

한국 동해 울릉분지 코어 퇴적상 특성

이병관* · 이수웅 · 김흥태 · 김석윤¹⁾

국립환경과학원 물환경연구부, ¹⁾부경대학교 해양학과
(2010년 10월 27일 접수; 2011년 4월 29일 수정; 2011년 6월 9일 채택)

Characteristics of Core Sedimentary Facies at the Ulleung Basin in the East Sea of Korea

Byoung-Kwan Lee*, Su-Woong Lee, Hong-Tae Kim, Seok-Yun Kim¹⁾

National Institute Environmental Research, Incheon 404-708, Korea

¹⁾*Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea*

(Manuscript received 27 October, 2010; revised 29 April, 2011; accepted 9 June, 2011)

Abstract

A study on the grain size change, sedimentary facies and age indicator of volcanic tephra was analysis through four cores (P1 ~ P4) at the Ulleung Basin in the East Sea of Korea. The two cores (P1 and P2) were collected in the northeastern side of the Ulleung Basin (about 2,000 m in water depth), while the other two cores (P3 and P4) with the water depth of about 1,500 m and 1,700 m, respectively, were collected from the continental slope of the southwestern and western side of the Ulleung Basin. Four sedimentary facies and eight sedimentary subfacies were identified. The four facies were massive sand, bioturbated mud, homogeneous mud, and laminated mud. The eight subfacies were further divided as pumiceous ash massive sand, scoriaeous massive sand, plain bioturbated mud, pyrite filamented bioturbated mud, distinctly laminated mud, indistinctly laminated mud, thinly laminated mud and homogeneous mud. The homogeneous mud was not found in the core of P3 which is located in the western side of Ulleung Basin (close to the Korean coast). In the case of laminated mud facies, the thinly laminated mud facies was dominated in the lower part of core sequences of the Ulleung Basin (P1 and P2), while the indistinctly laminated mud were overallly distributed in the core sequences from the continental slope of Ulleung Basin. The Tephra layers from the core sequences of central Ulleung Basin were more dominated and distinctive than those from the core sequences of continental slope. This is related to the distance from the volcanic source and the amount of sediment supply. The core locations of Ulleung-Oki Tephra layers in the central Ulleung Basin were in the upper part of core sequences, while those in the continental slope were in the lower part of core sequences. This is indicated that the amounts of sediment supply in the continental slope after the Ulleung-Oki eruption were very high and different sedimentary environment between upper and lower of Tephra layer.

Key Words : East Sea, Ulleung Basin, Sedimentary facies, Ulleung-Oki Tephra, Core sediment

*Corresponding author : Byoung-Kwan Lee, National Institute
Environmental Research, Incheon 404-708, Korea
Phone: +82-32-560-7409
E-mail: leebk3974@korea.kr

1. 서론

동해는 한반도, 일본열도, 시베리아에 의해 둘러싸여 있고, 해양학 및 지질해양학적인 관점에서 전형적인 연해 (Marginal sea) 의 성격을 띤다. 최근 국가간 배타적 경제수역 (EEZ) 선포에 따라 동해는 영토문제, 해양환경보전 및 자원개발관리를 위한 연구가 요구되는 해역이다. 과거의 연구에는 관측선과 관측 장비의 부족으로 인하여 주로 연안에서 연구가 이루어져 왔으나, 최근에는 다양한 관측선과 지구물리장비가 개발되면서 연안환경 뿐 아니라, 심해환경까지 활발한 연구가 진행되고 있다. 동해는 중생대 후기(백악기)에서 신생대 제3기 동안에 한반도와 일본열도 사이의 해저가 확장되어 생성된 배호분지 (Back-arc Basin) 로 알려져 있다(Uyeda와 Miyashiro, 1974). 동해로 퇴적물 공급은 일차적으로 한반도 연안에서 침식작용으로 공급되며, 이차적으로 해류를 따라 재동 및 재분포작용을 받는다. 사면에서는 사태나 함몰 및 저탁류에 의한 퇴적작용과 분지에서 반원양성 기원의 퇴적작용에 의해 퇴적되는 것으로 연구되었다(Chough 등, 1991; Lee 등, 1996; Yoon 등, 1996).

동해의 세립질퇴적물은 공급이 일정하지 않고, 다양한 기원물질이 혼합되어 비교적 복잡한 형태를 보이며 과거 퇴적된 퇴적상 분석을 통해서 현생퇴적환경과 장기간의 퇴적환경에 대한 연구가 시도되고 있다. 특히, 동해퇴적층에 협재된 화산쇄설물질은 판의 수렴경계부에서의 화산활동과 열점에서의 화산활동 등으로 공급되기 때문에 퇴적물에 협재된 화산쇄설물질을 이용하여 시추퇴적물의 층서대비연구에 많이 이용되고 있다. 이전의 보고에서 동해 테프라층의 주요 확산방향은 동남방향이며 500 km 떨어진 일본 육상까지 이동한 것으로 보고되었다(Machida 등, 1984). 이 테프라의 분출연대는 시추퇴적물내에 협재된 탄질 퇴적물, 나무파편, 조개류 등에 의해서 분석되었고 약 9,300 yr B.P. 로 측정되었다(Furuta 등, 1986; Machida와 Arai, 1992). 화산쇄설물질의 퇴적층 하부에 나타난 층리니퇴적층은 상부대륙사면에서 일어난 mass flow deposits 에 의해 공급되거나 재동작용을 받은 퇴적물이 경사면을 따라 이동하여 퇴적되었고, 다소 변형된 형태의 층리구조가 관찰되었다. 화산쇄

설물질은 니질퇴적층과 혼합되어 다양한 형태로 나타나며 화산퇴적층 상부와 하부의 퇴적층을 이용하여 퇴적환경 변화를 이해하는 노력이 필요할 것으로 보인다.

