

碩士學位論文

# 동중국해 표층퇴적물의 지화학적 특성

濟州大學校 大學院

海洋學科



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

高 倫 榮

1999年 12月

# 동중국해 표층퇴적물의 지화학적 특성

指導教授 尹正守

高 倫 榮

이 論文을 海洋學 碩士學位 論文으로 提出함

1999年 12月



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

高 倫 榮의 海洋學 碩士學位 論文을 認定함

審査委員長 고 유 봉 ①

委 員 윤 정 수 ①

委 員 최 영 찬 ①

제주대학교 대학원

1999年 12月

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SURFACE SEDIMENTS  
IN THE EAST CHINA SEA

Yun-Young Ko  
(Supervised by Professor Jung-soo Yoon)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE



DEPARTMENT OF OCEANOGRAPHY  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1999. 12

# 목 차

List of Figures and Tables .....	i
Summary .....	ii
I. 서 론 .....	1
II. 지역개관 .....	2
III. 재료 및 방법 .....	5
1. 입도 분석 .....	5
2. 중금속 분석 .....	5
3. CHN 분석 .....	6
IV. 결 과 .....	8
1. 표층퇴적물의 분포특성 .....	8
2. 탄산염 및 유기탄소 함량 .....	11
3. 지화학적 연구 .....	11
3-1. Al, Cr, Fe, Cu, Ni, Mg, K, Zn .....	11
3-2. Mn, Co, Pb .....	14
3-3. Ca, Na .....	18
4. 평균 입도와 원소들과의 상관관계 .....	18
V. 고 찰 .....	21
5-1. 표층퇴적물의 분포특성 .....	21
5-2. 탄산염 및 유기탄소 함량과 분포특성 .....	25
5-3. 금속원소 함량과 공간분포특성 .....	28
5-3-1. Al, Cr, Fe, Cu, Ni, Mg, K, Zn원소의 함량과 분포특성 .....	28
5-3-2. Mn, Co 및 Pb원소의 함량과 분포특성 .....	31
5-3-3. Ca, Na원소의 함량과 분포특성 .....	32
5-3-4. 금속/Al 함량비의 공간적 분포 .....	46
VI. 결 론 .....	48
VII. 참고문헌 .....	50
감사의 글 .....	58

## List of Figures and Table

- Fig. 1. Bathymetric map of the East China Sea ; from the Butenko et al. 1985 (isobaths in meters).
- Fig. 2. Schematic of representation of coastal current (Wells and Huh, 1984).
- Fig. 3. Study area and sampling sites in the East China Sea.
- Fig. 4. Distribution of seafloor sediment characteristics in the East China Sea .
- Fig. 5. Organic and  $\text{CaCO}_3$  in the surface sediment of the East China Sea.
- Fig. 6. Distribution of metal concentration (Al, Cr, Fe, Cu).
- Fig. 7. Distribution of metal concentration (Ni, Mg, K, Zn).
- Fig. 8. Distribution of metal concentration (Mn, Co, Pb).
- Fig. 9. Distribution of metal concentration (Ca, Na).
- Fig. 10. Distribution of surface sand, silt, clay.
- Fig. 11. Ternary diagram showing the grain size composition of surface sediment for gravel-free sediments(After Folk, 1968).
- Fig. 12. Types of surficial sediments on the north shelf of the East China Sea (Erqin Zhu and Qi Wang. 1987).
- Fig. 13. Relationships between the Organic C contents and  $\text{CaCO}_3$  content.
- Fig. 14. Pair diagram between element contents and mean grain size of surface sediments from study area.
- Fig. 15. Relationships between the metal contents and  $\text{CaCO}_3$  content.
- Fig. 16. Relationships between the metal contents and organic carbon content
- 
- Table 1. Weight percentage of surface sediment composition, textural parameter.
- Table 2. Metal, Corg,  $\text{CaCO}_3$  concentration in surface sediments collected from China Sea (Mz: mean size).
- Table 3. The correlation matrix among metal concentration and mean grain size(Mz) of sediments.
- Table 4. Abundance of chemical elements in sediments from the Huanghe River, the Yangtze River and study area of the East China Sea.

## Summary

The study area is continental shelf of the East China Sea located between lat. 31° 00' ~ 33° 30' N, and long. 122° 30' ~126° 00' E. A total of 32grab samples, collected from around the East China Sea, were analyzed in order to understand the distribution patterns of surface sediments and geochemical characteristics, transportation and provenance, and geochemical characteristics.

The sediments are subdivided into nine textural classes, namely slightly gravelly muddy sand, sand, muddy sand, sandy mud, sandy clay, silt, mud and so on. In the study area, there are five types of surface sedimentary facies are distributed in the southwestern nearshore area, and the muddy sediment facies such as sandy mud and sandy silt which is zonal distribution patterns of northsouth direction are distributed in the eastern offshore and the Changjiang River estuary.

The muddy sand sedimentary facies are wide distribution patterns in the central area, reported that Holocene transgressive sand sediment. Small scale mud patches are distributed in the Changjiang River mouth and the outer shelf depression southwest of the Cheju Island.

The calcium carbonates content were ranged from 4.23 to 8.92%(av. 6.39%) and commonly abundant in the sand-size sediments, more than 7.0% high values of CaCO<sub>3</sub> concentration were found in the southeastern offshore and northern central part.

The content of organic carbon which ranges from 0.19 to 0.83% in the sediments increases with the decrease of grain size. More than 0.75% high values of the organic carbon were found in the two mud patches of the Changjiang estuary and southwestern offshore region.

As a result of geochemical analysis, concentration of the elements showed Al: 5.4~10.27% (av. 7.64%), Mg: 0.11~0.79% (av. 0.27%), K: 0.36~3.60% (av. 1.30%), Ca: 1.18~6.08% (av. 2.89%), Na: 0.11~3.96% (av. 1.67%) Fe: 1.05~2.29% (av. 1.55%), Cu: 5.49~19.95ppm (av. 9.24ppm), Cr: 41.92~83.09ppm (av. 56.66ppm), Ni: 21.64~53.19ppm (av. 29.34ppm), Zn: 32.07~124.13ppm (av. 74.97ppm), Mn: 416.43~835.17ppm (av. 592.18ppm), Co: 5.15~10.16ppm (av. 7.27ppm), Pb: 22.49~81.25ppm (av. 40.30ppm). Among these elements, the contents of Al, Mg, Mn, Cu, Cr, Co, Pb, Fe, Ni, Zn, and K is high in the southeastern offshore area and the area adjacent to the Changjiang River estuary which is covered mainly with muddy sedimentary facies.

However the Na and Ca contents do not follow such an overall distribution pattern, they are higher in the central area and the western nearshore of Cheju Island which is covered mainly with sand sediment.

# I. 서론

본 조사지역은 북위 31° 00' ~ 33° 30', 동경 122° 30' ~ 126° 00' 에 위치하는 동중국해와 일부 황해가 포함하는 대륙붕으로서 주변 육상으로부터 다양하게 퇴적물을 공급받고 있으며 또한 흑조(Kuroshio)가 지나가는 통로이기도 하다. 따라서 황해와는 달리 원양성 퇴적환경을 지니고 있기도 하며 특히 세계에서 가장 큰 강의 하나인 중국대륙양자강이 영향을 크게 받고 있다. 계절에 따라 온·냉수피의 경계면이 자주 바뀌는 해역이므로 이에 따른 퇴적환경이 복잡한 해역이다.

동중국해는 중구의 양자강과 제주도-일본의 구주 및 류큐열도 - 대만을 연결하는 선 안쪽의 광범위한 바다로 대륙붕, 오키나와곡분, 류큐해구 등 독특한 해저지형을 이루어 있다.

이와 같이 구분대는 동중국해는 중국대륙이 양자강과 황하강 그리고 주변 육지의 크고 작은 강들을 통해 막대한 양의 육상기원 퇴적물이 유입되어 퇴적되고 있다 (Milliman and Meard, 1983 ; Schubel et al., 1984)

연구해역을 포함하는 동중국해역의 표층에는 제 4기말동안의 그에 수반된 해수면 변동에 의한 잔류퇴적물(relict sediment)과 현세의 중국대륙 및 주변 육지로부터 유입되는 현생퇴적물이 혼합되어 분포하고 있다(Emery, 1968 ; Milliman and Emery, 1968).

해양 퇴적물의 지화학적 특성 연구는 퇴적물의 근원지 추정과 해양환경에서 일어나는 퇴적물의 운반과 확산양상 및 제반 환경적 요인을 알 수 있는 지표가 되는 것으로 보고되고 있다 (Folger, 1972).

동중국해 퇴적물에 대한 지화학적 연구로서는 양자강과 그 주변 대륙붕 해역에 대해 해양학의 제분야에 대한 종합조사(1980~1981)가 중국-미국합동연구를 선두로 하여, 남해 대륙붕 표층퇴적물중 중금속 원소의 분포특성(조 외, 1984), 양자강 동부 하구역 퇴적물에 중금속원소의 지화학적 연구(Wang and Wu, 1983), 양자강 삼각주 해역 표층퇴적물의 지화학적 특성(Bukly, 1983), 양자강 하구역 퇴적물내 Pb, Cu, Cd원소들의 퇴적기작(Chen et al., 1983), 제주도 서남해역 표층 퇴적물의 특성(윤 외, 1989), 제주도 남방해역 표층 퇴적물 특성(윤과고, 1987), 황하강, 양자강 및 중국대륙붕해역 퇴적물내 원소성분들의 화학적 특성(Zhao and Yan, 1992), 동중국해 대륙지역에서 지화학적 연구를 통한 퇴적속도 budget 평가등 지화학적 연구가 활발히 발표되었다.



그러나 제주와 양자강 하구역을 잇는 대륙붕 해역에서 표층퇴적물시료를 조직적으로 채취하여 지화학적 연구를 통한 본역 퇴적물의 근원지를 추정하는 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 제주도과 중국 양자강을 잇는 동중국해역에서 채취한 32개 표층퇴적물 시료에 대한 입도분석과 화학분석을 통하여 이 지역 표층퇴적물의 분포특성과 퇴적물내 금속의 함량과 공간적 분포 및 공급지를 파악하였다.

## II. 지역 개관

동중국해는  $7.52 \times 10^5 \text{Km}^2$  인 연변해로서 넓은 대륙붕과 의해 쪽으로 완만히 경사진 해저 지형의 모습을 보이며 봉단지역의 수심은 평균 150m~160m정도이다 (Fig. 1). 내대륙붕은 50m 등수심선을 기준할때 서쪽에 위치하며 여기에는 양자강 삼각주가 넓게 발달되어있다. 대륙붕 중앙부는 50~100m정도의 수심을 보이며 100m 등수심선 동쪽에는 외대륙붕에 해당된다. 중앙과 외대륙붕에는 많은 단구돌이 분포되어 있기도 하다(Zhu and Wang, 1987).

동중국해 해저는 북동 남서 방향으로 배열된 황해분지, 타이완분지, 오키나와곡분 및 류구해구의 해저분지들과 북건-영남육괴 및 타이완-신지습곡대의 융기부로 구성되어 있다. 북건영남육괴와 타이완-신지습곡대는 퇴적물로 덮혀 있어서 지형적으로 나타나지 않으나, 동중국해 남측의 류구 해구는 지형적으로 나타난다. 이 융기부들은 주로 중국동부와 한반도 등으로부터 공급된 퇴적물을 모으는 장벽역할을 하였다 (Emery and Nino, 1967 ; Emery et al., 1969 ; Wageman et al., 1970).

조사지역 서쪽에 위치하는 양자강은 길이가 약 6300km, 유역면적 1.94 million  $\text{km}^2$ 인 중국대륙에서 가장 큰 강으로서 동중국해 대륙붕 지역 퇴적물은 대부분 양자강에 그 근원을 두고 있다. 연간 담수와 퇴적물 유출량은  $9.24 \times 10^{11} \text{m}^3$ ,  $4.84 \times 10^8 \text{ton}$  정도이고 이를 담수와 부유퇴적물 유출량은 계절적으로 심한 편차를 보이며 전체 배출량의 약 70% 정도가 주로 홍수기간인 5월에서 10월 사이에 이루어지고 있다(Schubel et al., 1984).

한편 연구지역을 포함한 동중국해의 세립질 퇴적물의 이동·확산에 영향을 미칠 것으로 예상되는 해류는 Fig. 2에서 보는바와 같이 북적도 해역에서 발원한 고온 고염의 흑조(Kuroshio), 이로부터 분기해 제주도 서측을 지나 황해로 유입되는 황해 난류수, 중국동측 해안 가까이를 따라 북쪽으로 흐르는 대만난류수, 보하이만으로 시작되어 40-50m 등수심선을 따라 하계에는  $32^\circ \text{N}$ 까지, 동계에는  $30^\circ \text{N}$ ,  $126^\circ \text{E}$ 까지 남하하는 황해연안류, 겨울철 대류혼합에 의해 생성되는 황해 중앙저층냉수 및 여름철 양자강 하구역에서 발원한 수심 약 25m미만 수계로 북동쪽 방향으로 이동하여 제주도 서방해역에서 제주해협, 서쪽 입구로 유입되는 중국대륙연안수 (Changjiang diluted plume)등도 연구해역에 영향을 미치는 주요한 수괴들이다(Xu, 1983 ; 김, 1986 ; 방과 김, 1989).

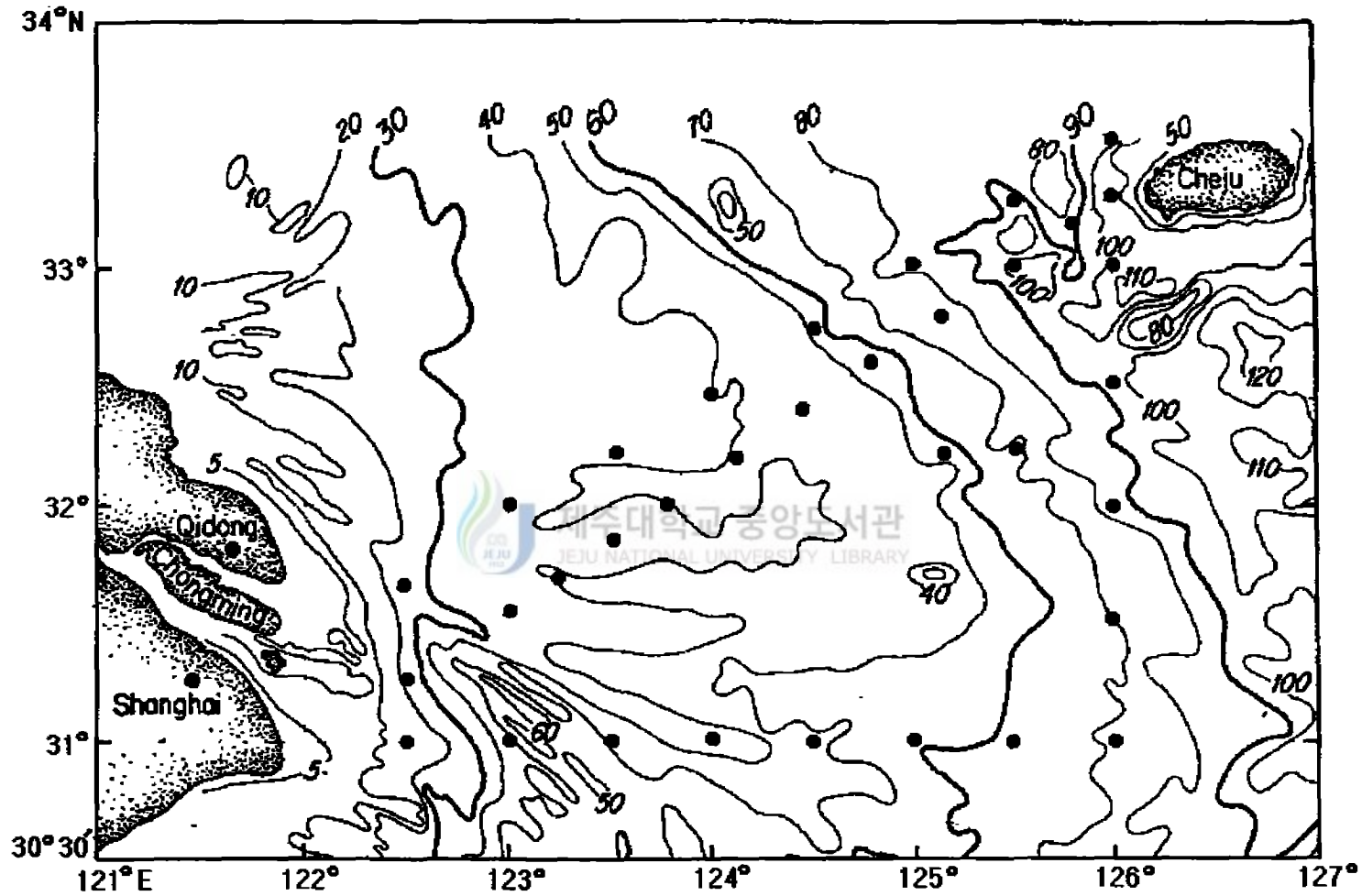


Fig. 1. Bathymetric map of the East China Sea ; from the Butenko et al. 1985 (isobaths in meters)

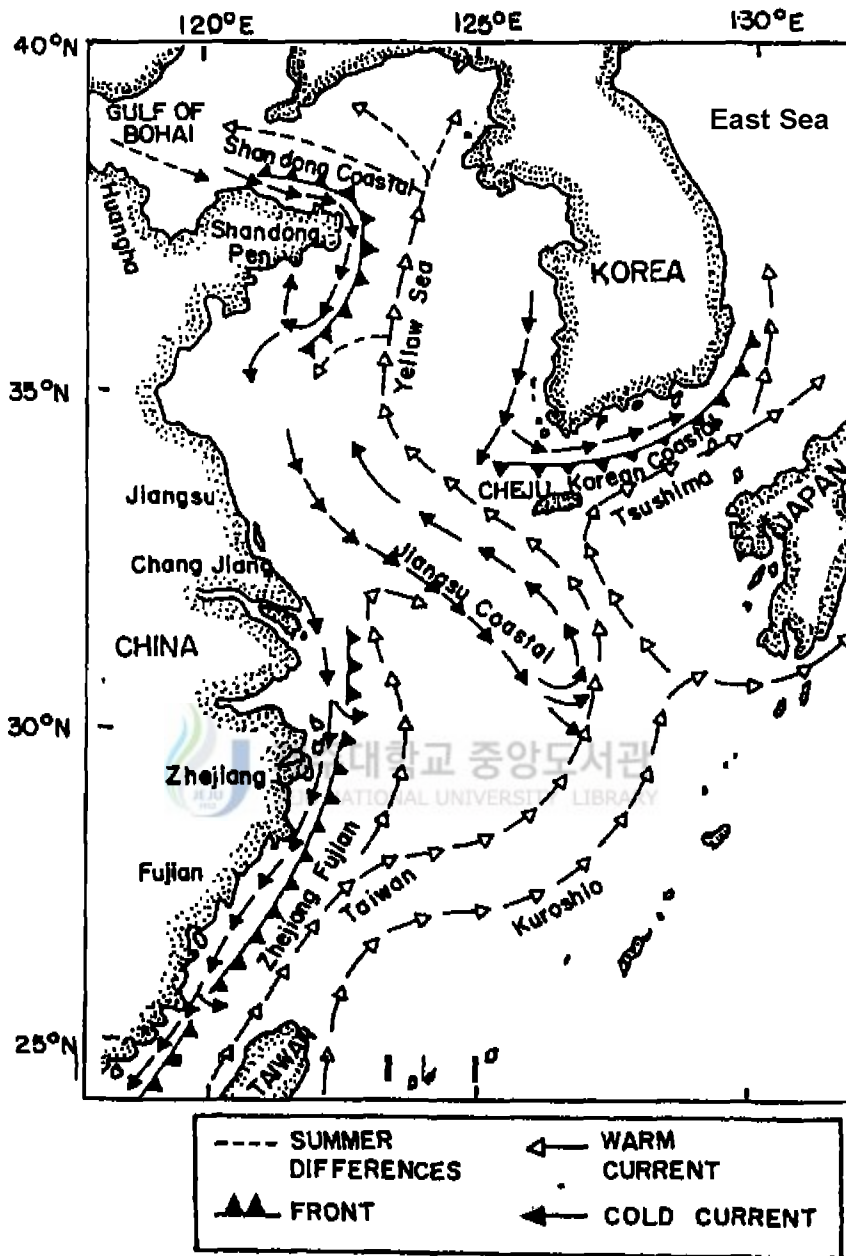


Fig. 2. Schematic representation of coastal current (Wells and Huh, 1984).

### III. 재료 및 방법

#### 1. 시료 채취

해양조사는 제주대학교 실습선 아라호를 이용하여 1997년 7월과 1998년 6월 걸쳐 북위 31° 00' ~ 33° 30', 동경 122° 30' ~ 126° 00' 에 위치한 동중국해 대륙붕 해역에서 실시하였다(Fig. 1).

표층퇴적물 시료채취는 Van Veen Grab Sampler를 사용하여 선정된 32개 정점에서 채취하였다(Fig. 3).

#### 2. 입도 분석

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

#### 3. 중금속 분석

중금속 농도는 혼합산 추출법을 이용하여 측정하였으며(Kitano and Hujiyoshi, 1980), 잘 분마된 시료 약 2g를 정량 하여 테플론bomb(Teflon bomb)에 넣고, 진한 질산(HNO<sub>3</sub>), 과염소산(HClO<sub>4</sub>), 불산(HF)을 각각 3, 1, 1 ml씩 첨가해서 밀봉한 채로 가열판위에 200℃를 유지하면서 약 6시간 동안 반응을 시킨 다음, 뚜껑을 개봉하여 산을 증발시켰다. 이 과정을 두 번 반복하여 잔류물을 완전히 용해시킨 후, 증발된 시료에 1M HNO<sub>3</sub>을 7-8g 정도로 회석후 20-30분간 약 50℃로 가열 후에 20ml로 만들어 100배 회석하였다. 중금속 농도 측정은 금속의 13개 항목(Al, Mg, Na, Mn, Cu, Cr, K, Co, Pb, Ca, Fe, Ni, Zn)에 대해 불꽃-원자흡광분석기(flame-AAS)를 이용하였다.

Cu, Ni, Cr, Pb는 100배 회석, Al, Co, Ca, Mn, Zn은 1000배 회석과 Fe, K, Mg, Na은 10000배로 회석하여 측정하였으며 Al은 아세틸렌 아산화질소불꽃으로 이용했으며 다른 금속은 아세틸렌 air flame을 사용하여 분석하였다.

신뢰도를 높이기 위해 3번 측정하여 평균값으로 보정했으며 변화 폭이 큰 원소는 재 실험하여 측정하였다.

#### 4. CHN 분석

퇴적물을 105℃에서 24시간 건조후 곱게 분말한 시료에 약 1g정도로 1M HCl에 10ml씩 2회 실시하여 유기탄소, 수소, 질소를 측정하였고 또 다른 퇴적물에는 무처리하여 총탄소, 수소, 질소를 CHN분석기를 통해 측정하였다. 1M 염산처리로 무기탄소를 제거후 총유기탄소 함량을 측정하였고 무기탄소는 총탄소에서 총유기탄소를 빼어 계산하였다(현 등, 1999).

탄산염 함량(%)=(총탄소(%) - 총유기탄소(%)) × 8.33 화학 양적으로 계산하였다.



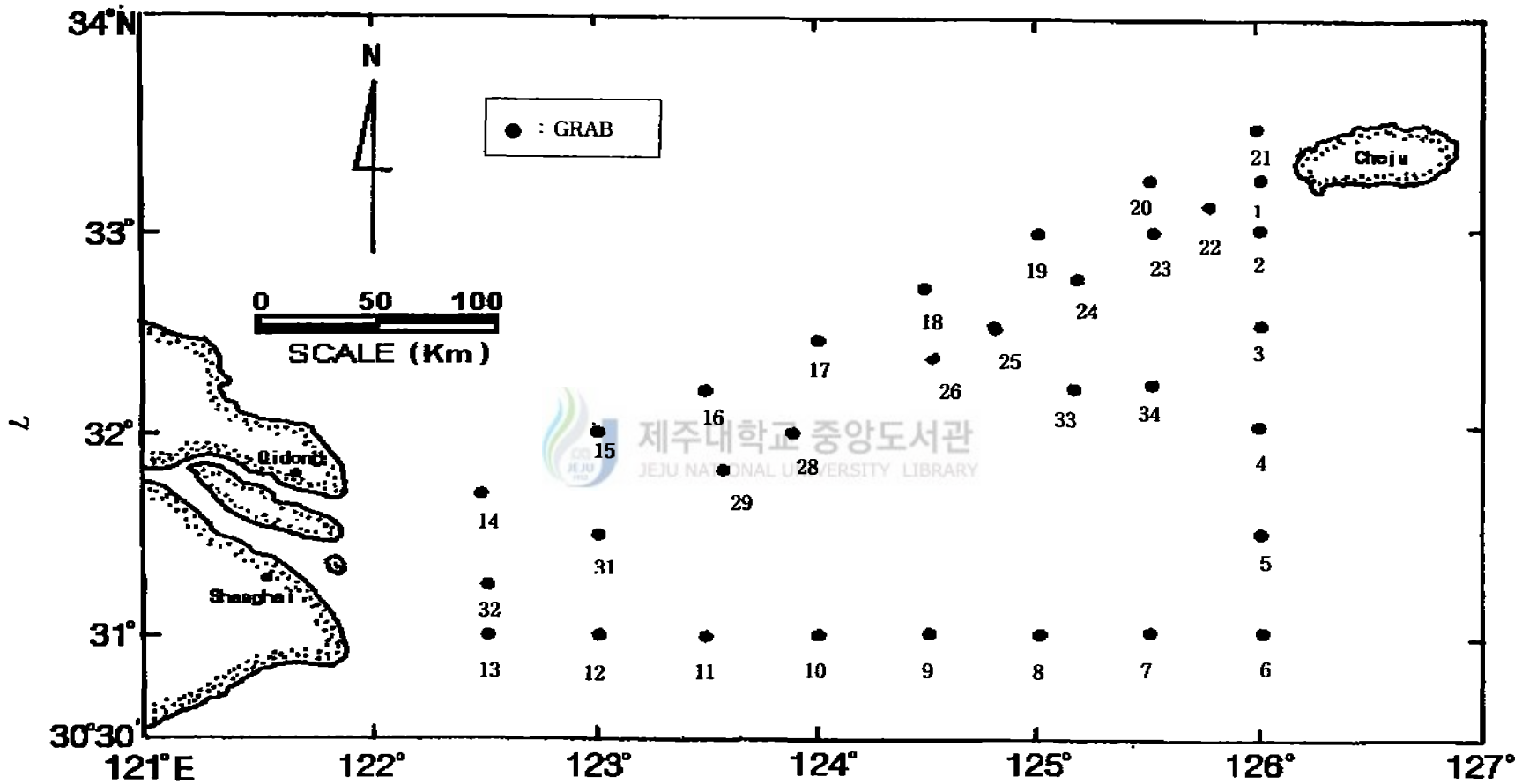


Fig. 3. Study area and sampling sites in the East China Sea.

