DOI: http://dx.doi.org/10.25202/JAKG.7.1.5 한국지리학회지 7권 1호 2018(55~68)

한국 서해안 적황색 반고결 퇴적층의 특징과 형성 연대에 관한 논의: 증도 우전해안 퇴적층과의 대비*

오정식**

Discussion on the Characteristics and Formation Age of the Reddish-yellow Semi-consolidation Deposits, West Coast of Korea: Comparison with the Ujeon Coast Deposits in Jeungdo*

Jeong-Sik Oh**

요약 : 본 연구는 후기 플라이스토세 이후 증도 우전해안의 지형발달과정을 밝히기 위한 기초 연구로서 우전해안의 적황색 반고결 퇴적층의 구조와 형성 연대를 밝히고, 한국 서해안 적황색 반고결 퇴적층에 관한 논의와 비교 및 고찰을 위해 진행되었다. 우전해안에서 관찰되는 적황색 반고결 퇴적층은 크게 두 시기를 지시하고 있다. 하나는 우전해안의 기저 퇴적층을 구성하고 있는 적황색 반고결 퇴적층으로 그동안 서해안 곳곳에서 보고되어온 후기 플라이스토세 조간대 퇴적층(간월도층)과 같은 특성을 보인다. 나머지 하나는 홀로세 고해면기에 형성된 고해빈 퇴적층으로 확인된다. 현재의 L.M.S.L보다 높은 수준에서 관찰되는 기저 퇴적층의 특성으로 미루어볼 때, 후기 플라이스토세의 상대적 고해면기(MIS 5e) 동안 오늘날 서해안의 해안사구 지대는 곳에 따라서 조간대 환경이었을 것으로 추정된다. 또한 홀로세 해진극상기 동안 형성된 해안 중부의 적황색 반고결 퇴적층은 L.M.S.L로부터의 분포 수준을 고려할 때, 홀로세 이후 한국 서해안이 상대적 고해면기를 경험했음을 지시하는 중요한 증거로 해석된다.

주요어 : 적황색 반고결 퇴적층, 우전해안, 해안사구, 후기 플라이스토세, 홀로세 해진극상기

Abstract : The purpose of this study is to clarify structure and formation age of the reddish-yellow semi-consolidation deposits on the Ujeon coast, and to compare with the reddish-yellow semi-consolidation deposits on the West Coast of the Korean Peninsula. As a result of the study, it was confirmed that the reddish-yellow semi-consolidation deposit observed on the Ujeon coast indicates two major formation ages. One is the basal sedimentary layer of the Ujeon coast, which has the same characteristics as the Late Pleistocene intertidal sediments (Ganweoldo Formation) that have been reported on the West Coast. The other one is identified as a sedimentary layer of paleo-beach formed during the relative high sea level of Holocene. Based on the characteristics of the basal sedimentary layer observed above the present L.M.S.L, it is presumed that the coastal dune area of the West Coast of the present day may have been the intertidal environment during the relative high sea level (MIS 5e) of the Late Pleistocene. Also, the reddish-yellow semi-consolidation deposits in the central part of the Ujeon coast, which were formed at the Climate Optimum of the Holocene, are also higher than the L.M.S.L. Therefore, it is confirmed as a key bed indicating that the West Coast has experienced a relatively high sea level during the Holocene.

Key Words : Reddish-yellow semi-consolidation deposit, Ujeon coast, Coastal dune, Late Pleistocene, Holocene climate optimum

*본 논문은 오정식의 박사학위 논문의 일부를 발췌하여 재구성한 것임.

**고려대학교 사범대학 지리교육과 연구교수(Research Professor, Department of Geography Education, Korea University, ojs0201@korea.ac.kr)

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

신안군 증도 우전해안은 최근 가속화된 해안침식의 영향으로 전사구와 해빈 곳곳에 색상과 굳기를 달리하는 이질적인 퇴적층이 관찰된다. 이들 퇴적층은 주로 적황색 내지 회백색을 띠는 반고결 상태로 현재의 고조위보다 높은 수준까지 분포하고 있으며, 퇴적층 내부의 층위별 경계가 매우 뚜렷한 특징을 보인다. 우전해안 퇴적층의 이러한 특징은 과거 퇴적층의 형성과 발달 과정에 시간적 단절이 존재하였음을 암시하며, 그동안 국내에서 소개된 바 있는 서해안의 적황색 반고결 퇴적층에 관한 논의와도 많은 유사점을 보인다.

서해안의 적황색[1] 반고결 퇴적층에 관한 논의는 1990년대 초반 육지와 인접한 내만(천수만, 함평만, 경기만, 근흥만, 곰소만 등)을 중심으로 활발히 이루어졌다. 당시 논의의 핵심은 서해안 지역의 현세 조간대 퇴적층 하부에서 관찰되는 적황색 반고결 퇴적층의 형성 시기와 물리적 구조에 관한 것이 주를 이루었다. 이들 연구에서 적황색 반고결 퇴적층은 크게 상·하부 2개의 층서로 구분되며 뚜렷한 부정합의 관계를 보인다고 밝혔다. 또한 적황색의 토색은 퇴적층 형성 이후 대기 중에 노출되어 산화를 포함한 장시간의 풍화작용을 받았음을 지시하는 증거로 제시되었다. 상·하부 퇴적층의 형성 시기는 플라이스토세의 최종 간빙기와 최종 빙기 그리고 초기 홀로세로 구분되고 있다(김여상·박용안, 1988; Frey *et al.*, 1989; 김여상·박수철, 1992; 장진호 등, 1993; 오경섭 등, 1995; 박용안 등, 1997; 이영길 등, 1997; 김여상·장진호, 1998; 임동일 등, 2002; 임동일 등, 2003; Lim and Park, 2003; Lim *et al.*, 2004; 양우헌·소광석, 2008).

우전해안의 적황색 반고결 퇴적층과 유사한 해안 퇴적층에 관한 연구는 서해안의 해안사구와 해빈 하부 퇴적층을 대상으로 한 연구에서도 소개된 바 있다. 박동원·유근배(1979), 박승필(1981), 권혁재(1981), 강대균(2003), 양동윤 등(2008)은 서해안의 해빈과 해안사구 퇴적층 하부에서 상부 퇴적층과는 대조적인 적황색의 반고결 퇴적층을 소개하였으며, 박희두(2001)는 서해 도서지역의 구파식대 위에서 발견되는 적색 내지 황색 계열의 특징적인 퇴적층을 보고하였다. 강대균(2003)은 천리포, 만리포, 무창포 등 서해안 곳곳의 해빈에서도 적색의 미고결 퇴적층이 관찰됨을 밝혔다.

앞서 언급한 연구들은 조간대와 해빈 그리고 해안사구 하부에서 관찰되는 이질적인 퇴적층이 과거 한국 서해안의 고환경 및 상대적 해수면 변동에 관한 중요한 정보를 담고 있음을 공통적으로 언급하고 있다. 따라서 우전해안 곳곳에서 관찰되는 이질적인 적황색 및 회백색 퇴적층 역시 과거의 형성 환경을 직·간접적으로 지시하고 있으며, 한국 서해안의 지형발달과정을 추적하기 위한 지형지시자로서 충분한 학술 가치를 지닌 것으로 판단된다. 우전해안 퇴적층에서 관찰되는 뚜렷한 부정합적 경계는 퇴적층의 형성이 연속적으로 일어난 것이 아니며, 제4기 이후 고기후 변동과 상대적 해수면 변동으로 인하여 다윤회성(multi-cycle) 지형 발달을 경험하였음을 지시하는 것으로 볼 수 있다.

따라서 본 연구는 후기 플라이스토세 이후 우전해안의 지형발달과정을 밝히기 위한 기초 연구로서 우전해안 퇴적층에 분포하는 적황색 및 회백색 퇴적층의 퇴적구조와 형성 시기를 밝히고자 진행되었다. 아울러 한국 서해안 곳곳에서 보고되어 온 적황색 반고결 퇴적층에 관한 논의를 바탕으로 우전해안 퇴적층의 특징과 형성과정을 고찰하였다.

2. 연구지역

연구지역인 증도 우전해안은 행정 구역상 전라남도 신안군 증도면에 속한다. 증도의 해안선은 간척 사업으로 인하여 원지형과는 전혀 다른 모습을 보인다. 과거 증도는 우전리와 대초리를 중심으로 하는 남쪽 섬과 증동리를 중심으로 하는 북쪽 섬으로 분리되어 있었으나, 간척으로 두 섬이 이어지면서 지금의 모습에 이르게 되었다(문병채, 2006).

