

고창군 광승리 해변 표층 퇴적물의 계절 변화

소광석¹ · 양우현^{1,*} · 최신이¹ · 권이균²

¹전북대학교 과학교육학부/융합과학연구소, 561-756, 전라북도 전주시 덕진구 백제대로 567

²공주대학교 지질환경과학과, 314-701, 충청남도 공주시 공주대학로 56

Seasonal Variation of Surface Sediments in the Kwangseungri Beach, Gochanggun, Korea

Kwang-Suk So¹, Woo-Hun Ryang^{1,*}, Sin-Lee Choi¹, and Yi-Kyun Kwon²

¹Division of Science Education and Institute of Fusion Science, Chonbuk National University, Jeonbuk 561-756, Korea

²Department of Geo-Environmental Sciences, Kongju National University, Chungnam 314-701, Korea

Abstract: The Gochanggun Kwangseungri macro-tide open-coast beach, located in the southwestern coast of Korea, was investigated in terms of the seasonal variations of surface sediment facies and sedimentary environment. Surface sediments of 45 sites in four seasons (May 2006 - February 2007) were sampled along three survey lines (15 sites in each survey line). The surface sediments of the Kwangseungri Beach are mainly composed of fine-grained sands, and its mean grain size is the coarsest in winter. Mud facies partly exists in summer, whereas it is nearly absent in winter. The spatial distribution of surface sediments shows a coast-parallel band of fine and medium sands during spring, fall, and winter. In the northern part, the study area is dominated by fine sands during summer, whereas by coarse sands during winter. These results can be interpreted that tide is more effective than wave on the surface sediment distribution of the Kwangseungri Beach during the summer season.

Keywords: Kwangseungri Beach, seasonal variation, surface sediment, macro-tide

요약: 한반도 서남해안의 고창군 광승리 개방형 대조차 해변에서 계절에 따른 표층 퇴적상과 퇴적환경 변화를 연구하였다. 표층 퇴적물은 3개 측선의 45지점(각 측선 당 15개 지점)에서 사계절(2006. 5.~2007. 2.)동안 채취하고 분석하였다. 광승리 해변의 표층 퇴적물은 대부분 세립질 모래로 구성되어 있으며, 평균 입도는 겨울에 가장 조립하게 나타난다. 펄 퇴적상은 여름에 부분적으로 존재하는 반면, 겨울에는 거의 나타나지 않는다. 표층 퇴적물의 공간 분포는 봄, 가을, 겨울에 세립사와 중립사가 해안선과 평행한 띠 모양으로 나타난다. 연구지역의 북쪽에서는 여름에 세립사, 겨울에 조립사가 우세하게 나타난다. 여름 광승리 해변의 표층 퇴적물에 미치는 영향은 조석의 파랑보다 효과적인 것으로 해석된다.

주요어: 광승리 해변, 계절 변화, 표층 퇴적물, 대조차

서론

황해는 반폐쇄 대륙붕 바다의 전형적인 유형으로 한반도와 중국 대륙에 의해 둘러싸여 있으며 동중국해와 연결되어 있다. 황해 연안 및 하구는 바다와 육지 사이 경계에 존재하며 해수면 변화에 많은 영향

을 받는 지역이다. 황해 대륙붕은 신생대 제4기 동안의 해수면 변동에 의해 육성환경과 다양한 연안환경이 형성되었다(Chough et al., 2000).

개방형 해변은 미고결 퇴적물로 집적되어 있고 파랑과 조수의 영향을 동시에 받는 연안환경 지역이다. 해변의 표층 퇴적 특성은 조석·파랑의 영향을 반영한 에너지 변화와 관계가 있으며, 파랑과 조류의 상대적인 역할은 해변 퇴적환경에 영향을 주며 이는 표층 퇴적물의 분포와 특성을 나타낸다(오재경과 금병철, 1998; 류상욱, 2003; 백영숙과 전승수, 2009;

*Corresponding author: ryang@jbnu.ac.kr

Tel: +82-63-270-2790

Fax: +82-63-270-2802

백영숙, 2010). 해빈 퇴적물의 계절 변화는 여러 가지 요인들이 지역에 따라 다르며 지역적 특성에 의해 크게 영향을 받는다(Klein and Sanders, 1964).

일반적으로 온대 지역의 해빈은 빙원과 바람에 의해 봄과 여름에 퇴적되며 겨울에는 침식되는 계절 변화를 보인다. 우리나라 황해 해빈은 몬순 계절풍, 태풍, 겨울철 폭풍에 의해 역동적인 해양환경이 유지된다(Pejrup and Andersen, 2000; Andersen and Pejrup, 2001). 황해 해빈의 표층 퇴적환경은 겨울에는 북서 계절풍에 따른 강한 파랑에너지에 의해 침식이 우세한 경향을 보이는 반면, 여름에는 상대적으로 파랑에너지보다 강한 조석에너지에 의해 퇴적되는 계절 변화 경향을 보인다(류상욱 외, 1999, 2001; Yang and Chun, 2001). 연구지역 북쪽에 위치한 동호 해빈의 선행 연구는 계절풍에 의한 파랑과 대조차 조석의 상대적 중요성을 강조하고 있다(Yang et al., 2005, 2006; 소광석 외, 2010). 해빈 표층 퇴적환경은 퇴적물의 기원, 조류의 세기, 방향 변화 및 파랑과의 상대적인 역할에 따라 표층 퇴적물의 계절적 퇴적상과 퇴적환경 특성을 결정한다(오재경 외, 1994; 오재경과 한창희, 2010).

연구지역 고창군 광승리 지역은 한반도 서남부 해안에 위치하고 있는 개방형 해양환경으로 대조차 지역이며 넓은 해빈으로 이루어져 있다. 또한 직선화된 해안을 갖고 있으며, 파랑조건의 변화에 따라 해빈 단면 지형 혹은 해안선이 변화를 반복하는 해빈 작용이 일어나는 대표적인 개방형 해빈 지역이다. 최근 황해 해빈의 퇴적환경에 관한 연구는 반폐쇄만에 발달한 해빈을 다룬 것이 많으며, 개방형 해안에 발달한 해빈에 관한 연구는 부족하다(Yang et al., 2005, 2006; 소광석 외, 2009, 2010). 본 연구목적은 개방형 해빈 퇴적환경인 광승리 3개 지역 측선에서 30 m 간격으로 시료를 채취하여, 계절별 표층 퇴적물의 조직 분석을 통해 계절 변화에 따른 퇴적환경과 퇴적상을 밝히고자 한다.

