The Journal of the Korean Society of Oceanography
Vol. 29, No. 3, pp. 278-286, September 1994

경기만에 발달한 조류성사퇴의 역사 및 특성

방효기* · 이호영* · 장정해* · 이치원* · 오재경**
*한국자원연구소, **인하대학교

History and Characteristics of Tidal Sand Ridges in Kyeonggi Bay, Korea

Hyo Ky Bahng*, Ho Young Lee*, Jeong Hae Chang*,
Chi Won Lee* and Jae-Kyung Oh
*Korea Institute of Geology, Mining and Materials, P.O. Box 14
Taedok Science Tow, Taejon 305-350, Korea
**Dept. of Oceanography, Inha Univ., Inchon 402-751, Korea

서해 경기만은 조류방향과 대체로 일치하는 조류성사퇴가 해저면에 발달하고 있으며, 또 하나의 사퇴구조가 탄성파 퇴적단위내에 매몰되어 나타난다. 이들 사퇴의 발생기원과 퇴적환경규명을 위해 팔미도 부근의 사퇴해역에서 획득된 고해상도 탄성파자료, 표층퇴적물, 주상퇴적물에 대한 정밀 분석 및 연구가 실시되었다.

팔미도 부근의 사퇴 발달해역은 3개의 탄성파 퇴적단위로 구분되며(unit A, B, C), 각퇴적단위내에는 각각 하나의 사퇴가 나타난다(ridge A, B, C). 최상부 퇴적단위내의 사퇴 A는 조류방향과 대체로 평행한 북동-남서방향으로 발달하고 있으며(41°), 남동방향을 향하는 사층리 반사구조가 나타난다. 이는 사퇴가 점차 남쪽방향으로 이동되고 있음을 시사하고 있다. 퇴적단위 B는 하나의 사퇴(ridge B)와 수로충진 구조로 이루어져 있으며, 사퇴 A와 비교할 때 대체로 유사한 방향, 규모, 내부구조 등을 보이고 있다. 이러한 사실은 퇴적단위 B가 현재보다 수심의 약 10 m 낮았던 시기에 현재와 유사한 환경에서 사질퇴적물의 이동에 의해 사퇴 B가 형성되었으며, 해수면이 상승하면서 세립질퇴적물이 사퇴의 골짜기에 퇴적되어, 수로와 유사한 형태 또는 수평층리된 형태의 수로충진구조를 나타내는 것으로 해석된다.

Tidal sand ridges, which develop in Kyeonggi Bay generally parallel to the direction of tidal current on the sea bottom, are also well shown in seismic profiles. High-resolution seismic profiles, surface and core samples were obtained from sand ridge field near the Palmi Do for the study of origin and sedimentary environments of these sand ridges.

Sand ridge field near Palmi Do can be divided into 3 seismic units(unit A, B, C), and each unit has one sand ridge(ridge A, B, C). Ridge A that shows clinoform prograding southeastwards is generally parallel with tidal current trending northeast to southwest(41°). It means that sand ridge is migrating to southward. Unit B includes a sand ridge and a channel fill structure in seismic profiles. Compared with ridge A, ridge B has similar direction, magnitude and internal reflectors. So ridge B developed in the similar sedimentary environments to ridge A about 10 m lower than present sea level. As the rise of sea level, channel fill structure formed as the deposit of fine sediments with the shape of conformable bedding or horizontal bedding.

서 론

경기만은 6 m 이상의 조석차를 보이며, 한강을 통해 담수가 유입되는 하구환경이다(Lee et al., 1992). 해안지형은 마지막 빙하기 이후 해수면 상승에 의한 해침으로 형성된 리아식 해안의 특성을 보여

준다. 경기만은 지형적인 요인에 의해 3가지로 대분된다. (1) 조간대(intertidal flat), 저조선 위에 넓게 발달한 세립질퇴적층으로 섬과 해안선 주위에 발달하고 있다. (2) 수로(channel), 강한 조류에 의한 침식으로 조류성사퇴와 섬들의 사이에 발달하고 있다. (3) 조류성사퇴(tidal sand ridge), 왕복성조류에 의한 사질퇴적물의 이동으로 조류방향과 대체로 일치하는 사퇴가 불연속적으로 발달하고 있다. 이러한 지형은 대부분의 대조차 하구환경에서 흔히 발견되고 있으며, 각기 다른 퇴적학적 특성을 보인다.

조류성사퇴의 특성은 탄성파 단면도상에 뚜렷한 사퇴의 하부경계면을 가지며, 그 상부에 사층리반사(cross-bedding reflector) 구조가 잘 발달한다. 이러한 사층리 반사구조는 사질퇴적물이 조류에 의한 이동으로 형성되며, 사층리반사방향(dipping direction)을 따라 사질퇴적물이 이동되고 있음을 지시하고 있다(Stride, 1982). 연구해역은 탄성파 단면도상에 수개의 탄성파 퇴적단위(seismic unit)가 나타나며, 각 퇴적단위에는 사층리반사구조를 가지는 하나의 사퇴을 포함하고 있다. 매몰된 사퇴들은 퇴적단위가 형성될 당시의 퇴적환경, 즉, 퇴적물과 조류의 특성을 반영하고 있다.

본 연구의 목적은 팔미도 부근에 발달한 사퇴해역에 대한 탄성파 퇴적층서와 퇴적층내에 발달한 사퇴를 구분하고, 현재 해저면에 발달한 사퇴의 특성 즉, 규모, 방향, 내부구조, 퇴적상 등을 조사하여, 하위층에서 나타난 사퇴의 특성과 비교함으로써, 사퇴의 발생기원 및 형성시기의 퇴적환경을 규명하는 것이다.

