

천수만 황도 갯벌의 퇴적환경

Sedimentary Environments in the Hwangdo Tidal Flat, Cheonsu Bay

우 한 준* / 최 재 응** / 유 주 형*** / 최 송 화**** / 김 성 렬*****

Han Jun Woo / Jae Ung Choi / Joo-Hyung Ryu /
Song-Hwa Choi / Seong-Ryul Kim

:: Abstract ::

Cheonsu bay, which is typically a semi-closed type, is characterized by various environments such as channels, sand bars, small islands and tidal flats. The construction of Seosan A and B sea dikes from 1983 to 1985 might continuously change sedimentary environments in the northern part of the bay. In order to investigate sedimentary environment, surface and core sediments were sampled at the Hwangdo tidal flat and adjacent sea in June and October 2003. The surface sediments consisted of five sedimentary facies. Generally, the surface sediments in October were changed coarser on the tidal flat and little changed in the subtidal area compared to those in June 2003. Sedimentary facies analysis of three core sediments suggested that wave and tidal current were relatively strong in the tidal flat near Hwangdo, whereas the energy was relatively low in the tidal flat near channel. Sediment accumulation rates in the Hwangdo tidal flat during 11 months indicated that sediments deposited in the central part, whereas eroded in eastern and western sides of the tidal flat. These caused that sea dike changed tidal current patterns and sediment supplies.

Keywords: Hwangdo tidal flat, Surface sediment, Core sediment, Sediment accumulation rate

:: 요 지 ::

천수만은 전형적인 반 폐쇄형만으로 수로, 사퇴, 작은 섬 그리고 갯벌 등 다양한 환경들이 있다. 1983년에서 1985년 사이에 건설된 서산 A와 B 방조제는 천수만 북부의 퇴적환경을 지속적으로 변

* 한국해양연구원 해저환경자원연구본부 e-mail: hjwoo@kordi.re.kr

** 한국해양연구원 해저환경자원연구본부 e-mail: jaeung@kordi.re.kr

*** 한국해양연구원 해양기후환경연구본부 e-mail: jhryu@kordi.re.kr

**** 한국해양연구원 해저환경자원연구본부 e-mail: songhwa@kordi.re.kr

***** 한국해양연구원 해저환경자원연구본부 e-mail: srkim@kordi.re.kr

화시켰을 것으로 보인다. 황도 갯벌과 주변 해역의 퇴적환경을 파악하기 위하여 2003년 6월과 10월에 표층과 주상 퇴적물을 채취하였다. 표층 퇴적물은 5개의 퇴적상으로 구성되어 있었다. 일반적으로 10월의 표층퇴적물은 6월과 비교하여 갯벌은 조립해 졌으나 주변 해역은 거의 변화가 없었다. 3개의 주상퇴적물의 퇴적상은 황도 주변 갯벌은 파랑과 조류 에너지가 상대적으로 높고, 조수로 근처의 갯벌은 에너지가 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 황도 갯벌의 11개월 동안 단기 퇴적률은 중앙지역은 퇴적 되었으나, 갯벌의 동쪽 측면과 서쪽 측면은 침식된 것으로 나타났다. 이는 방조제에 의하여 조류 형태와 퇴적물 순환이 변화되었기 때문으로 보인다.

핵심용어: 황도 갯벌, 표층퇴적물, 주상퇴적물, 퇴적률

1. 서 론

한반도 서해안은 수심이 얕고 넓은 대륙붕이 발달한 해역으로 플라이스토세 이후 해수면 상승에 의하여 형성된 하구, 만, 갯벌 등이 잘 발달되어 있다. 해안의 만은 하구 만과 반 폐쇄된 만 형태로 크게 구분된다. 하구 만은 하구와 외해가 연결되어 해류의 순환이 있으며 하천의 담수가 유입된다. 반 폐쇄된 만은 육상으로부터 담수의 유입이 거의 없이 하나 또는 여러 개의 제한된 통로에 의하여 외해와 해수 순환이 제한적으로 이루어지는 지역이다. 따라서 만은 형태에 따라 해수 순환, 생태계 및 퇴적물 특성, 퇴적 과정 등이 다르게 나타난다.

서해안에 넓게 형성되어 있는 갯벌은 한강, 금강 등의 하구, 만 내부 그리고 연안에 발달되어 있는 경우 등 다양한 지리적인 특징을 가지고 있기 때문에 다양한 퇴적기작이 작용하고 있다. 이러한 갯벌들은 다양한 생물들의 서식지가 될 뿐만 아니라 인근해역에 영양을 공급하며, 오염물질을 정화시키는 등 생태계에 중요한 역할을 담당한다. 그러나 국토확장을 목적으로 1960년대부터 서해안 갯벌들은 대규모 간척사업을 통하여 농업, 공업 용지, 신도시 건설, 연안구조물 설치 등으로 활용범위를 넓혀 왔다. 간척사업에 의한 가용면적의 확대는 육지로부터

오염물질의 유입에 따른 연안오염 증가, 해안선 변화에 따른 해류, 조류의 변화 등으로 연안퇴적물의 침식/퇴적 등 연안 환경의 변화를 야기시키고 있다.

천수만은 서해 중부 연안에 위치하며, 만 입구와 안면도 연육교 밑의 수로를 통하여 해수유통이 이루어지는 반폐쇄성 내만으로 만의 내부에는 많은 섬과 사퇴, 암초, 갯벌 등 다양하고 복잡한 환경과 지형을 가지고 있다. 1980년대 이전에는 이 지역이 큰 하천의 유입이 없어 오염의 가능성이 적은 청정해역으로 생물 생산성이 높고 수산 양식에 적합한 요건을 갖춘 곳이었다. 그러나 천수만은 1983년부터 1985년까지 서산 A와 B 지역에 방조제가 완공되어 간월호와 부남호라는 담수호가 생기고 인위적 구조물에 의한 조류의 변화와 이에 따른 퇴적환경과 생태계의 지속적인 변화가 있었을 것으로 생각된다. 소재귀 등(1998)에 의하면 방조제 건설 후의 절대유속은 천수만 북부해역에서 크게 감소한 것으로 나타났으며, 북부 갯벌의 노출시간이 길어진 것으로 나타났다.

천수만에 대한 방조제 건설 전·후 해양환경과 관련된 연구가 다양하게 이루어 졌으며(심재형과 이원호, 1979; 심재형과 윤구현, 1990; 소재귀 등, 1998; 박홍식 등, 2000), 그 중 퇴적환경과 관련된 연구로는 김기현(1979)의 방

조제 건설 전의 천수만 퇴적작용에 관한 연구와 방조제 건설 후에 갯벌, 사퇴, 수로 등의 퇴적물 특성과 분포에 관한 연구들이 있다(김성곤, 1987; 김여상, 1989; 김여상과 김정남, 1996; 김종하, 2000). 천수만의 퇴적환경 연구 중 방조제 건설에 의하여 수리학적 조건이 상대적으로 많이 변화된 북부지역의 황도 갯벌에 관련된 연구는 상대적으로 작다. 따라서 본 연구는 천수만 북부 황도 갯벌과 그 주변 해저부에서 지질학적 특성 및 퇴적물 분석을 통하여 퇴적환경 및 변화 양상을 파악하는 것이 목적이다. 이 연구를 위하여 황도 갯벌을 중심으로 퇴적물 특성 분석, 단기 퇴적률 측정과 코어 자료에 의한 퇴적물의 수직적인 특성을 분석하였다.