지역 개관

연구지역은 전라북도 고창군 해리면 광승리 지역으로 북단은 고창군 동호해수욕장, 남단은 명사십리 조간대가 위치한 해빈 환경을 형성하고 있다(Fig. 1). 이 지역은 대조차 조간대 환경으로 해안 절벽이 거의 없고, 배후에 넓은 사구 지역이 발달해 있다. 또

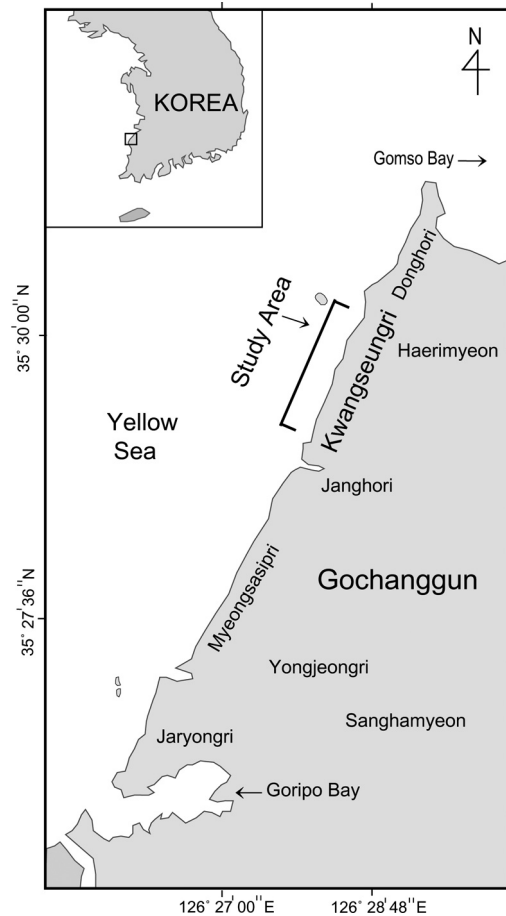


Fig. 1. Location map of study area (Kwangseungri) in the beach of the Gochanggun. The study area shows a linear shoreline trending northeast-southwest, facing the Yellow Sea without seaward barriers. A rectangle in inset indicates the study area.

한 사구나 보호섬이 없이 외해에 직접 노출되어 있으며, 큰 강의 부재로 하천으로부터 퇴적물 공급이 적다(한국지질자원연구원, 2003). 해빈 사구는 육지로부터 접근이 용이하여 활발히 이용되고 있지만 발달과 보존이 양호하다. 고창도폭 지질조사 보고서(이병주와 이승렬, 2001)에 의하면 연구지역의 기반암은 주로 선캠브리아기의 화강암질 편마암으로 구성된다.

본 연구지역의 조석관련 해양자료와 평균해면 자료는 연구지역 북단의 위도 검조소의 자료를 이용하였으며, 위도 검조소를 기준으로 조석은 반일주조형이며 대조차는 5.4 m, 소조차는 2.5 m로서 평균조차가 4.0 m이다(국립해양조사원, 2012). 기상은 기상청(2006, 2007) 웹 자료를 활용하였으며, 기상자료는 인근 부

Table 1. Weather condition from March, 2006 to February, 2007 in the Buan weather station, the nearest station to the study area. Note that the maximum wind directions are changed from northerly in winter (December to February) to southerly in summer season (June to August) with decreasing wind speed (Korea Meteorological Administration, 2006, 2007)

	2006						2007					
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.
Average wind speed (m/s)	2.0	2.2	1.6	1.6	1.6	1.1	1.0	1.0	1.7	1.1	1.3	1.6
Maximum wind speed (m/s) and direction	8.1 N	8.1 S	7.4 SSE	8.9 SSE	8.3 ENE	5.1 ESE	5.0 N	6.3 N	7.3 SW	7.2 NNW	8.9 NNW	8.4 NNW
Average temperature (°C)	5.9	11.2	17.7	22.0	24.8	27.3	20.4	17.4	10.1	3.0	1.6	4.6
The number of storm days	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0

안 관측소의 자료를 이용하였다. 겨울철 폭풍은 1월에 집중되고 주된 풍향은 북북서 풍계이다(Table 1).

연구 방법

연구지역의 지형 변화는 해안선에서 수직 방향으로 측선 E를 선정하여 측정하였으며(Fig. 2), 이 측선 지역은 조류로나 조류세곡에 의한 퇴적작용의 영향이 상대적으로 작은 곳이다. 측선의 기준점을 육지에 선정하고, 광파측량기기를 설치한 후 측선을 따라 30 m 간격으로 고도차를 측량하였다. 측량 시스템은 토탈 스테이션 GPT-3000LN Series (Topcon)을 사용하였다.

연구지역의 퇴적물은 연구지역 해안선에서 하부 해변 방향으로 3개 측선을 설정하여 각 측선마다 30 m 간격으로 15개 지점에서 실험용 스푼을 이용하여 표층 1 cm 내외의 퇴적물을 채취하였다(Fig. 2). 퇴적물 채취 지점은 GPS (GARMIN MAP60CSx)를 이용하여 위치를 측정하고, 2006년 5월(봄), 2006년 8월(여름), 2006년 10월(가을)과 2007년 2월(겨울) 총 4회 시료를 채취하였다. 다만 측선 D의 겨울 시료 15개 중 외해 쪽의 12-15 지점의 4개 시료는 시료 채취 과정의 문제로 인해 자료 분석에서 제외되었다.

입도분석은 Microtrac사의 자체 특허 기술인 Tri-Laser System을 도입한 S3500 Series를 이용하였다. 측정 자료의 통계처리는 GRADISTAT Ver8.0을 이용하였으며(Blott and Pye, 2001; Blott, 2010), 분급, 웨도, 침도 등 통계적 입도 상수는 Folk and Ward (1957)과 Folk(1968)의 계산식을 이용하였다. 입자 크기는 Udden(1914)과 Wentworth(1922)의 분류로 표시하였다.

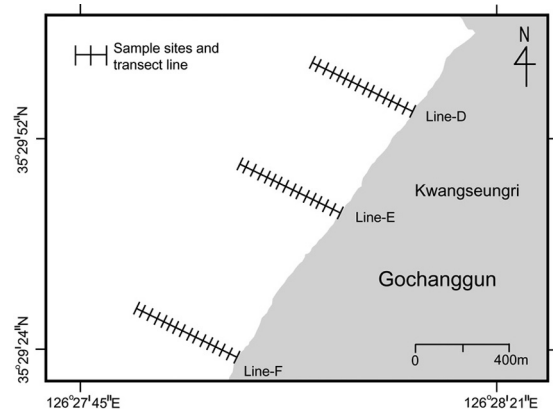


Fig. 2. Map of the study area. Three transect lines (D, E, and F) including ticks (30 m interval) represent monitoring set-up for surface sampling, elevation change, and measurement of sedimentation rate.

결과 및 해석

지형 단면

연구지역 해변은 평균 해수면을 기준으로 크게 고조선 주변의 상부 조간대와 저조선 주변의 하부 조간대로 구분할 수 있다(Fig. 3). 연구 지역 단면은 광승리 해변 중앙에 위치하는 측선 E로 측정하였으며, 고조선 주변 해변은 해안선으로부터 수평거리 100 m 까지 평균 3.4°의 기울기를 보인다. 해안선으로부터 수평거리 10 m까지는 약 4.6°의 기울기로 상승하고, 10 m에서 30 m까지는 약 11.3°의 기울기로 감소하며, 30 m에서 100 m까지는 1.6°의 기울기를 갖는다. 하부 조간대는 해안선으로부터 수평거리 100 m에서 약 350 m까지로 0.2°의 완만한 기울기를 가지며, 평탄한 지형 단면을 보인다.

