

서해 곶소만 조간대 퇴적작용에서 모래톱의 역할

이인태* · 전승수

전남대학교 지구환경과학부, 500-757 광주광역시 북구 용봉동 300

Role of Sand Shoal in the Intertidal Flat Sedimentation, Gomso Bay, Southwestern Korea

In Tae Lee* · Seung Soo Chun

Faculty of Earth Systems & Environmental Sciences,
Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

Abstract: A sand shoal (1300 m long and 400 m wide) with an orientation of north-south is formed on the lower tidal flat of Gomso Bay, southwestern coast of Korea. Surface bedforms, sedimentary structures, sedimentation rate, grain size distribution and can-corer sediments have been measured and analysed along the sand shoal proper zone B and its offshore zone A and onshore zone C during the period of 14 months. These three zones can be differentiated based on sedimentological characteristics: A zone - fine sand (3 ϕ mean), linguoid-type ripples, 70 mm/month in sedimentation rate and no bioturbation, B zone - medium sand (2.5 ϕ mean), dunes (4~5 m in wavelength), 30 mm/month in sedimentation rate and no bioturbation, and C zone - coarse silt (5 ϕ mean), sinuous-type ripples, 10 mm/month in sedimentation rate and well-developed bioturbation. These characteristics indicate that the zone C represents a relatively low-energy regime environment whereas the zone A corresponds to a relatively high-energy environment. The zone B would play an important role for a barrier to dissipate the approaching wave energy, resulting in maintaining of low-energy conditions in the inner part of Gomso-Bay intertidal flat behind.

Key words: Gomso Bay, intertidal sand shoal, seaward barrier, tidal flat sedimentation

요 약: 곶소만 중앙부의 하부 조간대(lower tidal flat)에는 길이 1300m, 폭 400m 규모의 조간대 모래톱(intertidal sand shoal)이 남북 방향으로 발달한다. 이 모래톱을 경계로 3개 구역으로 구분하고, 각 구역에서 표층 퇴적구조, 입도 분포, 퇴적물 이동량(집적율), 그리고 천부 퇴적상을 분석하여, 각 구역의 에너지 영역을 비교하였다. 그 결과 각 구역의 퇴적 특징은 다음과 같다: A 구역(offshorewards zone) - 세립사(평균입도 3 ϕ), 혀모양 연흔, 월 평균 70mm의 집적율과 미발달 생물교란구조, B 구역(sand shoal) - 중립사(평균입도 2.5 ϕ), 사구(4~5m의 파장), 월 평균 30mm의 집적율과 미발달 생물교란구조, C 구역(onshorewards zone) - 조립질 실트(평균입도 5 ϕ), 굴곡형 연흔, 월 평균 10mm의 집적율과 잘 발달된 생물교란구조. 이러한 결과로부터 하부 조간대에 분포하고 있는 모래톱은 외해에서부터 유입되는 파랑의 에너지를 분산시키거나 또는 막아주는 역할을 하고 있는 것으로 추측된다. 즉 곶소만 조간대에 사주섬이 없음에도 불구하고, 저 에너지 상태로 유지되고 있는 것은 만의 안쪽 지역에 위치하는 모래톱이 방파제의 역할을 하고 있기 때문으로 사료된다.

주요어: 곶소만, 조간대 모래톱, 사주섬, 조간대 퇴적작용

서 론

북해(North Sea)나 펀디만(Bay of Fundy) 조간대의 대부분은 바다 쪽에는 사주섬(seaward barrier)이 분포하고, 가지상 수로(dendritic drainage pattern), 육지

쪽으로는 염습지가 형성되어 있다(Dalrymple *et al.*, 1990; 1992). 그러나 한국의 조간대는 이와 같은 조간대의 특징들이 잘 발달되어 있지 않다(Frey *et al.*, 1987; Wells *et al.*, 1990; Alexander *et al.*, 1991; Chun *et al.*, 1992; Lee *et al.*, 1994). 전통적 조간대에서 사주섬은 외해에서 들어오는 파랑의 에너지를 약화시켜 만 안쪽의 퇴적환경을 저 에너지 상태(low

*E-mail: itlee@chonnam.chonnam.ac.kr

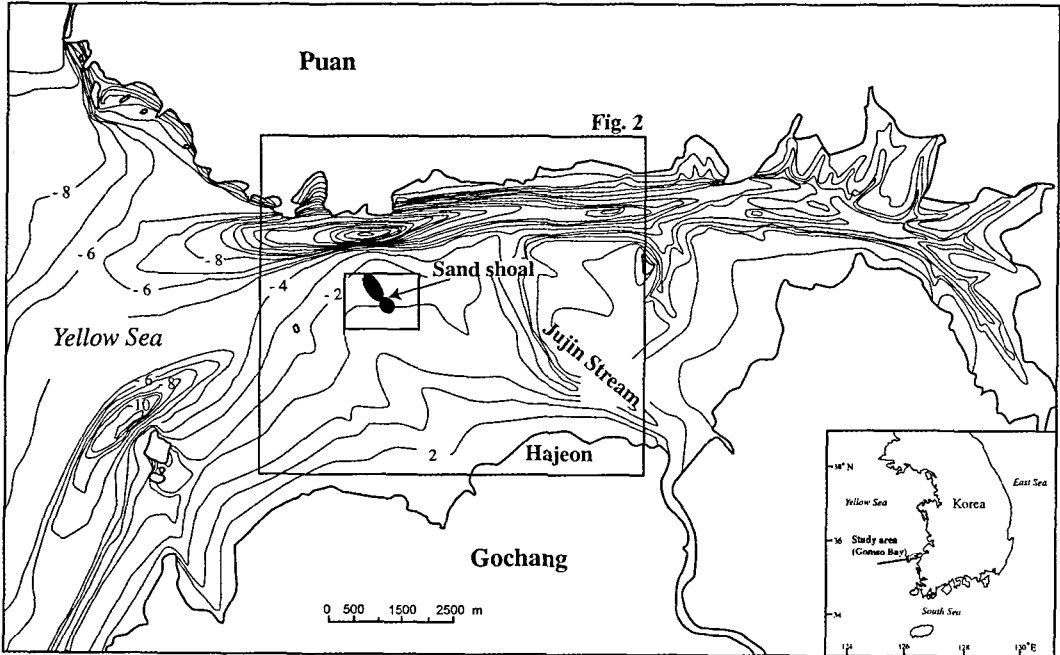


Fig. 1. Location map of Gomso Bay showing sand shoal (rectangular box) and bathymetry. Contours in one meter interval.

energy condition)로 전환시키는 역할을 한다. 그러나 사주섬이 없으면, 만 전체는 파랑의 직접적인 영향을 받아 고 에너지 상태(high energy condition)가 된다.

