

한국 남동해안 경주-울산 경계지역 지경리 일대 해안단구 지형발달

황상일* · 윤순옥** · 박한산***

The Geomorphological Development of Coastal Terraces at *Jigyeong-Ri*, the Areal Boundary between *Gyeongju*- and *Ulsan* City on the Southeast Coast of Korea

Sang-Il Hwang*, Soon-Ock Yoon**, and Han-San Park***

요약 : 한반도 남동해안의 감포와 중부 동해안 정동진에서 발견된 해안단구 고고위I면과 고고위II면을 울산-경주 경계지역 지경리 일대에서 재차 확인하였다. 특히 이곳에는 현재까지 우리나라에서 보고된 해발고도가 가장 높은 해안단구인 구정선고도 140m보다 한 단 더 높은 해발고도 155m인 고고위 지경(HH JK)면이 분포한다. 따라서 지경리지역 고고위면의 구정선고도는 해발고도 155m, 140m, 115m로 측정되었고, 형성시기는 각각 MIS 17(72~69만년 BP), MIS 15(63~56만년 BP)와 MIS 13(51~48만년 BP)으로 편년되었다. 또한 고고위면의 규모가 매우 큰 것은 기반암과 고고위면 형성시 해안 지형의 특성에 기인하는 것으로 생각된다. 동해안 중부와 남부에서 고고위면을 비롯한 고위면, 중위면, 저위면의 구정선고도체계가 같으므로, Pleistocene 중기 이후 동해안에는 남북 간 지반용기량의 차이가 존재하지 않는다. 해안단구 고고위 지경면, 고고위 I면, 고고위 II면, 고위 I면, 고위 II면의 구정선고도와 형성시기와의 관계로부터 얻은 동해안지역 지반 융기속도는 0.23mm/y로 거의 균일하다.

주요어 : 울산-경주 경계지역, 해안단구 고고위 지경면, 고고위 I면, 고고위 II면, Pleistocene 지반운동

Abstract : The existence of coastal terraces, HH(High higher) surfaces found at Gampo of southeast coast and at Jeongdongjin of the central east coast were confirmed at *Jigyeong-Ri*, the areal border between *Gyeongju*- and *Ulsan* city on the southeast coast of Korea Peninsula. Especially this study reports HH JK-surface located on the 155m a.s.l., which is the highest altitude among the ancient shorelines of the coastal terraces in Korea. The HH surfaces on the study area are classified into HH JK at 155m, HH I at 140m and HH II at 115m, and each formation stage is related to MIS 17(720~690ka BP), MIS 15(630~560ka BP) and MIS 13(510~480ka BP) respectively. The HH-surfaces remain to be larger than those of H- and L-surfaces. The reason is caused by the unique factors of the coastal geology and morphology on the study area during the formation stage. And also the areal difference by the magnitude of upheaval doesn't exist from north to south because the altitude system of ancient shoreline on each coastal terrace is same along the east coast. The upheaval rate of the eastern coastal areas was measured in the relation to the ancient shoreline and formation stage among the coastal terraces such as HH JK-, HH I-, HH II-, H I- and H II surface, and was almost same as 0.23mm/y.

Key Words : the border between *Gyeongju*- and *Ulsan* city, the coastal terrace HH JK-, HH I-, HH II-, H I- and H II surface, the upheaval during the Pleistocene

* 경북대학교 사회과학대학 지리학과 조교수(Assistant Professor, Department of Geography, Kyungpook National University), hwangsi@knu.ac.kr

** 경희대학교 이과대학 지리학과 및 기초과학연구소 부교수(Associate Professor, Department of Geography and Research Institute for Basic Sciences, Kyung Hee University)

*** 경희대학교 이과대학 지리학과 시간강사(Part-time Lecturer, Department of Geography, Kyung Hee University)

1. 문제제기 및 연구목적

한반도 남동 해안은 중부 동해안의 정동진 지역과 더불어 많은 지형학자들에 의해 해안단구 지형 발달에 대한 연구가 이루어져 왔다. 감포읍 대본리와 나아리는 남동해안에서 가장 모식적으로 해안단구가 확인되는 곳으로 윤순옥 외(1999), 황상일 외(2000), 박한산 외(2001)에 의해 집중적으로 연구되었다. 지형면 분류결과, 크게 고고위(HH)면, 고위(H)면, 중위(M)면, 저위(L)면으로 구분되고, 이들은 다시 고고위 I(HH I)면, 고고위 II(HH II)면, 고위 I(H I)면, 고위 II(H II)면, 중위면, 저위 I(L I)면, 저위 II(L II)면으로 세분되었다. 한편 최성길 외(2003)는 연구지역 보다 북쪽에 있는 양남면 읍천리 일대의 해안단구를 구정선고도가 해발고도 160m로 가장 높은 읍천단구 I면, 140m인 읍천단구 II면, 120m인 읍천단구 III면으로 분류하였으나 지형면 분류도를 제시한 것은 아니었다.

남동해안 감포지역과 양남면 읍천리지역의 이와 같은 지형면 구분의 결과는 윤순옥 외(2002)에 의해 삼척 오십천 중·하류부에서 이루어진 해변면 동단구의 지형면 구분과 윤순옥 외(2003)의 정동진, 대진 지역에서 구분된 해안단구체계와도 대체로 조화된다.

이렇게 볼 때, 한국 남동해안에서 정동진, 대진 지역의 고고위면에 해당하는 해안단구가 추가적으로 확인될 가능성이 매우 높으며, 이와 같은 조사는 기간 논란이 되어온 제4기 동해안 용기의 남북간 지역차(오건환, 1980, 1981, 1983)를 확인하는데 단서를 제공할 것으로 생각된다. 특히, 고고위면은 지형면의 규모가 작고 산발적으로 분포하므로, 구정선고도를 결정하는데 어려움이 크므로 규모가 큰 지형면을 조사하여 구정선고도체계를 보다 객관적으로 검토할 필요가 있다.

본 연구에서는 이와 같은 문제를 논의하기 위하여 해안단구 고고위면이 넓게 분포하는 울산시와 경주시 경계부에 있는 해안을 대상으로 항공사진과 지형도 분석, 노두조사 등을 통해 지형면을 분류하고 고고위면을 비롯한 해안단구 지형면들을 확인하였다. 그리고 해변을 고고위면 형성 당시 수준까지 상승시켜 이 지형면 형성시기의 해안 경관을 복원하여 지형 발달 과정을 살펴보았다. 또한 연구지역과 더

불어 감포지역과 중부지역 동해안의 고고위면과 대비하여 지형면 형성시기를 검토하고 동해안 고고위면 해안단구 지형면 분류기준을 만들고자 한다. 아울러 각 지형면의 구정선고도와 지형면 형성시기와 관계에서 동해안 지반용기속도를 계산하였다.

2. 연구지역

연구지역은 울산광역시 강동면과 경주시 양남면의 경계에 있는 지경리 일대이다. 장기곶에서 울산만에 이르는 해안선은 서쪽의 양산단층선과 평행하게 북북동-남남서 방향을 취하며 전체적으로 직선상이지만 소축적지도에서는 주위의 해안선보다 바다 쪽으로 뚜렷하게 돌출되어 있다(윤순옥·황상일, 2000). 그러나 현재 해안선에서 보면 연구지역은 북쪽의 경주시 양남면 나아리와 읍천리, 남쪽의 울산시 정자리, 주전리에 비해 내륙쪽으로 만곡되어 내만의 형태를 취한다(그림 1).

기반암은 신생대 제3기 응회암으로 각력의 자갈을 포획하고 있다. 연구지역 북쪽에는 불국사산맥에서 발원한 관성천이 동남동류하여 양남면 수렴리에서 동해로 유입하고, 남쪽에는 관성천과 평행하게 흘러 울산시 강동면 신명리에서 동해로 유입하는 신명천이 흐른다. 이 하천들 사이의 산지는 해발고도 200m 내외로 높지 않으나 사면경사가 급하며 관성천과 신명천으로 유입하는 짧은 지류들이 발원하는데, 관성천의 하류부로 유입하는 지류들은 북류하고 신명천으로는 남류하고 있다. 그러므로 연구지역 중앙의 동쪽과 서쪽 산지 사이에는 남-북 방향으로 개석된 하곡이 지난다. 서쪽은 해발고도 227m의 고지를 중심으로 남-북 방향으로 긴 능선을 이루고, 동쪽은 해안으로 유입하는 개석곡에 의해, 동-서 방향으로 긴 능선의 형태를 취하고 있다.

