고창군 동호 해변 표층 퇴적물의 계절 변화

소광석¹ · 양우현^{1,*} · 강솔잎¹ · 권이균²

¹전북대학교 과학교육학부/융합과학연구소/과학교육연구소, 561-756, 전북 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14

²한국지질자원연구원 석유해저자원연구부, 305-350, 대전광역시 유성구 가정동 30

Seasonal Variation of Surface Sediments in the Dongho Beach, Gochang-gun, Korea

Kwang-Suk So¹, Woo-Hun Ryang^{1,*}, Sol-Ip Kang¹, and Yi-Kyun Kwon²

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

²Petroleum and Marine Resources Division, Korea Institute of Geoscience and
Mining Resources (KIGAM), Daejeon 305-350, Korea

Abstract: The Gochang-gun Dongho macro-tide pocket-type beach, located on the southwestern coast of Korea, is investigated in terms of the seasonal variations of surface sediment and sedimentary environment. Surface sediments of 45 sites in four seasons (May 2006-February 2007) are sampled across three survey lines (15 sites in each survey line). The surface sediments of the Dongho Beach are mainly composed of fine to coarse sands, and the ratio of fine sand is the largest. The average of grain size is the coarsest in the summer. The spatial distribution of surface sediments shows a coast-parallel band of fine and medium sands during three seasons of spring, fall, and winter, whereas medium sands dominated in the northern part of the study area during the summer. These results suggest that a tide is more effective than a wave in the surface sediments of the Dongho Beach during the summer.

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

요약: 한반도 서남해안의 고창군 동호 포켓형 대조차 해변에서 계절에 따른 퇴적물 조직과 퇴적 환경 변화를 연구하였다. 표층 퇴적물은 3개 측선의 45지점(각 측선 당 15개 지점)에서 4계절(2006년 5월-2007년 2월) 동안 각각 채취하였다. 동호 해변의 표층 퇴적물은 세립사, 중립사, 조립사로 대부분 구성되어 있으며, 함량비는 세립사가 가장 크다. 평균 입도는 여름에 가장 조립하게 나타난다. 표층 퇴적물의 공간분포는 봄, 가을, 겨울의 세 계절에 세립사와 중립사가 해안선과 평행한 띠 모양으로 나타나는 반면, 여름에는 중립사가 연구지역의 북쪽 부분에 우세하게 나타난다. 여름 동호 해변의 표층 퇴적물에 미치는 영향은 조석이 파랑보다 효과적인 것으로 추정된다.

주요어: 동호 해변, 계절변화, 표층퇴적물, 대조차

서론

서해는 전형적인 반폐쇄 대륙붕 바다로 서쪽은 중국 대륙에 동쪽은 한반도에 의해 둘러싸여 있으며, 북쪽의 발해만(Bohai Bay) 및 남쪽의 동중국해와 연결되어 있다. 서해 대륙붕은 신생대 제4기 말 최충빙

기최성기 동안 해수면 하강에 의해 노출된 육성환경이었으나, 이후 플라이스토세 말에 시작된 간빙기 동안 전 지구적인 해수면이 상승하면서 평균수심이 약 55 m인 바다를 형성하였다(Chough et al., 2000). 조간대 퇴적환경은 조수와 파랑의 영향을 동시에 받는 미고결 퇴적물로 구성되는데, 퇴적물의 입도 분포는 조간대 연안환경의 변화를 추적할 수 있는 중요한 자료이다(Orton and Reading, 1993; Reading and Collinson, 1996; Yang et al., 2005, 2006).

우리나라 서해안 조간대는 북서 계절풍 영향을 받

*Corresponding author: ryang@jbnu.ac.kr
Tel: 82-63-270-2790
Fax: 82-63-270-2802

는 겨울에는 잿은 폭풍 등에 의하여 세립질 퇴적물이 제거되는 경향을 보이며, 여름에는 낮은 에너지 환경으로 세립질 퇴적물이 집적되는 이원적인 계절변화를 주로 보인다(김진호, 1996; 류상옥과 장진호, 2005; 최강원, 1987; Bloom and Park, 1985; Frey et al., 1989; Alexander et al., 1991; Ryu, 2003; Yang et al., 2005). 최근 서해안 조간대의 계절별 퇴적상과 퇴적환경에 대한 연구는 계절풍에 의한 파랑과 대조차 조석의 상대적인 중요성, 즉 파랑이 우세한 대조차 조간대 환경의 퇴적작용을 파악할 수 있는 기본 자료를 강조하고 있다(Corbau et al., 1999; Yang and Chun, 2001; Yang et al., 2005). 그러므로 다양한 지역, 시기, 방법론이 적용된 서해안 조간대의 퇴적상과 퇴적환경에 대한 계절별 변화 연구가 요구된다.

