

## 제주남방해역 표층퇴적물의 특성

윤정수·고기원  
제주대학교 해양학과

### Sedimentological Characteristics of the Surface Sediments in the Southern Sea off Cheju Island, Korea.

*Jeung-Su Youn, Gi-Won Go*

Dept. of oceanography, Cheju National University.

**요약:** 제주남방해역 표층퇴적물에 대해 입도분석, 경광물 및 점토광물, 그리고 미량원소 분석을 실시하였다.

본 연구해역의 퇴적물상은 남동부의 조립질 분포역과 남서부의 조·세립질 분포지로 구분되며, 남서쪽 끝지역에는 소규모의 현생니질퇴적물 분포대(mud zone)도 존재한다.

본 역에 분포하는 퇴적물은 분급이 불량하고 negative~positive skewed할뿐 아니라 platykurtic~leptokurtic한 특성을 나타냈으며, 조립질은 도약(saltation)에 의해, 세립질은 도약 및 부유(suspension)에 의해 운반된 것으로 보여진다.

측정된 13종의 지화학적원소성분중 Co, Ni, Ca, Ag를 제외한 9종은 남동부지역에서 남서부 지역으로 향함에 따라 함량이 증가하는 경향을 보였고, Co와 Ni은 동·서부간에 유사한 함량분포를 나타냈으나 Ca와 Ag은 남동부지역에서 함량치가 높았다. 탄산염함량은 남동부의 조립질 분포역에서가 남서부보다 높게 나타난 반면 총유기물함량은 이와는 상반된 경향을 보였다.

경광물은 석영, 암편, K-장석, Na-Ca 장석 순의 조성을 보였는데 제주도주변 해역에서 외해쪽으로 향함에 따라 석영과 K-장석의 함량은 증가하고 Na-Ca 장석과 암편은 감소하는 경향을 나타냈다.

조사지역 남서쪽 끝 mud 지역의 점토광물로는 illite, chlorite, kaolinite, feldspar, calcite등인데, chlorite가 양적으로 많고 calcite peak가 현저하게 나타날뿐아니라 Ca, Pb, Ni 등의 지화학적원소성분의 함량도 황하기원퇴적물의 특성치와 유사하여 이 지역 세립질퇴적물 대부분은 황하기원인 것으로 사료된다.

#### Abstract

Sedimentological characteristics of the surface sediments in the southern sea off Cheju Island are described from analyses of bottom sediments.

The sediments are subdivided into seven textural classes, namely muddy sand, slightly gravelly muddy sand, sand, clayey sand, sandy clay, silty mud, silty sand.

Sand-size sediments are distributed in the southeastern part and/or around the Island, whereas sandy and muddy sediments are mainly distributed in the central and southern parts of the study area. A small portion of mud patch is located in the southwestern part of the area.

According to the textural parameters analysis, sediments in the study area are poorly sorted (av.  $2.52\phi$ ), positive skewed (av.  $1.61\phi$ ), leptokurtic (av.  $1.74\phi$ ), transported by saltation and/or suspension, and roundness of quartz is varied from angular to subrounded, which suggesting that the depositional environment is not simple.

The calcium carbonate content is on the average 26.99%, and commonly abundant in sand-size sediments, whereas organic matter content in the bulk sediment is on the average 6.70% and usually dominant in fine-grained sediments.

Light minerals consist of quartz (av. 56.01%), Na-Ca feldspar (av. 6.15%), K-feldspar (av. 9.22%), and rock fragments (av. 28.11%). The content of quartz and K-feldspar increases continuously away from the Cheju Island.

As a result of geochemical analysis, concentrations of the elements are as follows: Zn: 19.42-43.52 ppm (av. 30.67 ppm), Mn: 50-304 ppm (av. 139.39 ppm), Cr: 3.54-10.68 ppm (av. 6.50 ppm), Pb: 5.52-41.68 ppm (av. 15.60 ppm), Co: 7.08-14.68 ppm (av. 10.78 ppm), Ni: 19.70-42.42 ppm (av. 29.57 ppm), Cu: 3.14-9.12 ppm (av. 5.14 ppm), Fe: 0.48-2.08% (av. 1.22%), Ca: 0.32-13.16% (av. 6.60%), Al: 0.06-0.80% (av. 0.27%), Mg: 0.12-0.76% (av. 0.53%), Na: 0.11-0.51% (av. 0.36%), Ag: 0.48-4.08 ppm (av. 1.22 ppm). Among these elements, the content of Zn, Cu, Cr, Mn, Fe, Al, Mg, Pb and Na increases toward the southwestern area, while the content of Ca and Ag shows the reversed distribution trend. Such a distribution pattern seems to imply that spatial distribution of heavy metals is closely related to the variation in grain size.

X-ray diffractogram show that the minerals in clay from the southwestern mud patch are illite, chlorite, kaolinite, feldspar and calcite. The bulk of illite in the mud zone is believed to be originated from Huanghe and Yangtze River. The mud patch in this region contains the diagnostic calcite peak, and the concentration of Ca, Ni, Pb, Ag are similar to Huanghe type, which indicates that the greater part of these clay fractions may have been derived from the Huanghe River.

## I. 序 論

濟州島를 포함하는 東支那海는 세계에서 가장 넓은 大陸棚중의 하나로서, 북쪽으로는 水深이 100m 미만인 黃海로, 동쪽과 남쪽으로는 水深이 900m에 이르는 오끼나와곡으로 이어지는데, 주로 중국대륙의 黃河, 揚子江등을 통해 막대한 量의 陸地起源物質이 流入되어 集積되고 있다.

本 研究海域은 북위 32°00'~33°30', 동경 126°00'~128°00'에 위치한 濟州南方海域으로, 북으로는 韓半島 및 黃海, 서로는 중국대륙, 동쪽으로는 일본九州로 경계되는 중간을 占하는 해역으로서 지질학적으로도 3국의 육상지질이 交互될 것으로 豫想되는 매우 흥미로운 곳이다.

제주도 주변 및 동지나해에 대한 지질학적인 조사·연구는 Emery et al. (1961)를 선두로 해서 많은 국내외 학자들과 몇몇 연구기관들에 의해 수행되어 왔으며 (Niino and Emery, 1967; Emery and Niino, 1967; Cho and Choi, 1970; Koo et al., 1970; Wageman et al., 1970; Park and Song, 1971; 石, 1979; 金等, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986; Milliman et al., 1985; 윤, 1986), 특히 최근에는 揚子江과 그 周辺大陸棚海域에 대해 해양학의 諸분야에 대한 종합조사 (1980~1981)가 美-中합동으로 실시된 바 있다. 그러나 제주남방해역 표층퇴적물을 組織적으로 채취하여 同해역의 퇴적물의 분포상태를 비롯, 광물학적-지화학적 특성을 밝힌

연구는 아직껏 미흡한 실정이다. 따라서 본연구는 제주남방해역으로부터 채취된 60개의 시료를 통해 본역의 퇴적물의 분포상태와 특성을 밝히는데 중점을 두었다.

## II. 研究方法

본 대학 실습선 제주401호와 제주 402호를 이용하여 1985년 4월, 8월, 그리고 1986년 1월에 걸쳐 조사지역에서 총 60개의 시료를 van veen grab sampler를 사용하여 채취하였다 (Fig. 1).

