

한국 남동해안 해안단구의 지형형성 mechanism*

윤순옥** · 황상일***

Mechanism of the Marine Terraces Formation on the Southeastern Coast in Korea

Soon-Ock Yoon** · Sang-Il Hwang***

요약 : 해안단구는 新生代 第四紀 한반도 地形變遷史와 현재의 한반도 地形을 이해하는데 대단히 중요한 단서를 제공한다. 본 연구는 해안단구가 잘 발달되어 있는 포항시 九龍浦邑 三政里에서 慶州市 陽南面 下西里 사이의 한국 남동해안을 대상으로 해안단구 형성 메카니즘을 검토하였다. 각 해안이 가지는 고유한 자연환경의 특색이 해안단구 분포에 다양하게 영향을 미쳤으나, 하천의 특성은 국지적으로 기여하였고, 전반적으로 기반암의 차이, 해안선의 돌출 정도, 해저기복, 파랑 등이 복합적으로 작용하였다. 三政里-長吉里 해안은 파고가 높은 파랑의 집중과 세삼기 화산암의 지질적 특징으로 중위면이 폭 넓게 분포한다. 邱坪里-溪院里 해안은 연암의 지질, 내만을 이루는 해안선, 완만하고 얇은 수심의 해저기복, 분수계의 해발고도가 낮고, 하폭이 넓은 유역분지의 특성으로 해안단구 발달이 빈약하다. 斗院里-邑川里에는 지질적 특색 뿐 아니라 해안선의 형태, 해저기복, 대중천의 퇴적물 공급 등이 복합적으로 해안단구 형성 메카니즘으로 작용하였다.

주요어 : 해안단구 형성 메카니즘, 한국 남동해안, 기반암의 차이, 해안선의 돌출 정도, 해저기복, 파랑

Abstract : The marine terraces often offer some important clues to understand the topographic development during the Quaternary and the present landforms in Korea. We examined the mechanism of the marine terraces formation along the coast from Samjung-Ri(community), Guryongpo-Eup(county) to Haseo-Ri, Yangnam-Myun(county), Gyungju-Si(city). Among the various but unique factors of the given coastal environment, which should contribute to the marine terraces formation together, we focused on five possible factors for the present study. Geologic difference in bedrocks, protrusion degree of coastline, topological relief of sea-bottom, fluvial characteristics on land, and pattern of the waves appeared to act cooperatively on the terrace formation of Southeastern coast in Korea, while the fluvial characteristics seemed play a significant but localized role in it. Wide distribution of middle surfaces on the coast of Samjungri-Janggilri could be due to the concentration of the high waves and the weakness of the Tertiary volcanic rocks. For the sporadic distribution of the terraces on the coast of Gupyungri-Gyewonri, it seemed attributable to the erosion-susceptible weak bedrock, the coastline of inner bay, shallow sea-bottom with the gentle relief, and other fluvial characteristics with the low divides. Together with the geologic difference in bedrock, other factors including protrusion degree of coast, topological relief of sea-bottom, and the transportation loads by the stream Daejongchon are believed to act cooperatively on the mechanism of the marine terraces formation on the coast of Duwonri-Upchonri.

Key Words : the mechanism of the marine terrace formation, Southeastern coast, difference in bedrock, protrusion degree of coast, topological relief of sea-bottom, the waves

1. 서론

1) 문제제기 및 연구목적

한반도는 제4기 신생대 중기 비대칭 요곡용기

의 결과로 경동지형이 형성되어 태백산맥을 중심으로 동·서 사면의 지형적 차이가 현저하다. 즉, 동·서 해안으로 유입하는 하천의 규모, 하상의 경사, 이에 따른 퇴적물 공급에 따른 특징이 다르며, 이 외에도 조차의 크기, 해저사면의 경사도와

* 이 연구는 1997년도 경희대학교 연구비 지원에 의한 결과임.

** 경희대학교 문리과대학 지리학과 부교수(Associate Professor, Department of Geography, Kyunghee University)

*** 이학박사(Doctor of Science)

수심이 크게 달라서 각 해안의 지형은 매우 대조적이다. 특히 동해안에서는 서해안과는 달리 해안선을 따라 고도를 달리하는 여러 단의 해안단구가 발달되어 있다.

현재 뚜렷하게 고도차를 이루며 분포하는 여러 단의 해안단구는 간빙기 고해면기의 정선고도에 대응하여 퇴적된 古海成礫層 또는 파랑에 침식된 古波蝕臺이며, 단구에는 빙기의 저해면기에 낮은 침식기준면에 대응하여 개석되어 경사가 급한 사면형태를 취한다. 이러한 해안단구는 지질 및 지형적인 차이로 인하여 지형면의 규모, 개석정도 등 그 분포 특징이 장소에 따라 다르다.

해안단구는 新生代 第四紀 한반도 地質史와 현재의 한반도 地形을 이해하는데 매우 중요한 단서를 얻을 수 있으므로, 여러 지형학자 및 지질학자들에 의해 일찍부터 연구가 수행되었다. 특히 장기곶에서 울산만에 이르는 한국 남동부 지역의 해안단구는 1970년대 말부터 연구되기 시작하여, 단구면 분류, 형성시기에 따른 지형발달, 동해안 중부지방과 대비하여 지반운동의 지역차 등을 밝히는데 주력하였으나 아직 해결해야 할 많은 문제들이 있다.

김서운(1973)은 구룡포 일부 지역을 처음으로 조사하였고, 오건환(1977), 이동영·김주용(1991)은 전 지역에서 고위면부터 저위면에 걸친 해안단구면을 조사하였으나, 지형면분류와 편년에서 상당한 차이를 나타냈으며, 특히 고위면은 매우 단편적으로 확인되는 것으로 보고하였다. 그러나 동해안 중부의 정동진 일대에서 확인되는 것처럼, 이 지역에도 고위면이 넓게 분포할 가능성이 매우 높다. 또한 해안단구의 분포특징을 구조운동 및 국지적인 지질과 관련지었음 뿐, 거시적인 관점에서 기반암의 지질적 차이, 해안선의 돌출정도, 해저기복, 파랑 등과 같이 다양한 인자들이 복합적으로 작용한 해안단구의 형성 mechanism을 통해 밝히려는 시도는 거의 없었다.

본 연구지역은 장기곶에서 울산만에 이르는 해안에서도 외해로 크게 돌출하여 파랑이 접근하는 방향이 일정하여, 지질과 관계없이 해안단구가 넓게 발달되어 있는 九龍浦邑 石屏里 이북과 울산만의 방어진 북쪽은 논의에서 제외하였다. 따라서 포항시 九龍浦邑 三政里에서 慶州市 陽南面 下西

면 사이의 총 연장 약 40km에 이르는 해안의 해안단구를 조사대상으로 하였다. 이곳 해안은 북북동-남남서 방향으로 거의 직선상이지만 국지적으로 헤드랜드와 내만이 다양하게 분포하며, 해안단구가 잘 발달되어 있다. 남북으로 긴 해안에 분포하는 해안단구는 다양한 지질의 기반암 위에 형성되어 있으므로, 그 분포특징은 기반암과 밀접하게 연관되어 있을 것으로 판단된다. 그뿐 아니라 해안선의 돌출정도, 해저기복, 파랑 등도 해안단구 분포에 영향을 미쳤을 것으로 보고, 이들 요소를 중심으로 한반도 남동해안 해안단구의 형성메카니즘을 논의하고자 한다.

이러한 논의를 위하여 연구지역 가운데 해안단구가 가장 모식적으로 발달하고 있는 감포읍 나정리와 대본리를 표본지역으로 설정하여 지형면구분의 기준으로 삼았다. 이를 기초로 1: 25,000 지형도와 1: 20,000 항공사진을 판독하여 구룡포에서 경주시 하서리까지 해안단구 지형분류도를 작성하고, 지질도, 하계망도, 연안의 수심분포도를 중첩하여 해안단구 형성에 미친 지질 및 지형적 요인을 분석하였다.

2. 연구지역 개관

연구지역은 한국 남동해안에서 해안단구가 가장 모식적으로 분포하는 장기곶에서 울산만에 이르는 지역 가운데 경상북도 포항시 구룡포읍과 경주시 양남면 하서리 사이의 해안이다(그림 1). 한반도 남동부지역에는 북북동-남남서 방향으로 數列의 지질구조선(tectolineament)이 분포하고 있으며, 장기곶에서 방어진 사이의 해안선도 이 구조선들 중 양산단층선과 주향을 같이 하고 있다. 해안선은 전체적으로 직선상이고 단순한 편이나, 대축척지도에서는 작은 내만과 헤드랜드가 많이 확인된다. 또한 전체 동해안의 경관으로 보면, 연구지역의 해안선은 동남동 방향으로 외해에 크게 돌출되어 있다.

연구지역의 지질은 중생대 백악기 퇴적암, 화강암, 변성암, 新生代 第三紀 화산암, 퇴적암, 응회암, 第四紀 화산암 등 매우 다양하다(그림 2). 그 가운데 백악기층과 제삼계가 거의 절반씩을 차지한

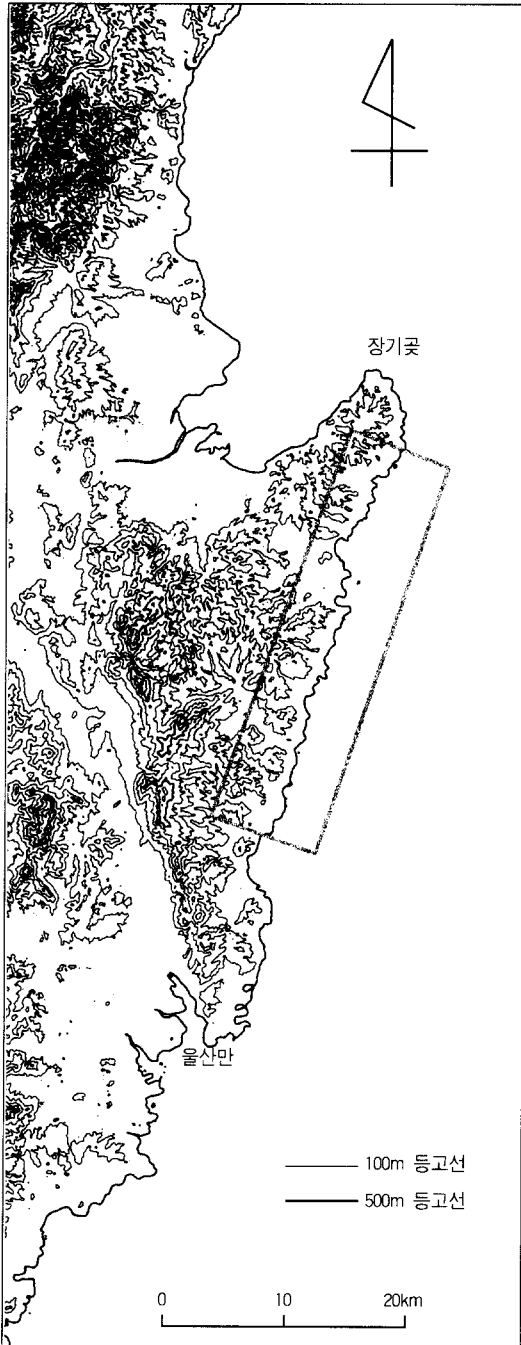


그림 1. 연구지역 개관

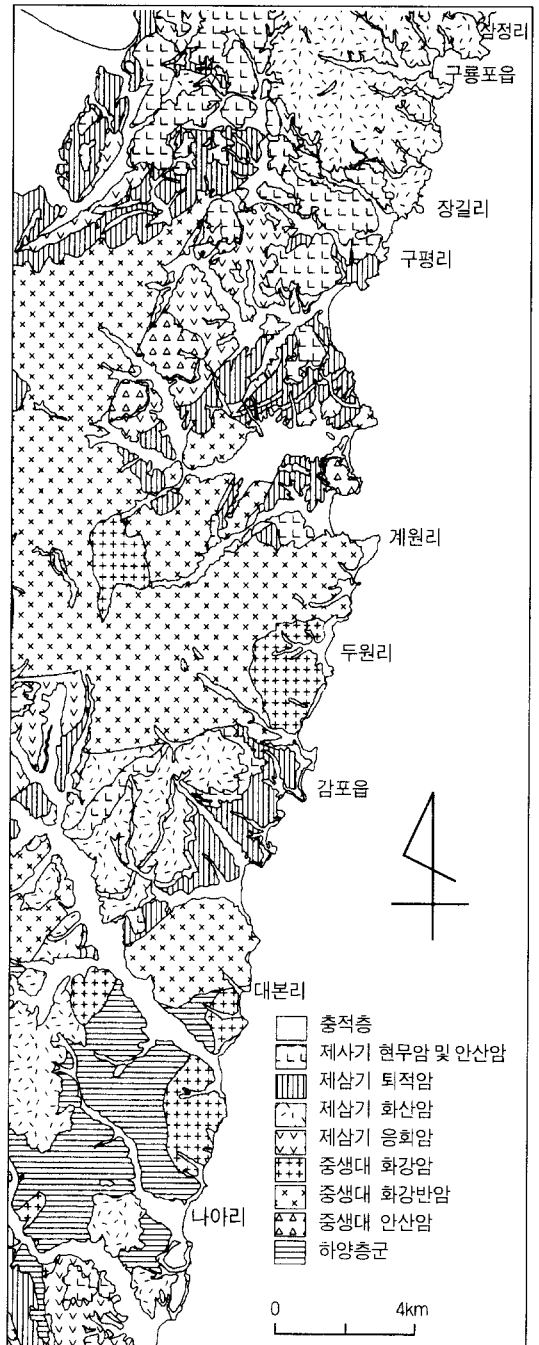


그림 2. 한국 남동해안의 지질

다. 제삼기층은 九龍浦에서 良浦까지, 甘浦邑, 慶州市 陽南面 邑川里와 下西里일대의 해안에 분포한다. 특히 지질도에서 확인되는 충적층 분포지역

은 암석들의 풍화에 대한 저항력이 상대적으로 약한 정도를 개략적으로 반영한다. 즉, 하천의 조건이 비슷한 경우라도 지질도에 나타난 충적층의

면적이 넓으면, 기반암의 풍화에 대한 저항력이 낮고, 면적이 좁으면 저항력이 크다고 볼 수 있다.

