

## 황해 곰소만 조간대에 발달한 Chenier의 퇴적학적 특성과 진화

장진호\* · 전승수\* · 권수재\* · 신동혁\* · 한상준\* · 박용안\*\*

\*한국해양연구소 해양지질연구그룹

\*\*서울대학교 해양학과

## Sedimentary Characteristics and Evolution History of Chenier, Gomso-Bay Tidal Flat, Western Coast of Korea

JIN HO CHANG\*, SEUNG SOO CHUN\*, SU JAI KWON\*,

DONG-HYEOK SHIN\*, SANG-JOON HAN\*, AND YONG AHN PARK\*\*

\*Geological Oceanography Laboratory, Korea Ocean Research  
and Development Institute, Ansan P.O.Box 29, Kyungki-do 425-600, Korea

\*\*Department of Oceanography, Seoul National University, Seoul, Korea

황해 곰소만 조간대(대조차 환경)의 평균 고조선(M.H.W.) 상위의 니질 조간대층 위에는 모래(95%)와 역(2.5%) 그리고 폐각물질로 구성된 Chenier가 발달하고, Chenier의 바다쪽 사질 조간대층 위에는 모래와 폐각물로 구성된 다수의 조간대사주(Intertidal sand shoal)가 발달한다. Chenier는 양끝이 육지방향으로 흰 활모양의 형태로서 길이는 약 860 m, 너비는 30~60 m이며, 높이는 주변의 조간대보다 1~1.6 m 더 높다. 내부 구조는 대부분 육지 방향의 경사를 갖는 사층리군(Cross bed sets)으로 구성되며, 하부의 니질 조간대층과 매우 뚜렷한 경계를 갖는다. 이러한 Chenier는 1,800년 B.P. 이후 저조선 부근에서 사질물질의 재동에 의해 형성된 조간대사주(Intertidal sand shoal)가 육지방향으로 이동함으로써 형성되었는데, 현 Chenier의 서쪽 부분은 1967년 중부 조간대에 위치했던 조간대사주가 육지쪽(남동쪽)으로 약 300~500 m 이동, 1976년 이후 상부 조간대에 위치한 기존의 Chenier에 연결됨으로써 형성되었다. 지난 2년 동안(1990~1992) 연속측량을 통해 Chenier의 이동을 추적한 결과, Chenier의 이동 만조(Flood tide)의 수위 혹은 Swash의 높이와 관계되어 Washover 작용과 Swash 작용에 의해 남동쪽(육지쪽)으로 진행되었으며, 이러한 이동은 하절기(6~7 m/yr) 보다는 동절기(12 m/yr)에, 특히 만조와 결부된 태풍 때(27 m/yr) 더욱 우세하였다. 따라서 곰소만 조간대에 발달한 Chenier의 형성과 이동은 1,800년 B.P. 이후 해수면이 비교적 안정된 상태에서 조석, 파랑, 태풍 등 주로 동력학적 제조건의 변화에 의해 이루어진 것으로 사료된다.

A chenier, about 860 m long, 30 to 60 m wide and 0.6~1.6 m high, occurs on the upper muddy tidal flat in the Gomso bay, western coast of Korea. It consists of medium to fine sands and shells with small amounts of subangular gravels. Vertical sections across the chenier show gently landward-dipping stratifications which include small-scale cross-bedded sets. The most probable source of the chenier is considered to be the intertidal sandy sediments. Vibracores taken along a line transversing the tidal flat reveal that the intertidal sand deposits are more than 5 m thick near the low-water line and become thinner toward the chenier. The most sand deposits are underlain by tidal muds which occur behind the chenier as salt marsh deposits. C-14 age dating suggests that the sand deposits and the chenier are younger than about 1,800 years B.P.

The chenier has originated from the intertidal sand shoals at the lower to mid sand flat, and has continuously moved landward. A series of aerial photographs (1967~1989) reveal that intertidal sand shoals (predecessor of the western part of chenier) on the mid flat have continuously moved landward during the past two decades and ultimately attached to the eastern part of the chenier

already anchored at the present position in the late 1960s. Repeated measurements (four times between 1991 and 1992) of morphological changes of the chenier indicate that the eastern two thirds of the chenier, mostly above the mean high water, has rarely moved, whereas the western remainder below the mean high water, has moved continuously at a rate of 0.5 m/mo during the last two years (1991~1992). This displacement rate has been considerably accelerated up to 1.0 m/mo in winter, and during a few days of typhoon in the summer of 1992 the displacement amounted to about 8~11 m/mo for the entire chenier. These facts suggest that macro-tidal currents, coupled with winter-storm waves and infrequent strong typhoons, should play a major role for the formation and migration of chenier after 1,800 B.P., when the sea level already rose to the present position and thereafter remained constant.

## 서 론

Chenier는 전안환경(Foreshore environment)의 특징적인 지형단위로 패각 및 사질 물질로 구성된 간 사주형태의 퇴적체이다. 일반적으로 해안과 격리되어 있고, 길이는 수 백 m-수 km, 너비는 수 십 m이고, 염수습지(Salt marsh), 조간대(Tidal flat) 등의 니질 퇴적층 위에 1~2 m 높이로 존재한다(Otvos and Price, 1979). 이러한 Chenier는 지역에 따라 넓은 범위에 걸쳐 해안과 비교적 평행하게 배열되는 경우가 많은데, 이러한 지역을 "Chenier plain" (Price, 1955)이라 명명하며, 남아메리카의 기아나(Guyana), 수리남(Suriname) 연안과 북아메리카의 서루이지애나(West Louisiana), 텍사스(Texas) 해안 지역이 그 대표적 예이다. Chenier는 그 동안 지형의 유사성으로 말미암아 'Sand bar', 'Beach ridge' 등과 혼동되거나 혹은 잘못 적용되는 경우가 많았다. 그러나 Chenier와 Beach ridge 등과의 구분은 그것들이 놓인 하부층과의 층서적 관계에 의해 이루어질 수 있음이 Otvos and Price (1979)에 의해 상세히 논의된 바 있다.

Chenier에 대한 연구는 남서 루이지애나(Louisiana)에서 Chenier의 형성과 환경적 특성을 고찰한 Russell and Howe(1935)와 Howe *et al.*(1935)의 연구를 시작으로 지금까지 세계의 여러 연안 지역에서 비교적 많은 연구가 수행되어 왔다(Todd, 1968; Shinn, 1973; Greensmith and Tucker, 1975; Augustinus, 1980, 1989; Woodroffe *et al.*, 1983; Anthony, 1989; Penland and Suter, 1989; Ying Wang and Xiankun Ke, 1989). 하지만 각기 다른 환경의 다양한 기작에 의해 형성된 Chenier들이 보고되고 있어, 전세계적으로 유용한 합리적인 모

델은 아직 제시되지 못하고 있는 상황이다. 하지만 Todd(1968)는 Chenier 형성의 일반적 조건으로 1) 해수면이 안정되거나 하강하여야 하고, 2) 연안해류(Longshore current)가 효과적으로 작용하여야 하며, 3) 강을 통한 퇴적물의 공급이 우세하여야 함을 주장하였다. 또한 Augustinus(1989)는 Chenier에 대한 기존의 연구들을 종합하면서 Chenier의 형성이 주로 주변의 하천을 통한 퇴적물 공급의 변화, 혹은 조간대 내에서 동력학적 조건(풍속, 폭풍, 해수면 등)의 변화 등 주로 환경요인의 변화와 관계됨을 논의하였다. 따라서 Chenier 연구는 퇴적분지 내에서 퇴적물 공급, 파랑, 폭풍, 해수면 변화 등 환경요인의 변화를 파악하는데 매우 중요한 의미를 갖는다.

본 연구는 황해 곰소만 조간대에 발달한 Chenier에 대한 연구로서 정밀측량에 의한 지형 연구, 시추에 의한 층서적 연구, 그리고 퇴적학적 연구를 실시하여 Chenier의 형성과 진화 과정을 밝히고, 나아가 Chenier의 형성을 야기한 곰소만 조간대의 환경적 특성을 이해하고자 한다.

## 연구지역 개관

Chenier가 위치한 곰소만은 전라북도 부안군과 고창군을 경계로 육지쪽으로 길게 만입한 폭 4~6 km, 길이 약 20 km의 비교적 큰 만이다(Fig. 1). 만의 남북 연안은 250~500 m의 비교적 높은 산들이 위치하고, 동쪽 연안은 평탄한 산야와 평야가 분포하며, 만의 남측 중앙부로는 소규모의 준용하천인 주진천이 유입한다.

곰소만의 퇴적환경은 해저지형의 특성에 따라 만 입구지역(Bay mouth area), 주조류로(Main tidal channel), 조간대(Intertidal flat) 등 크게 3개의 환

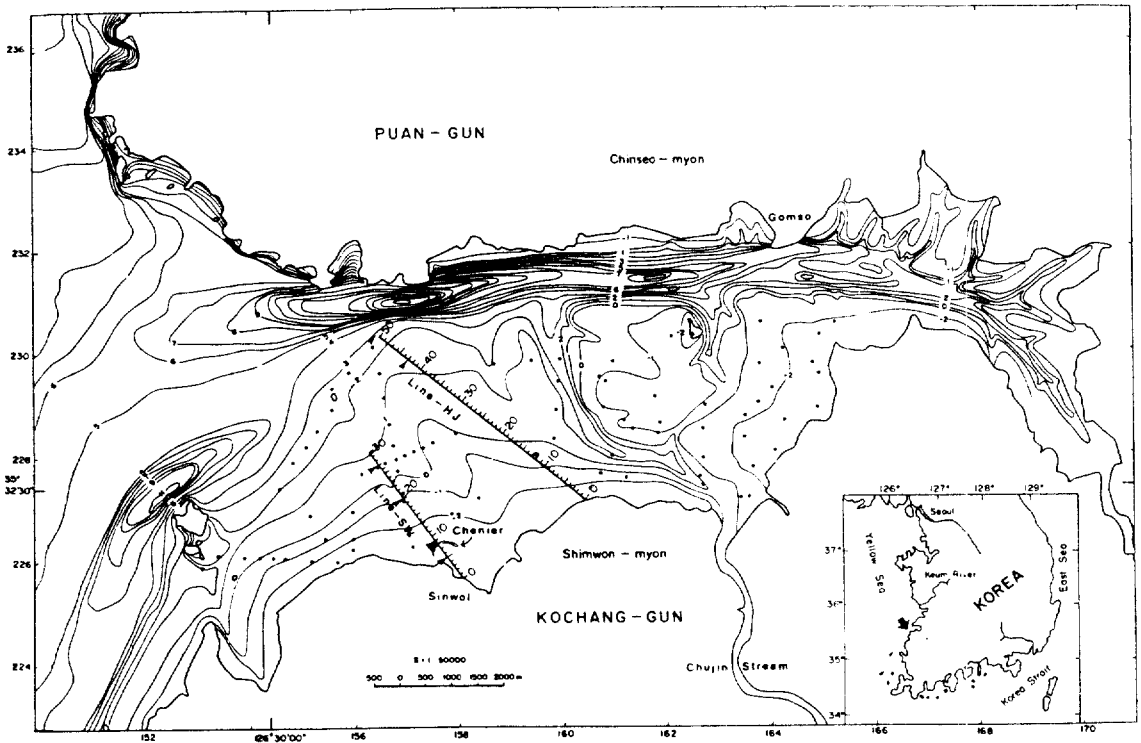


Fig. 1. Map showing bathymetry and sampling locations in the study area. Line-HJ and Line-SW are the transects leveled at 100 m intervals. Dots denote sites of surface sediments, and triangles represent vibracore stations. Note the chenier located at the upper tidal flat near the southern coastline of Gomsu Bay.