증도의 지형은 남부와 북부의 해발 100m 내외 저기복 구릉과 중부의 대규모 간척지(태평염전)로 이루어져 있다(그림 1). 동남부 해안에는 넓은 조간대가 분포하며, 섬의 남서부에 위치한 우전해안은 해빈과 해안사구가 매우 모식적으로 발달해 있다. 해빈은 여름철과 겨울철 표층 퇴적물의 퇴적 양상이 큰 차이를 보인다. 상대적으로 저에너지 환경에 놓이는 여름철에는 바다 쪽으로 모래가 밀려 나가면서 해빈의 경사가 급해지고, 바다 쪽에는 해안선과 평행한 대규모의 바(bar)가 형성된다. 겨울철에는 지속적이며 강한 북서풍과 파도에 의해 육지 방

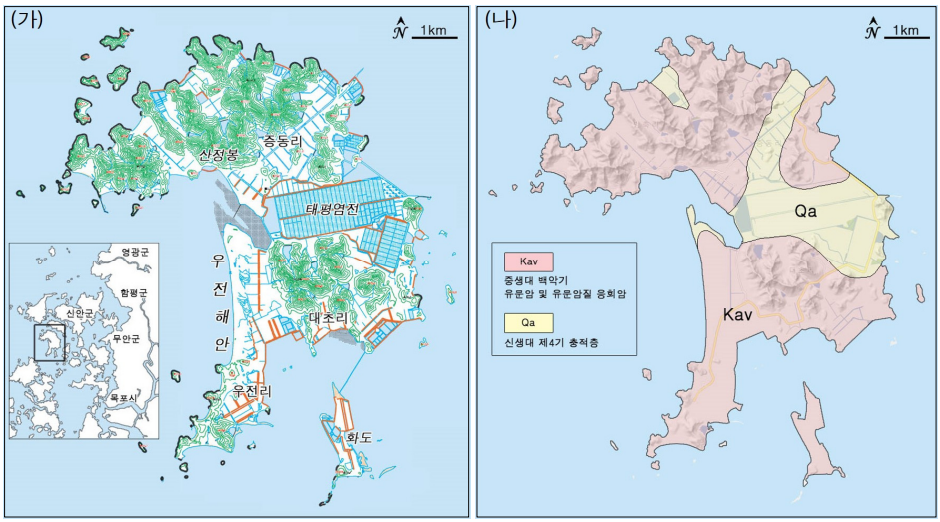

그림 1. 증도의 지형과 지질

* 오정식, 2015:12를 수정.

향으로 모래의 재동(reworking)이 활발해지면서 해빈의 경사가 완만해지며, 여름철에 형성되었던 대규모 바는 자취를 감춘다. 해안사구는 해안 남부에서 약 200m 내외의 폭을 보이며, 북부로 갈수록 그 폭이 증가해 최대 600m 내외에 이른다. 전사구와 배후사구 사이의 사구저습지와 사구열 발달이 탁월하며, 배후사구 지대에는 '모래치'라는 인공 습지가 곳곳에 분포한다.

증도의 기반암은 섬 대부분 지역이 중생대 백악기에 형성된 유문암 및 유문암질 응회암으로 구성되어 있다(한국지질자원연구원, 2002). 유문암질 응회암은 화강암과 유사한 주성분(광물) 조성을 지닌다. 특히, SiO_2의 함량이 풍부해 장기간의 풍화와 침식으로 석영이 다량 함유된 모래의 형성에 유리한 암석이다. 하천이나 해안 배후의 육지로부터 원활한 모래 공급을 기대하기 힘든 증도에서 기반암이 지니는 이러한 광물 특성은 우전해안 일대의 모래 공급에 영향을 준 것으로 보이며, 모식적인 형태의 해빈과 해안사구 발달에 큰 도움을 준 것으로 사료된다.

우전해안은 최근 가속화되고 있는 해안침식의 영향으로 해빈과 전사구 침식이 우려될 정도로 강하게 진행되고 있다. 우전해안의 해빈과 전사구에서 관찰되는 적황색 반고결 퇴적층은 1980년대 후반부터 진행된 지속적인 해안침식으로 해안선을 따라 광범위하게 노출되어 있다(그림 2).

3. 연구방법

서해안 곳곳에서 보고된 적황색 반고결 퇴적층과 우전해안에서 관찰되는 적황색의 반고결 퇴적층의 특징과 형성 연대를 비교하고자 선행연구 검토와 함께 우전해안 퇴적층을 대상으로 다음과 같은 분석을 진행하였다.

첫째, 우전해안 퇴적층의 층위 구분을 위해 해안 중부와 남부에서 전사구 트렌치를 실시하였다. 전사구 하부 퇴적층과 해빈 퇴적층의 관계 및 연속성을 밝히기 위해 각각의 트렌치 지점으로부터 20~80m 떨어진 해빈에서 보링을 실시하였다. 보링은 비트 직경 100mm의 포스트홀 오거(Post hole auger)를 활용하였다. 아울러 각 지점의 퇴적 층위 경계가 지역평균해수면(이하 L.M.S.L)으로부터 위치하는 정확한 표고 값을 확인하고자 직접수준측량을 실시하였다. 측량 기준점은 증도중학교 내에 설치된 통합기준점 '자은 U1003'이며, 장거리 측량에 따른 오차를 줄이고자 총 5지점의 측량 기준점을 설치하였다. 획득한 표고 값은 국토지리정보원의 '국가수직기준변환서비스'를 활용하여 L.M.S.L로부터의 표고 값으로 변환하였으며, 변환 오차는 ±7cm로 나타났다.

둘째, 트렌치와 보링을 통해 구분된 퇴적 층위 중, 우전해안 남부의 전사구 퇴적층 하부에서 확인되는 부정합면의 위, 아래에서 2점의 퇴적물 시료를 채취하여 AMS 방사성탄소 연대측정을 실시하였다. 분석에 활용

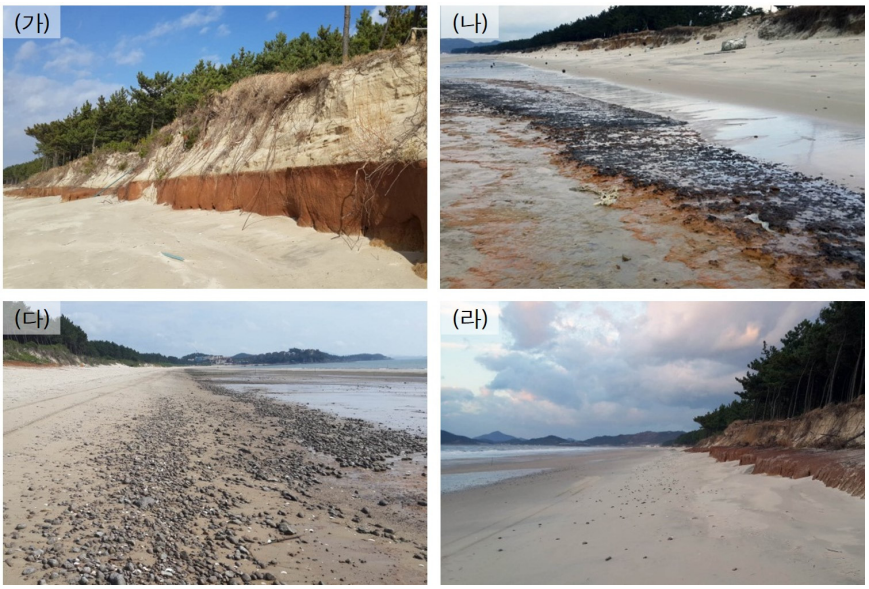

그림 2. 우전해안의 적황색 반고결 퇴적층과 해빈 경관

출처 : (가), (나), (라) 2013년 12월 필자 촬영; (다) 2014년 8월 필자 촬영.

* (가) 전사구 침식면에서 관찰되는 적황색 반고결 퇴적층; (나) 해빈에 드러난 적황색 반고결 퇴적층; (다) 우전해안의 여름철 해빈; (라) 우전해안의 겨울철 해빈.

한 시료는 각 20g이며, BETA Analytic 사에 분석을 의뢰하였다. 시료는 180㎛ 이상의 체를 활용하여 식물 뿌리나 대형 화석을 거른 다음, 산세척(acid wash)을 통해 탄산염을 제거하는 전처리를 하였다. 분석 결과의 연대 보정은 Talma and Vogel(1993)의 보정 시나리오를 활용하였으며, 보정 곡선은 Reimer *et al.*(2013)의 INTCAL 13을 활용하였다.

II. 적황색 반고결 퇴적층에 관한 연구와 논의

1. 조간대를 대상으로 한 연구

조간대 퇴적층을 대상으로 한 연구들은 주로 육지와 인접한 만입부 조간대 지역을 대상으로 진행되어왔다. 이들 연구에서 가장 눈에 띄는 논의 중 하나는 현세 조간대 퇴적층 하부에서 발견되는 적황색 반고결 퇴적층에 관한 것이다(그림 3, 표 1).

