

## 북서 동중국해 표층퇴적물내 수종 금속원소의 분포특징

윤 정 수

제주대학교 해양과학부

## Distribution of some Metallic Elements in Surface Sediments of the Northwestern East China Sea

Jcung-Su YOUN

College of Ocean Sciences, Cheju National University, Jeju-do 690-756, Korea

The thirty two surface sediment samples were collected from the northwestern East China Sea shelf were analyzed chemical composition. The results are compared with those of Huanghe and Changjiang rivers geochemical data in order to understand the provenance of study area sediments. The transitional elements (Cu, Cr, Co, Pb, Fe, Ni and Mn) are enriched in Changjiang estuary and in the southeastern offshore mud patch region, reflecting the transportation by the Changjiang Diluted Plume. Based on the difference in the major element composition of sediment, the riverine sediments can be distinguished by the three geochemical indices such as  $(Al+Fe)/(Mg+Ca+K)$ ,  $(Ca-Fe)/Al$  and  $(Ca-Mg)/K$ , and the surface sediment in the northwestern East China Sea shelf by the above geochemical indices shows similar characteristics to those of the Huanghe sediments, whereas the sediment around Changjiang estuary and in the offshore mud patch region exhibit a similarity to the Changjiang sediments, suggesting that the sediments in the northwestern East China Sea shelf are originated from the diverse sources.

**Keywords** : element composition, Changjiang and Huanghe rivers, provenance, northwestern East China Sea shelf

### 서 론

본 조사해역은 북위 31°00′-33°30′, 동경 122°30′-126°00′에 위치하는 동중국해와 남황해 일부가 포함하는 해역으로서 주변 육지로부터 다양하게 퇴적물을 공급받고 있는 지역이다.

동중국해는 중국의 양자강과 제주도-일본의 구주 및 류큐열도-대만을 연결하는 선 안쪽의 광범위한 해역으로 대륙붕, 오키나와곡분, 류큐 해구 등 독특한 해저지형을 이루고 있다. 연구 지역을 포함하는 동중국해역의 표층에는 제 4기 말 동안에 수반된 해수면 변동에 의한 잔류퇴적

물과 현세의 중국 및 주변의 육지로부터 유입되는 현생퇴적물의 혼합 분포하고 있다(Emery, 1968).

동중국해 대륙붕 퇴적물에 대한 지화학적 연구는 주로 양자강하구 연안역에서 수행되었다(Chen, 1987). DeMaster et al.,(1985)은 동중국해 대륙붕지역에 분포하는 니토대에서 동위인소를 이용한 퇴적물의 수시(budget)를 평가하는 연구를 하였고, Zhao and Yan(1990)은 황하, 양자강 및 동중국해 대륙붕지역에서 채취한 퇴적물에 대한 60여종의 화학분석치로부터 근원지별 배경농도와 이들을 식별할 수 있는 지화학적 연구를 하였고, 윤 등(2005, 2006)은 해역퇴적물에서 스트론튬 동위인소비와 원소조성을 이용한 동중국해 대륙붕 퇴적물의 기원연구에서 양자강기원 부유퇴적물의 동중국해 외대륙붕의 니질퇴적상 분포지역으로 공급될 가능성을 지적하였다. 이처럼 북서동중국해역은 중국 및 주변의 육지에서 강과 대기를 통해 유입되는 물질과 해류에 의해서 운반된 물질로 혼합되어 이 지역의 복잡한 해황조건을 반영하므로 유입된 물질들의 근원지별로 지화학적 특성이 명확히 밝혀지지 못한 상태에 있다. 따라서 본 연구에서는 북서동중국해역에서 채취한 표층퇴적물 시료에 대한 입도분석과 화학분석을 통하여 이 지역 표층퇴적물의 공급지 파악에 접근하고자 한다.

## 연구방법

본 연구를 위해 북서동중국해역 대륙붕지역의 32개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하였다(Fig. 1). 퇴적물의 입도분석은 Ingram(1971)과 Galehouse(1971)의 방법에 따라 유기물과 탄산염을 제거한 후 4 $\phi$ (63 $\mu$ m) 체를 사용하여 조립질과 세립질로 분리하였다. 조립질 퇴적물

은 건식체질 방법으로, 그리고 세립질 퇴적물은 피펫방법으로 입도별 중량 백분율을 1 $\phi$  간격으로 구분하여 Folk and Ward(1957)가 제시한 도표 계산법에 따라 입도조직 상수를 계산하였다. 퇴적물 중 총 탄소 함량과 무기탄소 함량은 한국기초과학연구원의 CHN-분석기(CE Instrument: Flash-1120)를 이용하여 측정하였다. 탄산염함량은 총탄소와 유기탄소의 함량차이를 이용하여 계산하였다.

퇴적물의 원소함량 분석을 위해 먼저 테플론 용기에 분말화된 퇴적물시료 2g과, 불산-과염소산-질산 혼합용액으로 반응시킨 후 1M 질산용액으로 추출하였다(Kitano and Hujiyoshi, 1980). 전처리된 용액시료의 원소농도는 한국기초과학연구원의 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS)를 이용하여 정량되었다.

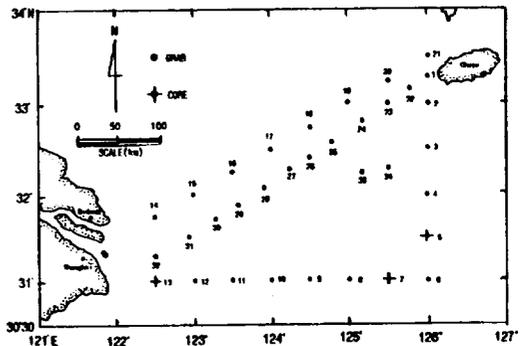


Fig. 1. Study area and sampling sites

## 결과 및 고찰

### 퇴적물의 조직과 유기물 함량

조사지역의 퇴적물 분포는 Table 1에서 보는 바와 같이 모래퇴적상은 제주도 남서쪽(St. 2)에 소규모의 분포를 보이며, 이의 평균조성은 모래 91.8%, 실트 3.4%, 점토 4.7%이며 평균입도는 2.2 $\phi$ 로 세립사에 해당한다. 니질퇴적

북서 동중국해 표층퇴적물내 수중 금속원소의 분포특징

상은 양자강 하구역(St. 12,13,14)과 제주도 남서쪽 외대륙붕(St. 4,5)에 소규모의 분포를 보인다. 이중 양자강 하구역에 분포하는 니질퇴적물의 평균조성은 모래 3.5%, 실트 62.8%, 점토 33.4%이며, 평균입도는 7.2 $\phi$ 로 극세립질

실트에 해당하며 분급도는 2.3 $\phi$ 로 불량한 편이다. 반면에 외대륙붕 지역에 분포하는 니질퇴적상의 평균조성은 모래 0.8%, 실트 35.1%, 점토 63.9%이며, 평균입도는 8.7 $\phi$ 로 점토에 해당하며 분급도는 1.8 $\phi$ 로 양호한 편이다.