곰소만은 사주섬이 없는 반 폐쇄된 만으로 입구가 외해를 향해 열려있다(Fig. 1). 바람은 몬순의 영향으로 겨울철에는 북서풍, 여름철에는 남서풍이 우세하므로 연중 서풍의 영향 아래 놓여있다. 또 창조류의 경우는 조류 방향이 바람 방향과 일치하므로 그 에너지는 더욱 증폭될 수 있다. 이러한 정황으로부터 곰소만 조간대는 고 에너지의 연안환경이라고 해석된다. 실제 만조선 근방에 발달된 셰니어(chenier)는 폭풍이나 파랑에 의해 활발하게 육지 쪽으로 이동되고 있는 것은 상기 사실을 뒷받침한다(Lee et al., 1994; Park et al., 1996). 그러나 곰소만은 입구를 제외한 대부분 지역에서 표층 수 cm 이내에서만 서식하는 바지락이 약 20년 전부터 지금까지 양식되고 있다. 평균 양육기간이 1~2년이고 filter-feeding 방식으로 먹이를 섭취하는 바지락은 퇴적물 이동이 활발하면 서식하기 어렵기 때문에, 바지락 양육이 잘 되고 있다는 사실은, 적어도 안쪽 지역은 고 에너지가 아닌 저 에너지 퇴적환경일 가능성을 지시한다.

한편, 곰소만에는 입구 쪽에 다양한 규모의 조간대 모래톱들이 분포하며(Kim et al., 1999), 가장 두드러진

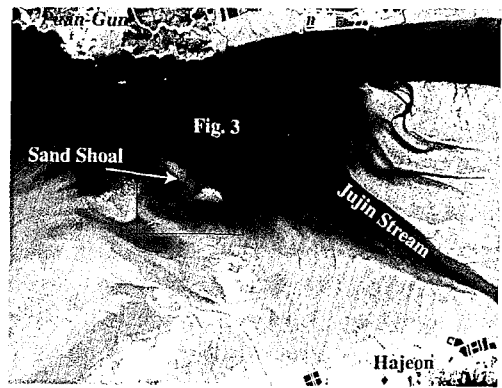


Fig. 2. Landsat TM image of Gomso Bay. Arrow indicates sand shoal.

것은 주수로 근처에 북서-남동 방향으로 약 1,300m 길이와 400m의 폭을 갖고 있다(Fig. 2). 이 모래톱은 외해에서 발생한 파랑 및 조류의 진입방향과 거의 직각을 이루고 주변보다 1m 이상 높다. 또 표층 퇴적물의 분포도 이 모래톱을 기준으로 서쪽이 사질, 동쪽이 니질 퇴적물로 명확히 구분된다. 이러한 표층 퇴적상의 급격한 변화가 모래톱의 경계에서 관찰된다는 사실은 상대적으로 고지형인 모래톱이 이 지역의 에너지 영역에 큰 영향을 미치고, 그 결과 이와 같은

표층 퇴적상과 바지락 양식장의 분포를 결정 짓는다고 추측할 수 있다. 따라서 본 논문의 목적은 조간대 모래톱이 이 지역에서 에너지와 관련하여 어떠한 역할을 하는지 알아보는데 있다.

지역개관

우리 나라 중부 서해안에 위치하는 곰소만은 길이 20km, 폭 5~8km의 깔때기 모양을 하고 있다(Fig.

1). 주변암석은 백악기 화산암과 선캠브리아시대의 편마암으로 구성되어 있다(국립지리원, 1981). 만의 북쪽에 위치하는 주수로는 최대 18.5m의 수심과 900m의 폭을 가진다. 만에 인접한 두 개의 하천은 남쪽 또는 남동 방항으로부터 조간대를 가로질러 주수로에 연결된다. 이들 하천을 통해 유입되는 세립질 육성퇴적물의 양은 매우 미세하다(Lee *et al.*, 1994).

