

해안사구의 물질 구성과 플라이스토세층 - 충청남도의 해안을 중심으로 -

강 대 균*

The Origin of Coastal Dunesand in the *Chungcheongnam-do*

Taygyoon Kahng*

요약 : 본 연구는 우리나라의 서해안에서 해안사구의 발달이 탁월한 충청남도를 선정하여 해안사구의 구성물질이 어디에서 기원하는가를 구명하는 것을 목적으로 하였다. 기존의 문헌을 검토하고 예비조사를 거쳐 중점연구지역을 선정된 다음에 각종 자료를 분석하여 지역연구의 바탕으로 삼았다.

우리나라의 서해안은 수심이 얕아서 조차가 크기 때문에 조류의 작용이 활발한 것이 특징이다. 그러나 태안반도, 안면도와 같이 육지가 바다로 돌출한 지방에서는 파랑의 작용도 활발하여 비치가 나타나고 그 배후에는 해안사구가 발달하였다.

해안사구의 구성물질은 거의 대부분 석영과 장석으로 이루어졌으며 운모, 중광물도 섞여 있다. 사구사는 화강암 기원의 것을 제외하면 입도가 아주 작고 원마도가 불량한 것이 특징이다. 이는 모래의 이동거리가 길지 않았음을 의미한다. 해안사구는 고조시에 파랑의 영향을 받아 후퇴한다. 해안사구의 트렌치에서는 플라이스토세층으로 생각되는 적색의 모래층이 관찰되는데, 이 모래층은 빙기의 산물이라고 판단된다.

주요어 : 해안사구, 구성물질, 기원, 조차, 파랑, 비치, 고조, 트렌치, 플라이스토세층

Abstract : The purpose of this paper is to examine the origin of materials of sanddune in the *Chungcheongnam-do*. The sands consist mainly of quartz with lesser amount of feldspar and other heavy minerals. With the exception of those from the granite, the sands have a very fine texture. Another characteristic of the sand grains is the low degrees of roundness and grading which indicates that the source areas of the material are not far from the accumulating field. The rivers and streams of this region are not effective in transporting sediments for the coastal dunes. It has been recognized that the beaches and sanddunes have recently been receded as a result of the decrease in materials and the devastating actions of the breakers. The degradation process occurs most actively when the spring tides attack the beaches and foredunes.

There are strata with red tint along the coastal areas of the *Chungcheongnamdo* which trace their origin back to the Pleistocene. From the fact that they contain little or no gravels, the strata are believed to have been the sanddunes during the last interglacial period. This fossil dunes provide part of the materials for the development of the present-day sanddunes along the coastal areas of the region.

Key Words : materials of sanddune, quartz, feldspar, texture, roundness, spring tides, the Pleistocene, the last interglacial

1. 서론

우리나라의 서해안은 각종 해안지형이 다채롭게 발달되어 있는데, 충청남도의 해안은 특히 비

치와 海岸砂丘가 탁월하게 발달하였다. 본 연구지역은 배후산지의 해발고도가 낮고 유역분지를 배수하는 하천들이 작아서 퇴적물의 유입량이 많지 않다. 그럼에도 파랑의 작용이 비교적 활발한 해안에는 비치가 양호하게 형성되어 있다. 그리고

* 충북대학교 지리교육과 강사(Lecturer, Dept. of Geography Education, Chungbuk University), sanddune@hanmail.net

곳에 따라서는 비치에 비해 규모가 상당히 큰 해안사구가 발달하였다.

우리나라는 3면이 바다로 둘러싸여 있으나 비치에 대한 연구가 극히 부진하다. 해안사구는 비치와 사정이 다소 달라 지형학, 지질학 등의 분야에서 꾸준히 관심을 가져 왔다. 김봉균(1974)을 비롯하여 윤용구·한상준·박병권(1977), 박동원·유근배(1979), 박승필(1981), 권혁재(1981·1993), 박경(1987), 박용안·최경식(1993), 한태홍(1993) 등이 조사·보고한 자료에서는 해안사구의 形成時期와 高海面의 관계, 해안사구의 分類·侵蝕의 문제를 주로 언급하였다.

충청남도의 해안은 해안사구의 발달이 매우 탁월하다. 그러나 이에 대한 이제까지의 연구는 접근방법이 제한적이고 그 주제가 단편적이었으며 비치에 비해 해안사구가 현저하게 발달한 원인도 충분히 밝히지 못했다. 본 연구는 이러한 상황에서 충청남도의 해안사구를 종합적으로 조사하면서 특히 구성물질의 기원을 밝히는 것을 연구목적으로 삼았다.

2. 연구자료 및 방법

충청남도 해안의 비치와 해안사구를 처음 답사한 것은 1988년 5월이었다. 그러나 본격적인 조사는 1995년 6월부터 시작되었고 2001년 8월까지 총 90여회의 답사가 시행되었다. 국내의 다른 지역은 물론이고 외국의 비치와 해안사구에 대한 답사도 병행하였다. 일본은 1996년 12월, 태국과 영국은 1999년 7월에 각각 답사하고 자료를 수집하였다.

본 연구에서는 각종 地圖가 유용하게 사용되었다. 해안사구의 분포도는 작성하기가 까다로운 작업의 하나이다. 특히 학암포와 만리포에서처럼 해안의 모래가 배후산지까지 날려간 경우는 항공사진의 판독으로도 그 퇴적범위를 판단하기가 곤란하다. 1 : 250,000 大田도폭지질도와 1 : 50,000 대산·이곡, 모항, 서산, 서천도폭지질도는 연구지역의 암석의 분포와 모래의 공급원을 파악하는 데 도움이 되었다.

비치와 해안사구의 모래는 각 단위지형을 대표한다고 판단되는 것 중에서 임의로 標品을 채취하

였다. 해안사구는 삽으로 트렌치(trench)를 파서 露頭를 관찰하는 한편 트렌치에서도 표품을 채취하였다. 모래의 표품은 입도분석, 박편을 통한 원마도·분급도의 분석과 조성광물의 감정, 주사전자현미경(SEM) 사진의 촬영, 대자율의 측정, X-ray 형광분석(XrF) 등에 이용되었다. 이와 같은 분석은 비치와 해안사구를 구성하는 모래의 운반과정과 해안사구의 형성연대를 밝히는 근거가 되었다.

주민의 면담자료는 지형조사에서도 중요하다. 조석과 모래이동, 사방, 조림에 관한 구체적이고 생생한 체험담은 지역연구에 보탬이 되었다. 연구지역의 곳곳에 산재하는 硃砂鑛의 관계자는 모래에 관한 전문적인 지식을 가지고 있었다. 그리고 태안군청 산림과, 충청남도청 산림과, 산림청 산지관리과에서는 사방·조림에 관한 실무행정에 대하여 소상하게 들려주었다.

