

한반도 서부대륙붕에 발달한 사퇴의 발생기원과 특성

방호기¹ · 이치원¹ · 오재경²

¹한국자원연구소

²인하대학교 해양학과

Origin and Characteristics of Sand Ridges in the Western Continental Shelf of Korean Peninsula

HYO KY BAHNG¹, CHI WON LEE¹ AND JAE-KYUNG OH²

¹Korea Institute of Geology, Mining and Materials, P.O. Box 14 Taedok Science Town,
Taejon 305-350, Korea

²Dep. of Oceanography, Inha Univ., Incheon 402-751, Korea

한반도 서부대륙붕은 북동-남서방향의 불연속적인 사퇴가 잘 발달되어 있다. 사퇴의 규모는 높이 3~21 m, 파장 3.1~6.8 km, 길이 9~64 km이며 경사도는 0.5이다. 이러한 사퇴들은 해수면상승에 따른 수심변화와 조류의 세기변화로 인하여 형성되고 변형 되어지는 것으로 해석된다. 사퇴의 특징은 다음과 같다:(1) 사퇴의 발달이 조류방향과 대체로 일치하는 북동-남서방향으로 발달하고 있다.(2) 사퇴의 내부는 3.5 kHz 탄성파단면도와 주상퇴적물에 의해 두개의 층(sequence)으로 구분된다. 상부층은 내부 반사면이 없는 확산(prolonged type)된 음향상이 나타나며, 균질(massive)의 세립사(Mz, 2-3φ)로 구성되어 있다. 그 하부층은 수평내부반사(parallel internal reflector) 음향상이 나타나며, 엽리구조(laminated structure)가 발달한 사질니 또는 니질사(Mz, 5-7φ)로 구성되어 있다. 수평한 내부반사면은 사퇴의 양쪽 경사면에서 절단(truncation)된 모습을 보이고 있다.(3) 비대칭형(asymmetrical type)의 모래파가 사퇴를 덮고 있다. 모래파의 급경사면이 사퇴의 서측은 동북동, 동측은 서남서방향을 향하고 있다. 반면, 사퇴의 정부는 대칭형(symmetrical type)의 모래파가 분포한다. 이러한 특징을 가진 사퇴의 기원은 하부퇴적층이 강한 조류에 의해 침식(scouring)되어 등성과와 같은 지형을 형성하고, 침식되고 남은 조립질의 잔류퇴적물이 등성의 상부를 피복하여 형성된 것으로 해석된다.

From northeast to southwest, discontinuous sand ridges distribute on the western continental shelf of Korean Peninsula. The dimension of sand ridges is 3 to 21 m high, 3.1 to 6.8 km wavelength and 9-64 km long with 0.5 steep slope. They are probably originated and reformed by the intensity of tidal current according to the sea level rise. The characteristics of sand ridges revealed in study area are summarized as follows:(1) The sand ridges line up with the long axes of the tidal current ellipses, indicating a tidal control.(2) These are composed of two sedimentary sequences on the 3.5 kHz seismic profiles and core sediments. The upper sequence characterized by prolonged type is covered with thin veneer of massive fine sand(Mz, 2-3φ) with Olive Gray(5Y 5/2). The lower sequence is characterized by internal reflector type with parallel and discontinuous. It consists of sandy mud or muddy sand(Mz, 5-7φ) with laminar structures. The parallel internal reflectors are truncated on the slope of sand ridges.(3) Asymmetrical sand waves are superimposed on the sand ridges, and facing to the crest. However, symmetrical sand waves lie on the crest. Sand ridges having characteristics above is originated by scouring of tidal current, covered with coarse relict sediments, and modified by sandwave.

서 론

황해동부에 위치한 한반도 서부대륙붕은 해수면이 낮은 환경에서 퇴적된 조립질 잔류퇴적물로 피복되어 있으며 퇴적후는 약 0-30 m이다(민 등, 1992, 1993; 이 등, 1994). 잔류퇴적물은 해수면변화와 강한 왕복성 조류의 복잡한 상호작용에 의해 재동되어 사퇴(sand ridge), 모래파(sand wave)와 거연흔(megaripple) 등의 해저지형을 형성하였으며, 계속 변형되어 지고 있다(최 등, 1992). 이러한 규모가 큰 사퇴의 발생기원은 해류가 강한 대서양연안, 조류가 강한 북해등에서 많은 연구가 되어왔다(Huthnance, 1982a, 1982b; Stubblefield and Swift, 1976; Stubblefield et al., 1984; Swift, 1976; Swift et al., 1978; Swift et al., 1984). 그러나 이러한 이론들은 수심이 낮으며, 완만한 경사, 강한 왕복성 조류, 해수면상승과 같은 복잡한 환경요인을 내포하는 한반도 서해대륙붕의 사퇴의 기원에는 적용되지 않는다.

본 연구는 3.5 kHz 탄성파탐사자료, 측사면관측자료(side scan soning)와 주상시료를 이용하여 사퇴와 모래파의 분포, 사퇴의 음향상, 사퇴와 모래파의 형태 및 퇴적상 분석을 통하여 한반도 서해대륙붕에 발달한 사퇴의 발생기원 및 특징을 밝히는 것이다.

연구해역

서해 대륙붕의 표층퇴적물은 외해로부터 육지쪽으로 갈수록 세립화하는 경향을 보이고 있다. 외해역은 마지막 해침시 퇴적된 사질퇴적상이 넓게 분포하고 있으며, 연안역은 하천 또는 외해로부터 세립질이 유입되어 사니질혼합퇴적상을 형성하고 있다(민 등, 1992, 1993; 이 등, 1994). 사질퇴적상은 분급이 양호한 단모드(unimodal)이고, 니질(silt + clay) 퇴적물의 함량이 10% 이하인 2~3φ의 세립사(fine sand)로 구성되어 있으며 강한 조류에(tidal current)에 의해 재동(reworking)되어지고 있다. 사니질혼합퇴적상은 분급이 불량한 복모드(bimodal)이고, 4~5φ의 니질사(muddy sand) 또는 사질니(sandy mud)로 구성되어 있다(이 등, 1992; 최 등, 1992; Lee and Chough, 1989). 연구해역의 퇴적물 분포에

영향을 주는 조석은 반일주조의 성격을 강하게 나타낸다. 표층의 연간 최대 창조류 유속은 외해역에서 72 cm/sec이고 내해로 가면서 강해져 최대 200 cm/sec를 갖고, 최강 낙조류의 유속은 외해역에서 66 cm/sec이며 내해로 갈수록 240 cm/sec로 강해진다(수로국, 1987, 1989). M₂에 의한 조류타원(tidal current ellipse) 분석에 따르면, 표층의 형태는 북동과 남서방향을 장축으로 매우 압축된 모습을 보여주며, 외해로 그 압축정도가 약해진다. 그러나 저층은 북동-남서방향을 장축으로 타원을 형성하며 그 압축정도가 표층보다 약하다(KORDI, 1987).

