

한반도 서해 중부 태안반도 연근해역 사질퇴적물의 광물성분과 조직특성

박용안 · 최진용* · 임동일 · 황남순
서울대학교 해양학과, *군산대학교 해양학과

Mineral Compositions and Textural Characters of the Bottom Sandy Sediments off Taeaen Peninsula, West Sea of Korea

Yong Ahn Park, Jin Yong Choi*, Dhong Il Lim and Nam Soon Hwang*

Department of Oceanography, Seoul National University, Seoul, 151-742, Korea

**Department of Oceanography, Kunsan National University, Chunbuk, 573-701, Korea*

요 약

연구지역 (태안반도 연근해역의 내대륙붕)의 해저 퇴적물의 약 80%는 중립질 쇄설성 석영이며, 이러한 석영 쇄설입자의 60%는 철 산화물이 부분적으로 피복된 석영이며, 20%는 철 산화물로 완전하게 피복된 석영이다. 또한 해록석 광물이 비교적 풍부하게 발견된다. 이러한 연구지역 퇴적물의 광물 조성 특성은 동지나해 대륙붕 퇴적물의 사질입자 광물성분의 분석결과와 유사한 것으로 규명되었다. 결과적으로 광물조성 및 조직 특성은 본 연구 해저의 쇄설성 사립 퇴적물의 대부분이 현세이전 또는 초기 현세에 집적된 잔류 퇴적물 (relict sediment)임을 지시한다.

ABSTRACT

The surficial bottom sediments on the nearshore to inner continental shelf off the Taeaen Peninsular, west coast of Korea are dominantly medium-grained clastic sands. About 60% and 20% of these clastic sands are partly iron-stained quartz and completely iron-stained quartz, respectively. Characteristically glauconite grains are abundantly found in these clastic sands. The mineral compositions of clastic sandy sediments in the study area are very similar to those of East China continental shelf sediments. Accordingly, such iron-stained quartz grains, glauconite grains and associated textural characteristics seem to indicate that those sandy sediments are relict sediments related to past condition, i.e. Quaternary low stands of sea level.

* 본 연구는 1998년도 교육부 기초과학 육성 연구비 (98-015-H00002)의 지원에 의한 것임.

서론

본 연구 해역은 한반도 서해 중부해역에 위치하며, 황해의 동부에 해당한다. 해저지형은 연안에 근접하여 수심 50 m 보다 더 깊은 해저곡(최대 수심 80 m 이상)이 북동-남서 방향으로 발달한다(Fig. 1). 해저곡의 서쪽으로는 수심 50 m 보다 얕은 대규모 사주(sand bank: 높이; 20~30 m, 폭; 10~20 km, 길이; 50~80 km)가 경기만 입구로부터 남서쪽 방향으로 분포하는 형태를 보인다. 이러한 사주지형의 서부 방향, 즉 황해 중앙부 쪽으로는 수심이 점진적으로 깊어지며, 크고 작은 규모의 조석기원 사주들이 연속적으로 분포한다(한국자원연구소, 1992).

본 연구해역은 해저지형의 기복과 굴곡뿐만 아니라, 수괴 특성이 매우 특징적이다. 특히 해저지형의 굴곡에 의한 조석전선(tidal front)이 강하게 형성되며(Seung et al., 1990), 금강 기원의 물과 한강 기원의 물이 황해 해수와 혼합되는 복합적인 특징을 나타낸다. 이와 같은 강한 조석전선의 영향으로 경기만으로부터 공급된 부유퇴적물은 춘계와 하계동안 조석전선의 외양 쪽에서 남서 방향으로 운반되는 것으로 해석되었다(최와 박, 1996; 최와 박, 1998).

본 연구해역의 퇴적물은 사질과 니질의 퇴적상으로 구분되어 분포한다(한국자원연구소, 1992). Chough and Kim(1981)과 Park et al.(1986)은 점토광물 성분분석을 통하여 연구해역 남측의 니질 퇴적물을 금강으로부터 기원한 세립물질이 집적된 것으로 해석하였다. 한편 본 연구해역을 포함한 황해 해저의 사질 퇴적물은 철산화물로 피복된 석영입자(iron-stained quartz)와 해록석(glaucanite)을 포함하며, 지난 빙하기동안 또는 초기 현세(early Holocene) 동안의 잔류 퇴적물(relict sediment)의 일부로 해석되었다(박 등, 1994). 한편 최 등(1992), 방 등(1994)은 해저퇴적층의 방향성 표면구조.bed form)의 분포양상을 분석하여, 현재의 해저환경 조건하에서 퇴적