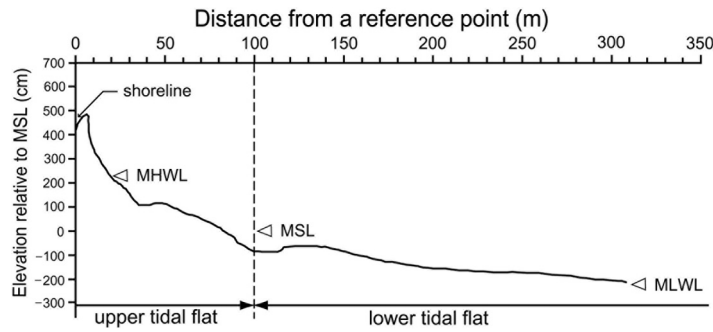


Fig. 3. Elevation feature of the transect line E (for location, see Fig. 2). MSL: mean sea level; MHWL: mean high water level; MLWL: mean low water level.

표층 퇴적상 및 입도특성

표층 퇴적상 및 입도 특성은 연구지역 내 퇴적물 입자의 이동에 따른 해변 퇴적 변화를 해석하고, 여러 변수들의 통계학적인 상관관계를 비교하여 계절적 해변의 퇴적양상을 해석할 수 있다.

퇴적물 분포: 연구지역의 표층 모래 퇴적물을 세분하여 비교하면 계절에 관계없이 세립사가 가장 많으며, 봄은 조립사, 중립사 순으로 나타나고, 여름, 가을, 겨울은 중립사, 조립사 순으로 나타난다(Table 2). 겨울에서 여름으로 갈수록 함량 분포는 자갈의 평균 분포 비율은 큰 차이를 보이지 않지만, 펄은 증가 경향, 모래는 감소 경향을 보이고 있다. 세립사가 차지하는 비율이 가장 큰 계절은 53.1%인 봄이며, 적은 계절은 47.4%인 여름이다. 자갈이 차지하는 비율이 가장 큰 계절은 0.9%인 가을이며, 다른 계절은 0.1%로 같다. 펄이 차지하는 비율이 가장 큰 계절은 0.7%인 여름이며, 겨울에는 거의 나타나지 않는다.

표층 퇴적상: 연구지역의 봄은 사 1개 퇴적상, 여름

은 사, 니사, 약역사 3개 퇴적상, 가을은 사, 약역사, 역사 3개 퇴적상, 겨울은 사, 약역사 2개 표층 퇴적상이 나타나는 경향이 있다(Fig. 4). 자갈, 모래, 펄의 평균 분포 비율을 살펴보면 봄에는 0.1, 99.6, 0.3%이고, 여름은 0.1, 99.2, 0.7%로 봄에서 여름으로 갈수록 니사 퇴적상과 펄 퇴적상이 나타나는 경향을 보인다(Fig. 4a, 4b). 반면 가을의 자갈, 모래, 펄의 평균 분포 비율은 0.9, 98.9, 0.2%이고, 겨울은 0.1, 99.9, 0.0%로 가을에서 겨울로 갈수록 펄이 제거되고 있음을 알 수 있다(Fig. 4c, 4d).

입도: 연구지역의 표층 퇴적물 입도는 계절에 관계없이 대부분 모래로 구성되어 있다. 봄 퇴적물의 평균입도의 범위는 0.921~2.602 ϕ 이고 전체 평균입도는 2.052 ϕ 이며, 여름 퇴적물의 평균입도의 범위는 1.001~3.014 ϕ 이고 전체 평균입도는 1.946 ϕ 이며, 가을 퇴적물의 평균입도의 범위는 1.072~2.758 ϕ 이고 전체 평균입도는 1.976 ϕ 이며, 겨울 퇴적물의 평균입도 범위는 0.453~2.662 ϕ 이고 전체 평균입도는 1.861 ϕ 이다. 연구지역의 평균입도는 겨울에 가장 조

Table 2. Sedimentary textures of surface sediments in the Kwangseungri beach

		Gravel (%)	Sand (%)					Mud (%)
			very coarse	coarse	medium	fine	very fine	
Spring	Range	0.0~0.5	0.0~9.9	0.0~57.3	7.6~62.8	6.1~77.9	0.2~20.4	0.0~2.9
	Average	0.1	5.5	12.7	14.8	53.1	13.5	0.3
Summer	Range	0.0~0.6	0.0~20.1	0.0~52.5	1.9~33.6	26.2~79.2	1.7~31.1	0.0~12.0
	Average	0.1	8.6	18.7	10.5	47.4	14.2	0.7
Autumn	Range	0.0~19.4	0.0~28.1	0.0~36.7	2.1~36.7	21.6~72.6	1.1~29.2	0.0~5.5
	Average	0.9	8.4	13.7	10.6	49.9	16.3	0.2
Winter	Range	0.0~2.0	0.0~11.6	0.0~93.6	2.6~71.7	0.0~83.3	0.0~17.2	0.0
	Average	0.1	5.0	20.5	16.4	48.5	9.5	0.0

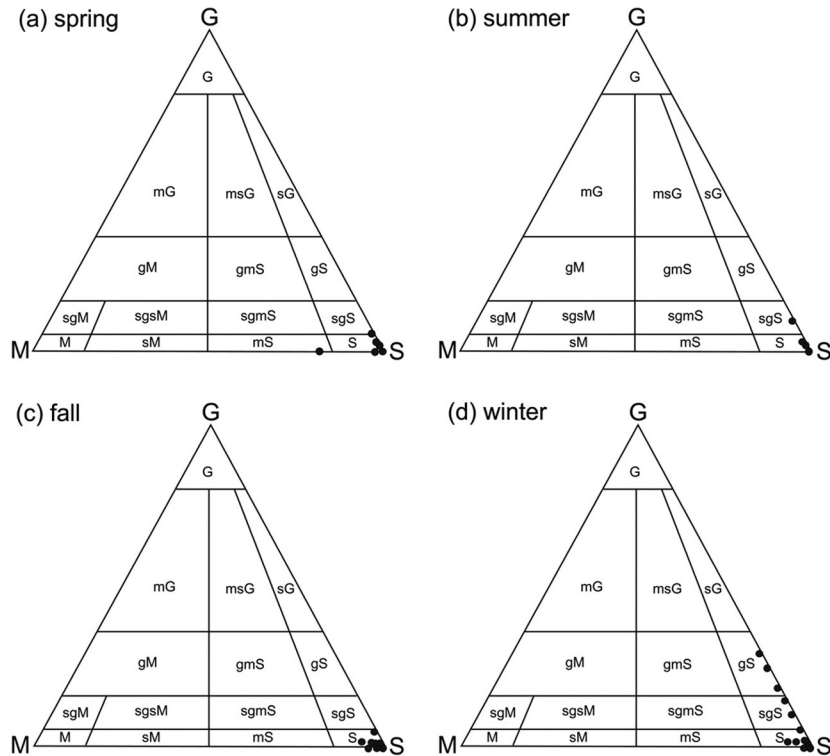


Fig. 4. Ternary diagram of facies from surface sediments in the Kwangseungri beach. Each representative facies of spring (a), summer (b), fall (c), and winter (d) is plotted on the diagram of Folk (1968), based on the ratio of sand, mud, and gravel.

