

대조차환경 침식연안의 퇴적학적 특성

오재경* · 금병철

인하대학교 해양학과, 402-751 인천 남구 용현동 253

Sedimentologic Characteristics of the Erosional Coast in the Tide-dominated Environment

Jae-Kyung Oh* · Byung-Chul Kum

Department of Ocean Science, Inha University, Incheon 402-751, Korea

Abstract : Based on previous investigations of aerial photographs and topographical surveys, this study focuses on the sedimentologic features of the Daebudo area including sedimentation processes, sedimentary facies and hydrologic conditions of the erosional coast. A total of 137 surface sediments and one core (by hand auger) sediment were obtained to interpret the depositional environment of the erosional coast in the macro-tidal coast. Surface sediments are distributed from sandy gravel (sG) to silt (Z). Textural parameters are characterized not only by coarse, poorly sorted, positive skewed and multi-modal distribution in the supra-tidal flat, but also finer, relatively well-sorted, symmetric distribution in the intertidal flat. According to the C/M diagram, sediment transport modes of study area are characterized by the mixed mode of suspension and bedload in the upper-, middle-tidal flat and by uniform suspension in the lower-tidal flat due to tidal effect. Vertical sediment distribution of the core, collected near shoreline, shows coarsening-upward, poorly sorted pattern by the input of detritus resulting from coastal erosion. Considering the sedimentological features of the study area, it appears to be composed of a coastal zone changed by not only artificial reclamation, but also by natural processes such as strong wave action due to typhoons and storms during high water level and long/short-term sea level rising. As a result, tide-dominated erosional coasts show that the shore is affected by local, temporal and hydrological conditions near high tide level and that the intertidal flat is represented by a general tide-dominated sedimentary environment.

Keywords : erosional coast, depositional environment, artificial process, natural process

요 약 : 항공사진과 지형측량 등 기존의 연구자료를 기반으로 선정된 지역인 대부도 조간대 지역에서 침식연안의 퇴적학적 특성을 연구하기 위해 표층퇴적물 137개 및 1개의 코어 퇴적물을 채취하여 분석하였다. 조상대 지역은 만조와 폭풍 시에 파랑과 조석에 의해서 침식되어진 육상퇴적물과 조석에 의해서 유입되는 세립 퇴적물이 퇴적되어 불량한 분급, 양의 왜도, 다모드(다기원)형 입도분포가 특징적으로 나타나고 있으며 주로 밑집이동으로 운반되어 지고 있다. 반면, 상부조간대, 중부조간대, 하부조간대에서는 서해안에서 나타나는 일반적인 특징과 마찬가지로 외해로 갈수록 조립해지고 상대적으로 분급도가 양호하며 양의 왜도를 가지고 있다. 조석에 의한 승강작용에 의한 에너지 분산에 의해서 점이부유(graded suspension)와 지속적 부유(uniform suspension)에 의해서 운반, 퇴적된다. 또한, 코어시료는 상향조립하고 분급도가 불량해지는데 이는 육상기원의 침식된 퇴적물이 유입되어 나타난 것으로 판단된다. 연구지역은 인위적 요인과 자연적 요인인 조석 만조 시에 태풍과 폭풍 그리고 장단기 해수면 상승에 의한 강한 파랑에 의한 자연적 침식된 지역으로 구성되어 있으며 해안침식을 받고 있다. 그러므로 대조차 침식연안은 만조시에 해안의 지역적, 시간적, 수리학적 상태에 의해서 영향을 받으며 조간대 지역은 전반적인 조간대 퇴적환경을 보인다.

주요어 : 침식연안, 퇴적환경, 인위적 작용, 자연적 작용

서 론

한반도 서해안은 대조차 연안으로 하구와 조간대 환경이 발달되어 있는 복잡한 리아형의 해안으로 이루어져 있으며(Wells et al., 1990; Alexander et al., 1991), 장(단기 해수면 변동 및 지체구조운동 등의 상호작용에 의하여 복잡한 퇴적환경을 나타내고 있다. 일반적으로 연안은 퇴적물의 기원, 유용도, 수리학적 조건(조석, 파랑) 그리고 지형적 형태에 따라서 퇴적물 특성과 퇴적환경이 지역적, 시간적으로 많은 변화를 보이고 있다. 특히 조간대는 계속적으로 조석의 영향을 받고 있으며 폭풍, 태풍과 같은 격변작용에 의해 큰 영향을 받고 있다. 또한 자연적인 요인과 인위적인 영향에 의해서 연안지역은 침식과 퇴적 현상이 발생되고 이에 따른 여러 가지 문제가 야기되고 있는 실정이다.

현재 연안에 대한 연구 조사는 조간대, 하구, 해변 등을 중심으로 많이 진행된 상태이고, 연안의 퇴적작용을 포함한 퇴적환경을 대상으로 진행되어 왔다(오재경, 1986, 1989, 1995; 한국해양연구소, 1989, 1990, 1991; 오재경, 장현도, 1991; 오재경, 박정기, 1991; 신동혁 외, 1993; 오재경 외, 1994; Shin et al., 1995; 오재경, 유규철, 1997; 신동혁 외, 1998; 오재경, 금병철, 1998). 그러나 현재 연안은 해수면 상승과 함께 하절기의 태풍과 겨울철의 폭풍에 의해서 많은 영향을 받고 있으며 인간생활에 직접적으로 영향을 미치고 있어 중요한 연구과제로 대두되고 있다. 또한 해수면 상승은 많은 연구를 통해서 계속해서 상승될 것으로 보고되고 있으며(IPCC, 1995; 손창배, 1999; 이경연 외, 1999), 이런 상황에서 연안은 계속적으로 침식 문제가 현실화 되고 있지만 주로 모델을 통한 연구에 한정되어 있고 실제 우리나라 침식연안의 퇴적작용과 퇴적환경에 대한 연구는 장진호, 최진용(1998)과 장진호 외(1999) 외에는 연구조사가 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구는 조석우세 환경인 침식해안(대부도) 지역에서 연안 침식의 물리적, 지질학적 퇴적기작을 규명하고 퇴적상에 따른 퇴적작용의 특성을 비교, 연구하여 차후 연안환경 보전을 위한 자료를 제공하는 것이 목적이다.