2. 연구 방법

2.1 표층 퇴적물 채취

천수만 황도 갯벌과 주변해역의 퇴적환경과

계절별 퇴적물 특성 변화를 파악하기 위하여, 2003년 6월과 10월에 소형 조사선과 van Veen Grab Sampler를 이용하여 표층 퇴적물 시료를 채취하였다(Fig. 1). 시료 채취는 37개 정점에서 했으며, 정점들은 GPS Plotter에 미리 입력하여 조사선이 정확한 지점에 도달 할 수 있도록 하였다. 채취된 약 50g정도의 시료는 플라스틱 봉지에 넣어 정점을 기재한 후 실험실로 운반하였다.

2.2 주상퇴적물시료 채취

황도 갯벌의 퇴적층과 퇴적작용의 변화를 파악하기 위해, 2003년 6월에 Push core로 약 100cm의 주상퇴적물 시료 3개를 채취하였다 (Fig. 1). 주상퇴적물시료는 직경 7.5cm의 PVC 파이프로 채취하였다. 채취된 주상시료의 교란을 방지하고 운반을 위해 양 끝단을 스티로폼과 고무마개로 막은 후 절연 테이프로 완전히 밀봉하여 보관·운반하였다.

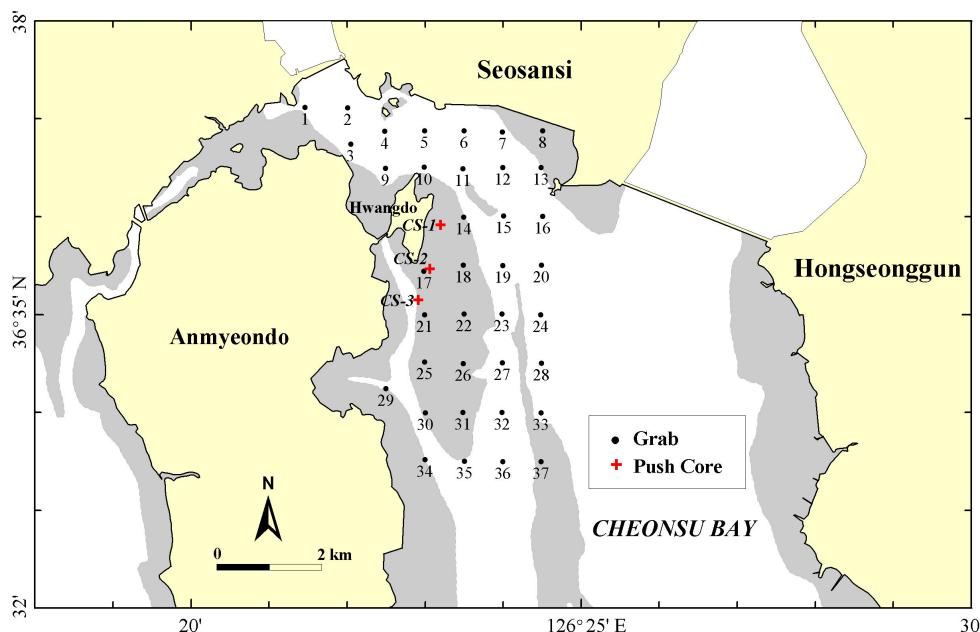


Fig. 1. Location map of the Hwangdo tidal flat and adjacent sea area showing surface sediment sampling stations in Chenosu Bay in June and October 2003.

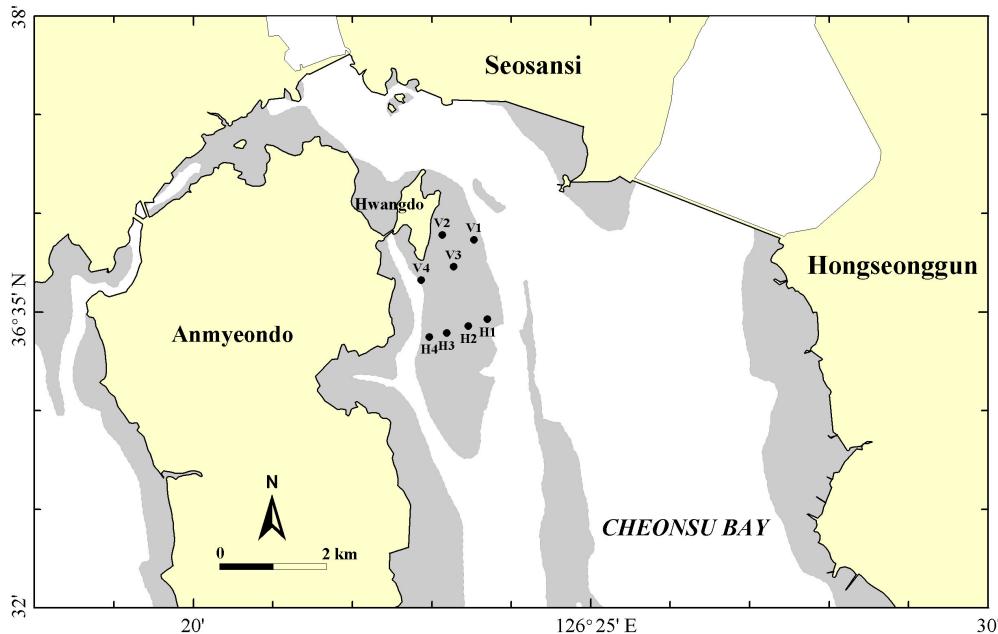


Fig. 2. Location map showing 8 stations for measurements of short-term sediment accumulations.

2.3 갯벌의 성장과 유지관측

갯벌의 성장과 유지현상을 실측하기 위해 황도 갯벌에 8개의 정점을 선택하여 계절별로 퇴적물 특성, 퇴적/침식 변화를 파악하였다(Fig. 2). 퇴적물의 집적률 변화는 각 정점들에 기준면으로서 갯벌 퇴적물의 약 20–30cm 깊이에 30cm×30cm 크기의 스테인레스 판을 설치하였다. 기준면이 설치된 곳은 주위 환경과 평형 상태에 도달한 후 갯벌 표층에서 스테인레스 판 깊이를 버니어캘리퍼스를 이용하여 측정하고, 주기적으로 반복 측정하여 퇴적물 단기 집적률 변화를 계산하였다.

3. 분석방법

3.1 퇴적물 입도 분석

표층 퇴적물과 주상 퇴적물로부터 분리된 시료는 먼저 5g 씩을 1000ml 비이커에 넣고 순

수 쇄설성 퇴적입자만 남도록 10%의 물은 과산화수소(H_2O_2)와 24시간동안 반응시켜 유기물을 완전히 제거시켰다. 중류수로 염분과 분해된 유기물을 씻어 낸 후, 다시 1N 염산(HCl)을 침가하여 패각편 등의 탄산염질 생물기원 물질을 완전히 제거하였다. 시약 처리된 시료는 4φ(0.0625mm) 체를 통과하도록 습식 체질(wet sieving)하여 체에 남은 4φ 이하의 조립질과 체를 통과한 4φ 이상의 세립질 퇴적물로 분리하였다. 건조된 조립질 퇴적물은 0.5φ 간격의 체가 단계별로 장착된 자동 Ro-tap sieve shaker에 넣어 15분간씩 체질하여 입도별로 무게를 구하였다. 세립질 퇴적물은 약 2g 씩을 50ml 비이커에 넣고 0.1% Calgon(분산제)을 첨가하여 초음파분쇄기와 자기 진동기로 균질하게 분산시킨 후 X-선 입도분석기인 Sedigraph 5000D로 각 입도별 분포에 따른 백분율을 구하였다. 각 시료는 입도 분석자료를 이용하여 퇴적상, 평균입도, 분급도 등을 Folk(1968)의 방법에 따라 구하였다.