연구자들은 적황색 반고결 퇴적층이 현세 조간대 퇴적층과 부정합을 이루고 있으며, 최종 간빙기의 상대적

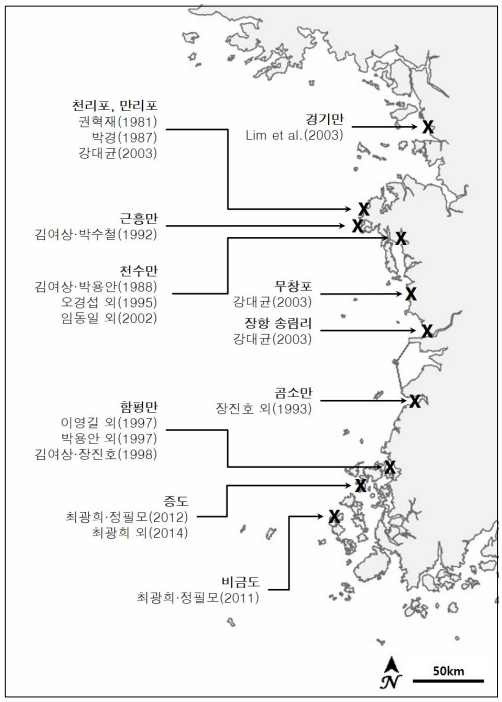

그림 3. 적황색 반고결 퇴적층에 관한 서해안의 주요 연구지역

* 오정식, 2015:26을 수정.

표 1. 서해안의 적황색 반고결 퇴적층에 관한 주요 연구 및 내용

연구대상*	연구지역	연구자	퇴적 층위와 특징
조간대 하부 퇴적층	천수만	김여상·박용안 (1988)	현세 조간대층과 그 하부의 갈색 반고결 선현세 퇴적층(간월도층) 보고
		오경섭 등(1995)	간월도층 내 결빙에 의해 형성된 각종 동토구조가 존재함을 제시
		임동일 등(2002)	간월도층 상부 층위의 풍화 및 산화에 따른 특성 변질을 보고
	함평만	이영길 등(1997)	현세 퇴적층 하부 황색 내지 황갈색 반고결 산화대층 보고, 해당 층위는 간월도층과 대비되는 것으로 제시
		박용안 등(1997)	하부 층서단위 Unit II를 준고화 된 황색 이토층과 회색의 미고결 니질 퇴적상으로 구분
		김여상·장진호 (1998)	현세 조간대층 하부 Unit II를 상부 갈색 이토층과 하부 회색 이토층으로 구분, 상부 갈색 이토층의 산화 및 침식 증거 제시
		김남산·이민부 (2011)	0.5~1m 두께의 회백색 퇴적층과 그 하부의 단단한 적색층 보고
	근흥만	김여상·박수철 (1992)	퇴적단위 B(하부퇴적층)의 반고결된 갈색의 사질 이토층은 마지막 간빙기에 형성되었으며 퇴적단위 A(상부퇴적층)와 부정합임을 제시
	곰소만	장진호 등(1993)	현세 조간대층 하부 적갈색 산화대층 존재를 보고
	경기만	Lim *et al.*(2003)	현세 퇴적층 하부 최대 4m 두께의 산화 및 반고결 황갈색 퇴적층 보고
해안사구 (해빈) 하부 퇴적층	천리포, 만리포	권혁재(1981)	만리포와 천리포 육상의 적색 모래층과 표층 해빈 하부의 퇴적층을 최종 간빙기에 퇴적된 플라이스토세 퇴적층으로 보고
	천리포, 만리포 무창포, 장항	강대균(2003)	만리포와 장항 송림리 해안사구의 적색 모래층과 천리포, 만리포, 무창포 해빈의 미고결 퇴적층을 최종 간빙기 퇴적층으로 제시
	천리포	박 경(1987)	해안의 적색 모래층 내에 협재된 Bt-band가 주빙하 환경에서 결빙작용에 의해 형성되었음을 보고
	비금도	최광희·정필모 (2011)	사구층 하부의 일부 토양층 형성연대가 지난 최종 빙기 초기로 보고
	증도	최광희·정필모 (2012)	우전사구 실트층과 그 하부의 적갈색 모래층을 보고
		최광희 등(2014)	우전사구 실트층 하부 적갈색 모래층의 OSL연대 81~130ka yr BP로 보고

* 구분에 제시된 연구대상은 연구가 진행된 지점을 의미함. 따라서, 구분에 명시된 지형이 연구자가 제시한 적황색 반고결 퇴적층을 의미하는 것이 아님.

** 오정식, 2015:27을 수정.

고해면기 동안 조간대 환경에서 형성되었다는 것에 의견을 같이한다. 또한 적황색 반고결 퇴적층에서 관찰되는 강한 산화 흔적, 높은 풍화율, 동토구조(cryoturbation) 등은 최종 빙기의 상대적 저해면기 동안 대기 중에 노출되어 조간대 퇴적층이 한랭한 환경에서 장시간 풍화와 침식을 경험한 증거로 해석하고 있다.

그러나 연구 지역에 따라 적황색 반고결 퇴적층에 대한 연대측정 결과(주로 최상부 산화대층에서 획득한 패각이나 유기물의 방사성탄소 연대측정)는 상대적 고해면기가 존재했던 것으로 알려진 최종 간빙기를 지시하지 않거나, 같은 지역일지라도 연구자에 따라 상이한 결과를 보인다. 특히, 연대측정 결과가 상대적 저해면기로 알려진 최종 빙기로 나타난 주요 연구도 다수 존재한다. 이러한 결과는 연대측정 대상 시료로부터 발생하는 오류이거나 퇴적층의 형성 이후 발생한 환경 변화에 기인한 것[2]으로 볼 수도 있으나, 결과적으로 적황색 반고결 퇴적층의 구체적인 형성 시기에 대한 공통적이고 명확한 해석에는 어려움을 주고 있다(임동일 등, 2002). 따라서 보다 다양한 지역을 대상으로 적황색 반고결 퇴적층에 대한 연대가 밝혀져야 할 필요성이 크며, 연대측정

결과가 퇴적된 시기를 지시하는지, 아니면 퇴적 이후 대기 중에 노출된 시기를 지시하는지에 대한 명확한 해석과 논의가 필요하다.

권혁재(1981)와 강대균(2003)은 적황색 반고결 퇴적층과 유사한 굳기와 색을 띠는 퇴적층이 현재의 평균 고조위보다 높은 수준에 위치한 육상의 해안사구와 해빈 퇴적층에서도 발견됨을 보고하였다. 이는 퇴적층의 발달 환경을 보다 다양한 측면에서 검토해 보아야 함을 시사한다. 즉, 퇴적층을 형성시킨 기구가 해양영력(파랑, 조류)으로만 국한되는 것이 아니라 육상영력(바람)이 영향을 끼쳤을 가능성 또한 배제할 수 없음을 보여준다.

특히, 오늘날 적황색 반고결 퇴적층이 분포하는 해발고도를 바탕으로 최종 간빙기 동안의 고해면기(MIS 5e)나 홀로세 중기의 고해면기에 대한 존재 여부를 논하기 위해서는 서해 연안의 융기 가능성 또한 함께 고려해야 한다. 이와 관련하여 최근 신생대 제3기 이후 서해안의 융기에 대한 논의가 새롭게 제시되고 있으므로 그 해석에 더욱 신중할 필요가 있을 것으로 사료된다(Choi *et al.*, 2012; 신재열 · 황상일, 2014; Kim *et al.*, 2016)

2. 해안사구와 해빈을 대상으로 한 연구

해안사구와 해빈 퇴적층에 관한 연구를 통해 조간대 지역에서 발견되는 적황색의 반고결 퇴적층과 유사한 형태의 퇴적층이 보고된 바 있다(그림 3, 표 1). 초기의 연구자들은 해안사구 퇴적층 하부에서 발견되는 적황색 반고결 퇴적층을 주로 홀로세 동안의 상대적 고해면기 내지 홀로세 중반의 고온기(Alti-thermal)와 관련된 층으로 해석하였다. 또한 형성 원인은 과거 해안사구 퇴적층의 매몰과 퇴적물 변형에서 기인한 고사구 퇴적층이라는 해석이 주를 이루었다. 따라서 후기 플라이스토세 동안의 고해면기 또는 최종 빙기와 관련된 논의는 크게 부각되지 않았다.