연구지역

지형 및 지질

연구지역은 대부도의 남동쪽 동경 126°26'10"~

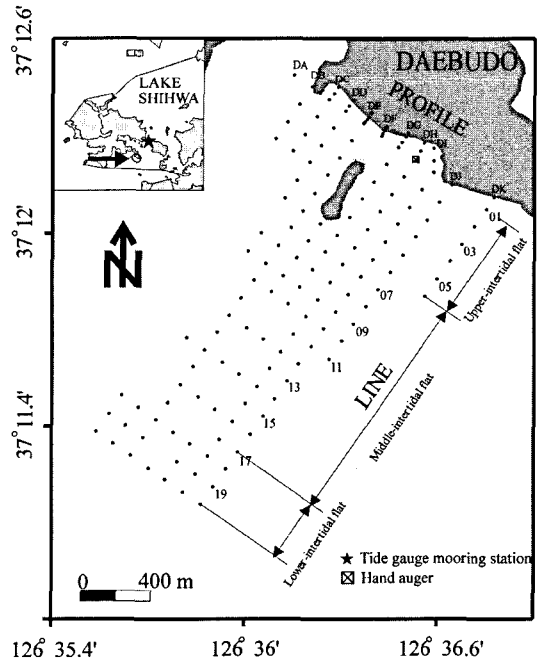


Fig. 1. Map of study area showing locations of surface sediments, hand auger sampling and tide gauge mooring station.

126°26'40", 북위 37°12'30"~37°12'40" 사이에 위치한 조간대 지역으로 계절풍 방향과 평행한 남서방향으로 열려있고 중간에 할미섬이 있는, 바다와 육지가 직접 만나는 연안지역이다(Fig. 1). 또한 암반돌출부에 의해서 나뉘지며 할미섬 북서쪽으로 과거 염전의 흔적인 돌무덤이 존재하고 조상대 해안에는 돌과 시멘트로 만든 침식방지용 인공제방과 자연제방이 존재하고 있다.

주변지역의 지질은 선캄브리아 시대의 편마암류 및 편암류들이 주로 분포하는 경기육괴에 해당된다. 암종은 경기편마암 복합체의 편마암을 기반으로 서산층군의 태안층군과 소규모 화강암, 경상누층군에 대비되는 역암 및 응회질 퇴적암이 분포한다. 특히 조사 지역 주변에는 사질 및 이질기원의 저변성 퇴적암이 비교적 넓게 분포하는데 이 암석은 남쪽의 태안반도로부터 연장 분포하는 태안층의 일부로 사료된다. 또한 해안에 제4기 층적층이 넓게 분포하고 있다(한국자원연구소, 1999).

물리적 특성

전형적인 문순기후에 속하며 겨울철에 시베리아 기단의 영향으로 북서풍이 우세하고 여름철에는 북태평

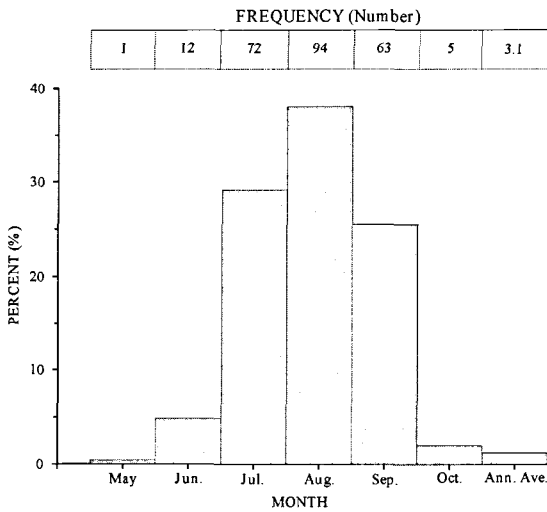


Fig. 2. Monthly average frequency and percent of typhoon, which had affected to the Kore, observed from 1904 to 1983.

양기단의 영향을 받아 남풍계열의 바람이 우세하게 나타난다. 기상학적 요인 중 태풍의 영향은 조간대 퇴적작용 중에서 중요한 역할을 차지한다. 한국태풍 80연보(기상청, 1984)에 의하면 태풍은 1904-1983년 사이 한반도는 총 247회의 영향을 받았고, 특히 7, 8, 9월에 집중되어 있다(Fig. 2). 조사지역은 특히 1972년의 태풍(RITA, TESS, BETTY, HELEN)에 의하여 많은 영향을 받았다(Table 1).

관측된 조석(2000. 4~6, 탄도방조제)은 전형적인 반일주조 일조부등이며 약최고고조가 872.3cm, 대조

Table 1. Atmospheric data of 4 typhoons effected on study area in 1972.

Typhoon	Maximum Wind direction	Max. instantaneous Wind direction	Min. Atmospheric Pressure (hPa)
	Minimum Wind velocity	Max. instantaneous Wind velocity	
7207 RITA (26. July)	ESE 18.3	ESE 27.8	994.3
7209 TESS (26. July)	ESE 9.3	ESE 22.3	991.8
7124 BETTY (19. August)	ESE 14.3	NNE 20.2	1006.4
7220 HELEN (17. September)	NW 15.3	NW 22.7	1004.5

Wind velocity unit: cm/sec

와 소조의 평균고조는 각각 805.39, 599.71cm을 나타낸다. 대조의 평균저조는 66.91cm, 소조의 평균저조는 272.59cm을 나타내고 있다. 대조차, 평균조차 그리고 소조차는 각각 738.78cm, 532.8cm, 327.12cm를 나타내고 있다(Fig. 3A). 대부도 남부지역의 창조류 특징은 북동방향이 우세하며 동, 서수로의 방향과 일치한다. 서수로에서 평균대조기 때 231.6cm/sec의 최강유속을 보여준다. 아산만으로 들어옴에 따라 유향도 남동으로 바뀌며 석호리와 한진리의 육지돌출부를 제외하고는 유속도 떨어진다. 낙조류는 유향, 유속이 창조류와 비교적 반대경향을 보인다(Fig. 3B).