퇴적물의 입도분석은 퇴적학실험으로 가장 널리 행해지고 있는 방법의 절차에 따라 실시하였고 (박외 3인, 1987), 퇴적물중의 미량원소분석은 왕수처리에 의한 방법 (Johansson, 1975)에 따라 처리한 후 Pye Unicam SP 9 Atomic Absorption Spectrometer로 분석하였고, 경광물은 差色法 (Baily and Stevens, 1960)의 절차에 의해 착색시킨후 K-長石, Na-Ca 長石, 石英, 岩片등으로 구분하여 분석하였으며, 粘土鉱物은 4개의 정점 시료에 대해 Grim et al., (1949)과 Biscaye (1965)의 방법에 따라 처리한 후, 無處理正常試料, Ethylenglycol 處理試料, 熱處理試料로 구분하여 준비한뒤 philips PW 1730 (한국동력자원연구소 소재) X-선 회절분석기를 이용하여 3°~45°까지의 diffractogram을 求하였다.

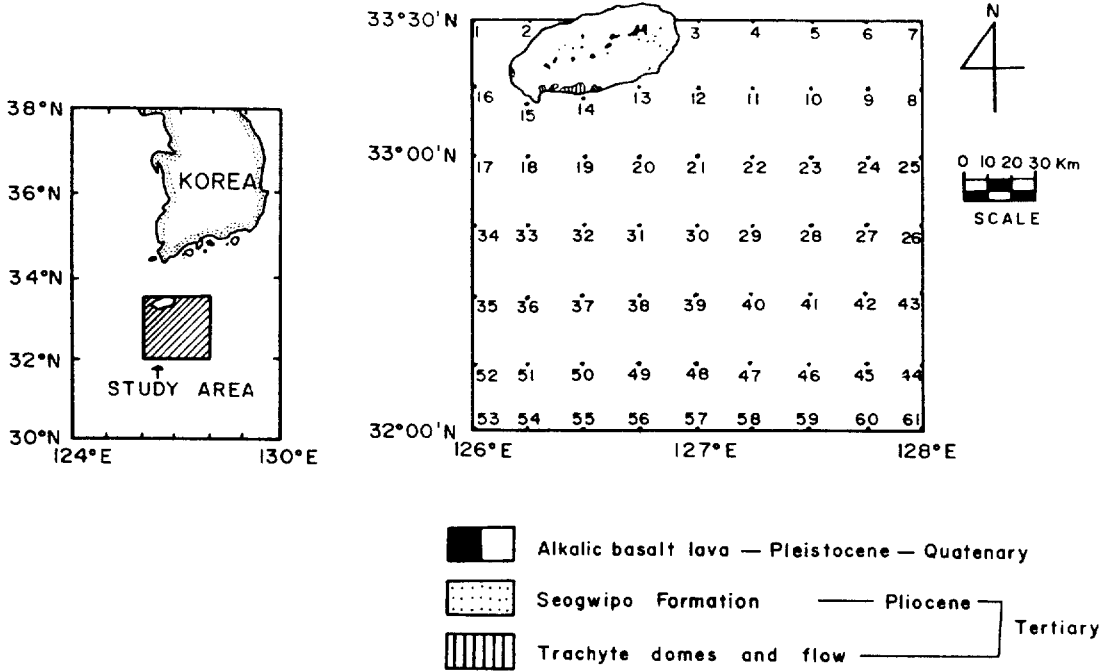


Fig. 1. Simplified geologic map for study area and sampling sites.

### Ⅲ. 結 果

#### Ⅲ-1. 표층퇴적물의 분포

본 연구 지역의 표층퇴적물의 분포(Fig.2)를 보면, 제주도주변을 비롯하여 남동부지역은礫 함유니질모래(slightly gravelly muddy sand), 모래(sand), 니질모래(muddy sand) 등 모래크기(sand size)의粗粒質이 우세한 분포를 보이는 반면 남서부는 니질모래, clayey sand, 사질 찰(sandy mud)等粗·細粒質이 혼합된 분포를 보이는데 특히, 32°~32°15'N, 126°~126°30'E의 제주도 남서쪽 끝에는 니질퇴적물 분포대가 소규모의 분포를 보이고, 제주도 동쪽 연안에는 암반도 존재한다. 전반적으로 볼때 본域의 남동부에는粗粒質이 주로 분포하고, 남서부에는粗·細粒質이 혼합된 분포를 하고 있어 복잡한堆積環境임을堆定케 한다.

조사지역 퇴적물의 유형별累積粒度分布曲線은 Fig. 3 과 같다. 曲線의傾斜가 대체로 완만하여 分級이 좋지 않음을 알 수 있다. 또한 력

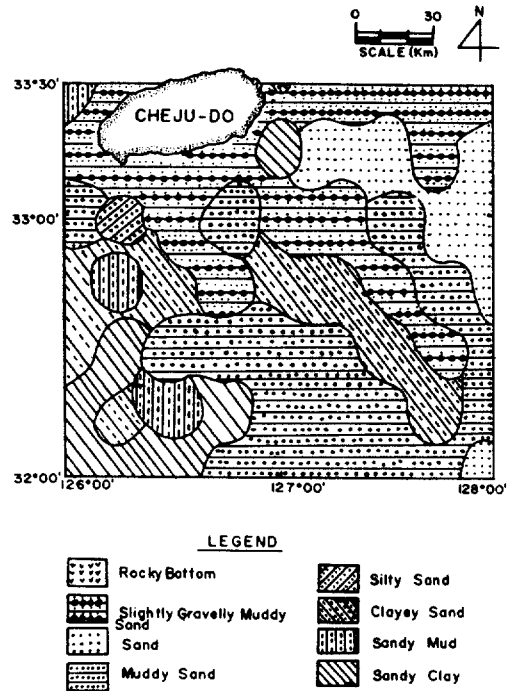


Fig. 2. Distribution of surface sediments.

