

## 황해 표층 퇴적물의 X선 광물정량분석; 2001년 황해 2차 탐사 시료

### Quantitative X-ray Diffraction Analysis of the Yellow Sea Surface Sediments; 2nd Yellow Sea Cruise Samples in 2001

문 동 혁 (Dong Hyuk Moon)<sup>1</sup> · 김 순 오 (Soon-Oh Kim)<sup>1</sup> · 이 희 일 (Hi-Il Yi)<sup>2</sup> ·  
신 동 혁 (Dong-Hyeok Shin)<sup>2</sup> · 신 경 훈 (Kyung-Hoon Shin)<sup>3</sup> · 조 현 구 (Hyen Goo Cho)<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 지구환경과학과 및 기초과학연구소  
(Department of Earth and Environmental Sciences and Research Institute of Natural Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea)

<sup>2</sup>한국해양연구원 해양환경특성연구사업단  
(Marine Geoenvironment Research Division, Korea Ocean Research and Development Institute)

<sup>3</sup>한양대학교 해양환경과학전공  
(Department of Environmental Marine Sciences, Hanyang University)

요약 : 2001년 황해 2차 탐사에서 채취된 89개 표층 퇴적물 시료에 대하여 고분해능 X선 회절분석기와 Siroquant v.3.0 프로그램을 이용하여 광물조성을 구하였다. 황해 표층 퇴적물은 주구성광물(석영 57.8%, 사장석 16.0%, 알카리 장석 10.0%), 점토광물 및 방해석 등으로 구성되어 있다. 점토광물 중에는 일라이트(8.7%)가 가장 많고, 녹니석(2.6%)이 두번째로 많으며, 카올리나이트(0.6%)는 매우 소량 들어 있고, 스멕타이트는 존재하지 않는 것으로 밝혀졌다. 석영 함량은 황해의 가장자리에 많고, 산동 반도 남동쪽에서 제주도 남서쪽을 연결하는 북서-남동 방향을 따른 해역에서 매우 낮다. 이런 분포 경향은 조립질 퇴적물인 모래의 분포 경향과 일치한다. 이를 통하여 조립질 퇴적물은 많은 양의 석영으로 구성되어 있으며, 황해의 동쪽과 남서쪽으로 많은 양이 유입되었을 가능성이 크다고 추정할 수 있다. 일라이트의 분포는 석영과 반대되며, 세립질 퇴적물과 비슷한 경향을 나타낸다. 이것은 세립질 퇴적물의 상당한 양이 황해의 북서쪽으로부터 공급되었을 가능성을 보여준다. 이번 연구 결과만 가지고 황해 퇴적물의 근원지를 정확하게 규명하는 것은 힘들기 때문에, 이와 비슷한 일련의 연구가 계속되어야 할 것으로 판단된다.

주요어 : 황해, 표층 퇴적물, 석영, 일라이트, 점토광물, 근원지

**ABSTRACT** : Mineral compositions of 89 Yellow Sea surface sediments collected at the second cruise in 2001, were determined using the high resolution X-ray diffractometer and Siroquant v.3.0 program. Yellow Sea surface sediments are composed of major minerals (quartz 57.8%, plagioclase 16.0% and alkali feldspar 10.0%), clay minerals, and calcite. Illite (8.7%) is the most abundant clay mineral, chlorite (2.6%) is the second, and kaolinite (0.6%) is few, however smectite is not detected. Quartz

\*교신저자: hgcho@gsnu.ac.kr

content is very high around the margin of the Yellow Sea, however is very low along the northwest to southeast direction extending from southeast of Sandong Peninsula to southwest of Jeju Island. It has similar distribution pattern with that of coarse sediment (sand). The coarse sediment, is mainly consisted of quartz, may be much supplied from the eastern part and southwestern part of the Yellow Sea. Illite distribution pattern is opposite to that of quartz. It is similar to those of clay and mud particles, therefore it can be suggested that fine sediment may be largely supplied from the northwestern part of the Yellow Sea. It is necessary to continue this kind of investigation, because it is difficult to interpret the sediment provenance of the Yellow Sea only from the result of this study.

**Key words** : Yellow Sea, surface sediment, quartz, illite, clay mineral, provenance

## 서론

퇴적물 근원지 추적에 이용되는 광물에는 석영(Kolla *et al.*, 1976, 1981), 철 산화염 광물(Hounslow and Morton, 2004) 및 점토광물 등이 있다. 이 중 점토광물은 퇴적물 근원지 모암의 지질을 가장 잘 반영하기 때문에, 전 세계 해양퇴적물(Griffin *et al.*, 1968; Rateev *et al.*, 1968, 1969; Windom, 1976), 남중국해(Aoki, 1976), 오리건 주 해안(Karlin, 1980), 뉴질랜드(Hume and Nelson, 1986) 및 일본해의 해양퇴적물(Yin *et al.*, 1987)을 대상으로 많은 학자들에 의하여 연구된 적이 있다. 최근에는 점토광물 자료에 지화학적 또는 동위원소 자료를 결합시켜 퇴적물 근원지를 추적하는 연구가 도입되고 있다. 특히 Kessarkar 등(2003)은 인도 서부 해안의 해양 퇴적물을 대상으로 점토광물과 Sr-Nd 동위원소 연구를 통하여 그 근원지를 인더스강 기원, 데칸고원 기원, 편마암 기원 및 복합 기원 등으로 구분하였다. Viscosi-Shirley 등(2003)은 시베리아-북극 대륙붕 퇴적물을 점토광물과 다원소 지화학 방법을 이용하여 근원지를 연구하였다.

황해 퇴적물에 관해서도 광물을 이용하여 근원지를 추적하려는 연구가 주로 한국과 중국의 학자들에 의하여 많이 수행된 바 있다(Xu, 1983; Park and Han, 1985; Park *et al.*, 1986; Park and Khim, 1992; Khim and Park, 1992; 최진용과 김석운, 1998; Cheng, 2000; Lee and Chu, 2001; Zhao *et al.*, 2001). 이들 연구는 대부분 점토광물을 이용하여 수행되었으며, 극히 일부는 점토광물과 다른 방법을 결합하여 시도된 적이 있다(Zhao *et al.*, 2001). 그러나 많은 연구에도 불구하고 근원지에 대해서는 아직도 의견 일치를 보지 못하고 있다. 그 이유는 연구자마다 시료 채취와 처리 과정 및 분석 방법들을 사용하였기 때

문인 것으로 여겨진다.

