

한반도 남동부 영덕 해안의 최종간빙기 해성단구와 지반응기율*

최성길**

MIS 5e Marine Terraces and Uplift Rate since the Last Interglacial in the Yeongdeok Coast of the Southeastern Korean Peninsula*

Seong-Gil Choi**

요약 : 한반도 남동부 영덕 해안에 분포하는 ‘영덕 19m 해성단구’와 ‘영덕 11m 해성단구’는 각각 MIS 5e와 MIS 5a에 형성된 것으로 보고된 강릉~울진 해안 및 울산~포항 해안의 저위 해성단구 1면과 저위 해성단구 2면에 각각 대비되는 점으로부터, MIS 5e와 MIS 5a에 형성된 해성단구로 추정 편년되었다. ‘영덕 19m 해성단구’의 추정 구정선 고도는 19m 정도이므로, MIS 5e의 해면고도를 +6m로 볼 때, MIS 5e(125ka BP) 이후의 영덕 해안 일대의 지반응기율은 대략 0.1mm/년(1.0m/10,000년)으로 계산된다. 본 연구에서 도출된 지반응기율은 본 연구지역 및 인근 지역의 해안에서 연구된 다른 연구들에서 계산된 지반응기율보다 낮으며, 추후 본 연구와 다른 연구들 간의 지반응기율의 차이에 대한 정밀한 검토가 요청된다.

주요어 : 영덕 해안, 최종간빙기, 해성단구, 지반응기율

Abstract : The ‘Yeongdeok 19m marine terrace’ and the ‘Yeongdeok 11m marine terrace’ distributed along the Yeongdeok coast of the southeastern Korean peninsula are assumed to have been formed in the MIS 5e and MIS 5a respectively, judging from the comparison between the ‘Yeongdeok 19m marine terrace’ - the ‘Yeongdeok 11m marine terrace’ and the ‘lower marine terrace 1’ - the ‘lower marine terrace 2’ respectively, which have been known as the marine terraces of MIS 5e and 5a in the Gangneung ~ Uljin coast and the Ulsan ~ Pohang coast respectively. If we assume that the sea level of MIS 5e was 6m higher than that of the present, as is generally known, the uplift rate in the Yeongdeok coast since the MIS 5e(125ka BP) is calculated as about 0.1mm / year (1.0m / 10,000years) because the estimated former shoreline altitude of the ‘Yeongdeok 19m marine terrace’ is about 19m. The uplift rate derived from this study is lower than those of the other studies which have been made in the same and adjacent coasts of this study. The further investigation on the differences of the uplift rate between this study and the other studies is required.

Key Words : Yeongdeok Coast, Last Interglacial, Marine terrace, Uplift rate

I. 연구의 목적과 방법

필자는 한국 동해안의 강릉~울진(최성길, 1993; 1995a; 1995b)과 포항~울산(최성길, 1996; 2016; 최성길·장호, 2008; 최성길 등, 2017; 2018)의 해안에 발달한 해성단구의 조사를 행하여 왔으며, 특히 최종간빙기 최온난기

(MIS 5e) 해성단구의 구정선 고도 분포에 근거한 이들 해안지역의 지반 운동의 특성을 연구하여 왔다(崔成吉, 1997; 최성길, 2003; 2012; Choi, 2001). 본 고에서는 그 간의 연구에서 자세히 다루지 못하였던 구간의 하나인 한반도 남동부 영덕 해안 일대를 대상으로, 최종간빙기(MIS 5)의 해성단구를 동정하고, MIS 5e 이후의 지반응

*이 논문은 2018년 공주대학교 학술연구지원사업의 연구지원에 의하여 연구되었음.

**공주대학교 지리교육과 교수(Professor, Department of Geography Education, Kongju National University, sgchoi@kongju.ac.kr)

기울에 대하여 고찰하였다.

영덕 해안의 MIS 5e 해성단구의 동정은, 단구 지형면의 지형층서학적 특성 및 단구 퇴적물의 풍화도와 토색 등의 아미노산 연대 및 탄소 연대(최성길, 1993; 1996), 퇴적상 고찰(최성길, 2016), 화분분석 및 탄소 연대(최성길 등, 2017; 2018), 화산회 편년(佐々木 등, 2003; Inoue and Choi, 2006), 최종빙기 하성단구와의 교차관계(최성길, 1991; 1993; 崔成吉, 1993; 1997) 등에 의해 MIS 5e에 형성된 것으로 알려진 강릉-울진 해안과 포항-울산 해안의 해성단구들과 대비되는 해성단구를 선별해내는 과정을 통하여 이루어졌다. 해성단구의 구성선 고도는 미국 GARMIN사의 GPSmap 60CSX의 GPS 고도계의 고도 값과 핸드레일 측량 값 및 2014년 편찬의 1:5,000 지형도에서의 판독 값을 종합적으로 검토하여 결정하였다.¹⁾

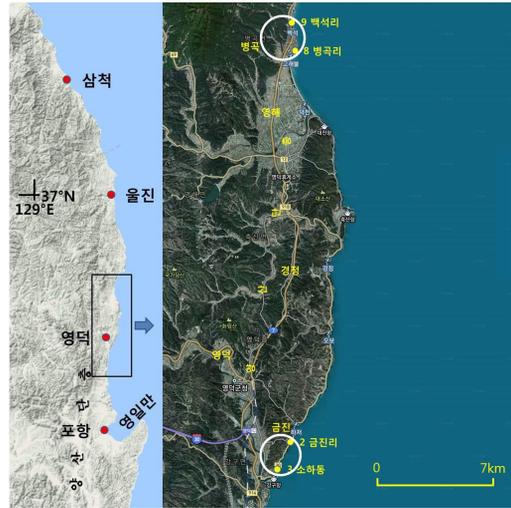


그림 1. 연구 지역

* 삼척-포항 해안(좌); 영덕 해안 일대(우)와 원 표시는 금진리 해안(아래)과 병곡리 해안(위)을 표시.