연구해역

본 연구해역은 한반도 서해 중부해역으로서 북위 37°19′～37°25′, 동경 126°29′～126°34′에 위치한다 (Fig. 1). 경기만 일대의 표층퇴적물은 퇴적물을 구성하는 입도특성에 따라 4개의 퇴적상으로 구분된다; (1) 사력질퇴적상(pebble and gravel facies), (2) 사질퇴적상(sand facies), (3) 니질퇴적상(mud facies), 그리고 (4) 사니질 혼합퇴적상(sand and mud mixed facies). 이러한 퇴적상들은 수로(channel), 해빈(beach)과 사퇴(sand bar), 조간대(intertidal flat) 등과 같은 특징적인 지형에 나타나며, 각각의

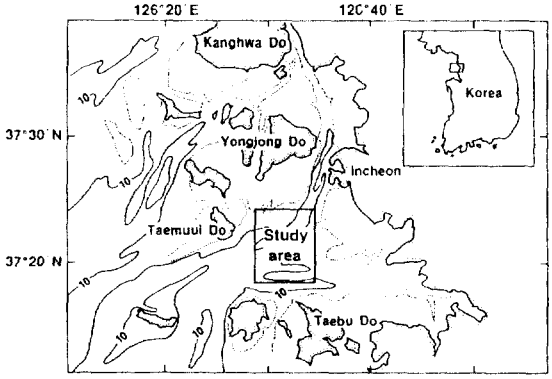

Fig. 1. Location of the study area in Kyeonggi Bay. The dotted lines represent the low water line which seperates the intertidal from subtidal areas. The solid lines with number represent the 10 m isodepth contour lines.

다른 에너지조건에 따라 결정된다 (장 등, 1981). 인천항과 팔미도를 거쳐 자월도 동측으로 통하는 수로에는 사력질퇴적상이 수로와 동일한 방향으로 발달하고 있으며, 사질퇴적상은 해안선을 따라 해빈과 사퇴지형에 나타난다. 경기만 일대에 넓게 발달하고 있는 조간대에는 니질퇴적상이 발달하고 있다. 한강하구로부터 유입된 부유퇴적물은 강한 조류로 인한 불안정한 표층퇴적환경으로 인해 대부분이 조간대역에 퇴적되거나 만조와 간조사이에 수괴의 상부층을 통해 경기만일대 해역으로 확산, 이동된다(백, 1991).

연구해역의 조석은 반일주조의 양상을 보이며, 인천항은 소조시 347 cm, 대조시 798 cm로 평균 606.6 cm의 조석차를 보이는 대조차(macrotidal) 환경이다(수로국, 1989). 외해로 부터 경기만 내로 가면서 조석은 점차 비대칭의 양상을 보이며, 낙조류가 우세하게 나타난다. 창조류에 대한 낙조류의 유속비는 소조기시에 1.0～1.34, 중조기시에 1.09～1.32, 대조기시에 1.07～1.42로서 대체로 낙조류가 우세한 경향을 보이고 있으나 지형적인 원인에 의해 창조류가 우세한 지역도 나타나고 있다(봉, 1978).

재 료

본 연구에 사용된 자료는 1993년 한국자원연구소에서 수행한 바다골재자원연구에서 획득된 것이다. 연구해역의 탄성파 층서와 음향상 및 사퇴의

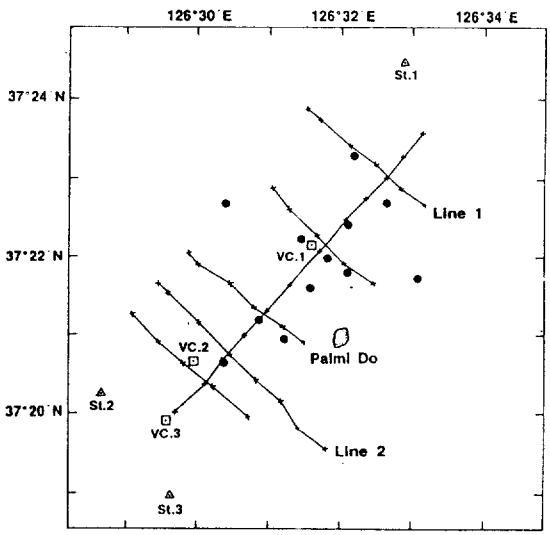

Fig. 2. Map showing tracklines of high-resolution seismic profiling. The dots represent the surface sample sites. the squres represent the vibrocore sample sites and triangles represent the mooring sites.

특성을 규명하기 위해 총 30 line-km에 대한 고해상 탄성파탐사와 수심측정을 하였으며, 조사간격은 북서-남동 방향으로 각각 1~2 mile을 유지하였다 (Fig. 2). 위치측정을 위하여 인공위성 항법장치(GPS)를 사용하였으며, 항해속도는 약 5 knots를 유지하였다.

퇴적상해석을 위하여 총 12개의 표층퇴적물과 2개의 주상퇴적물을 채취하였다. 채취된 주상퇴적물은 입도분석을 위하여 구간별로 시료 20~40g을 취해 회석(decantation) 방법에 의해 용해성 염분을 제거하고, 시료를 10% 과산화수소와 10% 염산으로 처리 하였다. 처리된 시료를 62.5 μm(4φ)의 체를 사용하여 조립부와 세립부로 나누었다. 조립부는 1φ 간격으로 sieve shaker를 사용하여 건식체질을 한 후에 입도별 중량백분비을 구하였고, 세립부는 피펫(pipette)방법을 사용하여 1φ 간격으로 분석되었다. 이 결과 얻어진 입도별 중량백분비를 누적곡선위에 옮겨 Folk(1968)의 graphic method을 이용하여 퇴적물의 조직표준치(textural parameter)를 구하였다.

