碩士學位論文

濟州南方海域 表層堆積物의 特性 및 堆積環境

濟州大學校 大學院
海 洋 學 科

高 基 源

1986年 12月

濟州南方海域 表層堆積物의 特性 및 堆積環境

指導教授 尹 正 守

高 基 源

이 論文을 理學碩士學位 論文으로 提出함.

1986年 12月

高基源의 理學碩士學位 論文을 認准함.

審査委員長 梁漢燮

委 員 尹正守

委 員 朴庸向

濟州大學校 大學院

1986年 12月

SEDIMENTOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SURFICIAL SEDIMENTS OF THE SOUTHERN SEA OFF CHEJU ISLAND, KOREA

Gi-Won Go

(Supervised by Professor Jeung-Su Youn)

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

DEPARTMENT OF OCEANOGRAPHY

GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1986. 12

目　　次

Summary ····· 1

Ⅰ. 序　論 ····· 3

Ⅱ. 調査地域의 地質概要 ····· 5

Ⅲ. 研究方法 ····· 7

Ⅲ-1. 試料採取 ····· 7

Ⅲ-2. 室內研究 ····· 7

Ⅲ-2-1. 粒度分析 ····· 7

Ⅲ-2-2. 炭酸鹽 및 總有機物 含量分析 ····· 7

1. 炭酸鹽 含量 分析 ····· 7

2. 總有機物 含量 分析 ····· 7

Ⅲ-2-3. 地化學的 研究 ····· 8

Ⅲ-2-4. 鑛物分析 ····· 8

1. 輕鑛物 ····· 8

2. 粘土鑛物 ····· 9

Ⅳ. 結　果 ····· 10

Ⅳ-1. 測深資料 分析 ····· 10

Ⅳ-2. 粒度分析 ····· 13

Ⅳ-2-1. 粒度分析 ····· 13

Ⅳ-2-2. 組織標準値들 간의 相關關係 ····· 19

Ⅳ-3. 炭酸鹽 및 總有機物 含量 ····· 23

Ⅳ-4. 地化學的 研究 ····· 25

Ⅳ-5. 鑛物分析 ····· 43

Ⅳ-5-1. 輕鑛物 ····· 43

Ⅳ-5-2. 粘土鑛物 ····· 46

Ⅴ. 考　察 ····· 47

Ⅵ. 結　論 ····· 55

參考文獻 ····· 57

List of Figures

Fig. 1. Gelogy of the adjacent area and sampling site. ····· 4
Fig. 2. Major structural zones of the East China Sea and vicinity(after wageman et al., 1970). ····· 6
Fig. 3. Bathymetric map of the study area(depth in meters). ····· 10
Fig. 4. Distribution of surface sediment type. ····· 14
Fig. 5. Cumulative curve showing grain-size of various textural classes. ····· 15
Fig. 6. Fig. 5 Continued. ····· 15
Fig. 7. C. M plot of surface sediment sample on passega diagram. ····· 16
Fig. 8. Scatter diagram of the various grain-size statical parameters. ····· 19
Fig. 9. Fig. 8 Continued. ····· 20
Fig. 10. Calcium carbonate content distribution of the sediment. ····· 23
Fig. 11. Total organic matter content distribution of the sediment. ····· 24
Fig. 12. distibution of Cu content in th surficial sediments(ppm). ····· 25
Fig. 13. Distribution of Cr content in the surficial sediments(ppm) ····· 28
Fig. 14. Distribution of Mn content in the surficial sediments(ppm). ····· 29
Fig. 15. Distribution of Fe content in the surficial sediments(%). ····· 30
Fig. 16. Distribution of Al content in the surficial sediments(%). ····· 31
Fig. 17. Distribution of Mg content in the surficial sediments(%). ····· 32
Fig. 18. Distribution of Zn content in the surficial sediments(ppm). ····· 33
Fig. 19. Distribution of Pb content in the surficial sediments(ppm). ····· 34
Fig. 20. Distribution of Na content in the surficial sediments(%). ····· 35
Fig. 21. Distribution of Ca content in the surficial sediments(%). ····· 36
Fig. 22. Distribution of Ag content in the surficial sediments(ppm). ····· 37
Fig. 23. Distribution of Co content in the surficial sediments(ppm). ····· 38
Fig. 24. Distribution of Ni content in the surficial sediments(ppm). ····· 39
Fig. 25. The relationships between Mn and Fe(a), Al and Cr(b) in sediments. · 40
Fig. 26. The relationships between Fe and Cr(a), Ca and Cr(b) in sediments. · 41
Fig. 27. The relationships between Mz and Cr(a), Mz and Ca(b) in sediments. 41

Fig. 28. The relationships between Mz and Mn(a), Mz and Fe(b) in sediments. 43
Fig. 29. Light mineral composition in the fine sand fraction of the surficial sediments(2-3 ϕ). 44
Fig. 30. Quarz-Feldspar-Rock fragments ternary diagram of sediments in the study area. 45
Fig. 31. X-ray diffraction patterns for clay-size mineral from the study area. 46

List of Talbes

Table 1. Weight percentage of sediment composition and monent parameters. 11
Table 2. Graded of roundness. 17
Table 3. Calcium carbonate and total orgainc matter content in weight percentage. 21
Table 4. Concentration of metal elements in the study area. 26
Talbe 5. The correlation matrix among metal concentrations and mean grain size(Mz) in sediments. 42
Table 6. Features of some elemental ratios in sediment and crustal average. · 52
Table 7. Comparable concentration of metal elements in bottom sediments and suspended matter in different regions. 53

Summary

The textural characteristics and depositional environment in surface sediments in the southern sea off Cheju Island are described from analyses of bottom sediments.

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

Sandy 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 paramenters analysis, sediments in the study area are poorly sorted(av, 2.52 ϕ), positive skewed(av. 1.61 ϕ), leptokurtic(av. 1.74 ϕ), transported by saltation and/or suspension, and roundness of quartz is varied from angular to sub-rounded, which suggesting that the depositional environment is not simple.

The calcium carbonates 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 dominent in fine-grained sediments.

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

As a result of geochemical analysis, concentration of the elements showed Zn 19.42-43.52ppm(av. 30.67ppm), Mn 50-304ppm(av. 139.39ppm), Cr 3.54-10.68ppm(av. 6.50ppm), Pb 5.52-41.68ppm(av. 15.60ppm), Co 7.08-14.68ppm(av. 10.78ppm), Ni 19,70-42.42ppm(av. 29.57ppm), Cu 3.14-9.12ppm(av. 5.14ppm), 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 0.48-4.08ppm(av. 1.22ppm). 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.

The clay minerals which situated southwestern mud patch are consisted of 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 fraction may be derived from the Huanghe River.

Ⅰ. 序　　論

濟州島를 包含하는 東支那海는 世界에서 가장 넓은 大陸棚중의 하나로서 北쪽으로는 水深이 100m 미만인 黃海로, 東쪽과 南쪽으로는 水深이 900m 에 이르는 오끼나와谷盆으로 이어지는데, 主로 中國大陸의 黃河, 揚子江 等을 通해 막대한 量의 陸地起源物質이 流入되어 集積되고 있다.

本 硏究海域은 北緯 32°~33°30′, 東經 126°~128°에 位置한 濟州南方海域으로 (Fig. 1), 北으로는 韓半島 및 黃海, 西로는 中國大陸, 東으로는 日本九州로 境界되는 中間을 占하는 海域으로서 地質學的으로도 三國의 陸上地質이 交互될 것으로 豫想되는 매우 흥미로운 곳이다.

硏究海域 및 周邊海域에 대한 過去 調査·硏究로는 Emery et al.,(1961)를 先頭로 多數가 行하여졌는데, Niino 와 Emery(1967)는 黃海와 東支那海의 表層堆積物에 대한 개괄적인 硏究에서 黃海의 外大陸棚과 大韓海峽 一帶에 分布하는 砂質堆積物을 殘留堆積物(relict sediment)일 것이라고 提示하였고, Emery et al.(1971), Wageman et al.(1970), Kagami et al.(1971) 은 1968年부터 實施한 韓半島周邊海域 및 東支那海域에 대한 擴域 海上物理探査에서 이들 海域에는 수백만 km^3에 달하는 막대한 量의 第三紀堆積物이 分布하고 있음을 밝혀 石油資源 賦存可能性이 높은 海域으로 評價되었다. 石(1979)은 濟州島 周邊大陸棚의 現生堆積物에 대한 硏究에서 濟州島가 周邊堆積物의 根源地임을 暗示하였으며, 韓國動力資源硏究所는 1972年부터 韓國大陸棚海底地質基本圖 作成을 위해 海洋地質學的 調査·硏究를 年次的으로 遂行해 오고 있을뿐만 아니라 1982年부터는 大陸棚石油資源 評價를 위하여 綜合的인 調査·硏究를 進行中에 있고, 韓國海洋硏究所도 1982年부터 韓半島 周邊大陸棚의 綜合海洋環境圖 作成을 위해 海洋學의 各 分野에 대한 調査·硏究를 매년 實施하여 오고 있는 중이다. 또한 揚子江 및 周邊大陸棚海域에 대한 海洋學的인 綜合調査가 1980年부터 1981年사이에 걸쳐 美·中合同으로 實施된 바 있다.

그러나, 濟州南方海域의 表層堆積物을 組織的으로 採取하여 鑛物學的一地化學的으로 遂行된 硏究는 아직껏 미흡한 실정이다. 따라서 本 硏究는 濟州南方海域에서 採取된 總 60個의 堆積物試料를 通해 本 域의 堆積物의 分布狀態와 特性, 그리고 堆積環境을 밝히는데 重點을 두었다.

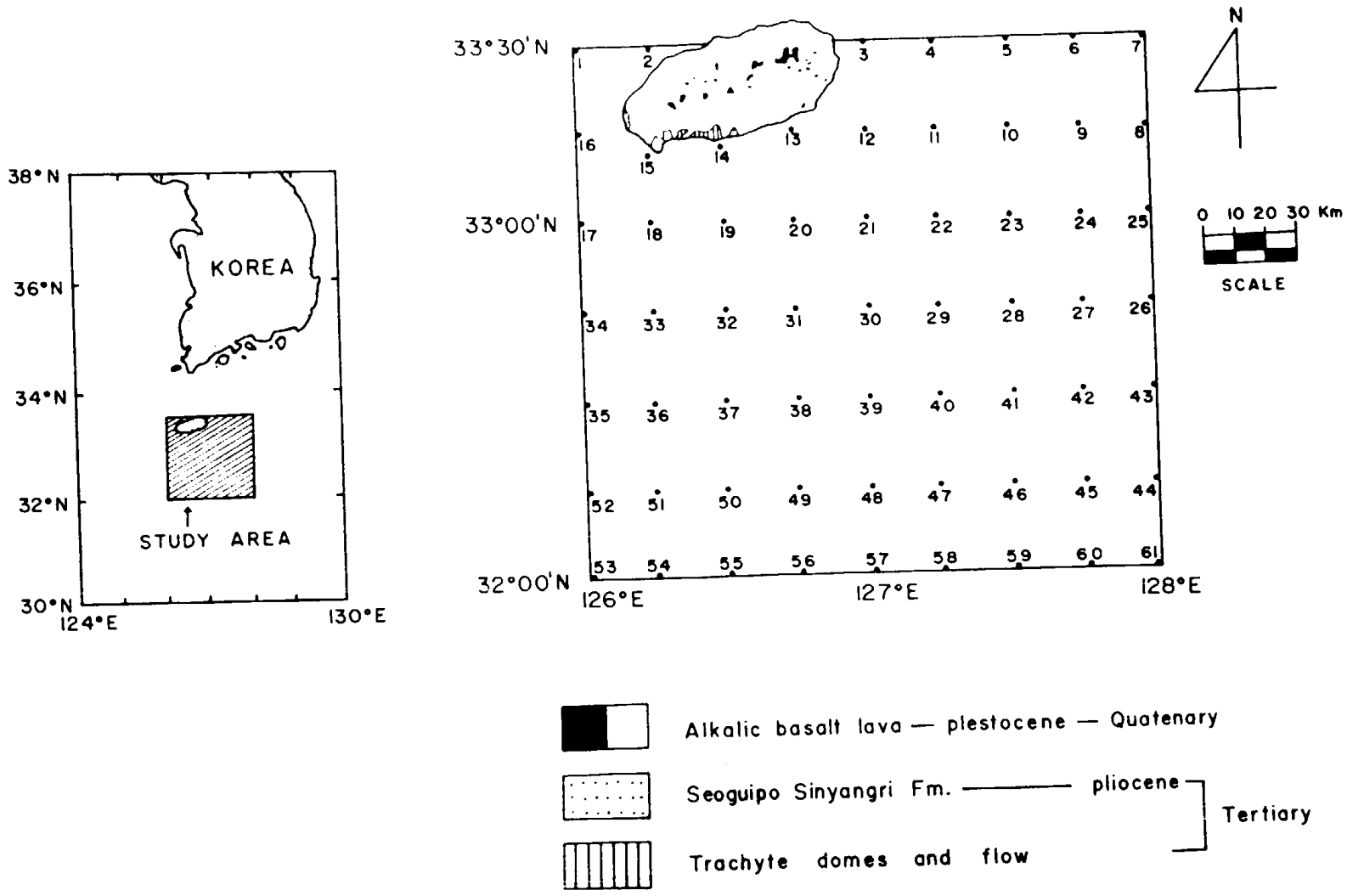

Fig. 1. Geology of the adjacent area and sampling site.

II. 調査地域의 地質槪要

調査地域 西北端에 位置한 濟州島는 第三紀末 플라이오世에서부터 第四紀에 이르는 동안의 火山活動에 依하여 形成된 火山島로서, 第三紀 플라이오世의 西歸浦層, 第四紀 플라이오世에 속하는 城山層, 和順層 및 新陽里層 等의 堆積岩層과 玄武岩, 粗面岩質安山岩, 粗面岩 等의 火山岩類, 寄生火山에서 噴出된 火山碎屑物等으로 構成되어 있다(元, 1976)(Fig. 1). 또한 濟州島는 西쪽으로 海底火山帶와 連結되며(Frazier et al., 1976), 濟州火山體 下位에는 第三紀 後期와 그 以後의 火山活動 期間에 形成된 同源마그마起源의 深成岩類가 자리하는 것으로 알려졌고(Koo et al., 1970; Bosum et al., 1971), 北西—南東方向의 높은 磁力異狀帶는 基盤岩이 얕거나 堆積物 下位에 新期火山岩類가 分布하고 있음을 暗示하는 것으로 알려졌다.

調査地域을 包含하는 東支那海는 대체로 北東—南西方向으로 배열된 黃海盆地, 타이완盆地, 오끼나와谷盆 및 류구海溝 等의 海底盆地들과 福建—嶺南陸塊와 타이완—신지褶曲帶 等의 隆起部로 構成된다(Wageman et. al., 1970)(Fig. 2). 특히 調査地域 西部를 가로지르는 福建-嶺南陸塊는 韓半島의 嶺南陸塊와 中國南東部의 福建陸塊을 連結하는 海底延長部로서 南쪽과 北쪽으로 向함에 따라 堆積物의 層厚는 두꺼워져 2,000m 以上에 달한다. 이러한 隆起部들은 主로 中國東部와 韓半島에서 由來 供給된 堆積物을 모으는 提坊의 役割을 하여(Emery and Niion, 1964); Emery et al.,1969; Wageman et al., 1970) 陸地 起源堆積物로 채워진 黃海盆地, 타이완盆地 및 오끼나 谷盆 等이 차례로 形成된 것으로 밝혀졌다.

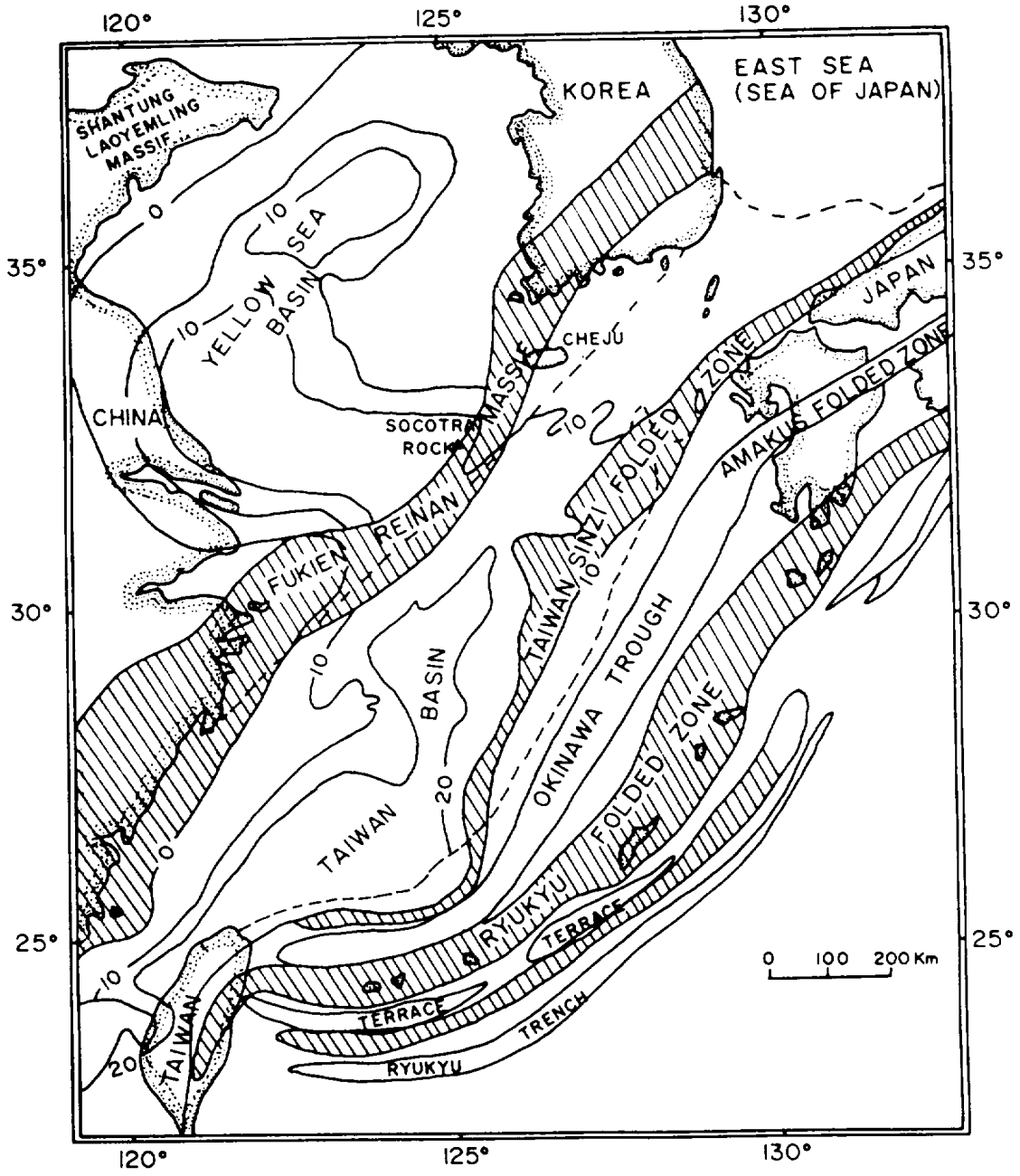

Fig. 2. Major structural zones of the East China Sea and vicinty(after Wageman et al., 1970).

III. 研究方法

III-1. 試料採取

本 大學 實習船 제주401호 및 제주402호를 利用, 1985年 4月, 8月, 그리고 1986年 1月에 걸쳐 調査地域 堆積物試料 採取를 實施하였다. 試料採取에는 van veen grab sampler를 使用하였고, 位置決定은 로—런(Loran)을 利用하였으며, 格子式方法으로 總 60個의 試料를 採取하였다. 또한 試料採取와 並行하여 音響測深器機로 水深測定도 實施하였다.

III-2. 室內研究

III-2-1. 粒度分析

堆積物의 粒度分析을 위하여 試料 40~50 g을 取해 Decantion 方法에 依해 溶解性 鹽分을 除去하고, Jackson et al.,(1949)의 方法에 따라 試料를 10%H_2O_2, 10%HCl로 處理하였다. 이 試料를 0.0625mm(230 mesh)의 체를 利用하여 粗粒部와 細粒部로 나눈후, 粗粒部는 1 ϕ 간격으로 sieve shaker를 使用하여 乾式체질한 후에 粒度別 重量百分率을 求하였고, 細粒部는 Galehouse(1971)의 pipette 方法에 依해 1 ϕ 간격으로 分析한 후에 粒度別 重量百分率을 求하였다. 이 結果를 Folk와 Ward(1957)의 graphic method에 따라 組織標準値를 計算하였다.