3.2 주상퇴적물시료 분석

실험실로 운반된 주상퇴적물시료는 교란되지 않도록 보관하였으며, 시료 분석을 위하여 전기톱을 사용하여 수직방향으로 절개한 후 퇴적물의 색상, 생흔 및 퇴적구조, 입도 변화 등을 기재한 후, 분석 자료와 비교하기 위하여 사진 촬영을 하였다. 한쪽 면에서 Acryl 상자($1 \times 4 \times 30\text{cm}$)에 원상태의 시료를 채취하여 Slab을 제작하였고, 반대 면에서는 입도, 함수율 등의 분석을 위한 시료를 깊이에 따라 채취하고 포장하여 보관하였다. 절개 시에는 PVC 파편이 퇴적물에 혼입되지 않도록 주의하였다. 퇴적물 Slab은 육안으로 판독이 불가능한 퇴적구조를 파악하기 위해 X-선 촬영기(Softex M-1005)를 이용하여 촬영하였다. 촬영 시에는 퇴적물의 특성(퇴적물 입도와 함수율)에 따른 X-선 투과와 반사를 조절하도록 X-선 노출시간과 강도를 조절하여 40cm 거리에서 촬영하였다. 현상 인화된 X-선 사진은 주로 퇴적구조를 판독하고 육안자료와 입도분석 자료를 참조하여 퇴적작용을 분석하였다.

4. 연구 결과 및 고찰

4.1 표층 퇴적물 특성

2003년 6월에 37정점에서 채취된 표층 퇴적물의 특성(Table 1)과 퇴적상의 분포(Fig. 3)는 다음과 같다. 표층 퇴적물은 자갈 모래(Gravelly sand), 자갈 펠모래 또는 자갈이 약간 함유된 펠모래(Gravelly muddy sand or Slightly gravelly muddy sand), 실트 모래 또는 펠 모래(Silty sand or Muddy sand), 자갈이 약간 함유된 모래펠 또는 모래실트 또는 모래점토 또는 모래펠(Slightly gravelly sandy mud or Sandy silt or Sandy mud), 펠(Mud) 퇴적상 등 5개로 구성되어 있었다. 연구지역의 가을철 퇴적상 분포는 황도 서부 갯벌은 자갈, 펠 모래가 혼합되어 나타나고, 주변 대부분 지역은 펠과 모래가 혼합되어 나타났다. 연구지역 서부 수

mud or Sandy silt or Sandy clay or Sandy mud), 펠 또는 점토(Mud or Clay) 퇴적상 등 5개로 구성되어 있었다. 표층 퇴적물의 분포는 일반적으로 수로에서는 펠 퇴적물, 황도 갯벌의 서부는 모래펠 퇴적물, 동부는 펠모래 퇴적물이 우세하게 나타났다. 황도 북부 해역은 펠 퇴적물이 우세하게 분포하고 있었다.

표층 퇴적물의 평균입도는 연구지역 남동쪽 37번 정점에서 1.26ϕ 로 가장 조립하며 황도 북부 해역의 9번 정점에서 9.83ϕ 로 가장 세립하였다(Table 1). 황도 갯벌의 평균입도 분포는 갯벌의 중심부에서 동쪽과 서쪽으로 점차 세립해지며 4ϕ 에서 7ϕ 의 입도 크기를 나타냈다(Fig. 4). 황도 북부 해역은 북부에서 남부로 점차 세립해지며 7ϕ 에서 9ϕ 의 범위를 나타냈다. 연구지역의 분급도는 매우 불량한 것으로 나타났다(Table 1).

천수만 황도 갯벌 주변의 2003년 10월의 표층퇴적물 특성은 6월과 동일한 37 정점에서 퇴적물을 채취하여 분석되었다. 2003년 10월 표층 퇴적물 특성(Table 2)과 퇴적상의 분포(Fig. 5)는 다음과 같다. 표층 퇴적물은 자갈 모래 또는 자갈이 약간 함유된 모래(Gravelly sand or Slightly gravelly sand), 자갈 펠모래 또는 자갈이 약간 함유된 펠모래(Gravelly muddy sand or Slightly gravelly muddy sand), 실트 모래 또는 펠 모래(Silty sand or Muddy sand), 자갈 펠 또는 자갈이 약간 함유된 모래펠 또는 모래실트 또는 모래펠(Gravel mud or Slightly gravelly sandy mud or Sandy silt or Sandy mud), 펠(Mud) 퇴적상 등 5개로 구성되어 있었다. 연구지역의 가을철 퇴적상 분포는 황도 서부 갯벌은 자갈, 펠 모래가 혼합되어 나타나고, 주변 대부분 지역은 펠과 모래가 혼합되어 나타났다. 연구지역 서부 수

Table 1. Texture and grain-size characteristics of surface sediments in the Hwangdo tidal flat and adjacent sea area (Jun. 2003).

Station No.	Gra	Composition (%)			Sediment Type by Folk	Statistical Parameters			
		Sand	Silt	Clay		MZ(ϕ)	St.De.	Skew.	Kurt.
1	1.72	83.35	5.36	9.57	(g)mS	2.17	2.29	0.54	3.03
2		74.50	9.46	16.04	mS	4.82	2.39	0.91	2.84
3		2.24	39.37	58.39	M	8.43	2.19	-0.22	0.66
4		2.10	33.25	64.65	M	8.73	2.05	-0.35	0.73
5		4.56	36.93	58.51	M	8.46	2.26	-0.26	0.71
6		2.93	42.50	54.58	M	8.26	2.26	-0.14	0.63
7		39.47	44.26	16.27	sZ	5.41	2.39	0.44	1.15
8		16.63	68.91	14.46	sZ	5.70	2.01	0.34	1.51
9		2.80	9.06	88.14	C	9.83	1.30	-0.61	1.68
10		4.81	46.47	48.72	M	7.92	2.40	-0.06	0.64
11		3.16	38.73	58.11	M	8.42	2.26	-0.26	0.67
12		3.77	41.84	54.39	M	8.18	2.36	-0.16	0.63
13	3.48	44.68	33.45	18.39	(g)sM	4.90	3.33	0.23	0.96
14	4.69	47.11	28.52	19.68	(g)sM	4.07	3.79	0.07	0.66
15		17.04	33.22	49.74	sM	7.50	3.19	-0.30	0.77
16		11.88	19.64	68.48	sC	8.03	2.20	-0.77	0.85
17	0.53	25.75	37.44	36.28	(g)sM	6.03	2.49	0.16	0.73
18		81.11	12.93	5.96	zS	3.11	1.67	0.59	3.02
19		3.34	45.30	51.36	M	8.09	2.33	-0.09	0.63
20		2.77	41.35	55.88	M	8.26	2.29	-0.19	0.64
21		34.72	44.77	20.51	sZ	5.78	2.74	0.40	0.89
22		66.26	24.67	9.08	zS	4.01	2.05	0.63	1.65
23		3.69	10.40	85.90	C	9.54	1.51	-0.66	2.14
24		29.47	37.05	33.48	sM	6.02	3.87	-0.05	0.73
25		21.02	54.49	24.49	sZ	6.33	2.65	0.37	0.87
26		74.13	20.46	5.41	zS	3.65	1.41	0.58	2.12
27		1.24	26.76	71.99	C	8.77	1.82	-0.61	0.94
28	3.4	54.07	23.00	19.53	(g)mS	4.30	3.81	0.33	0.88
29		7.49	56.47	36.04	M	7.36	2.51	0.26	0.68
30		71.61	18.76	9.63	mS	3.86	1.87	0.68	2.44
31	0.31	73.64	16.89	9.16	(g)mS	3.85	1.92	0.72	2.22
32		1.15	46.51	52.34	M	8.24	2.16	-0.06	0.64
33	14.72	54.91	16.52	13.85	gmS	3.01	3.96	0.22	0.93
34		18.65	66.15	15.20	sZ	5.70	2.11	0.33	1.62
35		39.15	37.61	23.24	sM	5.95	2.91	0.47	0.79
36		2.00	47.58	50.42	M	8.08	2.24	-0.04	0.63
37	15.03	77.96	3.66	3.35	gS	1.26	2.07	-0.26	1.09