경으로 세분된다. 만 입구지역은 대부분 조하대 지역으로 평균 수심 6~8m의 비교적 평탄한 지역이며, 주조류로는 만 입구에서 곰소항까지 북쪽 해안선에 근접하여 동서 방향으로 길게 발달하고, 최대 수심은 18.5m, 폭은 약 900m에 이른다(Fig. 1). 조간대는 주조류로 근처의 2m 등심선으로부터 남쪽 해안선까지 곰소만의 대부분을 차지하며, 면적은 약 75km<sup>2</sup>에 달한다. 특히 고창군 심원면 신월리 해안의 상부 조간대에는 사주형태의 특징적 지형단위인 Chenier가 해안과 비교적 평행하게 발달하고 있다(Fig. 1).

곰소만의 조석은 일조부등이 거의 없는 1일 2회 조로서 평균조차는 433.8cm(대조차 : 589.8cm, 소조차 : 277.8cm)이며, 조류는 곰소만 내의 주조류에서 창조류가 115cm/sec, 낙조류가 150cm/sec로 낙조류가 우세하다(국립지리원, 1981). 평균 해면은 7, 8월에 최고, 1, 2월에 최저로 연교차는 약 40cm에 이른다(국립지리원, 1981).

곰소만 주변지역의 연평균 기온은 12.5°C, 강수량은 연평균 1066.1mm로서 6~9월에 집중된다. 군산 축후소에서 관측된 풍속은 연평균 4.2m/sec로 겨울철 북서 계절풍이 우세하고, 연간 폭풍일수(풍속 13.9m/sec 이상 일수)는 32.6일로서 주로 겨울철에 집중된다(농업진흥공사, 1989).

## 재료 및 방법

본 연구는 조간대와 Chenier 자체의 지형 연구를 위해 정밀광파거리측정기(Wild T2 Universal Theodolite and Geodimeter 220)와 수준의(Pentax Pal 2S Level)를 사용하였다. 조간대에 대해서는 조간대 전체를 대표할 수 있도록 두개의 측선(Line-SW, Line-JH)을 설정, 100m 간격으로 말뚝을 설치하였고(Fig. 1), 말뚝이 설치된 각 지점들의 고도는 기존의 삼각점을 이용하는 측량 방법에 의해 2년 동안 3회(1990. 10. 18일, 1991. 10. 14일 그리고 1992. 10.

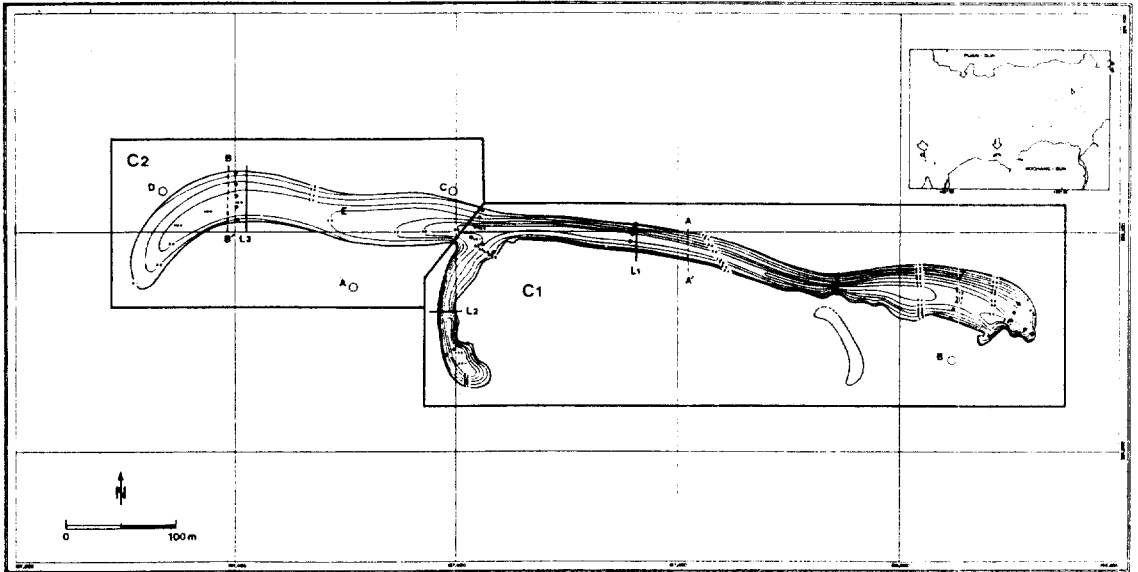


Fig. 2. Topographic chart of the chenier obtained with a precision levelling device (Wild T2 Universal Theodolite and Geodimeter 220). Dots denote sampling sites of surface sediments. A-A' and B-B' represent trench cuts for the study of internal structures. Along the line L1, L2 and L3 migration speed of chenier was measured. On the four stations designated as open circles sedimentation rate was measured at two month intervals.

18일)에 걸쳐 측량하였다. Chenier 자체에 대해서도 약 2년 동안 5회(1991. 6. 13일, 10. 25일 및 1992. 2. 18일, 7. 7일, 10. 28일)를 반복 측량하여 Chenier의 이동양상을 파악하였다.

표층 퇴적물은 축선(Line-SW, Line-HJ)을 포함, 조간대에서 136점(Fig. 1), Chenier에서 34점(Fig. 2), 도합 170점을 채취하였다. 채취한 시료는 10%의 과산화수소( $H_2O_2$ )와 0.1N의 염산(HCl)을 차례로 넣어 유기물과 탄산염을 제거한 후, 4 Phi (0.064 mm) 체를 이용한 습식체질(Wet sieving)에 의해 조립질 시료와 세립질 시료로 분리하였다. 조립질 시료는 진탕기(Rotap sieve shaker)로 15분 동안 체질하여 입도별 백분비를 구하고, 세립질 시료는 전체를 대표할 수 있는 2g을 취해 300 ml의 Calgon (Sodium hexametaphosphate) 용액에 넣고 초음파 진동기와 자기진동기로 균일하게 분산시킨 후 자동 입도분석기인 Sedigraph 5000-D (Micromeritics, 1979)로 분석하였다.

Chenier의 2개 선상(A-A', B-B')에서는 Chenier를 절단하여 Chenier 단면의 퇴적구조와 하부층과의 층서적 관계를 기재하였다(Fig. 2).

Line-SW 상의 6개 지점과 Line-HJ 상의 2개 지

점에서는 바렐 길이 6m의 진동시추기(Vibracorer)를 이용, 8개의 주상시료를 채취하였다(Fig. 1). 채취된 시료는 실험실로 옮겨 전기톱으로 가른 후, 한쪽 절개면에서  $1 \times 20 \times 30$  cm 크기의 아크릴 슬랩과 40 cm 간격의 입도 분석용 시료를 채취하였다. 슬랩은 X선 촬영기(Softex X-Ray Apparatus, M-1005)로 촬영하여 주상시료 전체에 대한 사진을 획득하였고, 이들 사진들은 입도분석 자료와 함께 입도 및 퇴적구조에 의한 퇴적상 분석에 이용하였다.

또한 Chenier의 형성시기 및 조간대층의 시간층서적 진화과정을 파악하기 위해 시추 퇴적물에서 연대측정이 가능한 시료 5점을 선별하였는데, 선별된 시료는 AMS(Accelerator Mass Spectrometry) 방법을 이용하는 해외 연구기관(DSIR Rhyssical Sciences, New Zealand)에 의뢰하여 C-14연대 측정값을 획득하였다.

Chenier 주위의 5개 정점(A, B, C, D, E)에서는(Fig. 2) 해저면 아래의 일정 깊이(30×30 cm의 아크릴판)를 설치하고, 해저면에서 기준면까지의 깊이를 1년 동안 2개월 간격으로 연속 측정하여 Chenier 주변 지역의 퇴적률과 퇴적양상을 파악하였다.

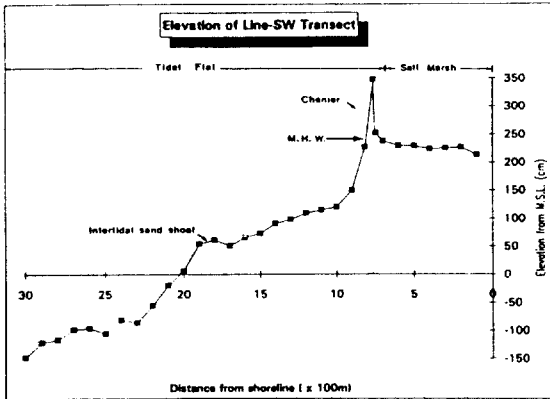


Fig. 3. Line-SW profile crossing the tidal flat of Gomsob Bay. Note the chenier located at the uppermost tidal flat above the level of mean high water (M.H.W.)

결과

1. 곰소만 조간대

1.1 지형

Fig. 3은 만 입구의 조간대를 횡단하는 Line-SW의

지형 단면이다. 평균 고조선(M.H.W) 상위의 니질 조간대 위에 사질 입자의 패각물질로 구성된 Chenier가 약 1.5 m 높이로 발달하고 있다. 이 Chenier를 중심으로 육지쪽으로는 니질 퇴적물 위에 *Sueda japonica*가 넓게 자생하는 염수습지(Salt marsh)가 발달하며, 바다쪽으로는 주로 니질 및 사질 퇴적물로 구성된 전형적인 조간대(Intertidal flat)가 분포한다. 조간대의 경사는 약 1/700로 매우 완만하며, 평균 해수면 부근의 조간대 지역과 저조선 부근의 사질 퇴적층 위에는 다수의 조간대 사주(Intertidal sand shoal)가 발달하고 있어 약간의 기복을 보인다(Fig. 3).