암석 및 광석이나 퇴적물 등 지구 물질을 대상으로 연구하는 학자들은 그 내에 존재하는 광물 조성을 정확히 알고 싶어 하며, 이에에는 모드분석법, 열분석법, 적외선흡수분광분석법 등이 있다. 이 중 X선회절분석법이 가장 효과적이고 정확한 방법으로 여겨져 지구과학자들에 의하여 많이 이용되고 있다. 해양학자들은 육상이나 해양퇴적물 내 점토광물의 함량을 결정할 때 정량 X선회절분석법 중 Biscaye의 방법(Biscaye, 1965)을 대부분 사용하고 있다. 이 방법은 정방위시료(preferred oriented specimen)를 만들어, 각 점토광물의 가장 특징적인 하나의 피크를 이용하여, 일라이트, 녹니석, 카올리나이트 및 스�멕타이트 등 4가지 중요한 점토광물의 양을 상대적으로 계산하는 방법이다.

그러나 Biscaye의 방법이 개발된 이후, 정량 X선 회절분석법은 하드웨어와 소프트웨어 모두 많은 발전이 있었다. 특히 컴퓨터로 제어되는 고분해능 X선 회절분석기는 매우 질이 높은 자료를 보다 짧은 시간 내에 획득할 수 있게 하며, 여러 학자나 회사에 의하여 개발된 컴퓨터 프로그램은 이런 양질의 X선 회절 분석 자료를 이용하여 시료 내에 존재하는 여러 종류의 광물의 양을 정확하게 알게 해준다. 이에에는 Siroquant (Taylor, 1991), QUAX (Vogt *et al.*, 2002), RockJock (Eberl, 2003; 2004) 등이 있다. 고분해능 X선회절분석기와 컴퓨터 프로그램을 이용할 경우, 정방위시료 대신 무방위시료(randlomy oriented specimen)을 사용할 수 있으며, 각 광물의 특징적인 하나의 피크 대신 모든 X선 회절선을 계산에 참여시킬 수 있기 때문에 Biscaye의 방법에 비하여 훨씬 정확한 광물조성을 구할 수 있다(Srodon, 2002).

이번 연구에서는 Siroquant 프로그램을 이용하

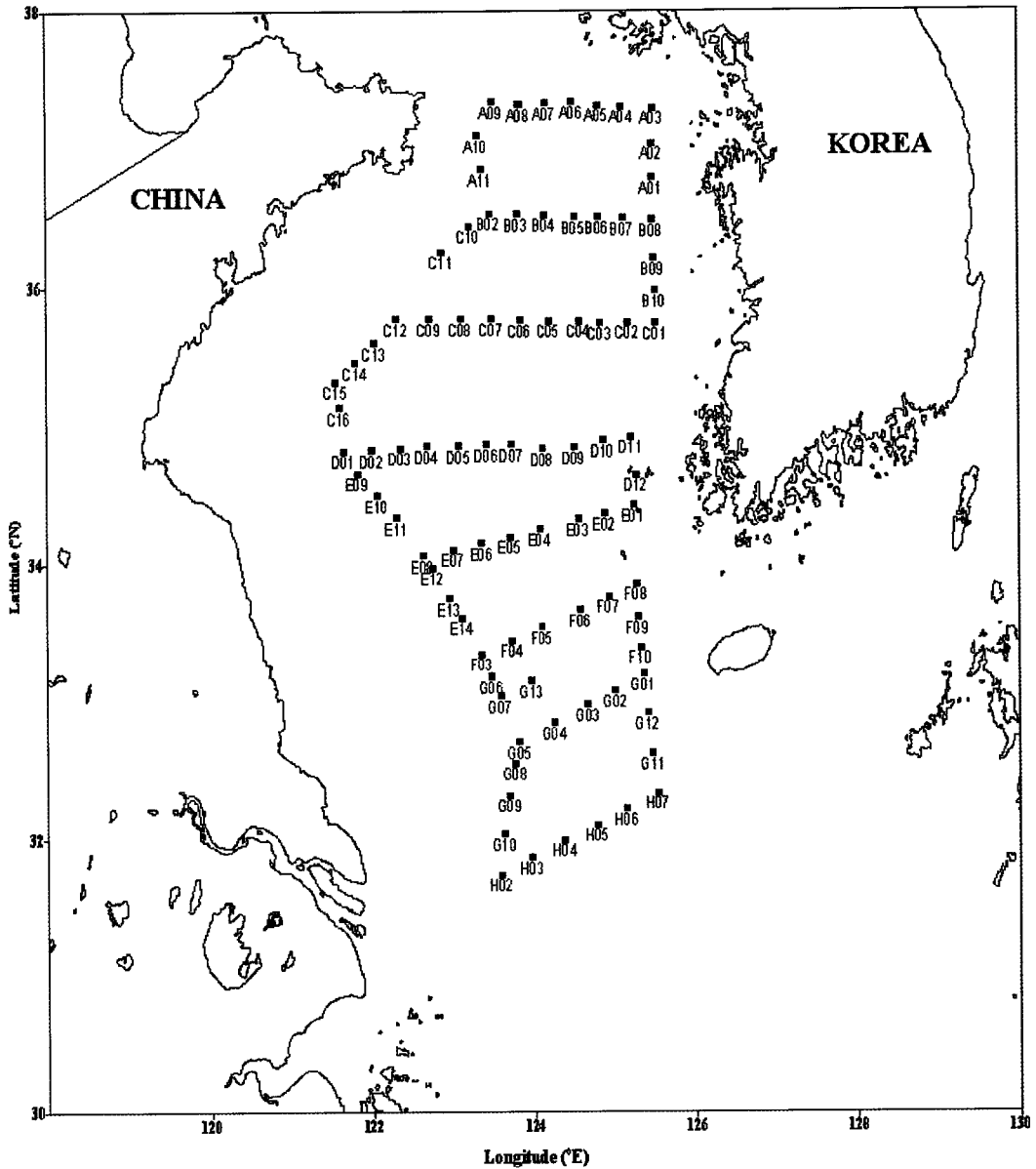


Fig. 1. Location map of grab samples.