초창기 논의는 주로 충청남도 해안을 중심으로 진행된 해안사구 퇴적층과 관련한 것들로 박동원 · 유근배(1979)는 신두리 해안사구의 현세의 사구층 하부에서 발견되는 암갈색 내지 암황색 계열의 고결층을 보고하였다. 이들은 해당 퇴적층을 홀로세 초기에 형성된 것으로 추정하였다. 이후 서종철(2005)은 신두리 해안사구 하부의 고사구 퇴적층에 대한 절대연대 측정을 통하여 최하부층의 퇴적 연대가 약 730~680yr BP임을 밝히고, 홀로세 기간 동안 퇴적된 고사구층임을 제시하였다.

박승필(1981)은 한반도의 후빙기 해면변동에 관한 연구에서 서산시 독곶리 해안사구 퇴적층 하부에 협재된 적색의 반고결 모래층을 보고하였다. 그는 해당 퇴적층의 형성 시기를 앞서 제시한 박동원 · 유근배(1979)의 연구에서 추정한 시기와 같은 홀로세 초기의 것으로 보았으며, 홀로세 동안의 상대적 고해면기에 형성된 것으로 추정하였다.

초기 연구자들과 달리 해안사구에서 발견되는 적황색 퇴적층의 형성 시기를 조간대 퇴적층 연구에서와 같은 후기 플라이스토세로 해석한 논의도 제기되었다. 권혁재(1981)는 만리포와 천리포의 육상에서 발견되는 적색 모래층과 표층 해빈 하부의 퇴적층을 최종 간빙기 동안 퇴적된 것으로 해석하고, 플라이스토세 퇴적층으로 보고하였다. 박경(1987)은 천리포 해안의 적색 모래층 내에 협재되어 나타나는 Bt 밴드(Bt-band)가 주빙하 환경에서 결빙 작용에 의해 형성되었다는 사실을 밝히며, 현세의 사구층 하부에는 이전 시기의 환경을 경험한 퇴적층이 분포하고 있음을 보고하였다.

강대균(2003)은 충청남도 해안 지역을 중심으로 한 해안사구 하부와 해빈에서 노출되어 드러나는 적색의 퇴적층을 플라이스토세의 것으로 추정하였다. 만리포와 장항 송림리 해안사구와 같이 육상에서 발견되는 적색 모래층의 경우 자갈을 포함하지 않는 것으로 보아 최종 간빙기의 해안사구 퇴적층으로 해석되었다. 아울러 천리포, 만리포, 무창포 등의 해빈 상에 드러난 미고결 퇴적층의 경우 자갈과 모래를 포함한 것으로 보아 같은 시기 육상과 다른 퇴적 환경에서 형성되었을 것으로 추정했다.

1980년대 이후 시작된 해안사구와 해빈을 대상으로 한 플라이스토세 퇴적층에 관한 연구는 그동안 유의미한 논의를 제공하였으나, 다양한 사례 지역을 대상으로 구체적인 논의와 진전은 없었다. 그 이유 중 하나는 대부분의 적황색 퇴적층이 두꺼운 해안사구나 표층 해빈 퇴적물에 피복되어 있어 발견이 쉽지 않기 때문으로 판단된다(강대균, 2003). 또한 OSL(Optically Stimulated Luminescence) 연대측정과 AMS(Accelerator Mass Spectrometry)와 같은 새로운 연대측정기법이 도입됨에 따라 앞선 해안사구 퇴적층 연구에서 주목했던 대부분의 적황색 퇴적층의 절대연대가 홀로세 중기를 전후로 한 시기로 밝혀졌기 때문이기도 하다(서종철, 2005; Munyikwa *et al.*,

2005; 박경, 2007; 최광희 등 2008).

최근 연구지역인 증도 우전해안과 인접한 비금도 명사십리 해안에서 현재 발달 중인 사구 퇴적층 하부에 형성 연대가 홀로세 이전으로 거슬러 올라가는 퇴적층이 보고된 점이 주목된다. 최광희 · 정필모(2012)는 증도 우전사구 하부에서 관찰되는 실트질 퇴적층의 형성 연대가 4,820±50yr BP로 측정된 결과를 바탕으로 해당 층위 하부에 존재하는 적갈색 모래층이 홀로세 이전의 고해면기 동안 형성된 퇴적층이라 보고하였다. 이와 관련하여 최광희 등(2014)의 연구는 실트질 퇴적층 하부의 적갈색 모래층에 대한 OSL 연대측정을 통해 그 형성 시기가 130ka~81ka BP임을 보고하며, 적갈색 모래층이 홀로세 이전인 후기 플라이스토세에 해당하는 퇴적층임을 밝힌 바 있다. 최광희 · 정필모(2011)는 인접한 비금도 명사십리사구 퇴적층에 대한 OSL 연대측정 결과에서도 해안사구 퇴적층 하부에서 발견되는 일부 토양층의 형성 연대가 지난 최종 빙기 초기에 해당하는 72ka BP의 것이라 보고하였다.

증도와 비금도를 대상으로 최근 잇따라 발표된 연구결과들은 육지의 해안사구와 해빈뿐만 아니라 서해안 도서 지역으로 연구의 범위가 확대되었다는 점에서 큰 의미가 있다. 아울러 1980년대 이후 크게 진전이 없었던 해안사구 퇴적층 하부의 플라이스토세 퇴적층에 관한 논의를 다시 이어가며, 홀로세 이전 시기 한국 서해안의 고환경 복원을 위한 보다 구체적인 증거를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

3. 성과와 시사점

한국 서해안의 적황색 반고결 퇴적층에 관한 앞선 연구들을 종합해 볼 때, 조간대뿐만 아니라 육상의 해안사구나 해빈 퇴적층 하부에도 후기 플라이스토세에 형성된 퇴적층이 분포함을 추정할 수 있다. 이들 퇴적층은 비록 연구지역에 따라 퇴적층의 물리적 구조와 이를 구성하는 퇴적물의 물리 · 화학적 특성이 상이하지만 대체로 다음과 같은 몇 가지 특성에 있어서 유사한 특성을 보이는 것으로 확인된다.

첫째, 플라이스토세 퇴적층은 비교적 단단하며 반고결된 특징을 보인다. 즉, 퇴적층이 형성된 이후 일정 시간 고결 작용을 받았음을 지시한다. 이와는 달리 홀로세 퇴적층은 충분한 고결 작용을 받지 못해 미고결 된 상태로 나타난다.

둘째, 플라이스토세 조간대 퇴적층 내부에는 주빙하 기후와 같은 한랭한 환경에서 형성되는 동토구조나 Bt 밴드와 같은 물리적 구조가 발견된다. 그러나 홀로세 퇴적층 내부에는 그와 같은 물리적 구조를 발견할 수 없다.

셋째, 플라이스토세 조간대 퇴적층의 경우 퇴적물의 변형을 일으키는 풍화 환경에 비교적 긴 시간 노출되어 강한 산화 작용을 받은 결과 퇴적물이 적황색을 나타낸다. 그러나 조간대 상에서 관찰되는 홀로세 퇴적층은 주로 암회색을 띠어 산화대를 이루는 적황색의 하부 플라이스토세 퇴적층과 매우 뚜렷한 차이를 보인다.

이들 세 가지 특성 중에서 플라이스토세 조간대 퇴적층과 홀로세 조간대 퇴적층의 토색 차이는 대부분의 연구 지역에서 나타나는 주요한 특징 중 하나이다. 그러나 해안사구 퇴적층 내에 협재되어 나타나는 홀로세의 고사구층 또한 적황색을 보이는 경우가 많아 굳기와 색상 차이만으로는 그 형성 시기와 환경을 가늠하기 어려운 면이 있다. 해안사구 내에서 관찰되는 적황색 퇴적층에 관한 보다 명확한 형성 시기와 환경을 추적하기 위해서는 육상과 조간대 퇴적층에 대한 이원화된 접근이 아닌 연속된 퇴적체로서의 인식이 필요하다.

그동안 조간대를 대상으로 한 연구들은 후기 플라이스토세 퇴적층이 지난 최종 간빙기의 상대적 고해면기 동안 형성된 조간대 환경의 퇴적층임을 설명함에도 불구하고, 실제 해당 퇴적층이 현재의 해빈과 육상의 해안사구를 포함하는 조상대 지역까지 분포하는지에 대한 여부는 구체적으로 밝히지 못하고 있다.

현재의 조간대로부터 해빈과 해안사구로 이어지는 후기 플라이스토세 조간대 퇴적층의 연속성 유무는 지난 최종 간빙기 동안 한국 서해안도 상대적 고해면기가 존재 하였으며, 오늘날 해안과 인접한 육상의 저지대 일부가 당시의 평균 해수면 보다 낮은 수준에 위치한 조간대 환경을 경험하였음을 지시하는 중요한 증거가 될 수 있을 것이다.

따라서 권혁재(1981), 박경(1987), 강대균(2003)의 연구와 같이 조간대 지역보다 상대적으로 해발고도가 높은 해안사구 퇴적층 내부 혹은 해빈 하부에서 관찰되는 적황색 퇴적층의 존재는 큰 의미를 갖는다.

