙에서 나타난 백색의 부석 (pumice)와 비슷한 크기와 형태를 보인다. silt와 clay의 함량은 코아의 표층에서 clay의 함량이 증가하는 양상을 보이고 조립질이 나타나는 층에서부터 하부로 내려갈수록 silt의 함량이 증가하는 양상을 나타낸다 (Fig. 4). 울릉분지보다는 약하지만 생물교란니 퇴적상이 나타나고, 희미한 층리니는 80-100 cm, 120-150 cm, 180-255 cm에서 생물교란니와 반복적으로 관찰되며, 뚜렷한 층리는 보이지는 않지만 약한 층리면이 교호하면서 화산재층의 상부에 존재한다. 화산재층은 울릉분지에서 발견된 것과 동일한 유백색의 부석이 255 cm에서 3 cm의 두께에서 20%이상의 조립질이 mud와 섞여 덩어리를 형성, 퇴적된 것이 관찰되었다. 박층니 퇴적상은 화산재층의 하부에서 뚜렷한 층리를 보였다 (Fig. 5).

P4 코아는 260 cm에서 코아의 최하부까지 olive green과 medium gray가 반복, 띠를 형성하며 나타난다. 표층에서는 생물교란 된 흔적이 보이지만, 이러한 흔적은 하부로 갈수록 감소한다. 평균입도 7-8로 모래가 1%미만의 mud를 보이고 분급도는 불량하거나 매우 불량하였다 (Fig. 4). 코아의

240-250 cm와 260-275 cm에서는 P3와 비슷한 부석 (pumice)이 니질퇴적물과 함께 나타난다. silt와 clay의 함량은 코아의 표층에서 clay의 함량이 증가하는 양상을 보이다가 부석이 발견된 층에서 하부로 내려갈수록 silt의 함량이 60%이상으로 증가하는 양상을 나타낸다. 생물교란니 퇴적상이 코아 표층에서 관찰되고, 균질니 퇴적상이 화산재층 상부까지 나타난다. 40-160 cm까지는 희미한 층리니가 뚜렷한 층리를 보이지 않지만 약한 층리면이 교호하면서 존재한다. 화산재층은 P3코아보다 다소 뚜렷한 220-270 cm에 나타나고, 화산재층의 하부에는 박층니와 생물교란니 퇴적상이 반복적으로 나타났다 (Fig. 5).

결론적으로 동해남부해역과 울릉분지의 퇴적상과 퇴적작용을 비교한 결과, 표층퇴적물의 입도분포는 한반도의 연안과 동해남서부의 지역에 따라 다양한 분포경향을 보이던 이전의 연구와 달리 동해남부 해역은 지난 빙하기 때 낮은 해수면에 의해 형성된 잔류퇴적물이 분포하며, 다시 해수면이 상승하면서 형성된 퇴적물이 대마난류에 의해서 퇴적물의 집적이 제한되는 환경으로 판단된다. 사면과 심해로 갈수록 평균입도는 6-10의 거의 clay 또는 mud의 세립질이 우세한 것은 하천을 통한 유입과 해류에 의한 연안침식 및 재동의 영향에 의한 것으로 판단된다. 점토광물 분석에서 한반도 연안의 하천을 통한 유입, 대한해협을 통한 유입, 울릉도의 화산쇄설물에 의한 유입과 일본연안으로부터의 유입 등의 복합적인 근원지의 가능성을 파악하였다.

동해남부와 울릉분지의 코아 시료에서는 괴상모래, 생물교란니, 균질니, 층리니 퇴적상이 주로 관찰되었다. 특히, 괴상모래는 울릉-Ok이 (9300년전) 화산쇄설물로서 분지와 사면의 코아에서 나타나지만, 동해남부의 사면지역보다 울릉분지에서 더 뚜렷한 퇴적상을 보였다. 괴상모래의 퇴적상이 코아의 깊은 층에서 관찰되는 것은 사면지역이 분지지역보다 육상기원의 퇴적물 공급에 의한 퇴적속도가 10 cm/ky 정도 빠르고, mass flow deposit에 의한 퇴적작용이 활발한 원인으로 판단된다. 조립질의 화산쇄설물을 제외한 층에서는 세립한 니질퇴적물이 우세하며, 울릉분지에서 생물교란니와 균질니의 퇴적상이 우세하게 나타났다. 이는 분지에서는 퇴적물이 다소 낮은 안정된 환경에 의한 반원양성 침강에 의한 퇴적작용으로 판단되며, 동해남부는 사태나 함몰의 질량류 (mass flow)가 우세해지는 다소 불안정한 환경에 의한 차이에 기인하는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- Aoki, S., N. Kohyama and T. Sudo. 1979. Mineralogical and chemical properties of smectites in a core from the Southeastern Pacific. *Deep Sea Res.*, 26, 893-902.
- Aoki, S., K. Oinuma and K. Matsuike. 1983. Clay minerals composition in surface sediments and the concentration of suspended matter of the East China Sea. *Proceedings of International Symposium on Sedimentation on the Continental Shelf, with Special*