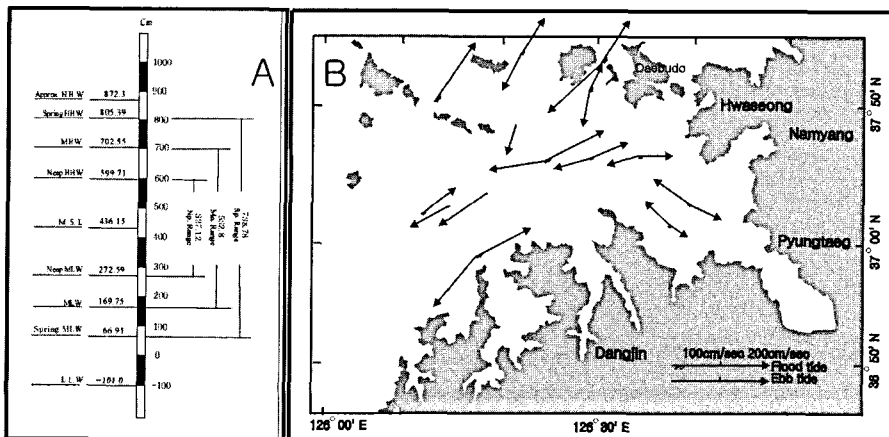


Fig. 3. Tidal range measured at the dyke "Tando" (A) and tidal currents velocity and direction around study area (B) after Jang (1983).

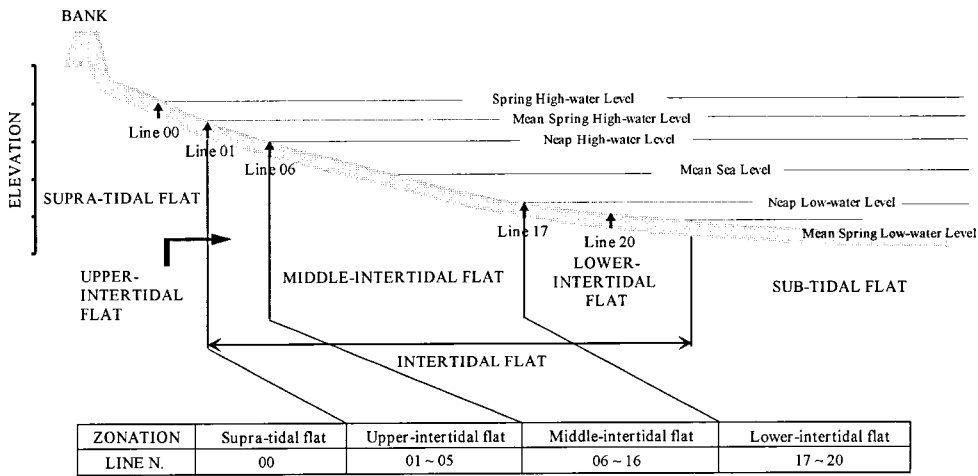


Fig. 4. Schematic section across study area, showing sampling stations in each level (Bank, Line 00~20) and terminology of the various geomorphic units of tidal profile.

재료 및 방법

연구지역의 해안선에 대해서 지적경계복원과 정밀 지형측량, 항공사진판독 등을 통하여 현재의 해안선과 지적공부상의 해안선을 측량, 비교한 결과 서로 일치하지 않았고(인하대 해양과학기술연구소, 2000), 이 같은 차이가 인위적 또는 자연적 침식에 의한 것 인지를 증명하기 위해서 퇴적학적으로 접근하였다.

먼저, 조석우세 지역인 연구지역을 조석에 따라서 4 구역으로 라인별로 나누었다(Fig. 4). 조상대(Supra-tidal zone)는 백중사리 때와 폭풍 시에만 영향을 받는 지역으로 각 단면의 00 라인에서 제방 사이 시료를 포함한다. 조간대 지역은 세 지역(상부, 중부, 하부 조간대)으로 나누었는데, 상부 조간대(Upper-intertidal zone)는 평균대고조(M.S.H.L.)와 소조고조(N.H.L.) 사이 지역으로 01~05라인이 포함된다. 중부 조간대(Middle-intertidal zone)는 소조고조(N.H.L.)와 소조저조(N.L.L.) 사이로 06~16라인이 포함되며 하부 조간대(Lower-intertidal zone)는 소조저조(N.L.L.)와 평균대저조(M.S.L.L.) 사이로 정하였으며 17~20라인을 포함한다. 설정한 구역에 맞게 총 11개의 단면(DA-DK)에서 접근이 불가능한 일부 단면(DA, DB, DC)의 일부지점을 제외하고 2000년 4~6월에 총 137개 시료를 채취하였다(Fig. 1). 연안지역 한 지점(Fig. 1)에서 수직적인 퇴적상을 보기 위해서 hand auger를 이용, 400cm까지의 수직적 퇴적물 시료를 얻었다. 얻어진 표층 퇴적물은 순수한 퇴적물만을 얻기 위해

염산과 과산화수소를 첨가하여 탄산염과 유기물을 제거하였다. 전처리된 시료는 습식체질(wet sieving)을 통해 4Φ 이하의 조립질 시료는 건조 후 기계식 체질기(Ro-tap shaker)에 의한 체분석 방법(dry sieving)을 이용하여 1Φ 간격으로 분석하였으며, 5Φ 이상의 세립질 시료는 X-선 자동입도분석기(SediGraph-5100)를 이용하여 1Φ 간격으로 입도를 분석하였다. 얻어진 입도별 중량백분비를 확률누적곡선 위에 옮겨 Folk and Ward(1957)의 graphic method를 이용하여 퇴적물의 조직변수(textural parameters)를 구하였다.

결과 및 토의

표층퇴적물의 퇴적상과 공간적인 분포

전체 퇴적상은 Folk(1968)의 분류방법에 따라서 사질역(sG)에서 실트(Z)까지 다양한 분포를 보이고 있지만 주로 역사질니((g)sM), 역니질사((g)mS), 사질니(sM), 니질사(mS)가 분포하고 있다. 쇄파대 주변의 조상대에서는 자갈과 모래를 많이 포함하는 퇴적상(사질역(sG), 역질사(gS), 역사질니((g)sM), 역니질사((g)mS)가 나타나고 있으며, 과거 염전지역은 역사질니((g)sM)을 보이고 있다. 해안에서 외해로 나갈수록 사질실트(sZ)와 실트질사(zS)를 보이고 있다. 자갈과 모래로 구성된 퇴적물은 주로 조상대 지역에서 나타나고 있다.