탄성파 층서 (seismic stratigraphy)

탄성파자료분석은 내부반사면들이 그들의 상하경계와 만나는 관계를 규명하고 단위층의 음향학적 특성을 파악하는데 중점을 두고 실시하였다. 부정합면은 새로운 층과 고기층을 분리하는 침식 혹은 무퇴적면이거나(Mitchum et al., 1977), 혹은 소결층인 다이아스템(diastem)이다 (민, 1994). 연구해역에서 획득된 고해상도 탄성파 탐사자료의 해석과 주상퇴적물 시료의 분석 결과 연구해역은 3개의 탄성파 층서단위(unit A, B, C)로 대분된다(Fig. 3). 퇴적층을 구분하는 반사계면은 상부로부터 α-반사계면(α-reflector), β-반사계면(β-reflector)으로 명명하였다. 이러한 탄성파 퇴적단위내에는 각각 하나의 매몰된 사퇴을 포함하고 있으며, 이들을 상부로부터 사퇴 A(ridge A), 사퇴 B(ridge B), 사퇴 C(ridge C)로 하였다. 매몰된 사퇴들은 현재의 해저면에 노출된 사퇴와 유사한 형태, 규모, 내부구조 등을 보이고 있다. 이러한 사퇴의 특성은 사퇴의 발달기원 및 발달당시의 퇴적환경을 제시한다. 한편, 퇴적단위 C (unit C)는 퇴적단위 A, B 보다 오래되고 기반암상부에 놓이는 모든층을 묶은 미분화 퇴적단위로서 본 연구에 이용된 탄성파 탐사기기의 투과능력 한계로 인해 내부구조특성에 관한 해석은 배제하였다.

1. 퇴적단위 A (unit A)

퇴적단위 A는 α-반사계면 상위에 놓이며, α-반사계면은 사퇴 A의 하부경계면을 이루고 있다. 사퇴는 북동방향으로부터 남서방향으로 가면서 두개로 나누어지고 있으며, 연속성이 약한 중간반사면(mid-reflcetor)에 의해 구분된다(Fig. 3). 퇴적층후는 6~16 m이며, 북동-남서방향으로 대상분포를 나타내고 있다(Fig. 4). 이러한 퇴적층후는 장 등(1981)에 의해 보고된 경기만 일대에 대한 현생퇴적층의 두께와 대체로 일치하는 것으로서 사퇴의 북서, 남동쪽의 수로로 갈수록 얇아지는 경향을 보이고 있다.

2. 퇴적단위 B (unit B)

퇴적단위 B는 α-반사계면과 β-반사계면 사이에 놓이며 (Fig. 3), 최대 퇴적층후는 약 24 m이다(Fig. 4). β-반사면은 심한 요철지형을 보이고 있으며, 내부반사면이 절단(truncation) 또는 하향중첩(down-lap)에 의해 구분된다. 이러한 반사계면은 하부퇴적층이 퇴적후 침식을 받은 것으로 해석된다. 퇴적단위