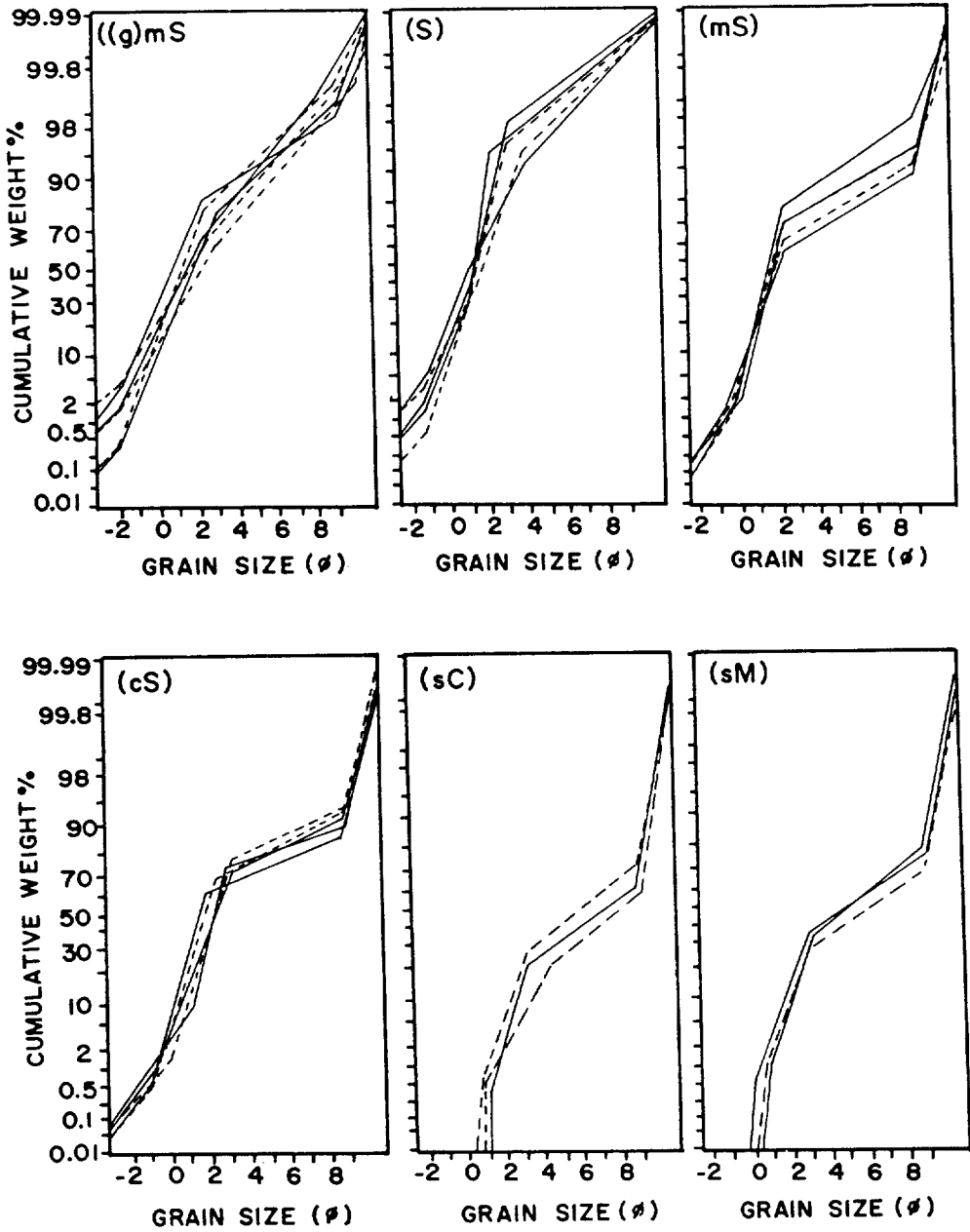


Fig. 3. Cumulative curve showing grain-size of various textural classes.

함유 니질모래는  $-2\phi$ 와  $8\phi$ 에서 屈節하는 3개의 群集 (population)을 보이는데, 끌림군집 (traction population)이 차지하는 비율은 전체의 약 2%, 도약군집 (saltation population)은 약 97%, 부유군집 (suspension population)은

약 1%로 나타나 대부분이 도약형태로 운반·퇴적된 것으로 보여진다. 나머지 모래크기의 조립질유형들도 群集群을 보이는데 끌림군집은 전체의 약 0.5~1.0%, 도약군집은 약 88~94%, 부유군집 약 5~11%로 나타나 이들도 역

시 주로 도약군집의 지배를 받은 것으로 보여진다. 그러나 sandy clay 및 sandy mud는 2개의 群集群을 보이는데 도약군집이 약 60-75%, 부유군집은 약 25-40%로 위의 유형들과는 다소 다른 운반형태를 보인다.

III - 2. 地化学的 研究

본 연구 지역 표층퇴적물 시료중 33개 정점의 시료에 대해 지화학적원소성분 13種의 함량을 측정된 결과, Cu : 3.14~9.12ppm (평균 5.14ppm), Cr : 3.54~10.68ppm (평균 6.50ppm), Mn : 50~304ppm (평균 139.39ppm), Fe : 0.48~2.08% (평균 1.22%), Al : 0.06~0.80% (평균 0.27%), Mg : 0.12~0.76% (평균 0.53%), Zn : 19.42~43.12ppm (평균 30.67ppm), Pb : 5.52~10.68ppm (평균 6.50ppm), Na : 0.11~0.51% (평균 0.36%), Ca : 0.32~13.16% (평균 6.60%), Ag : 0.68~4.08ppm (평균 1.22ppm), Co : 7.08~14.68ppm (평균 10.78ppm), Ni : 19.70~42.42ppm (평균 29.57ppm)의 함량치를 각각 나타냈다 (Table 1).

이들 원소성분들중 Ca, Ag, Co, Ni를 제외한 9種은 본 연구 지역 남동부의 조립질분포역에서가 남서부의 조·세립질혼합분포지 보다

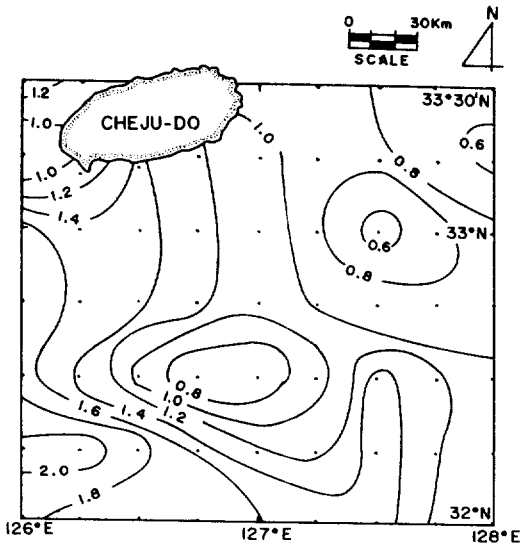


Fig. 4. Distribution of Fe in surface sediments (%).

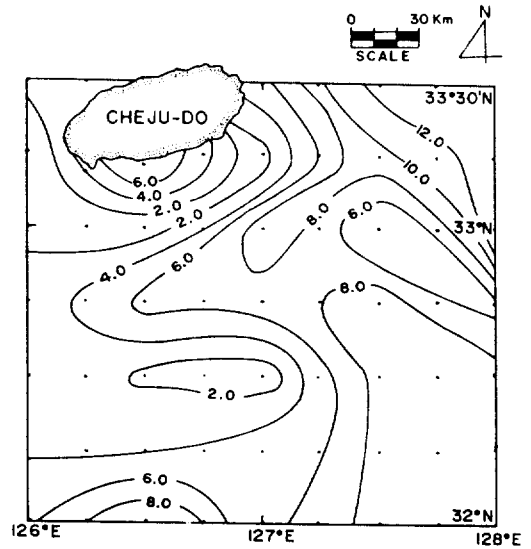


Fig. 5. Distribution of Ca in surficial sediments (%).

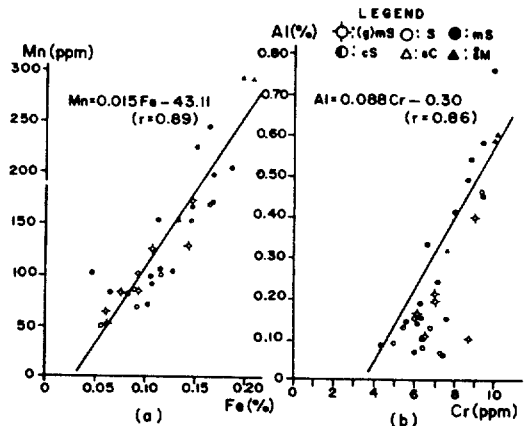


Fig. 6. The relationships between Mn and Fe(a), Al and Cr(b) in sediments.

낮은 함량치를 나타냈는데, 남서쪽 끝 mud분포역은 他지역에 비해 함량치가 높게 나타나 뚜렷히 구별되었다 (Fig. 4). 그러나 Ca과 Ag은 남동부지역에서가 남서부지역 보다 높은 함량치를 보여 앞의 9種의 원소성분들과는 상반된 분포 경향을 보였다 (Fig. 5). Co와 Ni은 조사지역 전역을 통해 거의 비슷한 함량분포를 나타냈다.

