

## 황해 중앙부해역 표층퇴적물내 금속원소의 분포특성

윤정수·고윤영·이호준  
제주대학교 해양학과

## Characteristics of Metallic Elements Distribution in Surface Sediments of the Central Yellow Sea

Jeung-Su Youn, Yun-Young Ko and Ho-Joon Lee

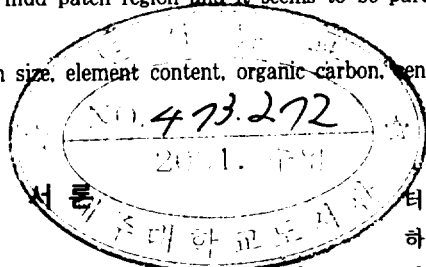
Department of Oceanography, Cheju National University, Jeju-Do, 690-756, Korea

Thirteen surface sediment samples collected from the central area of the Yellow Sea, were analyzed for their contents of thirteen metallic elements, including Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, Cu, Cr, Ni, Pb, Co, Zn and Mn, as well as their grain-size and organic carbon content.

The sandy sediment facies are distributed in the eastern area, the sandy mud and clay sedimentary facies are distributed in the central region, and a patch of fine-grained mud is exists in the western central part. The content of organic carbon which ranges from 0.3 to 1.3% in the sediment showed increase with the decrease of grain-size, and that is dominantly high concentration in the western mud patch region.

The total concentration of Al, Fe, Ca, and Mn are higher in the northwestern part near toward the Shandong Peninsula and its decreased the eastern and southeastern part far away from the Huanghe River. This distribution patterns are well coincide with grain-size. The elements content such as Cu, Ni, and Cr are enriches in the southwestern mud patch region and it seems to be partly influence by the Changjiang Diluted Plume.

Key words : grain size, element content, organic carbon, central Yellow Sea



황해는 한반도와 중국대륙으로 둘러싸여 있는 평균 수심이 50m에 달하는 반폐쇄형의 천해수역으로 북쪽으로는 발해와 연결되며, 양자강하구역의 귀동(Qidong)에서 제주도 에 이르는 경계면을 따라 남쪽으로는 동중국해와 접해있다. 해저지형은 편평한 서부수역과 경사가 급한 동부수역으로 구분이 뚜렷하며, 수심은 연안쪽에서 중심부로 갈수록 증가하여 중앙부에서 분지지형을 형성한다.

황해의 대륙붕에는 중국의 황하강과 양자강으로부터 각각 약  $1.0 \times 10^9$  ton/yr 과  $0.5 \times 10^9$  ton/yr에 달하는 육상기원 퇴적물이 공급되며, 또한 한반도의 여러 하천으로부터 약  $50 \times 10^6$  ton/yr의 퇴적물이 공급된다(Schubel et al., 1984; 박 등, 1994). 중국의 주요 강들로부터 유입된 퇴적물의 대부분은 황해의 서부와 중앙부에 퇴적되며 황해 동측부분의 상대적으로 좁은 해역은 한반도의 크고 작은 강과 하천을 통해 유입된 퇴적물의 분포하는 것으로 보고되었다(Chough and Kim, 1981; Alexander et al., 1991).

연구지역 퇴적물의 이동과 확산에 영향을 미치는

것으로 예상되는 해류로서는 발해해협을 지나 산둥반도 동쪽해안선을 따라 남하하는 황해연안류, 후조(Kurushio)에서 분기해 제주도 서쪽을 통과하여 황해로 유입되는 황해난류수, 고향하 삼각주해역에서 남동 및 북동진하는 장수연안류, 여름철 양자강하구역에서 북동진하여 제주도 서쪽해역을 지나 황해내부로 북상하는 양자강회석수 및 한반도 서해안에서 형성된 연안수 등으로 보고되고 있다(Lie, 1986 : Zhao et al., 1990).

황해퇴적물에 대한 지화학적 연구로서는 이등(1992)은 황해 남동해역 표층퇴적물내 금속원소들의 공간적분포와 원소비를 이용하여 세립퇴적물들의 기원을 구분하는 방법이 시도되었다. Yang et al.(1998)은 황해남부해역 표층퇴적물내의 미량원소와 유기물 분포 특성 연구를 하였고, 최 등(1995)은 금강부유퇴적물의 함량과 이동연구에서 금강부유물중 Fe, Co, Cr, Cu, 및 Ni의 함량은 중국의 황하와 양자강의 금속함량과 비슷한 반면, Mn, Zn, Cd, Pb, 및 U함량은 이들보다 상당히 높게 나타남을 보고하였다. Zhao et al.(1990)은 남황해 중앙부에 분포하는 니질퇴적물에 대한 Pb-210동위원소를 이용한 퇴적률 측정과 화학 조성중 Ca, Sr, Ti, Rb, Fe, Zn 등 원소의 농도특성에 근거하여 이곳의 니토는 현재 황하강으로부터 운반된 물질, 장수북쪽지역의 고향하 삼각주해안의 침식·운반된 물질 및 양자강기원 물질이 혼합된 복합기원 현생니토대(multi-source modern mud)로 해석하였다.

이처럼 황해중앙부해역은 중국 및 한반도의 육지에서 강과 대기를 통해 유입되는 물질과 해류에 의해서 운반된 물질로 혼합되어 이지역의 복잡한 해양조건을 반영하므로 유입된 물질들의 근원지별로 지화학적 특성이 명확히 밝혀지지 못한 상태에 있다. 따라서 본 연구는 황해중앙부해역에서 채취한 13개 표층퇴적물 시료에 대한 입도분석과 수종의 금속원소를 분석하였으며 그 공간적 분포특성과 분포에 영향을 미치는 조절요인을 밝히는 것을 목적으로 수행되었다.