여 광물조성을 결정하였다. 이 프로그램은 호주의 Sietronic 사에 의하여 개발된 것인데, 2006년 v.3.0으로 향상된 것을 사용하였다. 이 프로그램은 한번에 25가지 종류의 광물까지 정량할 수 있으며, 1% 이하까지 감지하는 매우 예민한 방법이고, 내부 또는 외부 표준물질이 필요 없는 편리한 방법이다. 게다가 점토광물 패키지(clay mineral

package)를 포함하고 있으므로, 점토광물을 많이 포함하는 육상 또는 해양퇴적물 연구에 매우 적합한 방법이라고 여겨진다.

이번 연구의 목적은 황해 표층 퇴적물 내에 존재하는 광물의 양을 정확히 알아낸 후, 이를 이용하여 광물 분포 양상을 알아보는 것이며, 가능하다면 퇴적물의 근원지도 유추하는 것이다. 이번

연구에서는 황해 표층퇴적물 내에 존재하는 모든 광물의 조성을 알아내는 것인데, 이러한 연구는 지금까지 시도되지 않은 것이다.

## 연구 재료 및 방법

이번 연구에 사용된 황해 퇴적물 시료는 한국 해양연구원이 2001년 2차 황해 탐사에서 채취한 것이며, 그 위치는 그림 1에 표시되어 있다. 시료는 그랩 샘플러(*grab sampler*)를 이용하여 채취하였다(Yi *et al.*, 2004). 8개 라인에서 시료를 채취하였는데, A라인에서 11개, B라인에서 9개, C라인에서 17개, D라인에서 13개, E라인에서 12개, F라인에서 8개, G라인에서 13개, H라인에서 6개 등 모두 89개 시료이다. 모든 시료는 특별한 전처리를 하지 않았으며, 분말 상태로 분쇄한 후, 가능한 방향성을 가지지 않도록 X선 홀더에 장착한 후, 고분해능 X선 회절분석기를 이용하여 X선 회절 자료를 얻었으며, 이 자료를 Siroquant v.3.0 프로그램을 이용하여 정량분석하였다.

시료 내에 존재하는 점토광물의 종류를 알아보기 위하여, 2  $\mu\text{m}$  이하 입자를 가진 시료를 분리하였다. 분리된 시료를 이용하여 정방위시료를 제작한 후, 이를 에틸렌글리콜로 포화시킨 시료와 550°C로 1시간 동안 가열시킨 시료에 대하여 X선 회절분석을 실시하여 그 결과를 비교하여 점토광물의 종류를 결정하였다.

X선 회절 분석은 경상대학교 지구환경과학과에 있는 Simens/Bruker D5005 고분해능 X선 회절분석기를 이용하였으며, 흑연 단색화장치(*graphite monochromator*)를 부착하여 단색화된 파장( $\text{CuK}\alpha = 1.5406 \text{ \AA}$ )을 사용하였다. 분석 조건은 40 kV/35 mA, 3~90° 2 $\theta$  구간에서 주사 간격 0.02°, 주사 시간 5초로 설정하여 스텝-스캔 방식으로 회절값을 기록하였으며, 슬릿은 1.0-1.0-0.1°를 이용하였다.

## 결과 및 토론

2  $\mu\text{m}$  이하 입자 시료를 이용하여 정방위시료를 제작한 후, 상온 건조, 에틸렌글리콜 포화, 550°C에서 1시간 동안 가열한 시료에 대하여 X선 회절분석을 실시한 결과를 이용하여 퇴적물 시료 내에 존재하는 점토광물의 종류를 조사하였다. 그 결과 이번 연구에 사용된 황해 표층 퇴적

물 시료 내 점토광물은 일라이트와 녹니석이 주를 이루며, 카올리나이트는 소량 포함되어 있고, 스멕타이트는 검출되지 않았다.

정량 X선 회절분석법에 의하여 89개 퇴적물 시료의 광물 조성을 결정하였다. 황해 표층 퇴적물 시료는 주로 석영, 사장석, 알카리장석과 같은 주구성광물, 일라이트, 녹니석, 카올리나이트와 같은 점토광물로 구성되어 있으며, 방해석과 암염이 소량 포함되어 있다(표 1).

석영은 황해 표층 퇴적물에 가장 많이 존재하는 광물로서 최소 41.2%에서 최대 83.2%까지 포함되어 있으며, 평균 57.8%를 차지하고 있다. 사장석은 두 번째로 많은 광물로서, 최소 5.5%에서 최대 23.0%, 평균 16.0% 들어 있으며, 알카리장석은 최소 2.3%에서 최대 24.5%, 평균 10.0%를 차지하고 있다. 방해석은 0% 내지 10.8% 포함되어 있으며, 평균 함량은 2.1%이다. 사장석과 알카리장석을 합한 장석의 양은 12.0~34.9% 범위로, 평균 26.6%이며, 석영과 장석을 합한 양은 57.6~97.9%, 평균 83.8%를 차지하고 있다.

일라이트는 황해 표층 퇴적물 내에 가장 많은 점토광물로서, 최소 1.0%에서 최대 27.8%까지 포함되어 있으며, 평균 8.7%를 차지하고 있다. 녹니석은 두 번째로 많은 점토광물로서 최소 0%에서 최대 8.1%, 평균 2.6%를 들어 있다. 카올리나이트는 0~3.1%, 평균 0.6% 존재한다. 일라이트, 녹니석 및 카올리나이트를 합한 점토광물의 총량은 1.2% 내지 36.3%이며, 평균 11.9%이다.

