

한반도 중부 동해안 정동진, 대진지역의 해안단구 지형발달

윤순옥* · 황상일** · 반학균***

Geomorphic Development of Marine Terraces at Jeongdongjin-Daejin area on the East Coast, Central Part of Korean Peninsula

Soon-Ock Yoon*, Sang-Il Hwang** and Hak-Kyun Ban***

요약 : 정동진, 대진 지역에는 규모가 큰 해안단구 고위면이 형성되어 있을 뿐 아니라, 우리나라 중부 동해안에서 처음으로 구정선고도의 해발고도가 고위면보다 높은 고고위면이 확인되었다. 해안단구의 구정선고도는 高高位 I면(HH I) 해발고도 140m, 高高位 II면(HH II) 110m, 高位 I면 90m, 高位 II면 70m, 中位면 40m, 低位 I면 25m, 低位 II면이 10m이다. 그리고 홀로세에 형성된 것으로 추정되는 해발고도 5~6m의 가장 낮은 해안단구가 연구지역 전체에서 나타난다. 고고위면은 인근의 삼척 오십천 해변변동단구와 남동해안 감포지역에서 확인되는 고고위면과 같은 시기에 형성된 것으로 볼 수 있다. 이것은 연구 지역의 해안단구 형성체계가 이들 지역의 그것과 거의 같은 데서 추론할 수 있다. 해안단구 형성시기는 최종간빙기인 MIS 5시기로 확인된 저위 I면을 단서로 중위면은 MIS 7, 고위 II면은 MIS 9, 고위 I면은 MIS 11로 판단된다. 고고위 II면은 산소동위체 MIS 13, 고고위 I면은 산소동위체 MIS 15에 형성되었을 것이다. 고위면이 한반도 남동부 지역과 유사하게 큰 규모로 남아있는 것은 이것을 형성한 Holsteinian Interglacial의 기간이 매우 길고, 이 시기의 해면 위치에 기반암의 완사면이 넓게 형성되어 있었으므로 파식대가 비교적 용이하게 만들어진데 기인하는 것으로 생각된다.

주요어 : 정동진-대진 지역, 해안단구, 고고위면, 고위면, 홀스타인 간빙기

Abstract : In this paper we identify that there are High Higher surfaces(HH-surface) around Jeongdongjin and Daejin area where Higher surfaces(H-surface) of marine terrace are formed on a large scale. On the basis of an altitude of the ancient shoreline of the marine terraces, geomorphic surfaces can be classified into HH I (140m a.s.l.), HH II (110m a.s.l.), H I (90m a.s.l.), H II (70m a.s.l.), M (40m a.s.l.), L I (25m a.s.l.) and L II (10m a.s.l.). Besides, we identify that the lowest surfaces(5~6m a.s.l.) are found extensively in the research area which are assumed to be formed in the Holocene. Considering that the formation mechanism of the marine terraces in the research area is similar to that of the marine terraces at both Gampo area in the south east coastal region of Korea and the thalassostatic terraces of Osip River in Samchuk in a short distance from the research area, we can assume that the HH-surfaces in both areas were formed in the same period. Based on the fact that L I-surface was formed on the Last Interglacial Stage of MIS 5, we can infer that M- was formed in MIS 7, H I- in MIS 9, H II- in MIS 11, HH I- in MIS 13 and HH II- in MIS 15. The reason for that H-surfaces, similar to those at Gampo area, to remain on a large scale is that the Holsteinian Interglacial continued for a long period of time and at that time there was a large wave-cut platform in the vicinity of the shoreline.

Key Words : Jeongdongjin-Daejin area, marine terrace, High Higher surfaces, Higher surfaces, the Holsteinian Interglacial stage

* 경희대학교 이과대학 지리학과 및 기초과학연구소 부교수(Associate Professor, Dept. of Geography and Research Institute for Basic Sciences, KyungHee University), soyoon@khu.ac.kr

** 경북대학교 사회과학대학 지리학과 조교수(Assistant Professor, Department of Geography, Kyungpook National University)

*** 경기도 광주고등학교 교사(Teacher, Gwangju High School, Gyeonggi-do)

1. 서론

1) 문제제기 및 연구목적

한반도 동해안에는 해안선이 단조롭고 해안선에 서부터 수심이 급격하게 낮아지며 조차가 대단히 작으므로 해안의 headland에는 파랑에너지가 집중되어 해면 부근에 파식대가 잘 형성된다. 이러한 파식대와 하천과 파랑이 운반한 사력들이 해안의 만입부에 퇴적된 지형면이 제4기 해면변동과 지반 용기에 의해 현해면이 도달할 수 없는 높은 곳에 있는 것이 해안단구이다.

한국 동해안에 분포하는 해안단구에 대해서는 1970년대 이래 많은 연구성과가 축적되었으나, 연구자들마다 해안단구 지형면의 구정선고도와 형성 시기에 대하여 견해 차이를 보이고 있다. 현재까지 동해안에서 확인된 해발고도가 가장 높은 해안단구면은 김서운(1973)이 포항-울산 사이에서 분류한 봉화재면으로 해발고도 90-130m이다. 그리고 황상일·정혜경·윤순옥(2000)은 경주시 감포읍 대본리와 나정리에서 실제 측량하여 얻은 자료와 지형도를 통하여 高高位 I(HH I)면과 高高位 II(HH II)면을 확인하였는데, 이들의 구정선고도는 각각 140m와 110m였다. 삼척 오십천 하류부에서도 구정선고도 150m와 110m, 해면변동단구 고고위 I면과 고고위 II면을 확인하였다(윤순옥·황상일·정석교, 2002). 해안단구가 한반도 제4기 지반운동과 해면변동을 설명하는데 중요한 의미를 가짐에도 불구하고 1973년 최고위면으로 분류된 봉화재면에 대한 비판적인 논의가 지난 30년 동안 이루어지지 않았을 뿐 아니라, 해발고도 100m 이상의 해안단구 지형면에 대한 연구가 거의 없었다.

본 연구는 한반도 중부 동해안에서 고위면이 탁월하게 발달한 강릉시 하시동에서 동해시 천곡동에 걸쳐 분포하는 해안단구면을 대상으로, 항공사진과 1:5,000, 1:25,000 지형도 판독 및 현지조사를 통해 해발고도, 지형면 분포특징, 지형면의 개석정도, 퇴적상 등을 종합적으로 판단하여 지형면 분류도를 작성하고 해안단구면의 형성과정과 형성시기 등 지형발달을 논의하였다. 아울러 해발고도 100m 이상의 해안단구 분포를 확인하고자 한다.

이와 같은 논의를 위해 각 지형면의 중단면상에

서 해안에서의 거리-해발고도 그래프를 작성하고, 횡단면도 상에서는 해안을 따라 실제거리에 따른 지형면들의 최고 및 최저고도로 지형면의 수직적 분포특징을 검토하였다.

2) 선행 연구

江陵市 下詩洞에서 東海市 泉谷洞 사이의 해안단구 중 분포면적이 넓은 곳은 강릉시 정동진, 동해시 대진동이다. 이 지역 해안단구에 대한 지형학적 연구는 황만익(1968)과 오건환(1980, 1981), 이동영(1987), 장호(1986), 최성길(1993, 1995)에 의하여 이루어졌으나, 지형면의 분류, 분포 특징 및 편년, 형성과정 등에서 차이를 보이고 있다. 이 가운데 대부분의 연구는 정동진 해안단구에 집중되어 있으며 오건환의 연구를 제외하면 동해시 대진동, 於達洞, 墨湖洞 지역에서 발달한 고위단구면에 대한 논의는 거의 이루어지지 않았다.

황만익(1968)은 동해안 정동리 일대의 평탄면들을 다음과 같은 증거를 들어 해안단구가 아니라는 결론을 내렸다. 첫째, 舊汀線에 해당되는 산록보다 바다 쪽인 말단부에 있는 역이 현저히 조립질이다. 둘째, 평탄지 전 지역, 특히 말단부에서 역은 sorting이 대단히 빈약하여 원마도 0.5 이하의 것이 많으므로 충분히 해식을 받지 못했음을 의미한다. 셋째, 일부지역의 기반암면이 심한 기복을 이루는 것은 근본적으로 해식에 의해 평탄화된 것이 아니라, 다소 미약한 기복은 있었을 것으로 예상되는 침식면이 해면 상승에 따라 평탄화를 증가시켰고 그 후 해퇴가 이루어지고 아각력층, 적색토층이 피복되어 평탄면을 형성하였다.

오건환(1981)은 동해 중부해안의 해안단구를 크게 3개의 지형면으로 구분하였다. 고위단구면(正東津面)은 해발고도 80~100m, 중위단구면(墨湖面)은 해발고도 50~80m, 저위단구면(於達里面)은 해발고도 20~30m에 분포하고, 그밖에 충적면은 해발고도 2~3m의 빈제, 용기파식대가 연속적으로 나타난다고 설명하였다. 또한 고위단구면은 日本 서남단의 해성단구 중 고위면인 王子面에 대비되며, Mindel/Riss 간빙기에 형성된 것으로 보았다.

이동영(1987)은 정동진지역에서 해발고도가 높은 상위 두개의 해안단구를 제5단구(75~90m)와 제4단구(50~60m)로 구분하고, 제5단구를 Pliocene

의 300만년 ~ 250만년 BP, 제4단구는 Low Pleistocene의 초기에 형성된 것으로 보았다.