II. 연구지역의 지형 및 지질 개관

본 연구의 해성단구들은 주향이동 단층인 양산단층의 (우병영, 1982) 동쪽 지괴(block) 북동단 일대의 해안에 발달되어 있다(그림 1). 이 해안지역의 산지 사면은 급한 경사를 나타내기 때문에, 해성단구들은 포항-울산 해안의 해성단구에 비하여 단구면의 폭이 좁고, 분포의 연속성도 떨어진다.

영덕 해안 일대의 지질은 대략 영덕읍 석읍리를 중심으로, 그 이남의 해안은 주로 쥐라기의 반려암-섬록암-화강섬록암의 점이적 변화를 보이는 천지 심성암체(plutonic rocks)(강희철·손문, 2016) 혹은 화강암(Chang *et al.*, 1990)으로 되어 있고, 그 이북의 해안은 주로 백악기의 경정동층과 울런산층, 선캄브리아기의 변성암류(朝鮮總督府地質調査所 編, 1938; Chang *et al.*, 1990; 강희철·손문, 2016) 및 영해 역암층(朝鮮總督府地質調査所 編, 1938)으로 구성되어 있다.

III. 연구지역 및 인접 해안의 MIS 5 해성단구 선행 연구

최성길(1993; 1995a; 1995b; 1996; 2016a), 최성길·장호(2008), 최성길 등(2017; 2018)은 아미노산 연대 및 탄소연대, 단구 퇴적물의 퇴적상 고찰 및 화분 분석, 최종

빙기 하성단구와의 교차 관계에 기초하고 화산회 연대를 원용하여, 강릉-울진 해안 및 포항-울산 해안에 분포하는 이른바 최성길(1995a; 1995b; 1996)의 구성선 고도 18-19m의 저위 해성단구 1면의 형성시기를 MIS 5e, 구성선 고도 10-11m의 저위 해성단구 2면의 형성시기를 최종간빙기 후기온난기(MIS 5a)로 편년하였다. 또한 영덕 일대에 있어서는 백석 해안과 축산 해안의 구성선 고도 18m의 저위 해성단구 1면을 MIS 5e(崔成吉, 1997), 사진 해안의 구성선 고도 11.8m의 저위 해성단구 2면을 MIS 5a로 추정 편년하였다(최성길, 2016b).

이에 비하여 본 연구의 연구지역의 하나인 병곡 해안에 있어서 황상일·윤순옥(1996)은 해발고도 19~24m의 금곡면, 홍성찬(2014)은 해발고도 20~40m의 해안단구를 MIS 5e에 형성된 지형면으로 보고하였다. 연구 지역의 북쪽 및 남쪽의 인접 해안에서 행해진 연구를 보면, 울진 해안에서는 김종욱 등(2007a)의 해발고도 30~40m의 제3단구와 홍성찬(2014)의 해발고도 20~30m의 해성단구, 포항 해안에서는 김종욱 등(2005)의 해발고도 30~35m의 제3단구, Choi *et al.*(2008)의 해발고도 35m의 해안단구, 그리고 경주-울산 해안에 있어서는 佐々木 등(2003)의 해발고도 20~25m의 저위단구 1면, Choi *et al.*(2003)의 해발고도 35~45m의 제3단구, Inoue and Choi(2006)의 해발고도 30m의 저위단구 1면, 김종욱 등

(2007b)의 해발고도 30~45m의 제3단구, Choi *et al.*(2008)의 해발고도 40~50m의 제3a단구, 윤순옥 등(2014)의 해발고도 25m의 저위단구 1면 등이 MIS 5e의 해성단구로 보고되고 있다. 이들 연구들에 있어서의 단구 편년은 대부분 OSL 연대에 기초하고 있고, 화산회 및 퇴스 연대에 의한 편년 등도 원용되고 있다.

IV. 영덕 해안의 MIS 5 추정 해성단구 기재

연구지역 해안에서의 MIS 5 단구 동정을 위한 대비 단구인 강릉~울진 해안 및 포항~울산 해안의 '저위 해성단구 1면'과 '저위 해성단구 2면'의 지형층서학적 특성을 요약하면, MIS 5의 해성단구는 대략 18~19m의 구정선 고도를 나타내는 저위 해성단구 1면과 10~11m를 나타내는 저위 해성단구 2면으로 나누어지고, 이들 두 구정선 고도군의 단구들은 뚜렷한 단구에 의해 단구면이 구분되며, 저위 해성단구 1면의 단구면의 폭과 단구면 분포의 연속성이 저위 해성단구 2면에 비하여 훨씬 넓고 뚜렷하고, 단구 퇴적물의 풍화도에 있어서도 저위 해성단구 1면이 저위 해성단구 2면보다 풍화되어 있으며, 저위 해성단구 1면에는 적색토가 형성되어 있으나 저위 해성단구 2면에는 적색토는 형성되어 있지 않은 점 등으로 정리할 수 있다(최성길, 1993; 1995a; 1995b; 1996; 2016a; 최성길·장호, 2008; 최성길 등, 2017; 2018).

본 연구에서는 영덕 해안에 분포하는 해성단구 전체를 다루지 못하였기 때문에, 단구 지형면을 지칭함에 있어서는 잠정적으로 구정선 고도를 사용하여 '지명+00m+해성단구'의 방식으로 기재하였다. 이 명명방식을 따라 기술할 때, 영덕 해안의 해성단구 중 강릉~울진 해안과 포항~울산 해안의 저위 해성단구 1면과 2면에 대비되는 지형층서적 특성을 나타내는 해성단구는 각각 구정선 고도 19m와 11m의 해성단구로 기재되게 된다.