1.2 퇴적상 분포

Fig. 4는 총 136 지점의 표층시료를 분석하여 곰소만 조간대의 전반적인 퇴적상 분포를 도시한 그림이다. 곰소만 안쪽의 경우, 주조류로(Main tidal channel)에 인접한 하부 조간대에서 비교적 세립한 사질실트(Sandy silt)가 분포하고, 그 육지쪽에는 모래함량 50~90%인 실트질사(Silty sand)가, 그리고 중부 및 상부 조간대에는 모래함량 50% 미만인

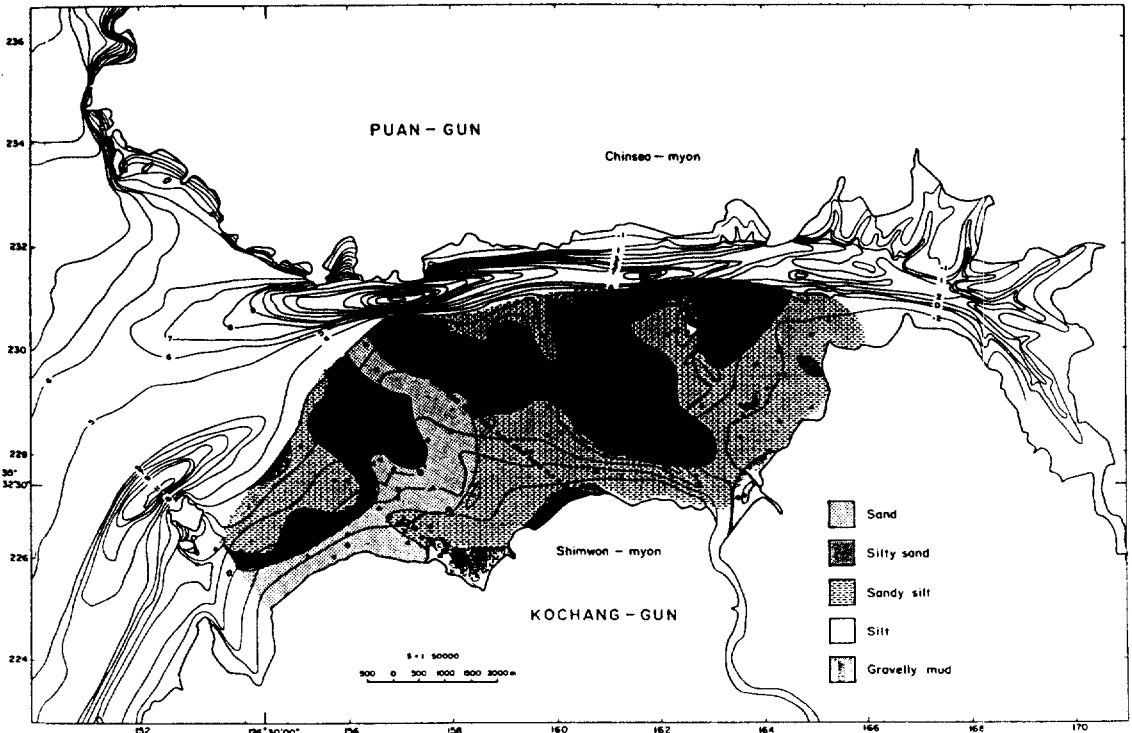


Fig. 4. Map showing the distribution pattern of surface sediments in the tidal flat of Gomsob Bay.

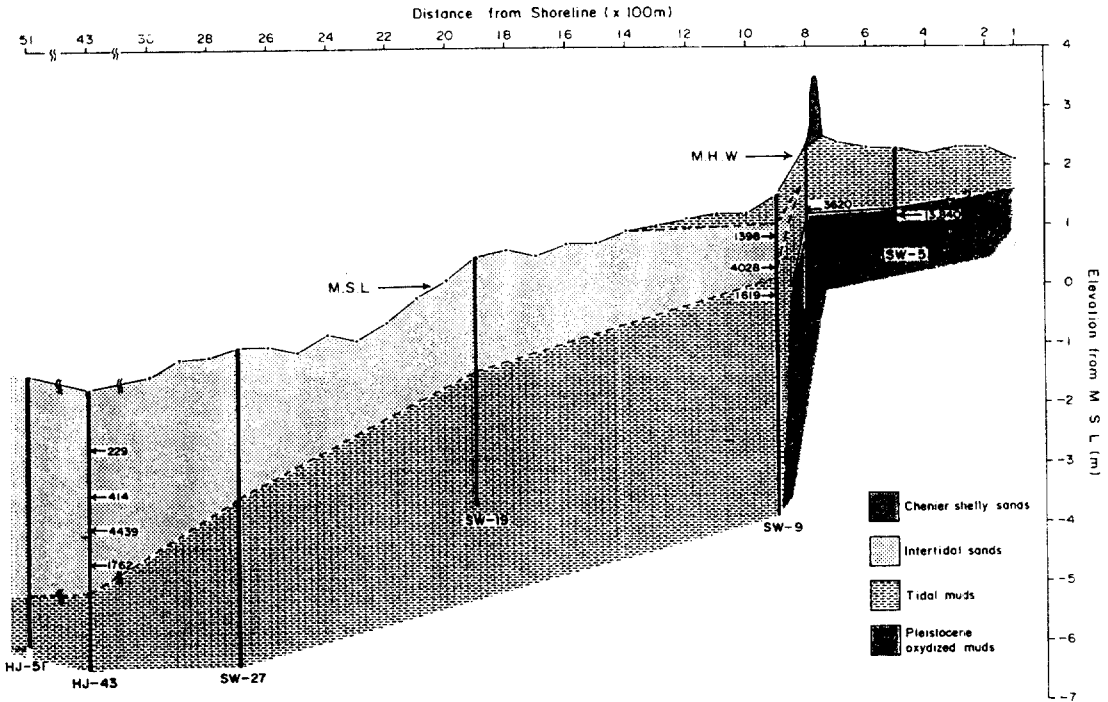


Fig. 5. Subsurface structure of the Gomso-bay tidal flat based on seven vibracores taken along the Line-SW transect. Heavy vertical lines indicate vibracores, and numbers stand for radiocarbon ages.

사질실트(Sandy silt)와 모래함량 10% 미만인 실트(Silt)가 분포한다(Fig. 4). 따라서 간조의 정조시 일시적으로 저조선 부근에 얇게 퇴적되는 세립의 퇴적상을 제외할 때, 곰소만 안쪽의 조간대 퇴적상은 전반적으로 육지쪽으로 가면서 세립화하는 경향을 보인다(Fig. 4). 이러한 분포양상은 퇴적이 주로 조석작용에 의해 조절되는 서해의 많은 조간대의 경우와 유사하다(Chung and Park, 1978; Kim and Park, 1985; Lee *et al.*, 1985). 그러나 Chenier가 위치한 곰소만 바깥쪽의 경우에는 저조선 부근에 사질실트(Sandy silt)가, 중부 및 상부 조간대에 실트질사(Silty sand)와 사질 퇴적상(Sand)이 분포하여 육지쪽으로 조립화하는 특이한 경향을 보인다(Fig. 4). 특히 모래함량 90% 이상인 사질 퇴적상(Sand)은 남서 해안에서 곰소만 안쪽의 저조선에 이르기까지 길게 대상으로 분포하고, 남쪽 해안을 따라 Chenier 가까운 지점까지 확장하고 있어 퇴적상의 분포가 등심선과 비교적 평행한 양상을 보이는 조간대에서의 일반적인 경향과 다르다.

### 1.3 퇴적 층서

Fig. 5는 Chenier를 횡단하는 Line-SW 선상의 6개 지점, Line-HJ 상의 2개 지점의 시추 결과를 지형 단면과 함께 도시한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 SW-5는 Chenier에서 육지쪽으로 약 300 m 떨어진 염수습지(Salt marsh) 지역으로 1 m 내외의 니질 퇴적층 하부에 적갈색의 반고화된(semiconsolidated) 산화대층이 놓인다(Fig. 5). 산화대층은 6~7 Phi의 미세립 퇴적물로 구성되며, 다양한 크기의 Worm tube와 식물 뿌리들을 포함하는데, Worm tube 시료(SW-5, 110 cm)의 C-14 연대측정 값은  $13,840 \pm 110$ 년 B.P.였다. 이러한 적갈색의 산화대층은 천수만 조간대(김, 1988)와 인천 조간대(Frey *et al.*, 1989)에서도 보고된 바 있다. SW-8은 Chenier의 바다쪽 경계부에 해당하는 지점으로 최상부 10 cm까지는 Chenier를 구성하는 사질입자로 구성되며, 그 하부의 120 cm 깊이까지는 흑회색(Dark gray)의 니질 퇴적층(5~6 Phi)이 이어진다. 그리고 최하부는 SW-5와 마찬가지로 적갈색의 반고화된 산화대층이

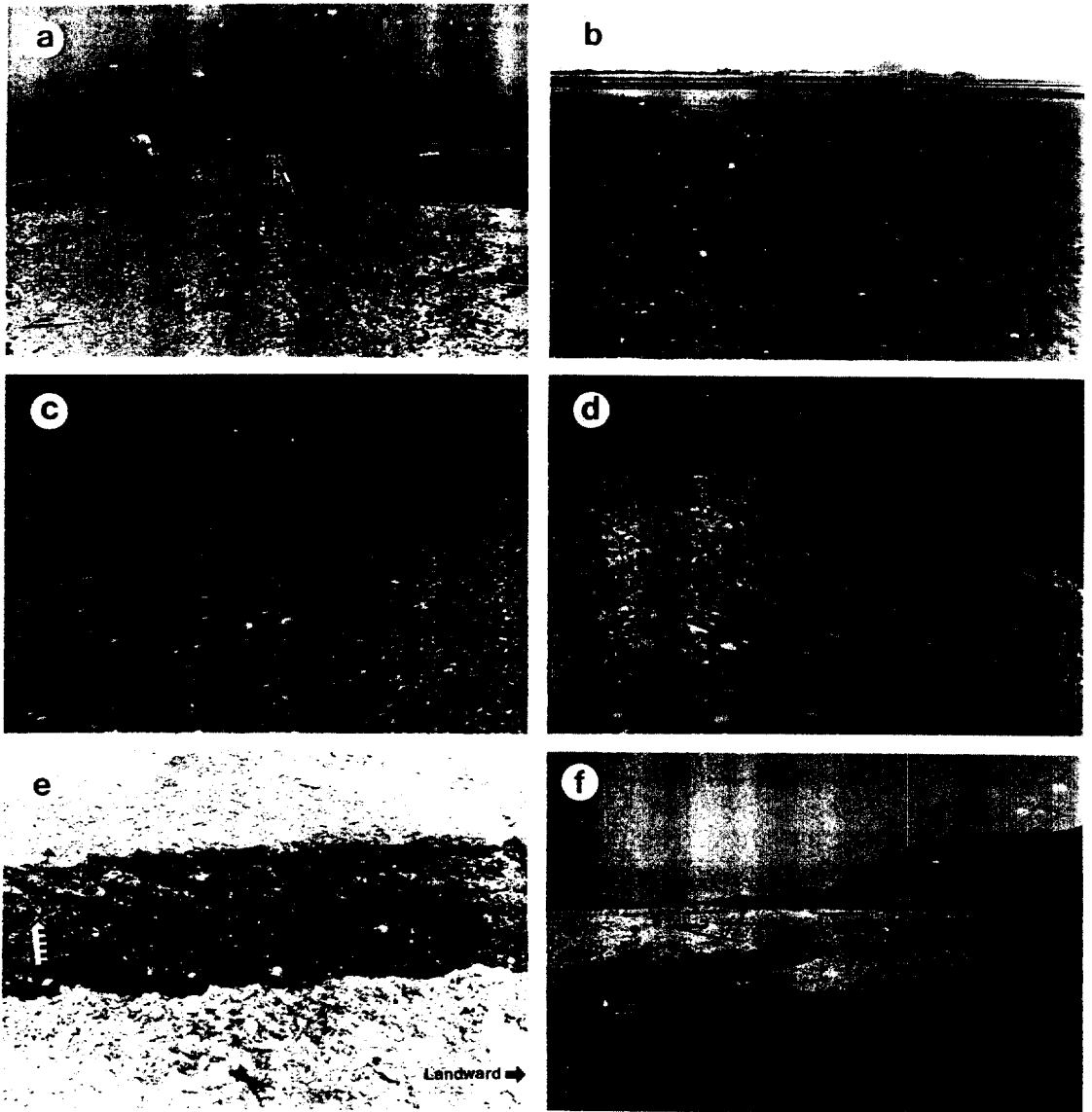


Fig. 6. Photographs taken on the chenier. (a) Higher eastern part (C1) of chenier. (b) Lower western part (C2) of chenier. (c) Gravels scattered on the chenier surface. (d) Shell fragments on the chenier. (e) Trench cut of C1. Note the landward-dipping interlayers of sand bed and shell bed. (f) Small-scale delta formed through the washover fanning process on the landward tidal flat of chenier.