최성길(1995)은 한반도 중부 동해안에서 저위해성단구를 두 개의 면으로 구분하였다. 묵호해안의

대진단구 I면과 강릉해안의 명주단구·안인단구는 저위해성단구 I면에 해당하며 구정선고도는 18m이고, 대진단구 II면은 저위해성단구 II면으로 구정선고도 10m로 보았다. 이러한 지형면들은 최종빙기

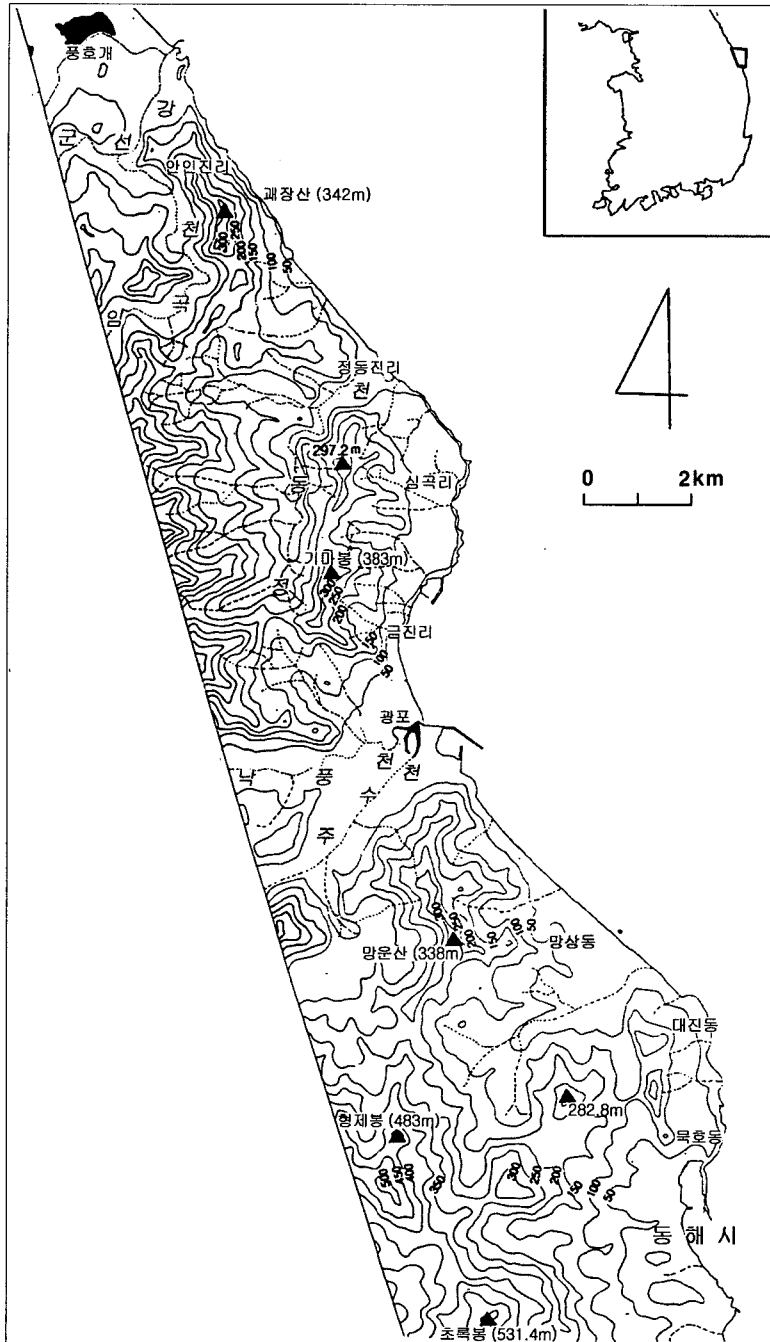


그림 1. 연구지역 개관도

이전에 형성되었으며, 저위해성단구 I면을 최종간빙기의 극상기 MIS(marine oxygen isotope stage) 5e, II면을 최종간빙기의 중반기(MIS 5c) 혹은 후기(MIS 5a)의 지형면으로 편년하였다.

장호(1986)는 정동진의 고위면을 해안단구인 심곡면(60~80m)과 하안단구 정동진면(60~90m)으로 구분하였다. 이 두 지형면의 관계는 심곡면 위를 정동진면이 덮고 있으며, 정동진면 위를 녹설층과 선상지성 퇴적물들이 덮고 있는데 이 퇴적물들은 해발고도 100~120m의 정동진면 가장 높은 고도까지 완만하게 피복하고 있다고 하였다. 그는 이 지역의 대부분은 하성단구 퇴적물로 덮인 정동진면으로 보고 해안단구면과 별개의 지형면으로 구분하고 있다.

한편 윤순옥·황상일·정석교(2002)는 삼척 오십천 하류부에서 해안단구가 만들어진 간빙기에 형성된 구정선고도가 상이한 7개의 해면변동단구를 확인하였다. 고고위면 중 구정선 고도가 150m인 고고위 I면은 MIS 15, 구정선고도 110m인 고고위 II면은 MIS 13, 고위 I면은 구정선고도가 해발고도 90m인데 MIS 11, 고위 II면은 구정선고도 70m로 MIS 9에 형성된 것으로 보았다.

3) 연구지역 개관

그림 1은 강릉시 下詩洞의 석호인 풍호개에서 동해시 천곡동에 이르는 해안지역에 대하여 1:25,000 지형도에서 곡폭 250m 이하를 매곡한 절봉면도이다. 태백산맥의 동사면에서 해안으로 이어지는 조사 지역의 주요 하천으로는 安仁의 群仙江, 林谷川, 正東의 正東川, 玉溪의 樂豊川, 珠樹川이 있다. 이 하천들은 태백산맥 분수계에서 발원하는 것이 아니라, 해안에 인접한 해발고도 300~400m 산지에서 발원하며 하류에서 소규모 충적평야를 발달시키고 있다.

해안에는 砂濱이 잘 발달되어 있으며 석호로는 강릉시 하시동의 풍호개, 玉溪의 廣浦가 있다. 해안단구 고위면이 분포하는 정동진, 대진은 해안으로 돌출한 headland로서 암석해안을 이룬다. 철도와 도로는 해안충적평야와 해안단구를 따라 대부분 남북으로 연결되며, 주거지는 해안단구면과 배후산지에서 바다로 유입하는 하천의 범람원과 하구의 충적평야에 인접한 구릉지에 분포하고 있다. 단구면은 주로 밭으로 활용되고, 최근 동해안의 관광개발과 더불어 해발고도가 높고 경관이 좋아

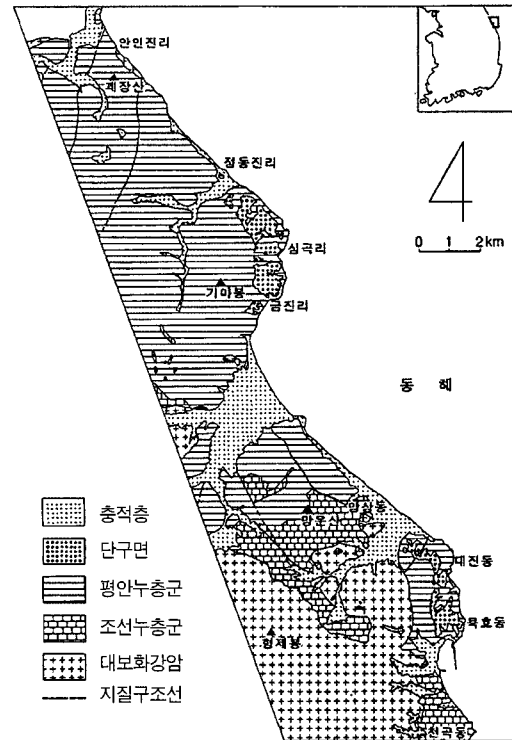


그림 2. 연구지역 지질도

해안단구 고위면의 중요성이 높아지고 있다. 논농사는 배후산지에서 바다로 유입하는 하천의 범람원과 개석곡인 곡저평야에서 이루어진다.

연구지역의 지질은 강릉시 안인에서 동해시 묵호동까지 고생대 평안누층군인 고방산통, 사동통, 홍점통과 같은 퇴적암이 분포한다. 동해시 망상동, 천곡동 일대는 고생대 조선누층군을 이루는 석회암 지역으로서 용식작용으로 인한 doline와 구릉성 산지가 발달하며 단구면의 보존 상태가 불량하다. 이 지역의 배후산지 지질은 화강암이며 단구퇴적층은 화강암 계통의 자갈로 이루어졌으나 퇴적암, 변성암의 자갈도 다수 포함되어 있다(그림 2).

2. 지형면 분류 및 해안단구의 분포특성

해안단구 지형면은 해발고도, 지형면 분포특성, 퇴적상에 따라 분류되었는데(그림 3, 그림 4), 고고위 I면(HH I), 고고위 II면(HH II), 고위면, 중위면

(M), 저위 I면(L I), 저위 II면(L II)으로 나누어진다. 각 지형면의 구정선고도는 고고위 I면 해발고도 140m, 고고위 II면은 해발고도 110m, 고위면은 90m, 중위면은 40m, 저위면은 25m이다.

연구지역을 안인·정동진과 대진·목호지역으로 구분하여 해안단구 지형면의 분포특징과 지형특징을 살펴보기로 한다. 이 두 지역의 경계는 주수천이다.

1) 안인·정동진 지역

해안으로 유입하는 대부분의 하천은 해안에 인접한 掛杖山(342.0m), 掛校山(339.2m), 騎馬峰(383.0m) 등 낮은 산지에서 발원하고 있으므로 유로가 대단히 짧다. 해안단구는 정동진리에서 금진리 사이의 headland에 가장 넓게 분포하는데, 이곳의 소하천은 이들 지형면을 깊게 개석하고 있다.

(1) 지형면 분포

해안선을 따라 고고위면부터 저위면까지 모두 확인된다. 그러나 저위 II면의 분포는 매우 좁게 관찰된다(그림 3, 그림 4, 그림 5).

고고위 I면은 정동진리 해발고도 130~140m에서 두 개(7번, 8번 지형면), 고고위 II면은 안인리 100~108m에서 한 개가 나타난다. 형성된 지 오래되었기 때문에 매우 제한적으로 확인되었다. 이 지형면의 개석곡은 다른 해안단구면의 그것과는 달리 하곡의 폭이 매우 넓은 산지곡의 형태로 나타난다. 개석되고 남아 있는 고고위면은 산지의 분수계를 이루고 있어서 등산로가 통과하고 있다.