조석은 일조부등이 거의 없는 반일주조(semidirunal tide)로서 평균조차 4.3m(대조, 5.9m; 소조, 2.8m), 최

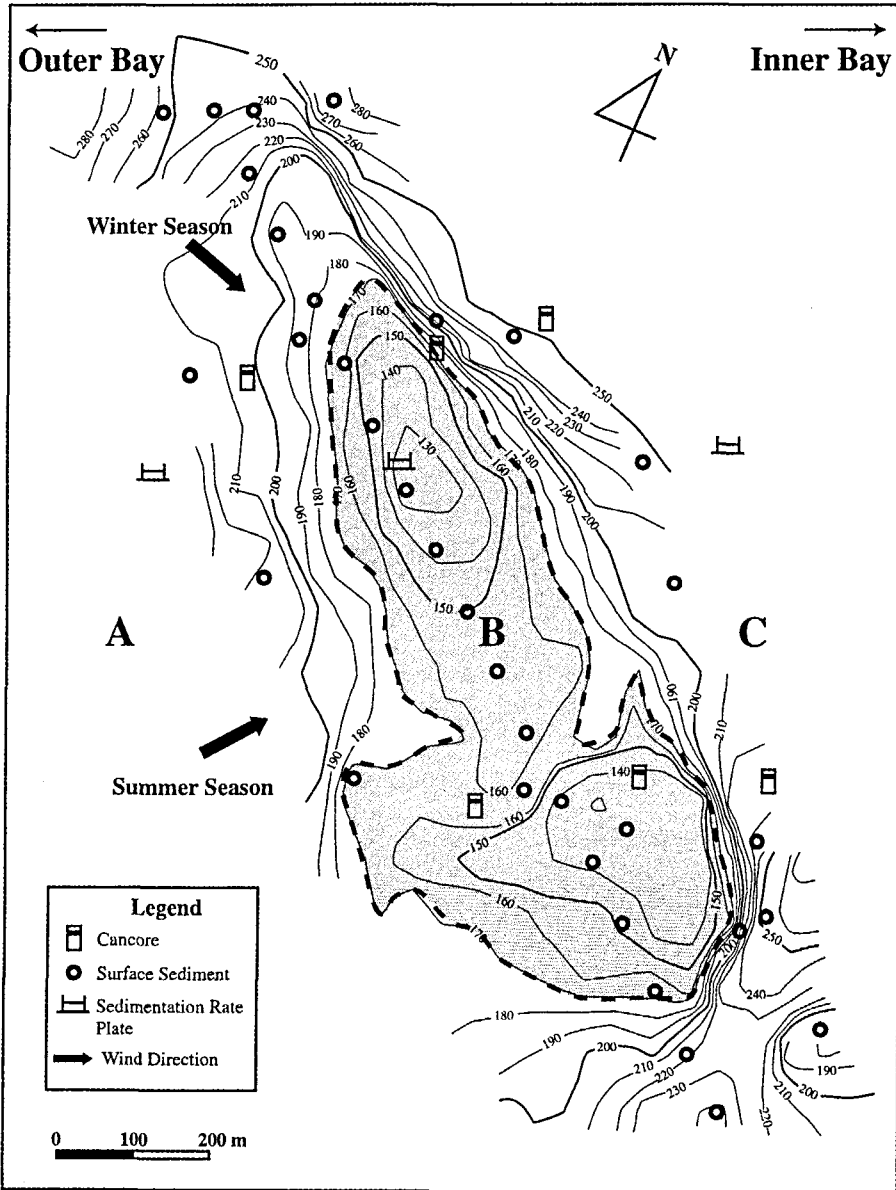


Fig. 3. Topographic map of the sand shoal. Contours in 10 cm interval.

대조차 7.2m에 이른다(국립지리원, 1981). 주수로에서 최대 유속은 창조류 1.5m/s 낙조류 1.2m/s를 나타낸다. 바람은 년 평균 4.2m/s의 북서풍이 우세하며, 겨울철에는 때때로 20m/s가 넘기도 한다. 파고는 겨울철이 평균 2m 이상이지만, 여름철은 1.5m 이내이다. 1976~1980년 사이에 관측된 자료로부터, 겨울철의 폭풍(13.5m/s 이상으로 정의)은 월 평균 4일 이상이지만, 여름철은 1일 이내이다. 간헐적으로 여름에 생긴 태풍은 2.5~5.2m 범위의 높은 파고를 나타낸다(농업진흥공사, 1989).

방 법

북쪽 주수로 부근에 위치하는 모래톱의 역할을 알아보기 위하여 50m×50m 격자의 206 정점으로 나누고, 각 지점을 mm 단위까지 측정하여 정밀 지형도를 작성하였다. 완성된 지형도의 고도를 토대로 3개 구역으로 구분하고, 조사 정점을 결정하였다. 구분된 3개 구역은 서쪽에서부터 A, B 그리고 C 구역으로 명명하였다(Fig. 3). 각 구역에서 에너지 세기를 반영할 수 있는 요소를 조사하였으며, 다음과 같은

과정을 거쳐 자료를 수집하였다. 1) 표층의 퇴적환경과 구조는 야외에서 육안관찰과 기재, 측정, 그리고 사진을 통해 정리한다. 2) 1)의 과정을 거친 후 그 구역에서 표층퇴적물을 채취하고, 실험실에서 입도 분석과 유기물 함량을 측정한다. 3) 퇴적물의 이동량은 각 구역의 대표적인 장소에 집적율 판(sedimentation rate plate)을 설치하여 매일 정기적으로 mm 단위까지 측정하여, 침식과 퇴적되는 양을 계산한다. 그리고 4) 캔 코어러 이용하여 천부 퇴적층에 보존된 퇴적구조를 분석한 후, 표층에서 관찰되는 퇴적구조와 비교한다. 최종적으로 각각의 구역에서 얻어진 위의 자료를 종합하여, 조간대 모래톱이 하는 역할을 알아본다.

지역별 특성과 분석 결과

A 구역(모래톱의 바다쪽)

완만한 경사를 가진 이 구역은 모래톱의 바다쪽으로 간조 때에는 노출된다(Fig. 3). 수심은 1.7m 보다 깊고, 서쪽 또는 북쪽 방향으로 완만하게 깊어진다. 또한 조석 변동에 따라 지표면의 노출시간은 대조일 경우 하루 중 약 4시간, 소조일 경우 거의 하루 종일

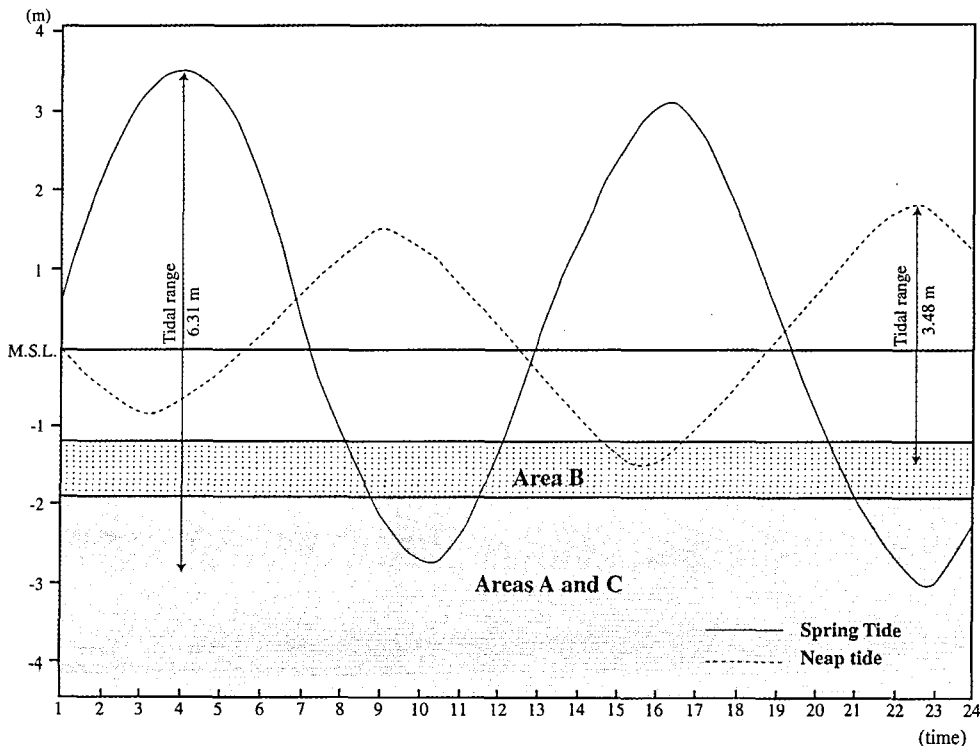


Fig. 4. Tide curves. Spring and neap tides indicate solid and dotted lines, respectively.

