

서해남부 무안만의 표층퇴적물의 분포와 조간대 퇴적률

류상옥^{1,*} · 김주용¹ · 장진호²

¹전남대학교 지구환경과학부, 500-757 광주광역시 북구 용봉동 300

²목포대학교 해양자원학과, 534-729 전남 무안군 청계면 도림리 61

Distribution of Surface Sediments and Sedimentation Rates on the Tidal Flat of Muan Bay, Southwestern Coast, Korea

Sang Ock Ryu^{1,*} · Joo Young Kim¹ · Jin Ho Chang²

¹Faculty of Earth Systems and Environmental Sciences, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

²Department of Marine Resources, Mokpo National University, Muan 534-729, Korea

Abstract: To consider the distribution of the surface sediments and sedimentary processes in tidal flat after the construction of sea-walls in the semiclosed Muan Bay, the southwest coast of Korea, studies on the sediments and sedimentation rates along two transect lines from February 1999 to March 2000 were carried out. The surface sediments in the bay are classified into 5 facies on the basis of textural parameters. The gravelly sediments including the cobbles and pebbles deposited in the bay-mouth are relic sediments which are formed in nearshore and fluvial environments at the low stand of sea level. In addition, it is considered that the muddy sediments widely distributed on the tidal flat might be originated from suspended matter transported from several rivers and/or offshore. Although the sedimentation rates on the tidal flat vary with season, their estimation rates are -8.9 mm/yr on Line-GR and -48.9 mm/yr on Line-YH, respectively. The erosion-dominated processes in the tidal flat would be caused by strengthened ebb tides due to the decrease of tidal choking at Mokpogu and the migration of tidal currents at the bay-mouth. The hydrodynamical changes mentioned above are interpreted to be occurred after/before the construction of sea-dike/sea-walls in coastal zone of Mokpo.

Key words: Muan Bay, surface sediment, sedimentation rate, sea-dike/sea-wall, tidal choking, erosion-dominated environments

요약: 무안만에서 표층퇴적물의 공간적 분포와 하구언 건설에 따른 조간대의 퇴적작용을 조사하기 위하여 표층퇴적물을 채취하고 2개의 측선상에서 1998년 12월부터 2000년 3월까지 모니터링을 실시하였다. 표층퇴적물은 만입구 주변에 분포하는 연안 또는 하성 기원의 조립질퇴적물과 만 내에 광범위하게 분포하는 서해안의 여러 강과 외해에서 공급된 세립질퇴적물로, 조직 특성에 따라 5개의 퇴적상으로 구분된다. 비록 조간대의 퇴적물은 계절에 따라 다른 양상을 보이나 이들 추정값은 측선-GR에서 -8.9 mm/yr, 측선-YH에서 -48.9 mm/yr로 크게 침식되는 경향을 보였다. 이와 같은 침식우세현상은 하구언과 방조제 건설에 따른 수류의 변형에 기인한 것으로, 하구언과 방조제가 건설된 이전에는 서측 만입구를 통해 해수의 유동이 활발하였으나 건설된 이후에는 남측 만입구를 통해 해수의 유동이 활발해지고 목포구에서 조석필터효과 상실에 의해 남측 만입구에서 낙조우세가 더욱 심화되어 조간대의 침식작용이 가속되는 것으로 해석된다.

주요어: 무안만, 표층퇴적물, 퇴적률, 하구언/방조제, 조석필터효과, 침식우세환경

서론

황해의 남동쪽에 위치하는 한국의 서해안은 마지막

최대빙하 발달시 현세(Holocene) 해수면상승에 의해 침강된 리아형 해안으로 지형적 특징에 따라 개방적인 해안(open coast)과, 반폐쇄적인 해안(semi-enclosed coast)으로 구분된다(이창복 외, 1992; Lee *et al.*, 1994; Park *et al.*, 1995; Chun *et al.*, 1998; 류상옥 외,

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

1999b; Lee *et al.*, 1999). 개방적인 해안의 경우, 몬순 계절풍의 영향에 따라 겨울에는 빈번하게 발생하는 폭풍 등에 의해 세립질퇴적물이 뚜렷하게 침식되는 반면, 여름에는 저에너지 환경이 조성되어 세립질퇴적물이 집적되는 이원적 계절변화를 보인다(Chun *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 1999). 그러나 반폐쇄형 해안에서는 계절풍의 영향에 따라 일차적으로 퇴적작용이 지배되지만, 내만역의 형태나 조류로 및 조간대의 발달양상 등과 같은 지형적 요인이 중요한 영향을 미치면서 개방형 해안과는 달리 복잡한 퇴적양상을 보인다(류상욱 외, 1999b; 장진호·최진용, 1998; 류상욱 외, 1999a; 류상욱 외, 2000; 추용식 외, 2000).

연구지역인 무안만은 남서쪽의 압해도와 무안반도에 의해 둘러 쌓인 반폐쇄된 해역으로, 만입구 주변에는 장울도와 놀도, 달리도 등의 도서가 보호섬의 형태로 존재할 뿐만 아니라 남측 만입구는 목포구를 통해 영산강하구연과 영암방조제, 금호방조제와 연결되어 있다. 이들 하구연과 방조제는 1973년부터 시작된 영산강유역 개발사업에 따라 건설되었으며, 이러한 간척과 매립은 조랑(tidal transport)과 조류속의 감소 및 조위상승 등의 수류 변형을 유발하였으며(최병호, 1984; 정명선, 1992), 이에 따라 퇴적물의 운반양상에 심각한 변화가 초래되어 표층퇴적물의 입도와 퇴적률에 많은 변화가 일어날 것으로 예측되고 있다(Kang, 1999; 류상욱 외, 2000).

한편, 조간대에서 표층퇴적물의 입도와 퇴적률에 관한 연구는 지질학자 및 토목공학자들의 중요한 관심의 대상임에도 불구하고 접근의 어려움으로 인해 대단히 미흡한 실정이다(Chun *et al.*, 1998; 장진호·최진용, 1998; 류상욱 외, 1999b; Lee *et al.*, 1999). 또한 조간대 퇴적물의 퇴적률에 관한 기존 연구의 대부분도 주상시추코아 또는 캔코아 시료를 ^{210}Pb 과 같은 방사성동위원소의 반감기를 이용하여 측정함으로써(Alexander *et al.*, 1991; Nittrouer *et al.*, 1979; 한국해양연구소, 1991), 현생퇴적환경에서 단기간의 환경변화에 따른 퇴적환경 변화를 비교적 긴 반감기를 갖는 방사성동위원소를 이용하여 측정할 수 없기 때문에 이해하기는 곤란하다.