III-2-2. 炭酸鹽 및 總 有機物 含量 分析

1. 炭酸鹽 含量 分析

110℃에서 乾燥시킨 堆積物試料 2g에 증류수 10ml를 첨가하고 0.1N HCl 5 ml를 넣어 反應을 촉진시킨다. pH시험지에 强酸으로 나타날때까지 계속 鹽酸을 첨가시키고, 반응이 끝나면 초과酸을 조심스럽게 딸아낸뒤 증류수로 세척하여 110℃에서 完全히 乾燥시킨후 원무게에 대한 百分率로 나타내었다.

2. 總 有機物 含量 分析

110℃에서 24시간 이상 完全히 乾燥시킨 堆積物試料를 粉末化하여 이중 3 g을

사기도가니에 넣은뒤, 이 도가니를 電氣爐에 넣어 1시간 30분 동안 550℃로 加熱한후 무게損失量을 원무게에 대한 百分率로 나타내었다.

III-2-3. 地化學的 硏究

地化學的 元素成分의 分析을 위해 堆積物試料를 60℃ 乾燥器內에서 24시간 동안 完全히 乾燥시킨후, 조개껍질, 자갈, 나무토막 等을 除去하고 手動粉末機에 넣어 곱게 破碎한 다음 100 mesh 非金屬性體로 친후, 1.0g의 試料를 取하여 30ml pyrex 시험관에 넣어 王水(HCl : HNO_3=3 : 1) 10ml를 加한 다음, 85~90℃ water bath에서 約 60분간 처리하였다(Johansson, 1975). 다시 各 시험관에 증류수 10ml씩을 加하고 잘 混合한 후에 室溫에서 하룻밤 放置하고, 다음날 上層液을 取하여 原子吸收分光機(Pye unicam, SP 9)를 使用 各 元素의 含量을 測定하였다. Cu, Co, Pb, Ni, Ag, Zn, Cr은 위의 溶液을 稀釋 또는 濃縮하지 않고 공기—아세칠렌불꽃에 噴霧하여 吸光度를 測定하였으며, Mn은 100배, Na는 1,000배, Mg와 Al은 2,000배, Fe는 10,000배, Ca는 20,000배를 各各 희석하여 Mn, Mg, Fe, Na은 공기—아세칠렌불꽃에, Al, Ca는 질소—아세칠렌불꽃에 분무하여 吸光度를 測定하였다. 이때 使用된 吸收波長은 各各 Cu : 324.0nm, Pb : 217.0nm, Co : 240.7nm, Ni : 232.0nm, Zn : 213.9nm, Mn : 279.5nm, Cr : 357.9nm, Fe : 248.3nm, Al : 309.3nm, Ca : 422.7nm, Mg : 285.2nm, Ag : 328.1nm, Na : 589.0nm 이다.

III-2-4. 鑛物分析

1. 輕鑛物 分析

粒度分析한 試料中에서 細粒砂(2 ~ 3ϕ)를 比重 2.89인 Bromoform($CHBr_3$) 重液에 넣은후 分離깔대기로 重鑛物과 輕鑛物을 分離하였다(Blatt and Sutherland, 1969). 分離된 輕鑛物은 Lake Side #70으로 slide glass에 붙힌 다음, Baily와 Stevens(1960) 着色法에 따라 47% 弗化水素酸에 15分間 蝕刻시킨후, 5% 염화바륨에 3초, 20% Sodiumcobaltinitrite에 3초, 0.25% redizonate에 各各 2分間씩 넣었다가 着色된 色에 따라 K-長石, Na-Ca長石, 石英, 岩片 등으로 區分 200個의 粒子를 顯微鏡下에서 計數하여 百分率로 表示하였다. 또한 石英粒子를 대상으로 圓磨度를 測定하였는데, 圓磨度의 等級決定은 Shepard와 Young(1961)의 六等級모델을 利用하였다.

2. 粘土鑛物 分析

粘土鑛物 分析을 위하여 細粒質堆積物試料 4個를 選擇하여, Grim et al.(1949)과 biscaye(1965)의 方法에 따라 處理하였다. 즉, 試料에 包含된 鹽分을 除去하기 위하여 증류수로 세척한뒤, 6% H_2O_2溶液으로 4내지 6일간 處理하여 有機物質을 除去하였다. 그후 0.1N HCl 溶液을 첨가하여 反應이 없을때까지 處理하여 炭酸鹽을 除去하였다. 이를 다시 증류수로 세척하여 鹽酸을 除去한뒤 2μm이하의 微細粒質堆積物을 피펫으로 분리하여 원심분리기로 농축시켜, slide galss에 얇게 발라 大氣中에서 말린후 無處理正常試料, ethylenglycol 處理試料 및 熱處理試料(550℃, 1h)를 各各 준비하여 X-線廻折分析機(Philips, PW 1730)를 使用, 준비된 試料에 대한 Diffratogram을 求하였다. 이때 機械使用條件은 40Kv20mA이었으며, 走査速度를 모든 slide에(untreated, ethylenglycolated, heated) 대하여 2°2θ/min로 하여 30~45°까지 分析하였다. 本 分析은 韓國動力資源研究所 鑛物分析室에서 遂行되었음을 밝혀둔다.

IV. 結　　果

IV-1. 測深資料分析

試料採取와 並行되어 實施된 測深資料를 綜合한 結果(Fig. 3), 調査海域 南東쪽으로 向함에 따라서 水深은 140～160 m 로 점진적으로 깊어지는 傾向을 보이나 南西쪽으로 向함에 따라서는 90～100m 로 점차 얕아지는 傾向을 보인다. 또한 濟州島周邊은 80～100 m 의 水深을 보이고, 中央部에는 水深이 120～130 m 로 周圍보다 약간 낮은 오목한 盆地도 보여진다.

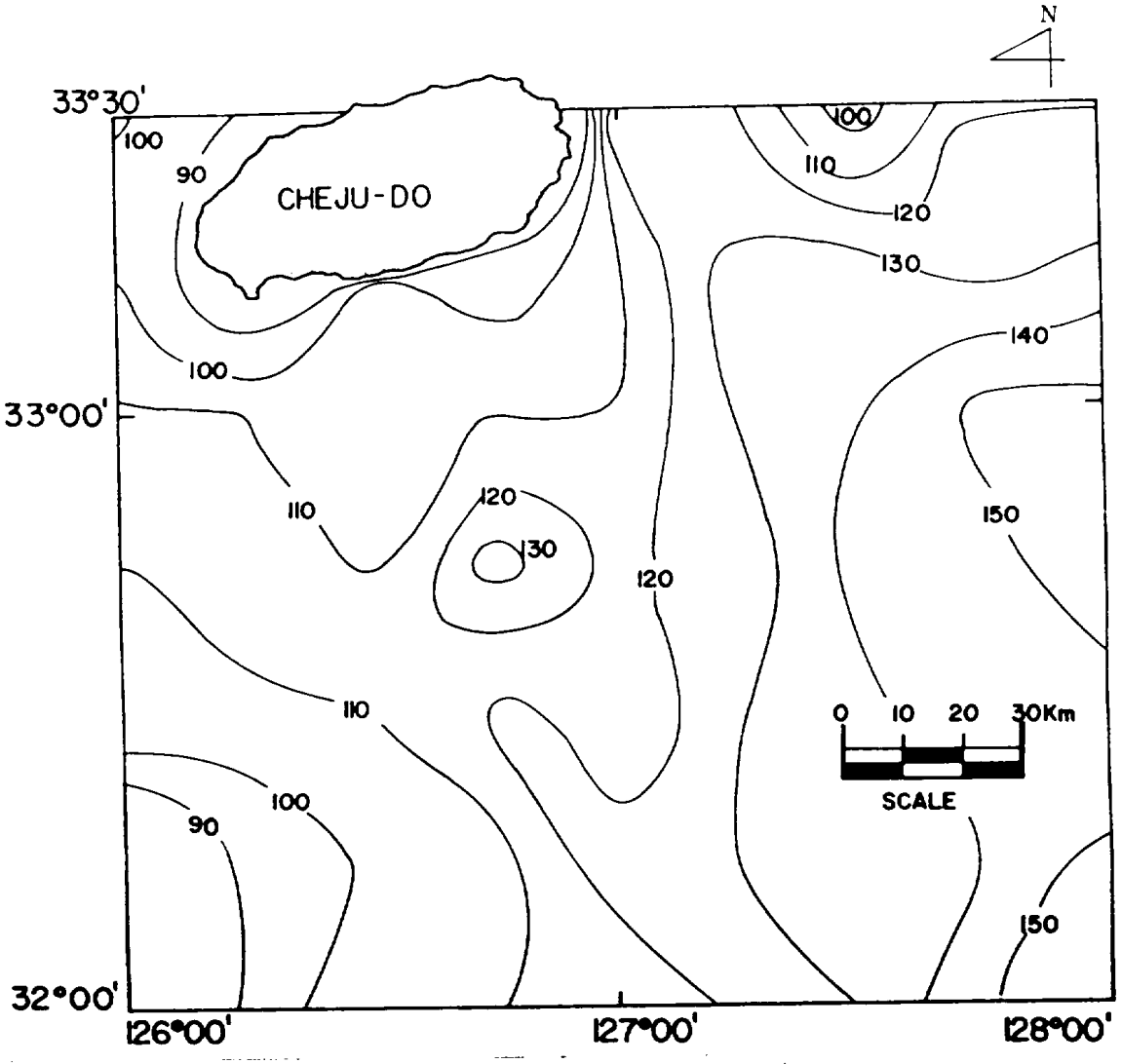

Fig. 3. Bathymetric map of the study area(depth in meters).

Table 1. Weight percentage of sediment compostion and monent parameters

St·No	Granule	Sand	Silt	Clay	Classification	Mean	Sorting	Skewness	Kurtosis
1		37.59	27.59	34.48	sM	4.57	2.74	0.34	0.55
2	1.42	59.15	29.52	9.9	(ℊ)mS	1.3	2.48	0.67	0.96
4	1.24	63.25	7.83	7.62	(ℊ)mS	1.53	0.83	0.94	0.51
5	4.52	70.48	18.06	6.95	(ℊ)mS	1.83	3.80	0.33	3.45
6	0.29	84.78	6.88	5.74	(ℊ)mS	1.47	1.91	0.35	3.70
7	1.65	52.15	33.00	13.20	(ℊ)mS	1.99	3.68	0.45	0.49
8		91.54	3.89	4.55	S	2.46	3.42	0.64	0.70
9	0.38	78.54	6.02	15.06	(ℊ)mS	1.27	3.32	0.56	2.24
10		93.59	4.25	2.12	S	1.01	1.13	0.14	2.57
11		90.66	4.42	4.92	S	2.83	2.80	0.61	2.56
12		48.28	16.90	34.80	sC	4.41	2.92	0.54	0.52
13	1.45	55.55	12.26	30.74	(ℊ)mS	1.17	2.56	0.53	0.49
14	0.34	66.31	9.85	23.49	(ℊ)mS	1.74	3.11	0.74	0.85
15	0.95	75.78	4.53	18.73	(ℊ)mS	1.26	2.88	0.42	4.17
16	0.27	65.46	9.26	25.27	(ℊ)mS	3.86	3.35	0.49	1.83
17		83.52	5.92	10.56	mS	3.23	2.70	0.82	1.53
18		65.12	24.85	9.82	zS	2.29	1.85	0.76	1.83
19	2.75	37.93	20.12	39.19	(ℊ)mS	1.93	3.48	0.22	0.52
20		62.33	14.48	23.17	mS	4.27	3.31	0.76	0.67
21	2.59	53.77	19.34	24.50	(ℊ)mS	1.49	3.74	0.46	0.77
22	1.31	65.05	13.70	19.93	(ℊ)mS	1.90	3.33	0.55	1.16
23		82.01	7.40	10.58	mS	2.83	2.31	0.52	2.83
24		91.53	3.90	4.55	S	2.14	1.25	0.28	3.74
25		91.67	3.60	4.71	S	2.10	1.51	0.15	2.49
26		91.80	3.41	4.78	S	2.03	1.18	0.57	2.67
27		89.01	5.07	5.91	mS	2.43	1.62	0.47	3.33
28	1.57	84.95	3.59	9.88	(ℊ)mS	1.38	1.86	0.66	3.26
29		79.99	6.25	13.76	cS	2.73	3.01	0.64	2.71
30		87.83	4.05	8.11	cS	2.51	1.73	0.46	2.59

St·No	Granule	Sand	Silt	Clay	Classification	Mean	Sorting	Skewness	Kurtosis
31	0.23	66.9	11.26	21.59	(g)mS	1.86	3.33	0.79	0.75
32		75.89	1.57	16.53	cS	3.40	2.92	0.87	1.73
33		37.49	22.56	40.00	sM	5.77	3.38	0.37	0.46
34		53.61	13.14	33.24	cS	4.24	3.25	0.77	0.47
35		57.20	12.22	30.56	cS	4.18	3.26	0.81	0.49
36		31.45	23.00	44.65	sC	5.44	3.29	0.77	0.46
37		52.90	19.30	27.79	mS	4.2	3.32	0.79	0.46
38		60.21	14.21	25.58	mS	4.06	3.43	0.74	0.63
39		72.78	16.71	10.52	mS	2.2	2.2	0.69	1.72
40		85.25	4.43	10.31	mS	3.12	2.91	0.37	1.77
41		76.76	6.54	16.70	cS	3.30	2.84	0.81	3.25
42	0.38	88.60	6.2	4.82	(g)mS	1.9	1.43	0.44	2.49
43		86.40	5.44	8.16	mS	3.78	1.73	0.43	2.99
44		86.98	4.96	8.05	mS	1.45	1.71	0.31	3.81
45		64.13	9.92	25.92	cS	3.82	3.26	0.79	0.63
46		65.18	13.63	21.2	mS	3.67	3.02	0.78	0.69
47		85.06	5.68	9.95	mS	1.88	1.62	0.5	2.92
48		83.02	5.18	11.81	mS	1.87	2.02	0.62	3.45
49		23.9	19.86	56.19	sC	6.18	3.28	0.54	0.63
50		22.04	27.62	50.31	sM	6.33	2.9	0.45	0.63
51		51.56	15.83	32.54	cS	4.53	3.18	0.84	0 52
52		16.02	26.84	57.08	sC	6.68	2.87	0.72	0.82
53		13.62	28.44	57.88	sC	6.95	2.76	0.26	0.82
54		15.71	22.14	61.83	sC	6.25	1.61	0.12	1.85
55		14.78	22.86	62.29	sC	6.53	1.04	0.31	1.39
56		62.91	20.58	16.46	mS	3.46	2.34	0.54	0.72
57		73.06	9.38	17.52	mS	3.25	2.94	0.46	1.47
58		85.46	9.37	5.11	mS	1.53	2.03	0.34	2.44
59		85.75	5.69	8.54	mS	1.52	1.78	0.59	3.71
60		89.62	4.44	5.92	mS	1.55	1.50	0.50	2.89
61		93.1	5.16	1.72	S	1.21	1.03	0.90	1.79
					Range	1.01–6.95	0.83–3.74	0.22–0.90	0.46–4.17

IV-2. 粒度分析

IV-2-1. 粒度分布

粒度分析에 依한 百分率度數分布로부터 graphic method에 따라 平均値, 標準偏差, 歪度, 尖度 等의 組織標準値를 計算하였고, Folk(1968)의 Ternary diagram에 依한 堆積物類型도 分類하였다(Table 1).

Folk의 三角圖에 依한 本 域 堆積物의 分布는 muddy sand, slightly gravelly muddy sand, sand, clayey sand, sandy clay, sandy mud 等 7 個의 textural classes로 構成되어 있는데, muddy sand, slightly gravelly muddy sand, sand 等이 主를 이루고 있다. 이들의 平均組成을 살펴보면, slightly gravelly muddy sand는 granule : 1.34%, sand : 68.11%, mud : 30.55%이고 sand는 sand : 91.98%, silt : 4.12%, clay : 3.90, muddy sand는 sand : 77.30%, silt : 9.55%, clay : 13.15%, silty sand는 sand : 65.12%, silt : 24.85%, clay : 9.82%, sandy clay는 sand : 23.40%, silt : 22.90%, clay : 53.70%, clayey sand는 sand : 68,37%, silt : 9.44%, clay : 22.17%, sandy mud는 sand :32.40%, silt : 25.92% clay :41.60% 이다.

한편, 本 域 堆積物의 類型分布(Fig. 4)를 보면, 濟州島周邊을 비롯하여 調査地域 南東部地域은 slightly gravelly muddy sand, and, muddy sadn 等 sand size의 粗粒質이 優勢한 分布를 보이는 반면, 南西部는 muddy sand, clayey sand, sandy mud 等 粗·細粒質이 混合된 分布를 보이는데 특히, 北緯 32°~32°15′, 東經 126°30′의 濟州島 南西쪽 끝에는 mud patch가 小規模의 分布를 보이고, 濟州島 東쪽 沿岸에는 rocky bottom도 存在한다. 全般的으로 볼때, 本 域의 南東部에는 粗粒質이 主로 分布하고, 南西部에는 粗·細粒質이 混合된 分布를 하고있어 複雜한 堆積環境임을 推定케 한다.

本 域 堆積物의 類型別 累積粒度分布 曲線은 Fig. 5, 6과 같다. 曲線의 傾斜가 대체로 緩慢하여 分級이 좋지 않음을 알 수 있다. 또한 slightly gravelly muddy sand는 -2ϕ와 8ϕ에서 屈節하는 3개의 population을 보이는데, traction population이 차지하는 比率은 全體의 약 2%, saltation population은 약 97%, suspension은 약 1%로 나타나 대부분이 saltation population 形態로 運搬·堆積된 것으로 보여진다. 나머지 sand size의 粗粒質類型들도 3개의 population을 보이는데, traction population은 全體의 약 0.5~1.0%, saltation population은

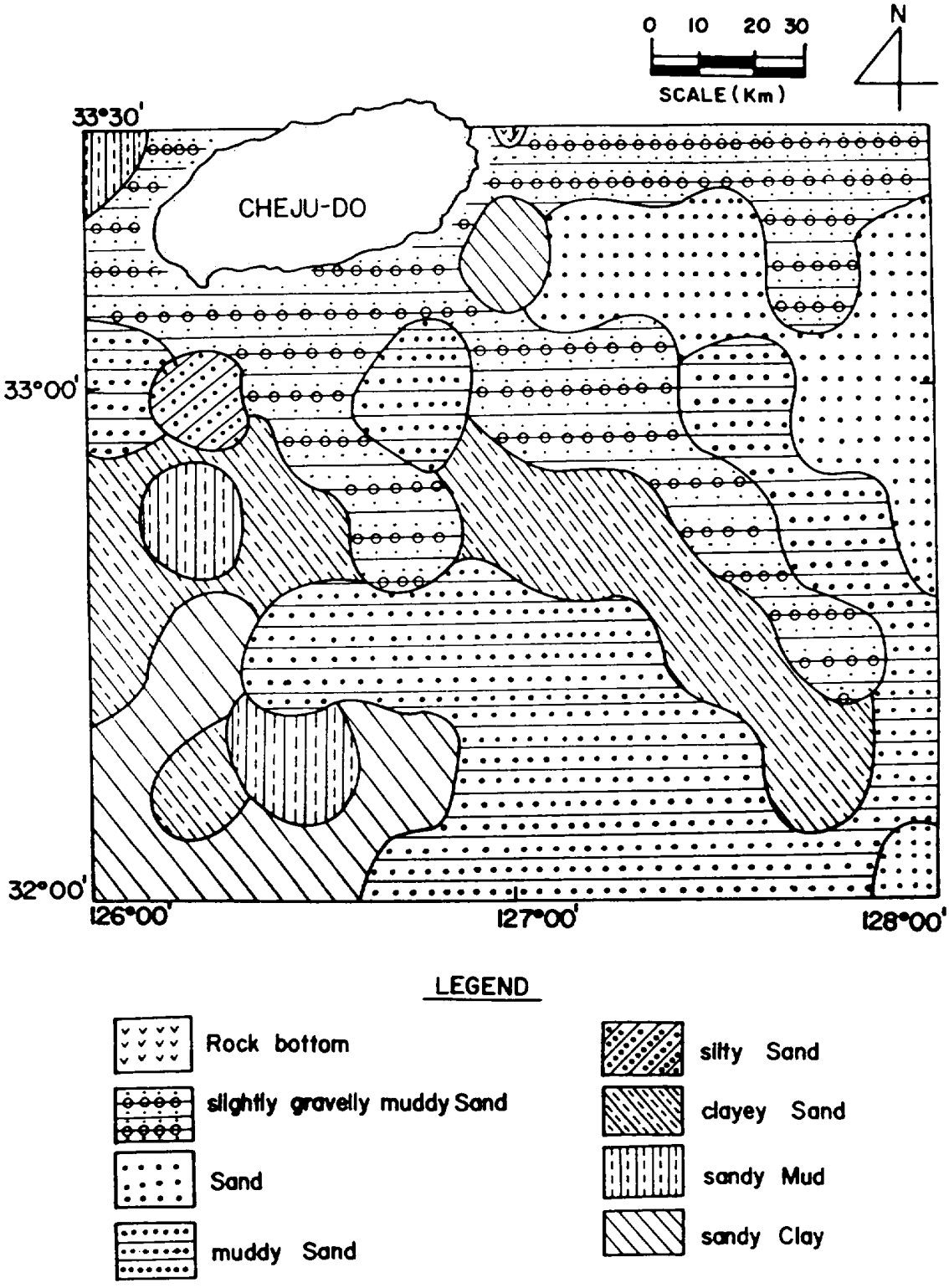

Fig. 4. Distribution of surface sediment type.