고위면은 해발고도 50~90m에 분포하고 있으며, 정동진리에서 금진리 사이 headland는 지형면의 폭이 대단히 넓어 우리나라에서 해안단구가 가장 전형적으로 분포하는 곳으로 알려져 있다. 그 북쪽 안인리 폐교산 동쪽에서도 단편적으로 나타난다. 연구지역보다 남쪽에 있는 삼척 오십천의 해면변동단구와 비교하면, 고위면은 구정선고도 90m의 고위 I면과 구정선고도 70m인 고위 II면으로 구분될 수 있으나 지형면에서 단구애를 확인하는 것이 용이하지 않다. 고위면은 배후산지에서 발원하여 동해로 유입하는 짧은 하천에 의해 개석되었으나, 배후산지가 해발고도 350m 이하로 낮아서 지형면에 비해 개석곡이 좁으므로 지형면의 보존 상태는 양호하다.

중위면은 금진리 부근에서 매우 부분적으로 나

타난다. 저위면은 하시동에서 안인리에 걸쳐서 분포하고 금진리 남쪽에서도 단편적으로 확인된다. 이들 중위면과 저위면들은 외해의 영향을 적게 받는 내만의 충적평야 주변에 주로 분포하고 있다.

해안단구의 종단면도(그림 4)에서, A-A'는 안인리의 해발고도 108m 고지에서 안인역을 통과하여 해안에 이르는 종단면도이다. 군선강의 하류부 좌안에 있는 독립된 구릉지인 해발고도 108m 평탄지는 고고위 II면에 해당한다. 정상부에 평탄한 지형면이 확인되며, boulder급을 비롯한 다양한 크기의 역들이 표면에 흩어져 있는데 대단히 편평하며 원마도가 좋다. 이 자갈들은 대부분 심하게 풍화되었으나, 풍화각이 얇은 경우도 드물게 발견된다. 원력, 아원력이 대부분이고 아각력도 포함되어 있다. 이 종단면도에서 고고위 II면 아래에 해발고도 65~75m의 고위 II면이 나타난다. 표층에는 pebble, cobble급의 원력이 있고, A층의 토양은 적색화(5R 5/8)된 silty clay이다. 이 지형면은 현재 공동묘지로 사용되고 있다.

B-B'와 B-C는 정동진 바로 북쪽의 고고위 I면을 포함하는 종단면도이다. B-B'에서 해발고도 130~140m의 해안단구면이 확인된다. 이 지형면은 김서운(1973)의 봉화재면(90~130m)보다 높은 고도에 분포한다. 봉화재면이 대부분 해발고도 100m 이하에 분포하므로 이 지형면과 해발고도에서 차이가 난다¹⁾. 또한 봉화재면에서는 노두조사가 없어 역층의 특징을 알 수 없다. 종단면도 B-B'에서 확인되는 고고위 I면(지형면 8번)은 원력으로 된 역층이 발견되었으므로 해안단구임이 분명하다(그림 6). boulder급 및 매우 다양한 입径의 역들은 대부분 완전히 풍화되었으나, 표층에 드러난 역 중에는 매우 드물게 신선한 역들도 포함되어 있다. 140m 부근(8번)에서는 표층에 노출된 역이 대부분 pebble 및 cobble급이었지만, 해발고도 130m 부근(7번)에서는 주로 cobble급 이상이였다.

종단면도 B-C에서도 고고위 I면이 130~140m에 분포하고 있으며 그 아래에 해발고도 85~90m의 고위 I면이 분포한다. 종단면도 D-D'는 정동진리 북쪽에 넓게 분포하는 고위면을 가로지르고 있다. 이 고위면은 해발고도 70~85m에 걸쳐 있고, 폭이 800m 이상으로 우리나라 해안단구 고위면 가운데 가장 넓다. 단구애는 거의 수직의 절벽으로 바다와

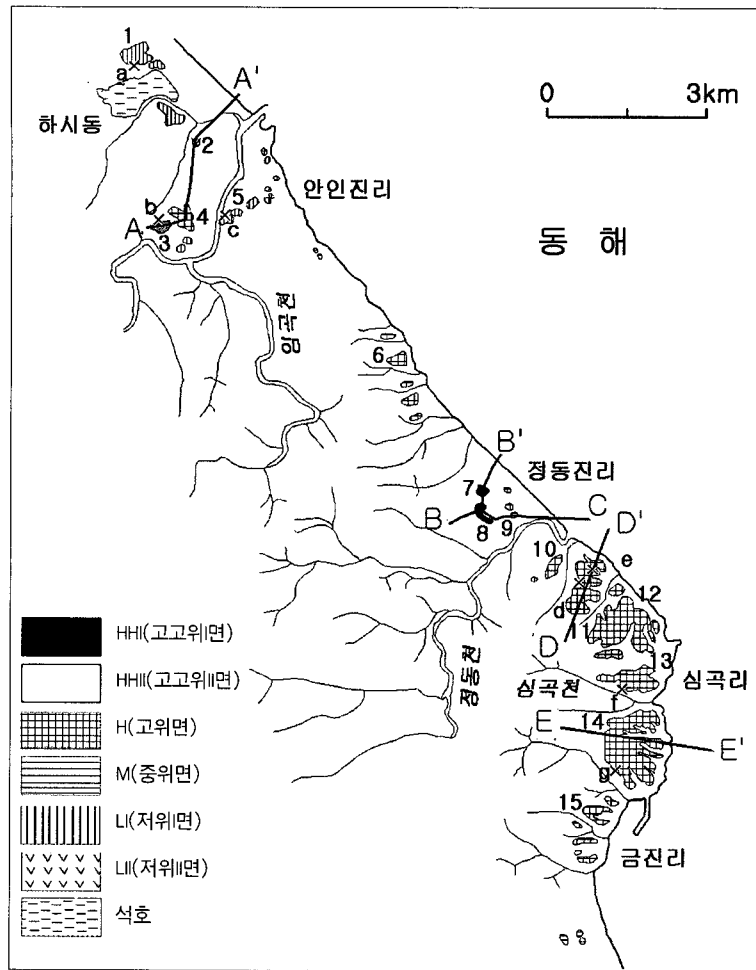


그림 3. 안인·정동진 지역 해안단구 지형면 분류도

(번호는 그림 5의 지형면 위치, 알파벳 대문자는 그림 4의 종단면도, 소문자는 표 1의 노두 위치를 의미함)

만난다. 이 지형면은 해발고도 80~85m에 분포하는 고고위 I면과 해발고도 70~75m에 분포하는 고고위 II면으로 세분할 수 있다. E-E'는 육계면 금진리 북쪽 단면도이다. 이 고위면도 해발고도 70~90m에 나타나며 폭 800m 이상으로 규모가 크다. 고위면에서 I면과 II면 사이에 존재하여야 하는 단구애가 확인되지 않았으나, 해발고도를 볼 때, 고위 I면이 넓고, 고위 II면이 좁은 것으로 판단된다. 한편 D-D'에서는 고위 II면이 매우 넓으나 고위 I면은 규모가 작아 대조적이다.

그림 5는 하시동에서 주수천 하구까지 분포하는 해안단구를 바다쪽에서 볼 때 지형면의 최고고도, 최저고도 및 단구면의 폭을 나타낸 것이다. 횡단면도에

서 단구면 상자의 상단에 점선으로 그린 것이 최고고도이며, 아래쪽 실선은 최저고도이다. 아래의 번호는 그림 3에 제시된 주요 지형면 위치를 가리킨다.

횡단면도에서 고고위 I면은 정동진리의 두 곳(7, 8번)에 분포한다. 이들의 최고고도는 135~140m이며, 최저고도는 125~130m로 비고차는 10m이다. 안인리에서는 최고고도 108m에 고고위 II면이 나타난다. 이것은 정동진리 고고위 I면에 비해서 약 30m 낮은 고도에 나타나고 있으나 해안을 따라 연속적으로 확인되지 않는다. 윤순옥 등(2002)이 보고한 삼척 오십천의 해발고도 110m 해변변동단구와 같은 시기에 형성된 것으로 판단된다.