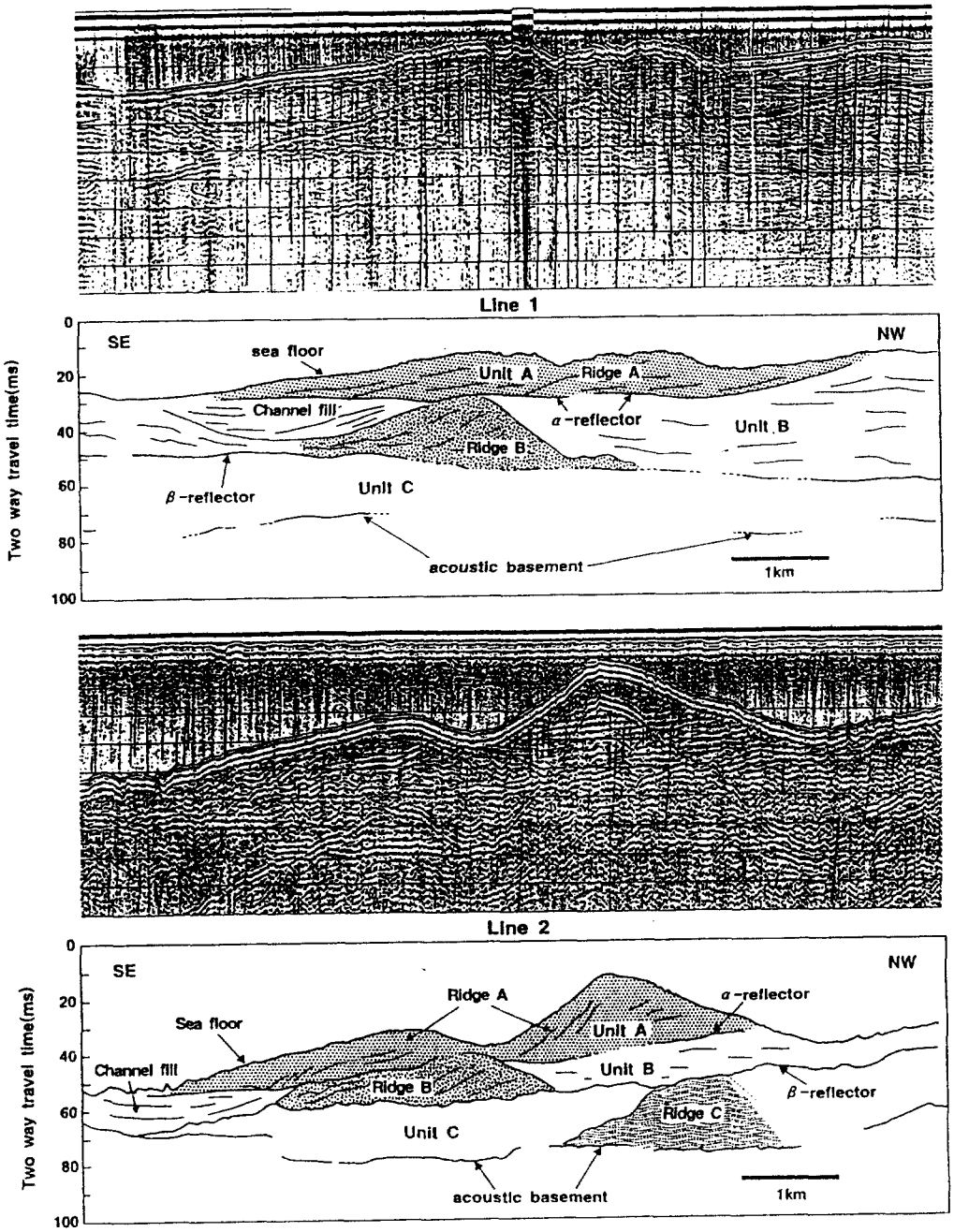

Fig. 3. High-resolution seismic profiles across the sand ridges showing the three seismic units. Location of profiles is shown in Fig. 2.

B의 음향상은 사퇴와 수로 충진구조를 제외한 대부분이 연속성이 적은 수평 또는 작은 기울기의 내부반사면을 보이고 있다. 퇴적층의 두께는 최대 층후를 보이는 북동북방향으로부터 남서남방향으로 점차 얇아지는 경향을 보이고 이며, 팔미도 부근에서 급격한 감소를 나타내고 있다(Fig. 4). 퇴적단위 B에는 하나의 매몰된 사퇴(사퇴 B)와 수로충진구조(channel fill structure)를 포함하고 있다. 수로충진

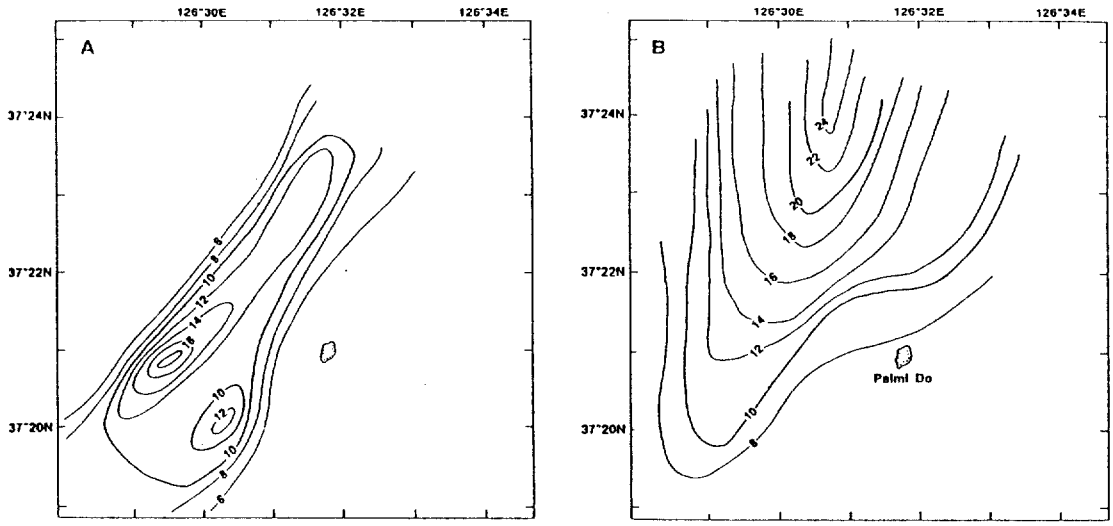

Fig. 4. A: isopach map of seismic unit A, B: isopach map of seismic unit B. Contour interal is 2 m.

Table 1. Dimension of modern and paleo-sand ridges in the study area.

Ridges	Magnitude			Angle		Direction
	Height	Wavelength	Length	SE	NW	
Ridge A	16 m	3.5 km	8.6 km	1.2°	0.7°	41°
Ridge B	16.5 m	2.8 km	12.6 km	0.5°	0.9°	45°

내의 음향상은 수로와 유사한 형태(infilling channel with conformable bedding) 또는 수평층리된 형태(horizontally bedded channel fill)를 보이고 있다(Oertel et al., 1991).

사퇴 (sand ridge)

1. 사퇴 A (ridge A)

사퇴 A의 규모는 높이(height) 16 m, 파장(wavelength) 3.5 km, 길이(length) 8.6 km이다(Table 1). 일반적으로 조류에 의해 이동(migration)되는 현생 사퇴의 급경사면 각도는 약 5° 이상이다(Houbolt, 1968; Walker, 1984). 그러나, 연구해역에 발달한 사퇴의 경사면 각도는 남동측이 1.2°, 북서측이 0.7°로서 매우 낮은 값을 보이는 비대칭형(asymmetrical type)을 나타내고 있다. 사퇴의 첨릉선(crest line)은 북동-남서 방향을 향하고 있다(41°). 사퇴 A의 내부는 급경사면(steep face)과 평행한 사층리 반사(corss-bedding reflector)구조를 보이고 있으며,

Table 2. The variation of textural parameters on the sand ridge

Zone	Textural parameters			
	$M_z(\phi)$	σ_I	Sk_I	K_G
Crest	2.3-2.9	0.3-0.6	−0.3-0.2	0.9-1.7
Trough	3.1-3.3	0.5-1.3	−0.1-0.1	0.6-1.2
Northwestern slope	1.9	0.6	0.7	1.3
Southeastern slope	1.4	0.7	0.3	2.1

경사도는 0.8~0.6°이다. 사층리반사방향(dipping direction)은 남동방향을 향하고 있다. 이러한 사면 반사구조는 왕복성 조류에 의해 형성된 재작용면(reactive surface)로 해석되며, 퇴적물이 주로 북서방향으로부터 남동방향으로 퇴적되고 있음을 나타내고 있다.

