

호안 건설 후 광양만 조간대 퇴적물의 퇴적학적 특성

류상옥^{1,*} · 신용식²

¹목포대학교 갯벌연구소, 534-729 전남 무안군 청계면 도림리

²목포해양대학교 해양시스템공학부, 530-729 전남 목포시 죽교동 571-2

Sedimentologic Characteristics of Tidal Flat Sediments after the Construction of Sea Dyke in Kwangyang Bay, South Coast of Korea

Sang Ock Ryu^{1,*} and Yong Sik Sin²

¹Institute of Tidal-Flat Research, Mokpo National University, Jeonnam 534-729, Korea

²Division of Ocean System Engineering, Mokpo Maritime National University, Mokpo 530-729, Korea

Abstract: In Kwangyang Bay, the south coast of Korea, surface sediments and sedimentation rates have been investigated to understand the distribution and variation of tidal flat sediments after the construction of sea dyke. The mean grain size of the surface sediments during autumn is coarser, and decrease from winter to summer except for temporarily coarsening in the early summer. The depositional processes are prevalent in spring, while erosional processes are dominant in summer and autumn. This seasonal variation of sedimentary processes show similar results monitored from 2001 to 2003 before the construction of sea dyke. In the northern area of the bay, net annual sedimentation rates show similar results monitored from 2001 to 2003 before the construction of sea dyke. However, in the western area of the bay, net annual sedimentation rates change from erosion-dominated to deposition-dominated environments. It is considered that the western area of the bay is changed to erosion-dominated environments, as a result of the changes of hydrodynamic conditions, caused by sea dyke construction.

Keywords: tidal flat sediment, seasonal variation, sedimentation rate, sea dyke, Kwangyang Bay

요 약: 광양만에서 호안 건설 후 조간대 퇴적물의 분포 및 변화를 조사하기 위하여 표층 퇴적물의 조직 특성과 퇴적률에 대한 모니터링을 실시하였다. 퇴적물의 평균 입도는 가을에 조립하고 겨울, 봄, 여름으로 갈수록 세립해지며, 여름에는 초기에 일시적으로 조립한 후 세립해지는 계절적 변화를 보였다. 퇴적률은 봄에 퇴적되고 여름과 가을에 주로 침식되어 호안이 건설되기 이전인 2001-2003년 동안 관측한 결과와 매우 비슷한 양상을 보였다. 그러나 연평균 퇴적률은 북측 조간대에서는 2001-2003년 동안 관측한 결과와 유사한 경향을 보였으나, 주변에 호안이 건설된 서측 조간대는 퇴적 환경에서 침식 환경으로 변화된 양상을 보였다. 이와 같은 퇴적 환경의 변화는 아마도 호안 건설에 따른 수류의 변형에 기인하는 것으로 판단된다.

주요어: 조간대 퇴적물, 계절적 변화, 퇴적률, 호안, 광양만

서 론

조간대는 해수의 주기적인 승강운동에 의해 노출과 침수가 반복되는 바다와 육지 사이의 전이지역이다. 이 지역은 조석과 파랑, 계절에 따른 기상요소 등의

자연적 요인들과 매립과 준설, 인공구조물 건설 등의 인위적 요인들에 의해 변화된다(Anderson et al., 1981; Lee et al., 1999; Pejrup and Anderson, 2000; Ryu, 2003; 류상옥 외, 2006). 이들에 의한 변화 결과는 조간대 퇴적물의 입도와 퇴적률, 그리고 지형단면의 변화로 나타난다. 따라서 이들 요인들을 주기적으로 모니터링하여 조간대 퇴적환경 변화를 파악하는 것이 중요하다.

연구지역인 광양만은 1970년대 이래로 거점항만

*Corresponding author: soryu@mokpo.ac.kr

Tel: 82-61-450-6280

Fax: 82-61-452-8875

및 국가산업단지 조성을 위한 매립공사가 활발히 진행되어 1973년에 233 km²이던 바다의 면적이 1990년에는 193 km²로 약 17%가 감소하였고, 2003년에는 165 km²로 1973년에 비해 약 30%가 감소하였다(류상욱, 2003; 최동립 외, 2003). 감소된 지역의 대부분은 조간대로, 광양만 조간대는 서측에만 자연 상태로 남아있었다. 2001년부터 2003년까지 2년 동안 모니터링된 연구 결과에 의하면, 광양만 조간대 퇴적물은 3~9φ 범위로 북측에서 남쪽으로 갈수록 세립해지는 경향을 보였으며, 퇴적률은 북측에서는 연평균 -35.2 mm/yr로 침식되는 경향을 보였으나 서측에서는 연평균 19.7 mm/yr로 퇴적되는 경향을 보였다(류상욱 외, 2003). 또한 광양만의 표층퇴적물도 광양만의 개발 초기인 1984년에 비해 2001년에는 점토의 함량이 10% 이상 증가하여 광양만의 서측을 중심으로 뚜렷하게 세립해지는 양상을 보였다(박용안 외, 1984; 류상욱, 2003). 그러나 2004년에는 서측의 대부분 조간대 지역도 매립을 위해 호안(sea dyke)이 건설되었으며, 현재 남아있는 조간대는 송도의 북측과 서측 일부지역에 국한되어 있다. 조간대에서 매립을 위한 호안 건설은 조류와 파랑 등의 수리에너지 환경을 변화시킴으로써 퇴적물의 조직 및 퇴적률 등에 변화를 유발할 것으로 예측된다. 본 연구는 이렇듯 심각한

지형 변화를 겪고 있는 광양만에서 호안 건설 후, 조간대 퇴적물과 퇴적률을 모니터링하여 조간대 퇴적물의 퇴적학적 특성을 파악하고, 나아가 호안 건설이 조간대 퇴적물의 분포 및 변화에 미치는 영향을 살펴보는데 그 목적이 있다.