농이다. 흑갈색의 니질 퇴적층 하부에서 획득한 Oyster(SW-8, 110 cm)의 연대측정값은  $3,620 \pm 82$ 년 B.P.였다. SW-9는 Chenier로부터 바다쪽으로 약 100 m 떨어진 조간대 지점으로 상부 45 cm까지 평균 입도 4~5 Phi의 니질 퇴적층이, 45~140 cm 사이에는 사질 퇴적층(4~3 Phi)이 분포하며, 그 하부는 다시 흑갈색의 니질 퇴적층(6~7 Phi)이 이어진다.

사질 퇴적층의 두 지점(SW-9, 70 cm; SW-9, 125 cm)에서 획득한 패각편의 연대측정값은 각각  $1,398 \pm 81$ 년 B.P.,  $4,028 \pm 83$ 년 B.P.였다. 또한 그 하부의 니질 퇴적층에서 Oyster(SW-9, 168 cm)의 연대측정값은  $1,619 \pm 81$ 년 B.P.였다. 따라서 코아 깊이 125 cm 지점의 시료가 그것의 상, 하부보다 오래된 것으로 나타나고 있어 퇴적물의 재동이 있었음을 나타낸다.

실제로 깊이 125 cm 지점의 퇴적층은 'Gravelly muddy sand' (Folk, 1968)이며, 퇴적상 분석 결과 폭풍 퇴적층(Storm deposit)으로 해석되었다(한국해양연구소, 1991). SW-19와 SW-27은 Chenier에서 바다쪽으로 각각 1,100 m, 1,900 m 떨어진 조간대 지점으로 SW-9와 마찬가지로 상부의 사질 퇴적층(2~4 Phi)이 각각 200 cm, 230 cm 깊이까지 계속 되고, 그 하부에 흑갈색의 니질 퇴적층(5~7 Phi)이 놓임으로써 상향 조립화 경향을 보인다. 저조선 부근에 위치한 HJ-43, HJ-51에서도 이와 같은 양상이 계속되어 상부에 사질 퇴적층, 하부에 니질 퇴적층이 놓이며, HJ-43의 사질 퇴적층 하부(HJ-43, 295 cm)에서 획득한 Oyster의 연대측정값은 1,762±82년 B.P.이었다. 이러한 사질 퇴적층은 저조선 부근의 HJ-51에 이르러서는 두께가 최고 4 m에 이른다.

따라서 이러한 개별적 층서 기록들을 상호 대비를 통해 요약하면, Chenier가 놓여 있는 곰소만 조간대층의 층서는 선현세(13,840년 B.P.)의 반고화된 산화대층을 하부층으로 하는 부정합면 위에 니질의 상부 조간대층이 놓이고, 그 위에 사질의 조간대층이 놓이는 전형적인 상향 조립화 층서이다. 그런데 현세 조간대층의 상부를 구성하는 사질 퇴적층은 저조선 부근에서 두께가 최고 4 m에 이르고, 육지쪽으로 가면서 그 두께가 점차 감소하는 췌기 형태의 구조로서 이 층의 하부에서 C<sup>14</sup> 연대측정 값은 일부 제동된 시료를 제외할 때 1,800년 B.P.를 넘지 않는다.

## 2. Chenier

### 2.1 형태

곰소만 신월 해안의 상부 조간대에 위치한 Chenier는 육지방향으로 양 끝이 흰 활 모양의 형태로, 길이는 약 860 m, 너비는 30~60 m이며, 높이는 주변의 조간대보다 0.6~1.6 m 더 높다(Fig. 2). 곰소만의 Chenier는 Chenier의 일반적 특징과 마찬가지로 육지쪽 경사면이 바다쪽 경사면보다 더 급한 비대칭적 단면이며, 주변 조간대와의 경계선도 육지쪽이 바다쪽보다 더 불규칙하다(Fig. 2).

본 지역의 Chenier는 지형적 특성, 식생, 구성물질 등에 의해 크게 두 부분(C1, C2)으로 나뉜다(Fig. 2). C1은 Chenier의 동쪽 부분으로 높이가 비교적 높아(1~1.6 m), 대조의 만조 때를 제외하면 대부분 대

기에 노출되며 부분적으로 염수식물이 잘 자라고(Figs. 6a), C2는 Chenier의 서쪽 부분으로 높이가 낮아(60 cm 미만) 만조 때 대부분 해수에 잠긴다. 따라서 식물이 없고, 표면에 연흔 구조가 잘 발달한다(Figs. 6b).

### 2.2 퇴적물

Chenier의 쇄설성 퇴적물은 평균 95% 이상의 모래(Sand)와 약 2.5%의 역(Gravel & Pebble), 그리고 2% 미만의 니질 퇴적물(Silt & Clay)로 구성된다(Table 1). 또한 전체 시료의 약 12%는 패각 물질로 구성되어 있어 Chenier 퇴적물의 전반적인 퇴적상은 패각물질이 혼재된 "Slightly gravelly sand" (Folk, 1968)이다. 전체 시료의 평균입도(Mean)는 1.57 Phi로서 중립사(Medium sand)에 해당하며, 분급도(Sorting)와 왜도(Skewness) 값은 각각 1.08, 0.04이다(Table 1).

Chenier 퇴적물의 입도분포 양상을 살펴보면(Fig. 7), 대부분 1~3 Phi 구간에서 최빈값(Mode)을 보이는 단최빈의(Unimodal) 분포이며, 보다 조립한 물질이 추가된 C1의 일부 지역을 제외하면, C1과 C2 퇴적물은 거의 유사한 입도분포 양상을 보인다. 그리고 Chenier 퇴적물은 사질 퇴적물(Sand fraction) 중 3~4 Phi 구간의 미세립사(Very fine sand)가 매우 결핍된 특징을 갖는다(Fig. 7). Gravel은 국부적으로 침식이 활발한 Chenier의 바다쪽 사면을 포함 Chenier의 도처에 분포하며(Fig. 6c), 때로는 원마도가 불량한 장정의 암석 파편들도 관찰된다. Chenier 퇴적물의 주요 구성요소의 하나인 패각 물질은 *Crassostera giggas*, *Umbonium thomassi*, *Rapana sp.*, *Scapharaca subcrenata* 등 주로 조간대 혹은 조하대 지역을 서식처로하는 천해성 패각들로 구성된다(한국해양연구소, 1991)(Fig. 6d).

### 2.3 퇴적 구조

Chenier 퇴적물은 뚜렷한 경계를 갖고 상부 조간대의 니질 퇴적층 위에 놓여 있다(Fig. 8). 이러한 Chenier 퇴적층의 내부구조는 주로 패각과 모래(세립사 혹은 중립사)의 호층으로 구성되는데, 호층들은 Chenier의 절단면에서 대부분 육지 방향의 경사를 보인다(Fig. 6e). 또한 Chenier의 육지쪽 염수습지에는 Washover fanning에 의해 형성된 소규모의 삼각주(Delta)들이 발달하여 육지 방향의 완경사 층리를 보인다(Fig. 6f).



Table 1. Summary of textural parameters of the chenier sediments in the Bay of Gomsu, Korea. For sites of station numbers see Fig. 12.

St.No.	Texture(%)				Sed. Type Folk(1968)	Statistical Parameters			
	Gravel	Sand	Silt	Clay		Mean(Phi)	St.De.(Phi)	Skew.	Kurt.
A		100.0			S	2.05	0.53	-0.17	1.93
B	0.1	99.9			(g)S	1.52	1.05	-0.58	2.31
D	0.8	99.2			(g)S	1.64	0.92	-0.82	3.50
E		100.0			S	1.79	0.77	-0.84	3.90
F		100.0			S	1.81	0.71	-0.60	3.47
G	1.9	98.2			(g)S	1.36	0.91	-0.81	3.83
1	0.3	99.7			(g)S	1.68	0.75	-0.68	4.08
5		100.0			S	1.93	0.55	0.10	2.38
6	15.6	84.5			gS	0.64	1.45	-0.16	2.20
7	12.5	87.5			gS	-0.17	0.81	-0.13	4.24
8		100.0			S	1.18	0.83	-1.10	2.71
9	5.1	94.9			gS	1.25	0.27	-0.65	2.56
10	0.5	99.5			(g)S	1.89	0.87	-1.13	4.32
11	0.8	93.0	4.4	1.7	(g)mS	1.89	1.74	2.19	11.70
12		100.0			S	1.76	0.86	-0.80	3.36
14	2.6	97.4			(g)S	1.53	1.05	-0.91	3.38
15	4.5	95.5			(g)S	-0.16	0.71	1.60	7.76
16		100.0			S	2.08	0.58	-0.58	3.82
17	1.5	98.5			(g)S	1.72	2.94	-2.35	12.80
18		100.0			S	1.77	0.51	0.48	3.01
19	15.1	77.0	5.3	2.6	gmS	1.49	2.46	1.12	6.69
20	0.4	99.6			(g)S	1.13	0.89	0.09	2.46
21		100.0			S	1.82	0.49	0.84	2.39
22		88.3	8.7	3.1	zS	2.44	1.94	2.51	9.54
23	0.2	99.8			(g)S	1.63	0.81	-0.80	3.90
24	2.1	97.9			(g)S	1.50	1.02	-0.97	3.54
25		92.8	5.7	1.5	S	2.1	1.52	3.18	17.05
26		100.0			S	1.87	0.64	-0.47	3.49
27	0.3	71.2	22.1	6.5	(g)mS	3.25	2.56	1.43	4.75
28	16.2	83.8			gS	-0.52	0.65	-0.04	6.04
30	3.3	87.6	7.5	1.6	(g)mS	2.07	1.86	1.66	10.47
31	2.1	97.9			(g)S	1.64	0.87	-1.23	5.43
32	0.4	99.6			(g)S	1.44	0.81	-0.51	3.43
33		89.6	9.2	1.2	zS	2.49	1.49	2.63	13.82
Min	0.0	71.2	0.0	0.0		-0.17	0.27	-2.35	1.93
Max.	16.2	100.0	22.1	6.5		3.25	2.94	2.63	17.05
Mean	2.5	95.1	1.9	0.5		1.57	1.08	0.04	5.30

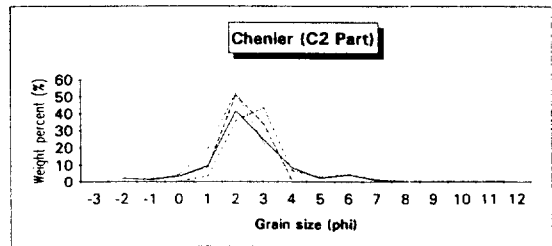
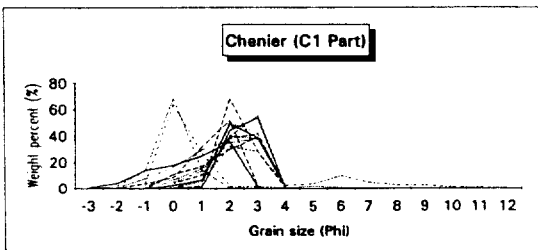


Fig. 7. Grain-size distribution of the chenier sediments. Note a unimodal distribution pattern with lack of 3~4 phi fraction.