1. 금진 해안의 해성단구

1) 소하동 해안의 해성단구

강구면 금진리의 소하동 해안(그림 1의 우측 그림 아래쪽 원표시; 그림 2)과 영덕 해안 일대에서는 단구면의 연속성이 양호한 편에 속하는 19m 해성단구가 발달되어

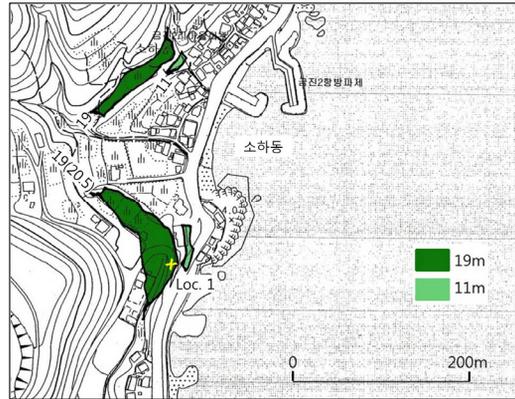


그림 2. 금진 소하동 해안의 해성단구 분포

* 숫자는 구정선(또는 추정 구정선) 고도를 나타내며, 괄호 안의 숫자는 지형면 고도를 나타냄.

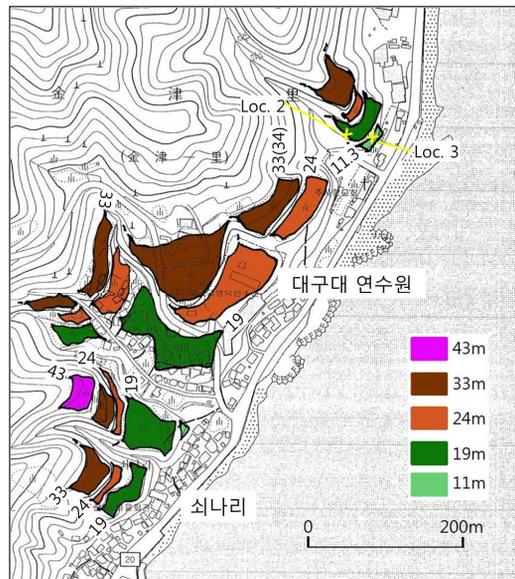


그림 3. 금진 금진리의 해안의 해성단구 분포

있다(그림 3). 이 '금진 19m 해성단구'는 천지 심성암체의 화강 섬록암에 발달된 고파식대면 기원의 해성단구이며, 단구면의 폭은 40m 정도로서, 10m 정도의 폭을 나타내는 '금진 11m 해성단구'에 비하여 단구면의 폭이 훨씬 넓다. 소하동의 '금진 19m 해성단구'에는 영덕 해안 일대에서는 발견하기 어려운 단구 구성층의 노두가 발견된다(그림 2의 Loc. 1).

Loc. 1 노두의 '금진 19m 해성단구' 구성층의 해성층은 0.5m 층후의 원력층으로 구성된다. 역의 표면에는 5mm

정도의 풍화 피막이 형성되어 있고, 역의 표면에서 입상 붕괴가 진행될 정도로 풍화되어 있는 역도 많다. 매트릭스는 조사~중사이며, 토색은 명적갈색(2.5YR 5/8)을 나타낸다. 이 Loc. 1 노두의 해성층의 상한은 해발고도 18.5m로서, 이 고도를 배후로 연장할 때 상위 단구와의 점점 지점에서는 19m정도의 해발고도(추정 구정선 고도)를 나타낼 것으로 추정된다. 이 단구의 지형면 고도는 20.5m로 측정된다.

2) 금진리 해안의 해성단구

대구대학교 영덕연수원(구 금진초등학교) 일대의 금진리 해안(그림 1의 우측 그림 아래쪽 원표시)의 '금진 19m 해성단구'의 추정 구정선 고도는 19m로 측정된다. 단구면의 폭은 60m정도(구 만입지에서는 최대 120m)로서, 단구면의 폭이 15m 정도인 '금진 11m 해성단구'에 비하여 단구면의 폭이 넓고, 그 분포의 연속성도 양호하게 나타난다(그림 3). 천지 심성암체의 화강 섬록암에 발달된 고파식대면 기원의 암석단구로서, 해성 세원력 및 편평 세원력과 소수의 5cm급의 원력이 단구면의 표면에 산재한다. Loc. 2의 노두에서 보면 고파식대면은 풍화되어 새프롤라이트화되어 있고, 토색은 적색(10R 4/8)~명적갈색(2.5YR 5/8)을 나타내며, 풍화 피막이 형성되어 있는 5cm급의 원력이 산재한다.

금진리 해안의 '금진 11m 해성단구'에는 영덕 해안에서는 발견하기 어려운 11m 해성단구의 노두가 발견된다. Loc. 3의 '금진 11m 해성단구'의 단구 구성층은 고파식대면상에 퇴적된 0.3m 층후의 얇은 해성 세원력 및 원력층과 이를 덮고 있는 2.7m 층후의 사면 퇴적물층으로 구성된다. 고파식대면은 표면으로부터 0.6m 깊이까지 풍화되어 있으나, '금진 19m 해성단구'에 비하면 미약하여 새프롤라이트화 상태에 이르지는 못하였다. 해성층의 구성물질은 2~3cm의 세원력이 주를 이루며, 5.0cm 정도의 원력도 소수 섞여 있다. 화강암 원력의 표면에는 풍화 피막이 형성되어 있으며, 부분적으로 입상붕괴를 나타내는 원력도 있으나, '금진 19m 해성단구'에 비하면 미약하다. 매트릭스는 중사~조사로서 치밀화되어 있으며, 해성층 전체는 산화되어 적갈색(5YR 4/8)의 토색을 나타낸다. 해성 세원력층 상부의 사면 퇴적물층은 실트질 세각력층으로 구성되고, 다소 치밀화되어 있다. 토색은 황갈색을 나타내며, 표층으로부터 0.3m 깊이의 구간은 갈색을 나타낸다.



그림 4. 병곡 병곡리 해안의 해성단구 분포

이 노두의 배후 3m 지점이 '금진 19m 해성단구'의 단구애와 접하는 지점이므로, 이 노두의 해성층의 고도를 구정선 고도로 간주하여도 큰 무리는 없을 것으로 판단된다. 이 노두 고파식대면의 표고는 11.0m 정도이므로, 추정 구정선 고도는 11.3m로 계산된다.