본 연구는 한국의 동해 해역에 인접한 울릉분지 사면지역으로 구분되는 울릉도-독도 지점에서 동쪽과 남쪽의 4개 코아시료에 대해서 퇴적상 및 입도를 분석하여 울릉분지로 공급되는 사면지역에서 퇴적층의 퇴적상과 퇴적환경 변화를 유추·해석하기 위하여 본 연구를 시도하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 연구지역

한반도의 지질구조는 대체로 북동-남서의 방향성을 가지며 이러한 방향성은 동해의 해저지형과 연관성을 가지고 있다. 동해 해저 확장의 시작은 동쪽 또는, 남동쪽으로 빠른 운동을 하였지만 서쪽으로는 느린운동을 하게 되어서 비대칭형의 확장을 이루게 되고, 제 4기 이후 동해의 확장은 소멸되었다. 태평양판, 유라시아판, 필리핀판이 서로 만나는 triple junction 을 형성하여 힘의 평형을 이루고 있다. 해양지각의 성격을 띤 동해는 퇴적층의 두께가 약 2 km 정도이고 다소 높은 지열류량 (heat flow)을 보인다(Hilde와 Wageman, 1973). 동해는 주위의 한반도, 일본열도, 시베리아에 의해 둘러싸여 있으며, 해양학 및 지질해양학적인 관점에서 전형적인 연해 (Marginal sea)의 성격을 띤고, 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.

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 준 폐쇄해역이다(Oba 등, 1991). 동해의 퇴적물 이동 및 퇴적에 영향을 미치는 해수순환으로는 쿠로시오해류에서 분

지한 대마난류가 대한해협 서수도를 따라 유입하여 동쪽으로 전향하고, 대한해협의 동수도를 지나 일본의 북서해안을 따라 북으로 흐르는 해류, 대한해협의 동수도를 지나 북상하다 북쪽에서 남하하는 북한한류와 만나 동쪽으로 전향하는 해류, 해수면이 현재보다 낮을 당시 북쪽에서 내려온 찬 동해고유수의 확장애 따라 간접적인 해수순환 형태를 보이는 수산 및 해양학적으로 중요한 해역이다(이, 1992). 동해는 평균수심이 1350 m 이고, 최대수심은 3700 m 로 비교적 수심이 깊으며, 동해 해수의 염분 및 수온의 분포는 수심 300m 이하의 심부에서 매우 균일하고 안정된 특성을 보이며 염분은 34.07 ‰, 수온은 0.3 °C이하를 보인다(Kobayashi, 1985).

동해저는 동해의 해안선과 거의 평행하고 폭이 좁은 대륙붕에서 경사가 급한 대륙사면이 형성되어 심해저로 연결되는 해저 지형과 대한해협을 지나 동쪽으로 평균 수심 120 m의 비교적 평탄한 지형으로 이루어져 있다(김, 1981). 한국의 남해나 황해퇴적물은 직접 유입되는 육성기원의 퇴적물과 주위의 연안류와 함께 타 해역에서 유입되어 형성된 반면에 동해로 공급되는 퇴적물의 대부분은 타 해역으로부터 유입되어 퇴적된 것으로 알려져 있다(Park와 Yoo, 1988; Lee 등, 1991).

일반적으로 대륙주변부는 많은 육성기원 퇴적물의 유입으로 인해 퇴적속도가 빠르다(Seibold와 Berger, 1982). 평균 수심 200 m 이내의 울릉분지 남서부 연안은 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 등, 1985; Lee 등, 1993). 분지에서 퇴적물은 대부분이 세립질의 반원양성퇴적물과 저탁류기원의 퇴적물로 구성되어 있으나, 울릉 화산퇴적층을 비롯한 층서대비에 유용한 수 개의 조립질 화산퇴적층이 협재되어 있기도 하다(Arai 등, 1981; Furuta 등, 1986).

2.2. 시료 채취 및 분석

주상시료 채취는 울릉분지 중앙부 수심 2000 m 이상의 2개 지점에서, 수심 1500 m와 2000 m 사이의 2

개 지점에서 피스톤 시추기 (piston corer)를 이용하여 코어퇴적물을 채취하였다(Fig. 1). 코어는 실내에 보관한 뒤 퇴적상분석은 채취된 주상 시료를 반으로 절개한 후, soft X-ray 를 통하여 퇴적물의 퇴적 구조와 퇴적 환경 해석에 이용하였다. 퇴적물 슬랩제작은 길이 20 cm, 두께 1 cm의 투명 아크릴 슬랩에 퇴적물을 담아 실험실에 보관하였다. 슬랩은 코어의 점토질 부분에 대해서 채취되었고, 모래의 함량이 높고 암석 파편이 많은 부분에 대해서는 슬랩을 만들지 않았다. 퇴적물 슬랩은 Softex M-1005형 X-선 촬영기를 이용하여 촬영한 후에 인화하여 퇴적구조를 조사하였다.