정량 X선 회절분석법에 의하여 구한 광물 조성 자료를 이용하여 각 광물의 분포 양상을 그림 2에 표시하였다. 황해 표층 퇴적물 내에 가장 많이 존재하는 석영은 한반도 남서 해안 부근에서 가장 높은 함량을 나타내며, 황해의 가장자리에서 대체로 높은 값을 보인다(그림 2A). 이에 반해서 황해 중심부 부근 특히 산동반도 남동쪽과 제주도 남서쪽 부근으로 연결되는 북서-남동 방향을 따라 연결되는 해역에서 매우 낮은 함량을 나타낸다.

사장석은 두 번째 풍부한 광물인데, 황해의 북부 해역, 서부 해역 및 남서부 해역에서 높은 함량을 보이고 있다(그림 2B). 한편 석영의 함량이 가장 많은 한반도 남서 해안 부근에서는 가장 낮은 값을 나타내며, 황해의 중심부 부근 특히 산동반도 남동쪽과 제주도 남서쪽 부근을 연결하는 해역에서도 매우 낮은 함량을 보인다.

알카리 장석은 황해 표층 퇴적물 내에 세 번째

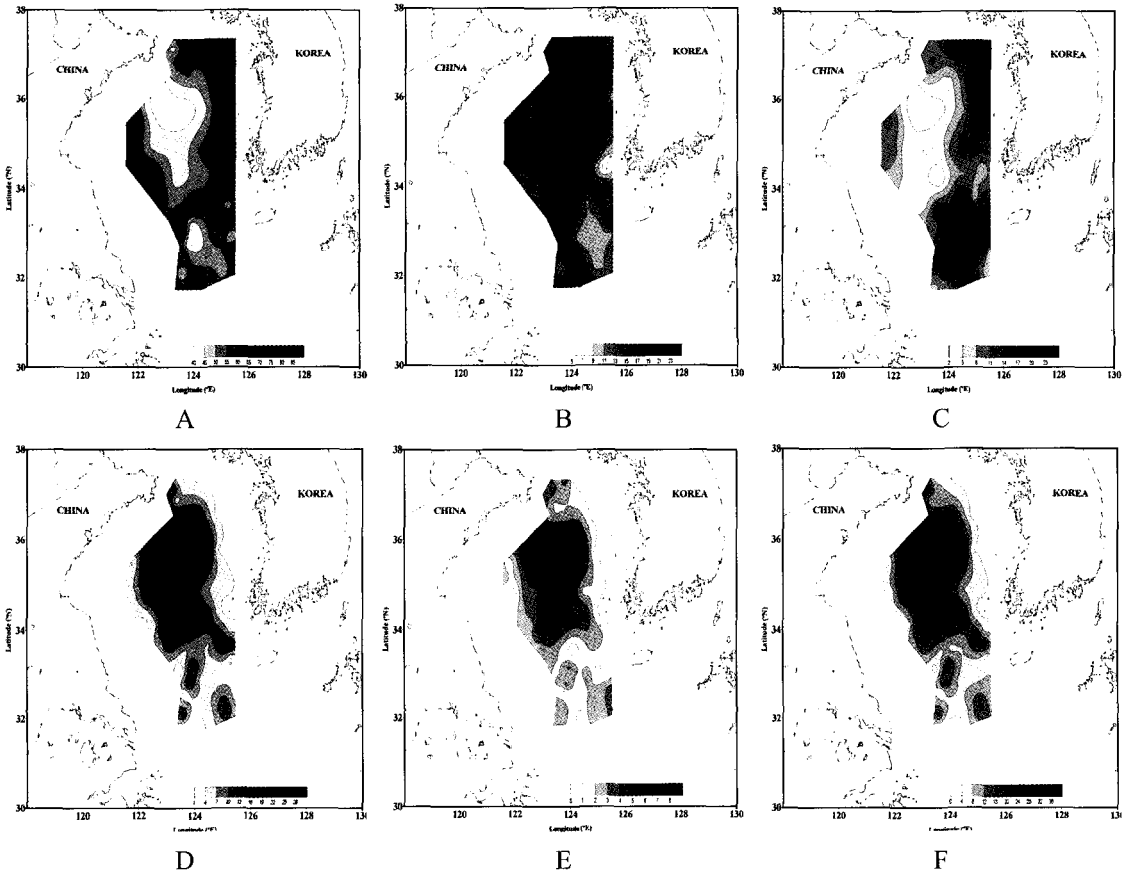
**Table 1.** Mineral composition of Yellow Sea surface sediments