특히 서해의 연안 퇴적환경에 관한 기존의 연구는 대부분 반폐쇄만에 발달한 조간대에 관한 것으로 직선형 조간대에 관한 연구는 미비하다(왕경희, 1993; 오재경 외, 1994; Yang et al., 2005, 2006; 소광석 외, 2009). 연구지역인 고창군 동호 해변은 해안 절벽이 거의 없고 사구가 발달되어 있으며, 해안 침식에 의한 퇴적물 공급이 원활하지 않은 지형으로 이루어져 있다(Fig. 1). 해변의 퇴적 특성은 퇴적물의 기원, 조석과 파랑, 지형적 형태에 따라서 계절별 퇴적상과 퇴적환경이 시·공간적으로 많은 변화를 보인다(오재경과 금병철, 2002; 오재경 외, 2006, 오재경과 한창희, 2010). 또한 동호 해변은 파랑과 조석의 영향을 받는 대표적인 지역으로(Yang et al., 2006), 표층 퇴적물의 입도분석을 통하여 동호 해변의 계절별 퇴적상 및 퇴적환경의 변화를 파악할 수 있다. 본

Fig. 1. Location map of study area (Dongho) in the beach of the Gochanggun. The study area shows a linear shoreline trending northeast-southwest, faces to Yellow Sea without seaward barriers.

연구는 해변 환경인 고창군 동호 해변에서 3개 측선, 30 m 간격의 조밀한 시료 채취를 수행하여(Fig. 2), 해변의 계절별 표층 퇴적물에 대한 자세한 조직 분석을 실시하고, 계절 변화에 따라 나타나는 퇴적상과 퇴적환경의 특성을 밝히고자 한다.

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

Table 1. Weather condition from March, 2006 to February, 2007 near the coast of the Gochanggun (Buan weather station). Note that the maximum wind direction is changed from northerly in the winter (December to February) to southerly in the summer season (June to August) with a decrease in wind speed (Korea Meteorological Administration, 2006 and 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
Number of days of the storms	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0

지역 개관

연구지역은 전라북도 고창군 상하면 동호리에 속하며 남단은 광승리, 북단에는 곰소만이 위치한다(Fig. 1). 동호 지역은 포켓형 대조차 해변 환경으로 직선화된 해안선을 가지고 있으며, 연안 해양 환경에 직접적으로 노출되어 있고 그 배후에 사구와 상업지역이 발달해 있다. 본 연구에서 해변의 지형적 분류는 조석에 의해서 구분하였으며, 연구지역은 조간대에 해당한다(Figs. 1, 2). 연구지역의 지질은 대부분 선캄브리아기의 화강암질 편마암으로 구성되며, 연구지역의 남단 부근에서 일부 화산암류가 소규모 분포한다(이병주와 이승렬, 2001).

본 연구지역에서 사용한 조석 관련 자료와 평균 해변 자료는 위도 검조소의 자료를 이용하였다. 국립해양조사원(2009) 자료에 의하면 위도향을 기준으로 조석은 반일 주조형이며 대조차는 5.4 m, 소조차는 2.5 m로서 평균조차가 4.0 m이다. 기상 자료는 인근 부안 관측소의 기상자료를 이용하였으며, 겨울 폭풍은 대부분 1월에 집중되며 폭풍 시 주된 풍향은 북북서 풍계이다(Table 1).

연구 방법

연구지역의 지형 변화는 한 개의 측선을 선정하여 측정하였다(측선 B; Fig. 2). 이 측선은 조류로나 조류세곡의 영향이 크지 않으면서 연구지역을 대표하는 곳으로 선정하였다. 측선의 기준점을 육지 쪽에 선정하여 고정하여 광파측량기기를 설치한 후, 측선을 따라 30 m 간격으로 표적을 세워 고도차를 측량하였다(Fig. 3). 사용된 측량 시스템은 토탈스테이션 GPT-3000LN Series(Topcon)이다.

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

동호리 연구지역의 표층 퇴적물은 3개 측선을 설정하고 고조대에서 중·저조대 방향으로 채취하였다. 각 측선에서 30 m 간격으로 15개 지점을 선정하여(Fig. 2), 2006년 5월(봄), 8월(여름), 11월(가을), 2007년 2월(겨울)에 총 180개 시료를 채취하였다. 시료는 채집용 스펀을 이용하여 표층 1 cm 내외의 퇴적물을 채취하였으며, 시료 채취 지점의 위치는 GPS(GARMIN MAP60CSx)를 이용하여 표기하였다.