Table 1 Weight percentage of surface sediment composition and textural parameter.

Station	sediment type	Weight % of size classes				Texture parameter( $\phi$ )			
		Granule	Sand	Silt	Clay	Mz	$\delta_1$	Sk	Kg
1	(g)mS	0.3	65.5	9.3	25.3	3.9	3.9	0.4	0.5
2	S	-	91.8	3.4	4.8	2.2	1.2	-0.3	1.1
3	sC	-	27.6	21.4	50.9	6.1	3.31	-0.4	0.5
4	M	-	1.2	34.9	63.6	8.7	1.8	-0.2	0.8
5	M	-	0.5	35.3	64.3	8.7	1.8	-0.3	0.8
6	sM	-	45.7	28.2	26.2	5.7	3.1	0.4	0.7
7	sM	-	15.9	33.5	50.7	7.5	2.8	-0.3	0.8
8	sM	-	48.7	30.0	21.3	5.2	2.9	0.5	0.7
91	mS	-	71.1	18.5	10.4	3.7	2.1	0.8	1.1
10	mS	-	75.4	12.3	12.3	3.9	2.1	0.8	2.5
11	mS	-	68.1	20.9	10.9	4.3	2.1	0.7	2.3
12	Z	-	3.9	63.3	32.8	7.1	2.4	0.4	0.6
13	M	-	2.2	60.9	36.9	7.3	2.3	0.3	0.6
14	Z	-	4.4	64.2	31.4	7.1	2.3	0.4	0.6
15	zM	-	83.3	11.6	5.1	3.2	2.0	0.8	2.5
16	mS	-	65.2	8.3	26.5	4.8	2.8	0.7	1.04
17	mS	-	50.2	30.2	19.6	5.2	3.0	0.6	0.7
18	mS	-	68.0	13.3	18.7	4.5	2.1	0.9	0.9
19	mS	-	66.3	21.4	12.3	3.8	2.3	0.6	1.1
20	zS	0	71.8	21.2	7.1	3.9	1.9	0.7	0.8
21	mS	0	68.2	18.3	13.5	4.6	2.8	0.8	1.2
22	(g)mS	-0.1	52.4	13.6	33.9	4.3	3.1	0.6	0.6
23	sC	-	45.9	17.8	36.4	5.0	3.4	0.2	0.5
24	cS	-	53.8	14.7	31.5	4.9	3.5	0.7	0.5
25	sC	-	42.2	19.7	38.1	5.4	3.1	0.04	0.5
26	mS	-	55.6	18.8	25.6	5.0	3.1	0.8	0.6
28	mS	-	71.1	15.0	13.8	4.3	2.5	0.8	1.5
29	(g)mS	0.2	71.2	18.6	10.0	3.8	2.1	0.7	1.7
31	mS	-	67.4	15.1	17.5	4.5	2.9	0.8	0.8
32	sZ	-	20.6	52.9	26.5	6.3	2.6	0.5	0.7
33	sM	-	41.5	28.5	30.3	5.8	3.3	0.3	0.6
34	sC	-	32.1	21.6	46.4	6.8	3.4	-0.3	0.5
Average		0.02	48.4	24.9	26.7	5.3	2.6	0.4	0.9

Note. Mz: mean grain size,  $\delta_1$ : sorting, Sk: skewness, Kg : kurtosis

**Table 2.** Mean grain size, organic carbon, calcium carbonate and elemental composition of bulk sediments from the study area