해수에 잠겨 있다(Fig. 4). 이러한 특징을 가지는 A 구역은 크고 작은 김 양식장이 분포하지만, 패류 양식장은 한 군데도 존재하지 않는다.

표층 퇴적물은 녹회색의 세립사로 구성되어 있으며, 1~2cm 크기의 패각을 소량 포함한다. 표층에서 관찰되는 대표적인 퇴적구조는 연흔이며, 기상에 따라 그 형태가 다르다. 즉 정상조건(fair-weather condition)의 경우는 굴곡형(Fig. 5), 폭풍조건인 경우는 혀모양(linguoid type)(Fig. 6)이 우세하다. 표층 퇴적물의 입도는, 평균 입도(mean grain-size) 2.8 ~ 3.2 ϕ , 분급(sorting) 0.85 ~ 0.92, 첨도(kurtosis) 13.53 ~ 23.55, 왜도(skewness)는 2.22 ~ 3.38의 범위를 나타낸다. 그리고 퇴적물에 포함된 유기물의 함량은 1.4 ~ 1.8%의 범위

이다(Table 1).

퇴적물의 월 평균 이동량은 70mm이며, 겨울철이 200mm, 여름철은 20mm로 계절에 따라 큰 차이를 나타낸다. 퇴적물 이동양상은 겨울철에는 퇴적물의 침식과 퇴적이 반복되지만, 여름철에는 퇴적이 지속되는 경향을 보인다. 14개월 동안 측정된 결과는 침식보다는 퇴적이 우세하고 최종적으로 약 300mm가 순수하게 집적되었다(Table 2).

25cm 두께의 캔 코어 퇴적물은 녹회색 세립사와 황색 중립사로 구성되어 있으며, 소량의 패각이 불규칙하게 분포한다(Fig. 7). 캔 코어 퇴적물은 입도와 퇴적구조로부터 3개 층으로 구분된다. 상부층은 대부분 녹회색 세립사이며, 사업층리가 발달되어 있다. 중간층은 황색 중립사이며, 희미한 평행엽층리가 발

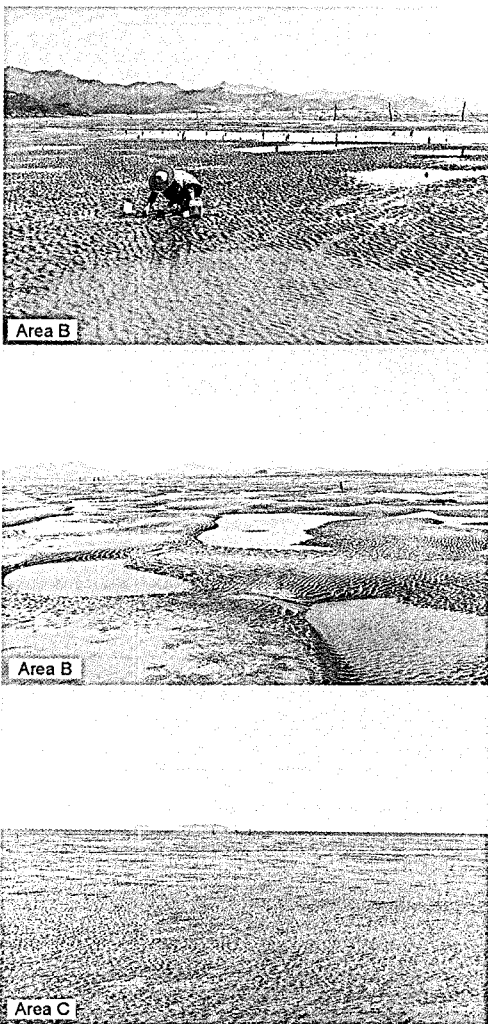


Fig. 5. Surface bedforms under storm conditions.

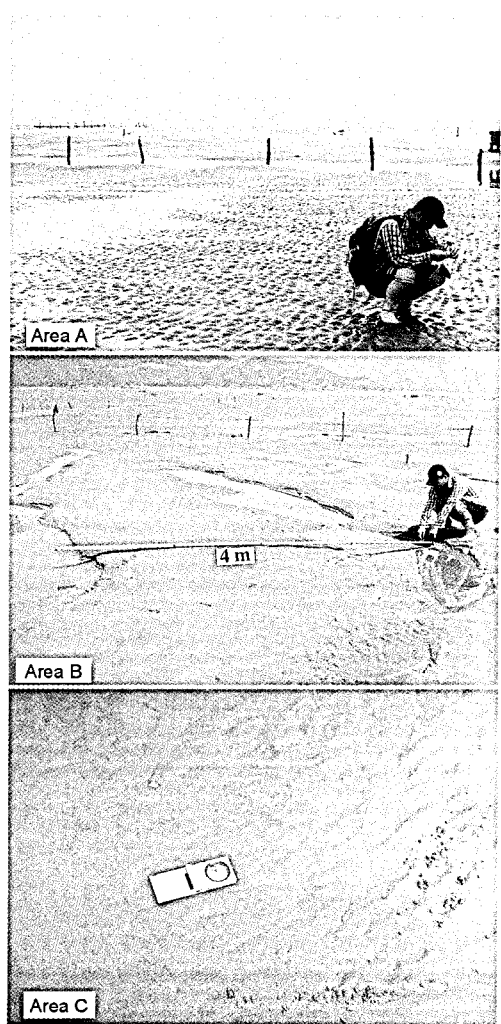


Fig. 6. Surface bedforms under fair-weather conditions.

Table 1. Organic matter content and grain-size data of the A, B and C areas.

Area	Mean grain size	Sediment type	Sort.	Skew.	Kurt.	Organic matter content (%)
A	2.8 ~ 3.2 ϕ	fine sand	0.85 ~ 0.92	2.2 ~ 2.4	13.5 ~ 23.6	1.4 ~ 1.8
B	2.5 ϕ	medium sand	0.72 ~ 0.96	1.6 ~ 5.5	8.0 ~ 49.0	1.4 ~ 1.8
C	4.5 ~ 5.5 ϕ	coarse silt	0.78 ~ 1.34	1.9 ~ 2.9	8.0 ~ 20.0	4.0 ~ 5.0

Table 2. Accumulation rate measured in the A, B and C areas.