## 재료 및 방법

본 연구를 위한 시료채취는 제주대학교 실습선 아

라호를 이용해서 1996년 8월에 동경 123° 30' ~ 125° 00', 북위 35° ~ 37° 사이에 위치한 황해중앙부해역에서 실시하였다. 해저퇴적물은 Van Veen Grab Sampler를 사용하여 총 13개 정점에서 채취하였다 (Fig. 1).

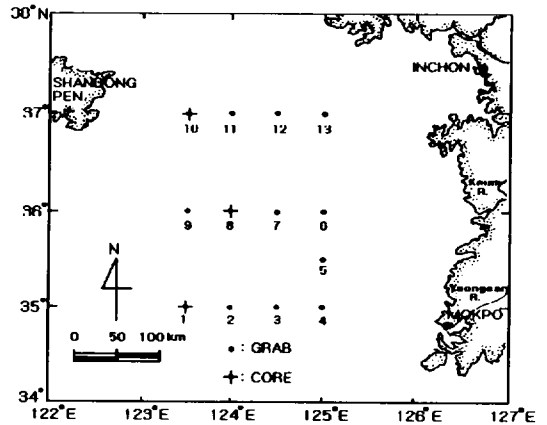


Fig. 1. Study area and sampling sites.

퇴적물 입도분석은 Ingram(1971)과 Galehouse(1971)의 방법에 따라 시료 40-50 g를 취하여 회석법에 의하여 용해성 염분을 제거한 시료를 6% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 유기물을 제거하였다. 유기물이 제거된 시료에 10% HCl로 폐각편을 제거한 후에 0.0625 mm(230 mech)의 체를 사용하여 습식체질한 후 조립부와 세립부로 나누어 조립부는 1φ 간격으로 Ro-tap sieve shaker를 사용하여 건식 체질한 후 입도별 중량백분율을 구하였다. 세립부는 확산제 (sodium hexametaphosphate) 2 g을 첨가하여 시료를 확산시킨 후 피펫방법에 의해 1φ 간격으로 분석한 후 입도별 중량 백분율을 구하였다. 이 결과를 Folk and Ward(1957)의 도식법에 따라 평균치, 분급, 예도, 침도 등의 조직표준치를 계산하였고 Folk(1968)의 삼각도표에 의해 퇴적물 유형을 분류하였다.

금속원소 함량분석을 위한 시료는 먼저 100°C로 건조시킨후 agate mortar를 이용하여 분마하였다. 이렇게 분마된 시료 2 g을 teflon bomb내에서 HF, HClO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub> 혼합용액으로 반응시켜 규산염 광물격자를 파괴시킨 후, 1M HNO<sub>3</sub> 용액으로 추출하여 20 ml로 만

들어 100배 희석하였다(Kitano and Huijoshi, 1980). 이 용액을 취하여 원자흡광분광기(Pye unicam spp)를 사용하여 13종 원소성분의 함량을 측정하였다.

동일시료에 대한 총탄소 및 유기탄소함량은 CHN 분석기(Leo CHN-100)을 이용하여 분석하였고, 탄산염함량은 총탄소와 총유기탄소의 함량차이를 이용하여 계산하였다(Byers et al., 1978).

## 결과 및 고찰

### 표층퇴적물의 분포특성

연구지역 표층퇴적물의 유형은 모래(sand), 니토질모래(muddy sand+clayey sand), 사질니토(sandy mud+sandy clay), 및 니토(mud+clay)으로 총 7개 유형의 분포를 보이거나 크게보아 사질퇴적상과 니질퇴적상 분포지역으로 분류할 수 있다(Fig. 2).

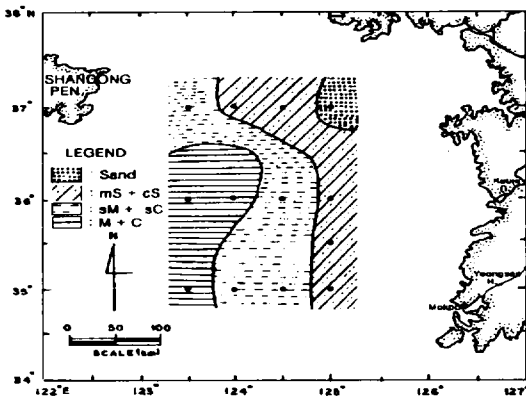


Fig. 2. Distribution of surface sediment type classification.

Notes: mS muddy sand, cS clayey sand  
sM sandy mud, sC sandy clay  
M: mud, C clay

모래는 연구지역 북동쪽 끝(st.13)에 분포하며 평균 조성은 모래 90.36%, 실트 5.42%, 점토 4.22%이고 평균입도는 2.67 $\phi$ 로 세립사에 해당하며 분급도는 1.73 $\phi$ 로 다소 불량한 편이다. 니토질모래퇴적상은 연구지

역 동쪽인 한반도 서해안에 남북방향으로 대상분포를 보이며 평균조성은 모래 75.28%, 실트 11.19%, 점토 13.53%이고 평균입도는 3.68 $\phi$ 로 극세립사에 해당하며 분급도는 2.05 $\phi$ 로 매우 불량한 편이다(Fig. 2). 상기의 사질퇴적물은 지난 최대빙하기(Last Glacial Maximum)의 해수면이 하강하였던 동안 집적된 잔류퇴적물(relict sediment)로 보고되었다(Niino and Emery, 1961). 사질니토퇴적상은 산둥반도 동쪽에서 중앙부지역으로 이어지는 분포형태를 보이며, 평균 조성은 모래 26.21%, 실트 33.17%, 점토 40.57%이고, 평균입도는 6.50 $\phi$ 로 세립질 실트에 해당하며 분급도는 2.70 $\phi$ 로 역시 불량한 편이다. 니토퇴적상은 연구지역 서부에 분포하며 이의 평균 조성은 모래 1.83%, 실트 32.92%, 점토 65.27%이고, 평균입도는 8.50 $\phi$ 로 점토에 해당하며 분급도는 1.92 $\phi$ 로서 다소 불량한 편이다. 이 니토퇴적상은 황해중앙부 해역에 분포하는 니토대(mud patch)로 주로 황하와 양자강을 통해 공급된 복합기원 현상퇴적물로 해석하였다(Zhao et al., 1990).