물이 활발하게 운반되는 가능성을 지적하였고, Chough(1983)는 이들을 "palimpsest" 퇴적물의 가능성을 설명하였다. 지금까지 황해 퇴적물의 중광물 분포 및 해록석 등의 연구를 통하여 황해 해저 사질퇴적물이 동지나해 외대륙붕의 사질퇴적물과 대비될 수 있는 가능성이 제시되었다(Lee et al., 1988; 박 등, 1994).

그러나 사질입자의 광물성분, 특히 철산화물로 피복된 특징을 보이는 석영입자에 대한 집중적인 연구는 미흡한 상태이다. 본 연구에서는 태안반도 서부해역 퇴적물중 사질퇴적물의 광물성분을 분석하였고, 특히 석영입자의 원마도(roundness) 및 구형도(sphericity)를 측정하였다. 한편 본 연구에서는 동지나해 대륙붕에서 획득한 사질퇴적물에 대한 분석을 동일하게 실시하였고, 그 결과를 비교하였다. 본 연구의 목적은 태안반도 서부해역에 분포하는 사질퇴적물의 광물성분을 분석하고, 외대륙붕 퇴적물과의 유사성을 검토하며, 퇴적물의 기원과 퇴적과정을 해석하는 것이다.

분석방법

1995년과 1996년에 획득한 총 25개 퇴적물 시료를 분석하였으며, 동지나해 대륙붕에서 획득한 총 20여개의 퇴적물 시료가 포함되었다. 퇴적물은 표준 입도분석 방식에 따라 사질과 니질 계층을 분리한 후, 사질은 건식 체질법으로 니질은 피펫법으로 입도분석을 실시하였다. 퇴적물 조직 표준치는 모멘트 방법으로 계산하였다.

입도분석된 중립사(2 phi: 0.25~0.50 mm)와 세립사(3 phi: 0.125~0.25 mm) 계층의 사립입자는 쌍안현미경하에서 시료당 약 500~600개의 입자가 감정되었다. 석영(quartz), 장석(feldspar), 암편(rock fragment), 운모(mica), 조개 껍질(shell fragment) 및 해록석(glaucanite) 등이 구분되었다. 한편 석영입자는 철산화물로 피복된 정도에 따라 깨끗한 석영(clean quartz), 부분적으로 피복된 석영(partly stained qu-

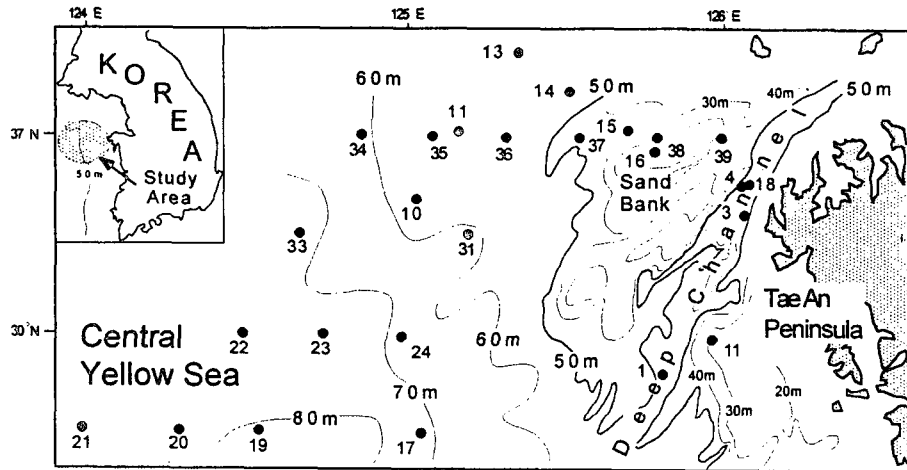


Fig. 1. Index map showing study area and sampling stations.

artz), 완전하게 피복된 석영(completely stained quartz)로 세분하였다. 석영의 원마도는 Power의 구분법에 따라 매우 각진형(very angular), 각진형(angular), 다소 각진형(sub angular), 다소 둥근형(sub rounded) 및 둥근형(rounded)의 5등급으로 감정하였으며, 구형도가 양호한 것(high sphericity)과 불량한 것(low sphericity)으로 분리하여 평가하였다.