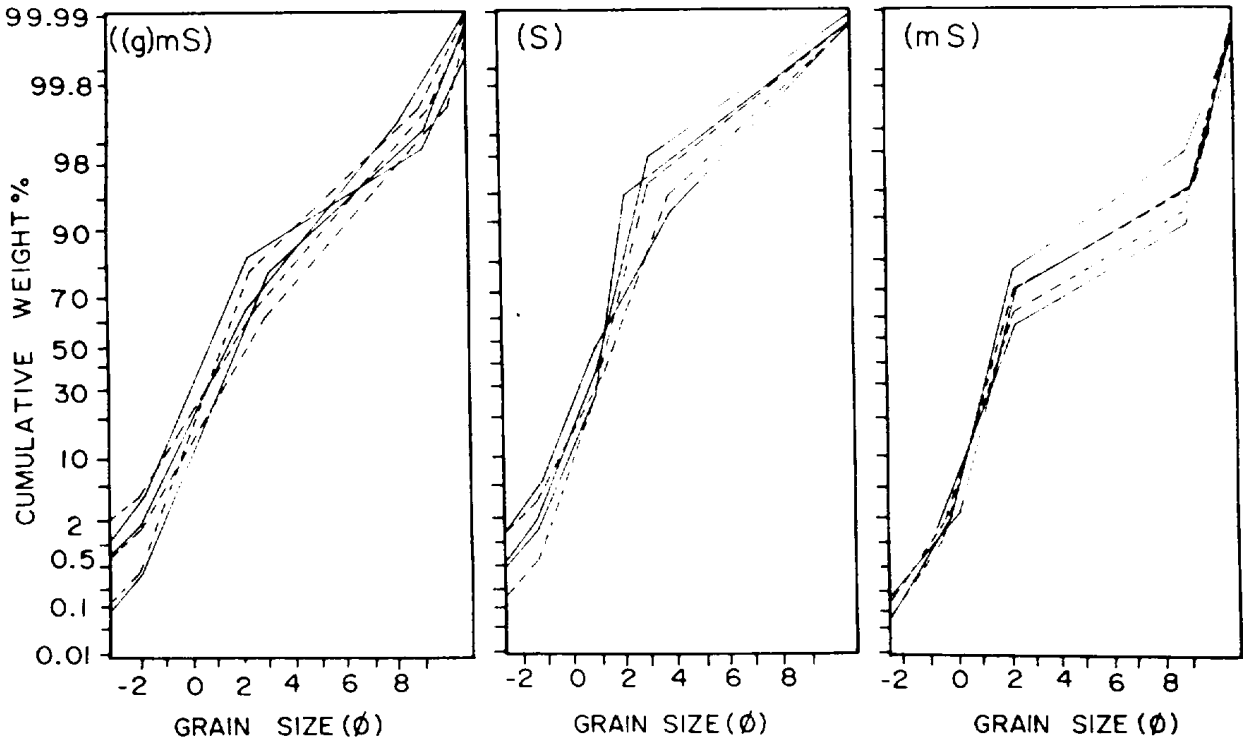

Fig. 5. Cumulative curve showing grain-size of various textural classes.

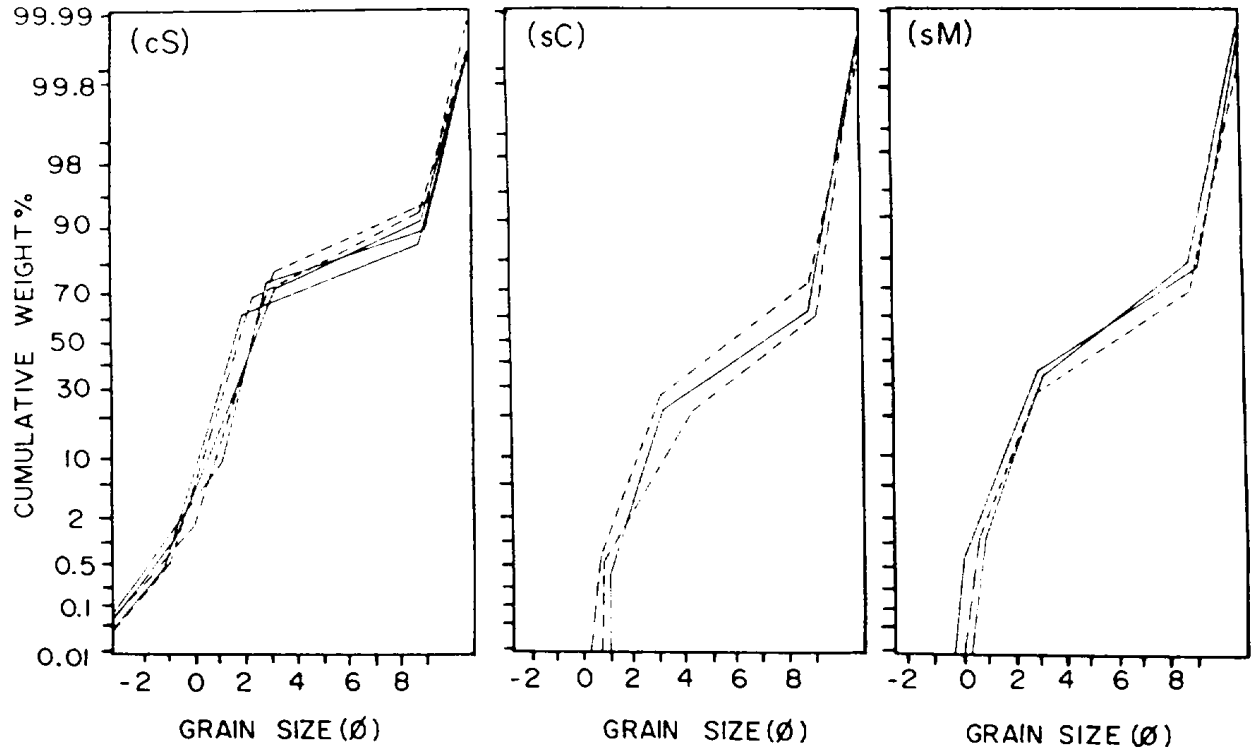

Fig. 6. Fig. 5. continued.

약 88~94%, suspension population은 약 5~11%로 나타나 이들도 역시 主로 saltation population의 支配를 받은 것으로 보여진다. 그러나 sandy clay 및 sandy mud는 2개의 population을 보이는데, saltation population이 차지하는 比率은 全體의 약 60~75%, suspension population은 약 25~40%로 위의 類型들과는 다소 다른 運搬形態를 보인다.

또한, Passega(1964)의 C. M diagram에서도(Fig. 7) Slightly gravelly muddy sand를 비롯한 sand size의 粗粒質은 rolling이나 bottom suspension & rolling의 形態로, mud size의 細粒質은 graded suspension no rolling 및 uniform suspension의 形態로 運搬된 것으로 나타나 累積分布曲線上에서의 運搬形態와도 다소 一致하는 傾向을 보인다.

한편, 石英粒子를 對象으로 圓磨圖를 관찰한 結果(Table 2), 調査地域의 堆積物의 圓磨圖는 very angular~rounded까지 多樣한 편이나 subangular가 主를 이루고 있다. 이를 細分하면 濟州島沿岸地域에서는 主로 angular~subangular하고, 濟州島 周邊海域에서 멀어짐에 따라 subangular~subrounded한 傾向을 보여준다.

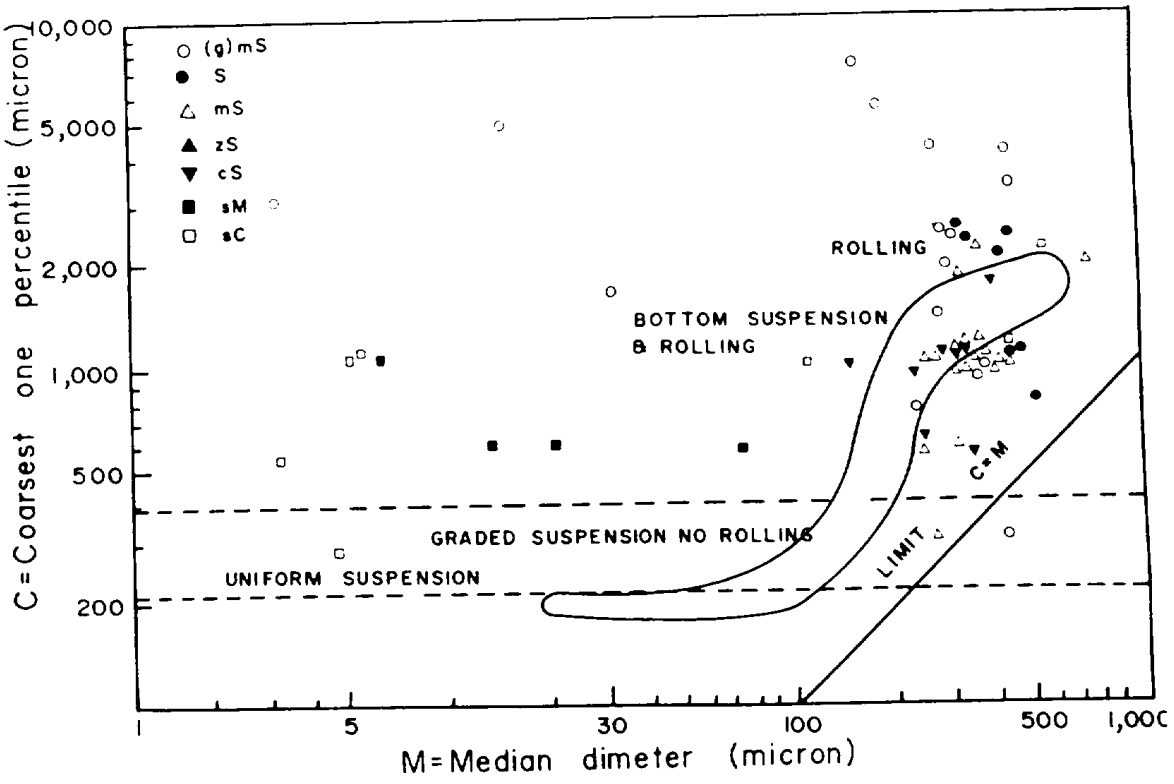

Fig. 7. CM plot of surface sediment samples on Passega diagram.

Table 2. Grade of Roundness

St·No	well-rounded (%)	rounded(%)	subangular (%)	angular(%)	angular(%)	very angular(%)
1	-	-	-	-	30.69	69.30
2	-	-	3.00	2.00	30.00	65.00
4	-	-	-	12.20	43.09	44.72
5	-	-	1.83	20.18	43.12	34.86
6	-	-	2.42	25.00	48.39	24.19
7	-	-	3.97	21.43	53.97	20.63
8	-	-	-	13.91	53.91	32.17
9	-	-	8.73	17.46	46.03	27.78
10	1.12	7.82	12.29	18.99	35.79	24.02
11	-	-	-	19.27	44.95	35.78
12	-	-	-	9.65	52.63	24.02
13	-	-	0.95	7.62	41.90	35.78
14	-	-	-	0.83	27.27	37.72
15	-	-	-	2.46	49.18	49.52
16	-	-	1.63	12.20	50.41	71.90
17	-	-	-	1.55	47.29	48.36
18	-	-	-	2.88	41.35	35.77
19	-	-	-	-	67.31	51.16
20	-	-	3.16	25.95	51.90	55.77
21	-	-	4.71	32.5	52.50	32.69
22	-	-	15.83	34.53	44.60	18.99
23	-	10.91	27.27	37.27	23.64	10.83
24	-	4.72	35.43	44.09	15.75	5.04
25	-	3.18	33.12	49.04	14.65	0.91
26	-	1.31	26.40	50.33	22.22	-
27	-	9.38	26.25	48.75	15.63	-
28	-	5.00	32.00	41.00	20.00	-
29	-	9.56	31 62	44.12	14.71	-
30	-	4.79	18.56	49.10	27.54	2.00
31	-	3.12	22.5	45.63	28.12	-

St·No	well-rounded(%)	rounded(%)	subangular(%)	angular(%)	angular(%)	very angular(%)
32	-	1.24	21.11	0.31	27.33	-
33	-	-	1.42	19.86	65.25	13.48
34	-	1.91	24.20	49.04	24.84	-
35	-	8.33	32.74	50.60	8.33	-
36	-	5.26	30.08	52.63	12.03	-
37	-	6.21	31.72	55. 7	6.90	-
38	-	15.19	36.71	40.51	7.59	-
39	-	1.32	31.79	50.33	16.56	-
40	-	3.28	16.94	49.18	30.60	-
41	-	4.17	25.00	47.22	23.61	-
42	-	2.04	27.89	46.26	22.45	1.36
43	-	-	20.16	42.74	37.10	-
44	-	0.64	9.55	42.04	43.31	4.46
45	-	2.86	25.14	47.43	24.00	0.57
46	-	2.19	15.33	42.43	38.69	1.46
47	-	-	28.48	50.33	21.19	-
48	0.75	2.24	27.61	45.52	23.88	-
49	0.69	5.56	26.39	48.61	18.75	-
50	-	1.32	29.61	54.61	21.05	-
51	-	3.18	17.20	52.87	26.75	-
52	-	1.69	27.68	48.02	20.90	-
53	-	2.76	23.76	47.51	25.97	-
54	-	5.88	16.47	50.59	27.06	-
55	-	-	17.70	45.13	36.28	0.88
56	-	6.67	18.67	46.67	27.33	0.67
57	-	-	6.43	40.71	48.57	4.29
58	-	2.50	19.38	47.50	30.63	-
59	-	1.80	13.18	52.70	32.34	-
60	-	1.45	12.32	49.28	36.96	-
61	-	-	18.71	48.92	32.37	-
average	0.04	2.49	16.08	35.08	32.62	13.78

IV-2-2. 組織標準値들간의 相關關係

調査地域 堆積物의 平均粒度는 1.01~6.95ϕ로 medium sand~medium silt에 해당하였고, 分級度는 1.03~3.74ϕ(平均 2.53ϕ)로 대체로 不良하며, 歪度는

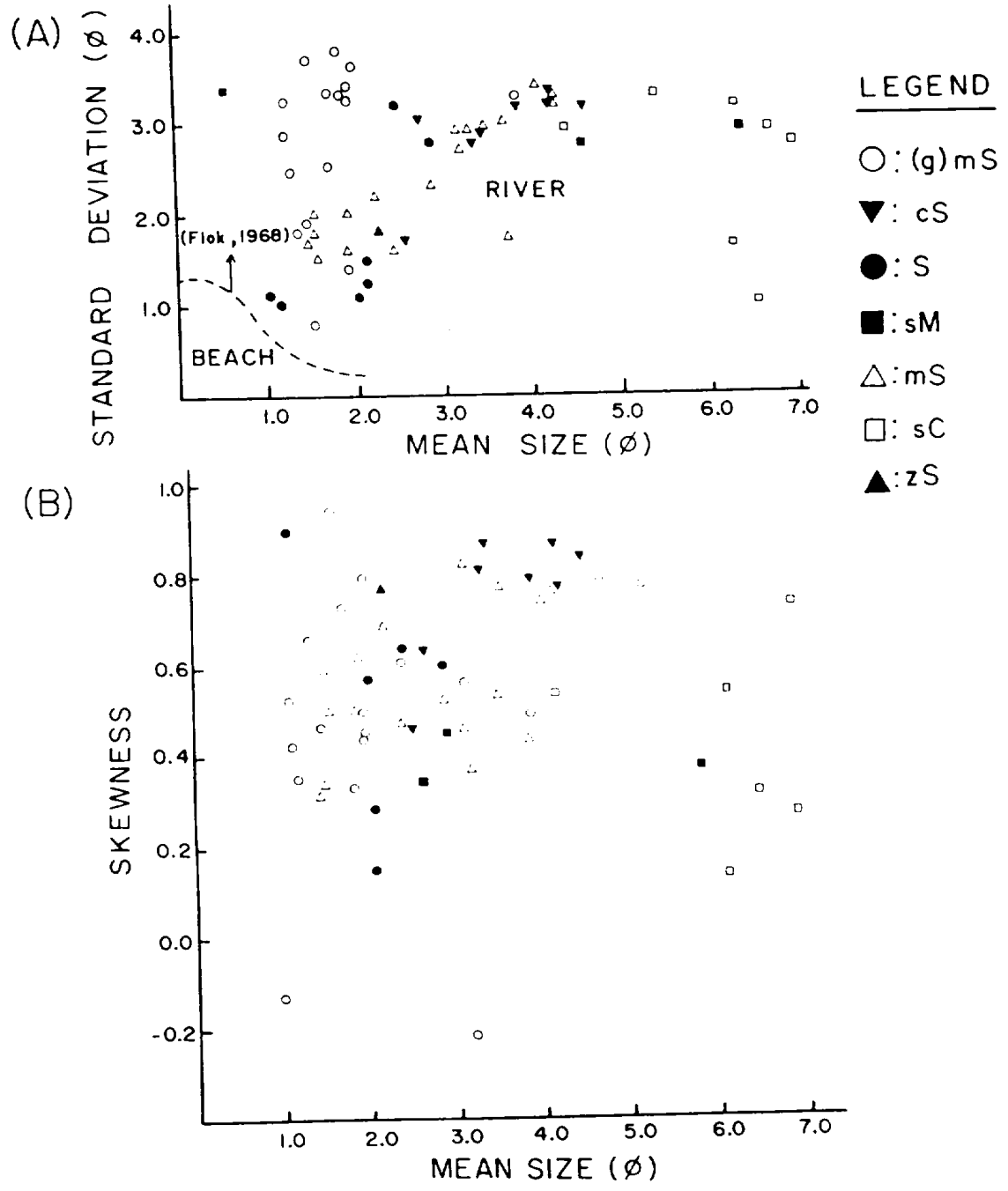

Fig. 8. Scatter diagram of the various grain-size statical parameters.

negative skewed 값을 갖는 두 지점을 제외하고는 모두 positive skewed 한 값을 갖는다. 尖度는 0.46~4.17ϕ로 platykurtic~leptokurtic 까지 多樣한 값을 보인다.

平均粒度 對 分級度와의 相關關係(Fig. 8-A)를 보면, 粗·細粒質을 막론하고 分級度는 不良하며, Folk(1968)의 環境基準에 따르면 河成領域에 속한다. 平均粒度 對 歪度와의 相關關係(fig. 8-B)는 粒度의 크기에 관계없이 主로 positive 한 傾向을 보인다. 分級度와 歪度와의 相關關係(Fig. 9-A)에서는 Friedman(1967)의 基準에 따르면 河成領域에 plot 되고 있다. 또한 平均粒度 對 尖度와의 關係(Fig. 9-B)는 粒度의 類型에 관계없이 platykurtic~ leptokurtic 까지 多樣하여 複雜한 堆積環境인 것으로 思料된다.