Area	Accumulation rate (a month)	Season	
		summer	winter
A (offshore)	73.3 mm	20 mm	201 mm
B (sand shoal)	31.7 mm	31 mm	28 mm
C (onshore)	12.3 mm	4 mm	17 mm

달하고 있다. 하부층은 녹색 세립사로 구성되며, 평행엽층리가 발달하며, 황색 중립사가 렌즈상으로 혼합되어 있다. 캔 코어 퇴적물 내에서 생물교란구조의 발달은 미약하며, 사업층리로부터 유추된 수류방향은 서쪽에서 동쪽방향의 흐름을 지시하는 것이 우수하다.

B 구역(모래톱 본체의 부분)

이곳은 A와 C 구역 사이에 위치하는 조간대 모래톱이며, 3개 구역 중 고도가 가장 높은 곳이다. 약 400 ~ 500m의 폭과 1300m 길이를 가지는 모래톱은 두 개의 봉우리로 구성되어 있다(Fig. 3). 고도는 북서-남동 방향에서 가장 높고, 비교적 서쪽의 사면은 완만하고 동쪽은 급경하다. 평균해수면을 기준으로



Fig. 8. Surf zone observed near the sand shoal.

1.2 ~ 1.7m 범위의 수심을 가지는 이 곳은 조석 변동에 따라 하루 중 지표면에 노출되는 시간은 대조일 경우 6시간, 소조일 경우는 1시간 30분 정도이다. 특히 조위의 변동 과정에서 창조류 때 해수면이 모래톱 근처에 도달하면, 쇄파대가 형성된다(Fig. 8). 이러한 표층 퇴적환경에는 어떠한 양식장도 조성되어 있지 않다.

표층퇴적물은 황색 중립사로 구성되어 있으며, 패각은 거의 없다. 모래톱 위에서 관찰되는 대표적인 층면구조로서는 주로 사구가 관찰된다. 이들 사구의

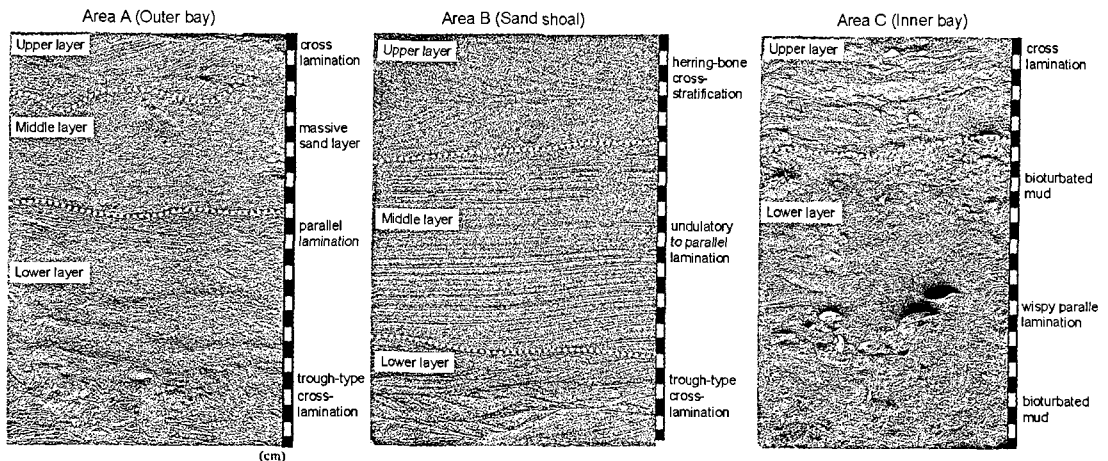


Fig. 7. Representative can-core sediments in each area.

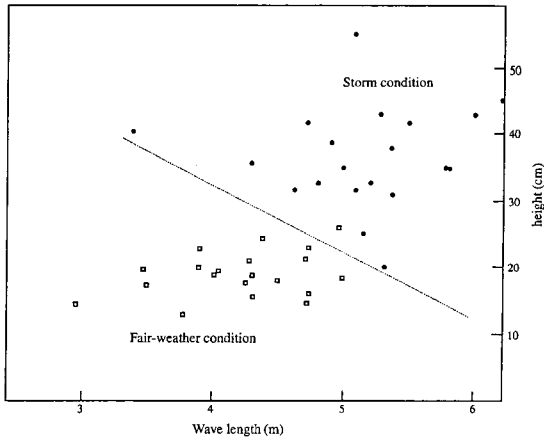


Fig. 9. Dunes (fair-weather and storm condition).

형태도 기상에 따라 분포나 크기가 다르게 나타난다. 정상조건인 경우 사구의 분포는 고도가 높은 지역에서만 관찰되고, 평균 파장은 4m, 높이 20cm 정도를 나타낸다. 또 폭풍조건인 경우는 모래톱의 표층 전체에서 관찰되며, 파장은 5m, 높이가 35cm를 나타낸다. Fig. 9에서도 표시하였듯이 그 크기는 폭풍과 정상조건 때 형성된 것이 명료하게 구분된다. 표층퇴적물의 입도 특성은, 평균 입도 약 2.5 ϕ , 분급 0.72~0.96, 침도 8.0~49.0, 그리고 왜도는 1.60~5.49의 범위를 나타낸다. 그리고 표층 퇴적물에 포함된 유기물 함량은 1.4~1.8%의 범위를 나타낸다(Table 1).

퇴적물의 월 평균 수직 이동량은 7~162mm로 측정 위치에 따라 크게 다르다. 고도가 높은 곳에서는 7~15mm의 퇴적물이 이동되고 있지만, 완만한 서쪽 사면에서는 162mm의 많은 퇴적물이 이동되고 있다. 특히 서쪽 사면은 집적을 판이 몇 번이나 파도에 의해 유실될 정도로 퇴적물 이동이 활발한 곳이다. 이러한 이유 때문에 14개월 동안 불과 4회만 측정이 가능하였으며, 4회의 결과 값도 퇴적과 침식이 반복되고 있다(Table 2).

캔 코어 퇴적물은 황색 중립사로 구성되어 있으며, 패각은 거의 포함되어 있지 않다(Fig. 7). 캔코어 퇴적층은 3개 층으로 구분되며, 상부층은 무구조의 층과 청어뼈형 사층리로 구성되어 있다. 중간층은 평행엽층리가 두껍게 발달하고 있으며, 그 각도는 10° 이하의 저각도로서 층의 두께가 측방으로 갈수록 두꺼워지거나 얇아지는 특징을 가진다. 하부층은 곡형 사층리가 잘 발달하고 있다. 채취된 캔 코어에는 저서생물에 의해 교란된 퇴적구조는 거의 발달되어 있

지 않다.