립하고, 봄에 가장 세립하게 나타난다(Table 3).

분급: 연구지역의 계절별 분급은 봄에 0.411~1.247 ϕ , 여름에 0.358~1.327 ϕ , 가을에 0.369~1.609 ϕ , 겨울에 0.257~1.229 ϕ 범위로 나타난다. 평균 분급은 봄, 여름, 겨울은 moderately sorted, 가을은 poorly sorted로 다양하게 나타난다. 겨울철의 분급이 가장 양호하고, 가을철의 분급이 가장 불량하다.

왜도: 왜도는 봄에 -0.582~0.233, 여름에 -0.434~

0.590, 가을에 -0.614~0.010, 겨울에 -0.579~0.494 범위를 가지며 very coarse skewed에서 fine skewed 까지 다양하게 나타난다. 연구지역은 계절에 관계없이 음의 왜도를 갖고 작은 표준편차를 보인다. 이는 해변 모래가 좋은 분급임을 의미한다.

첨도: 첨도는 봄에 0.668~1.846, 여름에 0.571~1.259, 가을에 0.538~1.831, 겨울에 0.619~1.259 범위를 가지며 platykurtic에서 very leptokurtic까지 다양하게 나타난다.

Table 3. Statistical parameters of surface sediment textures in the Kwangseungri beach

		Spring	Summer	Autumn	Winter
Mean (f)	Average	2.052	1.946	1.976	1.861
	Range	0.921~2.602	1.001~3.014	1.072~2.758	0.453~2.662
Sorting (f)	Average	0.962	0.971	1.133	0.848
	Range	0.411~1.247	0.358~1.327	0.369~1.609	0.257~1.229
Skewness	Average	-0.405	-0.153	-0.500	-0.238
	Range	-0.582~0.233	-0.434~0.590	-0.614~0.010	-0.579~0.494
Kurtosis	Average	1.253	0.752	1.043	0.871
	Range	0.668~1.846	0.571~1.259	0.538~1.831	0.619~1.259

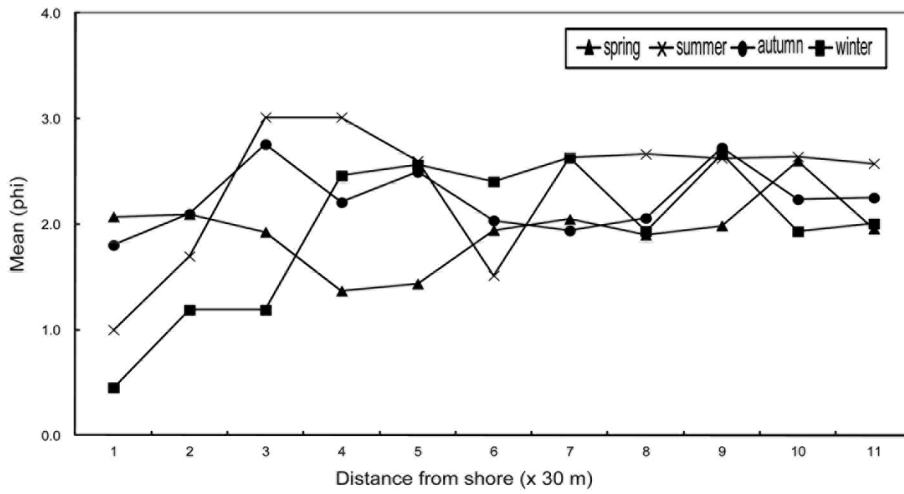


Fig. 5. Variations of mean from the upper to the lower Kwangseungri tidal flat.

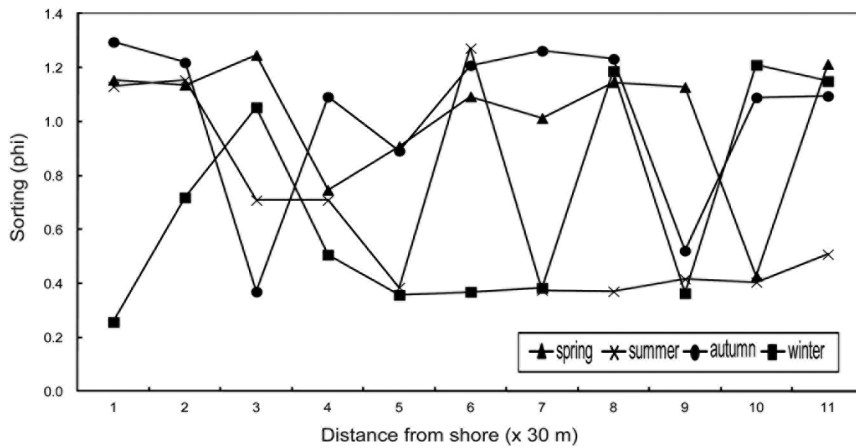


Fig. 6. Variations of sorting from the upper to the lower Kwangseungri tidal flat.

연구지역 표층 퇴적상의 계절별 입도 분포는 상부 조간대에서 하부 조간대 방향으로 축선별로 연구하였다. 연구지역의 평균 입도는 봄에는 30~120 m까지 조립해지는 경향, 여름에는 30~120 m까지 급격하게 세립해지는 경향, 가을에는 30~90 m까지 세립해지는 경향, 겨울에는 30~150 m까지 급격하게 세립해지는 경향을 보인다. 이후 하부 조간대 방향으로서는 계절별 입도 분포의 변화가 적게 나타난다(Fig. 5).

해석: 연구지역 표층 퇴적상의 계절별 분급은 여름에는 상부 조간대에서 하부 조간대 방향으로 갈수록 양호하며, 30~60 m 사이에서는 겨울을 제외하고는 분급이 불량하다(Fig. 6). 이러한 해빈의 분급은 근원지로부터 거리와 외부에너지의 강도 및 형태, 퇴적물

의 고유한 물리적, 화학적 성질과 밀접한 관련이 있다. 또한 기원지로부터 멀어질수록, 에너지 강도가 클수록 분급이 양호해진다(Trask and Hand, 1985). 특히 1~2 ϕ 의 조립, 중립 사질은 해수의 운동에 의한 유동성이 높아 같은 크기의 입자들끼리 집적되는 경향이 나타나 분급이 양호한 현상에 영향을 줄 수 있다(McLaren and Bowles, 1985).