표층 퇴적물의 조성은 자갈(0.00~94.60%), 모래(1.69~95.65%), 실트(0.04~93.65%), 점토(0.00~

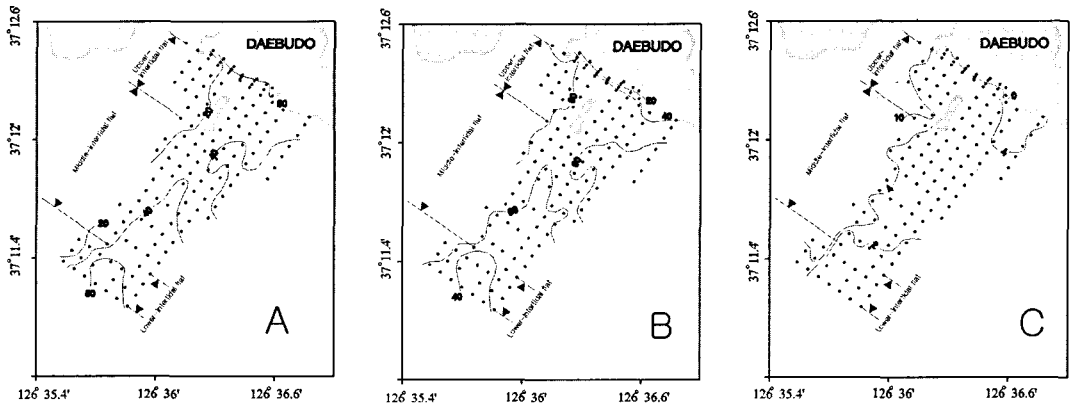


Fig. 5. Spatial distribution of each sediment content (A: sand (%), B: silt (%), C: clay (%)).

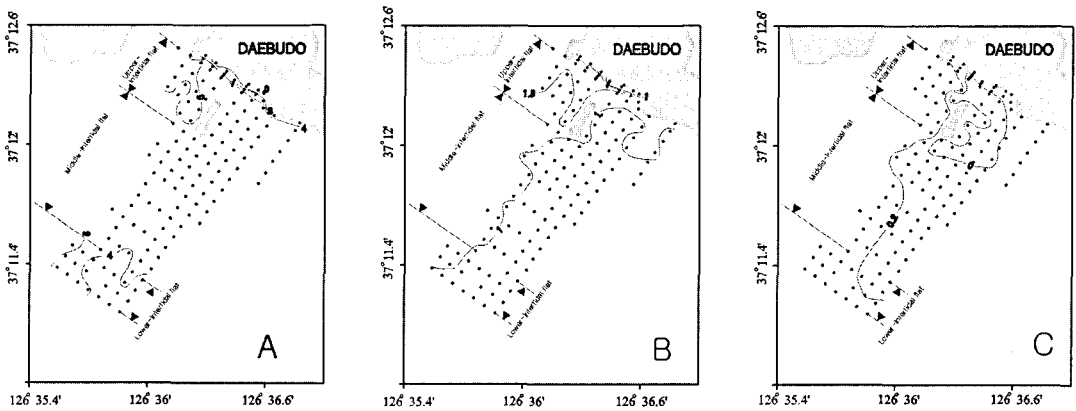


Fig. 6. Spatial distribution of textural parameters of surface sediments (A: Mean (ϕ), B: Sorting (ϕ), C: Skewness).

18.54%) 등의 다양한 분포를 보이고 있다(Fig. 5). 자갈의 공간적인 분포는 약최고조위 주변 해안에서 우세하게 나타나고 상부, 중부 그리고 하부 조간대에서 0.5% 이하를 포함하고 있다. 모래는 조상대에서 80% 이상의 분포를 보이고 있다. 모래 함량이 북서방향으로 갈수록 감소하는 경향을 보이고 있으며 상부 조간대에서 하부 조간대로 갈수록 모래가 증가하고 있다(Fig. 5A). 실트함량은 북서쪽에서 높게 나타나고 있으며 외해로 갈수록 감소하는 경향성을 보이고 있다(Fig. 5B). 점토함량은 실트함량의 분포와 유사하며 외해와 북동쪽으로 갈수록 감소하는 경향을 보이고 있다(Fig. 5C). 자갈과 모래는 조상대와 외해로 갈수록 높아지고 있으며 실트와 점토는 북서지역에서 높고 외해로 갈수록 감소하는 경향성을 나타내고 있다. 북서지역은 할미섬에 의해서 보호를 받아 상대적으로 저에너지 환경을 나타내고 있다.

표층퇴적물 조직변수의 공간적 분포

표층퇴적물의 조직변수 분포는 다음과 같다.

평균입도(M_z): 전체적으로 $-1.47 \sim 6.05\Phi$ 의 분포를 보이고 있다. 해안선 부근은 자갈과 모래에 의해서 상대적으로 조립한 0Φ 이하의 퇴적물이 존재하고 있다. 할미섬 서쪽 지역인 과거 염전 내 퇴적물은 5Φ 이상의 세립한 퇴적물을 보이고 있으며 할미섬 동쪽 퇴적물(주로 $3 \sim 4\Phi$)이 상대적으로 더 조립한 퇴적물로 구성되어 있다. 외해 쪽으로 갈수록 평균입도 변화가 뚜렷한 특징을 보이고 있지 않지만 상대적으로 상부 조간대 보다는 하부 조간대에서 더 조립하다. 상부 조간대와 중부 조간대는 주로 $4 \sim 5\Phi$ 의 분포를 보이고 있으며 또한 조사지역의 북서지역보다는 북동지역이 상대적으로 더 조립함을 보이고 있다(Fig. 6A).

분급도(S_o): 전체분포는 $0.33 \sim 2.45\Phi$, very well

sorted에서 very poorly sorted의 분포를 보이고 있다. 해안에서는 자갈과 모래에 의해서 분급도가 불량하게 나타나고 있는 반면 외해로 갈수록 대체로 moderately sorted의 분포를 보이고 있어 분급도가 양호해지고 있다. 그리고 조사지역의 북서쪽이 북동쪽 보다 상대적으로 분급도가 나쁘게 나타나고 있다 (Fig. 6B).

왜도(S_k): 왜도는 $-0.62\sim 0.58$ 의 범위를 가지고 있으며 strongly coarse-skewed에서 strongly fine-skewed의 다양한 분포를 보이고 있다. 할미섬 북동쪽 지역은 음의 왜도를 보이고 있는데 이것은 사리와 조금 시 쇠파대에 속하는 지역이기 때문에 다른 지역보다 상대적으로 고에너지 환경을 보이고 있는 반면, 북서 지역과 외해 쪽으로 갈수록 양의 왜도를 나타내고 있다 (Fig. 6C).