따라서, 본 연구에서는 계절풍의 영향을 강하게 받고 영산강하구연 및 영암·금호방조제 건설에 따라 해황 변화가 예측되는 무안만을 대상으로 표층퇴적물의 공간적 분포를 밝히고, 1년 동안에 걸친 조간대 모니터링 자료에 근거하여 퇴적물의 퇴적작용을 구명

하는 데 그 목적이 있다.

지역개관

한반도의 서해 남부에 위치한 무안만은 최대폭 약 8km, 길이 약 21km로 남-북 방향으로 발달되어 있다(Fig. 1). 만의 지형은 크게 만입구(bay-mouth)와 주조류로(main tidal channel), 조간대(intertidal flat)로 구분된다. 만입구는 만의 서측과 남측에서 압해도와 육지 사이에 폭 1km 내외로 좁고 길게 발달되어 있고, 서측 만입구는 탄도만(Tando Bay)과 남측 만입구는 목포구(Mokpogu)와 연결되어 있다. 주조류로는 서측 만

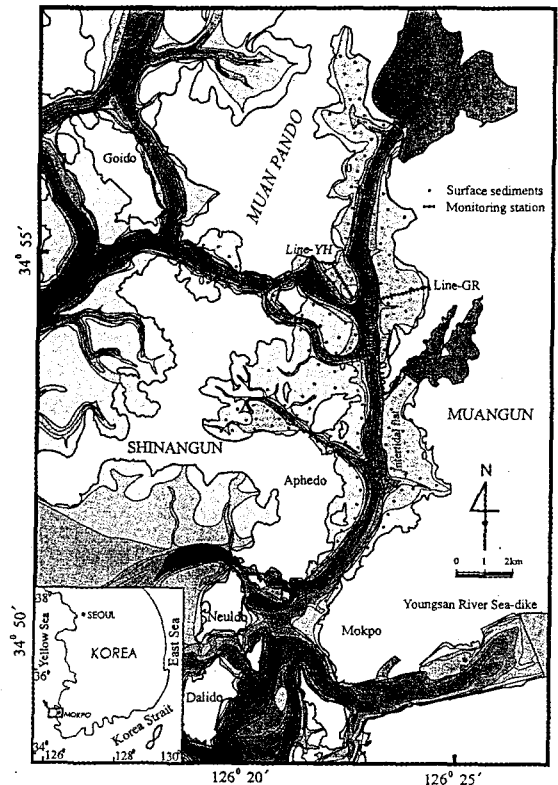


Fig. 1. Location map of Muan Bay showing bathymetry and sampling stations in the study area. Two transects (Line-GR and Line-YH) across the tidal flat are subject to precise leveling at regular intervals of 100 m. Bathymetry (relative to mean sea level) is from National Geography Institute (1982); depth in meter. Note that the main tidal channel is narrow, extending from the bay-mouth along the south and west coast of the bay, and the intertidal flat lies on the margin of the main tidal channel. South bay-mouth was contacted Youngsan River sea-dike.

입구에서는 동서방향으로, 남측 만입구에서는 남-북 방향으로 1km 내외의 폭으로 만의 중심부를 따라 발달되어 있으며, 수심은 서측 만입구에서 약 16m, 남측 만입구에서 약 27m로 깊고, 동측과 북측으로 가면서 점진적으로 알아지는 경향을 보인다. 조간대는 남-북 방향의 주조류로 가장자리를 따라 발달하며, 만의 북측과 동측 일부에는 제방이 건설되어 있다(Fig. 1).

조석의 조위는 반일주조(semidiurnal tide)로 일조부등(diurnal inequality)이 관찰되며, 서측 만입구에서 소조차는 206.8cm, 대조차는 395.4cm, 평균조차는 301.0cm인 반면, 남측 만입구에 근접한 목포항에서 소조차는 181.8cm, 대조차는 356.2cm, 평균조차는 269.0cm이다(국립지리원, 1982). 조차에 근거한 Davies (1964)의 분류기준에 의하면 중조차 환경(mesotidal environment)에 속한다. 조류의 최강유속은 서측 만입구에서는 창조시 65cm s^{-1} , 낙조시 76cm s^{-1} , 남측 만입구에서는 창조시 104cm s^{-1} , 낙조시 174cm s^{-1} 로 낙조류의 세기가 우세한 비대칭현상을 보였다(류상욱 외, 2000).

풍속은 연평균 4.2m s^{-1} 로 겨울에는 북풍계열, 여름에는 남동풍계열이 우세하다. 13.9m s^{-1} 이상의 폭풍은 연평균 26일의 빈도로 겨울철에 집중적으로 발생한다. 본 연구가 진행되었던 1999년 2월부터 2000년 2월까지도 총 23일 동안 발생하여 이 중 17회가 겨울철에 집중되어(기상청, 1999) 기상의 계절적 변화가 비교적 심하였다. 태풍(17m s^{-1} 이상의 열대성 저기압)은 주로 여름철에 집중되어 연평균 2.2회가 서해를 통과하는데(류상욱, 1998), 본 연구가 진행되었던 1999년에는 5개의 태풍이 한반도에 영향을 미쳤고 그 중 4개(Neil, Olga, Paul, Ann)가 서해안을 통과하였다.