3. 지형면 분류 및 노두 기제

1) 단구면의 공간분포

그림 2는 연구 지역의 해안단구 지형면 분류도이다. 해안단구는 고고위 지경(HH JK)면, 고고위 I(HH I)면, 고고위 II(HH II)면, 고위면(H), 저위

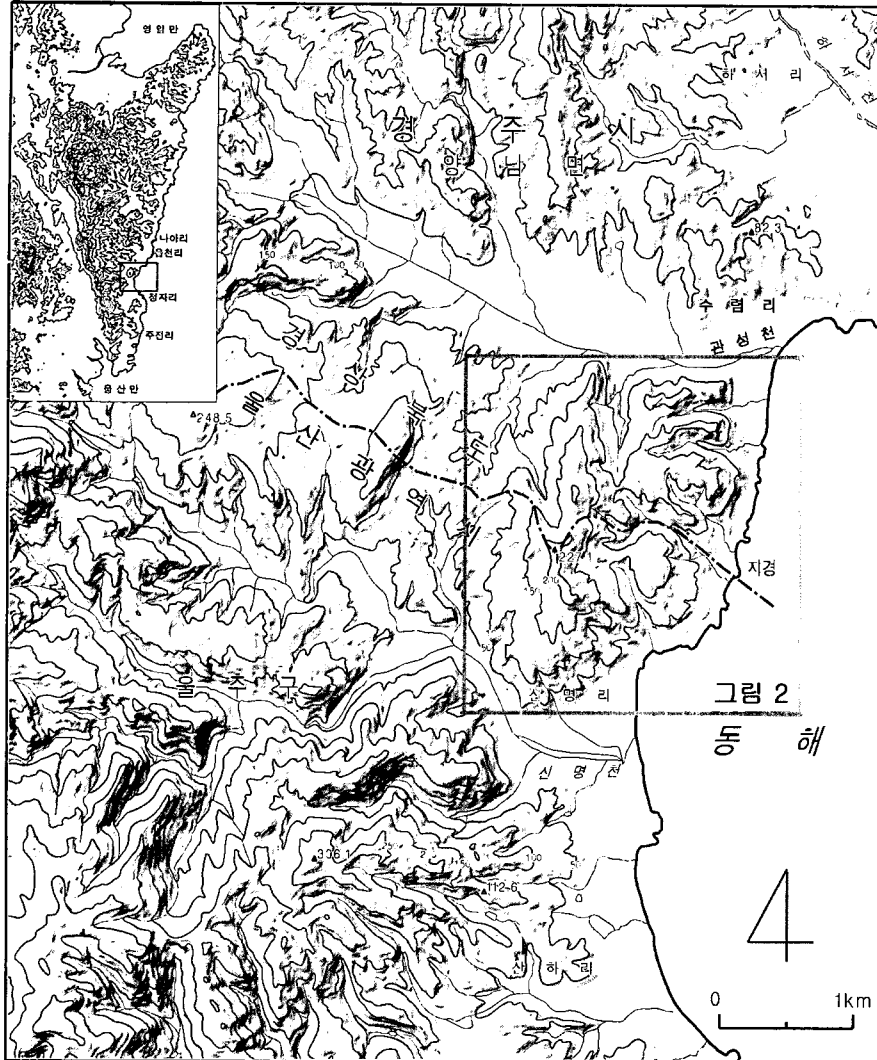


그림 1. 지경리 일대의 지형 개관(지도 중 네모는 그림 2의 실제 조사지역)

I(LI)면, 저저위(LL)면으로 구분된다. 고위면은 남동해안의 구룡포~下西里(윤순옥·황상일, 2000)에서와 마찬가지로, 세분되지 않고 하나의 면으로 나타나는 경우가 많다. 그리고 중위면과 저위 II(L II)면은 나타나지 않는다. 다만 남동해안의 다른 지역에 비해 고고위면은 지형면의 규모가 크고 밀도가 높아 주목을 끈다.

고고위 지경면(지형면 A, B)은 울산시 강동면 신명리에서 두 개가 확인되는데 지형면 폭이 100~150m이다. 고고위 I면은 금바위 마을 북서쪽(지형면 D)에서 폭 250m 정도로 상당히 넓다. 관

성리 남서쪽의 고고위 I면(지형면 E)은 개석을 많이 받아 부분적으로 능선의 형태로 좁아진 부분도 있지만 전체 폭이 600m에 달한다. 고고위 II면은 관성리 서쪽에서 폭 300~500m로 대단히 넓게 남아 있다. 그러나 오랜 기간동안 개석을 받았으므로 지형면은 동-서 방향으로 좁고 긴 능선의 형태를 취한다. 고고위 II면 중 평면적으로 단일 지형면의 규모가 가장 큰 것은 관성리 남서쪽의 지형면 G로 폭이 600m에 이른다.

고위면은 주로 신명리에서 지경리 사이의 해안에서 확인된다. 이들 지형면의 폭은 50~150m로서

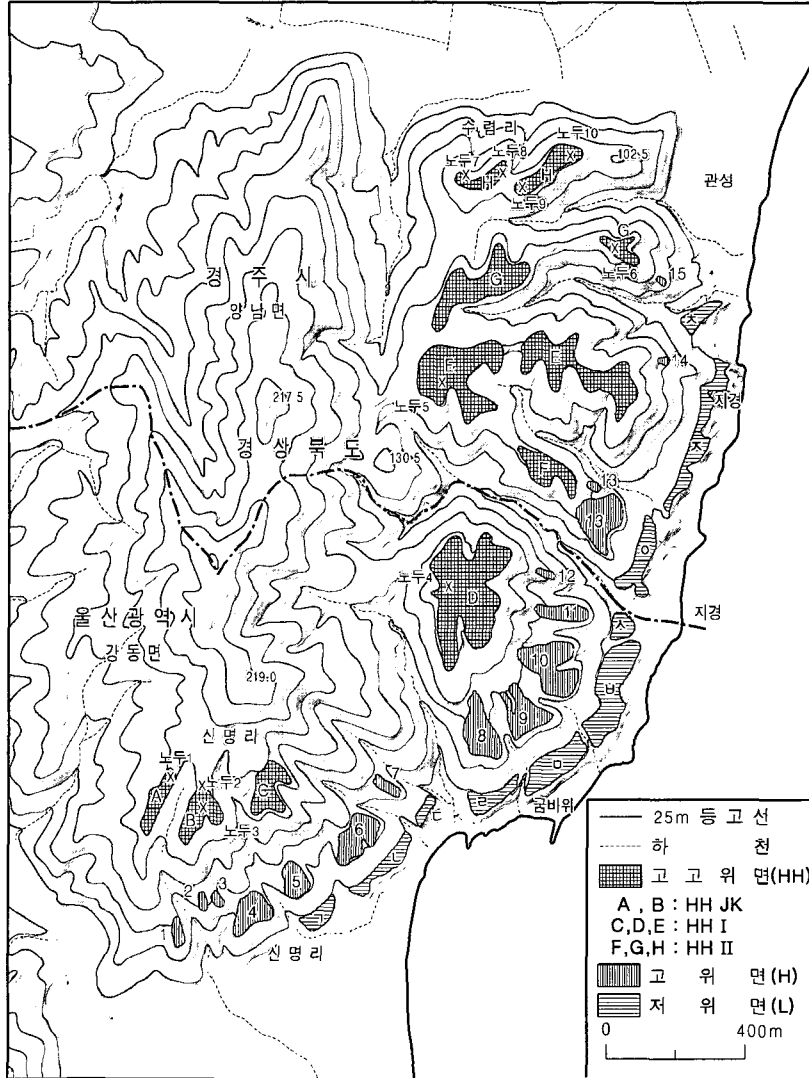


그림 2. 연구지역의 해안단구 분포

고고위면에 비해 훨씬 좁을 뿐 아니라, 한국 남동해안에서 고위면 규모로는 크지 않은 편이다. 특히, 관성리 부근의 고위면은 매우 단편적이며, 해안단구 지형면이 계단상으로 나타나지 않아, 단지 표층에 노출된 원력으로 확인 할 수 있을 정도로 경사가 급하다. 중위면은 발견되지 않고, 저위면도 해안을 따라 좁은 폭으로 분포하는데 이 지형면 위를 31번 국도가 통과하고 있다.

2) 단구면의 고도분포 특징

그림 3은 신명리에서 관성리까지 해안선을 따라

지형면을 고도별로 나타낸 것이다.

고고위 지경면(지형면 A, B)은 최고고도 155m, 최저고도 130~140m까지 나타난다. 고고위 I면(지형면 C, D, E)은 신명리, 굽바위, 지경에서 나타나며, 최고고도 135~145m, 최저고도 110~120m이다. 고고위 II면(지형면 F, G, H)은 지경과 관성리에서 확인되는데 최고고도 112~117m, 최저고도 95~100m이다.