3. 甘浦 羅亭里-臺本里지역의 해안단구

이 해안에는 연구지역에서 고위면, 중위면, 저위면이 가장 모식적으로 발달하고 있으므로, 단구면을 구분하는 기준을 추출하는 표본지역으로 설정하였다. 나정리와 대본리 해안의 배후에는 연태산을 중심으로 소위 영동면에 대비되는 평탄면이 약 해발고도 200~240m에 분포하고, 해발고도 90~100m까지 급경사를 이루며 낮아지다가, 해발고도 90m부터 각각의 단구면이 동해를 향하여 고도별로 나타난다. 그림 3은 1: 20,000 항공사진을 판독하여 1차 작업으로 분류한 단구면을 야외 답사에서 hand level로 측량한 후, 노두조사 결과를 보완, 수정하여 1: 5,000 지형도 상에서 작성한 것이다.

그림 4는 hand level로 측량하여 작성한 해안단구면의 종단면도이다. 실측한 지점은 그림 3의 a-a', b-b', c-c', d-d'이다. 이 실측자료와 감포읍 나정리-대본리의 해안단구 지형분류도를 기초로, 각 해안단구면의 고도, 기복량, 폭, 경사도를 정리한 것이 표 1이다.

고위면은 실측된 네 지점에서 모두 나타났으며 전체적으로, 해발고도 약 50~87m에서 거의 300~500m의 폭으로 넓게 분포하는데, 단구면 평균 경사는 약 4.2°로서 중위면과 저위면에 비해 다소

급하다. 중위면과 경계를 이루는 단구에는 평균경사 약 10.7°로서 경사가 분명하게 변한다. 종단면도 a-a'의 경우, 고위 I면은 해발고도 약 85~90m에서 배후산지와의 경사급변점이 나타나고 그 말단부의 해발고도는 66.1m이다. 중위면과 경계를

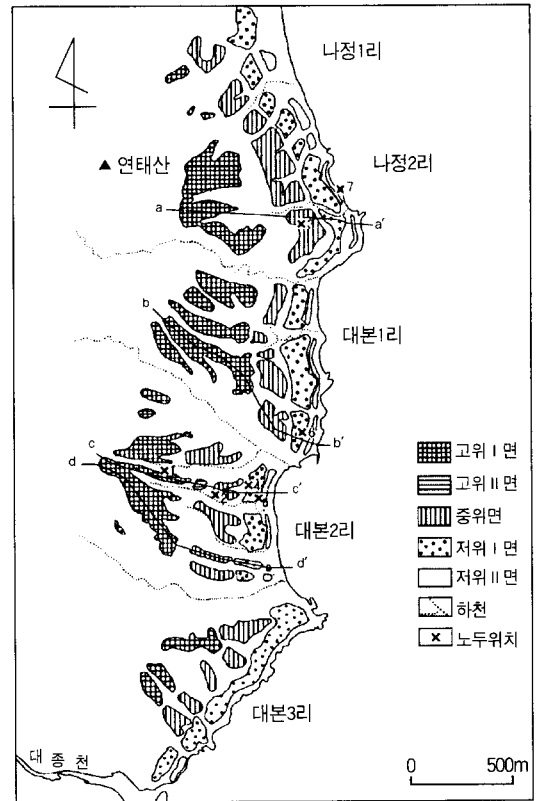


그림 3. 감포읍 나정리-대본리의 해안단구 지형분류

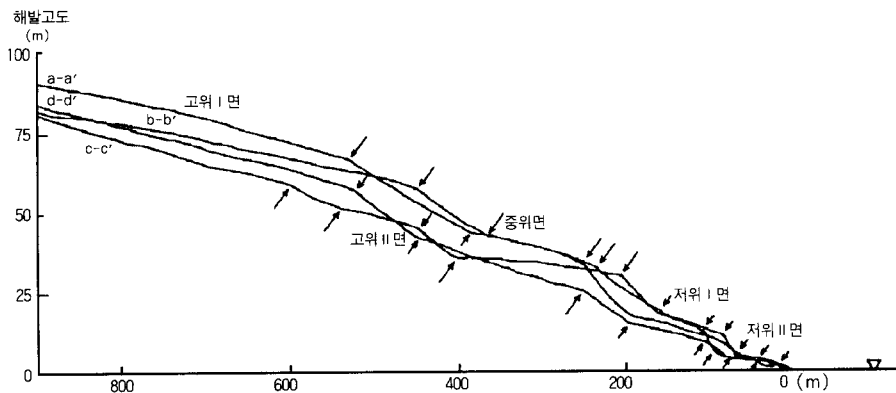


그림 4. 감포읍 나정리-대본리의 해안단구 종단면(↘는 경사변환점)

표 1. 감포읍 나정리-대본리의 해안단구 실측치

		고 위 면		단구에	중위면	단구에	저위 I면	단구에	저위 II면	
a-a'	해발고도(m)	66.1~85		43~66.13	2.4~43	15.8~32.4	9~15.8	4.5~9	4~4.5	
	기복(m)	18.9		22.9	10.6	16.6	6.8	4.5	0.5	
	폭(m)	360		140	140	60	100	50	10	
	경사도(°)	3.0		9.4	4.3	15.5	3.9	5.1	2.9	
b-b'	해발고도(m)	57.4~82.6		42.2~57.4	32.4~42.2	14.7~32.4	10.9~14.7	4.9~10.9	4~4.9	
	기복(m)	25.2		15.2	9.8	17.7	3.8	6	0.9	
	폭(m)	480		80	132	96	30	10	12	
	경사도(°)	3.0		10.8	4.2	10.4	7.2	31.0	4.8	
c-c'	해발고도(m)	고위 I면 60~86.6	단구에 52.3~60	고위 II면 42~52.3	36~42	31.6~36	18~31.6	11~18	5~11	4.2~5
	기복(m)	26.6	7.7	10.3	6	4.4	13.6	7	6	0.8
	폭(m)	360	60	100	40	200	40	80	12	26
	경사도(°)	4.7	8.1	6.5	9.5	1.4	20.9	5.6	29.5	2.0
d-d'	해발고도(m)	57.2~86.6		40.2~57.2	25~40.2	16~25	10~16	5~10	4~5	
	기복(m)	29.4		17	15.2	9	6	5	1	
	폭(m)	300		80	200	46	100	20	50	
	경사도(°)	6.2		13.3	4.8	12.3	3.8	15.6	1.3	
평균경사도(°)		4.2		10.7	3.7	14.8	5.1	20.3	2.7	

이루는 단구에의 경사는 9.4°로 거의 완사면으로 나타나서, 중위면이나 저위면의 단구에 비해 작다. 그러나 고위면의 평균경사 4.2°나 중위면의 평균 경사 3.7°와 비교해 볼 때 단구면과 단구에의 경계는 뚜렷하게 구분된다. b-b' 종단면에서 고위 I면은 해발고도 약 57.4~82.6m에 이르며, 다른 지역에 비해 폭이 넓고, 경사는 3.0°로 평탄하다. 종단면도 c-c'의 경우는 고위면이 두 단으로 세분되어, 고위 I면은 해발고도 60.0~86.6m에, 고위 II면은 해발고도 42.0~52.3m에 나타난다. 고위면은 형성된 지 오래되어 대부분 세분하기 어렵지만, 이 지역에서는 고위 II면이 고위 I면과 중위면 사이에서 경사급변점을 이루며, 뚜렷하게 구분된다. 즉, 고위 I면과 고위 II면 사이의 단구에 경사는 8.1°, 고위 II면과 중위면 사이의 단구에는 9.5°이다. d-d' 지점에서 고위 I면은 해발고도 57.2~86.6m에 걸쳐 나타나며, 경사는 6.2°로 다른 지역에 비해 다소 급하지만, 중위면과는 13.3°의 다소 가파른 경사의 단구애로 뚜렷이 구별된다.

중위면은 고위면보다 폭은 좁지만, 지형면은 평탄하고, 저위면과 이루는 단구에는 급사면을 이루어 지형면 간의 경계가 뚜렷하다. 중위면의 평균 경사는 3.0°로서 고위면에 비해 매우 평탄하며, 저위면과 이루는 단구에는 14.8°로 고위면과 경계에

있는 단구에의 평균경사 10.7°보다 더욱 가파르게 나타난다. 중위면은 종단면도 상에서 지형면을 세분하기는 어려웠다.

a-a' 종단면에서 중위면은 해발고도 32.4~43.0m에 분포하며, 지형면 경사는 4.3°이다. 저위면과는 경사 15.5°의 단구애에 의해 뚜렷이 구분되는데, 이는 고위면과 경계를 이루는 단구에의 경사 9.3°보다 더욱 가파르다. b-b' 종단면에서는 중위면이 해발고도 32.4~42.2m에 나타나며, 경사 4.2°로서 해발고도나 경사도에서 a-a' 종단면의 중위면과 유사하다. 종단면도 c-c'에서 중위면은 해발고도 31.6~36m에 분포하며, 지형면 경사 1.4°로 실측한 지점들 중에서 가장 평탄했다. 저위면과 경계를 이루는 단구에는 20.9°의 가파른 사면으로 측정되었다. 종단면도 d-d'의 경우, 해발고도 25.0~40.2m에 분포하는 중위면은 경사 4.8°로 실측한 지형면들 가운데 가장 급하고 최저고도가 가장 낮다. 이는 지형면의 양쪽에 바다를 향해 종단으로 개석폭이 넓게 발달하였으므로 남아있는 중위면의 폭은 넓으나 분포면적이 매우 좁기 때문이다.

저위면은 I면과 II면으로 분명하게 구분된다. 저위 I면의 평균경사는 약 5.0°로, 고위면 4.2°, 중위면 3.7°에 비해 다소 급하게 나타나는 것은 일반적인 경향과 상이한데, 이는 실측한 지점들 가

운데 7.2°로 측량된 b-b' 종단면 상의 저위면 경사값에 기인한다(그림 4 참조). 이 곳의 저위 I 면은 지형면 폭이 30m 정도이고 경사가 급하다. 저위 II 면은 지형면의 기복이 2m 이내로 평탄하고 평균경사도 가장 완만한 2°로 거의 평탄면에 가까우나, 지형면의 폭은 가장 좁다. 저위 I 면과 II 면간에 경사급변점을 이루는 단구에는 평균경사가 20.3°로서 연구지역에서 가장 경사가 급하다. 따라서 저위 I 면의 분포가 가장 뚜렷하다. a-a' 종단면에서, 저위 I 면은 경사 3.9°, 해발고도 9~15.8m에 분포하며, 폭은 100m로 비교적 넓다. 저위 I 면과 II 면 사이의 단구에는 5.1°로 단구애의 평균경사인 20.3°에 비하면 매우 완만하다. 저위 II 면은 해발고도 4.0~4.5m에서, 10m의 폭으로 좁게 나타난다. b-b' 종단면의 경우, 저위 I 면은 해발고도 10.9~14.7m에 역시 폭 10m 정도로 좁다. 저위 I 면의 경사는 평균값보다 급한 7.2°이지만, 저위 II 면과 경계를 이루는 단구에는 31.0°로 매우 급해서 저위 II 면과 뚜렷하게 구별된다. 저위 II 면은 해발고도 4.0~4.9m 사이에 나타나며, 폭 12m, 지형면 경사는 4.8°이다. c-c' 종단면에서의 저위 I 면은 해발고도 11~18m에 분포하고, 5.6°로 평균에 가까운 경사를 나타낸다. 저위 I 면과 II 면 사이의 단구에는 29.5°로 급하다. 저위 II 면은 해발고도 4.2~5m에서 26m의 폭을 갖는다. d-d' 종단면에서는, 해발고도 10~16m에 저위 I 면이 분포하며, 지형면 경사 3.8°이고, 저위 II 면과의 사이 단구에는 15.6°이다. 저위 II 면은 해발고도 4~5m에 분포하는데, 폭이 50m로 상당히 넓고, 면의 경사는 1.3°로 가장 완만하다.

이상의 결과에 따라 연구지역의 고위면, 중위면, 저위면의 분포 특징을 정리하면 다음과 같다. 고위면의 구정선고도는 해발고도 약 82~87m에 있고, 지형면은 50~87m에 걸쳐 분포한다. 그리고 배후산지와 뚜렷한 경사변환점이 존재한다. 고위면은 중위면이나 저위면에 비해 다소 경사가 급하다. 지형면은 대체로 폭이 넓은 편이며, 곳에 따라서는 I 면과 II 면으로 분류될 수 있다. 그러나 오랜 기간의 침식으로 이들 사이의 단구애가 많이 파괴되어 전 지역에 걸쳐 두면으로 세분하기는 어려우므로 이들을 합쳐서 고위면으로 한다.