조사 및 분석방법

표층퇴적물의 공간적 분포를 조사하기 위하여 1998년 7월 조하대 및 조간대에서 총 181개의 표층퇴적물을 채취하였다(Fig. 1). 또한 조간대에서 표층퇴적물의 계절적 변화를 조사하기 위하여 무안만 조간대를 대표할 수 있는 구로리 조간대(Line-GR)와 영해촌 조간대(Line-YH)의 측선상에서 1999년 2월부터 2000년 3월까지 2개월 간격으로 7회에 걸쳐 반복하여 196개의 표층퇴적물을 채취하고 퇴적물을 측정하였다. 시료채취는 조하대에서는 채니기(Lafond-type grab sampler)를, 조간대에서는 표층 2cm 이내에서

플라스틱 스푼을 이용하였으며, 이들의 위치는 GPS (GARMIN 100 SRVY II, USA)를 사용하여 측정하였다. 퇴적물은 해저면 아래의 일정 깊이에 $30 \times 30\text{cm}$ 의 아크릴판(기준점)을 설치하고, 주위 환경과 동화될 수 있도록 1~2개월을 기다린 다음, 해저면에서 기준면까지의 깊이를 버니어캘리퍼스를 이용하여 측정하였다. 이때 아크릴판이 물의 침투에 의해 상하로 이동하는 것을 방지하기 위하여 아크릴판 곳곳에 구멍을 뚫었으며, 좌우로 이동되는 것을 방지하기 위해서 판의 모서리 부분에 구멍을 뚫고 PVC파이프로 고정하였다. 측선상의 고도는 레벨(Topcon AT-G3)을 사용하여 측정하였으며, 기준점 및 각 측정의 고도는 조위면에 근거하였다.

퇴적물의 입도분석은 Ingram(1971)의 표준입도분석 방법에 의거하였으며, 측정된 자료는 그래픽 방법에 의해 평균입도, 분급도, 왜도, 첨도 등의 통계적 입도 상수를 구하였다(Folk and Ward, 1957). 또한 10ϕ 보다 세립한 입도의 질량은 외삽법에 의한 균등분배 방식을 이용하여 구분하였다.

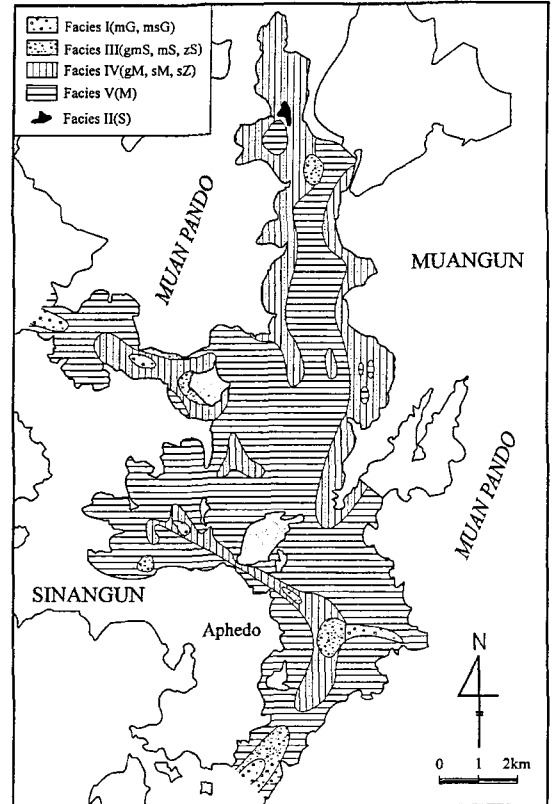


Fig. 2. Distribution of surface sediments in Muan Bay.

Table 1. Classification of five facies based on sedimentary texture.

Facies		Mean(ϕ)	Sort(ϕ)	Skew.	Kurt.	Gravel(%)	Sand(%)	Silt(%)	Clay(%)	Sediment Type
Facies I	Range	-1.5 ~ 1.7	1.8 ~ 5.1	0.4 ~ 0.8	0.7 ~ 3.4	34.9~76.55	15.1 ~ 44.63	5.6 ~ 25.0	2.8 ~ 15.2	mG, msG
	Mean	0.1	3.1	0.5	1.7	0.6	0.9	12.4	6.2	
Facies II	Mean	0.3	0.6	0	1.1	1.9	98.1	0	0	S
Facies III	Range	1.8 ~ 4.0	3.0 ~ 4.1	0.2 ~ 0.7	0.8 ~ 1.3	0.4 ~ 25.2	45.6 ~ 64.2	16.1 ~ 38.6	6.2 ~ 15.0	gmS, mS, zS
	Mean	2.8	3.5	0.4	1.0	11.0	52.6	26.5	10.0	
Facies IV	Range	3.5 ~ 8.2	2.4 ~ 5.0	-0.4 ~ 0.4	0.7 ~ 1.9	0 ~ 25.9	2.7 ~ 44.5	30.7 ~ 66.3	8.3 ~ 46.8	gM, sM, sZ
	Mean	5.4	3.5	0	1.1	4.6	23.6	49.2	22.6	
Facies V	Range	5.5 ~ 8.5	1.6 ~ 3.2	0.1 ~ 0.7	0.8 ~ 2.0	0 ~ 4.7	0.1 ~ 9.9	48.9 ~ 84.5	11.7 ~ 50.1	M, Z
	Mean	7.0	2.3	0.4	1.1	0.1	2.1	69.4	28.4	

표층퇴적물의 공간적 분포

무안만의 표층퇴적물은 잔자갈(pebble)에서 점토(clay)에 이르기까지 입도범위가 대단히 넓으며, 지역적인 특성에 따라 그 분포 특징을 달리한다(Fig. 2). Facies I은 니질역(mG)과 니사질역(msG) 퇴적물로 남측과 서측의 만입구와 주조류로의 일부 지역에 협소하게 분포한다. 자갈과 모래, 니의 함량비는 각각 평균 51%, 31%, 18%로 구성되어 있으며, 퇴적물의 평균입도는 -1.5 ~ 1.7 ϕ 범위(평균 0.1 ϕ), 분급은 1.8 ~ 5.1 ϕ 범위(평균 3.1 ϕ)로 불량한 경향을 보인다(Table 1). 자갈은 잔자갈에서 왕모래(granule)에 해당하며, 대부분 판상(oblate)이나 입방체(equant)의 형태를 보이고 원마도(roundness)는 비교적 양호한 경향을 보인다. 입도분포는 자갈과 모래, 니 계층에서 최빈값을 보이는 다모드(poly-mode) 입도특성을 나타낸다(Fig. 3). Facies II는 사질(S) 퇴적물로 만의 북측 조하대에 협소하게 분포한다. 모래의 함량은 98% 이상으로 대부분을 차지하며, 퇴적물의 평균입도는 0.3 ϕ , 분급은 0.6 ϕ 로 비교적 양호한 경향을 보인다(Table 1). 모래의 대부분은 조립사(coarse sand)에 해당하는