## IV. 결과

### 1. 표층퇴적물의 분포특성

연구해역내에 분포하는 표층퇴적물의 유형과 그 입도 특성은 Table 1이다. Fig 4에 도시되었다. 연구지역 표층퇴적상의 유형은 소량 자갈함유 니질사(slightly gravelly muddy sand), 모래(sand), 니질모래(muddy sand), 사질니토(sandy mud), 사질 점토(sandy clay), 실트(silt) 및 니토(mud)등 총 9개 유형으로 다양한 분포를 보이나, 크게 보아 니질모래 분포지역, 사질니토분포지역, 소량 자갈함유 니질모래 분포지역, 모래분포지역, 니토분포지역으로 분류된다(Fig. 4).

소량 자갈함유 니질모래퇴적상은 조사지역 중앙역(st. 29)와 제주도 서쪽연안역에 소규모로 분포하며, 이의 평균 조성은 자갈 0.17%, 모래 63.05%, 실트 13.79%, 점토 23.06%이고, 평균 입도는 3.96 $\phi$ 로 극세립질 모래에 해당하며, 분급도는 3.03 $\phi$ 로 매우 불량한 편이다(Fig. 4, 5, Table. 1).

모래퇴적상은 제주도 남서측(st.2)에 소규모의 분포를 보이며 평균조성은 모래 91.80%, 실트 3.43%, 점토 4.73%이며, 평균입도는 2.16 $\phi$ 로 세립사에 해당하며 분급도는 1.18 $\phi$ 로 다소 양호한 편이다(Fig. 4, 5, Table.1).

니질사와 실트질모래퇴적상은 연구지역 중앙부와 북서쪽에 광범위한 분포를 보이며 이의 평균조성은 모래 67.82%, 실트 17.32%, 점토 14.86%이고, 평균입도는 4.28 $\phi$ 로 조립질 실트에 해당하며 분급도는 2.44 $\phi$ 로 불량한 편이다(Fig. 4, 5).

사질실트, 사질니토 및 사질점토퇴적물은 점토와 실트를 많이 함유하는 혼합퇴적상으로서 연구지역 동측에 남북으로 넓은 대상분포를 보이며 그 외 양자강 하구역에 소규모의 분포를 보인다. 평균조성은 모래 35.56%, 실트 28.17%, 점토 36.30%이며, 평균입도는 6.00 $\phi$ 로 세립실트에 해당하며, 분급도는 3.09 $\phi$ 로 이 역시 매우 불량한 편이다(Fig. 4, 5, Table.1).

니토와 실트퇴적물은 단일 퇴적상으로 연구지역 남동쪽 끝과 양자강하구역에 소규모의 분포를 보인다. 이의 평균조성은 모래 2.42%, 실트 51.71%, 점토 45.80%이며, 평균입도는 7.79 $\phi$ 로 극세립질 실트에 해당하며, 분급도는 2.12 $\phi$ 로 다소 불량한 편이다(Fig. 4, 5, Table.1).

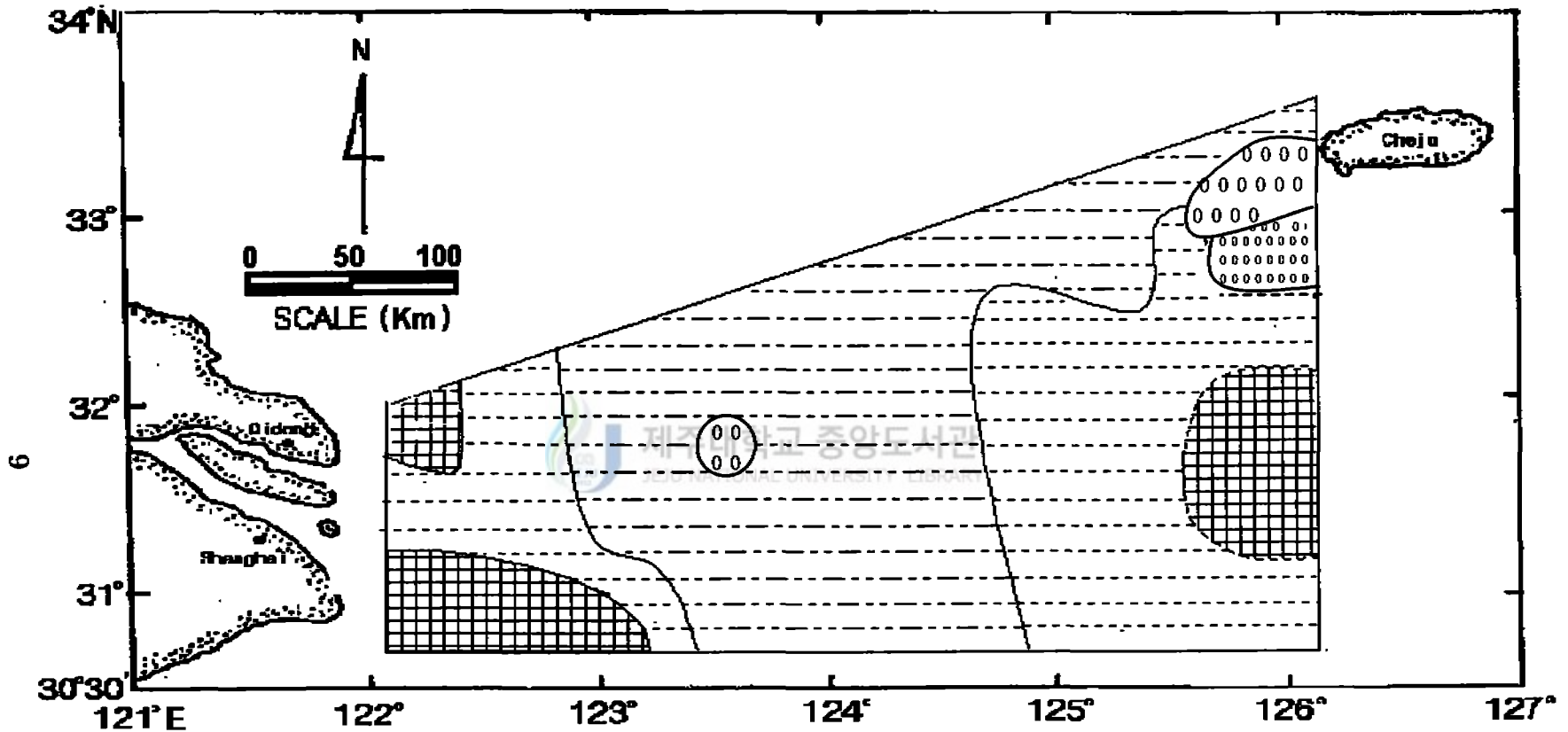


Fig. 4. Distribution of seafloor sediment characteristics in the East China Sea.

(g)mS    S    mS+zS    sC+sM+sZ    Z+M

Note: M: mud, Z: silt, sZ: sandy silt, sM: sandy, sC: sandy clay, mS: muddy sand, zS: silty sand, S: sand



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

Station	Textural classes	Weight % of size classes				Size parameter ( $\phi$ )			
		Granule	Sand	Silt	Clay	Mz	$\sigma_1$	Sk	KG
1	(g)mS	0.27	65.46	9.26	25.27	3.86	3.85	0.35	0.49
2	S	0	91.80	3.43	4.77	2.16	1.18	-0.27	1.07
3	sC	0	27.63	21.38	50.99	6.13	3.31	-0.36	0.52
4	M	0	1.18	34.88	63.59	8.74	1.83	-0.21	0.77
5	M	0	0.47	35.25	64.28	8.70	1.80	-0.31	0.82
6	sM	0	45.67	28.17	26.16	5.72	3.06	0.44	0.74
7	sM	0	15.85	33.50	50.65	7.53	2.77	-0.31	0.83
8	sM	0	48.72	30.01	21.26	5.23	2.95	0.51	0.71
9	mS	0	71.12	18.49	10.39	3.68	2.09	0.78	1.11
10	mS	0	75.37	12.34	12.29	3.86	2.06	0.81	2.46
11	mS	0	68.08	20.98	10.94	4.34	2.11	0.66	2.27
12	Z	0	3.87	63.30	32.83	7.10	2.39	0.40	0.59
13	M	0	2.23	60.90	36.88	7.27	2.27	0.29	0.61
14	Z	0	4.37	64.22	31.41	7.12	2.33	0.41	0.58
15	zS	0	83.28	11.59	5.13	3.23	2.04	0.76	2.46
16	mS	0	65.18	8.33	26.49	4.76	2.77	0.74	1.04
17	mS	0	50.22	30.23	19.55	5.18	3.03	0.58	0.72
18	mS	0	68.01	13.34	18.66	4.46	2.09	0.89	0.88
19	mS	0	66.26	21.41	12.32	3.75	2.28	0.62	1.06
20	zS	0	71.76	21.18	7.05	3.99	1.99	0.68	0.82
21	mS	0	68.19	18.32	13.49	4.59	2.81	0.80	1.23
22	(g)mS	0.07	52.48	13.55	33.89	4.27	3.12	0.64	0.62
23	sC	0	45.87	17.75	36.36	5.03	3.41	0.24	0.50
24	cS	0	53.78	14.68	31.54	4.93	3.53	0.71	0.53
25	sC	0	42.19	19.72	38.08	5.42	3.06	0.04	0.48
26	mS	0	55.64	18.80	25.56	5.03	3.14	0.84	0.63
28	mS	0	71.13	15.03	13.83	4.25	2.51	0.79	1.45
29	(g)mS	0.17	71.22	18.57	10.03	3.76	2.12	0.71	1.69
31	mS	0	67.36	15.10	17.54	4.53	2.85	0.78	0.83
32	sZ	0	20.58	52.96	26.47	6.34	2.55	0.52	0.72
33	sM	0	41.46	28.52	30.33	5.80	3.30	0.33	0.57
34	sC	0	32.05	21.57	46.39	6.78	3.37	-0.32	0.48
Range		0.07	0.47	3.43	4.77	2.16	1.18	-0.36	0.48
		-0.27	-91.80	-64.22	-64.28	-8.74	-3.85	-0.89	-2.46
Average		0.02	48.39	24.90	26.70	5.25	2.62	0.44	0.95

NOTE. Mz : mean grain size,  $\sigma_1$  : sorting, Sk : skewness, Kg : kurtosis

(g)mS : slightly gravelly muddy sand

mS : muddy sand

zS : silty sand

sC : sandy clay

M : mud

s : sand

sM : sandy clay

Z : silt

cS : clayey sand

## 2. 탄산염 및 유기탄소 함량

본조사지역의 탄산염( $\text{CaCO}_3$ )함량은 4.23~8.92%(평균: 6.39%)로 다양한 값을 나타내며, 퇴적물의 평균 입도와 수심이 증가함에 따라 탄산염 함량치도 증가하는 경향을 보인다(Fig. 6). 평균입도가 4 $\phi$ 이하인 니질모래 및 소량자갈함유니질모래가 분포하는 북쪽과 제주도 주변해역에서 7.0%이상의 높은 함량치를 보이고, 사질니 및 니토대가 분포하는 양자강 주변역과 동쪽 외해역에서는 6.62%이하인 낮은 함유량을 보인다. 그러나 조사지역 남동쪽 끝인 니토대분포지역에서 탄산염 함유량이 8.0%이상의 최대 함유량을 보인 것이 주목된다. 유기탄소 함량은 0.19~0.83%(평균: 0.49%)이며, 제주도 남서쪽 니토대 분포지역에서 0.75%이상의 최고 함량치를 보이고(Fig. 6) 남동쪽에서 북서쪽으로 향함에 따라 퇴적물내 유기탄소 함량이 점차 감소하는 경향을 보여준다. 퇴적물 유형에 따른 유기탄소 함량은 소량자갈함유 니질모래와 모래퇴적상에서는 0.22~0.24%의 최소 값을 보이고 니질모래 퇴적상에서는 평균 0.40%, 사질니토와 니토퇴적상에는 평균 0.63%의 최대 함유량을 보여 대체적으로 세립질 퇴적물서 높은 유기탄소 함량치를 보이고 있다(Fig. 5, Table. 2).

## 3. 지화학적 연구



본 연구해역 표층퇴적물은 시료 32개의 시료에 대하여 13종의 지화학적 원소성분(Al, Fe, Mn, Cr, Pb, Ni, Cu, Co, Zn, Ca, Na, K, Mg)의 함량을 측정된 결과 Table 6과 같고, 측정결과 상기원소들의 함량과 지역적 분포 특성은 다음과 같다.

### 3-1. Al, Cr, Fe, Cu, Ni, Mg, K, Zn

조사지역 퇴적물내 Al함량은 5.41~10.27%(평균7.64%), Cr은 41.92~83.09ppm(평균56.66ppm), Fe은 1.05~2.29%(평균 1.55%), Cu는 5.49~19.95ppm(평균 9.24ppm), Ni는 21.64~53.19ppm(평균 29.34ppm), Mg은 0.11~0.79%(평균 0.27%), K은 0.36~3.60%(평균 1.30%), Zn은 32.07~124.13ppm(평균 74.97ppm)으로 Al, Fe 및 Mg원소는 변화 폭이 적은 편이나 Cr, Cu, Ni, K 및 Zn 원소는 큰 편이다. 이들의 분포경향은 K와 Mg원소를 제외하고는 니질모래와 같은 조립질퇴적상에서가 대체로 함량치가 낮고, 니토 및 사질니와 같은 니질퇴적상에서가 비교적 높은 함유량을 보였다(Fig. 6, 7, Table. 2).

Table 2. Metal, Corg, CaCO<sub>3</sub> concentration in surface sediments collected from China Sea (Mz : mean size).

STN.	Element															
	Corg	CaCO <sub>3</sub>	Al	Mg	Na	K	Ca	Fe	Mn	Cu	Cr	Co	Pb	Ni	Zn	Mz
	(%)								(PPM)							
1	0.28	6.79	6.66	0.34	2.06	1.04	2.97	1.47	512.04	7.86	47.18	5.15	44.32	23.23	44.21	3.86
2	0.22	6.52	6.24	0.35	2.07	1.19	2.88	1.09	507.69	5.49	41.92	6.21	22.49	23.53	34.00	2.16
3	0.61	6.10	8.13	0.24	0.88	0.76	2.09	1.26	567.77	6.64	52.50	10.16	32.93	28.09	76.29	6.13
4	0.83	7.24	10.09	0.68	0.74	1.50	3.49	1.90	653.08	6.01	60.76	10.08	43.04	24.01	90.11	8.74
5	0.62	8.92	6.82	0.33	0.58	1.57	3.07	1.39	584.29	6.12	81.09	7.36	49.63	22.00	62.38	8.70
6	0.80	4.93	10.27	0.79	0.92	1.95	3.66	2.13	600.26	9.09	48.90	8.50	42.25	30.31	32.07	5.72
7	0.71	8.28	9.64	0.22	0.83	1.30	3.33	1.37	651.28	13.28	73.52	7.96	40.14	42.89	101.13	7.53
8	0.34	7.10	7.58	0.39	2.79	1.76	3.65	2.10	612.44	10.44	59.05	8.18	42.91	31.90	98.15	5.23
9	0.30	7.24	7.41	0.25	1.36	0.90	5.09	1.58	835.17	6.27	58.18	7.30	24.45	29.08	91.22	3.68
10	0.35	5.24	7.56	0.27	1.49	1.48	1.94	1.42	576.85	6.74	58.66	7.10	25.37	26.33	58.37	3.86
11	0.38	5.12	8.72	0.19	0.61	1.50	1.66	1.64	553.86	8.13	52.23	6.05	23.20	25.61	57.10	4.34
12	0.66	6.64	8.98	0.24	1.40	1.60	2.07	1.84	660.40	13.51	80.59	7.13	58.34	43.69	123.09	7.10
13	0.60	6.78	9.17	0.56	1.38	1.77	2.15	2.25	742.14	19.95	83.09	8.54	81.25	53.19	124.13	7.27
14	0.52	6.43	7.59	0.26	0.50	1.45	2.79	1.98	579.82	13.67	62.38	7.19	38.45	34.57	85.57	7.12
15	0.32	7.97	6.87	0.16	2.34	1.49	2.96	1.60	583.17	8.35	46.92	6.36	37.52	24.94	53.36	3.23
16	0.36	7.72	6.78	0.19	1.85	0.81	3.15	1.17	551.64	7.68	54.14	6.87	40.14	27.19	62.07	4.76
17	0.47	5.17	7.88	0.18	1.82	0.36	2.48	1.53	623.49	10.00	65.01	6.99	52.18	33.14	84.17	5.18
18	0.40	7.18	7.28	0.16	2.29	0.51	3.04	1.40	517.56	9.45	42.06	5.94	38.10	26.58	47.01	4.46
19	0.69	7.30	6.98	0.22	1.10	3.60	4.98	1.39	571.88	7.08	47.50	8.31	24.45	21.66	64.17	3.75
20	0.35	8.52	8.70	0.32	2.27	0.85	6.08	1.34	553.86	6.40	42.96	7.84	39.09	29.53	43.03	3.99
21	0.34	6.87	6.75	0.32	1.08	0.82	3.06	1.42	416.43	7.13	43.61	5.38	25.13	26.70	43.17	4.59
22	0.26	7.50	6.62	0.34	2.16	0.93	3.13	1.36	483.61	6.28	43.20	5.84	33.45	21.64	65.14	4.83
23	1.03	5.97	6.66	0.19	0.11	0.71	2.92	1.29	659.95	9.45	58.89	7.06	53.31	29.36	102.29	5.03
24	0.61	7.30	6.86	0.11	2.21	0.49	3.08	1.06	587.80	8.62	44.94	8.24	52.20	25.13	70.67	4.93
25	0.65	7.05	9.05	0.35	3.26	1.36	4.06	1.86	621.34	11.92	53.63	7.37	41.39	36.66	99.26	5.42
26	0.48	5.76	6.63	0.10	3.08	1.82	1.18	1.46	567.18	9.66	61.56	6.31	53.01	32.32	74.01	5.03
28	0.24	4.53	6.88	0.15	2.73	0.83	1.63	1.19	559.18	8.30	53.30	6.80	37.84	24.50	61.24	4.25
29	0.19	4.46	6.74	0.13	3.96	2.13	1.75	1.05	568.60	7.10	54.68	8.29	35.70	23.91	117.00	3.76
31	0.36	4.49	7.06	0.17	1.13	1.53	1.85	1.83	576.85	8.76	51.47	7.11	38.33	27.03	81.11	4.53
32	0.53	4.68	8.24	0.21	1.72	2.22	1.93	2.29	753.71	13.70	71.32	10.09	51.26	31.17	86.48	6.34
33	0.49	5.23	5.41	0.11	1.01	0.52	2.17	1.53	538.00	10.37	50.42	5.17	34.00	30.80	82.00	5.80
34	0.65	5.55	8.24	0.15	1.79	0.77	2.20	1.57	578.43	12.17	67.62	5.88	33.81	28.23	85.05	6.78
Range	0.19~	4.23~	5.4~	0.11~	0.11~	0.36~	1.18~	1.05~	416.43~	5.49~	41.92~	5.15~	22.49~	21.64~	32.07~	2.16~
	0.83	8.92	10.27	0.79	3.96	3.60	6.08	2.29	835.17	19.95	83.09	10.16	81.25	53.19	124.13	8.74
Average	0.49	6.39	7.64	0.27	1.67	1.30	2.89	1.55	592.18	9.24	56.66	7.27	40.30	29.34	74.97	5.25

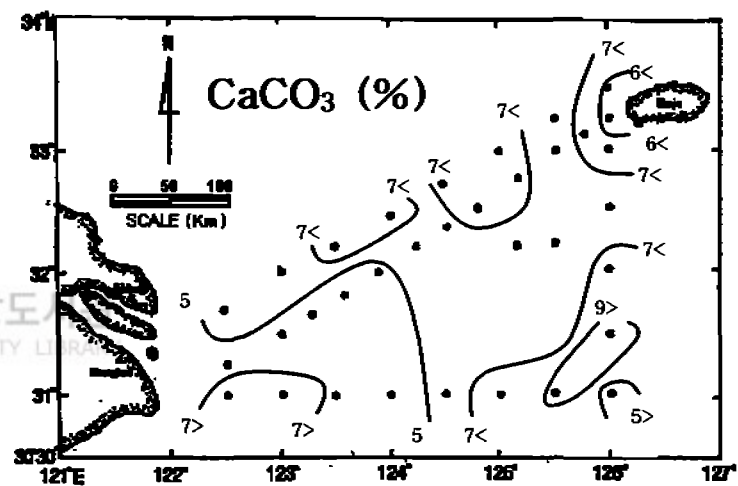
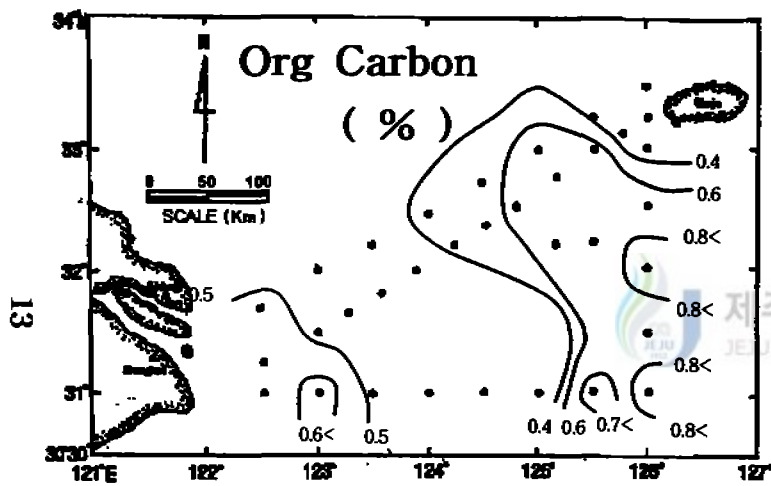


Fig. 5. Organic Carbon and CaCO<sub>3</sub> in the surface sediment of the East China Sea.