上記 지화학적 원소성분들간의 상관관계 및 표층퇴적물의 평균입도와 원소 성분들과의

**Table 1.** Concentration of metal elements in the study area. (ppm. except for Fe, Ca, Al, Mg, Na. Mz is mean grain size of sediments)

Station No.	Zn	Mn	Cr	Pb	Co	Ni	Cu	Fe (%)	Ca (%)	Al (%)	Mg (%)	Na (%)	A <sub>g</sub>	Mz (φ)
1	37.78	152	10.23	9.12	10.41	31.25	7.58	1.34	2.30	0.60	0.60	0.34	1.21	4.57
5	26.90	81	4.58	23.91	10.61	24.91	5.02	0.79	12.18	0.19	0.57	0.42	1.49	1.83
7	19.42	51	3.54	22.04	14.68	34.88	3.80	0.63	12.36	0.11	0.72	0.37	1.96	1.99
8	22.31	50	5.52	12.31	14.46	32.27	3.66	0.59	12.90	0.80	0.56	0.32	1.91	2.46
10	22.75	84	6.35	7.02	7.08	19.70	3.51	0.89	9.32	0.13	0.37	0.21	1.03	1.01
12	30.08	90	6.80	9.09	9.33	28.86	5.45	1.07	0.32	0.33	0.51	0.36	0.97	4.41
14	38.14	129	8.61	13.43	10.42	34.43	5.86	1.42	9.30	0.47	0.70	0.51	1.09	1.74
16	33.47	64	8.34	6.15	10.41	37.09	5.39	0.62	2.26	0.10	0.21	0.14	0.97	3.86
17	32.72	244	8.77	5.52	9.69	33.37	5.87	1.62	2.74	0.45	0.62	0.36	1.0	3.23
19	35.04	172	8.27	6.26	11.78	42.42	6.56	1.47	9.00	0.40	0.72	0.45	1.15	1.93
21	36.78	127	6.05	16.18	11.27	38.67	5.43	1.10	11.02	0.21	0.64	0.41	1.47	1.49
23	22.67	105	4.62	17.54	9.09	33.49	3.85	0.48	3.30	0.07	0.14	0.13	1.33	2.83
25	23.76	67	4.56	31.01	9.23	32.99	3.64	0.93	13.16	0.16	0.53	0.37	1.46	2.10
26	25.71	109	6.09	24.76	7.78	30.12	3.14	0.93	5.32	0.08	0.27	0.29	1.19	2.03
28	25.32	84	4.95	11.65	10.64	25.98	4.64	0.95	9.12	0.16	0.52	0.36	1.39	1.38
30	22.72	98	4.49	12.91	8.32	19.99	3.24	1.4	6.34	0.13	0.42	0.24	0.96	2.51
32	31.63	154	7.29	16.39	9.61	29.90	5.37	1.47	6.18	0.41	0.64	0.46	0.99	3.40
34	36.57	304	9.39	10.03	11.32	27.97	6.69	1.73	3.04	0.58	0.65	0.48	1.10	4.24
35	37.09	190	7.98	10.02	9.13	23.93	5.93	1.68	3.18	0.55	0.65	0.45	0.68	4.18
37	31.44	81	6.94	12.50	11.10	25.22	5.59	0.85	1.80	0.15	0.20	0.16	1.25	4.20
39	31.80	83	6.52	9.39	10.34	26.54	5.36	0.66	1.64	0.06	0.12	0.11	4.08	2.20
41	30.56	168	5.74	8.42	12.16	24.74	4.55	1.48	8.04	0.24	0.60	0.37	1.23	3.30
43	30.28	70	4.78	8.98	12.09	31.82	4.67	1.03	9.18	0.15	0.48	0.35	1.21	3.78
47	32.16	154	5.23	10.56	10.28	26.47	4.76	1.19	5.82	0.14	0.47	0.29	1.04	1.88
48	31.99	113	5.49	11.98	9.84	25.78	4.17	1.30	4.72	0.19	0.45	0.32	0.81	1.87
50	28.67	295	9.48	27.10	12.06	30.79	7.90	1.98	4.00	0.60	0.76	0.47	0.69	6.33
52	25.58	293	10.68	41.68	12.61	31.35	9.12	2.08	3.46	0.77	0.72	0.51	0.68	6.68
53	39.67	217	7.93	9.49	10.47	27.78	7.15	1.86	5.88	0.49	0.69	0.47	0.68	6.95
55	43.12	169	5.37	22.66	11.44	25.67	3.71	1.63	8.66	0.11	0.56	0.48	1.12	6.53
57	34.55	170	6.31	14.24	11.18	27.79	5.49	1.68	4.76	0.33	0.59	0.40	0.72	3.25
59	31.75	226	5.47	18.23	13.08	29.90	4.87	1.49	9.26	0.16	0.62	0.35	1.11	1.52
60	37.92	106	3.74	20.40	11.72	27.98	3.97	1.18	9.26	0.09	0.52	0.35	1.14	1.55
61	24.74	100	4.40	33.76	12.23	31.90	3.58	1.18	8.90	0.08	0.65	0.47	1.21	1.21
Range	19.42 - 43.12	50 - 304	3.54 - 10.68	5.52 - 41.68	7.08 - 14.68	19.70 - 42.42	3.14 - 9.12	0.48 - 2.08	0.32 - 13.16	0.06 - 0.80	0.12 - 0.76	0.11 - 0.51	0.68 - 4.08	1.01 - 6.95
Average	30.67	139.39	6.50	15.60	10.78	29.57	5.14	1.22	6.60	0.27	0.53	0.36	1.22	

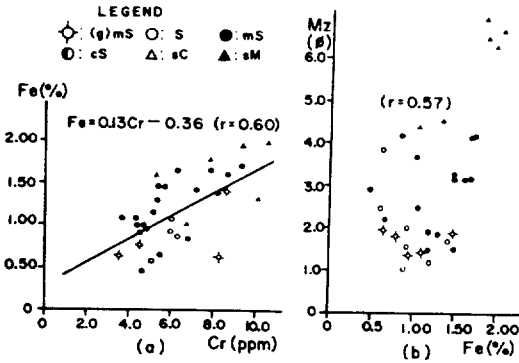


Fig. 7. The relationships between Fe and Cr(a), Mz and Fe(b) in sediments.

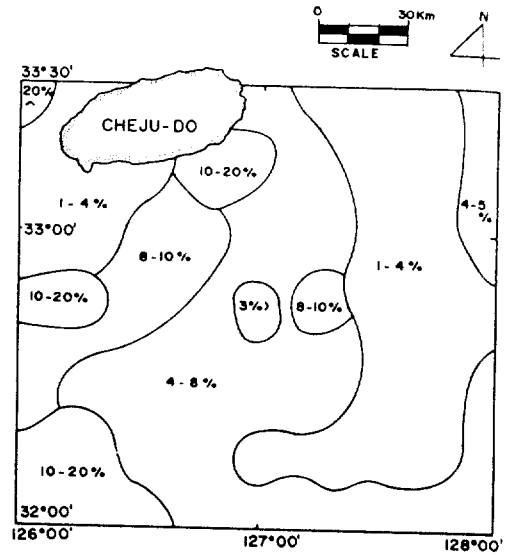


Fig. 9. Distribution of total organic matter.

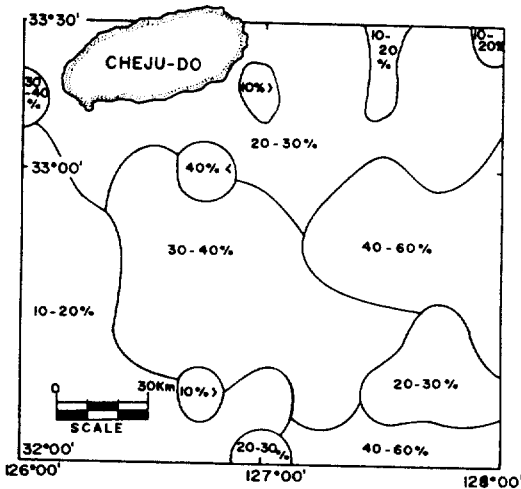


Fig. 8. Distribution of calcium carbonate.