첨도(K_r): 첨도는 $0.74\sim 3.38$ 의 범위를 나타내며 platykurtic에서 extremely leptokurtic의 분포를 보이고 있다. 뚜렷한 분포경향은 보이지 않는다.

조직변수의 상관관계

표층퇴적물 조직변수의 상관관계는 다음과 같다 (Fig. 7).

평균입도와 분급도의 상관관계에서 평균입도는 대부분 $3\sim 5\phi$ 에 속하지만 분급도는 넓은 범위를 나타내고 있다 (Fig. 7A). 이는 조상대의 퇴적물은 넓은 범위의 평균입도와 분급도를 보이며 상부, 중부, 하부 조간대 퇴적물보다 불량한 분급도를 보이고 있다. 이는 조석에 의해서 이동되어진 외해 기원의 니질 퇴적물과 연안 또는 해안침식에 의해 유입된 사질 퇴적물들이 혼합 퇴적되어 나타난 것이다. 평균입도와 왜도의 상관관계는 평균입도와 분급도의 상관관계와 유사한 분포경향을 보이고 있다. $3\sim 5\phi$ 의 평균입도에 집중되어 있으면서 할미섬에서 남동쪽으로는 음의 왜도를 보이고 있지만 전체적으로 양의 왜도가 우세하게 나타나고 있어 전반적으로 전형적인 조간대의 특징을 나타내고 있다 (Fig. 7B). 평균입도와 첨도의 상관관계 또한 앞에서 언급한 상관관계와 비슷한 경향을 보이고 있다 (Fig. 7C). 분급도와 왜도의 상관관계에서는 뚜렷한 경향성을 보이고 있지 않다. 그러나 주로 조상대와 상부 조간대의 정점들이 넓게 분포하는 반면에 중부, 하부 조간대 퇴적물들은 집중되어 있다 (Fig. 7D). 또한, 분급도와 첨도 그리고 왜도와 첨도의 상관관계 뚜렷한 분포패턴을 보이지 않고

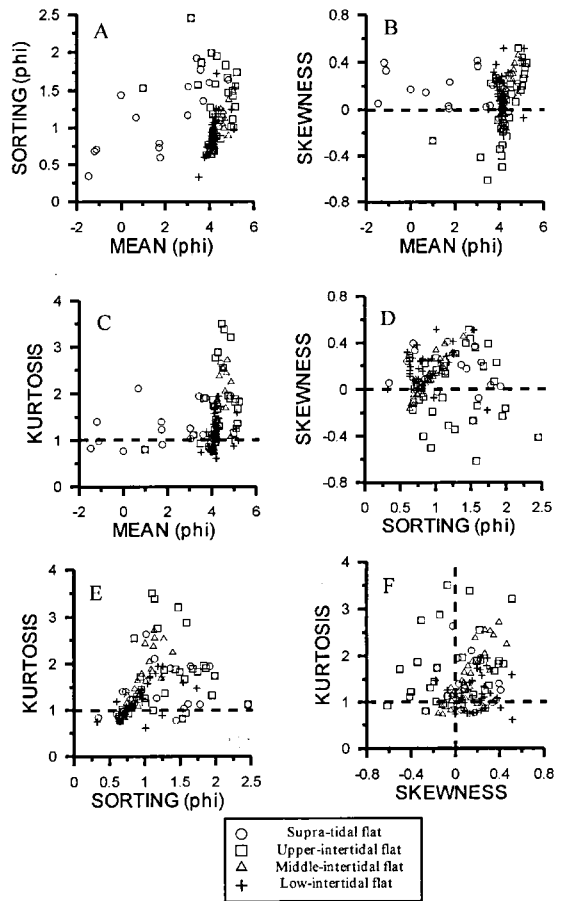


Fig. 7. Relationship of 4 textural parameters (M_z , S_o , S_k , K_r) of surface sediments.

넓게 분포하고 있다 (Fig. 7E and F). 주로 왜도 0과 첨도 1 라인을 중심으로 넓게 분포하고 있으며 상부 조간대 퇴적물이 가장 넓게 분포하고 있다.

단면(profile) 및 구역(line)별 공간적 변화

해안선과 직각 방향인 단면(DC-DK)과 평행한 구역(line-00~20)에 대해서 조상대, 상부, 중부, 하부 조간대에 대한 표층 퇴적물의 평균 조성 및 조직변수의 공간적인 변화를 나타내었다 (Table 2). 평균입도는 DC단면보다 DH단면 쪽으로 갈수록 조립해지고 있으며, 모든 단면에서 조상대를 제외한 조간대는 하부로 갈수록 조립해지는 경향성을 보이고 있다. 분급도는 DC 단면에서 DH단면쪽과 외해 쪽으로 갈수록 분급도가 양호해지는 경향성을 보이고 있다. 이는 직접적으로 외해와 연결되어 있는 DF, DG, DH, DI 단면이

Table 2. Mean variation of textural parameters in each profile (DC~DK) and mean composition, textural parameters by line according to zonation

Line	Bank-00				01-05				06-17				18-20			
Profile	Supra-tidal flat				Upper-intertidal flat				Middle-intertidal flat				Lower-intertidal flat			
	Mz	So	Sk	Kr	Mz	So	Sk	Kr	Mz	So	Sk	Kr	Mz	So	Sk	Kr
DC	4.01	1.40	0.01	1.88	4.90	1.12	0.25	1.63	Halmi island				4.78	1.25	0.36	1.31
DD	2.43	1.54	0.20	1.36	4.97	1.45	0.24	1.67	4.70	1.14	0.32	1.88	4.17	1.05	0.25	1.57
DE	2.23	1.78	-0.18	1.44	4.79	1.68	0.18	1.60	4.31	1.11	0.15	1.82	4.21	0.77	0.18	1.11
DF	1.54	1.02	0.10	1.17	4.27	1.59	-0.14	2.88	4.24	0.94	0.13	1.45	3.87	0.63	0.25	0.84
DG	1.21	0.94	0.33	1.12	4.22	1.10	-0.01	2.03	4.14	0.76	0.03	1.09	3.88	0.67	0.26	0.74
DH	1.13	0.85	0.13	1.37	3.93	1.15	-0.23	1.31	4.13	0.77	0.05	1.11	3.96	0.74	0.25	0.99
DI	2.38	0.98	0.21	1.24	4.24	0.93	-0.10	2.03	4.18	0.86	0.08	1.29	4.00	0.75	0.19	0.97
DJ	Detritus of cliff				4.15	1.11	0.13	1.87	4.10	1.00	0.18	1.99				
DK	3.42	1.92	0.02	1.95	4.17	0.91	0.12	1.56	4.11	0.88	0.10	1.21	No sampling			
Line	Gra.	Sand	Silt	Clay	Gra.	Sand	Silt	Clay	Gra.	Sand	Silt	Clay	Gra.	Sand	Silt	Clay
Average	16.94	57.23	24.27	1.56	0.40	26.95	67.36	5.28	0.10	37.23	59.71	2.97	0.05	51.41	46.61	1.93
	Mz	So	Sk	Kr	Mz	So	Sk	Kr	Mz	So	Sk	Kr	Mz	So	Sk	Kr
	3.10	1.34	0.10	1.53	4.50	1.23	0.12	1.68	4.21	0.92	0.12	1.44	4.11	0.83	0.24	1.06

