

고창 개방형 조간대 표층 퇴적물의 2014년 계절 변화

강솔잎¹ · 양우현^{1,*} · 진재화² · 전승수³

¹전북대학교 과학교육학부/과학교육연구소, 54896 전북 전주시 덕진구 백제대로 567

²한국지질자원연구원 석유해저자원연구부, 34132 대전광역시 유성구 과학로 124

³전남대학교 지구환경과학부, 61186 광주광역시 북구 용봉로 77

Seasonal Variation of Surface Sediments in 2014 on the Gochang Open-Coast Intertidal Flat, Southwestern Korea

Sol-Ip Kang¹, Woo-Hun Ryang^{1,*}, Jae-Hwa Jin², and Seung-Soo Chun³

¹Division of Science Education and Institute of Science Education, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

²Petroleum and Marine Resources Division, Korea Institute of Geoscience and Mining Resources (KIGAM), Daejeon 34132, Korea

³Faculty of Earth Systems and Environmental Sciences, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

Abstract: The Gochang open-coast intertidal flat is located in the southwestern coast of Korea (the eastern part of the Yellow Sea), characterized by macro-tidal range, an open-coast type, and sand substrates. This study has investigated seasonal variation in sedimentary facies of surface sediments in the Gochang intertidal flat. In the four seasons of February, May, August, and November, 2014, surface sediments of 252 sites in total were sampled and analyzed along three survey lines. The surface sediments of the Gochang intertidal flat in 2014 consisted mainly of fine-grained sand sediments showing a trend in grain size to be coarser in winter and finer in summer. Based on seasonal wave and tidal level data recorded near the study area, it was interpreted that the seasonal effects of wave were stronger than those of tide as a factor controlling surface sedimentation. High waves in winter resulted in the coarsening trend of grain size in surface sediments, whereas, during summer time, the sediments became finer by relatively low waves. Spatial sedimentary facies of the Gochang intertidal flat in 2014 represented that seasonal deviation of the upper tidal zone was larger than that of the lower tidal zone, hence sediments getting coarser in grain size and poorly sorted in the upper tidal zone. From upper to lower tidal zone, the grain size became finer and sediments were better-sorted, showing smaller seasonal deviations.

Keywords: surface sediments, seasonal variation, open-coast, Gochang intertidal flat

요약: 고창 개방형 조간대는 황해의 동편, 한국 서남해 연안에 위치하며, 대조차, 개방형 연안, 모래 저질의 특징을 보인다. 본 연구는 고창 조간대에서 표층 퇴적물의 계절별 퇴적상 변화를 연구하였다. 2014년 2월, 5월, 8월, 11월의 사계절에 3개 측선을 따라 총 252개 지점에서 표층 퇴적물을 채취하고 분석하였다. 고창 조간대의 2014년 표층 퇴적물은 주로 세립 사질 퇴적물로 구성되며, 계절별로 겨울에 조립하고, 여름에 세립한 경향을 보였다. 연구 지역 인근의 계절

*Corresponding author: ryang@jbnu.ac.kr

Tel: +82-63-270-2790

Fax: +82-63-270-2802

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

별 파랑과 조위 관측 자료에 근거하여, 고창 조간대의 표층 퇴적작용에 영향을 미치는 요인은 파랑이 조석보다 계절의 변화 효과가 큰 것으로 해석되었다. 겨울에 상대적으로 큰 파고의 파랑 영향으로 표층 퇴적물이 조립한 반면, 여름에는 상대적으로 낮은 파고의 파랑 영향으로 세립한 것으로 해석되었다. 고창 조간대의 2014년 퇴적상 공간 분포는 고조대의 계절별 편차가 저조대에 비해 상대적으로 크게 나타났으며, 고조대 입도가 조립하고 분급이 불량하게 나타났다. 고조대에서 저조대 방향으로 갈수록 입도가 세립해지고 분급이 양호해지며 계절별 편차가 작아졌다.

주요어: 표층 퇴적물, 계절 변화, 개방형 연안, 고창 조간대

서론

해안 환경은 육지와 바다의 전이지역으로 다양한 퇴적 환경으로 구분된다(Davis, 1985; Boak and Turner, 2005; Masselink and Gehrels, 2014). 한반도 서해안 해안 환경은 주로 해변과 조간대로 구성된다(Chough et al., 2004). 해변(beach)은 연안을 따라 파랑과 바람에 의해 형성된 거력부터 모래 크기 범위의 미고결 퇴적물이 쌓인 퇴적 환경이다(Davis and Fitzgerald, 2004; Pilkey et al., 2011; Hobbs, 2012). 조간대(intertidal flat)는 조석에 의해 영향을 받으며, 저질의 특성에 따라 암반, 갯벌, 모래 조간대로 분류된다(Klein, 1985; Carter and Woodroffe, 1994; Masselink and Gehrels, 2014). 최근 파랑과 조석의 영향이 상호작용하는 연안 환경에 대한 국내외 연구가 활발히 진행되었으며(Allen and Duffy, 1998; Li et al., 2000; Fan et al., 2004; Lee et al., 2004; Yang et al., 2005), 이러한 퇴적 환경을 세분하여 개방형 조간대(open-coast tidal flat)로 제안하였다(Dalrymple, 2010; Fan, 2012). 파랑과 조석이 혼합되어 작용하는 개방형 조간대 연안 환경에서는 조수의 영향과 파랑의 영향을 시기별로 구분하여 파악하는 것이 유효하다(예, Yang and Chun, 2001; Yang et al., 2005). 계절풍에 의한 파랑과 주기적인 대조차 조석의 상호 작용은 조간대의 계절별 퇴적상 변화로 나타날 것이며, 이러한 퇴적상 변화는 조간대 퇴적물의 계절별 입도분석 자료에 의해 해석될 수 있다(Heward, 1981; Davis and Hayes, 1984; Reading and Collinson, 1996; Oh and Kum, 1998; KIGAM, 2002; Yang et al., 2005, 2006).

한반도 서해안 고창 연안은 평균조차가 4.0m인 대조차 환경이며, 약 8.5 km의 직선형 해안선을 보이는 개방형 해안으로 파랑이 우세한 퇴적 환경이다. 고창 조간대의 표층 퇴적물은 주로 모래 퇴적물로 구성되어 있는데, 개방형 해안의 표층 퇴적물은 몬순계절풍의 영향에 따라 파랑에너지가 강화되는 겨울과 파랑

에너지가 약화되는 여름으로 구분되는 이원적 계절변화를 보인다. 본 연구는 개방형 대조차 환경인 고창 조간대에서 2014년 사계절 표층 퇴적물의 입도 분석 자료를 이용하여, 고창 조간대 표층 퇴적물의 2014년 시·공간적 변화를 밝히고, 이러한 변화의 특성을 파랑과 조석 요인의 관점에서 해석하고 토의할 것이다.

지역 개관

연구지역인 고창 연안은 전라북도 고창군 해리면과 상하면에 위치하며, 우리나라 서해안 곰소만의 남쪽과 고리포만 북쪽 사이에 위치한다(Fig. 1). 고창 연안의 해안선은 북북동-남남서 방향으로 약 8.5 km 거리의 직선형 특징을 보인다. 고창 연안은 기반암 돌출 해안 등의 지형 경계에 의해, 동호리, 광승리, 명사십리의 3개 지역으로 세분된다. 동호리는 북단의 동호리 돌출암석해안에서 광승리 돌출암석해안까지 구간, 광승리는 광승리 돌출암석해안에서 용두리 양식장까지 구간, 명사십리는 용두리 양식장에서 구시포항 북단까지 구간으로 구분된다(Fig. 2).

고창 조간대에서 평균해수면(mean sea level)을 기준으로 그려진 지형 단면은 고조대에서 중·저조대 방향으로 갈수록 지형 고도가 낮아지고 경사가 완만하며, 위쪽으로 오목하다(Fig. 3; Kang et al., 2015). 고창 조간대의 표층 퇴적물은 대부분 모래로 구성되어 있으며, 모래 함량비는 세립사가 가장 크게 나타난다(So et al., 2009, 2010, 2012). 또한 고조대에서 중·저조대 방향으로 모래의 평균 입도가 세립해지는 경향을 보인다(So et al., 2009, 2010, 2012). 연구지역 기반암은 대부분 선캠브리아기의 화강암질 편마암으로 구성되며, 구시포항 지역에서 화산암류를 일부 포함한다(Lee and Lee, 2001).

본 연구지역에서 사용한 조석 자료와 평균 해면 자료는 고창군 구시포항 기본수준점 자료(tidal benchmark, TBM Nos. 1, 2; KHOA, 2013)를 이용하였다. 국립해양조사원 자료에 의하면 구시포항을 기준으로

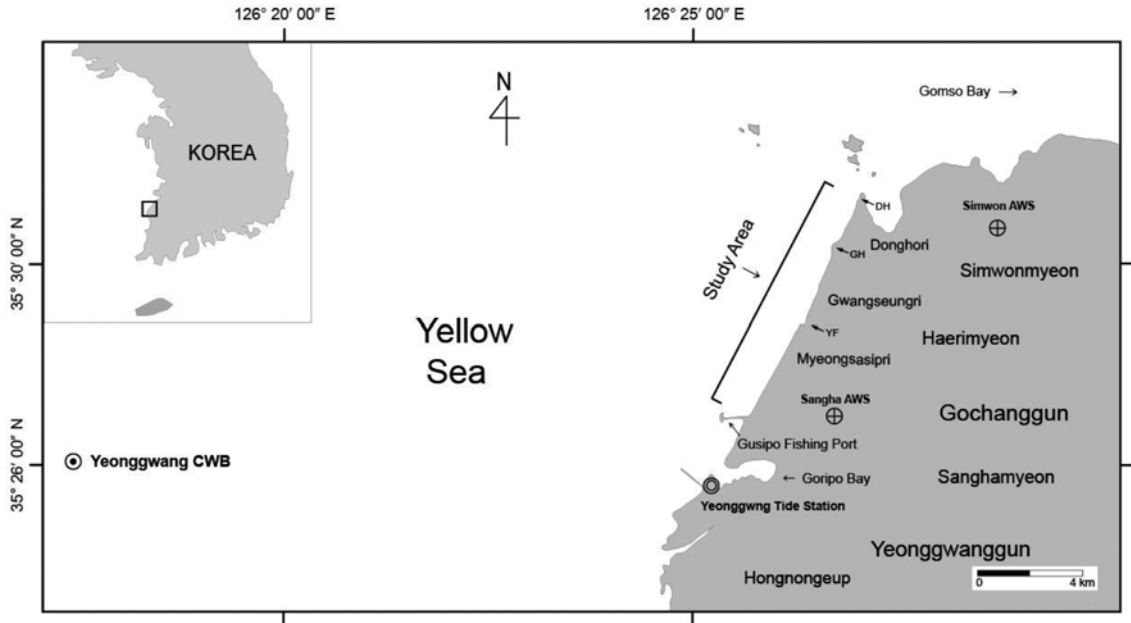


Fig. 1. Location map of study area in the Gochang coast. Note the location of the Yeonggwang Tide Station, the Simwon and Sangha AWS, and the Yeonggwang CWB. (DH: Donghori Headland; GH: Gwangseungri Headland; YF: Yongduri Fish Farm; ⊕ AWS: Automatic Weather System; ● CWS: Coastal Wave Buoy; ⊙ Yeonggwang Tide Station).