연구지역 표층 퇴적상의 왜도는 정규 가우스 분포 곡선과 비교해 대체로 음의 왜도를 보인다(Fig. 7). 이는 해빈 지역에서 난류가 세립질 입자를 부유시켜 외해로 이동시키는 반면, 상대적으로 조립질 입자를 이동시키지 못하는 원인에 기인한다(Hails, 1967). 계절별 왜도는 하부 조간대 방향으로 갈수록 계절별 편차값이 감소하는 경향을 보인다(Fig. 7). 부분적으

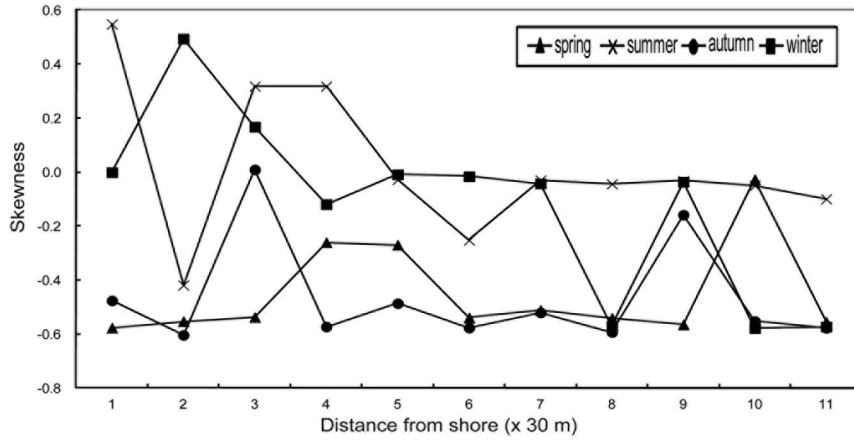


Fig. 7. Variations of skewness from the upper to the lower Kwangseungri tidal flat.

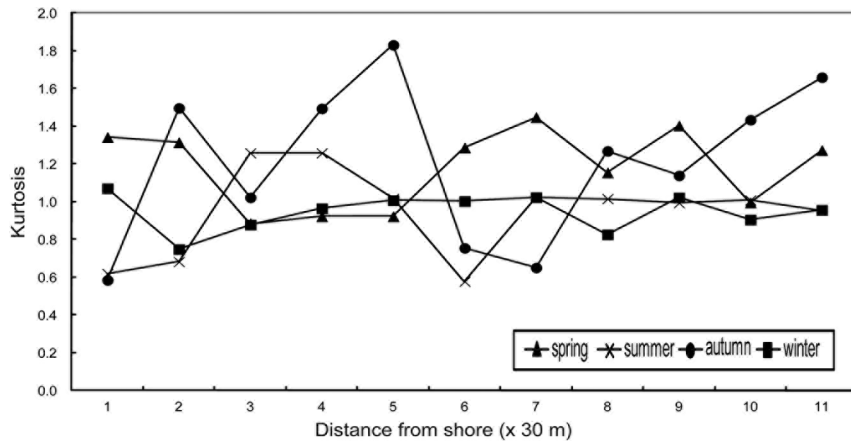


Fig. 8. Variations of kurtosis from the upper to the lower Kwangseungri tidal flat.

로 여름과 겨울의 상부 조간대는 양의 왜도를 보이는데(Fig. 7), 이는 각각 조석과 파랑에 의해 인근 연안에서 펄과 모래가 유입된 결과로 해석할 수 있다.

연구지역 표층 퇴적상의 침도는 봄에 가장 높은 값이 나타나고, 변동이 크며, 겨울에는 거의 일정한 값을 보인다(Fig. 8). 상부 조간대에서는 봄과 여름에 증가하는 경향이 나타나며, 하부 조간대에서는 봄과 가을에 증가하는 경향이 나타난다(Fig. 8).

표층 퇴적상의 모드 분포의 계절 변화

실제 해변 퇴적물의 입도 분포는 정규분포에서 보이는 한 개의 모드 보다는 여러 개의 모드를 보이는 경우가 흔하다. 현재 많은 학자들에 의해 대륙붕 퇴적물의 입도 분포 내에 여러 개의 모드가 존재함이 밝혀졌다(Visher, 1969). 연구지역은 계절에 관계없이

복모드 형태를 보이며, 최빈 입경은 2.0~3.0φ에서 나타난다(Fig. 9). 봄, 여름, 가을, 겨울 모두 복모드 형태를 보이는 것은 모든 계절에서 두 개의 에너지로부터 퇴적물이 이동한 것으로 해석할 수 있다.

표층 퇴적상 조직변수의 상관관계 분포 변화

연구지역 해변의 중양을 기준으로 계절별로 3개 지점을 선정하여 평균입도, 분급, 왜도 간의 상관관계를 구분하여 계절별 조직변수의 차이를 비교해 보았다. 연구지역의 평균입도와 분급의 관계는 평균입도와 관계없이 poorly sorted에서 well sorted까지의 다양한 값을 나타낸다(Fig. 10). 이는 해변의 지형과 위치에 따라 다른 에너지의 영향으로 분급되었음을 의미한다. 겨울에는 입도가 1.0~2.0φ 사이에서 상대적으로 분급이 불량하고, 입도가 더 작거나 큰 조립