조석의 승강작용에 따른 파랑의 체질작용과 연안을 따라 흐르는 연안류에 의해서 북서방향으로 운반되어 지고 특히, 태풍 시에 더 큰 파랑의 영향을 받을 수 있음을 의미한다. 반면 과거의 염전지역은 과거 염전의 방파제가 아직까지 존재하고, 조금 때는 염전 안으로 유입 되지 않고 사리 때만 제방까지 올라와 북서방향으로 유입되는 파랑과 조석에 의해서 할미섬 동쪽 지역은 계속적으로 침식이 일어나고 침식된 퇴적물들이 연안류에 의해서 과거 염전지역으로 유입되어 DC, DE, DF 단면의 조상대 지역 분급도가 상대적으로 더 불량하다. 또한 할미섬이 중앙에 위치하고 있어 바람과 파랑을 막아주는 역할을 하고 있다. 이런 요인들에 의해서 표층퇴적물 조직변수의 분포가 뚜렷하게 나누어지고 있다. 따라서 할미섬을 중심으로 서쪽지역인 과거의 염전과 동쪽 지역은 지형 또는 수리학적 요인에 의해서 뚜렷한 환경차이가 나타나고 있다. 왜도는 상부 조간대에서 상대적으로 DF, DG, DH, DI 단면이 음의 왜도값을 보이는데 상대적으로 이 지역이 더 강한 에너지 환경임을 나타낸다. 조간대에서는 조석의 영향에 의해서 쇄파대가 이동되어 에너지를 분산시키는 반면, 이 단면들은 만조 시 계속적인 파랑의 영향에 의해서 집중적으로 영향을 받은 것으로 사료된다. 또한 점진적으로 외해로 갈수록 양의 왜도를 가지는데 이것은 전형적인 서해안 조간대에서 나타나는 특성이다. 침도는 뚜렷한 경향성을 보이지 않고 있다.

전체적으로 만조 시에 도달하는 조상대 지역은 양 쪽 암석 돌출부가 침식에 약한 저변성 퇴적암으로 되어 있고 해안선 방향이 북서-남동으로 계절풍과 바람에 의해 야기된 파랑에 의해 오랜 시간에 걸쳐 침식작용을 받은 암편, 자갈, 모래와 조석에 의해서 이동되어진 세립한 퇴적물과 합쳐져서 상대적으로 조립하고 불량한 분급과 양의 왜도 그리고 다모드의 입도분포를 보이고 있다. 이는 퇴적물 유용도가 적고, 주로 해안침식에 의해 육상기원 퇴적물이 직접 유입되는 침식우세 연안에서 나타나는 특징(장진호 외, 1999)이다. 또한 조류가 남동쪽에서 유입됨으로 해서 북동지역이 상대적으로 강한 에너지를 받고 연안류에 의해서 북서지역으로 이동되어지는 것으로 사료되며, 외해로 갈수록 전형적인 조간대 특성을 보인다.

퇴적기작

표층퇴적물의 퇴적기작을 알아보기 위해서 Passega (1957, 1964) 방법을 이용하였다.

이 지역의 퇴적물 이동양상이 어떤 수리 물리적 요인에 의해 지배되었는가를 구별하는 CM도에 의하면, 조상대 지역은 주로 밑짐이동(bedload)으로 운반되고 있으며 상부, 중부, 하부 조간대에서는 주로 점이부유(graded suspension)와 지속적 부유(uniform suspension)로 이동되어 퇴적되고 있다(Fig. 8). 조상대지역은 일부 대조 시와 폭풍 시 만조 때 조류와 파랑 등의 영향으로 연안의 인위적, 자연적 제방의

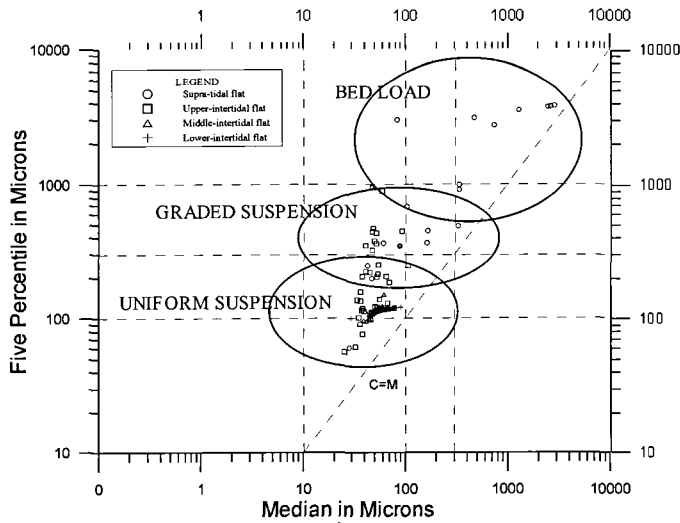


Fig. 8. C-M (five percentile vs. median; Passaga, 1957) diagram showing three pattern of sediment transport mode on supra-tidal flat and intertidal flat.