결 과

연구해역 해저퇴적물의 입도분석에 따른 입자 퇴적상이 사질-실트-점토의 삼각도표에 제시되었다(Fig. 2). 대부분의 퇴적물은 사질함량이 70% 이상인 사질 퇴적상(sand facies)에 해당하였으며, 일부 퇴적물은 니질 퇴적상(mud facies) 및 실트질점토 퇴적상(silty mud facies)에 해당된다. 평균입도와 분급도의 상관관계는 사질과 니질이 혼합되는 조직 변화경향을 나타내는 바, 평균입도가 2 phi 가량인 사질퇴적물에서 분급도는 0.5 phi 가량으로 가장 양호한 반면, 평균입도가 5 phi인 실트질 퇴적물은 분급도가 3.0 phi 이상의 큰 범위로 불량하였다. 이러한 조직 특성은 한반도 주변해역 대륙붕 퇴적물에서 확인되는 일

반적인 변화경향과 일치하였다(Choi and Park, 1993). 퇴적물 입도 분포는 사질의 2 phi와 3 phi 계층에서 최빈값을 보이는 단빈도 입도 분포가 가장 우세하였으며, 일부 니질 퇴적물은 실트와 점토질 계층에서 다빈도(multi-mode) 입도 분포 특성을 나타내었다(Fig. 3).

연구해역 해저퇴적물의 사질입자 광물성분이 <Table 1>에 제시되었다. 중요 광물성분의 함량 비율은 석영이 평균 80% 이상으로 가장 우세하였고, 암편(rock fragment)과 장석은 각각 약 10%와 2~3%의 범위이다. 석영 중에서 깨끗한 석영(clean quartz)은 1~2%로 소량 포함되나, 철 산화물로 부분적으로 피복된 석영(partly stained quartz)과 철 산화물로 완전하게 피복된 석영(completely stained quartz)은 각각 약 60%와 20%의 함량 비율이다. 결과적으로 대부분의 석영이 철산화물로 피복된 특징적 사실이 밝혀졌다. 한편 해록석과 운모류는 각각 평균 1% 이하 및 약 5%의 함량 비율로 함유된다. 그러나 일부 시료들에서는 해록석이 5% 내외로 비교적 높은 비율의 함량이 특징적이다.

동지나해 대륙붕에서 채취·분석된 사질입자는 패각편(shell fragment)의 함량이 30~40% 범위의 높은 함량으로 인하여, 쇄설성 광물 입자

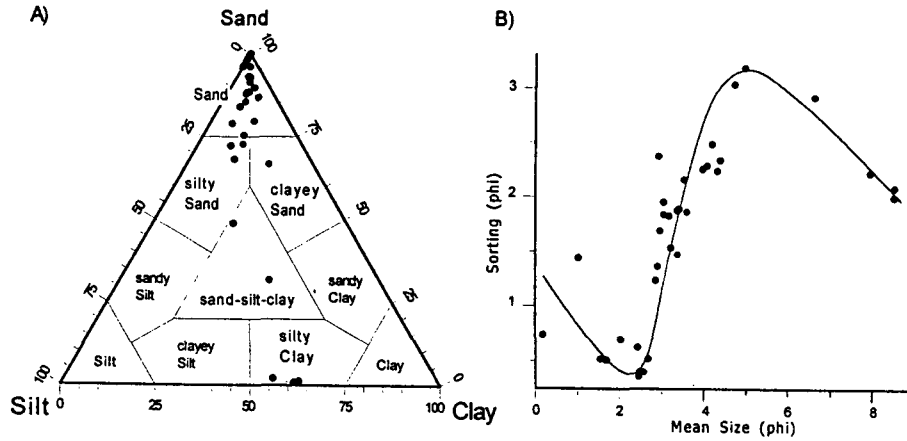


Fig. 2. Textural characters of the bottom sediments in the study area. A: Ternary diagram of sand, silt and clay, B: Scatter plot of mean size vs. sorting

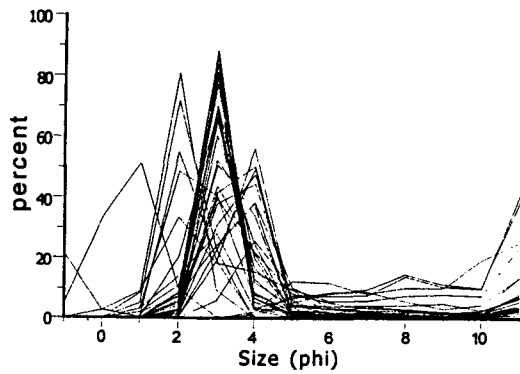


Fig. 3. Grain size frequency of the bottom sediments in the study area.