3. 연구지역의 개관

본 연구지역은 태안반도에서 금강하구에 이르는 해안으로 태안군과 서산시, 보령시, 서천군의 4개 시·군에 속해 있다. 태안반도에서 금강하구에 이르는 해안으로는 대규모의 하천이 유입하지 않는다(그림 1). 기반암의 구릉지가 해안을 따라 분포하는 연구지역에서는 하천이 구릉지로 에워싸인 좁은 유역분지에서 발원한다. 하천은 토사를 운반하기 때문에 비치와 해안사구의 발달에 큰 도움을 줄 수 있다. 하천의 규모가 작고 유량이 볼 것 없어서 담수의 유입이 적은 충청남도의 연안 해역은 외해보다 봄철~초여름에 걸쳐 상대적으로 수온이 낮다(성학중 외, 1987). 고온다습한 남서기류가 불어오면 온도차로 인한 海霧가 빈번하게 발생하게 되는 것은 이 때문이다.

충청남도의 해안은 전역에 걸쳐 구릉지가 임박해 있으며, 구릉지의 말단에서는 비고가 낮은 해식애와 넓은 파식대가 발달하였다. 이와 같은 해안선의 윤곽을 보이는 본 연구지역에서는 비치가 구릉지 사이의 만입에 포켓비치(pocket beach)의 형태로 나타난다.

태안군에는 해수욕장으로 개발, 이용되고 있는 비치가 집중적으로 분포한다. 이들 비치는 대부분

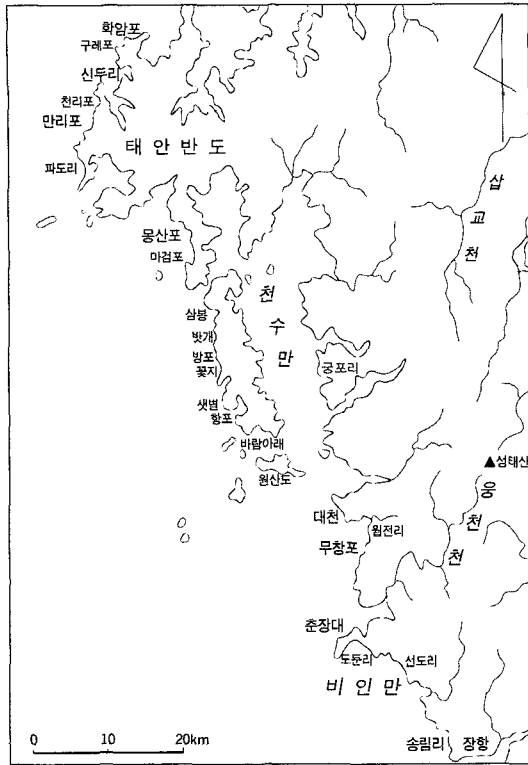


그림 1. 연구지역

주: 대규모 간척이 진행되기 전인 1970년대 초의 상황으로 해안선의 출입이 매우 심하다. 구릉지 사이의 골짜기에서 발원하는 하천은 웅천천을 제외하면 모두 작다. 비치과 해안사구는 외해에 노출된 해안에 발달하였다. 천수만과 같이 폐쇄된 해안에는 간석지가 펼쳐진다.

서쪽이나 북서쪽으로 향해 있어 북서계절풍의 영향을 크게 받는다. 반면에 보령시와 서천군에는 지역적인 해안선의 윤곽과 관련하여 남서쪽으로 향한 비치도 발달하였다. 이러한 비치는 북서계절풍 대신 남서풍의 영향에 놓이게 된다. 태안군의 비치는 신두리를 제외하고 전부 泰安海岸國立公園에 속해 있으며 해안사구의 발달도 태안반도와 안면도에서 절정을 이룬다.

태안군의 해안은 경기육괴의 변성퇴적암인 서산층군과 경기편암복합체가 분포하며 대보화강암과 그 밖의 암석의 분포는 극히 한정되어 있다. 그리고 보령시와 서천군의 해안에는 대동누층군의 퇴적암이 분포하는데 지체구조상 경기육괴 내의 충남분지에 해당한다. 충남분지는 무연탄을 함유한

대동누층군의 퇴적 후에 일어난 대보조산운동의 영향으로 불규칙하게 교란되었다. '남포층군'이라 명명된 충남분지의 대동누층군은 차령산맥의 말단부에 퇴적되었고 대보화강암은 보령지방의 대천을 중심으로 관입하였다.

4. 해안사구의 물질 공급원

해안사구의 모래는 비치에서 공급된 것이고 비치의 모래는 하천의 유역분지와 연안의 풍화층, 해저의 각종 쇄설물 등에서 기원한다(Pethick, 1984). 해안의 모래는 특정한 기원지에서 각종 기구를 통하여 운반되어 온 것이다. 충청남도의 해안에는 비치에 비해 규모가 큰 해안사구가 발달한 것이 특징이다. 그리고 비치에 모래가 부족한 것과 대조적으로 해안사구에는 모래가 두껍게 쌓여 있다. 모래가 절대적으로 부족한 충청남도 해안에서 사구의 모래층이 두껍게 형성된 까닭은 플라이스토세(Pleistocene)의 古砂丘가 상당한 부분을 차지하기 때문이다.

충청남도 해안의 해안사구를 구성하는 모래는 입도(grain size)가 작다. 태안반도와 안면도의 지질은 주로 선캄브리아대의 변성암인 서산층군과 경기편암복합체에 속하는 암석으로 이루어졌다(그림 2). 이들로부터는 입도가 작은 풍화산물이 생산되며 안면도의 삼봉과 꽃지, 서천의 춘장대와 신태산, 송림리 등지의 모래는 모두 입도가 대동소이다. 이들 해안의 모래에서 細砂(입도 0.0625~0.25 mm)가 차지하는 비율은 비치가 40~66%, 해안사구가 43~68%이다. 표 1에는 삼봉 해안의 비치와 사구에서 채취한 퇴적물을 체질분석한 자료도 포함되어 있다.

본 연구지역에 속한 비치는 규모가 크건 작건 대부분 기반암의 구멍이 바다로 돌출한 헤드랜드와 헤드랜드 사이에 포켓비치의 형태로 발달되어 있다. 삼봉 해안도 포켓비치이다. 비치의 물질구성에서 中砂 이상의 조립물질이 細砂보다 훨씬 많은 것은 이 때문이다. 그러나 사구사는 입도가 작다. 삼봉 해안처럼 다양한 크기의 퇴적물로 덮인 지표층을 바람이 불어갈 때는 細砂가 粗砂와 그래놀보다 쉽게 운반될 수 있기 때문이다. 사구사에 장석(plagioclase)과

그 변질물[sericite]뿐만 아니라 전기석(tourmaline)과 같은 중광물이 섞여 있는 것은 모래의 기원지가 해안으로부터 멀지 않음을 의미한다.