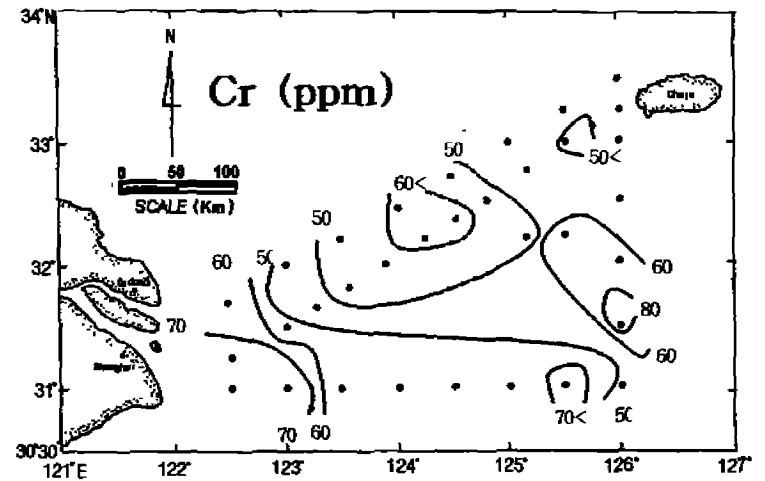
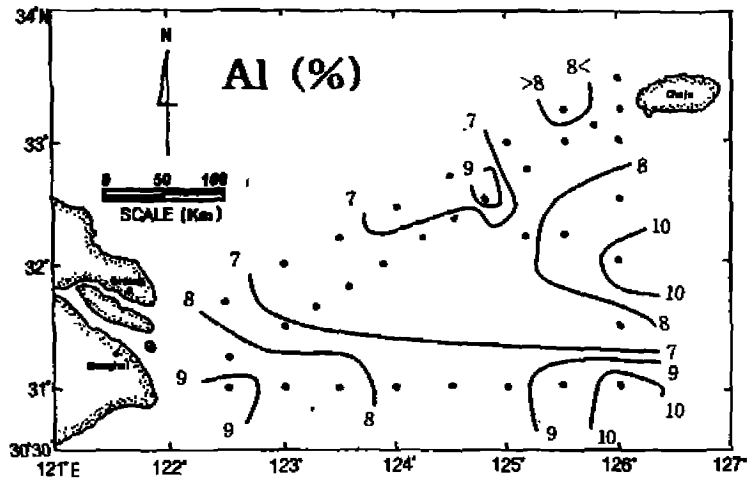
Al은 Fig. 6에서 보는바와 같이 양자강 하구연안역과 조사지역 남서쪽 니·사질 혼합퇴적상이 분포지역에서 8.72~10.27%로 가장 높은 함유량을 보인다. Cr은 양자강하구역 남서쪽 연안역과 동쪽 니토대 분포역에서 71.32~81.09ppm으로 그 외 지역보다 약 1.5배정도 높은 함유량을 보인다. Fe은 양자강 하구역(st. 12, 13, 32)에서 2.0%이상의 최대치를 보이며 연안역에서 바다 쪽으로 향함에 따라 점차 감소하는 경향을 보인다(Fig. 6). Cu는 Fe원소의 분포경향과 유사하게 양자강 하구역(st. 12,13,14,32)에서 15.21ppm으로 최대값을 보이며 하구역에서 동쪽 바다 쪽으로 향함에 따라 그 함유량이 점차 감소하는 경향을 보여주며(Fig. 6) 그 외 북측 중앙부와 남동쪽 끝 지역에서도 9.0ppm이상이 높은 함유량을 보인다. Ni은 양자강 하구역(st. 13)에서 53.2ppm으로 최대값을 보이며 동쪽으로 향함에 따라 그 함유량이 점차 감소하며 그 외 남쪽 외해역과 북측 중앙부에서 30ppm으로 다소 높은 값을 보인다(Fig. 7). Mg과 K원소는 양자강 하구역 남서쪽연안역과 남동쪽 지역에서 퇴적물 입도 와는 무관하게 0.3%, 1.5%이상이 높은 함유량을 보인다(Fig. 7). 그러나 Zn원소는 양자강 하구역(st. 12, 13)에서 100ppm이상이 높은 함유량을 보이는 것을 제외하고는 제주도 남쪽 및 북측 중앙부와 남동쪽 일부지역에서 90ppm이상의 높은 값을 보이는 분산된 분포유형을 보여주고 있다(Fig. 7).

### 3-2. Mn, Co, Pb



조사지역 퇴적물내 Mn함량은 416.43~835.17ppm(평균 592.18ppm), Co는 5.15~10.16ppm(평균 7.27ppm), Pb은 22.49~81.25ppm(평균 40.30ppm)의 범위를 보인다.

Mn은 조사지역 남동쪽 외해역과 북측 중앙부 및 양자강 하구역 근접지역에 600ppm이상의 높은 함유량을 보이며(Fig. 8), 퇴적물 유형에 따른 Mn원소의 함량은 소량자갈함유 니질모래 및 니질모래퇴적물에서 562.30ppm, 사질퇴적물에서 684.62ppm, 니토대에서 643.96ppm으로 Mn원소도 퇴적물 입도가 Mn원소함량을 조절하는 주요 요인으로 적용하고 있음을 지시해 주고 있다. Co와 Pb원소의 공간적인 분포는 Mn과 유사한 분포를 보여 본역 남동쪽 해역, 북측 중앙부 및 양자강 하구역에서 각각 8ppm, 40ppm이상의 높은 함유량을 보이며 양자강 하구역인 경우 하구역 연안역에서 동쪽 바다 쪽으로 향함에 따라 그 함유량의 점차 감소하는 경향을 보이고 있다(Fig. 8). 퇴적물 유형에 따른 Co과 Pb 원소의 함량을 소량 자갈함유 니질모래, 모래 및 니질모래 퇴적물에서는 각각 6.70ppm, 34.98ppm, 사질니토 퇴적물에서는 7.82ppm, 43.33ppm, 니토대 퇴적물에서는 8.06ppm, 54.14ppm으로 이 역시 퇴적물 입도가 상기원소들의 함량을 조절하는 주요인이 되고 있음을 보여주고 있다(Table. 2).



15

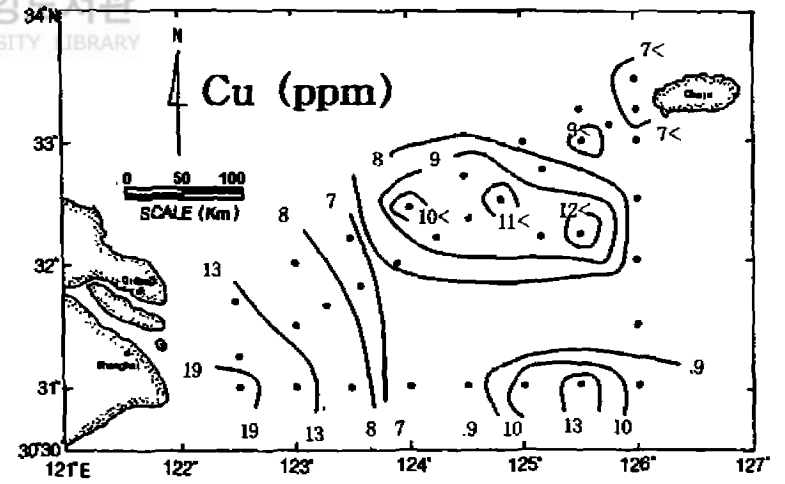
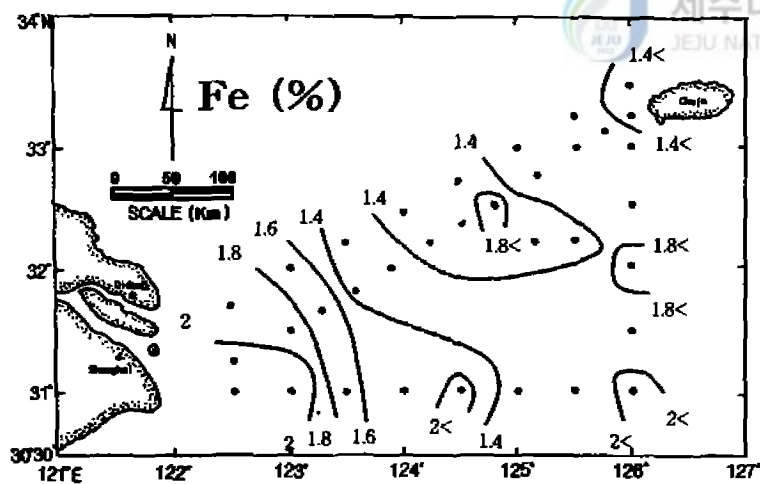


Fig. 6. Distribution of metal concentration ( Al, Cr, Fe, Cu ).

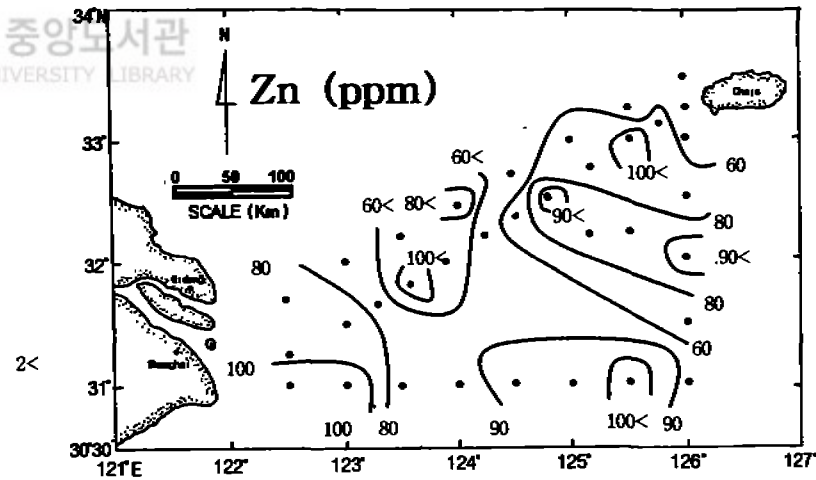
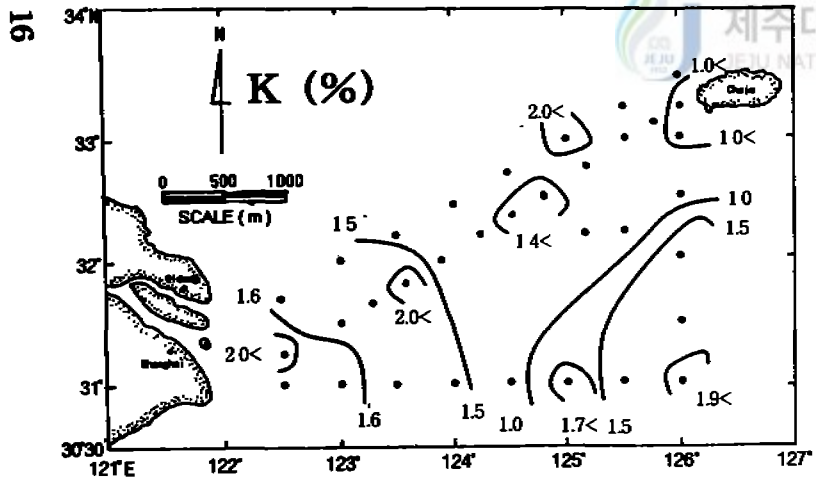
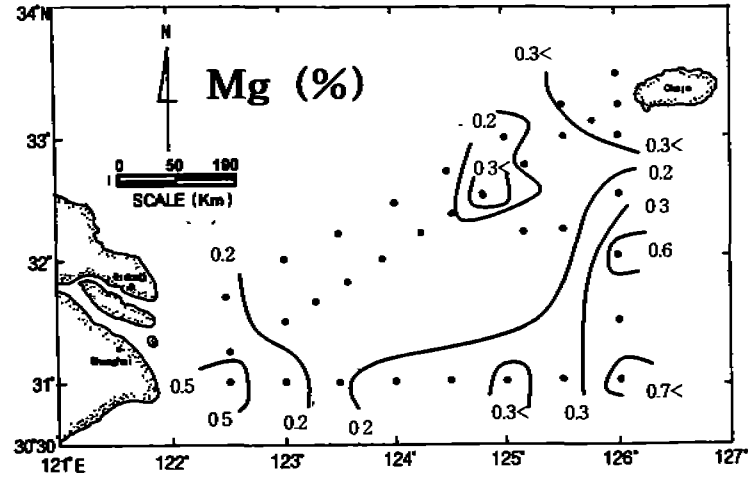
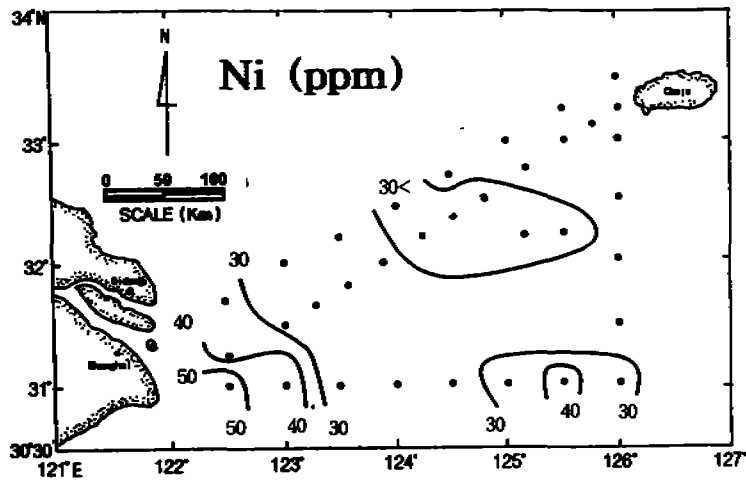


Fig. 7. Distribution of metal concentration ( Ni, Mg, K, Zn ).

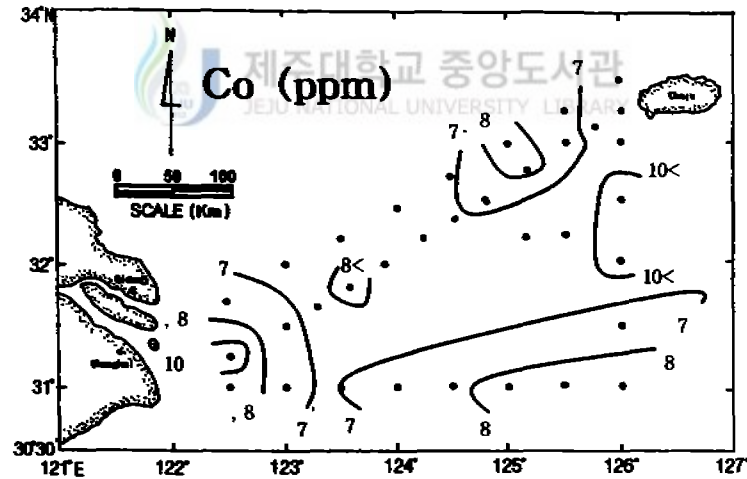
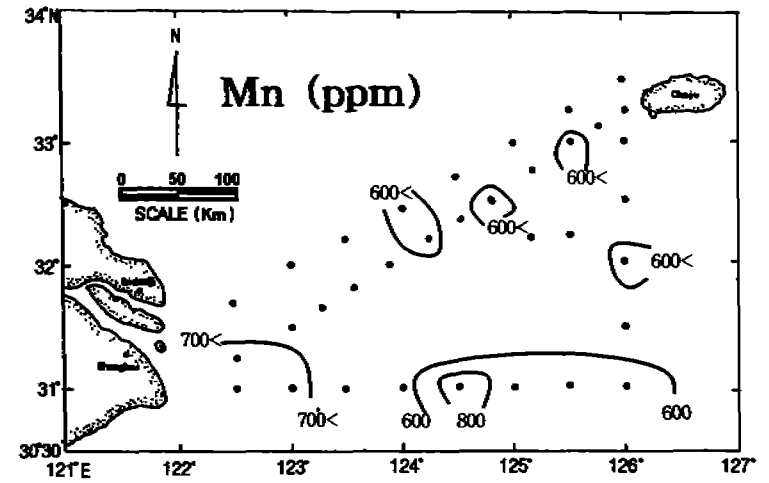
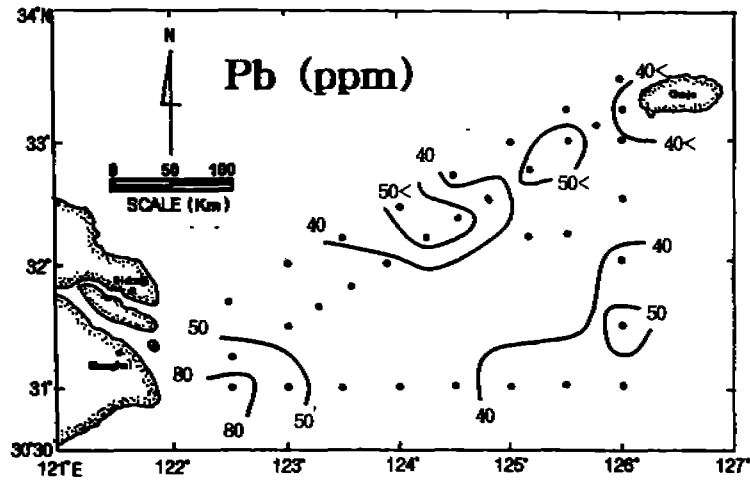


Fig. 8. Distribution of metal concentration ( Mn, Co, Pb ).



### 3-3. Ca, Na

조사지역 퇴적물내 Ca함량은 1.18~6.08%(평균 2.89%), Na은 0.11~3.96%(평균 1.67%)의 범위를 보인다.

Ca원소는 제주도 서쪽연안역, 북쪽인 st. 15, 16, 18, 19, 24, 25 및 남동쪽 외대륙붕지역에 3.0%이상의 최대 함유량을 보이고, 양자강하구역에서 동쪽으로 향함에 따라 점차 감소하는 경향을 보인다(Fig. 9) Na원소는 제주도 서쪽연안역과 조사지역 북쪽 중앙부지역에 2.0%이상의 높은 함유량을 보인다(Fig. 9).

퇴적물 유형에 따른 Ca, Na원소의 함량은 소량 자갈함유 니질모래 및 니질모래 퇴적물에서 각각 2.94%, 1.96%의 최대 함유량을 보이고, 사질니토퇴적물에서 2.89%, 1.48ppm, 니토대퇴적물에서 2.71%, 0.92%으로 분포하여 사질니토 같은 세립질 퇴적상에서 비교적 낮은 함량을 보였다(Table. 2).

## 4. 평균 입도와 원소들과의 상관관계

Table. 3는 지화학적 원소성분들간의 상관관계 및 퇴적물의 평균입도(Mz:Ø)의 원소성분들간의 상관관계를 나타낸 것이다. 퇴적물 입도와 원소성분들간의 상관관계에서는 상관계수가 R=0.50이상(예: Cr, Al, Pb)으로 매우 밀접한 정의 직선상관계를 나타내는 원소성분들과 상관계수가 R=0.32~0.50으로(예: Cu, Zn, Fe, Ni, Co, Mn, Mg) 다소 양호한 직선 상관관계를 보이는 원소들도 있다. 또한 몇몇 원소 성분들(예: K, Ca)은 R=0.04~-0.13으로 퇴적물 입도와는 뚜렷한 상관관계를 보이지 않는 원소들도 있다.

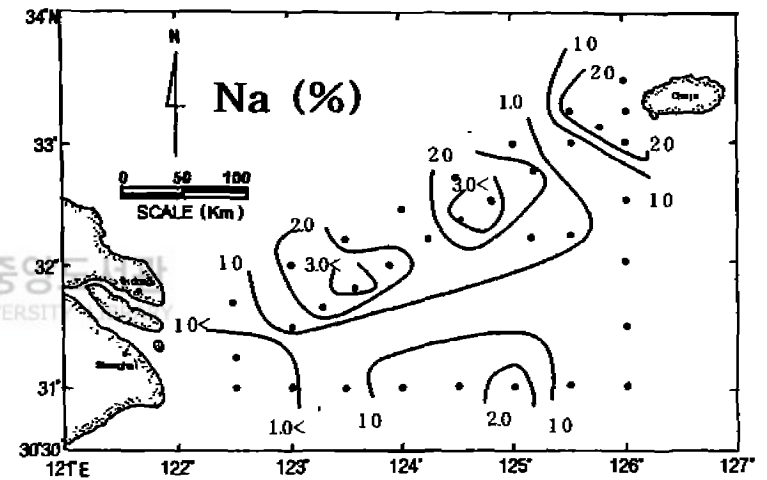
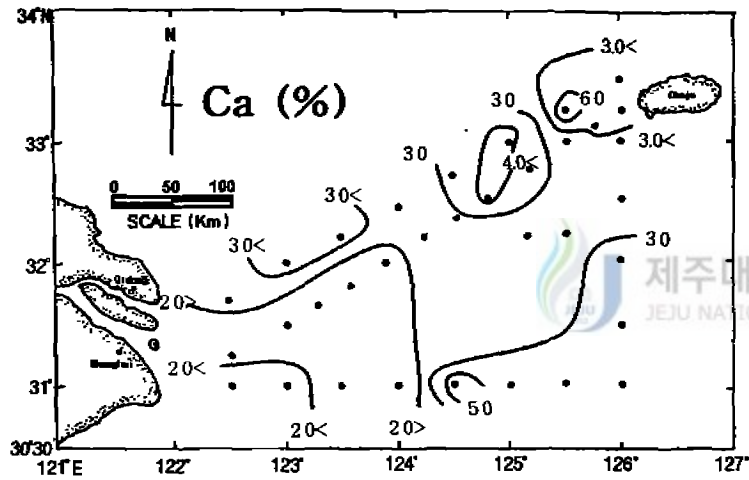


Fig. 9. Distribution of metal concentration ( Ca, Na ).

**Table 3. The correlation matrix among metal concentration and mean grain size(Mz) of sediments.**

	Zn	Mn	Cr	Pb	Co	Ni	Cu	Fe	Ca	Al	Mg	Na	K	Mz
Zn		0.62	0.68	0.51	0.36	0.63	0.60	0.32	-0.22	0.24	-0.10	0.03	0.15	0.48
Mn	0.62		0.62	0.43	0.55	0.51	0.45	0.49	0.12	0.44	0.16	-0.16	0.21	0.33
Cr	0.68	0.62		0.61	0.32	0.64	0.63	0.44	-0.29	0.39	0.09	-0.16	0.21	0.73
Pb	0.51	0.43	0.61		0.29	0.64	0.67	0.40	-0.21	0.27	0.19	0.03	0.02	0.51
Co	0.36	0.55	0.32	0.29		0.19	0.13	0.32	0.14	0.55	0.37	-0.11	0.40	0.40
Ni	0.63	0.51	0.64	0.64	0.19		0.87	0.53	-0.10	0.51	0.18	-0.10	0.04	0.45
Cu	0.60	0.45	0.63	0.67	0.13	0.87		0.62	-0.27	0.38	0.06	-0.06	0.12	0.48
Fe	0.32	0.49	0.44	0.40	0.32	0.53	0.62		-0.02	0.56	0.52	-0.21	0.37	0.45
Ca	-0.22	0.12	-0.29	-0.21	0.14	-0.10	-0.27	-0.02		0.19	0.33	-0.05	0.06	-0.13
Al	0.24	0.44	0.39	0.27	0.55	0.51	0.38	0.56	0.19		0.61	-0.22	0.20	0.52
Mg	-0.10	0.16	0.09	0.19	0.37	0.18	0.06	0.52	0.33	0.61		-0.24	0.23	0.33
Na	0.03	-0.16	-0.26	0.03	-0.11	-0.10	-0.06	-0.21	-0.05	-0.22	-0.24		0.02	-0.44
K	0.15	0.21	0.21	0.02	0.40	0.04	0.12	0.37	-0.21	0.20	0.23	0.02		0.04
Mz	0.48	0.33	0.73	0.51	0.40	0.45	0.48	0.45	-0.13	0.52	0.33	-0.44	0.04	
Corg	0.34	0.36	0.41	0.41	0.42	0.33	0.33	0.28	0.10	0.49	0.31	-0.54	0.14	0.64
CaCO <sub>3</sub>	-0.12	-0.02	0.01	0.06	0.00	0.03	-0.13	-0.16	0.65	0.05	0.17	-0.07	-0.07	0.17

## V. 고찰

### 5-1. 표층퇴적물의 분포특성

동중국해 및 황해는 황하강과 양자강을 통해 각각  $1100 \times 10^6 \text{ ton/yr}$ ,  $500 \times 10^6 \text{ ton}$ 이라는 막대한 양의 육상기원 물질을 공급받고 있는데 동중국해 대륙붕을 덮고 있는 대부분의 현생 퇴적물은 양자강과 황하강으로부터 유입된 것이고, 그 외에는 기타 소규모의 강들과 연안침식에서 비롯된 것이다(Jin et al, 1983). 이들 퇴적물들의 개괄적인 공간적 분포를 보면, 양자강 하구 및 그 주변 연안역(양자강 하구로부터 Zhejiang과 Fujian의 연안역 까지)과 제주도 남서쪽 외대륙붕역( $31^\circ 00' \sim 32^\circ 00'$ ,  $125^\circ 00' \sim 127^\circ \text{ E}$ )에는 주로 실트와 니토(mud)로 구성된 현생니토대(mud patch)가 분포하고 그 이외의 지역은 조·세립질의 잔류모래(corse-fine relict send)가 넓게 분포하고 있다(Qin, 1983 ; Cheng et al., 1983 ; xu, 1983 ; Milliman et al., 1985등).

조사지역의 퇴적물 분포는 Fig. 4에서 보는바와 같이 모래퇴적상은 제주도 남서측(st. 2)에 소규모의 분포를 보이는데 이의 평균조성을 볼 때 모래 91.80%, 실트 3.43%, 점토 4.73%이며 평균입도는  $2.16\phi$ 로 세립사에 해당하며 왜도치는  $-0.27\phi$ 이다. 따라서 모래함량이 90%이상이며, 음의 왜도값을 보이는 순수한 사질 퇴적물이 분포하는 점등을 고려하여 볼 때, 이 지역에 분포하는 사질퇴적물은 제 4기말 해수면이 낮았을 때 연안환경에서 퇴적된 잔류퇴적물일 것으로 사료된다(Niino and Emery, 1961; 김 등, 1983). 니질사와 실트질모래 퇴적상은 연구지역 중앙부와 북서쪽에 광범위한 분포를 보이며 이의 평균조성은 모래 67.82%, 실트 17.32%, 점토 14.86%이다. 이들 사질 퇴적상은 잔류퇴적물이라 지적하였고 홀로세 퇴적물의 공급방향과 연관성을 갖고 있는 퇴적물로 분류하였다(Niino and Emery, 1961; Qin et al., 1983등)(Fig. 4, 10, 11).

니토대 퇴적상(mud patch)은 양자강 하구역(st. 12, 13, 14)과 제주도 남서쪽 외대륙붕(st. 45)에 소규모의 분포를 보인다. 이중 양자강 하구역에 분포하는 니토질 퇴적물의 평균조성은 모래 3.49%, 실트 62.81%, 점토 33.37%이며 평균입도는  $7.16\phi$ 로 극세립질 실트에 해당하며, 분급도는  $2.33\phi$ 로 불량한 편이다. 이는 양자강으로부터 공급된 퇴적물로서 양자기원 퇴적물은 주로 해안을 따라 남쪽으로 이동되는 것으로 알려졌는데(Limeburner et al, 1983), 본 연구에서도 정점 14지역보다 정점 12, 13지역에서가 실트 함량보다 점토함량이 높아 상기 결과와 일치하고 있다(Fig. 4, 10, 11).