중위면의 구정선고도는 해발고도 약 36~43m에

위치하며, 지형면은 25~43m 사이에 분포한다. 지형면의 폭은 고위면에 비해 넓지 않고, 고위면보다는 경사가 완만하나 저위면보다 급하다. 고위면과의 경사변환점은 경사진 사면으로 나타나서 구분이 모호하기도 하지만 저위면과의 경계는 확연하게 나타난다.

저위면은 다시 저위 I 면(약 10~18m)과 저위 II 면(약 4~5m)으로 뚜렷이 구분된다. 이 저위면들의 구정선고도는 각각 해발고도 15~18m, 4~5m 사이에 있고, 지형면은 거의 구정선고도 부근에 분포한다. 저위면의 폭은 중위면과 유사하거나 오히려 좁게 나타나기도 하지만, 가장 최근에 형성되었으므로 대단히 평탄하다. 따라서 지형면의 원면이 잘 보존되어 있어 일부 구간을 제외하면 연속성이 좋다. 단구면 가운데 형성시기가 가장 최근에 가까워 구정선고도, 단구면, 단구애의 구분이 확연하다. 그러나 남동해안 전체 지역을 다루는 본 연구에서는 Holocene에 형성된 것으로 추정되는 저위 II 면을 지형면 분류에서 제외하였다.

4. 한국 남동부 해안단구의 지형면 분류 및 공간분포 특징

한국 남동부 해안단구의 형성 메카니즘을 거시적인 입장에서 논의하기 위하여 연구지역의 해안단구면을 고위면, 중위면, 저위면으로 구분하였다. 표본지역인 감포읍 나정리와 대분리에서 얻은 자료를 기초로 지형면을 분류한 결과, 연구지역에서 고위면은 구정선고도가 해발고도 80~90m, 중위면과 저위면의 구정선고도는 각각 해발고도 35~45m, 15~25m로 결정되었다.

본 장에서는 고위면, 중위면, 저위면으로 구분하여 해안단구 지형면 공간분포의 특징과 각 단구면의 개석정도를 파악하였으며, 각 지형면 간의 폭을 비교하고, 연속성을 검토하였다. 또한 지역별 차이를 논의하기 위하여 한국 남동해안의 九龍浦邑 三政里에서 慶州市 陽南面 下西里 사이의 해안에 분포하는 해안단구를 九龍浦邑 三政里-長吉里지역, 邱坪里-甘浦邑 溪院里지역, 甘浦邑 斗院里-陽南面 邑川里지역으로 나누어 살펴 보았다(그림 5).

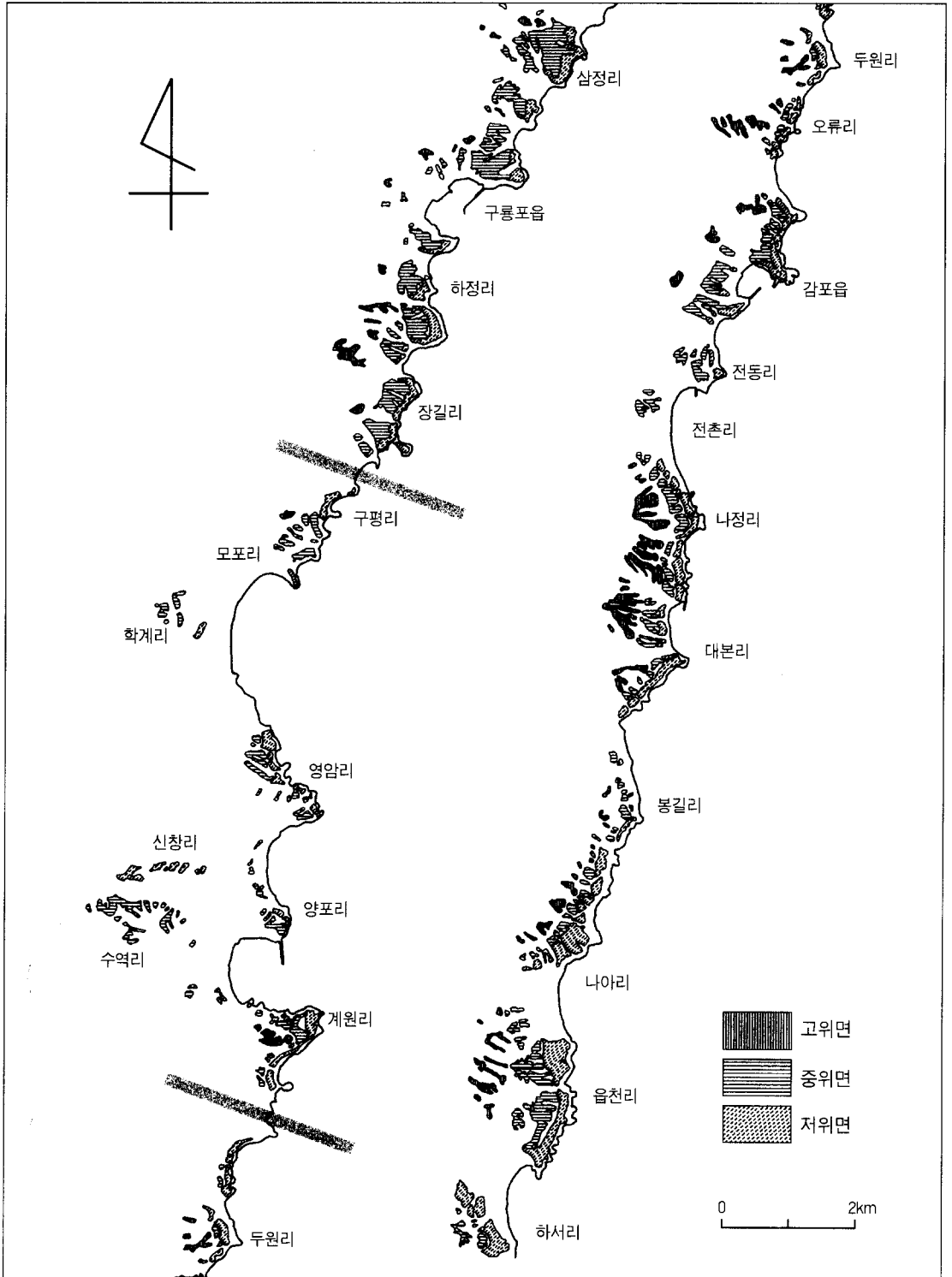


그림 5. 한국 남동해안의 해안단구 분포

1) 해안단구 별 분포 특징

(1) 고위면

현재까지 보고된 동해안의 해안단구 연구에서 고위면은 대단히 산발적으로 분포하는 것으로 기재하고 있다. 그러나 본 연구의 조사결과 九龍浦邑 三政里에서 陽南面 下西里까지 같은 구정선고도를 가지는 고위면이 상당히 연속적으로 분포하고 있으며, 그 분포밀도는 長鬚面 溪院里보다 남쪽에서 더 높다. 특히 甘浦邑 羅亭里와 臺本里, 陽南面 邑川里에서는 고위면의 폭이 500m 정도로 넓어서, 동해안 중부 正東津의 지형면과 유사한 규모의 해안단구 고위면이 확인되었다.

고위면의 분포는 기반암이 중생대 변성암인 甘浦邑 羅亭里와 臺本里에서 가장 전형적이다. 이들 지역에서는 배후산지에서 바다로 유입하는 소하천에 의해 지형면이 개석되고 있으나, 그 폭은 상대적으로 넓고 연속성이 매우 양호하다. 陽南面 羅兒里와 邑川里의 중생대 퇴적암 분포지역에서도 고위면은 개석을 받았으나 비교적 잘 보존되어 있다. 중생대 화강암지역인 長鬚面 斗院里, 甘浦邑 五柳里와 臺本里, 陽北面 奉吉里와 陽南面 羅兒里的 대부분은 이들보다 밀도가 낮고 개석을 많이 받아 지형면의 보존도가 낮으나 대체로 연속적으로 분포하고 있다. 제삼기층 지역은 전체적으로 지형면의 보존상태는 상당히 불량한 편이다. 또한 甘浦邑 주변과 九龍浦邑 三政里에서 邱坪里까지는 매우 산발적으로 분포하며, 牟浦里에서 良浦里 사이와 陽南面 下西里에는 거의 분포하지 않는다. 제삼기층지역 중 응회암지역인 陽南面 下西里와 長鬚面 牟浦里에서 良浦里까지는 고위면이 확인되지 않는다. 제삼기 화산암으로 이루어진 九龍浦邑 長吉里 이북에서도 비연속적이다.

(2) 중위면

동해안 해안단구 가운데 대부분의 해안에서 가장 연속성이 좋은 지형면이 중위면이다. 특히 九龍浦邑 長吉里보다 북쪽에서는 폭이 매우 넓은 중위면이 연속적으로 나타난다. 九龍浦邑 邱坪里보다 남쪽도 지형면은 폭이 좁으나, 연속적으로 분포한다.

중위면은 제삼기 퇴적암지역인 甘浦邑 주변, 제삼기 화산암으로 이루어진 九龍浦邑 長吉里 이북과 邑川里에서 폭이 넓다. 이들 지역에서 중위면의 폭은 고위면과 거의 같거나 오히려 더 넓다. 또한, 중생대 변성암의 甘浦邑 羅亭里와 長鬚面 溪院里, 중생대 화강암지역인 長鬚面 斗院里, 甘浦邑 五柳里와 大本里, 陽北面 奉吉里, 陽南面 羅兒里 북쪽, 중생대 퇴적암의 陽南面 羅兒里와 邑川里에서도 중위면이 연속적으로 분포하고 있으나, 지형면의 폭이 고위면의 폭보다 같거나 대부분 좁다. 長鬚面 牟浦里에서 溪院里 사이에는 고위면이 확인되지 않았으나, 중위면은 靈岩里에서 良浦里까지 나타난다. 특히 牟浦里에서 良浦里 사이에는 하천 하구부에 중위면 형성기에 내만에서 형성된 해안단구가 잘 나타나는데, 長鬚面 水域里와 鶴溪里에서도 확인할 수 있다.

중위면은 배후산지에서 바다로 유입하는 소하천들에 의해 개석되고 있다. 특히 중생대 화강암과 제삼기 퇴적암이 분포하는 곳에서 개석 정도가 두드러진다. 이에 비해 중생대 석영반암의 甘浦邑 羅亭里와 長鬚面 溪院里에서는 중위면의 개석정도가 상대적으로 낮다. 한편 九龍浦邑 長吉里 이북의 중위면에서는 지형면 자체에서 발달한 작은 개석곡이 형성되어 있다.

(3) 저위면

저위면은 중위면과 유사하게 일부 지역을 제외하고 대부분의 해안에 연하여 연속적으로 분포한다. 중위면과 달리 배후산지에서 발원하는 하천에 의해 개석된 경우를 제외하면 원면이 잘 보존되어 있고, 층적평야와 지형면의 비고차가 다른 중위면과 고위면에 비해 작으므로 도로가 입지하기에 유리하다. 또한 해안예의 접근이 용이하고, 태풍에 의해 발생하는 대규모 파랑도 미치지 않으므로 취락의 입지에 유리하여 인간생활과 가장 밀접하게 관련된다.

저위면이 가장 넓은 곳은 陽南面 羅兒里, 邑川里, 下西里 일대인데, 특히 羅兒里와 下西里에서는 중위면보다 폭이 넓다. 九龍浦邑 長吉里에서 三政里 사이의 저위면은 중위면보다 폭이 좁으나, 나머지 지역에서는 그 폭이 거의 같다.

2) 해안단구의 지역별 분포 특징

삼정리-장길리 지역에서는 중위면이 가장 넓게 분포한다. 배후산지에서 바다로 유입하는 하천에 의해 구획되는 길이 0.5~1km 정도의 해안에는 폭 300~500m에 이르는 큰 규모의 지형면들이 분포한다. 이 해안단구에는 저위면에서 배후산지쪽으로 형성된 소규모 하곡에 의해 두부침식이 진행 중이다. 고위면은 구룡포읍 하정리와 장길리 부근에서 폭이 500m에 이르지만, 개석을 많이 받아 길이가 짧고, 매우 산발적이다. 저위면은 해안을 따라 연속적으로 나타나고 개석도 거의 받지 않았으나, 역시 중위면에 비해 폭이 좁다.

구평리-계원리 지역에서는 중위면이 연속적이지 못하다. 그리고 배후산지에서 바다로 유입하는 하천 및 이들 지류의 발달로 개석을 많이 받았고 지형면 자체의 개석폭도 발달되어, 삼정리-장길리에 비해 지형면의 규모가 작다. 저위면은 해안을 따라서 연속적으로 분포하고 있으나, 개석 정도가 크다. 저위면의 폭은 중위면보다 좁거나 유사하다. 고위면은 구평리와 계원리에서 일부 확인될 뿐 거의 분포하지 않는다. 이 지역은 전체적으로 해안단구가 연속적으로 분포하지 않으며, 지형면 발달이 양호하지 않다. 이는 모포리와 양포리가 내만인데 기인하고 있으나, 헤드랜드에도 단구면의 분포가 넓지 못하다.