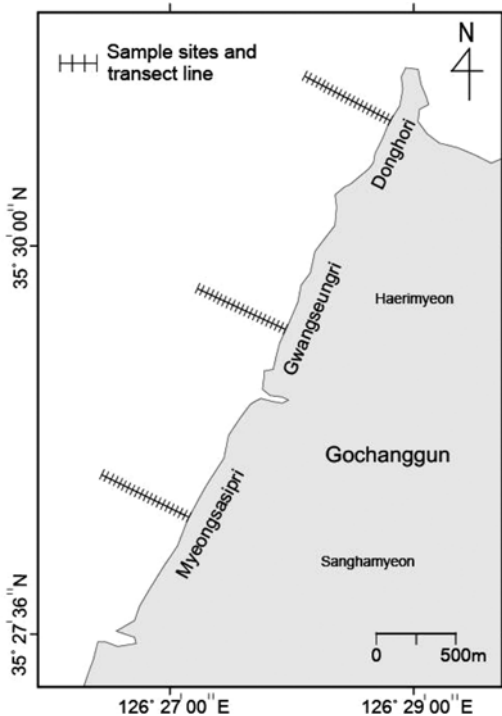


Fig. 2. Map of the study area. Three transect lines including ticks (30m interval) represent monitoring set-up for elevation changes and sampling of surface sediments.

조석은 반일주조형이며, 조석 계산식에 의해 대조차는 5.55 m, 소조차는 2.45 m로서 평균조차가 4.00 m로 나타났다(Table 1; KHOA, 2013; Kang et al., 2015). 조위 자료는 국립해양조사원이 운영하는 영광 조위 관측소 자료를 이용하였다(Fig. 1; Table 2; KHOA, 2013-2014). 기상 자료는 기상청이 운영하는 심원과 상하 자동관측시스템의 자료를 이용하였다(Fig. 1; Table 3; KMA, 2013-2014b). 파랑 자료는 기상청이 운영하는 영광 연안 파랑부이 자료를 이용하였다(Fig. 1; Table 4; KMA, 2013-2014a).

연구 방법

고창 연안 연구는 고창군 해리면과 상하면의 동호리, 광승리, 명사십리의 3개 지역에서 실시하였다. 세 지역에서 조류로나 조류세곡의 영향이 크지 않으면서 각 지역을 대표할 수 있는 곳으로 총 3개의 측선을 선정하여 연구를 진행하였다(Fig. 2). 연구지역의 표층 퇴적물의 분포를 파악하기 위하여 각 해변의 측선에서 고조대에서 중·저조대 방향으로 채집용 스펀을 이용하여 표층 1 cm 이내의 퇴적물을 채취하였다. 각 측선에서 30 m 간격으로 21개 지점을 선정하였으

Table 1. Tidal constants and four largeness tide values in the Gusipo fishing port of the Gochanggun (Korea Hydrographic and Oceanographic Administration, 2013)

tidal constituents	harmonic constants			nonharmonic constants	
	semirange (H)	tidal lag (k)	tidal lag (g)	mean high water interval (k)	02 h 11 m
				mean high water interval (g)	02 h 28 m
M2	200.2	63.4	71.4	spring rise	612.2 cm
S2	77.4	104.6	121.7	neap rise	457.4 cm
K1	31.9	261.7	270.6	mean sea level	334.6 cm
O1	25.1	236.6	235.7	approximate highest high water	669.2 cm

Table 2. Tide level and deviation of the Yeonggwang tide station near the Gochang coast from December in 2013 to November in 2014 (Korea Hydrographic and Oceanographic Administration, 2013-2014). For location of the station, see Fig. 1

year	season	month	high tide (m)			low tide (m)			tide deviation (m)
			ante meridiem	post meridiem	average	ante meridiem	post meridiem	average	
2013	winter	Dec.	5.32	5.81		0.87	1.34		4.46
		Jan.	5.41	5.78	5.58	0.82	1.34	1.12	
		Feb.	5.52	5.62		0.93	1.42		
	spring	Mar.	5.75	5.61		0.92	1.21		
		Apr.	5.85	5.53	5.70	1.17	1.16	1.17	
2014	summer	May	6.01	5.45		1.39	1.15		
		Jun.	6.04	5.49		1.56	1.18		
		Jul.	5.99	5.58	5.84	1.56	1.11	1.35	
	fall	Aug.	6.03	5.89		1.54	1.15		
		Sept.	5.86	5.99		1.46	1.20		
		Oct.	5.66	6.08	5.71	1.37	1.36	1.30	
		Nov.	5.40	5.29		1.08	1.33		

며, 2014년 2월(겨울), 5월(봄), 8월(여름), 11월(가을)에 총 252개 시료를 채취하였다. 각 측정의 위치는 광파거리측량시스템 Pulse Total Station GPT-7503 (Topcon)의 수평 거리 측정에 의해 결정하였으며, 각 측정의 위치는 Garmin GPS V를 이용하여 기록하였다.

표층 퇴적물의 입도는 Microtrac의 S3500을 이용하여 분석하였다. S3500은 Tri-Laser System를 사용하여 입자로부터 산란된 광을 0~180도 범위에서 검출하는 분석 기기로 0.02~2,800 μm의 범위의 입도 측정이 가능하다. 입도자료의 통계처리는 GRADISTAT (version 8.0)을 이용하였다(Blott and Pye, 2001; Blott, 2010). Folk and Ward (1957)의 계산식을 이용하여 입도상수를 나타냈다. Udden (1914)와 Wentworth (1922)의 분류로 입도를 나타내고, 공간 분포 특성을 파악하기 위하여 평균 입도를 0.5 φ 간격으로 세분화하여 나타내었다.

분석 결과

조석과 파랑의 특성

조석의 계절별 특성을 파악하기 위하여 영광 조위 관측소 자료를 이용하였다(Fig. 1; Table 2; KHOA, 2013-2014). 겨울의 평균고조는 5.58 m, 평균저조는 1.12 m이며 조위 편차는 4.46 m이다. 봄의 평균고조와 평균저조는 각각 5.70, 1.17 m로 조위 편차는 4.53 m이다. 여름의 평균고조는 5.84 m, 평균저조는 1.35 m이며, 조위 편차는 4.49 m이다. 가을의 평균고조와 평균저조는 각각 5.71, 1.30 m로 조위 편차는 4.41 m이다.

바람의 계절별 특성을 파악하기 위하여 고창군 심원과 상하의 자동기상관측시스템 자료를 이용하였다(Figs. 1, 4; Table 3; KMA, 2013-2014b). 겨울의 심원과 상하의 평균풍속은 각각 2.6, 2.2 m/s로 나타났다. 최대풍속은 16.8, 15.4 m/s로 나타났으며, 북서풍

Table 3. Weather data from automatic weather station near the Gochang coast from December in 2013 to November in 2014: (a) Simwon station and (b) Sangha station; For location of the stations, see Fig. 1. Note that the maximum wind direction is changed from northerly in the winter to southerly in the summer with a decrease in wind speed (Korea Meteorological Administration, 2013-2014b)

(a) Simwon station												
year	2013						2014					
season	winter			spring			summer			fall		
month	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
average temperature (°C)	2.8	1.1	2.8	7.2	11.9	17.1	21.9	24.7	23.7	20.7	15.5	9.6
average wind speed (m/s)	2.9	2.4	2.5	2.9	2.2	2.6	2.1	2.0	1.9	1.6	2.0	2.2
	av. 2.6			av. 2.5			av. 2.0			av. 1.9		
maximum wind speed (m/s) and direction	16.8	13.1	11.7	15.5	11.1	14.8	16.1	14	11.4	13.3	11.2	14.8
	max. 16.8			max. 15.5			max. 16.1			max. 14.8		
	NW	NW	NW	NW	WNW	S	ESE	SSW	NE	S	NNW	NW

(b) Sangha station												
year	2013						2014					
season	winter			spring			summer			fall		
month	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
average temperature (°C)	2.6	0.8	2.3	6.9	11.8	17	21.7	24.3	23.5	20.6	14.9	9.3
average wind speed (m/s)	2.4	2.1	2.0	2.5	1.9	2.4	1.9	1.9	1.8	1.5	1.7	2.0
	av. 2.2			av. 2.3			av. 1.9			av. 1.7		
maximum wind speed (m/s) and direction	15.4	13.3	12.8	13.4	12.5	12.3	16.8	13.2	11.4	9.1	10.3	14.3
	max. 15.4			max. 13.4			max. 16.8			max. 14.3		
	WNW	NW	NNW	NW	NNW	S	SSE	SW	E	SSE	NNW	NW

Table 4. Wave data from the Yeonggwang wave buoy near the Gochang coast from December in 2013 to November in 2014 (Korea Meteorological Administration, 2013-2014a); For location of the buoy, see Fig. 1. Mean wave height indicates average wave height of 1024 wave groups measured during 20 minutes before every hour. Significant wave height means average wave height of the most highest one third among the 1024 wave groups