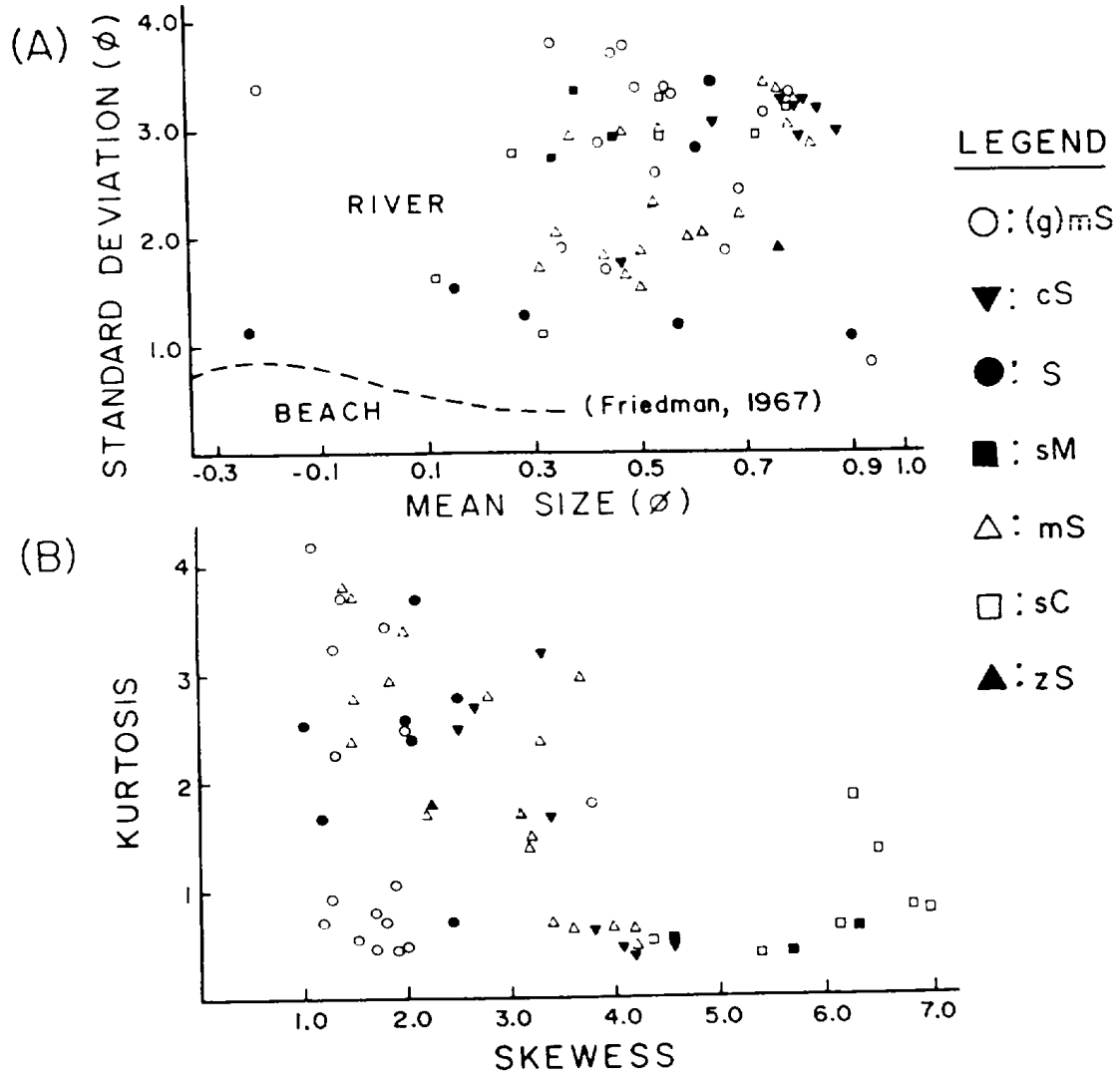

Fig. 9. Fig. 8. continued.

Table 3. Calcium carbonate and Total organic matter content of weight percentage

Sample No	Mean (Mz)	Calcium carbote(%)	Total organic matter(%)
1	4.57	20.05	21.20
2	1.3	23.0	3.47
4	1.53	25.20	1.35
5	1.83	13.25	3.49
6	1.47	22.91	3.10
7	1.99	16.31	4.19
8	2.46	22.70	4.93
9	1.27	23.61	3.80
10	1.01	12.88	2.71
11	2.83	25.19	6.28
12	4.41	7.34	16.36
13	1.17	18.78	10.66
14	1.74	29.0	3.50
15	1.26	20.0	3.09
16	3.86	37.0	4.74
17	3.23	15.88	4.38
18	2.29	22.13	4.73
19	1.93	34.25	8.43
20	4.27	51.46	8.88
21	1.49	25.52	6.78
22	1.90	22.75	6.06
23	2.83	52.97	4.75
24	2.14	28.27	2.35
25	2.10	52.79	4.75
26	2.03	70.82	2.61
27	2.43	65.73	3.65
28	1.38	47.12	3.59
29	2.73	40.53	9.95
30	2.51	37.54	3.03
31	1.86	37.45	6.86
32	3.40	34.32	8.64

Sample No	Mean (Mz)	Caleium carbote(%)	Total organic matter (%)
33	5.77	13.24	15.29
34	4.24	14.28	11.29
35	4.18	18.12	8.69
36	5.44	11.64	7.89
37	4.20	34.55	6.14
38	4.06	37.16	6.36
39	2.20	35.16	6.58
40	3.12	37.65	6.29
41	3.30	37.43	4.23
42	1.90	23.45	3.25
43	3.78	47.47	6.21
44	1.45	28.0	8.13
45	3.82	24.0	4.95
46	3.67	20.0	4.88
47	1.88	37.0	3.22
48	1.87	19.5	2.8
49	6.18	6.0	5.21
50	6.33	12.5	8.25
51	4.53	16.5	17.68
52	6.68	14.0	10.29
53	6.95	11.0	11.17
54	6.25	13.5	14.95
55	6.53	12.5	13.50
56	3.46	14.0	5.13
57	3.25	23.0	7.29
58	1.53	53.5	6.73
59	1.52	37.0	5.53
60	1.55	42.5	4.86
61	1.21	47.0	6.24
Range	1.01 — 6.95	6.0 — 70.82	1.35 — 21.20
Average		26.99	6.70

IV-3. 炭酸鹽 및 總 有機物 含量

調査地域 堆積物中의 炭酸鹽 및 總有機物 含量은 Table 3 과 같다. 炭酸鹽 含量은 6.0~70.82%, 平均 26.99%인데 濟州島 周邊 및 南東部 粗粒質分布 地域이 30~60%로 南西部 10~20%보다 약 3배 정도 높다 (Fig. 10). 總有機物 含量은 1.35~21.20%, 平均 6.70%인데 濟州島 周邊 및 南東部地域이 1~8%로 南西部

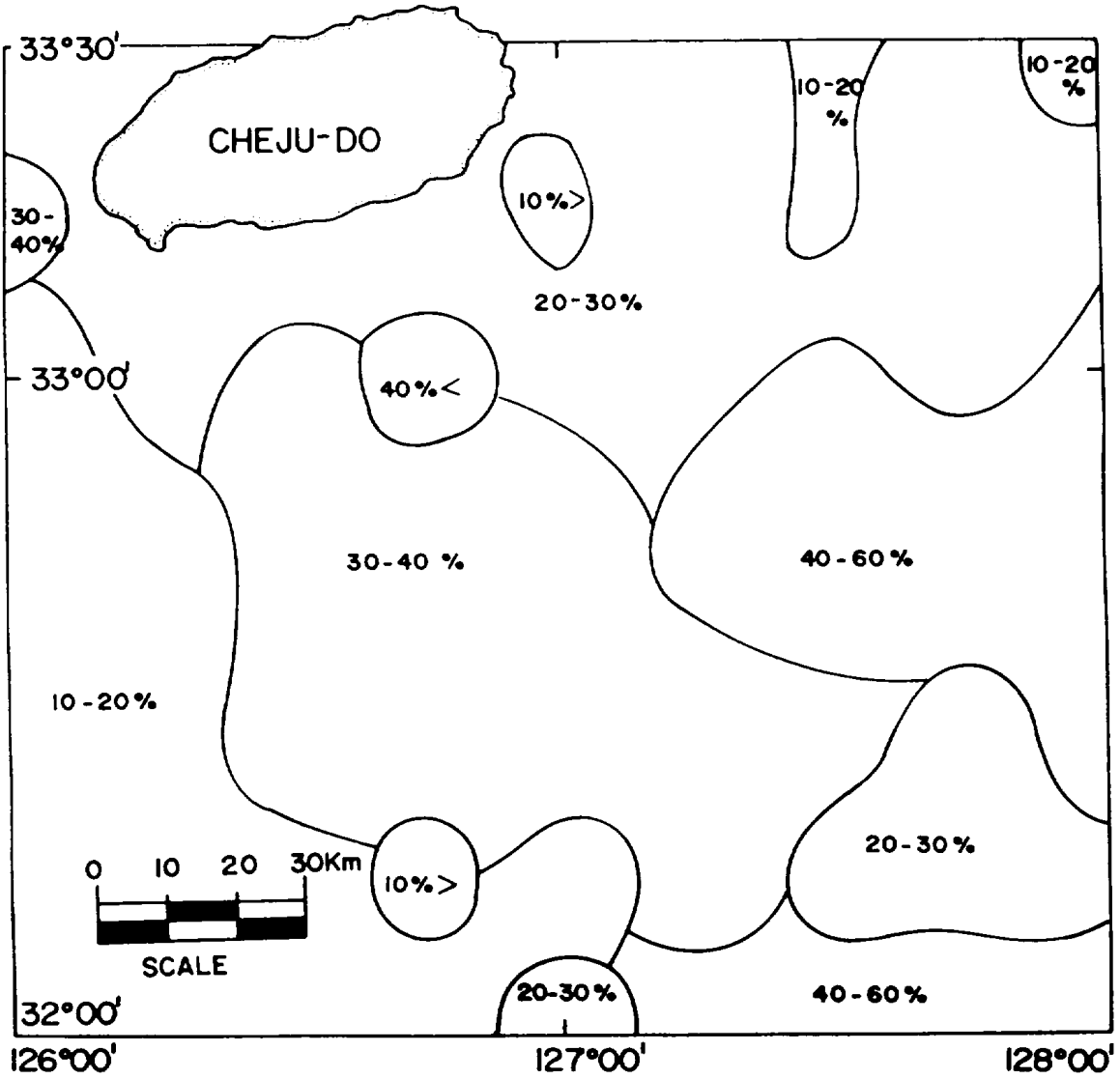

Fig. 10. Calcium carbonate content distribution of the sediment.

地域 8～20%에 比해 약 1.5배 정도 낮은 含量을 보여 炭酸鹽 含量 分布와는 相反된 分布傾向을 보인다(Fig. 11). 즉 炭酸鹽 含量은 堆積物의 粒度分布狀態와 대체로 一致하는 경향을 보이나, 總有機物 含量은 이와는 다소 相反되 경향이 있다.

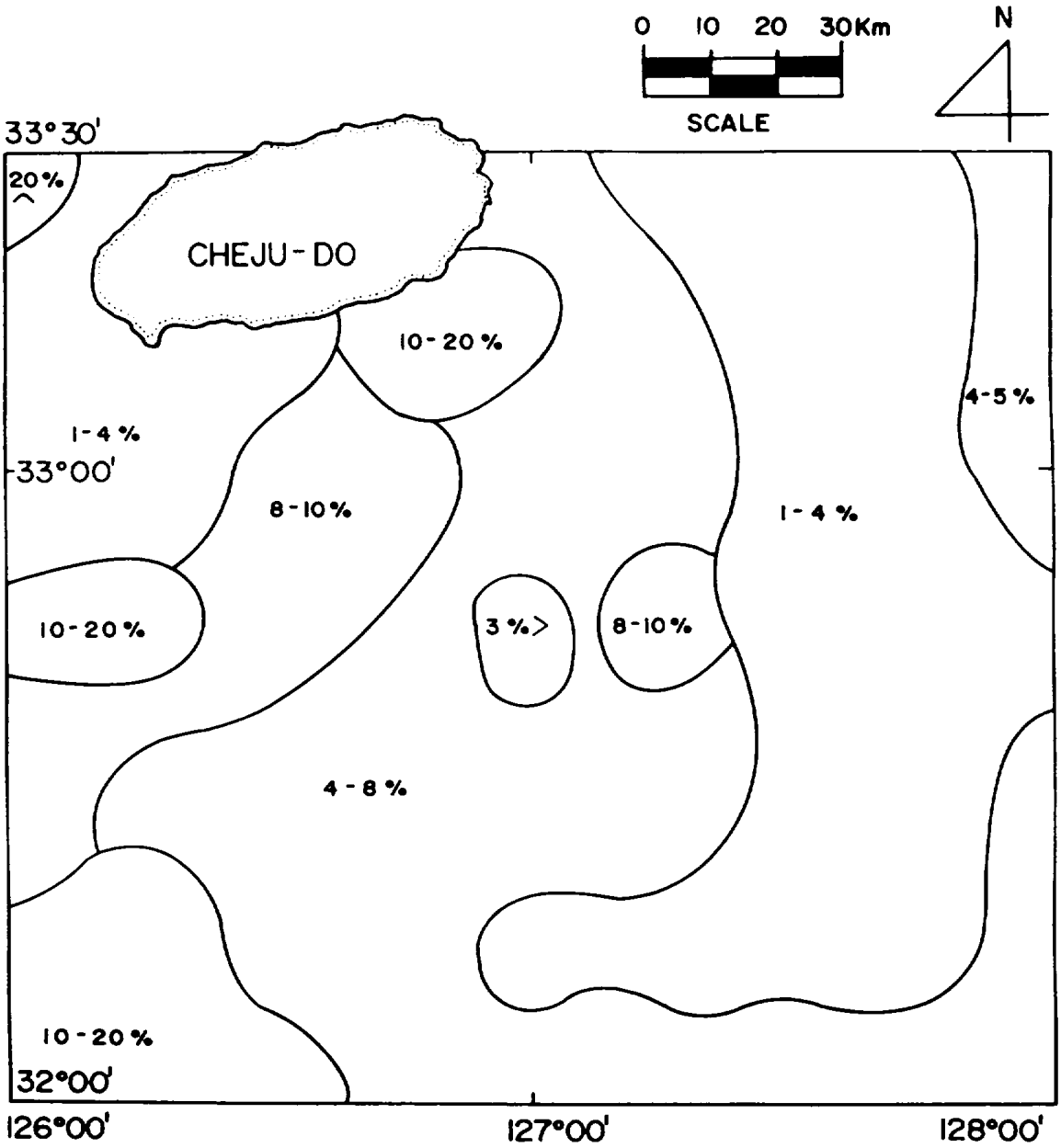

Fig. 11. Total organic matter content distribution of the sediment.

IV-4. 地化學的 硏究

調査地域 堆積物試料 중 33個의 試料에 대하여 13種의 地化學的元素成分(Zn, Mn, Cr, Pb, Co, Ni, Cu, Fe, Ca, Al, Mg, Na, Ag)의 含量을 測定한 結果는 Table 4와 같다. 測定結果 含量分布의 形態가 서로 비슷한 元素들끼리 한데 묶어 그 特徵을 記述하면 다음과 같다.

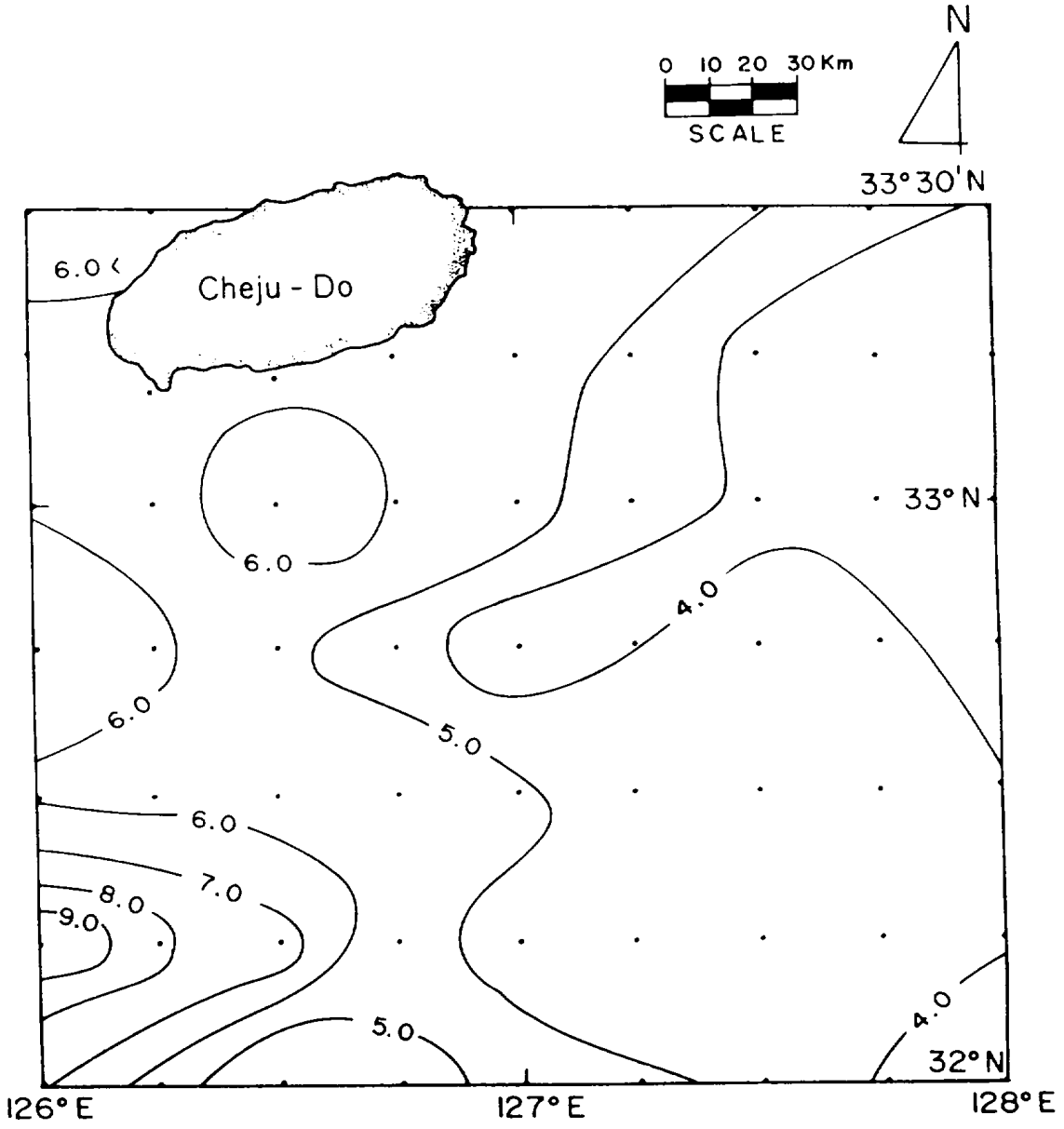

Fig. 12. Distribution of Cu content in the surficial sediments(ppm).

Table 4. 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.	Nn	Mn	Cr	Pb	Co	Ni	Cu	Fe(%)	Ca(%)	Al(%)	Mg(%)	Na(%)	Ag	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

Table 4. Continued.

Station No	Zn	Mn	Cr	Pb	Co	Ni	Cu	Fe (%)	Ca (%)	Al (%)	Mg (%)	Na (%)	Ag	Mz (φ)
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
Rang	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	

구리(Cu), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe)

調査地域 堆積物中의 Cu 含量은 3.14~9.12ppm(平均 5.14ppm), Cr 은 3.54~10.68ppm(平均 6.50ppm), Mn은 50~304ppm(平均 139.39ppm), Fe 은 0.48~2.08%(平均 1.22%)로 Cu 와 Cr 은 含量의 變化幅은 적은편이나 Mn 과 Fe 은 큰 편이다. 이들의 分布傾向은 砂質의 粗粒質 分布地에서가 대체로 含量値가 낮고 泥·砂質이 混合되어 分布하는 地域에서가 비교적 높은 含量値를 보이는데,

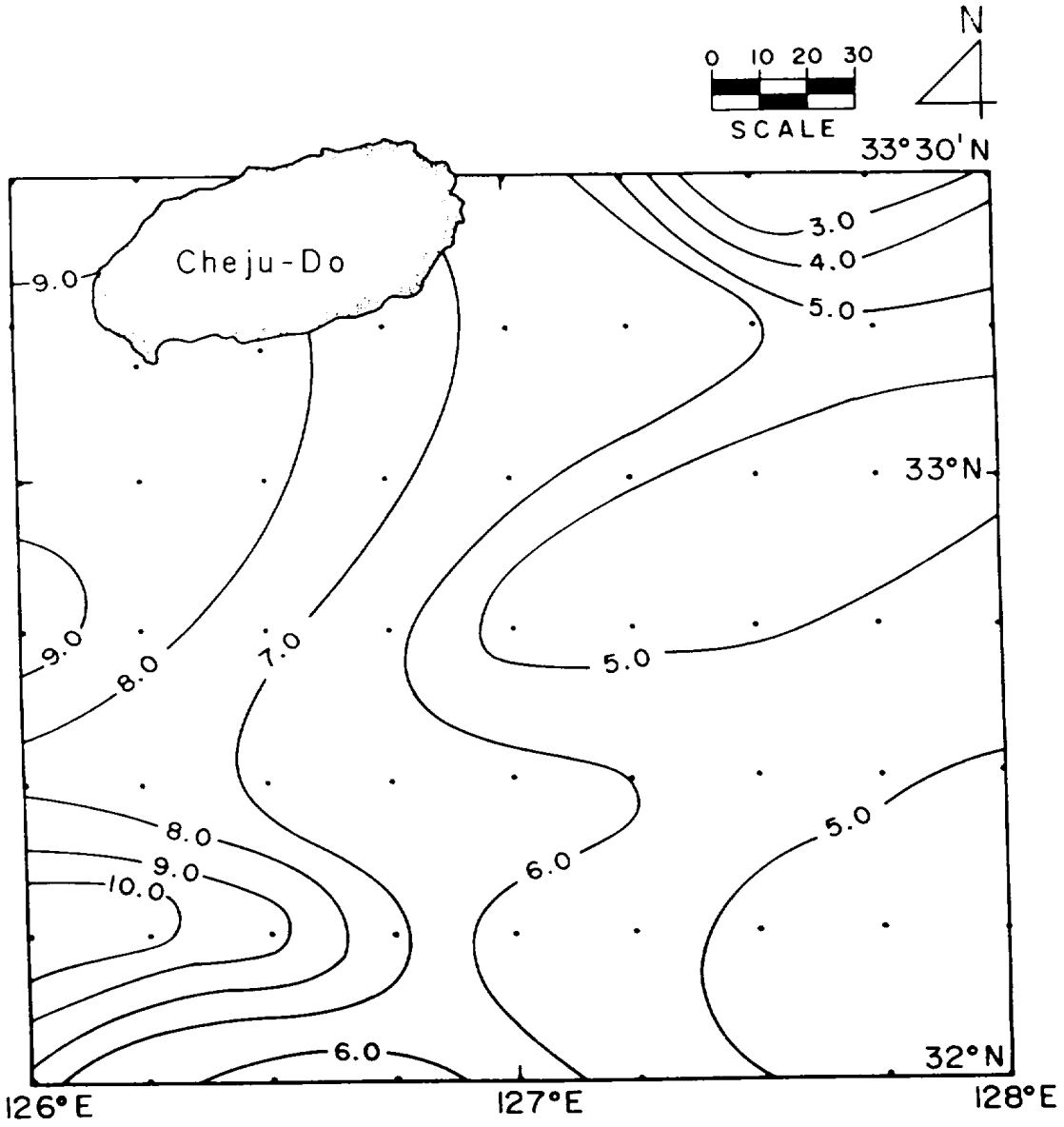

Fig. 13. Distribution of Cr content in the surficial sediments(ppm).