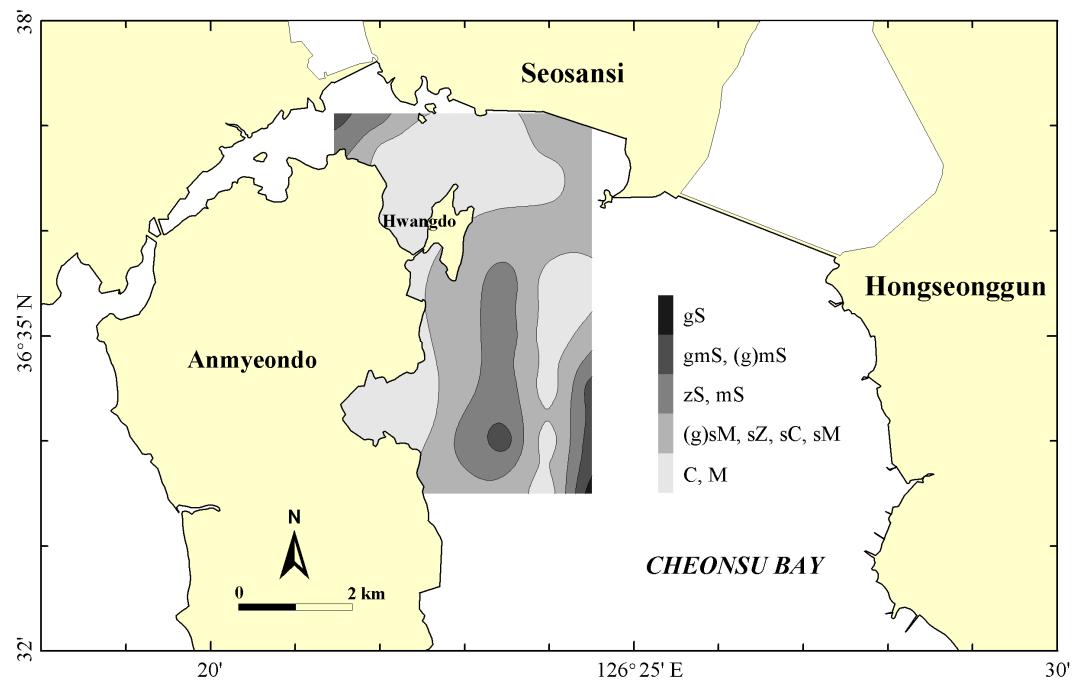


Fig. 3. Distribution of surface sediment facies in June 2003 (gS: Gravelly sand; gmS: Gravelly muddy sand; (g)mS: Slightly gravelly muddy sand; zS: Silty sand; mS: Muddy sand; (g)sM: Slightly gravelly sandy mud; sZ: Sandy silt; sC: Sandy clay; sM: Sandy mud; C: Clay; M: Mud).

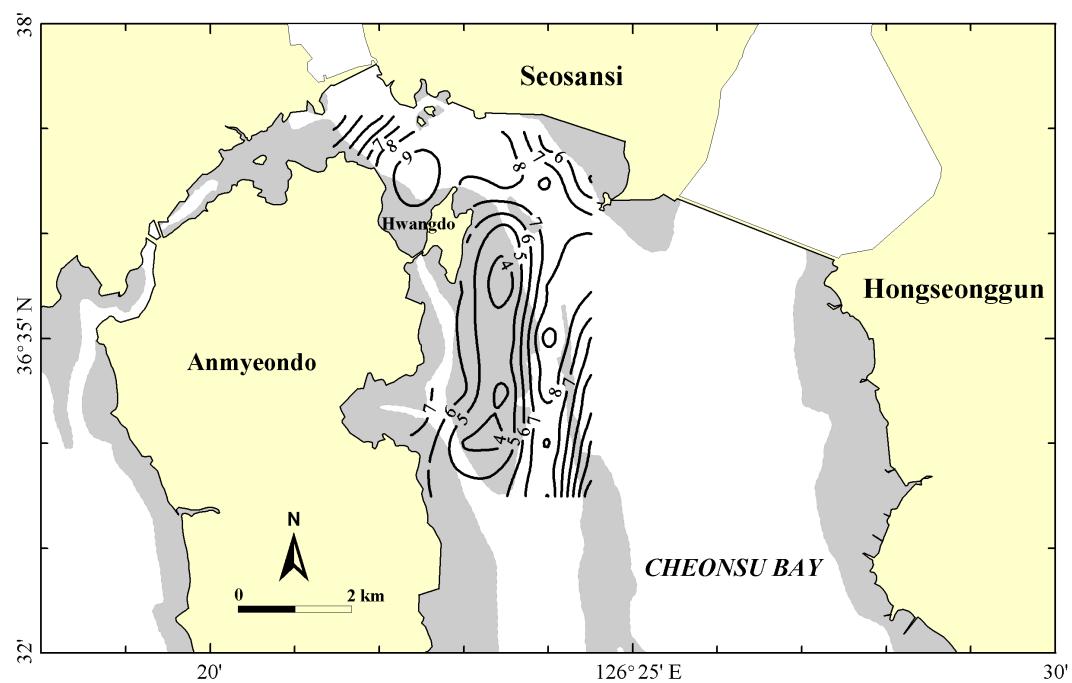


Fig. 4. Mean grain sizes(ϕ) of surface sediments in June 2003.

Table 2. Texture and grain-size characteristics of surface sediments in the Hwangdo tidal flat and adjacent sea area (October 2003).