방법 및 재료

본 연구해역은 한반도 서해 중부해역으로서 북위 35°30'~37°00', 동경 125°00'~126°30'이다(Fig. 1). 본 연구에 사용된 자료는 1991~1993년 사이에 한국자원연구소에서 실시된 연근해저지질연구에서 획득된 것이다. 사퇴의 형태와 음향상을 알기위해 총 4500 line-km에 대한 고해상도(3.5 kHz) 탄성파탐사와 수심측정을 하였으며, 조사간격은 남-북, 동-서 방향으로 각각 2 mile을 유지하였다(Fig. 2). 위치측정을 위하여 인공위성 항법장치(GPS)를 사용하였으며, 항해속도는 약 5 knots를 유지하였다. 또한 사퇴 상부를 피복하고 있는 작은 규모의 거연흔(megaripple)을 파악하기 위하여 측사면관측기(side scan sonar)를 병행하였다.

사퇴의 퇴적상 파악을 위해 등성이 상부에서 2개의 주상퇴적물을 채취하였다. 주상시료는 입도분석을 위하여 구간별로 시료 20~40 g을 취해 희석(decantation) 방법에 의해 용해성 염분을 제거하고, 시료를 10% H₂O₂와 10% HCl로 처리하였다. 이 시료를 62.5 μm(4 φ)의 체를 사용하여 조립부와 세립부로 나눈 후, 조립부는 1φ 간격으로 sieve shaker를 사용하여 건식체질을 한 후에 입도별 중량백분비를 구하였고, 세립부는 피펫(pipette) 방법으로 1φ 간격으로 분석되었다. 이 결과 얻어진 입도별 중량백분비를 확률누적곡선위에 옮겨 Folk(1968)의 graphic method을 이용하여 퇴적물의 조직변수(textural parameters)를 구하였다.

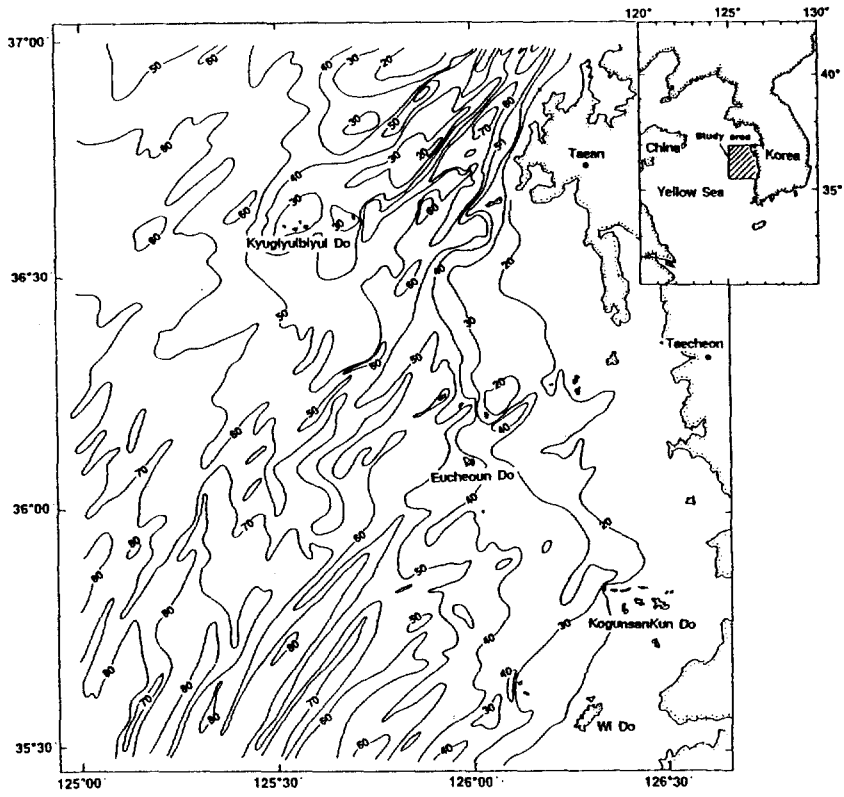


Fig. 1. Detailed bathymetric map of the western continental shelf of Korean peninsular and location of study area. Contours in meters.

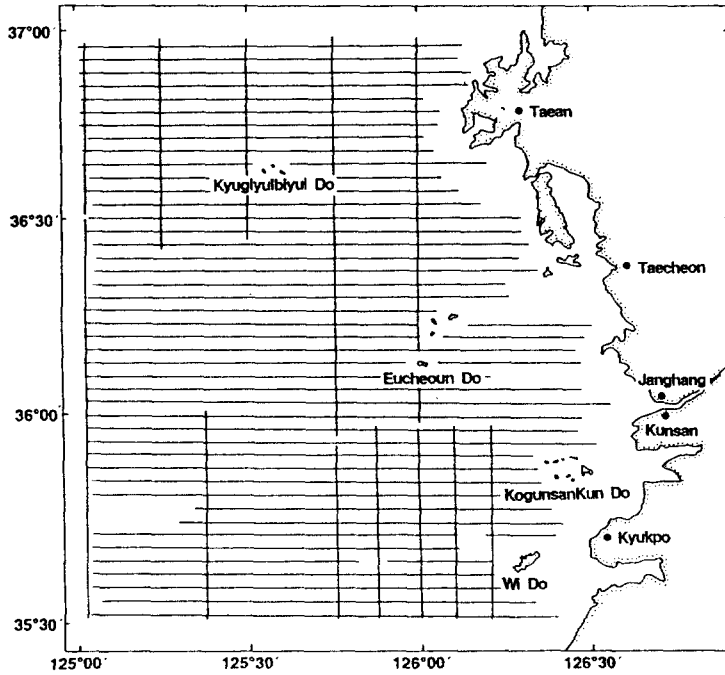


Fig. 2. Map showing tracklines of high-resolution (3.5 kHz) seismic profiling.