것으로, 입방체의 형태를 띄며 원마도는 비교적 양호한 경향을 보인다. 입도분포는 조립사 계층에서 최빈값을 보이는 단모드(uni-mode) 입도특성을 나타낸다(Fig. 3). Facies III은 역니질사(gmS)와 니질사(mS), 실트질사(zS) 퇴적물로 남측과 서측의 만입구 주변과 주조류로의 일부 지역에 협소하게 분포한다. 자갈과 모래, 니의 함량비는 각각 평균 11%, 53%, 36%로 구성되어 있으며, 퇴적물의 평균입도는 1.8 ~ 4.0 범위(평균 2.8 ϕ), 분급은 3.0 ~ 4.1 ϕ 범위(평균 3.5 ϕ)로 대단히 불량한 경향을 보인다(Table 1). 입도분포는 모래와 니 계층에서 최빈값을 보이는 복모드(bi-mode) 입도특성을 나타낸다(Fig. 3). Facies IV는 역질니(gM)와 사질니(sM), 사질실트(sZ) 퇴적물로 북측 조건대와 남측과 서측의 만입구 주변에 분포한다. 자갈과 모래, 니의 함량비는 각각 평균 4%, 24%, 72%로 구성되어 있으며, 퇴적물의 평균입도는 3.5 ~ 8.2 범위(평균 5.4 ϕ), 분급은 2.4 ~ 5.0 범위(평균 3.5 ϕ)로 대단히 불량한 경향을 보인다(Table 1). 입도분포는 자갈과 모래, 니 계층에서 최빈값을 보이는 다모드 입도특성을 나타낸다(Fig. 3). Facies V는 니(M)와 실트(Z) 퇴적물로 만 내의 조하대와 조건대에 광범위하게 분포한다. 니의 함량은 평균 98%로 대부분을 차지하며, 퇴적물의 평균입도는 5.5 ~ 8.5 ϕ 범위(평균 7.0 ϕ), 분급은 1.6 ~ 3.2 ϕ 범위(평균 2.3 ϕ)로 대단히 불량한 경향을 보인다(Table 1). 입도분포는 니 계층에서 최빈값을 보이는 단모드 입도특성을 나타낸다(Fig. 3).

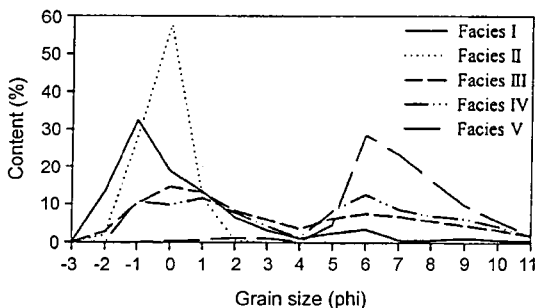


Fig. 3. Size-frequency distribution of major surface sediment types in the Muan Bay.

조건대 지형

무안만 조건대를 대표할 수 있는 구로리 조건대(측선-GR)와 영해촌 조건대(측선-YH)의 지형단면을 Fig. 4에 도시하였다. 측선-GR은 대부분의 지역이 평균해수

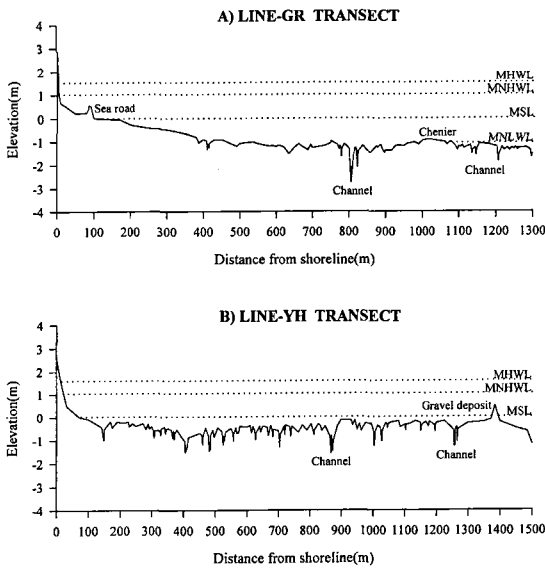


Fig. 4. Elevation feature of Line-GR and Line-YH transect. Small chenier and gravel deposit were located in lower tidal flat on Line-GR and Line-YH.

면(MSL) 하부에 위치하며, 비교적 완경사(0.16 ~ 0.39°)로 해안선에서 간조선 방향으로 약 1.3km의 폭을 갖는다. 조간대의 상부에는 조간대의 유출입이 편리하도록 길이 약 200m, 폭 약 3m, 높이 50~100cm 범위의 도로(sea road)가 건설되어 있으며(Fig. 4), 중부와 하부에는 폭 1~2m, 깊이 2m 이내의 사행조류로(meandering tidal channel)가 잘 발달되어 있다. 또한 측선-YH는 대부분의 지역이 평균해수면 하부에 위치하며, 비교적 완경사(0.05 ~ 1.89°)로 해안선에서 간조선 방향으로 약 1.5km의 폭을 갖는다. 조간대 내에는 폭 3~5m, 깊이 1.5m 이내의 사행조류로가 매우 잘 발달되어 있으며, 하부에는 주변 섬에서 풍화·침식되어 공급된 잔자갈(pebble)에서 거력(boulder) 크기의 역질퇴적물이 해안선에 평행한 방향으로 집적되어 전체적으로 위쪽으로 오목한(concave-upward) 지형단면을 보인다.