(a) Simwon station												
year	2013						2014					
season	winter			spring			summer			fall		
month	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
mean significant wave height (m)	1.3	1.0	0.8	0.8	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9
	av. 1.0			av. 0.6			av. 0.4			av. 0.7		
mean wave height (m)	0.8	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6
	av. 0.6			av. 0.4			av. 0.3			av. 0.4		
maximum significant wave height (m)	5.8	4.9	3.8	5.2	3.8	2.2	1.5	2.6	1.6	1.9	2.5	5.1
	max. 5.8			max. 5.2			max. 2.6			max. 5.1		
maximum wave height (m)	7.7	7.3	4.8	6.6	4.8	2.9	2.4	3.6	2.5	2.7	3.4	5.7
	max. 7.7			max. 6.6			max. 3.6			max. 5.7		
mean wave period (s)	5.5	5.3	4.5	4.9	4.2	4.1	3.7	4.4	3.7	4.0	4.6	4.9
	av. 5.1			av. 4.4			av. 3.9			av. 4.5		
maximum wave period (s)	9.2	11.2	11.5	13.6	9.6	9.7	9.7	9.2	9.5	10.3	9.6	10.3
	max. 11.5			max. 13.6			max. 9.7			max. 10.3		

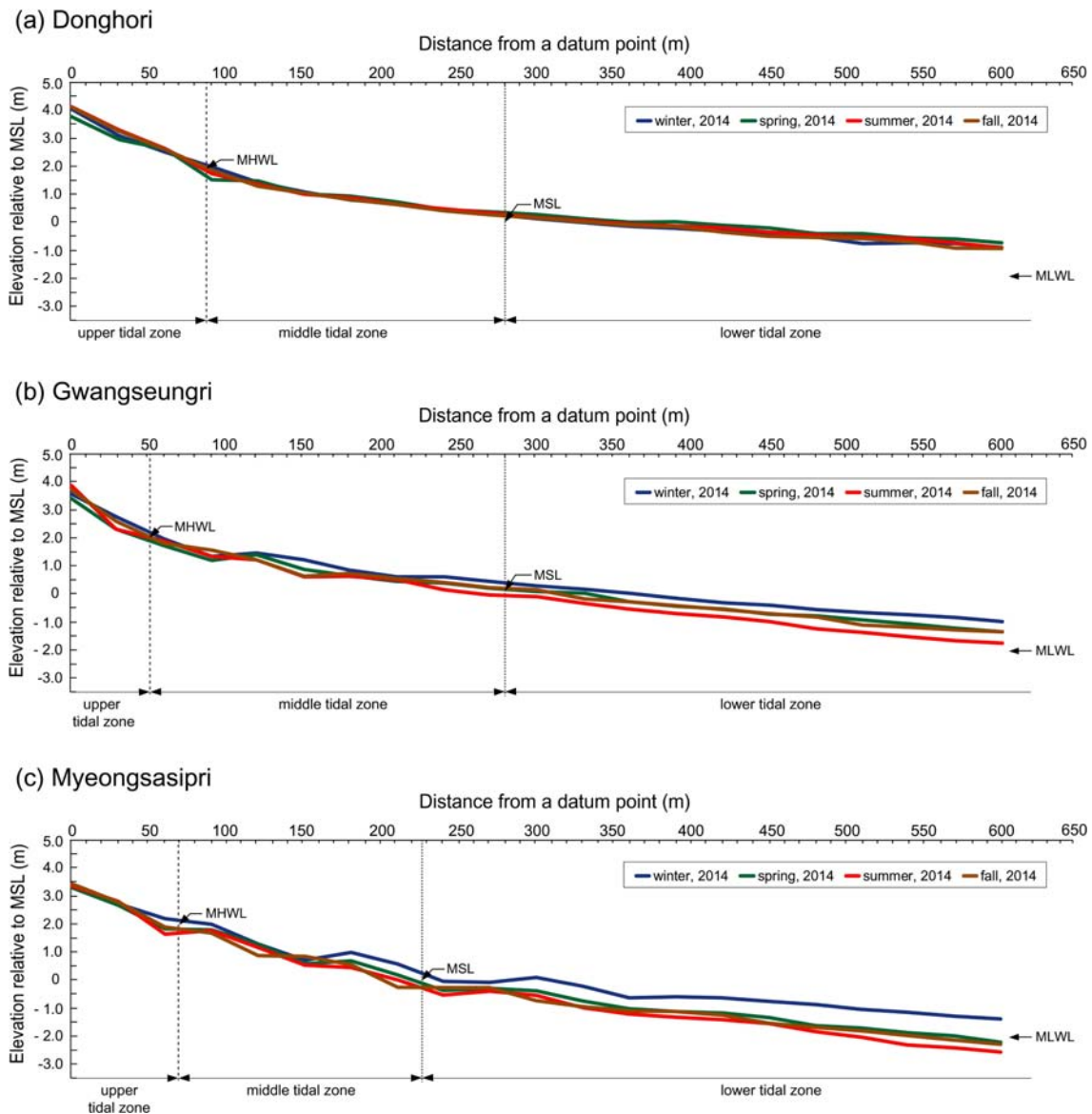


Fig. 3. Elevation feature of the transect lines (for location, see Fig. 2; Kang et al., 2015). (a) Donghori, (b) Gwangseungri, and (c) Myeongsasipri. MHWL: mean high water level; MSL: mean sea level; MLWL: mean low water level.

이 우세하였다. 봄의 심원과 상하의 평균풍속은 2.5, 2.3 m/s였으며, 최대풍속은 15.5, 13.4 m/s로 나타났다. 봄의 풍향은 3월에 북서풍에서 5월에 남풍으로 풍향의 변화가 있었다. 여름의 평균풍속은 심원과 상하에서 각각 2.0, 1.9 m/s로 나타났다. 최대풍속은 16.1, 16.8 m/s로 나타났으며, 남풍이 우세하였다. 심원과 상하의 가을 평균풍속은 1.9, 1.7 m/s로 나타났으며, 최대풍속은 14.8, 14.3 m/s로 나타났다. 가을의 풍향

은 9월에는 남풍, 남동풍으로 나타났으나 11월에 북서풍으로 변화하였다.

고창군 인근의 영광 연안 파랑 부이 자료를 이용하여 파랑의 계절별 특성을 나타냈다(Figs. 1, 5; Table 4; KMA, 2013-2014a). 겨울의 평균유의파고(mean significant wave height)와 평균파고는 각각 1.0, 0.6 m이며, 최고유의파고(maximum significant wave height)와 최고파고는 각각 5.8, 7.7 m이다. 봄

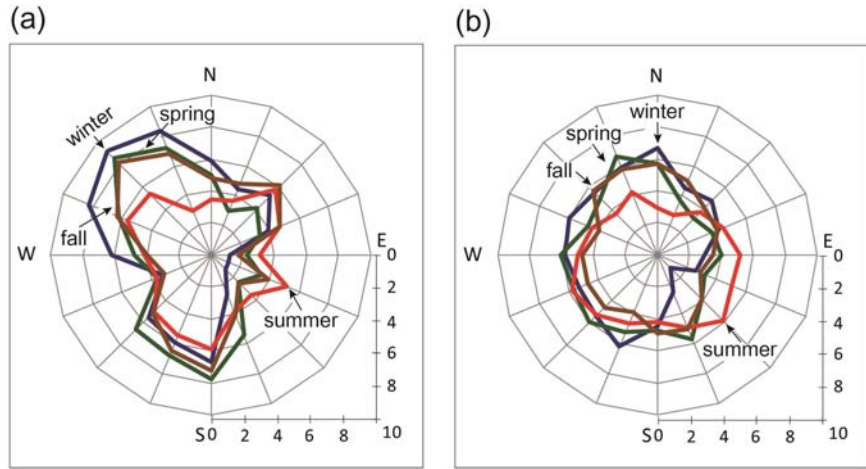


Fig. 4. Wind speed classes according to wind directions from the automatic weather stations near the Gochang coast from December in 2013 to November in 2014: (a) Simwon station and (b) Sangha station.

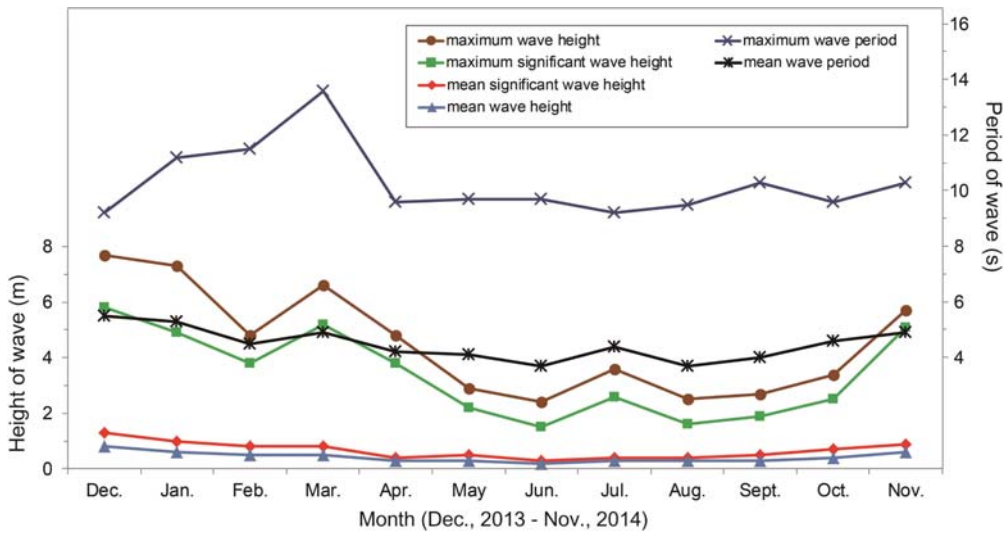


Fig. 5. Wave data from the Yeonggwang wave buoy near the Gochang coast from December in 2013 to November in 2014 (Korea Meteorological Administration, 2013-2014a); For location of the buoy, see Fig. 1.

의 평균유의파고는 0.6 m, 평균파고는 0.4 m이며, 최고유의파고는 5.2 m, 최고파고는 6.6 m이다. 여름의 평균유의파고와 평균파고는 각각 0.4, 0.3 m이며, 최고유의파고와 최고파고는 각각 2.6, 3.6 m이다. 가을의 평균유의파고는 0.7 m, 평균파고는 0.4 m이며, 최고유의파고는 5.1 m, 최고파고는 5.7 m이다.