고위면은 해발고도 50~95m에 분포하는데, 최고고도 85~95m인 group(지형면 2, 8, 10, 11, 12, 13, 14)과 70~78m인 group(지형면 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9,

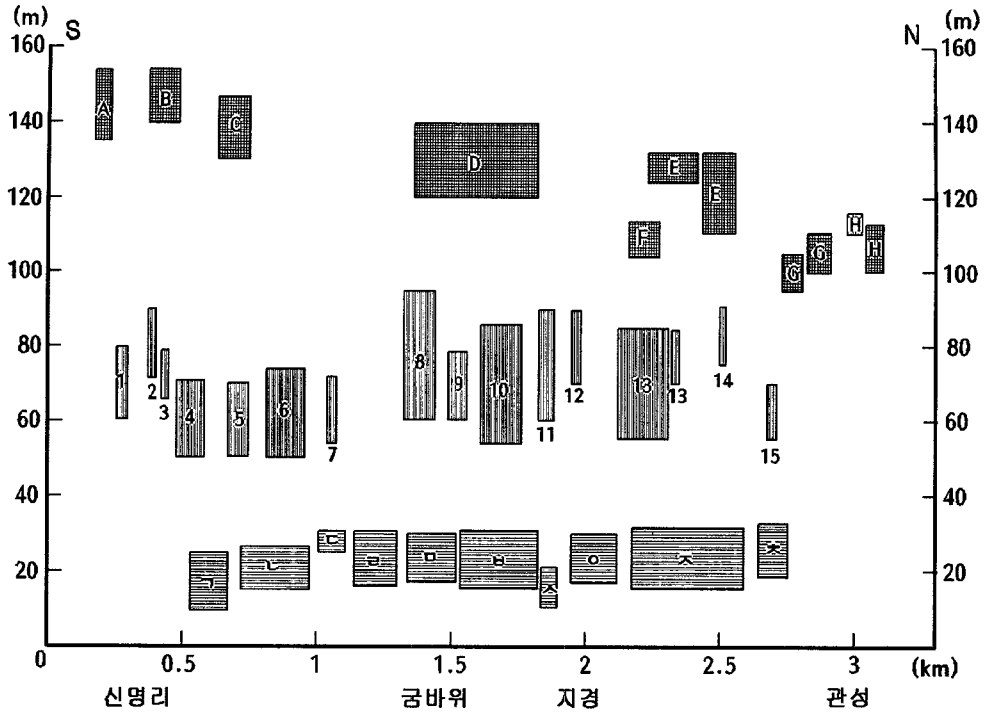


그림 3. 지경리 일대의 해안단구 수직분포(■ 고고위면, ▨ 고고위면, ▨ 저위 I면)

15)으로 나눌 수 있다. 최저고도는 55~75m까지 다양하게 나타나는데, 최고고도가 90m 이상인 경우는 70~75m로 많고, 최고고도 70~78m인 경우는 55~60m로 적다. 그러나 최고고도가 85m인 경우(지형면 10, 13)는 최저고도 55~60m로 매우 폭 넓게 나타나고 있는 것이 특징이다. 고고위면의 이와 같은 경향은 중부 동해안 정동진, 대진지역과 감포의 대분리와 나정리 해안단구에서도 확인되는데, 구정선 고도 90m 지형면과 70m 지형면 사이의 단구애가 미약하므로 단구면 자체의 고도차가 대단히 큰 단일면으로 분류되기도 한다.

저위 I면은 최고고도 25~30m, 최저고도 15~20m인데, 최고고도가 30m인 경우는 소하천이 하곡을 빠져나오는 부분에서 나타난다. 이것은 해안단구 위에 하천 퇴적물이 선상추의 형태로 피복되어 있기 때문에 고도가 높아진 것이다. 따라서 이 지역 저위 I면의 구정선 최고고도는 20~25m로 볼 수 있다. 그림 3에서 제외되었지만 가장 낮은 해안단구는 해발고도 5~6m에서 분포한다.

3) 해안단구 고고위면 퇴적물 특징

(1) 고고위 지경면(HH JK)

노두는 두 지점(A, B)에서 확인되었다. 그림 4는 신명리 지형면 A의 해발고도 151m에서 얻은 두께 90cm의 노두를 그린 것이다. 이 퇴적층은 세 개의 층준으로 세분된다. 가장 아래층은 표면에서 70cm 아래에 있는 역층이다. 자갈의 밀도가 매우 높는데, boulder급은 아원력, cobble 및 pebble급은 원력, 아원력, 아각력으로 이루어져 있다. 풍화가 매우 많이 진행되어 granule, pebble은 점토화되었으며, 호미로 굵으면 mosaic 무늬로 된다. matrix는 적갈색(2.5YR 4/6)으로 silt와 clay의 비율이 매우 높다. 지표면 아래 40~70cm의 중간층은 cobble 및 pebble 급 원력이 포함되어 있으며 matrix는 매우 compact하고 명적갈색(5YR 5/6)을 띤다. 원력의 granule이 많이 포함되어 있고, 아주 드물게 신선한 각력이 발견되나 호미로 굵으면 mosaic 무늬가 될 정도로 풍화가 진행되었다. 전체적으로 상부에서 운반되어 재퇴적된 층준으로 생각된다. 표층은 지

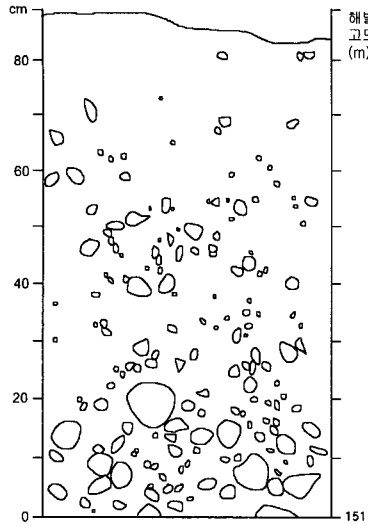


그림 4. 고고위 지경면 퇴적상(신명리 A, 노두 1)

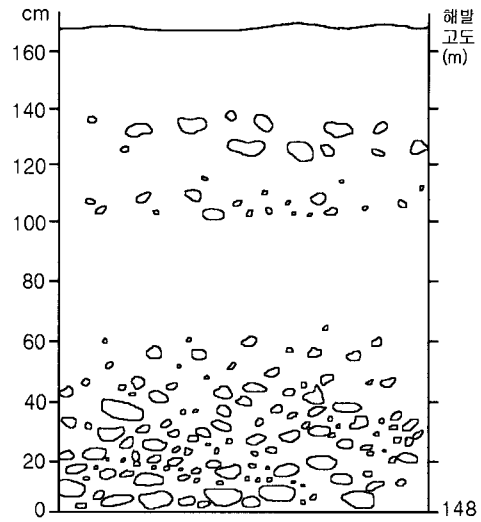


그림 5. 고고위 지경면 퇴적상(신명리 B, 노두 3)

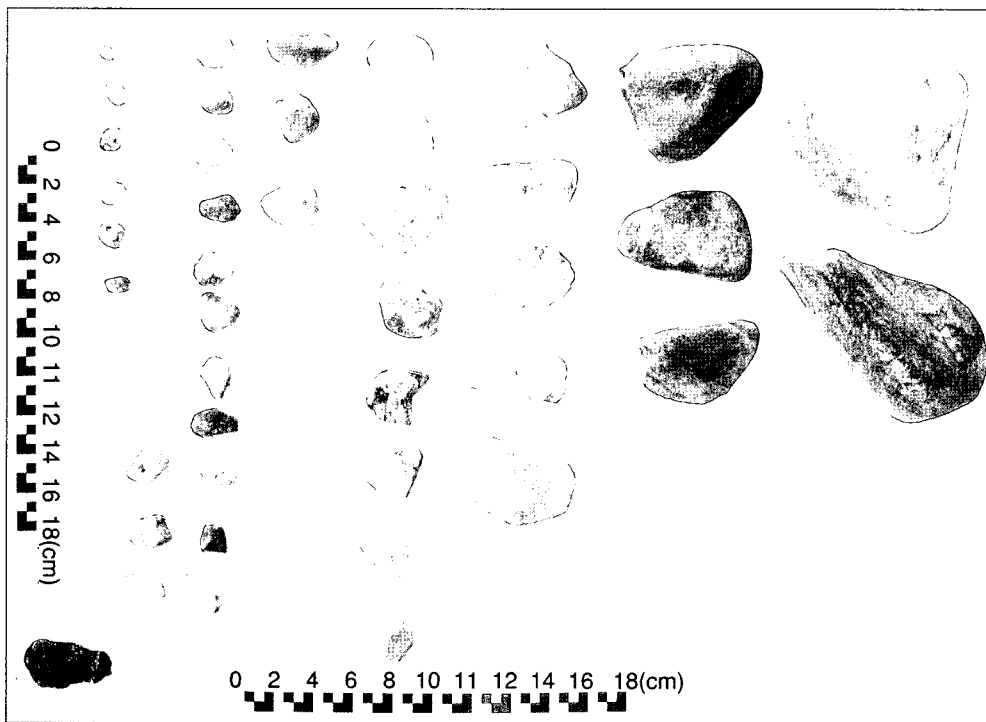


그림 6. 고고위 지경면 해안단구 자갈(신명리 B, 노두 3)

표면에서 40cm까지인데, 토양색은 갈색(10YR 4/6)이며, 완전히 풍화된 pebble급의 원력과 아원력이 포함되어 있다. matrix는 compact하지 않고 공극이 큰 편이다.