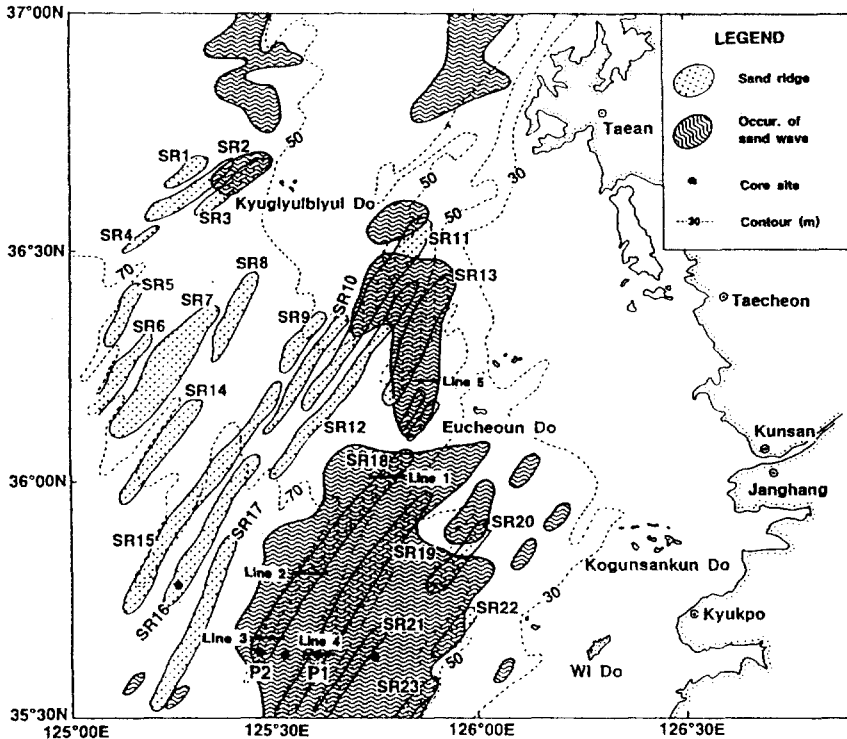


Fig. 3. Distribution map of sand ridges and sand waves. Heavy line segments with numbers and letters show location of profiles illustrated in the following figures and heavy dots showing the core sites location.

Table 1. Magnitude of sand ridges in the western continental shelf of Korean Peninsula. For location see Fig. 3

Samp. No.	Height (m)	Wave L. (km)	Long (km)	Direction	Samp. No.	Height (m)	Wave L. (km)	Long (km)	Direction
SR1	5	4.1	12.1	56	SR13	21	6.8	32.6	25
SR2	3	6.2	24.2	56	SR14	10	3.2	29.5	36
SR3	5	6.1	21.2	54	SR15	11	3.2	62.9	34
SR4	5	3.1	9.1	56	SR16	9	2.5	40.2	32
SR5	7	4.9	15.9	27	SR17	14	2.8	43.2	24
SR6	5	3.3	23.5	36	SR18	15	3.7	59.8	35
SR7	7	6.6	37.1	38	SR19	12	3.1	64.4	33
SR8	4	3.1	21.9	26	SR20	10	3.3	20.5	41
SR9	7	3.5	16.7	35	SR21	11	3.5	26.5	35
SR10	8	3.6	32.6	34	SR22	12	3.7	14.4	40
SR11	13	5.2	51.5	33	SR23	12	3.1	12.9	42
SR12	14	5.8	56.1	36	Mean	9.6	4.3	31.7	37.6

결 과

1. 사퇴와 모래파의 분포

연구해역은 총 23개의 사퇴가 나타나며, 북동-남서방향을 축으로 수심 50 m 이상에 주로 분포하고 있다(Fig. 3). 사퇴의 규모는 높이 3~21 m, 파장 3.1

~6.8 km, 길이 9~64 km이다(Table 1). 대부분 서측과 동측의 경사면 각도(평균, 0.5°)가 비슷한 대칭형(symmetrical type)을 나타내며, 일부 사퇴에서 급경사면이 외해쪽을 향하는 비대칭형(asymmetrical type)이 나타나기도 한다. 수심 45-60 m에 분포하는 사퇴는 규모가 작은 모래파(sand wave)로

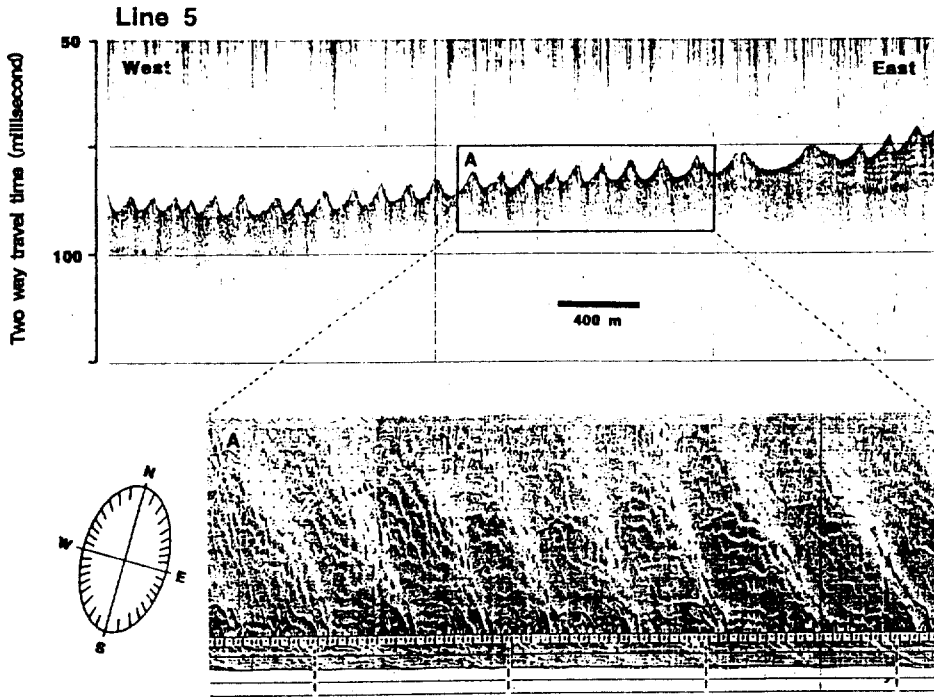


Fig. 4. 3.5 kHz seismic profile and side scan sonar data across the sand waves. Megaripples are superimposed on the sand waves. The steep side of sand waves face toward northeast. Location of profiles shown in Fig. 3.