### 퇴적물내 탄산염과 유기탄소 함량분포

퇴적물의 탄산염함량은 2.80%~10.5%의 범위를 보이고, 니질퇴적물내의 평균함량은 8.41%로 사질퇴적물내의 평균함량 4.03%보다 약 2배이상 높다. 탄산염함량의 지역적분포는 사질니토(sM + cS) 및 니토(M + C)와 같은 세립질퇴적물이 분포하는 서부 중국측으로 가면서 높아지고, 모래와 니토질모래(mS + cS)와 같은 사질퇴적물의 분포하는 동쪽의 한국측으로 함량에 따라 낮은 함유량을 보인다(Fig. 3).이렇게 황해외해역의 퇴적물에서 탄산염함량이 세립퇴적물이 조립퇴적물보다 높은 함량을 나타내는 현상에 대해서는 이등(1992)과 Niino and Emery(1961)는 황해 세립질퇴적물에서 유공충각이 탄산염물질의 중요한 구성성분임을 보고하였다.

그러나 황하기원 퇴적물로 알려진 황해서부에 분포하는 세립질퇴적물에는 황토층에서 기원한 다량의 탄산염광물을 함유하는 사실을 고려할 때 (Yang and Milliman, 1983 ; Milliman et al., 1985). 연구지역 니질퇴적물에서 나타난 높은 탄산염함량은 황하기원 물질의 영향도 배제할 수 없을 것이다.

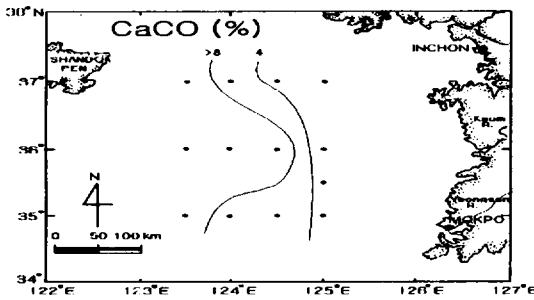


Fig. 3. Areal distribution of the  $\text{CaCO}_3$  in surface sediments on the Central Yellow Sea.

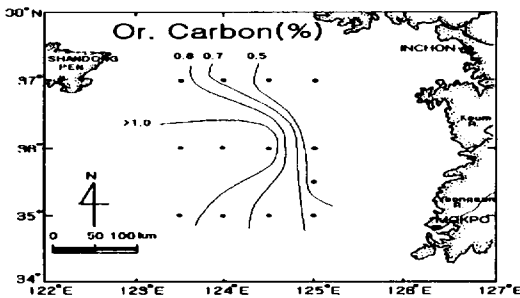


Fig. 4. Areal distribution of the organic carbon in surface sediments on the Central Yellow Sea.

표층퇴적물내 유기탄소함량은 0.30%~1.30%의 범위를 보이고, 그 지역적분포는 니질퇴적물의 분포하는 서부지역의 사질퇴적물이 분포하는 동쪽지역보다 높은 유기탄소함량을 보인다(Fig. 4). 특히 연구지역 서쪽의 니토대지역에서 유기탄소 함량이 1.0%이상으로 타 지역보다 높은 함량분포를 보이는데, 이는 황해중앙부 해역의 니토대(mud patch)분포지역은 발해해협을 지나 산둥반도 동측 해안을 따라 남하하는 황해연안류, 황해난류수 및 겨울철에 강한 북서계저풍에 의해 재부유된 퇴적물을 퇴적시키는 와류가 발생하는 전선대 지역으로서 생물생산력이 활발한 지역이기 때문에 해석된다.

### 금속원소의 함량과 공간분포

연구지역의 13개 퇴적물에서 측정된 금속원소의 평균값은 Al : 6.93%, Fe : 3.50%, Ca : 0.62%, Mg :

0.14%, K : 0.14%, Na : 0.65%, Mn : 515.71 ppm, Zn : 50.61 ppm, Cr : 41.24 ppm, Ni : 34.25 ppm, Pb : 32.43 ppm, Cu : 9.63 ppm, Co : 8.5 ppm 등으로 나타났다. 따라서 본 연구지역 퇴적물의 금속원소 함량은 지각물질의 평균함량과 비교할 때 Pb와 Al을 제외하고는 매우 낮았으나(Martin and Whitfield, 1983), 황해동부 한반도측 해역에서 보고된 값과 비교할 때 Ca, Fe, Mg, Na, 및 K원소를 제외한 기타 중금속원소들은 본 연구해역의 높은 값을 보였다(Table 1 : 조 등, 1993).