고위면은 안인리에서 금진리 사이에 가장 넓게

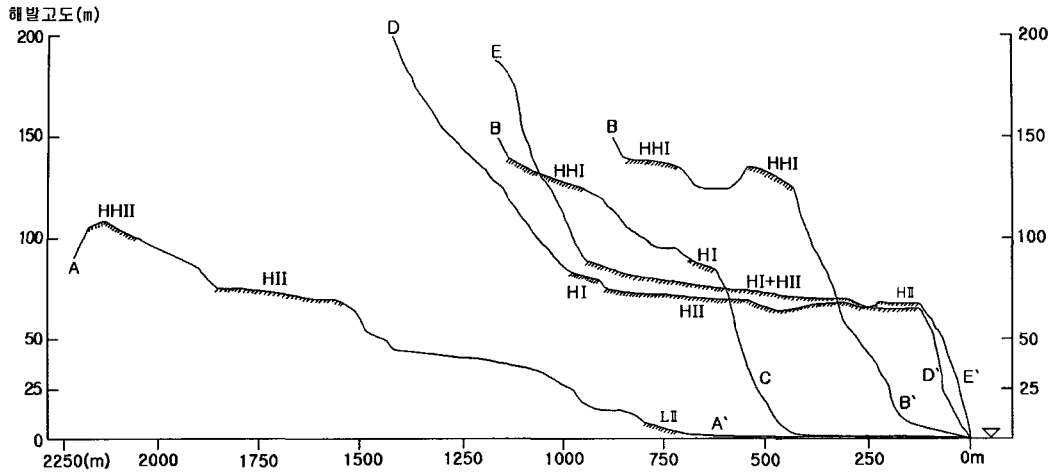


그림 4. 안인·정동진 지역 해안단구 종단면도

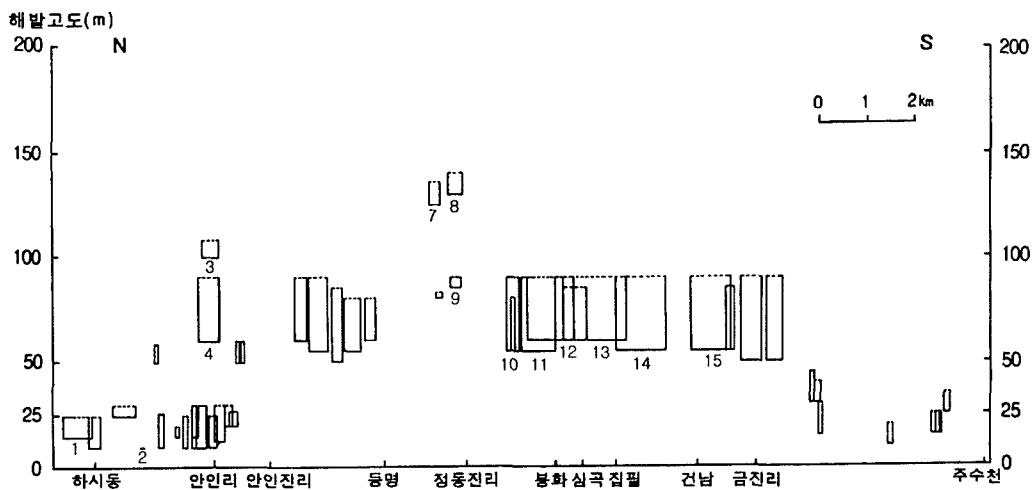


그림 5. 안인·정동진 지역 해안단구 횡단면도

분포하고 있으며, 대부분 최고고도가 90m, 최저고도는 50~60m로 비고차가 30~40m에 이른다. 고위면 상에서는 단구를 확인하는 것이 어려워 구정선고도 90m와 70m 두 개의 지형면이 이어진 것처럼 보인다. 한편 등명 부근에서는 최고고도가 이보다 약간 낮은 85m의 지형면도 다수 발견된다. 이것은 해안단구의 산지쪽이 사면에서 공급된 퇴적물로 피복되어 사면 경사가 급하여 항공사진과 지형도 판독에서 지형면으로 포함되지 않았기 때문에 나타난 결과로 생각된다. 따라서 최고고도 90m

의 해안단구로 볼 수 있다. 해안선 부근에서 이 지형면의 폭은 대부분 200~600m에 달해 그 규모가 매우 크다. 한편 최고고도 70~75m, 최저고도 60~70m의 해안단구가 구정선고도 90m 해안단구와 연속되어 다수 분포하고 있음이 확인된다. 이들은 전술한 최고고도 90m 해안단구와 형성시기가 다른 것으로 볼 수 있으나, 현지조사와 항공사진 상에서는 구분이 어렵다. 이 면보다 한 단 낮은 최고고도 60m, 최저고도 50m의 해안단구가 안인리 부근에 세 개가 나타나는데, 이 지형면들은 고위 II

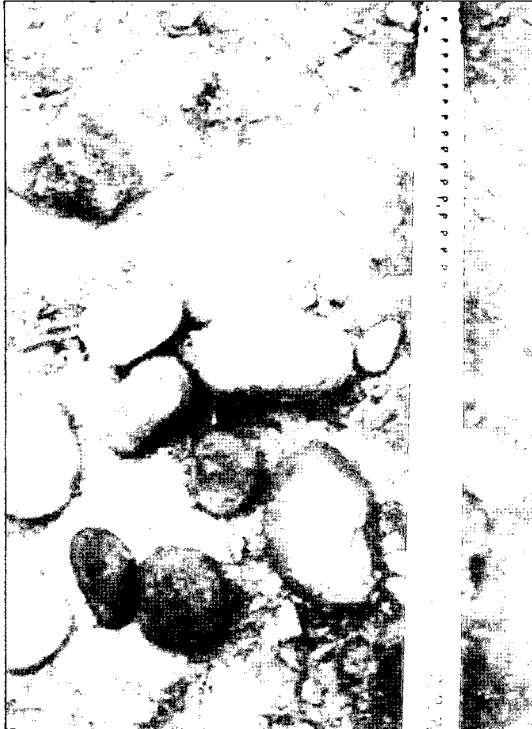


그림 6. 정동진 고고위 I면의 원력(8번 지형면)

면과 같은 시기에 형성된 것으로 추정된다.

이 지역의 중위면은 금진리 남쪽에서 산발적으로 확인된다. 이들의 최고고도는 35~45m 사이에 분포하고 최저고도는 25~30m 정도이다. 이 지형면 자체의 비고차는 대체로 10~15m 이다. 저위 I면은 하시동과 안인리 사이와 주수천 바로 북쪽에 분포한다. 이들의 최고고도는 20~30m이며 최저고도는 10~15m로 비고차는 10~20m에 이른다. 이 지형면의 폭은 50~300m에 달한다. 저위 II면은 해발고도 10m에서 하시동과 현내리 부근에서 확인된다(2번).

해안단구 횡단면도에서 볼 때, 각 단구면들 자체의 비고차는 고위면이 가장 크고 중위면과 저위면은 거의 비슷하다. 이것은 고위 I면과 고위 II면 사이의 단구애가 모호하여 하나의 지형면으로 분류되었기 때문이다. 고고위면은 비고차가 10m 정도이다. 일반적으로 해발고도가 높을수록 단구면이 더 이른 시기에 만들어졌으므로 지형면 자체의 비고차가 더 커진다. 현지답사에서 표층의 원력을 추적하여 지형면의 최고고도를 확인하였으나 최저고도는 항공사진과 지형도 판독으로 이루어져 수정

의 여지가 다소 있고 특히 고고위면의 최저고도를 정밀하게 조사할 필요가 있다. 한편 고고위면의 경우 비고차가 작은 것은 고위면에 비해 지형면의 폭이 좁게 남아 있기 때문이다. 즉, 연구지역 내에서도 제한된 지역에서 일부 발견되었기 때문에 비고차가 작은 것으로 생각된다.

각 지형면 횡축방향의 폭은 고위면이 가장 넓으며, 중위면 보다는 저위면이 더 넓게 나타난다. 고위면은 외해로 크게 돌출된 정동진에서 금진리 사이의 headland에 분포한다. 이 headland의 해식에는 거의 수직을 이루므로 더 낮은 고도의 지형면은 매우 좁거나 거의 없다. 이와 같은 특징은 정동진 headland를 이루는 기반암이 고위면 형성 당시 해면 부근의 고도에서 매우 넓게 분포하였는데 파랑 에너지에 의해 대규모 파식대지가 만들어져서 지형면이 형성된 데 기인한다. 정동진 지역에서 이 고위 I면의 역층은 그 두께가 4~7m로 비교적 두껍고, boulder급은 대부분 아각력이 포함된 원력 내지 아원력으로 원마도는 양호하다. pebble 및 cobble급의 역들은 거의 원력이며 편평도가 높다.

(2) 퇴적상

퇴적물의 특징은 노두조사를 통하여 이루어졌다(표 1). 노두가 나타나지 않는 곳은 단구면 표층의 역을 근거로 논하였다.

정동진의 고고위 I면에서는 노두가 발견되지 않았지만 표층에서는 pebble에서 boulder급까지 다양한 원력을 쉽게 확인할 수 있다. pebble과 cobble급은 주로 편평력으로 나타나 pebble급은 지압으로도 쉽게 부서지고, cobble급도 해머로 내리치면 쉽게 부서진다. boulder와 cobble급은 암질에 따라 신선한 역들도 드물게 관찰된다. matrix는 산화가 많이 진행되어 적색(10R 4/8)을 띤다. 침식을 많이 받아 기반암이 보이는 곳은 고생대 평안계 사암층이 주종을 이룬다. 안인의 고고위 II면에서 노두가 관찰되었는데 역층의 두께는 1.5~2m이고 풍화가 상당히 진전되어 주로 clayey silt인 matrix 물질이 풍부하다. 지형면은 공동묘지로 이용되고 있다(그림 7, 노두 b).

고위면의 노두는 d, e, f, g 네 곳에서 발견되었으며, 역층의 두께는 4~7m이다. 노두 e는 1.2~1.5m이며 노두 d의 동북쪽에 위치한다. 노두 e를 제외한 대부분의 고위면 역층은 boulder와 cobble급의 원력

표 1. 안인·정동진 지역 해안단구 퇴적상

연구 지역	노두 위치	지형면 구분	지형면의 최저~최고 해발고도(m)	퇴 적 층							
				역 층			B층의 토양색	표토층의 두께(cm)	토지 이용	기 타	
				두께(m)	풍화도	층리	평균입경				
안 인 · 정 동 진	a	저위면	15~25	3.2~3.8	하	불량	pebble	明赤葛 5R(5/6)	40~80	해송림	망간 집적층 2~8cm
	b	고고위면	100~108	1.5~2	상	불량	cobble	赤 10R(4/6)	3~5	공동묘지	없음
	c	저위면	15~30	2.3~4	하	불량	cobble	橙 7.5YR(6/8)	(6/8) 50~70	경마장	용탈층 25~35cm
	d	고위면	55~90	4.8~5.8	상	양호	boulder, cobble	赤 10R(4/8)	30~40	조각공원, 묘지	없음
	e	고위면	55~90	1.2~1.5	상	양호	pebble	赤 10R(4/8)	30~40	조각공원, 묘지	없음
	f	고위면	60~90	5.5~7	상	양호	boulder, cobble	赤 10R(4/8)	35~45	묘지, 밭	없음
	g	고위면	55~90	4~7	상	양호	boulder	赤 10R(5/8)	20~30	군부대, 송림	없음

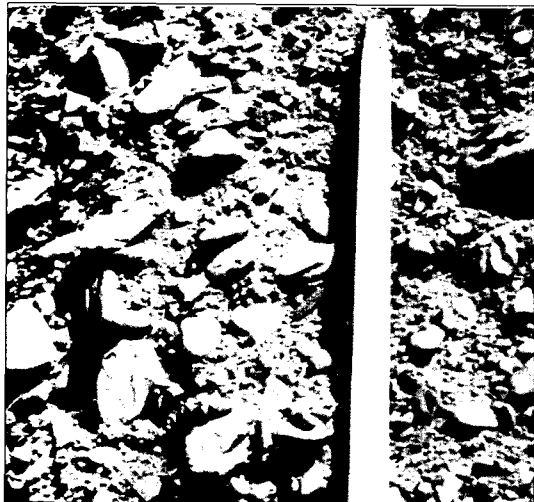


그림 7. 안인 고고위 11면의 역층 (노두 b)

과 아원력이 대부분이며 분급은 양호한 편이다. 노두 e는 다른 노두보다 북쪽에 위치하는데 주로 cobble, pebble급 자갈로 이루어져 상대적으로 세립이다. matrix는 공통적으로 clayey silt이며 토양은 적색(10R 4/8-5/8)을 나타낸다. 이 면은 일부 밭으로 이용되나 대부분 삼림이거나 묘지로 이용된다. 최근에는 정동진의 관광지개발과 더불어 해안경관을 조망하기 좋은 고위면에 관광 시설물이 입지하는데,

중단면도 D-D' 상에 조성된 조각공원은 그 예이다.