삼봉 해안과 달리 몽산포해수욕장은 細砂의 비율이 높다(표 1). 그리고 기원이 다른 두 가지의 모래, 즉 섬장암 기원의 붉고(明赤色) 붉은 모래와 편암 기원의 밝고(灰白色) 가는 모래가 동시에 관찰된다. 몽산포해수욕장의 헤드랜드는 바로 북쪽에 위치한 포구인 몽대포와의 사이에 자리하는데 閃長岩(syenite)으로 이루어졌다(그림 2). 쥐라기의 관입암류에 속하는 섬장암은 암색과 광물의 조성, 입도 등 겉보기에서 대보화강암과 구별이 불가능할 정도로 유사하다. 화강암류에서는 조립질의 모래가 생산된다. 몽산포해수욕장에 집적되어 있는 細砂는 기원지가 헤드랜드에 의해 차단된 북쪽의 기반암 또는 연안의 풍화층이라기보다 남쪽의 서산층군의 암석, 즉 세립질 암석이라고 판단된다.

충청남도 해안의 모래 가운데 세립질의 비율이 절대적으로 높은 이유는 연구지역의 해안뿐만 아니라 이곳으로 유입하는 하천의 유역분지가 굽은 모래를 생산할 수 없는 지질조건인 점을 우선 생각할 수 있다. 충청남도의 해안지방은 서산층군의 편암류와 같은 세립광물입자의 암석이 화강암, 섬장암 등의 조립광물입자의 암석보다 분포가 훨씬 우세하다. 충청남도 해안에서 서산층군은 천리포에서 안면도 남단까지 연장·노출되며 경기편마암복합체는 보령시와 서천군의 기반암이다. 이들 지층

을 동북~서남의 주향으로 관입한 대보화강암류는 몽산포해수욕장이 위치한 남면에만 다소 넓게 노출되어 있을 뿐이다.

충청남도의 비치와 해안사구에서 관찰되는 모래는 일반적으로 원마도(angular~subrounded)가 낮아서 모가 난 것이 특색이다. 모래의 원마도가 낮은 이유는 기원지에서 퇴적지까지의 이동거리가 절대적으로 짧은 점, 해안으로 접근하는 파랑의 에너지가 강하지 못하다는 점, 편암류의 암석에서 떨어져나오는 입자가 작다는 점 등을 생각할 수 있다. 충청남도 해안은 수심이 10m 미만이고 파랑의 에너지수준이 낮다는 점과 상부 비치의 모래는 대조시에만 파랑의 작용을 활발하게 받는다는 점이 특히 중요하다(권혁재, 1993).

육상에서는 모래의 이동거리와 입자의 원마도 사이에 상관관계가 성립하지 않는다고 알려져 있다(Pettijohn, Potter and Siever, 1987). 모래는 상당한 거리를 이동하더라도 원마도가 별로 높아지지 않는다. 하천의 부유물로서 유속에 관계없이 쉽게 이동하는 속성 때문에 모서리가 극히 느리게 마모되기 때문이다(오경섭·오선희, 1994). 모래의 원마도는 입도가 작을수록 낮아진다. 中粒(medium)의 석영질 모래를 대상으로 20,000km 거리에 해당하는 磨蝕을 가해보니 모래의 무게가 단지 1%만 감소하였다는 실험은 이를 뒷받침해 준다(Kuenen, 1960). 각이 진 중립질 모래의 원마도는 운반거리가 길어도 거의 증가하지 않는다.

표 1. 몽산포해수욕장과 몽대포, 삼봉 해안에서 構成物質의 입도별 무게와 비율

입도(φ)	몽산포 해안사구		몽산포 비치		몽대포 비치		삼봉 해안사구		삼봉 비치	
	무게(g)	비율(%)	무게(g)	비율(%)	무게(g)	비율(%)	무게(g)	비율(%)	무게(g)	비율(%)
> 4	0.08	0.1	0.15	0.2	0.01	0.0	0.25	0.1	0.13	0.0
4~3	11.40	9.3	13.23	12.7	0.03	0.0	1.17	0.5	0.46	0.1
3~2	98.10	80.1	84.93	81.2	1.89	1.3	141.21	66.9	151.85	39.4
2~1	11.49	9.4	5.11	4.9	79.10	54.5	68.10	32.3	148.92	38.6
1~0	1.24	1.0	0.66	0.6	59.41	41.0	0.10	0.1	6.81	1.8
0~(-1)	0.07	0.1	0.31	0.3	3.92	2.7	0.00	0.0	6.62	1.7
-1~(-2)	-	-	0.10	0.1	0.74	0.5	0.10	0.1	13.84	3.6
< -2	-	-	-	-	-	-	-	-	56.86	14.8
중앙값	6.32	5.2	0.66	0.6	1.89	1.3	0.25	0.1	10.33	2.7
평균	20.40	16.7	14.93	14.3	20.73	14.3	30.13	14.3	48.19	12.5
계	122.38	100	104.49	100	145.10	100	210.93	100	385.50	100