입도분석은 Microtrac사의 S3500 Series 기기를 이용하여 분석하였다. 본 기기는 0.02-2,800 μm 의 범위에서 입도측정이 가능하며, Tri-Laser System를 사용하여 입자로부터 산란된 광을 0-180도 범위에서 검출하여 광범위한 측정 영역을 구현하고 있다. 또한 검출기는 151개의 Detector Segment가 면 검출 구조로 구성되어 128채널의 분해능과 해상력 특성을 나타낸다. 측정된 모든 자료는 GRADISTAT(version 4.0)을 이용하여 통계처리하였다(Blott, 2000). 통계적 입도 상수는 Folk and Ward(1957)의 계산식을 이용하였으며, 입도 크기는 Udden(1914)와 Wentworth(1922)의 분류로 표시하였다.

Table 2. Composition of surface sediments in the Dongho beach

		Gravel (%)		Sand (%)				Mud (%)
			Very coarse	Coarse	Medium	Fine	Very fine	
Spring	Range	0.2-0.0	14.2-0.0	32.6-0.0	57.7-0.0	80.1-0.0	27.9-0.0	66.3-0.0
	Average	0.1	4.0	10.8	16.6	51.4	13.9	3.4
Summer	Range	0.2-0.0	33.8-0.0	45.4-0.0	59.7-6.9	82.7-13.7	14.1-0.4	0.2-0.0
	Average	0.1	10.6	22.2	20.4	40.1	6.6	0.0
Autumn	Range	52.7-0.0	11.9-0.0	31.4-0.0	42.1-0.0	74.3-16.2	62.5-0.7	2.0-0.0
	Average	1.4	4.9	9.1	9.5	53.3	21.2	0.5
Winter	Range	0.0-0.5	13.6-0.0	58.0-0.0	50.8-5.2	83.1-19.5	19.3-0.3	0.2-0.0
	Average	0.3	6.0	19.5	16.8	48.9	8.5	0.0

결과 및 해석

지형 단면

연구지역 해변은 조간대에 해당하는 지역으로 고조대, 중조대, 저조대로 크게 구분하였다(Fig. 3). 측선 B는 연구지역의 중앙에 위치하는 측선으로 고조대는 해안선으로부터 수평거리 약 120 m, 0.2-1.3° 내외의 기울기를 보이며, 사구 방향으로 오목한 지형 단면을 보인다. 사질 하부 중·저조대는 해안선으로부터 수평거리 약 600 m, 0.2-0.6° 내외의 완경사의 기울기를 보이며 평탄한 지형 단면을 보인다.

표층 퇴적상 및 입도특성

표층 퇴적상 및 입도특성은 연구지역 내 퇴적물 입자의 이동에 따른 퇴적변화의 해석에 중요하며, 입도특성의 통계학적인 변수들의 관계를 비교 분석함으로써 연구지역 해변의 퇴적 양상을 해석할 수 있다.

퇴적물분포: 연구지역의 표층 모래 퇴적물 분포는 계절에 관계없이 대부분 세립 사질퇴적물로 구성되어 있다(Table 2). 여름과 겨울은 중립사, 조립사 순으로 구성되고, 가을과 봄은 조립사, 중립사의 순으로 나타난다. 세립사가 차지하는 비율이 가장 높게 나타나는 계절은 가을이며, 여름에 가장 적게 나타난다. 자갈이 차지하는 비율이 가장 높게 나타나는 계절은 가을이며, 봄과 여름은 일정하다. 특히 펄은 여름과 겨울에는 거의 나타나지 않으며, 펄의 비율이 가장 높게 나타나는 계절은 봄이다. 입도분포는 여름에 가장 크게 나타나는 경향이 있다.

연구지역의 해변에서 자갈, 모래, 펄의 비율을 살펴보면 다음과 같다. 봄의 자갈, 모래, 펄의 평균 분포 비율은 0.1, 96.5, 3.4%이며, 여름의 자갈, 모래, 펄의 평균 분포 비율은 0.1, 99.9, 0.0%이며, 가을의 자갈, 모래, 펄의 평균 분포 비율은 1.4, 98.1, 0.5%이고, 겨울의 자갈, 모래, 펄의 평균 분포 비율은 0.3, 99.7, 0.0%이다.