이곳에서 중위면은 금진리 남쪽에서 극히 산발적으로 분포하지만 노두는 발견되지 않았다. 저위 1면은 풍화계 주변과 군선강 주변에 분포하며, 노두 a는 심층풍화를 받은 화강암 위에 3.3~3.8m 두께의 역층으로서, 역들은 비교적 신선하며 pebble급이 주를 이루고 boulder급은 지표면에서 주로 관찰된다. 역층의 matrix는 silty sand 및 sand이며 기반암 위 50cm 부분에서 두께 2~8cm의 망간(Mn) 집적층이 관찰된다. 해안과 인접한 관계로 표토는 풍성사로 많이 덮여 있고 토양색은 명적갈(5R 5/6)이며 지표에는 해송림이 분포한다. 노두 c는 군선교 바로 옆에 위치하는데 이 지형면은 경마장 건설시 많이 파괴되어 노두의 두께를 정확하게 측정하기 어려웠지만, 역층의 두께는 2.3~4m로 평안계 사암층의 기반암 위에 얹혀 있다. 분급은 불량하고 역은 boulder에서 pebble급까지 다양하게 나타나며, matrix는 노두 a의 것과 같으나 역층 사이에서 용탈층이 25~35cm 두께로 나타나며 토양은 등색(7.5YR 6/8)을 띤다.

2) 대전·목호 지역

안인·정동진의 남쪽에 위치하며 북쪽으로 낙풍천, 주수천에서 남쪽으로 전천까지에 해당한다. 그 밖에 해안으로 유입하는 대부분의 하천도 안인·

정동진 지역과 마찬가지로 유로가 매우 짧다. 이는 望雲山(338m), 兄弟峰(483m), 草綠峰(483m)과 같이 비교적 낮은 산지에서 발원하기 때문이다. 해안단구는 대진, 묵호 일대의 외해로 크게 돌출한 headland에 가장 넓게 분포하고 천곡동 일대에도 다수 분포한다.

(1) 지형면 분포

고고위면은 발견하지 못하였으나, 고위면에서 저위면까지 모두 확인된다(그림 8).

고위 I면은 망상동 두 곳에서는 해발고도 70~80m에 분포하고, 대진동과 묵호동에서는 80~90m에 나타난다. 고위면의 규모가 매우 큰 것은 정동진의 고위면과 유사하게 외해로 크게 돌출한 headland의 형태를 취하기 때문이다. 중위면은 망상동 일대에 부분적으로 분포하고 천곡동 일대

에 다수 나타난다. 저위면은 망상동 일대에 단편적으로 분포하며, 대진동 일대에 비교적 폭 넓게 나타난다. 그 밖의 지역에서는 분포가 뚜렷하지 않다.

이 지역 해안단구의 종단면도(그림 9)에 의하면 F-F'는 대진동의 고위 II면과 저위 I면을 통과한다. 고위 II면은 폭 150m, 해발고도 60~75m에 분포하고 중위면은 나타나지 않으며 바로 저위 I면과 연결된다. 고위면과 저위면 사이는 상당히 가파른 애면이 존재한다.

종단면도 G-G'는 대진동 남쪽에 위치하며 해발고도 60~80m, 폭 300m의 고위면이 분포하고 배후산지와 상당히 가파르게 만난다. 이 고위면은 해발고도 10~25m에 폭 50m 정도의 저위 II면과 바로 만난다. 따라서 그 사이에 중위면은 나타나지 않고 경사가 급한 사면으로 되어 있다.

종단면도 H-H'는 묵호동의 가장 넓은 면을 중

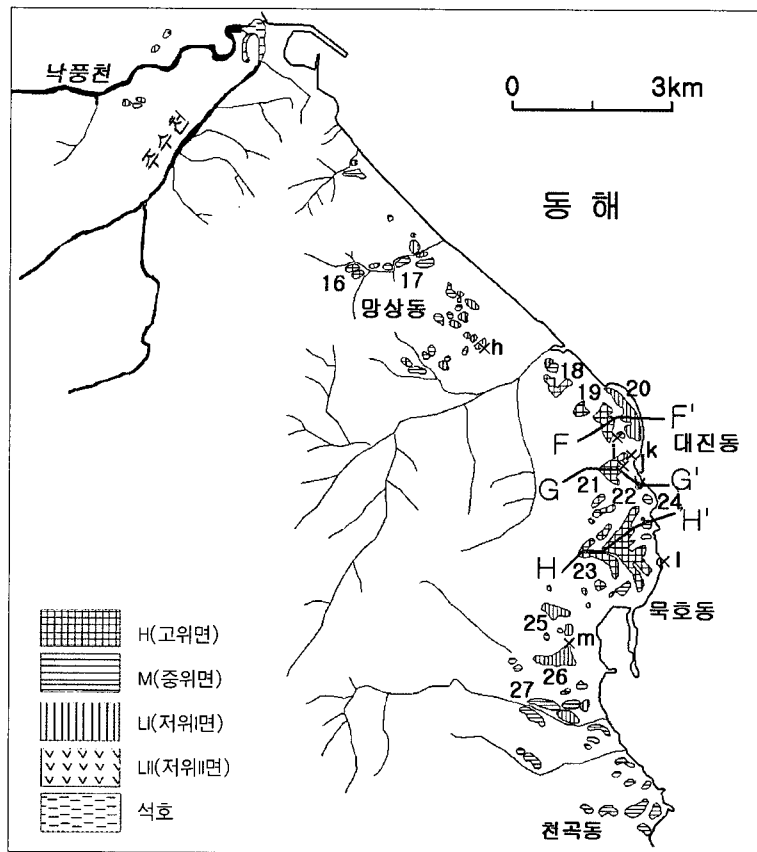


그림 8. 대진·묵호 지역 해안단구 지형면 분류도

(번호는 그림 10의 지형면 위치, 알파벳 대문자는 그림 9의 종단면도, 소문자는 표 2의 노두 위치를 의미함)

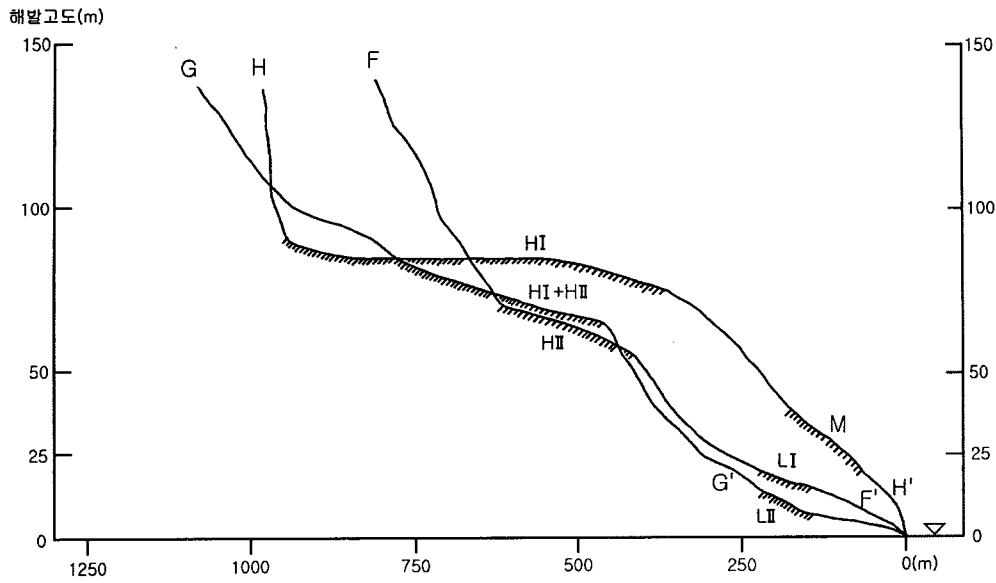


그림 9. 대진·목호지역 해안단구 종단면도

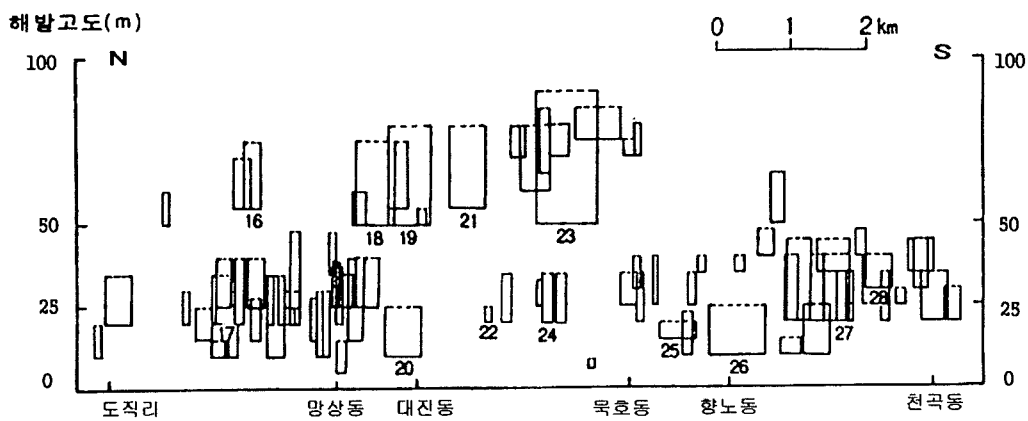


그림 10. 대진·목호 지역 해안단구 횡단면도

단한다. 고위 I면은 해발고도 70~90m에 분포하고 폭이 650m 정도로 매우 넓다. 역시 해안 가까이에서 중위면과 연결된다. 퇴적상도 기반암 위에 1~2m 두께의 boulder급 역층이 얹혀 있으며, 아각력이 포함된 아원력으로서 세립의 역일수록 원마도와 편평도가 높다.