두원리-읍천리 지역에서는 고위면이 전체 해안에 걸쳐 연속적으로 분포하며, 특히 고위면의 보존상태가 다른 지역에 비해 양호하다. 그 폭은 전체적으로 중위면에 비해 넓거나 거의 같다. 그러나 배후산지에서 바다로 흐르는 수 많은 소하천에 의해 지형면이 개석되어 종단면을 따라 비교적 길게 나타난다. 중위면은 감포읍과 양남면 읍천리를 제외하면, 전체적으로 지형면이 배후산지에서 바다로 직접 유입하는 소하천에 의한 개석을 거의 받지 않아 전 지역에서 연속적으로 확인된다.

5. 한국 남동해안의 해안단구 지형형성 메카니즘의 요인 분석

현재 해안에서 관찰되는 해안단구는 신생대 第

四紀 동안 지반운동과 해면변동에 의해 형성되었다. 즉, 第四紀에 있었던 여러차례의 간빙기 동안 해면이 현재와 거의 같은 수준에 있었다고 가정한다면, 해안단구는 빙기와 간빙기가 반복되는 과정에서 간빙기의 고해면 동안 형성된 기반암 침식면이나 해안퇴적지형이 다음 간빙기에 해면이 원래 수준에 도달하는 동안 지반의 융기로 현재 해면보다 높은 위치에 있게 된 것이므로, 古波蝕臺나 古海岸沖積層으로 볼 수 있다. 이런 견지에서 볼 때, 해안단구의 형성 mechanism에 영향을 미친 요인은 파식대지와 해안충적층의 형성에 영향을 미치는 지질, 외해로 돌출된 정도, 파랑, 하천 및 유역분지 등 수문의 특성, 해저기복, 배후산지의 형태, 간빙기 동안 같은 수준에서 해면이 안정된 기간 등을 우선적으로 들 수 있다. 따라서 현재 확인되는 각 해안단구의 분포특징은 이 지형면이 만들어질 당시에 이와 같은 요소들이 해안에 어떻게 영향을 미쳤는가를 반영한다고 생각된다. 본 장에서는 현재의 자료로 검증이 어려운 배후산지의 형태, 간빙기 동안 같은 수준에서 해면이 안정된 기간 등은 제외하고, 논의가 가능한 연구지역의 지질, 하천 및 유역분지 등 수문의 특징, 해안선 부근의 해저기복과 해안선이 외해로 돌출된 정도를 해안단구면의 분포특징과 비교·검토하였다. 그리고 파랑의 경우 해안으로 접근하는 파랑의 파고와 진행방향을 중심으로 논의하였다.

1) 지질

연구지역의 지질은 그림 2와 같이 중생대 백악기부터 신생대 제사기에 걸쳐 생성된 다양한 기반암으로 구성되어 있다. 여기에서는 각 기반암이 해안단구 형성에 미친 영향을 분포특징과 관련지워 논의하였다.

삼정리-장길리 지역은 第三紀 화산암이 분포하는데, 해안부 폭 약 1km는 안산암, 배후산지는 조면암으로 되어 있다. 조면암에 분포하는 고위면은 매우 산발적이며 비연속적이다. 중위면과 저위면은 대부분 안산암지역으로 지형면의 폭이 매우 넓고 연속적으로 나타난다. 이것은 풍화작용에 대한 저항력이 강한 안산암이 파고가 높은 파랑의 파식작용으로 넓은 해안단구가 형성된 이후 지형

면이 해체되지 않고, 잘 보존된 결과로 볼 수 있다. 한편 침식과 풍화에 약한 조면암 상의 고위면은 대부분 해체되었다.

구평리-계원리 지역의 경우, 제사기 현무암 및 안산암의 모포리와 구평리에는 고위면이 거의 분포하지 않는다. 이것은 전체의 해안경관과 관련된다. 즉, 이곳은 제삼기 안산암과 중생대 변성암의 헤드랜드가 좁게 남아 있을 뿐, 이들 사이의 해안은 침식에 약한 제삼기 퇴적암과 응회암으로 구성되어 파식에 의해 내륙으로 깊게 만곡하는 내만을 이루게 되었고, 전체적으로도 내만의 형태를 나타낸다. 또한 제삼기 응회암이 분포하는 모포리에서 양포리 사이에도 고위면이 확인되지 않는다. 다만 중위면과 저위면은 영암리와 양포리의 헤드랜드에 잘 나타난다. 이곳은 각각 중생대 석영반암과 제삼기 안산암으로서 경암의 지질을 잘 반영한다. 영암리 바로 북쪽 해안은 제삼기 퇴적암 및 응회암의 기반암 위에 지형면이 좁게 나타나며, 고위면은 확인되지 않는다. 이것은 지형면을 이루고 있는 기반암이 침식에 약하여 고위면이 이미 해체되었기 때문이다.

제삼기 퇴적암의 경우, 모포리 부근에서는 고위면이 확인되지 않으나, 두원리-읍천리 지역의 감포읍 주변에서는 비교적 높은 밀도로 분포한다. 모포리는 기반암이 침식에 약할 뿐 아니라, 그밖에 내만을 이루는 해안선으로 인한 결과이다. 그러나 감포읍 주변의 제삼기 퇴적암은 해안쪽에 중생대 변성암이 분포하여 헤드랜드를 형성하고, 배후산지쪽은 상대적으로 침식에 강한 제사기 화산암이 소하천의 발달을 억제하였으므로, 고위면의 일부 및 중위면도 상당히 폭 넓게 분포하게 되었을 것이다. 한편 감포읍의 남쪽 전동리와 전촌리에서는 제삼기 퇴적암이 넓게 분포하여 고위면은 나타나지 않고, 중위면도 개석을 많이 받았다.

중생대 화강암지역인 長鬚面 斗院里, 甘浦邑 五柳里와 大本里, 陽北面 奉吉里와 陽南面 羅兒里 북쪽에서는 해안단구의 밀도가 낮으나, 대체로 연속적으로 분포한다. 두원리와 오류리에서는 고위면이 다소 넓지만, 지형면들은 배후산지에서 바다로 발원하는 소하천에 의해 심하게 개석되었다. 봉길리에서 고위면은 규모가 매우 작다. 중위면도 연속적으로 분포하고 있으나, 지형면의 폭이 고위

면의 폭과 같거나 대부분 좁다. 또한 중위면도 고위면과 마찬가지로 배후산지에서 바다로 유입하는 많은 소하천들에 의해서 심하게 개석되었다. 이와 같은 분포특징은 구룡포읍 장길리 이북의 안산암 해안과 감포면 나정리의 중생대 변성암으로 된 해안과는 매우 대조적이다.

중생대 변성암인 長鬚面 溪院里와 甘浦邑 羅亭里에는 해안단구가 가장 전형적으로 분포한다. 이들 지역의 지형면은 배후산지에서 바다로 유입하는 소하천에 의해 개석되고 있으나, 고위면의 폭이 넓고 연속성이 매우 양호하다. 중위면도 연속적으로 분포하고 있으나, 고위면보다 폭이 좁다. 또한 중위면의 개석정도가 화강암이나 퇴적암 등 다른 기반암지역의 중위면보다 상대적으로 낮아서 지형면의 보존이 양호하다.

陽南面 羅兒里와 邑川里의 중생대 퇴적암지역의 고위면은 비교적 잘 보존되어 있다. 그러나 개석을 많이 받아 지형면의 종단면을 따라 폭이 좁아 능선상의 형태를 하고 있다.

제삼기 중 응회암이 분포하는 양남면 하서리에서는 고위면이 확인되지 않는다. 그리고 중위면도 개석을 매우 많이 받아 분포면적이 좁으나, 저위면은 넓다. 이것은 조적이 치밀하지 못한 응회암이 풍화작용과 침식에 대단히 약한데 기인한다. 그러나 헤드랜드에 형성되어 있으므로, 형성된 지 오래되지 않은 저위면은 여전히 폭 넓게 남아있으나, 중위면은 규모가 상당히 작다.

2) 하천과의 관계

해안단구를 개석시키는 소하천의 하계밀도는 지형면 형성 이후 지속적으로 개석을 받은 고위면의 평면형태 및 연속성에 가장 크게 영향을 미친다. 하계밀도는 기반암과 지질구조선의 특징과 밀접하게 관련된다. 지질도의 층적층 분포로 개략적인 하계밀도를 정리하면, 백악기 퇴적암과 변성암지역이 하계밀도가 가장 낮다. 백악기 화강암은 상대적으로 개석을 많이 받고 있으며, 제삼기 하폭이 넓어 층적층의 분포밀도가 매우 높다. 특히 제삼기 퇴적암 및 응회암의 경우 이와 같은 경향이 더욱 뚜렷하다. 제사기 안산암지역에는 층적층의 분포가 낮아서, 풍화·침식에 대한 저항력이

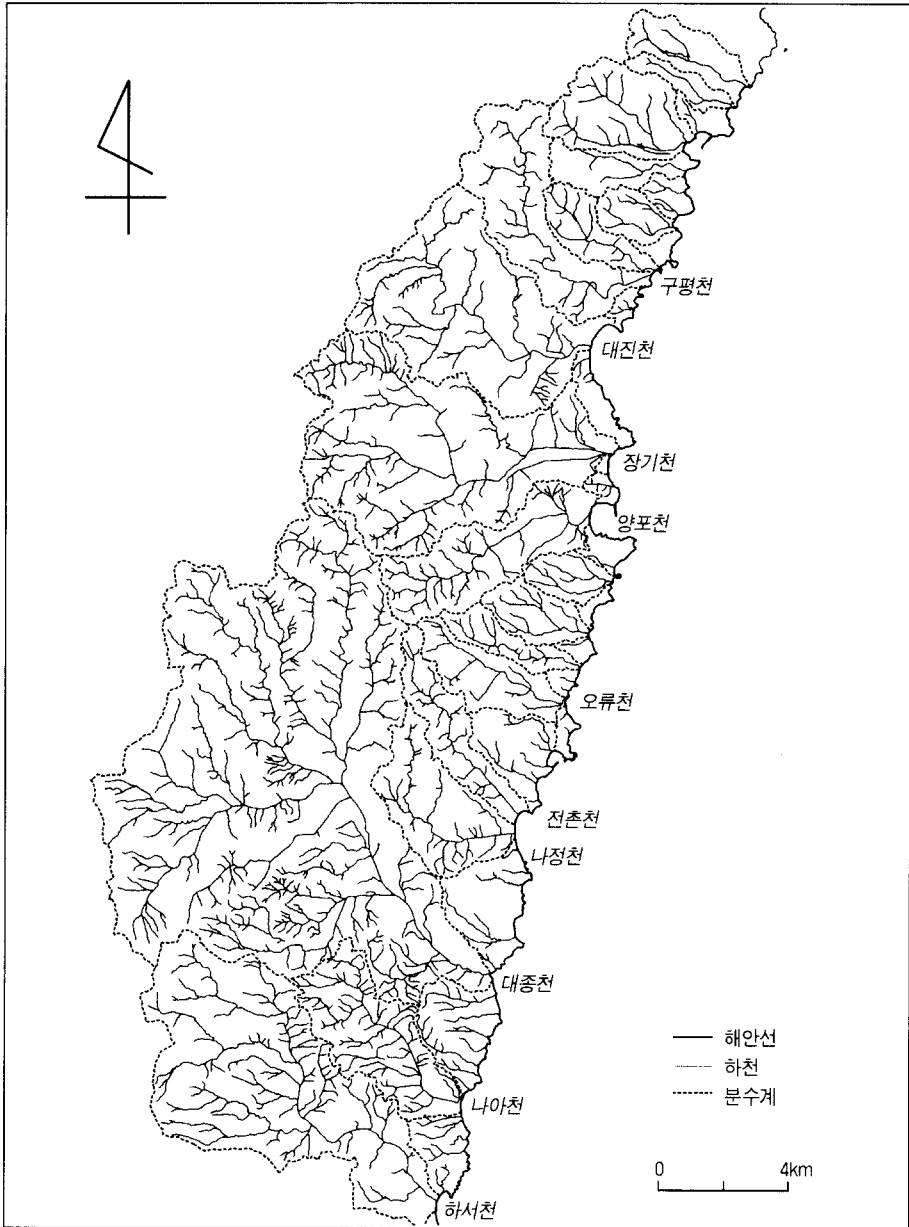


그림 6. 한국 남동해안 하계망과 분수계

강한 암석임을 알 수 있다.

그림 6은 연구지역의 하계망과 분수계를 나타낸 것이다.

연구지역에서 유로길리와 유역면적이 가장 큰 하천은 대중천이며, 하서천과 장기천의 규모가 그 다음으로 크다. 나머지 하천들은 대체로 유로길이

8~10km 이하이다. 그러나 해안선 근처 대부분 지역은 이들 하천의 유역분지에 속하지 않는다. 즉, 해안으로 유입하는 유로길이 8km 이상의 하천 하류부는 바다를 향해 크게 열려 있지 않고 폭이 좁아진다. 오히려 1~2km 이하로 유로길리가 짧은 소하천들이 바다로 직접 유입하는 소규모

유역분지가 횡적으로 연결되어 해안의 대부분을 차지하고, 동해안의 일반적인 유역경관을 나타낸다. 이것은 동해로 유입하는 하천이 하류부에서 측방침식을 하지 못하고 하천에너지를 하방침식에 소모한 결과로 볼 수 있으며, 연구지역의 해안이 지속적으로 융기한 결과이기도 하다. 따라서 연구지역에서 해안단구와 하천과의 관계를 살펴보면, 유역분지가 가장 넓은 대중천과 비교적 큰 하천인 하서천, 장기천 하구부에는 해안단구가 부분적으로 분포하고 있으나, 나머지 하천의 하구부에는 거의 없으며, 대부분 짧은 소하천의 유역분지가 횡적으로 연결된 해안에 분포한다.