상관관계를 계산한 결과, 상관계수가  $r=0.80$  이상 (Fig. 6)으로 매우 밀접한 正의 직선상관관계를 나타내는 원소성분들과  $r=0.50\sim0.80$  (Fig. 7)으로 비교적 양호한 正, 否의 직선상관관계를 보이는 원소들도 있었다. 또한 몇몇 원소들은 (Fig. 7) 퇴적물의 평균입도와 비교적 양호한 正, 否의 직선상관관계를 나타냈는데 Ca와 Ag을 제외한 이들 원소들은 모래크기의 퇴적물에서가泥質크기 (mud size) 퇴적물에서보다 대체로 낮은 함량치를 나타냈다.

한편, 연구 지역 표층퇴적물중의 탄산염함량

은 6.0~70.82% (평균 26.99%)의 값을 나타냈는데 제주도주변을 비롯한 남동부의 조립질분포역에서가 남서부지역보다 높은 함량치를 보였다. 총유기물함량은 1.35~21.20% (평균 6.70%)였는데 탄산염의 함량분포와는 상반된 경향을 나타냈다 (Fig. 8, 9).

### III - 3. 鉱物研究

#### 輕鉱物

重液分離한 경광물을 差色法에 따라 분석한 결과, 石英이 平均 56.1%, 岩片이 平均 28.11%, K-長石은 平均 9.22%, Na-Ca長石은 平均 6.15%로 나타났다. 조사지역은 이들의 함량차이에 따라 크게 제주도주변해역 및 동쪽지역과 남서쪽 끝지역, 그리고 중앙부 및 남동쪽지역으로 구분할 수 있다 (Fig. 10). 제주도주변해역 및 동쪽지역 퇴적물중에는 Na-Ca長石이 5~18%, K-長石이 1~5%, 石英은 35~63%, 岩片 25~50%의 함량을 보였다. 제주도연안지역 퇴적물중에는 Na-Ca長石이 K-長石보다 훨씬 많은 양이 함유되어 있을 뿐만 아니라 岩片도 石英보다 많아 이 지역 퇴적물은 대부분이 제주도로부터 起源된 것임을 暗示해 준다. 그러나 중앙부

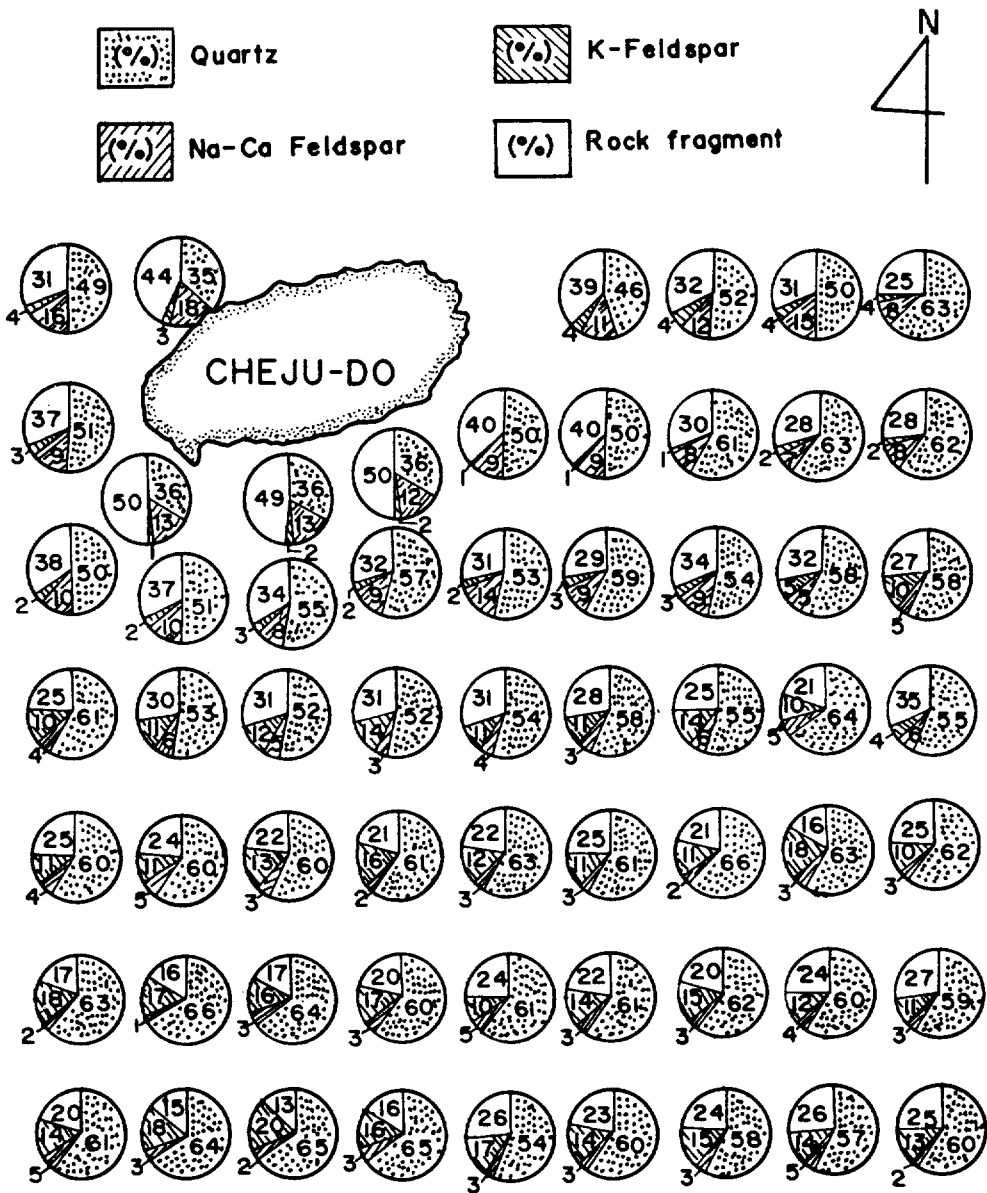


Fig. 10. Light mineral composition in fine sand fractions of surface sediments (2-3).

및 남동쪽 외해로 향함에 따라 石英이 52~64%, K-長石이 4~15%, Na-Ca長石이 2~6%, 岩片은 16~35%의 함량치를 보여 K-長石과 石英의 함량이 증가하는 경향을 보인다. 남서쪽 끝 mud 분포지 일대에는 K-長石이 15~20%, Na-Ca長石 1~5%, 石英 60~65%, 岩片 16~20%로 제주도 주변해역과는 상반된 분포 경향을 나

타내어 이 지역 퇴적물 일부는 제주도와는 無關한 것으로 推定된다.

粘土鉱物

조사지역 남서쪽 끝 細粒質堆積物에 대한 粘土鉱物 分析 結果 (Fig.11), 本域의 粘土鉱物로는 illite, chlorite, kaolinite가 主이고 그의



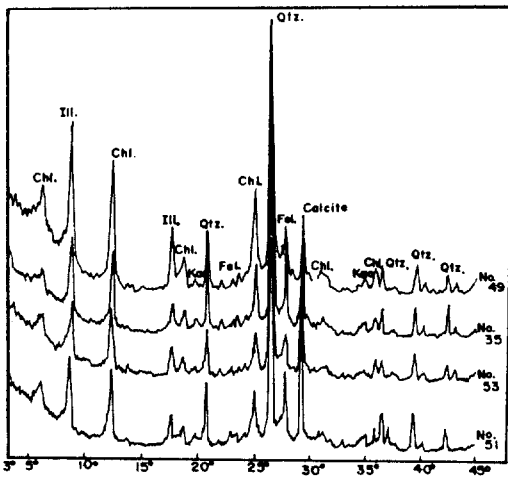


Fig. 11. X-ray diffraction patterns for clay-size minerals.

feldspar, calcite 등도 분포한다. 이들중 녹니석의 함량이 높고, calcite peak가 현저하게 나타나는 것으로 보아 이 지역 세립질퇴적물 일부는 黄河起源인 것으로 사료된다.