퇴적물 입도에 따른 금속원소의 함량변화를 살펴보기 위하여 입도와와의 관계를 Fig. 5에 나타내었다. 이 그림에서 보는 바와같이 분석된 금속원소들 중에서 Cu, Cr, Ni, Zn, Al, 및 Fe의 함량을 퇴적물 입도와 비교적 양호한 관련성( $r = 0.54 \sim 0.96$ )을 보여 입도가 세립화함에 따라 농도가 증가하는 경향을 나타내나, Pb와 Mn원소는 이러한 입도와의 관련성( $r = 0.15 \sim 0.3$ )이 뚜렷하지 않다. 한편 Na, K, Ca, 및 Co함량은 퇴적물 입도와 부의 상관관계( $r = -0.08 \sim 0.65$ )를 보여 퇴적물 입도가 조립함에 따라 증가하는 관련성을 보여준다. 본 연구지역 퇴적물에서 Mn과 Pb원소가 퇴적물의 입도와 나타내는 관계가 미미한 것은 입도 이외에 퇴적물의 금속함량을 조절하는 다른 요인이 작용함을 시사한다. 즉 Pb은 휘발성 첨가제로 쓰여 주변 하천과 대기를 통해 연안환경으로 유입되는 원소로 알려졌으며(Nriagn, 1978 : 이 등, 1992), 본역 퇴적물 입도와의 약한 관련성과 인친향과 가까운 시료(st. 12, 13)에서 높은 함유량을 갖는점 등은 Pb의 분포에 주변 오염물질의 영향이 가장 많이 받고 있음을 의미한다.

Al은 지각물질중에 가장 폭넓게 분포하는 원소들중에 하나이며 이동중에 풍화나 또는 함량변화가 거의 없고 육지의 하천으로 부터 이동시 90% 이상의 입자태로 이루어지며, 액상의 이동은 매우 적은 전형적인 대륙기원 원소로 알려져 있다(Martin and Meybeck, 1979). Al원소의 공간적인 분포는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 연구지역 북서쪽 즉 황하강 배수역에 가까운 산둥반도 동남쪽 지역에서 9.0% 이상의 높은 함유량을 보이고 동쪽으로 향함에 따라 점차 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 황하기원퇴적물 중 일부가 발

황해 중앙부해역 표층퇴적물내 금속원소의 분포특성

Table 1. Concentration of heavy metals, Organic Carbon and CaCO<sub>3</sub> in the sediments

station	Mz	Or.C (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Cu	Cr	Ni	Pb	Co	Mn	Zn	(ppm)					(%)				
											Ca	Fe	Mg	Na	K	Al				
CY96001	7.97	1.05	8.70	13.90	72.69	36.49	35.7	6.43	534.19	68.16	0.895	1.09	0.143	0.05	0.07	7.26				
CY96002	7.19	0.82	6.80	11.05	50.55	28.85	32.6	7.29	504.86	65.67	0.553	1.25	0.140	0.24	0.01	8.71				
CY96003	6.07	0.67	5.60	9.51	52.02	22.87	30.6	11.30	511.24	54.32	0.536	1.36	0.125	1.04	0.12	7.75				
CY96004	4.33	0.45	3.70	5.10	31.67	23.74	27.2	8.14	487.86	37.40	0.413	1.01	0.072	0.78	0.15	5.99				
CY96005	2.85	0.44	3.70	5.27	26.72	27.80	31.7	8.83	480.46	46.64	0.408	1.13	0.064	0.48	0.20	6.84				
CY96006	2.98	0.41	3.40	3.78	20.97	23.12	24.4	9.59	474.29	33.32	0.421	0.92	0.041	0.96	0.17	5.58				
CY96007	7.30	1.06	8.80	14.40	47.72	48.18	36.9	10.45	510.91	59.58	0.417	1.42	0.220	0.59	0.17	8.90				
CY96008	8.28	1.26	9.10	16.38	57.94	52.24	31.9	8.14	507.20	64.56	0.440	1.71	0.216	0.17	0.14	9.16				
CY96009	9.25	1.30	10.50	16.50	59.00	54.00	32.0	8.20	525.00	66.10	0.450	1.75	0.310	0.12	0.09	9.50				
CY96010	6.25	0.81	9.40	11.42	50.09	42.10	25.2	9.22	626.58	61.84	1.480	1.94	0.320	0.95	0.11	9.29				
CY96011	5.37	0.47	6.70	9.05	25.84	41.03	29.9	8.79	631.04	31.77	1.254	1.41	0.222	0.94	0.18	7.46				
CY96012	2.87	0.34	3.90	4.41	20.96	23.94	41.4	7.66	460.60	35.64	0.416	0.89	0.190	1.13	0.18	5.37				
CY96013	2.67	0.30	2.80	4.35	20.00	20.90	42.1	7.68	450.00	33.00	0.405	0.95	0.180	1.01	0.21	5.25				
Average	5.64	0.72	6.39	9.63	41.24	34.25	32.43	8.59	515.71	50.61	0.62	1.29	0.14	0.65	0.14	7.47				
<sup>1</sup> Continental Crust				32.0	71.0	49.0	16.0	13.0	720.0	127.0	4.50	3.50	1.64	1.42	2.40	6.93				
<sup>2</sup> Eastern Yellow Sea	3.5	0.3	0.8	9.0	37.0	17.0	22.0	7.0	360.0	40.0	0.72	2.17	0.59	0.77	2.87	5.75				

1 : Martin and Whitfield(1983). 2 : 조 등(1993)

해해협을 지나 산둥반도 동쪽해안선을 따라 남서 및 남쪽으로 이동·확산되고 있음을 의미한다(Qin and Li, 1983 ; Martin et al., 1993).