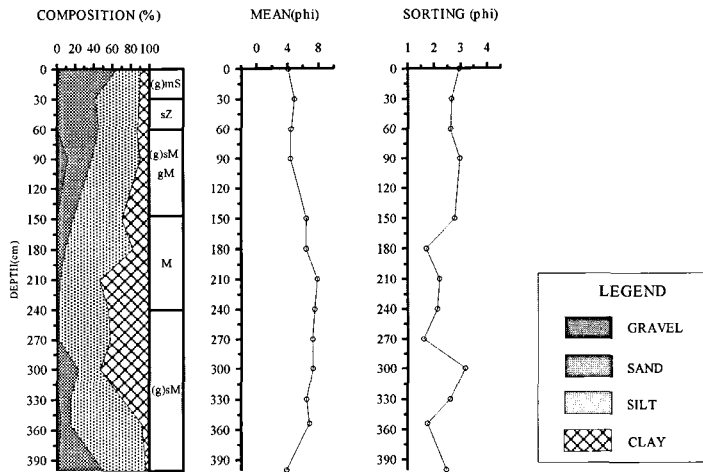


Fig. 9. Vertical distributions of core sediment using hand auger. A: sediment composition (%) and sediment facies, B: Mean, C: sorting.

침식 잔해물이 주로 밑짐이동으로 이동되고 있는 것으로 사료된다. 상부, 중부, 하부 조간대는 조석의 계속적인 해수면 변동에 의해서 파랑의 세파대, 쇄파대, shoaling zone의 위치를 이동시켜 세립질 퇴적물을 재부유시켜 이동시키지만 조석의 에너지 분산작용에 의한 저에너지 환경으로 이동이 적어 분급도가 불량하게 나타나는 것으로 사료된다.

코아 퇴적물의 퇴적상

채취된 코아 퇴적물의 위치는 해안에 인접한 DH

단면상에 위치하고 있으며(Fig. 1) 코아의 총 길이는 400cm이다. 퇴적물 조성은 자갈 0.00~12.44%, 모래 2.52~62.60%, 실트 23.93~77.38%, 점토 3.23~53.27%의 분포를 보이고 있다(Fig. 9). 평균입도는 3.90~7.88 Φ 로 상향조립화 경향성을 보이고 분급도는 1.61~3.17 Φ 로 주로 poorly sorted와 very poorly sorted의 분포를 보이고 있다. 하부에 역사질니층, 중부에 니질층, 상부에는 역질니, 사질실트 그리고 역니질사가 존재하고 있다(Fig. 9). 자갈은 부분적으로 나타나고 있고(0, 60-90, 270-400cm) 모래함량은 최하부400cm

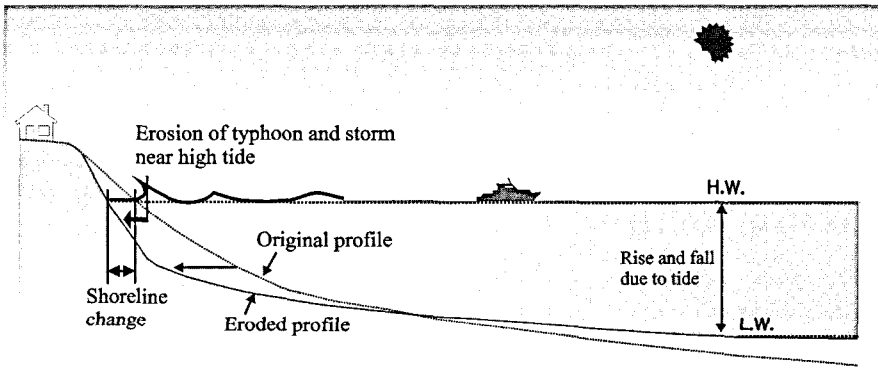


Fig. 10. Schematic model showing shoreline movement by erosion of typhoon and storm during high tide level in the tide-dominated environment.

에서 270cm까지 감소하다가 그 이후 표층까지 다시 증가하고 있으며 점토함량은 반대의 경향을 보이고 있다. 분급도는 양호와 불량을 반복하다가 180cm 이후부터 표층까지 불량해지는 경향성을 보이고 있다. 자갈은 일시적인 폭풍 및 태풍 시에 침식된 퇴적물이 해안에서 이동되어진 것으로 사료되고 표층으로 갈수록 조립하고 분급도가 불량해지는 경향은 외해기원 뿐만 아니라 육상의 침식퇴적물이 많이 유입되고 있음을 나타낸다.

해안선 변화의 기작

해안선의 단기적 변화는 바람, 태풍, 해파 등 수리적 요인에 의한 퇴적물의 침식과 퇴적 현상의 불균형 등을 포함하는 자연적 요인과 연안 개발을 위해 준설, 매립 등의 인공적인 요인에 의해서 연안역의 퇴적환경 및 해안선 변화를 야기시킨다. 또한 조석의 주기적인 상하운동은 조석우세 해안의 지형과 퇴적환경에 영향력을 발휘하는 주요한 요소이다.

조석우세 환경인 조간대는 해수면의 반복적인 승강 현상에 따라 쇄파대 이동이 일어나면서 조류세기, 방향의 변화 및 파랑의 상대적인 역할로 인해 퇴적물을 운반시킨다. 즉, 조석에 의한 반복적인 승강작용은 파랑에너지를 분산시킴으로써 저에너지환경을 나타내고 있다. 그러나 만조시의 경우, 자연제방까지 해수면이 상승하는 지역에서 여름철의 태풍이나 겨울철의 강한 바람에 의한 파랑이 직접적으로 해안선에 영향을 미쳐 침식시키고 있다. 연구지역은 조석의 상하운동에 따라서 만조수위 주변에서 태풍 또는 겨울철 폭풍이 작용하였을 때 해안을 침식시키고 침식된

퇴적물을 외해로 운반시켜 일부는 조간대에 퇴적되고 일부는 외해로 운반시킨 것으로 사료된다(Fig. 10). 이런 작용과 함께 지역적, 수리적, 시간적 현상을 통해서 계속적으로 해안선은 침식되어질 것으로 사료된다.