제주도 남서쪽 외대륙붕에 분포하는 니토질 퇴적상의 평균조성은 모래 0.83%, 실트 35.07%, 점토 63.94%이며 평균입도는 8.72 $\phi$ 로 조립질 점토에 해당하며 분급도는 1.82 $\phi$ 로 다소 불량한 편이나 양자강 하구역에 분포하는 니토질 퇴적상보다 더 세립질이고 분급도도 좋은 편이다(Fig 4, 10, 11). 상기 니토대의 근원지에 대하여는 아직까지 논란이 있으나 퇴적물내 점토광물 조성중 양자기원보다 녹니석 함량이 많고 방해석(calcite)피크가 현저히 나타날 뿐만 아니라 Ca, Na 등 일부 금속원소 성분 등이 함량도 황하기원 퇴적물의 특성치와 다소 유사한 경향을 보여 이 지역 세립질 퇴적물이 대부분은 황하기원 인 것으로 추정하고 있다(Millman et al, 1985; Yang and Milliman, 1983등).

한편 황하퇴적물이 동지나해까지 이동·확산이 가능한 기작으로서의 황해는 조차가 4m이상으로 크고 조류의 유속도 황해 서부에서 2knot이상으로서 세립질 퇴적물을 부유나 재부유 시키기에 충분한 기작이 될 뿐만 아니라 겨울철에 발생하는 Cold wave 및 폭풍도 표층퇴적물을 확산시키는데 기여를 한다. 보하이만으로부터 시작된 황해연안류는 40-50m의 수심을 따라 여름철에는 32° N까지, 겨울철에는 30° N, 126° E까지 남하하는데 부유 및 재부유된 황하기원 세립질 퇴적물은 이 흐름에 편승하여 제주도 남서쪽 지역까지 수송이 이루어진다(Xie et al.,1983). 또한 이와 유사한 수송기작으로서 Milliman et al.,(1985)은 다음과 같은 두 가지를 들고 있다. “첫째, 겨울철 폭풍기간 동안 재부유된 세립질 퇴적물들은 장수연안류(Jiansu Coastal Current)와 같은 독특한 Winter Circulation Patterns에 의해 제주도 남서쪽 지역까지 이류(advection)가 가능하다.” “둘째, 황해 최심부지역에서 최대저층용력은 표층퇴적물을 이동시킬 수 있는 임계저층용력(2.0-2.2dyne/cm<sup>2</sup>)보다 조금 크고 (Sternberg et al., 1983), 그 방향은 제주도 남서쪽 니토대(mud patch)를 향하는 것으로 보고 하였다. 따라서 양자강 북쪽과 동쪽의 대륙붕상으로 유입된 황하기원 세립질 퇴적물은 부유 및 재부유되어 M<sub>2</sub>와 M<sub>4</sub>의 조류에 의해 제주도 남서쪽 니토대로 연중 수송이 이루어진다”라고 하였다.

더욱이 제주도 남서쪽 현생 니토대 일대 지역은 저온의 황해연안류와 저온·저염의 양자강회석수, 고온·고염의 황해난류 및 타이완난류가 만나는 전선역(31° ~32° 30' N, 125° 30' ~126° 30' E)일뿐만 아니라 유속도 약 10cm/s내외로 약하기 때문에 실트와 점토질이 침강·퇴적하기에 적합한 환경이고, 또 부유퇴적물의 농도가 5mg/l로 주변 조립질 퇴적물 분포지 보다 높고, 염분 변화폭도 1-2‰ /30km로 완만하여 0.31cm/yr의 퇴적속도를 보이며, 점토의 함량이 40-70%, 수분함량이 80% 이하이기 때문에 점성이 강하여 건디는 저항력도 높아 현생 니토대가 형성·존재하고 있는 것으로 보고되었다(Liang, 1983; Xu, 1983).

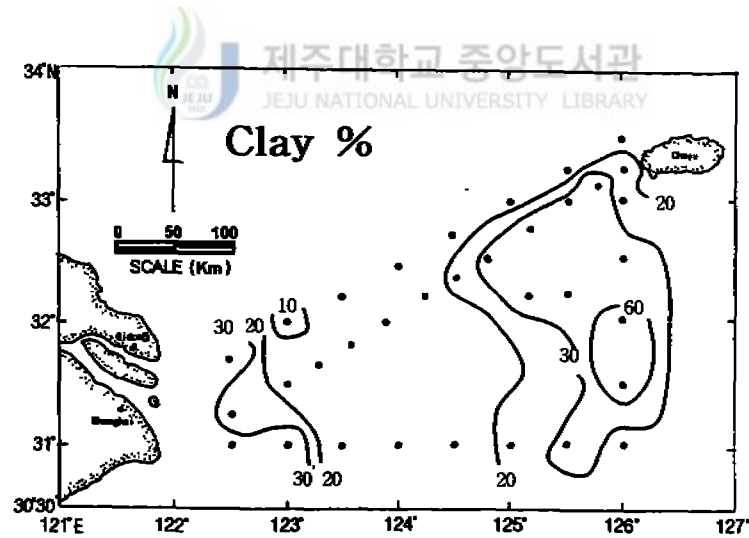
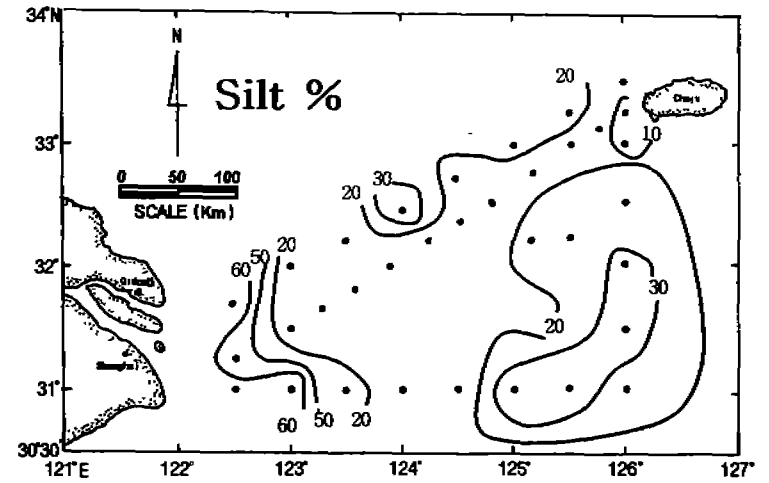
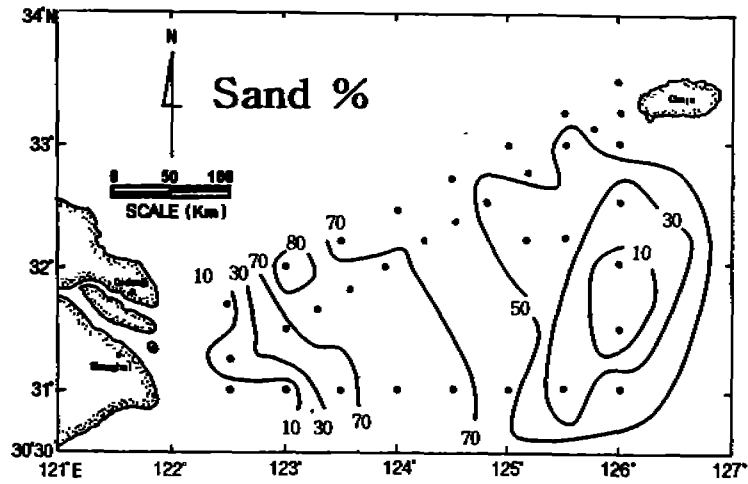


Fig. 10. Distribution of surface sand, silt, clay.

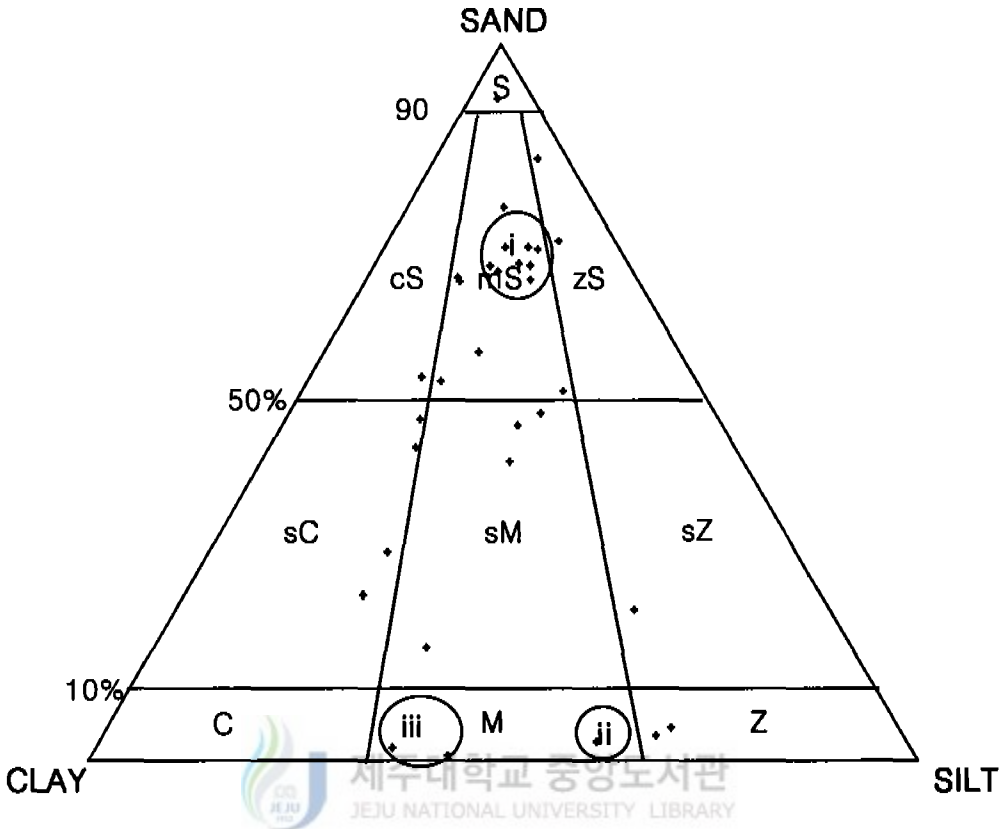


Fig. 11. Ternary diagram showing the grain size composition of surface sediments for gravel-free sediments (After Folk, 1968).

Note; I : relict sediment, ii : Yangtze River, iii : mud patch  
 S : sand, mS : muddy sand, sM : sandy clay  
 Z : silt, zS : silty sand, sC : sandy clay  
 cS : clayey sand, M : mud

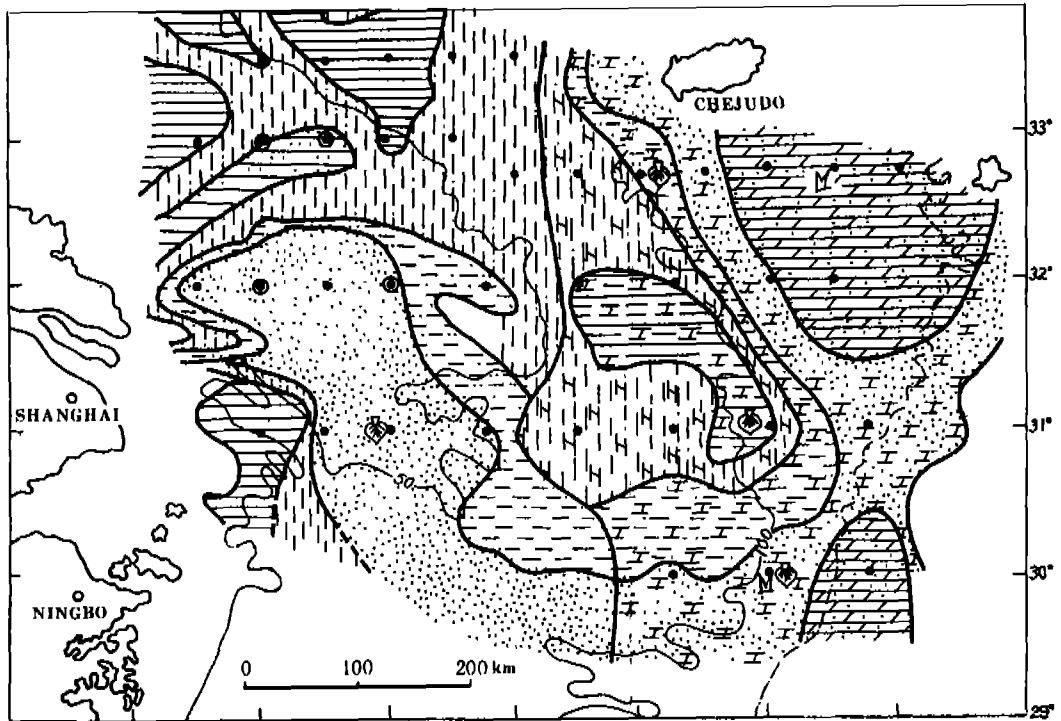
## 5-2. 탄산염 및 유기탄소 함량과 분포 특성

본 조사지역 퇴적물에서 탄산염 함량은 4.23-8.92%로 다양한 값을 나타내며 퇴적물의 평균입도와 수심이 증가하는 남동쪽 외대륙붕 지역과 그 외 제주도 서쪽연안역 및 북쪽 중앙부에서 7.0%이상이 높은 함유량을 보였다(Fig. 5).

퇴적물내 탄산염 함량을 조절하는 요인으로는 수괴 내에서 생물생산력에 의한 공급, 퇴적된 후 파쇄·용해작용 및 육상으로부터의 강을 통한 유입 등으로 알려져 있다(Erqiin Zhe and Qi Wang, 1987)(Fig. 12). 따라서 본 연구 지역 중 남동쪽 외해지역 퇴적물에서가 최대의 탄산염 함유량을 보이는 것은 쿠로시오 및 황해난류수 등의 영향인 것으로 해석된다. 즉 본 역 남동쪽 니토대 분포지역은 특성을 달리하는 수괴 및 해류(예; 황해난류,중국대륙연안수,장수연안류,황해저층냉수등)들이 만나는 와류가 발생하는 생물생산이 활발한 전선대 지역으로 복합기원 퇴적물이 퇴적되고 있는 지역이기 때문으로 해석된다(Ergin, 1983 ; Zheng and Klemas,1982 ; Qin and Li, 1983등). 또한 제주도 서쪽 연안역과 양자강 하구역에서 7.0%이상이 높은 함량치를 보이는 것은 주변 육상기원 퇴적물이 양자강이나 주변 강들로부터 공급되고 있음을 시사해 주고 있다.

용존형태의 유기물은 주로 점토입자에 흡착되어 입자형태로 퇴적물에 침전되어 퇴적물 일부를 형성하는 것으로 알려져 있다(Biggs, 1967). 본 조사지역 퇴적물에서 유기탄소 함량은 평균 0.19-0.83%의 범위를 보이며, 양자강 하구역과 제주도 남서쪽 니토대 분포지역에서 0.75% 이상의 최대치를 보이고 북서쪽으로 향함에 따라 그 함유량이 점차 감소하는 경향을 보였다(Fig. 5). 이는 진술한 바와 같이 북적도 해역에서 발원한 고온·고염의 쿠로시오와 이로부터 분기해 제주도 서측을 지나 황해로 유입되는 황해난류수의 영향인 것으로 사료되며(Xu, 1983 ; Zhen and Klemas, 1982), 또한 양자강 하구역에서 유기탄소 함량의 0.5%이상이 높은 것은 양자강기원 육상 부유퇴적물이 하구역에서 남쪽 및 남동쪽으로 이동되고 있음을 보여주고 있다(Chin, 1979; Sternberg et al, 1985). 유기탄소 함량과 평균입도와의 관계에서는 Fig. 16에서 보는 바와 같이 상관계수가  $R=0.64$  이상으로 밀접한 정의 상관관계를 보며 사질형 퇴적물에서보다 니질형 퇴적물에서가 대체로 높은 함량치를 보이고 있다. 이는 퇴적물이 조립질 보다 세립질에서 표면적이 크므로 흡착력이 크기 때문인 것으로 알려진 결과 및 퇴적물내 유기탄소 함량은 점토질이 풍부한 퇴적물에서가 높은 함량비를 보인다는 연구결과와도 일치하고 있다(Sawlan and Marray, 1983 ; Bordovskiy, 1965).

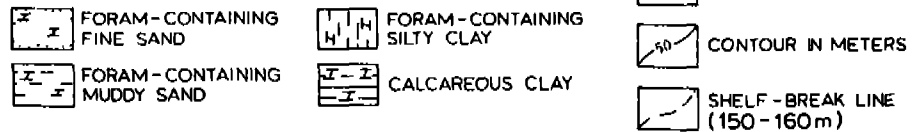




TERRIGENOUS SEDIMENTS ( $\text{CaCO}_3 < 10 \text{ wt } \%$ )



TERRIGENOUS-BIOCLASTIC SEDIMENTS ( $\text{CaCO}_3 10-25 \text{ wt } \%$ )



BIOCLASTIC-TERRIGENOUS SEDIMENT ( $\text{CaCO}_3 25-50 \text{ wt } \%$ )



Fig. 12. Types of surficial sediments on the north shelf of the East China Sea (Erqin Zhu and Qi Wang, 1987).

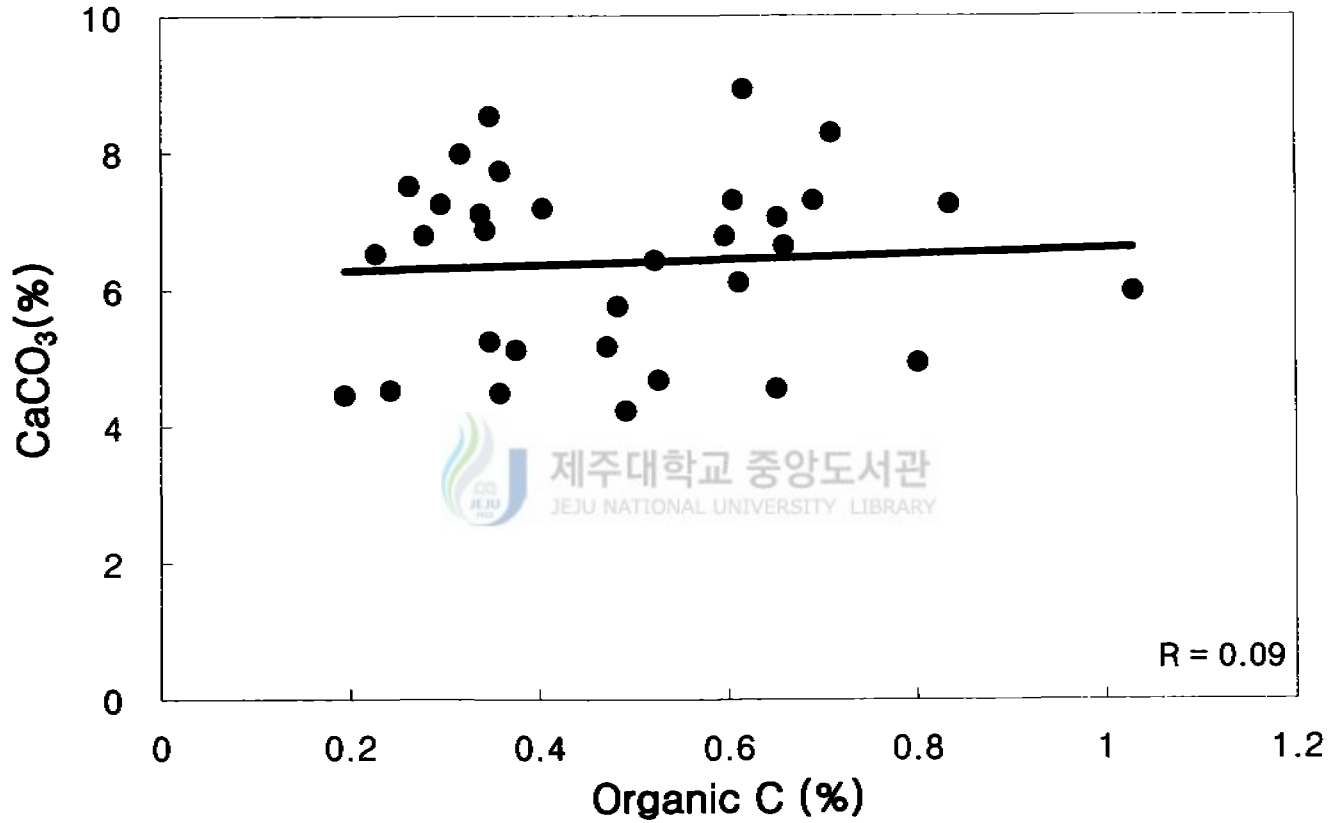


Fig. 13. Relationships between the Organic C contents and CaCO<sub>3</sub>content.

### 5-3. 금속원소 함량과 공간분포특성

퇴적물 내의 금속원소들의 함량변화인 물리적 요인은 입도와 관련되며 평균입도가 작아질수록 표면적이 증가하여 흡착율이 커지므로 세립질 퇴적상에서가 금속원소의 농도는 증가하는 것으로 알려져있다(Sawlan and Murray, 1983). 지화학적 요인인 원소들의 치환으로서는 점토광물 및 유기물 등이 있고 이런 기작을 통해 화학원소를 제거 및 공침하므로써 퇴적에 관여한다(조, 1994). 특히 입도 의존도가 큰 원소들(예; Fe, Cr, Ni, Cu, Zn)은 퇴적물의 세립성분인 점토광물 자체에서 함량이 높은 원소와 주로 전이 금속원소들로서 퇴적물의 입도에 따른 이들 원소의 함량변화는 많은 연구를 해왔다(Calvert, 1976; Salomons and Förstner, 1984; Horowitz, 1991). 또한 금속의 함유량 및 존재 형태를 증명할 수 있는 것은 크게 유기물 속에 포함된 량과 흡착부분, 광물 격자부분 및 금속산화물 또는 수산화물등 여러 요인 작용된다고 보고된바 있다(Gibbs, 1977).

본 연구해역 표층퇴적물은 시료 32개의 시료에 대하여 13종의 지화학적 원소성분(Al, Fe, Mn, Cr, Pb, Ni, Cu, Co, Zn, Ca, Na, K, Mg)의 함량을 측정된 결과 Table 6과 같고, 측정결과 상기원소들의 함량과 공간적 분포 및 원소들간의 상관관계수에 의한 결합 및 치환, 입도 특성은 다음과 같다.



#### 5-3-1. Al, Cr, Fe, Cu, Ni, Mg, K, Zn원소의 함량과 분포특성

연구지역 표층퇴적물은 이들 원소들은 비교적 비슷한 지역적 분포경향을 보여주고 있다 (Fig. 6, 7).

이들 원소들의 공간적 분포는 전반적으로 양자강 연안해역에서 함량이 비교적 높고 외해로 갈수록 점차 감소하여 중앙대륙붕 지역인 니질사 같은 조립질지역에서 감소하는 경향을 보인다. 이러한 형태의 분포는 연안에서 멀어질수록 조립해지는 퇴적물의 입도변화와 유사하다. 또한 이들 원소들은(Al, Cr, Fe, Cu, Ni, Mg, K, Zn) 평균입도(Mz:Ø)와 상관관계를 보며 Cr, Al은 상관관계수가 매우 밀접한 정의상관인 R=0.5이상, 그 외 원소는 Fe, Cu, Ni, Mg, Zn은 상관관계수는 다소 양호한 R=0.3~0.5을 보여 퇴적물 입도가 세립화에 따라 함량도 증가하는 관련성을 보여주었다. 이들중 특히 Fe, Cr, Ni, Cu 및 Zn 원소들은 점토와 같은 세립질 퇴적물에서가 친화력이 매우 큰 원소로 알려져 있는데(Horowitz, 1991), 본 연구에서도 상기 원소들이 평균 입도와 상관관계수에서 상관관계수가 R= 0.45~0.73으로 양호한 정의 직선 상관관계를 보여 상기 결과와 잘 일치하고 있다(Fig. 14, Table. 3).

따라서 상기 원소들은 Fig. 6과 7에서 보는 바와 같이 양자강 연안역 및 니질형 퇴적상 분포지역은 제주도 남동쪽 니토대(mud patch) 분포지역에서가 타지역에 비하여 높은 함량치를 보이는 것은 퇴적물 유형과도 관련성이 있는 것으로 해석된다. 따라서 이들 원소들도 양자강 연안역과 제주 남동쪽 니토대 세립질에서 함량이 높은 것도 세립질 및 점토광물에 의한 영향이 있는 것으로 사료된다.

Al 원소는 전형적인 대륙기원의 원소로 보고된바 있다(Goldberg and Arrhenius, 1958 ; Moorby, 1983). 즉 강으로부터 유출되는 육성퇴적물인 경우 연안역에서 높고 그 수력권이 멀어짐에 따라 점차 감소하는 경향을 보인다고 하였다. 따라서 연구지역에서 Al원소의 공간적인 분포는 Fig. 6에서 보는바와 같이 양자강하구연안역과 조사지역 남서쪽 및 북쪽 중앙부 지역에서 8.0%이상으로 기타지역보다 높은 함량치를 보인다. 이처럼 양자강 하구역(st.13)에서 9.0%이상으로 최대치를 보이고 남쪽 및 남동쪽 외해역으로 향함에 따라 점차 감소하는 경향은 양자강기원 육상부 유퇴적물의 주 수송방향은 남쪽 및 남동쪽 이동된다는 기존 연구결과와 잘 일치한다(Chin, 1979 ; Sternberg et al., 1985).