Fig. 4. Ternary diagram of four representative samples showing sand, mud, and gravel ratio of surface sediments on the summer (a) and winter (b) in the Dongho beach, respectively.

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

		Spring	Summer	Autumn	Winter
Mean (ϕ)	Average	2.27	1.60	2.23	1.85
	Range	1.33-6.90	0.95-2.55	0.12-3.08	1.07-2.65
Sorting (ϕ)	Average	0.88	1.00	0.92	0.95
	Range	0.23-1.57	0.37-1.35	0.22-1.60	0.36-1.40
Skewness	Average	-0.34	-0.11	-0.31	-0.29
	Range	-0.57-0.06	-0.56-0.61	-0.57-1.17	-0.53-0.60
Kurtosis	Average	1.32	0.77	1.17	0.83
	Range	0.66-1.87	0.58-1.01	0.38-1.85	0.59-1.44

표층퇴적상: 여름 해변에서 나타나는 표층 퇴적상은 사(sand)의 1개 표층 퇴적상을 보인다(Fig. 4a). 겨울 해변에서 나타나는 표층 퇴적상은 사(sand), 역질사(gravelly sand)의 2개 퇴적상으로 나눌 수 있다(Fig. 4b). 연구지역은 계절에 관계없이 펄의 분포 비율이 모두 0.0%를 보이며, 펄 퇴적상이 나타나지 않는다. 자갈과 모래의 평균 분포 비율도 펄의 분포 비율과 같이 큰 차이를 보이지 않는다(Table 2).

입도: 표층 퇴적물의 입도는 계절에 관계없이 대부분 모래로 구성되어 있다. 퇴적물 평균입도는 봄에 1.33-6.90 ϕ 이고, 평균입도는 2.27 ϕ 이다. 여름에 0.95-2.55 ϕ 범위로 평균입도는 1.60 ϕ 이며, 가을에 0.12-3.08 ϕ 범위로 평균입도는 2.23 ϕ 이며, 겨울에 1.07-2.65 ϕ 분포이고 평균입도는 1.85 ϕ 로 나타난다(Table 3). 연구지역의 평균입도는 여름에 가장 조립하게 나타나고 있다.

분급: 분급은 봄 0.23-1.57 ϕ , 여름 0.37-1.35 ϕ , 가을 0.22-1.60 ϕ , 겨울 0.36-1.40 ϕ 범위로 well sorted에서 poorly sorted까지 다양한 범위로 나타나며, 평균 분급은 계절에 관계없이 moderately sorted로 나타난다. 분급은 상대적으로 봄이 가장 양호하며, 여름이 가장 불량하게 나타났다(Table 3).

왜도: 왜도는 봄 -0.57-0.06, 여름 -0.56-0.61, 가을 -0.57-1.17, 겨울 -0.53-0.60 사이로 very coarse skewed에서 fine skewed까지 다양한 범위로 나타나며, 여름과 겨울의 평균 왜도 값은 각각 -0.11, -0.29을 나타내고 있다. 연구지역에서 왜도는 음의 왜도를 갖으며, 작은 표준편차를 보인다.

첨도: 첨도는 봄 0.66-1.87, 여름 0.58-1.01, 가을 0.38-1.85, 겨울 0.59-1.44 사이로 platykurtic에서 leptokurtic까지의 다양한 범위에서 나타나며, 여름과 겨울의 평균값은 각각 0.77, 0.83을 보인다.

Fig. 5. Variations of textural parameters from the upper to the lower Dongho beach (mean).

Fig. 6. Variations of textural parameters from the upper to the lower Dongho beach (sorting).

연구지역 표층 퇴적상의 계절별 입도분포는 축선별로 고조대에서 저조대 방향으로 연구하였다. 연구지역의 평균입도는 봄에 해안선으로부터 30-270 m까지는 약간 세립한 경향을 보이며, 여름에 해안선으로부터 30-60 m까지 조립해지는 경향을 보인다. 가을에 해안선으로부터 90-210 m와 300-360 m에 급격하게 세립해지는 경향을 보이며, 겨울은 고조대와 중·저조대의 차이가 거의 나타나지 않는다(Fig. 5). 여름 해안선 인근의 고조대에서 표층 퇴적물의 평균입도가 급격하게 조립해지는 경향은 인근 연안 또는 외해 쪽에서 조립질 퇴적물이 유입되었거나, 세립질 퇴적물이 난류에 의해 제거되었다고 해석할 수 있다.