경기만해역에서 Choi(1991)에 의해 측정된 경계면 전단속도(U*, boundary shear velocity)는 2.39 cm/sec로 제시되었으며, Choi(1990)에 의해 계산된 임

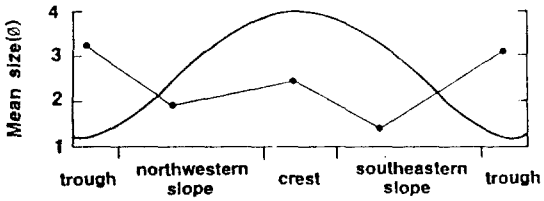

Fig. 5. The horizontal variation of mean grain size (phi) over the sand ridge.

계전단속도(U_{*C}, critical shear velocity)가 1.40 cm /sec 이상으로 연구해역의 세립사가 조류에 의해 쉽게 침식, 운반됨을 나타내고 있다. 사퇴가 세립사의 이동에 의해 형성된다는 관점에서 사퇴를 정부, 골짜기, 서측 경사면, 동측 경사면으로 구분하여 각각의 평균입도(mean size, ϕ)를 구하고(Table 2), Fig. 5에 도시하였다. 사퇴와 관련된 퇴적물의 입도변화는 북해연안에서 많은 연구가 되어 있다(Houbolt, 1968; Swift et al., 1978; McCave and Langhorne, 1982). 조류의 영향이 지배적인 북해 중앙해역의 사퇴는 사퇴의 완만한 경사쪽으로부터 첨릉선을 지나 급경사면으로 가면서 세립화하는 경향을 보이며, 해류의 영향이 지배적인 대서양연안은 사퇴의 연안쪽 경사면과 외해쪽 경사면의 입도가 대칭적인 양상을 나타내고 있다(Swift et al., 1978; Swift and Field, 1981). 즉, 정부는 세립사가 분포하고 골짜기로 갈수록 조립사가 분포하며, 사퇴와 사퇴 사이의 골짜기에는 역을 포함하는 조립사가 분포한다. 이러한 사퇴의 입도변화는 사퇴의 상부를 덮고 있는 모래파와 거연혼에 의한 퇴적물 이동으로 기인된다. 그러나 본 연구해역의 사퇴는 골짜기에서 극세립사(3.07~3.23ϕ)가 분포하고 경사면에서 중립사(1.4~1.9ϕ), 정부에서 세립사(2.3~2.9ϕ)가 분포하여 경사면에서 상대적으로 조립질 퇴적물이 분포하며, 골짜기에서 가장 세립질 퇴적물이 분포하는 양상을 보이고 있다. 한편, 북동쪽 경사면보다는 남동쪽경사면에서 상대적으로 조립질이 분포하는 특성을 보이고 있다.

사퇴의 수직적 입도는 큰 변화를 보이지 않는다(Fig. 6). 사퇴의 중앙정부에서 채취된 주상시료 VC. 1은 대체로 분급이 양호한(moderately well sorted) 세립사(2.1~2.9ϕ)로 구성되어 있으며, 변화폭이 적으나 상향세립화(finning upward)현상을 보이고 있

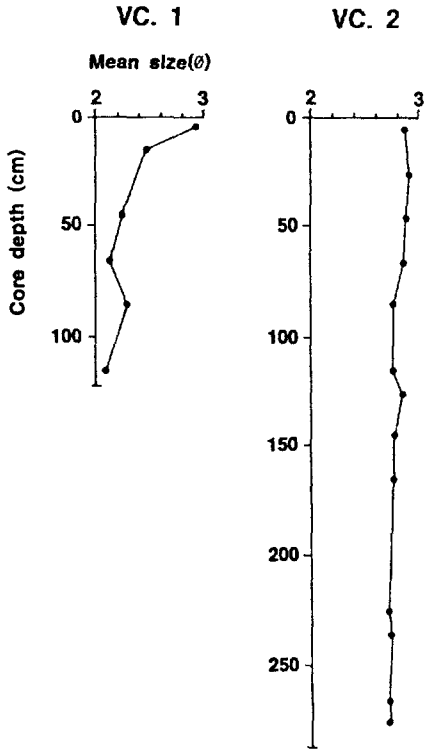

Fig. 6. The vertical variation of mean grain size (phi) of core samples. Location is shown in Fig. 2.

다. 반면, 사퇴의 남서쪽 경사면에서 채취된 VC. 2 역시 분급이 대체로 양호한 세립사(2.7~2.9ϕ)로 구성되어 있으나, 수직적 입도변화가 나타나지 않는다.

조류성 사퇴는 일반적으로 조류의 방향과 약 20° 이하의 기울기를 가지며, 대체로 평행하게 발달한다고 보고되어 있다(Swift, 1976; Stride, 1982; Twichell, 1983). 연구해역의 조류의 방향은 최강창조류시 38~68° (평균, 56°), 최강낙조류시 233~256° (평균, 242°)를 보인다(Fig. 7). 사퇴는 좌북을 기준으로 41° 방향으로 발달하고 있다. 최강창조류와 사퇴의 방향은 15°의 차를 보이고 있으며, 최강낙조류와는 21°의 차를 보이고 있다. 이러한 차이는 일반적으로 조류에 의해 형성된 사퇴의 것과 대체로 일치하고 있다.