#### IV. 考 察

조사지역의 퇴적물 분포상은 모래크기의 粗粒質이 우세하게 분포하는 제주도주변 및 남동부 지역, sand·mud size의 粗·細粒質이 혼합된 분포를 보이는 남서부지역으로 크게 나눌수 있는데 남서쪽 끝 지역(32°00'~32°15'N, 126°00'~126°30'E)에는 小規模의 現生 니질 퇴적물 분포대가 존재한다. 이 mud zone은 Milliman 등(1985)이 밝힌 濟州島南西쪽 外大陸棚域 現生 니질퇴적물 분포대의 北東쪽 境界에 해당한다. 이 니질 퇴적물 분포대를 구성하고 있는 silt와 mud는 永河期 海水面이 낮았을때 퇴적된 잔류 퇴적물(relict sediments) 위를 덮고 있으며, 그 두께는 中心部에서가 약 2m정도이고 주변부로 향함에따라 점차로 얇아져서 거의 0m에 가깝고, 堆積速度는 0.1~0.3cm/yr이다(Chang et al., 1983). 비록, 이처럼 낮은 퇴적속도이지만 現生니질 퇴적물 분포대가 존재한다는 사실은 陸上起源 細粒質堆積物의 供給이 지속

적으로 이루어지고 있을뿐만아니라 세립질퇴적물이 沈澱·堆積하기에 적합한 해양환경임을 추정케 한다.

堆積物의 根源을 糾明하는데 이용이 되는 diagnostic criteria中的 하나는 퇴적물중의 泥質片(clay fraction)에 대해 鈹物学的-地化学的 特性을 밝히는 것이다. 이같은 見地에서 볼때, 揚子江起源 퇴적물은 揚子江 排水地가 温暖·濕潤한 氣候域에 위치를 하고 있는 까닭에 化学적 風化가 활발하여 토양이 주로 酸性이므로 Al이 풍부하고, 고령토를 多量 含有한다. 그러나 黄河江起源 퇴적물은 中国北部의 冷·乾燥하고, 용탈작용(leaching)이 활발한 沙漠環境에서 유래된 것이므로 堊堊性이며 Ca의 함량이 높을 뿐만아니라 방해석과 녹니석의 풍부한게 특징이다(Qin et al., 1983; Yang et al., 1983; Milliman et al., 1985). 조사지역 남서쪽 끝에 분포하는 니질퇴적물 분포지중 4개 시료의 X-선 회절분석(Fig. 11)에서도 현저한 calcite peak를 보이고, 녹니석이 고령토보다 量的으로 월등히 많음을 보여주고 있어 黄河起源 퇴적물의 특징과 일치한다.

또한 揚子江起源 퇴적물과 黄河起源 퇴적물의 두드러진 地化学的 元素成分의 差異點은 Al과 Fe의 함량은 揚子江起源이 黄河起源보다 1.2~1.6배가 높으며, Zn, Cu, Ni 등의 중금속원소 함량도 약 2배 이상 높지만 Ca와 Na은 이와는 대조적으로 黄河起源에서가 약 2배이상 높다는 것이다(Yang et al., 1983. Table 2 참조). 본역 남서쪽 끝 mud zone 중에는 各各 Al : 0.11~0.78%, Fe : 1.63~2.08%, Ca : 4.0~8.7%, Zn : 26~43ppm, Cu : 3~9ppm, Ni : 25.7~31.4ppm, Pb : 9.49~27.10ppm, Ag : 0.8~1.0ppm의 함량을 보이는데, 上記의 特性値와 비교해 볼때, Ca의 함량은 揚子江起源보다 2.2배가 높고 黄河起源과는 거의 유사하며, Pb, Ni, Ag 등도 黄河起源 特性値에 가까운 함량을 나타냈다.

이상과 같이 조사지역 남서쪽 끝 니질퇴적물 분포대를 구성하고 있는 세립질퇴적물의 粘土 鈹物学的-地化学的 特性이 黄河起源과 유사한

Table 2. Comparable concentration of metal elements in bottom sediments and suspended matter in different regions. (units in ppm. except for Fe, Ca, Mg, Al, Na)

	Zn	Mn	Cr	Pb	Co	Ni	Cu	Fe	Ca	Al	Mg	Na	Ag	Source
Southern Sea off Cheju Island														
total average	30.67	139.39	6.50	15.60	10.78	29.57	5.14	1.22	6.60	0.27	0.53	0.36	1.22	
sand average	23.44	63.0	5.43	18.50	9.53	29.71	4.65	0.76	8.80	0.25	0.37	0.26	1.38	Present study
mud average	34.26	243.3	8.37	25.30	38.0	28.90	7.0	1.89	5.50	0.49	0.69	0.48	0.79	
Around Cheju Island														
total average	59.1	362.6	63.8	15.7	10.0	28.9	10.5	2.7						Suk et al (1983)
sand average	51.3	355.3	54.1	14.9	9.4	25.6	8.7	2.3						
mud average	82.6	479.3	93.4	17.9	13.9	38.9	16.1	3.7						
Jinhae Bay, Busan Area														
total average	111	499		20	13	29	18	4.3						Lee et al. (1978)
Southeastern Yellow Sea														
total average		50~		33~		3~	3~	0.3~						Jeong et al. (1984)
sand average		450		100		33	21	2.4						
Changjiang Estuary														
total average	107~	837~	23.3				28~	4.02	3.09~					Buckley et al. (1983)
sand average	110	915					30.8	~4.20	3.26					
Changjiang Estuaries														
total average	180	1,700~	150~	31~	96~	140~	92~	11~	3.5~	25	2.7~	1.04~	3.0~	
sand average		1,900	190	100	100	170	100	11.9	4.2		2.9	1.35	30	*
Huanghe Estuaries														
total average	90	1,300	150	20	60	80	50	7	8.8	21	2.8	2.0	10.0	Yang (1983)
Malan Loess														
total average	900	1,500	160	10	60	100	50	7	13	21	2.8	2.1	1.0	
Shallow Water Sediment, Japan														
total average	51	390	55	55	6	14	27	3.29						Yamamoto et al. (1968)
Upper Gulf of Thailand														
total average		700±		6.5±	9.8±	21±	8.1±	20±		27±				Windom et al. (1984)
sand average		140		1.5	2.9	8.6	6.5	6		4				
Australian Estuary														
total average	40~	100~		<5~	5~	15~	5~	2.0~						Roy et al. (1984)
sand average	115	780		55	20	25	20	4.8						
Nearshore Sediment (average)														
total average	95	850	100	20	13	55	48	6.5						Wedepohl (1960)
Continental Crust (average)														
total average	70	950	100	12.5	25	75	55	5.63	3.63	8.13	2.09	2.83	0.07	Taylor et al. (1964)
World average														
total average	730	200	210	300	4	10	210	10	4.5	20	2.5	1.5		Yang (1983)

\* Suspended matter (bottom sample)

점으로 보아 이곳의 세립질퇴적물 대부분은 黄河起源인 것으로 思料된다.