- Reference to the East China Sea, China Ocean Press. 440-450.
- Aoki, S., K. Oinuma and T. Sudo. 1974. The distribution of clay minerals in the recent sediments of the Japan Sea. *Deep Sea Res.*, 21, 299-310.
- Arai, F., T. Kitazato, H. Horibe and H. Machida. 1981. Late Quaternary tephrochronology and paleogeography of the sediments of the Japan Sea. *Quat. Res.*, 20, 209-230.
- Biscaye, P.E. 1965. Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent sea and ocean. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 76, 803-832.
- Chen, P.Y. 1978. Minerals in bottom sediments of the South China Sea, *Geol. Soc. Am. Bull.* 89, 211-226.
- Chough, S.K., K.S. Jeong and E. Honza. 1985. Zoned facies of mass-flow deposits in the Ulleung (Tsushima) basin, East sea(sea of Japan). *Mar. Geol.* 65, 113-125.
- Chough, S.K., H.H. Lee and S.J. Han. 1991. Sedimentological and geotechnical properties of fine-grained sediments in part of the South Sea, Korea. *Cont. Shelf Res.* 11, 183-195.
- Folk, R.L. and W.C. Ward. 1957. Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. *J. Sed. Petro.* 27, 3-27.
- Furuta, T., K. Fujioka and F. Arai. 1986. Widespread submarine tephra around Japan - Petrographic and chemical properties. *Mar. Geol.*, 72, 125-142.
- Griffin, J.J., H. Windom and E.D. Goldberg. 1968. The distribution of clay minerals in the world ocean, *Deep Sea Res.*, 15, 433-459.
- Khim, B.K. 1988. Sedimentological study of the muddy deposition in the Yellow Sea. M.S. Thesis, Seoul National Univ., 1-106.
- Kobayashi, K. 1985. Sea of Japan and Okinawa Trough, Ocean basins and Margins, The Pacific Ocean, Plenum Press, New York, 419-458.
- Lee, H.J., S.K. Chough, S.S. Chun and S.J. Han. 1991. Sediment failure on the Korea Plateau slope, East Sea(Sea of Japan). *Mar. Geol.*, 110, 7-30.
- Lee, H.J., S.S. Chun, S.H. Yoon and S.R. Kim. 1993. Slope stability and geotechnical properties of sediment of the southern margin of Ulleung Basin, East Korea. *Mar. Geol.*, 110, 31-45.
- Lee, Y.D., H.S. You and S.Y. Kim. 1996. Silicoflagellate biostratigraphy and sediment facies in Ulleung Basin, the East Sea, *J. Geol. Soc. Kor.*, 32, 73-90.
- 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, 499-518.
- Park, B.K. and S.J. Han. 1985. The distribution of clay minerals in recent sediments of the Korea Strait. *Sediment. Geol.*, 41, 173-184.
- Park, S.C. and D.G. Yoo, 1988. Depositional history of Quaternary sediments on the continental shelf off the southeastern coast of Korea(Korea Strait), *Mar. Geol.*, 79, 65-75.
- Park, Y.A. 1983. The nature of Holocene sedimentation and sedimentary facies of the continental shelves of Korea. Proceeding, 1983 Summer conference for domestic and foreign scholars of science and technology: KOFET, 72-80.
- Park, Y.A. and J.Y. Choi. 1986. Factor analysis of the continental shelf sediments off the southeast coast of Korea and its implication to the depositional environments, *J. Oceanol. Soc. Kor.*, 21, 34-45.
- Seibold, E. and W.H. Berger. 1982. *The Sea Floor*. Springer-Verlag, Berlin. 1-380.
- Shizawa, T., 1969. Clay mineral assemblage of sediments in the Ishikari Bay. *Quaternary Res.*, 8, 81-88.
- Song, S.T., 1988. Depositional environment and clay mineral distribution of recent continental shelf sediments, southern coast of Korea, M.S. Thesis, National Fisheries Univ. of Pusan, 1-97.
- Stanley D.J and A.N. Liyanage, 1986. Clay mineral variations in the northeastern Nile delta as influenced by depositional processes. *Mar. Geol.*, 73, 263-283.
- Suk, B.C. 1986. Depositional environment of late Quaternary sediments and suspended particulate matter on the Southeastern continental shelf, Korea. *J. Geol. Soc. Kor.*, 22, 10-20.
- Uyeda, S and A. Miyashiro. 1974. Plate tectonics and Japanese Islands: A Synthesis, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 85, 1159-1170
- Youn, J.S and D.S. Jung. 1992. Sedimentological characteristics and depositional environment of marine sediment around the Cheju Island, Korea. *J. Geol. Soc. Kor.*, 28, 342-365.

2007년 1월 17일 접수

2007년 6월 14일 수리