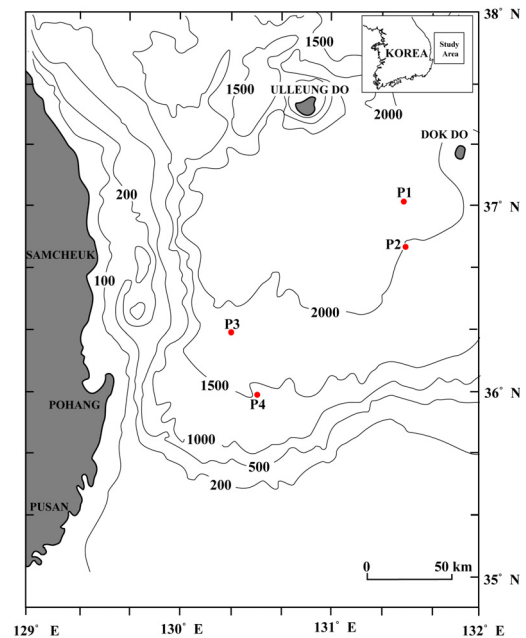


Fig. 1. Map showing the sampling sites in the study area.

퇴적물 입도분석은 주상 시료로부터 10~20 cm간격으로 10 g정도를 취해 염분을 제거하고 6%의 H₂O₂와 0.1N의 염산으로 유기물과 탄산염 성분을 제거하였다. 조립질은 4 Ø보다 큰 입자로서 표준체를 siever shaker에서 15분~20분 정도 시료에 따라 건식체질을 하여 전자 저울에서 입자별로 무게를 구하고, 피펫법은 표준체에서 4 Ø보다 가는 입자로서 10% 확산제를

시료량에 따라 침가한 뒤 확산 정도를 확인한 다음 온도·시간표에 따라 피펫팅을 하였다. 퇴적물의 조직 매개 변수(평균 입도, 분산, 왜도)들은 모멘트방법으로 산출하였고 퇴적물의 모래, 실트, 점토의 함량을 Folk와 Ward(1954)의 삼각법에 따라 퇴적물을 구분하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 울릉분지 코어의 퇴적상 및 입도특성

울릉분지 동쪽의 P1 코어는 생물교란된 퇴적상이 전층에 걸쳐 우세하게 나타나며, 균질퇴적상은 40~70 cm에서 나타나며, 흑색의 scoriaeous가 균질 퇴적상 사이의 50 cm 깊이에 분석된다(Fig. 2). 괴상모래는 50 cm, 105~125 cm 깊이에서 뚜렷한 층을 형성하고 흑색의 scoria가 50 cm, 유백색의 부석 입자쇄설물질은 깊고 퇴적층의 두께가 두꺼운 105 cm에서 125 cm 사이에서 나타났다. 화산쇄설물질의 입도 조성 및

조직은 흑색의 scoriaeous 보다 유백색의 부석 쇄설입자가 더 조립한 쇄설입자들로 이루어져 있고, 분급은 전자(3.02~3.11)보다 후자(4.43~4.79)가 더 불량한 경향을 나타냈다. 층리 퇴적상은 210 cm 하부에서 박층리(thinly laminated mud) 퇴적상이 육안으로 관찰된 층리면과 잘 일치하며 270 cm까지 나타났고, 230 cm 깊이에 희미한 층리니가 관찰되었다. 균질 퇴적상은 270 cm부터 320 cm 까지 나타나며 280 cm에 흑색의 scoriaeous 쇄설물이 관찰되고, 295 cm에서 315 cm 사이에 희미한 층리니와 균질 퇴적상이 반복적으로 나타난다.

울릉분지 남동쪽의 P2 코어는 P1 코어와 같이 전층에 걸쳐서 생물교란된 퇴적상이 관찰되며, 균질 퇴적상은 50-60 cm, 160-180 cm에서 관찰되며, P1 코어 하부에서 관찰된 균질 퇴적상 대신에 희미한 층리니와 생물교란니가 반복적으로 관찰되었다(Fig. 2). 괴상모래 퇴적상은 P1 코어와 비슷한 깊이인 60 cm와 120 cm 깊이에서 뚜렷하게 관찰되었고, 60 cm에서 100 cm 사이에 scoriaeous 쇄설물이 두껍게 혼합되어 나타나며, 110 cm에서 120 cm 사이에 유백색의 부석이 뚜렷한 층을 보인다. P1 코어와 비슷한 깊이에서 나타난 화산쇄설물질의 입도를 비교한 결과, 유백색의 부석쇄설물은 P2 코어에서 더 조립하고 분급이 더 불량하였고, 흑색의 scoriaeous 쇄설물은 P1 코어에서 더 조립하고 분급이 더 불량하였다. 화산쇄설물질이 비슷한 깊이에서 뚜렷하게 관찰되었고, 관찰된 화산쇄설물질의 두께와 입도 조성에서 차이를 보이기 때문에 이는 서로 다른 기원의 화산쇄설물질이 퇴적될 당시의 퇴적환경을 반영하고 있는 것으로 생각된다. 만약에 저층류가 일정한 방향 즉, 북쪽에서 남쪽으로 이동하였다고 가정한다면, 화산쇄설물질의 퇴적층 두께와 입도 조성이 뚜렷하였던 유백색의 부석 쇄설물은 P1 정점 부근에 집중적으로 퇴적되고 이 보다 다소 떨어진 P2 정점으로 이동하였을 것으로 추측된다. 흑색의 scoriaeous 쇄설물은 P2 정점 부근에 집중적으로 분포되어 있어 유백색의 부석입자와 다른 퇴적양상을 보였다. 이는 화산쇄설물인 유백색의 부석 입자들이 P1 코어에서 퇴적된 이후 상부 코어층으로 갈수록 P1 코어보다는 P2 코어에서 흑색 scoriaeous 화산쇄설물질 이동이 증가된 것으로 추측되어진다.