2. 사퇴 B (sand ridge B)

탄성파 퇴적단위 B에 매몰되어 있는 사퇴 B는 연속성이 강하고 부드러운(smooth) 반사면에 의해 상부퇴적단위 또는 주위의 퇴적층과 구분되고, 하

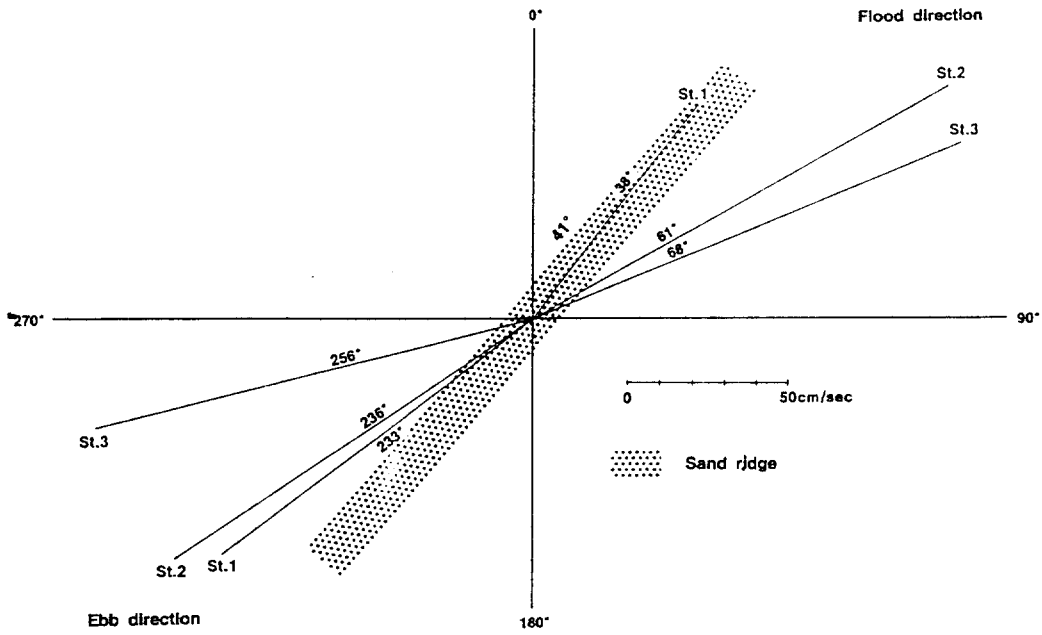

Fig. 7. The direction of sand ridge and maximum ebb and flood tidal current in the study area.

부면은 요철이 심한 β-반사계면에 의해 구분된다. 사퇴 B의 규모는 높이(height) 16.5 m, 파장(wavelengh) 2.8 km, 길이(length) 12.6 km로서(Table 1), 사퇴 A보다 폭이 좁고, 길이가 길게 발달하고 있다. 사퇴의 첨릉선은 사퇴 A와 유사한 북동-남서방향(45°)으로 발달하고 있으나 시계방향으로 약 4°의 차이를 보이고 있다. 현재의 조류방향과는 최대창조류시 11°, 최대낙조류시 17°의 차이를 보이고 있다.

사퇴의 경사면의 각도는 남동측이 0.5°, 북서측이 0.9°로 급경사면이 북서방향을 향하는 비대칭형(asymmetrical type)을 나타내며, 고해상도 탄성파자료에 나타난 사퇴 B의 내부 음향상은 남동방향으로 작은 기울기를 가지는 사층리반사구조를 보이고 있다. 사퇴의 급경사면과 사층리반사가 현재 해저면에 노출되어 있는 사퇴 A와 동일한 방향을 향하고 있다.

사퇴의 발달기원

조류성사퇴는 탄성파 단면도상에서 하부경계면이 강한 반사도를 가지며, 그 상부에 급경사면과 대체로 평행한 사층리반사구조가 잘 발달하며, 비대칭형(asymmetrical)이 특징이다(Walker, 1984). 사층리반사구조는 왕복성조류에 의해 발달하는 모래파(sand wave) 또는 거연흔(megaripple)에 의한 사질퇴적물의 이동에 의해 형성되며, 사층리반사방향(dipping direction)으로 사질퇴적물이 이동되고 있음을 지시하고 있다(Johnson et al., 1982; Yang and Sun, 1988, Berne et al., 1991). Swift(1976)에 제시된 사퇴상부의 퇴적물이동 모델에 의하면 사질퇴적물이 일정한 기울기를 가지고 첨릉선방향으로 이동되어 형성된다고 연구되어 있다. 그러나 연구해역의 사퇴상부에는 규모가 큰 퇴적구조(large scale bedform)의 발달이 미약하며, 급경사면(lee side)과 완경사면(stoss side)의 경사도 차이가 매우 낮은 비대칭형을 나타내고 있다. 이러한 조류성사퇴의 발달은 창조류와 낙조류에 의한 상대적인 사질퇴적물 이동 능력과 사퇴의 경사도에 의해 좌우되는 것으로 해석된다. 즉, 사질퇴적물이 창조류에 의해 경사가 완만한 북서측에서 사퇴의 첨릉선으로 이동되어 사퇴의 급경사면인 남동측으로 이동되고, 첨릉선을 지난 사질퇴적물은 사퇴의 큰 경사도로 인해 낙조류의 방향으로 이동되지 못하고 낙조류와 수직방향