대중천 하구 남쪽의 봉길리 해안에는 이 하천이 운반해 온 퇴적물로 폭 넓은 해변이 형성되어 있다. 대중천 하구의 남쪽 봉길리 해안은 바다를 향해 호상으로 돌출하고 있음에도 불구하고 해안단구의 폭이 좁다. 이것은 대중천의 하구가 해변이 현수준에 도달한 이후 하류부가 빠르게 매적되면서 해안선 부근에 두터운 사빈이나 역빈이 퇴적된 결과로 본다. 즉, 해안선 부근에 운반된 대량의 퇴적물이 파랑의 파식작용을 저지하고 파식대의 확장을 방해하여 해안단구가 폭 넓게 형성되지 못하였을 것으로 생각된다.

하서천의 하구부 남쪽 하서리에는 저위 I면의 폭이 상당히 넓다. 그리고 해발고도 5m 내외의 저위 II면이 폭 300m 정도로 분포하지만, 고위면은 확인되지 않고, 중위면도 개석을 심하게 받아 지형면이 부분적으로 남아 있다. 이 지역의 저위면은 대부분 하서천이 운반해 온 퇴적물로 이루어졌을 가능성이 높다. 중위면이 좁고, 고위면이 없는 것은 이 지역의 기반암이 침식에 약한 응회암으로 이루어진 것과도 관련이 깊지만, 하천에 의해 운반된 퇴적층으로 이루어진 고위면과 중위면이 개석에 의해 해체된 것으로 추정된다. 내만으로 유입하는 장기천의 하구부 남쪽에도 좁은 충격평야와 긴 역빈이 형성되어 있으며, 배후산지 사면에는 고위면과 저위면이 거의 확인되지 않고, 좁은 폭의 중위면이 분포할 뿐이다. 이곳은 중위면이 형성될 때에도 해안선의 형태가 현재와 유사하였을 것으로 판단되며, 침식에 대한 저항력이 약한 제3기 응회암의 지질 위에 내만에서 퇴적된 충격층으로 이루어진 지형면이 분포했던 것으로

판단되며, 이후 대부분 해체되었을 것이다.

3) 해안선이 외해로 돌출된 정도 및 수심 분포

파랑이 해안에 접근하면 친해파가 되면서 파랑의 전진속도보다 파정의 전진속도가 빨라져 파정간의 간격은 좁아지고 결국 쇄파를 이루면서 부서진다. 이때 파랑의 전진은 해저기복에 의해 변형되면서 파랑의 굴절현상이 일어난다. 외해로 돌출한 헤드랜드에서는 파랑의 전진속도가 만의 안쪽보다 일찍부터 느려져, 파랑이 굴절하여 헤드랜드에 파랑에너지가 집중된다. 따라서 해안선이 외해로 돌출된 정도와 등심선의 분포는 해안단구 형성 mechanism을 파악하는데 대단히 중요한 요소로 생각된다.

연구지역의 해안선은 서쪽의 양산단층선과 평행하게 북북동~남남서 방향을 취하며 전체적으로 직선상이지만, 대축척지도로 분석하면 주위의 해안선보다 바다쪽으로 뚜렷하게 돌출되어 있다. 구룡포읍 북쪽의 구룡포리와 남쪽의 병포리, 하정리, 장길리, 장기면 영암리, 양포리, 계원리, 두원리, 감포읍 전촌리, 양남면 하서리 등에는 규모가 작은 헤드랜드들이 분포하며, 감포읍 나정리와 대본리, 양북면 봉길리와 나아리, 양남면 읍천리는 해안선이 외해로 돌출된 弧狀 형태의 해안선을 하고있다.

그림 7은 장기면 모포리에서 양남면 하서리 사이의 등심선도이다. 모포리에서 대본리 사이에는 수심 -40m까지 가파른 경사로 깊어지다가, 이 부근을 경계로 상대적으로 완만하게 깊어진다. 대본리에서 나아리까지는 -35m, 나아리에서 하정리 사이는 -30m를 경계로 해저사면의 경사가 크게 변한다. 또한 등심선의 분포는 모포리에서 계원리 사이가 -45m, 계원리와 대본리 사이 -40m, 대본리에서 나아리 사이 그리고 그 이남에서는 -35m, -30m를 경계로 이보다 깊은 수역은 현재 해안선인 북북동-남남서 방향과 무관하게 거의 북-남방향으로 평행하게 분포하지만, 그보다 얕은 곳은 현 해안선에 조화되어 매우 심하게 굴곡한다. 그러나 감포읍 두원리, 대본리, 양남면 나아리에서는 현 해안선과 달리 -5~-20m의 등심선이 바다쪽으로

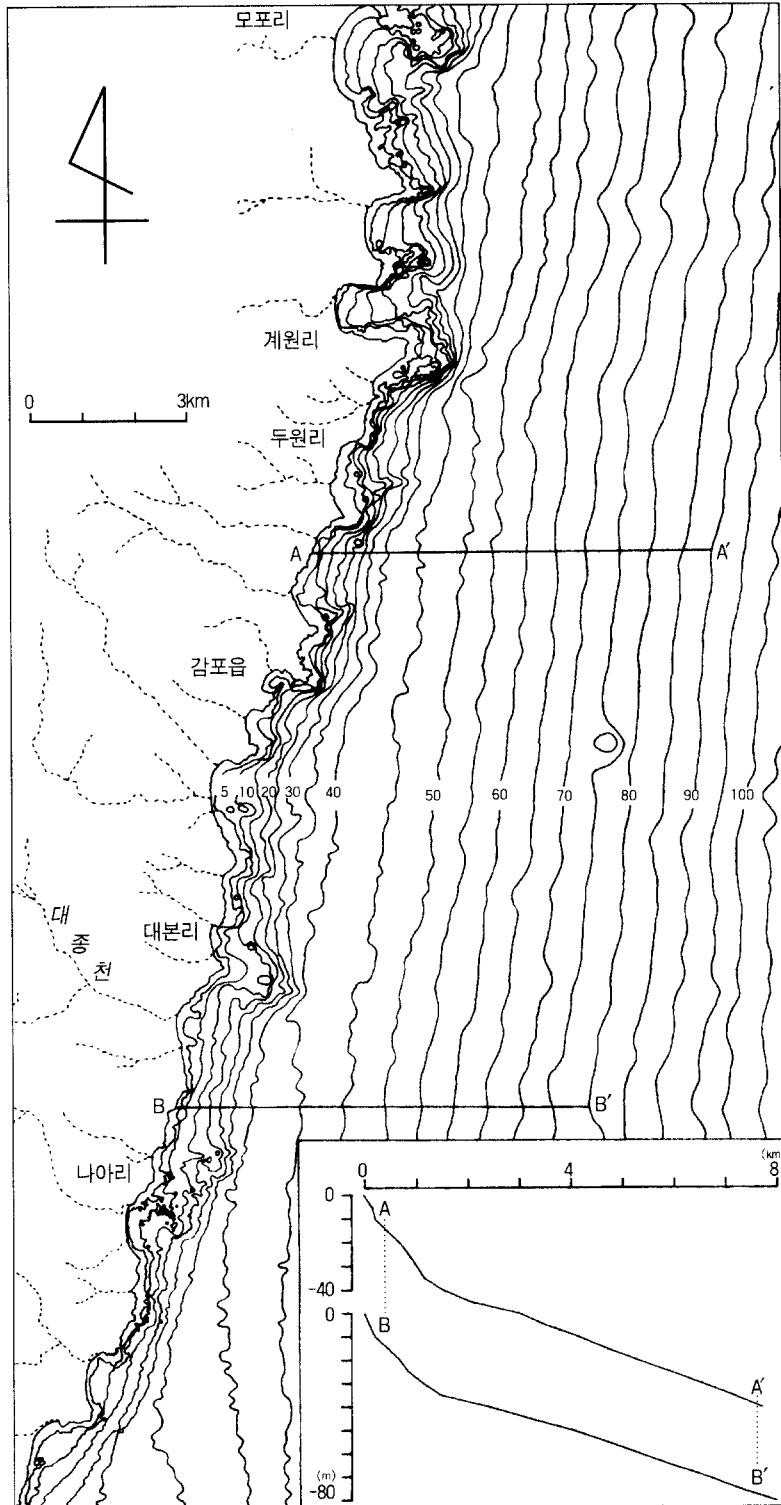


그림 7. 한국 남동해안 해저지형

로 돌출하여 있다. 이곳은 파랑에 의해 삭박되기 전에는 배후산지와 연결된 폭 1~2km 규모의 헤드랜드였을 것이다.

장기면 두원리나 감포읍 대본리의 해안단구는 그 분포가 현 해안선에 조화되지 않으며, 이곳은 국지적인 해저기복으로 추정되는 과거 해안지형에 의해 영향을 받았던 것 같다. 즉, 장기면 두원리의 현 해안선은 바다쪽으로 돌출해 있는 정도가 다소 미약하지만, -5~-20m 등심선은 뚜렷한 헤드랜드의 형태를 보이므로, 이곳이 파식에 의해 제거되기 전에는 헤드랜드로 존재했을 것이다. 따라서 지형면 형성 당시 두원리와 계원리 사이의 내만은 해안단구 형성에 제한을 받았으므로 지형면의 분포가 빈약한 것으로 생각된다. 또한, 감포읍 대본리 해안의 해저에도 -5~-15m의 등심선이 바다쪽으로 돌출하여 있다. 천해파를 형성하는 수심이 -40m 정도인 것을 감안하면, 여기에는 폭 2km 정도의 외해로 돌출한 대규모 화강암의 헤드랜드가 존재했을 것이다. 이 헤드랜드는 고위면 형성시기부터 북쪽의 나정리와 남쪽의 봉길리해안에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 현재 대본리 해안에서 고위면과 중위면의 폭이 좁은 것은, 중위면에 해당하는 파식대가 형성 당시에는 넓었을 것이나, 이후 한 단 낮은 해안단구가 형성될 때 중위면의 일부가 파식에 의해 제거된 결과로 생각된다.

이와 유사한 경우는 양남면 나아리에서도 확인할 수 있다. 이 해안에서도 -5~-15m 등심선이 바다쪽으로 돌출하여 있으며, 중위면과 저위면이 남쪽의 읍천리보다 훨씬 좁다. 해저기복과 해안단구 분포의 관계는 해안선의 돌출정도인 헤드랜드와

만입부의 형태가 해안단구 형성에 미치는 영향과 중복되는 지역도 있으나, 상술한 해안의 해안단구 분포특징은 해저기복으로 복원된 과거의 지형을 기초로 검토되어야 할 것이다.

4) 파랑

연구지역보다 남쪽에 있는 울산 미포항의 외해에서 초음파식 파고계를 이용하여 얻은 월별 파고 분포는 표 2와 같다.

미포항의 외해에서 파고가 매우 낮은 정온율은 4월과 8, 9월이 40% 이하이고, 11월과 12월이 54%와 57%이며 1, 5, 7월은 50% 이상이다. 파고 1m 이상인 날은 연중 25%이며, 3m 이상은 0.7%에 불과하다. 월별 파고의 평균은 4월과 8월에 각각 0.96m와 0.97m이다. 비교적 큰 파랑인 파고 1m 이상인 날의 비율은 3월 26.5%, 4월 36.6%, 8월 39.4%, 9월 28.5%, 10월 29.8%로 나타나, 봄과 늦여름 및 초가을에 파고가 높은 것으로 나타났다. 파고 3m 이상인 날의 비율은 4월 1.6%, 8월 2.4%, 9월 1.7%이나, 겨울철은 12월 0.8%, 1월 0.8% 정도이다. 특히 8월에 파고가 4m 이상인 이상 파랑이 0.8% 발생하고 있는데, 이는 여름철에 내습하는 열대저기압성 태풍에 기인한다. 이 파랑은 연중 최대파이다. 이와 같은 파랑의 연중 규모는 같은 남동부 해안인 연구지역의 전체 해안과 유사할 것으로 추정된다.

연구지역에서 파랑별 파고별 출현빈도를 조사한 자료는 거의 없다. 다만 울산 미포항의 외해에서 얻은 자료로 어느 정도 유추할 수 있다. 미포항 주변의 해안선은 연구지역 전체 해안선방향과

표 2. 미포항 외해의 월별 파고 출현율 (1979-1982)

파고(m)	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
0.0-0.4	50.1	46.4	41.2	35.9	52.3	45.1	51.6	31.6	39.9	46.8	54.1	57.4	46.0
0.5-1.9	26.5	33.0	32.3	27.5	29.5	35.8	31.5	29.0	31.6	23.4	27.6	24.1	29.2
2.0-2.4	3.2	3.6	4.0	5.8	2.4	2.5	1.6	5.6	2.5	3.2	0.8	2.4	3.1
2.5-2.9	2.4	1.8	0.8	1.6	0.8	0.8		0.8	4.2		0.8	0.8	1.2
3.0-3.4	0.8			1.6				0.8	1.7				0.4
3.5-3.9								0.8				0.8	0.2
4.0-								0.8					0.1
평균파고(m)	0.75	0.71	0.76	0.96	0.63	0.69	0.62	0.97	0.83	0.74	0.62	0.63	0.74

자료: 해안항만청, 李錫祐(1992)에서 재인용.