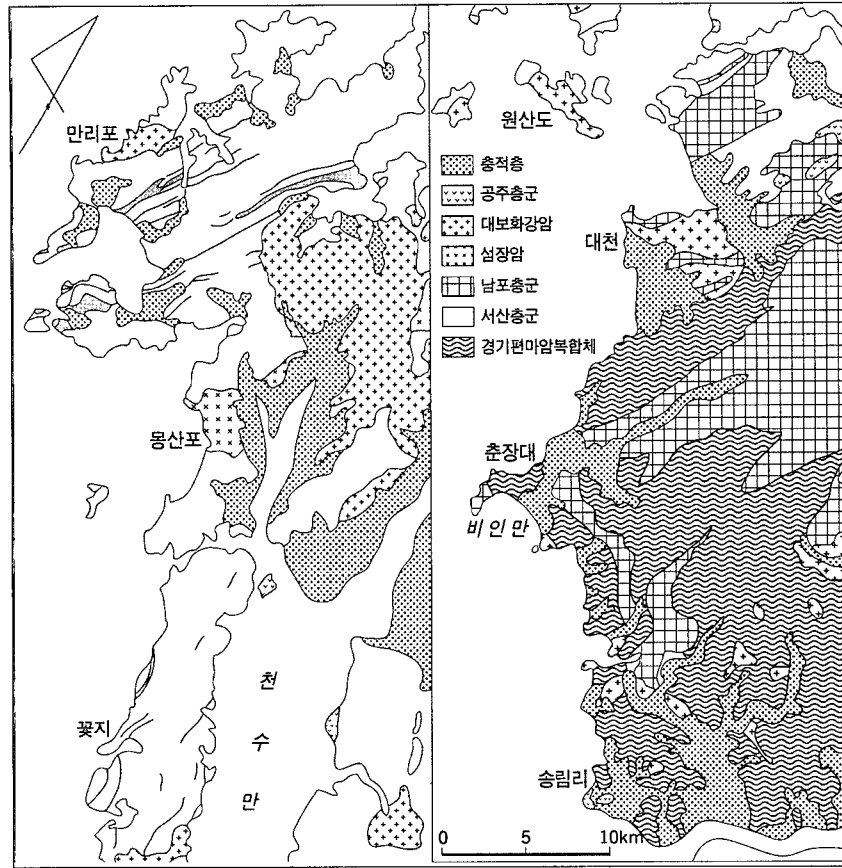


그림 2. 연구지역의 地質

주: 경기육괴에 속하는 태안반도와 안면도에는 규암이 협재된 서산층군, 대보관입암류(화강암과 섬강암)가 분포한다. 대부분 충남분지에 속하는 보령시와 서천군의 기반암은 경기편마암복합체이다. 충남분지에는 쥐라기의 남포층군이 비교적 넓게 쌓였고 대보화강암과 백악기의 공주층군은 분포가 협소하다. 서산층군과 경기편마암복합체의 주요 암석은 세립질의 입자로 이루어져 있어 細砂를, 분포가 제한된 쥐라기의 화강암과 섬강암은 조정질의 입자로 이루어져 있어 粗砂를 생산한다. 충적층에는 신두리·비인만의 사구원과 대천해수욕장의 사구열, 춘장대해수욕장과 송림리 해안사구가 포함되어 있다. 오른쪽 지도는 왼쪽 아래와 연결된다(자료: 한국지질자원연구원).

모래의 광물조성을 보면, 학암포해수욕장에서 채취한 표본의 경우는 석영 72.6%, 장석 20.3%, 운모 3.3%이고 이 밖에 각섬석, 녹립석, 전기석, 지르콘, 기타 철산화물이 소량 포함되어 있다. 이들의 함량을 산화물의 형태로 표시하면 SiO₂ 86.5%, Al₂O₃ 6.79%, Fe₂O₃ 1.02%로 나타나고 이 밖에 MgO와 CaO를 소량 포함하는 정도이다. 신두리의 규사는 SiO₂ 85.1%, Al₂O₃ 7.58%, Fe₂O₃ 1.43% 등으로 나타나며 운모편암에서 기원하는 석영·장석·백운모의 주성분광물과 흑운모·석류석·지르콘·스핀과 같은 부성분광물을 포함한다.

5. 플라이스토세층

최후간빙기의 해안퇴적층이 오늘날의 해안지형의 발달에 어떠한 영향을 끼쳤는지를 이해하는 것은 충청남도 해안의 경우와 같이 모래의 주요 공급원인 하천의 발달이 제한적인 지방에서는 더욱 중요하다. 충청남도 해안에는 기원이 오랜 것으로 보이는, 固化가 다소 진행된 적색의 모래층이 천리포와 만리포·무창포·춘장대·송림리 등지에 널리 나타난다. 이러한 모래층은 지표면에 간혹 드러나 있기도 하고 비치나 現生の 海岸砂丘에 묻혀

있기도 하다. 비치에 묻혀 있는 적색의 모래층은 점토와 자갈을 포함하고 있어서 육상의 그것과 구별된다. 충청남도 해안의 육상에서 고화가 다소 진행된 적색의 모래층이 최초로 보고된 곳은 대신석 유화학공업단지로 개발된 서산시의 독곶리였는데 박승필(1981)은 이것을 후빙기의 해면이 현재보다 높았던 시기에 쌓인 것으로 해석하였다.

1970년대에 우리나라의 해안을 두루 답사한 Guilcher(1976)는 천리포·만리포 해안에서 최후빙기의 솔리플렉션 퇴적물이 최후간빙기 퇴적물을 덮고 있다고 보고하였으나 적색퇴적층에 대해서는 언급하지 않았다. 그리고 박동원·유근배(1979)는 신두리의 現生砂丘層 밑에서 발견되는 세립(평균 입도 2.63φ)의 암갈색~암황색 고결층을 홀로세 초기의 것이라고 추정하여 박승필과 대체로 같은 의견을 피력하였다. 반면에, 권혁재(1981)는 만리포와 천리포에서 육상의 적색모래층과 폭풍으로 흔히 드러나는 비치의 퇴적층을 최후간빙기의 것으로 해석하여 이들을 플라이스토세층이라고 주장하였다. 이어서 박경(1987)은 천리포 해안의 적색모래층에서 Bt-band를 확인하고 그것이 주빙하환경에서 結水作用(cryo-genesis)을 받았다는 사실을 밝혔다. 일반적으로 사구는 다운회(multi-cycle)과정을 거친 모래를 포함할 수 있다(Pye, 1983).

본 연구에서는 해안사구의 적색모래층을 ‘古砂丘’로 규정하였다. 고사구는 土壤色과 固化度, 미립물질의 함량 등에서 現世(Holocene)에 쌓인 ‘現生砂丘’와 판이하게 구별된다. 그림 3, 4에서처럼 적색모래층의 실제 색깔은 赤黃色(yellowish red (5YR 4/6))이고 구성물질은 주로 세사와 실트, 점토 등이다. 미립물질집적층 또는 철분이 착색된 모래층이 띠를 이루는 이 퇴적층은 토양의 Bt층 또는 결빙구조가 발달한 Bt-band라고 생각된다. 토양 단면상에 점토가 집적된 적색의 Bt층 또는 Bt-band의 존재는 모래의 퇴적 이후 최후간빙기의 온난한 환경에서 적색토화작용을 받았거나 최후빙기의 주빙하환경에서 철분과 미립물질이 토양수를 따라 결빙되어 내려간 것을 시사하는 것이다. 따라서 고사구는 담황색의 細砂로만 이루어진 현생사구와 결보기에도 다르다. 현생사구는 해수면이 현재의 수준까지 상승하는 과정에서 발생한 바람의 운반·퇴적 작용이 빚어 낸 산물이다. 오늘날의 해

안선과 현생사구는 해면이 지금의 수준으로 상승한 약 4000년 전 이후에 형성된 것이다.