들의 함량이 전체적으로 낮은 값으로 계산되었다. 석영, 장석 및 암편은 각각 50~60%, 2~3% 및 15~20% 범위이며, 해록석과 운모류의 함량은 각각 1% 이하와 2%이다. 그런데 동지나해 퇴적물의 석영도 태안반도 연구해역의 석영입자 분류결과와 유사하게 깨끗한 석영이 약 2~4%이며, 부분적으로 피복된 석영과 완전하게 피복된 석영은 각각 약 30%와 10%이다.

〈Fig. 4〉에서 이해되는 것은 태안반도 해저퇴적물의 사질 광물성분이 동지나해 사질 광물성분에 비하여 암편 함량이 적으며, 석영함량이 보다 우세하다. 이에 따라 동지나해 퇴적물의 쇄설성

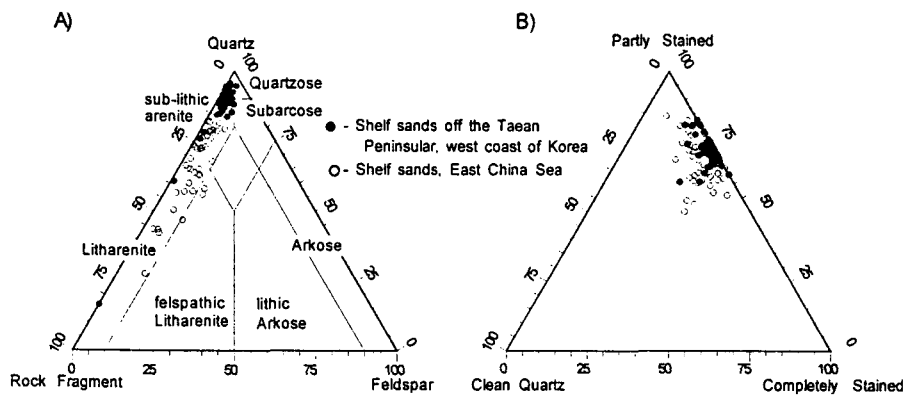


Fig. 4. Ternary diagram of mineral composition of sands in the study area. A: Quartz, feldspar and rock fragment B: Clean quartz, partly stained quartz and completely stained quartz.

사질퇴적물은 “litharenite” 또는 “sublithic arenite”에 속하는 반면, 태안반도 해저퇴적물의 사질퇴적물은 “quartzose” 또는 “sublithic arenite”의 범위에 속한다. 그러나 <그림 4b>는 태안반도 해저퇴적물의 석영입자 분류결과가 동지