지역 개관

광양만은 남해안의 중앙부에 위치한 내만으로서 동서 방향으로 신장되어 있으며, 여수만도와 남해도로 둘러 싸여 반폐쇄된 지형적 특징을 갖는다(Fig. 1). 연구지역은 동경 127° 34'~127° 39' E, 북위 34° 51'~34° 56' N 범위에 위치한 광양만 조간대로, 연구지역의 동측과 서측에는 광양컨테이너부두와 울촌산업단지가 각각 조성되어 있으며 남측에는 2003년부터 2004년에 걸쳐 광양만권 개발 계획에 의해 매립을 위한 호안이 건설되었다(Fig. 1). 이에 따라 광양만에 남아 있던 서측 조간대는 대부분 사라지고, 송도 북측과 서측에 일부 조간대만이 남아 있다. 연구지역의 북측에는 동천(Dongcheon stream)이 발달되어 장마기를 중심으로 담수의 유입이 활발하고, 광양컨테이너부두와 울촌산업단지 사이에는 주조류로(main tidal channel)가 발달되어 있다. 또한 주조류로 주변은 선

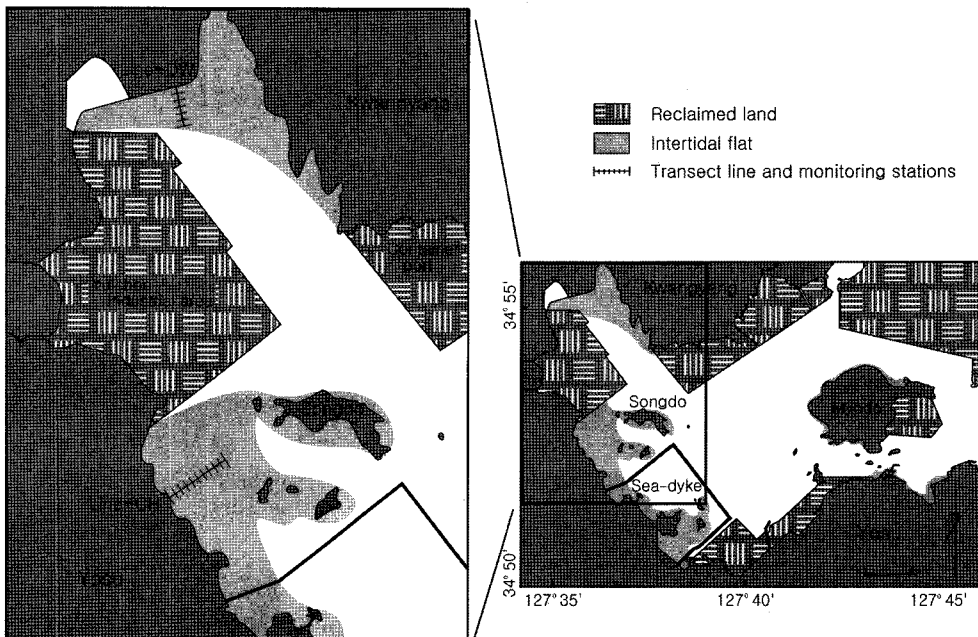


Fig. 1. Location map of Kwangyang Bay showing monitoring stations. Two transects (Line-DW, -CH) across the tidal flat are subject to precise levelling at regular intervals of 100 m.

박의 왕래를 위해 간헐적으로 준설이 실시된 바 있으며, 수심은 주조류로에서 대체적으로 7m 이하이다.

연구지역의 표층퇴적물은 퇴적물의 조직 특성에 따라 니질사(muddy sand)와 사질니(sandy mud), 니(mud)의 3개 퇴적상으로 구분된다(류상옥, 2003). 니질사 퇴적상은 연구지역의 북측 조간대에, 사질니 퇴적상은 서측 조간대에, 그리고 니 퇴적상은 그 밖의 조간대를 포함한 조하대에 광범위한 분포를 보인다.

만의 조석은 반일주조로 일조부등이 다른 지역에 비해 약하게 나타나며, 대조기의 평균조차는 290 cm로(National Geography Institute, 1990), 중조차 환경에 속한다. 조류의 유속은 조하대에서 50~75 cm/sec 범위이며, 수로에서 최고 100 cm/sec에 이른다(포항종합제철주식회사, 1982).

1991년부터 2000년까지 최근 10년간 남해기상대에서 관측된 기상자료에 의하면 연구지역의 연평균기온은 14.1°C이고, 연평균강수량은 1893.5 mm로서 주로 여름(6~8월)에 집중되며, 최대풍속은 연평균 9.2 m/sec로 겨울에는 한랭건조한 북서풍이, 여름에는 고온다습한 남풍 계열의 바람이 우세하다(Korea Meteorological Administration, 1991-2000). 풍속 13.9 m/sec 이상의 폭풍은 연평균 1.0일로서 발생빈도가 대단히 낮으며 17 m/sec 이상의 태풍은 주로 여름(6~9월)에 집중되어 연평균 1.2회가 연구지역을 통과한다.

재료 및 방법

호안 건설 후 조간대 퇴적물의 퇴적학적 특성을 파악하기 위하여 광양만 조간대에서 해안선에서 바다 방향으로 2개의 측선(Line-DW, -CH)을 설정하고(Fig. 1), 그 측선 상에서 지형단면을 조사하고 표층 퇴적물과 퇴적률에 대한 모니터링을 실시하였다. 지형단면은 2004년 6월에 수준측량(levelling)을 통해 조사되었으며, 수준측량은 정밀한 토탈스테이션(Topcon GTS-225)을 사용하여 지형적 특징을 달리하는 지점의 고도를 측정하는 방법으로 이루어졌다. 측선의 출발 기준점 및 각 측정점의 고도는 조위 값에 근거하여 구하였으며, 본 조사에 사용된 측량기기는 3 km의 수평거리에 ± 2 mm의 고도 오차를 가진다.

측선 상의 모니터링은 2004년 6월부터 2005년 5월 까지 약 1년 동안 6회에 걸쳐 100 m 간격으로 수행되었다. 표층퇴적물은 간조사 플라스틱 스펀을 이용하여 채취하였으며, 퇴적물의 입도분석은 Ingram

(1971)의 표준입도분석 방법에 의거하였다. 평균입도, 분급도 등의 통계적 입도상수는 Folk and Ward (1957)의 계산식에 의해 구하였으며, 10 ϕ 보다 세립한 입도의 무게는 외삽법에 의한 균등분배방식에 의해 구하였다. 퇴적률은 해저면 아래의 일정 깊이 30 × 30 cm의 아크릴판을 기준점으로 설치하고, 해저면에서 기준면까지의 깊이를 버니어 캘리퍼스를 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 PVC 파이프를 고정하였다.