#	Qtz	Pl	Ksp	Ill	Chl	Kao	Cal	Hal	type*
A01	67.3	13.8	15.0	2.8	0.5			0.6	S
A02	66.1	15.4	16.2	1.1	0.5		0.1	0.7	S
A03	66.5	14.9	15.8	1.5	0.3	0.3		0.6	mS
A04	70.3	12.9	14.6	1.3	0.2	0.2		0.6	S
A05	64.0	16.6	16.7	1.5	0.3	0.3		0.7	S
A06	62.4	20.1	14.0	2.0	0.7			0.8	S
A07	61.4	20.6	14.3	2.3	0.5			0.8	S
A08	57.6	19.4	10.8	3.5	3.6	0.6	4.1	0.4	mS
A09	59.2	22.2	9.6	2.6	2.4	0.7	3.0	0.3	mS
A10	48.3	18.9	8.5	12.7	3.9	3.1	3.6	0.9	sM
A11	58.6	21.8	11.0	3.8	2.0	0.6	1.9	0.2	mS
B02	53.4	18.3	7.3	16.1	2.1	0.4	0.7	1.6	sM
B03	55.9	19.3	6.1	12.5	2.2	0.2	0.8	3.0	sM
B04	52.4	21.1	6.2	14.0	2.7	0.3		3.2	sM
B05	56.5	23.0	9.3	7.7	1.9			1.6	mS
B06	63.2	19.4	13.7	2.3	0.6			0.8	S
B07	62.7	21.4	11.7	2.5	0.8			1.0	S
B08	67.8	13.8	14.0	2.5	0.9			1.0	S
B09	70.2	12.5	15.2	1.1		0.1		1.0	S
B10	74.0	8.5	15.0	1.9				0.6	S
C01	70.6	12.7	14.4	1.3	0.2			0.8	S
C02	63.7	16.3	15.1	2.7	0.7	0.3		1.2	eS
C03	62.0	18.5	13.7	3.2	1.0	0.1		1.4	eS
C04	51.2	15.3	7.6	18.2	4.4	0.6	0.1	2.6	sC
C05-1	46.2	15.7	5.8	19.0	7.4	1.0	1.8	3.2	C
C05-2	42.9	15.4	5.0	25.4	3.2	1.5	1.1	5.5	C
C06	42.5	15.6	3.8	23.0	8.1	0.1	0.4	6.4	C
C07	42.3	15.4	3.4	22.9	7.6	1.4	0.7	6.3	C
C08	44.4	15.1	2.7	21.5	6.5	1.3	1.6	7.0	C
C09	42.0	13.0	2.6	26.6	6.7	2.2	0.8	6.1	M
C10	49.7	15.9	6.8	17.4	2.8	2.2	1.5	3.6	C
C11	41.2	13.3	3.1	27.8	7.1	1.4	2.2	4.1	M
C12	47.5	15.3	5.3	17.8	6.6	0.5	1.6	5.4	sZ
C13	60.2	14.8	9.3	7.7	3.1	0.5	2.6	1.8	sM
C14	66.6	16.0	11.2	2.6	1.2		1.3	1.1	mS
C15	63.0	18.4	8.9	4.5	2.5		1.7	1.0	mS
C16	61.5	20.7	8.1	3.5	2.8		2.6	0.9	mS
D01	60.5	19.9	8.9	6.0	0.9		2.7	1.1	zS
D02	60.0	20.1	9.3	6.6	0.7	0.3	2.0	1.1	mS
D03	50.6	16.1	5.1	18.5	3.8	0.9	2.2	2.7	M
D04	49.1	18.1	4.0	18.6	3.8	1.7	1.0	3.6	M
D05	48.5	16.7	6.1	15.8	4.1	2.1	2.7	4.0	M
D06	48.2	18.8	5.2	15.5	5.5	1.6	1.1	4.1	M
D07	48.9	16.8	5.0	18.4	5.4	1.7	1.0	2.8	C
D08	54.5	18.2	9.1	9.6	3.4	1.2	1.6	2.0	sM
D09-1	59.8	18.2	11.1	6.4	1.6		1.0	1.9	mS

Table 1. (continued)

#	Qtz	Pl	Ksp	Ill	Chl	Kao	Cal	Hal	type*
D09-2	68.1	17.5	7.8	2.4	1.7		1.5	0.9	mS
D10-1	60.5	18.4	11.4	4.0	2.0	0.6	0.5	2.2	mS
D10-2	62.0	20.4	8.4	3.2	2.3		2.5	1.2	mS
D11	68.5	12.4	11.1	4.8	1.2		0.6	1.3	mS
E01	83.2	5.5	6.5	1.0	0.2	0.3	2.4	0.9	msG
E02	71.4	10.0	8.8	4.4	1.4		2.2	1.7	cS
E03	52.6	19.0	7.8	11.6	4.6	1.0	1.0	2.4	M
E04	51.5	16.2	5.8	14.9	3.7	1.7	2.9	3.2	C
E05	49.2	16.9	2.3	18.9	5.0	1.1	2.0	4.6	C
E06	48.4	18.3	3.9	16.8	4.9	0.6	2.8	4.4	sC
E07	54.7	15.4	4.9	14.5	5.5	1.2	1.3	2.5	sM
E08	68.2	16.1	4.3	4.2	2.4		2.9	1.8	sM
E11	69.6	13.0	6.2	3.8	2.9		2.8	1.7	sZ
E12	64.3	14.5	4.7	10.2	4.2		0.7	1.5	mS
E13	57.9	13.5	5.1	9.7	3.1	1.0	7.4	2.3	sM
E14	54.1	13.8	4.9	12.1	2.9	1.7	7.6	2.9	sM
F03	57.7	13.3	9.7	6.3	2.7	0.8	7.7	1.7	sM
F04	58.3	13.1	14.3	5.1	1.3	0.2	5.6	2.2	sC
F05	62.8	15.7	10.0	5.8	0.1	0.7	2.3	2.6	sC
F06	57.5	10.5	19.8	5.8	2.0	0.4	2.0	2.1	sC
F07	56.8	15.1	5.8	14.5	3.1	1.4	1.6	1.7	sC
F08	59.4	17.1	10.9	6.3	1.8	0.7	1.9	2.0	cS
F09	51.9	10.1	11.7	18.3	1.4	0.1	3.9	2.6	cS
F10	59.5	15.3	15.9	5.7	1.3		0.6	1.7	cS
G01	63.3	18.3	11.2	2.7	2.0		1.1	1.2	cS
G02	59.4	9.5	24.5	4.3	0.6		0.8	1.0	cS
G03	57.9	10.1	19.3	3.1	2.5		5.1	2.0	cS
G04	47.6	9.7	21.1	5.0	1.5	1.9	10.8	2.4	cS
G05	44.8	15.1	12.3	14.0	3.2	1.0	5.9	3.7	sM
G06	64.6	22.3	7.8	1.9	1.8			1.7	mS
G07	64.3	21.8	9.9	1.5	1.9			0.6	sM
G08	58.4	20.7	14.0	3.3	0.4		1.8	1.4	mS
G09	55.9	11.4	18.3	6.6	2.8		3.1	1.9	S
G10	50.4	10.6	8.7	13.7	2.4	1.9	8.1	4.2	mS
G11	66.2	13.3	6.9	4.7	3.7	0.7	3.3	1.2	cS
G12	47.6	9.7	21.1	5.0	1.5	1.9	10.8	2.4	sC
G13	44.8	15.1	12.3	14.0	3.2	1.0	5.9	3.7	sC
H02	64.6	22.3	7.8	1.9	1.8			1.7	S
H03	64.3	21.8	9.9	1.5	1.9			0.6	mS
H04	58.4	20.7	14.0	3.3	0.4		1.8	1.4	mS
H05	55.9	11.4	18.3	6.6	2.8		3.1	1.9	mS
H06	50.4	10.6	8.7	13.7	2.4	1.9	8.1	4.2	sC
H07	66.2	13.3	6.9	4.7	3.7	0.7	3.3	1.2	cS

Qtz; quartz, Pl; plagioclase, Ksp; alkali feldspar, Ill; illite, Chl; chlorite, Kao; kaolinite, Cal; calcite, Hal; halite. \* sediment type by Folk (1970); S; sand, ms; muddy sand, cS; clayey sand, sC; sandy clay, M; mud, sZ; sandy Silt, zS; silty sand, C; clay, msG; muddy sandy gravel



**Fig. 2.** Mineral distribution map in the Yellow Sea. A. Quartz, B. Plagioclase, C. Alkali feldspar, D. Illite, E. Chlorite, F. Total clay mineral.