한편, 黄河堆積物이 동지나해까지 移動·擴散 가능케 하는 메카니즘으로서, 보하이(Bohai) 灣으로부터 시작된 黄海沿岸流는 40~50m의 水深을 따라 여름철에 32° N 까지, 겨울철은 30° N, 126° E까지 南下하는데 黄海에서 浮遊 및 再浮遊된 黄河堆積物은 이 흐름에 便乘하여

제주도 남서쪽 지역까지 輸送이 이루어 진다 (Xie et al., 1983). 또한 이와 유사한 輸送 메카니즘으로 Milliman et al., (1985)은 다음과 같은 두가지를 들고 있다. “첫째, 겨울철 暴風期間 동안 再浮遊된 세립질퇴적물은 장수연안류(Jiangsu Coastal Current)와 같은 독특한 winter circulation patterns에 의해 제주도 남서쪽지역까지 移流(advection)가 가능하다.”

“둘째 黄海 最深部에서 最大底層應力(maximum bottom stress)은 표층퇴적물을 이동시킬 수 있는 臨界值(2.0~2.2 dyn/cm<sup>2</sup>)보다 조금 크고(Sternberg et al., 1983) 그 方向은 제주도 남서쪽 니질퇴적물 분포대를 向한다. 따라서 揚子江 北쪽과 동쪽 대륙붕상으로 유입된 黄河 堆積物은 浮遊 및 再浮遊되어 M<sub>2</sub>와 M<sub>4</sub>의 潮流에 의해 제주도 남서쪽 니질퇴적물 분포대 지역으로 年中 輸送이 이루어 진다.”라고 하였다.

더우기 제주도 남서쪽 現生 mud zone 일대 해역은 低溫의 黄海沿岸流과 低溫·低鹽의 揚子江稀釈水, 高溫·高鹽의 黄海暖流 및 台湾暖流가 만나는 前線域(31°~32° 30' N, 125° 30' ~126° 30' E)일 뿐만 아니라 流速도 약 10cm/s 内外로 약하기 때문에 silt와 clay가 沈澱·堆積하기에 適合한 環境이고, 浮遊堆積物의 濃度가 5 mg/l로 周辺 粗粒質殘留堆積物 분포지보다 높다. 또 鹽分 변화폭도 1~2‰/30km로 완만하여 0.31 cm/yr의 퇴적속도를 보이며 clay의 함량이 40~70%, 수분함량은 80% 이하이기 때문에 粘性이 強하여 侵蝕에 견디는 抵抗力도 높아(Liang, 1983; Xu, 1983) 現生 mud zone이 形成·存在하고 있다. 이상의 結果들을 綜合하면, 조사지역 남서쪽 끝에 존재하는 니질퇴적물 분포대는 安定된 物理·化學的인 海洋環境下에서 주로 黄河起源 細粒質堆積物로 形成된 동지나해 외대륙붕상 現生 mud zone의 북동쪽 경계임이 확실시 된다.

한편, 제주도는 제 3 기말 플라이오세 에서부터 제 4 기에 이르는 동안의 화산활동에 의해

형성된 火山島로서 주로 알카리 용암류와 화산 쇄설물 등이 분포하며 이들 화산암류의 광물 조성은 사장석, 감람석, 휘석이 가장 많고, 그 외 소량의 자철석, 새니딘, 흑운모, 이딩사이트, 정장석등이다(元, 1976). 본 연구에 사용된 시료중 제주도연안 퇴적물중의 경광물함량은 Na-Ca장석이 9~18%로 K-장석 1~4%보다 높게 나타났으나 제주도 연안에서 멀어질수록 이와는 상반된 함량치를 나타냈다. 제주도연안 퇴적물중에 Na-Ca장석함량이 높다는 점은 제주도의 陸上岩石의 광물조성과도 일치하고 있어 이 지역에 분포하는 퇴적물은 제주도로부터 유입되어 퇴적된 것으로 판단된다. 그러나 제주도起源 퇴적물이 제주도로부터 얼마만한 거리까지 移動하여 분포하는지? 에 대해서는 앞으로 연구해야 할 과제중의 하나이다.

조사해역 퇴적물중의 지화학적원소성분 13種에 대해 함량측정을 실시한 결과, Co, Ni, Ca, Ag를 제외한 9種(Zn, Mn, Cr, Cu, Pb, Fe, Al, Mg, Na)의 含量值가 남동부에서 낮고 남서부로 향함에 따라 증가하는 경향을 보이는 것은 本域 퇴적물의 粒度分布, 碳酸鹽 및 總有機物含量과 밀접한 關連性이 있는 것으로 생각된다. 즉, 일반적으로 중금속원소들은 細粒質이고, 碳酸鹽含量이 낮고 有機物含量은 높은 퇴적물에서가 흡착율이 좋아 높은 含量值를 나타낸다. 따라서 粗粒質이 우세하게 분포할뿐만 아니라 탄산염함량이 높고, 총유기물함량이 낮은 남동부지역에서가 上記 9種의 含量值는 낮게 나타나는 것이며, 이와는 대조적

Table 3. Features of some elemental ratios in sediment and crustal average.

Area	Al/Mn	Al/Cu	Al/Fe	source
Southern Sea off Cheju Island				
total average	22.66	531.72	0.24	
southeastern portion	51.53	794.4	0.46	Present study
southwestern portion	168.33	770.18	0.35	
Changjiang Estuaries	131.58	2,717.39	2.10	
Huanghe Estuaries	161.54	4,200.00	3.00	Yang(1983)
World average (crustal average)	85.58	1,478.2	1.63	Clark and Washington(1924)

인 남서부지역에서는 비교적 높은 함량치를 보이는 것으로 思料된다. 그러나 Al/Mn, Al/Fe, Al/Cu의 含量比(Table 3)는 남동부와 남서부간에 뚜렷한 차이를 나타내지 않고 있고, 또한 地殼平均含量值의 比와도 큰 차이가 없는 것으로 미루어 볼때, 조사지역에 분포하는 퇴적물 대부분은 陸上으로부터 移動·堆積된 것으로 推定된다.

본 연구 해역 퇴적물중의 지화학적 원소 성분들의 함량치를 石等(1983)의 연구결과와 비교할 때(Table 2 참조) Pb, Co, Ni, Cu는 각각 15.60ppm : 15.70ppm, 10.78ppm : 10.0ppm, 29.57ppm : 28.9ppm, 5.14ppm : 10.5ppm으로 거의 비슷하지만, Zn, Cr, Fe, Mn은 30.67ppm : 59.1ppm, 6.50ppm : 63.8ppm, 1.22% : 2.7%, 139.39ppm : 362.6ppm으로 본 연구 결과가 낮고, 李等(1978)과는 Co를 제외한 나머지 중금속원소들의 함량치가 모두 낮았다. 또한 세계평균치와 비교할 때 Pb, Co는 유사하나 Zn, Mn, Cr等は 훨씬 낮은 함량치였는데, 이처럼 본 조사지역 퇴적물중의 중금속 함량이 대체로 낮게 나타난것은 퇴적물의 조성 및 퇴적환경이 비교지역들과는 차이가 있을 것이며, 또 본 역이 汚染이 덜된 제주도 주변해역과 外海域이라는 점, 그리고 해수의 流動이 비교적 활발한 海域이라는 점 등을 생각해 볼 수 있다.

### V. 結 論

연구 해역의 표층퇴적물상은 제주도주변 및 남동부지역은 려함유 니질모래, 니질모래, 모래등 모래크기의 粗粒質이 우세한 분포를 보이고, 남서부는 clayey sand, sandy clay 등 粗·細粒質이 혼합된 분포를 나타냈으며, 특히 남서쪽 끝지역에는 소규모의 니질퇴적물 분포대가 존재함이 확인되었다.

연구 해역에 분포하는 표층퇴적물은 분급이 대체로 불량한 편이며, 粗粒質은 도약군의 支配下에 주로 운반·퇴적된 반면, 細粒質은 도약 및 부유군에 의해 운반된 것으로 나타났다.