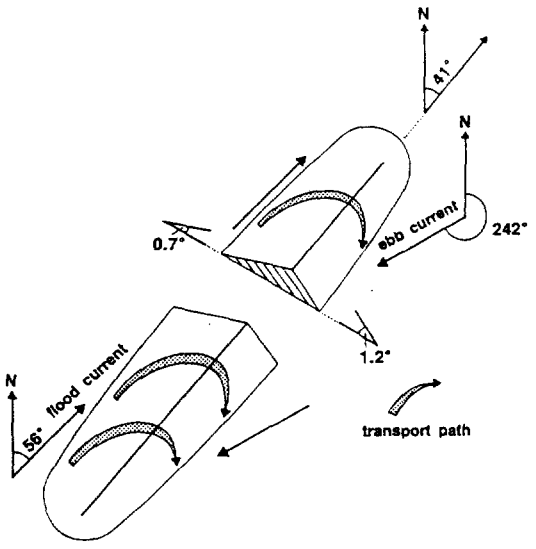

Fig. 8. Model of sand transport over the tidal sand ridge.

인 골짜기로 이동되어 사퇴가 남쪽방향으로 확장되어지는 것으로 해석된다(Fig. 8). 이러한 증거로는 사퇴의 침룽선을 따라 북동-남서방향으로 갈수로 사퇴의 높이가 높아지고 폭이 좁아지는 경향을 보이고 있으며, 사면반사구조의 방향이 남동방향을 향하고 있는 점을 들 수 있다. 김 등(1979)에 의해 작성된 연구해역의 등층후도와 현재의 사퇴와 비교할 때 현재의 사퇴의 층후가 남서쪽으로 이동되었음을 보여주고 있다.

퇴적역사

퇴적층 B는 사퇴와 수로충진구조로 이루어져 있다. 이는 퇴적층 B가 사질퇴적물의 이동에 의한 조류성사퇴의 발달과 해수면 상승으로 인하여 세립질퇴적물이 사퇴의 골짜기를 충진하면서 형성된 것으로 해석된다. 사퇴 B의 퇴적물은 주상시료의 한계로 인하여 정확하게 알 수 없으나 사퇴 A와 동일한 음향상과 형태로 볼때 사퇴 A와 유사한 사질퇴적물로 구성되어 있는것으로 해석된다. 한편, 경기만 일대의 수로에서 채취된 주상시료에 의하면 사퇴를 제외한 퇴적단위 B는 세립질 퇴적물을 다량 함유한 사질니 또는 니질사로 구성되어 있는 것으로 보고된 바 있다 (김 등, 1979). 특히, 퇴적단위 B에 나타나는 수로충진 구조는 수로와 유사한 형태(infilling channel with conformable bedding) 또는 수평층리된 형태(horizontally bedded channel fill)를 보이고 있다. 이러한 수로충진 구조는 침식에 의한 발달이라기 보다는 사퇴의 형성에서 생긴 수로 형태의 지형으로서 해수면의 상승으로 인한 수심변화로 세립질 퇴적물의 공급에 의한 충진으로 해석된다. 또한, 사퇴 B가 사퇴 A와 유사한 방향(45°)과 경사도(남동쪽, 0.5°; 북서쪽, 0.9°)로 발달한 것으로 보아 현재와 유사한 환경하에서 사질퇴적물의 이동에 의해 형성된 것으로 해석된다. 사퇴 B가 현재와 유사한 환경에서 형성된 조류성사퇴라고 가정한다면, 사퇴 B의 하부경계면이 사퇴 A의 하부경계면보다 10～15 m 이하로서, 이를 황해에서 연구된 현생해수면변화곡선(Wang and Wang, 1980; Zhao et al., 1982; Yang and Xie, 1984a, 1984b; Pirazzoli, 1991)과 비교할 때 약 8000년 이전인 중기현세(mid-Holocene)에 사퇴 B가 형성된 것으로 해석된다. 해수면이 더욱 상승하여 현재와 같은 높이에 이르러 조류의 작용에 의해 사질퇴적물이 이동되어 남동방향으로 사면반사구조를 형성하는 퇴적단위 A, 즉, 사퇴 A가 형성된 것으로 해석된다.

결 론

1. 팔미도 부근의 사퇴 발달해역은 3개의 탄성파 퇴적단위로 구분되며, 각 퇴적단위내에는 매몰된 사퇴를 포함하고 있다.

2. 퇴적단위 A의 최대퇴적층후는 16 m이며, 현재 환경에서 활동되는 사퇴(사퇴 A)로 이루어져 있다. 사퇴 A는 높이 16 m, 파장 3.5 km 그리고 길이 8.6 km이며, 북동-남서방향(41°)으로 발달하고 있다. 사퇴 A는 주로 2～3φ의 세립사로 구성되어 있으며, 조류작용에 의해 점차 남쪽방향으로 이동되는 것으로 해석된다.

3. 퇴적단위 B의 최대퇴적층후는 24 m이며, 하나의 사퇴와 수로충진구조로 이루어져 있다. 사퇴 B는 사퇴 A와 유사한 방향과 경사도로 발달하여 현재와 동일한 환경하에서 조류작용에 의해 형성되었으며, 해수면이 상승하면서 사퇴주변의 골짜기가 세립질로 충진되어 퇴적단위 B를 형성한 것으로를 해석된다. 한편, 사퇴 B의 하부경계면을 황해에서 연구된 현세해수면곡선과 비교할 때 약 8000년전인 중기현세

(mid-Holocene)에 형성된 것으로 해석된다.

4. 현재 환경에 나타나는 사퇴의 특성, 즉, 규모, 방향, 경사도 그리고 내부구조 등을 파악하고 이를 고 퇴적단위내에 매몰된 사퇴와 비교하여 퇴적당시의 퇴적환경을 규명하는데 유용하다. 즉, 사퇴가 환경의 지시자(indicator)로 매우 유용하다는 결론를 얻었다.