결론

1. 표층 퇴적물의 조성은 자갈(0.00~94.60%), 모래(1.69~95.65%), 실트(0.04~93.65%), 점토(0.00~18.54%) 등의 다양한 범위를 보이고 있다.
2. 조석우세연안으로서 조석을 기준으로 크게 조상대(제방 포함), 상부 조간대, 중부 조간대, 하부 조간대로 나누었으며 구역별 퇴적물의 조직변수들의 비교 결과, 조상대와 일부 상부조간대의 퇴적물은 상대적으로 조립하고 불량한 분급과 양의 왜도 그리고 다모드의 입도분포의 침식우세 연안의 특징을 보이고 있다.
3. 상, 중, 하부 조간대는 전형적인 조간대 퇴적환경으로, 연안에서 외해로 갈수록 입자가 조립해지고 분급도는 좋아지고 있으며 양의 왜도를 나타낸다.
4. Passega의 CM도를 통한 표층퇴적물의 퇴적기작은 조상대 지역이 주로 밀집이동으로 운반되고 있으며 상부, 중부, 하부 조간대에서는 주로 점이부유와 지속적 부유로 이동되어 퇴적되고 있다.
4. 코아 퇴적물의 수직적 분포 결과는 외해 및 육상기원의 침식퇴적물이 유입됨으로서 상향조립하고 분급도가 불량하게 나타나고 있다.
5. 해안은 인위적인 작용과 조석 만조 시에 태풍과

폭풍 그리고 장단기 해수면 상승에 의한 강한 파랑 등의 자연적 요인에 의해 침식되어 조간대 지역으로 운반됨에 따라 해안선이 육지방향으로 이동하였다. 해안의 지역적, 수리적, 시간적 변화를 통해서 계속적으로 해안선은 침식되어질 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 연구지역의 주민(이철영 외 11인)의 지원과 서해환경연구센터(RRC)의 지원(00-03-02, 기-1-3) 및 1999년 인하대학교 교내연구비 지원에 의해 시행되었으며, 측량자료를 제공해주신 인하대학교 김병국 교수님과 현장조사를 수행한 학생들에게 감사드립니다.

참고문헌

- 손창배, 1999, 해수면 상승에 의한 해안선의 잠재적 후퇴거리 산정. 한국해양해양공학회지, 11(1), 34-40.
- 신동혁, 윤호일, 한상준, 오재경, 1993, 동서해안 조간대 퇴적물의 점토광물 분포와 기원, 해양연구, 15(2), 123-136.
- 신동혁, 이희일, 한상준, 오재경, 권수재, 1998, 황해 가로림만 조간대 표층퇴적물의 이동경로, 한국해양학회지, 3(2), 59-70.
- 오재경, 1986, 서해안에 발달한 해빈사의 특징, 인하대학교 기초과학연구소 논문집, 6, 123-131.
- 오재경, 1989, 한강개발이전 한강하구와 경기만에서의 퇴적환경, 황해연구, 2(5), 13-20.
- 오재경, 1995, 한강 하구 염하수로서 부유퇴적물의 퇴적작용, 한국지구과학회지, 16(1), 20-29.
- 오재경, 장현도, 1991, 한강종합개발이후 한강 하구 및 경기만의 퇴적환경. 한국해양학회지, 26(1), 13-23.
- 오재경, 박정기, 1991, 한강하구 및 경기만에서의 점토광물에 대한 연구. 한국해양학회지, 26(4), 313-323.
- 오재경, 왕경희, 신기재, 1994, 동서해안 해빈의 퇴적환경에 관한 연구. 한국지구과학회지, 15(2), 91-99.
- 오재경, 유규철, 1997, 한반도 동남부 해빈 퇴적물의 조직변수의 특성, 인하대 기초과학연구소 논문집, 18, 87-94.
- 오재경, 금병철, 1998, 서해안 봉산포 대조차 해빈의 퇴적학적 특성, 한국지구과학회지, 19(3), 310-317.
- 이경연, 김동수, 손창배, 김창제, 1999, 한국 연안 해역에서의 해변 수위의 변동에 관한 연구, 해양안전학회지, 5(1), 19-27.
- 인하대학교 해양과학기술연구소, 2000, 포락지 증명조사 보고서
- 장진호, 1995, 한국 서해안 곰소만 조간대의 퇴적작용, 박사학위논문, 서울대학교, 192 p.
- 장진호, 최진용, 1998, 조간대 퇴적물의 계절적 집적양상과 보존: 한국 서해안의 곰소만. 한국해양학회지, 3(3), 149-157.
- 장진호, 김여상, 조영길, 1999, 해안침식이 우세한 반폐쇄적 조간대의 퇴적작용: 한국 서해안의 함평만. 한국해양학회지, 4(2), 117-126.
- 기상청, 1984, 한국태풍80년보.
- 한국자원연구소, 1999, 대부도 도폭 지질조사보고서.
- 한국해양연구소, 1989, 한국서·남해안 조간대의 종합조사 연구(I). BSPG 00073-227-5.
- 한국해양연구소, 1990, 한국서·남해안 조간대의 종합조사 연구(II). BSPG 00104-303-5.
- 한국해양연구소, 1991, 한국서·남해안 조간대의 종합조사 연구(III). BSPG 00124-395-5.
- Alexander, C.R, Nitrouer, C.A., Demaster, D.J., Park, Y.A. and Park, S.C., 1991, Macrotidal Mudflats of the Southwestern Koera Coast: A Model for Interpretation of Intertidal Deposits, J. Sed. Pet., 61, 805-824.
- Shin, D.H., H.I. Yi, S.J. Han, J.K. Oh, and J.S. Won, 1995, Applications of the sediment transport path model to the tidal flats of Garolim Bay, west Coast of Korea, Korean Journal of Geophysical Research, 23(1), 39-51.
- Folk, R.L. and Ward, W., 1957, Brazos River Bar: A Study in the Significance of Grain Size Parameters, Journal of Sedimentary Petrology, 27, 3-26.
- Folk, R.L., 1968. Petrology of Sedimentary Rock, Hemphill's. 134 p.
- IPCC, 1995, Climate Change: The IPCC 2nd assessment report. Cambridge University Press.
- Chang, S.-K., 1983, Benthic Foraminifera of the Subtidal Zone of Asan Bay, Korea. The Journal of the Oceanological Society of Korea, 18(2), 125-141.
- Passaga, R., 1957, Texture as characteristics of clastics deposition. Am. A.P.G., 41, 1952-1984.
- Passaga, R., 1964, Grain size representation by CM patterns as a geological tool. Journal of Sedimentary Petrology, 34, 830-847.
- Wells, J.T., C.E.J. Adams, Y.A. Park and E.W. Frankenberg, 1990, Morphology, sedimentology and tidal channel processes on a high-tide-range mudflat, west coast of South Korea, Marine Geology, 95, 111-130.