조간대 표층퇴적물

측선-GR과 -YH에서 계절별로 모니터링된 표층퇴적물의 평균입도 변화를 Fig. 5에 도시하였다. 측선-GR에서 지역에 따른 표층퇴적물의 평균입도 변화는 간조선 주변의 쉐니어(chenier)를 제외하고는 만조선에서 간조선 방향으로 갈수록 세립화되는 경향을 보였다. 또한 계절에 따른 퇴적물의 평균입도 변화는

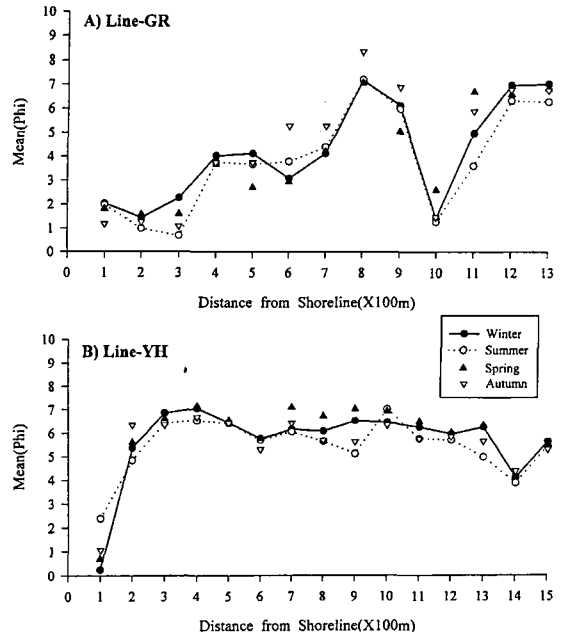


Fig. 5. Seasonal variations of mean grain-size along the Line-GR and Line-YH transect.

여름과 겨울, 봄과 가을을 상대적으로 비교했을 때, 비교적 뚜렷한 경향을 보였다(Fig. 5). 즉 여름과 겨울을 비교할 때는 조간대 중부 일부지역을 제외하고는 여름에 조립해지고 겨울에 다소 세립해지는 경향을 보였으며, 봄과 가을을 비교할 때는 평균입도가 조립한 만조선 주변과 쉐니어 지역을 제외하고는 가을에 세립해지고 봄에 다소 조립해지는 경향을 보였다. 한편 측선-YH의 경우, 지역에 따른 표층퇴적물의 평균입도 변화는 측선-GR과는 달리 만조선과 간조선 주변의 역질퇴적층(gravel deposit)을 제외하고는 뚜렷한 변화 경향을 보이지 않고 6φ 내외로 전체적으로 균등한 입도분포를 보인다. 또한 계절에 따른 퇴적물의 평균입도 변화 역시 여름과 겨울, 봄과 가을을 상대적으로 비교했을 때, 측선-GR과는 다른 경향을 보인다(Fig. 5). 즉 여름과 겨울을 비교했을 때는 측선-GR과 동일하게 대부분의 지역에서 여름에 조립해지고 겨울에 다소 세립해지는 경향을 보이는데 반해, 봄과 가을을 비교했을 때는 봄에 세립해지고 가을에 조립해지는 상반된 경향을 보였다.

퇴적물

측선-GR과 -YH에서 퇴적물을 조사한 결과 조간대

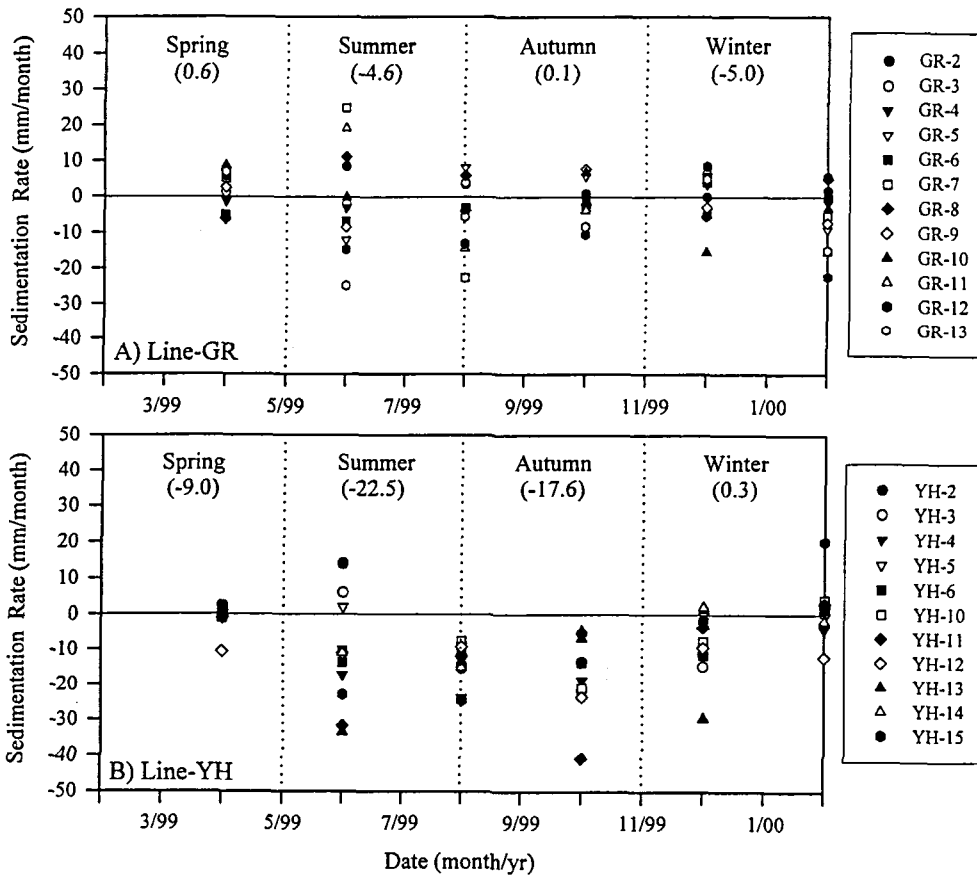


Fig. 6. Seasonal variations in surficial sedimentation rate on the Muan Bay tidal flats from 1999 to 2000. Sedimentation rate was monitored by measuring the vertical distance from surface to an acryl plate buried about 20cm below the surface.