지형면 B에서는 두개의 노두가 확인되었다. 해발고도 153m에서는 두께 50cm의 역층, 해발고도 148m에서는 170cm의 해안단구 퇴적층(그림 5)이 발견되었다.

해발고도 153m의 노두는 크게 3개의 층으로 세분된다. 지표로부터 50cm 아래에는 적갈색(2.5YR 4/8)의 matrix에 자갈이 다소 포함되어 있는데, cobble 및 pebble급의 원력, 아원력은 거의 완전히 풍화되어 matrix에서 분리해내기가 어렵다. 이 층 위에는 두께 약 25cm의 compact한 적갈색(2.5YR 4/6)silty clay층이 나타난다. 자갈들이 약간 포함되어 있으며 pebble 및 granule급의 원력들은 완전히 풍화되어 점토화 되었으므로 matrix가 매우 치밀하다. 표층은 두께 25cm인데, 토양은 명갈색(7.5YR 5/6)이며 compact하지 않고 공극이 매우 많으며 가볍다. pebble급의 원력과 아원력이 각각 반 정도씩 포함되어 있으며, 아원력의 cobble급도 드물게 포함되어 있다.

해발고도 148m의 두께 170cm의 노두(그림 5)도 3개의 층으로 세분된다. 표층에서 120cm 아래에는 명적갈색(2.5YR 5/8)의 bedding이 양호한 역층이 있다. matrix는 silty clay로서 대단히 compact하다. 원력들이 높은 밀도로 포함되어 있으나 거의 완전히 풍화되었다. 이 층의 위 부분에는 pebble급 자갈이 대부분이고 cobble급이 가끔 포함되어 있으며, 아랫부분에는 cobble급이 상당히 많이 포함되어 있고 pebble급 이하의 세력들도 많이 포함되어 있다. 이들은 대부분 원력이며 아원력이 가끔 포함되어 있는데, cobble급은 특히 아원력이 우세하다. pebble급 이하의 matrix와 쉽게 분리되지 않는다. 역에 포함된 석영들도 풍화되어 대부분 지압에도 부서진다. 이 층 위에는 두께 70cm의 적갈색(2.5YR 4/6)을 띠는 매우 compact한 silty clay층이 나타난다. 역은 매우 드물게 포함되어 있으며 matrix는 점토화가 진전되어 있다. 표층은 두께 약 50cm인데 위부분은 황갈색(2.5YR 5/3)을 띠며 자갈이 포함되지 않는 silt이고, 아랫부분은 갈색(10YR 4/6)의 boulder를 포함하는 silt층이다. 이 거력은 풍화작용을 받아 표면에 구멍이 많이 만들어져 있다. 노두 부근의 지표면에 이와 유사한 자갈들이 흩어져 있는 것에서 볼 때, 이 층을 이루는 퇴적물은 재퇴적된 것으로 생각된다.

신명리의 고고위 지경면에서는 퇴적층 아래 기반암의 고도를 확인할 수 없었으며, 퇴적물을 구성하고 있는 자갈의 입경이 cobble 및 boulder급들도 다수 포함되어 전체적으로 조립질이다.

(2) 고고위 I면

해발고도 140m에 있는 고고위 I면인 지형면 D에는 남쪽에 있는 고고위 지경면과는 대조적으로 기반암이 거의 표층까지 나타난다. 적갈색의 silt층이 두껍게 퇴적되어 있으나, 원력의 pebble과 granule급들이 매우 드물게 포함되어 있다. 이들은 석영질인데 마식에 의해 표면은 매끈하지만 오랜 풍화작용으로 미세한 홈들이 많이 만들어져 있다.

지형면 E의 가장 높은 부분인 해발고도 135m에서는 두께 90cm 정도의 노두(그림 7, 노두 5)가 확인된다. 이 퇴적층은 크게 두 개의 층으로 구분되는데 표층과 하부층으로 나누어진다. 하부층은 지표에서 30~40cm 아래에 있는데 적갈색의 clayey silt층이다. 토양은 매우 compact하며 석영질의 pebble급 원력, 아원력이 드물게 포함되어 있다. 이들은 표면이 매끈하며 원마도가 높아 현재 해안에 퇴적된 것과 같은 정도로 잘 보존되어 있다. 표층은 위쪽과 아랫부분으로 세분되는데, 윗쪽은 유기질층으로 암갈색이고, 아랫부분은 황갈색층으로 공극이 많아 느슨하며 거의 silt로 이루어진다. 이곳에도 원력의 pebble 및 granule급이 드물게 포함되어 있다.

(3) 고고위 II면

고고위 II면 노두는 지형면 H의 네 지점에서 확인되었다(노두 7~10). 가장 동쪽 해발고도 110m(노두 10)에서는 기반암 위에 얇게 피복된 표층에

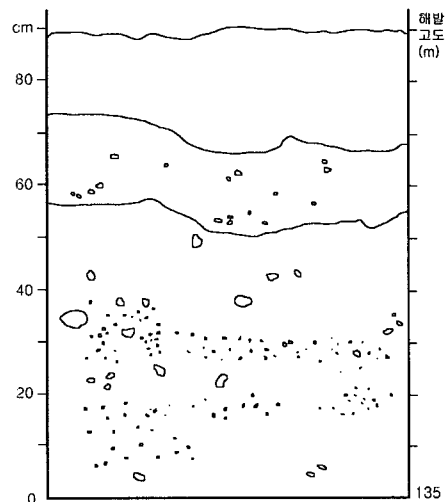


그림 7. 고고위 I면 퇴적상(관성리 E, 노두 5)

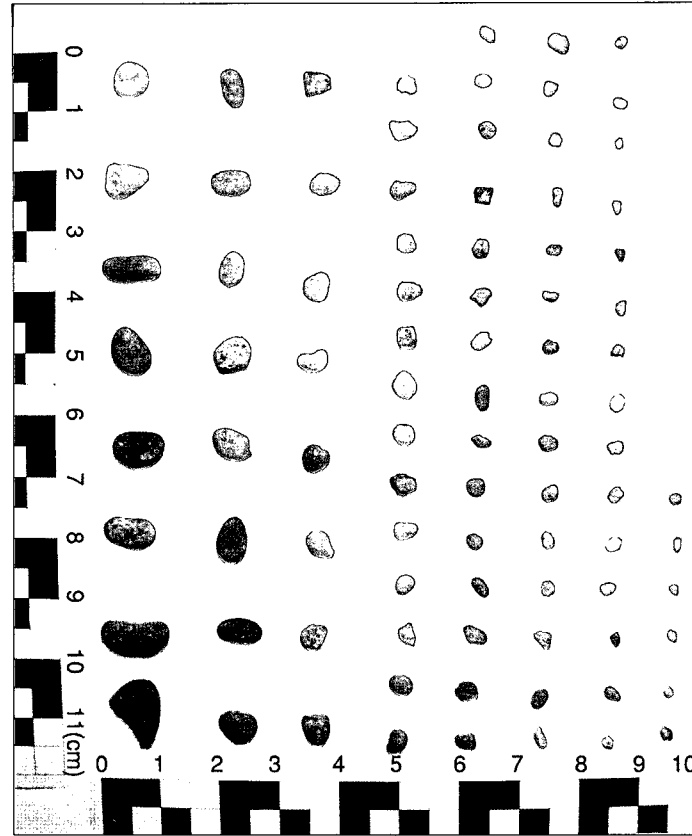


그림 8. 고고위 I면 원력 및 아원력(관성리 E, 노두 5)

서 pebble급 원력들이 수집되었다. 이 원력들은 표면이 매끈하고 원형이 그대로 남은 것들도 있으나 대부분 표면이 풍화작용을 심하게 받아 해성력인지 구분하기가 쉽지 않다. 다만 현재 해안에 퇴적되어 있는 것과 같은 해성력들이 드물게 포함되어 있으므로 해성단구 퇴적물임을 알 수 있다. 지형면 H의 노두 9에서는 주로 석영으로 된 입경 10mm 이하의 pebble들이 드물게 발견되었는데 원력이지만 표면이 풍화되어 많은 흠들이 있고 표면의 매끈한 정도가 떨어진다. 그러나 매우 드물게 표면이 매끈한 완전한 원력도 확인된다. 지형면 H 가운데 노두 8의 110m 지점에서는 지표면에 원력 및 아원력들이 많이 흩어져 있다. 이들 중 대부분은 석영으로 입경 5~10mm이며 원력이지만 풍화작용을 받아 표면은 매끈하지 않고 거칠다. pebble급이면서도 상대적으로 입경이 큰 역들은 표면이 매끈하며 현재 해안에서 볼 수 있는 원력의 형태를 그대로

로 유지하고 있다. 지형면 H의 가장 서쪽 해발고도 115m인 노두 7에서는 입경 10mm 이하의 pebble급 석영 입자들이 대단히 드물게 포함되어 있다. 이것들은 지형면 H의 다른 노두에서 확인된 석영질 자갈들과 유사하지만, 토양 내에서 오랫동안 풍화작용을 받아 쉽게 부스러지며, 원력의 형태를 유지하는 것은 드물다.