해안선을 따라 작성된 해안단구 횡단면도에 의하면 지형면은 크게 구정선고도 90m의 고위 I면과 구정선고도 30~35m의 중위면과 20~25m의 저위 I

면의 세 그룹으로 나누어진다(그림 10). 저위 II면은 망상동과 목호동 일대에 극히 단편적으로 나타난다. 고위면은 대부분 대진동과 목호동에 분포하는데 최고고도가 70~90m, 최저고도는 50~60m에 나타난다. 따라서 고위면의 비고차는 20~30m로 안인·정동진 지역보다 다소 작으나, 목호동의 가장 넓은 고위면은 최고고도 90m, 최저고도 50m로 지형면 자체의 고도차가 정동진 지역과 유사하고 중위면과 저위면에 비해 훨씬 크다.

중위면은 고위면이 넓게 나타나는 대진동, 묵호동, 어달동을 제외하고 거의 전 지역에 걸쳐 고루 분포하고 있다. 최고고도는 35~45m, 최저고도는 20~30m인데 비고차는 10~15m로 안인·정동진 지역과 유사하다. 저위 I면은 대진동, 묵호동에 일부 나타난다. 해발고도 10~25m에 주로 분포하여 비고차는 15m 정도이다.

각 지형면의 폭은 고위면의 경우 중위면이나 저위면에 비해 넓은 편이며, 특히 묵호 지역에서 가장 넓다.

(2) 퇴적상

고위 I면, 중위면, 저위 I면 모두에서 노두가 나타난다(표 2). 고위면의 경우 노두에서 가장 잘 관찰되는데 평안계 사암층의 기반암 위에 역층이 얹혀져 있다. 기반암은 심하게 풍화를 받아 호미로 약하게 굵어도 쉽게 떨어져 나온다. 역층의 두께는 1.2~1.6m이고, 분급은 불량하며 역은 풍화 정도가 심해 호미로 굵으면 매끈하게 깎여져 모자이크화된다. 주로 cobble급이 많으며 boulder급도 관찰되는데, pebble급 역은 완전 풍화되어 토양화되었다. 역의 원마도는 아원력이 주종을 이룬다. matrix는

주로 clayey silt이며 고결도는 좋은편이다. 토양은 적색(10R 5/8)이며, 표토층은 30cm 정도이고 단구면은 담배농사가 행해지고 있다. 노두 i에서 역층은 주로 아각력이 포함된 아원력의 cobble급과 boulder급으로서 배후산지의 사면 퇴적물에 덮였기 때문에 나타나는 현상으로 생각된다.

저위 I면의 노두는 k, l, m에서 발견되었으며 노두 m에서는 4.5m 역층 아래에서도 기반암이 발견되지 않았다. 노두 k의 기반암은 과거 해식의 영향을 받은 단애가 잘 나타나며, 역층은 층리가 발달했다. 역층의 두께는 2~5m이고 역은 신선하며 cobble 및 pebble급의 아각력이 포함된 아원력으로 구성되어 있다.

4. 토론

1) 해안단구 지형면의 분포특징

연구지역에서 해안단구면은 해발고도에 따른 수직분포, 퇴적물 특성에 따라 고고위 I면(HH I), 고고위 II면(HH II), 고위 I면(H I), 고위 II면(H II),

표 2. 대진·묵호 지역 해안단구 퇴적상

연구지역	노두위치	지형면구분	지형면의 최저~최고 해발고도(m)	퇴 적 층							
				역 층			B층의 토양색	표토층의 두께(cm)	토지 이용	기 타	
두께(m)	풍화도	층리	평균입경								
대 진 · 묵 호	h	저위면	10~25	1.8~2.2	하	불량	pebble	明赤葛 5YR(5/8)	25~40	밭	없음
	i	고위면	50~55	3.5~4.5	상	불량	cobble	赤葛 2.5YR(4/8)	30~40	쓰레기 매립장	없음
	j	고위면	55~80	1.2~1.6	상	불량	cobble	赤葛 2.5YR(4/8)	15~30	밭	없음
	k	저위면	10~15	2~5	하	불량	cobble	明赤葛 5YR(5/8)	15~25	밭	없음
	l	저위면	6~9	1~1.6	하	불량	pebble	明赤葛 5YR(5/8)	10~20	밭	없음
	m	저위면	10~25	3~4.5	중	불량	cobble	明赤葛 5YR(5/8)	40~50	주택가	없음
	n	중위면	35~45	9~12	하	불량	boulder, cobble	赤葛 2.5YR(4/8)	20~40	삼림	없음
	o	중위면	35~45	9~12	하	불량	boulder, cobble	赤葛 2.5YR(4/8)	20~40	삼림	없음

중위면(M), 저위 I면(L I), 저위 II면(L II)으로 구분된다. 이들 각 지형면의 구정선고도는 고고위 I면은 140m, 고고위 II면은 110m, 고위 I면은 90m, 고위 II면은 70m, 중위면은 45m, 저위 I면은 25m, 저위 II면은 10m이다.

고고위I면의 지형면에서는 파랑에너지에 의해서 마식된 많은 원력들이 관찰되었다. 이것은 같은 시기에 퇴적된 역들 중에서 완전히 풍화되지 않은 것들이 남아 있는 것이다. 이 지형면의 분포는 매우 단편적이다. 개석곡의 폭은 고위면의 경우와는 달리 산지 사이의 하곡처럼 대단히 넓다. 따라서 개석곡의 폭보다 지형면의 규모가 작다. 이것은 지형면이 형성된 지 매우 오래되었음을 의미한다. 표층에서 관찰되는 pebble급 이하의 역들은 대부분 완전히 풍화되었으며, cobble급 이상은 신선한 역이 매우 드물게 포함되어 있고 대부분 완전히 풍화되었다. 고고위 II면의 노두에는 풍화가 매우 심하게 진행된 역들이 포함되어 있다.

고위면은 고위 I면과 II면으로 세분되지만, 지형면 사이의 단구애가 분명하지 않다. 정동진, 대진동, 목호동 지역에서 비교적 넓게 분포하는데, 특히 정동진, 대진동, 목호동의 고위면은 그 규모에 있어서 우리나라의 대표적인 해안단구면이다. 정동진 일대의 고위면을 남북으로 크게 분리하는 개석곡인 심곡천은 하곡의 폭이 넓지만, 지형면의 규모에 비해 그리 크지 않아 면의 보존상태는 양호하다. 이것은 고위면들이 고생대 퇴적암의 headland에 형성되었기 때문이기도 하다. 이 지역 해안단구 고위면의 해안 쪽 말단부는 바로 바다를 향해 수직의 절벽을 이루고 있으나, 대진·목호 지역에서는 해안 쪽으로 고위면 아래 중위면 또는 저위면이 연속되므로 정동진 지역보다는 단구애의 경사가 다소 완만하다. 정동진, 대진동, 목호동의 고위 I면에 분포하는 역들은 boulder에서 pebble급이다. boulder급의 역이 많이 관찰되는데, 이는 퇴적물 공급원인 배후산지가 해안에 인접해 있어서 거력들이 많이 공급되었기 때문인 것으로 생각된다. boulder급 역은 아각력, 아원력이 많아 원마도가 비교적 낮으나 pebble, granule급의 경우 편평도와 원마도가 매우 높다. matrix는 상당히 고결되어 있으며 주로 clayey silt로서 적색화되어 있다.

안인·정동진, 대진·목호 지역에서 고위면은

폭 300~800m로 넓게 나타나는데, 이것은 당시 해면과 유사한 해발고도에 완만한 산지 사면이 비교적 넓게 분포하고 있어서 파식대가 폭 넓게 형성될 수 있었기 때문에 나타난 것으로 생각된다.

중위면은 연구지역 전체에서 구정선고도가 거의 유사하다. 중위면은 대진·목호의 망상동과 천곡동 지역에서 고위면보다는 지형면 규모가 작은 편이나, 지형면의 수가 많다. 자갈은 고위면의 것보다 신선하며 matrix 고결도는 약하고 역과 잘 분리되며 역층의 두께는 두껍다. 이와는 대조적으로 저위 I면은 전 지역에 걸쳐서 나타나며 안인·정동진의 하시동, 군선강 주변에 집중적으로 분포한다.

저위면도 고위면과 마찬가지로 저위 I면과 II면으로 나누어지는데 저위 II면은 대단히 단편적으로 나타난다. 연구지역에서 횡단면도 상의 각 단구면 자체의 비고차는 고위면이 가장 크고, 중위면과 저위면은 거의 비슷하게 나타난다.

고고위면은 분포지역이 극히 적고, 지형면 면적도 매우 좁다. 일반적으로 구정선의 해발고도가 높을수록 단구면의 형성시기가 오래 되었기 때문에 기복이 크다. 구정선고도 140m의 고고위 I면은 비고차가 10m 정도 밖에 나지 않는데, 이러한 고고위면의 분포특징은 지형면이 형성된 지 매우 오래 되었으므로, 대부분이 개석되어 없어졌기 때문이라고 생각된다. 해발고도 108m의 고고위 II면은 산지의 정상부에 해당한다. 이 지형면의 비고차도 약 10m로 형성시기가 오래된 데 비해 매우 작다.