Cu는 오염형 중금속 원소로서 규산염광물 중 감람석, 휘석, 각섬석, 흑운모 등에서 함량이 많고 강한 입도의존성을 갖는 원소로 보고되고 있다(Martin and Meybeck, 1979). Cu원소의 공간적인 분포는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 연구지역 서쪽 중앙부에서 16.0 ppm 이상의 최대값을 보이고 동쪽인 한반도 쪽으로 향함에 따라 감소하는 경향을 보여, 이는 주로 중국측 배수구역에서 발생하는 오염물질들이 연구지역으로 유입되고 있음을 의미한다. 또한 퇴적물 유형에 따른 Cu원소의 함량은 중앙부니토대 퇴적물에서 15.59 ppm, 사질니토 퇴적상에서 11.59 ppm, 니질모래 퇴적상에서 5.52 ppm, 모래 퇴적상에서 4.35 ppm으로 Cu원소 역시 퇴적물의 입도가 이들 금속원소 함량을

조절하는 주요 요인으로 작용함을 지시해 주고 있고 (Table 1). Ni원소는 Cu의 분포경향과 유사하게 서쪽에서 높은 값을 보이고 동쪽으로 향함에 따라 그 농도가 감소하는 경향과 퇴적물의 입도와 강한 관련성을 보였다.

Cr은 전이금속 원소로서, 하천을 통한 이동시 90% 이상의 입자태로 이동되며 오염에 민감한 원소이다 (Martin and Meybeck, 1979). Cr원소의 공간적인 분포는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 연구지역 남서쪽 끝 지역(st. 1)에서 72.69 ppm의 최대값을 보이고 서쪽에서 동쪽 및 동북쪽으로 향함에 따라 감소하는 경향을 보여, 이는 양자기원 부유퇴적물의 연구지역에도 다소 영향을 미치는 것을 의미한다. 즉 양자강 퇴적물에서는 Zn, Cu, Ni, Cr, Co등과 같은 중금속원소 함량이 황하강 퇴적물보다 약 2배이상 높은 것으로 보고되었고(Yang and Milliman, 1983). 또한 양자강

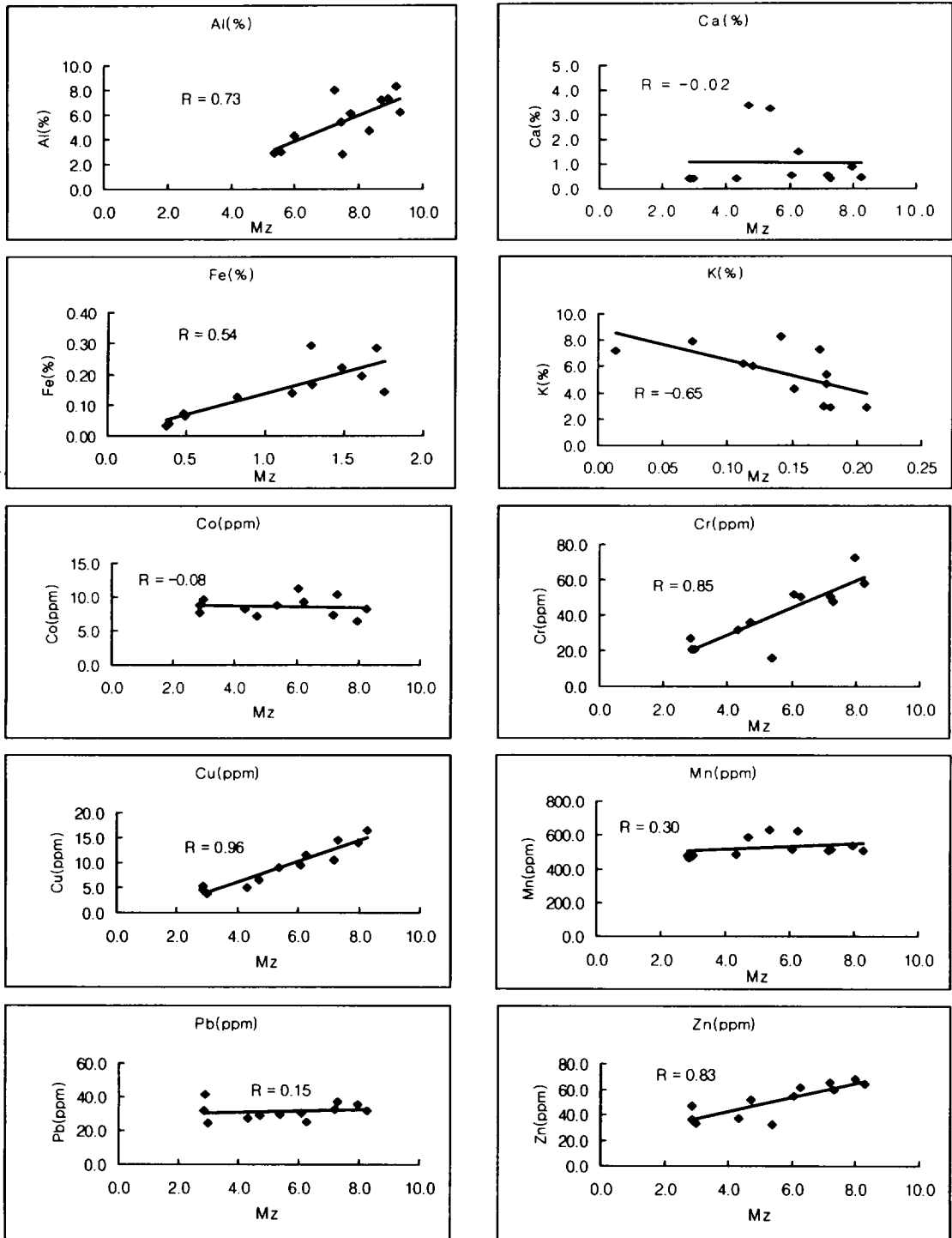


Fig. 5. Relationships between the metal content and mean size.(units in phi).