Cu는 濟州島 南東쪽 外海에서는 3~5ppm이고, 濟州島沿岸 및 南西쪽 대부분이 5~6ppm이나 南西쪽 끝 mud地域은 6~9ppm으로 가장 높은 含量을 보인다 (Fig. 12). Cr은 濟州島 南東쪽(127°E 동쪽) 地域은 2~6ppm으로 濟州島沿岸 및 南西쪽의 6~10ppm보다 약 1.5배정도 낮은 함량을 보이며 南西쪽 끝의 mud地域에서는 7~10ppm으로 급격한 증가를 보인다(Fig. 13). Mn은 濟州島 周邊을 비롯하여 南東쪽 대부분의 地域이 50~150ppm으로 南西쪽의 150~300ppm보다

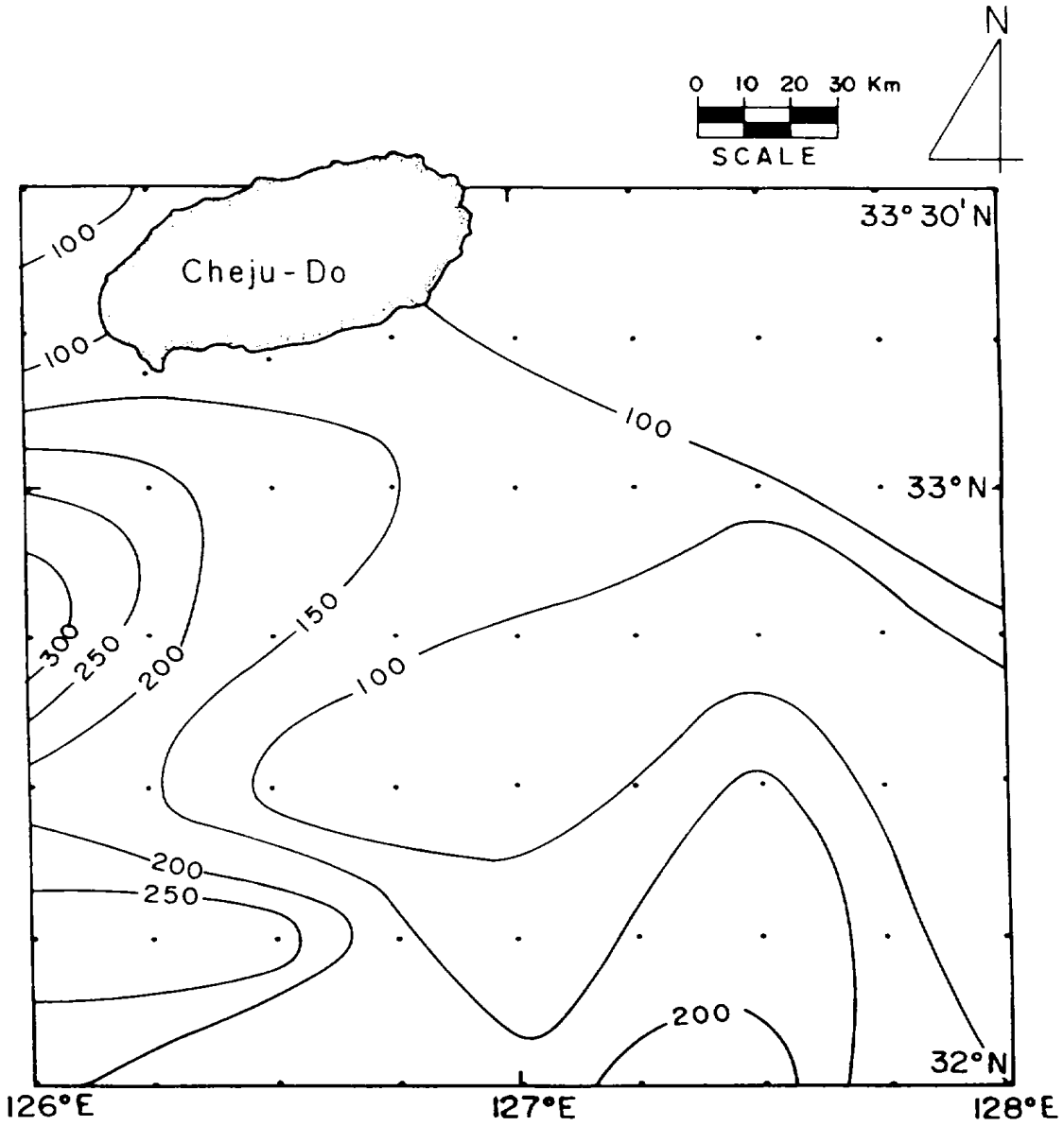

Fig. 14. Distribution of Mn content in the surficial sediments(ppm).

약 2 배정도 낮은 含量分布를 나타내며(Fig. 14), Fe은 濟州島 東部와 南東部 대부분의 地域이 0.5~1.2%, 濟州島 沿岸周邊은 1.0~1.4%, 南西쪽은 1.2~2.0%의 含量分布를 보인다(Fig. 15).

알루미늄(Al), 마그네슘(Mg)

調査地域 堆積物內의 Al의 含量은 0.06~0.80%(平均 0.27%), Mg은 0.12~0.76%(平均 0.53%)로 含量의 變化幅은 비교적 큰 편이다. Al은 濟州島 南

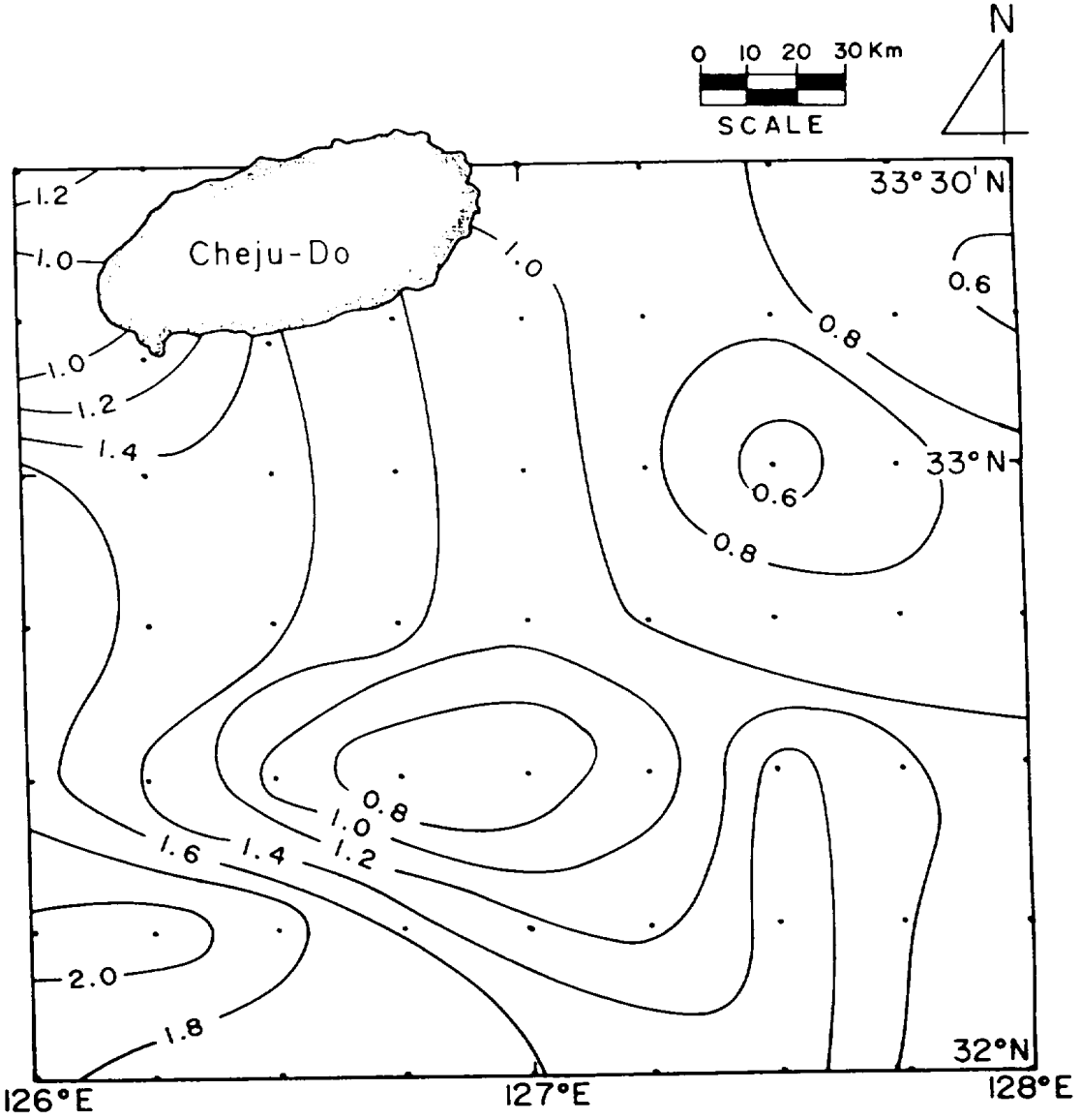

Fig. 15. Distribution of Fe content in the surficial sediments(%).

東部 대부분의 地域이 0.1~0.3%로 낮은 含量分布를 보이는 반면, 濟州島 周邊 및 南西部는 0.2~0.7%로 약 2 배이상 높은 含量分布를 보여 東部와 西部間에 뚜렷한 차이를 나타낸다. 특히 南西쪽 끝 mud 地域은 0.3~0.8%로 他 地域보다 현저히 높다(Fig. 16). Mg 은 濟州島 南西沿近海 및 外海를 제외한 대부분의 地域이 0.2~0.5%의 含量을 보이는데, 濟州島南西沿近海가 0.4~0.7%, 南西쪽 끝 mud 地域은 0.6~0.7%이다(Fig. 17).

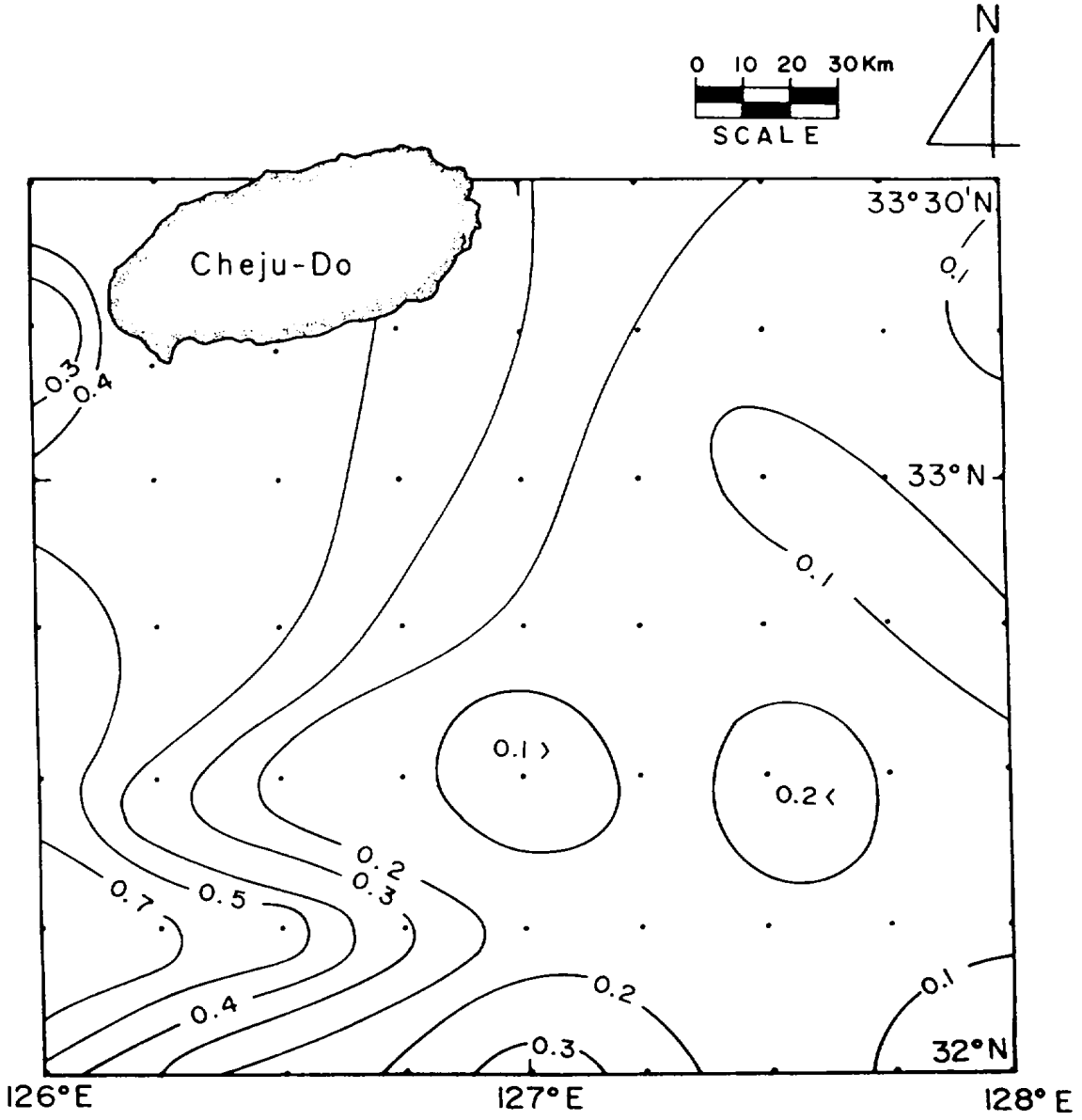

Fig. 16. Distribution of Al content in the surficial sediments(%).

아연(Zn), 납(Pb), 나트륨(Na)

調査地域 堆積物中의 Zn 의 含量은 19.42~43.13ppm(平均 30.67ppm), Pb 은 5.52~10.68ppm(平均 6.50ppm), Na 은 0.11~0.51%(平均 0.36%)의 含量을 보인다. Zn 은 濟州南東部 一部 地域이 20~30ppm 의 含量分布를 보이는것을 제외하면, 調査地域 대부분이 30~40ppm 으로 含量分布의 變化幅은 거이 없는 편이다 (Fig. 18). Pb 은 南西쪽 끝의 mud 地域에서 10~40ppm 으로 급격한 變化를 보이

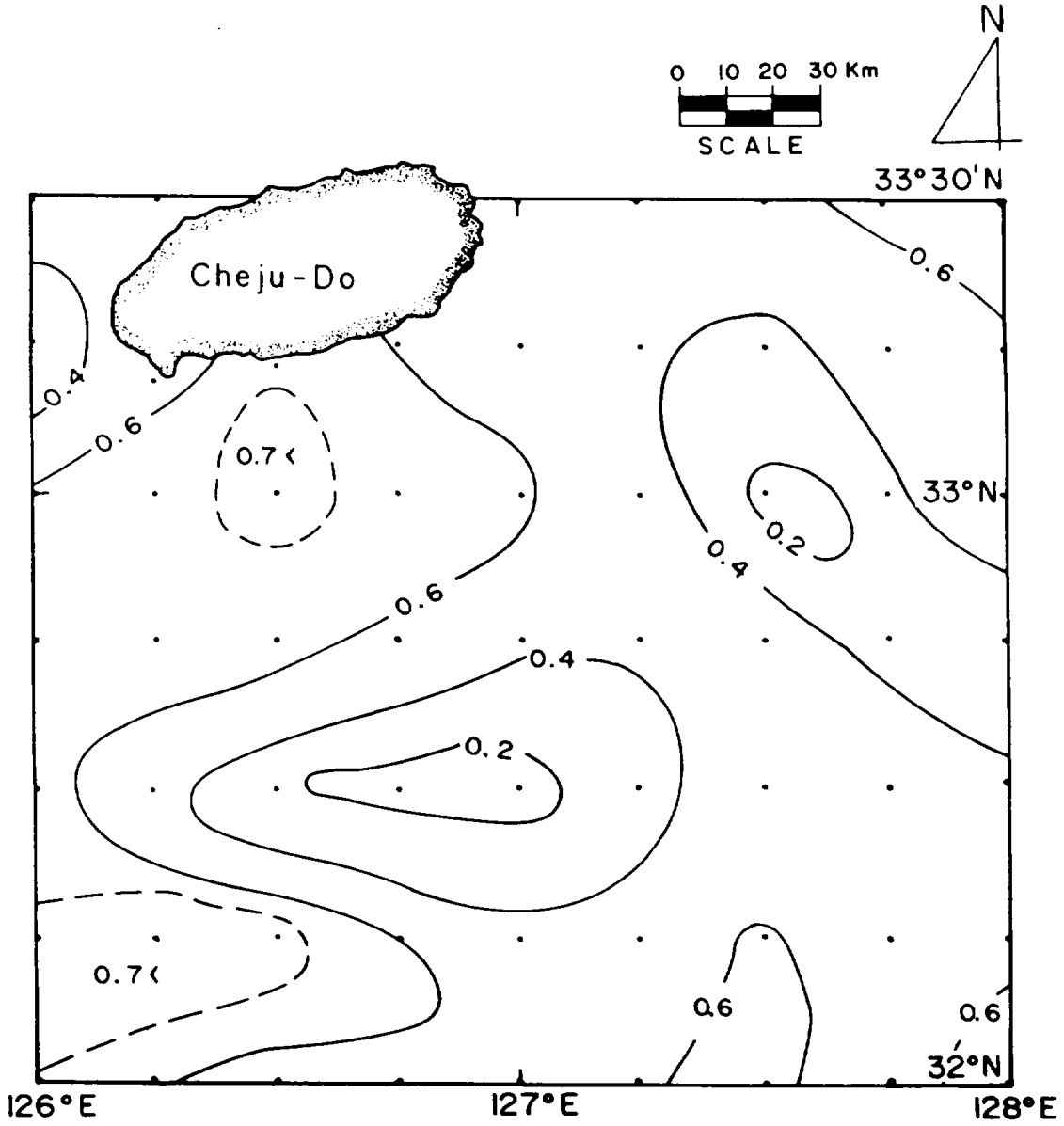

Fig. 17. Distribution of Mg content in the surficial sediments(%).

는것을 제외하면, 대부분의 地域이 10~20ppm 으로 거의 유사한 含量分布를 하고 있으며(Fig. 19), Na 도 濟州南西쪽 一部 地域이 0.4~0.5%로 비교적 높은 含量分布를 보이는것을 제외하면, 그나머지 대부분의 地域은 0.2~0.4%로 비슷한 含量分布를 보인다(Fig. 20).