덮혀 있으며, 다시 모래파는 보다작은 규모의 거연흔 (megaripple)으로 덮혀 있다(Fig. 4). 모래파의 규모는 높이 0.5~5.0 m, 폭 25~215 m이며, 사질퇴적물의 이동을 지시하는 급경사면의 각도는 약 0.6~12.8°이다.

2. 사퇴의 내부구조(3.5 kHz)

3.5 kHz 탄성파탐사자료에 나타난 사퇴는 불연속적인 반사면에 의해 2개의 층(sequence)으로 구분된다(Fig. 5). 상부층은 내부반사면이 없는 확산형(prolonged type)을 보이는 얇은 층으로 피복되어 있으며, 사퇴의 정부로부터 골짜기로 갈수록 두꺼워지는 경향을 보이고 있다. 그 하부층은 수평한 내부반사면이 불연속적으로 발달하고 있으며, 사퇴의 양쪽경사면에서 반사계면에 의해 수평반사면이 절단(truncation)된 모습을 보이고 있다(Fig. 5). 또한, 부분적으로 파장 200~500 m의 수로(channel)가 수평반사면을 절단하기도 한다. 이러한 내부반사면은 수직적인 퇴적물의 입도변화에 의해 나타나거나 또는 세립질퇴적물이 시기적인 차이에 의한 굳기(compa-

ction)변화로 인해 나타나기도 한다(Bahng and Oh, 1993). 한편 모래파가 잘 발달된 사퇴는 상부층이 비교적 두껍게(약 15 m) 발달하며, 이 층내에는 북서방향을 향하는 사면반사(oblique reflectors)구조가 나타나기도 한다(Fig. 5). 이러한 사면반사구조는 경사방향을 따라 사퇴의 상부가 이동되고 있음을 나타내고 있다(Houbolt, 1968; Stride, 1982; Yang and Sun, 1988).

3. 사퇴와 모래파의 형태변화

한반도 서부대륙붕에 분포하는 사퇴는 조류의 축을 따라 남서-북동방향으로 발달하고 있으며, 수심이 낮은 북동방향으로 사퇴가 활성화 되어지고, 수심이 깊은 남서방향으로 소멸되어지는 것으로 해석된다. Fig. 6은 단일 사퇴(SR18)의 형태 및 모래파의 형태변화를 나타낸 것이다. Line 1은 등성이의 북동쪽, Line 2는 중앙부, Line 3은 남서말단의 단면도이다.

사퇴의 형태는 Line 1에서 파장과 높이가 작으며(파장, 3.03 km; 높이, 11 m), 내해쪽 경사면이 0.2°로 매우 완만한 비대칭형이며, Line 2로 갈수록 파장과