일치한다. 이 자료에 의하면 연구지역으로 접근하는 파랑 중 파고 2m 이상의 경우는 연중 4.9%(18일)인데 이 중 4.1%(15일)가 북동쪽, 0.8%(3일)는 남동쪽에서 접근한다. 파고 1~1.9m인 경우는 연중 21.3%(78일)인데, 북동쪽이 15%(55일), 남동쪽 3.7%(14일), 동쪽 2.6%(9일)이다. 이렇게 볼 때, 연구지역으로 접근하는 파고가 큰 파랑은 대체로 북동 내지 동북동 방향이 우세하고, 남동 내지 동남동 방향이 그 다음으로 중요하다. 이와 같은 경향은 태풍 혹은 저기압 중심이 남해안을 지날 때 동해안 쪽에 북동기류가 발생하는 것과 관계있을 것으로 생각된다. 그러나 이것은 해안에서 떨어져 측정된 자료이므로, 해안지형에 직접적으로 영향을 미치는 해안 부근의 파랑 진행방향에 대해서는 항공사진 등을 통해 세밀하게 측정할 필요가 있다.

일반적으로 swell이 천해파로 변하는 깊이는 파장(L)의 1/2보다 얇은 해안이다. 주기를 T초라고 한다면, 파장 $L = 5.12T^2$ 이며 평균파고가 2.7m인 경우 주기가 10초이므로, 파장은 512feet(156m), 천해파로 변하는 깊이인 천해파형성수심¹⁾은 78m이며, 파랑의 평균파고가 1.5m와 0.76m인 경우는 주기가 각각 8초와 6초가 되며, 천해파로 변하는 깊이가 각각 50m와 28m이다. 이 자료로 유추할 때, 평균파고가 1m인 경우 주기는 약 7초 내외가 되며, 천해파로 변하는 깊이는 35~40m가 된다.²⁾

연구지역의 해안선 부근 해저에서는 -35m 내지 -40m 부근에서 경사와 등심선 분포가 크게 변하고 있다(그림 7). 또한 이 수심보다 깊은 곳에는 내만과 헤드랜드 구분없이 등심선이 거의 평행하지만, 이보다 얇은 곳에는 해안선의 운곽과 유사하게 등심선이 크게 굴곡하고 있다. 이것은 외해에서 해안으로 접근하는 파랑이 이 수심에서부터 굴절하기 시작하며, 헤드랜드에 파랑에너지가 집중하여 파식대를 형성하였다고 볼 수 있다. 따라서 파고 1m 이하의 파랑은 보다 얇은 수심에서부터 해저에 끌리므로, 해안에 더 가까이 접근하여야만 천해파가 되어 파랑이 헤드랜드쪽으로 굴절한다. 따라서 파랑에너지의 집중도가 낮아지므로, 파고 1m 이하의 파랑은 파식대를 만드는데 크게 기여하지 못했을 것이다. 반면 파고 1m 이상인 파랑은 수심 35~40m의 경사변환선보다 먼

바다에서부터 해저에 끌려 파고가 높아지며 파장이 짧아지고, 이 수심 정도에서 역시 굴절되기 시작한다. 이렇게 볼 때, 현재 한국 남동해안의 대부분에서 파식대의 형성에 영향을 미치는 파랑은 파고 1m 이상인 것이며, 수심 35~40m 이하의 얇은 해저지형은 이곳의 파랑에너지 분포에 중요하게 작용한다. 현재 파랑이 만들고 있는 파식대가 미래의 해안단구가 된다면, 장래에도 이와 같은 해저기복이 계속 유지되고, 파고 1m 이상의 파랑이 파식대 형성에 어느 정도 의미가 있을 것으로 계속 조사되어야 할 것이다.

그러나 해면이 현재 수준으로 급하게 상승한 초기에는 천해파 형성수심이 현재보다 더 얇아서, 파고 1m 이하의 파랑도 파식대를 만드는데 기여하였을 것이다. 그리고 해저사면 종단경사에서 볼 때, 장래에 하천이 운반해 온 퇴적물과 헤드랜드에서 공급된 퇴적물이 해저로 운반되면서 천해파 형성수심이 현재보다 다소 낮아질 것이나, 현재 산지의 양호한 식생피복과 관련시켜 보면 하천의 퇴적물공급량이 해저지형을 크게 변화시킬 가능성은 낮다고 생각된다.

후빙기에 동해안에서 해면이 거의 현수준에 도달한 것은 대략 6,000년 BP 경이며, 이후 해면은 거의 안정된 상태로 미변동하면서 현재에 이르렀다. 현재 해안선 부근의 해저기복은 해면이 현수준에 도달한 이후 형성된 것이며, 하천에 의해 운반되고 파식에 의해 헤드랜드에서 생성된 퇴적물들이 내만으로 공급되어져 현재와 같은 해안지형을 형성하였다. 파고가 높아 에너지를 많이 가진 파랑이 해안으로 접근하면서 해저로 공급된 사력들을 해안으로 밀어올려 해안선 부근의 천해에는 해저경사가 급하게 되었을 것이다. 그리고 하천이 바다로 공급해 오는 퇴적물들로 바다쪽의 해저가 계속 매워져 정선이 후퇴하더라도, 수심 -35~-40m의 경사급변점이 함께 바다쪽으로 후퇴하면서 해저사면의 경사를 유지할 것으로 생각된다. 따라서, 미래에도 동해안의 해면이 현재 수준에서 안정되고 해안에 접근하는 파랑의 크기가 지난 6,000년 동안과 유사하게 지속된다면, 연구지역에서 천해파형성수심은 거의 -40m 정도에서 미약하게 깊어질 것이며, 이 수준에서 경사급변선은 계속 유지될 가능성이 크다. 한편 외해를 향해 가장

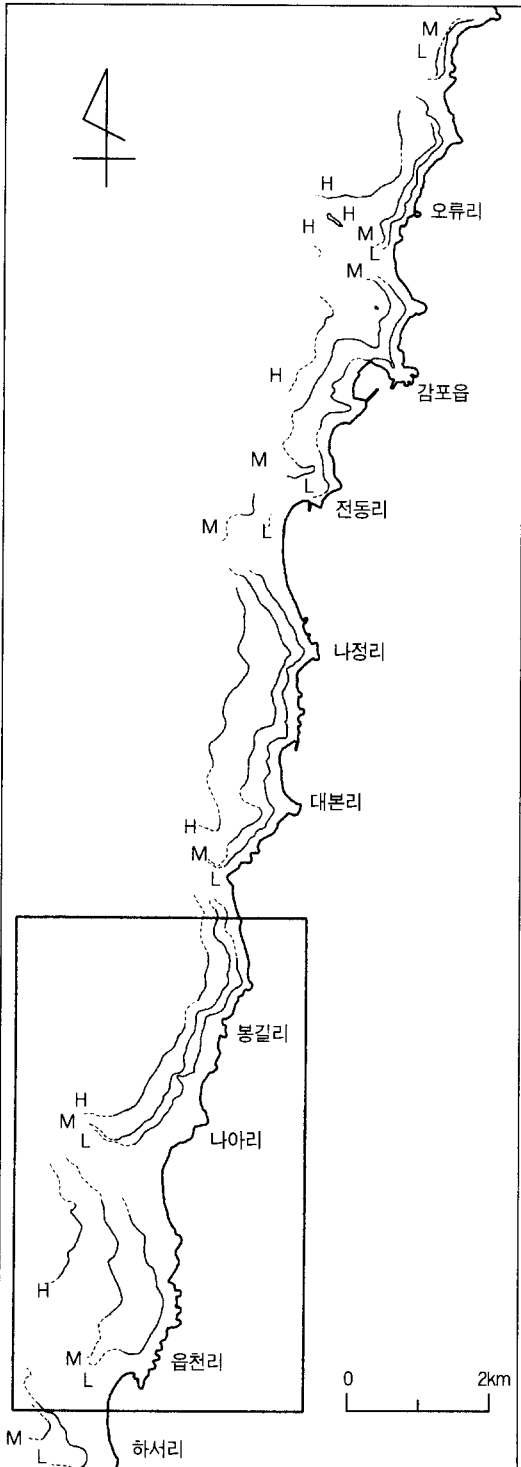


그림 8. 오류리-읍천리의 해안단구 고위면, 중위면, 저위면으로 복원한 구정선

크게 돌출한 삼정리-장길리 해안은 천해파형성수심이 $-60 \sim -90\text{m}^3$ 로 파고가 $2 \sim 2.7\text{m}$ 이상인 파랑이 굴절하여, 해안에 접근함으로써 넓은 해안단구를 형성할 수 있었다.

그림 8은 감포읍 오류리 이남의 고위면, 중위면, 저위면의 구정선을 복원한 것이다. 이 구정선은 현 해안선과 평행한 것이 아니라, 분수계 부근에서 발원한 비교적 큰 하천인 오류천, 전춘천, 대종천, 서천의 하류부에 의해 구분되는 각 해안 별로 북쪽보다 남쪽이 내륙쪽으로 더 들어가 있어, 해안과 단구면사이의 간격이 북쪽보다는 남쪽이 더 넓다. 이것은 특히 봉길리에서 읍천리 사이의 고위면에서 더욱 분명하다. 이런 사실은, 고위면이 형성될 때 파랑이 동남동 내지 남동쪽으로 부터 해안으로 접근하였음을 의미한다. 이러한 파랑의 접근방향은 이 지역의 해저수심분포에서 확인할 수 있다. 즉, -30m 보다 깊은 해역의 등심선은 연구지역 전체에서 천해파형성수심 보다 깊은 해역의 등심선 방향과 같지만, 이 보다 얕은 해저의 등심선은 북동-남서 방향을 취하고 있다. 이것은 상술한 미포해안에서 파랑이 접근하는 방향과 차이가 있다. 즉, 동북동 내지 동쪽에서 해안으로 전진하던 파랑도 봉길리에서 하서리에 이르는 해안의 앞바다에서 해저기복에 따라 굴절하여 해안선 부근에 이르렀을 때는 거의 동남동 내지 남동쪽으로 접근하게 된다는 것이다.

이렇게 볼 때, 남동해안에서 해안단구 형성에 영향을 미치는 파랑의 방향은 수심이 깊은 외해에서의 진행방향보다는 해안 부근의 해저기복에 의해 결정되며, 해안의 지형형성에 직접 영향을 미치는 천해파 형성수심 보다 얕은 해안에서 나타나는 파랑의 방향이 더욱 의미있다고 볼 수 있다.

6. 토론

1) 한국 남동해안 해안단구 분포 특징

남동해안은 발원한 후 바다로 바로 유입하는 유로길이가 짧은 소하천들이 횡적으로 연결된 소규모 유역분지로 주로 이루어져 있으며, 큰 하천의 하구부는 하폭이 좁다. 이와 같은 지형적 특색

은 지속적인 지반응기로 하천 하류를 흐르는 하천에너지가 축방침식보다 하방침식에 주로 소모되었기 때문에 나타난 결과일 것이다. 지반운동의 속도와 형식에 대해서는 앞으로 계속 검토되어야 하겠지만, 지속적인 용기작용은 해안단구형성의 근본적인 동인이 된다. 연구지역은 해안단구의 분포특징에 따라 북쪽에서 남쪽을 향하여 크게 삼정리-장길리 해안, 구평리-계원리 해안, 두원리-나아리 해안의 세 지역으로 구분되었다.

구룡포읍 삼정리-장길리 지역에서 중위면은 폭 넓게 연속적으로 분포하는데 비해 고위면은 좁은 지형면들이 산발적으로 나타난다. 저위면은 해안을 따라 연속적으로 나타나고 개석도 거의 받지 않았으나, 그 폭이 중위면에 비해 좁다. 구룡포읍 구평리-장기면 계원리 지역에는 해안단구 발달이 전체적으로 매우 불량하여 중위면과 저위면은 지형면이 좁고 고위면은 헤드랜드인 계원리를 제외하면 거의 나타나지 않는다. 장기면 두원리~양남면 나아리지역에서는 중위면과 저위면 뿐 아니라 고위면도 전 해안에 연속적으로 분포하고 있다. 고위면의 폭은 중위면과 같거나 더 넓다.

삼정리-장길리 지역의 해안단구 분포특징에 가장 크게 영향을 미친 것은 기반암의 특성이다. 이곳은 해양으로 돌출된 헤드랜드인 장기곶에 근접하여 있으며, 천해파가 형성되는 경사변환선이 -60~ -90m 에 있고, 이 보다 얕은 수역에서는 등심선이 외해로 만곡하여, 파고가 높은 파랑이 해안에 집중함으로써 폭 넓은 해안단구가 형성되었다.

구룡포읍 하정리에는 고위면이 폭 500m 정도로 넓게 분포하는 것으로 볼 때, 이 해안에서는 전체적으로 고위면이 넓게 형성되어 있었을 것이다. 그럼에도 불구하고, 하정리 외에는 고위면이 극히 좁은 지역에서만 산발적으로 분포하는 것은 해안단구의 기반암 특성에 크게 영향을 받았기 때문이다. 즉, 현재 중위면이 분포하는 해안은 안산암으로 되어 있고, 그 후면은 파식을 주도하는 파랑의 침식과 비말에 의한 화학적 풍화작용에 대해 저항력이 약한 제삼기 조면암(trachyte)으로 되어 있어, 지반응기 이후 배후산지에서 발원하는 하천들에 의해 심하게 개석되었다. 따라서, 형성된 지 오래된 고위면들은 현재까지 원면이 보존되기 어려우나, 안산암지역에 형성된 중위면은 여전히 폭

이 넓은 대규모의 지형면으로 남아 있게 된다. 이와 같은 지형면 분포특징은 같은 기반암으로 이루어진 남쪽의 양남면 읍천리 제삼기 안산암지역에서도 확인된다. 이 기반암 위의 중위면은 구룡포지역과 유사하게 폭이 넓고, 고위면도 개석을 받아 지형면은 능선을 이루고 있으나 폭이 넓다.