계절별 표층 퇴적물의 입도 특성

고창 조간대는 대부분이 모래 퇴적물로 구성된다. 머드는 동호리, 광승리, 명사십리의 봄과 여름 조건

대에서 상대적으로 높은 비율을 보이지만 자갈은 나타나지 않았다(Table 5). 동호리 겨울 퇴적물의 모래, 머드의 평균 비율은 각각 99.7, 0.3%이며, 봄에 모래, 머드의 평균 비율은 각각 98.5, 1.5%이다. 여름에 모래, 머드의 평균 비율은 각각 99.3, 0.7%이며, 가을에 모래, 머드의 평균 비율은 각각 99.9, 0.1%이다. 동호리에서 머드는 봄과 여름에 증가하며 가을과 겨울에 감소하는 경향을 보였다. 광승리와 명사십리의 가을과 겨울의 모래, 머드의 평균 비율은 각각 100, 0.0%로 머드가 나타나지 않았다. 광승리에서 봄의 모래,

Table 5. Composition of surface sediments in the Gochang intertidal flat: winter (Feb.), spring (May), summer (Aug.), and fall (Nov.) in 2014. (a) Donghori, (b) Gwangseungri, and (c) Myeongsasipri

		Gravel (%)		Sand (%)					Mud (%)
			very coarse	coarse	medium	fine	very fine		
(a)	winter	average	0.0	0.4	4.1	19.0	65.3	10.9	0.3
		range	0.0~0.0	0.0~4.3	0.0~31.4	7.2~56.6	18.9~79.6	1.1~21.1	0.0~4.7
	spring	average	0.0	0.1	1.8	15.3	67.4	13.9	1.5
		range	0.0~0.0	0.0~1.1	0.0~14.3	4.9~59.8	28.4~82.3	1.9~24.3	0.0~11.5
	summer	average	0.0	0.2	2.2	13.3	67.4	16.2	0.7
		range	0.0~0.0	0.0~3.6	0.0~35.2	5.9~45.9	22.9~78.8	1.9~26.0	0.0~2.4
	fall	average	0.0	0.2	5.3	12.4	67.6	14.4	0.1
		range	0.0~0.0	0.0~2.1	0.0~46.5	5.4~45.6	29.1~75.8	1.8~22.3	0.0~0.6
(b)	winter	average	0.0	0.5	5.6	15.6	64.2	14.1	0.0
		range	0.0~0.0	0.0~8.3	0.0~58.5	6.4~41.1	7.0~76.0	0.7~22.8	0.0~0.1
	spring	average	0.0	0.6	2.7	11.4	67.9	17.2	0.2
		range	0.0~0.0	0.0~12.3	0.0~51.3	2.6~35.5	5.2~79.1	1.4~27.3	0.0~1.9
	summer	average	0.0	0.2	3.1	11.8	67.3	17.5	0.1
		range	0.0~0.0	0.0~3.8	0.0~55.5	5.7~32.6	7.3~77.2	0.8~25.8	0.00~0.7
	fall	average	0.0	0.2	3.4	12.8	66.3	17.2	0.0
		range	0.0~0.0	0.0~0.8	0.0~29.7	6.3~52.3	14.3~76.4	2.9~25.5	0.0~0.2
(c)	winter	average	0.0	0.1	2.8	17.2	69.2	10.7	0.0
		range	0.0~0.0	0.0~1.4	0.0~22.1	5.7~59.9	26.0~80.4	1.6~21.5	0.0~0.1
	spring	average	0.0	0.0	0.5	15.9	70.6	11.8	1.2
		range	0.0~0.0	0.0~0.1	0.0~7.0	4.6~58.8	32.3~82.8	1.8~22.5	0.0~25.2
	summer	average	0.0	0.0	0.7	14.8	70.4	12.7	1.4
		range	0.0~0.0	0.0~0.0	0.0~10.6	6.1~60.3	27.1~79.8	2.1~22.1	0.0~29.9
	fall	average	0.0	0.2	1.4	12.4	73.3	12.8	0.0
		range	0.0~0.0	0.0~3.0	0.0~17.9	4.4~40.6	50.6~81.0	2.1~25.5	0.0~0.2

머드의 평균 비율은 각각 99.8, 0.2%이며 여름의 모래, 머드의 평균 비율은 각각 99.9, 0.1%로 머드가 거의 나타나지 않았다. 명사십리에서 봄의 모래, 머드의 평균 비율은 각각 98.8, 1.2%이며, 여름의 모래, 머드의 평균 비율은 각각 98.6, 1.4%로 봄과 여름에 상대적으로 머드가 증가하는 경향을 보였다.

고창 조간대의 표층모래 퇴적물은 대부분 세립 사질 퇴적물로 구성된다(Table 5). 동호리의 표층 모래 퇴적물은 세립사, 중립사, 극세립사 순으로 구성되었으며, 조립사의 구성비율은 가을과 겨울에 증가하고 봄과 여름에는 감소하는 경향을 보였다. 광승리의 표층 모래 퇴적물은 세립사, 중립사, 극세립사 순으로 구성되었으며, 겨울에 조립사가 증가하며 극세립사와 머드는 감소하는 경향을 보였다. 명사십리의 모래 표층 퇴적물은 겨울, 봄, 여름에 세립사, 중립사, 극세립사 순으로 구성되었으며, 가을과 겨울에 조립사가 증가하는 경향을 보였다.

고창 조간대 표층 퇴적물의 계절별 조직변수 특성을 나타냈다(Table 6). 퇴적물의 입도는 동호리에서 1.33~2.79 ϕ 이고, 평균 입도는 2.45 ϕ 이다. 광승리에서 0.76~2.78 ϕ 범위로 평균 입도는 2.48 ϕ 이며, 명사십리에서 1.65~3.32 ϕ 범위로 평균 입도는 2.48 ϕ 로 나타났다. 고창 조간대의 각 지역에서 입도의 범위 차이는 있으나 평균 입도는 큰 차이가 없었다. 동호리, 광승리, 명사십리 지역의 계절별 평균 입도는 상대적으로 겨울에 조립하고 여름에 세립한 경향을 보였다.

표층 퇴적물의 분급은 동호리에서 0.37~1.31 ϕ 이고, 평균 분급은 0.49 ϕ 이다. 광승리의 분급은 0.38~0.80 ϕ 범위로 평균 분급은 0.48 ϕ 이며, 명사십리에서 0.36~1.28 ϕ 범위로 평균 분급이 0.45 ϕ 로 계절에 관계없이 전 지역에서 양호한 분급을 보였다.

왜도는 각 측정 지점별로 동호리에서 -0.28~0.43의 범위로 평균 왜도는 -0.04이다. 광승리에서 -0.35~0.45

Table 6. Statistical parameters of surface sediment textures in the Gochang intertidal flat: winter (Feb.), spring (May), summer (Aug.), and fall (Nov.) in 2014. (a) Donghori, (b) Gwangseungri, and (c) Myeongsasipri

			winter	spring	summer	fall
(a)	mean (ϕ)	average	2.34	2.48	2.51	2.46
		range	1.38~2.67	1.77~2.79	1.33~2.73	1.33~2.69
	sorting (ϕ)	average	0.49	0.50	0.47	0.51
		range	0.40~0.86	0.37~1.31	0.39~0.86	0.37~0.87
	skewness	average	-0.05	0.03	-0.02	-0.11
		range	-0.12~0.16	-0.12~0.30	-0.09~0.10	-0.28~0.43
	kurtosis	average	1.06	1.09	1.09	1.21
		range	0.77~1.38	1.00~1.51	0.83~1.23	0.70~1.39
(b)	mean (ϕ)	average	2.38	2.50	2.51	2.52
		range	0.86~2.70	0.76~2.78	0.93~2.72	1.36~2.72
	sorting (ϕ)	average	0.49	0.45	0.47	0.51
		range	0.41~0.80	0.38~0.73	0.39~0.64	0.39~0.68
	skewness	average	-0.07	-0.03	-0.06	-0.16
		range	-0.27~0.45	-0.15~0.20	-0.20~0.21	-0.35~0.29
	kurtosis	average	1.06	1.03	1.09	1.21
		range	0.89~1.24	0.90~1.11	0.98~1.23	1.09~1.61
(c)	mean (ϕ)	average	2.39	2.49	2.52	2.50
		range	1.65~2.70	1.79~3.24	1.68~3.32	1.80~2.74
	sorting (ϕ)	average	0.46	0.44	0.46	0.43
		range	0.39~0.94	0.36~1.00	0.38~1.28	0.38~0.88
	skewness	average	-0.07	-0.01	-0.02	-0.10
		range	-0.51~0.11	-0.09~0.41	-0.10~0.46	-0.41~0.05
	kurtosis	average	1.04	1.02	1.07	1.11
		range	0.78~1.09	0.83~1.09	0.82~1.14	0.94~1.24

의 범위로 평균 왜도는 -0.08 이다. 명사십리는 $-0.41 \sim 0.46$ 의 범위로 평균 왜도는 -0.05 이다. 고창 조간대의 지역별, 계절별 평균 왜도는 동호리의 봄에 0.034 를 제외하고, 모두 적은 표준편차의 음의 왜도(coarse skewed)를 보였다.

침도는 동호리에서 $0.70 \sim 1.51$, 광승리에서 $0.89 \sim 1.61$, 명사십리에서 $0.78 \sim 1.24$ 를 보였다. 고창 조간대의 침도 분포는 very platykurtic~very leptokurtic 범위로 나타나며, 모든 지역에서 가을에 침도가 가장 크게 나타났다.

고창 조간대의 표층 퇴적물을 Folk (1968)의 입도 분류 도표에 도시하였다(Fig. 6). 고창 조간대는 자갈이 나타나지 않았으며, 대부분 모래(sand) 영역에 도시되었다. 머드의 비율이 상대적으로 높게 나타난 동호리의 봄과 명사십리의 봄과 여름은 모래와 실트질 모래(silty sand)의 두 영역에 도시되었다.

고창 조간대의 최빈 입경은 $2.5 \sim 3.0 \phi$ 의 범위이다. 각 지역과 계절별 전체 입도의 모드 유형은 거의 모

든 지역과 계절에서 단일 모드 형태를 보였지만, 동호리와 명사십리 가을의 경우 미약한 이중 모드 형태를 보였다(Fig. 7).

입도 분포의 계절 변화

표층 퇴적물의 계절별 평균 입도의 분포 변화를 지역별로 관측 측선을 따라 나타내었다. Datum Level 고도를 기준으로 측정된 평균고조면(MHWL), 평균해수면(MSL), 평균저조면(MLWL)을 이용하여 조간대를 세분화하였다. 해안선으로부터 600 m 까지의 거리를 해안선에서 멀어지는 방향으로 고조대, 중조대, 저조대로 구분하여 나타내었다(Fig. 3; Kang et al., 2015).