Station No.	Composition (%)			Sediment Type by Folk	Statistical Parameters				
	Gra	Sand	Silt		Clay	MZ(ϕ)	St. De.	Skew.	Kurt.
1	18.24	39.89	15.05	26.82	gM	3.90	4.98	0.18	0.75
2		8.77	34.42	56.82	M	8.22	2.51	-0.31	0.71
3		0.00	36.11	63.89	M	8.82	1.92	-0.32	0.66
4		2.65	33.96	63.39	M	8.77	2.01	-0.33	0.69
5		1.60	35.82	62.58	M	8.67	2.07	-0.34	0.69
6		4.11	37.75	58.14	M	8.37	2.29	-0.26	0.67
7	0.60	52.92	34.01	12.48	(g)mS	4.51	2.30	0.61	1.22
8		43.28	38.21	18.51	sZ	5.50	2.67	0.49	0.98
9		0.00	40.23	59.77	M	8.52	2.16	-0.28	0.63
10		19.87	36.22	43.91	sM	7.10	3.38	-0.20	0.72
11		1.53	38.50	59.97	M	8.59	2.08	-0.25	0.65
12		6.17	39.30	54.53	M	8.23	2.39	-0.21	0.68
13	0.69	52.94	28.11	18.26	(g)mS	4.69	3.19	0.49	0.87
14	7.57	75.51	8.39	8.54	gmS	1.45	3.11	0.63	1.74
15	1.44	21.41	27.33	49.81	(g)sM	7.09	3.75	-0.41	0.79
16		8.52	38.65	52.83	M	8.05	2.51	-0.20	0.69
17	0.99	66.05	23.88	9.08	(g)mS	3.54	2.31	0.73	1.37
18	1.07	81.81	10.93	6.18	(g)mS	3.02	1.70	0.55	2.72
19		4.76	42.65	52.59	M	8.16	2.34	-0.14	0.64
20		1.27	34.45	64.28	M	8.77	2.05	-0.37	0.70
21	0.17	46.88	34.57	18.38	(g)sM	5.39	2.64	0.56	1.04
22		72.87	19.80	7.33	zS	3.60	1.90	0.67	1.91
23		5.00	42.68	52.32	M	8.14	2.36	-0.13	0.64
24	0.85	17.07	37.08	45.00	(g)sM	7.32	3.26	-0.21	0.77
25		32.78	48.41	18.82	sZ	5.68	2.70	0.42	1.06
26		69.81	21.21	8.98	zS	3.80	1.87	0.68	2.00
27		1.59	42.18	56.24	M	8.43	2.14	-0.17	0.62
28	1.61	98.39	0.00	0.00	(g)S	2.50	1.10	-0.42	1.50
29		18.96	54.89	26.15	sZ	6.57	2.78	0.41	0.83
30		73.51	11.99	14.50	mS	4.40	2.40	0.79	2.23
31	1.81	77.24	11.40	9.55	(g)mS	3.55	2.00	0.69	3.60
32		1.27	42.40	56.33	M	8.45	2.08	-0.13	0.61
33	23.65	58.43	7.84	10.07	gmS	1.97	3.63	0.14	1.37
34		20.01	65.95	14.04	sZ	5.41	2.09	0.34	1.77
35		55.37	29.17	15.45	mS	4.83	2.50	0.68	1.20
36		2.48	46.17	51.35	M	8.15	2.25	-0.06	0.59
37	21.54	70.96	3.04	4.45	gS	1.08	2.41	-0.11	1.14

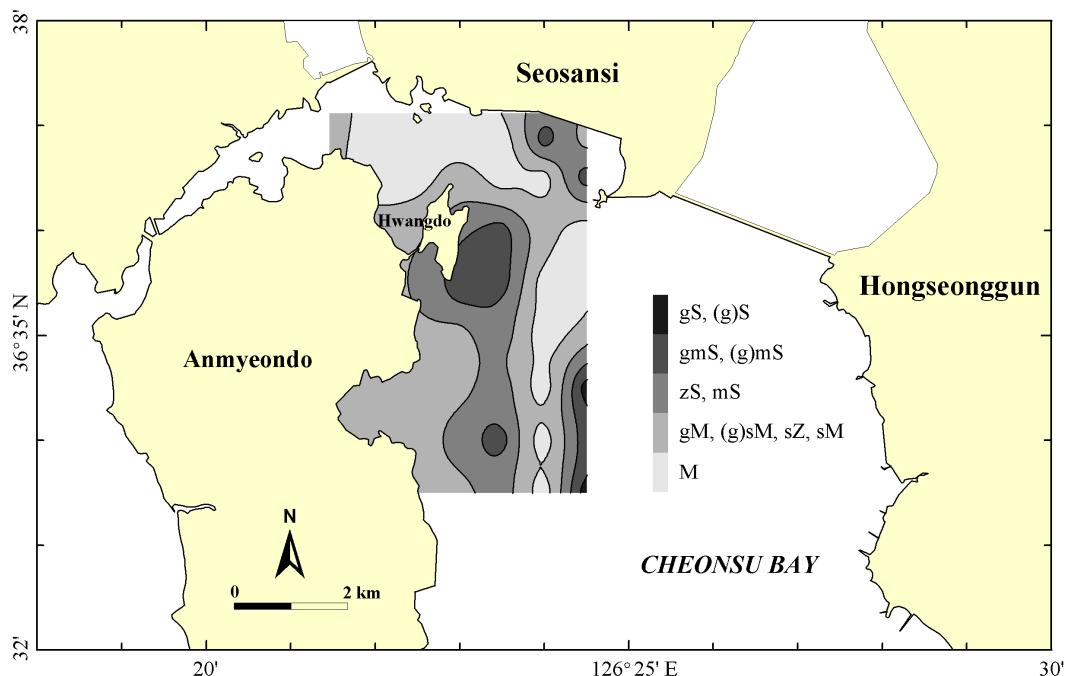


Fig. 5. Distribution of surface sediment facies in October 2003.

로는 펠과 모래 또는 자갈이 혼합되어 나타나고, 황도 북부 해역은 펠이 우세한 형태로 나타났다.

표층 퇴적물의 평균입도는 연구지역 남동쪽 37번 정점에서 1.08ϕ 로 가장 조립하며 황도 북부 해역의 3번 정점에서 8.82ϕ 로 가장 세립하였다(Table 2). 황도 갯벌의 평균입도 분포는 갯벌의 중심부에서 동쪽과 서쪽으로 점차 세립해지며 서쪽은 4ϕ 에서 6ϕ 의 범위이며, 동쪽은 4ϕ 에서 7ϕ 의 범위를 나타냈다(Fig. 6). 황도 북부 해역은 북부에서 남부로 점차 세립해지며 7ϕ 에서 9ϕ 의 범위를 나타냈다. 연구지역의 분급도는 매우 불량한 것으로 나타났다(Table 2).

황도 갯벌과 주변해역 표층 퇴적물의 2003년 6월과 10월의 특성을 비교하면, 황도 갯벌은 2003년 6월에 갯벌의 중앙부에 상대적으로 조립한 펠모래 퇴적물이 분포하였으나, 10월에는 갯벌의 서부 중앙부를 제외하고 대부분 갯벌이 펠모래 퇴적물로 변화되었다. 이는 황도 갯벌이

가을철에 상대적으로 조립화 된 것으로 여름철에 수로를 통하여 갯벌로 모래의 유입이 있었음을 나타낸다. 주변해역은 황도 북부 해역과 동부 수로 지역은 펠 퇴적물로 거의 변화가 없으나, 서부 수로 지역은 펠 퇴적물에서 모래펠 퇴적물로 변화 되었다. 평균입도의 분포는 2003년 10월이 6월에 비하여 황도 북부 해역과 황도 갯벌 서부 지역이 약간 조립화 되었으나 다른 지역은 거의 변화가 없었다(Fig. 4 and 6). 분급도는 6월과 10월 매우 불량한 것으로 나타나 변화는 거의 없는 것으로 보인다.

4.2 주상 퇴적물 특성

황도 갯벌의 퇴적작용을 파악하기 위하여 갯벌 북부에서 3점의 주상시료를 채취하였다(Fig. 1). CS-1 주상 퇴적물 시료는 황도 중앙부 해안선 부근 갯벌에서 채취하였다. 절개면 사진을 관찰한 결과, 패각면을 다양 함유하는 괴상의

자갈을 포함하는 펄 모래 퇴적물로 이루어져 있으며, 상부로 가면서 모래함량이 증가하는 상향

조립화 경향을 나타냈다(Fig. 7).