퇴적물중의 지화학적원소성분의 평균 함량은

각각 Zn : 30.67ppm, Mn : 139.39ppm, Cr : 6.50ppm, Pb : 15.60ppm, Ni : 29.57ppm, Co : 10.78ppm, Cu : 5.14ppm, Fe : 1.22%, Ca : 6.60%, Al : 0.27%, Mg : 0.53%, Na : 0.36%, Ag : 1.22%의 값을 나타냈는데 Cu, Cr, Mn, Fe, Al, Mg, Zn, Pb, Na은 남서부지역이 비교적 높은 함량치를 나타냈으나 Ca, Ag은 남동부에서가 높았고, Co와 Ni은 지역간에 함량차가 거의 없이 유사한 함량분포를 보였다. 그러나 Al/Mn, Al/Fe, Al/Cu의 比는 남동부와 남서부간에 차이를 나타내지 않았다. 본 연구에서 측정된 지화학적원소성분들 상호간에는 正, 負의 직선상관관계가 있었으며, 이들 원소들과 퇴적물의 평균입도와의 상관관계도 존재한 바, 대체로 세립질퇴적물에서 함량치는 높게 나타나는 경향을 보여줬다. 퇴적물 内の 탄산염함량은 평균 26.99%, 총유기물함량은 평균 6.70%였는데, 탄산염함량은 남동부의 조립질분포지에서가 남서부지역보다 높은 함량치를 나타냈으나 총유기물함량은 이와는 다소 상반된 분포양상을 보였다.

경광물은 석영(av. 56.61%), 암편(av. 28.11%), K-장석(av. 9.22%), Na-Ca장석(av. 6.15%)순의 조성을 보였는데 제주도주변해역에서 외해쪽으로 향함에 따라 석영과 K-장석의 함량은 증가하나 Na-Ca장석과 암편은 감소하는 경향을 나타냈다.

남서쪽 끝 mud지역內 점토광물로는 illite, chlorite, kaolinite, feldspar, calcite 등이었으며 chlorite가 量的으로 많고, calcite peak가 현저히 나타날뿐 아니라 Ca, Pb, Ni등의 지화학적원소성분들의 함량도 黄河起源 퇴적물의 특성치와 유사한 편이어서 이 지역 세립질 퇴적물 대부분은 黄河起源인 것으로 사료된다.

### 참고문헌

박용안, 김경렬, 박수철, 박상운, 1987. 한국대한해협 대륙붕 표층퇴적물의 특성과 세립퇴적물의 지구화학적 특성. 한국해양학회지. 22(1) : 43~56.  
 석봉출, 박병권, 1983. 제주도 주위 및 남해연안 퇴적물중의 중금속 함량. 해양학회지. 18(1) : 29-42

- 원종관, 1976. 제주도의 화산암류에 대한 암석화학적 연구. 지질학회지. 12(14): 207-226
- 윤정수, 1986. Socotra 암초의 지질 및 주변해역 퇴적물에 관한 연구. 지질학회지. 22(2): 123-134
- 이동수의 1인 1978. 한국 남해동부연안 해저퇴적물층의 중금속 함량에 관한 연구. 해양학회지. 13(2): 11-16
- Blatt, H., and B. Sutherland, 1969. Intrastratal Solution and nonopaque heavy minerals in shales. *Jour. Sed. Petrol.*, 39: 592-600.
- Biscaye, P.E. 1965. Mineralogy and Sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic ocean and adjacent seas and Oceans. *Ged. Soc. Am. Bull.*, 76: 803-832.
- Buckly, D.E., Yu Guohui, Chen Weiyue, Lin Yian, Huang Peide, Zhu Fengguan 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.
- Cheng guodong, Qian Jiangchu, Charles A. Nittrouer, David J. Demaster, Brent A. Mckee, 1983. Modern sediment structure of East China Sea. sedimentation on the continental shelf, with special reference to the East China Sea. China Ocean Press, Beijing, P. 476-485.
- Clarke, F.W. and H.S. Washington, 1924. The composition of the earth's crust. *U.S.Geol. Survey, profess. paper* 127, P. 117. An exhaustive discussion and analysis of the data on the chemistry of the earth's crust.
- Emery, K.O. Hayashi, Y., Hilde, T.W.C., Kobayshi, K., Koo, J.H., Meng, C.Y., Niino, H., Wegeman, 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.*, 2: 3-34.
- Friedman, G.M., and Johnson, K.G., 1982. Exercises in sedimentology. P. 52-106.
- Guan, B, 1984. Major features of the Shallow water hydrography in the East China Sea and Huanghai Sea Ocean Hydrodynamics of Japan and East China Sea Elsevier oceanography series, 39: 1-14.
- Jeong, Kap-Sik, Han Sang-Joon, and Suk Book-Chool, 1984. A Sedimentological Study in the southeastern Yellow Sea. Marine geology and physical processes of the Yellow Sea. Seoul. Korea. P. 96-116.
- Jin Qingming, Sui Liangren, 1983. Modern sedimentation process on the continental shelf of the East China Sea. Sedimentation on the Continental Shelf, with special reference to the East China. Sea China Ocean Press, Beijing, P. 463-475.
- Johansson, C.G., 1975. Manual of methods in aquatic environment research, FAO Technical paper No. 137.
- Liang Juting, Miao Yutian, 1983. Near bottom sediment transport in the Changjiang Estuary and on its adjacent shelf. Sedimentation on the continental shelf, with special reference to the East China Sea. China Ocean Press, Beijing, P. 499-505.
- Milliman, J.D., Beardsly, R.C. Yang, Zuo-Sheng and Limeburner, R., 1985. Modern Huanghe-derived muds on the outer shelf of East China Sea: identification and potential transport mechanisms, *Continental Shelf Research*, 4: 175-188.
- Niu Zuomin, 1983. Depositional environment subdivision of East China Sea and their basic features. Sedimentation process on the continental shelf, with special reference to the East China Sea. China Ocean Press, Beijing, P. 602-613.
- Qin, Y.S. and Li, F., 1983. Study of influence of sediment loads discharged from Huanghe River on sedimentation in Bohai Sea and Huanghai Sea. Proceedings of the international symposium on sedimentation on the Continental Shelf, with special reference to the East China Sea. V. 1. Chian Press. Beijing, P. 91-101.
- Sternberg R.W., L.H. Larsen and Y-t. Miao, 1983. Near bottom flow conditions and associated sediment transport on the East China Sea. in: proceedings of the international symposium on sedimentation on the continental shelf, with special reference to the East China Sea, V. 1, China Ocean Press, Beijing, P. 522-535.
- Su Xianze, Zou Hanyang, Zeng Wenyi, 1983. The recent sedimentation rate and process in the Changjiang Estuary and its adjacent continental shelf area. Sedimentation on the continental shelf, with special reference to the East China Sea. China Ocean Press, Beijing, P. 562-571.
- Taylor, S.R., 1964. Abundance of Chemical elements in the continental crust: A new table, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 28: 1273-1285.
- Wedepohl, K.H., 1960. Supreanalytisch untersuchungen an tief see tonea aus dem Atlantik, *Geochemi. Cosmochemi. Acta*, 18: 200-231.
- Xie Qinchun, Zhang Liren, Zhou Fugen, 1983. Features and transportation of Suspended matter over the continental shelf of the Changjiang Estuary. Sedimentation on the continental shelf, with special reference to the East China Sea. China Ocean Press, Beijing, P. 370-381.
- Xu Dongyu, 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 Zuosheng. J.D. Milliman, 1983. Fine-grained sediment sources of East China Sea. Sedimentation on the continental shelf, with special reference to the East China Sea. China Ocean Press, Beijing, P. 405-415.

---

Received May 26, 1987

Accepted July 18, 1987