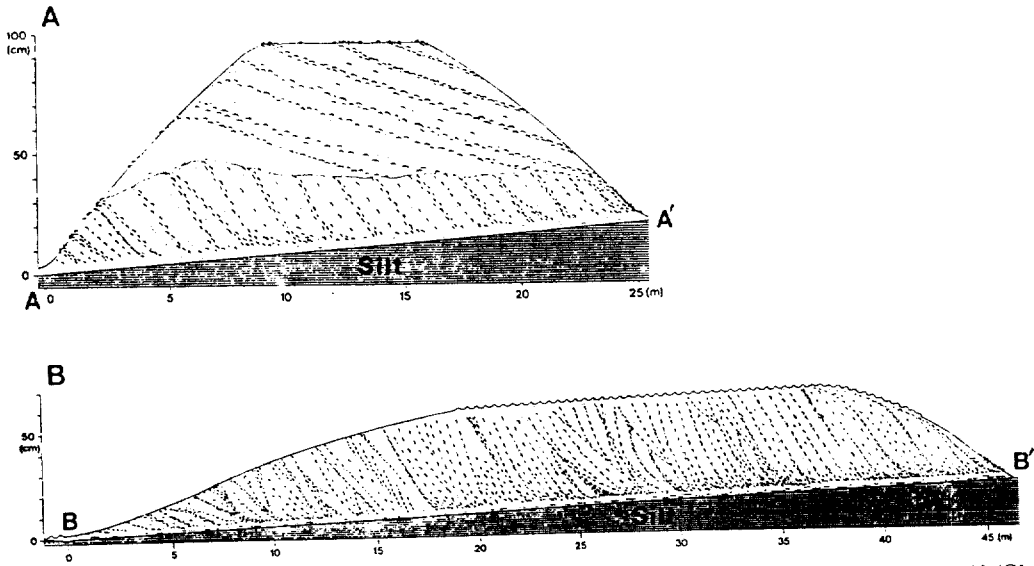


Fig. 8. Schematic diagrams showing the morphology and internal structure of the chenier. (A) Section A-A' (C1 part). (B) Section B-B' (C2 part). For location see Fig. 2.

Table 2. Sedimentation rate at the upper tidal flat near the chenier. For stations see Fig. 2.

St.	Depth from seafloor to base plate (mm)						Duration (Days)	$\Delta D$ (mm)	Sed. Rate (mm/yr)	
	19.Dec-91	22.Gr-93	14-Apr	7-Jun	13-Aug	29-Oct				14-Dec
A	Install	120.8	128.3	132.4	132.9	134.2	137.1	313	17.7	20.6
B	〃	123.9	—	—	—	—	—	15	1.0	24.3
C	〃	126.7	125.0	122.3	113.5	100.7	92.2	313	-38.0	-44.1
D	〃	106.4	101.2	95.5	55.0	—	—	189	-50.0	-97.1
E	〃	90.0	—	—	—	—	—	15	-5.4	-131.4

Fig. 8은 Chenier의 단면(A-A', B-B')(Fig. 2)을 도시한 것이다. C1의 A-A'단면(Fig. 8A)을 보면, 약 25 m의 너비, 1 m 높이의 Chenier 퇴적체가 니질 퇴적층 위에 놓여 있고, 경사를 달리하는 두 개의 사층리군(Cross bed sets)이 침식면에 의해 상, 하부의 사층리군으로 나뉘며, 침식면과 상부 사층리군 사이에는 거의 수평에 가까운 층리가 협재되어 있다(Fig. 8A). C2의 B-B' 단면에서도 Chenier가 약 47 m의 폭에 60 cm의 높이로 니질 퇴적층 위에 존재한다. 내부구조는 시종 육지 방향의 경사를 갖는 사층리군으로 구성되며, 사층리의 하부쪽에는 Washover에 의해 간헐적으로 형성된 완경사의 사층리가 협재한다(Fig. 8B). 이러한 모든 구조들은 'Washover process'에 의해 Chenier가 육지방향으로 이동할 때 나타날 수 있는 구조들로서, 특히 Chenier

C1 부분의 내부구조는 그것의 형성에 있어 최소한 두 단계의 독립된 이동과정이 있었음을 암시해준다.

#### 2.4 퇴적률

Table 2는 Chenier 주변 지역의 퇴적률을 계산하기 위해 해저면으로부터 기준면까지의 깊이를 2개월 간격으로 연속 측정된 결과이다. Chenier의 육지쪽(염수습지)에 위치한 정점 A와 B는 313일과 15일 동안 각각 17.7 mm와 1 mm가 퇴적되어 연간 21~24 mm/yr의 퇴적률을 보였다. 그러나 Chenier의 바다쪽(상부 조간대)에 위치한 정점 C와 D는 313일과 189일 동안 각각 38 mm와 50 mm가 침식되어 44~97 mm/yr의 침식률을 보였다. 또한 Chenier 상에 위치한 정점 E도 침식에 의한 기준면의 손실로 말미암아 연속적인 측정이 불가능하였다. 결과적으로 측정기간 동안 Chenier 자체와 Che-

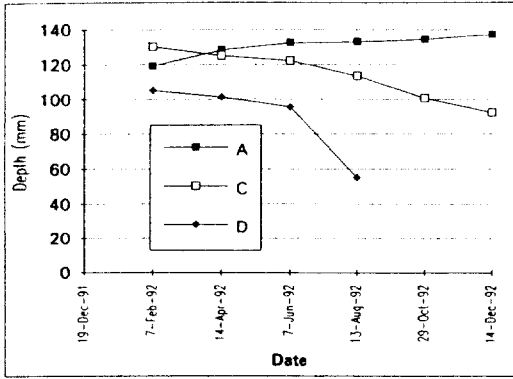


Fig. 9. Erosional or depositional patterns at the upper tidal flat near the chenier. Increasing depth indicates accumulation, and decreasing depth indicates erosion. For the sites of measurement see Fig. 2.

nier의 바다쪽 전면에서 침식이 일어났고, Chenier의 육지쪽 후면에서 퇴적이 일어났다. 또한 이러한 양상의 침식과 퇴적은 계획 측정된 약 1년 동안 거의 지속적으로 진행되었다(Fig. 9). 이러한 결과는 Chenier가 육지를 향해 지속적으로 이동할 수 있음을 보여주는 결과이다.

### 2.5 Chenier의 이동

#### 장기적 이동(Long-term Migration)

Chenier의 이동은 지난 20여년(1967~1989) 동안의 항공사진에 의해 입증되고 있다. 1967년의 항공사진에 의하면, Chenier가 심원면 신월 해안 북쪽 약 1 km 지점에 육지와 격리되어 발달하였고, 이 Chenier를 중심으로 남서 해안에는 해안선에 근접하여 또 하나의 Chenier가, 그리고 북서쪽(바다쪽)으로 약 300 m 떨어진 조간대 지역에는 두 개의 조간대 사주(Intertidal sand shoal)가 해안과 어느 정도의 각도를 가지고 발달하였다(Fig. 10, Photo. 1967). 또한 바다쪽 저조선 부근에도 다수의 조간대 사주가 발달하고 있음이 항공사진을 통해 관찰되고 있다. 그러나 1976년에는 Chenier의 바다쪽(북서쪽)에 발달했던 두 개의 조간대 사주가 하나로 통합되었고, 이것은 육지쪽(남동쪽)으로 점차 이동하여 해안과 비교적 평행하게 놓였으며, 해안에 근접한 Chenier도 다소 동쪽(만 안쪽)으로 이동하였다(Fig. 10, Photo. 1976). 특히 조간대 사주의 북서쪽과 육지와 인접한 Chenier의 전면에는 Megaripple들이 발달하여 퇴적물이 만 안쪽으로 이동하였음을 보여

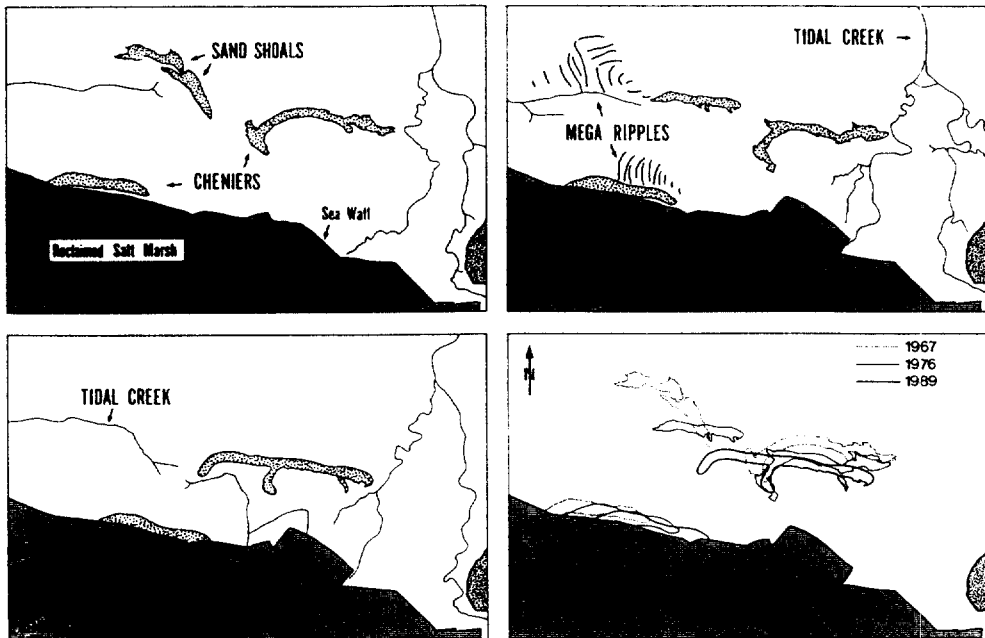


Fig. 10. Aerial photograph sketches showing the position of cheniers and intertidal sand shoals in 1967, 1976, and 1989. A composite of the photographs shows the evolution and migration of chenier during the period of 1967-1989.