사 사

본 연구는 한국자원연구소에서 1993년도에 실시한 해저골재자원연구의 일환으로 수행되었다. 자료획득에 많은 도움을 주신 탐해호 선원에게 감사를 들이며, 실내분석에 도움을 주신 한국자원연구소 해저자원연구부 여러분께 감사를 드립니다.

참고문헌

김승우, 박영수, 박수철, 조규장, 김철민, 박관순, 김원식, 1979. 제 4 기 해저자원조사연구 (경기만 일대), KIGAM Bulletin-07, 41pp.

민건홍, 1994. 한반도 남동대륙붕의 플라이오세-현세 퇴적층의 탄성파층서 및 퇴적사, 서울대학교 박사학위논문, 196pp.

백정윤, 1991. 부유퇴적물 이동에 따른 한강하구 염하수로의 퇴적작용에 관한 연구, 인하대학교 석사학위논문, 68pp.

봉종헌, 1978. 인천항부근 수로의 조석, 해양학회지, **13**: 29-34.

수로국, 1989. 수로기술연보, 서지 제 1101호, 198pp.

장순근, 이창복, 석봉출 외 7인, 1981. 연안환경도 작성연구 (경기만, 해양지질분야), BSPE 00029-52-5, 226p.

Berne, S., Durand, J. and Weber, O., 1991. Architecture of modern subtidal dunes(sand waves), Bay of Bourgneuf, France, in Miall, A.D. and Tyler, N., eds., The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for Hydrocarbon discovery and recovery, SEPM, **3**: 245-260.

Choi, J.H., 1990. Scour and infill processes of sand around an artificial cylinder on tidal sand ridges in the Gyeonggi Bay, Korea. Ph. D. thesis, Seoul Nat. Univ., 137pp.

Choi, J.H., 1991. Estimation of Boundary Shear Velocities from Tidal Current in the Gyeonggi Bay, Korea. J. Ocean. Soc. Korea, **26**: 340-349.

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

Houbolt, J.J.H.C., 1968. Recent sediments in the Southern Bight of the North Sea. Geol. Mijnb., **47**: 245-273.

Johnson, M.A., Kenyon, N.H., Belderson, R.H. and Stride, A.H., 1982. Sand transport. in Stride, A.H., ed., Offshore tidal sands. London, Chapman and Hall. 58-94pp.

Lee, C.B., Yoo, H.R. and Park, K.S. 1992. Distribution and properties of intertidal surface sediments of Kyeonggi Bay, West Coast of Korea. J. Ocean. Soc. Korea, **27**: 277-289.

McCave, I.N. and Langhorne, D.N. 1982. Sand waves and sediment transport around the end of a tidal sand bank. Sedimentology, **29**: 95-110.

Mitchum, R.M., Vail, P.R. and Thompson, S. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 2: The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis. In Payton, C.W. ed., Seismic stratigraphy applications to hydrocarbon exploration. A.A.P.G. Mem. **26**: 532-62.

Oertel, G.F., Henry, V.J. and Foyle, A.M. 1991. Implications of tide-dominated lagoonal processes on the preservation of buried channels on a sediment-starved continental shelf. In Swift, D.J.P., Oertel, G.F., Tillman, G.F. and Thorne, J.A., eds., Shelf sand and Sandstone Bodies, Spec. Publis Int. Ass. Sediments. **14**: 379-393.

Pirazzoli, P.A. 1991. World Atlas of Holocene Sea-level Changes, Elsevier Oceanography Series, 58: 300pp. Stride, A.H., 1982. Offshore tidal sands, processes and deposits. Chapman and Hall. 222pp.

Swift, D.J.P. 1976. Continental shelf sedimentation, in Stanley, D.J., and Swift, D.J.P., eds., Marine sediment transport and environmental management: John Wiley and Sones, Inc., New York, 50-311.

Swift, D.J.P., Sears, P.C., Bohlke, B. and Hunt, R. 1978. Evolution of a shoal retreat massif, North Carolina shelf inferences from areal geology: Marine Geol., **27**: 19-47.

Swift, D.J.P. and Field, M.E. 1981, Evolution of a classic sand ridge field: Maryland sector, North American inner shelf, Sedimentology, **28**: 461-482.

Twichell, D.C., 1983. Bedform distribution and inferred sand transport on Georges Bank, United States Atlantic Continental Shelf. Sedimentology, **30**: 695-710.

Walker, 1984. Shelf and shallow marine sands, In by R.G. Walker ed., Facies Models, Geoscience canada reprint series **1**: 141-170.

Wang, J. and Wang, P. 1980. Relationship between sea-level changes and climatic fluctuation in east China since the late Pleistocene. Acta Geogr. Sinica, **35**: 299-312.

Yang, C.S. and Sun, J.S. 1988. Tidal sand ridges on the east China Sea shelf. In De Boer, P.L., Gelder, A.V., and Nio, S.D., eds., Tidal-influenced sedimentary environments and Facies: D. Reidel Publishing Company, 23-38.

Yang, H. and Xie, Z. 1984a. Sea-level changes in east China over the past 20,000 years. In R.O. Whyte ed., The evolution of Eastern Asian Environment. Univ. Hong Kong. 288-308.

Yang, H. and Xie, Z. 1984b. A perspective on sea-level fluctuations and climatic variations (in Chinese with English abstract). Acta Geogr. Sinica, 39, **1**: 20-39.

Zhao, X., Geng, X. and Zhang, J. 1982. Sea level changes in eastern China during the past 20,000 years. Acta Oceanol. Sinica, **1**: 248-258.

Accepted August 27, 1994