천리포와 만리포, 송림리 등지에서 현생사구는 플라이스토세의 고사구를 얇게 덮은 정도에 불과하다(그림 3, 4). 이들 해안에서는 비치와 해안사구가 고사구층을 기반으로 발달한 것임을 확인할 수 있다. 오늘날에도 겨울철에는 비치의 모래가 바람에 날려 고사구층 위에 쌓인다. 특히 송림리에서는 고사구층이 파랑에 의한 침식작용에 직접 노출되어 있으며 해안사구의 전체적인 윤곽(frame)을 결정해 주고 있다. 그림 4는 송림리의 해안사구에서 적색모래층의 퇴적상을 관찰하는 한편 표품을 채취하기 위하여 파놓은 트렌치(trench)를 보여준다. 이 곳의 표품은 帶磁率(magnetic susceptibility)과 X-ray 螢光分析(Fluorescence analysis)의 시료로 이용되었다.

그림 5는 송림리 고사구층(그림 4)의 트렌치에서 채취한 모래에 대한 대자율과 철산화물(Fe_2O_3) 분석의 결과를 보여준다. 즉, 대조의 고조위로부터 100~250cm 높이에서의 대자율과 철산화물(Fe_2O_3)의 변화양상을 그래프로 나타낸 것이다. 대자율은 자성광물에 약한 자기장을 일정한 방향으로 걸어 주었을 때 같은 방향 또는 반대방향으로 획득된 磁化强度의 비율이다. 대자율의 세기는 자성광물의 종류, 모양, 크기, 양에 따라 달라지며 그 종류가 일정하다면 광물의 양이 많을수록 커진다. 여기에서는 표품에 함유된 자성광물의 질량을 측정하여 모래 1g에 대한 함량으로 환산하였다. 송림리의 노두에서 대자율은 대조의 고조위를 기준으로 약 190→180cm, 약 160→140cm, 약 130→100cm의 범위에서 각각 증가하는 경향을 보인다. 이 경향은 Fe_2O_3 의 추이와 유사한데 이 점은 표 2를 통해서도 확인된다.

표 2에서는 퇴적물에 포함된 주원소의 성분비(%)를 산화물의 형태로 표시하였다. 대조의 고조위로부터 180cm에 해당하는 높이는 노두의 전체 단면에서 Fe_2O_3 와 Al_2O_3 , 유기물이 최대값을 기록하는 부위로 그 각각의 비율은 7.67%, 21.51%, 7.42%로 나타났다. 반면에 SiO_2 의 비율은 58.48%밖에 되지 않았다. 이 높이는 지표로부터 약 130cm의 깊이에 해당한다. 이는 최후빙기에 지표였다고 생각되는 250cm로부터는 약 70cm 깊이에 해당하

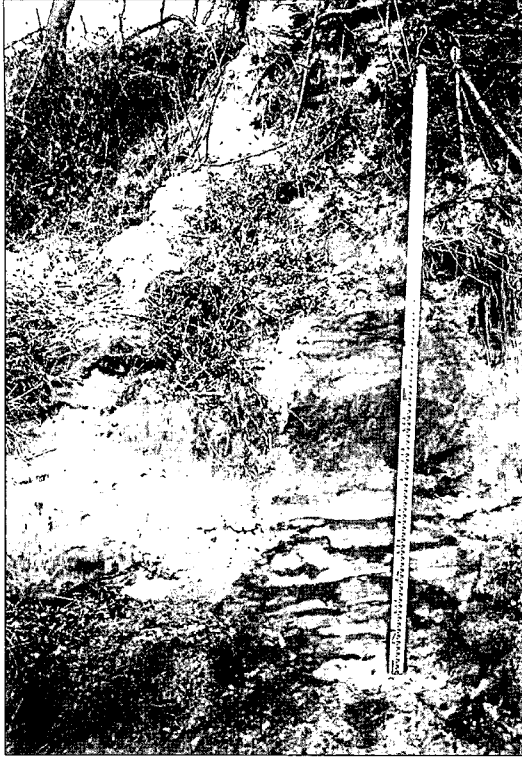


그림 3. 만리포해수욕장에 분포하는 고사구층의 노두

주: 만리포에는 최후간빙기의 해안퇴적층이라고 생각되는 赤色の 모래층이 현생사구 밑에 광범하게 묻혀 있다. 적색의 모래층 사이에는 적색토가 나타난다. 표척의 70cm 수준이 가리키는 고도는 대조의 고조위로부터 약 5.9m 높이이다.

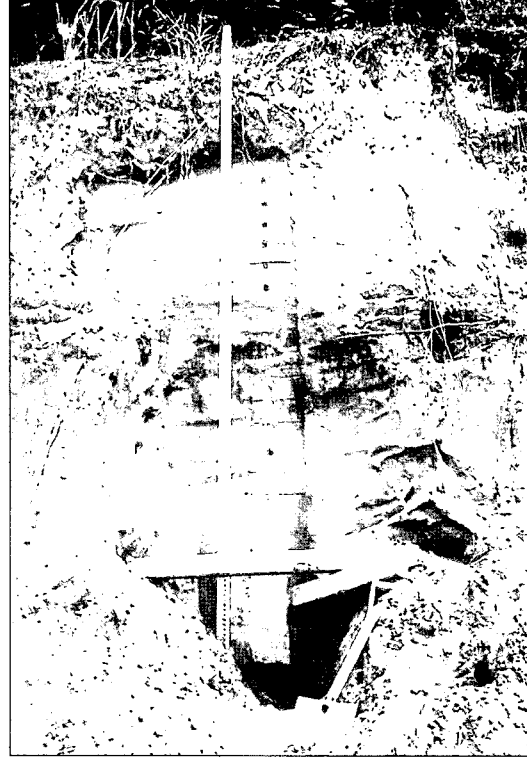


그림 4. 장항 송림리에 분포하는 고사구층의 노두

주: 플라이스토세의 고사구가 대조의 고조위를 기준으로 약 130~185cm 높이에 적색의 모래층과 Bt층으로 구성되어 있다. 이 사진의 트랜치에서는 10cm 간격으로 사구사의 표품을 채취하였다. 현생사구는 고사구층 위에 약 60cm 두께로 쌓였다.

표 2. 장항 송림리 해안사구의 xrf (%)

높이	산화물	SiO ²	Fe ² O ³	Al ₂ O ³	유기물
250cm		87.61	1.95	5.76	0.85
230cm		85.14	2.01	7.61	1.45
200cm		88.93	1.36	5.65	0.85
190cm		85.22	1.86	6.03	1.19
180cm		58.48	7.67	21.51	7.42
170cm		72.20	4.81	14.16	4.50
160cm		79.82	3.72	9.63	2.16
150cm		85.94	2.72	6.19	0.99
140cm		84.96	3.79	5.35	0.92
130cm		86.77	3.00	5.19	0.76
120cm		87.53	2.79	5.09	0.67
110cm		87.17	3.19	4.93	0.63
100cm		83.68	5.08	4.78	0.84

는데, 토양수의 작용에 의해 패사와 유기물, 철산화물, 실트, 점토가 집적된 것이라고 해석할 수도 있다.