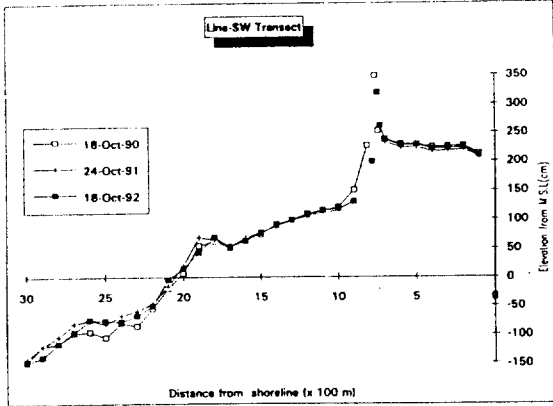


Fig. 11. Elevation changes in the Line-SW transect during the period of 1990-1992. Note a landward migration of chenier and intertidal sand shoal.

주고 있다(Fig. 10, Photo. 1976). 그런데 1989년에는 Chenier의 바다쪽에 존재했던 조간대사주(Intertidal shoal)가 육지쪽(남동쪽)으로 더욱 이동, 결국 기존 Chenier의 서쪽 부분과 연결되었고, 해안선에 근접한 Chenier도 더욱 동쪽(만 안쪽)으로 이동하였다(Fig. 10, Photo. 1989).

따라서 이러한 항공사진의 결과를 종합해 볼 때(Fig. 10), 현재 신월 해안에 근접한 Chenier는 지난 22년 동안 만 안쪽(동쪽)으로 약 250 m 이동하였고, 상부 조간대에서 육지와 격리되어 발달한 Chenier도 전체적으로 육지쪽으로 이동하였는데, 특히 이 Chenier의 서쪽 부분(C2)은 조간대사주(Intertidal shoal)가 지난 22년 동안 육지쪽으로 약 300~500 m 이동, 기존의 Chenier(C1)에 연결됨으로써 형성되었던 것

이다. 이러한 결과는 사실 퇴적상 위에 발달한 조간대 사주가 육지 방향으로 이동, 결국 상부 조간대의 니질 퇴적상 위에 놓임으로써 Chenier가 되고 있음을 분명하게 보여주는 결과이다.

**단기적 이동(Short-term Migration)**

**이동 양상**

Fig. 11은 조간대의 지형변화를 살펴보기 위해 1990년 10월에서 1992년 10월까지 3차례에 걸친 Line-SW의 측량결과를 함께 도시한 것이다. 수준 측량시 정밀광파거리측정기와 수준의 기계적 측정오차는 매우 작으나, 표적을 조간대 표면에 세울 때 조간대표면의 기복과 퇴적상에 따른 표적의 침하 정도에 따라 수준측량의 오차가 발생한다. 따라서 Line-SW에 대해 10 cm 미만의 작은 지형변화는 무시하고 비교적 큰 지형변화에 대해 살펴보면, 지난 2년 동안 상부 조간대의 Chenier가 육지쪽으로 상당한 거리를 이동하였고, 해안에서 약 1.9 km 떨어진 중부 조간대의 조간대사주(Intertidal sand shoal)도 육지방향으로 약 100 m나 이동하였다(Fig. 11). 또한 경사가 급한 Chenier의 바다쪽 전면(해안에서 약 800~1,000 m 떨어진 지점)에서 Chenier의 이동과 더불어 침식이 일어났고, 평균 해수면 아래의 중부 조간대 하부와 하부 조간대에서는 조간대사주의 형성과 소멸에 따라 지형변화가 비교적 심하였다(Fig. 11).

Chenier 자체에 대한 지형 변화를 살펴보면(Fig. 12), 1991년 6월에서 1992년 7월까지 13개월 동안, 높이가 낮아 만조 때 잠기는 Chenier의 서쪽 부분(C2)은 육지쪽으로 지속적인 이동을 한 반면, 높이가

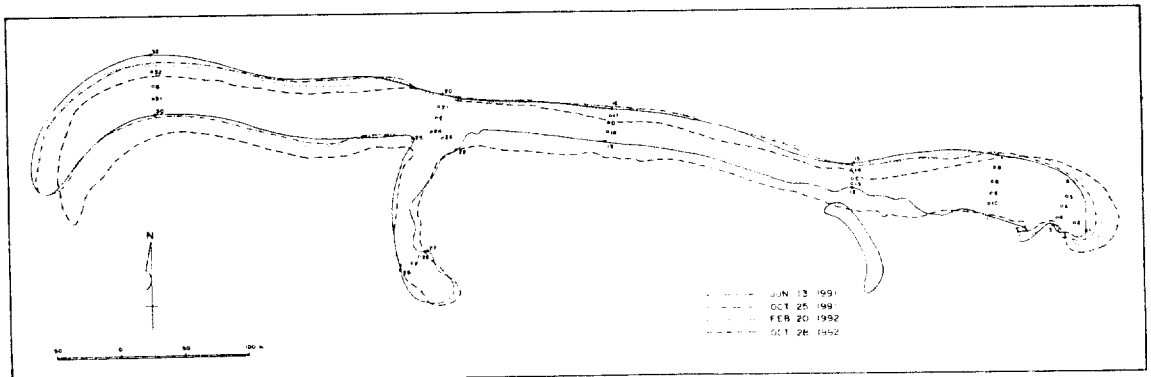


Fig. 12. Migration pattern of chenier. Movement of chenier had been accelerated during the period of Feb.-Oct. of 1992.

Table 3. Migration speed of each part of chenier

C1 part of chenier (Line L1)					
Duration (days)	91.6.13~10.25 (129)	91.10.25~92.2.1 (115)	92.2.18~7.7 (139)	92.7.7~10.28 (112)	91.6.13~92.10.28 (495)
Migration distance (m)	0	0	0	10.9	10.9
Migration speed (m/yr)	0	0	0	35.5	8.0
Western part of C1 (Line L2)					
Duration (days)	91.6.13~10.25 (129)	91.10.25~92.2.1 (115)	92.2.18~7.7 (139)	92.7.7~10.28 (112)	91.6.13~92.10.28 (495)
Migration distance (m)	0	0	0	6.9	6.9
Migration speed (m/yr)	0	0	0	22.5	5.1
C2 part of chenier (Line L3)					
Duration (days)	91.6.13~10.25 (129)	91.10.25~92.2.1 (115)	92.2.18~7.7 (139)	92.7.7~10.28 (112)	91.6.13~92.10.28 (495)
Migration distance (m)	2.2	3.8	2.4	8.3	16.7
Migration speed (m/yr)	6.2	12.1	6.3	27.1	12.3

\* C1 & C2 part: Landward migration. Western part of C1: Eastward (Alongshore) migration

비교적 높아 만조 때에도 해수에 잠기지 않는 Chenier의 동쪽 부분(C1)은 육지쪽으로 거의 이동하지 않았다. 다만 이 기간동안 C1의 바다쪽 사면에서 침식이 일어났고, 침식된 물질은 C1의 바다쪽 사면을 따라 동쪽(Lonshore 방향)으로 이동, C1의 동쪽 끝에 퇴적됨으로써 결국 Chenier가 동쪽으로 이동한 결과를 낳았다(Fig. 12). 그러나 1992년 9월 말과 10월 초에는 태풍 테드를 포함 두번의 태풍이 통과하여 이 지역에 해일을 야기시켰는데(동아일보, 1992. 10. 25), 이러한 사실은 1992년 10월 28일에 실시된 측량결과에 그대로 반영되어 Chenier의 서쪽 부분(C2) 뿐만 아니라 보통 상황에서 이동키 어려운 Chenier의 동쪽 부분(C1)까지 육지쪽으로 상당한 거리(약 8 m)를 이동하였다(Fig. 12). 이러한 결과들은 Chenier가 조석과 파랑 등의 정상적인 조건하에서도 이동이 가능하지만(C2 부분), 특히 태풍(Typhoon) 때에는 더욱 빠르게 이동하고 있음을 나타낸다.

#### 이동 속도

Table 3은 지난 16개월(1991. 6. 13~1992. 10. 28) 동안 4차례에 걸쳐 Chenier에 대한 측량을 실시하고, 그 결과를 이용하여 Chenier의 이동 속도를 계산한 것이다. 표에서 보는 바와 같이, 비교적 높이가 높은 Chenier의 동쪽 부분(Line L1)(Fig. 2)은 1991

년 6월부터 1992년 7월까지 11개월 동안 거의 이동하지 않았다. 그러나 1992년 7월부터 동년 10월 까지 112일 동안에 무려 10.9 m나 육지쪽으로 이동하였고, Chenier 동쪽 부분의 서쪽 끝(Line L2)(Fig. 2)도 이 기간 동안 동쪽 방향(만 안쪽)으로 6.9 m를 이동하였다. 이와 같은 사실은 1991년 8월 말과 10월 초에 두번의 태풍이 지나갔고, 이 태풍들은 만조와 결부되어 이 지역에 해일을 야기시켰음을 고려할 때, Chenier 동쪽 부분(C1)의 이동이 주로 태풍기간 동안의 만조시에 간헐적으로 이루어지고 있음을 시사한다. 비록 간헐적인 이동이긴 하나 Chenier 동쪽 부분(C1)의 Line L1과 Line L2에서 16개월 동안 관측된 Chenier의 이동속도는 각각 8.0 m/yr, 5.1 m/yr 이었다(Table 3).

한편 높이가 낮은 Chenier의 C2(Line L3)(Fig. 2)는 연평균 약 12 m/yr의 속도로 C1에 비해 빠르고 지속적인 이동을 하였는데, 1991년 6월에서 동년 10월까지 129일 동안과 1992년 2월에서 동년 7월까지 139일 동안 육지쪽으로 각각 2.2 m, 2.4 m를 이동하여 주로 하절기 동안 6~7 m/yr의 비교적 일정한 이동속도를 보였다. 그러나 1991년 10월에서 1992년 2월까지 동절기 115일 동안에는 Chenier가 육지쪽으로 3.8 m 이동하여 12.1 m/yr의 이동속도를 보였

고, 특히 두번의 태풍이 지났던 1992년 7월에서 동년 10월까지 112일 동안에는 부려 8.3 m를 이동하여 27.1 m/yr의 속도를 보였다(Table 3). 따라서 Chenier의 이동이 하절기보다는 동절기에 우세하였고, 특히 만조와 결부된 폭풍(Storm) 때 더욱 더 우세했던 것이다. 이와 같은 사실은 현재의 Chenier 이동이 정상적인 조석작용보다는 파랑(Wave), 태풍(Typhoon)과 같은 계절적 기후 요인들에 의해 크게 지배되고 있음을 시사한다.