C 구역(모래톱의 해안쪽 부분)

이곳은 모래톱의 동쪽에 인접하며, 곰소만의 안쪽 부분이다. 약 1.7m 보다 깊은 수심과 완만한 경사를 나타내며, 서쪽의 모래톱으로부터 동쪽으로 갈수록 깊어진다. 조석 변동에 따른 지표면의 노출 시간은 A 구역과 동일하다. 그러나 A 구역과의 차이점은 이 구역의 해수면이 모래톱의 정점 부근에 위치할 때, 외해에서 발생한 파랑 또는 조류가 상대적으로 높은 B 구역을 거치지 않으면 이곳에 도달할 수 없다는 것이다. 이러한 퇴적환경을 가지는 이 구역에는 약 150개의 크고 작은 바지락 양식장이 존재한다.

표층 퇴적물은 녹회색 니질 퇴적물로 구성되어 있으며, 패각을 다량 포함하고 있다. 표층에서 관찰되는 층면구조는 연흔 또는 무구조이며, 기상에 따라 그 형태가 변화한다. 연흔은 모래톱의 인접한 동쪽에서 주로 관찰되며, 보다 안쪽 지역으로 가면 무구조가 우세하다. 정상조건인 경우 연흔의 평면 형태는 굴곡형이, 폭풍조건인 경우는 혀모양 형태가 우세하다. 퇴적물의 입도 특성은 평균 입도가 4.5~5.5 ϕ , 분급은 0.78~1.34, 침도는 8.0~20.0, 왜도는 1.85~2.91의 범위를 가진다. 그리고 표층퇴적물에 포함된 유기물의 함량은 4.0~5.0%의 범위로 포함되어 있다(Table 1).

퇴적물의 월 평균 이동량은 10~15mm로 퇴적물의 이동량을 표시하고 있다. 퇴적물의 집적양상은 침식과 퇴적을 반복하고 있으며, 1년 동안 측정된 자료를 비교하면 거의 평형상태를 유지하고 있다. 퇴적물의 월 평균 수직 집적량은 겨울철에 20mm, 여름철이 10mm이다. 퇴적물의 집적량은 1년 내내 거의 비슷하며, 급격한 변화는 관찰되지 않는다. 전체적으로는 퇴적이 약간 우세하다(Table 2).

캔 코어 퇴적물은 대부분 녹회색 니질 퇴적물이고, 일부 황색 중립사가 협재되어 있다. 또 패각은 표층과 유사하게 다수 포함되어 있으며, 강하게 층리화 되어 있는 것이 특징이다. 캔 코어 퇴적층은 그 특징으로부터 2개의 층으로 구분된다. 상부층은 주로 황색 중립사이고, 일부 녹회색 세립사가 협재되어 있다. 이곳에서는 희미한 평행엽층리가 발달되어 있으며 일부 층에서는 구조가 관찰되지 않는다. 하부층은 녹회색 니질 퇴적물로 구성되어 있으며, 평행엽층리가 잘 관찰된다. 전체적으로 캔 코어 퇴적물은 생물 교란구조가 잘 발달되어 있다.

토 론

파랑은 그 세기에 따라 퇴적물의 움직임에 큰 영향을 미치며, 또 지형의 영향에 따라 그 세기가 변화할 수 있다. 따라서 동일 지역에서 현저한 지형 변화는 파랑 에너지의 세기를 다르게 할 수 있다. 동일 지역에서의 에너지 차이는 표층 퇴적물의 움직임과 그에 따른 층면구조를 다르게 하는 직접적인 원인이 된다. 예를 들면, 사주는 외해에서 접근하는 파랑을 막아줌으로서, 이것을 경계로 안쪽과 바깥쪽의 에너지 영역을 다르게 한다. 그 결과, 두 지역의 표층에서 나타나는 퇴적구조나 입도 특성은 다르게 된다.

본 연구 지역에서 구분된 3개 구역에서 관찰되는 대표적인 퇴적구조는 혀모양 연흔(A 구역), 사주(B 구역) 그리고 굴곡형 연흔(C 구역)으로 서로 인접한 구역임에도 불구하고 다른 형태를 나타낸다. 표층에서 관찰되는 다른 형태의 퇴적구조는 각 구역에서 분명한 에너지의 차이가 있음을 의미하는 것이다. Harms *et al.*(1982)은 수류의 세기와 입자 크기와 관계에서 형성될 수 있는 층면구조를 한정지었다. 예를 들면, 0.1~0.2mm의 입자로 구성된 퇴적물에 유속을 점진적으로 증가시키면, 정지상태 → 작은 연흔 → 큰 규모의 연흔 → 상부유권 평행층리 → 안티둔(antidune)로 그 형태가 연속적으로 바뀌어 진다. 또 연흔의 경우도 수류의 세기가 점진적으로 증가하면, 평면의 형태는 직선형 → 굴곡형 → 혀모양으로 연속적으로 변화한다(Reineck and Singh, 1980). 따라서 표층에서 관찰되는 퇴적구조로부터, 에너지의 세기는 B, A, C 구역 순서로 약화되고 있음을 시사한다.

표층 퇴적물은 A 구역이 세립사, B 구역이 중립사 그리고 C 구역은 조립질 실트로 구성되어 있다. 표층에 분포하는 퇴적물의 크기도 에너지 세기를 반영하며, 조립할수록 고 에너지 환경임을 의미한다. 이것을 토대로 에너지의 세기는 역시 B, A, C 구역 순서로 약화되고 있으며, 표층에서 관찰되는 퇴적구조의 결과와도 잘 일치한다. 퇴적물에 포함된 유기물의 함량은 입자의 크기에 반비례하므로, 상대적으로 조립질 퇴적물인 A와 B 구역은 1.4~1.8%의 범위를 세립질 퇴적물인 C 구역은 3.1~5.1%로서 높은 함량을 보인다.