고사구층은 외관뿐만 아니라 모래의 풍화도, 조성광물의 종류, 미립물질의 함량 등에서도 현생사구와 구별된다. 走査電子顯微鏡(SEM, Scanning Electronic Microscope)은 고사구층의 모래가 얼마나 풍화를 받았는지에 대하여 다양한 배율로 확인할 수 있게 해준다. 그림 6은 만리포해수욕장의 고사구층에서 추출한 모래알을 주사전자현미경으로 촬영한 것이다. 석영질 이외의 모래는 풍화에 의하여 형태와 성분이 바뀌었고 표면적이 대폭 증가하였다. 이러한 내용은 고사구사의 薄片(thin section)에서도 분명하게 관찰된다.

그림 7은 만리포 남단 해안의 방호벽과 나란한

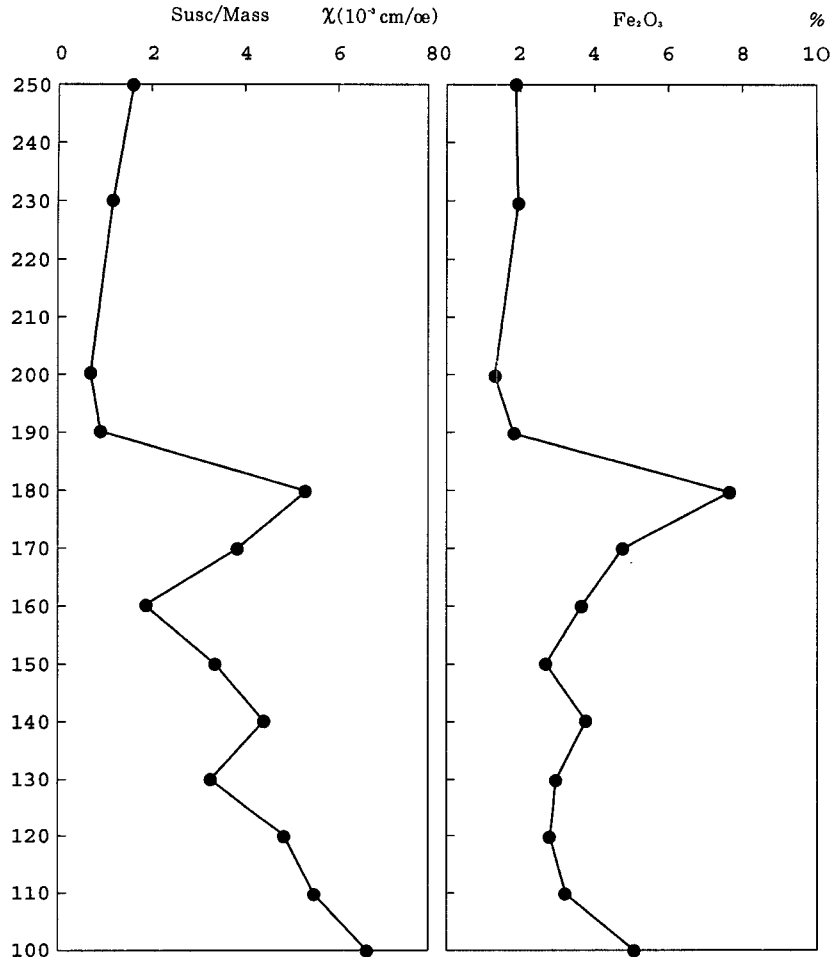


그림 5. 장항 송림리의 고사구층에서 帶磁率과 철산화물의 분포도

주: 그림 4의 트랜치에서 채취한 고사구층을 구성하는 물질의 분석값이다. 미립물질의 집적은 사구의 표면(사구에의 기저부로부터 310cm 높이)에서 약 125cm 깊이부터 시작되는데 이 그림에서는 180cm의 수준에서 대자율과 Fe_2O_3 함량이 모두 높은 값을 보이고 있다. 세로축의 숫자는 대조의 고조위로부터의 높이를 cm로 나타낸 것이다.

도로변에 노출된 고사구층에서 채취한 표품으로 제작한 박편의 현미경사진이다. 풍화에 강한 석영질 모래를 제외하면 대부분의 광물이 土壤水에 용탈되었으며 토양층에 남아 있는 것은 모두 형태가 일그러졌다.

표 3은 만리포와 송림리의 고사구층에서 채취한 모래를 체질분석한 자료이다. 이들 고사구층에서는 실트 이하 미립물질의 함량이 8.6%와 33.5%를 차지했다. 이는 만리포와 송림리 해안에 형성된 비치와 현생사구의 미립물질함량인 0.03~0.08%와 0.12~0.20%에 비하여 최소한 40배이상 높은 수치이다.

적색의 고사구층은 장소마다 두께가 다르다. 충청남도 해안의 고사구는 大潮의 滿潮位를 기준으로 만리포에서 6m이상, 송림리에서 2.5m 높이까지 분포한다. 학암포해수욕장에서도 고사구층이 광범하게 나타난다. 아까시나무가 우거진 모래언덕의 배후에는 농경지로 이용되지 못하고 풀만 무성한 사구원(dune field)이 형성되어 있는데 한 삼만 파도 적색의 모래층이 드러난다. 이 사구원이 농경지로 이용되지 못하는 까닭은 지하수위가 높고 모래에 철분이 지나치게 많이 포함되어 있기 때문이다. 무창포는 해안사구의 규모가 연구지역에서 가장