황해 중앙부해역 표층퇴적물내 금속원소의 분포특성

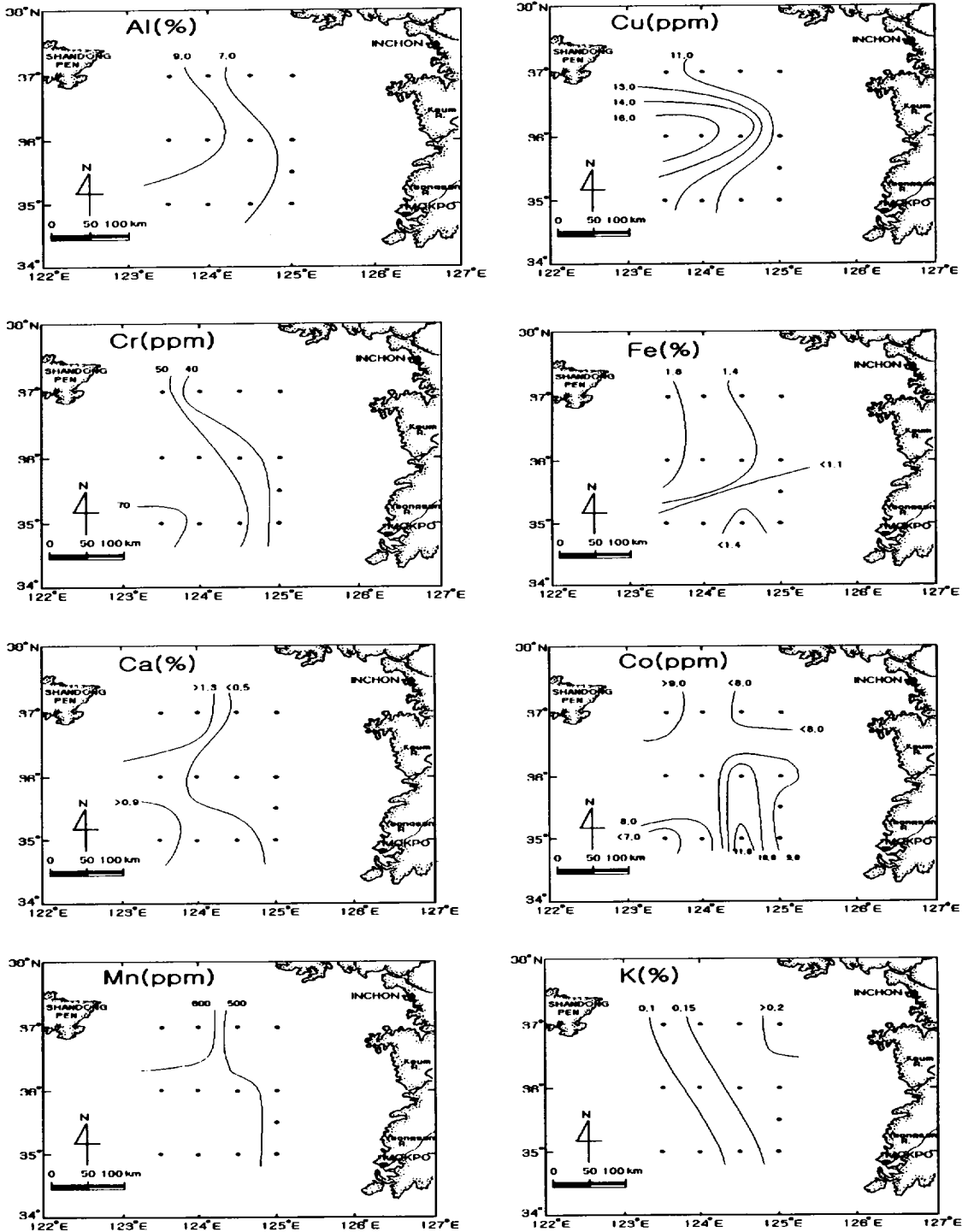


Fig. 6. Areal distribution of Al, Cu, Cr, Fe, Ca, Co, Mn, K in surface sediments on the Central Yellow Sea.

기원 부유퇴적물의 대부분은 하구역 동쪽과 남동쪽의 동경 122° ~ 123° 지역에 퇴적되나 하계 홍수기간에는 대만난류에 편승 북동진하여 황해중앙부해역까지 도달되는 것으로 보고되었다(Lie, 1986 : Beardsley et al., 1983). Fe의 지역적 분포는 산동반도 남동쪽(st.9.10)해역에서 1.94%로 높은 값을 보이며 연구지역 동쪽으로 갈수록 감소하나 남쪽인 정점3에서 1.36%의 다소 높은 값을 보인다(Fig. 6). 퇴적물 유형에 따라 Fe원소 함량은 니토대 퇴적물에서 1.51%, 사질니토 퇴적상에서 1.49%, 니질모래 퇴적상은 1.07%, 모래에서 0.95%로 Fe원소 역시 퇴적물 입도가 농도 조절에 주요인이나, 산동반도 부근해역에서 최대 함유량을 보이는 것은 최근 산동반도 연안역의 급격한 도시화의 집중에 따른 각종 오염물질의 유입에 의한 퇴적물내 Fe농도가 증가하는 현상일 것으로 해석된다.