퇴적물의 집적 양상이 지역과 계절에 따라 차이가 있음을 알 수 있었다(Fig. 6). 측선-GR의 경우, 12개 정점에서 모니터링한 결과, 봄과 가을에는 1mm 이내로 퇴적되어 뚜렷한 변화를 보이지 않는데 반해, 여름과 겨울에는 뚜렷하게 침식되면서 전체적으로는 연평균 -8.9mm로 침식되는 경향을 보였다(Table 2). 이와 같은 침식현상은 간조선 주변을 중심으로 두드러지게 나타났으며, 간조선 주변 정점 GR12에서 연평균 -46.7mm로 최대값을 보였다. 그러나 만조선 주변에서는 계절에 무관하게 지속적으로 퇴적되는 경향을 보였으며, 만조선 주변 정점 GR2에서 연평균 17.9mm로 최대값을 보였다. 한편 측선-YH에서는 11개 정점에서 모니터링한 결과, 겨울에 다소 퇴적되는 반면 봄, 여름, 가을에는 지속적으로 침식되면서 연평균 -48.9mm로 뚜렷하게 침식되는 경향을 보였으며, 특히 여름에는 연평균 -22.5mm로 가장 높은 침식을

을 보였다(Table 2). 이와 같은 침식현상은 조간대 전 지역에 걸쳐 광범위하게 진행되고 있으나 간조선 주변 지역에서 두드러지게 나타났으며, 간조선 주변 정점 YH11과 YH13에서 연평균 -81.9mm와 -81.8mm로 최대값을 보였다.

토 의

한국의 서해 남부에 위치한 무안만은 무안에서 목포에 이르는 무안반도와 남서쪽의 압해도에 의해 둘러 쌓인 반폐쇄형 해안으로(Fig. 1) 홀로세 해수면상승에 의해 침수된 리아형(ria-type) 만이다(Castaing and Guilcher, 1995; Guilcher, 1972). 이러한 지형적 특징을 지닌 무안만의 표층퇴적물은 조직(texture) 특성에 따라 니질역과 니사질역 퇴적물 조합의 Facies I, 모래 퇴적물의 Facies II, 역니질사, 니질사, 실트질

Table 2. Sedimentation rates along the two transect lines on the Muan Bay tidal flat during 1999 ~ 2000.

Site	Seasonal Sedimentation Rate (mm/month)				Annual Sedimentation Rate (mm/yr)
	Spring (3/99 ~ 5/99)	Summer (6/99 ~ 8/99)	Autumn (9/99 ~ 11/99)	Winter (12/99 ~ 2/00)	
Line-GR					
GR-2	10.3	5.8	0.4	1.5	17.9
GR-3	-0.9	2.2	3.1	5.9	10.2
GR-4	-3.1	-5.5	1.1	-1.1	-8.5
GR-5	-12.4	7.0	8.6	-7.6	-4.4
GR-6	-7.9	-5.1	3.0	0.3	-9.7
GR-7	21.3	-17.1	-6.2	-5.4	-7.5
GR-8	5.0	8.0	-6.0	3.9	10.8
GR-9	-4.8	-3.2	2.3	-7.0	-12.8
GR-10	4.8	-1.1	-9.0	-5.0	-10.3
GR-11	16.9	-10.8	4.1	-13.0	-2.9
GR-12	-7.5	-20.7	0.8	-19.3	-46.7
GR-13	-14.4	-14.9	-0.9	-13.0	-43.1
Average	0.6	-4.6	0.1	-5.0	-8.9
Line-YH					
YH-2	11.8	-13.1	-18.3	-0.7	-18.9
YH-3	4.6	-21.5	-26.5	-1.5	-44.9
YH-4	-12.5	-35.0	-22.0	-5.2	-74.7
YH-5	1.6	-10.4	-3.7	1.1	-11.6
YH-6	-10.7	-18.7	-18.8	0.8	-47.3
YH-10	-7.4	-17.7	-19.8	2.8	-42.1
YH-11	-24.0	-34.7	-25.5	2.4	-81.9
YH-12	-14.3	-20.5	-23.1	-12.4	-70.3
YH-13	-24.6	-24.4	-29.9	-2.9	-81.8
YH-14	-7.7	-19.5	-1.1	-1.4	-29.6
YH-15	-16.3	-32.4	-4.7	18.4	-35.1
Average	-9.0	-22.5	-17.6	0.3	-48.9

사 퇴적물 조합의 Facies III, 역질니, 사질니, 사질실트 퇴적물 조합의 Facies IV, 니 퇴적물의 Facies V의 5개 퇴적상(facies)으로 구분된다(Fig. 2). 만입구 및 주조류로의 일부 지역에 협소하게 분포하는 잔자갈에서 왕모래에 해당하는 조립질퇴적물은 만입구 주변에 광범위하게 분포하는 화강암류의 풍화산물로서 현재보다 해수면이 낮았던 약 7,000~8,000년 전 (Bloom and Park, 1985; Park *et al.*, 1994), 빠른 해수면 상승에 의해 퇴적된 연안퇴적물 또는 하성기원의 잔류퇴적물로 주변의 함평만과 탄도만의 만입구에서도 보고된 바 있다(류상욱 외, 1997; 류상욱 외, 1999a). 즉, 좁은 만입구에서 유발되는 입자가속도에 의해 고에너지 환경이 조성되어 연안 또는 하성기원의 조립 질퇴적물 위에 세립질 퇴적물이 집적되지 않는 잔류퇴적물로 해석된다. 반면, 만 내에 광범위하게 분포하는 세립질퇴적물은 서해안의 여러 강을 통해 공급되는 부유퇴적물과 외해로부터 공급된 세립

질 부유퇴적물로 해석된다(류상욱 외, 1997; 추용식 외, 2000; Lee and Chu, in press).

한편, 조간대 퇴적물의 입도와 퇴적률에 관한 연구는 중요한 관심의 대상으로 근래에 들어 서해안의 개방적인 해안이나 반폐쇄적인 해안을 중심으로 비교적 활발하게 진행되고 있다(Chun *et al.*, 1998; 장진호 · 최진용, 1998; 류상욱 외, 1999b; Lee *et al.*, 1999). 개방적인 해안의 경우, 몬순계절풍의 영향에 따라 여름에는 남풍계열의 바람이 우세하고 바람의 세기가 약화됨에 따라 세립질 퇴적물이 퇴적되는 양상을 보인 반면, 겨울에는 북풍계열로 바람의 방향이 바뀌고 세기가 현저히 증가함에 따라 여름에 쌓인 세립질 퇴적물이 침식되는 계절적 변화를 보인다(Chun *et al.*, 1998). 그러나 반폐쇄적인 해안은 일차적으로 몬순계절풍의 영향을 강하게 받지만 지형적인 특성(만입구의 방향과 조류로의 발달양상 등)과 인위적인 지형변화(방조제 건설과 해저골재 채취 등) 등