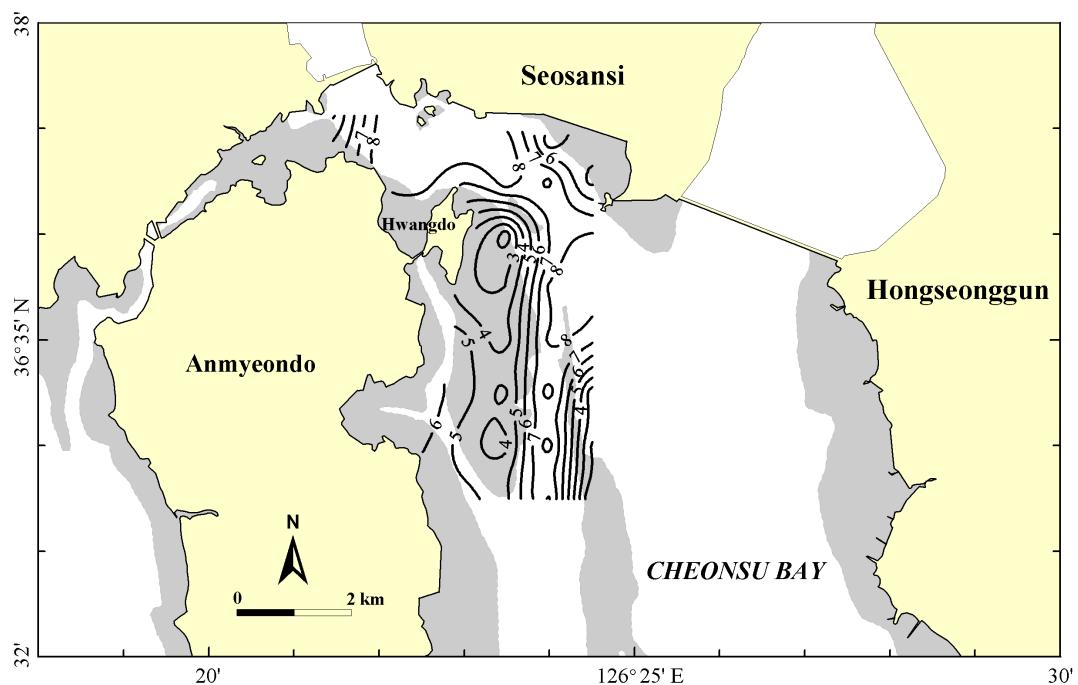


Fig. 6. Mean grain sizes(ϕ) of surface sediments in October 2003.

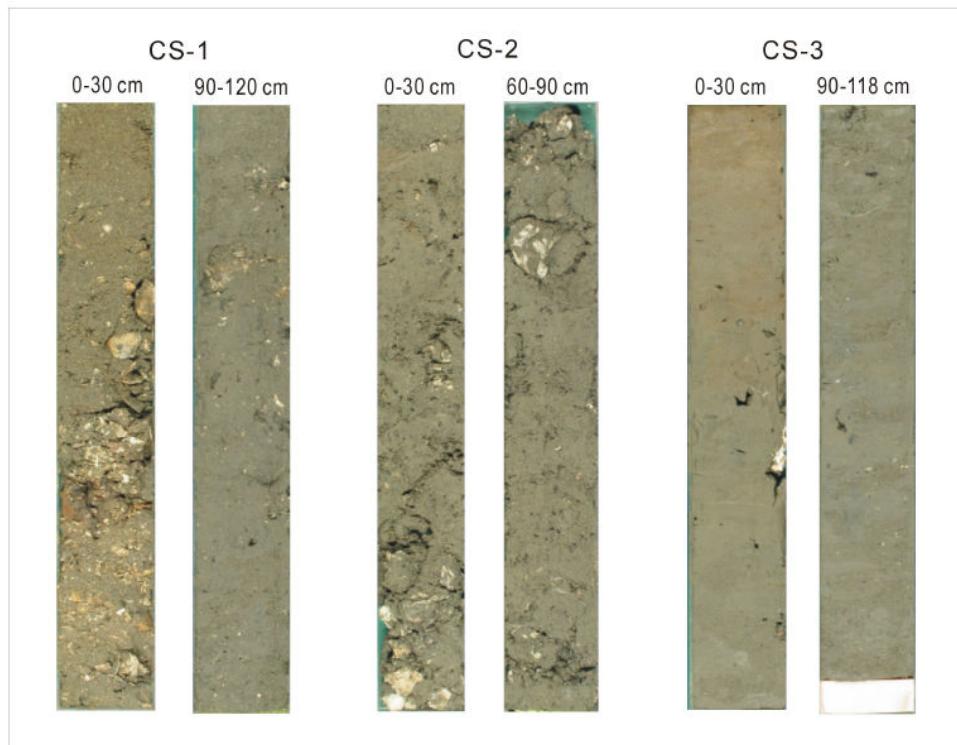


Fig. 7. Photographs of core sediments on Hwangdo tidal flat.

시료의 길이는 120cm이며, 대부분 자갈을 함유하고 있는 펠모래 퇴적물로 구성되어 있었다. 퇴적물의 구성은 모래가 약 67–94%로 대부분을 차지하며, 일반적으로 상부로 가면서 모래의 함량은 증가하나, 실트와 점토는 감소하는 경향을 보였다(Table 3 and Fig. 8a). 평균입도는 상부로 조립화 되며, 상부 21cm는 약 2ϕ 정도이며, 하부는 $3\text{--}4\phi$ 범위를 보였다. 분급도는 표층에서는 양호하나, 21cm 하부는 매우 불량하였다.

CS-2 주상 퇴적물 시료는 황도 남부 해안선 부근 갯벌에서 채취하였다. 퇴적물은 CS-1과 유사하게 패각편을 다량 함유하는 괴상의 펠 모래 퇴적물로 이루어져 있었다(Fig. 7). 시료의 길이는 90cm이며, 자갈을 함유하고 있는 펠모래 퇴적물로 구성되어 있었다. 퇴적물의 구성은 모래가 약 69–85%로 대부분을 차지하며, 일반적으로 실트의 함량이 상부로 갈수록 감소하는 경향을 보였다 (Table 3 and Fig. 8b). 평균입

도는 약 $2\text{--}3\phi$ 의 범위이며, 상부로 조립화 되는 경향을 보이며 상부 21cm에서 가장 조립한 크기를 나타냈다. 분급도는 표층에서 불량하나, 21cm 하부는 매우 불량하였다.

CS-3 주상 퇴적물 시료는 갯벌 서측 조수로 인근에서 채취하였다. 퇴적물은 패각편을 소량 포함하는 생물교란된 모래 펠 퇴적물로 이루어져 있으며, 엽리 구조의 흔적이 자주 관찰되었다(Fig. 7). 시료의 길이는 118cm이며, 자갈을 약간 함유한 모래펄 퇴적물로 구성되어 있으며, 하부 111cm는 모래 실트 퇴적물로 구성되어 있었다. 퇴적물의 구성은 모래와 실트가 우세하며, 모래 약 31–43%와 실트 39–52%의 범위를 보였다(Table 3 and Fig. 8c). 퇴적물을 구성하는 성분들은 하부에서 상부로 큰 변화를 보이지 않았다. 평균입도는 약 5ϕ 이며, 하부에서 상부로 거의 변화가 없었다. 분급도는 모든 깊이에서 매우 불량하게 나타났다.

Table 3. Texture and grain-size characteristics of push core sediments(CS-1, CS-2, CS-3).