결 과

조간대 지형 단면 특성

평균만조선(MHWL: mean high water level)과 평균간조선(MLWL: mean low water level) 사이에 위치하는 조간대는 소조평균만조선(MNHWL: mean neap high water level)과 소조평균간조선(MNLWL: mean neap low water level)을 기준으로 상부조간대(upper tidal flat)와 중부조간대(middle tidal flat), 그리고 하부조간대(lower tidal flat)의 소환경(subenvironment)으로 분류할 수 있다(Klein, 1985; Wang and Eisma, 1988; Frey et al., 1989). 본 연구에서는 Wang and Eisma(1988)의 분류 기준에 의하여 조간대를 상부, 중부, 하부로 세분하였다.

측선-DW는 조사지역의 북측에 위치하는 측선으로 해안선에서 바다 방향으로 약 600 m의 폭을 가지며, 대부분 중부조간대로 구성되어 있다(Fig. 2). 측선 상의 상부조간대는 수평거리 15.82 m에 고도 폭 0.11 m으로 0.40°의 기울기를 가지며, 바다와 육지가 만나는 해안선에는 매립에 의해 약 5 m 높이의 호안이 건설되어 전체적으로 상부 조간대의 발달이 대단히 미약하다. 중부조간대는 수평거리 481.79 m에 고도 폭 1.42 m으로 0.17°의 기울기를 가지며, 해안선으로부터 약 200~400 m 범위에는 고도 30 cm 내외의 사주(sand bank)가 존재하여 전체적으로 M-모양의 지형 단면을 보인다. 하부조간대는 수평거리 207.66 m에 고도 폭 0.13 m로 0.04°의 기울기를 가지며, 하부에는 조류세곡(tidal creek)이 발달되어 있다(Fig. 2).

측선-CH는 조사지역의 서측에 위치하는 측선으로 해안선에서 바다 방향으로 약 1,000 m의 폭을 가지

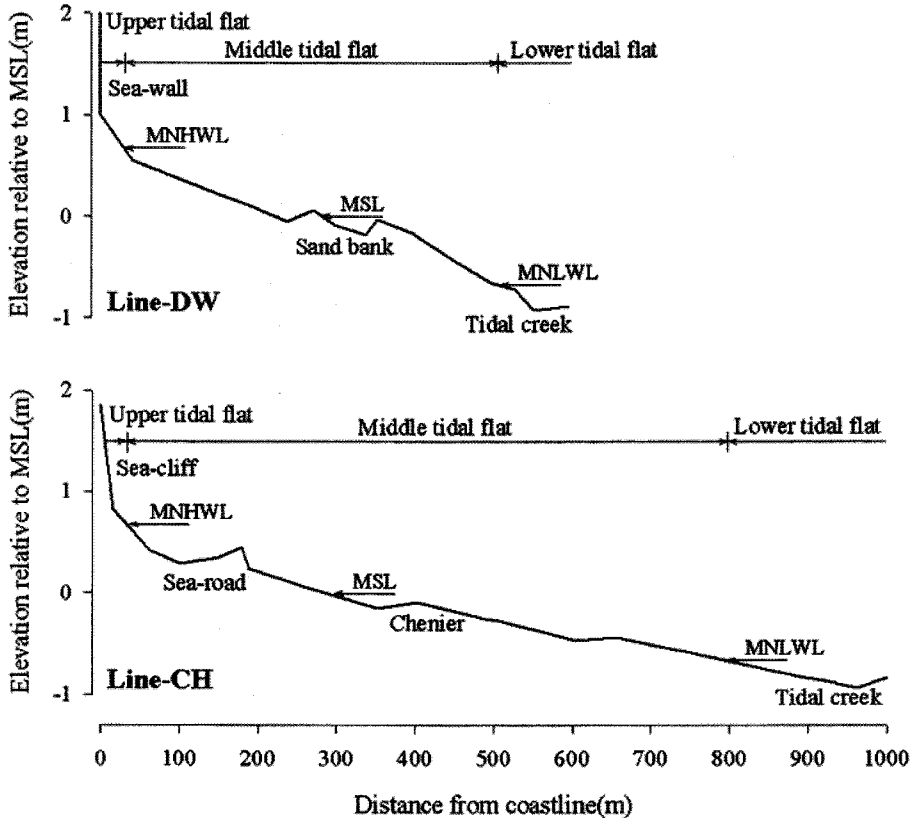


Fig. 2. Elevation features of lines (Line-DW, -CH) transecting the tidal flat of Kwangyang Bay. MNHWL, mean neap high water level; MSL, mean sea level; MNLWL, mean neap low water level. For location, see Fig. 1.

며, 중부조간대의 발달이 현저하다(Fig. 2). 측선 상의 상부조간대는 수평거리 29.81 m에 고도 폭 0.29 m으로 0.55°의 기울기를 가지며, 해안선에는 해안침식에 의한 해안절벽(sea cliff)이 잘 발달되어 있다. 중부조간대는 수평거리 768.62 m에 고도 폭 1.39 m으로 0.10°의 기울기를 가지며, 상부에는 조간대로 접근할 수 있는 폭 3 m 내외의 도로가 건설되어 있고 중부에는 쉼니어(chenier)가 발달하고 있다. 하부조간대는 수평거리 83.69 m에 고도 폭 0.18 m으로 0.12°의 기울기를 가지며, 간조선 주변에는 조류세곡이 존재하고 있다(Fig. 2).

조간대 퇴적물의 분포 및 계절적 변화

평균입도: Fig. 3은 조사기간 동안 6회에 걸쳐 채취·분석된 조간대 퇴적물의 평균입도 분포 및 변화량을 도시한 것이다. 퇴적물의 평균입도는 측선-DW에서는 2~7φ 범위의 사질 및 실트질 퇴적물이 간조선에서 만조선 방향으로 가면서 세립해지는 분포를

보인 반면, 측선-CH에서는 간조선 주변 양식장을 제외하고는 7.5φ 내외의 실트질 퇴적물이 비교적 균질한 분포 특징을 보인다(Fig. 3). 평균입도의 변화 폭은 측선-DW에 비해 측선-CH에서 두드러지게 나타나며, 사주(sand bank)와 쉼니어(chenier), 조류세곡(tidal creek)이 발달하는 조간대 중부와 간조선 주변에서 2φ 내외로 비교적 큰 폭으로 나타난다(Fig. 3). 계절별로는 2개의 측선 모두 여름 초기와 가을에 조립하며, 그 밖의 계절에 상대적으로 세립한 경향을 보인다(Fig. 4).