2 병곡 해안의 해성단구

1) 병곡리 해안의 해성단구

병곡면 병곡리의 병곡 휴게소 일대(그림 1의 우측 그림 위쪽 원표시)에는 단구면의 최대 폭이 230m에 달하는 19m 해성단구와 10m로부터 60m에 달하는 11m 해성단구가 발달되어 있다(그림 4). '병곡 19m 해성단구'의 지형면 고도는 20m 내외, 추정 구정선고도는 18.5~19.0m로 측정되며, 단구면 말단부의 고도는 14~15m 정도를 나타낸다. 그림 4의 단구면상에 나타나는 해발 21m 내외의 평탄한 미기복지는 이 해성단구가 파식대였을 당시의 파식대면상에 잔존하였던 미기복지들로 판단된다. '병곡 19m 해성단구'의 말단부와 '병곡 11m 해성단구'의 상단부 사이에는 3~4m 높이의 단구애가 발달되어 있다. '병곡 11m 해성단구'의 지형면 고도는 11.5m, 추정 구정선 고도는 10.5~11.0m 정도로 측정된다.

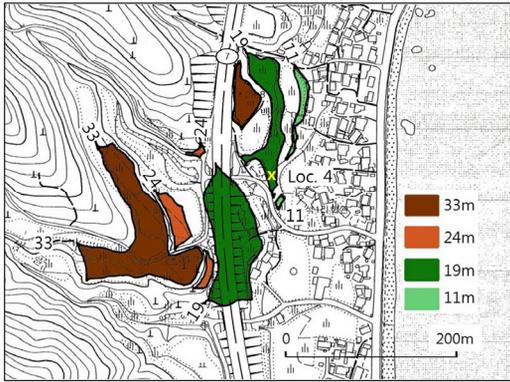


그림 5. 병곡 백석리 해안의 해성단구 분포

병곡리 해안의 19m와 11m 해성단구는 고파식대 기원의 암석단구로서, 두꺼운 해성층 노두는 발견되지 않으며, 단구면상에는 해성원력이 산재한다.

2) 백석 해안의 해성단구

병곡면 백석리의 동해안 휴계소의 일대의 해안(그림 1의 우측 그림 위쪽 원표시)에는 본 연구의 영덕 해안 일대에서는 가장 두꺼운 해성층의 노두를 갖는 19m 해성단구가 나타난다. Loc. 4 노두의 해성력층(그림 5)은 소수의 5~10cm 크기의 원력이 섞인 2~3cm 크기의 세원력과 편평 세원력으로 구성되며, 층후는 1.5m 이상에 이른다(해성층에 덮여 고파식대면이 나타나지 않음). 화강암의 원력은 내부까지 풍화되어 있고 역의 표면에서 입상붕괴가 진행되고 있는 역들이 많으며, 안산암력의 표면에는 1~3mm의 풍화피막이 형성되어 있다. 매트릭스는 세사~중사로서, 치밀화 및 다소 고화되어 있으며, 토색은 명적갈색(2.5YR 5/8)~등색(5YR 6/8)을 나타낸다. 이 노두의 '병곡 19m 해성단구'의 추정 구성선 고도는 18.5~19.0m 정도로 추정된다.

V. 영덕 해안의 MIS 5 추정 해성단구의 지형층서적 특성과 단구면 분류

1. MS 5 추정 해성단구들의 지형층서적 특성

이상에서 기재한 금진 해안과 병곡 해안 해성단구들

의 단구면 분포의 연속성과 단구면의 폭, 단구면에 형성되어 있는 고토양 등의 지형층서적 특성은 다음과 같이 정리된다.

단구면 분포의 연속성에 있어서는 그림 2, 3과 그림 4, 5에서 보는 바와 같이, '금진 19m 해성단구'와 '병곡 19m 해성단구'는 각각 '금진 11m 해성단구'와 '병곡 11m 해성단구'에 비하여 단구면 분포의 연속성이 훨씬 좋게 나타난다. 단구면의 폭에 있어서도 금진 해안의 '금진 19m 해성단구'의 단구 폭이 소하동 해안에서는 40m, 금진리 해안에서는 60m인데 비하여, '금진 11m 해성단구'는 각각 10m와 15m로 나타나고 병곡 해안의 '병곡 19m 해성단구'의 폭은 병곡리 해안에서는 230m, 백석 해안에서는 60m인데 비하여, '금진 11m 해성단구'는 각각 10m(최소폭)~50m(최대폭)와 10m(최소폭)~15m(최대폭)로 나타나서, 금진 해안과 병곡 해안 모두 19m 해성단구에 비하여 11m 해성단구의 단구면의 폭이 훨씬 좁게 나타난다.

단구면에 형성되어 있는 고토양의 토색에 있어서도, 금진 해안 및 병곡 해안의 19m 해성단구 모두의 해성 퇴적층과 고파식대면의 풍화층에는 적색(10R 4/8) 내지 명적갈색(2.5YR 5/8~5YR 5/8)을 나타내는 적색토가 형성되어 있으나, 11m 해성단구면의 해성 퇴적층과 고파식대면의 풍화층에는 적색토가 형성되어 있지 않다.

2. MS 5 추정 해성단구 지형면의 분류

이상의 기재에서 나타나는 단구면 분포의 연속성과 단구면의 폭, 단구면 구성층의 해성층과 고파식대면 풍화층의 토색, 단구면의 구성선 고도 등의 지형층서적 차이를 지표로 판단하면, 금진 해안과 병곡 해안의 MIS 5 추정 해성단구들은 각각 추정 구성선 고도 18.5~19m를 나타내는 '19m 해성단구'와 추정 구성선 고도 10.5~11m를 나타내는 '11m 해성단구' 등의 두 구성선 고도군의 해성단구로 분류되고, '금진 19m 해성단구'와 '병곡 19m 해성단구' 그리고 '금진 11m 해성단구'와 '병곡 11m 해성단구'는 각각 서로 대비되는 해성단구들임을 알 수 있다. 이에 이하에서는 이 두 구성선 고도군의 해성단구들을 각각 '영덕 19m 해성단구'와 '영덕 11m 해성단구'로 지칭하기로 한다.