비교적 최근 신안군 증도(최광희 등, 2014)와 비금도(최광희 · 정필모, 2011) 해안사구 하부에서 홀로세 이전 시기에 형성된 것으로 추정되는 퇴적층이 발견되었음은

고해면기의 존재 여부와 함께, 기존에 육상과 인접한 내만을 중심으로 확인되던 후기 플라이스토세 조간대 퇴적층이 서해안 전역에 걸쳐 보다 광역적으로 분포하고 있을 가능성을 내포한다.

본 연구가 앞선 선행연구들에 주목한 이유는 서해안의 해안 퇴적 지형 형성과 발달에 플라이스토세 퇴적층의 역할이 중요하기 때문이다. 홀로세 퇴적층의 기저부를 구성하는 플라이스토세 퇴적층은 홀로세 중기 해수면이 지금의 수준에 도달한 뒤 퇴적물의 이동과 공급에 직접적인 영향을 주었을 것으로 보인다. 또한 플라이스토세 퇴적층의 기복은 홀로세 중기 이후 조간대의 수심에 결정적인 역할을 하여 조간대 환경의 육상화 및 홀로세 해안사구 발달에 많은 영향을 주었을 것으로 사료된다.

기존 연구들은 연구 지역이 지니는 특성상 조간대 퇴적층과 해안사구 퇴적층을 동시에 검토하기에 어려운 경우가 많았다. 따라서 연구 지역이 갖는 물리적 제약 혹은 연구자들의 주된 관심사에 따라 해안 퇴적층에 대한 이분법적인 연구가 진행될 수밖에 없었으며, 후기 플라이스토세의 퇴적층이 바다와 면한 육상의 퇴적 지형 발달과 어떠한 관계를 이루는지 밝히는 것에는 한계가 있었다.

III. 우전해안 퇴적층의 구조와 형성 연대

1. 퇴적 층위와 구조

1) Ujeon A

Ujeon A(우전해안 중부) 지점의 퇴적층은 크게 최상부 사구 퇴적층(A0)으로부터 하부로 A1~A4의 퇴적 층위가 확인된다(그림 4).

전사구 최상부를 피복하고 있는 A0의 하부에는 수평엽층리가 주로 관찰되고, 상부로 올라갈수록 저경사 사층리와 풍성 연흔이 잘 발달해 있다. A0의 표층은 사구 식생의 뿌리가 퇴적층 내부로 침입하여 곳에 따라 상당히 교란된 특징을 보인다.

A1은 A0와 매우 뚜렷한 경계를 이루고 있으며, 퇴적층의 토색과 굳기도 큰 차이를 보인다. 가장 최근에 형성

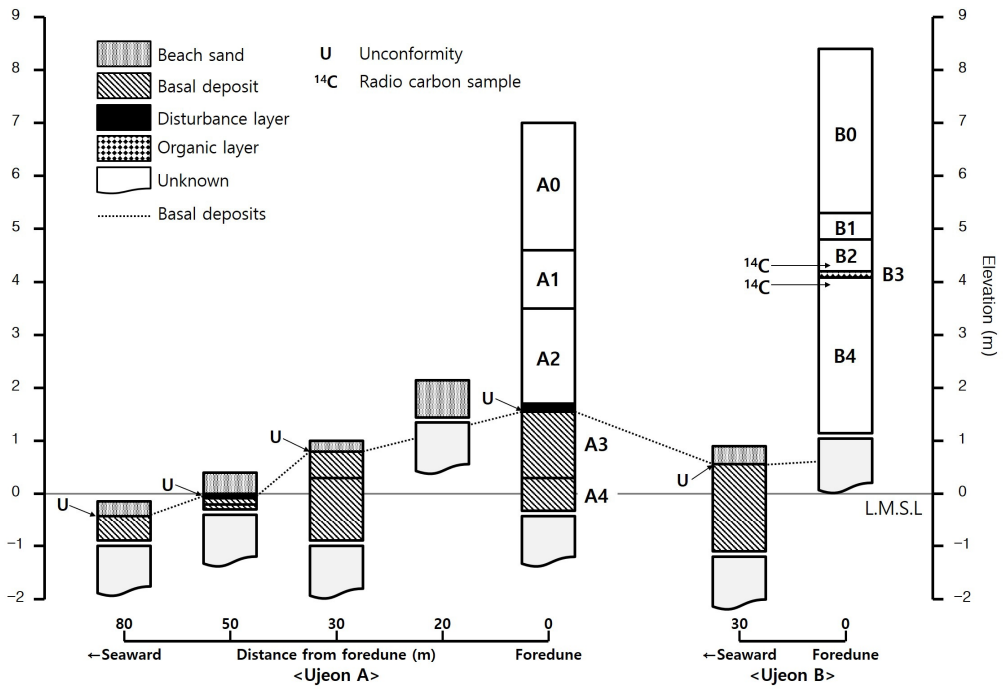

그림 4. 트렌치와 보링를 통해 확인된 우전해안의 퇴적층위

** 오정식, 2015:56을 수정.

된 사구 퇴적층인 A0의 퇴적물은 전혀 고결되지 않았으나 A1은 고결이 상당히 진행된 상태이다. 우전해안 전역에 걸쳐 형성된 전사구 침식면이 급경사의 단애를 이루고 있는 이유는 A1과 같은 반고결 퇴적층이 최상부 사구 퇴적층 하부에 넓게 자리 잡고 있기 때문이다(그림 2, 그림 5).

A1 전체에 걸쳐 식물이나 동물 화석은 발견되지 않지만, 층위 하부에는 옅은 사층리가 관찰된다. Brady and Weil(2010)의 간이 토성분석법에 따르면 A1의 퇴적물은 점성이 있는 양토 내지 실트질 양토의 성격을 보인다.

A2는 A1보다 더욱 고결되어 발로 차서 부서지는 수준(kick break)의 굳기이며 A1과 뚜렷한 경계를 보인다. 퇴적층 내부에 생물 화석은 발견되지 않으나 수평 엽층리와 사층리가 관찰된다.

A2와 A3 사이에는 약 18cm 두께의 니사질 교란층이 관찰되는데, 이는 하부 A3의 풍화와 침식 물질이 재동(reworking)한 흔적으로 사료된다. 하부 층위와 유사한 색상과 물질로 구성된 이와 같은 교란층은 근흥만과 경기만 등의 후기 플라이스토세와 홀로세 퇴적층의 부정합면에서도 확인된 바 있다(김여상 · 박수철, 1992; 박용안 등, 1997). 따라서 A2와 A3 사이에는 퇴적 환경의 변화와 시간적 단절을 지시하는 부정합이 존재하는 것으로 볼 수 있다.

교란층 하부에 위치하는 A3는 반고결 퇴적층으로 Ujeon A 지점에서 가장 뚜렷하고 다양한 퇴적 구조를 보이며, 조간대로부터 전사구 하부까지 연속하여 분포한다. A3는 조간대 곳곳에서 간조 시 대기 중에 노출되어 있으며, 건열과 함께 생물의 서식 흔적이 관찰된다. 퇴적층 내부에는 수평 엽층리와 사층리가 뚜렷하게 관찰되며, A3 상부로부터 하부로 20~30cm 간격을 두고 교호하며 분포하는 것이 특징이다.

A4는 색상과 구성 물질이 최상부(현세)의 조간대 퇴적층과 유사하지만 우전해안 전역에 걸쳐 그 상부를 A3가 피복하고 있다는 점과 점성이 강한 반고결 상태라는 점에서 최상부 조간대 퇴적층과는 분명히 구분되는 층위로 해석된다.

2) Ujeon B

Ujeon B(우전해안 남부) 지점의 퇴적층 최상부는 현재에도 모래의 이동이 비교적 활발한 사구 퇴적층(B0)이 두껍게 피복되어 있으며, 그 하부로 B1~B4의 퇴적층위가 확인된다(그림 4).

전사구 최상부를 피복하고 있는 B0의 퇴적 구조는 Ujeon A0와 유사하다. 그러나 B0의 표층은 토양생성작용이 상당히 진전되어 모래 입자가 뚜렷하게 관찰되지 않으며, B0와 B1의 경계는 Ujeon A 지점의 A0와 A1의 경계보다 불분명하다.