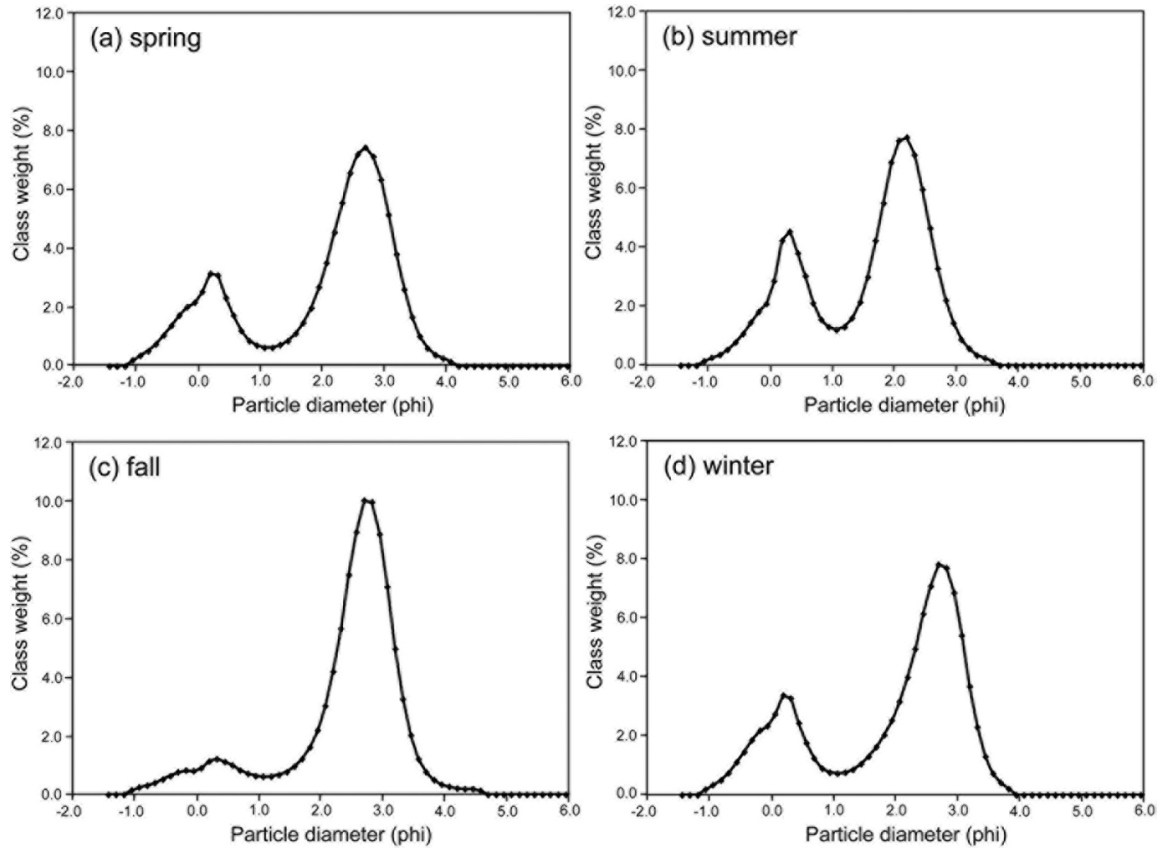


Fig. 9. Variations of mode plotted using all of the surface sediments during each season (a. spring, b. summer, c. fall, and d. winter). All season shows bi-modal distribution of two-energy origin.

질과 세립질에서는 분급이 양호하다. 반면 여름에는 입도가 1.0~2.0φ 사이에서 상대적으로 분급이 양호하고, 입도가 더 작거나 클 경우에 분급이 불량하다. 이는 두 계절에 상대적으로 영향을 미치는 에너지가 다르다고 해석할 수 있다. 특히 여름에는 입도 분포와 분급 관계가 가장 일치하며, 에너지 수준과 동일한 경향을 보이고 있다.

퇴적환경에서 조직변수는 에너지 조건을 반영하여 고에너지 환경은 분급이 좋은 조립질 퇴적물이 양, 음의 왜도를 보이며, 저에너지 환경은 분급이 불량한 세립질 퇴적물이 양의 왜도를 보인다(백영숙, 2002; 정선미, 2006). 연구지역의 평균입도와 왜도의 관계는 음과 양의 다양한 분포를 보이지만, 대부분의 계절에서 음의 왜도가 나타난다(Fig. 11). 특히 세립질 퇴적물이 음의 왜도를 보이는 것은 연구지역이 고에너지 환경임을 의미한다.

표층 퇴적 입도의 계절별 공간 분포

대부분 모래로 이루어진 연구지역의 표층 퇴적물을 1φ 간격으로 세분하여 Folk and Ward(1957)의 분류법으로 펄, 세립사, 중립사, 조립사의 공간 분포로 나타냈다(Fig. 12). 봄 연구지역의 모래 분포는 대부분 세립사와 중립사가 차지하고 있으며, 서로 교대로 해안선을 따라 길게 띠 모양 분포를 보이고 있다. 또한 측선 F의 상부조간대에서는 조립사가 나타나는 경향을 보이고 있다(Fig. 12a). 여름 연구지역의 모래 분포는 대부분 세립사와 중립사가 차지하고 있으며, 특징적으로 극세립사가 급격하게 증가하는 경향을 보인다. 측선 E의 평균해수면 부근 양쪽으로 세립사가 나타나며, 상부조간대에서 극세립사가 나타난다(Fig. 12b). 가을 광승리의 모래 분포는 세립사와 중립사가 교대로 해안선을 따라 길게 분포하지만 상부조간대에서는 세립사가 많이 분포하고, 하부조간대로 갈수록

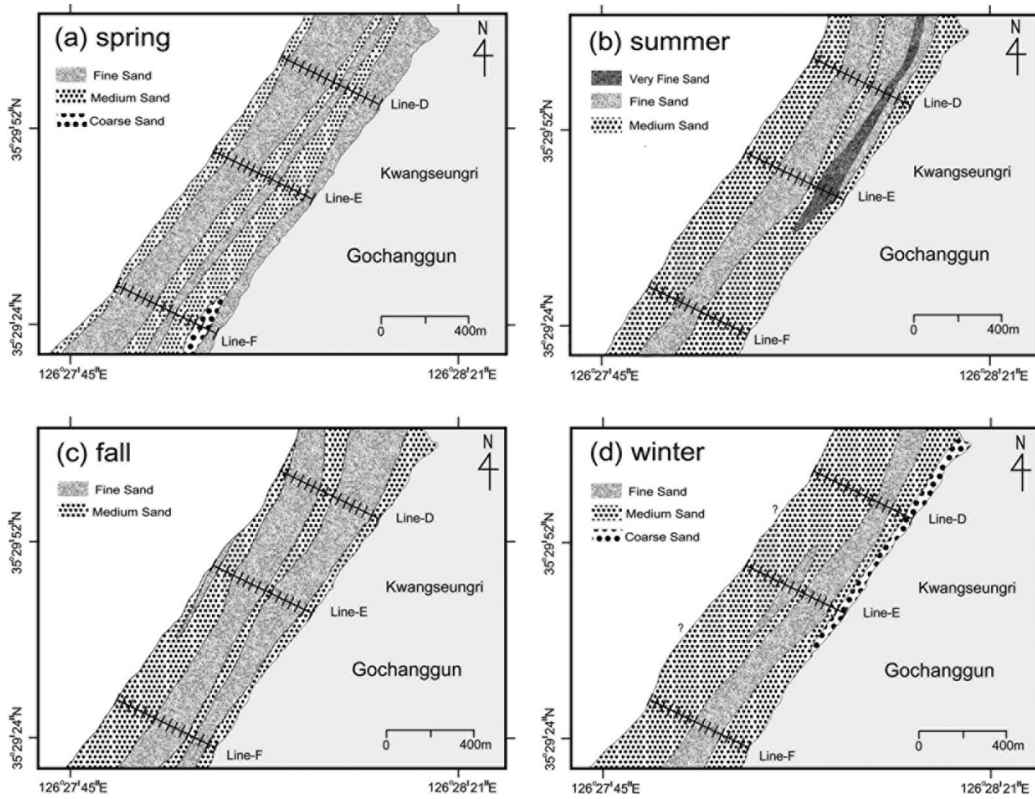


Fig. 12. Spatial distribution patterns of the grain size in the Kwangseungri beach (a. spring, b. summer, c. fall, and d. winter).

가 있다고 추정할 수 있다. 또한 표층 퇴적물의 계절적 변화 모델과 층서학적 연구를 통해 조석과 파랑의 상대적인 중요성을 인식할 수 있다(Yang and Chun, 2001; Yang et al., 2005, 2006). 대부분 중·세립사로 구성된 평균입도의 시공간적 분포는 상부 조간대에서 하부 조간대로 갈수록 부분적으로 조립해지는 경향이 있다. 또한 겨울에는 조립사가 증가하고 봄에 감소하며 여름에는 반대로 세립사가 증가한다. 이는 가을에서 겨울의 계절 변화에서 상대적으로 북서 계절풍의 파랑 작용이 증가하여 조립사가 증가하고, 겨울에서 봄, 여름의 계절 변화에서는 상대적으로 파랑의 영향이 작아지고 조석의 영향이 증가하여 세립사가 증가하는 것으로 해석할 수 있다.