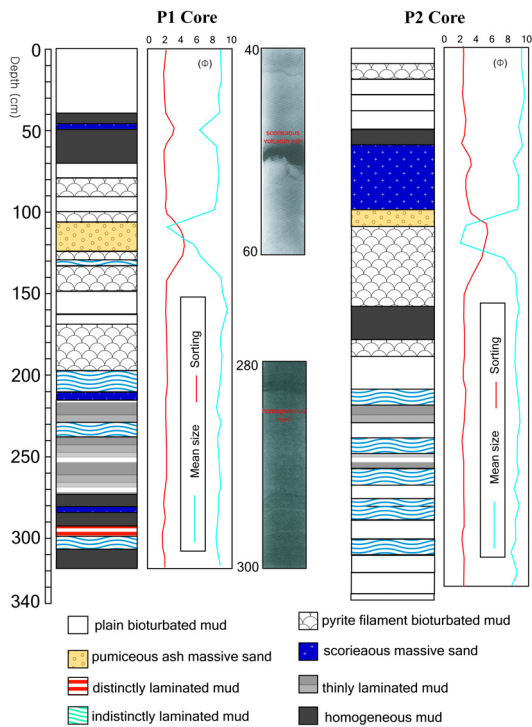


Fig. 2. Sediment characteristics of Ulleung Basin cores (P1, P2) of East Sea (modified by Lee and Kim, 2007).

Murray와 Renard(1884)는 세립질 심해퇴적물 중 많은 퇴적물이 화산쇄설물질인 테프라의 변질(alteration)에 의해서 형성된 것으로 보고하였다. 울릉도 나리 칼데라의 화산분출에 의해서 공급된 테프라층들이 3매가 있다고 보고되었는데(Chun 등, 1997), 이중에 가장 폭발적인 분출에 의해서 공급된 울릉-II 테프라층은 야마토분지의 해저퇴적물에 협재하는 것으로 보고되었다(Ulleung-Oki ash; Furuta 등, 1986). P2 코어에서 괴상모래퇴적상과 같이 박층니퇴적상 또한, P1 코어와 유사한 깊이(215~225 cm, 250~260 cm)에서 관찰되었다. 그러나, 박층니퇴적상이 관찰된 층의 두께는 P1 코어가 P2 코어보다 더 두꺼웠다. P1 코어의 박층니퇴적상이 P2 코어보다 더 두꺼운 퇴적층을 형성하지만, P2 코어는 대신에 생물교란니와 희미한층리니 퇴적상이 P1 코어보다 더 우세하였다.

P3 코어의 희미한 층리니는 80~100 cm, 120~150 cm, 180~255 cm에서 생물교란니와 반복적으로 관찰되며, 뚜렷한 층리를 보이지는 않지만 약한 층리면이 교호하며 관찰되었다(Fig. 3). 화산쇄설물질은 울릉분지 동쪽 P1과 P2 코어에서 나타난 유백색의 부석 입자들이 240~250 cm에서 mud와 혼합되어 육안으로 쉽게 구분하기 어려웠으며, soft X-ray와 입도 분석 과정에서 관찰되었다. 박층니퇴적상은 화산재층의 하부에서 뚜렷한 층리를 보였다. P4 코어의 표층은 생물교란니가 우세하게 관찰되었고, P3 코어에서 관찰되지 않던 균질니 퇴적상이 180 cm에서 200 cm 사이에 관찰되었다(Fig. 3). 생물교란니퇴적상 하부의 40~160 cm까지는 희미한 층리니가 뚜렷한 층리를 보이지 않고 약한 층리면이 교호하였다. 화산쇄설물질은 이전에 나타난 유백색의 부석 입자물질들로 250 cm와 265 cm 사이에서 P3 코어와 마찬가지로 관찰되며, 화산쇄설물 하부 퇴적층에는 박층니퇴적상이 뚜렷하게 관찰되었고, 층리니의 깊이가 P3 코어와 같이 270 cm 까지 관찰된다. 이 박층니퇴적상 하부 퇴적상도 P3 코어와 같이 생물교란니와 희미한 층리니 퇴적상이 반복적으로 나타났다.

퇴적물의 입도와 퇴적물의 퇴적구조를 기준으로 크게 4개의 퇴적상으로 나타난다. 4개의 퇴적상은 다시 8개의 세부 퇴적상(sub facies)으로 나누었다. 4개의 퇴적상은 세립질 니질 성분으로 구성되어 있고, 생

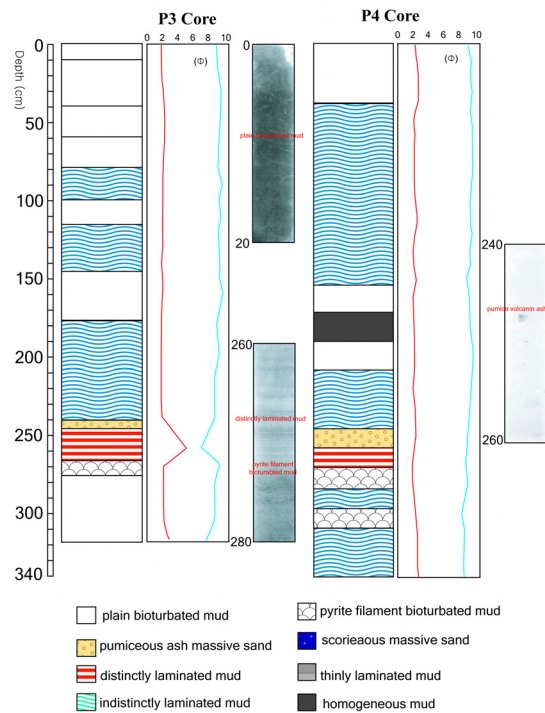


Fig. 3. Sediment characteristics of Southern cores (P3, P4) of East Sea (modified by Lee & Kim, 2007).