입도: 고창 조간대 표층 퇴적물의 계절별 평균 입도 분포를 고조대에서 중·저조대 방향으로 나타내었다(Fig. 8). 동호리의 평균 입도는 고조대가 중·저조대보다 상대적으로 조립한 경향을 보인다. 동호리 입도의 계절별 편차는 고조대에서 가장 크고 조립하며,

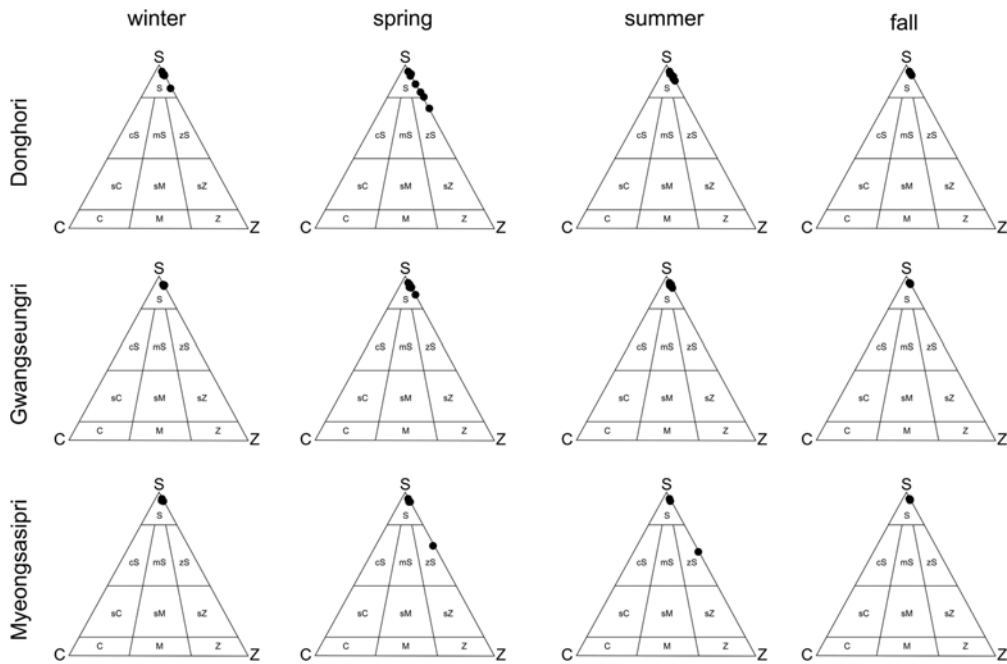


Fig. 6. Ternary diagram of four representative samples showing sand, silt, and clay ratio of surface sediments in the Gochang intertidal flat, respectively.

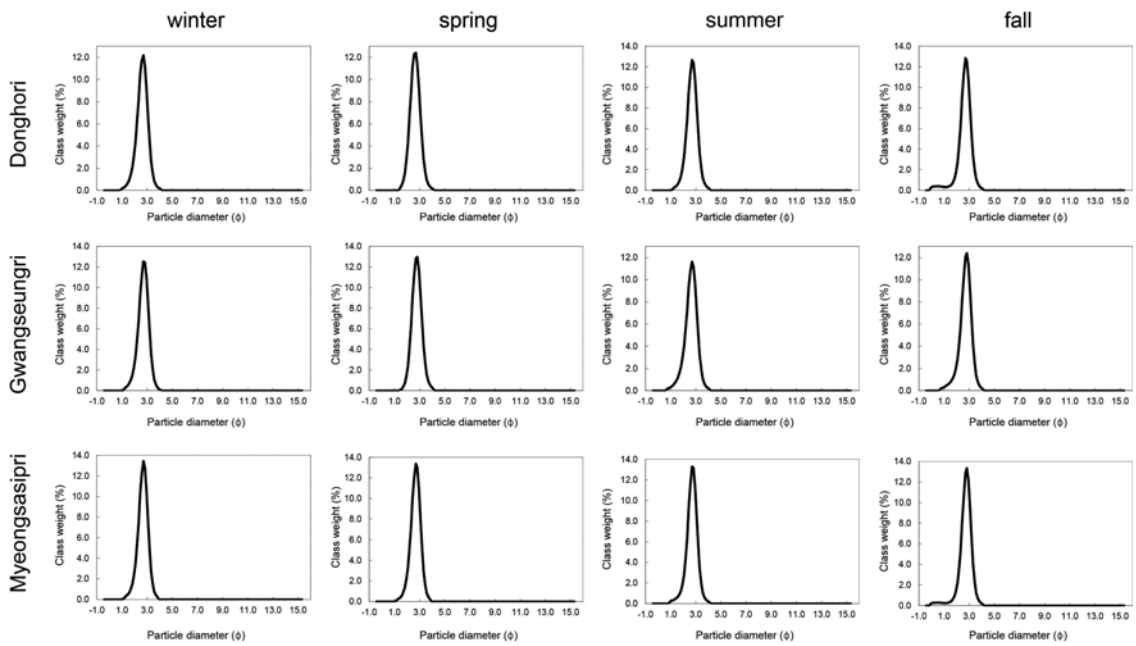


Fig. 7. Seasonal variations of the mode in the surface sediments of the Gochang intertidal flat. The modes mostly show unimodal distribution of one energy origin.

중 · 저조대에서 상대적으로 계절별 입도의 변화폭이 작아지며 세립해지는 경향을 보인다(Fig. 8a). 광승리

고조대의 사계절 0번 지점과 겨울 1번 지점은 동호리와 명사십리의 고조대 지점에 비해 조립하고, 중 ·

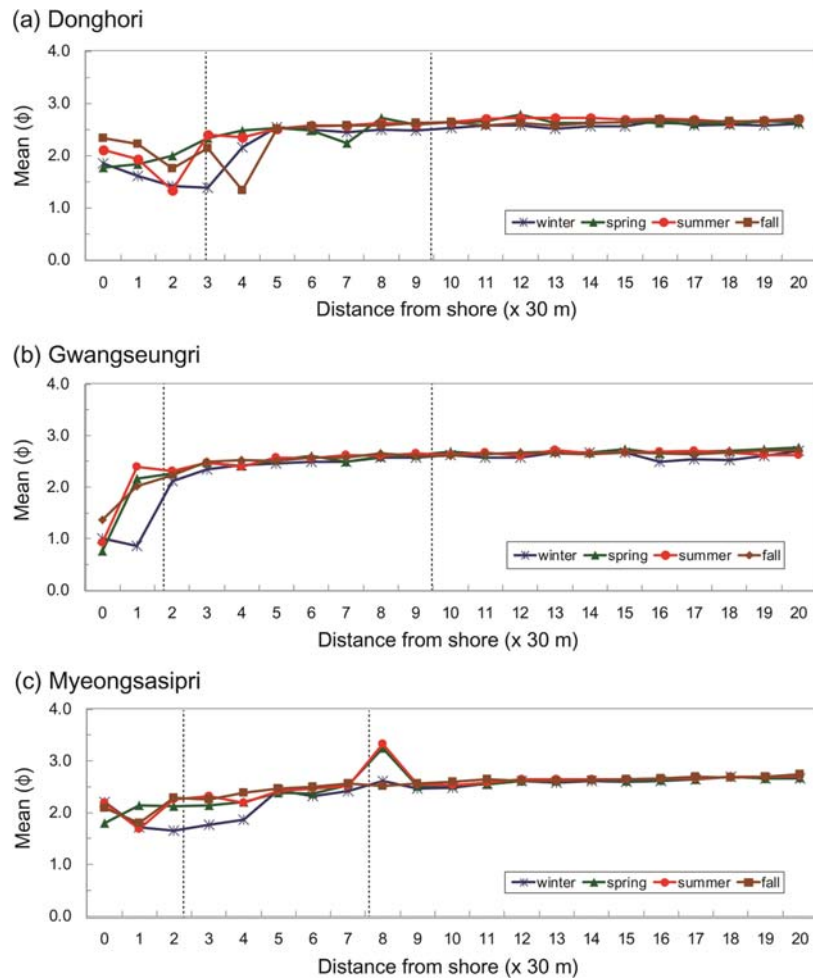


Fig. 8. Variations of textural parameters of mean grain size from the upper to lower intertidal zone in the Gochang coast: (a) Donghori, (b) Gwangseungri, and (c) Myeongsasipri. Two vertical dot lines indicate the MHWL and MSL in Fig. 1, respectively.

저조대 방향으로 세립해지고 입도의 변화폭이 작아진다. 광승리의 겨울 입도는 다른 계절에 비해 고조대와 저조대에서 상대적으로 조립하게 나타났다(Fig. 8b). 명사십리는 고·중조대에서 계절별 입도의 변화가 크게 나타나며 겨울 입도가 가장 조립하게 나타난다. 고조대에서 중·저조대 방향으로 입도의 계절 편차가 작아지며, 세립해지는 경향을 보인다(Fig. 8c). 동호리의 봄 8번과 12번 지점과 명사십리의 봄과 여름의 8번 지점에서 입도가 상대적으로 세립한 특징을 보인다. 야외 조사에서 해당 지점에 머드가 우세한 퇴적물 분포를 육안으로 관찰하여 확인할 수 있었으며, 이 머드 우세 퇴적물은 연안에 평행하게 발달한 띠 모양으로 분포하였다.

분급: 고창 조간대 표층 퇴적물의 계절별 평균 분급 분포를 축선을 따라 고조대에서 중·저조대 방향으로 나타내었다(Fig. 9). 해빈 퇴적물의 분급은 일반적으로 근원지로부터 거리가 멀어질수록 양호해지며, 해빈 퇴적물에 작용하는 에너지의 강도가 커질수록 양호해진다.