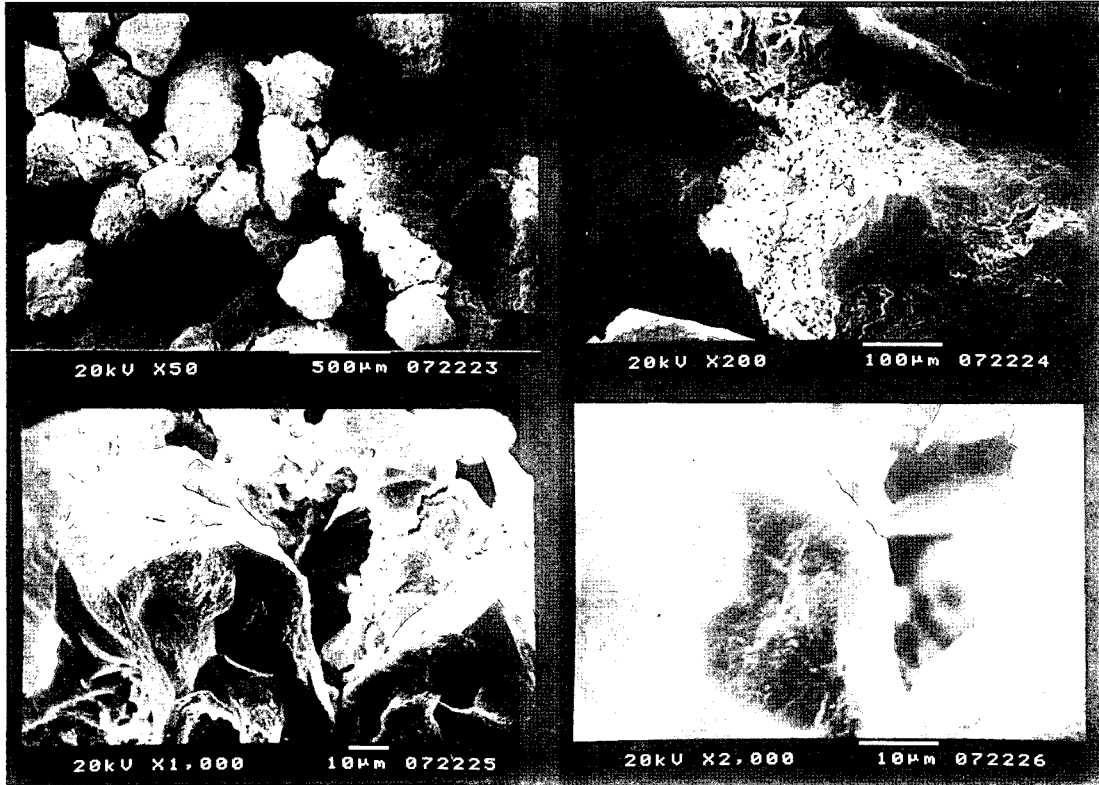


그림 6. 赤色 모래의 SEM사진

주: 만리포해수욕장의 고사구는 적색의 모래층을 포함하고 있다. 적색의 모래층에서 추출한 모래알은 풍화작용을 받아 표면적이 현저히 확대되었다.

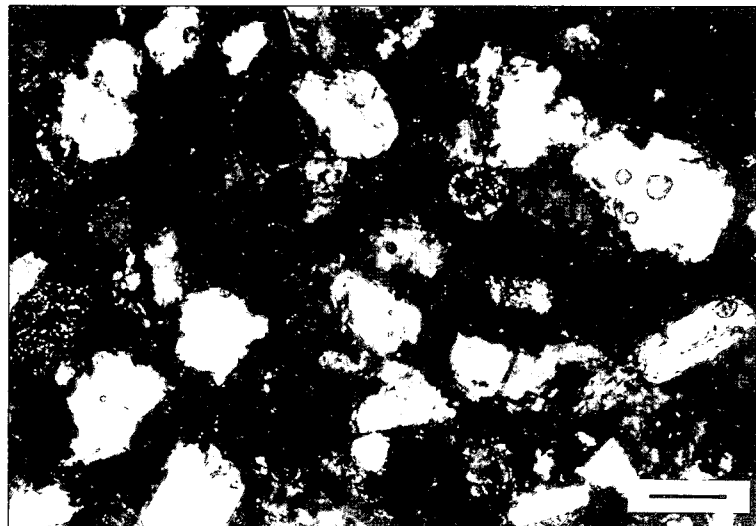


그림 7. 만리포해수욕장의 고사구층에서 추출한 모래의 박편사진

주: 고사구의 모래가 심하게 풍화를 받았다. 석영의 모래알은 대체로 형태를 유지하고 있는 반면에 장석과 운모류, 변성광물의 그것은 형태가 불명확해졌고 성분도 바뀌었다. 오른쪽 하단의 막대는 길이가 0.25mm이다.

표 3. 만리포해수욕장과 장항 송림리의 고사구층에서 構成物質의 입도별 무게와 비율

입도(φ)	만 리 포		송 립 리	
	무게(g)	비율(%)	무게(g)	비율(%)
>4	20.89	8.6	47.88	33.5
4~3	11.11	4.6	8.67	6.1
3~2	45.54	18.9	17.23	12.0
2~1	149.54	61.9	58.67	41.1
1~0	14.42	6.0	9.71	6.8
0~(-1)	0.09	0.0	0.65	0.5
-1~(-2)	-	-	0.05	0.0
<-2	-	-	-	-
중앙값	17.66	7.3	9.71	6.8
평 균	40.27	16.7	20.41	14.3
계	241.59	100	142.86	100

작다. 이곳에서는 해수욕장의 기반시설을 확충하면서 해안사구를 깎아내고 택지와 도로, 주차장 등을 조성하였다. 무창포의 노두에서도 적색의 모래층이 철분과 미립물질의 집적이 적은 담황색의 현생사

구에 묻혀 나타났다. 무창포의 해안사구는 단구화한 규암의 풍화층 위에 발달한 것이다.

비치에 묻혀 있어서 폭풍이 지나간 후에 흔히 노출되는 미고화 퇴적층은 천리포와 만리포, 무창포 등지에서 관찰된다(그림 8, 9, 10). 자갈과 모래, 점토의 혼합으로 이루어진 이들 퇴적층은 최후간빙기의 해안퇴적층으로 생각되며 그 형성시기는 고사구의 것과 동일할 것이라는 견해가 지배적이다.

이와 같이 충청남도 해안에서는 최후간빙기의 해안퇴적층이 널리 관찰된다. 그러나 그것이 현생사구에 묻혀 있어서 얼마만한 규모로 어떻게 분포하는지는 확실하지 않다. 다만 오늘날의 비치와 해안사구의 발달에 절대적인 기여를 한 것만은 분명하다. 후빙기의 기간은 짧고 최후간빙기의 기간은 상대적으로 긴데 해안사구를 비롯한 최후간빙기의 해안퇴적층은 후빙기의 해면이 약 4,000년 전에 대략 현재의 수준으로 상승할 때까지 대부분 남아 있었을 것이기 때문이다. 서해안에서는 최후간빙기의 해면도 현재의 해면과 거의 같은 높이였을 것으로 추정된다(권혁재, 1981). 충청남도 해안으로는 하천



그림 8. 천리포 해안의 플라이스토세층

주: 모래가 부족한 천리포와 같은 비치에서는 최후간빙기의 자갈층과 점토층[간월도층]이 드러나는 경우가 많으며 이때는 경관이 황량해진다.



그림 9. 침식을 받은 만리포해수욕장의 비치

주: 폭풍이 지나간 1997년 1월30일에 촬영한 사진으로 비치에 자갈이 널리 흩어져 있다. 파랑이 잔잔한 평상시는 비치가 세사로 덮이게 된다.