St.	Org-C	CaCO <sub>3</sub>	%						ppm								
			Al	Mg	Na	K	Ca	Fe	Mn	Cu	Cr	Co	Pb	Ni	Zn	Mz	
1	0.3	6.8	6.7	0.3	2.1	1.1	3.0	1.5	512	7.9	47.2	5.2	44.3	23.3	44.2	3.9	
2	0.2	6.5	6.2	0.4	2.1	1.0	2.9	1.1	508	5.5	41.9	6.2	22.5	23.5	34.0	2.2	
3	0.6	6.1	8.1	0.2	0.9	0.8	2.1	1.3	568	6.6	52.5	10.2	32.9	28.1	76.3	6.1	
4	0.8	7.2	10.1	0.8	0.7	1.5	3.5	1.9	653	6.0	60.8	10.1	43.0	24.0	90.1	8.7	
5	0.6	8.9	6.8	0.3	0.6	1.6	3.1	1.4	584	6.1	81.1	7.4	49.6	22.0	62.4	8.7	
6	0.8	4.9	10.3	0.8	0.9	2.0	3.7	2.1	600	9.1	48.9	8.5	42.3	30.3	32.1	5.7	
7	0.7	8.3	9.6	0.2	0.8	1.3	3.3	1.4	651	13.3	73.5	8.0	40.1	42.9	101	7.4	
8	0.3	7.1	7.6	0.4	2.8	1.8	3.7	2.1	612	10.4	59.1	8.2	42.9	31.9	98.2	5.2	
9	0.3	7.2	7.4	0.3	1.4	0.9	5.1	1.6	835	6.3	58.2	7.3	24.5	29.1	91.2	3.7	
10	0.4	5.2	7.6	0.3	1.5	1.4	1.9	1.4	577	6.7	58.7	7.1	25.4	26.3	58.4	3.9	
11	0.4	5.1	8.7	0.2	0.6	1.5	1.7	1.6	554	8.1	52.2	6.1	23.2	25.6	57.1	4.3	
12	0.7	6.6	9.0	0.2	1.4	1.6	2.1	1.8	660	13.5	80.6	7.1	58.3	43.7	112	7.1	
13	0.6	6.8	9.2	0.6	1.4	1.8	2.2	2.3	742	19.9	83.1	8.5	81.3	53.2	124	7.3	
14	0.5	6.4	7.6	0.3	0.5	1.5	2.8	2.0	579	13.7	62.4	7.2	38.5	34.6	85.6	7.1	
15	0.3	8.0	6.9	0.2	2.3	1.5	3.0	1.6	583	8.4	46.9	6.4	37.5	24.9	53.4	3.2	
16	0.4	7.7	6.8	0.2	1.9	0.8	3.2	1.2	552	7.7	54.1	6.9	40.1	27.2	62.1	4.8	
17	0.5	5.2	7.8	0.2	1.8	0.4	2.5	1.5	624	10.0	65.0	7.0	52.2	33.1	84.2	5.2	
18	0.4	7.2	7.3	0.2	2.3	0.5	3.0	1.4	518	9.5	42.1	5.9	38.1	26.6	47.0	4.5	
19	0.7	7.3	7.0	0.2	1.1	3.6	5.0	1.4	572	7.1	47.5	8.3	24.5	21.7	64.2	3.8	
20	0.4	8.5	8.7	0.3	2.3	0.9	6.1	1.3	554	6.4	42.9	7.8	39.1	29.5	43.0	4.0	
21	0.4	6.9	6.8	0.3	1.1	0.8	3.1	1.4	416	7.1	43.6	5.4	25.1	26.7	43.2	4.6	
22	0.3	7.5	6.6	0.3	2.2	0.9	3.1	1.4	484	6.3	43.2	5.8	33.5	21.6	65.1	4.8	
23	1.0	6.0	6.7	0.2	0.1	0.7	2.9	1.3	660	9.5	58.9	7.1	53.3	29.4	102	5.0	
24	0.6	7.3	6.9	0.1	2.2	0.5	3.1	1.1	587	8.6	44.9	8.2	52.2	25.1	70.7	4.9	
25	0.7	7.1	9.1	0.4	3.3	1.4	4.1	1.9	621	11.9	53.6	7.4	41.4	36.7	99.3	5.4	
26	0.5	5.8	6.6	0.1	3.1	1.8	1.2	1.5	567	9.7	61.6	6.3	53.0	32.3	74.0	5.0	
28	0.2	4.5	6.8	0.2	2.7	0.8	1.6	1.2	559	8.3	53.3	6.8	37.8	24.5	61.2	4.3	
29	0.2	4.5	6.7	0.1	4.0	2.1	1.8	1.1	568	7.1	54.7	8.3	35.7	23.9	117	3.8	
31	0.4	4.5	7.1	0.2	1.1	1.5	1.9	1.8	577	8.8	51.5	7.1	38.3	27.0	81.1	4.5	
32	0.5	4.7	8.2	0.2	1.7	2.2	1.9	2.3	754	13.7	71.3	10.1	51.3	31.2	86.5	6.3	
33	0.5	5.2	5.4	0.1	1.0	0.5	2.2	1.5	538	10.4	50.4	5.2	34.0	30.8	82.0	5.8	
34	0.7	5.6	8.2	0.2	1.8	0.8	2.2	1.6	578	12.2	67.6	5.9	33.8	28.2	85.1	6.8	
Ave.	0.5	6.4	7.6	0.3	1.7	1.3	2.9	1.5	592	9.2	56.7	7.3	40.3	29.3	74.9	5.3	
HURS	-	-	5.6	1.2	1.7	2.0	4.0	2.5	498	16.9	46.9	9.3	18.2	21.6	42.0	5.1	
CHRS	-	-	7.1	1.6	0.9	2.1	3.2	4.3	958	40.3	73.7	16.8	39.5	40.3	10.6	6.3	
KEUM	-	-	7.4	0.9	1.5	2.3	0.6	3.1	586	27.0	44.7	15.0	36.7	26.0	73.5	7.3	
UCC	-	-	8.0	1.3	2.9	2.8	3.0	3.5	620	25	35	10	20	20	71	-	

Huanghe(HURS), Changjiang(CHRS) and Keum rivers sediment(Yang et al., 2004).  
Average upper continental crust(UCC: Taylor and McLennan, 1985).

본 조사지역 퇴적물에서 탄산염 함량은 4.2~8.9%로 다양한 값을 나타내며 퇴적물의 평균입도와 수심이 깊은 남동쪽 외대륙붕 지역과 제주도 서쪽 및 북쪽의 중앙부에서 7.1% 이상의 높은 함량을 보인다(Fig. 2-A). 퇴적물내 탄산염 함량을 조절하는 요인으로는 수괴내에서 생물생산력에 의한 공급, 퇴적된 후 파쇄, 용해작용 및 육상으로부터의 강을 통한 유입 등으로 알려져 있다(Chen and Wang, 1987). 따라서 본 연구지역 중 남동쪽의 외해역에서 최대의 함유량을 보이는 것은 쿠로시오 및 황해난류수 등의 영향인 것으로 사료된다. 즉 본역 남동쪽의 니질퇴적상 분포지역은 특성을 달리하는 수괴 및 해류가 만나서 와류가 발생하는 생물생산력이 활발한 전선대 지역으로 복합기원 퇴적물이 퇴적되고 있는 지역이기 때문에 해석된다(Qin and Le, 1983). 또한 양자강 하구역에서 7.0% 이상의 높은 함유량을 보이는 것은 주변의 육상기원 물질이 양자강을 통해 공급되고 있음을 시사한다.