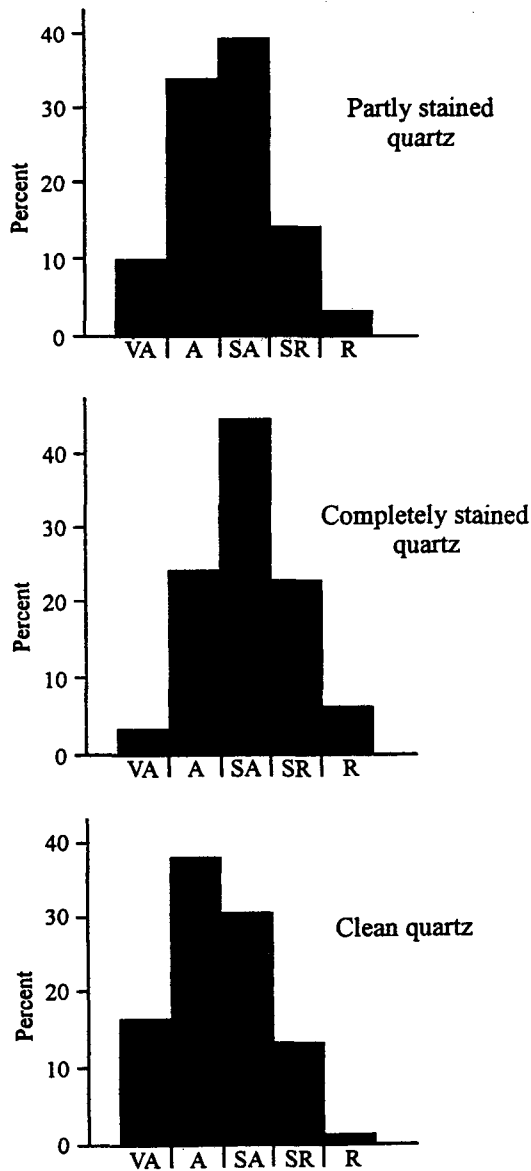


Fig. 5. Histogram showing the roundness (from very angular to round) of three major characteristic quartz sands from the study area.

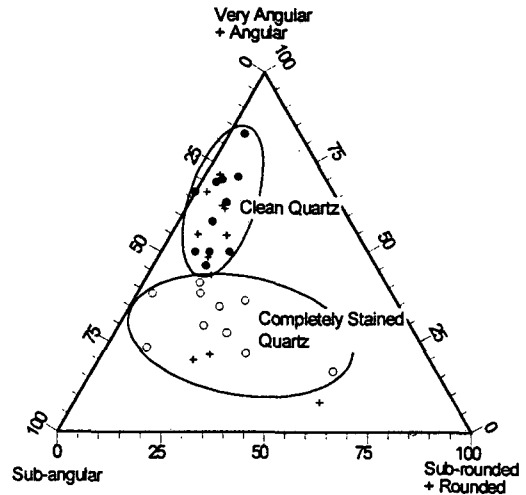


Fig. 6. Ternary diagram showing the roundness of two distinct types of quartz sands.

나해 석영입자 분류결과와 거의 일치하는 사실을 나타낸다. 즉, 철 산화물로 부분적으로 피복된 석영의 함량이 60~80 % 범위로 가장 우세하고, 깨끗한 석영과 철 산화물로 완전하게 피복된 석영은 각각 0~20 %와 15~40 % 범위이다.

철산화물로 피복된 정도에 따라 분류된 석영입자에 대하여 원마도를 측정하였다(Fig. 5).

깨끗한 석영의 원마도의 경우 매우 각진형(very angular) 또는 각진형(angular)의 범주에 속하여 다소 불량하며, 철산화물로 완전하게 피복된 석영의 원마도는 약간 각진형(subangular) 또는 약간 둥근형(sub-rounded)으로 나타난다. 원마도 지수는 깨끗한 석영입자의 경우 1.8~2.5의 범위인 반면, 철산화물로 완전하게 피복된 석영입자의 경우 2.5~4.0의 범위로 뚜렷이 구분되어 나타난다(Fig. 6).

토 론

한반도와 중국대륙으로 둘러싸인 황해는 연간 약 15억톤 이상의 쇄설성 세립물질을 받아 들고 있으며 대부분의 대륙붕 해저에는 현생의 니질퇴적물이 퇴적·분포하고 있다(Schubel et

Table 1. Mineral composition of sand in average (%)

Region	Minerals & grain size	Quartz			Feldspar	Rock fragment	Glauconite	Mica	Shell fragment	Others
		Clean	Partly stained	Completely stained						
Taean offshore	2 ϕ	1.40 (0~6.6)	59.7 (9.1~74.5)	19.85 (5.3~30.4)	1.94 (0~4.8)	11.28 (1.9~73.1)	0.64 (0~4.8)	3.98 (0~17.0)	0.52 (0~6.1)	0.68
	3 ϕ	2.00 (0~12.4)	59.6 (45.8~71.1)	21.75 (14.1~28.4)	2.38 (0.7~5.9)	7.70 (3.3~10.8)	0.62 (0~2.1)	5.32 (0~29.3)	0.05 (0~0.4)	0.53
East China Sea	2 ϕ	2.92 (0~11.7)	28.72 (5.0~63.0)	9.83 (1.5~19.3)	2.66 (0.4~4.1)	15.37 (5.6~28.5)	0.56 (0~4.2)	1.69 (0~9.5)	35.29 (3.0~70.9)	2.96
	3 ϕ	3.69 (0~12.3)	33.92 (10.8~54.2)	14.56 (3.2~24.6)	2.80 (0.8~6.0)	17.19 (7.8~27.6)	0.68 (0~3.7)	1.16 (0.3~3.7)	21.91 (0.4~63.9)	4.11