구평리-계원리에는 해안단구 발달이 전체적으로 매우 불량하여 지형면이 좁고, 고위면이 확인되지 않는다. 화산암으로 이루어진 장길리, 중생대 안산암의 양포리, 중생대 변성암의 계원리는 헤드랜드로서 중위면과 저위면이 분포한다. 그러나 제삼기 퇴적암과 응회암으로 구성된 나머지 해안은 파식을 받아 내륙으로 깊게 만곡된 세 개의 내만이 형성되어 있고, 해안단구가 거의 확인되지 않는다. 더우기 침식에 대한 저항력이 약한 기반암으로 된 이들 해안에서는 해안단구 형성 이후 개석을 심하게 받았으므로, 현재 지형면이 거의 남아있지 않은 것으로 볼 수 있다.

한편 대진천 하류부의 학계리에는 중위면과 저위면, 장기천 하류부의 신창리에는 저위면, 양포천 하류부의 수역리에는 해안단구 중위면과 같은 해발고도에서 지형면이 확인된다. 이들은 모두 해안에서 내륙으로 들어간 하천의 하류부에 분포하는 것으로, 침식기준면인 해면에 대응하여 하천들이 운반해 온 퇴적물이 내만에 퇴적된 것이다. 이 하천들은 유역분지가 대부분 침식에 약한 제삼기 퇴적암과 응회암으로 이루어져, 하천의 규모에 비해 중, 하류부의 하곡의 폭이 대단히 넓고, 이 하천의 일부 분수계는 해발고도가 상당히 낮으므로, 과거 높은 해면에 대응하여 형성된 古沖積平野가 침식에 의해 완전히 해체되지 않고 남아 있는 것으로 생각된다.

이와는 대조적으로 장기면 계원리와 두원리 사이의 해안은 내만이 아남에도 불구하고 해안단구가 거의 없거나 중위면과 저위면이 좁게 분포할 뿐이다. 이에 비해 외해로의 돌출정도가 이 해안과 거의 같은 바로 남쪽의 두원리는 해안단구가 비교적 넓다. 이것은 과거의 지형적 특징에 의해 설명되어야 할 것이다. 두원리 동쪽 해저에는 육상의 헤드랜드와 유사하게 뚜렷하게 바다쪽으로 돌출된 지형이 나타난다. 고위면이 형성될 당시, 이 해저지형은 고위면이 넓게 나타나는 두원리의

구릉지와 연결된 헤드랜드였을 것이므로, 폭 넓은 고위면이 형성되었고, 중생대 화강암의 기반암은 파식에 유리했을 것이다. 따라서, 이 지역의 해안단구 분포특징은 현 해안선의 형태보다는 해저기복을 통해 추정된 지형면 형성 당시의 해안선에서 검토되어야 한다. 이와 같은 양상은 대본리와 나아리 해안에서도 찾아볼 수 있다.

감포면 두원리-양남면 읍천리에서는 고위면이 전 해안에서 연속적으로 나타나고 있어, 전체 지형면의 분포를 통해 구정선을 복원할 수 있었다(그림 8). 고위면이 잘 보존될 수 있는 것은 오류천, 전촌천, 대종천, 나아천, 하서천들 사이 해안이 의해로 돌출한 弧狀의 헤드랜드였기 때문이며, 또한, 해안의 기반암이 감포읍 주변을 제외하면 대체로 파랑의 침식에 어느 정도 저항력이 있는 중생대 퇴적암, 화강암, 변성암으로 되어 있는데도 원인이 있을 것으로 생각된다.

나정리와 대본리에서는 고위면의 폭이 중위면보다 훨씬 더 넓고, 계원리, 오류리, 봉길리, 나아리에서도 중위면에 비해 고위면이 넓게 나타난다. 이와 같은 양상은 구룡포읍 삼정리-장길리 지역과는 대조적이다. 그러나 대체로 중위면이 해발고도 25~43m에 걸쳐 분포하는데 비해 고위면은 50~90m로 분포하는 면간의 고도차가 크며 곳에 따라 두 개의 지형면으로 세분될 수 있으므로, 단순히 특정 지역의 지형면의 폭으로 형성기간의 長短을 논의하는 것은 현재까지의 연구결과로는 어려움이 있다. 고위면과 중위면의 지형면 폭이 곳에 따라 다른 것은 형성기간과 함께 다른 지형적요인이 영향을 미쳤을 것으로 추정된다. 즉, 특정 지형면이 형성될 때 구정선 부근에 파식대지와 비슷한 고도에서 저항력이 큰 완사면이 폭 넓게 전개되어 있었다면, 규모가 큰 해안단구면이 형성된 후에 개석에 의해 해체되지 않고 현재까지 남아있게 될 것이다. 그러나 지금까지의 자료로는 각 지형면이 형성될 때 구정선 부근의 지형을 정확하게 복원할 수는 없다.

한편 대종천의 남쪽 봉길리 해안은 중생대 화강암의 기반암이 주위 해안보다 바다쪽으로 더욱 돌출한 해안임에도 불구하고 해안단구 지형면이 매우 좁다. 이것은 토함산(754m)에서 발원하는 대종천의 유로길이가 연구지역에서 가장 길고 유역분

지가 넓어 많은 사력을 해안으로 운반해 올 수 있었으므로, 이 해안에는 퇴적물이 두껍게 쌓여, 파랑에 의한 파식대의 형성이 매우 제한을 받았다고 본다. 아울러 북쪽 나아리에 있었던 헤드랜드에 파랑이 집중되면서 봉길리 해안에는 단구형성에 불리한 조건이 조성되었던 것으로 생각된다.

이와는 대조적으로 침식에 약한 제삼기 퇴적암인 감포읍 주변에 해안단구면이 넓게 분포하는 것은 이 연암의 해안쪽에는 오히려 침식에 강한 중생대 변성암인 석영반암이 분포하여 규모가 큰 헤드랜드를 이루고, 배후산지쪽에는 역시 경암인 제사기 화산암이 분포하여 소하천에 의한 개석을 제한하기 때문이다. 그러나 여기에서도 고위면은 개석에 의해 제거되어 매우 단편적으로 분포하며, 전동리와 전촌리에는 고위면을 확인할 수 없다.

2) 남동해안 해안단구 형성 mechanism

침식기준면이 하강하는 빙기에 해안선 부근에서 이루어지는 지형형성작용은 대부분 침식작용이다. 빙기가 끝나고 해면이 상승한 후 안정되어 파식대가 형성되기 시작할 때, 아직 하천의 하구부는 상류로부터 운반되어 온 퇴적물에 의해 완전히 매적되지 못하였으므로, 연안류나 파랑에 의해 운반될 수 있는 퇴적물의 양은 매우 적다. 따라서 파랑은 그 에너지를 운반이나 퇴적작용에 소비할 필요가 없으므로, 거의 침식작용에 소모하여 파식대를 형성하기 시작한다. 이 때 주변의 해식애나 자체적으로 생성된 礫들이 파식대 위에 얇게 퇴적될 수 있다. 이와 같은 현상은 하천퇴적물이 해안까지 운반되어 정선 부근에 쌓이고, 연안류나 파랑에 의해 주변해안으로 이동되어 해안선이 바다쪽으로 후퇴하면서 파식대에도 퇴적물이 쌓이면, 파랑에너지를 모두 굴식작용에 사용할 수 없으므로 파식대의 확장속도는 점차 느려지게 된다. 더욱이 간빙기가 오랫동안 계속되어 하천이 운반해 온 퇴적물로 내만에 해안층적평야가 형성되면, 파랑은 더 이상 육지쪽으로 파식대를 확장할 수 없게 될 것이다. 물론 이때에도 파랑이 파식대에 운반된 퇴적물을 쉽게 제거할 정도로 충분한 에너지를 가지고 있거나, 하구부에서 상당한 거리에 떨어져 있는 해안에 운반된 퇴적물 양이

적다면 파랑에 의한 파식대의 확대는 계속될 수 있다. 이렇게 볼 때, 해안단구의 층상구조는 古波蝕臺인 기반암 위에 역층이 퇴적되어 있는 경우가 대부분이고, 기저층부터 모두 역층으로 된 경우는 하구 부근이나 내만에서 형성된 경우를 제외하면 드물 것으로 추정된다. 물론 하천의 하구 부에서 두터운 퇴적층으로 된 해안단구는 빙기의 저해면기에 침식을 받아 어느정도 남아 있을 수 있으나, 폭 넓은 지형면이 남아 있기가 어려울 것이다.

따라서 해안단구의 대부분은 파식대에서 기원한 지형면이므로, 파식대의 형성과정을 파악하는 것이 대단히 중요하다. 파식대는 파랑이 뜬어내거나 떼어내는 작용을 통하여 정선 부근의 기반암을 직접 제거함으로써 이루어진다. 이와 같은 과정을 통해 notch를 깊게 형성하고, 해식애를 육지 쪽으로 전진시켜 나가면서 파식대를 확장한다. 이 파식대가 확장하는 부분에는 뜬겨져 나오거나 해식애가 후퇴하면서 생성된 퇴적물들이 파랑에너지에 의해 전후로 이동하면서 마식작용을 하여 지형면을 평탄화시킨다. 이 외에도 해면 부근에서 파랑의 비말에 의해 일어나는 풍화작용은 암석으로 된 파식대를 확장하고 평탄화시키는데 중요하게 작용하는 것으로 생각된다(Bloom, 1978). 특히 화산쇄설성 퇴적물과 같이 약하게 礮化된 암석지대에서는 해면 부근의 풍화작용에 의해 파식대가 잘 발달된다.

즉, 해안단구를 이루는 파식대의 규모는 지형면이 형성될 때 파랑의 침식작용과 비말에 의한 풍화작용의 강도와 이들 작용에 대한 기반암의 저항력 정도에 의해 결정된다고 볼 수 있다. 따라서 기반암의 특징은 지형면의 분포 특징을 나타내는데 가장 중요한 변수가 될 수 있다. 침식에 대한 저항력이 약한 기반암으로 이루어진 해안에서 상대적으로 침식에 강한 지질로 된 곳들은 헤드랜드를 형성하며, 이에 따라 해안선이 외해를 향해 돌출한 정도와 해저기복은 파랑의 접근방향에 크게 영향을 주고 있다.

한국 남동해안에서는 이곳으로 유입하는 하천의 규모에 비해 해안선의 굴곡이 상당히 크고 계절에 따라 탁월풍의 방향이 바뀌며, 하계와 동계에 접근하는 해류의 방향도 다르다. 또한 조차가

작으며 해안 부근에 해저수심이 급하게 깊어진다. 따라서 해안에 접근하는 파랑과 연안류의 방향도 계절에 따라 변하므로 하천이 운반해 온 퇴적물이 해안을 따라 멀리 이동하는 것은 용이하지 않을 것으로 보인다. 그러나 年中 북동 내지 동북동에서 접근하는 파랑의 비율이 높으므로 연안류는 남쪽에서 북쪽으로 이동하는 기간보다 그 반대의 방향으로 이동되는 기간이 더 많았다고 볼 수 있다. 대중천 하구 남쪽 봉길리 해안은 이와 같은 영향으로 정선의 전면에 두꺼운 퇴적층이 쌓여 파랑의 파식작용을 저지하였을 가능성이 크다.

남동해안에는 헤드랜드와 외해를 향해 弧狀으로 돌출한 해안에 해안단구가 집중하여 분포하고 있다. 해안 부근의 해저기복은 대체로 현 해안선의 형태와 조화를 이루고 있으나, 상술한 장기면 두원리를 비롯하여 감포읍 대본리, 양남면 나아리 등은 현 해안선과 차이가 난다. 이들 해안에서는 해안단구의 분포 특징이 과거의 해안지형에 의해 크게 영향을 받았다. 고위면이 형성될 때부터 바다쪽으로 돌출한 헤드랜드가 형성되어 있어서 파랑의 굴절과 해안에서의 파랑에너지의 분포에 영향을 미쳐, 주위 해안의 해안단구 분포에도 영향을 미쳤을 것이다. 이와 같은 과거 헤드랜드의 존재는 등심선 분포도에서 추정할 수 있다.