유기탄소 함량을 0.2~0.8%의 범위를 보이며, 양자강 하구역과 제주도 남쪽 니질퇴적상 분포역에서 0.8% 이상의 높은 함량을 보이며 북서쪽으로 향함에 따라 점차 감소한다(Fig. 2-B). 이는 전술한 바와 같이 쿠로시오로부터 분기해 제주도 서쪽을 지나 황해로 유입하는 황해난류수의 영향으로 사료되며(Xu, 1983). 또한 양자강 하구역에서 유기탄소 함량이 0.5% 이상의 높은 것은 양자강기원 부유물질이 하구역에서 남쪽 및 남동쪽으로 수송되고 있음을 의미한다.

### 금속원소의 함량과 분포

연구지역 32개 퇴적물 시료에서 측정된 금속원소의 평균값은 Al: 7.6%, Mg: 0.3%, Na: 1.7%, K: 1.3%, Ca: 2.9%, Fe: 1.6%, Mn: 592ppm, Cu: 9.2ppm, Cr: 56.7ppm, Co: 7.3ppm, Pb: 40.3ppm, Ni: 29.3ppm,

Zn: 74.9ppm 등으로 나타났다(Table 2). Al 원소는 전형적인 대륙기원 원소이고, 이동 중에 풍화나 함량변화가 거의 없고 이동시 약 90% 이상의 입자태로 이동하는 것으로 알려져 있다(Goldberg and Arrhenius, 1958; Moorby, 1983). Al 원소의 공간분포는 Fig. 2-C에서 보는바와 같이 양자강 하구의 연안역, 남서 및 북쪽의 중앙부 지역에서 8.0% 이상의 높은 함량을 보인다. 이는 양자기원 물질이 하구역에서 동쪽 및 북동쪽으로 이동되고 있음을 의미한다. Fe, Cu, Cr 및 Zn 원소는 인위적인 육상오염원에 민감한 원소로 알려져 있다(Moorby, 1983). Fe과 Cu 원소의 공간분포는 Fig. 2-E, F에서 보는 바와 같이 양자강 하구역과 북쪽의 중앙부 지역에서 각각 2.0%, 9.0ppm 이상의 높은 함량을 보인다. 특히 이들 두 원소들은 양자강 하구역에서 동쪽의 외해로 향함에 따라 점차 감소하는 경향을 보이는데 이는 양자강기원 물질의 이동방향과 일치하고 있다(Schubel et al., 1984). 즉 양자기원 부유퇴적물의 주 이동방향은 남쪽이나 여름철에는 표층수괴 흐름으로 북동쪽 방향으로 이동하여 제주도 서쪽까지 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Xu, 1983; 김, 1986). Cr, Ni, Mg, K 및 Zn 원소들의 공간분포는 상기의 원소들과 유사한 분포경향을 보이며, 이중 Zn, Mg 및 K 원소는 양자강 하구역과 남동쪽의 니질퇴적상 분포지역에서 높고, 특히 Zn 원소는 남쪽의 중앙지역에서 90ppm 이상으로 최대치를 보이고 북서쪽으로 향함에 따라 감소한다(Fig. 2).

Mn, Co는 자생적으로 형성되는 비율이 큰 원소이며 수괴내에서 흡착, 침전 등에 의해 효과적으로 제거되는 것으로 알려져 있다(Chester and Hughes, 1969; Jenne, 1968). Mn, Co 및 Pb의 공간분포는 양자강하구 연안역과 북쪽 중앙부 및 남동쪽의 외해역에서 높은 함량을 보인다(Fig. 2-K, L, M). 특히 Mn과 Co는 남쪽의

외해역(St. 6,7,9)과 북동쪽(St. 4,23,25,26)에서 각각 600ppm, 7ppm 이상으로 높은 함량을 보이는 것은 자생적 영향이 큰 것으로 사료되며, Pb는 양자강 하구역과 북쪽의 중앙부(St. 17,18,26)에서 50ppm이상의 높은 함량을 보이는 것은 근래 양자강 하구역 및 중국연안 주변에는 공업지대와 도시화의 확대에 따른 각종 생활 폐수의 나랑방출에 의한 것으로 사료된다.

퇴적물내 Ca 및 Na의 공간분포는 Fig. 2-N,O에서 보는바와 같이 제주도 서쪽 연안역, 북서쪽의 중앙부지역(St. 15,16,18,19,24,25) 및 남동쪽의 외해역에서 각각 3.0%, 2.0% 이상의 높은 함량을 보인다. 이는 황하퇴적물에서는 양자강퇴적물에 비해 Ca, Na, Sr 및 Zr 원소가 높은 특징을 보인다는 기존의 연구결과를 볼 때(Zhao and Yan, 1990), 본 역의 북쪽 중앙부지역과 남동쪽의 니질퇴적상 분포지역은 양자강 보다는 황하의 영향이 큰 것으로 사료된다. 황하기원 물질이 동중국해로의 이동이 가능한 기작으로는 겨울철 폭풍기간에 남황해 지역에서 재부유된 세립질분질들이 장수연안류(Jiansu Coastal Current) 등에 의해 북서동중국해까지 이동되는 것으로 알려져 있다(Milliman and Meade 1983).

#### 퇴적물내 지화학적 특징에 의한 기원지 추정

북서동중국해역에서 채취한 32개의 표층퇴적물에서 분석된 수종의 화학조성과 기존의 황하, 양자강 퇴적물 등의 지화학적 자료와 비교하여 연구지역 퇴적물의 기원지를 추정하였다.

황하와 양자강 퇴적물 및 연구지역 퇴적물 내 원소함량을 상부대륙지각(Upper Continental Crust: UCC)에 분포하는 철암(shales)의 평균 원소함량으로 표준화할 때(Taylor and McLennan, 1985), 황하퇴적물은 Ti과 Ca를 제외한 대부분의 원소는 상부대륙지각의 철암의

평균 조성치 보다 고갈되었으며, 양자강퇴적물은 Fe, Mn, Ti 및 Mg 원소는 UCC 값보다 높은 값을 보였으며, 연구지역의 퇴적물은 Ti, K 원소를 제외한 나머지 원소는 고갈되어 양자강 퇴적물 보다는 황하의 특성치와 유사한 경향을 보였다(Fig. 3).