표층 퇴적물의 이동량도 에너지 세기를 반영하며, 고 에너지 환경일수록 많은 양의 퇴적물이 이동된다. 3개 구역에서 측정된 퇴적물의 이동량(집적량)은 상

대적으로 A와 B 구역이 높고, C 구역이 낮다. 특히 A와 B 구역의 일부 정점에서는 이동량을 측정하기 위해 설치한 집적을 판이 몇 번이나 유실되었다. 집적을 판은 노출된 조간대 표면에서 30cm 깊이에 묻고, 매월 측정하기 때문에 월 평균 수 cm의 퇴적물이 이동되는 에너지 환경에서 유실되기는 매우 어렵다. 그러나 이 구역에서 측정된 월 평균 최대 이동량은 267mm로 300mm에 가깝고, 사람의 출입이 거의 없는 구역인 것을 감안하면, 집적을 판의 유실은 인위적이기 보다 자연적인 퇴적물 이동에 따라 유실되었을 가능성이 높다. 따라서 A, B 구역에서 퇴적물 이동은 매우 활발하다고 할 수 있다. 그러나 C 구역은 집적을 판이 유실되는 경우 없이 연속적으로 측정이 가능하였다(Table 2). 또 측정기간 동안 퇴적물이 급격하게 이동한 경우는 관찰되지 않았고, 그 결과도 월 평균 10mm 정도로 매우 안정적이다.

이상의 결과로부터 퇴적물 이동은 A, B 구역 중 어디가 더 활발한지 언급하기 어렵다. 그러나 A, B 구역이 C 구역보다는 퇴적물 이동이 활발한 것은 확실하다. 또 1991~1992년 동안 A, B 구역에 해당하는 구역에서 측정된 순수 집적율은 200mm/yr 값을 보고된 것으로부터도 이 구역 퇴적물의 움직임은 매우 활발하다고 평가된다(Lee *et al.*, 1998). 또 영광의 백수 조간대 경우는 월 평균 100~200mm가 합평만이나 남양만은 월 평균 10~20mm의 퇴적물이 이동되는 것으로 보고되었다(Frey *et al.*, 1987; 류상욱, 1999; Yang, 2000). 집적율의 결과 값으로부터 A, B 구역은 외해를 향해 완전히 열려 있는 영광 백수조간대와 유사하며, C 구역은 합평만이나 남양만과 같이 반 폐쇄된 지역의 퇴적물 이동량과 유사하다.

생물교란구조의 발달 정도도 에너지의 세기와 밀접한 관련을 갖는다. 에너지가 강한 환경이면 많은 퇴적물의 이동하므로, 저서생물이 서식하기 어렵다. 저서생물이 서식하기 어려운 환경이면, 그들이 살았던 흔적은 남길 수 없다(Weimer *et al.*, 1992). 각 구역의 천부 퇴적상에서도 생물교란구조는 A, B 구역에서는 거의 관찰되지 않지만, C 구역에서는 잘 관찰된다. 이와 같이 생물교란구조의 발달 정도도 역시 A, B 구역이 C 구역보다 고 에너지 환경임을 반영하는 것이다.

천부퇴적층에 기록된 퇴적구조도 A, B 구역에서는 상부유권 평행층리 또는 언덕사층리(hummocky cross-stratification)가 주로 관찰되지만, C 구역에서는 lower

pland bed 또는 사염층리가 주로 관찰된다(Fig. 7). 이상과 같은 표층의 퇴적구조는 이미 표층에서 관찰된 모습과 잘 일치하고 있다. 위의 모든 결과 값을 종합하면, 에너지 영역이 가장 큰 곳이 B 구역, 그 다음이 A 구역 그리고 가장 약한 곳이 C 구역이라고 할 수 있다.

곰소만의 경우, 외해에서 바람에 의해 발생한 파랑은 기본적으로 서쪽에서 동쪽으로 전파된다. 또 조류는 동서방향으로 주기적으로 변화하며, 창조류 때에는 바람 방향과 일치해 보다 강한 에너지 환경을 조성한다. 따라서 A 구역으로 대표되는 만 입구 주변은 외해에서 발생한 파랑의 직접적인 영향을 받고, 그것은 퇴적물의 크기, 퇴적구조, 이동량, 그리고 생물교란작용의 정도의 결과 값으로부터 비교적 강한 에너지에 의해 지배되는 퇴적환경으로 해석할 수 있다. 계속해서 파랑은 A에서 B 구역으로 이동하고, 이 때 수심은 점차적으로 알아진다. 수심이 알아지면, 파고가 높아지고 유속은 빨라지므로 B 구역은 상대적으로 A 구역보다 강한 에너지 환경으로 변화한다. 그리고 이러한 상황은 표층의 파랑이 부서지기 전까지 계속되며, 결국 어느 한계에서 파가 부서지면 에너지의 상당 부분이 손실된다(Fig. 10). 에너지의 일부를 잃어버린 파랑은 C 구역의 동쪽으로 연속적으로 진행하며, 이 때 파랑 에너지는 A나 B 구역보다 작게된다. 이러한 해석으로부터 강한 에너지 영역 순서로부터 나열하면, B → A → C 구역이다.

결과적으로 곰소만의 하부 조건대에 분포하는 모래톱은 외해에서 유입하는 파랑 에너지를 막아주는 일

종의 방파제 역할을 하고 있다. 지금까지 한국의 조건대에 시주섬이 없음에도 불구하고, 비교적 안정된 환경으로 유지되고 있었던 것은 만의 입구 쪽에 분포하는 크고 작은 다수의 모래톱이 입구 쪽에서 에너지를 분산시키거나 또는 막아줌으로써, 일부 시주섬의 역할을 대신하는 것으로 해석된다.

결론

곰소만 중앙부에 발달하는 모래톱(B 구역)과 모래톱의 바다 쪽(A 구역)과 육지 쪽(C 구역)에서 관찰되고 분석된 퇴적학적인 자료는 다음과 같다. 바다 쪽은 세립사로 구성된 허모양의 연흔이 우세하고 생물교란구조가 거의 발견되지 않으며, 월 평균 70mm의 집적율을 보여준다. 모래톱에서는 중립사로 구성된 사구가 주로 관찰되고, 생물교란구조가 발달되지 않으며 월 평균 30mm의 집적율을 나타낸다. 육지 쪽은 조립질 실트로 구성된 굴곡형 연흔이 우세하고 생물교란구조가 잘 발달되어 있으며 월 평균 10mm의 집적율을 보여준다. 이러한 퇴적 특징은 육지 쪽보다는 바다 쪽이 고 에너지 환경이고, 특히 모래톱에서 가장 강한 에너지 환경임을 의미한다. 즉, B → A → C 구역 순으로 에너지가 약화되며, 그것은 다음과 같이 설명할 수 있다. 외해에서 형성된 파랑이 곰소만 내로 전파될 때, 상대적으로 고지형인 모래톱과 만나게된다. 모래톱의 정상부로 갈수록 수심은 현저히 알아지므로 파랑의 에너지는 점점 증가하여, 모래톱 외측 사면에서 쇄파되면 그 에너지는 급격히 약