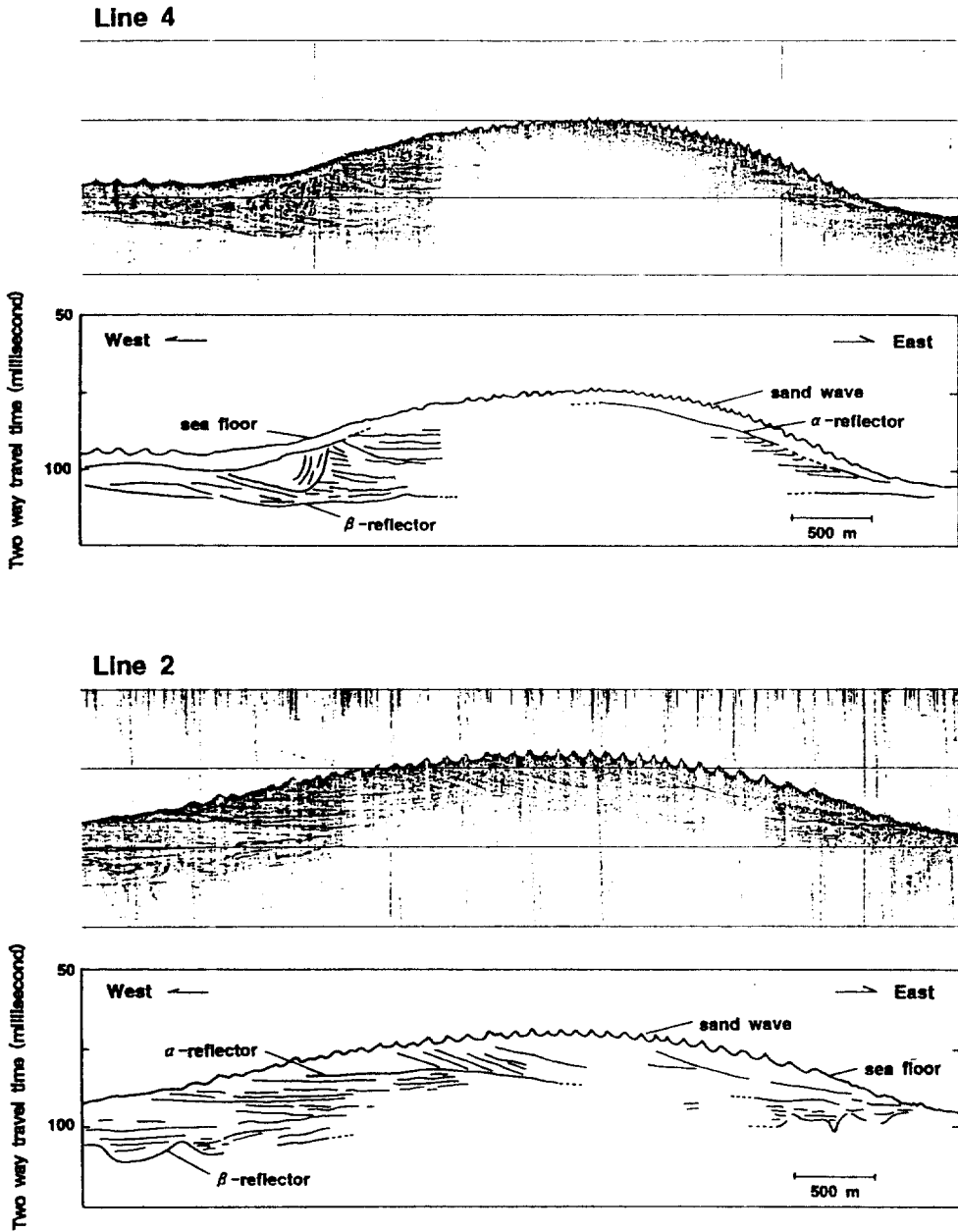


Fig. 5. 3.5 kHz seismic profiles across the sand ridges showing the two sedimentary sequences. The upper one is characterized by prolonged type, the lower one is internal reflector type with discontinuous, parallel internal reflectors. Location of profiles shown in Fig. 3.

높이가 커지고(파장, 3.81 km; 높이, 17 m) 경사면의 각도가 0.5°인 대칭형을 나타내고 있다. 남서말단의 Line 3에서는 파장은 더욱 커지고 높이는 낮아지는(파장, 4.76 km; 높이, 9 m) 경향을 보인다.

모래파의 형태는 수심이 낮은 Line 1에서 파장과 높이가 크고(파장, 35~153 m; 높이 0.8~2.1 m), 급경사면이 모두 동북동방향을 향하고 있다. Line 2는 사퇴의 침룡선(crest line)을 중심으로 서측경사면은

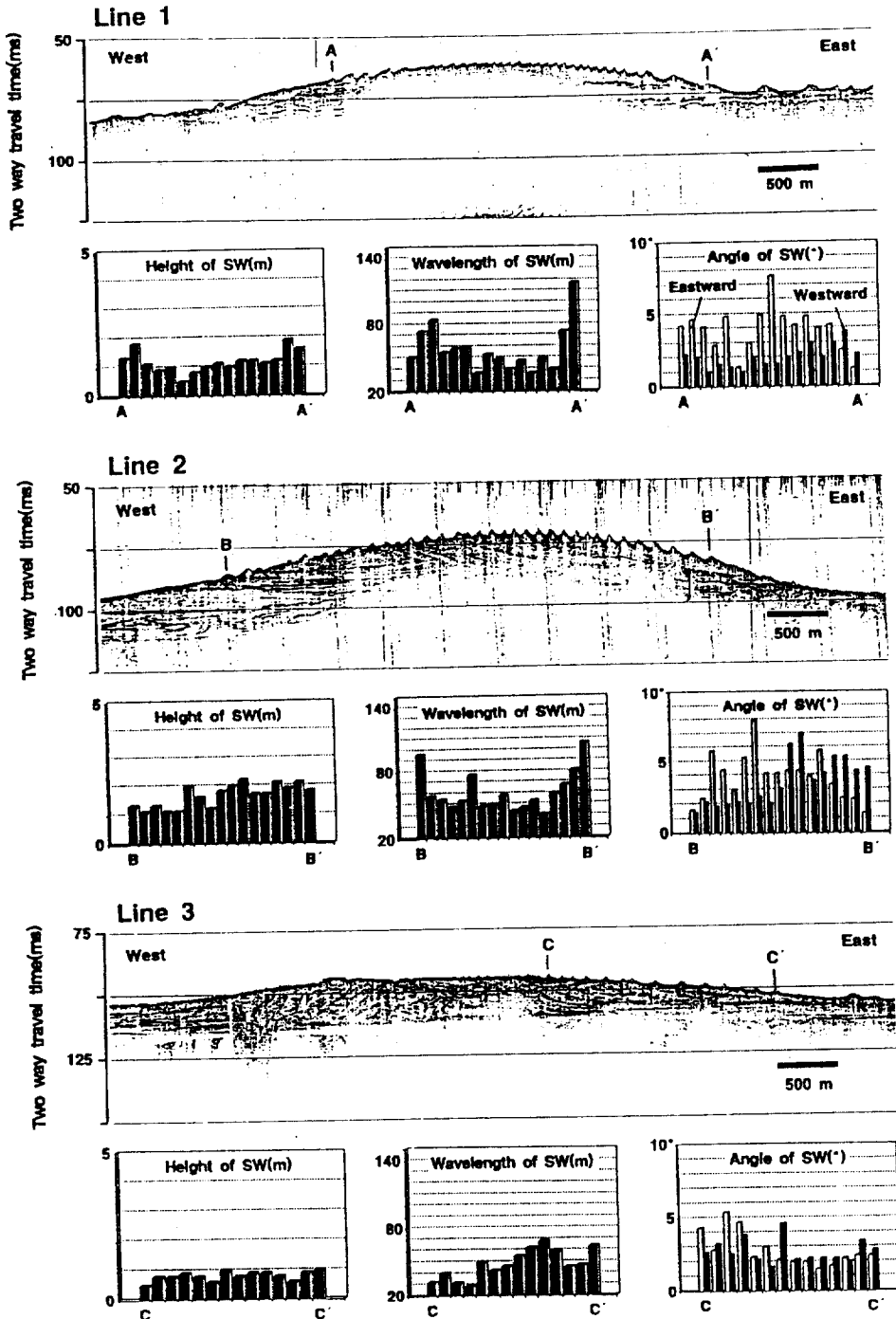


Fig. 6. 3.5 kHz seismic profiles across the sand ridges and histogram of height, wavelength and angle of sand waves on the sand ridges. In angle of sand waves, empty histogram indicate that steep side toward east and filled histogram is opposite. Location of profiles shown in Fig. 3.