한편 해역퇴적물에서 황하와 양자강기원 퇴적물을 구별할 수 있는 지화학적 특징으로는 Table 2에서 보는 바와 같이 황하퇴적물에는 양자강 퇴적물 보다 Ca, Na 같은 원소가 풍부하나 양자강 퇴적물에는 전이원소(Fe, Mg, Mn, Cu, Cr, Co, Ni, Zn) 함량이 풍부한 것으로 보고되었다(Zhao and Yan, 1992; Yang et al., 2004). 그러나 Ca와 Na 같은 알칼리토류원소는 강과 해양환경에서 불안정하고 해양자체에서 공급되는 해양생물과 해수기원 물질 등의 요인에 의해 조절되므로 대륙기원 원소의 함량이 상대적으로 변하게 된다.

따라서 대륙기원 원소의 공급여부나 기원지 차이 등을 밝히고자 할 때에는 해양기원에 의한 요소를 제거하여 대륙기원 원소에 의해서만 해석이 필요하다. 이러한 방법 중의 하나가 대표적인 대륙기원 원소이면서 보존성 원소인 Al로 표준화(normalizing) 함으로써 입도의 영향을 최소화시킬 뿐만 아니라 해양퇴적물의 공급지 추정이 가능하다(Ergin and Qin 1987; Moorby, 1983). 본 연구지역에서도 대륙기원 원소인 Al과 다른 원소의 비로써 퇴적물내 화학조성에 의한 기원지를 고찰하기로 한다. 본 연구지역 표층퇴적물의 E/Al비 값이 황하퇴적물 보다 높고 양자강 퇴적물보다는 낮으나 이와 비슷한 함량변화 경향을 보이는 원소는 Zn, Pb 원소이고, 양자강 퇴적물보다는 높고 황하 퇴적물보다는 낮으나 이와 비슷한 함량변화를 보이는 원소는 Na 원소이고, 황하와 양자강 퇴적물 보다는 낮으나 황하퇴적물과 유사한 특징을 보이는 원소는 Fe, Mn, Cr, Ni로 본 연구지역은

황하와 양자강의 복합기원 물질이 운반되어 퇴

적되고 있음을 의미한다(Table 3).

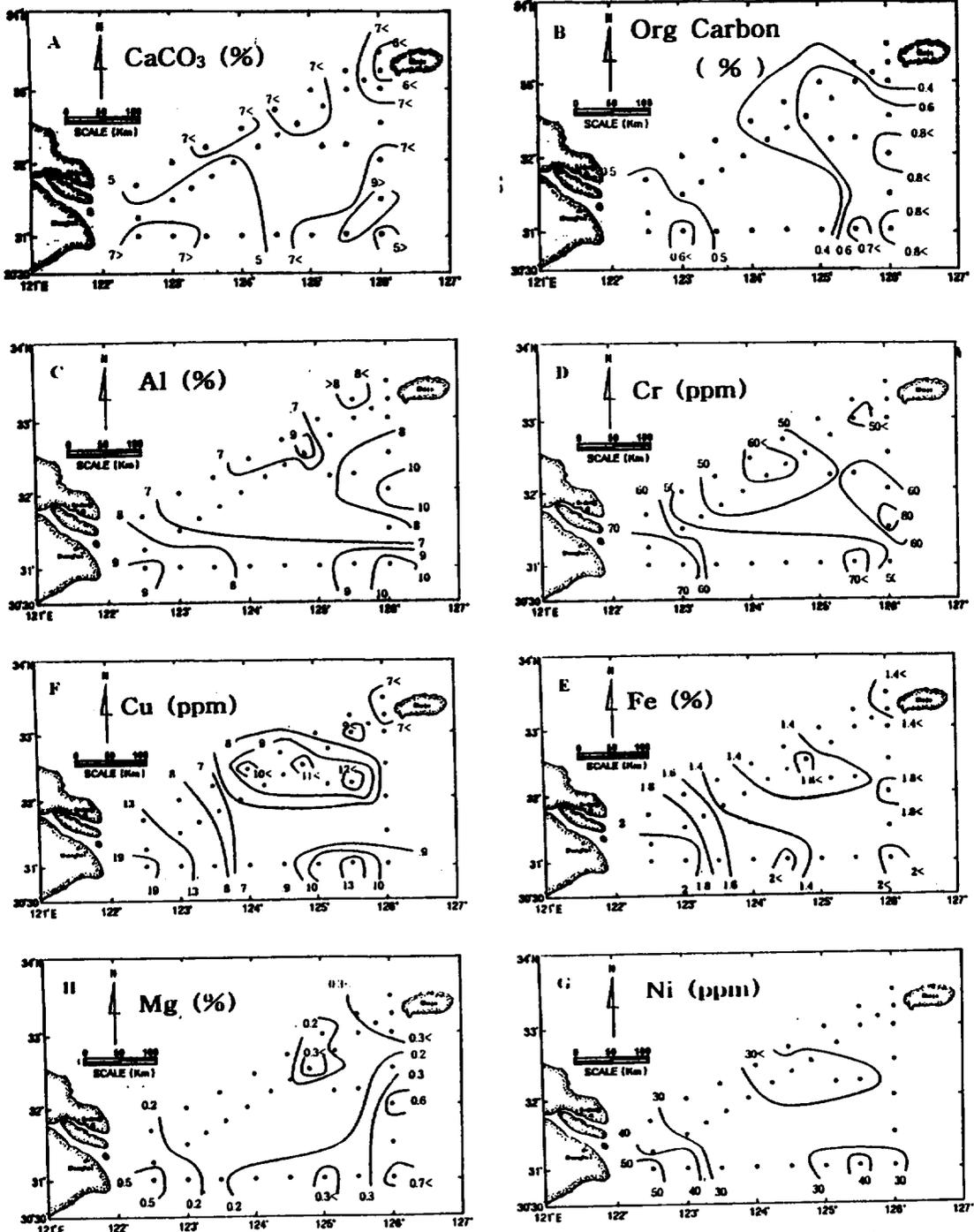


Fig. 2 Areal distribution of CaCO<sub>3</sub>, Org-C, Al, Cr, Fe, Cu, Ni, Mg in surface sediments of the northwestern East China Sea.