연구지역 표층 퇴적상의 계절별 분급분포는 축선을 따라 중·저조대 방향으로 연구하였다. 해변 분급의 특징은 근원지로부터의 거리, 외부에너지의 강도 및 형태, 퇴적물의 고유한 물리, 화학적 성질과 밀접한 관계가 있으며, 근원지로부터 거리가 멀어질수록 작용하는 에너지의 강도가 커질수록 분급은 양호해진다(Trask and Hand, 1985). 계절별 평균 분급의 차이는 파랑에 의한 선택적 분급작용의 효과가 크게 나타나고, 조석작용의 수위 변화에 따른 에너지의 분산효과가 작용하는 것으로 해석된다. 특히 1-2 ϕ 의 조립 및 중립 모래는 해수의 운동에 의한 유동성이 높아 같은 크기의 입자들끼리 집적되는 경향이 있어 분급이 양호한 현상에 영향을 미칠 수 있다(McLaren and Bowles, 1985). 연구지역의 해변 분급은 봄에 중·저조대 방향으로 갈수록 분급이 약간 불량해지며, 여름

에 대단히 불량하게 나타나며, 가을과 겨울은 비교적 양호한 분급을 보인다. 여름 고조대는 중·저조대에 비해 분급이 상대적으로 양호하게 나타난다(Fig. 6).

연구지역에서 표층퇴적물의 계절별 왜도 분포는 여름 고조대를 제외하고 음의 왜도를 보이고 있다(Fig. 7). 이는 해변 퇴적환경에서 정규 가우스 분포곡선과 비교할 때 세립질 입자의 감소로 인한 음의 왜도를 보이는 경향으로 해석된다(예, Hails, 1967). 이는 해변에서 파랑이 세립질 입자를 위해 방향으로 제거시키는 반면, 조립질 입자는 제거하지 못하기 때문으로 해석된다. 그런데 연구지역 여름 고조대의 세 지점에서는 양의 왜도를 보이고 있다(Fig. 7). 이러한 양의 왜도는 연구지역의 여름 상부 조건대 지역에서는 상대적으로 세립질 입자가 중·저조대에 비해 원활히 제거되지 못했거나, 조립질 입자가 상부 조건대 지역으로 유입된 결과로 해석될 수 있다.

연구지역에서 봄의 침도는 전반적으로 높게 나타나며, 여름 침도가 거의 일정하게 낮게 나타나고 있다. 가을 침도는 중·저조대 방향으로 갈수록 높아지는 경향을 보이며, 겨울 침도는 여름에 비해 높으나 봄과 가을에 비해서는 낮게 나타나며 고조대와 중·저조대에서 큰 차이를 보이지 않는다(Fig. 8).

표층퇴적상의 모드 분포의 계절변화

연구지역 퇴적물의 입도 분포는 대수정규분포 경향을 보이는 것으로 알려져 있지만, 실제 연구지역 퇴적물은 여러 개의 모드를 보이는 경우가 흔하다. 실

Fig. 7. Variations of textural parameters from the upper to the lower Dongho beach (skewness).

Fig. 8. Variations of textural parameters from the high-tidal zone to the mid-tidal zone Dongho beach (kurtosis).

제 대륙붕 퇴적물의 입도 분포 내에 여러 개의 모드가 존재한다고 보고된 바 있다(Visher, 1969). 동호지역은 봄, 여름에는 단모드 형태, 가을, 겨울에는 복모드 형태를 보이며, 봄, 여름, 겨울의 최빈 입도는 2.0-3.0 ϕ 에서 나타나며 가을의 최빈 입도는 1.0-2.0 ϕ 에 나타난다(Fig. 9). 이러한 모드 형태에 근거하여, 봄과 여름은 하나의 에너지에 기인한 것으로 해석할 수 있으며, 가을과 겨울의 복모드 형태는 퇴적물 이동이 두개의 에너지에 기인한 것으로 해석할 수 있다.

표층 퇴적상 조직변수의 상관관계 분포 변화

연구지역의 계절별 조직변수 차이를 비교하기 위해, 연구지역의 중앙을 기준으로 계절별로 3개 지점을

선정하여 평균입도, 분급, 왜도 간의 상관관계를 계절별로 구분하여 나타냈다(Figs. 10, 11). 퇴적환경에서 조직변수는 에너지 조건을 반영한다. 저에너지 환경은 퇴적물이 세립해지고 분급이 불량하며 양의 왜도 경향을 보인다. 고에너지 환경은 분급이 양호한 조립질 퇴적물이 양 또는 음의 왜도를 보이는 경향이 있다(백영숙, 2002; 정선미, 2006). 조석작용보다 상대적으로 파랑의 영향이 강한 퇴적환경의 경우, 효과적인 파랑에너지에 의한 세립 입자의 부유와 잔류한 조립 입자가 우세하며, 작은 입자로 구성된 공간대는 파랑과 더불어 조석작용에 의한 에너지 분산 효과가 크게 나타난다(신기재, 1992).