로 많은 광물로서, 석영이나 사장석과 약간 다른 분포 양상을 보이고 있다(그림 2C). 알카리 장석 함량은 황해의 남쪽 해역, 특히 제주도과 양자강 하구의 중간 해역에서 가장 높은 값을 보이며, 황해의 동쪽 가장자리를 따라서도 높은 값을 나타낸다. 그러나 황해의 서쪽 해역, 특히 동경 123도를 따라 북위 36.5도에서 34도까지 5% 이하의 매우 낮은 함량을 보여주고 있다.

황해 표층 퇴적물 내 가장 많은 점토광물인 일라이트는 석영의 분포와 거의 정반대되는 양상을 나타내고 있다(그림 2D). 특히 산둥반도 남동쪽 해역 퇴적물에서 20% 이상의 높은 함량을 나타내고 있다. 또한 석영의 함량이 낮게 나타나는 산둥반도 남동쪽과 제주도 남서쪽 부근으로 연결되는 북서-남동 방향을 따라 연장되는 해역에서 매우 높은 함량을 나타낸다. 이에 반하여 황해의 가

장자리 특히 동쪽과 서쪽 가장자리를 따라서는 매우 낮은 함량을 보인다.

녹니석 함량은 대체로 일라이트 함량과 비슷한 경향을 나타내지만, 반드시 일치하지는 않는다(그림 2E). 녹니석은 대체로 황해의 중심부에서 가장 높게 나타나고, 가장자리로 갈수록 감소하는 경향을 나타낸다. 황해 표층 퇴적물 내에 매우 소량 분포하는 카올리나이트의 분포는 일라이트의 분포와 거의 일치한다. 석영의 함량이 낮게 나타나는 산둥반도 남동쪽과 제주도 남서쪽 부근으로 연결되는 북서-남동 방향을 따라 연장되는 해역에서 매우 높은 함량을 나타내며, 황해의 가장자리 특히 동쪽과 서쪽 가장자리를 따라서는 매우 낮은 함량을 보이는 경향이 있다. 일라이트, 녹니석 및 카올리나이트를 모두 합한 점토광물 전체의 분포는 대체로 일라이트의 분포와 비슷하고, 석영

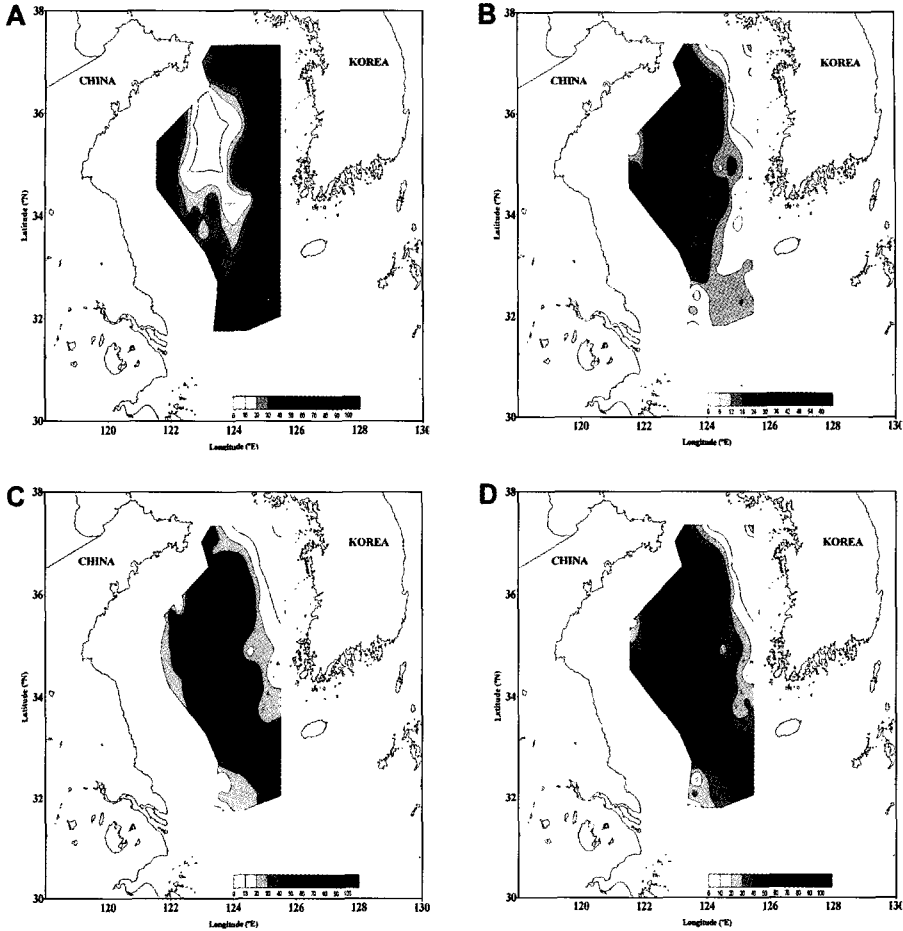


Fig. 3. Sediment distribution map in the Yellow Sea. A. Sand, B. Silt, C. Clay, D. Silt + Clay.

의 분포와는 반대되는 경향을 띠고 있다(그림 2F).