에 의한 영향이 중요하게 작용한다(류상욱 외, 1999b; Lee et al., 1999; 추용식 외, 2000). 무안만의 경우, 축선-GR에서는 봄과 가을에는 1mm 이내로 퇴적되어 뚜렷한 변화를 보이지 않는데 반해, 여름과 겨울에는 침식되는 경향을 보였으며, 축선-YH에서는 겨울에 1mm 이내로 퇴적되어 뚜렷한 변화를 보이지 않는데 반해, 봄, 여름, 가을에는 크게 침식되어 지형적 특성에 좌우되는 경향을 보였다(Fig. 6, Table 2). 겨울에는 강한 북서계절풍에 의한 파랑의 입사에너지가 직접적인 영향을 미친 축선-GR에서는 침식되는데 반해, 축선-YH는 풍상측에 무안반도가 위치하여 강한 북서계절풍을 차단시켜주는 역할을 할 뿐만 아니라 서측 만입구를 따라 발달하는 주조류로의 측면에 위치하여 주조류로를 따라 공급되는 세립질 퇴적물이 집적될 수 있는 지형적 조건을 가지고 있어 소량이나마 퇴적되는 경향을 보였다. 이와 같은 양상은 주변의 함평만에서도 보고된 바 있다(류상욱 외, 1999b). 한편, 여름에는 겨울에 비해 만입구를 통해 공급되는 부유물질의 양이 크게 감소할 뿐 아니라 조사기간 동안 비정상적으로 발생한 4개의 태풍(Neil, Olga, Paul, Ann)이 서해안을 통과하여 연구지역에 큰 영향을 미침으로서 무안만 조간대가 전반적으로 크게 침식되는 경향을 보인 것으로 해석된다. 봄과 가을에는 여름과 유사하게 만입구를 통해 유입되는 부유물질의 양이 겨울에 비해 감소할 뿐 아니라 파랑에너지의 감소로 조류의 영향이 상대적으로 강화된다. 일반적으로 조간대는 조석에 의해 퇴적작용이 조절되며, 조석작용에 의해 형성된 조류로는 퇴적물의 주요 이동통로로서 퇴적물의 이동, 분산 및 집적에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Wells et al., 1990). 즉, 무안만에서 조류의 발달 양상은 남-북 방향으로 활발하게 진행되는 데, 봄과 가을에 축선-GR은 공급되는 부유물질의 양은 적을 지라도 남-북 방향 주조류로의 측면에 위치하여 입사에너지로부터 보호받을 수 있는 지형적 특징에 따라 퇴적물에 있어서 뚜렷한 변화를 보이지 않는데 반해 축선-YH는 공급되는 부유물질의 양도 적을 뿐만 아니라 축선-GR과는 달리 남-북 방향 주조류로의 전면에 위치하여 조류의 영향을 상대적으로 강하게 받는 지형적 특성에 따라 뚜렷하게 침식되는 경향을 보이는 것으로 해석된다.

한편, 무안만 조간대의 연평균퇴적률은 축선-GR에서 -8.9mm/yr , 축선-YH에서 -48.9mm/yr 로 크게 침

식되는 경향을 보였다(Table 2). 이와 같은 침식우세 현상은 영산강 하구언과 영암·금호방조제의 건설에 따른 수류의 변형에 기인하는 것으로 해석된다. 즉 하구언과 방조제가 건설되기 이전에는 남측 만입구에 비해 서측 만입구에서 해수의 유동이 활발하여 전체적으로 퇴적우세현상을 보일 것으로 예상되는 데 반해, 하구언과 방조제가 건설된 이후에는 남측 만입구를 통한 해수의 유동이 활발해지고 목포구에서의 조석필터효과 상실에 의해 남측 만입구에서 낙조우세가 더욱 심화되어(Kang, 1999) 조간대의 침식작용이 가속되는 것으로 해석된다. 이는 류상욱 외(2000)에 의해 보고된 부유물질의 이동양상에서도 서측 만입구를 통해 유입되는 양에 비해 남측 만입구를 통해 유출되는 양이 상대적으로 많아 무안만이 전반적으로 침식되는 환경임을 제시한 결과와도 잘 일치하고 있으며, 주변의 함평만에서도 보고된 바 있다(류상욱 외, 1999b).

결론

1. 무안만의 표층퇴적물은 조직 특성에 따라 자갈우세 퇴적물(gravel-dominated sediments)의 Facies I 과 모래 퇴적물(sand sediments)의 Facies II, 모래우세 퇴적물(sand-dominated sediments)의 Facies III, 니우세 퇴적물(mud-dominated sediments)의 Facies IV, 니 퇴적물(mud sediments)의 Facies V의 5개 퇴적상으로 구분된다.

2. 표층퇴적물의 기원은 입자의 특성에 따라 2 종류로 구분할 수 있다. 만입구 및 주조류로의 일부 지역에 협소하게 분포하는 잔자갈에서 모래에 해당하는 조립질 퇴적물은 만입구 주변에 광범위하게 분포하는 화강암류의 풍화산물로서 현재보다 해수면이 낮았던 약 7,000~8,000년 전, 빠른 해수면 상승에 의해 퇴적된 연안기원 또는 하성기원의 잔류퇴적물로 해석된다. 반면 조간대와 주조류에 광범위하게 분포하는 세립질 퇴적물은 서해안의 여러 강과 외해로부터 공급된 부유퇴적물로 해석된다.

3. 무안만 조간대의 퇴적률은 계절에 따라 다른 양상을 보이거나 축선-GR에서 -8.9mm/yr , 축선-YH에서 -48.9mm/yr 로 크게 침식되는 경향을 보였다. 이와 같은 침식우세현상은 하구언과 방조제 건설에 따른 수류의 변형에 기인한 것으로 해석된다. 즉, 하구언과 방조제가 건설되기 이전에는 남측 만입구에 비해

서측 만입구에서 해수의 유동이 활발하여 전체적으로 퇴적우세현상을 보였을 것으로 여겨지는 데 반해, 하구언과 방조제가 건설된 이후에는 남측 만입구를 통한 해수의 유동이 활발해지고 목포구에서의 조석필터 효과 상실에 의해 남측 만입구에서 낙조우세가 더욱 심화되어 조간대의 침식작용이 가속되는 것으로 해석된다.