B1과 B2 사이에는 희미한 유기물 집적층이 관찰되는데, 전사구 배후로 갈수록 뚜렷해지는 경향을 보인다. 아울러 B1과 B2는 Ujeon A1과 유사한 해발고도에 분포하며, 토색 또한 갈색(5YR 4/8)으로 흡사하나 고결 상태는 전혀 다른 양상을 나타내고 있다. Ujeon A1이 반고결의 비교적 단단한 퇴적층을 구성하는 것과 달리, B1과 B2는 손으로 부서지는 수준(hand break)의 미고결 상태이다. B2는 희미한 층리가 관찰되나 연속성이 약하며 적색과 옅은 검은색으로 이루어진 곡선의 형태를 보인다. 이는 지하수의 이동과 퇴적물의 풍화 과정에서 발생한 교란 또는 상부 퇴적층의 하중에 의한 압밀의 영향으로 추정된다(그림 5).

Ujeon B 지점의 퇴적층에서 가장 눈에 띄는 층위는 B3와 B4이다. B3는 해안사구 퇴적층에서 발견되는 고토양층이나 흑색사질부식층(black humus sand)과 흡사하다(박경 · 손일, 2007; 박경 · 박지훈, 2009). B3의 두께는 2~4cm 내외의 얇은 밴드 형태이며, 구성 퇴적물은 점성이 강한 실트질로 모래 입자는 육안 관찰되지 않는다(그림 5).

B3 하부 층위인 B4에서 관찰되는 식물 뿌리의 흔적과 붉은색 선형 무늬는 B3가 두꺼운 유기물 집적층임을 지시한다. 퇴적층 내부의 식물 뿌리 흔적에서 관찰되는 이와 같은 적색의 선형 무늬는 일반적으로 해당 토양이 수화 토양임을 지시하는 증거가 된다. Brady and Weil(2010)은 뿌리 흔적을 따라 나타나는 강한 붉은 색 선형 무늬가 대개 통기 조직을 가지는 습지 식물의 뿌리에서 발생하는 산소 확산의 결과로 형성된 것이라 밝힌 바 있다.

B3가 습지 식물의 사후에 형성된 부식과 유기물 집적층인 경우, B4는 습지 환경을 유지 시킨 불투수층일 가능성이 크다. 회백색을 띠는 B4 퇴적층 내부에서 관찰되는 적색 괴상 무늬는 주로 산화와 환원 과정에 따른 농축(적색)과 결손(회색)으로 발생하는 독특한 형상으로 해석된다(Brady and Weil, 2010). 따라서 B4는 고결과 동시에 산화 작용을 받았으며, 이후 견고해진 퇴적층은 Ujeon B 지점의 국지적인 습지 환경 조성을 도왔을 것으로 추정된다.

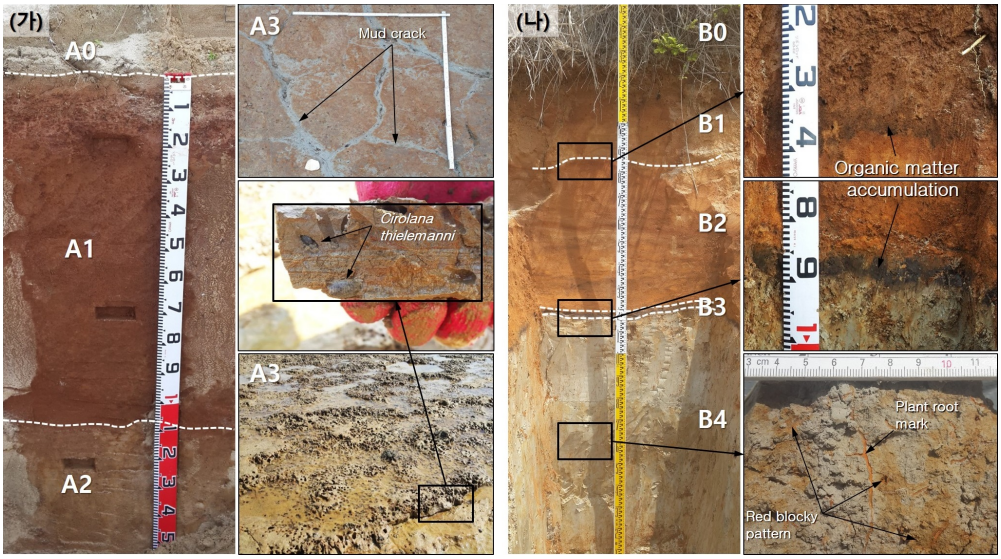

그림 5. 트렌치 단면과 주요 퇴적 구조

* (가) Ujeon A 지점 트렌치 단면으로 A3와 A4는 보링을 통해 확인되었음. A3는 해빈 곳곳에 노출되어 있으며 건열, 수평 엽층리 등이 관찰됨. A3 표층에 만들어진 작은 구멍들은 어리모래무지벌레(Cirolana thielemanni)의 서식 흔적임. (나) Ujeon B 지점 트렌치 단면과 주요 퇴적 구조임.

** 오정식, 2015:57, 67, 71를 수정 및 편집.

3) 퇴적층 대비

우전해안 전역에는 해빈과 전사구 퇴적층 하부에 동일한 특징의 기저 퇴적층이 분포하는 것으로 확인되었다. 해당 퇴적층은 상부 퇴적층과 하부 퇴적층으로 구분되며, 두 퇴적 층위는 선명한 경계를 이루고 있다. 기저 퇴적층을 구성하고 있는 상부 퇴적층은 Ujeon A3 층위로 대표되며 Unit I으로 명명하였다. 기저 퇴적층을 구성하고 있는 하부 퇴적층은 Ujeon A4 층위로 대표되며 Unit II로 명명하였다.

Unit I은 반고결 산화대층의 특성과 건열구조 그리고 파랑과 조수 기원 퇴적층에서 관찰되는 층리가 발견되며, 천수만과 함평만 등 서해안 곳곳에서 발견되는 후기 플라이스토세 조간대 퇴적층으로 해석된다(김여상 · 박용안, 1988; Frey *et al.*, 1989; 김여상 · 박수철, 1992; 장진호 등, 1993; 오경섭 등, 1995; 박용안 등, 1997; 이영길 등, 1997; 김여상 · 장진호, 1998; 임동일 등, 2002; 임동일 등, 2003; Lim and Park, 2003; Lim *et al.*, 2004; 양우헌 · 소광석, 2008). Unit II의 하부 경계는 확인되지 않았으나 최소 1.70m 이상으로 추정되며, Unit I과 마찬가지로 후기 플라이스토세 조간대 퇴적층으로 해석된다.

Unit I을 부정합으로 피복한 퇴적 층위는 Ujeon A2이며, 이는 Ujeon B3 및 B4 층위와 동일한 층위로 볼 수 있다. B3는 유기물 집적층으로 B4를 얇게 피복하고 있으며, B4의 하부 경계는 확인되지 않았다. 그러나 해빈 보링 결과 Ujeon B 지점 일대에서 Unit I이 L.M.S.L로부터 0.62m 수준까지 나타나는 것으로 볼 때, B4의 하부 경계는 L.M.S.L로부터 최소 1m 내외의 수준까지 이어질 것으로 추정된다.

Ujeon A1은 해발고도 분포 측면에서 Ujeon B1 및 B2와 대비되는 것으로 볼 수 있다. 그러나 퇴적 구조와 토양화 정도를 고려할 때, 동일 시기와 환경에서 형성된 퇴적층으로 해석하기에는 어려움이 따른다.

우전 해안사구 최상부 층위를 구성하고 있는 사구 퇴적층의 해발고도 분포는 L.M.S.L로부터 최대 8.45m(Ujeon B0), 최소 4.59m(Ujeon A0) 수준에 분포하고 있다. 최상부 사구 퇴적층은 우전해안 북단으로부터 남단으로 가면서 표층 해발고도는 높아지고, 두께는 얇아지는 특징을 보인다. 이는 최상부 사구 퇴적층이 피복하고 있는 하부 퇴적층의 국지적인 기복이 사구 퇴적물의 이동과 집적에 영향을 주었기 때문이다.

2. 퇴적층의 형성 연대

퇴적 층위별 형성 연대는 최광희 · 정필모(2012)와 최광희 등(2014)의 연구 결과를 참고하였으며, 우전해안 남부 지역의 퇴적층을 대상으로 방사성탄소 연대측정을 진행하였다. Ujeon B 지점의 연대측정은 두께 2~4cm의 유기물 집적층(B3)을 경계로 상부의 B2와 하부의 B4에서 진행하였다.

분석 결과 B2의 형성 연대는 13 ka BP이며, B4는 26 ka BP로 확인되었다(표 2). B3를 경계로 상부 퇴적층인 B2와 하부 퇴적층인 B4가 부정합 형태로 만나고 있으며, B3를 사이에 두고 1만 3천 년의 시간적 단절이 존재한다.