VI. 영덕 해안의 MIS 5 추정 해성단구의 대비와 편년

1. '영덕 19m 해성단구' 및 '영덕 11m 해성단구'와 저위해성단구 1면 및 저위해성단구 2면의 대비

이상에서 기재한 바와 같이, '영덕 19m 해성단구'와 '영덕 11m 해성단구'가 뚜렷한 단구애에 의해 명확히 구분되고, '영덕 19m 해성단구'의 단구면의 폭과 연속성이 '영덕 11m 해성단구'보다 훨씬 넓고 좋으며, '영덕 19m 해성단구'의 퇴적물이 '영덕 11m 해성단구'의 퇴적물 보다 풍화되어 있고, '영덕 19m 해성단구'에는 적색토가 형성되어 있으나, '영덕 11m 해성단구'에는 적색토가 형성되어 있지 않은 등의 지형층서적 특성으로 볼 때, 영덕 해안의 '영덕 19m 해성단구'와 '영덕 11m 해성단구'는, 각각, 강릉~울진 해안과 포항~울산 해안의 저위 해성단구 1면 및 저위 해성단구 2면과 잘 대비된다. 이는 단구면 구성층에 형성되어 있는 고토양의 토색을 기준으로, 영덕 해안의 '영덕 19m 해성단구'와 '영덕 11m 해성단구'를 강릉~울진 해안 및 포항~울산 해안의 저위 해성단구 1면 및 저위 해성단구 2면과 대비시킨 표 1을 보면 더욱 확실해진다.

본 조사의 영덕 해안이나 대비 지역인 강릉~울진 해안 및 포항~울산 해안 모두에 있어서, 현 해안으로부터의 단구 지형면 분포 순서상의 첫 번째 해성면인 '영덕 11m 해성단구'와 저위 해성단구 2면에는 적색토가 발달되어 있지 않는데 비하여, 두 번째 해성면인 '영덕 19m 해성

단구'와 저위 해성단구 1면에는 적색토가 형성되어 있다는 점은, 상기 대비의 신뢰성을 높여주는 중요한 지형층서적 증거의 하나가 되는 것으로 판단된다(표 1).

2 '영덕 19m 해성단구'와 '영덕 11m 해성단구'의 편년

본 연구의 금진 해안과 병곡 해안의 해성단구는 대부분이 고파식대 기원의 암석단구로서, 연대 측정용 시료를 채취할 수 있는 두꺼운 해성층 노두는 거의 발견되지 않으며, 드물게 발견되는 해성층을 나타내는 노두에서도 아미노산 연대나 탄소연대를 측정할 수 있는 시료를 획득할 수 없었다. 또한 해성역층에 끼어있는 사층의 두께도 얇아서 정도 높은 OSL 연대 측정도 용이하지 않아, 현 시점에서는 절대연대에 근거한 해성단구 편년이 어려운 실정이다.²⁾ 이에 본 연구에서는 전술한 강릉~울진 해안 및 포항~울산 해안의 MIS 5 해성단구와의 대비를 통하여 '영덕 19m 해성단구'와 '영덕 11m 해성단구'의 편년을 시도하였다(표 1).

강릉~울진 해안과 포항~울산 해안에 분포하는 해성단구 중 저위 해성단구 1면은 강릉 해안의 124ka BP(최성길, 1993)와 포항 해안의 125ka BP(최성길, 1996)의 아미노산 라세미화 연대, 포항~울산 해안의 Ata 및 Aso-4의 화산회 연대(佐々木 등, 2003; Inoue and Choi, 2006), 단구 구성층의 화분조성 해석 및 탄소연대(최성길, 2003; 최성길 등, 1999; 2017; Choi *et al.*, 2018) 및 최종

표 1. 영덕 해안의 MIS 5 해성단구와 포항~울산 해안 및 강릉~울진 해안 해성단구의 대비 및 편년

본 연구			포항~울산 해안						강릉~울진 해안			
영덕 해안			포항 해안		경주 해안		울산 해안		강릉~목호 해안		울진 해안	
백석, 금진 (최성길, 본 연구)			포항(최성길, 1996)		경주 읍천 (최성길, 2003; 2004; 최성길 등, 2004)		산하동 (최성길, 2016a; 최성길 등, 2017; 2018)		강릉~목호 (최성길, 1995a; 1995b)		죽변 (최성길·장호, 2008)	
단구 (구정선 고도)	토색	편년* (MIS)	단구 (구정선 고도)	토색	단구 (구정선 고도)	토색	단구 (구정선 고도)	토색	단구 (구정선 고도)	토색	단구 (구정선 고도)	토색
영덕 19m 단구 (19m)	적색(10R4/8)~ 명적갈색(2.5YR5/8) 적갈색(2.5YR4/8)	5c	저위 해성단구 1면 (18m)	적색(10R4/8) ~명적갈색 (2.5YR5/8)	읍천 15면 (18m)	적색 (10R4/8) ~명적갈색 (2.5YR5/8)	저위 해성단구 1면 (18m)	명적갈색 (2.5YR5/8)	저위 해성단구 1면 (18m)	적색(10R5/8) ~명적갈색 (2.5YR5/8)	MT1 (18~19m)	적색 ~적갈색
영덕 11m 단구 (11m)	명적갈색(5YR5/6) ~등색(7.5YR6/6)	5a	저위 해성단구 2면 (10m)	명적갈색 (5YR5/8) ~2.5YR5/8)	읍천 16면 (10m)	적갈색 (5YR5/8) ~등색	저위 해성단구 2면 (11m)	미조사	저위 해성단구 2면 (18m)	적갈색 (2.5YR4/8)~ 명적갈색 (2.5YR5/8), 등색(7.5YR6/6)	MT2 (10~11m)	적갈색 ~등색

* 아미노산 라세미화 연대(최성길, 1993; 1996), 화산회 연대(佐々木 등, 2003; Inoue and Choi, 2006), 화분조성 해석 및 탄소연대(최성길, 2003; 최성길 등, 1997; 2017; Choi *et al.*, 2018), 최종빙기 단구와의 교차관계 해석(최성길, 1993; 1996; 崔成吉, 1993; 1997)에 의함.