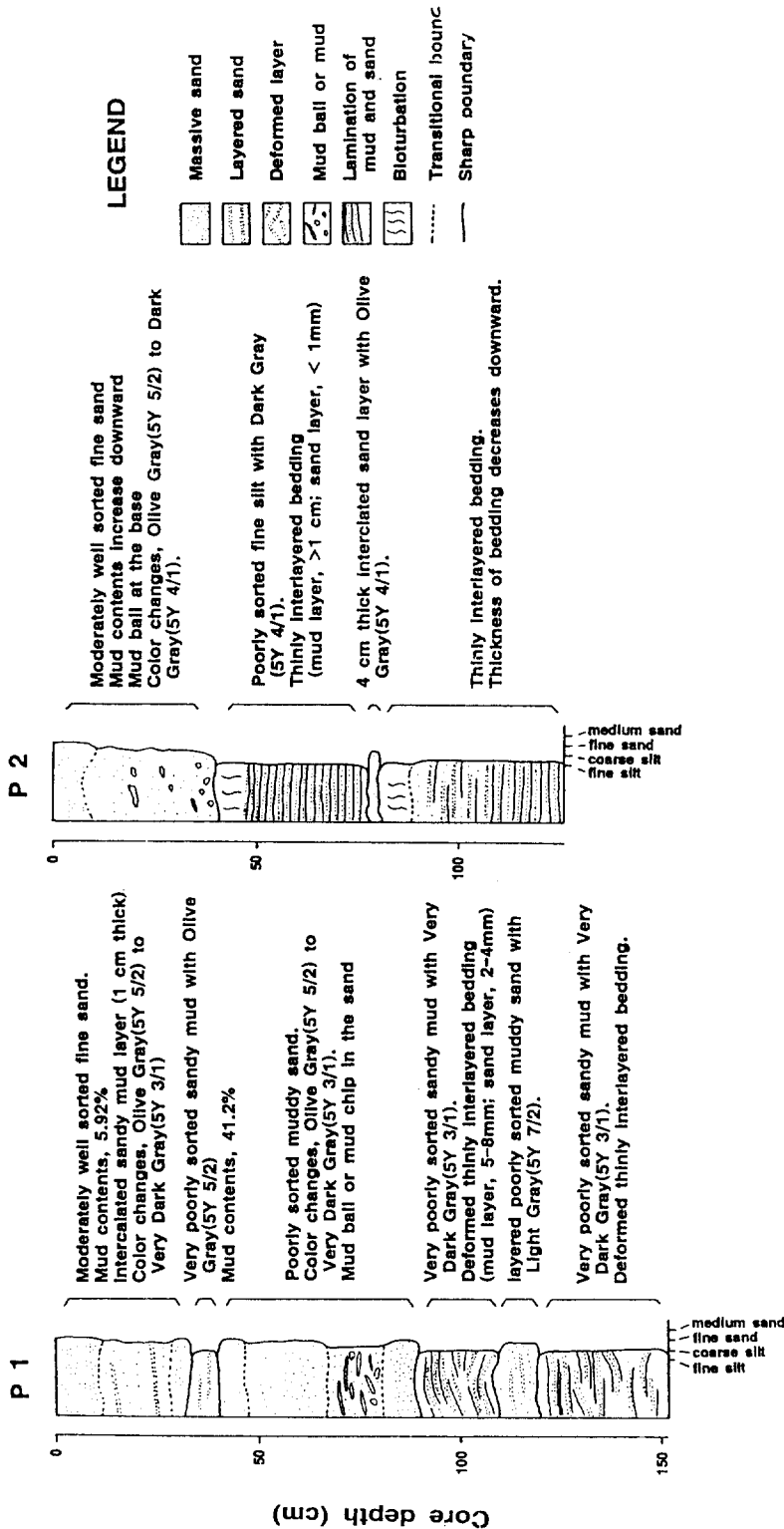


Fig. 7. Columnar section and detailed core descriptions of core sediments. Location of core sediments shown in Fig. 3.

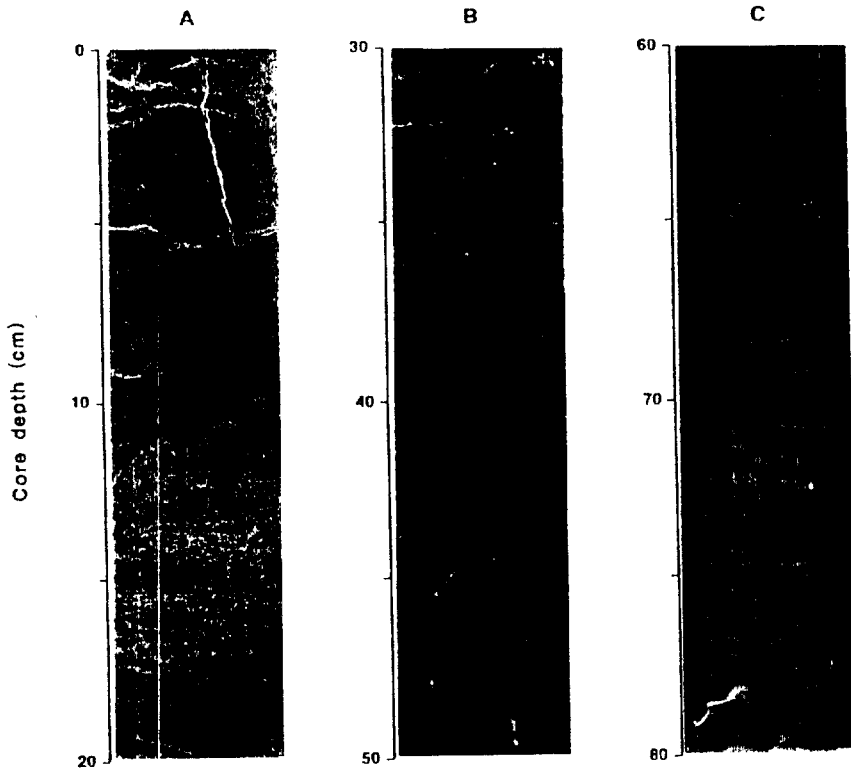


Fig. 8. X-radiographs of core P2. A: sand facies, is composed of massive fine sand(mean, 2-3 ϕ) B: transitional zone between upper sand facies and lower sandy mud facies is generally bioturbated. C: sandy mud facies, interlamination of mud and sand.