동호리는 고조대에서 분급이 불량하고 중·저조대 방향으로 갈수록 분급이 양호하게 나타난다. 고조대에서 계절별 편차가 상대적으로 크게 나타나는데, 겨울과 여름, 가을 고조대에서 분급이 불량하게 나타나며, 봄에 양호하게 나타난다. 중·저조대에서 분급이 양호하며 계절별 편차가 상대적으로 작게 나타나는데, 봄 7, 8, 12 지점에서는 세립질 퇴적물의 영향으

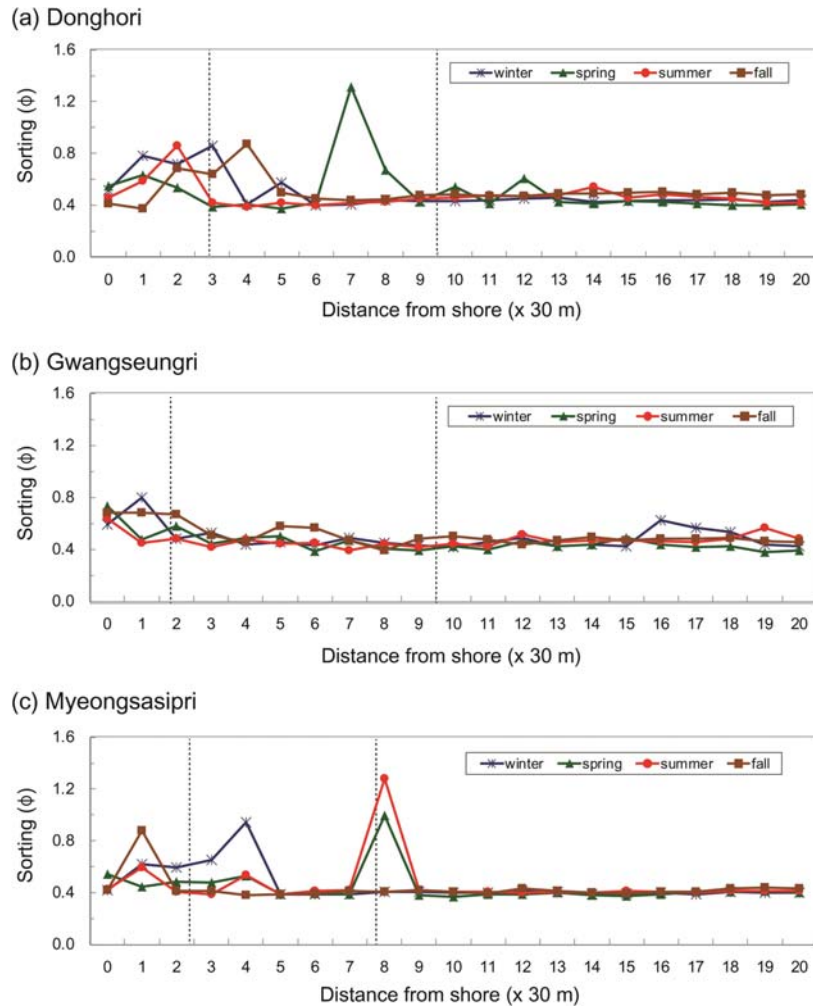


Fig. 9. Variations of textural parameters of sorting from the upper to lower intertidal zone in the Gochang coast: (a) Donghori, (b) Gwangseungri, and (c) Myeongsasipri. Two vertical dot lines indicate the MHWL and MSL in Fig. 1, respectively.

로 불량한 분급을 보인다(Fig. 9a).

광승리는 고조대에서 중·저조대 방향으로 갈수록 분급이 양호해지는 경향을 보인다. 광승리는 봄과 여름 분급이 상대적으로 양호한 경향을 보인다(Fig. 9b).

명사십리는 고조대와 중조대에서 불량한 분급 분포를 보이는 반면, 저조대에서는 분급이 양호하며 계절별 편차가 상대적으로 적게 나타난다. 명사십리의 고조대에서 계절별 분급 편차가 크며, 겨울에 분급이 불량하고 봄과 여름에 분급이 양호하게 나타나는 특징을 보이며, 봄과 여름 8번 지점에서 세립질 퇴적물의 증가로 인해 분급이 불량하게 나타난다(Fig. 9c).

왜도: 고창 조간대의 표층퇴적물의 계절별 평균 왜

도 분포는 정규 분포 곡선과 비교할 때 대부분 음의 왜도를 나타낸다(Fig. 10). 동호리의 왜도 분포는 대부분 음의 왜도를 보이지만, 가을 중조대와 봄 중조대의 일부 지점에서 강한 양의 왜도(strongly fine-skewed)를 보인다(Fig. 10a). 광승리는 겨울 고조대에서 양의 왜도를 보이지만, 중·저조대에서 음의 왜도를 보이며 가을에 강한 음의 왜도(strongly coarse-skewed)를 나타냈다(Fig. 10b). 명사십리 조간대의 가을 1번 지점과 겨울 4번 지점에서 강한 음의 왜도를 보인 반면, 봄과 여름 8번 지점에서는 강한 양의 왜도를 보였다(Fig. 10c).

첨도: 고창 조간대의 표층퇴적물의 지역과 계절별

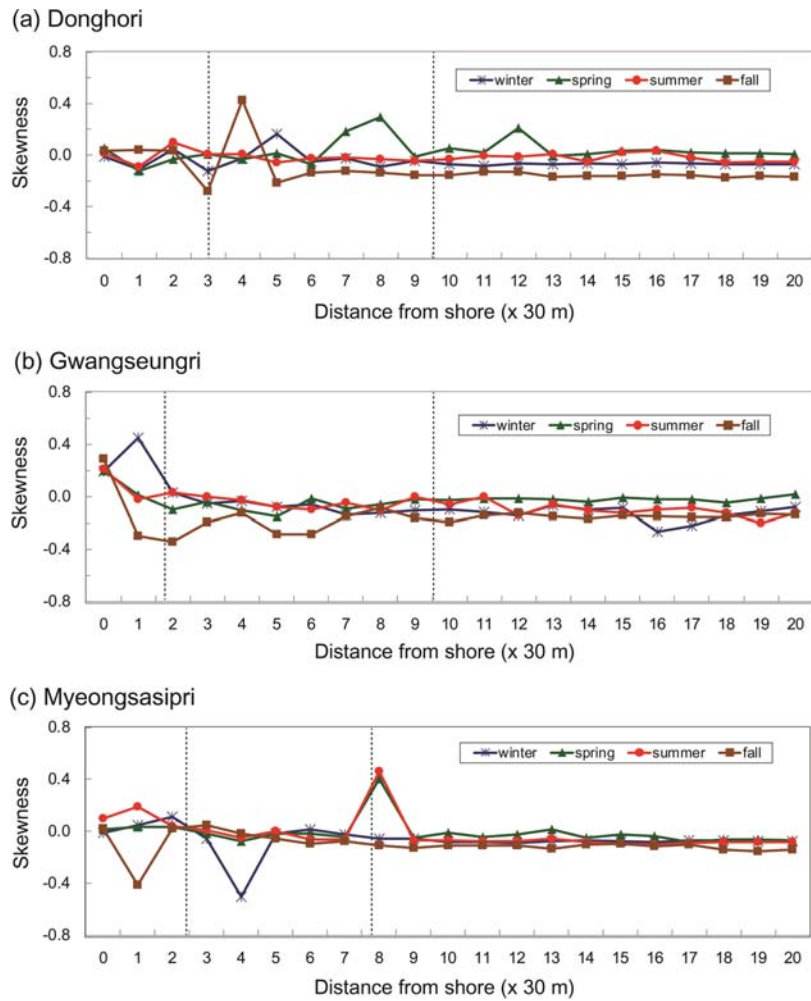


Fig. 10. Variations of textural parameters of skewness from the upper to lower intertidal zone in the Gochang coast: (a) Donghori, (b) Gwangseungri, and (c) Myeongsasipri. Two vertical dot lines indicate the MHWL and MSL in Fig. 1, respectively.

평균 침도 분포는 1.02~1.21로, mesokurtic~leptokurtic의 분포를 보인다(Fig. 11). 동호리의 침도는 고조대에서 중·저조대로 방향으로 침도가 크게 나타나며, 계절별로는 가을이 평균적으로 큰 값을 보였다(Fig. 11a). 광승리의 침도는 가을 고·중조대에서 상대적으로 큰 값을 보이며, 봄과 여름, 겨울에 약 침도 1.0 내외에서 큰 변화를 보이지 않았다(Fig. 11b). 명사십리의 침도는 고조대에서 저조대 방향으로 침도가 증가하는 경향을 보였다(Fig. 11c). 침도 분포는 모든 조간대의 저조대에서 계절별 편차가 비교적 잘 나타나는데, 가을이 가장 크고 여름, 겨울, 봄 순으로 작아진다(Fig. 11).

표층 퇴적물 분포의 시공간적 변화

고창 조간대의 표층 퇴적물은 대부분 모래로 구성되며 각 지점의 평균 입도는 0.6~3.4 ϕ 의 범위로 나타난다. 표층 퇴적물의 공간 분포 특성을 뚜렷이 나타내기 위하여 평균 입도의 크기를 0.5 ϕ 간격으로 세분하여 퇴적상을 구분하였다. 퇴적상의 구성은 조립사 B (0.5~1.0 ϕ), 중립사 A (1.0~1.5 ϕ)와 중립사 B (1.5~2.0 ϕ), 세립사 A (2.0~2.5 ϕ)와 세립사 B (2.5~3.0 ϕ), 극세립사 A (3.0~3.5 ϕ)이며, 이를 계절별 퇴적상의 공간 분포로 나타냈다(Fig. 12).