또한 북쪽 중앙부 지역과 남동쪽 니토대 분포지역에서 Al원소 함량치가 7.0%이상으로 높은 함유량을 보이는 것은 보하이만에서 시작되어 40-50m 등수심선을 따라 하계에는 32° N까지, 동계에는 30° N, 126° E까지 남하하는 황해연안류, 겨울철 대류혼합에 의해 생성되는 황해 중앙저층냉수 및 겨울철 폭풍기간 동안에 황해역에서 재부유된 세립질 퇴적물은 제주도 남서쪽 대륙붕역까지 이동시키는 장수연안류(Jiangsu coastal current)등 복합적인 영향인 것으로 사료된다(Milliman et al., 1985 ; Sternberg et al., 1983 ; Xu, 1983 ; Yang and Milliman, 1983).

Fe도 대륙기원 원소로 알려졌으며 Cu, Cr 및 Zn 원소는 인위적인 영향인 육상오염원에 비교적 민감한 원소로서 퇴적물에 농축되는 것으로 보고된바 있다(Morby, 1983; Lee et al., 1992). 따라서 양자강연안역에서 높은 함량(13-19, 100, 60-80ppm)을 보이는 Fe과 Cu원소의 공간적인 분포는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 양자강 하구역과 북쪽 중앙부 지역에서 각각 2.0%와 9.0ppm이상의 높은 함량치를 보인다. 특히 이들 두 금속원소들은 양자강하구 연안역에서 동쪽 바다 쪽으로 향함에 따라 점차적으로 함량치가 감소하는 뚜렷한 분포경향을 보이는데 이는 진술한 바와 마찬가지로 양자강 부유퇴적물의 수송방향과 잘 일치하고 있다(Sternberg et al., 1985). 즉 양자강 부유퇴적물의 주 수송방향은 남쪽이나 여름철 양자강 발원한 중국대륙연안수(changjiang diluted plume)는 수심 약 25km미만의 표층수피 흐름으로 북동쪽 방향으로 이동하여 제주도 서방까지 영향을 미치는 것으로 알려진 연구결과도 일치하고 있다(Xu, 1983 ; 김, 1986).

또한 조사지역 북쪽 중앙부 지역에서 Fe 및 Cu원소가 각각 1.4%, 8.0ppm 이상으로 높고 북서쪽에서 남동쪽으로 향함에 따라 설상으로 점차 감소하는 경향을 보이는데 이는 황해저층냉수 및 장수연안류등의 황해역에서의 겨울철에 독특한 순환패턴(winter circulation palform)에 의해 부유퇴적물 일부가 제주도 남서쪽 대륙붕 해역까지 수송이 이루어진다는 경과와도 일치하고 있다(Xie et al., 1983).

그 외 Cr, Ni, Mg, K 및 Zn원소들의 공간적인 분포를 상술한 원소들의 분포경향과도 유사하다. Zn, Mg 및 K원소들은 양자강하구역과 조사지역 남동쪽 외대륙붕 지역에서 높고 특히 Zn원소는 제주도 남쪽(st. 4) 중앙역을 중심에서 90.11ppm으로 최저치를 보이고 북서쪽으로 향함에 따라 그 함량치가 점차 감소하는 경향을 보인다. 이는 이들 지역에 퇴적물 수송에 영향을 미치는 진술한 양자강 회석수, 장수연안류 및 황해 저층냉수외에 북적도 해역에서 발원한 고온·고염의 쿠로시오와 이로 부터 분기해 제주도 서측으로 지나 황해로 유입되는 황해 난류수의 영향도 다소 있는 것으로 사료된다(Zhen and klemas, 1982 ; Xu, 1982).

### 5-3-2. Mn, Co 및 Pb원소의 함량과 분포특성

Mn, Co는 자생적으로 형성되는 비율이 큰 원소이며 수괴내에서 흡착, 침전등에 의해 효과적으로 제거하는 것으로 보고된바 있다(Chester, et al., 1969 ; Zhao, et al., 1983 ; Goldberg and Arrehnius, 1985 ; Krouskopf, 1956 ; Jenne, 1968).

Pb은 휘발성 첨가제로 쓰여 대기를 통해 주변 연안환경으로 다량 유입되는 원소이라 하였다(Nriagu, 1978 ; 이동, 1992).

조사지역에서 Mn, Co 및 Pb의 공간적인 분포는 양자강 연안역과 북쪽 중앙부 및 남동쪽 외 대륙붕역에서 높은 함유량을 보인다(Fig. 8). 특히 Mn, 과 Co인 경우 남쪽 외해역(st. 6, 7, 8, 9)과 북동쪽(st. 4, 23, 25, 26)에 600ppm 및 7ppm이상의 산점상으로 높은 함량치를 보이는 것은 자생적 영향인 것으로 사료되며, Pb인 경우 양자강 하구역과 북쪽 중앙부(st. 17, 18, 26)에서 50ppm 이상의 높은 함유량을 보이는 것은 최근 양자강 하구역 및 중국연안 주변지역의 공업 및 도시화의 확대에 따른 각종 공장들이 배치됨에 따른 Pb와 같은 주변 오염물질을 다량 함유한 생활하수의 다량방출에 영향이 있는 것으로 사료된다. 특히 중국의 경제발전의 가속화에 따른 화석연료 사용의 급증으로 중금속에 의한 오염이 심각할 것이며 이는 황해 및 양자강 연안역 퇴적물에도 영향이 있을 것으로 사료된다.

한편 상기원소들의 조사지역 남쪽 및 남동쪽 내대륙의 니토대 지역과 니토와 사질이 혼합된 퇴적상지역에서 함량치가 높은 것은 Mn, Co, Pb원소들의 퇴적물 평균 입도와 상관관계를 보면 Pb는 상관계수가  $R=0.5$ 이상으로 밀접한 정의 직선관계를 보이고, Mn, Co원소도  $R=0.3\sim 0.40$ 범위를 보여 퇴적물 입도가 세립화함에 따라 이들 원소의 함유량도 증가하는 관련성을 보여주고 있다(Fig. 14). 이는 상기원소들은 광물 조성보다는 일반적으로 세립질 부유물질에 농축되는 경향이 높은 원소들이라고 보고된 연구결과 때문인 것으로 해석된다(Huang and Zhang, 1990).

### 5-3-3. Ca, Na원소의 함량과 분포특성

양자기원 퇴적물과 황하기원 퇴적물의 두드러진 지화학적 원소성분의 차이점은 최근 양자강 유역에서 공업과 농업이 발달되어 있기 때문에 양자강물이 심하게 오염된 이들 지역을 통과하므로 Al과 Fe의 함량의 황하기원보다 약 1.2~1.6배 높으며 Zn, Cu, Ni, Cr등의 중금속 원소함량도 약 2배 높지만 Ca와 Na는 이와는 대조적으로 황하기원 퇴적물에서 양자기원 보다 약2배 이상 높은 것으로 보고되고 있다(Yang et al., 1983).

이처럼 황하기원 퇴적물의 양자기원보다 Ca, Na 함유량이 높은 것은 황하기원 퇴적물은 그 그원지가 중국북부의 냉·건조하고 표백작용(leaching)이 활발한 황토 환경에서 운반된 것이므로 Ca의 함량이 높고 방해석과 녹니석이 풍부하기 때문인 것으로 밝혀졌다(Lin et al., 1983 ; Yang et al., 1983 ; Milliman et al., 1985).

따라서 조사지역 퇴적물내 Ca 및 Na의 원소의 공간적인 분포는 Fig. 9에서 보는 바와 같이 제주도 서쪽 연안역, 북서쪽 중앙부역(st. 15, 16, 18, 19, 24, 25)지역 및 남동쪽 외대륙붕지역에서 각각 3.0%와 2.0%이상이 높은 함유량을 보인다. 특히 Na 원소는 북서쪽 중앙부역에서 남동쪽으로 향하여 그 함유량이 점차 감소하는 경향을 보이는 것이 주목된다. 이처럼 상기원소들의 함유량이 양자강하구역보다 본 역 북측 중앙부지역과 남동쪽 니토대 분포지역에서가 높은 것은 이들 지역은 양자강보다 황하강 및 황하의 영향이 더 두드러진 것으로 사료된다. 이처럼 황하기원 퇴적물이 동중국해역까지 이동·확산의 가능한 기작으로서는 진술한 바와 같이 황해는 조차가 4m이상으로 크고 조류의 유속도 황해 서부에서 2knot이상으로서 세립질 퇴적물을 부유나 재부유 시키기에 충분한 기작이 될 뿐만 아니라 겨울철에 발생하는 Cold wave 및 폭풍도 표층퇴적물을 확산시키는데 기여를 한다. 보하이만으로부터 시작된 황해연안류는 40-50m의 수심을 따라 여름철에는 32° N까지, 겨울철에는 30° N, 126° E까지 남하하는데 부유 및 재부유된 황하기원 세립질 퇴적물은 이 흐름에 편승하여 제주도 남서쪽 지역까지 수송이 이루어진다(Xie et al.,1983). 또한 이와 유사한 수송기작으로서 Milliman et al.,(1985)은 겨울철 폭풍기간 동안 재부유된 세립질 퇴적물들은 장수연안류(Jiansu Coastal Current)와 같은 독특한 Winter Circulation Patterns에 의해 제주도 남서쪽 지역까지 이류(advection), 수송되어 퇴적되고 있기 때문인 것으로 사료된다.

한편, 상기원소들의 제주도 서쪽 연안역에서 각각 3.0%, 2.0%이상의 높은 함량치를 보이는 것은 제주도의 지질은 주로 화산암류로 구성되어 있으며 이들 화산암류는 현무암 및 안산암류이며 이의 화학성분은 Na, Ca 함량이 높은 알카리 화산암계 열이다. 이는 제주도로부터 공급된 것임을 시사해주고 있다(윤등, 1987).

한편, 연구지역 퇴적물중 평균입도와 이들 원소의 상관관계에서는 Fig. 18에서 보는 바와같이 Ca는  $R=-0.13$ 으로 미약한 부의 상관관계를 보이나 Na는  $R=-0.44$ 로 다소 양호한 부의 직선상관관계를 보이며 이들 모두 퇴적물 입도가 조립화함에 따라 함량이 증가하는 관련성을 보여준다. 즉 퇴적물 중 Ca함량을 조절하는 요인으로는 저서생물인 패각편과 지각물질로 알려져 있으며(Turekian and Wedepohl, 1961), Na원소는 장석이 풍부한 조립질 퇴적물이 조절되는 원소인 것으로 보고되고 있다(Gibbs, 1977; Bowen, 1979). 따라서 Ca, Na와의 관계에서는 상관계수가  $R=-0.05$ 로 서로 관련성이 없는 것으로 보아(Table. 2), 연구지역에서 Ca 함유량을 조절하는 요인으로서는 주로 저서생물인 패각편과 그 외 주변 육상기원인 것이 동중국해역에서의 독특한 순환패턴에 의해 운반되어온 것이며 Na는 주로 장석에 대한 영향인 것으로 사료된다.



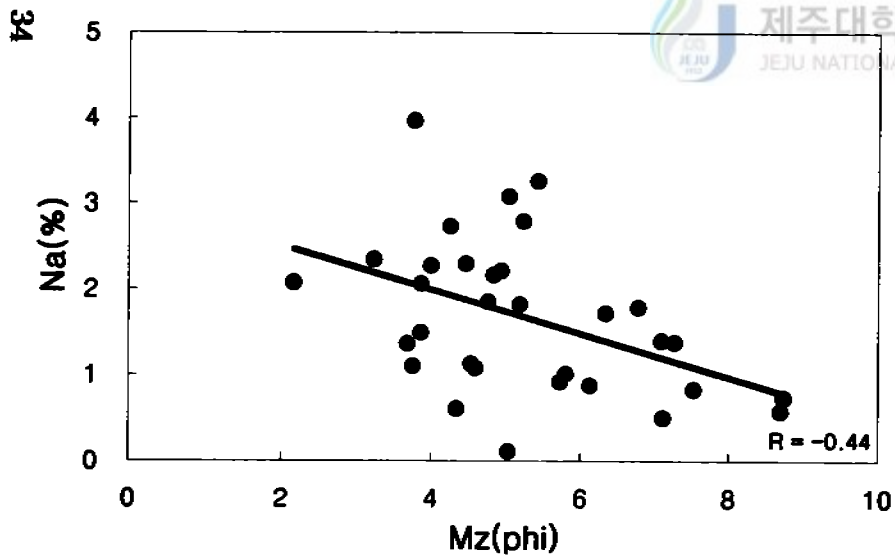
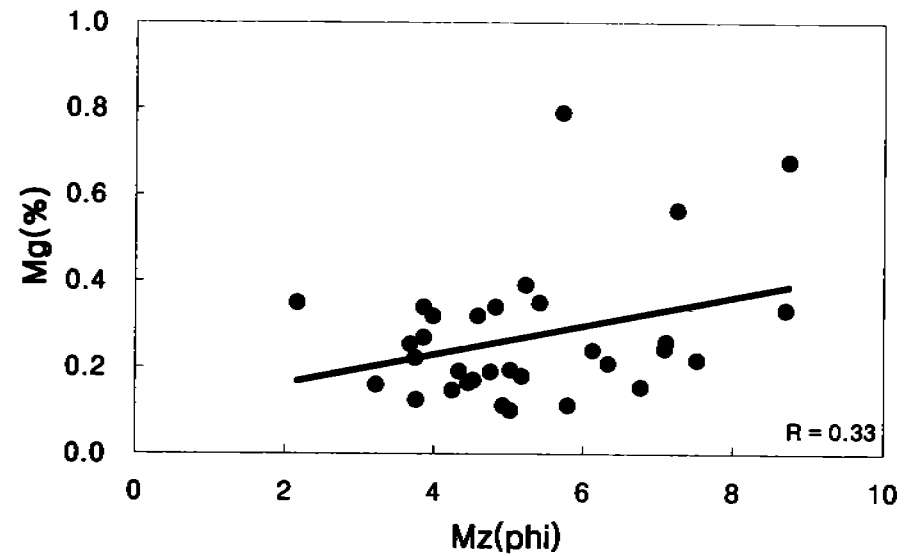
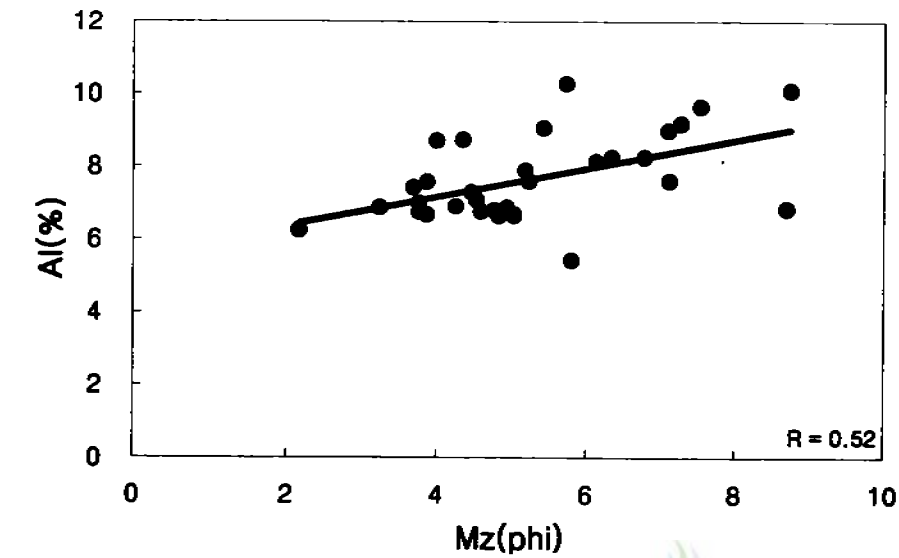


Fig. 14. Pair diagram between element concentrations and mean grain size of surface sediments from study area.

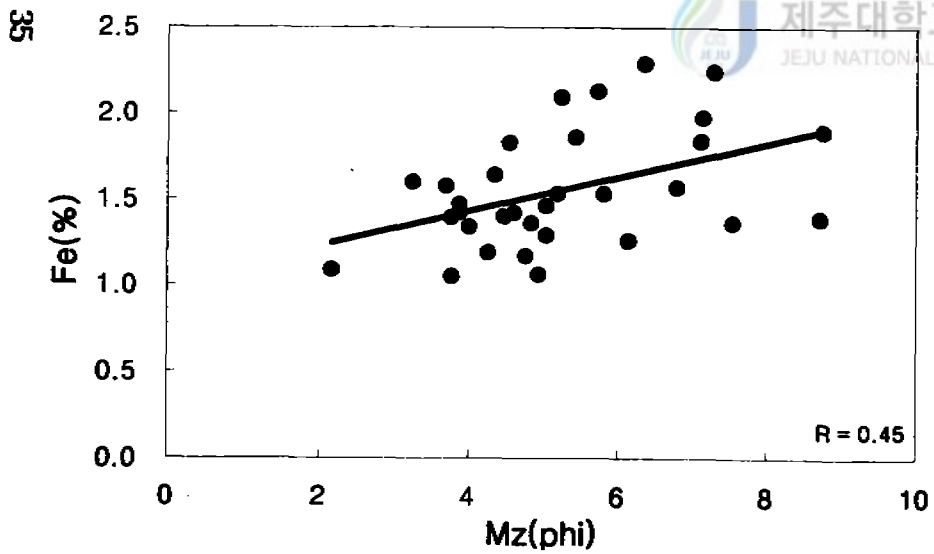
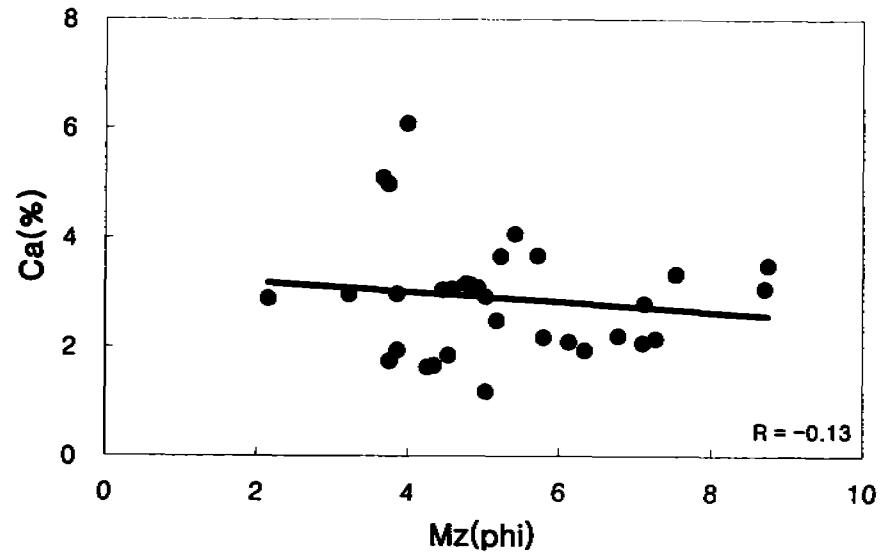
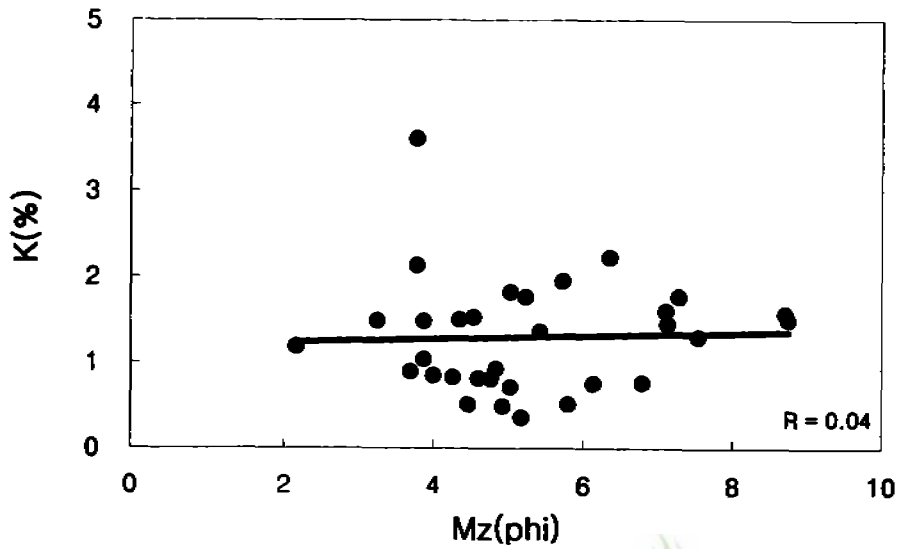


Fig. 14. (continued).