모래파의 급경사면이 동북동방향, 동측은 서남서방향을 향하는 비대칭형(asymmetrical type)이 나타나며, 정부는 대칭형(symmetrical type)이 분포하고 있다. 모래파의 파장은 Line 1에 비해 감소하고, 높이는 미약하게 높아지는 경향을 보인다(파장, 35~106 m; 높이, 1~2.3 m). 비대칭형의 급경사면의 각도는 3~12°로 사질퇴적물이 사퇴의 정부로 이동되어지고 있음을 나타내고 있다. 수심이 깊은 남서말단의 Line 3의 모래파는 파장과 높이가 감소하는 경향을 보이며(파장, 31~63 m; 높이, 0.8~1.4 m), 동쪽경사면에만 일부 나타나고 있다.

4. 퇴적상

사퇴에서 획득된 주상시료는 상부로부터 사질퇴적상과 사니질혼합퇴적상으로 구분된다. 이러한 두 개의 퇴적상은 3.5 kHz 탄성과 자료에 나타난 음향상과 일치한다. 상부로부터 45~85 cm는 분급이 양

호한 중립 내지 세립사(평균, 2~3 ϕ)로 구성되어 있으며(Fig. 7), x-ray사진상에서 괴상(massive)구조를 보이고 있다(Fig. 8A). 사질층은 상부로부터 하부로 갈수록 니질퇴적물의 함량이 증가하며, 니질덩어리를 많이 포함하고 있다. 또한 Olive Gray(5Y 5/2)에서 Dark Gray(5Y 3/1)로 변화한다. 하부 퇴적상의 경계는 점진적 또는 선명한 경계를 나타내기도 한다. 하부의 사니질혼합퇴적상은 분급이 불량한 사질니 또는 니질사(평균, 5~7 ϕ)로 구성되어 있으며(Fig. 7), x-ray상에서 사질과 니질이 교호퇴적되어 형성된 엽리구조(lamination structure)가 잘 발달되고 있다(Fig. 8C). 니질엽리의 두께는 약 >1 cm이며, 사질엽리는 <1 mm를 보이고 있다. 일부 구간에서 엽리구조가 생물교란(bioturbation)에 의해 변형되어 복잡한 구조를 나타내기도 한다(Fig. 8B). 이러한 사니질혼합퇴적상은 퇴적구조와 퇴적물을 고려할때 왕복성 조류에 의해 형성된 조건대 퇴적

층으로 해석되며, 상부의 사질퇴적상은 하부의 퇴적층이 강한 조류에 의해 재동(reworking)되어 세립질퇴적물이 제거되고 사질퇴적물이 남아 형성된 재동모래(reworking sand)로 해석된다.

고 찰

1. 사퇴의 기원

사퇴의 일반적 음향상은 급경사면과 평행한 낮은 경사도의 사면반사(oblique reflectors) 구조가 나타나며, 급경사방향으로 이동되어 진다(Houbolt, 1968; Johnson et al., 1982; Yang and Sun, 1988). 이러한 등성이의 이동은 모래파의 급경사방향과 일치한다. 기존 사퇴의 기원에 대한 이론은 두가지로 요약된다. 첫째, 수심이 낮은 해역에서 사질퇴적물의 이동에 의한 형성, 둘째, 해침에 의해 연안에 연결되어 있던 사주(barrier)가 육지로부터 떨어져나와 해류에 의한 침식으로 형성된 것(Stubblefield et al., 1983; Stubblefield et al., 1984; Swift et al., 1978; Swift et al., 1984). 특히 대서양 연안에 발달한 사퇴의 특징은 해안선과 평행하게 발달하고 있으며, 등성이의 경사면과 평행한 사층리(cross-bedding)가 발달하여, 사층리 방향으로 이동한다. 반면, 한반도 서부대륙붕에 발달한 사퇴의 특징은 다음과 같다: (1) 사퇴의 발달방향이 대체로 조류방향과 일치하고 있다. (2) 사퇴의 음향상은 상부층의 확산형과 하부층의 수평반사형으로 구분되며, 양쪽 경사면에서 반사계면에 의해 수평반사면이 절단(truncation)된 모습을 보이고 있다. (3) 주상퇴적물에서 상부 85 cm에만 사질퇴적물이 퇴적되어 있으며, 그하부는 조간대퇴적층이 발달하고 있다. (4) 사퇴의 침릉선(crest line)을 중심으로 모래파의 급경사면이 서측은 동북동, 동측은 서남서방향을 향하고 있다. (5) 수심이 깊은 남서쪽(Line 3)에서는 모래파의 규모가 작으며, 높이가 낮아지고 파장이 넓어져서 소멸(moribund)되어지고 있으며, 이와 반대로 수심이 낮은 북동쪽(Line 1)에서는 내해쪽경사면이 매우 완만한 비대칭형을 나타내어 완전한 형태의 등성이를 형성하지 못하고 있으며, 모래파의 급경사면이 모두 동북동 방향을 향하고 있다. 이러한 사퇴의 특징을 고려할때 수심의 변화가 적고 조류의 영향을 강하게 받는 한반도 서부대륙붕의 사퇴의 발달과 소멸은 Fig. 9와

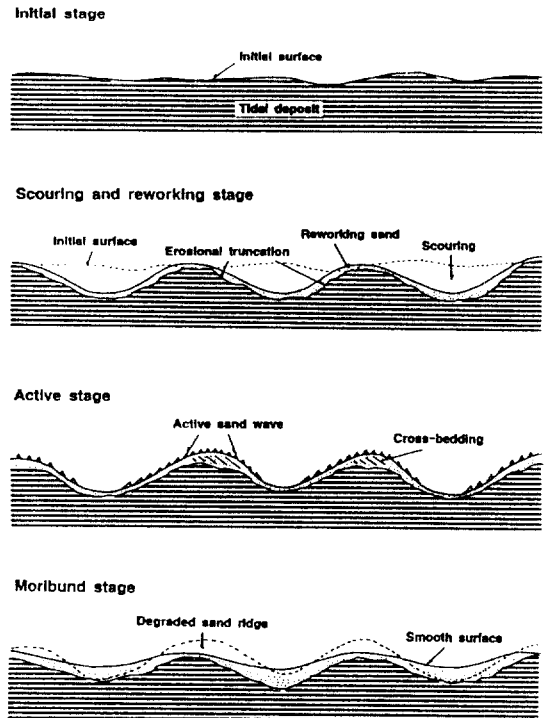


Fig. 9. Schematic diagram of a model for the development of sand ridges in the western continental shelf of Korean peninsula. Figure is not drawn to scale: sand ridges are somewhat enlarged in order to emphasize various features.