황해 퇴적물의 광물조성을 연구한 기존의 연구 (Park *et al.*, 1986; Park and Khim, 1992; Khim and Park, 1992; 최진용과 김석운, 1998)는 전부 Biscaye의 방법에 의하여 점토광물의 상대적인 조성만을 연구하였기 때문에 그 결과를 비교하는 것이 쉽지 않다. 그러나 점토광물 중 일라이트가 월등히 많이 존재하는 데에는 의견 일치를 보이는데, 이 같은 결과는 본 연구 결과와도 정확히 일치한다. 일라이트 다음으로 녹니석이 많고, 스멕타이트의 함량은 황해 동쪽에서는 높고 서쪽에서는 매우 낮다고 보고하였는데, 본 연구에서는 광물 전체의 조성을 연구하였기 때문에 일라이트를 제외한 다른 점토광물의 함량이 매우 낮게 측

정되었기 때문에 비교하기가 힘들다.

황해 표층 퇴적물 시료의 광물조성과 입도와와의 상관관계를 알아보기 위하여 입도 분포 양상을 그림 3에 나타내었다. 모래 입자의 분포 양상을 보면 황해의 가장자리 특히 북동쪽과 남서쪽에서 대체로 높은 값을 보이는 반면, 황해의 중심부 부근 특히 산둥반도 남동쪽과 제주도 남서쪽 부근으로 연결되는 북서-남동 방향을 따라 연장되는 해역에서 매우 낮은 함량을 나타냄을 알 수 있다 (그림 3A). 이와 같은 분포 양상은 석영의 분포 양상(그림 2A)과 매우 유사함을 발견할 수 있다. 이를 통하여 모래 크기의 조립질 퇴적물 내에는 석영의 함량이 매우 높고, 이들은 대부분 황해의 동쪽과 남서쪽으로부터 유입되었을 가능성이 매우 높다고 추정할 수 있다. 특히 한반도 서해안을



따라 유입되는 여러 개의 강과 양자강이 중요한 근원지일 가능성이 매우 크다.

세립질 퇴적물 실트(그림 3B), 점토(그림 3C)의 분포 양상은 조립질 퇴적물인 모래와는 정반대되는 양상을 가지는 데, 실트와 점토를 합하여 표시하면 더욱 뚜렷하게 알 수 있다(그림 3D). 세립질 퇴적물의 총량은 산둥반도 남동쪽과 제주도 남서쪽 부근으로 연결되는 북서-남동 방향을 따라 연장되는 해역에서 매우 높은 함량을 나타내지만, 황해의 가장자리 특히 동쪽과 서쪽 가장자리를 따라서는 매우 낮은 함량을 보인다. 이와 같은 분포 양상은 일라이트의 분포와 매우 일치하고 있다(그림 2D). 이와 같은 사실로부터 황해 표층 퇴적물 내 세립질 퇴적물은 많은 양의 일라이트를 포함하고 있음을 알 수 있으며, 이들은 대체로 황해의 북서쪽으로부터 많은 양이 유입되었을 가능성이 매우 크다. 점토광물만을 가지고 연구한 이전 연구자들의 연구 결과에 의하면 이번 연구에서는 황해 표층 퇴적물 전 시료(bulk sample)에 대한 광물조성을 연구하였다. 퇴적물의 근원지를 추정하는 데는 점토광물이 가장 많이 이용되기 때문에 추후 점토 부분만을 따로 분리하여 이에 대한 광물조성을 연구하는 것이 매우 필요하다고 생각된다. 또한 퇴적물의 근원지를 보다 확실하게 밝히기 위해서는 이들을 공급한 육상 퇴적물인 하천 퇴적물 자체에 대한 광물조성에 대해서도 충분한 연구가 필요하다. 이와 더불어 퇴적물의 근원지를 추정하기 위해서는 하나의 방법으로는 불충분하기 때문에 다른 측면의 자료, 예를 들면 지화학적 자료나 동위원소 자료 등을 검토하여야 할 것으로 생각된다. 추후 이런 자료들을 모두 모은 후 종합적인 검토가 있어야 황해 퇴적물의 근원지를 훨씬 정확하게 추정할 수 있을 것으로 여겨진다.

## 결 론

한국해양연구원의 2001년 2차 황해 탐사에서 채취한 표층 퇴적물 시료 89개에 대하여 X선회절 분석법에 의하여 광물조성을 연구한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 황해 퇴적물은 황해 표층 퇴적물 시료는 주로 석영, 사장석, 알카리장석과 같은 주구성광물 및 일라이트, 녹니석, 카올리나이트와 같은 점토광물로 구성되어 있으며, 방해석과 암염이 소량

포함되어 있다

(2) 주구성광물 중 석영은 평균 57.8%, 사장석은 평균 16.0%, 알카리장석은 평균 10.0%를 차지하고 있다. 점토광물 중 일라이트는 평균 8.7%, 녹니석은 평균 2.6%, 카올리나이트는 평균 0.6% 포함되어 있으며, 스멕타이트는 검출되지 않았다.

(3) 조립질 퇴적물 내에는 석영의 함량이 매우 높다. 이들은 황해의 가장자리 특히 북동쪽과 남서쪽에서 대체로 높은 값을 보이는 반면, 황해의 중심부 부근 특히 산둥반도 남동쪽과 제주도 남서쪽 부근으로 연결되는 북서-남동 방향을 따라 연장되는 해역에서 매우 낮은 함량을 나타낸다.

(4) 세립질 퇴적물은 많은 양의 점토광물 특히, 일라이트를 포함하고 있다. 이들은 산둥반도 남동쪽과 제주도 남서쪽 부근으로 연결되는 북서-남동 방향을 따라 연장되는 해역에서 매우 높은 함량을 나타내지만, 황해의 가장자리 특히 동쪽과 서쪽 가장자리를 따라서는 매우 낮은 함량을 보인다.

## 사 사

이번 연구는 한국해양연구원의 황해퇴적물 이동현상 및 퇴적환경연구에 관한 연구의 세부과제(과제명; 황해 퇴적물 표층시료의 광물정량분석을 통한 근원지 연구)로 수행되었다. 연구비를 지원하여 준 한국해양연구원에 감사드린다.