## 토 의

### Chenier의 기원

Chenier 및 Chenier plain의 형성은 일반적으로 강을 통한 퇴적물 공급의 변화에 의해 이루어지고 있음이 많은 연구에서 보고되고 있다(Russell and Howe, 1935; Russell, 1953; Gould and Macfarlan, 1959; Byrne *et al.*, 1959; Gould and Morgan, 1962; Thompson, 1968; Rhodes, 1982). 즉 주변의 강으로부터 퇴적물 공급이 우세할 때에는 퇴적이 활발하여 니질 조간대의 전진퇴적(Prograding)이 이루어지고, 퇴적물 공급이 감소하면 상대적으로 파랑의 작용이 활발하여 퇴적물의 재동과 함께 니질 퇴적물의 제거(Winning)와 사질 퇴적물의 분급(Sorting)이 이루어져 Chenier가 형성된다는 이론이다. 이러한 퇴적물 공급의 변화는 주변 하천의 유로가 변화하거나 혹은 기후 변화에 따른 근원지역으로부터의 퇴적물 공급의 변화, 또는 퇴적분지 내에서의 동력학적 조건의 변화 등 다양한 원인에 의해 야기될 수 있다. Russell and Howe (1935)는 Louisiana chenier plain이 Mississippi delta의 유로가 주기적으로 이동함으로써 형성된다고 주장하였고, Thompson (1968)도 캘리포니아만에 발달한 Chenier plain 연구에서 Chenier의 형성이 Colorado River의 유로변화와 관계된다고 주장하였다. 또한 Ying Wang and Xiankun(1989)은 발해만(The Gulf of Bohai)의 중국 동안 연구에서 황하강의 유로 변화에 의해 형성된 Chenier들을 보고하였다. 한편 Rhodes(1980, 1982)는 오스트레일리아 Carpentaria만의 Chenier 연구에서 니질 조간대의 전진퇴적(Prograding)과 Chenier 형성의 주기적인 반복현상을 기후변화에 따른 퇴적물 공급의 변화와 연관시켰다. Anthony

(1989)는 Sierra Leone의 연안 연구에서 퇴적물 공급 및 파랑 에너지의 미세한 변화만으로도 Chenier가 형성될 수 있음을 보고하였다.

한편 Chenier 및 Chenier plain의 형성이 해수면 변화와 관계가 있다는 주장도 있다(Schofield, 1960; NEDECO, 1986). 그러나 Cook and Polach (1973)은 오스트레일리아 Queensland의 Broad Sound에 발달한 Chenier plain 연구에서 Chenier들의 고도값과 연령을 대비시킴으로써 Chenier plain의 형성이 해수면 변화와 큰 관계가 없고, 오히려 퇴적물의 전진퇴적(Depositional prograding)과 관계 있음을 보고하였다. 또한 뉴질랜드 Miranda 해안의 Chenier를 연구한 Woodroffe *et al.* (1983)은 Chenier가 전안(Foreshore)의 사주(Sand bar)로부터 시작, Swash action에 의해 육지쪽으로 이동함으로써 형성되었고, 이러한 Chenier의 형성을 설명하기 위해서는 해수면 변화와 같은 장기적인 변화가 꼭 요구되지는 않는다고 하였다.

곰소만의 경우, 만의 퇴적작용에 영향을 미칠만한 큰 강의 유입이 없다. 물론 만의 남측 중앙부도 소규모의 준용하천인 주진천이 유입하고 있으나 그것의 퇴적물 공급은 거의 무시될 정도이고, 금강의 경우 곰소만으로부터 북쪽으로 비교적 먼 거리에 위치하고 있어 곰소만의 퇴적작용에 직접적인 영향을 주지 못한다. 더구나 금강의 직접적인 영향을 받는 금강 주변 지역에서조차 Chenier가 발달하지 않는 사실은, 곰소만 Chenier의 형성에는 강을 통한 퇴적물 공급의 변화 이외의 다른 요인이 있음을 의미한다. 본 연구 결과, Chenier 가까운 바다쪽 조간대에 Chenier의 근원 물질이 될 수 있는 조립의 사질 퇴적상이 넓게 분포하고(Fig. 4), 이러한 사질 퇴적상 위에는 다수의 조간대 사주가 발달하여 육지쪽으로 이동하고 있음이 확인되었다(Fig. 11). 또한 Chenier가 니질 퇴적층 위에 놓여 있고, 내부구조도 육지방향 경사의 사층리군으로 구성되어 있어 육지방향으로의 이동을 반영하며(Fig. 8), Chenier의 주요 구성물질인 패각물질도 주로 조간대 및 조하대 지역을 서식처로 하는 천해성 패각으로 구성되어 있음이 확인되었다(Fig. 12). 따라서 이러한 결과들을 통해 볼 때, 곰소만 Chenier는 Chenier의 바다쪽에 분포한 사질 퇴적층이 재동되어 조간대사주가 형성되고, 그것이 육지쪽으로 이동함으로써 형성된 것

으로 사료된다. 실제로 1976년과 1989년도의 항공 사진은 이 기간 동안 조간대사주가 육지쪽으로 이동, 기존의 Chenier에 통합 되었음을 잘 보여주고 있다 (Fig. 10).

한편 Chenier가 놓이는 곰소만 조간대층은 선현세 (13,840년 B.P.)의 반고화된 산화대층을 하부층으로 하는 부정합면 위에, 니질의 상부 조간대층이 놓이고, 그 위에 사질의 조간대층이 놓이는 전형적인 상향조립화 층서이다. 그런데 Chenier의 형성과 관계된 상부의 사질 조간대층은 저조선으로부터 육지 방향으로 두께가 점차 감소하는 썩기형태의 구조이며, 저조선 부근의 사질 퇴적층 하부의 연대측정값은 일부 채동된 시료의 값을 제외할 때 1,800년 B.P.를 넘지 않는다(Fig. 5). 이러한 사실은 곰소만 조간대층의 최상부를 구성하는 사질 퇴적층의 발달시기가 1,800년 B.P. 이후이며, Chenier가 이러한 사질 퇴적층의 재동을 통한 조간대사주로부터 비롯된 것으로 볼 때, Chenier의 형성 시점 또한 1,800년 B.P.를 넘지 않음을 의미하는 것이다. 그런데 황해에서 현재 해수면 상승은 일반적으로 약 7,000~5,000년 B.P.에 거의 현재 수준에 도달, 그 이후에 안정된 것으로 인식되고 있다(Bloom and Park, 1985). 따라서 곰소만 조간대에 발달한 Chenier의 형성은 장기적 해수면 변화와는 큰 관계가 없는 것으로 사료된다.

### Chenier의 이동

우리는 앞에서 Chenier의 형성이 저조선 부근의 조간대사주로부터 비롯되었음을 살펴 본 바 있다. 그런데 Chenier 퇴적물과 조간대사주 퇴적물의 중요한 차이는 Chenier 퇴적물에 원마도(Roundness)가 불량한 매우 큰 자갈이 포함되어 있다는 점이다. 이러한 사실은 Chenier가 현재 만조선 부근(평균 해수면으로부터 약 2.2 m 높이)의 니질 조간대 위에 놓여 있음을 고려할 때 정상적인 조석작용으로는 설명이 불가능하다. 따라서 Chenier의 형성과 관련된 이러한 조립 물질의 운반 및 퇴적을 설명하기 위해서는 간헐적인 폭풍(Storm)과 같은 어떤 고에너지의 사건들이 필요하며, 이러한 사건들은 또한 대조(Spring tide) 혹은 만조(Flood tide)와 일치되어야 한다.

그런데 우리나라의 서해는 전반적으로 계절풍이 우세한 지역이다. 따라서 겨울철의 북서계절풍에

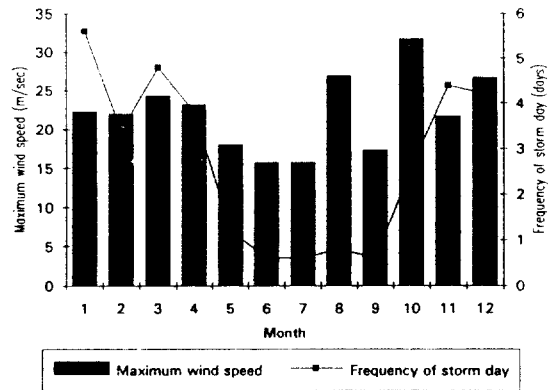


Fig. 13. Mean weather condition (Frequency of storm day, maximum wind speed) in the adjacent area of Kunsan during the period of 1976-1980.

의해 파랑과 해류가 강화되면 서해 연안역은 고에너지 환경이 될 수 있다(Wells *et al.*, 1984). 군산 측후소에서 관측된 4년 동안(1976~1980)의 풍속 자료(Fig. 13)에 의하면, 겨울철(11월에서 2월 사이)에 풍속 13.9 m/sec 이상의 강풍 빈도수가 매월 4일 이상으로 높고, 이 때의 최대 풍속은 최고 27 m/sec에 달한다. 그러나 여름철(5~9월)에는 강풍의 빈도수가 매월 1일 미만으로 낮고, 간헐적인 태풍 때를 제외하면 최대 풍속도 20 m/sec 이하로 낮다(Fig. 13). 따라서 겨울철의 빈번한 폭풍(Storm)은 상대적으로 대조의 만조와 결부될 가능성이 높다. 또한 8월과 10월에는 비록 빈도수는 적으나 강한 태풍(Typhoon)이 도래하여 서북서 방향의 강풍이 불고, 이 때의 풍속은 최고 32 m/sec에 달한다(Fig. 13). 따라서 조립한 Chenier 퇴적물의 운반은 이러한 겨울철의 빈번한 폭풍(Storm) 및 하절기의 간헐적인 태풍과 관계되는 것으로 사료된다. 실제로 91년 6월부터 약 1년 동안 연속측량을 통해 밝혀진 Chenier의 이동속도는 하절기에 6~7 m/yr, 동절기에 12 m/yr를 보여 Chenier의 이동이 동절기에 우세하였고, 특히 초가을 두 번의 태풍이 지날 때에는 27 m/yr의 매우 높은 이동속도를 보였다(Table 3).

그러면 저조선 부근의 사주에는 없는 원마도가 불량한 장경의 자갈은 어떻게 Chenier에 공급되었을까? 원마도가 불량한 자갈이 Chenier에 공급되기 위해서는 Chenier로부터 비교적 가까운 공급지인 남서 해안지역의 침식이 필요하며, 또한 남서 해안 지역으로부터 만 안쪽으로 향하는 강한 연안류(Lo-

ngshore current)가 존재하여야 한다. 실제로 남서 해안지역에서 침식지형이 관찰되고 있고, 1976년 신월리 해안부근에 발달했던 Megaripple들의 배열 상태(Fig. 10, Photo, 1976)는 이 지역에 만조와 결부된 강한 연안류가 존재하였음을 지시한다. 더구나 신월 해안에 인접한 Chenier의 만 안쪽으로의 이동(Fig. 10), 그리고 만의 남서 해안에서 만 안쪽으로 길게 대상으로 발달한 사질 퇴적상의 분포(Fig. 4) 등은 이러한 해석을 더욱 뒷받침 한다.