토 의

연구지역은 몬순 계절풍의 영향을 크게 받는 개방형 해안으로 겨울에는 강한 북서 계절풍에 의한 고에너지 환경으로 세립질 퇴적물이 제거되고, 상대적

으로 세기가 약한 남동 계절풍의 영향을 받는 봄, 여름에는 저에너지 환경으로 세립질 퇴적물이 퇴적되는 양상을 보인다(Lee et al., 1999). 연구지역의 표층 퇴적물은 계절에 관계없이 사질 세립사가 가장 많다. 겨울에서 여름으로 갈수록 자갈의 평균 분포 비율은 큰 차이를 보이지 않지만, 상대적으로 펄은 증가하고 모래는 감소한다(Table 2). 이는 파랑과 조석의 상대적인 영향의 차이라고 볼 수 있다. 파랑은 쇄파대에서 많은 양의 퇴적물을 이동, 분산시키지만(Sallenger et al., 1983; Davis and Hayes, 1984), 규칙적으로 해수면을 변화시키는 조석은 쇄파대의 이동으로 에너지를 분산시켜 퇴적물의 이동 변화율이 감소한다(Masselink and Short, 1993). 따라서 상대적으로 파랑보다 조석이 강한 봄과 여름에는 펄과 극세사가 집적되는 경향이 나타나고, 상대적으로 조석보다 파랑이 강한 가을과 겨울에는 세립질 퇴적물이 제거된다고 해석할 수 있다.

분급은 입도에 의존하는 값으로 조립질 퇴적물이나 세립질 퇴적물은 바람이나 물에 의해 쉽게 운반되어

중립질 퇴적물보다 상대적으로 분급이 불량하다(백영숙, 2002; 정선미, 2006). 또한 계절별 평균 분급에 영향을 주는 요인으로 파랑에 의한 선택적 분급작용의 효과는 상대적으로 겨울에 큰 영향을 미치고, 개방형 해변에 큰 영향을 주는 조석작용의 수위 변화에 따른 에너지 분산효과는 상대적으로 여름에 큰 영향을 미치는 것으로 해석된다. 연구지역 표층 퇴적물의 평균 입도는 겨울에 가장 조립하고 봄에 가장 세립하게 나타나며, 분급은 겨울철이 가장 양호하고, 가을철이 가장 불량하다(Table 3). 평균입도의 시공간적 변화는 여름의 분급이 불량하다는 것을 알 수 있다. 계절 변화에 따른 입도와 분급 관계의 경향을 살펴보면 봄에서 여름으로 갈수록 극조립사와 펄의 함량이 증가하여 분급이 증가한다(Table 2). 이는 봄에서 여름으로 갈수록 상대적으로 파랑보다 조석의 영향이 강해져 분급이 불량해진다고 해석할 수 있다. 가을에서 겨울로의 계절 변화에서는 자갈과 극조립사, 극세립사, 펄이 감소하여 분급이 감소한다. 이는 가을에서 겨울로 갈수록 상대적으로 파랑의 영향이 강해져 분급이 양호해진다고 해석할 수 있다.

표층 퇴적상의 왜도는 해변 지역의 난류에 의해 세립질 입자가 외해로 이동되어 정규 가우스 분포곡선과 비교해 음의 왜도를 보이는 경향이 있다(Hails, 1967). 연구지역은 계절과 관계없이 대체로 음의 왜도를 갖고 작은 표준편차를 보이는데, 이는 해변 모래가 좋은 분급임을 의미한다. 한편 부분적으로 여름과 겨울의 상부 조간대에서 양의 왜도를 보이는데(Fig. 7), 연구지역의 북쪽 2개 측선(D, E)에서 여름에는 세립질 모래가 우세하고 겨울에는 조립질 모래가 우세한 특징을 보인다(Fig. 12). 이는 여름의 경우 파랑작용이 작으면서 조류의 영향이 상대적으로 커지면서 상부 조간대에서 조류를 따라 인근 연안으로부터 세립질 모래가 유입된 결과로 해석된다. 겨울의 경우 상대적으로 파랑의 영향이 커져 인근 연안에서 조립질 모래가 유입된 결과로 해석할 수 있다. 이러한 상부조간대 여름 퇴적상의 경우 상대적으로 입도가 작은 세립질 모래가 유입되어 양의 왜도를 구성하는 반면, 겨울 퇴적상의 경우 상대적으로 구성비가 크게 나타나는 조립질 모래의 유입으로 인해, 입도 분포의 최빈값이 조립한 방향으로 이동되며 양의 왜도를 보이는 것으로 해석된다(Figs. 7 and 12).

계절별 입도 도수분포가 모두 복모드 형태를 보이는 것은 모든 계절에서 바람에 의한 파랑과 조석에

의한 조류, 두 개의 에너지로부터 퇴적물이 이동한 것으로 해석할 수 있다(Fig. 9). 가을의 경우 복모드가 매우 약하게 나타나는 것은 파랑과 조석의 상대적인 영향이 변화하는 과정이라고 제안할 수 있다. 연구지역인 고창군 광승리는 직선 해안으로 고창군 명사십리와 지형적으로 유사하지만 봄의 입도 도수분포에서 차이가 난다. 고창군 동호, 광승리, 명사십리 모두 겨울철 입도 도수분포는 동일하게 복모드를 보이는 것으로 보아 세 지역 모두 계절풍에 의한 파랑의 작용과 조류의 영향을 받는 것을 알 수 있다(소광석 외, 2009, 2010).

결론

1. 고창군 광승리 해변의 표층 퇴적물은 대부분 모래로 구성되어 있으며, 모래 함량비는 세립사가 가장 크게 나타난다. 입도 분포는 상대적으로 겨울에 가장 조립하고 봄에 가장 세립하게 나타난다. 표층 퇴적 입도 분포는 계절에 관계없이 모두 복모드 형태를 보인다. 펄은 여름에 퇴적되고, 겨울에 침식되는 이원적 변화를 보이고 있다.

2. 연구지역 입도의 공간 분포는 봄, 가을, 겨울에 중립사와 세립사가 교대로 해안선에 평행하게 띠 모양으로 분포한다. 여름에는 세립사, 겨울에는 조립사가 연구지역 북쪽에 우세하게 분포하는 경향을 보인다.

3. 연구지역에서 다른 세 계절에 비해 여름철에는 파랑작용이 작아 표층 퇴적물에 미치는 조류의 영향이 상대적으로 커지는 것으로 해석된다. 또한 상부조간대에서는 주변 연안 또는 외해로부터 여름과 겨울에 각각 세립질, 조립질 모래가 유입되는 것으로 추정된다.