연구지역의 평균입도와 분급의 관계는 연구지역의

Fig. 9. Variations of mean grain-size mode in the surface sediments of Line A during each season (a. spring, b. summer, c. fall, d. winter). Spring and summer show uni-modal distribution of one energy origin, whereas fall and winter show bi-modal distribution of two energy origins.

평균입도와 관계없이 very poorly sorted에서 moderately well sorted 값을 나타내는데, 이것은 연구지역의 지형과 위치에 따라서 다른 에너지 영향을 받아서 분급되었음을 나타낸다. 동호 지역의 평균 입도에 대한 왜도 관계는 대부분 음의 왜도를 보이는 경향이 있는데, 여름 고조대와 저조대에서는 양의 왜도를 보이고 있다(Figs. 7, 11). 이는 여름이 다른 계절에 비해 에너지 수준이 상이함으로 해석할 수 있다.

표층퇴적물의 시공간적 분포에 따른 계절변화는 대부분 모래이며, 이를 1φ 간격으로 세분하여 Folk and Ward(1957)의 분류법으로 점토, 세립사, 중립사, 조립사의 공간 분포로 나타냈다(Fig. 12). 봄 조간대에서 모래 분포를 보면 대부분은 세립사가 차지하고 있으며 중·저조대에서는 중립사가 나타난다(Fig. 12a). 여름은 다른 계절과 비교하여 중립사가 급격하게 증가하는 경향이 있다. 모래의 분포는 측선 B를 중심으로 양쪽으로 조립사가 나타나며, 북단과 남단의 헤드랜드 방향으로 조립사가 증가하는 경향을 보인다(Fig. 12b). 가을은 대부분 세립사가 차지하며 중·저조대로 갈수록 중립사가 나타난다. 또한 측선 B와 측선 C사이에 조립사가 나타나는 경향을 보인다(Fig.

12c). 겨울의 대부분은 세립사가 차지하고 있으며 중·저조대와 고조대의 경계에서 세립사가 약간 증가하는 경향을 보인다(Fig. 12d). 평균입도의 시공간적 분포는 대부분 중·세립사로 구성된다. 그런데 네 계절 중 여름 동안에는 뚜렷하게 조립한 특징을 보이며, 고조대에서는 입도 변화가 큰 반면, 저조대에서는 입도 변화가 상대적으로 작게 나타난다(Fig. 12b).

봄, 가을, 겨울 계절에는 모래가 해안선을 따라 띠 모양으로 길게 분포하는 경향을 보인다(Fig. 12a, c, d). 여름은 다른 계절보다 중립사가 증가하며 띠 모양의 분포가 뚜렷이 나타나지 않으며, 측선 B에서 측선 A 사이에 중립사가 증가하는 경향이 있다(Fig. 12b). 평균입도의 시공간적 분포는 대부분 중·세립사로 구성되며, 여름을 제외하고 고조대에서 중·저조대로 갈수록 부분적으로 조립해지는 경향이 있다. 여름 조간대의 측선 A의 30-60 m 사이에는 조립사가 존재하며, 이후 외해 방향으로 세립사와 중립사가 교대로 나타나고 있다(Fig. 12b). 봄은 대부분 세립사가 차지하고 있으며 고조대와 중·저조대의 방향으로 경계에서 세립사가 증가하는 경향을 보이고 있다(Fig. 12a). Ridge and runnel system과 연관된 띠 형태의 퇴적상

Fig. 10. Plots of sorting versus mean grain size for the surface sediments in the Dongho beach.

Fig. 11. Plots of skewness versus mean grain size for the surface sediments in the Dongho beach.

은 여름을 제외하고 특징적으로 잘 나타나며 이러한 띠 모양의 분포는 해안에 평행한 방향인 남북 방향으로 길게 발달되어 있다. 이러한 띠 모양의 특징은 해안선과 평행한 방향의 수로가 존재함을 제시하는데, 해안을 따라 발달한 ridge and runnel system이라면 swash-bar 형성과 이동과 밀접한 관계가 있다고 추정된다.