따라서 위에 언급한 모든 상황을 고려해 볼 때, 현재 곰소만의 조간대 상부에 발달한 Chenier는 다음과 같은 역사를 가지고 진화해 온 것으로 사료된다. (1) 1,800년 B.P. 이후 저조선 부근에서 사질 퇴적층의 재동에 의해 조간대사주가 형성되고, 형성된 사주는 조석과 파랑의 작용에 의해 육지쪽으로 이동하였다. (2) 이동이 더욱 더 진행되어 사주가 조간대 상부 가까이에 이르면, 주로 남서 해안지역에서 침식된 조립한 물질들이 만조와 폭풍파의 결합에 의해 형성된 연안류를 따라 만 안쪽으로 운반, 조간대사주에 추가되었다. 따라서 사주의 이동에 따른 사주 퇴적물의 손실이 보상되고 사주형태가 유지될 수 있었다. (3) 이후 Swash 작용과 Washover 작용에 의해 고조선 부근까지 도달한 사주는 비교적 안정된 상태에 도달하였으나 간헐적인 겨울철 Storm과 하절기 태풍에 의해 육지쪽으로 더욱 이동, 니질의 상부 조간대층 위에 놓임으로써 현재의 Chenier가 되었다.

### 결 론

1. 곰소만 신월리 해안의 평균 고조선(M.H.W.) 상위의 니질 조간대층 위에는 모래(95%)와 역(2.5%) 그리고 패각물질로 구성된 Chenier가 발달하며, Chenier의 바다쪽 사질 조간대층 위에는 모래와 패각으로 구성된 다수의 조간대사주(Intertidal sand shoal)가 발달하고 있다.

2. Chenier는 길이 약 860 m, 너비 30~60 m, 높이 1~1.6 m의 육지 방향으로 길게 휘 활 모양의 형태로, 내부구조는 대부분 육지방향의 경사를 갖는 사층리군(Cross bed sets)으로 구성되며, 하부의 니질 조간대층과의 경계는 매우 뚜렷하다.

3. Chenier의 형성은 1,800년 B.P. 이후 저조선

부근에서 사실물질의 재동에 의해 형성된 조간대사주가 육지방향으로 이동함으로써 시작되었는데, 특히 현 Chenier의 서쪽 부분은 중부 조간대에 위치한 조간대사주가 육지쪽(남동쪽)으로 약 300~500 m 이동, 1976년 이후 상부 조간대에 위치한 기존의 Chenier에 연결됨으로써 형성되었다.

4. 지난 2년 동안(1990~1992) 연속측량을 통해 Chenier의 이동을 추적한 결과, Chenier의 이동양상이 만조(Flood tide)의 수위 혹은 Swash의 높이와 관계가 깊은 것으로 나타났다. 즉 만조의 수위가 Chenier의 높이보다 낮을 때에는 Chenier의 바다쪽 전면에서 침식된 물질이 Chenier의 바다쪽 사면을 따라 동쪽(만 안쪽)으로 이동, Chenier의 동쪽 끝에 퇴적됨으로써 결국 Chenier가 동쪽(만 안쪽)으로 이동한 결과를 낳았고, 만조의 수위(혹은 Swash의 높이)가 Chenier의 높이보다 높을 때(대조, 폭풍시)에는 Chenier가 Washover 작용에 의해 남쪽(육지쪽)으로 이동하였다. 따라서 Chenier의 이동이 지난 2년 동안 남동쪽으로 진행되었고, 이러한 Chenier의 이동은 하절기(6~7 m/yr) 보다는 동절기(12 m/yr)에, 특히 만조와 결부된 태풍 때(27 m/yr) 더욱 우세하였다.

5. 따라서 곰소만 조간대에 발달한 Chenier의 형성과 이동은 장기적 해수면 변화와 큰 관계가 없고, 오히려 곰소만 내에서 조석, 파랑, 폭풍 등 동력학적 제조건의 변화와 관계되는 것으로 사료된다.

### 사 사

본 연구는 한국해양연구소의 기본연구사업(BSPE 00236-439-5 & BSPE 00332-537-5)과 특정연구사업(BSPG 00162-459-5)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 현장조사부터 논문이 완성될 때까지 줄곧 도움을 주신 한국해양연구소의 이희준 박사님, 시료분석에 도움을 주신 김광산씨와 장석씨에게 깊은 감사를 드립니다. 아울러 본 논문에 유익한 제언을 해주신 군산대의 최진용 교수님, 강원대의 정대교 교수님 그리고 익명의 심사자님께 감사를 드립니다.

### 참고문헌

Anthony, E.J., 1989. Chenier plain development in nor-



- thern Sierra Leone, West Africa. In: Cheniers and chenier plains, edited by P. G. E. F. Augustinus. *Mar. Geol.*, **90**: 297-309.
- Augustinus, P. G. E. F., 1980. Actual development of the chenier coast of Suriname (South America). *Sediment. Geol.*, **26**: 91-113.
- Augustinus, P. G. E. F., 1989. Cheniers and chenier plains: a general introduction. *Mar. Geol.*, **90**: 219-229.
- Bloom, A. L., and Y. A. Park, 1985. Holocene sea-level history and tectonic movements, Republic of Korea. *Quart. Res. (Japan)*, **24**: 77-84.
- Chung, G. S. and Y. A. Park, 1978. Sedimentological properties of the recent tidal flat environment, southern Namang Yang Bay, west coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **13**: 9-18.
- Cook, P. J. and H. A. Polach, 1973. A chenier sequence at Broad Sound, Queensland, and evidence against a Holocene high sea level. *Mar. Geol.*, **14**: 253-268.
- Folk, R. L., 1968. Petrology of sedimentary rocks, Hemphill's, Austin.
- Frey R. W., J. D. Howard, S. J. Han and B. K. Park, 1989. Sediments and sedimentary sequences on a modern macrotidal flat, Inchon, Korea. *J. Sed. Petrology*, **59**: 28-44.
- Gould, H. R. and E. MacFarlan, 1959. Geologic history of the chenier plain, southwestern Louisiana. *Trans. Gulf-Coast Ass. Geol. Soc. 9th Annual Meeting, Houston*, **9**: 261-270.
- Gould, H. R. and J. P. Morgan, 1962. Coastal Louisiana swamps and lowlands. In: *Geology of the Gulf Coast and Central Texas*, edited by E. H. Rainwater and R. P. Zingula. Houston Geological Society, Houston, Texas, 287-341.
- Greensmith, S. T. and E. V. Tucker, 1975. Dynamic structures in the Holocene chenier plain setting of Essex, England. In: *Nearshore sediment dynamics and sedimentation*, edited by J. Hails and A. Carr. Wiley, London, 251-271.
- Howe, H. V., R. J. Russell and J. H. McQuairt, 1935. Physiography of coastal southwest Louisiana. *Dept. Conserv. Louisiana Geol. Surv. Bull.*, **6**: 1-72.
- Kim, J. L., and S. C., Park, 1985. Intertidal flat sediments and characteristic sedimentary structures in the Changgu Bay, west coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **20**: 43-49.
- Lee, C. B., Y. A. Park and C. H. Koh, 1985. Sedimentology and geochemical properties of intertidal surface sediments off the Banweol area in the southern part of Kyeonggi Bay, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **20**: 20-29.
- Micromeritics, 1979. Introduction manual: Sedgraph 5000-D particle Size Analyzer.
- NEDECO, 1968. Surinam transportation study. Report on hydraulic investigation. The Hague, 293 pp.
- Ovtos, E. G. and W. A. Price, 1979. Problems of chenier genesis and terminology-an overview. *Mar. Geol.* **31**: 251-263.
- Penland, S. and J. R. Suter, 1989. The geomorphology of the Mississippi river plain. In: *Cheniers and chenier plains*, edited by P. G. E. F. Augustinus. *Mar. Geol.*, **90**: 231-258.
- Price, W. A., 1955. Environment and formation of the chenier plain. *Quaternaria*, **2**: 75-86.
- Rhodes, E. G., 1980. Modes of coastal progradation, Gulf of Carpentaria. Ph. D. Thesis, Australian National Univ., Canberra: 357 PP.
- Rhodes, E. G., 1982. Depositional model for a chenier plain, Gulf of Carpentaria, Australia. *Sedimentology*, **29**: 201-221.
- Russell, R. J. and H. V. Howe, 1935. Cheniers of southwestern Louisiana. *Geogr. Res.*, **25**(3): 449-461.
- Russell, R. J., 1953. Coastal advance and retreat in Louisiana. *Int. Geol. Congr. 19th Sess. Algiers, 1952, Comptes Rendus, Sect. II, IV*, 108-118.
- Schofield, J. C., 1960. Sea level fluctuations during the last 4,000 years as recorded by a chenier plain, Firth of Thames, New Zealand. *N. Z. J. Geol. Rev.* **25**: 449-461.
- Shinn, E. A., 1973. Carbonate coastal accretion in an area of longshore transport, N. E. Qatar, Persian Gulf. In: *The Persian Gulf*, edited by B. H. Purser, Springer-Verlag, New York, 179-191.
- Thompson, R. W., 1968. Tidal flat sedimentation on the Colorado River delta, northwestern Gulf of California. *Geol. Soc. Am. Mem.*, **107**: 133 pp.
- Todd, T. W., 1968. Dynamic diversion: influence of longshore current tidal flow interaction on cheniers and barrier islands. *J. Sediment. Petrol.*, **3**: 734-746.
- Wells, J. T., Y. A. Park, and J. H. Choi, 1984. Storm-induced fine sediment transport, West coast of Korea. In: edited by Y. A. Park, O. H. Pulkey and S. W. Kim. *Marine geology and physical processes of the Yellow Sea. Proc. Korea-U.S. Semin. Workshop, Seoul, Korea. Inst. Energy Resources (KIER), Seoul*, : 271-285.
- Woodroffe, C. D., R. J. Curtis, and R. F. McLean, 1983. Development of a chenier plain, Firth of Thames, New Zealand. *Mar. Geol.*, **53**: 1-22.
- Ying Wang and K. Xiankun, 1989. Cheniers on the east coastal plain of China. In: *Cheniers and chenier plains*, edited by P. G. E. F. Augustinus. *Mar. Geol.*, **90**: 321-335.
- 국립지리원, 1981. 연안해역 기본조사 보고서(식포지구). 56pp.
- 김여상, 1988. 한국 서해 천수만 사창포 해안의 조간대층의 퇴적환경과 진화. 박사학위 논문, 서울대학교, 169pp.
- 농업진흥공사, 1989. 새만금 지구 파랑관측 조사연구. 307 pp.
- 한국해양연구소, 1991. 한국 서·남해안 조간대의 종합조사연구. BSPE 00124-395-5, 162pp.