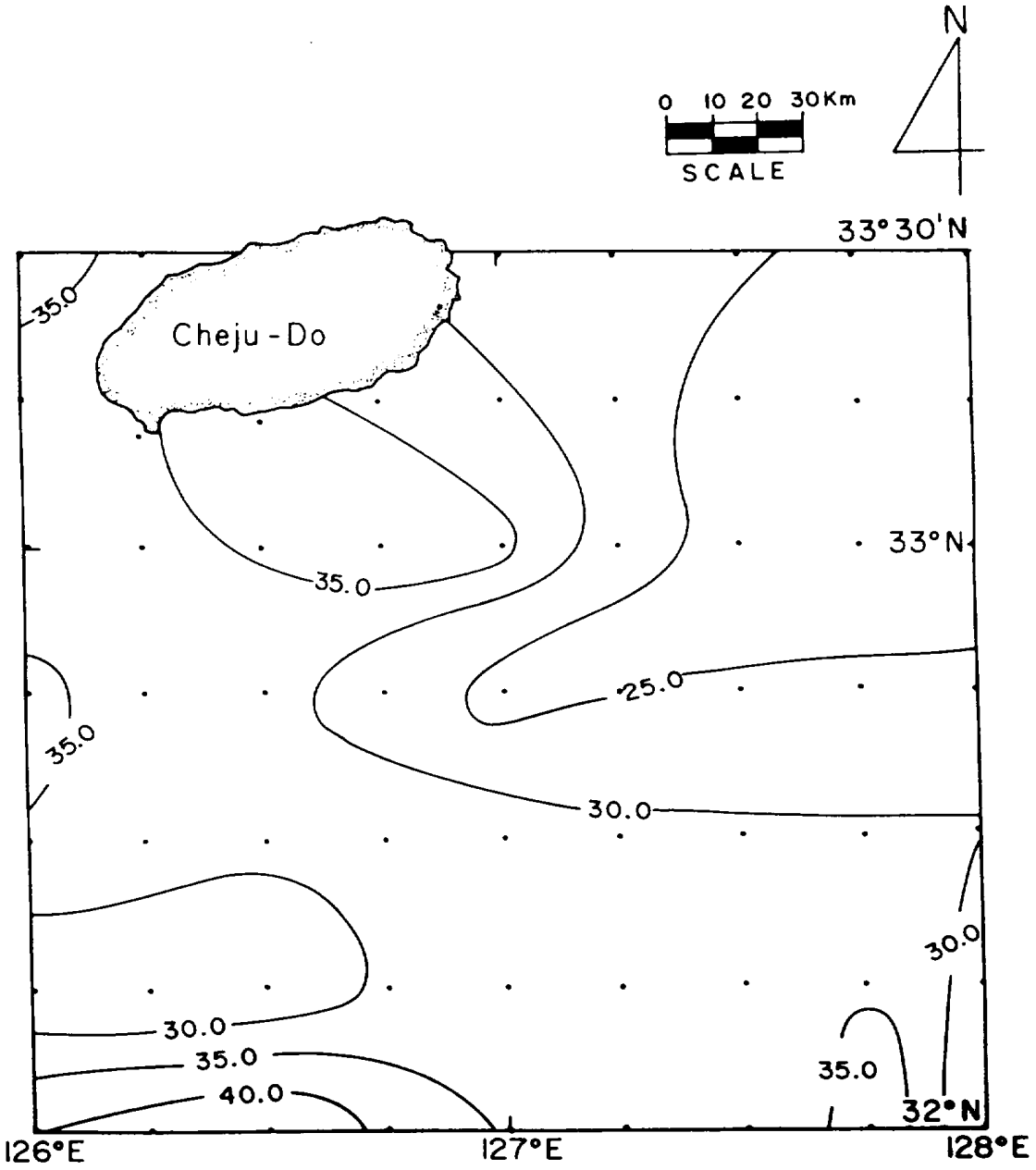

Fig. 18. Distribution of Zn content in the surficial sediments(ppm).

칼슘(Ca), 은(Ag)

調査地域 堆積物內의 Ca의 含量은 0.32~13.16%(平均 6.60%)이고, Ag은 0.68~4.08ppm(平均 1.22ppm)으로 Ca은 含量의 變化幅이 큰 편이나 Ag은 작은 편에 속한다. 이들은 調査地域 南東部地域이 南西部地域보다 높은 含量分布를 나타내어 Co와 Ni를 제외한 他 元素들의 含量分布와는 相反된 分布傾向을 보인다.

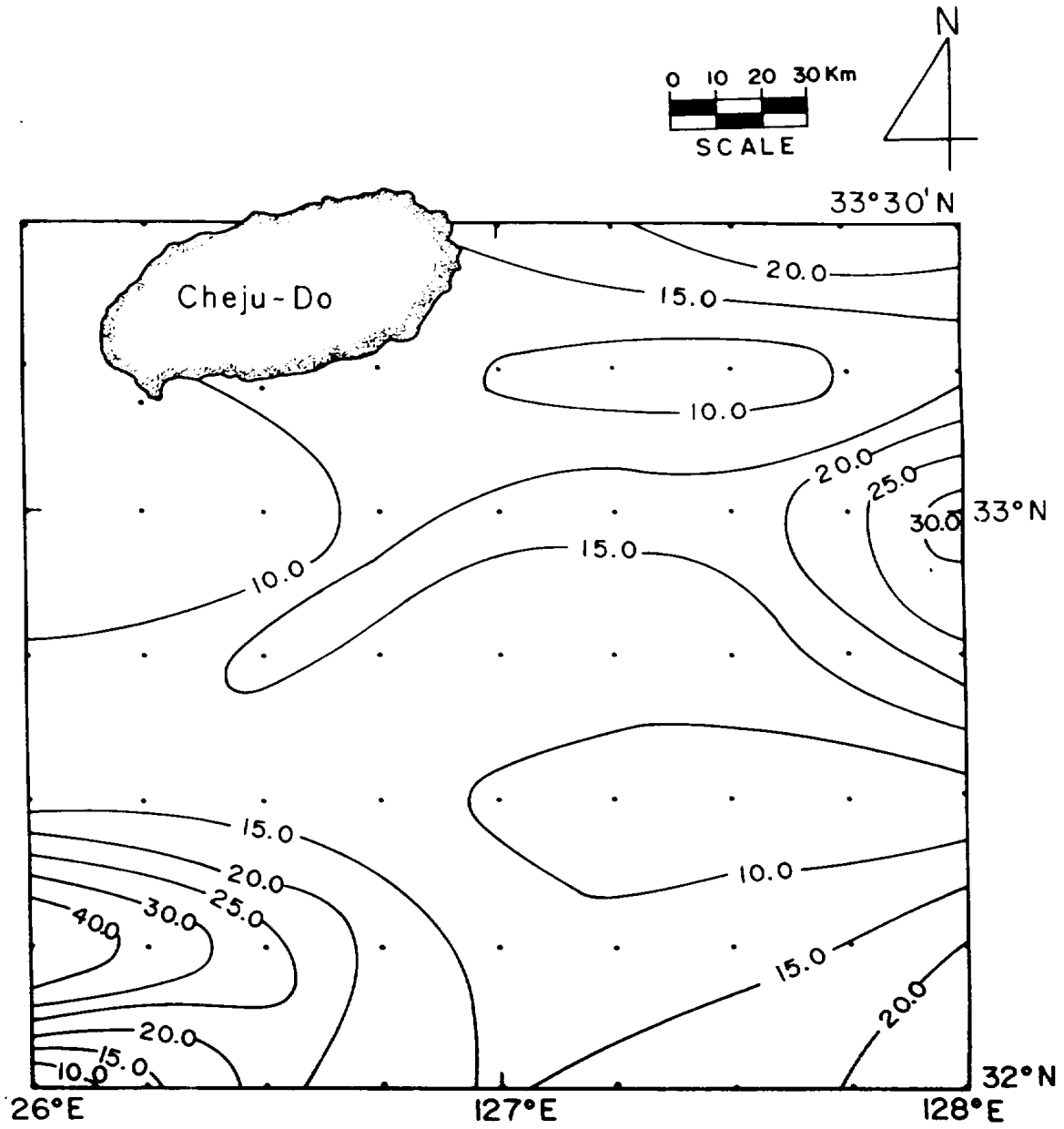

Fig. 19. Distribution of Pb content in the surficial sediments(ppm).

즉, Ca는 濟州島周邊 및 南東部의 砂質分布地域은 6~12%로 泥質分布地域의 2~8%보다 높은 含量値를 보인다. 특히, 本 域 南西部 끝 mud地域은 他 泥質分布地域의 2~4%보다 약 2.5배 높은 것이 注目된다(Fig. 21). Ag은 本 域 中央部가 1.4~4.0ppm으로 가장 높은 반면, 그 南西쪽 mud 地域에서는 0.8~1.0ppm으로 最低含量을 보이는 것이 注目되며, 그 나머지 地域은 1.0~1.5ppm의 含量分布를 보인다(Fig. 22).

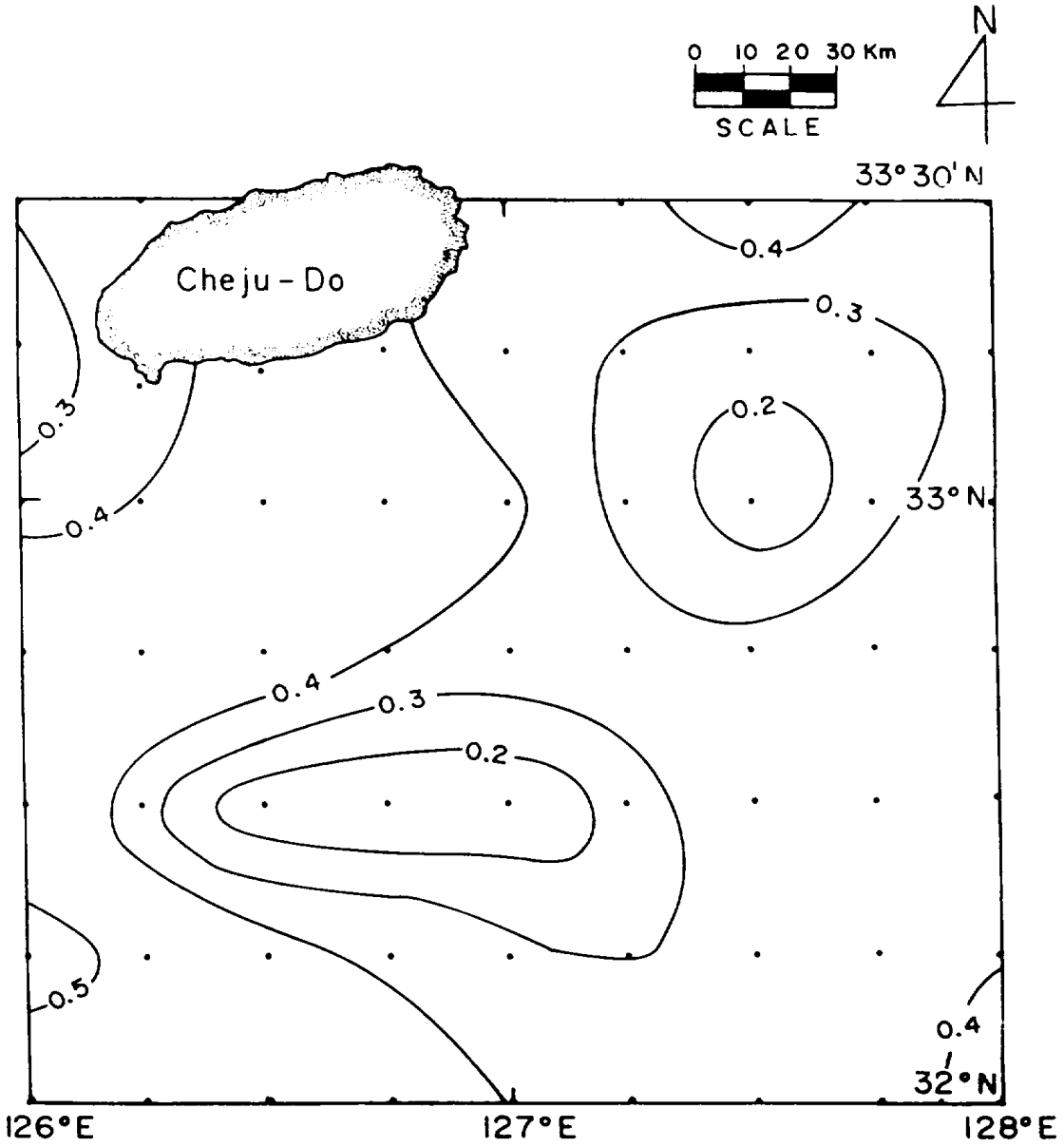

Fig. 20. Distribution of Na content in the surficial sediments(%).

코발트(Co), 니켈(Ni)

調査地域 堆積物中의 Co의 含量은 7.08~14.68ppm(平均 10.78ppm)이고, Ni은 19.70~42.42ppm(平均 29.57ppm)으로 含量의 變化幅은 낮은 편이며, 調査地域 全域에 걸쳐 類似한 含量分布를 보인다. 즉, Co는 몇몇 예외적인 곳도 있지만 全般的으로는 10~12ppm의 含量分布를 보이고(Fig. 23), Ni도 濟州島南쪽 沿近海에 35~40ppm을 보이는것을 제외하면 全域이 20~30ppm의 含量分布를 보인다(Fig. 24).

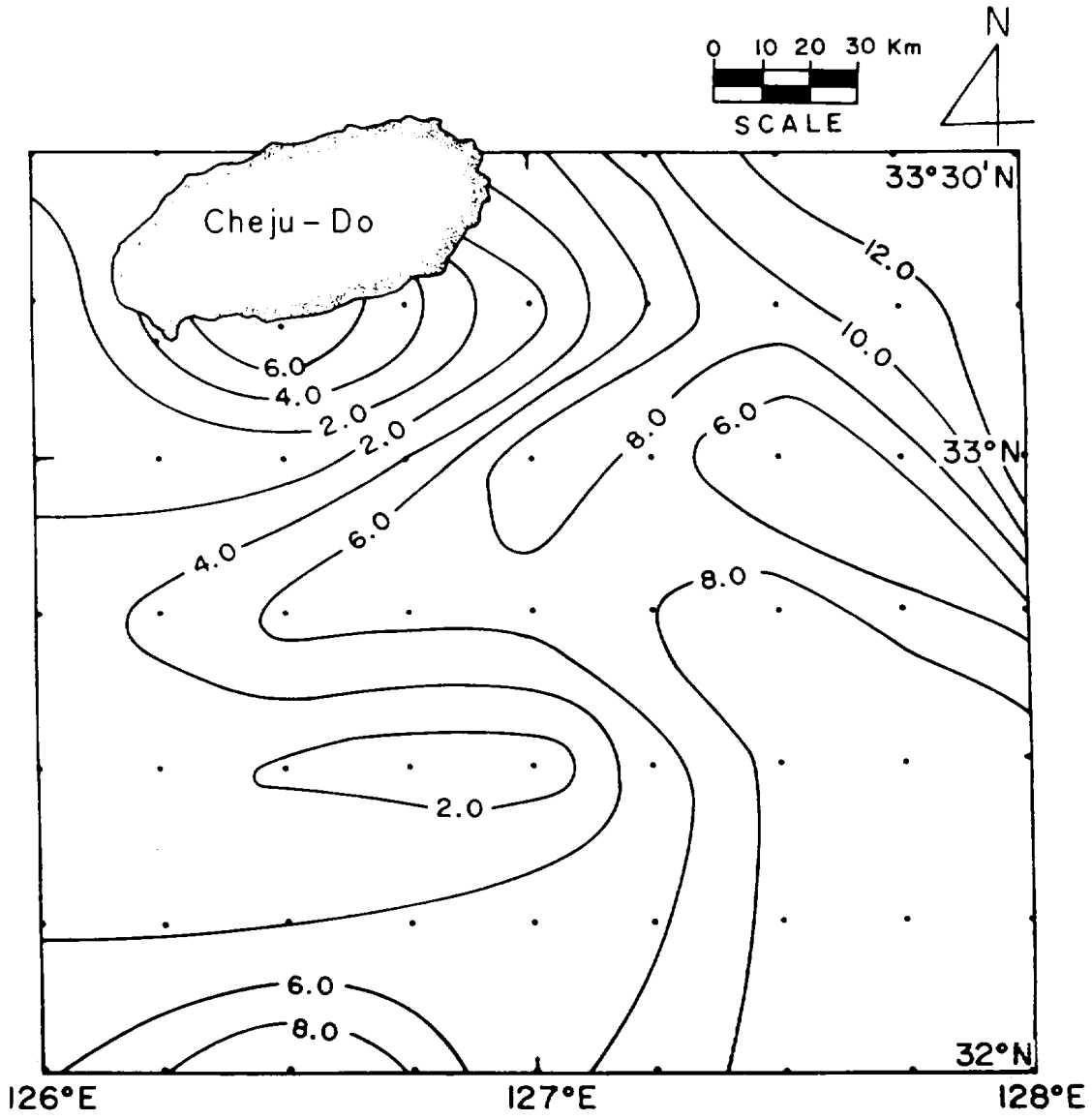

Fig. 21. Distribution of Ca content in the surficial sediments(%).

本 研究에서 分析된 13種의 元素中 Cu, Cr, Mn, Fe, Al, Mg, Zn, Pb, Na의 含量分布는 堆積物의 類型과 相反된 傾向을 보이는데 즉, 粗粒質이 主로 分布하는 濟州南東部地域에서 粗·細粒質이 混合되어 分布하는 南西部地域으로 向함에 따라 含量値가 증가하는 傾向을 보이며, 특히 南西쪽 끝 mud 地域은 뚜렷이 區分이 되고 있다. 한편 Ca와 Ag은 上記 元素들과는 비교적 相反된 分布傾向을 보였으며, Co와 Ni은 地域間의 含量差가 거이 없이 類似한 分布를 보인다. 이같은 점들을 綜合해 볼 때, 本 域의 堆積環境은 單一環境이 아닌것으로 推定된다.

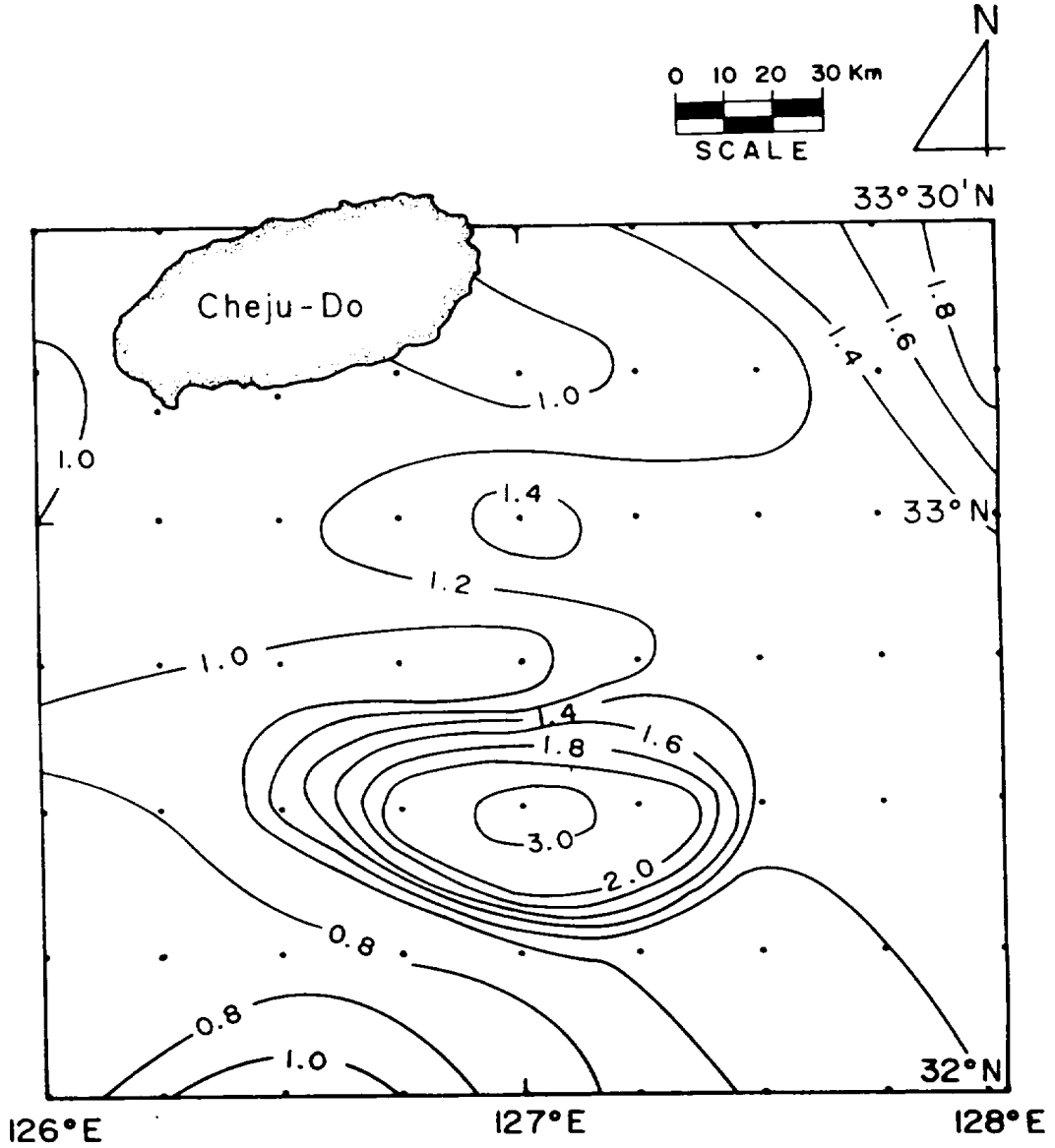

Fig. 22. Distribution of Ag content in the surficial sediments(ppm).