같이 4단계(stage)로 구분되어 해석된다. 연안에서 조류에 의해 형성된 조간대 퇴적층이 해수면 상승으로 침수되고 강한 왕복성 조류에 의해 퇴적층의 침식(scour)으로 사퇴와 같은 지형을 형성하였다. 이때 재동된 세립질퇴적물은 제거되고 사질퇴적물이 등성이의 상부를 피복하였다. 해수면이 보다 상승하면서 조류의 방향에 따라 모래파와 거연흔을 형성하고 모래파의 급경사면을 따라 사질퇴적물이 사퇴의 정부로 이동되어 성숙된 사퇴를 형성하였다. 해수면이 보다 상승하여 조류의 영향이 없어짐에 따라 모래파와 거연흔이 사라지고 사질퇴적물이 골짜기(trough)로 분산되어 사퇴의 파장이 넓어지고, 높이가 낮은 소멸(moribund)된 사퇴를 형성한 것으로 해석된다.

결 론

강한 왕복성조류가 발달하고 있는 한반도 서부대

륙붕의 사퇴는 해수면 상승에 따른 수심변화와 조류의 세기가 해저면에 미치는 영향정도에 따라 형성되고 소멸되는 특성을 나타내고 있다. 기존의 사퇴기원과는 다른양상을 보이고 있다.

사퇴의 특징은 사퇴의 발달방향이 조류방향과 일치하고, 수평반사면이 나타나며, 양쪽 경사면에서 수평반사면이 절단(truncation)된 모습을 보이고 있다. 주상퇴적물상은 상부 수십 cm에만 사질퇴적물이 퇴적되어 있으며, 그 하부는 조간대퇴적층이 발달하고 있다. 사퇴의 첨룡선(crest line)을 중심으로 모래파의 급경사면이 서측은 동북동, 동측은 서남서방향을 향하고 있다. 단일사퇴에서 수심이 깊은 남서측은 높이가 낮고 파장이 넓으며, 모래파의 규모가 작으나, 수심이 낮은 북동측은 내해쪽경사면이 매우 완만한 비대칭형을 나타내며, 모래파의 급경사면이 모두 동북동방향을 향하여 완전한 형태의 등성이를 형성하지 못하고 있다.

이러한 사퇴의 발달과 소멸은 4 단계로 구분된다; (1) 초기단계(initial stage), (2) 침식과 재동단계(scouring and reworking stage), (3) 활동단계(active stage), (4) 소멸단계(moribund stage)

사 사

본 연구는 한국자원연구소에서 1991~1993년도에 실시한 연근해저지질연구의 일환으로 수행되었다. 현장조사와 실내분석에 많은 도움을 주신 한국자원연구소 해저자원연구부 여러분께 감사를 드립니다.

참고문헌

민건홍, 진재화, 방효기, 이운오, 김승우, 이치원, 김종수, 장정해, 박영수 1992. 해저지질조사연구: 태안서부해역, 한국자원연구소 연구보고서 KR-91-5C, 216pp.
 민건홍, 방효기, 진재화, 이운오, 이치원, 김승우, 박영수, 김종수, 1993. 해저지질조사연구: 대천서부해역, 한국자원연구소 연구보고서 KR-92-3B, 151pp.
 수로국, 1987. 수로기술연보, 서지 제1101호, 244pp.
 수로국, 1989. 수로기술연보, 서지 제1101호, 198pp.
 이창복, 정희수, 정갑식. 1992. 황해 남동해역 표층퇴적물 중 수중 금속원소의 분포 특성에 관한 연구. 한국해양학회지, 27: 55-65.
 이치원, 민건홍, 방효기, 진재화, 박영수, 김승우, 이운오. 1994. 해저지질연구:군산해역, 한국자원연구소 연구보고서, KR-93-5A, 200pp.
 최동림, 김성렬, 석봉출, 한상준, 1992. 한반도 황해중부 태안반도 근해 사질퇴적물의 이동. 한국해양학회지,

27: 66-77.
 Bahng, H. K. and Oh, J. K., 1993. Acoustic Facies in the Western South Sea, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 28: 313-322.
 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.
 Huthnance, J. M., 1982a. On one mechanism forming linear sand banks: Estuarine Coastal Shelf Sci., 14: 79-99.
 Huthnance, J. M., 1982b. On formation of sand banks of definite extent: Estuarine Coastal Shelf Sci., 15: 277-299.
 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, 58-94.
 KORDI. 1987. Oceanographic Atlas of Korean Waters. Vol. 1: Yellow Sea.
 Lee, H. J. and S. K. Chough, 1989. Sediment distribution, dispersal and budget in the Yellow Sea. Mar. Geol., 87: 195-205.
 Stride, A. H., 1982. Offshore tidal sands, processes and deposits. Chapman and Hall, 222pp.
 Stubblefield, W. L. and Swift, D. J. P., 1976. Ridge development as revealed by subbottom profiles on the central New Jersey shelf: Mar. Geol., 20: 315-334.
 Stubblefields, W. L., Kersey, D. G. and McGrail, D. W., 1983. Development of middle continental shelf sand ridges, New Jersey: Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 67: 817-830.
 Stubblefield, W. L., McGrail, D. W. and Kersey, D. G., 1984. Recognition of transgressive and post-transgressive sand ridges on the New Jersey continental shelf, in Tillman, D. W., and Siermers, C. T., eds., Siliciclastic shelf sediments: Soc. Econ. Pal. Min. Spec. Publ. 34: 1-23.
 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 Sons, 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., McKinney, T. F. and Stahl, L., 1984. Recognition of transgressive and post-transgressive sand ridges on the New Jersey continental shelf, discussion, in Tillman, R. W., and Siermers, C. T., Siliclastic shelf sediments: Soc. Econ. Pal. Min. Spec. Publ. 34: 25-36.
 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.