물의 교란에 의한 생물교란, 조립한 사질 성분으로 화산쇄설물질이 주로 퇴적되어 나타나는 괴상모래와 층리면의 간격이 다른 층리니퇴적상(laminated mud facies)과 층리면의 경계 없이 세립질 퇴적물이 균일한 균질니퇴적상(homogeneous mud facies)이 구분되었다.

8개의 세부 퇴적상은 육안 또는 Soft X-ray의 퇴적상에서 볼 때, 생물교란정도에 따라 생물교란니퇴적상을 2개의 세부 퇴적상으로 일반적인 교란을 보이는 plain bioturbated mud facies와 pyrite 성분에 의한 섬유질(filament) 형태의 교란된 bioturbated mud facies로 세분하였다(Fig. 2와 3). pyrite 성분에 의한 섬유질(filament)의 생물교란니는 울릉분지와 남쪽 사면 코어에서도 관찰되었다. 괴상모래퇴적상은 2개의 세부 퇴적상으로 구분하여 흑색의 scoria type인 scoriaeous massive sand facies와 유백색의 부석 입자들로 구성된 pumiceous massive sand facies로 세분하였다. 이 두 화산쇄설물질을 현미경 사진에서 확인한 결과, 형

태와 색깔이 뚜렷하게 다른 화산재로 퇴적상 분석과 마찬가지로 구분되었다(Fig. 4).

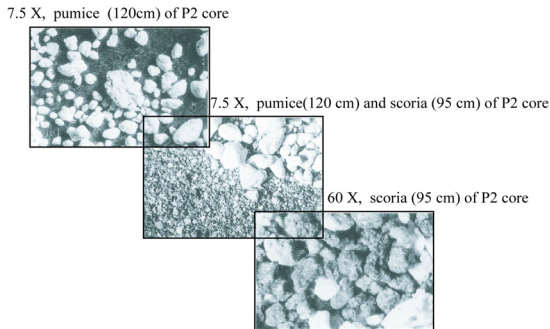


Fig. 4. Selected photographs of volcanic tephra material from core sediment.

괴상모래 퇴적상은 조립, 중립의 모래로 구성되어 있으며 모래와 점토가 일정한 방향성 없이 퇴적상내에 산재해 있고, 울릉분지의 주상시료에서는 화산쇄설물이 뚜렷한 층을 형성한 반면에, 울릉분지 내 사면의 주상시료에서는 세립질과 혼합된 형태가 관찰되고 퇴적층간의 경계면이 불분명하였다. 코어퇴적층에서 테프라가 발견된 괴상모래퇴적상의 깊이는 다음과 같다.

P1 코어는 약 50 cm, 약 110~130 cm, 약 220 cm, 약 280 cm의 4군데에서 발견되고, P2 코어는 약 60~100 cm, 110~120 cm 의 2군데에서 발견되고, P3 코어는 약 240~250 cm, 그리고 P4코어에서 약 250~265 cm 발견된다. 약 9300년 전에 폭발한 울릉-오키 테프라층은 P1은 약 110~130 cm 코어층, P2는 약 110~120 cm 코어층, P3는 240~260 cm 그리고, P4는 약 250~265 cm의 코어층에서 발견되었다. 여기서 울릉-오키 테프라층의 위치는 울릉분지에서는 상부에서, 대륙사면 코어에서는 하부에서 발견되었다. 이는 대륙사면은 울릉-오키 테프라층이 쌓인 이후 퇴적물의 유입량이 높았다는 것을 보여준다.

일반적으로 동해에서의 퇴적률은 한반도에서 멀어질수록 그리고 수심이 증가할수록 감소하는 경향을 보인다(Park 등, 1995). 화산재층에 대한 층서대비를 실시한 결과, 화산재가 나타난 층은 울릉분지 남서부 사면 지역의 주상시료에서는 약 250 cm (240~265

cm), 울릉분지 중앙부 지역의 주상시료에서는 약 110 cm (110~130 cm) 깊이에서 화산재를 다량 함유하는 조립한 층들이 나타났다. 사면지역에서 퇴적률은 20~30 cm/kys 를 보였고, 분지에서는 13~16 cm/ky 의 퇴적률을 보였다. 이는 지역적인 퇴적률이 수심이 깊어질수록 감소하는 경향을 잘 일치하며 육상에서 퇴적물 유입량과 퇴적작용의 차이에 의한 결과로 판단된다(Fig. 5).