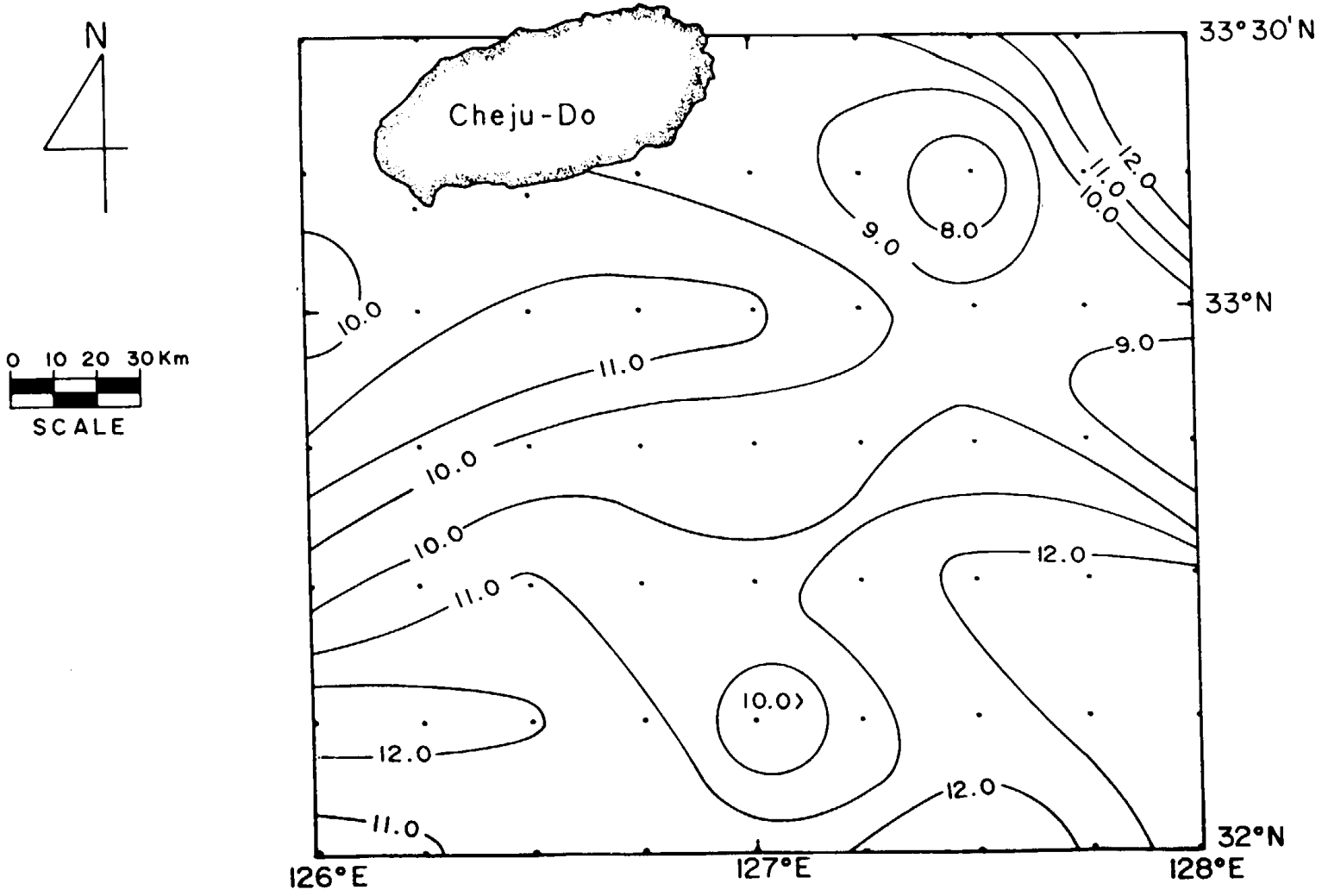

Fig. 23. Distribution of Co content in the surficial sediments(ppm).

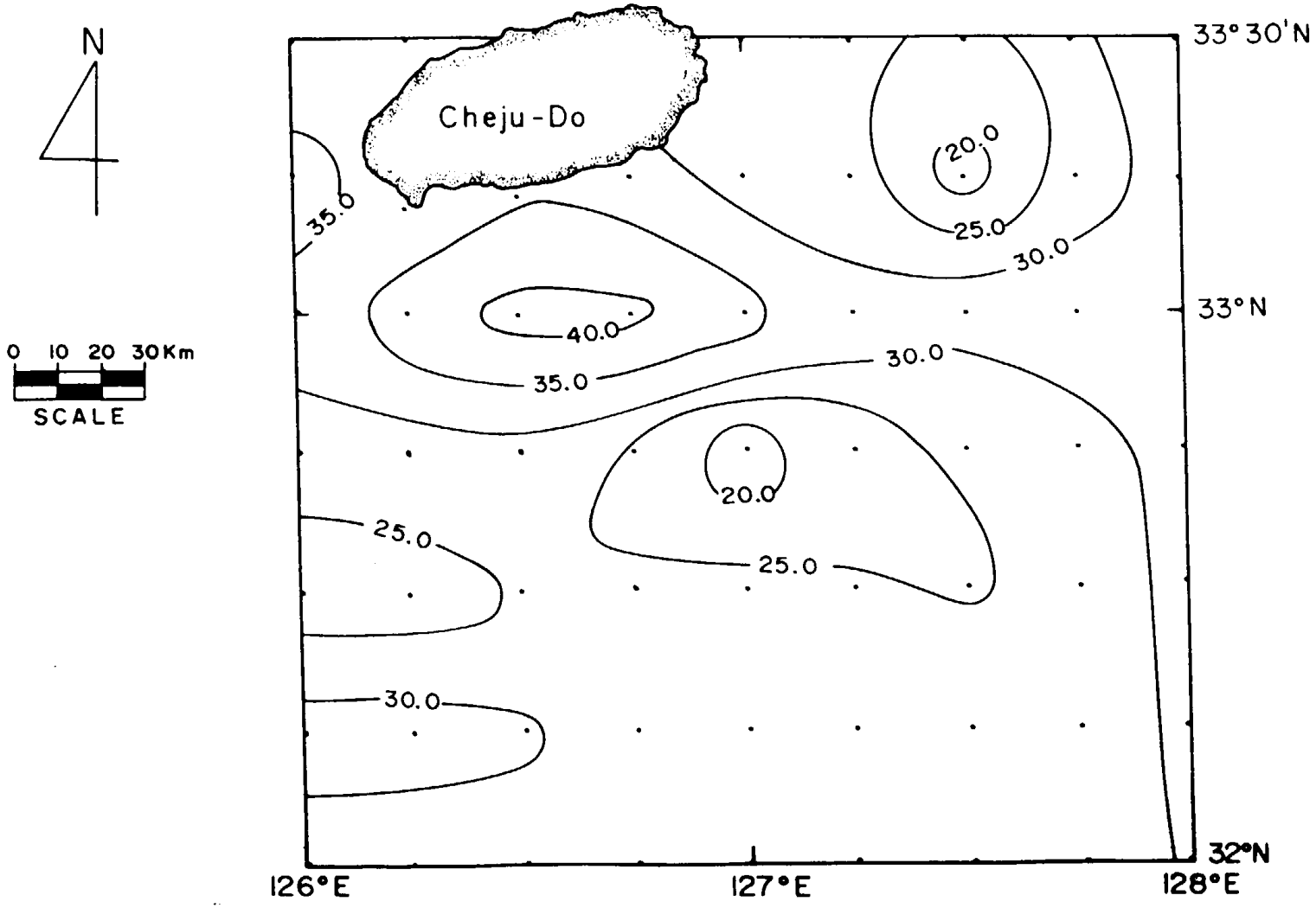

Fig. 24. Distribution of Ni content in the surficial sediments(ppm).

元素들간의 相關關係

Table 5는 地化學的 元素成分들간의 相關關係 및 堆積物의 平均粒度(Mz(ϕ))와 元素成分들과의 相關關係를 나타낸 것이다. 相關係數가 r =0.80以上(예 : Mn-Fe, Al-Cr, Fig. 25)으로 매우 密接한 正의 直線相關關係를 나타내는 元素成分들과 相關係數가 r =0.50~0.80으로(예 : Fe-Cr, Ca-Cr, Fig. 26) 비교적 良好한 正 및 否의 直線相關關係를 보이고 있는 元素들도 있다.

또한 몇몇 元素成分들은(예 : Cr, Mn, Ca, Fe Fig. 27, 28)堆積物의 平均粒度와 비교적 良好한 正 과 否의 直線相關關係(r =0.50~0.80)를 나타내고 있는데 Ca를 제외한 이들 元素들은 sand size에서 보다는 mud size 堆積物에서가 대체로 높은 含量値를 보이고 있음을 알 수 있다.

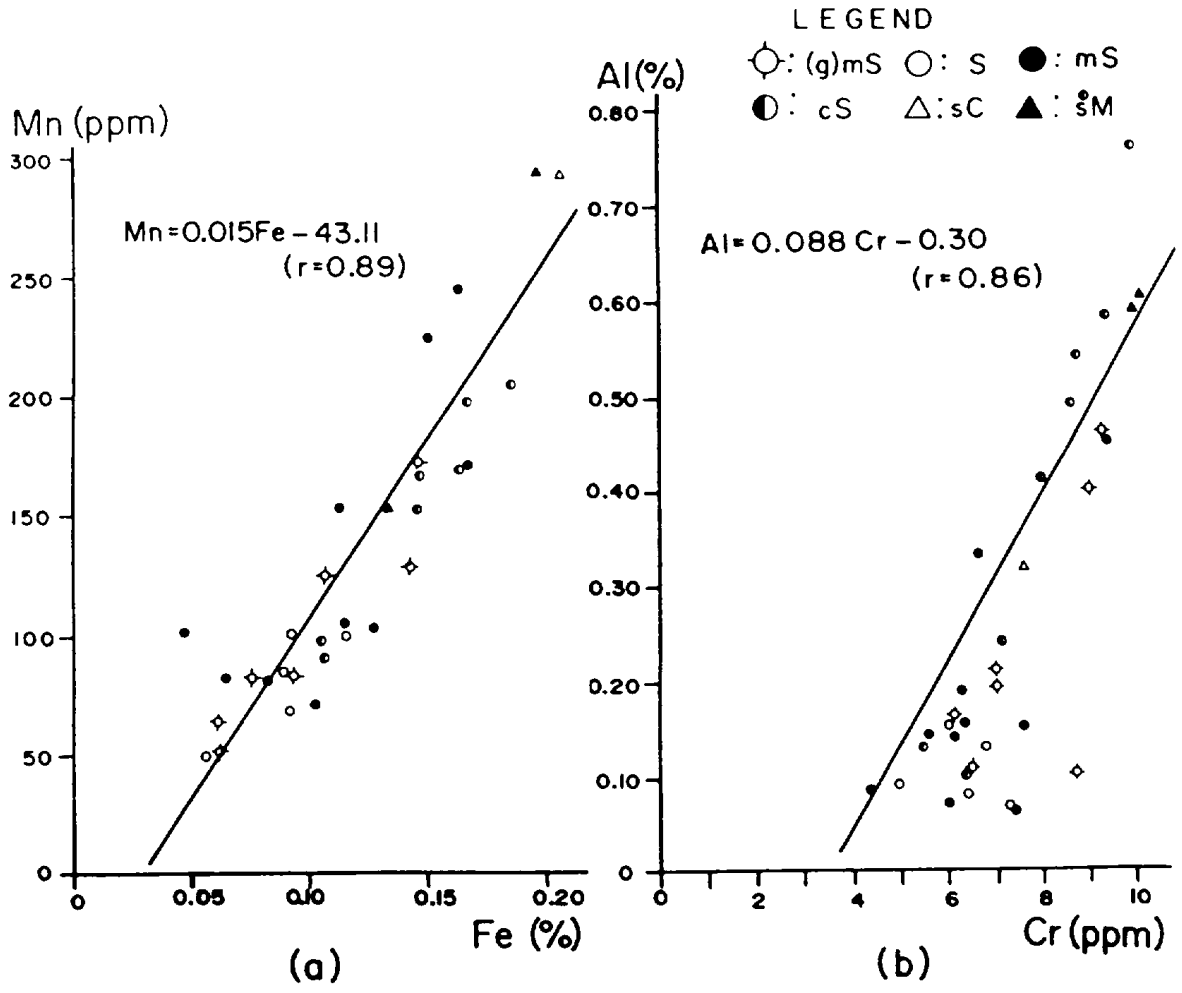

Fig. 25. The relationships between Mn and Fe(a), Al and Cr(b) in sediments.

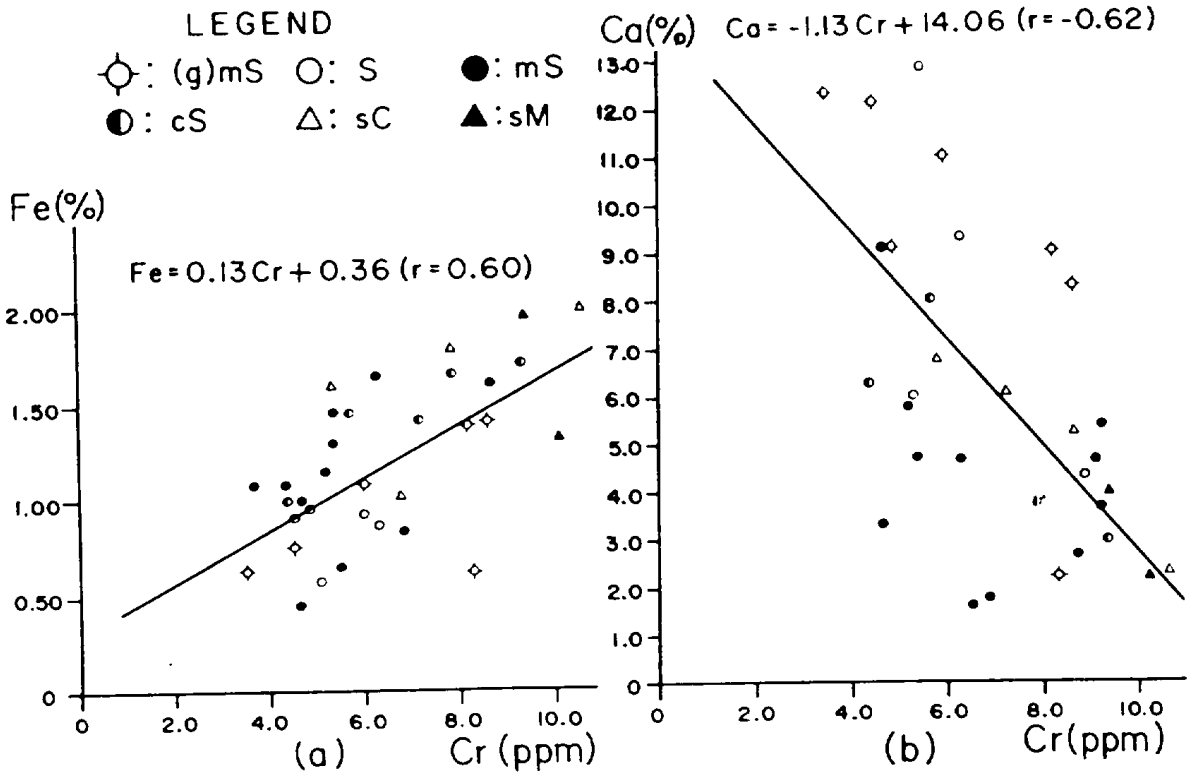

Fig. 26. The relationships between Fe and Cr(a), Ca and Cr(b) in sediments.

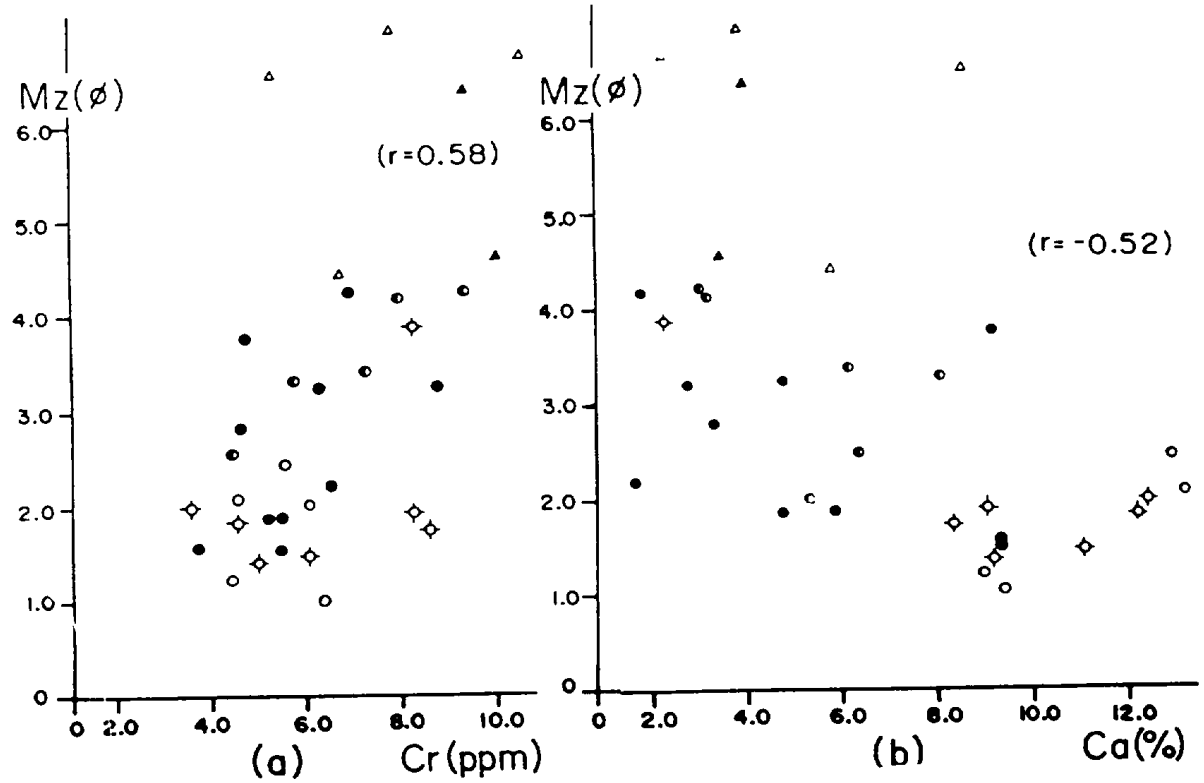

Fig. 27. The relationships between Mz and Cr(a), Mz and Ca(b) in sediments.

Table 5. The correlation matrix among metal concentration and mean grain size(Mz) in sediment.