지형면 G의 가장 동쪽인 해발고도 113m의 노두 6에서는 기반 위에 약 30cm 두께 토양층에서 풍화를 받아 표면이 거친 pebble급의 원력과 아원력들이 발견된다.

해안단구의 수직분포(그림 3)와 노두의 해발고도를 검토하면 고고위 II면의 구정선 고도는 115m로 보는 것이 타당하다. G, H 지형면에서는 기반암이 거의 표층까지 나타난다. 퇴적층은 기반암 위에 얇게 얹혀있는데, 여기에는 pebble급의 자갈들이 주를 이룬다.

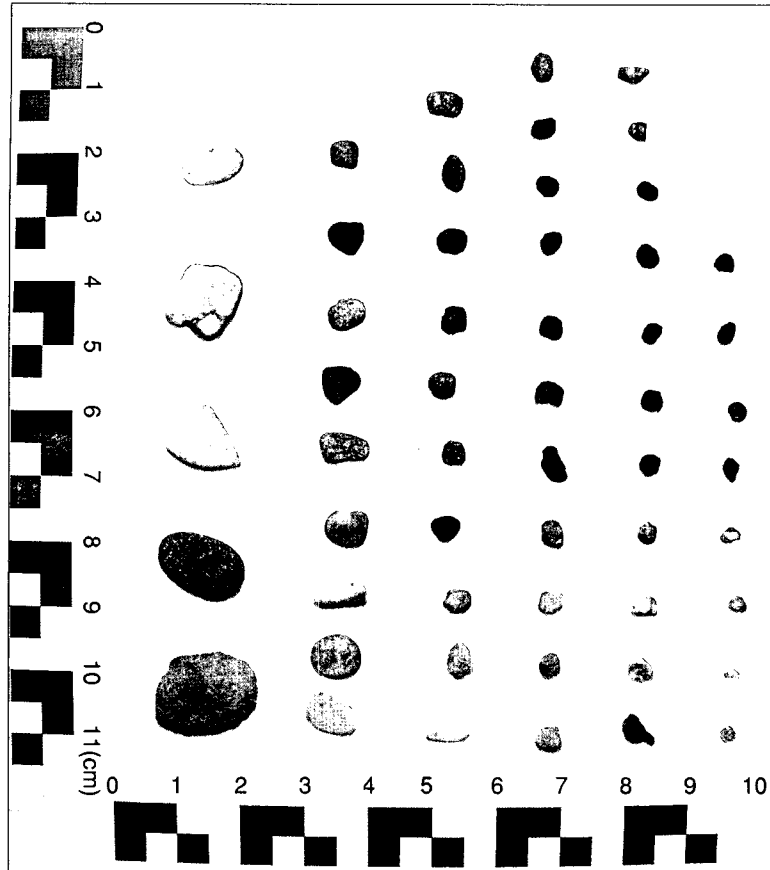


그림 9. 고고위 II면 해안단구 원력 및 아원력(관성리 H, 노두 8)

4. 토론

1) 해안단구 지형발달

신명리의 고고위 지형면 노두는 지형면 형성 당시 섬이었던 신명리의 남쪽에 있었다. 역층이 해발 고도 153m까지 확인되었지만, 지형면 전체의 분포 경향을 볼 때, 구정선 고도는 155m였던 것으로 생각된다.

그림 10은 해발고도 140m까지 해면을 상승시켜 고고위 I면이 형성될 때 연구지역의 환경을 복원한 것이다. 연구지역 남쪽의 신명리 고고위 I면 노두에서는 cobble급 원력을 중심으로 퇴적층이 형성되어 있으며 기반암은 확인할 수 없었다. 그러나 지경 서쪽의 해발고도 140m 노두에서는 기반암이 거의 지표면까지 분포하며, granule급의 석영질 역들이 퇴적되어 있다. 관성리의 남서쪽 지형면에서는

해발고도 135m에서 지형면이 분포한다.

고고위 II면은 관성천의 남쪽에 형성되어 있으며, 기반암이 거의 표층까지 나타나고, 지형면 위에 pebble급 원력들이 매우 많이 포함되어 있다. 역들은 대부분 석영질인데 표면이 원형이지만 매끈하지 않고 거칠다. 다른 암석으로 된 원력들은 드물게 있지만 표면이 둥글고 매끈하여 원래 파랑에 의해 파식될 때의 형태를 그대로 유지하고 있다. 이와 같은 해안단구 고고위면 퇴적물의 특징은 전체적으로 남쪽이 조립질이며 북쪽일수록 세립질이다. 이것은 이 지역의 해안에서 간빙기의 해안 퇴적물이 남쪽에서 북쪽으로 흐르는 연안류에 의해 운반되며, 해안으로 접근하는 파랑이 남동쪽에서 접근하여 swash에 의한 해안 표류의 방향이 남쪽에서 북쪽으로 향했던 것에 기인한 것으로 판단된다.

한편 이 지역에서 고고위면의 지형면 규모가 고위면과 저위면에 비해 매우 큰 것은 다음과 같은

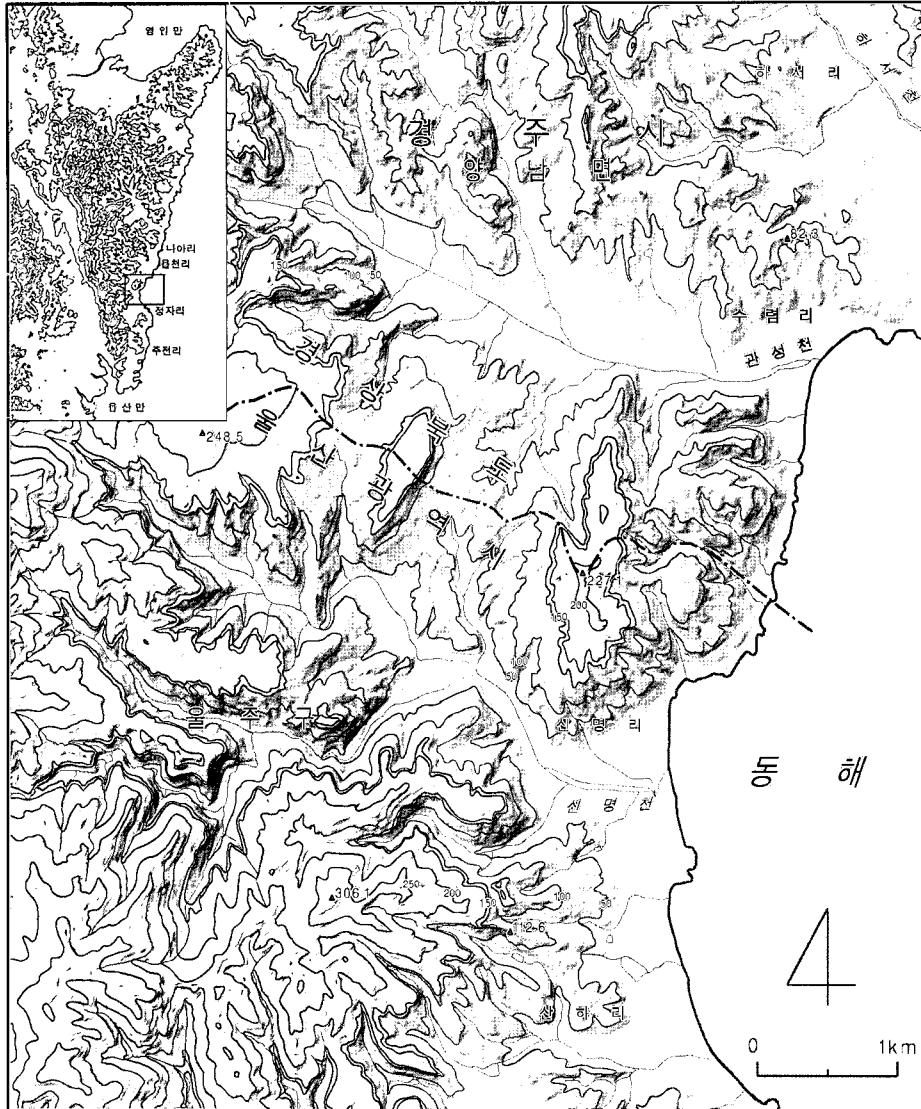


그림 10. 고고위 1면(구정선 고도 140m) 형성기 지경리 일대의 지형경관(어두운 부분은 바다)

요인들에 기인한 것으로 생각된다.