빙기 하성단구와 교차하는 최종간빙기 하성단구와의 연결성(최성길, 1991; 1993; 1996; 崔成吉, 1993; 1997) 등에 의해 MIS 5e의 해성단구로 편년되었고, 저위 해성단구 2면은 77ka BP의 아미노산 라세미화 연대 및 탄소연대(최성길, 1996), 화분조성 해석(崔成吉, 1997; 최성길 등, 1999) 및 교차단구 관계(최성길, 1991; 1993; 崔成吉, 1997)에 의해 MIS 5a의 해성단구로 편년되어 있다. 따라서 본 연구에서는 이들 저위 해성단구 1면 및 저위 해성단구 2면과 대비되는 '영덕 19m 해성단구'와 '영덕 11m 해성단구'를 각각 MIS 5e 및 MIS 5a에 형성된 해성단구로 편년하였다(표 1).

VII. 영덕 해안 일대의 MIS 5e 이후의 지반용기울

'영덕 19m 해성단구'의 추정 형성시기인 MIS 5e의 연대는 Shackleton(1987), Martinson *et al.*(1987), Bassinot *et al.*(1994), Chappell(1994), Lisiecki and Raymo(2005; 2009), Muhs *et al.*(2011) 등의 해양동위체비 분석 연구에 의하면 125ka BP 내외로 나타나며, MIS 5e 해면의 절대 고도는 Bloom *et al.*(1974), Fairbanks and Matthews(1978), Chapell and Shackleton(1986), Gvirtzman(1994), Muhs *et al.*(2011) 등에 의하면 현재보다 5~6m정도 높았던 것으로 알려져 있다.

이들 연구의 MIS 5e의 연대와 절대 해면고도를 근거로 계산하면, 본 연구에서 MIS 5e로 편년된 '영덕 19m 해성단구'의 구성선 고도가 18~19m 정도로 나타나므로, 연구 지역은 MIS 5e 이후의 125,000년의 기간 동안 12~13m 정도 융기한 셈이 된다. 따라서 '영덕 19m 해성단구'의 융기속도와 영덕 해안 일대의 지반용기울은 0.096 mm/년(0.96m/10,000년; 구성선 고도 18m 내외의 경우) ~0.104mm/년(1.04m/10,000년; 구성선 고도 19m 내외의 경우)이 되며, 이를 평균하면 대략 0.1mm/년(1.0m/10,000년)으로 계산된다. 본 연구에서 도출된 영덕 해안의 MIS 5e 이후의 지반용기울 0.1mm/년(1.0m/10,000년)의 값은, 지각변동이 활발한 변동대 지역에서의 MIS 5e 이후의 지반용기울 값에 비하면 대단히 미약한 편이다.³⁾

한편, 본 연구의 영덕 해안과 연구 지역의 남동부와 북부의 인근 해안 지역에서 행해진 다른 연구들의 결과에서 보면, 동일한 MIS 5e 이후 기간 동안 Choi *et*

al.(2003)은 2.3m/~3.1m/10,000년, 김종욱 등(2005; 2007a; 2007b)은 1.9~3.1m/10,000년, Inoue and Choi(2006)는 1.9m/10,000년, Choi *et al.*(2008)은 2.7~3.5m/10,000년 으로부터 3.2~4.0m/10,000년, 황상일·윤순옥(1996)과 윤순옥 등(2014)은 1.5m/10,000년, 홍성찬(2014)은 1.6~3.2m/10,000년, 박충선 등(2017)은 2.0~3.6m/10,000년의 지반용기울을 보고하고 있다.

본 연구로부터 도출된 영덕 해안의 지반용기울 값은 다른 연구자들의 연구에서 얻어진 지반용기울 값에 비하여 낮게(28~66%) 나타나며, 崔成吉(1997), Choi(2001) 및 최성길(2003; 2004)의 강릉~울진 해안과 울산~포항 해안의 지반용기울(0.96m/10,000년)과 거의 동일하게 나타난다. 추후 본 연구와 다른 연구들 사이의 지반용기울의 차이에 대한 정밀한 검토가 요청된다.

VIII. 결론

한반도 남동부 영덕 해안의 MIS 5 해성단구를, 필자의 강릉~울진 해안 및 포항~울산 해안의 MIS 5e 해성단구인 저위 해성단구 1면과 MIS 5a 해성단구인 저위 해성단구 2면과의 지형층서적 특성 대비를 통하여 동정하고, MIS 5e 이후의 영덕 해안 일대의 지반용기울을 연구하여 다음의 결론을 얻었다.

첫째, 영덕 해안 일대의 구성선 고도 19m의 '영덕 19m 해성단구'와 구성선 고도 11m의 '영덕 11m 해성단구'는, 각각, 저위 해성단구 1면과 저위 해성단구 2면에 대비된다. 이에 본 연구에서는 '영덕 19m 해성단구'는 MIS 5e, '영덕 11m 해성단구'는 MIS 5a의 해성단구로 편년하였다.

둘째, '영덕 19m 해성단구'와 저위 해성단구 1면에는 적색토가 형성되어 있으나, '영덕 11m 해성단구'와 저위 해성단구 2면에는 적색토가 형성되어 있지 않다. 연구지역의 해안과 대비 지역의 해안 모두에 있어서, 현 해안으로부터의 단구면 분포의 순서상 첫 번째의 해성면상에는 적색토가 형성되어 있지 않은데 비하여, 두 번째의 해성면상에는 적색토가 형성되어 있다는 점은, 본 연구에서의 대비와 편년의 신뢰도를 높여주는 지형층서적 증거의 하나로 판단된다.