토 의

어떤 퇴적물의 왜도 값이 0을 중심으로 고르게 분

포하는 특성을 보이면, 이 퇴적물을 공급해 주는 물리적 작용이 일정하며 선별작용의 영향이 작은 저에너지 퇴적환경에서 쌓인 것으로 추정할 수 있다. 연구 지역의 전반적인 계질별 왜도는 정규 가우스 분포곡선과 비교할 때 세립질 입자가 제거된 결과로 해석되는 음의 왜도를 보인다(Fig. 7). 그러나 연구지역의 여름 고조대 조직변수 특징은 입도가 비교적 조립하고 분급은 양호한 양의 왜도를 나타내는 반면, 중·저조대의 입도는 고조대에 비해 상대적으로 세립하고 분급은 불량한 음의 왜도를 나타내고 있다(Fig. 6). 이러한 결과는 연구지역의 여름 퇴적작용이 다른

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

세 계절에 비해 계절풍 에너지의 영향을 상대적으로 적게 받은 결과로 해석할 수 있다(Table 1). 1-2 ϕ 의 조립 및 중립 모래는 해수의 운동에 의한 유동성이 높아 같은 크기의 입자들끼리 집적되는 경향이 있어 분급에 영향을 미칠 수 있다(McLaren and Bowles, 1985). 그런데 여름 분급이 다른 세 계절에 비해 상대적으로 불량한 이유는 여름 파랑작용이 작아 조류의 영향이 상대적으로 커진 것으로 해석할 수 있다.

연구지역의 모드분포는 봄과 여름에는 단모드 형태를, 가을과 겨울은 복모드 형태를 보이고 있다. 또한 봄, 여름, 가을, 겨울로 계절이 순서대로 변하면서 복모드로 변화하는 과정을 뚜렷하게 볼 수 있다(Fig. 9). 봄과 여름의 단모드 형태는 퇴적물 이동이 하나의 에너지에 기인한 것으로 해석할 수 있으며, 가을과 겨울의 복모드 형태는 두개의 에너지에 기인한 것으로 해석할 수 있다. 복모드를 보이는 사질 퇴적물은 서로 다른 퇴적환경에서 형성된 모드의 혼합퇴

적물로서 퇴적환경의 해석을 위해 모드를 분리하는 것이 보다 유용할 것으로 사료된다.

퇴적물의 이동과 집적에 영향을 미치는 파랑과 조석의 영향, 에너지 기원에 대한 이러한 해석은 연구 지역에서 향후 장기간의 관측을 통해 뚜렷한 변화양상을 관찰하고 원인을 연구하여 보완할 필요가 있다. 또한 주변 해변 지역과 비교 연구를 통해 유사성과 상이성을 연구할 필요가 있으며, 이 지역에 대한 장기간의 정밀 경사도 측정과 원격탐사 자료를 이용한 영상 분석이 필요할 것으로 사료된다(박태임, 2008).

결론

고창군 동호 해변의 표층 퇴적물은 대부분 모래로 구성되어 있으며, 모래 함량비는 세립사가 가장 크고 중립사와 조립사의 비는 비슷하다. 입도 분포는 상대적으로 여름에 가장 조립하고 봄에 가장 세립하게

나타나며, 썰은 봄에 가장 많이 나타난다. 평균 입도 분포는 봄, 여름에는 단모드, 가을, 겨울에는 복모드 형태를 보인다.

연구지역 입도의 공간분포는 겨울, 봄, 가을 계절에는 중립사와 세립사가 교대로 나타나며, 해안선에 평행한 띠 모양의 분포 특징은 해안선과 평행한 퇴적물 이동 및 지형 형성에 밀접한 관계가 있는 것으로 해석할 수 있다. 연구지역에서 다른 세 계절에 비해 여름에는 파랑작용이 작아 표층 퇴적물에 미치는 조류의 영향이 상대적으로 커지는 것으로 보인다.

사 사

야외와 실내에서 함께 조사와 토론을 해 주신 박재문, 노병섭 박사님께 감사드립니다. 논문 심사와 함께 논문의 부족한 부분을 세심하게 수정해 주신 김여상 교수님과 한 분의 심사자께 감사드립니다. 강술윳은 전북대학교 대학원생 장학금 지원 프로그램의 수혜자로서 전북대학교에 깊은 감사의 뜻을 밝힙니다.