al., 1986). 그러나 황해와 동지나해의 외대륙붕에는 조립한 사영질 퇴적물이 분포하는 바, 이러한 조립질 쇄설 퇴적물은 지난 빙하기동안 또는 초기 현세동안 집적된 잔류퇴적물인 것으로 해석된다(Choi and Park, 1993). 또한 황해의 북부 해역, 즉 한반도 서해 중부해역의 대륙붕 해저에도 조립한 사질퇴적물이 분포하는데, Niino와 Emery(1961)는 이러한 조립질 퇴적물을 한반도의 하천을 통해 공급된 현생 퇴적물로 해석하였다. 그러나 최근 이러한 사질퇴적물은 특징적으로 해록석과 철산화물로 피복된 석영입자를 함유하는 사실을 발견하여, 이들이 외대륙붕에 분포하는 잔류퇴적물과 대비될 수 있는 것으로 해석하였다(박 등, 1994). Lee 등(1988)은 황해의 동부 해저 사질퇴적물의 중광물 분석에 근거하여 이들이 지난 빙하기 이후 해수면이 상승하는 초기 현세동안 외대륙붕으로부터 운반된 잔류퇴적물로 해석하였다.

본 연구해역인 서해 중부해역의 태안반도 연근해 퇴적물의 사질 광물성분중 석영이 우세하며, 특히 철산화물로 피복된 석영(iron stained quartz)의 함량은 깨끗한 석영(clean quartz)의 함량보다 더 많으며, 일부 시료에서는 해록석이 4~5% 가량 포함된 분석결과가 동지나해 대륙붕 퇴적물의 사질입자 광물성분의 분석결과와 유사한 것으로 규명되었다(Fig. 4). 본 연구해역의 태안반도 해저퇴적물의 사질입자는 위에서 토의된 내용과 본 연구의 분석결과에 근거하여 잔류퇴적물의 연장인 것으로 해석된다.

한편 철산화물로 피복된 정도에 따른 석영입자의 원마도(roundness)는 뚜렷하게 상이한 것으로 분석되었다(Fig. 5, Fig. 6). 이와 같은 분석결과는 이러한 조립퇴적물의 기원이 현세(Holocene)이전 또는 초기 현세(early Holocene)에 집적된 잔류퇴적물인 것으로 해석된다.

더구나 본 연구해역의 해저퇴적물은 사질입자의 광물성분이 현세의 연안역 조간대 퇴적물의 광물성분과 상이하며(박 등, 1994), 외대륙붕 잔류퇴적물과 대비되는 분석결과는 해수면이 상승하는 초기 현세에 외대륙붕의 잔류 퇴적물이 육지 쪽으로 운반된 해침 기저 사질퇴적물(transgressive basal sandy sediments)임을 뒷받침 해준다. 그런데 한반도 서해 연안(조간대)의 니질 퇴적물의 대부분은 강과 연안 해저로부터 기원된 세립 퇴적물로 해석하였고(최, 1993), 수심 30~50 m를 따라 형성되는 본 연구해역의 강한 조석전선의 영향으로 세립의 부유물질은 외양쪽으로 확산되지 못하고 연안을 따라 남쪽 방향으로 운반되는 것으로 해석된다(Choi et al., 1996; Choi et al., 1998). 결과적으로 황해 동부(한반도 서해 내대륙붕)의 잔류기원 사질 퇴적물은 현세의 니질 퇴적물에 피복되지 않은 상태로 노출되어 있는 것으로 해석된다.

결 론

한반도 서해 연안 내대륙봉 해저(태안반도 앞 바다)에 분포한 퇴적물의 사질입자 광물성분을 분석하고 해석하였다. 또한 동지나해의 외대륙봉 해저에서 채취된 퇴적물의 사질입자 광물성분이 분석되었고, 이 자료는 태안반도 연근해저 사립의 광물성분 분석결과와 대비되었다.