셋째, MIS 5e의 연대를 125ka BP, MIS 5e의 해면고도를 +6m로 볼 때, 영덕 해안 일대의 MIS 5e 이후의 지반용기울은 대략 0.1mm/년(1.0m/10,000년)으로 계산된

다. 본 연구에서 도출된 영덕 해안 일대의 지반용기울 값은 본 연구지역과 인근 해안에서 행해진 다른 연구들에서 제시된 지반용기울에 비하여 낮게 나타난다.

감사의 글

야외조사와 측량 시 도와주시 전북대학교 지리교육과 의 장호 명예교수님과 축산중학교의 박종환 선생님, 그리고 원고 정리를 도와준 공주대학교 지리교육과 조교 김성일 선생께 감사를 드립니다.

註

- 1) 구정선 고도 측정의 오차를 최소화하기 위하여 가능한 한 단구 구성층의 해성요소(Wood, 1980)와 단구가 접하는 구정선각 고도 지점의 구정선 고도를 측정하고자 하였으며, 구정선각 지점의 노두가 발견되지 않는 단구면의 경우에는 추정 구정선 고도나 지형면(단구면) 고도의 값을 사용하였다(최성길, 2016a 참조).
- 2) 영덕 해안으로 유입하는 군소 하천의 하류에 발달되어 있는 하성단구 중, ‘영덕 19m 해성단구’와 ‘영덕 11m 해성단구’의 구정선 고도와 거의 동일한 하상 비고를 나타내는 해면변동단구들의 사층으로부터는 OSL 연대가 측정되었으나(Choi, 2016), ‘영덕 19m 해성단구’와 ‘영덕 11m 해성단구’와 대비되는 하성단구들의 OSL 연대가 각각 74±5ka BP~83±5ka BP와 123±11ka BP로 역전되어 나타나서, 영덕 해안 해성단구의 편년에는 원용할 수 없었다(최성길 등, 2018 참조).
- 3) 일레로 Chapell and Shackleton(1986)에 의하면, New Guinea의 Huon반도의 MIS 5e 이후의 지반용기울은 3.47mm/년(34.7m/10,000년)으로 나타난다.

참고문헌

강희철·손문 2016, 「천지 1, 2호기 지질지진역학조사 보고서」 (미출간).

김종욱·장호완·최정현·최광희·변종민 2005, “포항 북부흥

해읍 일대의 해안단구 지형 특성과 단구 퇴적물 연대” 한국지형학회지, 12(1), 103-116.

김종욱·장호완·최정현·최광희·변종민 2007a, “울진 후정-죽변 일대의 해안단구 퇴적물에 대한 OSL 연대측정” 한국지형학회지, 14(1), 15-27.

김종욱·장호완·최정현·최광희·변종민 2007b, “경주시 양남-양북 일대의 해안단구 지형 특성과 단구 퇴적물에 대한 OSL 연대측정” 한국지형학회지, 14(3), 1-14.

박충선·김유홍·남옥현·이광률, 2017, “우리나라 동해안의 해안단구 형성시기와 용기울” 한국지형학회지, 24(4), 43-55.

우병영, 1982, “양산단층의 지형학적 연구” 경북대학교 석사 학위논문.

윤순옥·곽민·황상일 2014, “한국 남동해안 울산시 강동 일대 해안단구 지형발달” 한국지형학회지, 21(1), 147-163.

최성길 1991, “한국 동해안 냉천 하구부의 해면변동단구와 영일만 북안의 해성단구” 지리학논집, 17(1), 61-73.

최성길 1993, “한국 동해안에 있어서 최종간빙기의 구정선 고도 연구: 후기 갯신세 하성단구의 지형층서적 대비의 관점에서” 제4기학회지, 7(1), 1-26.

최성길 1995a, “한반도 중부 동해안 저위해성단구의 대비와 편년” 대한지리학회지, 30(2), 103-119.

최성길 1995b, “강릉~목포해안 최종간빙기 해성면의 동정과 발달과정” 한국지형학회지, 2(1), 9-20.

최성길 1996, “한국 남동부해안 포항 주변지역 후기갯신세 해성단구의 대비와 편년” 한국지형학회지, 3(1), 29-44.

최성길 2003, “신월성 지역 해안단구의 분포 및 연대” 한국 전력기술주식회사, 「KOPEC 보고서」(미출간).

최성길 2004, “OSL 방법에 의한 읍천 트랜치 지역 제4기층의 연대 결정” 한국전력기술주식회사, 「KOPEC 보고서」(미출간).

최성길 2012, 「한국의 단구지형과 후기 갯신세의 지반운동」, 공주: 공주대학교 출판부.

최성길 2016a, “울산 해안의 최종간빙기 최은난기 추정 해성단구” 한국지형학회지, 23(2), 47-59.

최성길 2016b, “영덕 사진리 해안의 최종간빙기 후기 온난기 추정 해성단구” 한국지리학회지, 5(3), 281-287.

최성길·박지훈·김주용, 1999, “한반도 중부동해안 최종간빙기 하성단구의 화분조성과 그 의미” 한국지리환경교육학회지, 7(1), 363-373.