한편 남동해안에서 보이는 등심선의 분포에서 구룡포읍 삼정리 이북을 제외하면, -35~-40m를 경계로 이보다 깊은 해역은 해저경사가 완만하고 등심선은 거의 평행하므로 외해에서 접근하는 파랑은 방향이 굴절되지 않고 해안을 향해 전진한다. 그러나 이보다 얕은 곳에서는 사면의 경사가 급하고, 등심선이 해안선의 윤곽이나 해면 아래의 파식대에 조화되게 굴곡한다. 따라서 수심 -35~-40m부터 천해파가 형성되고 해저기복에 의해 파랑은 헤드랜드 쪽으로 굴절하여 이곳에 파랑에너지를 집중시켜 파식을 일으킨다. 구룡포읍 장길리 이북은 천해파 형성수심이 -60~-90m이며 파고 2.0~2.7m의 파랑이 천해파가 되며, 나머지 지역은 천해파 형성수심이 -35~-40m이므로 파고 1m의 파랑이 천해파가 된다. 그러므로 파고 1m 이하의 파랑은 해안선에 더 접근하여야 굴절되기 시작하므로, 파랑에너지 집중도가 낮아져 파식대 형성에 기여하는 정도가 약해진다. 한편

해면이 현재 수준으로 급하게 상승한 초기에는 천해파 형성수심이 현재보다 더 얕아서, 파고 1m 이하의 파랑도 파식대를 만드는데 기여하였을 것이다. 그리고 해저사면 종단경사에서 볼 때, 장래에 하천이 운반해 올 퇴적물과 헤드랜드에서 공급될 퇴적물이 해저로 운반되면서 천해파 형성수심이 현재보다 다소 깊어질 것이나, 현재 산지의 양호한 식생피복과 관련시켜 보면 하천의 운반물질이 대량으로 해저에 공급되어 해안선을 바다로 후퇴시키고 해저지형을 크게 변화시킬 수 있을 가능성은 낮다. 만약 하천의 퇴적물 공급에 의해 해안선이 바다쪽으로 후퇴한다면 현재 바다로 돌출하여 파식대가 형성되고 있는 헤드랜드에도 더 이상 파랑에너지가 집중되지 않아 파식은 중단될 것이다.

현재까지의 연구결과로 해안단구가 형성된 신생대 제사기 간빙기의 해저지형을 정확히 알 수는 없다. 다만 당시의 기후가 현재와 유사하였다면 지질, 해안선의 형태, 파랑의 크기와 접근방향, 해저지형 등이 연안류와 해류의 흐름 등 다른 자연환경이 현재와 유사하였을 것이므로, 천해파 형성수심도 현재 연구지역의 수준과 크게 차이하지 않았을 것으로 생각할 수 있다. 따라서 연구지역의 해안단구를 형성하는데 기여한 것은 파고 1m 이상의 파랑이었을 가능성을 제안한다.

한편 감포면 두원리-양남면 읍천리지역에서는 하천의 하류부에 의해 구분되는 해안선에서, 각 해안단구 구정선 방향은 북북동-남남서 방향을 취하고 있다. 이것은 봉길리에서 읍천리 사이의 고위면에서 뚜렷하게 나타나는데, 현 해안선의 방향보다 시계방향으로 더 기울어져 있다. 따라서 각 단위 해안선에서는 고위면과 해안선 사이의 간격이 북쪽에서 남쪽으로 갈수록 넓어진다. 이와 같은 구정선의 분포는 이 해안으로 접근하는 파랑은 남동 내지 동남동 방향이 우세하였음을 반영한다. 이와 같은 파랑의 접근방향은 이 해안선의 해저 등심선의 방향에서도 유추할 수 있다. 이 해안의 수심분포도에서 천해파 형성수심인 -30m 이하의 등심선은 현 해안선의 방향보다 고위면의 구정선 방향에 더 가깝다.

이상의 논의를 통하여 볼 때, 삼정리-장길리 해안은 제삼기 화산암으로 이루어져 있으며, 장기곶

에서 10~15km 떨어져 있다. 따라서 이 해안은 기반암의 특징 외에 동해안 최대의 헤드랜드에 근접하여 파고가 높은 파랑의 접근빈도가 높았으므로, 규모가 큰 고위면과 중위면이 형성되었을 것이다. 이것은 장기곶의 동쪽 해저의 천해파 형성수심이 -80~-90m에 이르며, 삼정리에서는 거의 -60m에 이르는 것에서 유추가 가능하다.

구평리-계원리 지역은 중생대 변성암과 화산암의 소규모 헤드랜드들 사이에 있는 제삼기 퇴적암과 응회암 해안은 내륙으로 깊게 들어간 내만으로 되어 있다. 이곳은 기반암의 특징에 의해 형성된 해안선의 형태가 해안단구 분포 특징을 결정하는데 가장 중요한 요인이 되었다. 아울러 대부분의 기반암이 파식과 개석에 약하여 지형면이 형성되기도 용이하고 개석도 쉽게 받으므로, 내만임에도 불구하고 중위면과 저위면이 약간 분포하나 이들은 개석을 심하게 받아 지형면의 규모가 작으며, 고위면이 확인되지 않는다. 그러나 다른 해안과는 달리 하천 하류부에 해안단구 중위면과 저위면에 대응하는 지형면이 넓게 분포하는 것은 내만에 넓은 총적평야가 형성될 수 있었으나 침식기준면이 낮아진 후에도 분수계의 해발고도가 낮아 미처 개석되지 못하고 남은 것이다.

두원리-나아리 해안은 고위면, 중위면, 저위면들이 대체로 연속적으로 분포하나, 기반암의 특성에 따라 해안단구의 공간분포 형태가 다양하다. 아울러 외해로 돌출한 정도, 등심선으로 유추되는 과거의 헤드랜드 분포, 해저기복, 하천이 해안으로 공급한 퇴적물 등에 의한 국지적인 영향으로 지형면의 분포 특징이 다양하다.

7. 결론

- 1) 한국 남동해안의 해안단구는, 바다로 직접 유입하는 유로길이가 짧은 소하천들이 횡적으로 연결되어, 소규모 유역분지를 이루는 해안에 분포하고 있다. 따라서, 큰 하천 하구부의 폭이 좁다. 이와 같은 해안지형의 특징은 남동해안의 지속적으로 용기에 의해 형성되었으며, 이 용기 작용은 빙하성 해면변동과 결합되어 해안단구 지형발달의 근본적인 동인이 되었던 것이다.

- 2) 한국 동해안에서 해안단구 고위면은 정동진에서 가장 넓게 나타나고, 남동해안에서는 대단히 단편적으로 분포하는 것으로 보고되었지만, 감포읍 두원리에서 양남면 나아리까지 고위면 구정선을 복원할 수 있을 정도로 연속적으로 확인된다. 중위면은 연구지역의 일부를 제외하고 연속적으로 분포하고 있으나, 구룡포읍 장길리에서 장기곶의 최북단까지 가장 넓다.
- 3) 기반암이 침식에 대한 저항력이 강한 중생대 변성암지역은 고위면, 중위면의 규모가 크고 연속성이 좋다. 이에 대해 제삼기 응회암이나 퇴적암지역은 고위면이 매우 적게 남아 있고, 제삼기 화산암으로 된 해안도 고위면이 상당히 단편적으로 나타난다. 기반암의 특성에 따른 지형면 분포 특징이 가장 크게 반영되는 것은 고위면으로, 침식에 대한 저항력이 약한 암석으로 된 지역에서는 확인되지 않는 경우가 많다. 중위면은 기반암에 따라 개석의 차이는 있지만, 지형면 자체는 여전히 남아 있다. 고위면과 중위면의 이와 같은 차이는 기반암의 차이와 함께 지형면이 개석되는 기간과 관계 있다.
- 4) 대중천을 제외하면 남동해안으로 유입하는 하천은 퇴적물 공급이 해안단구의 발달에 영향을 미칠 수 있는 규모가 아니다. 대중천은 퇴적물의 공급량이 대단히 많아서 하구 남쪽의 양북면 봉길리 해안은 이 하천이 운반해 온 사력이 정선 부근에 두껍게 퇴적되어 파랑의 파식작용을 저지하였으므로, 해안단구의 발달이 미약하여 지형면의 폭이 좁다. 제삼기 퇴적암과 응회암으로 이루어진 대전천, 장기천, 양포천 하류부의 학계리, 신창리, 수역리에는 해안단구 중위면과 저위면이 형성되던 시기에 해면에 대응하여 폭이 대단히 넓은 총적평야가 형성되었으나 단구화된 이후에도 완전히 해체되지 않고 내만의 해안단구로 비교적 넓게 남아있다.
- 5) 한국 남동해안 등심선의 분포 특징은 수심 -35~-40m를 경계로 달라진다. 이 수심보다 깊은 해역은 북북동-남남서 방향으로 서로 평행하지만, 이보다 얕은 곳은 대부분 현 해안선의 출입에 조화되어 굴곡하고 있다. 또한 해저사면의 경사도 -35~-40m를 경계로 크게 변하여, 이 보다 수심이 얕은 해안부는 경사가 급하다. 따라서 이 수심은 한국 남동해안 연구지역의 현재 천해파형성수심이다. 천해파형성수심은 해안에 따라 달라서, 구룡포읍 장길리 이북은 -60~90m로 상대적으로 깊고, 양남면 하서리는 -30m로 얕다. 해면이 현수준에서 안정된다면 시간이 지남에 따라 전체적으로 약간 더 깊어질 가능성이 있으나, 하천 퇴적물이 대량으로 공급되어 해저지형을 변화시킬 가능성은 낮다. 이와 같은 자료로 볼 때, 제삼기 간빙기 동안 해안단구를 형성하는데 의미있는 파랑은 파고 1m 이상일 것으로 추정된다.
- 6) 대부분의 해안단구는 현 해안선의 헤드랜드 부근에 넓게 분포하나, 내만쪽이나 직선상의 해안에도 특정 고도의 해안단구면이 분포한다. 이것은 이 해안이 현재는 외해로 돌출하고 있지 않으나, 그 지형면이 형성된 시기에는 헤드랜드였을 가능성이 크다. 이와 같은 과거 해안선의 형태는 등심선 분포를 통해 해저기복과 관련하여 유추할 수 있다.
- 7) 감포읍 오류리 이남의 해안에서 고위면이 형성될 때, 파식대 형성에 기여한 높은 파고의 파랑은 남동 내지 동남동 방향에서 해안으로 접근하였을 가능성이 높다.
- 8) 해안단구의 규모는 지형면이 형성될 때 파랑의 침식작용과 비말에 의한 풍화작용의 강도와 이들 작용에 대한 기반암의 저항력 정도에 의해 결정된다. 따라서 기반암의 특징은 지형면의 분포 특징을 나타내는데 가장 중요한 요소이다. 아울러 해안선의 외해를 향해 돌출한 정도, 해저기복, 파랑의 크기와 해안으로의 접근방향 등이 전체 해안에 걸쳐 중요한 변수가 된다. 하천의 특징은 남동해안에서는 국지적으로 영향을 미친다.
- 9) 한국 남동해안은 해안단구 분포 특징에 따라 구룡포읍 삼정리와 장길리 사이, 구평리와 계원리 사이 그리고 감포읍 두원리와 양남면 읍천리 사이 해안으로 구분된다. 삼정리와 장길리 사이 해안은 중위면이 폭 넓게 분포하는데, 파고가 높은 파랑이 집중되고 제삼기 화산암들의 지질적 특징에 의해 영향을 받았다. 구평리와 계원리 사이 해안은 해안단구 발달이 미약하다. 여기에는 연약한 기반암, 이에 따라 형성

된 내만형대의 해안선, 하천의 특징이 주로 영향을 미쳤다. 두원리와 읍천리 사이 해안은 중생대 퇴적암, 화성암, 변성암이 갖는 지질적 특색, 해안선의 형태, 해저기복, 대중천의 퇴적물 공급 등이 복합적으로 영향을 미쳐 고위면, 중위면, 저위면들이 모두 나타나지만, 지형면들 간의 분포 특징은 다양하다.

謝辭

본 논문 내용을 면밀하게 심사하여 적절하게 지적해 주신 심사위원께 깊이 감사드립니다. 아울러 그림자료를 GIS처리해 준 경희대 지리학과 박사과정의 박한산조교, 교정을 도와준 이광률조교에게 고마움을 표합니다.

註

- 1) 특정 해안에서 해저 사면 경사가 갑자기 변하는 수심으로, 이 수심에 의해 영향을 받는 파고나 파장을 갖는 파랑은 이곳에서부터 천해파가 되어 파고가 높아지며 파랑에너지가 커지고 파랑의 방향은 해저기복에 의해 굴절되기 시작한다는 의미로 필자들이 만든 용어임.
- 2) 그림 7의 범위를 벗어나 있으나 해당지역의 해도에서 확인할 수 있음.
- 3) 권혁재, 1994, 313-315의 자료를 기초로 계산한 것임.

文獻

權赫在, 1994, 地形學, 법문사, 서울.

吳建煥, 1977, "韓半島南東部海岸の地形發達, 地理學評論, 52, 689-699.

_____, 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.

尹順玉 · 黃相一 · 鄭惠景, 1999, "한국 남동해안 갑포 나정리-대본리의 해안단구 지형발달", 한국지형학회지, 6(2), 99-119.

李金三, 1999, DEM을 이용한 한반도 지형의 계량적 특성과 기반암질과의 관계 분석, 慶北大學校 大學院 博士學位論文.

李東瑛 · 金周龍, 1991, "浦項迎日 一帶의 第4紀 地質調查研究", 韓國動力資源研究所 研究報告書 KR-90-1A-2, 1-65.

李錫祐, 1992, 韓國近海海象誌, 集文堂, 서울.

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, 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水期の海水準", 日本東北大學校 博士學位論文.

韓泰興, 1984, "長岐岬~九龍浦의 海岸段丘에 關한 研究", 경희대학교 대학원 석사학위논문.

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", 한국지형학회지, 3(2), 99-114.

Bloom, A. L., 1978, *Geomorphology*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.

Kim, S. W., 1973, "A study on the terraces along the southeastern coast(Bang-eo-jin ~ Pohang) of the Korean Peninsula", Jour. Geol. Soc. Kor., 9(2), 89-121.