Core No.	Core depth	Composition (%)			Sediment Type by Folk	Statistical Parameters				
		Gra.	Sand	Silt		MZ(ϕ)	St.D.	Skew.	Kurt	
CS-1	1	0.39	94.53	2.96	2.12	(g)S	2.55	0.72	0.06	1.60
	21	8.24	80.25	6.89	4.62	gmS	1.90	2.25	-0.09	2.11
	41	3.00	74.57	13.91	8.52	(g)mS	3.36	2.30	0.59	2.64
	61	2.38	74.28	14.37	8.97	(g)mS	3.48	2.32	0.56	2.67
	81	2.29	73.45	15.96	8.30	(g)mS	3.41	2.13	0.62	2.21
	101	6.17	67.07	17.64	9.11	gmS	3.52	2.85	0.35	2.76
CS-2	118	0.38	69.70	19.30	10.63	(g)mS	3.95	2.29	0.65	1.75
	1	2.37	85.50	8.95	3.17	(g)mS	2.78	1.38	0.12	2.66
	21	12.98	68.95	12.32	5.75	gmS	2.17	2.88	-0.11	2.10
	41	8.40	69.77	14.73	7.10	gmS	3.07	2.56	0.24	3.22
	61	5.50	72.18	16.92	5.39	gmS	3.11	2.24	0.21	2.54
	81	1.00	69.92	19.88	9.20	(g)mS	3.64	2.41	0.54	1.89
CS-3	101	5.18	70.05	16.84	7.92	gmS	3.39	2.53	0.38	2.80
	1	0.23	38.20	41.87	19.70	(g)sM	5.58	2.63	0.46	0.95
	31	0.38	32.62	50.24	16.76	(g)sM	5.47	2.41	0.43	1.17
	61	0.07	31.41	51.89	16.63	(g)sM	5.47	2.38	0.43	1.19
	91	1.79	43.76	38.86	15.59	(g)sM	5.08	2.46	0.50	1.11
	111	0.00	40.15	42.50	17.35	sZ	5.39	2.48	0.46	1.05

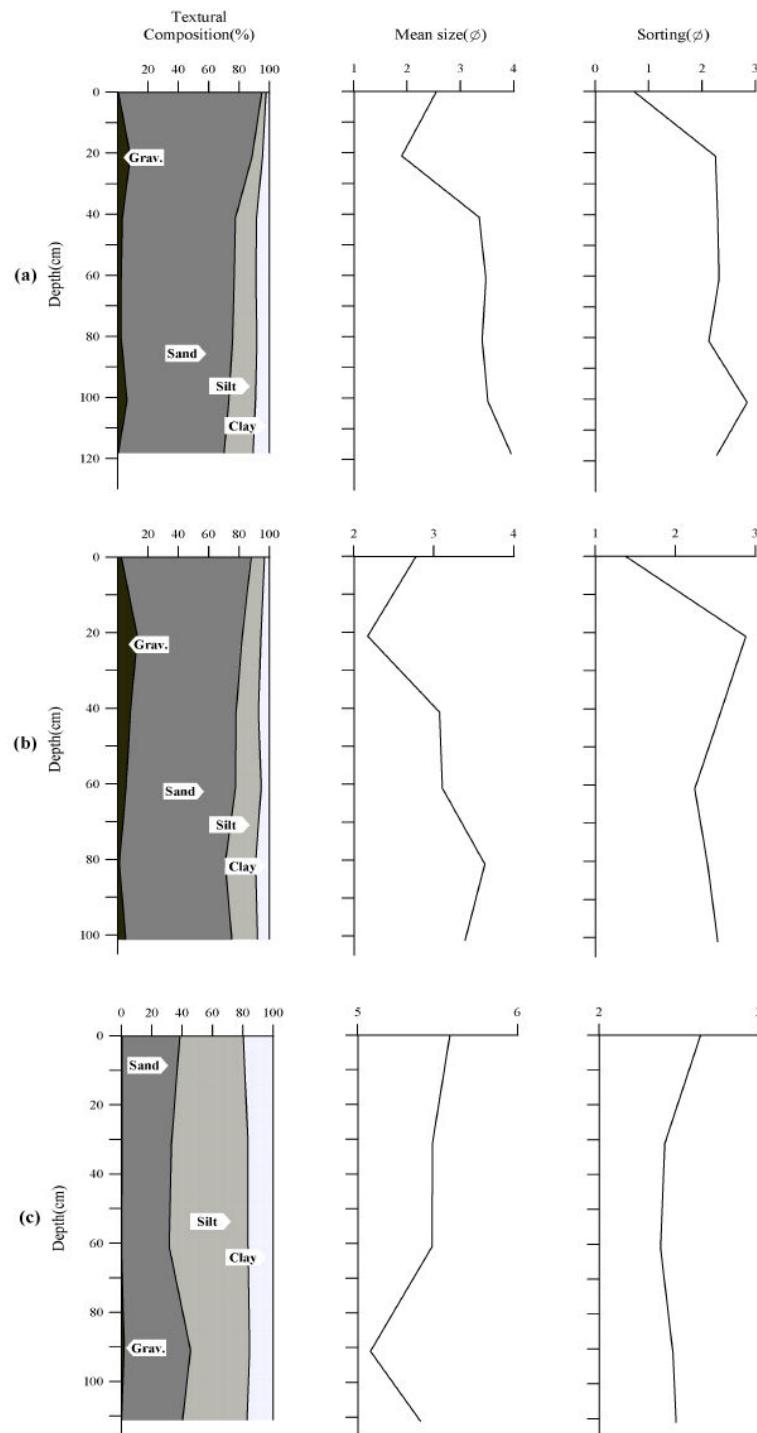


Fig. 8. Vertical distributions of textural and statistical parameters of core sediments on the Hwangdo tidal flat. (a)CS-1, (b)CS-2, (c)CS-3

주상 퇴적물 CS-1과 CS-2는 유사하게 패 각편을 다량 함유하는 괴상의 펄 모래 퇴적물로

구성되어 있으며, 하부에서 상부로 조립화되는 경향을 보였다. 이 지역은 파랑과 조류의 에너

지를 상대적으로 크게 받은 것으로 보이며, 다량의 패각편이 함유된 것으로 보아 조개류에 의하여 교란을 받은 것으로 사료된다. 반면에 주상퇴적물 CS-3는 생물 교란과 엽리구조의 흔적이 나타나는 것으로 보아 상대적으로 에너지가 낮고 조석의 영향을 받는 환경으로 여겨진다.

4.3 갯벌의 단기 퇴적률

황도 갯벌의 단기 퇴적률 변화를 관측하기 위하여 황도 부근과 중앙부 갯벌의 8개 정점에서 2003년 10월에 퇴적률 판을 설치하고 2004년 3월과 9월에 퇴적물의 깊이를 측정하여 퇴적/침식 양상을 파악하였다. 4개의 H 정점들은 갯벌 중앙 지역을 동쪽에서 서쪽으로 가로질러 설정되었으며, 4개의 V 정점들은 황도 갯벌 북부 지역에 설정되었다(Fig. 2).

황도 갯벌 중앙지역을 동서로 가로지른 정점들인 H1, H3, H4는 2003년 10월부터 2004년 9월까지 각각 1.5cm, 1.1cm, 1.1cm가 침식되었다(Table 4). 반면에 H2 정점에서는 2003년 10월에서 2004년 3월까지 0.5cm가 퇴적되었다. 계절적인 변화는 2003년 가을에서 2004년 봄까지는 갯벌 동쪽 정점(H1, H2)들은 퇴적되었으나 서쪽 정점(H3, H4)들은 침식되었고, 2004년 봄에서 가을까지는 H1, H3 정점들은 침식되었으나, H4 정점은 퇴적되었다(Fig. 9).

황도 갯벌 북부 지역 정점들은 2003년 10월부터 2004년 9월까지 V1과 V4 정점들은 각각 4.5cm, 3.8cm 침식되었으나, V2와 V3 정점들은 각각 6.0cm, 6.4cm 퇴적되었다(Table 4). 계절적인 변화는 2003년 가을에서 2004년 봄까지는 V1, V2, V4 정점들은 침식되었으나 V3 정점은 퇴적되었고, 2004년 봄에서 가을까지는

V1과 V4 정점들은 침식되었으나 V2와 V3 정점들은 퇴적되었다(Fig. 9).