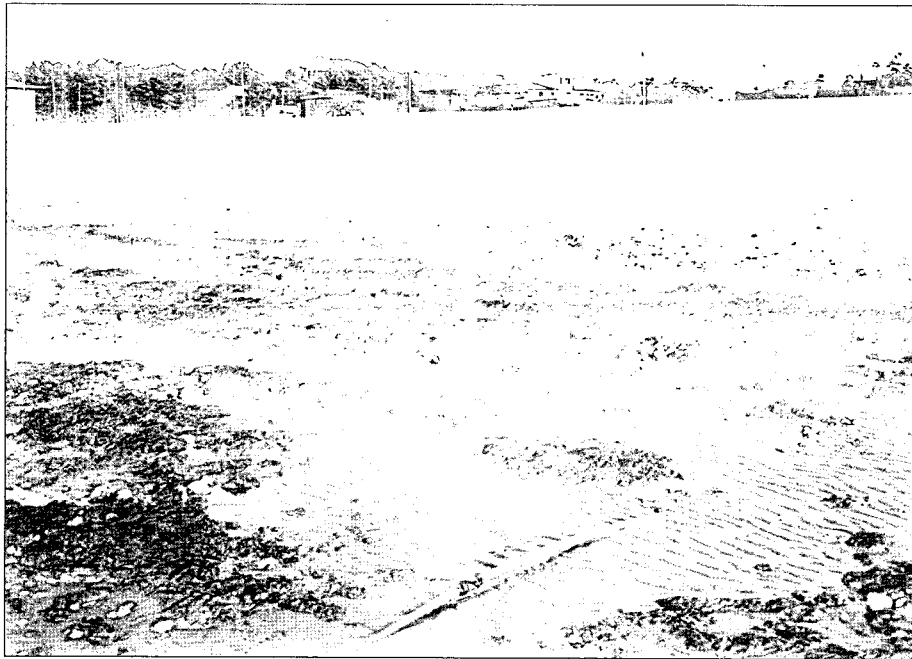


그림 10. 침식을 받은 무창포해수욕장의 비치

주: 폭풍이 지나가면 무창포의 段丘에서 비치까지 연장된 적색의 퇴적층이 드러난다.

에 의한 모래공급이 극히 한정되어 있는데도 불구하고 해안사구가 널리 발달하게 된 것은 최후간빙기에 해안퇴적물로 쌓인 플라이스토세층이 이곳의 기반을 이루고 있기 때문이다. 플라이스토세층의 모래는 오늘날에도 집중호우와 폭풍에 깎여 비치로 씻겨가고 있으며 이러한 모래가 바람에 불리면 해안사구로 재운반될 것이라고 예상할 수 있다.

6. 요약 및 결론

충청남도의 해안은 해수욕장으로 이용되는 비치 곳곳에 발달되어 있다. 비치의 배후에는 규모가 큰 해안사구가 나타나는데 비치에 모래가 부족한 것과 대조적으로 해안사구에는 모래가 두껍게 쌓여 있다.

비치와 해안사구는 거의 대부분 석영과 장석으로 이루어졌으며 약간의 운모와 중광물도 포함한다. 학암포해수욕장의 경우 석영 72.6%, 장석 20.3%, 운모 3.3%이고 이 밖에 각섬석, 녹렴석, 전기석, 지르콘, 기타 철산화물이 소량 포함되었다. 그리고 화강암류에서 기원하는 모래를 제외하면 입도가 아주 작은 것이 특징이다. 해빈사와 사구사는 모두 원마도가 낮고 분급도 불량한 편이다. 이곳의 지질은 주로 선캄브리아대의 변성암인 서산층군과 경기편마암복합체에 속하는 암석으로 이루어졌다. 이들로부터는 입도가 작은 풍화산물이 생산되며 기원지에서 단거리를 이동한 후 현재의 위치에 쌓인 것으로 생각된다.

충청남도 해안에는 적색의 플라이스토세층이 널리 나타난다. 육상에 분포하는 적색의 퇴적층은 자갈을 포함하고 있지 않아 최후간빙기의 해안사구라고 판단된다. 반면에 비치에 묻혀 있는 퇴적층은 자갈과 점토를 포함하고 있어 퇴적환경이 육상의 그것과는 달랐음을 알 수 있다. 최후간빙기에 해안 퇴적층을 형성하고 있던 현재의 古砂丘는 간빙기와 최후빙기를 거치면서 독특한 토양구조를 포함하게 되었다. 충청남도 해안에는 모래가 풍부하지 않은 데도 학암포와 신두리, 마검포, 비인만 등지에 해안사구가 광범하게 발달한 까닭은 플라이스토세층이 현생사구의 기저부에 두껍게 형성되어 있기 때문이다.

사 사

본 논문을 세심하게 심사하고 지적하여 주신 세 분 심사위원과 지도교수님, 여러 은사와 답사 때마다 물심양면으로 도움을 주신 서태원, 정재욱 선생님께 감사드립니다.

文 獻

권혁재, 1981, "태안반도와 안면도의 해안지형," 사대논집, 고려대 사범대학, 6, 261-287.

권혁재, 1993, "서해안의 해안침식," 사대논집, 고려대 사범대학, 18, 137-155.

김봉균, 1974, "제주도에 발달하는 사구층의 고생물학적 연구," 대한지질학회지, 10(2), 95-108.

박 경, 1987, 천리포 사구내의 적황색퇴적층에 관한 연구, 서울대 대학원 석사학위 논문.

박동원·유근배, 1979, "우리나라 서해안의 사구지형," 지리학논총, 6, 1-10.

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

박용안·최경식, 1993, "한국 서해 천리포 사질 조간대 해빈층과 해안사구층의 연구," 한국제4기학회지, 7(1), 93-102.

성학중·이종범·박정규·윤용훈, 1987, "서해중부 연안의 해무발생에 관한 연구," 기상연구논문집, 4(1), 1-7.

오경섭·오선희, 1994, "금강과 만경강 역과 모래의 비교연구," 한국지형학회지, 1(2), 103-124.

윤용구·박병권·한상준, 1977, "한반도 후빙기 해면변화의 지형학적 증거," 대한지질학회지, 13(1), 15-22.

한태홍, 1993, 제주도 연안 해빈과 사구에 관한 연구, 경희대 대학원 박사학위 논문.

Guilcher, A., 1976, Les Côtes à rias de Corée et leur evolution morphologique, *Annales de Géographie*, 85, 641-671.

Kuenen, Ph. H., 1960, Experimental abrasion of sand grains. Report on International Geological

- Congress, 21 Session, Part 10, Submarine
Geology.
- Pethick, J. S., 1984, *An Introduction to Coastal
Geomorphology*, Edward Arnold, London, 260.
- Pettijohn, F. J., P. E. Potter and R. Siever, 1987, *Sand
and Sandstone*, 2nd(ed.), Springer-Verlag, New
York, 553.
- Pye, K., 1983, Coastal dunes, *Progress in Physical
Geography*, 7, 531-557.
- 최초투고일 03. 07. 15
최종접수일 03. 09. 17