고창 조간대 겨울 동호리의 고조대에서 중립사 A, B가 우세하게 분포하며, 광승리의 고조대에서 중립사

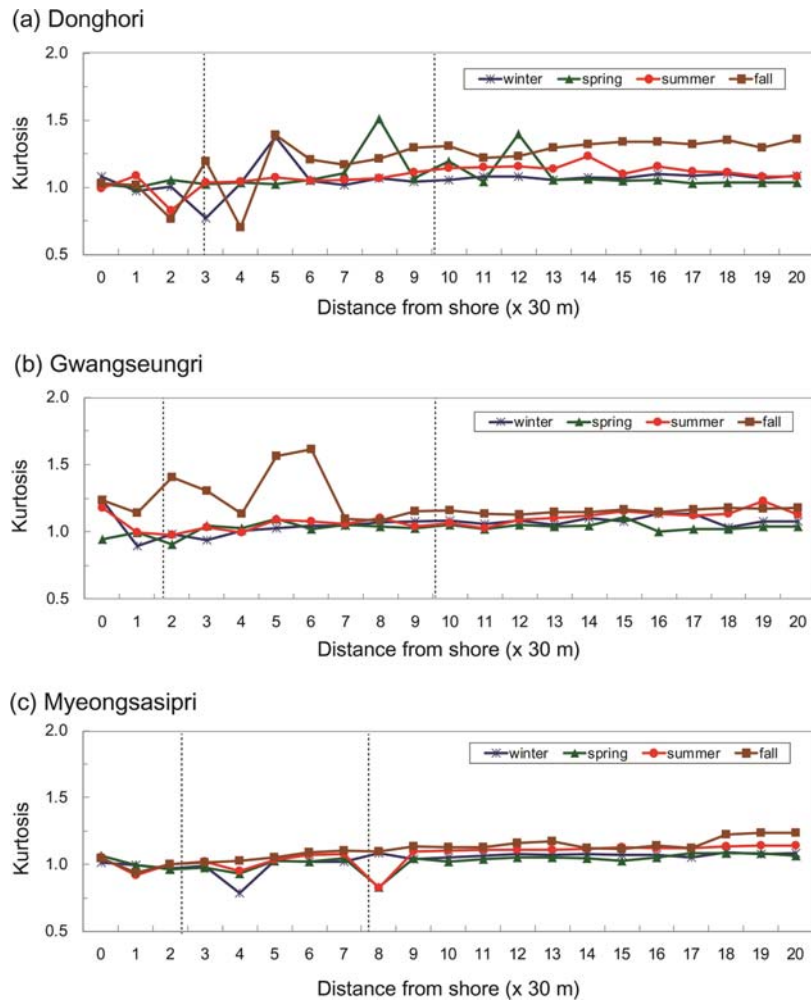


Fig. 11. Variations of textural parameters of kurtosis from the upper to lower intertidal zone in the Gochang coast: (a) Donghori, (b) Gwangseungri, and (c) Myeongsasipri. Two vertical dot lines indicate the MHWL and MSL in Fig. 1, respectively.

A와 조립사 B가 나타났다. 겨울 명사십리의 고조대에서 중립사 B가 우세하게 나타났다. 봄의 표층 퇴적물은 대부분 세립사 A, B로 구성되며, 동호리의 고조대에서 중립사 B가 나타나며 광승리의 고조대에서는 조립사가 나타났다. 봄 동호리와 광승리는 중조대에서 저조대 방향으로 가면서 세립사 A에서 B로 바뀌면서 세립해졌다. 봄 명사십리의 고조대에서는 중립사 B와 세립사 A가 대부분을 차지하며, 중조대와 저조대 경계부에서 극세립사 A가 나타났다. 여름 동호리는 고조대의 해안선 근처 지점부터 중조대 경계부 지점까지 세립사 A, 중립사 B, 중립사 A, 세립사 A의 순서로 입도의 분포 변화가 나타났다. 여름 광승리의 고조대에서 조립사 B가 나타나고, 중·저조

대에는 세립사 A와 세립사 B가 우세하였다. 여름 명사십리는 고조대에서 저조대 방향으로 세립사 A, 중립사 B, 세립사 A, 세립사 B, 극세립사 A, 세립사 B의 순으로 고조대에서 중조대까지 넓은 범위에서 다양한 입도 분포를 보였다. 고창 조간대의 가을은 다른 계절과 달리 퇴적상 분포가 비교적 단순하며, 고조대에서 세립사 A와 중립사 A, B가 교대로 나타나는 특징을 보였다. 동호리에서 중립사 A와 중립사 B의 비율이 가장 높게 나타났다.

동호리는 세립사와 중립사만 나타나며, 광승리의 고조대에서는 가을을 제외한 모든 계절에서 조립사가 나타난다. 명사십리는 고조대에서 세립사와 중립사가 교대로 나타나며, 봄과 여름에 중조대에서 극세립사

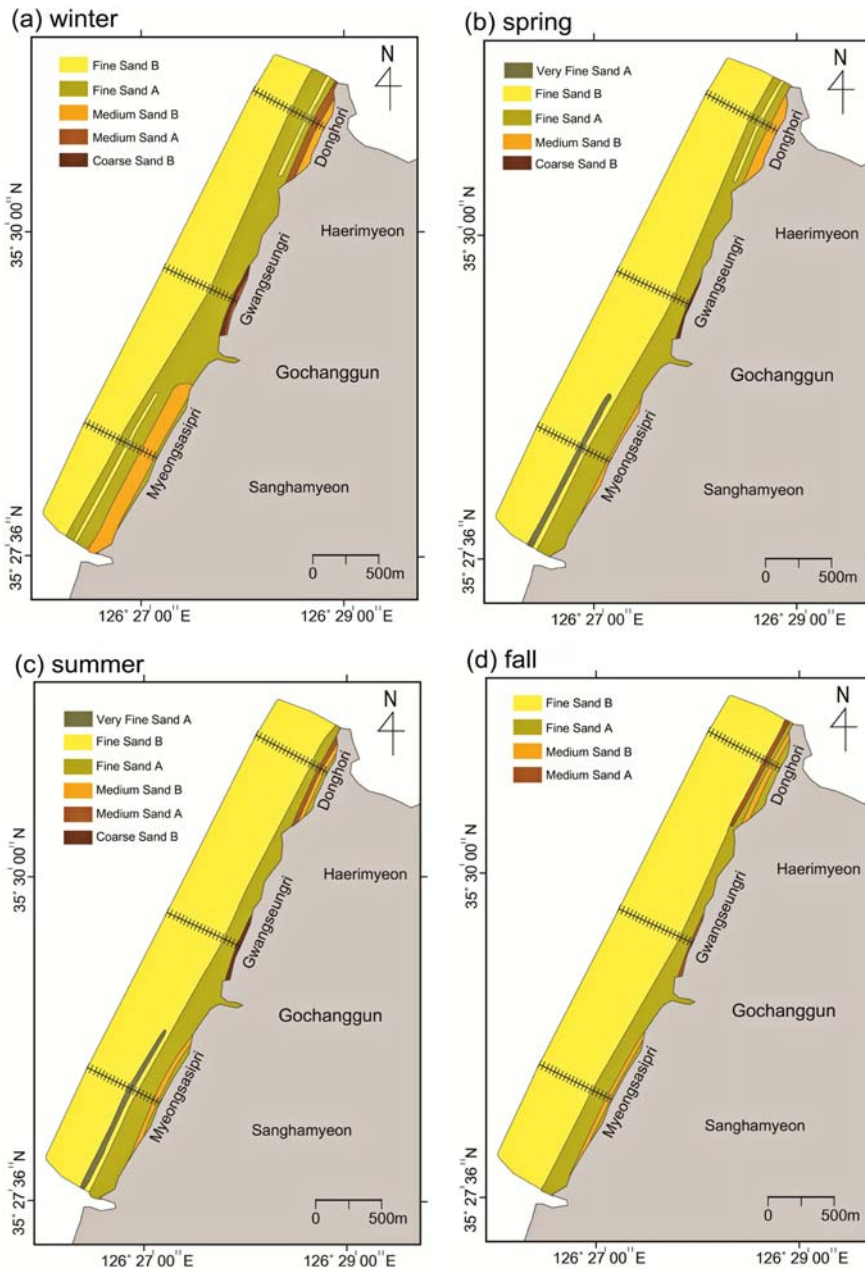


Fig. 12. Spatial distribution patterns of the grain size in the Gochang intertidal flat during four seasons of 2014. Coarse Sand B: 0.5~1.0 ϕ ; Medium Sand A: 1.0~1.5 ϕ ; Medium Sand B: 1.5~2.0 ϕ ; Fine Sand A: 2.0~2.5 ϕ ; Fine Sand B: 2.5~3.0 ϕ ; Very Fine Sand A: 3.0~3.5 ϕ . (a)winter (Feb.), (b) spring (May), (c) summer (Aug.), and (d) fall (Nov.).

가 나타난다. 퇴적상의 계절 변화는 고조대에서 가장 크게 나타난 반면, 저조대 방향으로 갈수록 퇴적상의 계절 변화가 거의 나타나지 않으며 세립해지는 경향을 보였다.

해석 및 토의

고창 개방형 조간대는 직선형 해안을 따라 외해와 직접 접하여 있으며(Fig. 1), 계절풍에 의한 파랑과

대조차 조석의 영향을 동시에 받는 연안 환경이다 (Tables 2, 3, 4). 고창 조간대 인근 영광 조위 관측점의 조위 편차는 평균 약 4.5 m 조차를 보였다(Table 2). 계절별 조위 편차의 차이는 최대 0.12 m로 계절별 조위 편차의 차이가 크지 않았다(Table 2). 조위 편차는 가장 높은 봄부터 여름, 겨울, 가을 순서로 편차가 작아진다. 계절별 조위는 가장 높은 여름부터 가을, 봄, 겨울 순으로 조위가 낮아졌다. 여름과 겨울의 조위는 0.23~0.26 m의 차이를 보이며, 높은 여름과 낮은 겨울로 나타났다.

겨울은 주로 북풍이, 여름은 주로 남풍이 우세하며, 봄과 가을에는 풍향의 반전이 나타났다(Fig. 4; Table 3). 평균 풍속은 겨울과 봄이 여름과 가을에 비해 상대적으로 컸다. 최대 풍속은 겨울과 여름에 강한 반면, 풍향의 변화가 나타나는 봄과 가을에 약하였다. 파랑은 평균유의파고, 평균파고, 최고유의파고, 최고파고가 모두 겨울에 가장 높았고, 여름에 가장 낮았다(Fig. 5; Table 4). 평균유의파고의 경우 겨울 1.0 m, 여름 0.4 m로 파고 차이 0.6 m를 보였다.

고창 조간대의 계절별 고조위 편차는 여름이 가장 높고, 겨울에 가장 낮게 나타났지만, 그 차이 0.26 m는 1년 평균 고조위 5.71 m의 5% 미만인 작은 값으로 해석된다. 반면 계절별 파랑의 평균유의파고는 겨울이 높고 여름이 낮으며, 그 차이 0.6 m는 1년 평균 유의파고 0.68 m의 거의 90%에 가까운 큰 값으로 해석된다. 또한 파랑의 평균주기도 평균파고와 유사하게 겨울이 여름보다 큰 값을 보인다(Table 4). 이와 같은 조위와 파랑 관측 자료에 근거하여 고창 조간대의 표층 퇴적물에 영향을 미치는 요인은 파랑이 조석보다 계절 변화 효과가 큰 것으로 해석할 수 있다.