Ca원소의 함량은 니토대 퇴적물에서 0.6%, 사질니토 퇴적상은 0.75%, 니질모래 퇴적상은 0.58%, 모래에서 5.25%로 세립질퇴적상보다 조립질퇴적물에서 높은 함량을 보여 Ca농도에 영향을 미치는 탄산염물질은 주로 패각편과 유공충각인 것으로 보인다(Table 1). Ca의 공간적인 분포는 Fig. 6에서 보는바와 같이 황하강 배수구역에 가까운 산동반도 남동쪽 부근인 정점10과 11에서 1.3%이상의 최대치를 보였고, 연구지역의 서측인 중국쪽의 동쪽이 한반도측 보다 높은 함량분포를 보인다. 즉 Ca의 공간적인 분포가 퇴적물 입도와는 무관하게 산동반도 부근인 연구지역 서쪽과 남서쪽 끝지역에서 높고 동쪽으로 향함에 따라 점차 감소하는 것은 황하기원 부유퇴적물이 황해중앙부해역까지 유입되고 있음을 의미한다. 황하기원 퇴적물의 두드러진 특징은 Ca, Na, Sr원소 함량이 양자기원 물질보다 높은 것으로 보고되었고(Yang and Milliman, 1983). 또한 황하기원 부유퇴적물의 이동기작으로서는 발해해협에서 기원한 황해연안류는 산동반도 동쪽해안선을 따라 하계에는 북위 32° 까지, 동계에는 북위30°, 동경126° 까지 남하하는 것으로 알려져 있어(Milliman and Meade, 1983). 황하기원 물질이 연구지역까지 이동이 가능하다는 것이다.

Co의 공간적인 분포는 연구지역 남동쪽(st. 3)에서 11.30 ppm으로 최대값을 보이며 북쪽으로 향함에 따

라 점차 감소하는 경향을 보여 동중국해역에 분포하는 퇴적물의 북상하는 황해난류수에 의해 황해중앙부해역까지 공급될 가능성을 의미한다(Fig. 6). 퇴적물 유형에 따른 Co원소의 함량은 니토대 퇴적상에서 7.59 ppm, 사질니토 퇴적상은 9.56 ppm, 니질모래퇴적상은 8.60 ppm, 모래퇴적상에서 7.68 ppm으로 Co 원소는 퇴적물의 입도와는 미미한 관련성을 보이고 있다. Mn의 지역적인 분포는 연구지역 서북쪽 산동반도 주변해역에서 631.04 ppm의 높은 값을 보이고 동쪽의 한반도측으로 향함에 따라 점차 감소하는 경향을 보여주고 있다(Fig. 6). 퇴적물 유형에 따른 Mn원소의 농도는 니토대 퇴적물에는 522.13 ppm, 사질니토는 538.39 ppm, 니질모래에는 506.85 ppm, 모래에서 450.00 ppm으로 이 또한 퇴적물의 입도가 Mn원소의 함량과는 미약한 관련성을 보이고 있다.

해양환경에서의 Mn, Co원소는 Ca와 치환되므로서 탄산염물질에 자생적으로 축적되는 것으로 보고되어(Kitano et al., 1980). 이들 금속의 함량은 퇴적물내 탄산염물질의 함량정도에 따라 영향이 있음을 의미한다. 따라서, 이들 금속이 공간적인 분포가 세립퇴적물의 분포지역과 탄산염 함량이 높고 조립한 퇴적물 간에 뚜렷한 지역적 차이를 나타내지 않는 것은 생물기원 탄산염물질에 의한 희석작용과 황하기원 물질의 영향을 배제할 수 없을 것이다. K원소의 공간적인 분포는 연구지역 북동쪽 끝 지역에 위치한 정점13에서 0.21%의 최대값을 보이며, 금강과 영산강 하구역의 위치하는 동쪽 지역에서 높은 함량을 보이고 그 곳으로부터 멀어져 갈수록 점차 감소하여 한반도의 하천의 본 연구지역 퇴적물에 분포하는 K원소의 중요한 공급원임을 지시한다(Fig. 6). 이는 Kim et al.(1999)가 지적한 황해북동부 해역에 분포하는 사질퇴적물에서 높은 농도의 K, Al, Sr, Ba원소의 함량은 한반도의 압록강으로부터 공급된 K장석으로부터 기인된 것이라는 연구결과와도 잘 일치하고 있다.

## 결론

황해 중앙부해역에서 채취한 13개 표층퇴적물을 대상으로 그 지화학적 특성을 규명하기 위하여 13종의



금속원소 함량과 아울러 입도와 유기탄소함량 등을 분석하였다.

연구지역 표층퇴적상의 분포는 사질퇴적상의 분포하는 동쪽지역, 니토대가 분포하는 서쪽지역, 중앙부 지역에 남북방향의 대상분포를 보이는 혼합퇴적상으로 구분된다. 퇴적물내 유기탄소함량은 0.3~1.3%로 다양한 값을 보이며 퇴적물의 평균입도가 감소함에 따라 그 함량이 증가하였으나, 서쪽의 니토대 분포지역에서가 최대함유량을 보였다. 탄산염은 2.8~10.5%의 범위를 보이고 서쪽 중국측의 한반도측 보다 높은 함유량을 보였다.

퇴적물내 금속원소 함량은 전반적으로 퇴적물 입도와 밀접한 상관관계를 나타내어 그 공간적인 분포는 입도와 유사하게 나타났으나, Pb와 Mn원소는 입도와 관련성이 미약하였다. Al, Fe, Ca 및 Mn원소의 지역적 분포는 황해배수역에 가까운 산동반도 동남쪽 지역에서 함량이 높고 동쪽 혹은 동남쪽으로 향함에 따라 감소하였다. Cu, Ni 및 Cr원소는 서쪽 중앙부와 남서쪽 끝지역에서 높은 함량을 보여 양자강의 영향이 다소있는 것으로 판단된다. K원소는 동쪽지역에서 높은 함량을 보여 한반도 하천을 통해 공급된 것으로 사료된다.