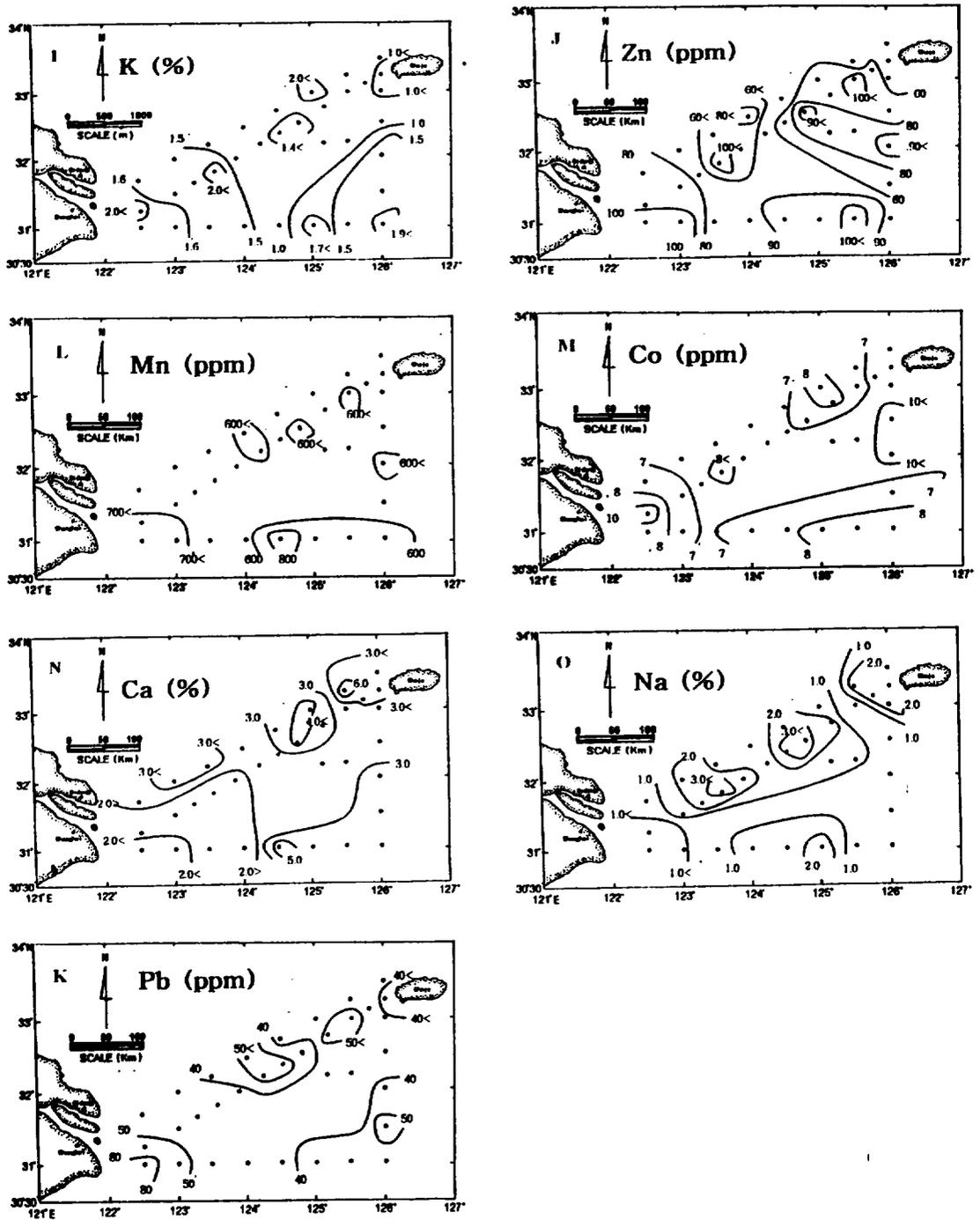


Fig. 2 continued: areal distribution of K, Zn, Mn, Co, Ca, Ni, Pb in surface sediments of the northwestern East China Sea

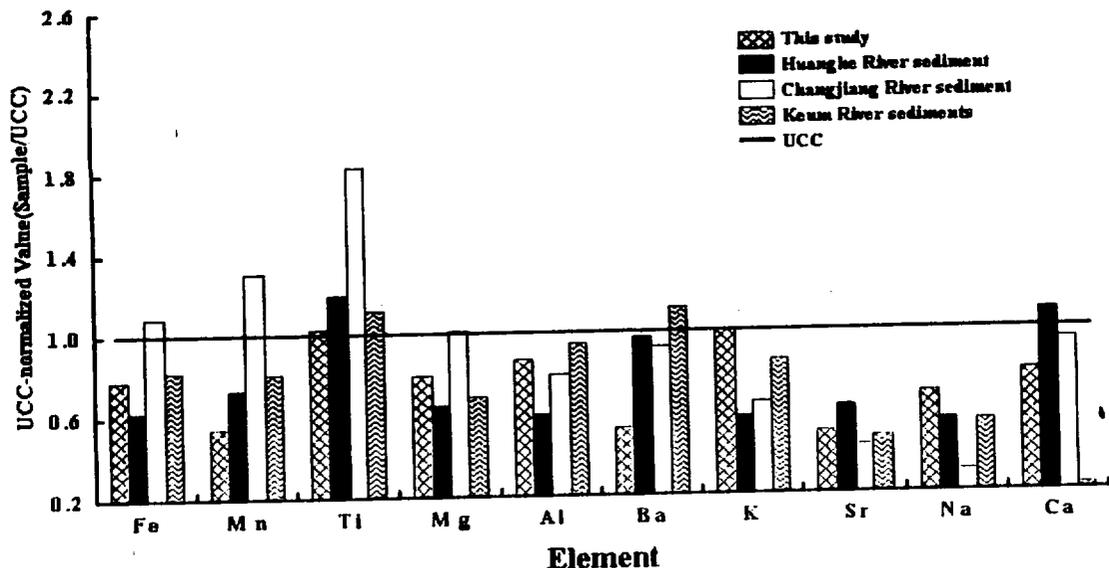


Fig. 3 Element concentration normalized to the average upper continental crust(UCC : Taylor and McLennan, 1985), together with the data of Yang et al. (2004) and Zhao and Yan(1990).