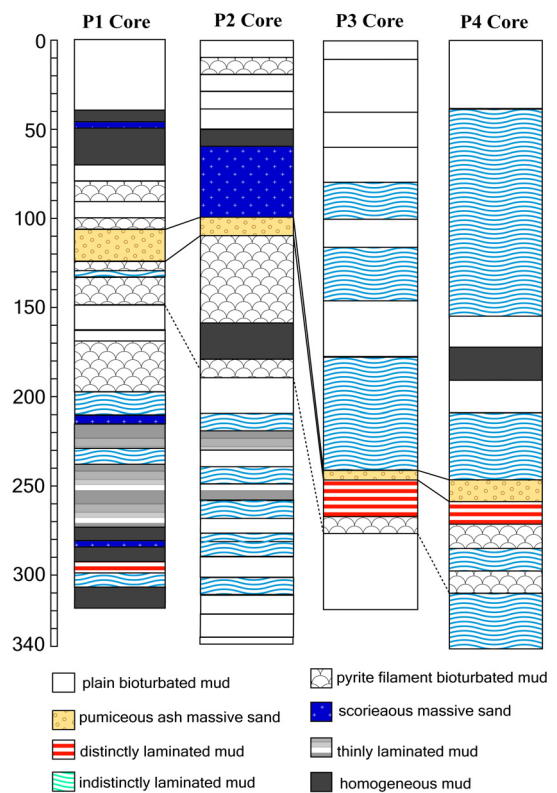


Fig. 5. Columnar section of X-radiography taken from Ulleung Basin cores (P1, P2) and Southern East Sea cores (P3, P4) (modified by Lee & Kim, 2007).

3.2. 울릉분지의 퇴적작용과 퇴적환경

모든 주상시료에서 뚜렷한 생물교란의 흔적을 보이고 있으며, 전반적으로 수직적인 입도조성의 변화가 심하지 않았다. 생물교란 퇴적상은 연구지역에서 가장 우세한 퇴적상으로서 코어 하부로 갈수록

sand와 silt의 함량이 감소하였다. 일반적으로 수층이나 대기 중을 통해 운반되거나 부유되어 있던 육상기 원퇴적물이나 자생적퇴적물이 수층을 통해 수직적으로 침전되어 쌓일 때 퇴적물의 집적율이 낮기 때문에 생물의 활동에 의해 쉽게 교란되어 나타나는 퇴적구조로서 입도가 조립해지는 것은 육상기원 퇴적물공급이 증가된 것을 지시한다.

층리니퇴적상은 퇴적물의 입도조성에 따라 사질인 laminated sand 와 니질인 laminated mud 로 구분되나, laminated sand 퇴적상은 관찰되지 않았다. laminated mud facies 는 3개의 세부 퇴적상으로 구분하며 층리간의 경계가 수 mm의 얇은 층리를 보이는 박층리니 (thinly laminated mud)퇴적상과 경계가 뚜렷한 층리니 (distinctly laminated mud)와 경계가 다소 불분명한 희미한 층리니 (indistinctly laminated mud)퇴적상으로 구분하였다. 상·하부 층 사이에 뚜렷한 차이 없이 전 층이 비슷한 입도조성을 갖고 퇴적상에서도 균일한 형태를 보이는 균질니 (homogeneous mud)퇴적상으로 구분하였다(Fig. 6).

층리니 퇴적상은 생물교란니 퇴적상 다음으로 미세한 퇴적상으로서 생물교란니 퇴적상보다 색은 더

어둡다. 평균입도가 very fine sand로 점이층리를 보이거나 또는 사층리와 변형된 층리를 보였다. 각각의 퇴적층을 구분하기는 다소 어려움이 있으나, 육안과 soft X-ray 상으로 볼 때, 박층리 퇴적상과 희미한 층리니 퇴적상으로 뚜렷이 구분된다. 박층리 퇴적상은 세립질퇴적물이 수 mm 로 분리되어 비교적 규칙적이고 선명한 층리를 보이는 퇴적상을 나타낸다. 얇고 규칙적이고, 뚜렷한 층리, 생물교란이 없고, 명확한 상경계면 등은 일반적으로 세립질퇴적물로 구성된 저탁류 퇴적층에서 보고되는 특징으로서 저탁류와 해저면 사이의 경계면에서 발달하는 점성부층에서 일어나는 솟구침과 휘슬림 현상에 의해 silt와 clay가 분리되어 집적되면서 수 mm이하의 두께로 교호하는 박층이 형성되는 것으로 알려져 있다(Piper, 1978; Chough, 1984; Hill, 1984). 희미한 층리니 퇴적상은 사면의 상부에서 자주 관찰되는 퇴적상으로 분급은 박층리니에 비해 불량하며 규칙적인 수직적 변화가 덜 관찰된다. 이 퇴적상은 확산 형태의 층이 반복적으로 관찰되고, 퇴적상 전반에 약한 생물교란 구조가 관찰되고 수평적, 불연속적, 경계가 불분명하며, 뚜렷하지 않은 silt의 엽층이 발달하고 두께가 일정하지 않다. 불규칙적