지갈 함량: 자갈은 2개 측선 모두 평균 0.5% 내외로 대단히 낮은 함량 분포를 보인다(Fig. 5). 계절별로는 측선-DW에서는 가을에 가장 높은 함량 분포를 보이며, 겨울, 봄, 여름에는 상대적으로 낮은 함량 분포를 보인다. 그러나 측선-CH에서는 여름 초기에 일시적으로 높은 함량 분포를 보인 반면, 가을, 겨울, 봄에는 상대적으로 낮은 함량 분포를 보인다(Fig. 5).

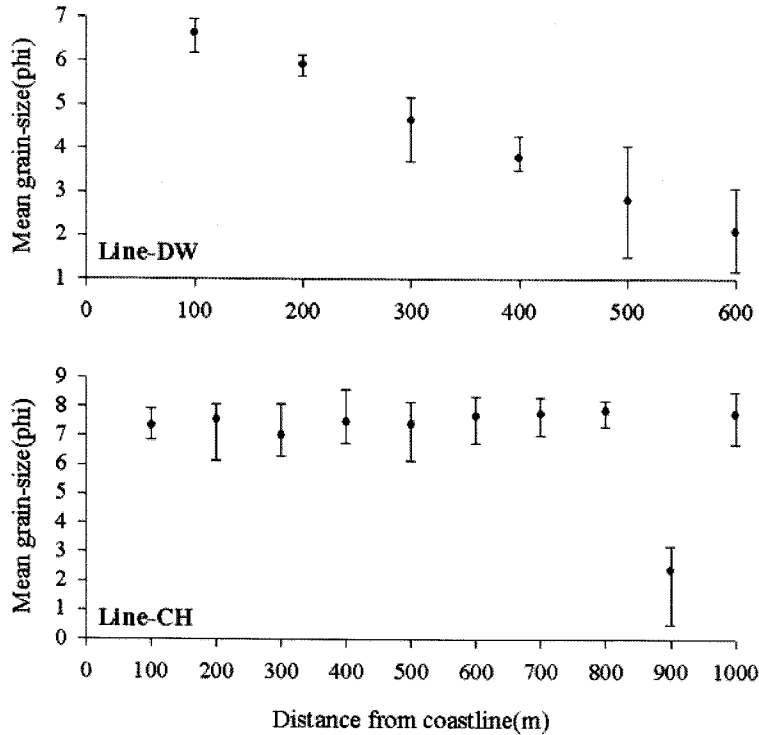


Fig. 3. Average values and variation ranges of mean grain-size on two transects (Line-DW, -CH) from 2004 to 2005. For location, see Fig. 1.

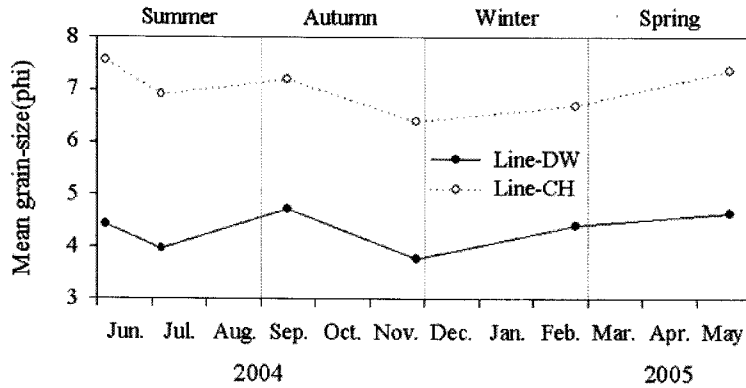


Fig. 4. Mean grain-size variations of surface sediments on the tidal flat of Kwangyang Bay from 2004 to 2005. Each curve presents an average of mean grain-size from all surface samples taken during on survey.

모래 함량: 모래는 측선-DW에서는 평균 49.8%로 측선 상에서 가장 높은 함량 분포를 보인 반면, 측선-CH에서는 평균 11.8%로 낮은 함량 분포를 보인다(Fig. 5). 계절별로는 측선-CH에서는 뚜렷한 함량 변화를 보이지 않는다. 그러나 측선-DW에서는 여름 초기와 가을에 다소 높은 함량 분포를 보인 반면, 그 밖의 계절에는 상대적으로 낮은 함량 분포를 보인다(Fig. 5).

실트 함량: 실트는 측선-DW에서는 평균 35.7%로 모래 다음으로 높은 함량 분포를 보이며, 측선-CH에서는 평균 50.9%로 측선 상에서 가장 높은 함량 분포를 보인다(Fig. 5). 계절별로는 측선-DW에서는 뚜렷한 함량 변화를 보이지 않는 반면, 측선-CH에서는 여름에 낮은 함량 분포를 보이다가 가을에 뚜렷하게 증가한 후 겨울과 봄에 다시 감소하는 경향을 보인다(Fig. 5).