## 사 사

이 연구를 수행함에 있어서 시료채취에 많은 배려를 해주신 제주대학교 아라호 직원 여러분과 실험에 도움을 준 해양학과 지질해양학 연구실 학생들에게 감사드립니다. 이 논문은 2000년도 두뇌한국21 사업에 의하여 지원 되었음.

## 참고문헌

- 박용만, 최진용, 이창복, 김대철, 최강원. 1994. 한국 서해 중부해역 대륙붕퇴적물의 분포와 퇴적작용. 한국해양학회지, 29(4): 357-365.
- 조영길, 이창복, 박용만, 김대철, 강효진. 1993. 황해 동부대륙붕과 한반도 서해안 표층퇴적물의 지화학적특성. 한국제4기학회지, 7: 69-92.
- 이창복, 정희수, 정갑식. 1992. 황해 남동해역 표층퇴적물중 수중 금속원소의 분포특성에 관한 연구. 한국해양학회지, 27(1): 55-65
- Alexander, C. R., C. A. Nitteruer and D. J. DeMaster. 1991. Sediment accumulation in a modern epicontinental-shelf setting: The Yellow Sea. Mar. Geol. 98: 51-72.
- Beardsley, R. C., R. Limeburner, H. Yu and G. A. Cannon. 1985. Discharge of the Changjiang (Yangtze River) into the East China Sea. Cont. Shelf Res., 4: 57-76.
- Byers, S. C., Mills, E. L. and P. I. Stewart. 1978. A comparison of method for determining organic carbon in marine sediments with suggestions for a standard method. Hydrobiologs, 58: 43-47.
- Chough, S. K. and D. C. Kim. 1981. Dispersal of fine-rained sediments in the southeastern Yellow Sea : a steady-state model. J. Sed. Petrology, 51: 721-728.
- Folk, R. L. and W. C. Ward. 1957. Brazor river bar : A study in the significance of grain size parameters. Jour. Sed. Pet., 27: 3-26.
- Folk, R. L. 1968. Petrology of sedimentary rocks. Hamphill's, Austin, Texas, 170 pp.
- Galehouse, J. S. 1971. Sedimentation analysis. in carver, R.E. ed., Procedures in sedimentary petrology, pp. 69-94.
- Ingram, R. L. 1971. Sieve analysis. 49-67, in Carver, R. E., ed., Procedure in sedimentary petrology: New York Wiley Interscience Pub., 653 pp.
- Kim, G. B., H. S. Yang and T. M. Church. 1999. Geochemistry of alkaline earth elements(Mg, Ca, Sr, Ba) in the surface sediments of the Yellow Sea. Chemical Geology, 153: 1-10.
- Kitano, Y., M. Sakata and E. Matsumoto. 1980. Partitioning of heavy metals into mineral and organic fractions in a sediment core from Tokyo Bay. Geochim Cosmochim. Acta, 44: 1279-1285.
- Lie, H. J. 1986. Summertime hydrographic features

- in the southeastern Huanghae. *Prog. Oceanogr.*, 17: 229-242.
- Martin, J. M. and M. Meybeck. 1979. Elemental mass balance of material carried by major world rivers. *Mar. Chem.*, 7: 173-206.
- Martin, J. M. and M. Whitfield. 1983. The significance of the river input of chemical elements to the ocean. New York : Plenum. pp. 265-296.
- Martin, J. M., J. Zhang, M. C. Shi and Q. Zhou. 1993. Actual flux of the Huanghe(Yellow River) sediment to the western Pacific Ocean. *Netherlands Journal of Sea Research*, 31: 243-254.
- Milliman and R. H. Meade. 1983. World-wide delivery of river sediment to the ocean. *J. Geol.*, 91: 1-21.
- Milliman, J. D., H. T. Shen, Z. S. Yang and R. H. Meade. 1985. Transport and deposition of river sediment in the Changjiang estuary and adjacent continental shelf. *Cont. Shelf. Res.*, 4: 37-46.
- Niino, H. and K. O. Emery. 1961. Sediments of shallow portion of East China Sea and South China Sea. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 72: 731-762.
- Nriagu, J. O. 1978. The biogeochemistry of lead in the environment. Elsevier, Amsterdam, 74 pp.
- Qin, Y. and F. Li. 1983. Study of influence of sediment loads discharged from the Huanghe River on sedimentation in the Bohai Sea and the Huanghai Sea. In: *Sedimentation on the Continental Shelf, with Special Reference to the East China Sea*, Springer-Verlag, Beijing. pp. 83-92.
- Schubel, J. R., H. T. Shen and M. J. Park. 1984. A comparison of some characteristic sedimentation process of estuaries entering the Yellow Sea. In *Proceedings of Korea-U.S. seminar and Workshop, Marine geology and physical processes of the Yellow Sea*, pp. 286-308.
- Yang, D. B., Y. K. Kim, G. H. Hong and C. K. Park. 1998. Organic carbon, nitrogen and trace metals in the surface sediments of the Southern Yellow Sea: Results of observation made in 1996. *The Yellow Sea*, 4(1): 5-12.
- Yang, Z. S. and J. D. Milliman. 1983. Fine-grained sediment sources of East China Sea. In: *Sedimentation on the Continental Shelf, with Special Reference to the East China Sea*, Springer-Verlag, Beijing, pp. 405-415.
- Zhao, Y., Z. Qin and F. Li. 1990. On the source and genesis of the mud in the central area of the south Yellow Sea. *Chin. J. Oceanol. Limnol.*, 8(1): 66-73.