첫째, 한국 남동 해안에서 해안단구는 headland와 바다를 향해 호상으로 돌출한 해안에 집중적으로 분포하고 있다(윤순옥·황상일, 2000). 현재 지경리 지역의 해안선은 바다로 돌출한 것이 아니라 오히려 육지쪽으로 들어와 내만의 형태를 취하고 있다. 그러나 구정선고도 140m인 고고위 1면이 형성될 때는 그림 10에서 확인할 수 있는 것처럼 이 해안은 바다쪽으로 돌출한 섬이었다. 따라서 파랑에너지가 이 섬의 동쪽 해안에 집중되어 넓은 파식대가 형성

되었으므로 고고위면 위 역층의 두께는 매우 얇다.

둘째, 고고위면이 형성될 때 이 고도 부근에 이미 기반암의 평탄면이 어느 정도 넓게 형성되어 있었을 가능성이 있다. 현재 지형면은 개석이 심하게 진행되어 능선의 형태로 좁게 남아 있으나, 원래의 지형면은 상당히 넓었을 것이다. 기반암이 제 3기 응회암이어서 침식에 대한 저항력이 크게 강하지 못한 것이 파식대를 넓게 형성하는데 기여하였다고 판단된다. 고고위면들 사이의 하곡을 흐르는 하천들은 대체로 해안단구 고고위면으로 이루어

어진 분수계에서 발원하므로 이들 하곡은 해안단구 형성 이후 본격적으로 발달한 것이다.

셋째, 이 지역 고고위면의 바닷쪽 산지는 사면 경사가 매우 급하다. 따라서 외해에서 접근하는 파랑은 수심이 저하되면서 나타나는 파랑에너지 쇠감효과가 거의 일어나지 않고 headland를 이루고 있었던 고고위면에 강한 파식을 가할 수 있었다.

넷째, 고고위 I면과 II면은 배후산지와 연속되지 않고 남-북 방향의 하곡에 의해 배후산지와 분리되어 동-서방향의 폭 800m, 남-북 길이 약 1.5km에 이르는 독립 구릉을 이루고 있다. 따라서 외해에서 접근하는 파랑이 이 독립구릉을 지나가면서 보다 효율적으로 침식작용을 할 수 있었으므로 기반암의 파식대가 넓게 만들어지고 규모가 큰 단구면이 발달하였다.

한국 남동해안과 정동진, 대진지역에서는 고위면의 폭이 매우 넓는데 비해 지경리지역의 고위면은 상대적으로 지형면의 규모가 작다. 그러나 정동진, 대진지역과 마찬가지로 지형면이 해발고도 90m와 50m 사이에 분포하여 최고고도와 최저고도의 비고차가 고고위면 보다 크다. 지금까지 고위면의 고도분포는 일부 지형면의 경우 구정선고도 90m 부근에 있으나, 일부는 구정선 고도가 70m 부근에 있으며, 나머지는 이 두 지형면을 포괄하여 하나의 단구면으로 나타난다.

윤순옥 외(2003)는 정동진, 대진지역에서 해안단구 고위면의 특징을 파악하고, 삼척 오십천 하류부의 해면변동단구 연구결과(윤순옥 외, 2002)와 대비하여 고위면을 구정선고도 90m와 70m인 고위 I면과 고위 II으로 세분하고, 이 두 지형면 사이의 단구애가 미미한 것을 지적하였다. 이와 같은 양상은 이들을 형성한 간빙기 사이에 단구애를 형성한 빙기(MIS 10)의 지속기간이 매우 짧은데 기인한 것으로 해석하였다. 그리고 고위면의 규모가 대단히 큰 것은 다음과 같은 두 가지 원인으로 설명하였다. 첫째, 이 지형면을 형성할 때 해면 부근에 완사면이 존재했으며, 이후 파랑에 의해 용이하게 넓은 파식대가 되었다. 둘째, 고위면을 형성한 간빙기의 기간이 매우 길었으므로, 파랑의 영향을 오랫동안 받아 폭 넓은 지형면이 만들어 졌다.

그러나 지경리 지역에서 고위면이 상대적으로 좁게 분포하는 것은 고위면이 형성되던 간빙기에

이 해안은 더 이상 headland가 아니고 직선에 가까운 해안이었으므로 파랑에너지가 집중되기 어려웠기 때문이다. 그리고 고고위면 보다 아래의 산지사면이 경사가 급하여 지형면을 만들기 어려웠고, 고위면 형성 이후 지형면들이 지속적으로 해체되었던 것으로 생각된다.

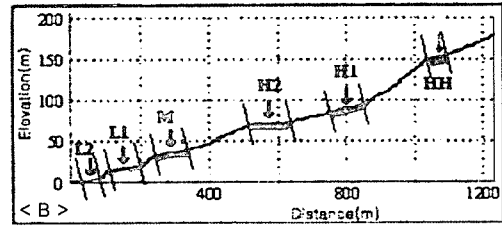
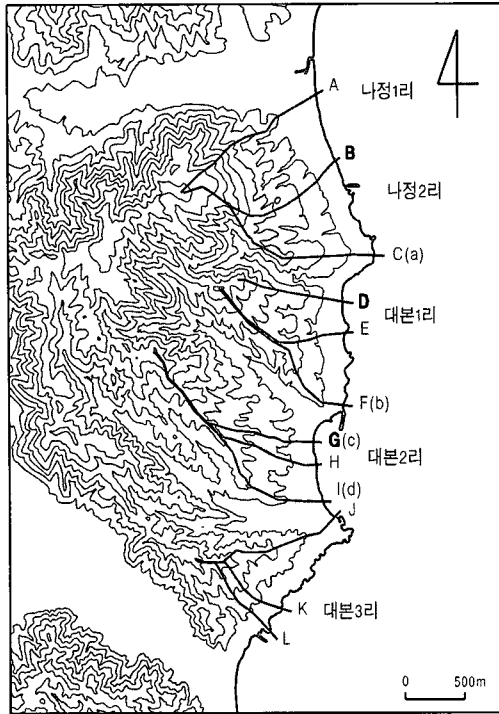
윤순옥 · 황상일(2000)에 의해 분류된, 연구지역 바로 북쪽의 나아리, 읍천리, 수렴리에서는 중위면과 저위면이 매우 넓게 형성되어 있는데 비해 연구지역에서 중위면은 확인되지 않으며, 구정선고도 25m인 저위 I면이 좁게 분포하고, 저위 II면은 거의 없으며, Holocene에 형성된 해발고도 5m의 해안단구 지형면이 다소 넓게 나타난다. 이것은 중위면이 형성될 때부터 이 해안은 더 이상 headland가 아니고, 오히려 내만의 형태를 취하였으므로 파랑에너지가 이곳에 집중될 수 없었으며, 저위면 형성 시기에 침식작용을 받아 해안단구 중위면이 개척되었기 때문일 것이다.

2) 동해안 해안 단구 지형면 대비

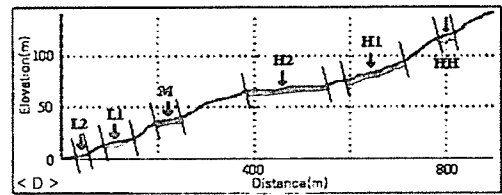
현재까지 강원도 정동진에서 울산-경주 경계지역 사이의 해안에서 보고된 해안단구 고고위면에 대한 구정선고도는 선행연구들 간에 약간 차이가 있다.

고고위 지경면의 경우 삼척 오십천 해면변동단구와 정동진에서는 이 지형면이 발견되지 않았다. 연구지역에서 고고위 지경면(HH JK)은 해발고도 153m에서 원력과 아원력이 발견되었으나, 구정선고도는 이보다 약간 더 높다. 읍천리에서도 해발고도 160m인 산지 정상부의 동쪽 사면에서 원력이 확인되었다. 읍천리에는 몇 개의 활단층에 대한 보고가 있고, 이들 단층선에 의해 지경리와 단구면의 구정선 고도에 차이가 발생하였는지는 앞으로 세밀하게 검토하여야 하지만, 연구지역에서는 고고위 지경면의 구정선고도는 155m 정도로 보는 것이 타당하다고 생각된다.