퇴적층의 연대와 퇴적층에서 관찰되는 구조적 특징으로 볼 때, B4는 26 ka BP를 전후로 한 시기에 형성이 완료되고, 이후 일정 기간 육상의 습지 환경에 놓여 있었던 것으로 추정된다. 이러한 추정은 B4의 상부 경계로부터 깊이 약 50cm까지 발견되는 습지 식물의 뿌리 흔적과 그 주변에 함께 나타나는 통기 조직에 의한 강한 붉은색 선형 무늬가 뒷받침해 준다(Brady and Weil, 2010). 따라서 한 차례 습지 환경을 경험한 후 건륙화로 인하여 습지 식물이 자랄 수 없는 환경으로 변화하게 되고, 이후 식물의 사체가 B3 층위를 형성한 다량의 유기물을 공급한 것으로 해석된다.

Ujeon B로 대표되는 우전해안 남부와 달리 Ujeon A로 대표되는 우전해안 중부를 대상으로 하는 연대측정은 두 차례 보고된 바 있다. 최광희 · 정필모(2012)는 본 연구의 Ujeon A0과 대비되는 최상부 사구 퇴적층의 형성 시기를 690±20yr BP~110±10yr BP로 보고하였다. 아울러 최상부 사구 퇴적층의 하부에 위치한(A1에 대비) 퇴적층의 연대측정 결과는 4,820±50yr BP로 보고하였다. 이들 연구 결과를 참고할 때, Ujeon A0와 A1은 Ujeon B2(13ka BP)보다 오늘날과 가까운 시기에 형성된 퇴적층으로 볼 수 있다.

최광희 등(2014)의 연구도 해안 중부의 퇴적층을 대상으로 연대측정 결과를 보고하였다. 해당 연구는 해안 중부의 퇴적층을 상부 모래층과 하부 적황색 머드층 그리고 최하부 적황색 모래층의 총 3개 퇴적 층위로 구분하고 방사성탄소 연대측정과 OSL 연대측정 결과를 다음과 같이 보고하였다. 최상부 모래층(A0와 대비)은 방사성탄소 연대측정 결과 0.7 ka BP 이후에 형성되었으며, 적황색 머드층(A1과 대비)은 5.7~5.4 ka BP에 형성된 것으로 보고하였다. 적황색 머드층의 하부에 놓이는 적황색 모래층(A3~A4와 대비)의 OSL 연대는 최종 간빙기(MIS 5)에 해당하는 130~81 ka BP로 밝히고 있다(최광희 외, 2014).

최광희 · 정필모(2012)와 최광희 등(2014)의 결과와 Ujeon A, B 지점의 퇴적 층위별 형성 시기를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 우전해안 전역에 광범위하게 분포하는 기저 퇴적층 Unit I(A3)과 Unit II(A4)는 지난 최종 간빙기(MIS 5)에 형성되었으며, Unit I은 형성 이후 장기간의 풍화와 침식 환경을 경험하였다.

둘째, 기저 퇴적층이 형성된 이후 Ujeon A와 Ujeon B 지점은 서로 상이한 발달 과정을 경험하였다. Ujeon A 지점에서는 상부 기저 퇴적층 Unit I을 A2가 피복하고 있으며, A2는 지난 71~26 ka에 형성된 것으로 추정된다. A1은 약 5.7~4.8 ka에 형성되었으며, 최상부 사구 퇴적층인 Ujeon A0는 0.7~0.6 yr BP 무렵 형성이 시작되었다.

셋째, Ujeon B 지점에서는 상부 기저 퇴적층 Unit I을

표 2. 연대측정 결과

Sample name	Ujeon B2	Ujeon B4
Measured Radiocarbon Age	11,270±30 BP	22,010±80 BP
13C/12C Ratio	-25.4‰	-23.9‰
Conventional Radiocarbon Age	11,290±30 BP	22,000±80 BP
2 Sigma Calibration	Cal BC 11,240 to 11,135 (Cal BP 13,190 to 13,085)	Cal BC 24,415 to 24,090 (Cal BP 26,365 to 26,040)

** 오정식, 2015:105를 수정.

B4가 피복하고 있으며, B4는 71~26 ka BP에 형성되었다. 이후 B4를 유기물 집적층인 B3가 피복하고, B2는 약 13 ka BP에 이르러 형성이 시작되었다. B3 층위의 근원이 되는 습지 환경은 26~13 ka BP 사이의 어느 시기에 해당하는 것으로 해석된다.

넷째, 퇴적층의 구조와 연속성을 바탕으로 편년할 때, Ujeon B1은 Ujeon A1보다 늦은 시기에 형성이 시작된 것으로 판단된다. 이러한 가정에 따르면 Ujeon B1 층위의 경우 홀로세 중기 이후 서해안 해안사구의 한 차례 형성기로 알려진 6~5 ka BP에 형성되고, 사구 고정기로 알려진 4~1 ka BP에 토양생성작용을 받은 것으로 해석 가능하다(신영호 · 유근배, 2011).

IV. 결론

증도 우전해안의 전사구와 해빈 하부 퇴적층에는 형성 시기를 달리하는 이질의 적황색 반고결 퇴적층이 부정합의 형태로 협재되어 있다. 연구 결과 우전해안에서 관찰되는 적황색 반고결 퇴적층은 크게 두 시기를 지시하고 있는 것으로 확인되었다. 하나는 우전해안의 기저 퇴적층을 구성하고 있는 적황색 반고결 퇴적층으로 그동안 서해안 곳곳에서 보고되어온 후기 플라이스토세 조간대 퇴적층(간월도층)과 같은 특성을 보인다. 또 하나는 해안 중부에 부정합의 형태로 나타나는 적황색 반고결 퇴적층이며, 해당 층위는 홀로세 고해면기에 형성된 고해빈 퇴적층으로 추정된다.

기존의 연구 성과와 본 연구를 통해 밝혀진 사실을 종합할 때, 우전해안의 퇴적층서는 다음과 같은 4단계의 형성 과정을 경험하였다.

1단계는 최종 간빙기의 극상기(MIS 5e) 동안 우전해안 전역에 걸쳐 기저 퇴적층이 형성된 시기이다. 하부 기저 퇴적층 Unit II는 Ujeon A4로 대표되며, 상부 기저 퇴적층 Unit I은 Ujeon A3로 대표된다. 기저 퇴적층 형성 이후 최종 빙기 동안 해수면의 점진적인 하강으로 Unit I은 대기 중에 노출되어 동결과 산화 작용을 받았다. 우전해안의 기저 퇴적층은 한국 서해안에서 보고되어온 후기 플라이스토세 조간대 퇴적층(간월도층)과 같다.

2단계는 최후 빙기(MIS 4~MIS 2) 동안 기저 퇴적층을 피복한 새로운 퇴적층이 형성된 시기로 Ujeon A2, Ujeon B4, B3가 이에 해당한다. 이들 중 B4 층위는 퇴적 이후 국지적인 습지 환경을 경험함으로써 퇴적 구조와 퇴적물의 색상과 같은 물리적 특성이 A2와 다른 양상으로 변질 되었다.

3단계는 최종 빙기 후기(MIS 2) B2 층위가 형성됐던 시기와 이보다 조금 늦은 홀로세 중기(MIS 1)에 이르러 A1과 B1 층위가 형성됐던 시기로 구분된다. 이 무렵 우전해안 중부와 남부는 서로 상이한 퇴적 환경을 경험하였다.

4단계는 홀로세 말(0.7ka~0.6ka BP) 우전해안 전역에 걸쳐 두꺼운 최상부 사구 퇴적층이 형성된 시기이다. 현재의 사구 표층은 1970년대 식재된 인공림에 의해 피복되어 있으며, 사구사 이동의 역동성이 현저히 감소한 상태이다.

현재의 L.M.S.L보다 높은 수준에서 관찰되는 우전해안 기저 퇴적층의 특성을 미루어볼 때, 후기 플라이스토세의 상대적 고해면기(MIS 5e) 동안 오늘날 서해안의 해안사구 지대가 곳에 따라서는 조간대 환경에 놓여 있었을 것으로 볼 수 있다. 또한 홀로세 해진극상기 동안 형성된 것으로 보이는 해안 중부의 적황색 반고결 퇴적층은 L.M.S.L로부터의 분포 수준을 고려할 때, 홀로세 이후 한국 서해안의 상대적 고해면기 경험을 지시하는 중요한 퇴적층으로 해석된다. 이와 같은 해석은 후기 플라이스토세 이후 한국 서해안의 상대적 해수면 변동과 지반운동에 관한 앞으로의 논의에 시사하는 바가 클 것으로 사료된다.

본 연구는 각 퇴적 층위를 대상으로 보다 다양한 연대측정 기법을 도입하여 결과의 신뢰성을 한 단계 높이지 못했다는 한계를 지닌다. 이어지는 연구에서는 퇴적물의 물리 · 화학적 분석 결과를 종합적으로 해석하여 우전해안의 지형발달과정을 추적하고자 한다.