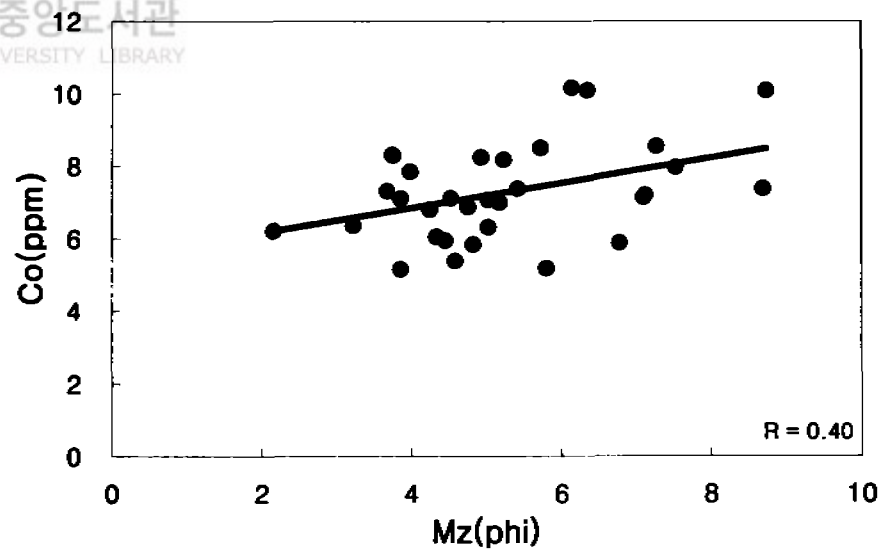
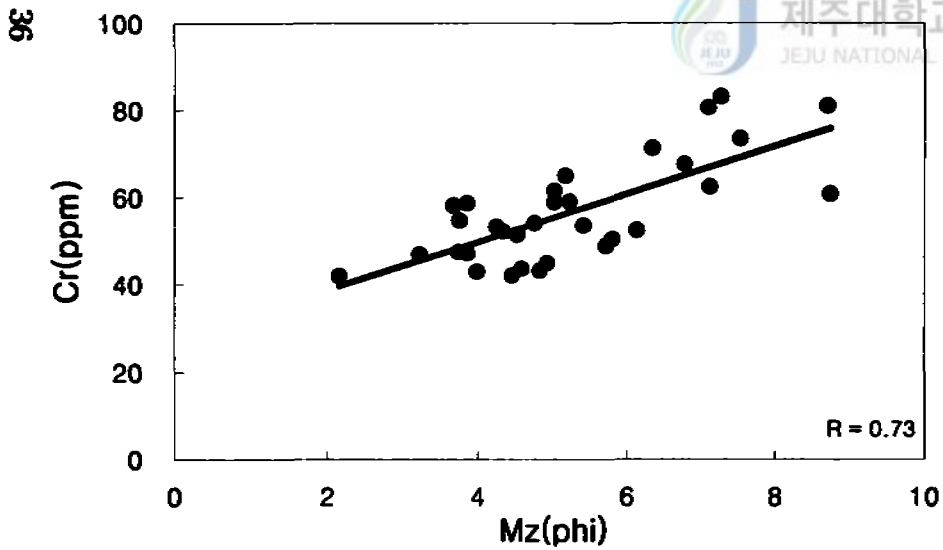
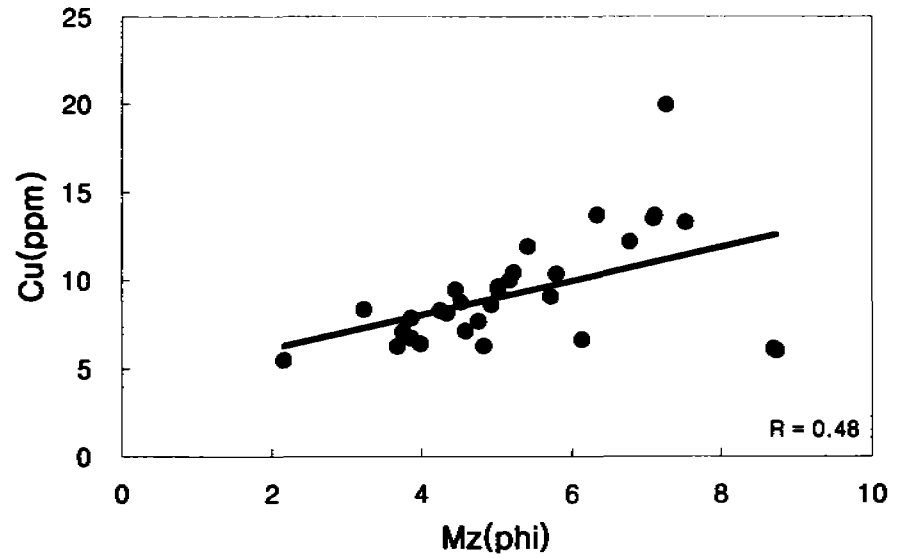
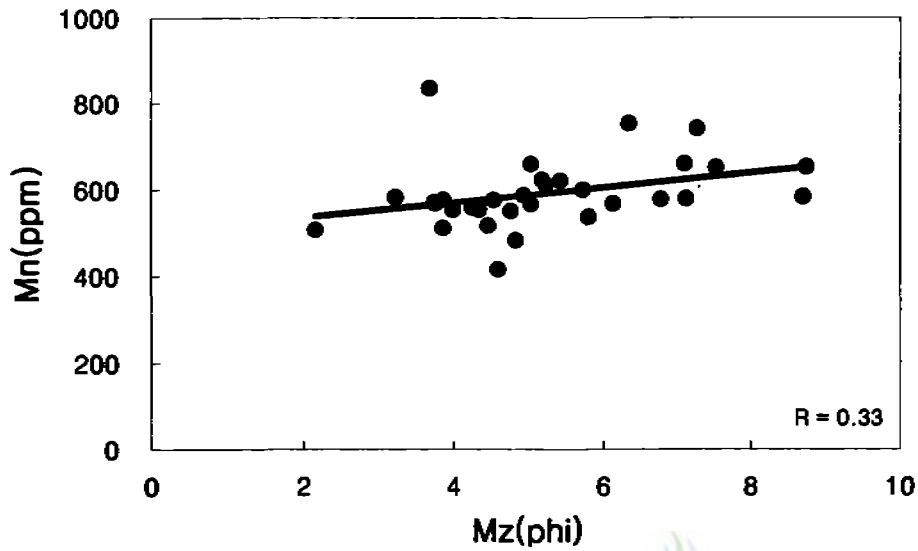
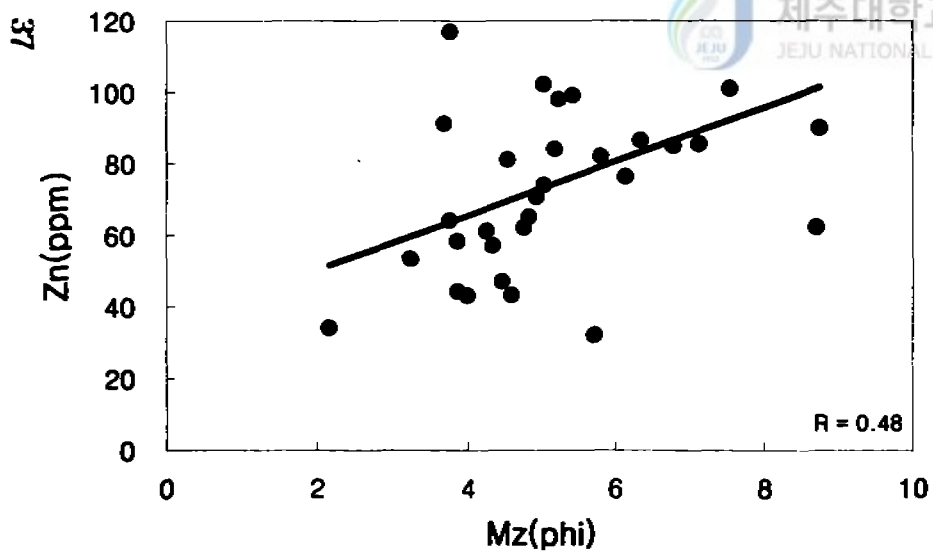
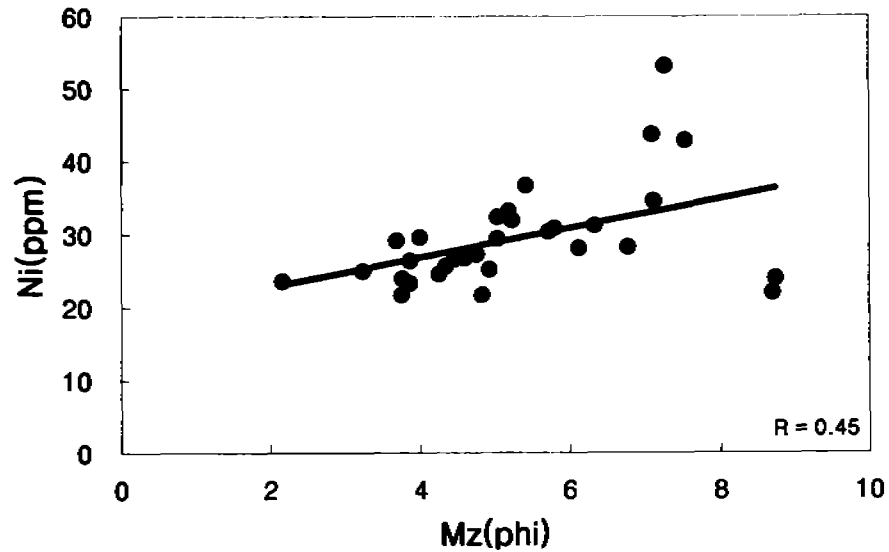
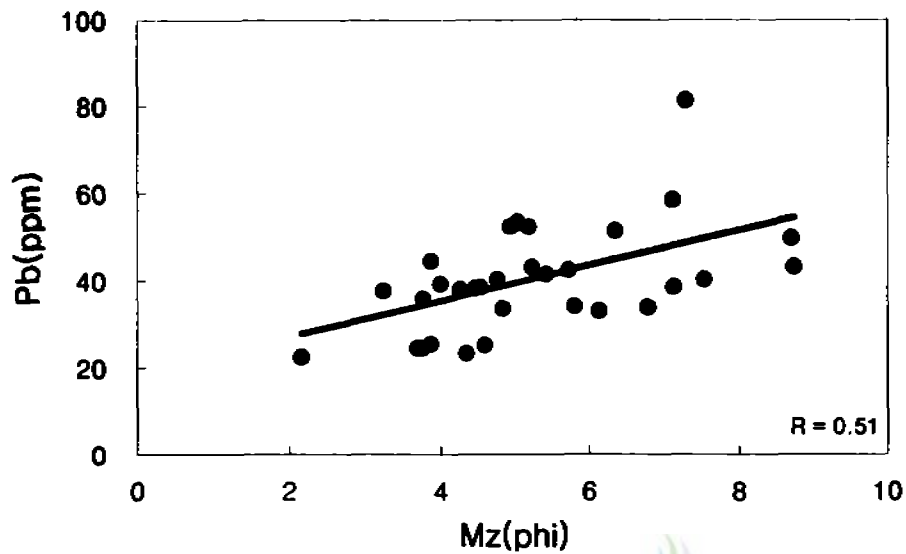


Fig. 14. (continued).




 제주대학교 중앙도서관  
 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 14. (continued).

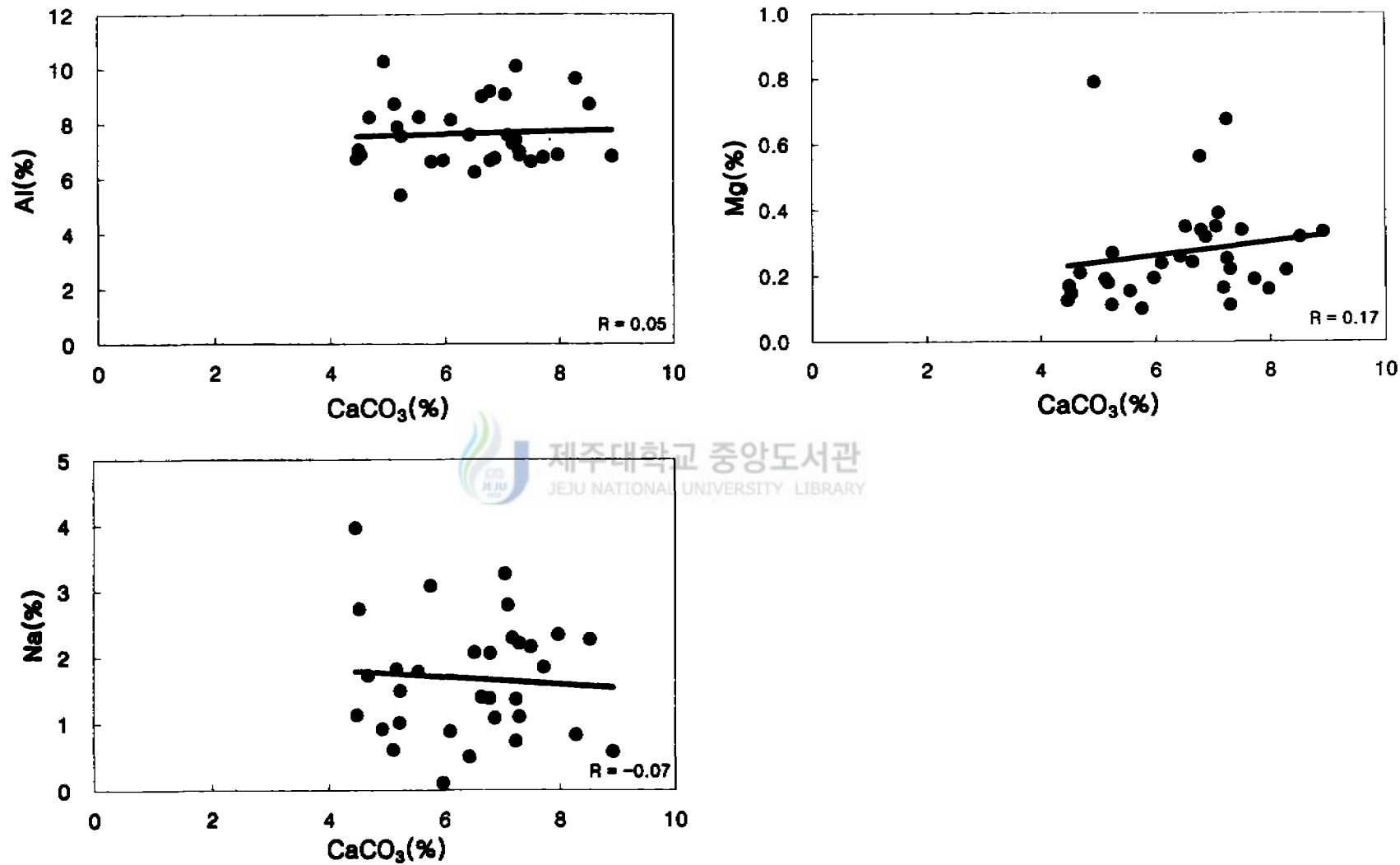
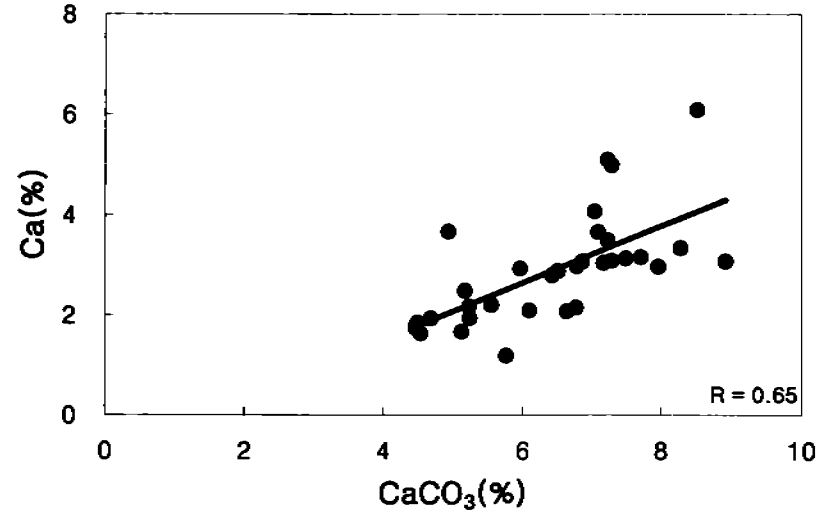
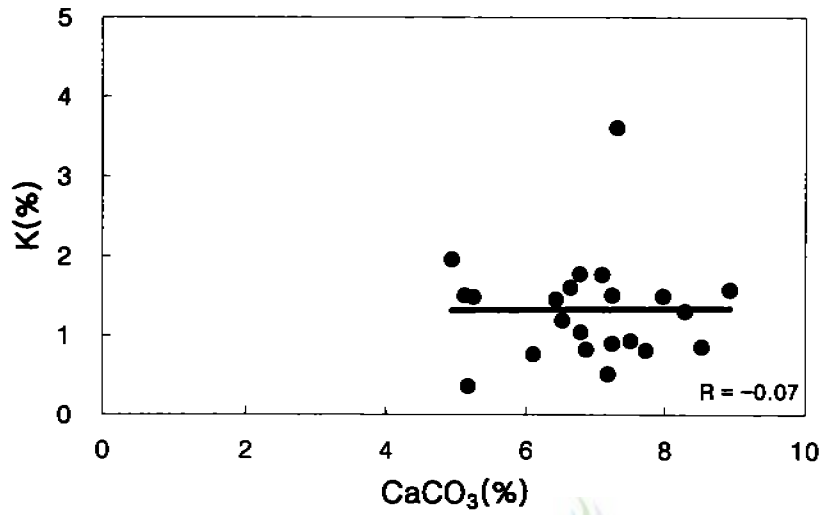
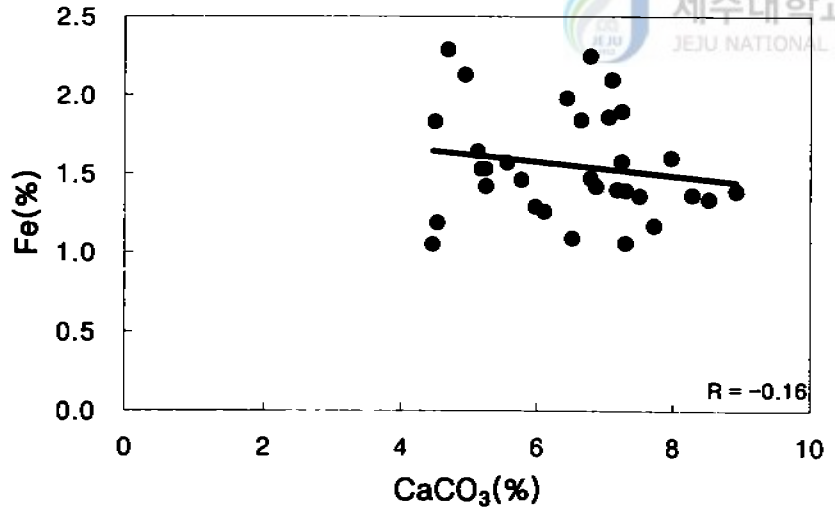


Fig. 15. Relationships between the metal contents and CaCO<sub>3</sub> content.



38



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 15. (continued).

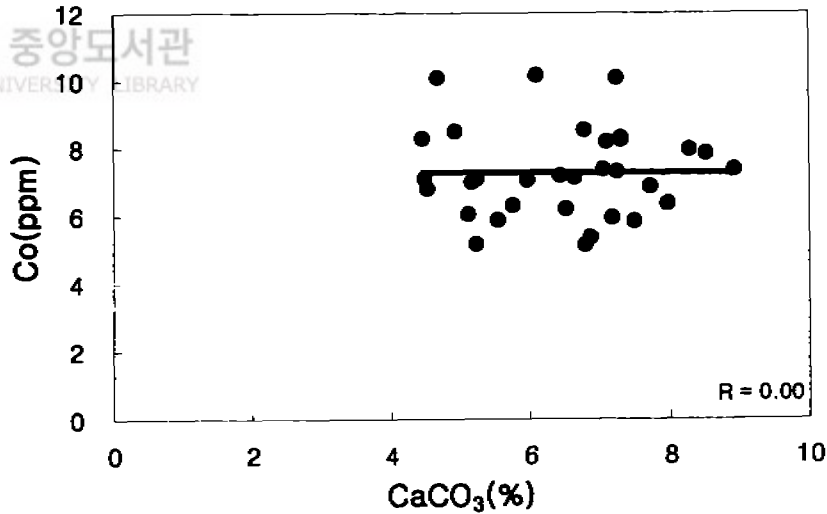
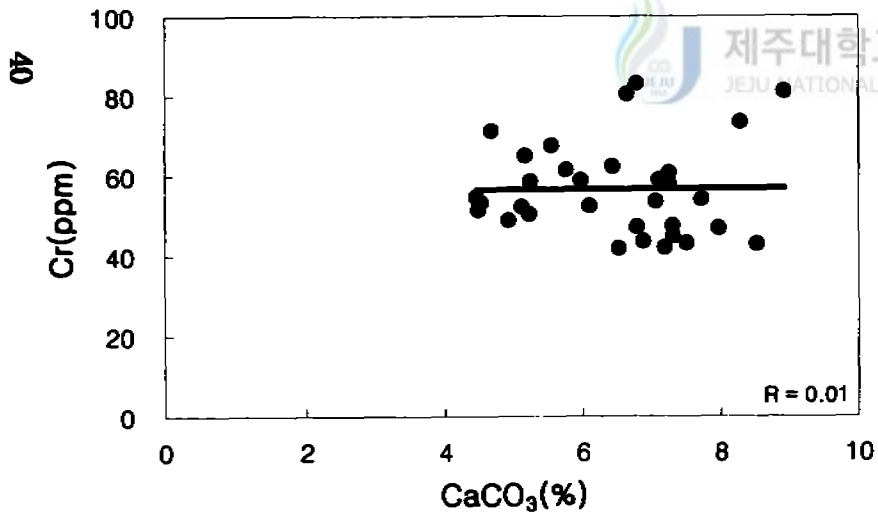
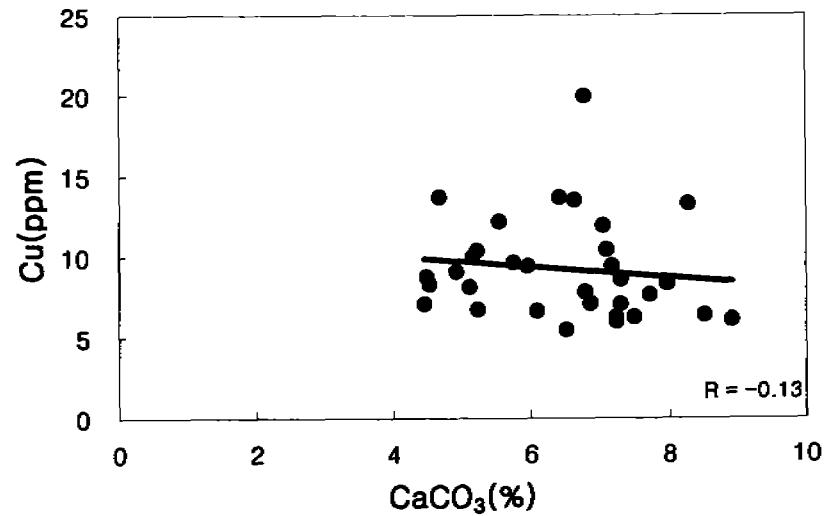
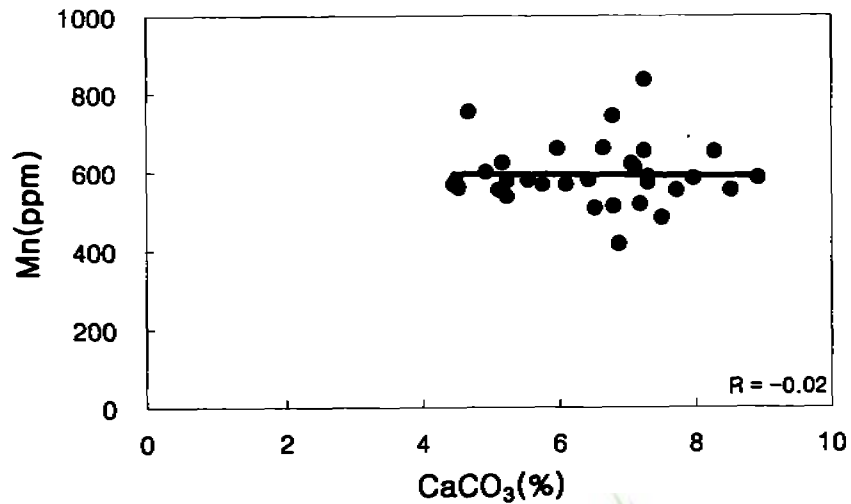


Fig. 15. (continued).

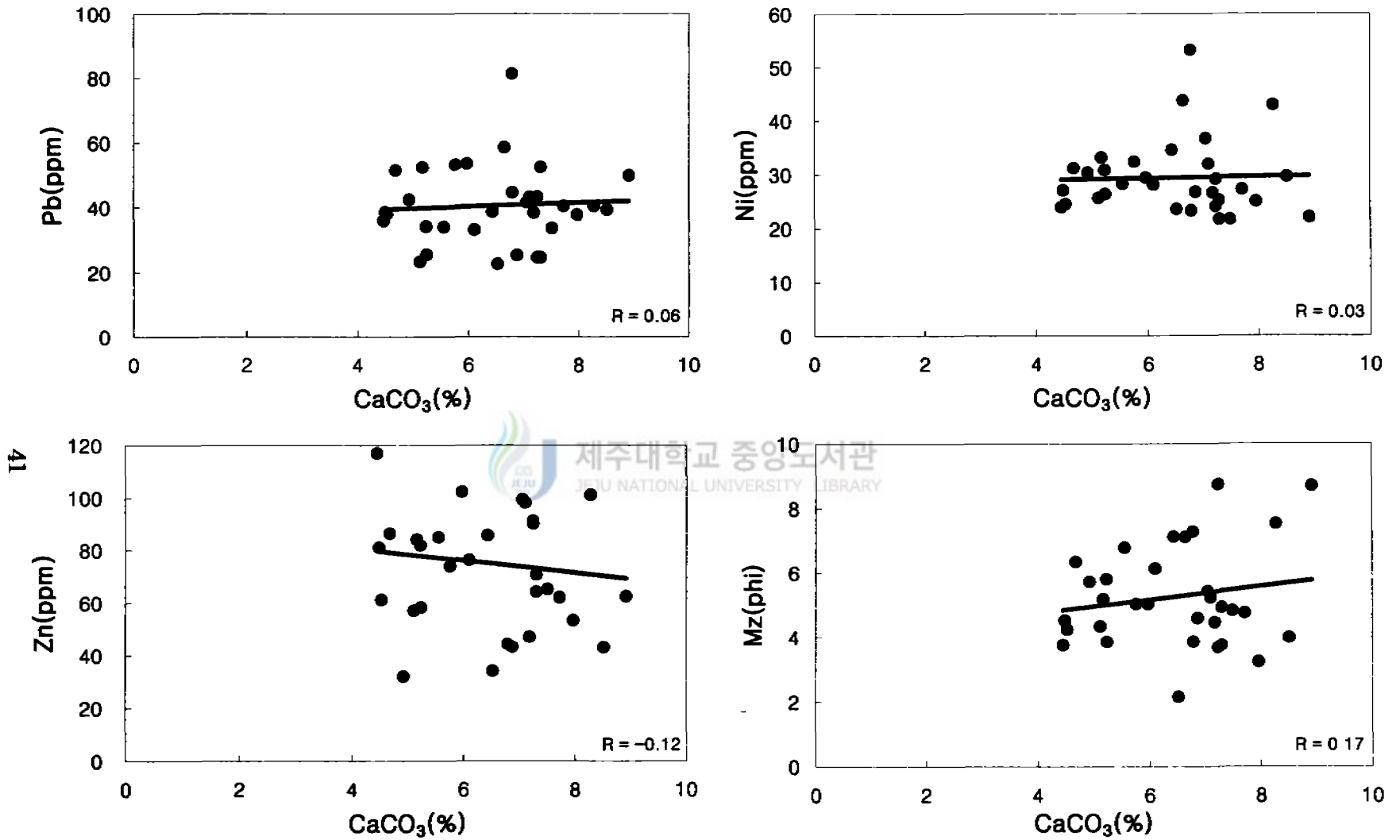
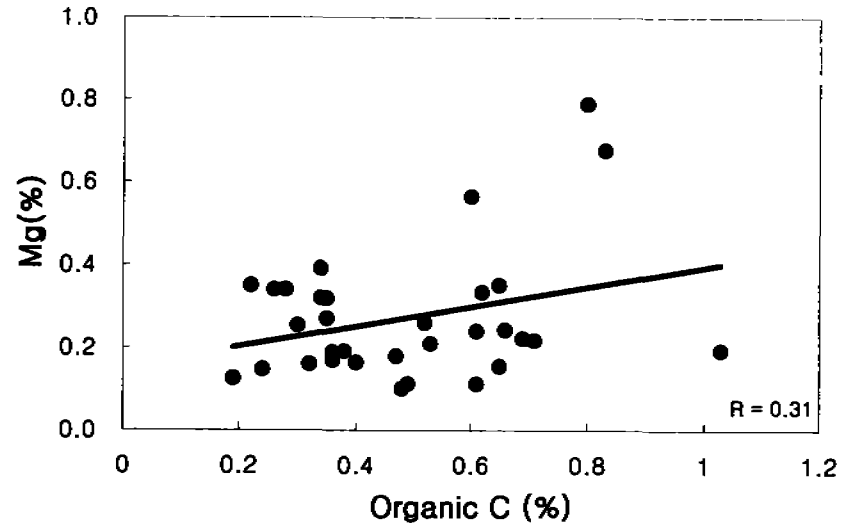
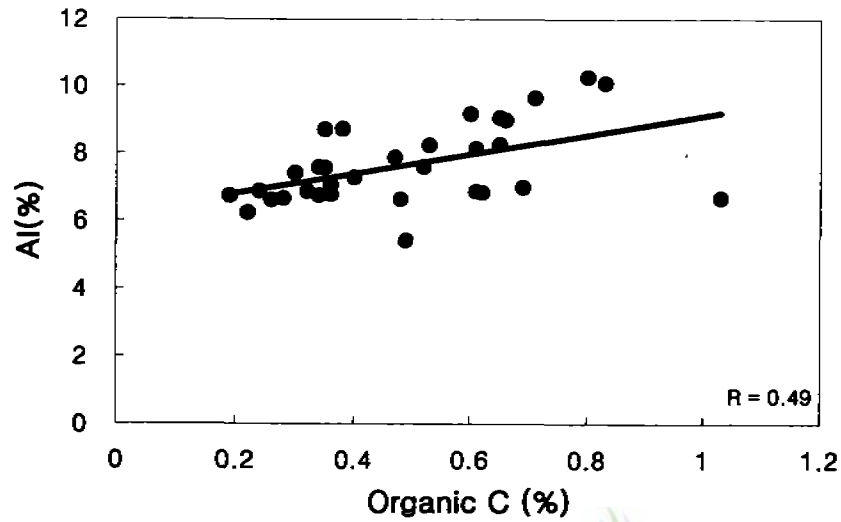


Fig. 15. (continued).