사 사

본 연구는 '99 기초과학연구지원(과제번호: 99-015-HP0005)'에 의해 수행되었다. 본 연구 수행을 위하여 오랜 기간 동안 반복하여 어려운 야외조사와 시료분석에 도움을 준 김민지 양에게 고마움을 전한다. 또한, 본 원고를 위해 유익한 의견과 지적을 주신 유환수 교수님과 익명의 심사위원께 감사드린다.

참고문헌

국립지리원, 1982, 연안해역 기본도(고이, 압해).
 기상청, 1999, 기상년보. 248 p.
 류상욱, 1998, 한국 서남해안 함평만의 퇴적환경과 층서. 전남대학교 박사학위논문, 247 p.
 류상욱 · 김주용 · 유환수, 2000, 반폐쇄된 무안만에서 부유물질의 계절적 변동 및 운반양상. 한국지구과학회지, 21(2), 128-136.
 류상욱 · 유환수 · 김주용 · 이인근 · 김민지, 1999a, 한국 서남부 탄도만의 표층퇴적물 분포와 동계 동안 부유물질의 운반양상. 한국지구과학회지, 20(5), 486-496.
 류상욱 · 유환수 · 이종덕, 1999b, 함평만 조간대의 표층퇴적물과 집적물의 계절변화. 한국해양학회지 「바다」, 4(2), 127-135.
 류상욱 · 유환수 · 진승수, 1997, 한국 서해 남부 함평만 표층퇴적물의 분포 및 특성. 한국지구과학회지, 18(5), 367-378.
 이창복 · 유홍룡 · 박경수, 1992, 경기만 조간대 표층퇴적물의 분포와 특성. 한국해양학회지, 27(4), 277-289.
 장진호 · 최진용, 1998, 조간대 퇴적물의 계절적 집적양상과 보존: 한국 서해안의 곶소만. 한국해양학회지 「바다」, 3(3), 149-157.
 정명선, 1992, 목포 연안역 개발에 따른 연안수역 변화에 관한 연구. 한국해양대학교 박사학위논문, 124 p.
 최병호, 1984, 영산강 하구의 방조제 건설에 따른 조위 변화. 대한토목학회논문집, 4, 113-124.
 추용식 · 이희준 · 박은순 · 이연규 · 정갑식, 2000, 만입구에서 부유퇴적물 거동과 플럭스: 한반도 서해남부 함평만의 여름철 특성. 한국해양학회지 「바다」, 5(2), 105-118.
 한국해양연구소, 1991, 한국 서남해안 조간대의 종합조사연

구(III). 162 p.
 Alexander, C.R., Nittrouer, C.A., DeMaster, D.J., Park, Y.A. and Park, S.C., 1991, Macrotidal mudflats of the southwestern Korea coast: a model for interpretation of intertidal deposits. *Journal of Sedimentary Petrology*, 61(5), 805-824.
 Bloom, A.L. and Park, Y.A., 1985, Holocene sea-level history and tectonic movements, Republic of Korea. *Quaternary Research (Japan)*, 24, 77-84.
 Castaing, P. and Guilcher, A., 1995, Geomorphology and sedimentology of rias. In: *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*, edited by Perillo, G.M.E., Elsevier Science, Amsterdam, 69-111.
 Chun, S.S., Lee, H.J., Ryu, S.O. and Yang, B.C., 1998, Seasonal and local variation of sedimentation on the wave-dominated tidal flats, southwestern coast of Korea: Comparison between inner-bay and open tidal flats. 15th International Sedimentological Congress, Alicante, Spain. (Abstract), 257 p.
 Davies, J.S., 1964, A morphogenic approach to ward sholines. *Z. Geomorph.*, 8, 127-142.
 Folk, R.L. and Ward, W.C., 1957, Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1), 3-26.
 Guilcher, A., 1972, La plage ancienne de Castro Urdiales, province de Santander, Espagne, et son interet morphologique. *Norvis Poitiers*, 19, 365-367.
 Ingram, R.L., 1971, Sieve analysis. In *Procedures in Sedimentary Petrology*, edited by Carver, R.E., Wiley-Interscience, New York, 49-67.
 Kang, J.W., 1999, Changes in Tidal Characteristics as a Result of the Construction of Sea-dike/Sea-walls in the Mokpo Coastal zone in Korea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 48, 429-438.
 Lee, H.J. and Chu, Y.S., 2000, Origin of inner-shelf mud deposit in the southeastern Yellow Sea: Huksan Mud Belt. *Journal of Sedimentary Research*, in press.
 Lee, H.J., Chu, Y.S. and Park, Y.A., 1999, Sedimentary processes of fine-grained material and the effect of seawall construction in the Daeho macrotidal flat-near-shore area, northern west coast of Korea. *Marine Geology*, 157, 171-184.
 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 Gomsu Bay, west coast of Korea: Controls of storms and typhoon. *Journal of Sedimentary Research*, 64(4), 886-893.
 Nittrouer, C.A., Sternberg, R.W., Carpenter, R. and Bennett, J.T., 1979, The use of Pb-210 geochronology as a sedimentological tool: Application to the Washington continental shelf. *Marine Geology*, 31, 297-316.
 Park, Y.A., Khim, B.K. and Zhao, S., 1994, Sea Level Fluctuation in the Yellow Sea Basin. *The Journal of the*

Oceanological Society of Korea, 29(1), 42-49.
Park, Y.A., Wells J.W., Kim B.W. and Alexander C.R.,
1995, Tidal lamination and facies development in the
macrotidal flats of Namyang Bay, west coast of Korea.
Spec. Publs int. Ass. Sediment., 24, 183-191.

Wells, J.T., Adams, C.E., Jr., Park, Y.A. and Frankenberg,
E.W., 1990, Morphology, sedimentology and tidal chan-
nel processes on a high-tidal-range mudflat, west coast
of Korea. Marine Geology, 95, 111-130.

2001년 1월 12일 원고 접수
2001년 2월 1일 수정원고 접수
2001년 2월 2일 원고 채택