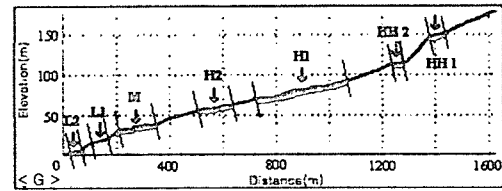
고고위 I면은 연구지역에서 북북동쪽으로 약 22km 떨어진 경주시 감포읍 나정 2리와 대본 2리에서 구정선고도 150m(그림 11), 삼척 오십천 해면변동단구에서도 구정선 고도가 150m이지만 정동진과 본 연구지역에서는 140m로서 약 10m 차이가 난다. 이것은 감포지역의 경우 1:25,000 지형도에서 지형면 분류와 종단면을 작성하였으므로 생



 나정 2리 HH I; 150m



<D> 대본 1리 HH II; 120m



<G> 대본 2리 HH I; 150m, HH II; 110m,

그림 11. 감포 대본리와 나정리와 해안단구 종단면도(황상일 외, 2000)

긴 오차로 볼 수 있고, 삼척 오십천의 경우 하천 하류부에서 퇴적된 두터운 사력층에 의해 나타난 결과로 생각된다. 따라서 구정선고도는 140m로 하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

고고위 II면은 감포읍 대본 2리에서 구정선고도는 110m였고, 대본 1리에서는 120m였다. 삼척 오십천과 정동진에서는 110m, 본 연구지역에서는 115m이다. 삼척과 정동진의 경우 독립된 산지의 정상과 산지에서 돌출된 좁은 지형면이므로, 지형면이 삭박되어 지형면의 고도가 낮아진 것으로 추정된다. 아울러 이들 지역의 고고위 II면은 단지 1개씩 확인되었으므로, 고고위 II면이 넓게 분포하는 본 연구지역을 기준으로 하는 것이 옳다고 본다.

경주시 감포읍 대본리와 나정리 일대 고위면은 해발고도 50~90m 사이에 걸쳐 있어서 지형면 자체의 고도차가 매우 크다. 삼척 오십천의 해면변동단구에서도 고위 I면은 90m, 고위 II면은 70m에서 확인되는데, 이 고도들은 모두 지형면 형성 당시의 구정선고도로 볼 수 있다. 고위 I면과 고위 II면 사이에 형성된 단구에는 경사가 완만하여 양 지형면

은 점이적으로 만난다. 그리고 정동진과 대진지역에서는 구정선고도가 고위 I면 90m, 고위 II면은 70m였다. 역시 고위 I면과 고위 II면 사이의 단구에는 명료하지 않은 편이다. 이와 같은 고위면의 특징은 연구지역에서도 유사하며, 구정선고도는 고위 I면 90m, 고위 II면이 70m였다.

3) 단구면 형성시기

연구지역에서 확인된 해안단구는 구정선 고도가 155m인 고고위 지경면, 140m인 고고위 I면, 115m인 고고위 II면, 90m인 고위 I면, 70m인 고위 II면, 25m인 저위 I면, 5~6m인 Holocene 해안단구이다. 이와 같은 해안단구체계는 남동해안의 대본리와 나정리의 해안단구체계와 중부 동해안 정동진, 대진지역의 체계와 거의 같으며 삼척 오십천 중·하류부의 해면변동단구체계와도 잘 조화된다. 다만 중위면과 저위 II면이 확인되지 않는데, 이것은 이 지역의 지형적인 특색에 의해 계단상으로 지형면이 나타나지 않는 것일 뿐, 해안단구를 이루는 원력은 찾을 수 있다. 지경리 지역의 해안단구들은

고고위면에서도 신선한 자갈들이 발견되고 있으며, 지형면들 사이에 구정선 고도는 20m 내지 30m 비 고차를 보이며 그 간격이 균일한 편이다. 이것은 해안단구들을 형성한 간빙기와 간빙기 사이의 시간 간격이 대체로 균일했음을 암시한다. 이와 같은 관점에서 볼 때, 이 지역의 단구면 형성시기는 중부 동해안에서 논의된 해안단구 형성시기에 대비하여도 무리가 없을 것으로 판단된다. 따라서 고고위 지형면은 MIS 17에 해당하는 Interglacial III(72~69만년 BP), 고고위 I면은 MIS 15에 해당하는 Cromerian IV기(63~56만년 BP), 고고위 II면은 MIS 13에 해당하는 Elster 1/2(51~48만년 BP)에 형성된 것으로 생각되며, 고위 I면은 MIS 11, 고위 II면은 MIS 9시기에 해당하는 Holsteinian Interglacial (43~30만년 BP)에 형성된 것으로 볼 수 있는데, 이들 사이의 MIS 10은 그 지속기간이 약 10,000년으로 매우 짧았다(윤순옥 외, 2002, 2003).

한편 고위 I면의 경우, Oh, G. H.(1977, 1980, 1981)과 Chang, H.(1987)는 Pleistocene 중기, Kim, J. Y.(1990)와 김주용 외(1998)는 Pleistocene 전기, Lee, D. Y.(1985, 1987)은 Pliocene로 편년하였다. 특히 Lee, D. Y.(1985, 1987)과 Kim, J. Y.(1990), 김주용 외(1998)는 구정선 고도 90m인 우리나라 동해안 해안단구 고위 I면이 가장 높은 고도에 나타나는 해안단구로 파악한 결과 제4기 기후변화의 산물인 해안단구의 형성시기를 제4기가 시작되는 제3기 말이나 제4기 초로 편년하였다. 따라서 지형면들 사이의 구정선 고도차가 거의 동일함에도 불구하고 구정선 해발고도가 높아질수록 지형면들 사이의 시간 간격이 매우 크게 설정되었으며, 이러한 시간 차이는 납득하기 어렵다.

따라서 고위면보다 높은 고도에서 고고위면들이 발견되었고 구정선 고도가 높은 고고위면과 고위면 구정선고도들 사이의 간격이 20~30m 정도로 거의 일정하며, 퇴적물의 특성에 있어서도 형성시기 간격을 지나치게 길게 잡을 근거가 없으므로 그들의 지형면 형성시기에 대한 편년은 수정되어야 한다.

4) Pleistocene 중기 이후 동해안 지반운동 양상

오건환(1981)은 동해안의 정동진에서 포항까지

해안단구 지형면을 분류하고 해안을 따라 구정선 고도를 검토하여 고위면의 경우 정동진에서는 50~100m인데 비해 남동해안의 감포에서는 60~80m, 부산만에서는 20~50m로 남쪽으로 갈수록 낮아진다고 판단하였다. 이 해안선 가운데 정동진에서 방어진 사이의 해안에서도 포항을 경계로 그 경향이 다르게 나타나는데, 정동진~포항과 대보장기곶~울산 방어진에서는 각각 다른 양상을 보이는 것으로 생각하였다. 즉 정동진에서 고위면은 100m, 중위면 80m, 묵호에서는 고위면이 80m, 중위면은 60m이지만, 포항 칠포에서는 고위면이 해발 고도 50m까지, 중위면은 포항의 죽천 일대에서 해발고도 35m로 정동진, 묵호 지역에 비해 크게 낮아진다고 결론 지었다. 그리고 대보의 장기곶에서 방어진 사이의 해안에서도 중위면과 저위면의 경우 북쪽에서 남쪽을 향해 각 지형면의 구정선고도가 서서히 낮아지는 것으로 파악하였다. 이와 같은 경향은 우리나라 동해안에서 제4기 동안 있었던 지반운동의 지역차에 기인한 것으로 해석하였다. 이에 대해 최성길(1997)은 동해안에서 해안단구 저위면의 분포고도가 남쪽과 북쪽에 지역차가 거의 없다고 주장한 바 있으나, 이것은 최종간빙기 이후의 지반운동에 대해 설명할 수 있고, 그 이전의 지반운동 양식에 대해서는 논의의 여지가 남아 있었다. 이런 관점에서 볼 때, 고고위면과 고위면의 해발고도가 중부 동해안과 남동해안에서 거의 같은 해발고도에서 확인된다는 것은 고고위면이 형성된 72만년 BP 이후 한반도 동해안의 지반운동 속도는 정동진과 울산지역이 거의 같았다고 볼 수 있다.

해안단구는 제4기에 있었던 해면변동과 지반운동의 결과로 만들어진 지형이다. 특히 해발고도를 달리하는 여러 개의 해안단구면이 유사한 비고차를 보이며 나타나는 동해안에서 이 지형면들은 지반운동의 속도를 계산하는데 중요한 지표가 될 수 있다. 다만 지형면을 만드는 간빙기의 구정선고도가 현재의 해면과 어떤 관계에 있었는가 하는 것이 불확실하므로 지반의 융기량을 계산하기 위해서는 간빙기의 구정선고도에 대한 정확한 자료가 필요하다.

제4기 동안 각 간빙기의 기온에 대해서 한반도에서 얻어진 자료는 없다. 다만 제4기 환경변화에 대한 전세계적인 조사결과가 있을 뿐이다. 제4기

환경변화에 대한 자료는 이 연구가 시작된 Alps 지역의 연구결과들이 대단히 광범위하게 인용되고 영향력이 있었으나, Pleistocene 기후변화에 대한 Alps 지역의 연구결과는 산악 빙하에 의해 이전에 퇴적된 기록들이 제거될 수 있으므로 층서학적으로 볼 때 문제가 있다. 따라서 심해저 시추자료로 얻은 환경변화를 참고하는 편이 더 정확하다. 적도 부근의 대서양과 태평양 그리고 그린랜드 부근에서 얻은 심해저 시추 자료로부터 추출한 산소동위원소 분석 결과들은 약 70만년 BP 아래 간빙기의 기후가 Holocene의 경우와 유사하였음을 보여준다. 거시적으로 볼 때, 제4기 후반기에 간빙기의 해면은 현재의 수준과 유사했을 것으로 보아도 무리가 없다.