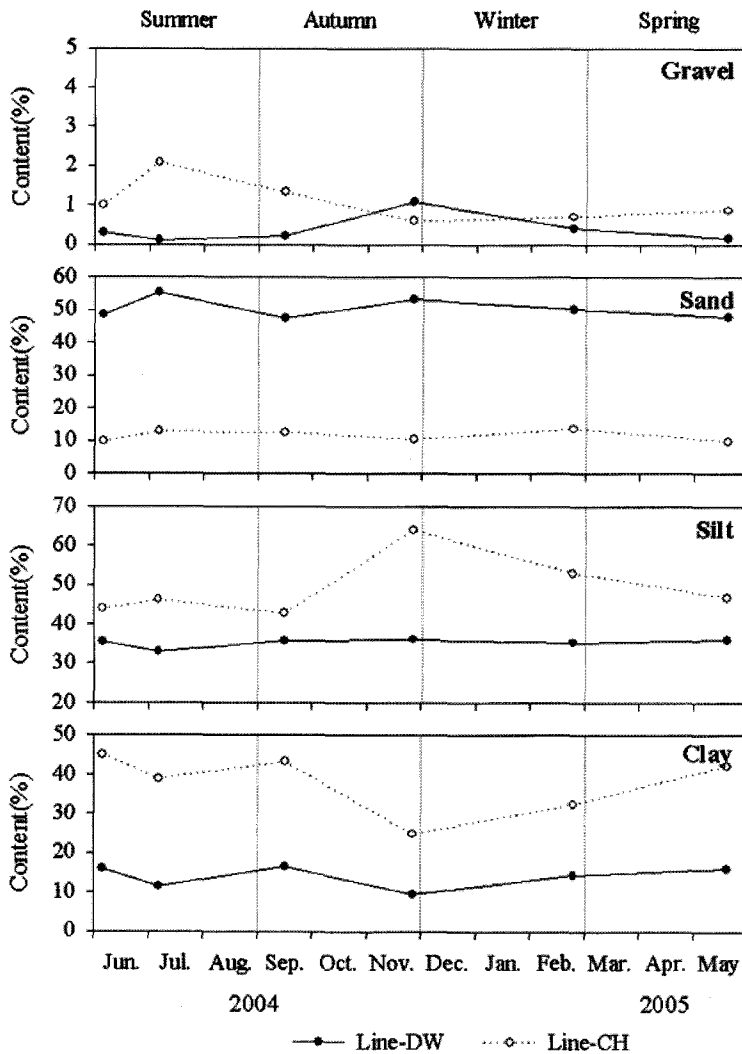


Fig. 5. Textural parameter variations of surface sediments on the tidal flat of Kwangyang Bay from 2004 to 2005. Each curve presents an average of textural parameter from all surface samples taken during on survey.

점토 함량: 점토는 측선-DW에서는 평균 14.0%로 낮은 함량 분포를 보인 반면, 측선-CH에서는 평균 36.4%로 높은 함량 분포를 보인다(Fig. 5). 계절별로는 2개의 측선 모두 여름 초기에 감소한 후 말기에 다소 증가하며, 가을에 다시 뚜렷하게 감소한 후 겨울과 봄에 다시 증가하는 경향을 보인다(Fig. 5).

조간대 퇴적물 및 계절적 변화

Table 1은 광양만 조간대의 2개 측선에서 1년 동안 모니터링된 퇴적물을 일별로 환산한 후 계절별로 계산된 퇴적률을 나타낸 것이다. 측선-DW에서는 -31.3 mm/yr, 측선-CH에서는 -4.9 mm/yr로 2개의 측선 모

두 침식되었으며, 특히 측선-DW에서 높은 침식률을 보였다. 측선-DW의 경우는 관측한 모든 정점에서 침식되었고, 간조선 주변 조류세곡이 발달하는 정점 DW5에서 -70.2 mm/yr, 사주가 발달하는 정점 DW3에서 -10.0 mm/yr로 각각 최대 침식률과 최소 침식률을 보였다(Table 1). 측선-CH의 경우는 만조선과 간조선 주변에서는 -20 mm/yr 이상으로 뚜렷하게 침식된 반면, 쉼니어가 발달하는 조간대 중부에서는 3 mm/yr 내외로 퇴적되는 경향을 보였다(Table 1).

계절적으로는 측선-DW에서는 봄에 2.6 mm로 퇴적되고 그 밖의 계절에는 -10 mm 내외로 침식되었으며, 특히 여름에 -14.2 mm로 최대 침식률을 보였

Table 1. Sedimentation rates along transect lines on the intertidal flat of the Kwangyang Bay during 2004-2005

Line	Station	Distance (m)	Seasonal sedimentation rates (mm)				Annual sedimentation rate (mm/yr)
			Summer (6/04-8/04)	Autumn (9/04-11/04)	Winter (11/04-2/05)	Spring (3/05-5/05)	
Line-DW	DW 1	100	-39.3	2.8	-1.5	9.0	-29.0
	DW 2	200	17.2	-4.7	-21.1	-14.9	-23.5
	DW 3	300	-3.1	-14.1	1.4	5.8	-10.0
	DW 4	400	-24.7	-7.9	-6.7	4.2	-35.1
	DW 5	500	-33.1	-17.9	-25.7	6.5	-70.2
	DW 6	600	-2.1	-20.2	-2.9	4.8	-20.4
	Average		-14.2	-10.3	-9.4	2.6	-31.3
Line-CH	CH 1	100	-18.5	-6.8	1.3	3.3	-20.7
	CH 2	200	-12.3	-9.8	-0.6	15.2	-7.5
	CH 3	300	-1.6	-5.5	1.2	9.2	3.3
	CH 4	400	-7.7	10.7	-1.3	1.6	3.3
	CH 5	500	-3.0	-0.2	4.6	2.8	4.2
	CH 6	600	-4.8	2.2	-3.2	3.5	-2.3
	CH 7	700	-10.1	5.4	0.4	5.8	1.5
	CH 8	800	9.5	-5.7	3.8	6.5	14.1
	CH 9	900	-18.7	4.3	-10.3	11.6	-13.1
	CH10	1000	0.4	-38.1	6.0	-0.1	-31.8
Average		-6.7	-4.3	0.2	5.9	-4.9	

다(Table 1). 축선-CH에서는 겨울과 봄에 각각 0.2 mm와 5.9 mm로 뚜렷한 변화를 보이지 않거나 퇴적되는데 반해, 여름과 가을에는 -5 mm 내외로 침식되었으며, 특히 여름에 -6.7 mm로 최대 침식률을 보였다(Table 1). 한편 여름의 경우는 2개 축선 모두 초기에 뚜렷하게 침식되고 후기에 퇴적되는 경향을 보였다(Fig. 6).