註

1) 조간대 하부 퇴적층에서 보고된 후기 플라이스토세 퇴적층은 연구자에 따라 색상을 상이하게 표현(적색, 갈색, 적황색, 적갈색, 황갈색 등)하고 있다. 본 연구는 편의상 간월도층과 대비되는 후기 플라이스토세 조간대 퇴적층의 색상을 '적황색(reddish yellow)'으로 통일하여 기술하고자 한다.
2) 방사성탄소 연대측정에 활용한 탄산염 물질이나 유기물 조각이 퇴적층 교란이나 지하수의 이동으로

외부로부터 유입되거나, 시료의 채취와 보관 과정에서 오염되어 실제 연대보다 젊은 연대측정 결과를 얻을 수도 있다.

감사의 글

본 논의의 기반이 된 박사학위 논문에 있어서 아낌없는 지도와 조언을 전해주신 동국대학교 권동희 교수님께 진심으로 감사를 표합니다.

참고문헌

강대균, 2003, “해안사구 물질의 구성과 플라이스토세층: 충청남도의 해안을 중심으로,” 대한지리학회지, 38(4), 505-517.

권혁재, 1981, “태안반도와 안면도의 해안지형,” 고려대학교 사대논집, 6, 137-155.

김남신·이민부, 2011, “함평만의 간석지 해안지형 변화,” 한국지형학회지, 18(4), 223-233.

김여상·박용안, 1988, “한국 서해 천수만 북동부에 발달한 제4기 현세 조간대층 하위의 간월도층 연구,” 제4기학회지, 2(1), 13-24.

김여상·박수철, 1992, “한국 서해안 근흥만 조간대퇴적층 연구: 층서 및 형성과정,” 한국지구과학회지, 13(1), 41-52.

김여상·장진호, 1998, “한국 남서해안 함평만 조간대의 퇴적작용과 형성과정,” 한국지구과학회지, 19(6), 664-674.

문병채, 2006, “GIS를 이용한 증도의 간척과정과 공간변화 연구,” 도서문화, 28, 51-73.

박경, 1987, “천리포 사구내의 적황색 퇴적층에 관한 연구,” 서울대학교 석사학위논문.

박경, 2007, “해안사구 편년에 관한 연구,” 지리학연구, 41(2), 139-149.

박경·박지훈, 2009, “제주 김녕사구의 형성기와 고정기에 관한 연구,” 한국지형학회지, 16(2), 111-122.

박경·손일, 2007, “제주도 김녕, 월정 사구의 OSL 연대측정결과와 그 의미,” 한국지형학회지, 14(2), 33-41.

박동원·유근배, 1979, “우리나라 서해안의 사구 지형,” 지리학논총, 6, 1-10.

박승필, 1981, “한반도 후빙기 해면변동에 관한 연구: 황해안을 중심으로,” 지리학논총, 8, 11-22.

박용안·임동일·최진용·이영길, 1997, “한국 서남해 함평만 조간대 퇴적층의 제4기 후기 층서 연구,” 한국해양학회지: 바다, 2(2), 138-150.

박희두, 2001, “서해안 고군산 열도와 위도 주변 섬들의 구해빈 퇴적물,” 한국지형학회지, 8(2), 11-20.

서종철, 2005, “신두리 지역 고사구(古砂丘)에 대한 OSL 연대측정,” 한국지역지리학회지, 11(1), 114-122.

신영호·유근배, 2011, “홀로세 해안사구 성장기와 습윤-건조 조건,” 대한지리학회지, 46(5), 569-582.

신재열·황상일, 2014, “신생대 제3기 경동성 요곡운동의 개념, 시기, 기작에 관한 비판적 고찰: 판구조운동 기원의 새로운 가설,” 대한지리학회지, 49(2), 200-220.

양동윤·김주용·김진관·임재수·남욱현, 2008, “플라이스토신 후기에 형성된 천리포 사구의 일부 지화학적 원소 특징에 대한 예비 연구,” 한국지형학회지, 15(4), 53-60.

양우헌·소광석, 2008, “우리나라 주변 바다의 이해: 서해안 홀로세 퇴적층서와 해수면 변동,” 과학교육논총, 33, 15-22.

오경섭·박용안·김여상, 1995, “천수만 간월도층의 퇴적후 변형상(cryoturbation)으로 해석되는 제4기 최후빙기의 한반도 서해안의 고환경,” 제4기학회지, 9(1), 43-60.

오정식, 2015, “증도 우전해안의 전사구 퇴적층 특성과 지형 발달 과정,” 동국대학교 박사학위논문.

이영길·박용안·최진용, 1997, “한국 서해 함평만 조간대 퇴적체의 층서, 퇴적상 및 규조에 관한 연구,” 한국지구과학회지, 18(2), 90-98.

임동일·정회수·엄인권, 2002, “한국 서해 천수만 선현세 간월도 퇴적층의 퇴적환경,” 한국해양학회지: 바다, 7(1), 32-42.

임동일·정회수·유해수·서정모·팽우현, 2003, “한국 서해 경기만 조간대 퇴적층의 후기 플라이스토세 부정합,” 한국지구과학회지, 24(8), 657-667.

장진호·전승수·권수재·신동혁·한상준·박용안, 1993, “황해 곰소만 조간대에 발달한 Chenier의 퇴적학적 특성과 진화,” 한국해양학회지, 28(3), 212-228.

최광희·김종욱·최정헌·변종민·홍성찬·신영규·이석조, 2008, “원산도 해안사구 퇴적층에 대한 OSL 연대

측정과 그 의미," 한국지형학회지, 15(4), 39-51.
최광희·장태수·최정헌·성영배·이수용, 2014, "증도 우전 해안의 고해빈층 형성연대와 그 의미," 한국지형학회 2014년 하계 학술대회 발표집, 46-47.
최광희·정필모, 2011, "비금도 사구의 형성과정," 환경부·국립환경과학원 편, 「2011 전국 해안사구 정밀조사」, 인천: 국립환경과학원, 47-62.
최광희·정필모, 2012, "우전사구의 형성과정," 환경부·국립환경과학원 편, 「2012 전국 해안사구 정밀조사」, 인천: 국립환경과학원, 197-209.
한국지질자원연구원, 2002, 「목포·여수 도폭 지질보고서 (1:250,000)」.
Brady, L.C. and Weil, R.R., 2010, *Elements of the Nature and Properties of Soils*, 3rd edition, Pearson Education, Inc.
Choi, K.H., Seong, Y.B., Jung, P.M., and Lee, S.Y., 2012. Using cosmogenic ^{10}Be dating to unravel the antiquity of a rocky shore platform on the west coast of Korea, *Journal of Coastal Research*, 28(3), 641-657.
Frey, R.W., Howard, J.D., Han, S.J., and, Park, B.K., 1989, Sediments and sedimentary sequences on a modern macrotidal flat, Incheon, Korea, *Journal of Sedimentary Petrology*, 59(1), 28-44.
Kim, D.E., Seong, Y.B., Choi, K.H., and Yu, B.Y., 2017, Role of debris flow on the change of ^{10}Be concentration in rapidly eroding watersheds: A case study on the Seti River, central Nepal, *Journal of Mountain Science*, 14(4), 716-730.
Lim, D.I. and Park, Y.A., 2003, Late Quaternary stratigraphy and evolution of a Korean tidal flat, Haenam Bay, southeastern Yellow Sea, Korea, *Marine Geology*, 193(3-4), 177-194.
Lim, D.I., Jung, H.S., Kim, B.O., Choi, J.Y., and Kim, H.N., 2004, A buried palaeosol and late Pleistocene unconformity in coastal deposits of the eastern Yellow Sea, East Asia, *Quaternary International*, 121(1), 109-118.
Munyikwa, K., Choi, K.H., Choi, J.H., Park, K., and Kim, J.W., 2005, The sedimentology and luminescence chronology of a coastal dune sequence at Unyo Beach, Taean-Gun, *Journal of the Geomorphological Association of Korea*, 12(1), 167-178.
Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Ramsey, C.B., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., and Friedrich, M., 2013, Intcal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP, *Radiocarbon*, 55(4), 1869-1887.
Talma, A.S. and Vogel, J.C., 1993, A simplified approach to calibrating C14 dates, *Radiocarbon*, 35(2), 317-322.

교신 : 오정식, 02841, 서울시 성북구 안암로 145, 고려대학교 사범대학 지리교육과 (이메일: ojs0201@korea.ac.kr)

Correspondence : Jeong-Sik Oh, 02841, 145 Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul, Korea, Department of Geography Education, College of Education, Korea University (Email: ojs0201@korea.ac.kr)

투 고 일: 2018년 3월 30일
심사완료일: 2018년 4월 12일
투고확정일: 2018년 4월 16일