연구해역 사립자(2φ~3φ) 광물성분의 약 80% 이상이 석영이다. 이러한 석영 쇄설입자의 60%는 철 산화물이 부분적으로 피복된 석영이며, 20%는 철산화물로 완전하게 피복된 석영이다. 또한 동지나해의 외대륙봉 해저에서 채취된 석영 쇄설입자의 대부분이 철 산화물로 피복된 석영입자로 밝혀졌다. 특히 일부시료들에서 해록석 광물이 5% 내외로 비교적 높은 비율의 함량이 특징적이다. 따라서 두 지역 해저(내대륙봉과 외대륙봉)에서의 사립자 석영 쇄설 퇴적물의 대부분(약 60% 이상)은 잔류 퇴적물(relict sediment)의 기원으로 해석되었다.

사 사

본 연구는 교육부와 한국 학술진흥재단의 기초과학육성 5개년 계획의 5년차 연구비 지원(98-015-H00002)에 의하여 수행되었다. 결과적으로 5개년의 연구결과는 종합적으로 큰 성과를 거두었으며, 기초과학의 여러 기본적이고 학술적인 훌륭한 자료로서 크게 참고될 것으로 기대된다. 야외조사와 실내연구에 많은 도움을 준 서울대학교와 군산대학교의 해양학과 대학원 석·박사과정 학생들에게 감사한다.

참고문헌

- 박용안, 최진용, 이창복, 김대철, 최강원. 1994. 한국 서해 중부해역 대륙봉 퇴적물의 분포와 퇴적작용. 한국해양학회지, 29: 357-365.
- 방효기, 이호영, 장정해, 이치원, 오재경. 1994. 경기만에 발달한 조류성 사퇴의 역사와 특징. 한국해양학회지, 29: 278-286.
- 최동립, 김성렬, 석봉출, 한상준. 1992. 한반도 황해중부 태안반도 근해 사질퇴적물의 이동. 한국해양학회지, 27: 66-77.
- 최진용. 1993. 금강하구 및 인근해역에서 부유퇴적물의 계절적 변동에 관한 연구. 한국해양학회지, 28, p.272-280.
- 최진용, 박용안. 1996. 한반도 서해 태안반도 연근해 부유퇴적물의 기초 해양환경적 특징. 한국해양학회지, 바다, 1: 46-54.
- 최진용, 박용안. 1998. 하계동안 한국 서해 태안반도 연근해에서 부유퇴적물의 운반양상. 한국해양학회지, 바다, 3: 45-52.
- 한국자원연구소. 1992. 해저지질조사연구(태안 서부해역). 연구보고서 KR-91-5C, 216pp.
- Choi, J.Y., S.Y. Kim and J.H. Choi, 1996. Distribution and transport of suspended sediments on the west sea of Korea, eastern Yellow Sea. Proc.Korea-China Intl. Seminar on Holocene and late Pleistocene Environments in the Yellow Sea, 67-82.
- Choi, J. Y. and Park, Y. A. 1993. Distribution and textural characteristics of the bottom sediments on the continental shelves, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 28, p. 259-271
- Chough, S. K. 1983. Marine Geology of Korean Seas. IHRDC Pub., 157pp.
- Chough, S. K. and Kim, D. C. 1981. Dispersal of fine-grained sediments in the southeastern Yellow Sea: a steady-state model. *Jour. Sed. Petrol.*, 51: 721-728.
- Lee, H. J., Jeong, K. S., Han, S. J. and Bahk, K. S. 1988. Heavy minerals indicative of Holocene transgression in the southeastern Yellow Sea. *Continental Shelf*

- Res.*, 8: 255-266.
- Niino, H. and Emery, K. O. 1961. Sediments of the shallow portions of East China Sea and South China Sea. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 72: 731-762.
- Park, Y. A., Kim, S. C. and Choi, J. H. 1986. The distribution and transportation of fine-grained sediments on the Inner continental shelf off the Keum River estuary, Korea. *Cont. Shelf Res.*, 5: 499-519.
- Park, Y. A. and Choi, J. Y. 1989. Mechanisms and distribution patterns of the fine-grained suspended materials off the southwest coast of Korea. *Acta Oceanographica Taiwanica*, No. 24, 52-64.
- Schubel, J. R., Shen, H. T. and Park, M. J. 1986. Comparative analysis of estuaries bordering the Yellow Sea. *Estuarine variability*, 43-62.
- Seung, Y. H., Chung, J. H. and Park, Y. C. 1990. Oceanographic studies related to the tidal front in the Mid-Yellow Sea off Korea: Physical aspect. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 25: 84-95.

(Accepted : December 11, 1999)