## 참 고 문 헌

- 최진용, 김석윤 (1998) 한반도 주변해역 점토광물의 함량과 분포. *Jour. Korean Earth Science Society*, 19, 524-532.
- Aoki, S. (1976) Clay mineral distribution in sediments of the gulf of thailand and the south china sea. *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, 32, 169-174.
- Biscaye, P.E. (1965) Mineralogy and sedimentation of clay minerals in recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 76, 803-832.
- Cheng, P. (2000) Characteristics and transport mechanism of fine-grained sediments in the North Yellow Sea. PhD thesis, Institute of Oceanography, Chinese Academy of Science (in Chinese).
- Eberl, D.D. (2003) User guide to RockJock- A program for determining quantitative mineralogy from X-ray diffraction data. U.S.Geol.Surv. Open-File

- Report, OF 03-78, 40p.
- Eberl, D.D. (2004) Quantitative mineralogy of the Yukon River system: Changes with reach and season, and determining sediment provenance. *Amer. Miner.*, 89, 1784-1794.
- Griffin, J.J., Windom H. and Goldberg, E.D. (1968) The distribution of clay minerals in the world oceans. *Deep-Sea Res.*, 15, 433-469.
- Hounslow, M.W. and Morton, A.C. (2004) Evaluation of sediment provenance using magnetic mineral inclusions in clastic silicates: comparison with heavy mineral analysis. *Sedimentary Geology*, 171, 13- 36.
- Hume, T.M. and Nelson, C.S. (1986) Distribution and origin of clay minerals and surficial shelf sediments, Western North Island, New Zealand. *Mar. Geol.*, 69, 289-308.
- Karlin R. (1980) Sediment sources and clay mineral distributions off the Oregon coast. *J. Sediment. Petrol.*, 50, 543-560.
- Kessarkar, P.M., Purnachandra Rao, V., Ahmad, S.M. and Anil Babu, G. (2003) Clay minerals and Sr-Nd isotopes of the sediments along the western margin of India and their implication for sediment provenance. *Marine Geology*, 202, 55-69.
- Khim, B.K. and Park, Y.A. (1992) Smectite as a possible-indicative clay mineral in the Yellow Sea. *Geo-Marine Letters*, 12, 228-231.
- Kolla, V., Henderson, L. and Biscaye, P.E. (1976) Clay mineralogy and sedimentation in the western Indian ocean. *Deep Sea Res.*, 23, 949-961.
- Kolla, V., Kosteci, J.A., Robinson, F., Biscaye, P.E. and Ray, P.K. (1981) Distributions and origins of clay minerals and quartz in surface sediments of the Arabian sea. *J. Sediment. Petrol.*, 51, 563-569.
- Lee, H.J. and Chu, Y.S. (2001) Origin of inner-shelf mud deposit in the southeastern Yellow Sea: Huk-san Mud Belt. *Journal of Sedimentary Research*, 71, 144-154.
- Park, B.K. and Han, S.J. (1985) The distribution of clay minerals in recent sediments of the Korea Strait. *Sediment. Geol.*, 41, 173-184.
- Park, Y.A., Kim, S.C. and Choi, J.Y. (1986) The distribution and transportation of fine-grained sediments on the inner continental shelf off the Kum River estuary, Korea. *Continental Shelf Research*, 5, 499-519.
- Park, Y.A. and Khim, B.K. (1992) Origin and dispersal of recent clay minerals in the Yellow Sea. *Marine Geology*, 104, 205-213.
- Rateev, M.A., Gorbunova, Z.N., Lisitzin, A.P. and Nosov, G.I. (1968) Climatic zonality of the argillaceous minerals in the world ocean sediments. *Okeanol., Akad. Nauk S.S.S.R.*, 18, 283-311.
- Rateev, M.A., Gorbunova, Z.N., Lisitzin, A.P. and Nosov, G.I. (1969) The distribution of clay minerals in the oceans. *Sedimentology*, 13, 21-43.
- Srodon, J. (2002) Quantitative mineralogy of sedimentary rocks which emphasis on clays and with applications to K-Ar dating. *Miner. Mag.*, 66, 677-687.
- Taylor, J.C. (1991) Computer program for standardless quantitative analysis of minerals using the full powder diffraction profile. *Powder Diffraction*, 6, 2-9.
- Viscosi-Shirley, C., Mammone, K., Pisias, N. and Dymond, J. (2003) Clay mineralogy and multi-element chemistry of surface sediments on the Siberian-Arctic shelf: Implications for sediment provenance and grain size sorting. *Continental Shelf Research*, 23, 1175-1200.
- Vogt, C., Lauterjung, J. and Fischer, R.X. (2002) Investigation of the clay fraction of the clay minerals society reference clays. *Clay and Clay Minerals*, 50, 388-400.
- Windom, H.L. (1976) *Lithogenous Material in Marine Sediments*. Academic Press, New York, London 5, 103-135.
- Xu, D.Y. (1983) Mud sedimentation on the East China Sea shelf. *Proceedings of International Symposium on Sedimentation on the Continental shelf with Special Reference to the East China Sea*, April 12-16, 1983. China Ocean Press, Hangzhou, 506-516.
- Yi, Hi-il, Chun, J.H., Shin I.C and Shin, D.H. (2004) The Records of origin and transport off from the past to the present in the Yellow Sea. *Journal of the Korean Society of Oceanography*, 39, 96-106.
- Yin, J., Okada, H. and Labeyrie, L. (1987) Clay mineralogy of slope sediments around the Japanese islands. *Geosci. Rep. Shizuoka Univ.*, 13, 41-65.
- Zhao, Y.Y., Park, Y.A., Qin, Y.S., Choi, J.Y., Gao, S., Li, F.Y., Cheng, P. and Jiang, R.H. (2001) Material source for the Eastern Yellow Sea Mud: evidence of mineralogy and geochemistry from China-Korea joint investigation. *The Yellow Sea*, 7, 22-26.

---

2007년 9월 3일 원고접수, 2007년 9월 17일 게재승인.