고위면의 최고고도와 최저고도의 차이는 30~40m로 매우 크다. 지형면의 최고고도와 최저고도의 비고차이가 중위면은 10~15m, 저위 I면도 10~15m, 저위 II면은 5~10m인 것과 비교하면 대단히 크다. 특히, 고위면은 형성된지 더 오래된 고위면 보다도 최고고도와 최저고도의 차이가 크다. 이와 같이 고위면의 기복량이 이상적으로 큰 것은 연구지역의 다른 해안단구면의 기복량과 조화되지 않는다. 이것은 전술한 바와 같이 구정선고도 90m의 고위 I면과 70m의 고위 II면 사이에 단구애의 발달이 미흡한 데 기인한 것이다. 한국 남동해안의 지형면 분류에서도 해발고도 60~90m 사이의 해안단구는 종단면도에서 I, II면으로 분류된 경우도 있지만, 단구애를 인정하기 어려워 하나의 고위면으로 분류되었다(윤순옥·황상일, 2000). 그

리고 인접한 오십천 하류부 해변변동단구에서 고위면은 2개의 지형면으로 구분되었으나, 지형면들이 거의 연결된 형태를 취하고 있다.

고위면의 폭은 정동진, 대진동, 묵호동 지역에서 가장 넓게 나타난다. 이 지역들은 모두 headland에 해당하며 횡단면도에서 표현된 면의 규모도 매우 넓다.

한편 종단면도에서 고위 I면과 고위 II면의 분포 관계를 보면, 남쪽에서 고위 I면이 넓고 보다 북쪽에서는 고위 II면이 넓게 나타난다. 즉, 정동진지역에서는 E-E'에서 고위 I면이 매우 넓으나, 북쪽의 D-D'에서는 고위 II면이 훨씬 넓다. 대진지역에서도 headland 남쪽 H-H'에서 고위 I면이 넓게 나타나고, headland 북쪽 F-F'에서는 고위 II면이 넓다. 이것은 이들 지형면이 형성될 때 파랑의 주 접근방향의 차이에서 기인하는지 또는 원래의 지형을 반영한 것인지 앞으로 검토하여야 할 과제로 생각된다.

아울러 고위면이 단구화된 이후 긴 시간이 지났음에도 불구하고 지형면이 잘 보존된 것은 규모가 큰 파식대가 형성된 것에 힘입은 바 크지만, 한편으로는 정동진, 금진리, 대진동, 묵호동 고위면을 개석시키는 하천의 유로가 짧고 유역분지가 작아 상대적으로 개석을 적게 받은 것도 하나의 이유가 될 것이다. 따라서 이곳의 지형면은 기반암 위에 역층이 얹혀 있고 개석곡에 의해 심하게 분리되지 않아 경지와 취락이 입지하고 있다. 이와는 대조적으로 중위면보다 해발고도가 낮은 해안단구는 고위면의 바다쪽 단구가 외해에서 오는 파랑에 의해 침식되어 거의 수직의 해식애를 이루므로 지형면의 규모가 작다.

2) 단구면 편년과 지형발달

해안단구 지형면은 간빙기의 고해면에 대응하여 형성된다. 연구지역에는 일곱 개의 해발고도를 달리하는 해안단구가 인정된다. 그리고 우리나라 동해안에서 가장 보편적으로 확인되는 해발고도 5~6m 해안단구를 포함하면, 여덟 개의 해안단구면이 분포한다.

이들 지형면의 형성시기를 밝힐 수 있는 제4기 플레이스토세 기후변화에 대한 우리나라의 연구 결과는 최종빙기의 경우에 국한되어 있다²⁾. 따라서 현재까지의 연구성과로는 빙기와 간빙기 전체의 환경변화를 파악하기가 불가능하다. 최근까지 주로

인용되는 A. Penck의 북알프스 지역 빙기, 간빙기 시기구분이 최종간빙기 이전에 대해서는 편년이 세밀하지 못하므로, 세계적으로 널리 쓰이고 있는 심해저 퇴적물에서 얻은 산소동위체 분석 결과와 대비하여 정리된 기후변화표(표 3)에 의거하여 논의를 전개하고자 한다.

우리나라 동해안 해안단구 연구에서 가장 집중적으로 조사가 이루어진 것은 저위 I면이다. 최성길(1993)은 이 지형면의 노두에서 얻은 시료로 절대연대를 측정하여 124,000년 BP의 값을 얻고, 이를 근거로 형성시기를 MIS 5e에 대비하였다. 본 연구 지역에서는 구정선고도 10m의 해안단구면이 매우 산발적으로 분포한다. 최성길은 이 면이 최종간빙기의 중, 후기에 걸쳐 형성된 것으로 추정하고 있다.

본 연구에서는 분류되지 않았지만 해발고도 5m 부근에는 가장 낮은 해안단구면이 연속적으로 분포하고 있다. 이 면은 정확한 연대 자료가 없어 추정단계에 있으나, 홀로세 동안 현 해변보다 높았던 6,000~5,000년 BP 경의 고해면에 형성된 것으로 보고 있다. 이 단구면은 황상일·윤순옥의 6m 단구, 김서운의 주전리면, 최성길의 5~6m 단구와 대비된다.

이렇게 볼 때 중위면은 MIS 7에 해당하는 북유럽의 Saale/Drenthe期(25만~19만년 BP)에 형성된 것으로 추정된다. 고위면은 Holsteinian Interglacial

표 3. 북반구 제4기 층서

Ma. BP	MIS	NORHERN EUROPE	BRITISH ISLES	NOTRTHERN ALPS	Cold/Temperature	
0.01	1	Holocene	Flandrian	Holocene	T	
0.08	2-4d	Weichselian	Devensian	Würm	C	
0.13	5e	Eemian	Ipswichian	Riss-Würm	T	
0.19	6	Warthe		Penultimate Glacial Late Riss?	C	
0.25	7	Saale/Drenthe	"Woistonian"		T	
0.30	8	Drenthe		Antepenultimate glacial Early Riss/Mindel 1	C	
0.34	9	Dornitz (wacken)	Holsteinian interglacial		T	
0.35	10	Fühne (Mehleick)		Hoxnian	Pre-Riss?	C
0.43	11	Holsteinian (Muldsberg)				T
0.48	12	Elster1	Anglian	Late Mindel? /Donau	C	
0.51	13	Elster1/2			T	
0.56	14	Elster1	Cromerian	Early Mindel? /Donau	C	
0.65	15	Cromerian IV				T

(Šibrava(1986)의 연구를 기초로, Zagwijn(1985), de Jong(1988), Shackleton et al(1990), Gibbard et al(1991)의 자료를 참고하여 Lowe, J.J. and Walker, M.J.C.(1997)가 작성)

(43만~30만년 BP)에 해당하는 MIS 9~11 동안에 만들어진 것으로 볼 수 있는데, 고위 I면은 MIS 11, 고위 II면은 MIS 9에 해당한다. 그리고 고고위 I면은 Cromerian IV 期(63만~56만년 BP)에 해당하는 MIS 15, 고고위 II면은 Elster 1/2 期(51만~48만년 BP)에 해당하는 MIS 13에 형성되었을 것으로 추정된다. 이와같은 형성시기 추정은 이 해안단구면들 사이의 해발고도 차가 20~30m 정도로 대체로 균일하며, 고고위면에서 발견된 역들 중 상당히 신선한 것들이 포함되어 있어 지형면들 사이에 시간적으로 크게 차이가 날 가능성이 거의 없으므로, 현재로부터 거슬러 형성시기를 추정하였다.

정동진, 대진동, 목호동 지역에서는 특히 고위면의 발달이 특징적이다. 이들 고위면은 외해의 영향을 직접 받고 있는 headland에서 잘 발달하고 있다. 고위 I면과 고위 II면 사이에 단구에 발달이 미약하여 평면상에서 경계를 확정하는데 어려움이 있다. 이와 같은 특징은 한국 남동해안의 해안단구 연구에서도 확인된다. 구룡포와 울산 사이의 남동해안에서도 해발고도 60~90m에서 폭이 매우 넓은 해안단구가 확인되지만 이 지형면에서도 단구애를 확인하는 것은 용이하지 않다. 이와 같은 현상은 연구지역 남쪽 삼척 오십천의 가장 하류부 성남동의 해면변동단구에서도 나타난다. 여기에서는 고위 I면이 대단히 좁게 분포하고, 고위 II면이 대단히 넓다. 그리고 이 두 단구면의 경계가 되는 단구애는 경사가 완만하게 변한다. 이와 같이 한반도 동해안을 따라 해발고도 60~90m에 분포하는 해안단구 고위면은 형성시기에 비해 대단히 넓게 남아 있으며, 지형면의 최저 및 최고고도 사이의 비고차가 매우 크다. 이와 같은 지형면의 특징은 시간적인 측면에서 보면 이 해안단구를 형성한 간빙기가 매우 오래 지속되었음을 의미하는 것으로 볼 수 있다. 대단히 긴 시간동안 해면은 거의 같은 수준에 있었지만, 지반은 지속적으로 융기하였으므로 이와 같은 대규모 지형면이 생성된 것이다. MIS 11과 9 사이의 빙기인 10시기는 지속기간이 1만년에 불과하므로 단구애를 명확하게 형성하기에 충분한 기간이 아니다. 따라서 Holsteinian Interglacial의 긴 기간동안 파랑의 영향을 지속적으로 받았으므로 규모가 대단히 크지만 단구애가 미약하게 발달한 해안단구 고위면이 형성된 것이다.

한편 동해안 해안단구 고위면 형성시기에 대하여 이동영(1987)은 구정선고도 100m의 제5단구를 Late Pliocene, 구정선고도 60m의 제4단구는 Early Pleistocene으로 보았으며, Kim, J. Y.(1990)과 김주용·이동영·최성길(1998)은 구정선고도 80~90m의 제5단구를 Early Pleistocene³⁾, 구정선고도 60m의 제4단구는 Middle Pleistocene⁴⁾으로 편년하였다. 이와 같은 결과들은 본 연구의 편년과 비교할 때 고위 I면은 거의 200만년 이상, 고위 II면도 200만년에서 수십만년 차이가 난다. 그러나 해안단구 구정선고도들 사이의 비고차가 20 내지 30m로 거의 같으므로 따라서 저위면과 중위면, 중위면과 고위면들 사이의 시간 간격을 크게 다르게 보아야 할 이유가 없다. 따라서 Late Pliocene, Early pleistocene, Middle Pleistocene과 같은 편년은 지나치게 올려잡은 것으로 생각된다.