토 의

광양만의 조간대 퇴적물은 지역에 따라 분포 특징을 달리한다. 북서측에 위치하는 축선-DW에서는 평균입도 2~7φ 범위의 사질 및 실트질 퇴적물이 간조선에서 만조선 방향으로 갈수록 세립해지는 분포를 보인 반면, 축선-CH에서는 간조선 주변 바지락 양식장을 제외하고는 평균입도 7.5φ 내외의 실트질 퇴적물이 균질한 분포를 보인다(Fig. 3). 축선-DW의 경우는 주변의 하천(동천)을 통해 공급된 사질 퇴적물이 조류로 따라 이동된 후 조류 및 파랑에너지에 의해 재분포되면서 간조선에서 만조선 방향으로 세립화되는 것으로 판단된다. 반면 축선-CH의 경우는 강이나 하천을 통한 조립질 퇴적물의 공급이 제한되어 있어 조간대가 침식되는 만조를 전후하여 세립질 퇴적물이 부유 상태에서 집적되어 균질한 입도분포를 보이는 것으로 생각된다.

계절적으로는 2개의 축선 모두 가을에 조립하고 겨울, 봄, 여름으로 갈수록 세립해지며, 여름에는 초기에 일시적으로 조립한 후 말기에 다시 세립해지는 경향을 보인다(Fig. 4). 평균입도의 계절적 변화는 입자의 크기별 함량분포에서 더욱 잘 나타난다. 축선-DW의 퇴적물은 3φ와 5~7φ 범위에서 최빈값을 갖는 복모드 퇴적물로 가을에는 -1~2φ 범위의 조립질 퇴적물 함량이 증가하고, 세립 계층의 최빈값이 6~7φ 구간에서 5φ로 이동하는 뚜렷한 입도의 점이현상을 보인다(Fig. 7). 축선-CH의 퇴적물은 1φ와 6~8φ 범위에서 최빈값을 갖는 복모드 퇴적물로 가을에는 조립 계층에서는 뚜렷한 변화를 보이지 않으나 세립 계층에서는 최빈값이 7~8φ 구간에서 6φ로 이동하는 뚜렷한 입도의 점이현상을 보인다(Fig. 7). 그러나 평균입도의 계절적 변화를 좌우하는 퇴적물의 구성 성분은 2개 축선에서 서로 다르게 나타난다(Fig. 5). 축선-DW에서 퇴적물의 평균입도는 모래의 함량이 증가하고 점토의 함량이 감소하는 가을에 조립하고, 반대로 모래의 함량이 감소하고 점토의 함량이 증가하는 겨울과 봄, 여름에 세립해져 모래와 점토의 함량 변화에 의해 평균입도가 좌우되는 경향을 보인다. 반면, 축선-CH에서는 실트의 함량이 증가하고 점토의 함량이 감소하는 가을에 조립하고, 반대로 실트의 함량이 감소하고 점토의 함량이 증가하는 겨울과 봄, 여름에 세립해져 실트와 점토의 함량 변화에 의해 평균입도

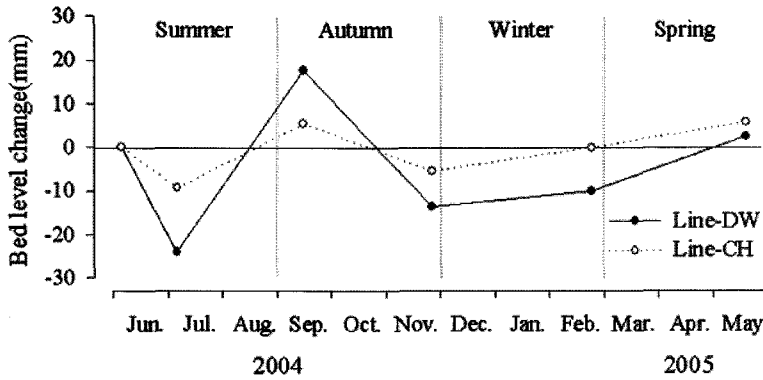


Fig. 6. Seasonal variation in surficial accumulation on the tidal flat of Kwangyang Bay from 2004 to 2005. Each curve presents an average of monitoring values from all stations taken during on survey.

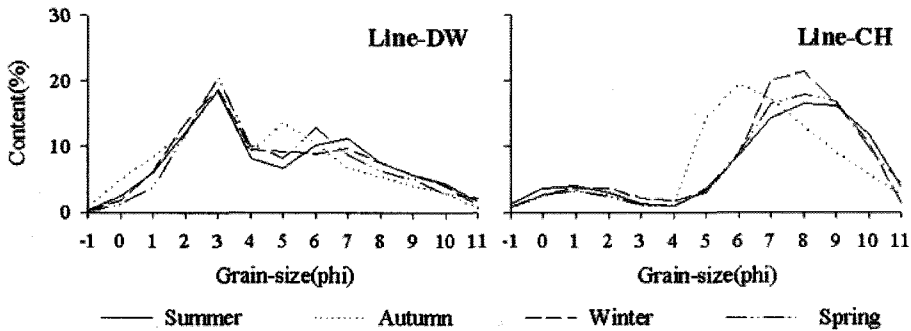


Fig. 7. Average size-frequency curves showing drastic seasonal variations. Each histogram represents an average of size data from all surface samples taken during the corresponding seasons.

가 좌우되는 경향을 보인다.

조간대 퇴적물의 계절적 변화를 파악하기 위해 모니터링된 퇴적물은 2개의 축선 모두 평균입도가 조립해지는 가을에는 뚜렷하게 침식되고 평균입도가 세립해지는 겨울과 봄, 여름에는 가을에 비해 침식률이 낮거나 퇴적되는 경향을 보인다. 또한, 일시적으로 평균입도가 조립해지는 여름 초기에는 뚜렷하게 침식되는 경향을 보여 평균입도의 계절적 변화와 밀접한 상관관계를 갖는다(Fig. 6). 여름 초기에 일시적으로 평균입도가 조립해지고 침식되는 현상은 태풍 민들레(MINDULLE)에 의한 영향(Fig. 8)으로 여름 동안 태풍에 의한 조간대의 침식현상은 류상욱 외(2003)에 의해 보고된 바 있다. 또한 가을에 평균입도가 조립해지고 침식되는 현상은 여름의 저에너지 환경(태풍 발생시 예외)이 가을에 고에너지 환경으로 바뀌면서 6~8φ 구간의 세립질 퇴적물이 선택적으로 제거되기 때문으로 생각된다(Fig. 7). 그러나 겨울에는 풍속이 증가함에도 불구하고 침식률이 낮거나 뚜렷한 변화를

보이지 않았다(Fig. 8). 이는 조간대의 퇴적물이 풍속의 증가에 따른 파랑에너지의 강도에 의해 좌우되는 것보다는 풍속의 증가에 따른 파랑에너지의 변화 폭에 의해 더 크게 좌우되기 때문으로 해석된다. 즉, 풍속의 변화 폭은 여름에서 가을 동안의 변화가 가을에서 겨울 동안의 변화에 비해 크다(Fig. 8).