Table 3. Comparison of element to Al ratios(E/Al) in sediments from the East China Sea, together with those of other areas.

Region	NECS <sup>1</sup>	HURS <sup>2</sup>	CHRS <sup>2</sup>	PAAS <sup>3</sup>	UCC <sup>4</sup>
Fe	0.21	0.45	0.60	0.51	0.44
Ca	0.38	0.72	0.45	0.09	0.37
Mg	0.04	0.21	0.23	0.13	0.16
K	0.17	0.36	0.39	0.31	0.35
Na	0.22	0.29	0.12	0.09	0.36
Mn	77.5	89.7	135.1	85.3	77.1
Cr	7.42	8.45	10.4	11.0	4.35
Ni	3.84	3.89	5.70	5.5	2.49
Co	0.96	1.67	2.37		1.24
Cu	1.21	3.04	5.68	5.0	3.11
Zn	9.82	7.56	15.0	8.5	8.83
Pb	5.28	3.28	5.57	2.0	2.49

<sup>1</sup>Northwestern East China Sea Sediment, <sup>2</sup>Huanghe and Changjiang rivers sediment(Yang al., 2004), <sup>3</sup>Post-Archaeon shale average Australian sedimentary rock(McLennan, 1989), <sup>4</sup>Average upper continental crust(Taylor and McLennan, 1985).

한편, Lee and Na(2003)의 연구에 의하면 양자강퇴적물은 황하나 한국의 강 퇴적물보다 Mg, Ti, Fe 및 Mn 함량이 높고, 황하퇴적물은 Ca, Na 및 Sr 원소가 풍부하며, 한국의 강 퇴적물에는 Al, K 및 Ba 함량이 높다고 보고하였다. 따라서 이를 바탕으로 지화학적으로 근원강의 퇴적물을 구분하기 위하여 이들 각각의 강에서 상대적으로 풍부한 원소들을 근거로 하여 3개의 구분지수를 유도하였다. 첫째 지수는  $(Al+Fe)/(Mg+Ca+K)$ 로서 이는 상기의 강들 퇴적물의 모은 조성의 특징을 반영하는 환경적으로 고정된 원소와 비 고정된 원소의 비를 뜻한다. 둘째 지수는  $(Ca-Fe)/Al$  비로써 이는 각 강들에서 정량적으로 풍부한 원소들로부터 유도하였다. 셋째 지수는  $(Ca-Mg)/K$  비로써서 이는 이들 각 강들의 퇴적물을 가장 잘 반영하는 상징적인 알카리와 알카리토류 원소들로부터 유도하였다. 따라서 본 연구에서도 이들의 구분

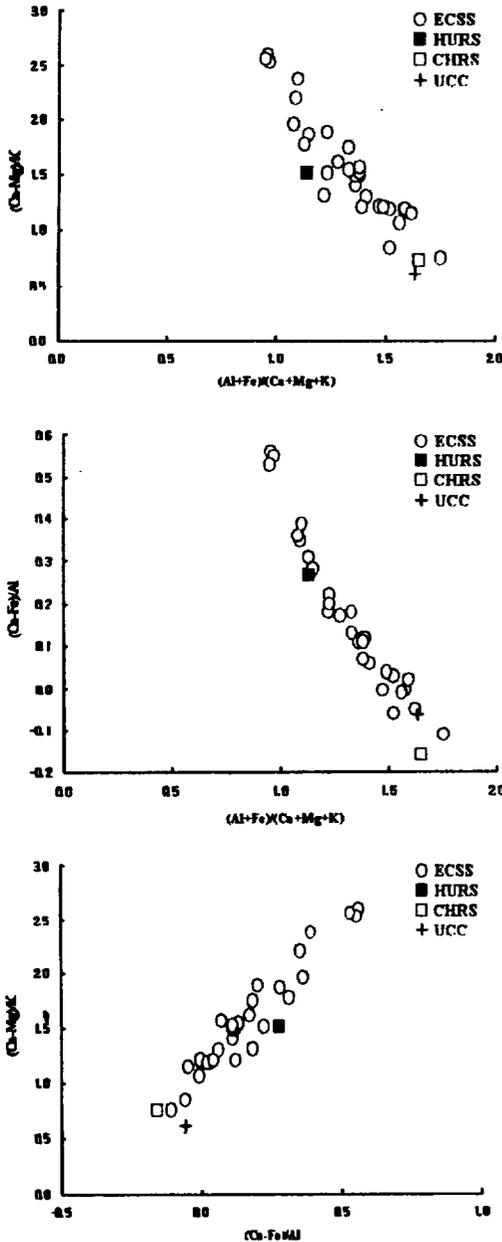


Fig 4. Comparison of the geochemical indices of  $(Al+Fe)/(Ca+Mg+K)$ ,  $(Ca-Fe)/Al$ , and  $(Ca-Mg)/K$ . The value of the UCC (by Taylor and McLennan, 1985), Huanghe (HURS) and Changjiang (CHRS) rivers sediment (Yang et al., 2004), and northwestern East China Sea sediments (ECSS) plotted together for comparison.

지수를 적용해본 결과, Fig. 4에서 보듯이와 같이 북서동중국해역에 분포하는 퇴적물은 기원지로서의 어느 특정한 지역을 명백히 보여주지 않았으며 크게 3유형으로 구분된다. 즉 연구지역의 서남쪽에 분포하는 시료들(St. 12,13,32)은 양자강 퇴적물시료 주위에 밀집된 분포를 보였으며, 제주도와 가까운 연구지역의 북동쪽에 분포하는 시료들(St. 1,2,21)은 황하와 양자강 퇴적물 시료와는 독립된 분포를 보이나 그 외의 대부분 시료들은 황하 퇴적물시료 주위에 밀집 분포하여 연구지역에 분포하는 퇴적물은 양자강보다는 황하기원 물질이 영향을 더 받고 있음을 의미한다. 그러나 모든 시료들이 열을 지어 직선상의 분포 특징을 보이는 것은 본 역에 분포하는 퇴적물은 주로 황하와 양자강기원 퇴적물의 혼합된 형태로 이루어져 있음을 의미한다.