한반도 지반운동의 지역차에 대하여 오건환(1981)은 동해안의 정동진과 포항사이에서 같은 시기에 형성된 해안단구의 구정선고도가 정동진쪽이 높다고 판단하여, 북쪽이 남쪽보다 융기량이 컸다고 생각하였다. 해안단구 중위면의 경우 장기곶과 방어진 사이는 영일만을 경계로 대보가 포항보다 구정선 고도가 15m 높았으며, 울산만을 경계로 방어진 지형은 그 남쪽보다 구정선 고도가 9m 높았다고 보았다. 그리고 장기곶과 방어진 사이에서도 북쪽이 남쪽보다 융기량이 더 큰 것으로 판단하였다. 이에 대해 최성길(1997)은 동해안 저위면의 구정선고도가 강릉에서 울산 신암리까지 동일한 것으로 지반운동량이 같았다고 주장하였다. 그러나 이 주장은 저위면에 국한되어, 중위면 이상의 고도에서는 오건환의 주장을 검증하는 것이 불가능하다.

연구지역 해안단구의 구정선고도 체계는 황상일·정혜경·윤순옥(2000)과 윤순옥·황상일(2000)에 의해 보고된 남동해안 구정선 체계, 윤순옥·황상일(2002)에 의해 제시된 삼척 오십천 중, 하류부 해면변동단구 구정선체계와 같다. 이렇게 볼 때, 고고위면이 형성되었던 약 65만년 BP 이후 지반운동의 양상은 한반도 동해안의 정동진과 경주시 양남면 해안에서 거의 같았던 것으로 볼 수 있다. 해발고도를 달리 하는 여러개의 해안단구 지형면이 유사한 비고차로 형성되어 있는 것은 한반도 전체 동해안이 신생대 제4기 후반에 지속적으로 융기하였음을 시사한다. 다

만 해안단구를 만든 각 간빙기의 기후에 대한 구체적인 자료가 없어 당시 해면이 현재 수준과 어떤 차이가 있는지 불확실하므로, 해안단구의 해발고도로 용기량을 계산하기 위해서는 보다 신중을 요한다.

5. 요약 및 결론

한국 동해안의 강릉에서 묵호에 이르는 해안 지역을 안인·정동진 지역, 대진·묵호 지역으로 구분하여 해안단구의 지형발달을 검토하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 구정선고도를 기준으로 해안단구 고고위 I면(HH I)은 140m, 고고위 II면(HH II)은 110m, 고위 I면은 해발고도 90m, 고위 II면은 해발고도 70m, 중위면은 해발고도 40m, 저위 I면도 해발고도 25m, 저위 II면은 해발고도 10m인 지형면들로 나누어진다. 그리고 홀로세에 형성된 것으로 추정되는 해발고도 5~6m의 가장 낮은 해안단구가 연구지역 전체에서 확인된다.

2) 고고위면은 인근의 삼척 오십천 해면변동단구와 한국 남동부 감포지역에서 확인되는 것과 같은 시기에 형성된 것일 가능성이 매우 높다. 이것은 연구지역인 안인·정동진지역, 삼척 오십천지역, 감포지역의 해안단구 구정선들이 거의 같은 형성체계를 보이는 데서 추론이 가능하다. 고고위면은 안인·정동진 지역 세 곳에서 단편적으로 확인되고 있으나, 다른 지역에서도 계속 확인될 가능성이 크다. 고위 I면도 headland가 뚜렷한 정동진, 대진동지역에서 탁월하며 한반도에서 가장 대표적이다. 중위면은 묵호·대진 지역과 북평·삼척 지역의 북평동 일대에서 연속적으로 분포한다. 저위면은 정동진을 제외한 지역에서 비교적 고르게 나타난다. 그러나 저위 II면은 안인, 대진동 지역에서 극히 제한적으로 몇 개의 면이 확인될 뿐이다.

3) 고위면은 다른 지형면에 비해 지형면 자체의 최고고도와 최저고도 간의 비고차가 30~40m로 매우 크고, I면과 II면을 경계짓는 단구애가 분명하지 않다. 이것은 I면과 II면을 형성한 간빙기들 사이의 빙기의 기간이 매우 짧은데 기인하는 것으로 생각된다. 그러나 시기를 달리하는 두개의 면, 고위 I면과 고위 II면의 존재는 인정된다.

4) 고위면이 연구지역 뿐 아니라 남동부 감포지역의 경우도 유사하게 그 폭이 가장 넓다. 이것은 간빙기 지속기간이 길었고, 원래 규모가 큰 파식대가 형성된 것에 기인한다. 한편 형성시기가 오래 되었음에도 불구하고 지형면이 잘 보존된 것은 형성된 후 고위면을 개척시킨 하천이 유로가 짧고 유역분지가 작아 상대적으로 개척을 적게 받았기 때문으로 판단된다.

5) 퇴적상의 특징에 의하면, 고고위면에는 심하게 풍화된 원력이 높은 밀도로 흩어져 있다.

고위 I면은 기반암 위에 역층이 상대적으로 얇게 덮혀 있는데, 안인·정동진 지역에서 역층의 두께는 4~7m, 묵호·대진 지역에서는 1~2m이다. 중위면의 노두는 송정동에서 두 곳 발견되었다. 저위 I면의 노두는 안仁, 大津지역에서 관찰되었는데, cobble, pebble급의 편평력이 많다. 토양색은 고고위면에서는 적색(10R 4/6)이고, 고위면은 적색(10R 5/8)~적갈색(2.5YR 4/8), 중위면은 적갈색(2.5R 5/8)~명적갈(5YR 5/8), 저위 I면은 등색(7.5YR 6/8)~황등색(10YR 7/8)이어서 시기가 오래된 지형면일수록 토양의 적색화가 진행되었음을 알 수 있었다.

6) 해안단구의 형성시기는 기존 연구결과를 비교·검토한 결과, 저위 I면은 최종간빙기인 MIS 5e 시기 동안 형성되었고, 최성길(1993)의 저위 I면, 황상일·윤순옥(1996)에 의한 金谷面(19~24m)에 대비된다. 중위면은 이 보다 앞선 간빙기 즉 MIS 7에 해당하는 북유럽의 Saale/Drenthe기에 형성된 것으로 추정된다. 고위면은 북유럽의 Holsteinian Interglacial기에 해당하는 MIS 9~11 동안에 형성된 것으로 볼 수 있다. 이 중 고위 II면은 MIS 9, 고위 I면은 MIS 11에 해당한다. 이기간 동안 MIS 10은 약 1만년 동안 지속되었으므로, 고위 I면과 II면 사이에 단구애의 발달이 미약하다. 아울러 MIS 10을 제외한 Holsteinian Interglacial의 기간이 매우 길게 지속되었으므로 고위면의 규모도 한국 동해안에서 대단히 크다. 고고위 II면은 Elster1/2기에 해당하는 산소동위체 MIS 13, 고고위 I면은 CromerianIV기에 해당하는 산소동위체 MIS 15에 퇴적되었을 것으로 추정된다.

7) 한반도 동해안의 정동진 지역의 해안단구에서 복원한 구정선 고도체계는 남동해안 감포지역의 그것과 거의 같으므로, 약 65만년 BP 이후 한반도 동해안 지반운동의 양상은 북쪽과 남쪽 해안에서 거의 같았다.

註

- 1) Kim, Suh Woon(1973)의 논문 98-99쪽에서 봉화재면은 등고선을 따라 거의 평행하게 표시되어 있다. 따라서 단구애와 단구면의 구분이 분명하지 않아 단구면의 구정선 고도를 확인하는 것이 불가능하다. 그리고 단구면의 개석 상태가 표현되어 있지 않다.
- 2) 최종빙기 전체의 기후변화에 대한 연구는 윤순옥·조화룡(1996)의 경상북도 영양분지에서 화분분석 결과로 얻은 약 6만년 BP 이래 기후 변화에 대한 것이 있다.
- 3) 김주용·이동영·최성길(1998)은 이시기를 제4기 시작부터 80만년전까지로 보았다
- 4) 80만년전부터 12만년전까지에 해당한다.

文 獻

김주용 · 이동영 · 최성길, 1998, "플라이토신 층서 연구," *The Korean Journal of Quaternary Research*, 12(1), 77-87.

吳建煥, 1981, "韓半島의 海成段丘와 第四期の 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 教育論輯*, 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.

이동영, 1987, *Stratigraphical research of the quaternary deposits in the Korean Peninsula*, 한국제4기학회지, 1, 3-20.

崔成吉, 1993, "韓國 東海岸에 있어서 最終間氷期の 舊汀線高度變化로 부터 본 研究: 後期 更新世 河成段丘의 地形層序의 對比의 觀點에서," *The Korea Journal of Quaternary Research*, 7(1), 1-26.

崔成吉, 1995, "韓半島 中部東海岸 低位海成段丘의 對比와 編年," *大韓地理學會誌*, 30(2), 103-

黃晚益, 1968, 東海岸 正東里一帶의 海岸平坦面 地形研究, 서울大學校 大學院 碩士學位論文.

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.

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

Anderson, Robert S., 1994, *The Quaternary marine terraces of Santa Cruz, California*, *Geological Society of America Bulletin*, 106.

Chang, Ho., 1986, *Geomorphic Development of Intermontane Basines in Korea*, Doctor's dissertation of Tsukuba University.

Kelsey, Harvey M., 1996, *Quaternary upper plate deformation in coastal Oregon*, *Geological Society of America Bulletin*, 108.

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 (Bangeojin~Pohang) of the Korean Peninsula*, *Jour. Geol. Soc. Kor.* 9(2), 89-121.

Lowe, J.J. and Walker, M.J.C., 1997, *Reconstructing Quaternary Environment*(2nd Ed.), Longman, Hong Kong.

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 Reseach*, 3, 39-55.

최초투고일 03. 04. 07
 최종접수일 03. 06. 03