최성길·신현조·박지훈 2017, “화분분석에 의한 한국 남동부

- 해안 산하동 일대의 MIS 5e 대비 해성단구 동정” 한국 지형학회지, 24(3), 1-11.
- 최성길·장호, 2008, “한국 동해안 울진 일대의 해성단구: 죽변·골장 해안 해성단구의 대비와 편년” 한국지형학회지, 15(4), 1-15.
- 최성길·타무라 토시카즈·미야우치 타카히로·츠카모토 스미코, 2018, “한반도 남동부 해안 해성단구의 분류와 편년에 있어서 본 연구에서 도출된 OSL 연대 적용의 한계성 검토” 한국지형학회지, 25(4), 63-75.
- 홍성찬, 2014, “루미네선스 연대측정을 이용한 한반도 동해안의 해안단구 퇴적층 형성 연대에 관한 연구” 서울대학교 박사학위논문.
- 황상일·윤순옥, 1996, “한국 동해안 영덕 금곡지역 해안단구의 퇴적물 특성과 지형발달” 한국지형학회지, 3(2), 99-114.
- 朝鮮總督府地質調査所 編, 1938, 「朝鮮地質圖」, 京城: 朝鮮總督府地質調査所.
- 佐々木俊法·井上大榮·柳田 誠·Weon Hack Choi and Chun Joong Chang, 2003, “韓國 東海岸におけるAtaの發見とレスによる海岸段丘の編年” 季刊地理學, 55, 54.
- 崔成吉, 1993, “韓國東海岸珠樹川流域における後期更新世の河成段丘の對比と編年” 季刊地理學, 45(3), 155-166.
- 崔成吉, 1997, “韓國東海岸における後期更新世段丘地形の發達過程と最終間氷期の海水準” 東北大學 博士論文, 200.
- 崔成吉·宮内崇裕·田村俊和, 2004, “韓半島東海岸における海成段丘の認定對比に関する新提案” 季刊地理學, 56, 51-52.
- Bassiot, F.C., Labeyrie, L.D., Vincent, E., Quidelleur, X., Shackleton, N.J., and Laneclot, Y., 1994, The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal, *Earth and Planetary Science Letters*, 126(1-3), 91-108.
- Bloom, A.L., Broecker, W.S., Chappell, J.M.A., Matthews, R.K., and Mesollella, K.J., 1974, Quaternary sea level fluctuations on a tectonic coast: New $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ dates from the Huon peninsula, New Guinea, *Quaternary Research*, 4(2), 185-205.
- Chang, K.H., Woo, B.G., Lee, J.H., Park, S.O., and Yao, Y., 1990, Cretaceous and early Cenozoic stratigraphy and history of eastern Kyöngsang Basin, S. Korea, *Journal of the Geology Society of Korea*, 26(2), 471-487.
- Chappell, J., 1994, Upper quaternary sea levels, coral terraces, oxygen isotopes and deep-sea temperatures, *Journal of Geography*, 103(7), 828-840.
- Chappell, J. and Shackleton, N.J., 1986, Oxygen isotopes and sea level, *Nature*, 324(6093), 137-140.
- Choi, J.H., 2016, *Report on the OSL dating of Quaternary Sediments* (unpublished).
- Choi, J.H., Murray, A.S., Jain, M., Cheong, C.S., and Chang, H.W., 2003, Luminescence dating of well-sorted marine terrace sediments on the southeastern coast of Korea, *Quaternary Science Reviews*, 22(2), 407-421.
- Choi, S.G., 2001, Tectonic movement indicated by the late Pleistocene paleoshorelines in the eastern coast of Korea, *Transactions, Japanese Geomorphological Union*, 22(3), 265-276.
- Choi, S.G., Tamura, T., Miyuchi, T., and Tsukamoto, S., 2018, The MIS 5e marine terrace at Sanhadong, the southeastern coast of the Korean peninsula: Correlation based on sedimentary facies, pollen records, and radiocarbon and OSL dating of terrace deposits, *Abstracts and Field Guide of The 2018 KGA Annual Meeting*, August 14-18, Hokkaido, Japan, 14-15.
- Choi, S.J., Merritts, D.J., and Ota, Y., 2008, Elevations and ages of marine terraces and late Quaternary rock uplift in southeastern Korea, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 113(10), B10403 (doi:10.1029/2007JB005260).
- Fairbanks, R.G. and Matthews, R.K., 1978, The marine oxygen isotope record in Pleistocene coral, Barbados, West Indies, *Quaternary Research*, 10(2), 181-196.
- Gvirtzman, G., 1994, Fluctuations of sea level during in the past 400,000 years: The record of Sinai, Egypt (northern Red sea), *Coral Reefs*, 13(4), 203-214.
- Inoue, D. and Choi, W.H., 2006, The activity of the Ulsan fault system based on marine terrace age study at the southeastern part of Korean peninsula, *CRIEPI (Central Research Institute of Electric Power Industry) Report: N05012*.
- Lisiecki, L.E. and Raymo, M.E., 2005, A Pliocene-

- Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records, *Paleoceanography*, 20(1), PA1003 (doi:10.1029/2004PA001071).
- Lisiecki, L.E. and Raymo, M.E., 2009, Diachronous benthic $\delta^{18}\text{O}$ responses during late Pleistocene terminations, *Paleoceanography*, 24(3), 1-14.
- Martinson, D.G., Pisias, N.G., Hays, J.D., Imbrie, J., Moor Jr., T.C., and Shackleton, N.J., 1987, Age dating and the orbital theory of the Ice Ages: Development of a high-resolution 0 to 300,000 year chronostratigraphy, *Quaternary Research*, 27(1), 1-29.
- Muhs, D.R., Simmons, K.R., Schumann, R.R., and Halley, R.B., 2011, Sea-level history of the past two interglacial periods: New evidence from U-series dating of reef corals from south Florida, *Quaternary Science Reviews*, 30(5), 570-590.
- Shackleton, N.J., 1987, Oxygen isotopes, ice volume and sea level, *Quaternary Science Reviews*, 6(3), 183-190.
- Woods, A.J., 1980, Geomorphology, deformation, and chronology of marine terraces along the pacific coast of central Baja California, Mexico, *Quaternary Research*, 13(3), 346-364.
- 교신 : 최성길, 32588, 충남 공주시 공주대학교로 56, 공주대학교 사범대학 지리교육과(이메일: sgchoi@kongju.ac.kr)
- Correspondence : Seong-Gil Choi, 32588, 56 Gongju-daehak-ro, Gongju-si, Chungcheongnam-do, Korea, Department of Geography Education, College of Education, Kongju National University (Email: sgchoi@kongju.ac.kr)
- 투 고 일: 2019년 3월 26일
심사완료일: 2019년 4월 11일
투고확정일: 2019년 4월 15일