황도 갯벌 정점들의 약 1년간 집적률 변화를 종합하면 황도 갯벌 북쪽에서 남쪽의 중앙지역은 퇴적이 진행되고 있으나, 갯벌의 동쪽 측면과 서쪽 측면은 침식이 진행되고 있는 것으로 나타났다. 황도 갯벌 수로 부근 침식 현상은 천수만의 자연적인 해수유동이 인위적인 방조제 건설에 의하여 중심 수로인 남북방향의 강한 왕복성 조류는 뚜렷하나 간월도 근해는 조류가 미약해 짐으로서 내부의 퇴적물 순환에 균형을 잃은 것 때문으로 보인다(김창식, 1996). 기존 연구결과에 의하면, 방조제의 영향을 받는 대호 갯벌은 10cm/yr(Lee et al., 1999), 함평만 안악 갯벌은 5cm/yr(류상옥 등, 1999)의 침식을 보였다. 이러한 지역은 방조제의 영향으로 해수 순환의 변화에 의하여 침식이 일어난 지역으로 황도 갯벌의 동쪽과 서쪽의 갯벌과 유사한 유형을 보인다.

5. 결 론

천수만 황도 갯벌과 주변해역의 퇴적환경 변화를 파악하기 위하여 2003년 6월과 10월에 같은 정점에서 표층퇴적물을 채취하여 분석하였다. 2003년 6월과 10월의 표층퇴적물은 5개의 퇴적상으로 구분 되었다. 6월과 10월의 퇴적상 비교에 의하면 주변해역에는 거의 변화가 없으나, 갯벌에는 변화가 나타났다. 상대적으로 조립한 펠모래 퇴적물이 봄철(6월)에는 갯벌의 중앙부에 분포하였으나, 가을철(10월)에는 갯벌의 대부분 지역으로 확대 되었다. 이는 봄철 이후에 수로를 통하여 모래가 갯벌로 유입된 것으로 보여진다.

Table 4. Sediment accumulation rates (ΔD) on 8 stations of the Hwangdo tidal flat (October 2003 – September 2004).

Station	Depth(cm) from surface to datum			ΔD (cm)
	Oct. 2003	Mar. 2004	Sep. 2004	
H1	20.2	20.3	18.7	-1.5
H2	19.9	20.4		0.5
H3	19.9	18.9	18.8	-1.1
H4	22.0	20.6	20.9	-1.1
V1	27.4	26.2	22.9	-4.5
V2	20.7	20.0	26.7	6.0
V3	22.7	26.3	29.1	6.4
V4	19.3	17.9	15.6	-3.8

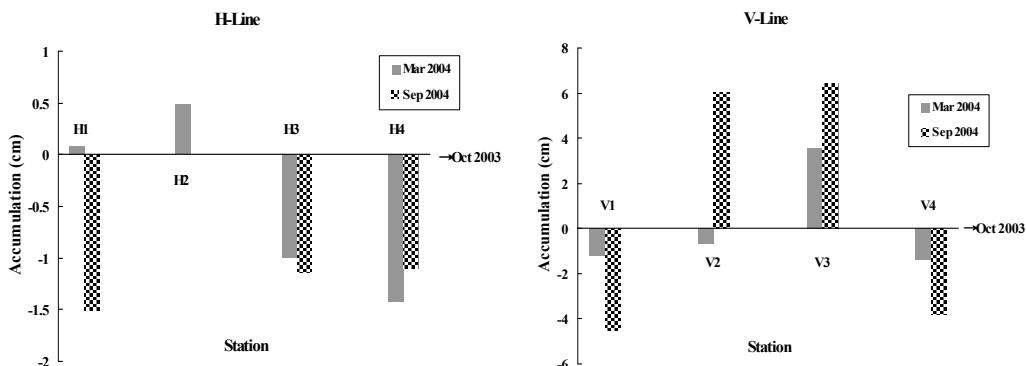


Fig. 9. Sediment accumulation patterns on Hwangdo tidal flat (October 2003–September 2004).

황도 갯벌의 퇴적작용을 파악하기 위한 3개의 주상시료에서는 황도 해안선 주변 갯벌에 꽤 각이 다량 함유된 괴상의 펄모래 퇴적물이 나타나는 것으로 보아 조개류에 의한 교란과 함께 파랑과 조류에너지가 상대적으로 높은 것으로 보인다. 반면에 갯벌 서부 조수로 인근 갯벌은 상대적으로 에너지가 낮아 생물 교란의 흔적이 보이고 조석의 영향에 의한 엽리구조가 나타났다.

황도 갯벌의 단기 퇴적율 변화에 의하면 갯벌의 중앙지역은 퇴적이 진행되나 갯벌의 양쪽 측

면은 침식이 진행되었다. 이는 천수만 북부의 해수순환이 방조제에 의하여 변화됨으로서 퇴적물 순환에 영향을 미친 것으로 보여진다.

천수만은 방조제 등 인공구조물에 의하여 해수순환의 변화를 가져왔을 것으로 보이며 이는 퇴적양상 및 퇴적흐름을 바꾸어 해저지형의 변화가 지속적으로 생길 것으로 보인다. 따라서 이러한 변화에 따른 생태계의 변화를 최소화하고 갯벌과 주변해역의 보전을 위하여 지속적인 모니터링에 의한 조사 결과에 따라 보전을 위한

관리계획을 수립하는 것이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 한국해양연구원 기관고유사업인 "연안역 통합관리를 위한 해양환경변화 특성 규명(PE 87100)" 연구의 일환으로 수행되었습니다. 본 논문을 심사해 주시고 좋은 의견을 주신 여수대학교 이연규 교수님과 한국해양연구원 현상민 박사님께 감사드립니다.

참고문헌

- 김기현, 천수만에서의 퇴적작용에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문, pp. 1–28, 1979.
- 김성곤, 천수만의 홍성군해안 조간대 퇴적물의 조작에 관한 연구, 공주사범대학 석사학위논문, pp. 63, 1987.
- 김여상, 김정남, 천수만 황도해안의 조간대에 서식하는 갑각류의 생물퇴적구조, 한국지구과학회지, 제17권, pp. 357–364, 1996.
- 김여상, 천수만의 현세 조간대층의 퇴적학적 연구, 한국지구과학회지, 제10권, pp. 134–151, 1989.
- 김종하, 한국 서해 천수만 북부의 퇴적물 분포에 관한 연구, 공주대학교 석사학위논문, pp. 42, 2000.
- 김창식, 천수만의 물리적 해양환경, 해양연구소

심포지움 논문집, 충남대학교 해양연구소, pp. 1–21, 1996.

류상옥, 유환수, 이종덕, 함평만 조간대의 표층 퇴적물과 집적률의 계절변화, 바다, 제4권, pp. 127–135, 1999.

박홍식, 임현식, 홍재상, 천수만 조하대 연성지질의 저서환경과 저서동물 군집의 시, 공간적 양상, 한국수산학회지, 제33권, pp. 262–271, 2000.

소재귀, 정경태, 채장원, 천수만 방조제 건설로 인한 조석현상 변화, 한국해안해양공학회지, 제10권, pp. 151–164, 1998.

심재형, 윤구현, 천수만 동물플랑크톤의 계절변화와 생산량, 한국해양학회지, 제25권, pp. 229–239, 1990.

심재형, 이원호, 서해 천수만의 식물플랑크톤에 대하여, 한국해양학회지, 제14권, pp. 6–14, 1979.

Folk, R.L., Petrology of sedimentary rocks, Hemphill's, pp. 170, 1968.

Lee, H.J., Chu, Y.S., and Park Y.A., Sedimentary processes of fine-grained material and the effect of seawall construction in the Daeho macrotidal flat–nearshore area, northern west coast of Korea, Marine Geology, Vol. 157, pp. 171–184, 1999.