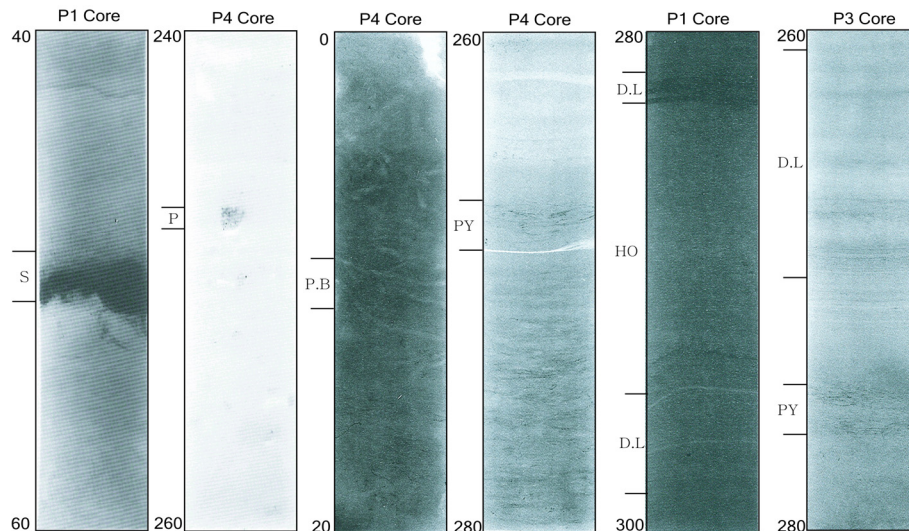


Fig. 6. Massive Sand sedimentary facies of P2 core(S, scoriaeous volcanic ash) and P4 core(P, pumice volcanic ash), bioturbated mud sedimentary facies of P4 core (P.B, plain bioturbated mud, PY, pyrite filament bioturbated mud), Laminated mud sedimentary facies of P2 core and P3 core (D.L, distinctly laminated mud) and homogeneous(HO) mud sedimentary facies of P1 core.

이고 불연속적인 층리, 생물교란, 불량한 분급 등은 비교적 장기간 동안에 지속적으로 작용하는 저층류의 영향에서 퇴적되었음에도 불구하고, 층리가 보존된 것으로 보아 지역적인 퇴적속도가 반원양성퇴적작용에 비해 상대적으로 높았던 것으로 추정된다.

균질니 퇴적상은 내부퇴적구조와 생물교란구조가 관찰되지 않는 퇴적상으로서 silt와 clay의 구성비는 비슷하였다. 층리니의 상부층에서 주로 관찰되고 분급은 다른 퇴적상보다 양호하며 박층리퇴적상과 자주 교호하므로 저탁류에 의한 퇴적을 뒷받침한다. 뜬짐으로 이동되던 세립의 입자들이 저에너지 조건에서 침전되어 형성된 것으로 저탁류에 의해 고농도상태로 이동되다가 비교적 급속히 퇴적된 것으로 해석된다 (Chough 등, 1984).

4. 결론

한국 동해 울릉분지 해역에서 채취한 4개의 코어(P1~P4)를 분석하여 입도변화와 퇴적상 그리고 화산재 연대지시자를 연구하였다. 그 중 2개의 코어(P1과 P2)는 울릉분지 북동쪽 분지 수심 깊은 곳(약 2,000 m 수심 및 2,000 m 이상)에서 채취되었고, 나머지 2개의 코어(P3와 P4)는 수심 약 1,700 m인 한국측 대륙사면(P3)과 수심 약 1,500 m인 울릉분지 남쪽 대륙사면(P4)에서 채취된 것이다.

한국 동해 울릉분지 해역에서 획득한 코어시료에서 괴상모래, 생물교란니, 균질니, 층리니의 4개 facies로 나누어지고 다시 이 facies는 8개의 sub facies로 나누어졌다. 괴상모래 퇴적상은 2개의 세부 퇴적상으로 나누어지고, 유백색의 부석 퇴적상(pumice ash massive sand facies), 흑색의 scoriaeous 퇴적상(scoriaeous massive sand facies)으로 구분된다. 생물교란니 퇴적상은 2개의 세부퇴적상으로 나누어지고, plain 생물교란니, pyrite 필름화된 생물교란니로 나누어진다. 층리니퇴적상은 3개의 세부 퇴적상으로 구분되고, laminated mud facies 가 각각의 층 사이 간격이 수 mm의 얇은 층리를 보이는 박층리니(thinly laminated mud)퇴적상, 층의 경계면이 뚜렷한 층리니(distinctly laminated mud)와 층의 경계면이 다소 불분명한 희미한 층리니(indistinctly laminated mud)퇴적상으로 구

분되었다. 균질니 퇴적상은 한국측 연안쪽에서 채취된 코어 P3에서 발견되지 않는다.

4개의 퇴적상은 한국측 대륙사면에서 채취된 P3코어를 제외하면 모두 관찰되었다. P3 코어는 균질니(homogeneous mud) 이외 괴상모래, 생물교란니와 층리니 3개의 퇴적상만이 관찰되었다. 괴상모래(massive sand)는 모두 화산재인 테프라층이다. 울릉분지 코어 퇴적층 하부(P1과 P2 코어)는 thinly laminated mud가 우세하며, 대륙사면 코어퇴적층 전체가 indistinctly laminated mud로 구성되어 있다. 코어에서 테프라층은 대륙사면 측 코어퇴적층보다 울릉분지 중앙 코어 퇴적층에서 더 뚜렷하게 나타난다. 이는 화산폭발지의 거리와 퇴적물유입량과 관계된다. 즉 대륙사면의 코어는 퇴적물의 유입으로 테프라층 낙하·퇴적시 희석되기 때문이다.