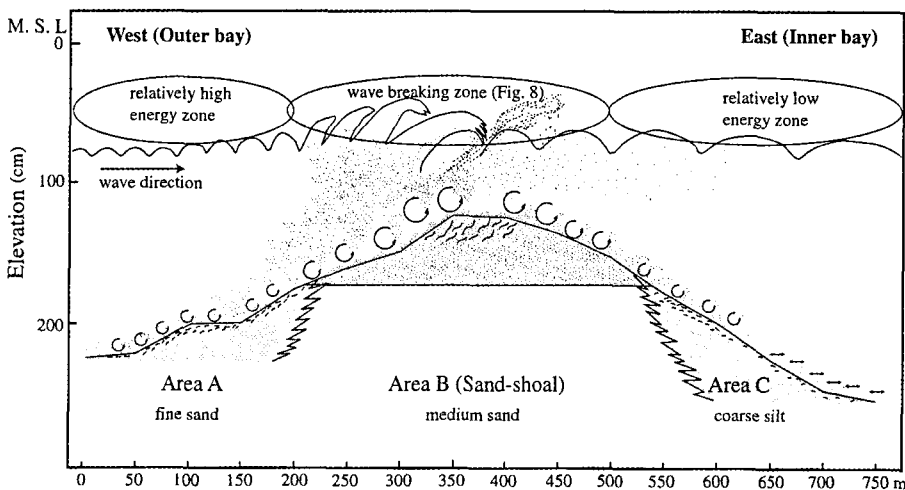


Fig. 10. Schematic map shows energy regime change near the sand shoal.

화된다. 이러한 일련의 과정으로부터 곰소만 중앙부에 발달하는 모래톱은 파랑의 에너지를 막아주는 방파제의 역할을 하여, 만의 안쪽 지역을 저 에너지 환경으로 유지시키고 있다고 결론 지을 수 있다. 또한 만 안쪽 지역에서만 바지락 양식이 성행하고 있는 것도 위의 사실을 뒷받침하는 것이다.

사 사

본 연구는 1998년도 해양수산부 수산특정연구개발 과제(19980002)의 연구비로부터 지원을 받아 수행하였습니다. 위성사진 자료를 제공해 준 연세대 원종선 교수와 류주형 박사, 그리고 야외조사와 실험을 도와 준 손창수군에게도 많은 감사를 드립니다. 그리고 본 논문을 심사해 주신 연세대 유강민 교수님과 익명의 심사위원에게도 감사드립니다.

참고문헌

- 국립지리원, 1981, 연안해역 기본조사 보고서(석포지구), 56 p.
- 농업진흥공사, 1989, 새만금 지구 파랑관측 조사연구, 307 p.
- 류상욱, 1998, 한국 서남해안 합평만의 퇴적환경과 층서. 전남대학교 박사학위논문, 247 p.
- Alexander, C.R., Nittrouer, C.A., Demaster, D.J., Park, Y.-A., and Park, S.-C., 1991, Macrotidal mudflats of the southwestern Korean coast: A model for interpretation of intertidal deposits. *Journal of Sedimentary Petrology*, 61-5, 805-824.
- Chun, S.S., Lee, H.J., Shin, D.H., Yoo, H.R., and Han, S.J., 1992, Sedimentological implications of vertical and lateral facies changes in the modern, non-barred macrotidal flats of the west coast of Korea. *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, v. 151, 16-18.
- Dalrymple, R.W., Knight, R.J., Zaitlin, B.A., and Middleton, G.V., 1990, Dynamics and facies model of a macrotidal sand-bar complex, Cobequid Bay-Salmon river estuary (bay of Fundy). *Sedimentology*, 37, 577-612.
- Dalrymple, R.W., Zaitlin, B.A., and Boyd, R., 1992, Estuarine facies models: Conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Petrology*, 62-2, 1130-1146.
- Frey, R.W., Howard, J.D., Han, S.-J., and Park, B.-K., 1987, Sediments and sedimentary sequences on a modern macrotidal flat, Incheon, Korea., *Journal of Sedimentary Petrology*, 59-1, 28-44.
- Harms, J.C., Southard, J.B., and Walker, R.G., 1982, Structures and sequences in clastic rocks: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Lecture Notes for Short Course No. 9.
- Kim, Y.H., Lee, H.J., Chun, S.S., Han, S.J., and Chough, S.K., 1999, Holocene transgressive stratigraphy of a macrotidal flat in the southeastern Yellow sea: Gomso Bay, Korea. *Journal of Sedimentary Research*, 69-2, 328-337.
- Lee, H.J., Chun, S.S., Chang, J.H., and Han, S.J., 1994, Landward migration of isolated shelly sand ridge (Chenier) on the macrotidal flat of Gomso Bay, west coast of Korea: Controls of storms and typhoon. *Journal of Sedimentary Research*, 64-4, 886-893.
- Lee, H.J., Kim, Y.S., and Chu, Y.S., 1998, Sedimentology of tidal flats on the west coast, Korea. *Ocean Research*, 20-2, 153-165.
- Park, Y.-A., Chang, J.H., Lee, C.H., and Han, S.J., 1996, Controls of storms and typhoons on chenier formation in Komso Bay, Western Korea. *Journal of Coastal Research*, 12-4, 817-822.
- Reineck, H.E. and Singh, I.B., 1980, Depositional sedimentary environments with reference to terrigenous clastics. Springer-Verlag, 549 p.
- Weimer, R.J., Howard, J.D., and Lindsay, D.R., 1992, Tidal flats and associated tidal channel. In Sandstone depositional environments edited by Scholle, P.A. and Spearing, D., 191-245.
- Wells, J.T., Adams, C.E. Jr., Park, Y.-A., and Frankenberg, E.W., 1990, Morphology, sedimentology, and tidal channel processes on a high-tide range mudflat, west coast of South Korea. *Marine Geology*, 95, 111-130.
- Yang, B.C., 2000, Seasonal cycle of surface sediment distribution and evolution of sedimentary facies on the Baeksu intertidal flat, southwestern open coast of the Korean Peninsula. M.A. thesis, Chonnam National University, 147 p.

2000년 1월 12일 원고 접수
2001년 3월 22일 수정원고 접수
2001년 4월 7일 원고 채택