한편, 조간대 퇴적물은 축선-DW에서는 봄에 퇴적되고 그 밖의 계절에 침식되어 연평균 -31.3 mm/yr로 침식되었으며, 축선-CH에서는 겨울과 봄에 뚜렷한 변화를 보이지 않거나 퇴적되고 여름과 가을에 침식되어 연평균 -4.9 mm/yr로 침식되는 경향을 보였다(Table 1). 겨울과 봄에 퇴적되고, 여름과 가을에 침식되는 현상은 남해의 여자만 조간대에서 최정민 외(2005)에 의해 보고된 바 있다. 한편 2001년부터 2003년까지 동일지역에서 류상욱 외(2003)에 의해 조사된 결과에 의하면, 축선-DW에서는 겨울에는 뚜렷한 변화를 보이지 않고 봄부터 가을까지 침식되어 연평균 -35.2 mm/yr가 침식되어 본 연구 결과와 유

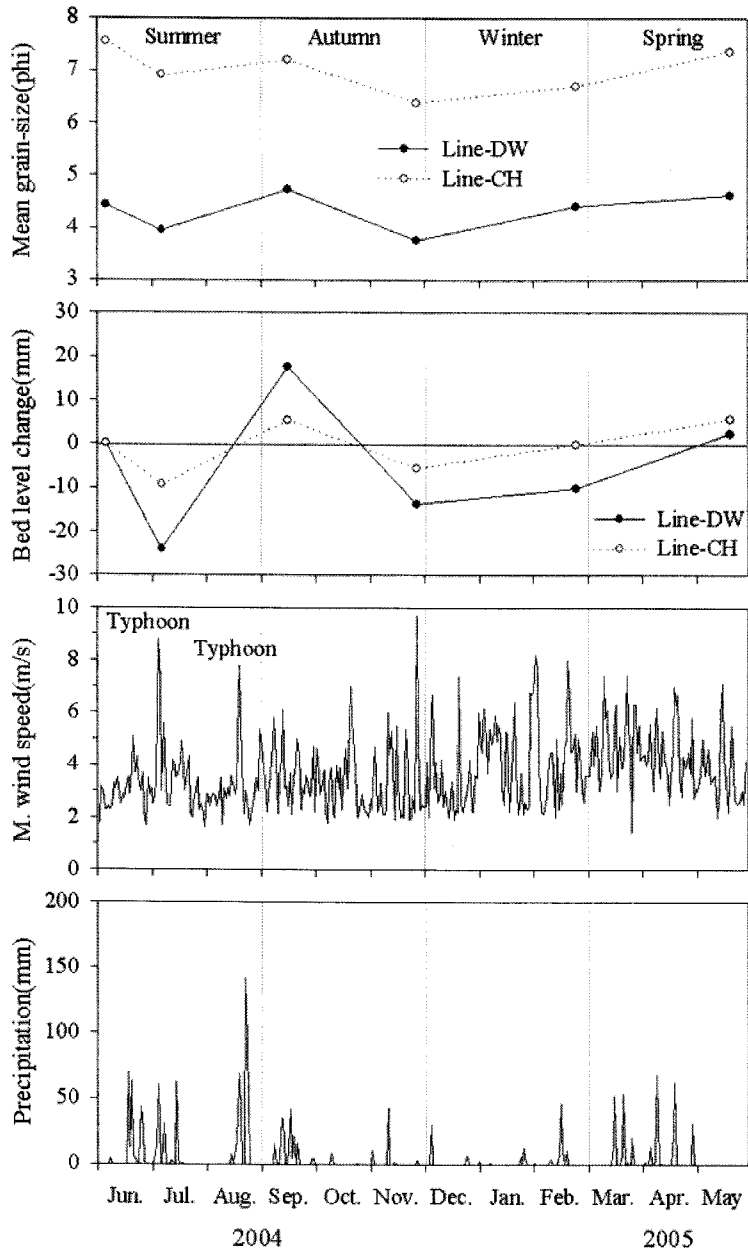


Fig. 8. Seasonal variation of mean grain-size and sedimentation rate on the tidal flat of Kwangyang Bay during the survey period. Meteorological data suggest that the erosional effect on the intertidal flat might come from typhoon and heavy rainfall.

사한 침식률 및 계절적 변화를 보였다. 그러나 측선-CH에서는 여름과 가을에 침식되고 겨울과 봄에 퇴적되어 본 연구 결과와 동일한 계절적 변화를 보였으나 퇴적물에 있어서는 연평균 4.0 mm/yr에서 연평균 -4.9 mm/yr로 퇴적환경에서 침식환경으로 변화되었다. 일반적으로 퇴적환경의 변화는 퇴적물의 공급량, 기후, 해안지형, 생물의 종류와 밀도, 조석, 파랑, 해

수면 변화 등 다양한 요인들에 의해 제어되어지나, 수리에너지의 변화를 수반하는 기상요소 및 지형변화 등에 의해 민감하게 반응하는 것으로 알려져 있다 (Anderson et al., 1981; Lee et al., 1999; Pejrup and Anderson, 2000; 류상욱 외, 2002, 2003, 2004, 2006; 류상욱, 2003; Ryu, 2003). 측선-CH가 횡단하는 광양만의 서측 조간대의 경우, 인근에 호안이 건설되어

인위적인 지형변화가 심각하게 진행되었음을 고려할 때, 지형변화에 따른 수리에너지 환경의 변화가 침식 환경으로 변화되는 주된 요인으로 작용된 것으로 추정된다. 그러나 본 연구결과가 호안 건설 직후 1년 동안의 모니터링 결과로 그 기간이 짧을 뿐 아니라 광양만권 개발에 따른 매립과 준설 등이 현재에도 계속 진행되고 있기 때문에 보다 명확한 결과를 얻기 위해서는 지속적인 모니터링이 필요하다고 판단된다.