고창 조간대의 평균 입도의 계절 변화는 겨울에 조립하고 상대적으로 여름에 세립한 경향을 보였다. 이는 파랑의 계절별 평균유의파고 변화의 영향으로 해석할 수 있다. 겨울에 상대적으로 큰 파고와 긴 파장의 파랑 영향으로 표층 퇴적물이 조립해지는 반면, 여름에는 상대적으로 낮은 파고와 짧은 파장의 파랑 영향으로 세립해지는 것으로 해석할 수 있다.

또한 조간대의 지형별 변화는 고조대에서 입도가 조립하고, 분급이 불량하게 나타났으며, 저조대 방향으로 갈수록 입도가 세립해지고 분급이 양호해지는 경향성을 보였다. 이는 고창 조간대의 고조대와 중조대가 저조대에 비해 파랑에 의한 영향을 상대적으로 크게 받는 반면, 저조대는 파랑에 의한 영향이 작아

지면서 고조대에 비해 조석의 영향을 상대적으로 크게 받는다고 해석할 수 있다.

고창 조간대의 계절별 평균 분급의 차이는 파랑에 의한 선택적 분급작용의 효과와 조석작용의 수위 변화에 따른 에너지의 분산효과로 해석된다. 특히 1~2 ϕ 의 조립질 및 중립질의 모래는 해수의 운동에 의한 유동성이 높아 같은 크기의 입자들끼리 집적되는 경향이 있으며, 이는 분급이 양호하게 나타나는 현상에 영향을 미칠 수 있다(McLaren and Bowles, 1985). 명사십리 조간대에서 봄과 여름에 실트가 증가하는 경향은 머드가 조하대에서 유입되어 조간대 지형의 영향으로 퇴적된 것으로 해석되며, 이는 이후 연구에서 조하대 입도 및 조간대 지형 자료와 함께 토의될 것이다.

개방형 모래 조간대는 미고결 퇴적물로 구성되어 폭풍 같은 단기간의 강한 에너지 환경에 노출되어 형태 변화가 바뀔 수 있으므로, 1년의 관측을 통해 계절별 변화 경향성을 파악하기에는 한계가 있다. 고창 조간대 퇴적물의 퇴적상 변화와 계절 변화의 뚜렷한 경향성을 파악하기 위해서는 장기간 관측된 퇴적상, 바람, 파랑, 조석 자료를 종합적으로 분석하고 해석할 필요가 있다.

결 론

고창 조간대의 2014년 표층 퇴적물은 주로 세립 사질 퇴적물로 구성되며, 계절별로 겨울에 조립하고, 여름에 세립한 경향을 보였다. 계절별 파랑과 조위 관측 자료에 근거하여, 고창 조간대의 표층 퇴적물에 영향을 미치는 요인은 파랑이 조석보다 계절에 따른 변화 효과가 큰 것으로 해석된다. 겨울에 상대적으로 큰 파고의 파랑 영향으로 표층 퇴적물이 조립한 반면, 여름에는 상대적으로 낮은 파고의 파랑 영향으로 세립한 것으로 해석된다.

또한 고창 개방형 조간대의 2014년 퇴적상은 고조대가 저조대에 비해 상대적으로 계절별 편차가 크게 나타났으며, 입도가 조립하고 분급이 불량하게 나타났다. 고조대에서 저조대 방향으로 갈수록 입도가 세립해지고 분급이 양호해지며 계절별 편차가 작아졌다. 이는 고창 조간대의 고조대와 중조대가 저조대에 비해 파랑에 의한 영향을 상대적으로 크게 받는 반면, 저조대는 파랑에 의한 영향이 작아지면서 고조대에 비해 조석의 영향을 상대적으로 크게 받는 것으로 해석된다.

사 사

야외와 실내에서 함께 조사와 토론을 해 주신 소광석 박사님, 이화영, 강나영에게 감사드립니다. 논문심사와 함께 논문의 부족한 부분을 세심하게 수정해 주신 장태수 박사님과 익명의 심사위원분들께 감사드립니다. 이 논문은 해양수산부/한국해양과학기술진흥원의 연구과제(PJT200538)로 수행된 연구 결과입니다.

References

- Allen, J.R.L. and Duffy, M.J., 1998, Temporal and spatial depositional patterns in the Severn Estuary, SW Britain: intertidal studies at spring-neap and seasonal scales, 1991-1993. *Marine Geology*, 146, 147-171.
- 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.
- Boak, E.H. and Turner, I.L., 2005, Shoreline definition and detection: a review. *Journal of Coastal Research*, 21, 688-703.
- Carter, R.W.G. and Woodroffe, C.D., 1994, Coastal evolution: late Quaternary shoreline morphodynamics. Cambridge University Press, Cambridge, 517 p.
- Chough, S.K., Lee, H.J., Chun, S.S., and Shinn, Y.J., 2004, Depositional processes of late Quaternary sediments in the Yellow Sea: a review. *Geosciences Journal*, 8, 211-264.
- Dalrymple, R.W., 2010, Tidal depositional systems. In James, N.P. and Dalrymple, R.W. (eds.), *Facies models* 4. Geological Society of Canada, Newfoundland and Labrador, 201-231.
- Davis, R.A.Jr., 1985, Coastal sedimentary environments. Springer-Verlag, New York, 716 p.
- Davis, R.A.Jr. and Fitzgerald, D.M., 2004, Beaches and coasts. Blackwell Publishing, Malden, USA, 419 p.
- Davis, R.A.Jr. and Hayes, M.O., 1984, What is a wave dominated coast? *Marine Geology*, 60, 313-330.
- Fan, D., 2012, Open-coast tidal flats. In Davis, R.A. Jr. and Dalrymple, R.W. (eds.), *Principles of tidal sedimentology*. Springer, Dordrecht, 187-229.
- Fan, D., Li, C., Wang, D., Wang, P., Archer, A.W., and Greb, S.F., 2004, Morphology and sedimentation on open-coast intertidal flats of the Changjiang Delta, China. *Journal of Coastal Research*, 81, 23-35.
- Folk, R.L., 1968, *Petrology of sedimentary rocks*. hemphill's, Austin, USA, 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.
- Heward, A.P., 1981, A review of wave-dominated clastic shoreline deposits. *Earth Science Review*, 17, 223-276.
- Hobbs, C.H., 2012, *The beach book: science of the shore*. Columbia University Press, New York, 195 p.
- Kang, S.I., Ryang, W.H., and Chun, S.S., 2015, Characteristics of surface topography variation on the Gochang beach, southwestern coast of Korea. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 36, 533-542. (in Korean)
- Klein, G. deV., 1985, Intertidal flats and intertidal sand bodies. In Davis, R.A. Jr. (ed.), *Coastal sedimentary environments*. Springer-Verlag, New York, 187-224.
- Korea Hydrographic and Oceanographic Administration (KHOA), 2013, Tidal bench mark. http://sms.khoa.go.kr/koofts/tbm/tbm.asp?tl_id=502 (May 10th 2015)
- Korea Hydrographic and Oceanographic Administration (KHOA), 2013-2014, Tidal deviation calculation table. <http://www.khoa.go.kr/koofts/kor/tide/tide.do> (January 21th 2016)
- Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM), 2002, Study on the coastal geology of west coast and the terrestrial wetlands: I. Study on the coastal geology of west coast. KR-03(final)-04, 242 p. (in Korean)
- Korea Meteorological Administration (KMA), 2013-2014a, Coastal wave buoy of marine data. <http://data.kma.go.kr/svc/dts/sea/seaFargoBuoyRltmDtaReqstList.do?lrgClsCd=SEA&mddClsCd=SEA03> (January 13th 2016)
- Korea Meteorological Administration (KMA), 2013-2014b, Monthly report of automatic weather system data. http://www.kma.go.kr/weather/observation/data_yearly.jsp (May 10th 2015)
- Lee, B.J., and Lee, S.Y., 2001, Geological report of the Gochang sheet, scale 1:50,000. Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 47 p. (in Korean)
- Lee, H.J., Jo, H.R., Chu, Y.S., and Bahk, K.S., 2004, Sediment transport on macrotidal flats in Garolim Bay, west coast of Korea: significance of wind waves and asymmetry of tidal currents. *Continental Shelf Research*, 24, 821-832.
- Li, C., Wang, P., Fan, D., Dang, B., and Li, T., 2000, Open-coast intertidal deposits and the preservation potential of individual laminae: a case study from east-central China. *Sedimentology*, 47, 1039-1051.
- McLaren, P. and Bowles, D., 1985, The effects of sediment transport on grain-size distribution. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55, 457-470.

- Masselink, G. and Gehrels, R., 2014, Coastal environments and global change. John Wiley and Sons, Chichester, 438 p.
- Oh, J.K. and Kum, B.C., 1998, Sedimentologic characteristics of macrotidal beach in Mongsanpo, west coast of Korea. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 19, 310-317. (in Korean)
- Pilkey, O.H., Neal, W.J., Kelley, J.T., and Cooper, J.A.G., 2011, The world's beaches: a global guide to the science of the shoreline. University of California Press, Berkeley, 283 p.
- Reading, H.G. and Collinson, J.D., 1996, Clastic coasts. In Reading, H.G. (ed.), *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*, Blackwell Science, Oxford, p. 154-231.
- So, K.S., Ryang, W.H., Choi, S.L., and Kwon, Y.K., 2012, Seasonal variation of surface sediments in the Kwangseungri beach, Gochanggun, Korea. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 33, 497-509. (in Korean)
- So, K.S., Ryang, W.H., Kang, S.I., and Kwon, Y.K., 2010, Seasonal variation of surface sediments in the Dongho beach, Gochanggun, Korea. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 31, 708-719. (in Korean)
- So, K.S., Ryang, W.H., and Kwon, Y.K., 2009, Seasonal variation of surface sediments in the Myeongsasipri tidal flat, Gochanggun, SW Korea. *The Sea, Journal of the Korean Society of Oceanography*, 14, 181-188. (in Korean)
- Udden, J.A., 1914, Mechanical composition of clastic sediments. *Bulletin of Geological Society of America*, 25, 655-744.
- 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.

Manuscript received: January 23, 2016

Revised manuscript received: April 11, 2016

Manuscript accepted: April 15, 2016