42

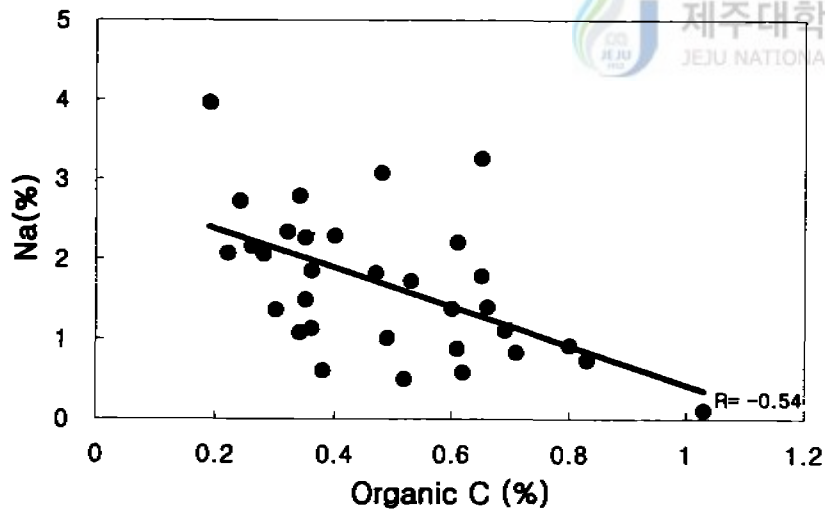
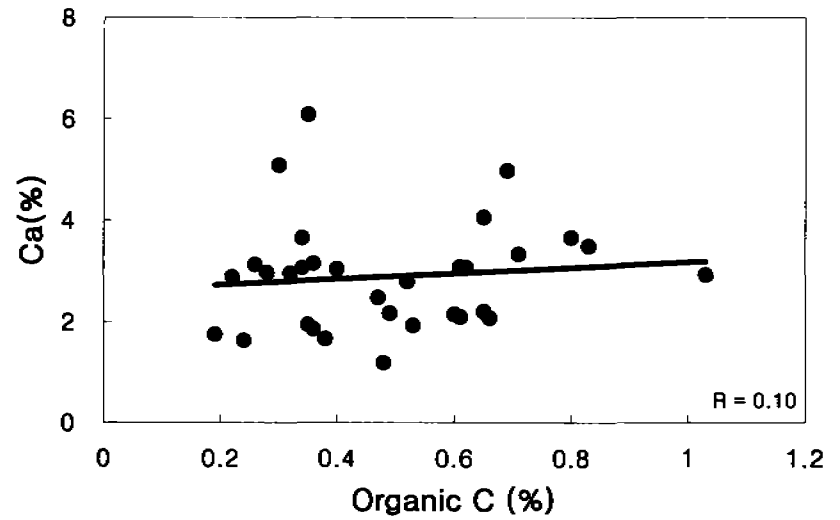
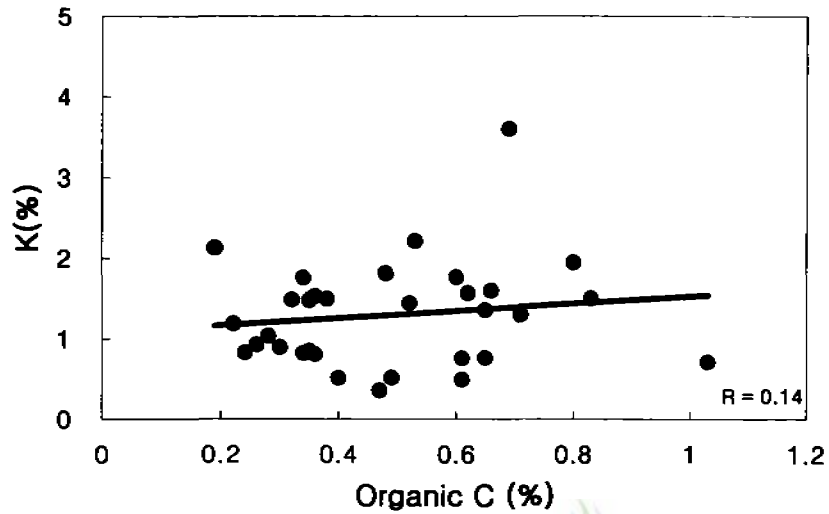
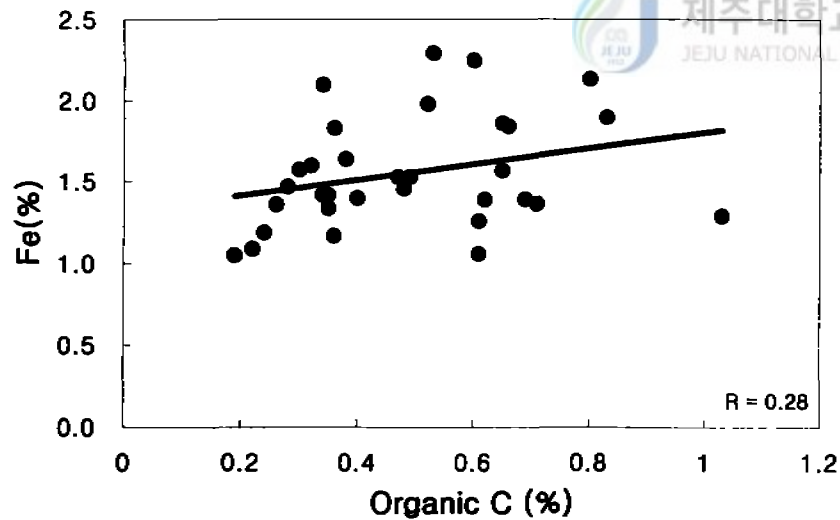


Fig. 16. Relationships between the metal contents and organic carbon content.



43



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 16. (continued).

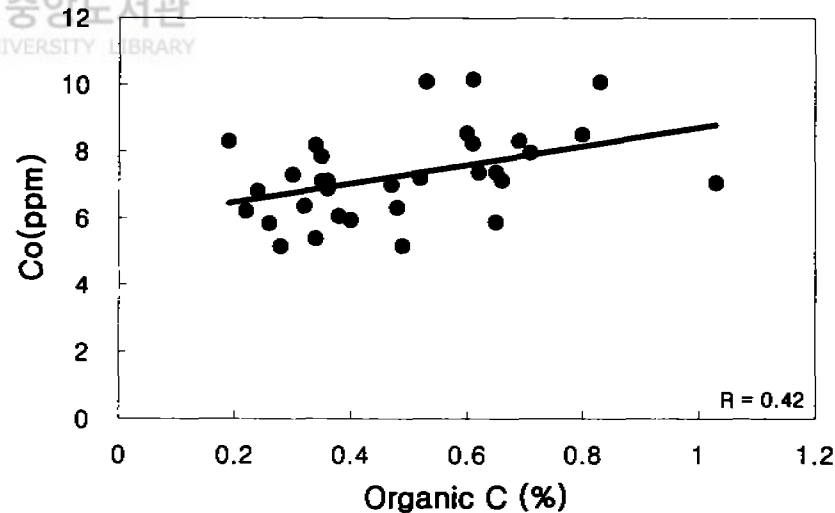
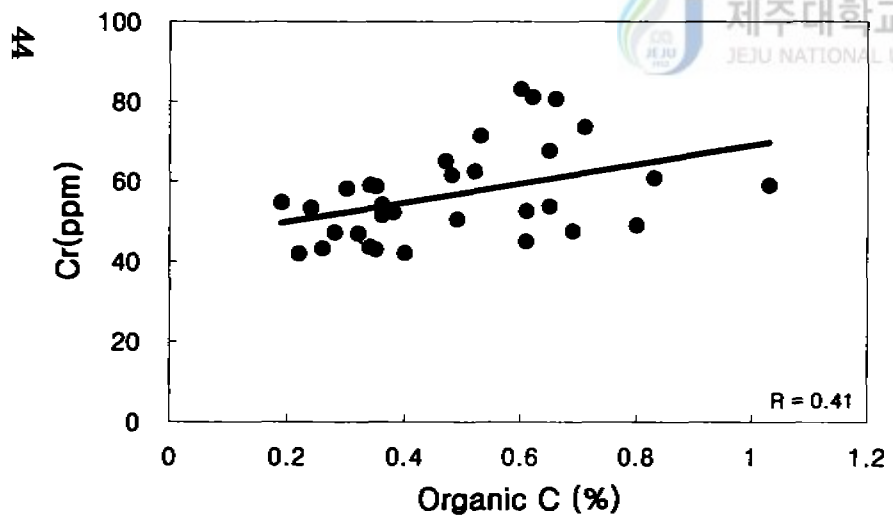
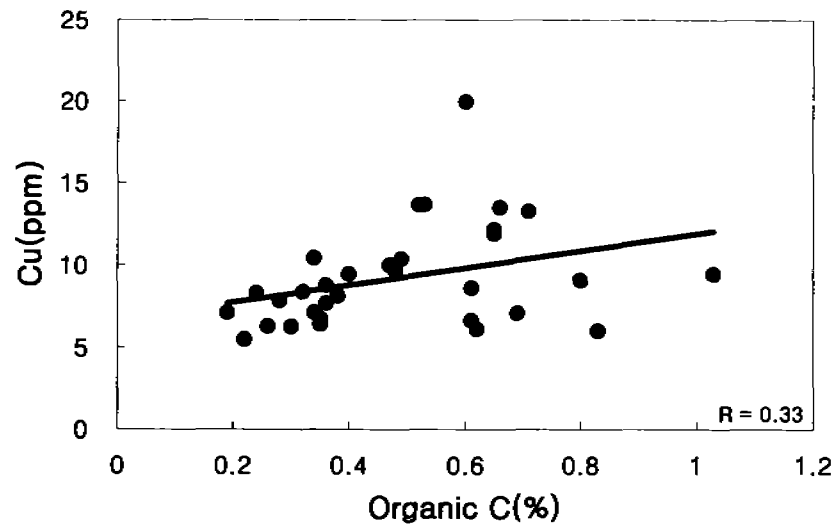
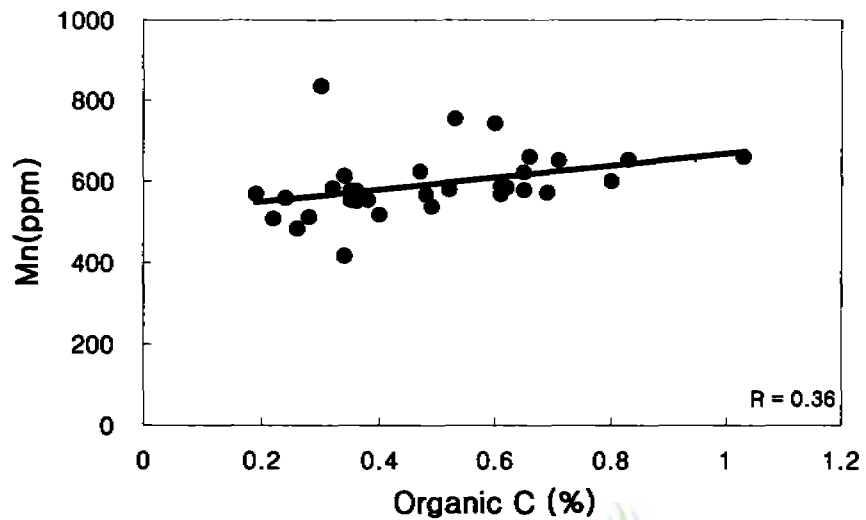


Fig. 16. (continued).

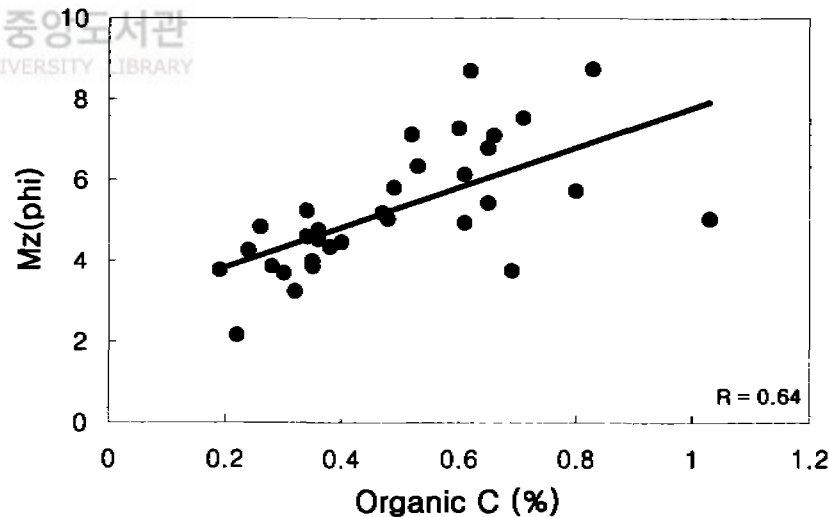
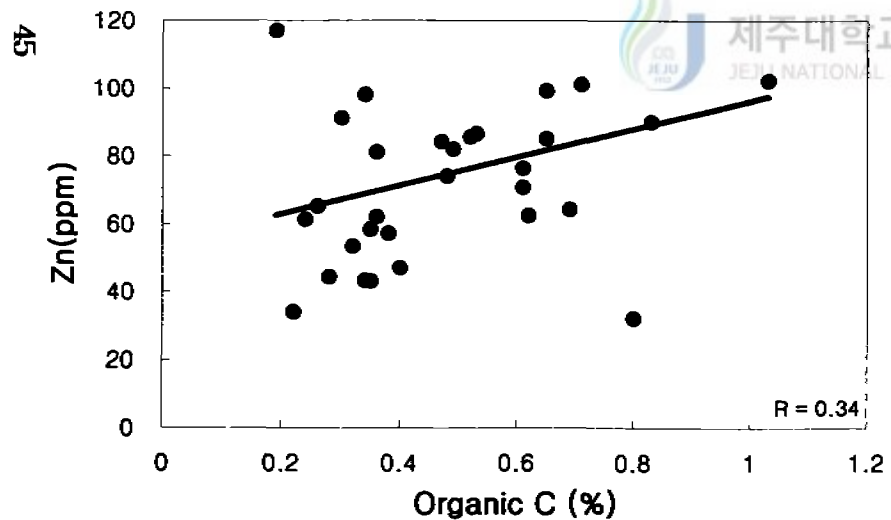
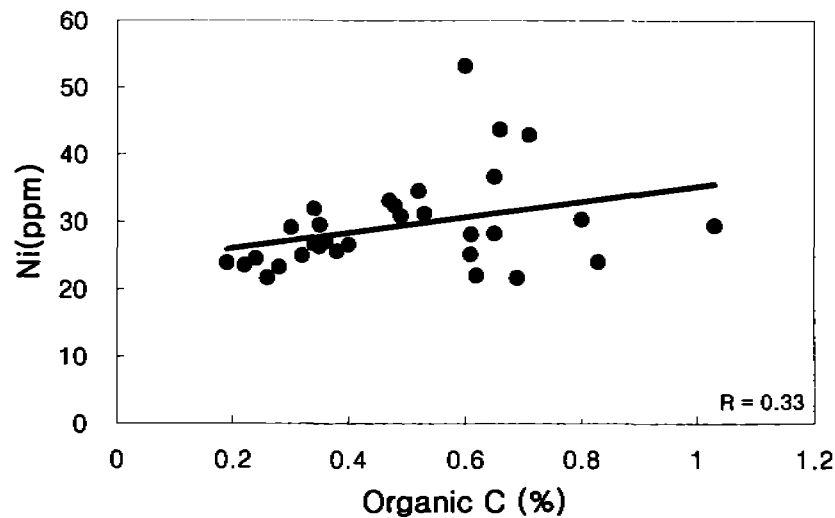
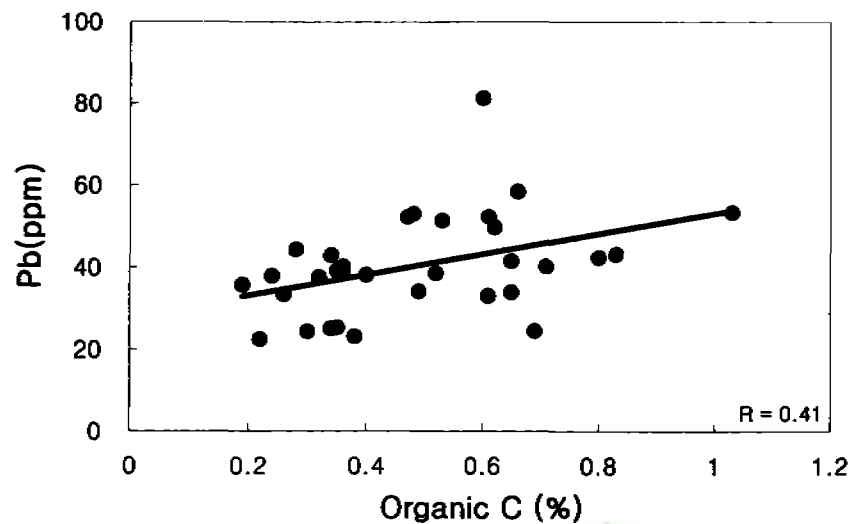


Fig. 16. (continued).

#### 5-3-4. 금속/ Al 함량비의 공간적 분포

미량금속은 일반적으로 퇴적물의 세립성분과 잘 결합하는 경향이 있어서 입도에 따른 농도 변화가 다르기 때문에 이를 보정을 해주는 연구가 많이 보고되어 왔다 (Goldberg and Arrehnius, 1958; Hirst, 1962; Thomas, 1973; Smith et al., 1973). 즉 보존성 원소 Al은 육지물질의 풍화산물인 점토광물의 주성분으로 환경의 변화에 비교적 안정되어 있다. 또한 퇴적물에서 입도에 따라 비교적 일정하게 함량이 변화하는 까닭에, 입도의 영향을 최소화할 목적으로 흔히 이용되어지는 원소이라고 하였다(Brigand et al., 1974; Windom et al., 1989).

연구지역 퇴적물내 금속원소들과 Al함량비는 Table. 4에서 보는바와 같이 양자강 하구역과 인접한 니질퇴적물(st. 12, 13, 32)에서 Na, Ca와 Al함량비는 각각 0.17과 0.23으로 양자강 퇴적물의 기연구된 값인 0.14, 0.44로 Ca와 Al비에서는 약 1.9배정도 낮은 값을 보이나 Na와 Al비에서는 양자강퇴적물과 유사한 경향을 보였다(Zhao et al., 1992). 한편 외대륙붕 니토대퇴적상(st. 4, 5)에서 Na, Ca와 Al비는 각각 0.08, 0.40, 제주도 서쪽연안역(st. 1, 2, 21, 22)에서 0.28, 0.47, 양자 및 제주도 서쪽연안역 시료(st. 1, 2, 12, 13, 21, 22, 32)를 제외한 니·사질퇴적상에서 0.21, 0.38로 외대륙붕니토대의 Na값을 제외하고는 전지역의 양자강하구역 니질퇴적물보다 Na는 약 1.2~1.6배, Ca값은 1.7~2.0배 이상의 높은 함량비를 보이고, 또한 황하강퇴적물의 기연구된 값 Na:0.33, Ca:0.45로 Ca의 함유량은 황하기원 퇴적물 특성치와 유사한 경향을 보였다(Zhao et al., 1992). 따라서 연구지역 퇴적물은 전반적으로 양자강보다는 황하기원의 영향이 더 큰 것으로 사료된다.

Table 4. Abundance of chemical elements in sediments from the Huanghe River, the Yangtze River and study area of the East China Sea.

Regions Elements	Huanghe River <sup>1</sup>	Yangtze River <sup>1</sup>	central mud of the south Yellow Sea <sup>2</sup>	Study area			
				entire East China Sea	inner-shelf mud deposit	western nearshore of Cheju Island	offshore mud deposit
Al(%)	4.87	6.51		7.56	8.80	7.29	8.46
Mg(%)	0.84	1.33		0.26	0.34	0.30	0.51
Na(%)	1.63	0.91		1.61	1.50	2.07	0.66
K(%)	1.61	1.83	2.25	1.30	1.86	0.96	1.54
Ca(%)	3.29	2.86	1.15	2.88	2.05	3.45	3.28
Fe(%)	2.20	3.85	4.33	1.52	2.13	1.37	1.64
Mn(ppm)	450	810	335	589.91	718.75	527.13	618.69
Cu(ppm)	13	35		8.76	15.72	7.64	6.06
Cr(ppm)	60	82		55.64	78.33	48.58	70.93
Co(ppm)	9	17		7.33	8.59	6.18	8.72
Pb(ppm)	15	27		38.57	63.62	34.63	46.34
Ni(ppm)	20	33		28.53	42.68	25.23	23.01
Zn(ppm)	40	78		74.75	111.23	54.29	76.25
Mn/Fe	0.0205	0.0210	0.0080	0.03875	0.03381	0.03859	0.38240
Ca/K	2.04	1.56	0.51	2.22	1.10015	3.61097	2.13944
Mg/Al	0.17	0.20		0.034	0.038	0.0412	0.0580
Na/Al	0.33	0.14		0.21	0.17	0.28	0.079
K/Al	0.33	0.28		0.17	0.21	0.13	0.19
Ca/Al	0.68	0.44		0.38	0.23	0.47	0.40
Fe/Al	0.45	0.59		0.20	0.24	0.19	0.20
Mn/Al	0.0092	0.0124		0.0078	0.0082	0.0072	0.0075
Cu/Al	0.0003	0.0005		0.0001	0.0002	0.0001	0.0001
Cr/Al	0.0012	0.0013		0.0007	0.0009	0.0007	0.0009
Co/Al	0.0002	0.0003		0.000096	0.000097	0.00008	0.00010
Pb/Al	0.0003	0.0004		0.0005	0.0007	0.0005	0.0006
Ni/Al	0.00041	0.0005		0.0004	0.0005	0.0003	0.0003
Zn/Al	0.00082	0.0012		0.0009	0.0012	0.0007	0.0004

1. Zhao Yi-Yang et al., 1992

2. Zhao Yi-Yang et al., 1990

## VI. 결론

동중국해 표층퇴적물의 입도분석, 지화학분석을 실시한 결과 다음과 같다.

1. 연구지역 퇴적물의 분포도는 니질모래퇴적상, 소량자갈함유퇴적상, 사질니토퇴적상, 모래퇴적상, 니토퇴적상의 4가지로 구분된다. 모래퇴적상은 제주도 남서쪽에 소규모 분포를 보이며 모래함량이 91.80%이며 평균입도는 2.16 $\phi$ 로 세립사에 해당하며 왜도치는 -0.27 $\phi$ 로 음의 값을 보이고 분급도는 1.18 $\phi$ 로 다소 양호한 편이다. 니질모래퇴적상은 조사지역 중앙부와 북서쪽에 광범위한 분포를 보이며 평균입도는 4.28 $\phi$ 로 조립질실트에 해당하며 분급도는 2.44 $\phi$ 로 불량한 편이다. 사질니토퇴적상은 조사지역 동측 및 양자강 하구역에 분포하며 평균입도는 6.00 $\phi$ 로 세립질실트이고 분급도는 3.09 $\phi$ 로 역시 불량한 편이다. 소량자갈함유 니질모래퇴적상은 조사지역 중앙부와 제주도 서쪽연안역에 분포하며 평균입도는 3.96 $\phi$ 로 세립질모래에 해당한다. 니토대퇴적상은 양자강 하구역과 제주도 남서쪽 외대륙붕에 랜즈형태의 소규모의 분포를 보이며 양자강 하구역의 니토퇴적물은 평균입도는 7.16 $\phi$ 로 극세립질실트에 해당하며 외대륙붕에 분포하는 니토퇴적상은 평균입도는 8.72 $\phi$ 로 양자강 하구역의 니토퇴적상보다 더 세립질이고 분급도는 1.82 $\phi$ 로 더 양호한 편이다.

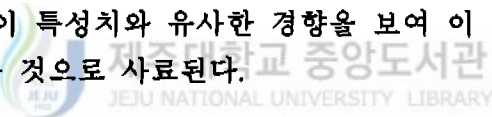
2. 조사지역 퇴적물내 탄산염함량은 4.23~8.92%로 다양한 값을 나타내며 퇴적물의 평균입도와 수심이 증가하는 남동쪽 외대륙붕지역과 제주도 서쪽 연안역 및 북쪽 중앙부에서 7.00%이상의 높은 함유량을 보인다. 퇴적물내 유기탄소함량은 평균 0.19~0.38%의 범위를 보이며 양자강 하구역과 제주도 남서쪽 니토대 분포지역에서 0.75%이상의 최소치를 보이고 북서쪽으로 향함에 따라 그 함유량이 점차 감소하는 경향을 보인다.