참고문헌

- 김진호, 1996, 한국 서해 함평만 현세 조수퇴적층과 선현세 퇴적층의 층서적 연구. 서울대학교 석사학위 논문, 143 p.
- 류상욱, 장진호, 2005, 한반도 서해 천수만의 해안선 변화 및 조간대 해빈 특성. 한국지구과학회지, 26, 584-596.
- 박태임, 2008, 원격탐사를 이용한 서해안 동호-구시포 조간대의 지형변화 연구. 전북대학교 석사학위 논문, 45 p.
- 백영숙, 2002, 한국 서남해안 염산 조간대의 표층 퇴적물 특성 및 퇴적상의 계절변화. 전남대학교 석사학위 논문, 76 p.
- 소광석, 양우현, 권이균, 2009, 고창군 명사십리 조간대 표층 퇴적물의 계절변화. 한국해양학회지, 14, 181-188.
- 신기재, 1992, 동, 서해안 해빈의 퇴적작용에 관한 연구. 인하대학교 석사학위 논문, 59 p.
- 오재경, 금병철, 2002, 대조차환경 침식연안의 퇴적학적 특성. 한국지구과학회지, 23, 565-574.
- 오재경, 도종대, 조용구, 2006, 강화도 장화리 조간대의 퇴적특성. 한국지구과학회지, 27, 328-340.
- 오재경, 왕경희, 신기재, 1994, 동서해안 해빈의 퇴적 환경에 관한 연구. 한국지구과학회지, 15, 91-99.
- 오재경, 한창희, 2010, 서해안 안면도 사질 조석대의 퇴적 환경. 한국지구과학회지, 31, 139-150.
- 왕경희, 1993, 울릉리 해빈에서 태풍에 의한 퇴적환경 변화에 관한 연구. 인하대학교 석사학위논문, 30 p.
- 이병주, 이승렬, 2001, 고창도폭 지질조사 보고서. 한국지질자원연구원, 43 p.
- 정선미, 2006, 한반도 동해의 자연해빈과 개발해빈의 퇴적 환경에 관한 연구. 인하대학교 석사학위논문, 52 p.
- 최강원, 1987, 한국 서해안(경기만, 아산만) 조간대 퇴적층의 층서, 퇴적학적 연구. 서울대학교 석사학위 논문, 70 p.
- Alexander, C.R., Nitttrouer, C.A., DeMaster, D.J., Park, Y.A., and Park, S.C., 1991, Macrotidal mudflats of the southwestern Korean coast: A model for interpretation of intertidal deposits. *Journal of Sedimentary Petrology*, 61, 805-824.
- Bloom, A.C. and Park, Y.A., 1985, Holocene sea-level history and tectonic movement. Republic of Korea. *Quaternary Research*, 24, 77-84.
- Blott, S., 2000, GRADISTAT Version 4.0: 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.
- Chough, S.K., Lee, H.J., and Yoon, S.H., 2000, Marine Geology of Korean Seas. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 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.
- 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., and Dorjes, J., 1989, Coastal sediments and patterns of bioturbation, eastern Buzzard Bay, Massachusetts. *Journal of Sedimentary Petrology*, 59, 1022-1035.
- Hails, J.R., 1967, Significance of statistical parameters for distinguishing sedimentary environments in New South Wales, Australia. *Journal of Sedimentary Petrology*, 37, 1059-1069.
- Korea Meteorological Administration, 2006 and 2007, http://www.kma.go.kr/sfc/sfc_03_02.jsp 기후자료/과거자료 검색.
- Korea National Oceanographic Research Institute, 2009, [http://mdc.nori.go.kr/tide/data/tide_data/비조화상수\(위도\)](http://mdc.nori.go.kr/tide/data/tide_data/비조화상수(위도)).
- McLaren, P. and Bowles, D., 1985, The effects of sediment transport on grain-size distribution. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55, 457-470.
- Orton, J.G. and Reading, H.G., 1993, Variability of deltaic processes in terms of sediment supply with particular emphasis on grain size. *Sedimentology*, 40, 475-512.
- Reading, H.G. and Collinson, J.D., 1996, Clastic coasts. In Reading, H.G. (ed.), *Sedimentary environments: Processes, facies and stratigraphy*. Blackwell, MA, USA, 154-231.
- Ryu, S.O., 2003, Seasonal variation of sedimentary process in a semi-enclosed bay: Hampyoung Bay, Korea. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences*, 56, 481-492.
- Trask, C.B. and Hand, B.M., 1985, Differential transport of fall-equivalent sand grains, Lake Ontario. *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, 39, 1074-1106.
- 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.

2010년 8월 11일 접수
2010년 10월 12일 수정원고 접수
2010년 11월 18일 채택