결 론

호안 건설 후 광양만 조간대에서 표층 퇴적물과 퇴적물에 대한 모니터링 결과, 주요 내용은 다음과 같다.

1. 광양만의 조간대 퇴적물은 북측 조간대에서는 간조선에서 만조선 방향으로 세립해지는 분포를 보인 반면, 서측 조간대에서는 균질한 입도 분포를 보인다. 이와 같은 현상은 북측 조간대는 주변의 하천을 통해 공급된 사질 퇴적물이 조류로 따라 이동된 후 조류 및 파랑 에너지에 의해 재 분포되기 때문이며, 서측 조간대는 강이나 하천을 통한 조립질 퇴적물의 공급이 제한되어 있어 조간대가 침수되는 만조를 전후하여 부유 상태에서 세립질 퇴적물의 집적이 활발하기 때문으로 생각된다.

2. 조간대 퇴적물의 평균 입도는 북측과 서측 조간대 모두 여름 초기와 가을에 조립한 반면, 그 밖의 계절에는 상대적으로 세립해지는 동일한 계절적 변화를 보인다. 그러나 평균 입도의 계절적 변화는 북측에서는 모래와 점토의 함량 변화에 의해 좌우된 반면, 서측에서는 실트와 점토의 함량 변화에 의해 좌우되어 서로 다른 경향을 보인다.

3. 조간대 퇴적물의 계절적 변화는 봄에 퇴적되고 그 밖의 계절에 침식되어 2001~2003년 동안 조사되어 보고된 결과와 매우 비슷한 경향을 보인다. 그러나 연평균 퇴적률은 북측에서는 -31.3 mm/yr 로 2001~2003년 동안(-35.2 mm/yr)과 유사한 경향을 보이나 주변에 호안이 건설된 서측에서는 -4.9 mm/yr 로 2001~2003년 동안(4.0 mm/yr)과 달리 침식되는 경향을 보인다. 이와 같은 퇴적 환경의 극명한 변화는 아마도 지형 변화(호안 건설)에 따른 수리 에너지 환경의 변화에 기인한 것으로 생각된다.

사 사

이 논문은 “2004-2005년도 전남지역환경기술개발 센터의 연구개발사업비(수산자원 보존을 위한 광양만 갯벌 생태계 조사)”와 “2005년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2005-075-C00034)”을 받아 연구되었습니다. 현장조사 및 시료분석에 도움을 준 전남대학교 해양학과의 이수환, 김영선 군에게 고마움을 전합니다. 또한 세심한 지적과 조언을 아끼지 않으신 양우현 교수님과 익명의 심사위원께 심심한 사의를 표합니다.

참고문헌

- 류상욱, 2003, 한반도 남해안 광양만 표층퇴적물 입도의 시·공간적 변화. 한국해양학회지 「바다」, 8(3), 127-135.
- 류상욱, 김주용, 이희준, 조영길, 안성모, 2003, 조간대 퇴적물의 계절적 변화: 한국 남해안의 광양만. 한국해양학회지 「바다」, 8(4), 349-356.
- 류상욱, 김주용, 장진호, 조영길, 신상은, 은고요나, 2006, 조간대성 해빈 퇴적물의 이동양상에 관한 연구 I: 한국 남해안의 득량만. 한국지구과학회지, 27(2), 221-235.
- 류상욱, 장진호, 조주환, 문병찬, 2004, 한반도 서해남부 입자도 해빈 퇴적작용의 계절적 변화. 한국해양학회지 「바다」, 9(3), 83-92.
- 류상욱, 장진호, 최현용, 2002, 평택화력발전소 취수구 주변 해역에서 세립질퇴적물의 운반양상. 한국해양학회지 「바다」, 7(4), 247-256.
- 박용안, 이창복, 최진혁, 1984, 광양만의 퇴적환경에 관한 연구. 한국해양학회지, 19(1), 82-88.
- 최동림, 현상민, 이태희, 2003, 한반도 남해안 광양만의 최근 지형변화 및 후기 제4기 퇴적층서 발달. 한국해양학회지 「바다」, 8(3), 35-43.
- 최정민, 이연규, 우한준, 2005, 한국 남해안 여차만 조간대 퇴적물의 시공간적 변화. 한국지구과학회지, 26(3), 253-267.
- 포항종합제철주식회사, 1982, 광양만 수리모형실험 및 조사 보고서. 건설부, 322 p.
- Anderson, F.E., Black, L., Watling, L.E., Mook, W., and Mayer, L.M., 1981, A temporal and spatial study of mudflat erosion and deposition. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51, 729-736.
- 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, 3-26.

- Frey, R.W., Howard, J.D., Han, S.D., and Park, B.K., 1989, Sediments and sedimentary sequences on a modern macrotidal flat, Inchon, Korea. *Journal of Sedimentary Petrology*, 59, 28-44.
- Ingram, R.L., 1971, Sieve analysis. In Carver, R.E. (ed.), *Procedures in sedimentary petrology*, Wiley-Inter Science, New York, 49-67.
- Klein, G. deV., 1985, Intertidal flats and intertidal sand bodies. In Davis, R.A. (ed.), *Coastal sedimentary environments* (2nd ed.), Springer-Verlag, New York, 187-224.
- Korea Meteorological Administration, 1991-2000. Monthly weather report.
- 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.
- National Geography Institute, 1990, Basic research report on nearshore environments of Korea. 63 p.
- Pejrup, M. and Anderson, T.J., 2000, The influence of ice on sediment transport, deposition and reworking in a temperate mudflat area, the Danish Wadden Sea. *Continental Shelf Research*, 20, 1621-1634.
- Ryu, S.O., 2003, Seasonal variation of sedimentary processes in a semi-enclosed bay: Hampyong Bay, Korea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56, 481-492.
- Wang, B.C. and Eisma, D., 1988, Mud flat deposition along the Wenzhou coastal plain in southern Zhejiang, China. In deBoer, P.L., van Gelder, A., and Nio, S.D. (eds.), *Tide-influenced sedimentary environments and facies*. Boston Reidel Publ. Co., Amsterdam, 223-263.

2006년 9월 13일 접수
 2006년 10월 24일 수정원고 접수
 2006년 11월 24일 채택