사사

야외와 실내에서 함께 조사와 토론을 해 주신 박재문, 노병섭 박사님께 감사드립니다. 논문 심사와 함께 논문의 부족한 부분을 세심하게 수정해 주신 백영숙 박사님과 익명의 심사자께 감사드립니다. 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행되었습니다(2010-0025733). 최신이는 전북대학교 대학원 생장학금 지원 프로그램의 수혜자로서 전북대학교에 감사의 뜻을 밝힙니다.

참고문헌

- 국립해양조사원, 2012, http://www.khoa.go.kr/info/tide_info_harmony.asp (검색일: 2012. 6. 23.)
- 기상청, 2006, http://www.kma.go.kr/weather/observation/data_monthly.jsp (검색일: 2012. 6. 23.)
- 기상청, 2007, http://www.kma.go.kr/weather/observation/data_monthly.jsp (검색일: 2012. 6. 23.)
- 류상욱, 2003, 한반도 서해안과 남해안의 반폐쇄된 만에서 조간대 퇴적물의 계절변화에 관한 비교 연구: 서해안의 함평만과 남해안의 광양만. *한국지구과학회지*, 24, 578-591.
- 류상욱, 김주용, 장진호, 2001, 서해남부 무안만의 표층 퇴적물의 분포와 조간대 퇴적물. *한국지구과학회지*, 22, 30-39.
- 류상욱, 유환수, 이종덕, 1999, 함평만 조간대의 표층 퇴적물과 집적물의 계절변화. *한국해양학회지 바다*, 4, 127-135.
- 백영숙, 2002, 한국 서남해안 염산 조간대의 표층 퇴적물 특성 및 퇴적상의 계절변화. *전남대학교 이학석사학위논문*, 76 p.
- 백영숙, 2010, 한반도 서남해안 영광 두우리 개방형조간대의 퇴적학적 특성 및 생흔학적 해석. *전남대학교 이학박사학위 논문*, 138 p.
- 백영숙, 전승수, 2009, 한국 서남해안 두우리 개방형 조간대에서 관찰되는 변화에 따른 퇴적구조와 생흔상. *대한지질학회지*, 45, 187-208.
- 소광석, 양우현, 강술일, 권이균, 2010, 고창군 동호 해변 표층 퇴적물의 계절 변화. *한국지구과학회지*, 31, 708-719.
- 소광석, 양우현, 권이균, 2009, 고창군 명사십리 조간대 표층 퇴적물의 계절 변화. *한국해양학회지 바다*, 14, 181-188.
- 오재경, 금병철, 1998, 서해안 몽산포 대조차 해변의 퇴적학적 특성. *한국지구과학회지*, 19, 310-317.
- 오재경, 왕경희, 신기재, 1994, 동서해안 해변의 퇴적 환경에 관한 연구. *한국지구과학회지*, 15, 91-99.
- 오재경, 한창희, 2010, 서해안 안면도 사질 조석대의 퇴적 환경. *한국지구과학회지*, 31, 139-150.
- 이병주, 이승렬, 2001, 고창도폭 지질조사 보고서. *한국지질자원 연구원*, 47 p.
- 정선미, 2006, 한반도 동해의 자연해빈과 개발해빈의 퇴적 환경에 관한 연구. *인하대학교 이학석사학위논문*, 52 p.
- 한국지질자원연구원, 2003, 서해 연안역 현생지질 및 육상 습지 연구. KR-03(최종)-04, 242 p.
- Andersen, T.J. and Pejrup, M., 2001, Suspended sediment transport on a temperate, microtidal mudflat, the Danish Wadden Sea. *Marine Geology*, 173, 69-85.
- Blott, S.J., 2010, GRADISTAT version 8.0: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments by sieving or laser granulometer. Instructions on the use of the GRADISTAT program, 5 p.
- Blott, S.J. and Pye, K., 2001, GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, 1237-1248.
- Chough, S.K., Lee, H.J., and Yoon, S.H., 2000, *Marine geology of Korean Seas*. Elsevier, Amsterdam, Netherland, 313 p.
- Corbau, C., Tessier, B., and Chamley, H., 1999, Seasonal evolution of shoreface and beach system morphology in a macrotidal environment, Dunkerque Area, Northern France. *Journal of Coastal Research*, 15, 97-110.
- Davis, R.A.Jr. and Hayes, M.O., 1984, What is a wave dominated coast? *Marine Geology*, 60, 313-330.
- Folk, R.L., 1968, *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill's, Austin, 170 p.
- 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.
- Hails, J.R., 1967, Significance of statistical parameters for distinguishing sedimentary environments in New South Wales, Australia. *Journal of Sedimentary Petrology*, 37, 1059-1069.
- Klein, Gde V. and Sanders, J.E., 1964, Comparison of sediments from Bay of Fundy and Dutch Waden Sea tidal flats. *Journal of Sedimentary Petrology*, 34, 19-24.
- Korea Meteorological Administration, 2006, http://www.kma.go.kr/weather/observation/data_monthly.jsp (검색일: 2012. 6. 23.)
- Korea Meteorological Administration, 2007, http://www.kma.go.kr/weather/observation/data_monthly.jsp (검색일: 2012. 6. 23.)
- 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.
- Masselink, G. and Short, A.D., 1993, The effect of tide range on beach morphodynamics and Morphology: A conceptual beach model. *Journal of Coastal Research*, 9, 785-800.
- McLaren, P. and Bowles, D., 1985, The effects of sediment transport on grain-size distribution. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55, 457-470.
- Pejrup, M. and Andersen, 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.
- Sallenger, A.H.Jr., Howard, P.C., Fletcher, C.H., and Howd, P.A., 1983, A system for measuring bottom profiles, wave and currents in the high energy nearshore environments. *Marine Geology*, 51, 63-76.
- Trask, C.B. and Hand, B.M., 1985, Differential transport of fall-equivalent sand grains, Lake Ontario, New York.

- Journal of Sedimentary Petrology, 55, 226-234.
- Udden, J.A., 1914, Mechanical composition of clastic sediments. Bulletin of Geological Society of America, 25, 655-744.
- Visher, G.S., 1969, Grain-size distributions and depositional processes. Journal of Sedimentary Petrology, 28, 372-375.
- Wentworth, C.K., 1922, A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology, 30, 377-392.
- Yang, B.C. and Chun, S.S., 2001, A Seasonal model of surface sedimentation on the Baeksu open-coast intertidal flat, southwestern coast of Korea. Geosciences Journal, 5, 251-262.
- Yang, B.C., Dalrymple, R.W., and Chun, S.S., 2005, Sedimentation on a wave-dominated, open-coast tidal flat, southwestern Korea: Summer tidal flat-winter shoreface. Sedimentology, 52, 235-252.
- Yang, B.C., Dalrymple, R.W., Chun, S.S., and Lee, H.J., 2006, Transgressive sedimentation and stratigraphic evolution of a wave-dominated macrotidal coast, western Korea. Marine Geology, 235, 35-48.

2012년 7월 24일 접수
2012년 9월 27일 수정원고 접수
2012년 10월 9일 채택