울릉분지 코어의 테프라층은 P1 코어에서 약 50 cm, 약 110~130 cm, 약 220 cm, 약 280 cm의 4군데에서 발견되고, P2 코어는 약 60~100 cm, 110~120 cm의 2군데에서 발견되고, P3 코어는 약 240~250 cm, 그리고 P4코어에서 약 250~265 cm 발견된다. 약 9300년 전에 폭발한 울릉-오키 테프라층은 P1은 약 110~130 cm 코어층, P2는 약 110~120 cm 코어층, P3는 240~260 cm 그리고, P4는 약 250~265 cm의 코어층에서 발견되었다. 울릉-오키 테프라층의 위치는 울릉분지에서는 코어상부에서, 대륙사면 코어에서는 하부에서 발견되었다. 이는 울릉-오키 테프라층이 쌓인 이후 퇴적물의 유입량이 높았다는 것을 보여 주며 화산쇄설물질의 퇴적층 하부에 pyrite filament 생물교란니의 퇴적상이 관찰되며, 상부의 균질니퇴적상과 희미한층리니퇴적상으로 테프라층 상부와 하부의 퇴적환경 차이를 반영하였다.

참고 문헌

- 김중수, 1981, 한국 동해 해저지질에 관한 연구, 박사학위논문, 서울대학교.
 이석우, 1992, 한국 근해 해상지, 집문당, 334.
 Arai, F., Kitazato, T., Horibe, H., Machida, H., 1981, Late Quaternary tephrochronology and paleogeography of the sediments of the Japan Sea, Qust. Res., 20, 209-230.

- Chough, S. K., 1984, Fine-grained turbidites and associated mass-flow deposits in the Ulleung (Tshshima) Back-arc Basin, East Sea(Sea of Japan), Deep-water processes and products, Geol. Soc. London Spec. Publ., 15, 185-199.
- Chough, S. K., Lee, G. H., Park, B. K., Kim, S. W., 1984, Fine structures of turbidite and associated muds in the Ulleung Basin, East Sea. J. Sed. Pet., 54, 1212-1220.
- Chough, S. K., Lee, H. J., Han, S. J., 1991, Sedimentological and geotechnical properties of fine-grained sediments in part of the South Sea, Korea. Cont. Shelf Res., 11, 183-195.
- Chough, S. K., Jeong, K. S., Honza, E., 1985, Zoned facies of mass-flow deposits in the Ulleung(Tsushima) basin, East Sea(sea of Japan), Mar. Geol., 65, 113-125.
- Chun, J. H., Han, S. J., Cheong, D. K., Huh, S., Shin, D. H., 1997, Volcanic processes of the Ulleung-II tephra (Ulleung-Oki ash) erupted from the Ulleung Island, Ocean Research, 19, 275-283
- Folk, R. L., Ward, W. C., 1957, Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters, J. Sed. Petro., 27, 3-27.
- Furuta, T., Fujioka, K., Arai, F., 1986, Widespread submarine tephra around Japan-Petrographic and chemical properties, Mar. Geol., 72, 125-142.
- Hilde, T. W. C., Wageman, J. M., 1973, Structure and origin of the Japan Sea, In: Coleman, P. J.(ed.) The Western Pacific Crance, Russak and Co., New York, 415-434.
- Hill, P. R., 1984, Sedimentary facies of the Nova Scotian upper and middle continental slope, offshore Canada, Sedimentology, 31, 293-309.
- Kobayashi, K., 1985, Sea of Japan and Okinawa Trough, Ocean basins and Margins, The Pacific Ocean, Plenum, Press, New York, 419-458.
- Lee, B. K., Kim, S. Y., 2007, Sedimentary Facies and Processes in the Ulleung Basin and Southern East Sea, J. Korean Fish. Soc, 40, 160-166.
- Lee, H. J., Chough, S. K., Chun, S. S., Han, S. J., 1991, Sediment failure on the Korea Plateau slope, East Sea(Sea of Japan). Mar. Geol., 110, 7-30.
- Lee, H. J., Chun, S. S., Yoon, S. H., Kim, S. R., 1993, Sediment failure on the Korea Plateau slope, East Sea(Sea of Japan). Mar. Geol., 110, 7-30.
- Lee, Y. D., You, H. S., Kim, S. Y., 1996, Silicoflagellate biostratigraphy and sediment facies in Ulleung Basin the East Sea, G. Geol. Soc. Kor., 32, 73-90.
- Machida, H., Arai, F., Lee, B. S., Moriwaki, H., Furuta, T., 1984. Late Quaternary tephra in Ulleung-do Island, Korea. Journal of Geography, 93, 1-14.
- Machida, H., Arai, F., 1992, Atlas of Tephra in and around Japan, Univ. of Tokyo press, ISBN 4-13-66700-9, 276.
- Murray, J., Renard, A. J., 1984, On the microscopic characters of volcanic ashes and cosmic dust and their distribution in the deep-sea deposits, Proc. Roy. Soc. Edinburgh, 12, 474-495.
- Oba, T., Kato, M., Kitazato, H., Koizumi, I., Omura, A., Sakai, T., Takayama, T., 1991, Paleoenvironmental changes in the Japan Sea during the last 85.000years, Paleoceanography, 6(4), 499-518.
- Park, S. C., Yoo, D. G., 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.
- Piper, D. J. W., 1978, Turbidite muds and silts in deep-sea fans and abyssal plains. Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Penn., 163-176.
- Seibold, E., Berger, W. H., 1982, The Sea Floor. Springer-Verlag, Berlin, 380.
- Uyeda, S., Miyashiro, A., 1974, Plate tectonics and Japanese Islands: Asynthesis: Geol. Soc. Amer. Bull., 85, 1159-1170.
- Youn, J. S., Jung, D. S., 1992, Sedimentological characteristics and depositional environment of marine sediment around the Cheju Island, Korea. J. Geol. Soc. Korea, 28, 342-365.