### 결론

북서 동중국해역에서 채취한 32개 표층퇴적물을 대상으로 그 지화학적 특성을 규명하기 위하여 13종의 금속원소 함량을 분석하였다.

1. 퇴적물내 탄소함량은 4.2~8.9%로 다양한 값을 보이나 퇴적물의 평균입도와 수심이 깊은 동쪽의 외대륙붕 지역에서 높은 함량을 보여 근원지 외에 황해난류수의 영향으로 사료된다.
2. Fe, Cu, Cr, Pb 및 K 원소들이 지역적 분포는 양자강하구역에서 높은 값을 보여 양자강기원 육상물질의 연구지역까지 운반되고 있음을 의미하며, Ca 및 Na 원소는 남 황해와 근접한 북서쪽 중앙부지역에서 높은 값을 보이는데 이는 황하강의 영향도 있는 것으로 사료된다.
3. 퇴적물의 화학조성 중  $(Al+Fe)/(Mg+Ca+K)$ ,  $(Ca-Fe)/Al$  및  $(Ca-Mg)/K$  3개의 지화학적 구분지수에서 북서동중국해역의

표층퇴적물은 주로 황하와 양자강기원 퇴적물의 혼합된 특징을 보였다.

### 참고문헌

- 김구, 노홍길, 이상호, 1991. 하계 제주도 주변 해역의 수계 및 해수순환. 한국해양학회지 26(3), 262-277.
- 이창복, 정희수, 정갑식, 1992. 황해 남동해역 표층퇴적물중 수송 금속원소의 분포특성에 관한연구. 한국해양학회지 27(1), 55-65.
- 윤정수, 임동일, 변종철, 정희수, 2005.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  비를 이용한 동중국해 대륙붕 퇴적물의 기원연구. 한국해양학회지, 바다 10(1), 92-99.
- 윤정수, 변종철, 김여상, 2006. 동중국해 외대륙붕역 니질퇴적물의 지화학적 특성. 한국지구 과학회지 27(2), 223-229.
- Chen, P.Y., 1978. Minerals in bottom sediments of the South China Sea. Geol. Soc. Am. Bull., 89, 211-222.
- Chester, R. and M.J. Hughes, 1969. The trace element geochemistry of the North Pacific pelagic clay. Deep Sea research 16, 619-654.
- DeMaster, D.J., B.A. Mckee, C.A. Nittrouer, J. Qian and G. Cheng, 1985. Rate of sediment accumulation and particle reworking based on radiochemical measurement from continental shelf deposit in the East China Sea. Cont. shelf Res., 4(1), 143-158.
- Emery, K.O., 1968. Relict sediments on continental shelves of world, Am. Asso. Pet. Geol., 52, 445-464.
- Erqin, Z. and W. Qin, 1987. Sedimentation on the north shelf of the East China Sea. Mar. Geol., 81, 123-136.
- Folk, R.L. and W.C. Ward, 1957. Brazor river bar: study in the significance of grain size parameters. Jour. Sed. Pet., 27, 3-36.
- Galehouse, J.S., 1971. Sedimentation analysis. Procedures in Sedimentary Petrology, pp. 69-94.
- Goldberg, E.D. and G.O.S. Arrhenius, 1958. Chemistry of Pacific pelagic sediments. Geochimica et Cosmochemica Acta 13, 143-153.
- Ingram, R.L., 1971. Sieve analysis. Procedure in Sedimentary Petrology, 653pp.
- Jenne, E.A., 1968. Controls on Mn, Fe, Co, Ni, Cu and Zn concentration in soils and water: The significance role of hydrous Mn and Fe oxides, Advances in Chemistry Series, pp. 337-387.
- Kitano, Y. and R. Huiyoshi, 1980. Selective chemical leaching of cadmium, copper and manganese and iron marine sediments. Geochemical Jour., 14, 113-122.
- Milliman, D.A. and R.H. Meade, 1983. World-wind delivery of river sediment to the ocean Jour. Geol., 91, 1-21.
- Lee, C.B. and T.K. Na, 2003. Geochemical discrimination of fine-grained sediments entering the Yellow and East China Sea from the Yangtze, Huanghe and Korean rivers. Proceeding of the International Symposium on Oceanographic Environmental Change after Completion of Changjiang Three Gorges Dam, Jour. Korean Soc. Ocean. pp. 99-122.

- McLennan, S.M., 1989. Rare earth elements in sedimentary rock: influence of provenance and sedimentary processes, *Review Mineralogy* 21, 170-199.
- Moorby, S.A., 1983. The Geochemistry of transitional sediments recovered from the Galapagos hydrothermal mounds field during DSDP Leg 70: implication for mound formation *Earth and Planetary Science Lettre* 62, 367-376.
- Qin, Y. and F. Li, 1983. Study of influence of sediment loads discharged from Huanghe River on sedimentation in Bohai and Huanghr Sea. *Sedimentation on the Continental Shelf with Special Reference to the East China Sea, Vol. 2, China Ocean Press, pp. 91-101.*
- Schubel, J.R., H.T. and M. Park, 1984. A comparison of some characteristic sedimentation processes of estuaries entering the Yellow Sea. *Proceedind of Korea-US Seminer and Workshop on Marine Geology, Seoul Korea, pp. 286-308.*
- Taylor, S.R. and S.K. McLennan, 1985. *The continental crust: its composition and evolution, Blcakwell, Oxford, 312pp.*
- Xu, D., 1983. Mud sedimentation on the East China Sea. *Sedimentation on the Continental Shelf with Special Reference to the East China Sea, Vol. 2, China Oeean Press, pp. 506-516*
- Yang, S.Y. D.I. Lim, H.S. Jung and B.C. Oh, 2004. Geochemical composition and provenance discrimination of coastal sediments around Cheju Island in the southeastern Yellow Sea. *Marine Geology, 206, 41-53.*
- Zhao, Y.Y. and M.C. Yan, 1990. Abundance of chemical elements in sedimentsfrom the Huanghe, Changjiang rivers and the continental shelf of China. *Chinese Science Bull., 37, 1191-1194.*