따라서 현재까지 보고된 구정선고도와 형성시기와의 관계에서 고고위 지경면 형성시기인 MIS 17의 72만년 BP 이후 지반운동의 양을 계산할 수 있다. 지형면 형성시기는 간빙기가 지속된 기간의 중간값을 취하였다. 고고위 지경면은 70만년 BP, 고고위 I면은 60만년 BP, 고고위 II면은 50만년 BP, 고위 I면은 39만년 BP, 고위 II면은 32만년 BP에 형성된 것으로 본다면, 고고위면 형성 이후 각 지형면의 지반용기 속도는 고고위 지경면 0.2222mm/year, 고고위 I면은 0.23333mm/year, 고고위 II면은 0.2300mm/year, 고위 I면은 0.2308mm/year, 고위 II면은 0.2188mm/year이다. 울산-경주 경계지역의 해안부는 70만년 BP 이후 지반이 0.23mm/year(2.3m/1만년)의 속도로 융기하였다.

5. 요약 및 결론

1) 울산과 경주 경계지역에서 확인된 해안단구는 구정선 고도가 155m인 고고위 지경면, 140m인 고고위 I면, 115m인 고고위 II면, 90m인 고위 I면, 70m인 고위 II면, 25m인 저위 I면, 5~6m의 Holocene 지형면이다. 이와 같은 해안단구체계는 남동해안의 대본리와 나정리의 해안단구체계와 중부 동해안 정동진, 대진지역의 체계와 거의 같으며 삼척 오십천 중·하류부의 해면변동단구체계와 잘 조화된다.

2) 지경리지역에서 고고위면의 지형면 규모가 고위면과 저위면에 비해 매우 큰 것은 고고위면이

형성될 때 이 해안은 외해로 돌출한 headland였으며, 해면이 고고위면을 만들 때 해면 부근에 침식에 대한 저항력이 상대적으로 약한 제3기 응회암으로 된 평탄면이 이미 어느 정도 넓게 형성되어 있었을 가능성도 있다. 아울러 외해에서 접근하는 파랑은 천해에서 발생하는 마찰력으로 인한 에너지 쇄감효과가 거의 없는 상태에서 headland를 이루고 있었던 고고위면에 파랑의 침식력이 강하게 작용하였다. 더욱이 파랑이 이 독립구릉을 지나가면서 보다 효과적으로 침식작용을 할 수 있었으므로 기반암의 파식대가 넓게 발달하였다.

3) 연구지역 고위면은 해발고도 50m와 90m 사이에 분포하여 최고고도와 최저고도의 비고차가 고고위면보다 크지만, 상대적으로 지형면의 규모가 작다. 고위면은 구정선고도 90m와 70m 두 개의 지형면으로 세분된다. 이 두 지형면 사이에 단구애의 발달이 미약한 것은 이 해안단구면을 형성한 간빙기 사이에 단구애를 형성한 빙기의 지속기간이 매우 짧은데 기인한 것으로 생각된다. 그리고 고위면은 중위면, 저위면과 마찬가지로 경사가 급한 고고위면의 단구애에 해당하는 산지 사면에 분포하는데, 중위면과 저위면에 비해 규모가 큰 것은 고위면을 형성한 간빙기의 기간이 매우 길어 오랫동안 파랑의 영향을 받았기 때문이다.

4) 이 지역의 해안단구들은 고고위면에서도 신선한 자갈들이 발견되고 있으며, 지형면들 사이에 구정선 고도는 20~30m 비고차를 보이고 있어 그 간격이 상당히 균일하다. 이와 같은 사실은 해안단구들을 형성한 간빙기와 간빙기 사이의 시간 간격이 거의 같았음을 암시한다.

5) 고고위 지경면은 MIS 17에 해당하는 Interglacial III(72~69만년 BP), 고고위 I면은 MIS 15에 해당하는 Cromerian IV기(63~56만년 BP), 고고위 II면은 MIS 13에 해당하는 Elster 1/2(51~48만년 BP)에 형성된 것으로 생각되며, 고위 I면은 MIS 11, 고위 II면은 MIS 9시기에 해당하는 Holsteinian Interglacial (43~30만년 BP)에 형성된 것으로 볼 수 있는데, 이들 사이의 MIS 10은 그 지속기간이 약 10,000년으로 매우 짧았다.

6) 고고위면과 고위면의 구정선고도가 중부 동해안과 남동해안에서 거의 같은 해발고도에 분포하는 것으로부터 고고위면이 형성된 72만년 BP 이

후 한반도 동해안의 지반운동 체계는 정동진과 울산지역에서 거의 같았을 것으로 추정되며, 각 해안단구 지형면 구성선고도와 형성시기와의 관계에서 지반운동량을 계산하면, 울산-경주 경계 지경리 일대는 70만년 BP 이후 지반이 0.23mm/year(2.3m/1만년)의 속도로 융기하였다.

文 獻

- 김주용 · 이동영 · 최성길, 1998, "플라이토신 층서 연구," 한국 제4기학회지, 12(1), 77-87.
- 박한상 · 윤순옥 · 황상일, 2001, "GIS를 이용한 해안단구 지형면 분류기법 연구," 대한지리학회지, 36(4) 458-473
- 吳建煥, 1980, "韓半島 東·西海岸 中部에 分布하는 海成段丘面의 對比," 釜山女大 論文集, 8, 157-172.
- 吳建煥, 1981, "韓半島의 海成段丘와 第四紀의 地殼變動," 釜山女大 論文集, 9, 377-415.
- 吳建煥, 1983, "舊汀線 高度變化로부터 본 韓半島의 第四紀 地殼變動," 釜山大師大 教育論集, 10, 245-253.
- 윤순옥 · 황상일 · 정혜경, 1999, "한국 남동해안 감포 나정리-대본리의 해안단구 지형발달," 한국지형학회지, 6(2), 99-119.
- 윤순옥 · 황상일, 2000, "한국 남동해안 해안단구의 지형형성 mechanism," 대한지리학회지, 35(1), 17-38.
- 윤순옥 · 황상일 · 정석교, 2002, "三陟 五十川 中·下流부의 河岸段丘 地形發達," 대한지리학회지, 37(3), 222-236.
- 윤순옥 · 황상일 · 반학균, 2003, "한반도 중부 동해안 정동진, 대진 지역의 해안단구 지형발달," 대한지리학회지, 38(2), 1-17.
- 曹華龍, 1978, "韓國浦項周邊海岸平野의 地形發達," 東北地理, 30(3), 152-160
- 崔成吉, 1998, 韓半島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水期の海水準, 東北大學 大學院 博士學位論文.
- 최성길 · 김주용 · 장호, 2003, "韓半島 南東部海岸의 高位 海成段丘群," 2003년 대한지리학회 춘계 학술발표대회요약집, 65-68.
- 黃相一 · 尹順玉, 1996, "韓國 東海岸 盈德 金谷地域 海岸段丘의 堆積物 特性과 地形發達," 韓國 地形學會誌, 3(2), 99-114.
- 황상일 · 정혜경 · 윤순옥, 2000, "경주 甘浦지역 해안단구의 지형면분석을 위한 GIS의 적용," 한국지리정보학회지, 3(2), 48-60.
- Chang, Ho, 1986, *Geomorphic Development of Intermontane Basines in Korea*, Doctor's dissertation of Tsukuba University.
- Kim, J. Y., 1990, *Quaternary stratigraphy of the terrace gravel sequences in the Pohang area(Korea)*, Ph. D. thesis, Seoul National University.
- Kim, S. W., 1973, A study on the terraces along the southeastern coast(Bang-eojin~ Pohang) of the Korean Peninsula, *Jour. Geol. Soc. Kor.*, 9(2), 89-121
- Oh, G. H, 1981, Marine terraces and their tectonic deformation on the coast of the southern part of the Korea peninsula, *Bulletin of the Department of Geography University of Tokyo*, 13, 11-61.
- Shackleton, N. J. and Opdyke, N. O., 1973, Oxygen Isotope and paleomagnetic stratigraphy of Equatorial Pacific Core V 28-238; Oxygen Isotope temperature and ice volumes on a 10⁵ and 10⁶ scale, *Quaternary Research*, 3, 39-55.
- Lowe, J. J. and Walker, M. J. C., 1997, *Reconstructing Quaternary Environment*, 2nd(ed.), Longman, Hong Kong.

최초투고일 03. 07. 04

최종접수일 03. 09. 17