3. 본 역 퇴적물내 원소들의 함량은 Al: 5.4~10.27%(평균.7.64%), Mg: 0.11~0.79%(평균.0.27%), K: 0.36~3.60%(평균.1.30%), Fe: 1.05~2.29%(평균.1.55%), Cu:5.49~19.95ppm(평균.9.24ppm), Cr: 41.92~83.09ppm(평균.56.66ppm), Ni: 21.64~53.19ppm(평균.29.34ppm), Zn: 32.07~124.13ppm(평균. 74.97ppm)의 범위를 보였다. 이 중 Al은 양자강 하구역 및 남서쪽 니·사질혼합퇴적상분포지역에 8.72~10.27%로 최대함량치를 보였고, Cr원소는 양자강 하구역 및 동측 니토퇴적상에서 71.32~81.09ppm으로 기타지역보다 약 1.5배정도 높은 함유량을 보였으며, Fe, Cu, Ni원소는 양자강 하구역에서 각각 2.0%, 15.21ppm, 53.2ppm으로 최대값을 보이고 동쪽 바다 쪽으로 향함에 따라 그 함량치가 점차 감소하는 경향을 보였다. Mg, K원소는 양자강 하구역과 남동쪽퇴적물에서 퇴적물입도와 무관하게 최대 함유량을 보였다.

4. 본 역 퇴적물내 Mn, Co, Pb의 함량은 Mn: 416.43~835.17ppm(평균.592.18ppm), Co: 5.15~10.16ppm(평균.7.27ppm), Pb: 22.49~81.25ppm(평균.40.30ppm)이며, Mn, Co는 남쪽 외해역과 북동쪽 해역에서 600ppm, 7ppm이상 높은 함량치를 보였고 Pb 원소는 양자강 하구역 및 북쪽 중앙부에서 50ppm이상이 높은 함유량을 보여 최근 양자강 하구역의 공업과 도시화의 확대에 따른 오염물질의 다량 방출에 영향이 있는 것으로 사료된다.

5. 본 역 퇴적물내 Ca, Na함량은 Ca: 1.18~6.08%(평균.2.89%), Na: 0.11~3.96%(평균.1.67%)이며, 이들 원소의 공간적인 분포는 북서쪽 중앙부지역, 북남동쪽 외대륙붕지역 및 연안역에서 각각 3.0%, 2.0%이 높은 함유량을 보여 양자강영향 보다는 황하강 및 황해의 영향인 것으로 사료된다.

6. 연구지역 퇴적물내 Na, Ca와 Al함량비와의 관계에서는 양자강 하구역 니질퇴적물에서 각각 0.17과 0.23으로 Na값이 기존 양자강퇴적물의 특성치와 유사한 함량치를 보였고 외대륙붕니토퇴적상 및 중앙부의 니·사질혼합퇴적상에서 Na, Ca와 Al함량비와의 관계에서는 각각 0.19와 0.42로 양자강 하구역의 0.17와 0.23보다 높고 기존 황하기원 퇴적물이 특성치와 유사한 경향을 보여 이 지역퇴적물은 양자강보다 황하강의 영향이 더 큰 것으로 사료된다.





## 참고문헌

- 김기범, 1993. 서해안 남양만 북부 조간대퇴적층의 지구화학적 특성연구. 석사학위 논문, 14-17.
- 김 구, 노홍길, 이상호, 1991. 하계 제주도 주변해역의 수계 및 해수순환, 한국해양학회지 26(3), 262-277.
- 박용안, 이창복, 조영길, 최진용, 박상윤, 1989. 한국 남해대륙붕 해저 퇴적물 분포특성과 현세초기의 해수면. 한국지 4기학회지, 3:1-15.
- 방악찬, 김태희, 1989. 동지나해 해수분포의 계절변화와 해수순환, 제주대학교 논문집, 28, p.61~73.
- 이창복, 정희수, 정갑식, 1992. 황해 남동해역 표층퇴적물중 수중 금속원소의 분포특성에 관한 연구. 한국해양학회지, 27(1), 55-65
- 윤정수, 1992. 제주도 주변해역 대륙붕퇴적물의 광물학적 및 지화학적 연구. 이학박사학위논문, p. 62-82.
- 윤정수, 고기원, 1987. 제주남방해역 표층퇴적물의 특성. 해양학회지. V.22, No.3, p.130~142.
- 윤정수, 김성복, 고기원, 1989. 제주도 서남해역의 해저퇴적물 특성. 한국해양학회지, 24(3), p. 132-147.
- 조영길, 이창복, 박용안, 김대철, 강효진, 1993. 황해 동부대륙붕과 한반도 서해안 표층퇴적물의 지구화학적 특성. 한국지4기학회지, 7: 69-92.
- Biggs, R. B., 1967. The sediments of Chesapeake Bay in Lauff, ed., Estuaries: Washington, D. C, Am. Assoc. Adv. Sci. Publ., v.83, pp. 239-260.
- Blatt, H., Middleton, G., Murry, R., 1980. Origin of sedimentary rock. Prentice-Hall, Inc.
- Boggs, S., Jr., 1992. Petrology of Sedimentary Rocks, Macmillan Publishing company, 707p.
- Bordovskiy, O.K., 1965. Sources of organic matter in marine basins. Mar. Geol., 3:5-32.
- Bowen, H.J.M., 1979. Environmental Chemistry of the Elements. Academic Press, London, 333pp.
- Brown, G., Drury, S., Fleet, A., Francis, P., and Hawkesworth, C., Pearce, J., Smith, P., Smith, S., Thorpe, R., and Wright, J. (1981) Block 5 Surface Processes, Weathering to Diagenesis, S237 Block 5, Open University Press.

- Bruland, K.W., K. Bertine, M. Koide and E.D. Goldberg, 1974. History of metal pollution in southern California coastal zone. *Environ. Sci. Technol.*, 8:425-432.
- Bukly, D. E., Yu guohui, Chen Weiyue, Lin Yian, Huang Peide, Zhu Femgguan and Zhu Jianxin, 1983. Initial investigation of the geochemistry of surficial sediments on the Changjiang River Submerged Delta. Sedimentation on the continental shelf, with special reference to the East China Sea. China Ocean Press, Beijing. p. 746~753.
- Butenko, J., Y.-C. Ye and J. D. Milliman(1983) Morphology, sediments and late Quaternary history of the East China Sea. In: Proceedings of the International Symposium on the Sedimentation on the Continental Shelf, with Special Reference to the East China Sea, Vol. 2, L. Yurn, editor, China Ocean Press, pp. 725-751.
- Calvert, S.E., 1976. The mineralogy and geochemistry of near-shore sediments. In: *Chemical Oceanography* edited by Riley, j.P. and R. Chester, Academic Press, London, 6:187-280.
- Chen, P.Y, 1978. Minerals in bottom sediments of the South China Sea. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v.89,p.211-222.
- Chen, Y., X. Wang, M. Wu and Y. Zhao, 1983. Geocchemistry and the material source of sediments in the East China Sea. In: *Proc. Int. Symp. Sedimentation on the Continental Shelf, with Special Reference to the East China Sea*, China Ocean Press, Beijing, 763~772.
- Chen Yijian, Peng Gui, and Jiao Wengiang, 1985. Radiocarbon dates from the East China Sea and their geological implications, *Quaternary Research* 24, p.197-203.
- Chester, R., Hughes, M. J. 1969. The trace element geochemistry of a North Pacific pelagic clay core; *Deep Sea Research*, 16; 619-654.
- Chester, R. and Aston, S.R., 1976. The geochemistry of deep-sea sediments In: J.P. Riley and R. Chester ( editors), *Chemical Oceanography*, Vol. 6. Academic Press, New York, pp. 281-390.
- de Groot, A. J., Zschuppe, K.H. Contribution to the standardzation of the analysis of heavy metals in sediments. Symposium, Workshop on sediment and pollution interchange in shallow seas and the interpretation of data for such study. Delft Hydraulics Laboratory Institute for Soil Fertility.

- Dong Beom Yang, Kyung Tae Kim, Gi Hong and Chung Kil Park. 1996. Distribution of Organic Materials and Heavy Metals in the Sediments of the Southern Yellow Sea. KORDI, Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600.
- Duane, D. B., 1964. Significance of skewness in recent sediments. Western Pamlico Sound, North Carolina. Jour, Sed. Pet. 34:864-874.
- Durgaprasada Rao, N.V.N., Poornachandra Rao, M., 1973. Trace element distribution in the continental shelf sediments off the east coast of India. Mar. geol., 15; M43-M48
- Emery, K. O., 1968. Relict sediments on continental shelves of world. Am. Asso. Pet. Geol., 52: 445-464.
- Emery, K. O. Hayashi, Y., Hilde, T. W. C., Kobayshi, K., J. H., Meng, C. Y., Niion, H., Wegemen, J. H., Wang, C. S., and Yang, S. J., 1969. Geological structure and some water characteristics of the East China Sea and Yellow Sea. U.N. ECHF-CCOP. Tech. Bull, V.2, p. 3~34.
- Erqin Zhu and Qi Wang, 1987. Sedimentation on the north shelf of the East China Sea. Mar. Geol., 81: 123-136.
- Folger, D. W., 1972. Texture and organic carbon content of bottom sediments in some estuaries of the United States. In: Nelson, B.W.eds., Environmental Framework of Estuaries, Geol. Soc. America. Mem., 133:391-408.
- Folk, R. L. and Ward, W. C., 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.
- Folk, R. L., 1968, Petrology of sedimentary rocks. Hamphill, Austin, Tex. 182p.
- Förstner, U. and W. Salmons, 1980. Trace metal analysis on polluted sediments. Part I : Assessment of sources and intensities, Environ. Sci. Technol. Lett., 1: 494-517.
- Gaudette, H. E., Grim, R.E., and Metzger, C.F. 1966. Illite:a model based on the sorption behaviour of cesium. Am. Mineral. 51, 1649-1656.
- Galehouse, J. S., 1971. Sedimentation analysis. in carver, R.E. ed., Procedures in sedimentary petrology: 69-94.
- George H.Keller and Ye Yincan, 1985. Geotechnical properties of surface and near-surface deposits in the East China Sea. Continental Shelf Research, Vol 4, Nos 1/2, pp.159 to 174.
- Gibbs, R. J., 1977. Transport phase of trace metal transport in rivers. Science, 180:71-73.

- Goldberg, E.D and G.O.S. Arrhenius, 1958. Chemistry of Pacific pelagic sediments *Geochemica et Cosmochemica Acta*, 13:153-143( in Japanese).
- Hem, J.D. and W.H. Durum, 1973. Solubility and occurrence of cadmium and zinc in surface water and groundwater. *Water Resour. Res.*, 8:661-679.
- Hem, J.D., 1972. Chemistry and occurrence of cadmium and zinc in surface water and groundwater. *Water Resour. Res.*, 8:661-679.
- Horowitz, A.J., 1991. A primer on sediment-trace element chemistry. Lewis Publishers, 2nd ed., 136 pp.
- Horowitz, A.J. and Elrick, 1987. The reaction of stream sediment surface area, grain size and composition to trace element chemistry. *Appl. Geochem*, 2: 437-451.
- Hu, D. 1984 Upwelling and sedimentation I. The role of upwelling in sedimentation in the Yellow Sea and East Sea. *Chinese journal of oceanology and limnology*, 2(1), 12-9.
- Huang, W.W., Zhang, J. and Zhou, Z.H., 1992. Particulate element inventory of the Huanghe(Yellow River): A large, high-turbidity river. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 56: 3669-3680.
- Huang, W.W. and J. Zhang, 1990. Effect of particle size on the transition metal concentrations in the Changjiang (Yangtze River) and the Huanghe (Yellow River): A large, high-turbidity river. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 56:3669-3680.
- Ingram, R. L., 1971. Sieve analysis. 49-67, in Carver, R. E., ed., *Procedure in sedimentary petrology*: New York Wiley interscience Pub. 653pp.
- Jenne, E.A., 1968. Controls on Mn, Fe, Co, Ni, Cu, and Zn concentrations in soils and water: The significance role of hydrous Mn and Fe oxids. In: Gould, R.F. ed., *Trace Inorganics in Water, Advances in Chemistry Series*, pp. 337-387.
- Jule, X., I. Yoshio., K. Hisao., Y. Shusaku., K. Yoichi., L. Tungsheng and A. Zhiheng., 1997. Eolian quartz flux to lake Biwa of central Japan over the past 145,000 years. *International Symposium on Quaternary Environmental Change in the Asia and Western Pacific Region*, Univ. of Tokyo, Japan, p.33.
- Katz, A. and I.R. Kaplan, 1981. Heavy metals behavior in coastal sediments of southern California: A critical review and synthesis. *Mar. Chem.*, 10:281-299.

- Krauskopf, K.B., 1956. Factors controlling the concentrations of thirteen rare metals in sea water. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 9:1.
- 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.
- Kitano, Y. and R. Hujiyoshi, 1980. Selective chemical leaching of cadmium, copper, and manganese and iron in marine sediments. *Geochem. J.*, 14:113-122.
- Lee, M.W., 1982. Petrology and geochemistry of Jeju volcanic Island, Korea. *Tohoku univ., Sci. Rept., 3rd ser., v.15, p.177-256.*
- Lee, S.M., 1966. Volcanic rocks in Cheju Island. *Jour. Geol. Soc. Korea*, v.2,p.1-7.
- Li, D.S., 1984. Geologic evolution of petroliferous basins on the continental shelf of China. *AAPG Bull.*, 68, pp. 993-1003.
- Li, Y.H., H. Teraoka, T.S. Yang and J.S. Chen, 1984. The elemental composition of suspended particles from the Yellow and Yangtze Rivers. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48: 1561-1564.
- Limeburner R., R. C. Beardsley and Z. Jinson, 1983 Water mass and circulation in the East China Sea. In: *Proceedings of the International Symposium on Sedimentation on the Continental Shelf, with Special Reference to the East China Sea*, Vol. 1, L. Yurn, editor, China Ocean Press, pp. 285-294.
- Mason, C. C., and Folk, R. L. 1958. Differentiation of beach, dune, and eolian flat environments by size analysis, Mustang Island, Texas. *Jour. Sed. Pet.* 28:211-226.
- Martin and Whitfield, M., 1983. The significance of the river input of chemical elements to the ocean. In: C.S. Wang, E.A. Boyle, K.W. Bruland, J.D. Burton and E.D. Goldberg(editors), *Trace Metals in Sea Water*. Plenum Press, New York, p. 265-292.
- Mcmanus, D.A., 1975. Modern versus relict sediment on the continental shelf. *Geol. Soc. Am. Bull.* V.86, pp. 1154-1160.
- Milliman, and Meade, R.H., 1983. World-wind delivery of river sediment to the ocean. *J. Geol.*, 91, p.1~21.
- Milliman, J.D. and Emery, K.O., 1968. Sea levels during the past 35,000years, *sciences*, 162, p.1121~1123.

- Milliman, J.D., Beardsley, R.C., Yang, Z.S. and Limeburner, R., 1985. Modern Huanghe-derived muds on the outer shelf of the East China sea: identification and potential transport mechanisms *Cont. Shelf Res.*, 4: 175-188.
- Miyazaki, m. and Abs, S., 1960. On the water masses in the Tsushima Current area. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 16, 59-68.
- Molyneux, L. and Thompson, R., 1973, Rapid measurement of the magnetic susceptibility of long cores of sediment, *Geophys. Jour. Astr. Soc.*, 32, p. 479-481.
- Montoura, R.F.C., A. Dickson and J.P. Riley, 1978. Complexation of metels With Humic materials in natu-
- Moorby, S.A. 1983. The geochemistry of transitional sediments recorved from the Galspagos hydrothermal mounds field during DSDP Leg 70-implication for mound formation. *Earth and Planetary Science Letter*, 62, 367-376.
- Muller, P.J., 1977, C/N rasion in Pacific deep-sea sediments: Effect of inorganic ammonium and organic nitrogen compound sorbed by clays, *Geochemica et cosmochemica Acta*, 41, 765-776.
- Navrot and Singer, A.1976. *Soil Sci.*, 121, 337.
- Niino, H, and Emery, K.O., 1961. Sedimenta of shallow portion of East China Sea and South China Sea, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 72, p.731~762.
- Nriagu, J.o., 1978. *The biogeochemistry of lead in the environment.* Elsevier, Amsterdam.
- Park, Y.A. and Khim, B.K., 1990. Clay minerals of the recent fine-grained sediments on the Korean continental shelves. *Conti. Shelf Res.*, 10 : 1179-1191.
- Park, B. K. and S. J. Han. 1985. The distribution of clay minerals in the recent sediments of the Korea Strait. *Sed. Geol.* 41, 173-184.
- Qin, Y. and Li, F., 1983. Study of influence of sediment loads discharged from Huanghe River on sedimentation in Bohai and Huanghe sea. In : *Acta Oceanologica Sinica*(Editor), sedimentation and sedimentation rate of the continental Shelf, with Special Referance to the East China sea. China Ocean press, B eijing., p.91~101.
- Rosental, R., Eagle, G. A., Orren, M. J., 1986. Trace metal distribution in differnt chemical fraction of nearshore marine sediments. *Estuarine, coastal and shelf science*, 22; 303-324.

- Salomons, W. and U. Förstner, 1984. Metals in the Hydrocycle. Springer Verlag, Berlin, 349pp.
- Sawlan, J.J. and J.W.Murray, 1983. Trace metal remobilization in the interstitial waters of red clay and hemipelagic marine sediments. Earth Planet. Sci.Lett., 64:213-230.
- Schubel, J.R., Shen, H.T., Park, M. 1984. A Comparison of some characteristic sedimentation processes of eaturies entering the Yellow Sea, In : proceeding of Korea-U.S. Seminer and Workshop on Marine Geology and Physical Processes of the Yellow Sea, Seoul Korea, p.286~308.
- Stein, R., 1991, Accumulation or organic carbon in marine sediments, Springer - Verlag. eds, Somdev. B et al., 30, 71.
- Swift, D.J.P., 1968. Coastal erosion and transgressive stratigraphy. Jour. Geol., 76:444-456.
- Swift, D.J.P., 1974. Conitental shelf sedimentation. In: Burke, C.A. and C.L.E. Drake eds., The geology of continental margin. Berlin and N.Y.: Springer-Verlag, pp. 117-113.
- Swift, D.J.P., Stanley, D.J. and J.R. Curray, 1971. Relict sediments on continental shelf: A consideration. Jour. Geol., 79:322-346.
- Thomas, R.L., 1973. The distribution of mercury in the surfical sediments of Lake Huren. Can. J. Earth Sci., 10:194-204.
- Turekian, K.K. and K.H. Wedepohl, 1961. Distribution of the elements in some major units of the earth' s crust. Bull. Geol. Soc. Am., 72:175-192.
- Wageman, J.M., Thomas, Hilde, W.C. and Emery, K.O., 1970. Structural framework of East China Sea and Yellow Sea. Am. Asso. Petro. Geol. 54, p.1611~1643.
- Wedepohl, K.H., 1969. Handbook of Geochemistry. Springer-Verlag, Berlin.
- Windom, H. L., Suchada Silpipat, Aurapin Chanpongsang. R. G. Smith Jr. and Manuwadi; Hung Spreugs, 1984, Trace metal composition and accumulation rates of sediments in the upper Gulf of Thailand. Estuarine Coastal and Shelf Science., 19, 133-142.
- Won, C.K., 1975. Study of geologic developement and the volcanic activity of the Jeju Island. Jour. Sci. Kun KooK Univ., V.1, p.7-48.
- Won, C.K., 1976. Study of petro-chemistry of volcanic rocks in Jeju Island. Jour. Geol. Soc. Korea, V.12, p.207-226.



- Xie, Q., Zhang L. and Zhou F., 1983. Features and transportation of suspended matter over the continental shelf of the Changjiang Estuary. Sed. on the continental shelf, China Ocean Press., Beijing., p.370-381.
- Xu, D., 1983, Mud sedimentation on the East China Sea, Sedimentation on the continental shelf, with special reference to the East China Sea, China Ocean Press, Beijing, p.506-516.
- Yang Z.S. and J.D.Milliman. 1983. Fine-grained sediments of Changjiang and Huangho Rivers and sediment sources of the East China Sea. In: Proceedings of the International Symposium on Sedimentation on the Continental Shelf, with Special Reference to the East China Sea, Vol. 1, L. Yurn, editor, China Ocean Press, pp. 436-446.
- Yeong-Gil Cho, Chang-Bok Lee and Man-Sik Choi. 1996. Proceedings of The Korea-China International Seminar on., p. 159-181.
- Yiyang Zhao and Yue Li. 1996. New advance in sedimentology of the china shelf sea: geochemistry of the relict sand. Proceeding of The Korea-China International Seminar on., p.53-66.
- Zhao, Y., 1983. Geochemistry of some elements in sediments of the East China Sea. Chin. J.Ocean. Limn., 1(2): 210-222.
- Zhao, Y.Y. and 1985. Some geochemical patterns of shelf sediments of the China seas. Chin. J. Oceanol. Limnol., 3(2): 200-211.
- Zhao Yiyang, He Lijuan and Chen Yuwei, 1989. On regional distribution patterns of elements in sediments of the Yellow Sea. Marine sciences. 1:1 -5.(In Chinese, with English Abstract)
- Zhao Y. Y., Qing Z.Y. and Li F., 1990. On the source and Genesis of the mud in the central area of the south Yellow Sea. CHIN. J. OCEANOL. LIMNOL. Vol.8, No.1, p.66-73.
- Zhao Yi-Yang and Yan Ming-Cai. 1992. Abundance of chemical elements in sediments from the Huanghe River, The Changjiang River and The continental shelf of China. Chinese Science Bulletin, Vol. 37, No.23.



## 감사의 글

논문을 2년 동안 쓰면서 걱정과 두려움이 앞서지만 지금 이 시점에서 논문을 쓰게 되어 그 동안 좌절과 포기도 하고 싶어치만 주변에 많은 도움으로 비록 보잘 것 없지마는 감히 이 논문을 나오게 되어 주변 분들에게 깊이 감사를 드립니다.

특히 저의 부족함을 지도 편달을 해 주시고 하나 하나 틀린 점을 세심하게 지적 해주시고 좋은 논문이 되기 위해 많은 채찍을 가하여 주신 그 마음을 느껴 윤정수 교수님께 진심으로 감사를 드립니다. 고유봉 교수님은 주변에서 묵묵히 지켜봐 주어 마음적으로 따뜻함을 새삼스럽게 느껴 감사를 드리고 싶습니다. 방인찬, 최영찬, 윤석훈 교수님도 저의 부족함에 많은 조언을 해주신 데에 머리 숙여 감사를 드립니다.

그리고 저의 진로 및 앞날에 많은 걱정을 하시며 같이 생각하며 저의 고충을 이해 해주신 고남욱 교수님에게도 깊은 감사를 드립니다. 앞으로도 그 은혜를 잊지 못하여 그 은혜에 보답하고자 노력하겠습니다.

같이 동고동락을 해준 대학원 선배(좌종훈선생님) 및 후배(경표, 경희, 승민, 재훈, 충환, 범, 승중, 무영, 창수)들에게 항상 잘되기를 기원하며 특히 실험방 후배들에게 내가 논문을 쓰게 실험을 도와준 강석수, 이호준, 김철민, 박상용, 이승철, 정윤석, 김병섭, 김남훈, 고병수, 양근혁, 강정아, 정원에게 고마움을 전합니다. 선배로서 많은 것을 해주지 못해지만 그 따뜻한 마음들을 잊지를 못하고 지난 간 추억들이 어렵고 즐겁고 괴로운 일이 많아지만 서로들 묵묵히 일을 해주는데 에 나의 고마운 마음을 다시 한번 전하고 싶습니다.

실험에 도움을 많이 주신 현상민 선생님께 깊은 고마움과 함덕연구소에 강태현선생님, 그리고 안산에 있는 해양연구소 모든 박사님과 그 외 직원들에게 실험에 도움을 제시해주어 감사를 드립니다.

저의 가족들 특히 존경하는 어머님께서 저가 다시 공부한다고 하였을 때 승쾌히 허락하시고 저의 공부에 부족함이 없도록 경제적이나 심적으로 도와주신 어머니께 어떻게 보답할지 그 고마움을 전하고 싶습니다. 또한 형님과 형수님에게 항상 미안함을 가지며 저를 잘되기를 원하신 형님께 다시 한번 형제애를 느끼고 특히 사랑하는 동생 준영이께 내가 지금까지 형으로서 잘 해주지 못한 점을 미안함과 보고싶다고 전하고 싶다. 또한 항상 저의 마음속에 살아 계신 아버님께 머리 두 번 숙여 깊게 감사를 드리고 싶으며 저를 멀리서나마 지켜봐 주신 삼촌과 고모님들 그리고 외삼촌과 외숙모님께 고마운 마음을 전하고 싶습니다.

나의 친구인 문관웅과 그의 아내에게 내가 잘되기를 진심으로 생각해준 그 고마움과 공부가 방해 될까봐 나에 대한 배려도 잊지 않는 우정애를 많이 느끼며 앞으로 우정과 고마움을 항상 간직하며 가정에 평화가 있기를 기원합니다. 관웅의 형인 관일 형과 그의 부모님께 진심으로 감사의 마음 전하고 싶습니다.