	Zn	Mn	Cr	Pb	Co	Ni	Cu	Fe	Ca	Al	Mg	Na	Ag	Mz (ϕ)
Zn		0.39	0.40	−0.33	0.01	0.09	0.41	0.55	−0.12	0.35	0.21	0.18	−0.19	0.36
Mn	0.39		0.67	0.13	0.12	0.45	0.70	0.89	−0.45	0.78	0.52	0.55	−0.43	0.56
Cr	0.40	0.67		−0.13	−0.07	0.14	0.87	0.60	−0.62	0.86	−0.11	0.38	−0.27	0.58
Pb	−0.33	0.13	−0.13		0.24	0.10	0.01	0.15	0.22	0.05	0.24	0.14	−0.07	0.11
Co	0.01	0.12	−0.07	0.24		0.38	0.18	0.11	0.32	0.03	0.46	0.31	0.16	0.11
Ni	0.09	0.45	0.14	0.10	0.38		0.24	−0.05	0.15	0.12	0.18	0.22	0.05	−0.06
Cu	0.41	0.70	0.87	0.01	0.18	0.24		0.65	−0.52	0.89	−0.01	0.51	−0.23	0.63
Fe	0.55	0.89	0.60	0.15	0.11	−0.05	0.65		−0.32	0.79	0.68	0.72	−0.56	0.57
Ca	0.12	−0.45	−0.62	0.22	0.32	0.15	−0.52	−0.32		−0.43	0.40	0.19	0.21	−0.52
Al	0.35	0.78	0.86	0.05	0.03	0.12	0.89	0.79	−0.43		0.32	0.72	−0.43	0.60
Mg	0.21	0.52	0.11	0.24	0.46	0.18	0.01	0.68	0.40	0.32		0.93	0.00	0.22
Na	0.18	0.55	0.38	0.14	0.31	0.22	0.51	0.72	0.19	0.71	0.93		0.43	−0.27
Ag	−0.19	−0.43	−0.27	−0.07	0.16	0.05	−0.23	−0.56	0.21	−0.43	0.00	0.43		−0.33
Mz (ϕ)	0.36	0.56	0.58	0.11	0.11	−0.06	0.63	0.57	−0.52	0.60	0.22	−0.27	−0.33	

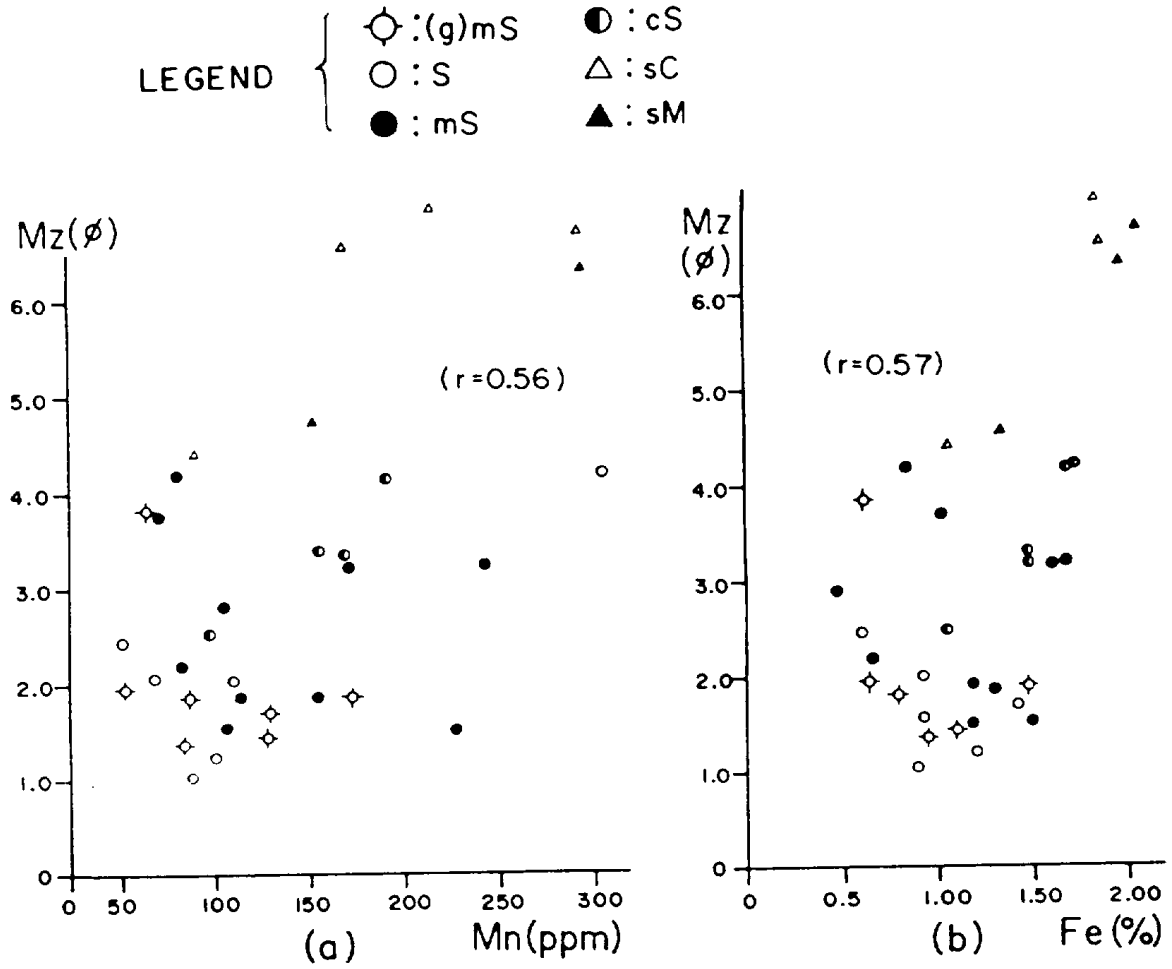

Fig. 28. The relationships between Mz and Mn(a), Mz and Fe(b) in sediments.

IV-5. 鑛物分析

IV-5-1. 輕鑛物

重液分離한 輕鑛物을 着色法에 따라 分析한 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%이다. 調査地域은 이들의 含量差異에 따라 크게 濟州島 周邊海域 및 東쪽地域과 南西쪽 끝 地域, 그리고 中央部 및 南東쪽地域으로 區分할 수 있다(Fig. 29).

濟州島 周邊海域 및 東쪽地域 堆積物中에는 Na-Ca長石이 5～18%, K-長石이 1～5%, 石英이 35～63%, 岩片은 25～50%의 含量을 보인다. 특히 濟州島沿岸

에는 Na-Ca長石이 K-長石보다 훨씬 많은 量이 含有되어 있을뿐만 아니라 岩片도 石英보다 많은 量이 含有되어 있어 이 地域 堆積物 대부분이 濟州島로부터 起源된 것임을 暗示해 준다. 한편, 調査地域 中央部 및 南東쪽 外海로 向함에 따라

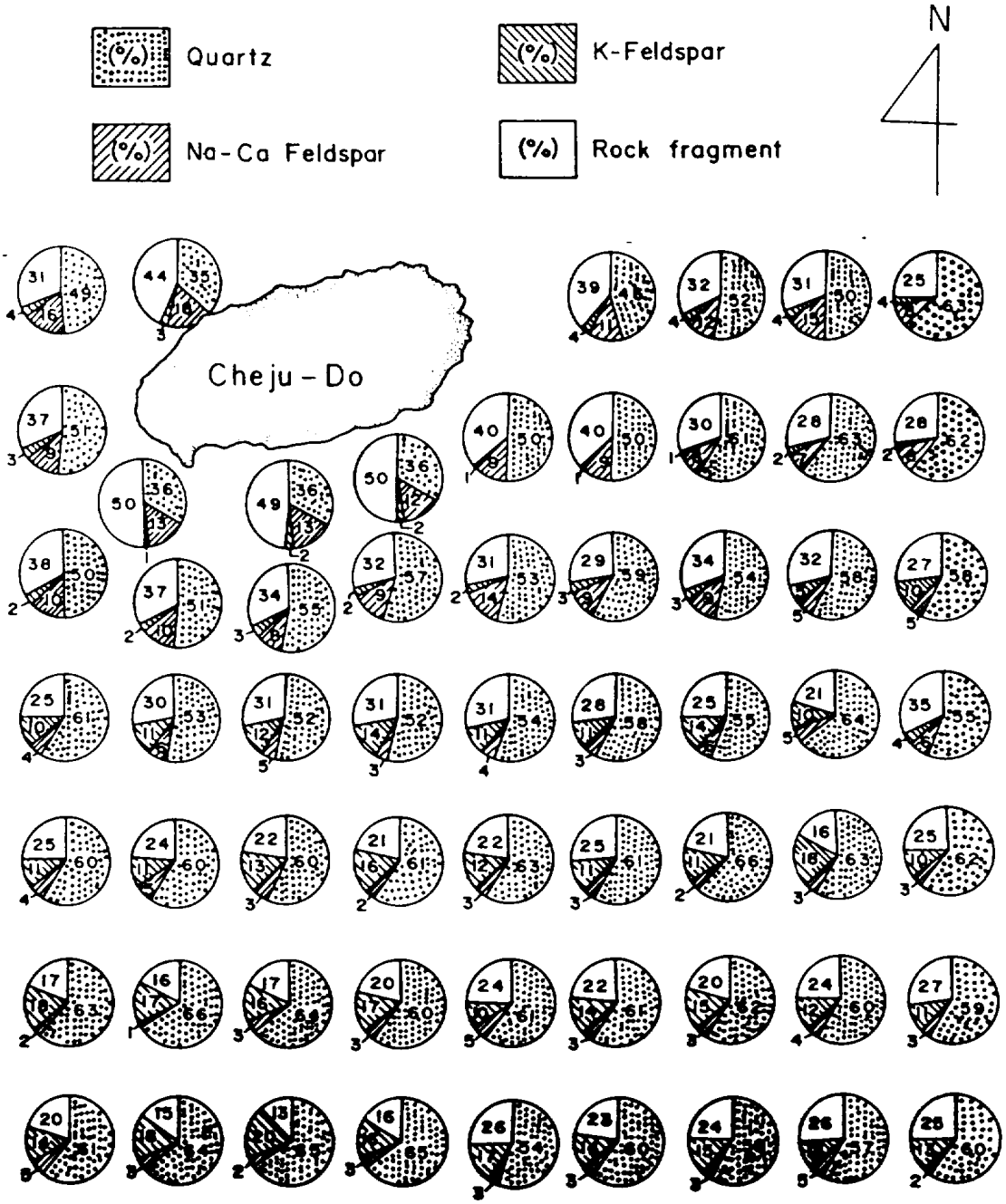

Fig. 29. Light mineral composition in the fine sand fraction of the surficial sediments(2-3ϕ).

石英이 52~64%, K-長石이 4~15%, Na-Ca長石이 2~6%, 岩片은 16~35%의 含量値를 보여 濟州島 周邊海域에서 멀어짐에 따라 K-長石과 石英이 증가하는 傾向을 보인다. 특히, 本 調査地域 南西쪽 끝 mud 分布地域 一帶에는 K-長石이 15~20%, Na-Ca長石이 1~5%, 石英이 60~65%, 岩片은 16~20%로 濟州島 周邊海域과는 相反된 分布傾向을 보여주어 이 地域 堆積物 一部는 濟州島와는 無關한 것으로 推定된다.

調査地域 堆積物의 輕鑛物 含量을 堆積物 類型別로 區分하여 石英一長石一岩片의 三角圖에 plot 해 본 結果(Fig. 30), 石英은 粗粒質에서보다 細粒質에서가 다소 많고, 岩片은 粗粒質에서가 細粒質에서보다 많은 傾向을 보이나 長石은 뚜렷한 區別이 되지 않는다.

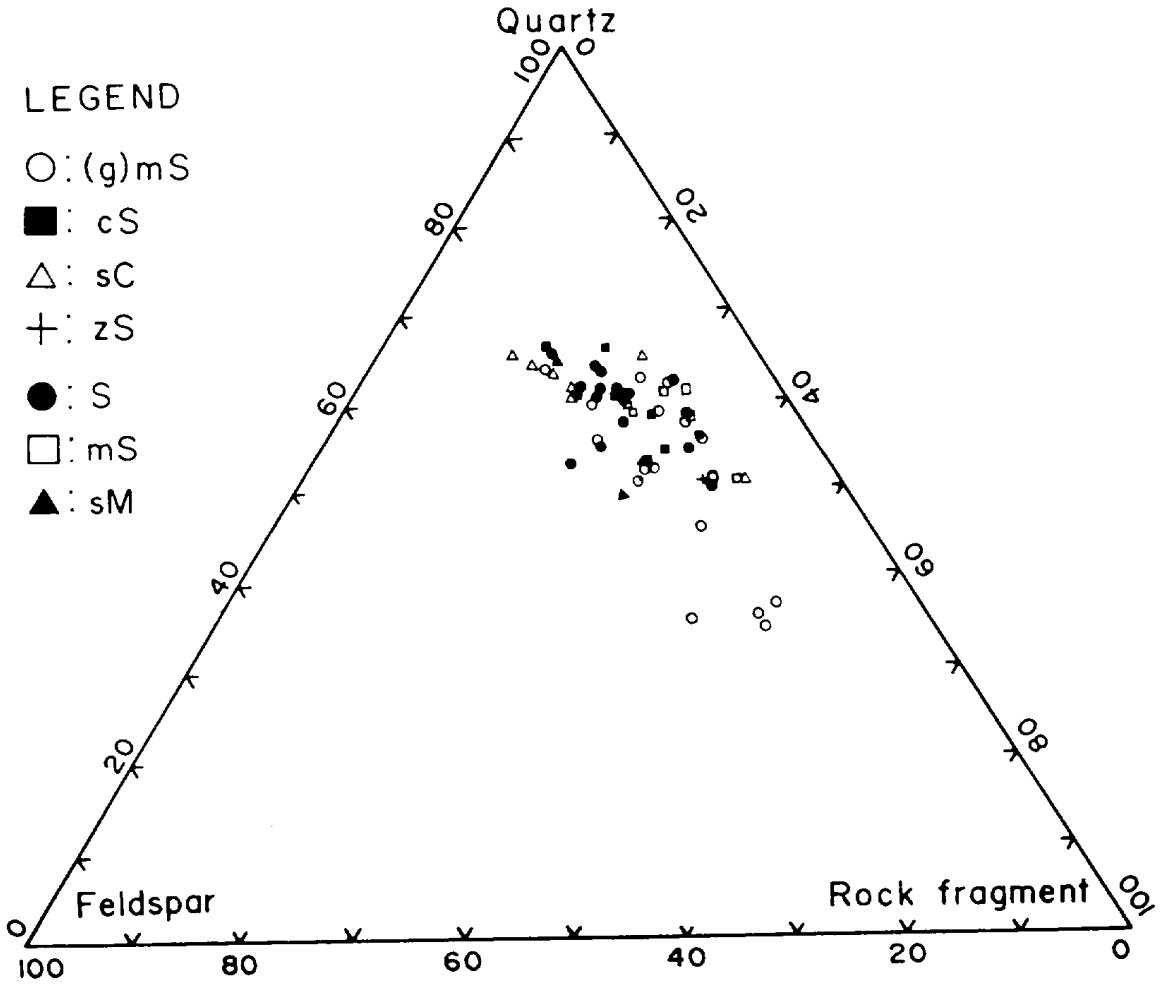

Fig. 30. Quartz-Feldspar-Rock fragments ternary diagram of sediments in the study area.

IV-5-2. 粘土鑛物

調査地域 南西쪽 끝 細粒質堆積物에 대한 粘土鑛物分析 結果(Fig. 31), 本 域의 粘土鑛物로는 illite, chlorite가 主이고, kaolinite, feldspar, calcite 等도 分布하며, illite와 chlorite가 높은 含量을 보여 이곳 堆積物의 많은 部分이 黃河江이나 揚子江으로부터 由來된 것으로 보여진다. 특히 Fig. 31에서 보는바와 같이 本 調査海域 南西쪽 끝에 分布하는 細粒質堆積物에서도 현저한 calcite peak를 보여 이는 이곳 堆積物의 一部가 黃河起源인 것으로 推定된다.

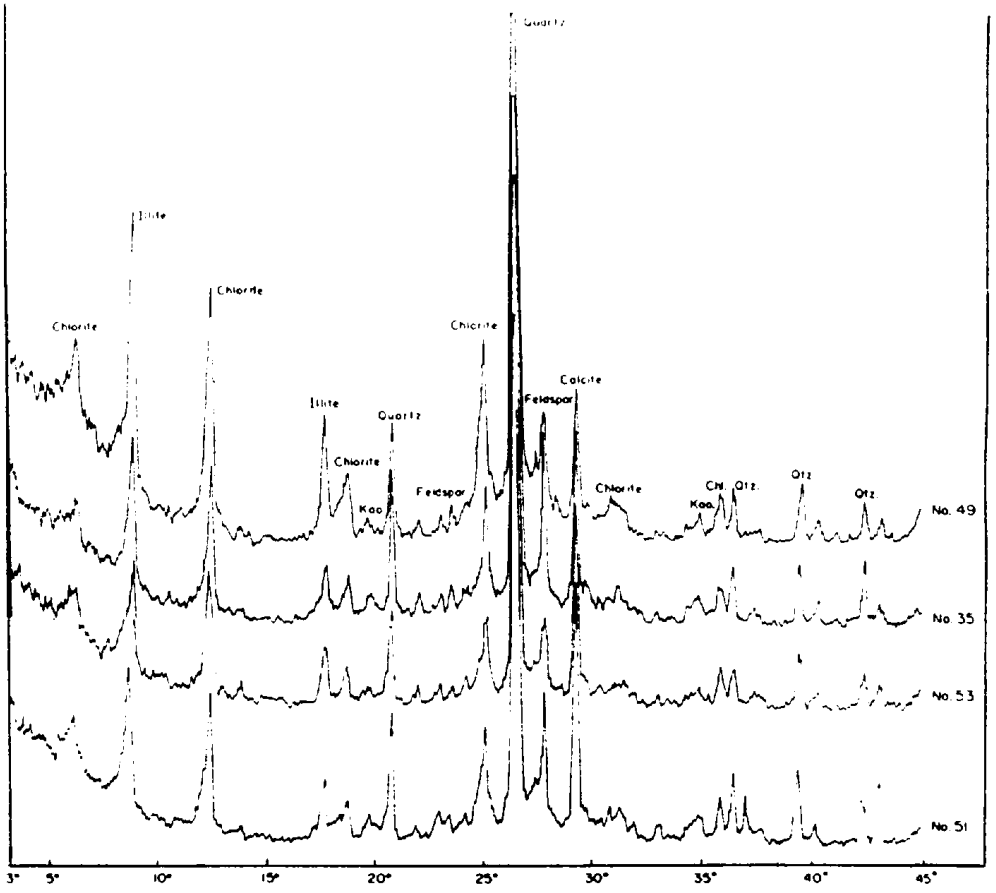

Fig. 31. X-ray diffraction paterns for clay-size minerals from the study area.

V. 考　　察

東支那海 및 黃海는 揚子 및 黃河江을 通해 各各 500×10^6ton/yr, 1100×10^6ton/yr 이라는 막대한 量의 陸上物質을 供給받고 있는데, 東支那海 大陸棚을 덮고 있는 大部分의 現生堆積物은 揚子江과 黃河江으로부터 流入된 것이고, 그 外에는 기타 소규모의 江들과 沿岸侵蝕에서 비롯된 것이다(Jin et al., 1983). 이들 堆積物의 개괄적인 空間的分布를 보면, 揚子江 河口 및 그 周邊 沿岸域(揚子江 河口로부터 Zhejiang과 Fujian의 沿岸域까지)과 濟州島 南西쪽 外大陸棚域(31°00′－32°00′N, 124°00′－126°00′E)에는 主로 silt와 mud로 構成된 現生 mud zone이 分布하고, 그 以外의 地域은 粗·細粒質의 殘留모래(Coarse-fine relict sand)가 넓게 分布한다(Qian, 1983; Cheng et al., 1983; Xu, 1983; Milliman et al., 1985 等).

調査地域의 堆積物 分布는 濟州島 周邊과 南東部地域은 sand size의 粗粒質이 優勢하게 분포하고, 南西部는 sand 및 mud size의 粗·細粒質이 混合된 分布를 보이며, 특히 南西쪽 끝 地域(32°00′－32°15′N, 126°00′－126°30′E)에는 小規模의 現生 mud patch가 存在를 하는데 이 mud patch는 앞서 言及한 現生 mud zone의 北東쪽 境界에 해당한다. 이 mud zone을 構成하고 있는 silt와 mud는 氷河期 海水面이 낮았을때 堆積된 relict sand 위를 덮고 있으며, 그 두께는 中心部에서가 約 2 m 정도이고 周邊部로 向함에 따라 점차로 얇아져서 거의 0 m에 가깝고, 堆積速度는 0.1～0.3cm/yr 이다(Chang et al., 1983).

비록, 이처럼 낮은 堆積速度이긴 하지만 濟州島 南西쪽 外大陸棚上에 現生 mud zone이 存在한다는 사실은 陸上起源 細粒質堆積物의 供給이 持續的으로 이루어지고 있을뿐만 아니라 細粒質堆積物이 沈澱·堆積하기에 適合한 海洋環境임을 提示해 준다.

堆積物의 根源을 糾明하는데 利用이 되는 diagnostic criteria 中의 하나는 堆積物 中의 clay fraction에 대해 鑛物學的—地化學的 特性을 밝히는 것이다. 이같은 見地에서 볼때, 揚子江起源 堆積物은 揚子江 排水地가 溫暖·乾燥한 氣候域에 位置를 하고 있는 까닭에 化學的 風化가 活發하여 土壤이 主로 酸性이므로 Al이 豐富하고, kaolinite를 多量 含有한다. 그러나 黃河起源堆積物은 그 根源地가 中國 北部의 冷·乾燥하고, 漂白作用(leaching)이 活發한 黃土環境에서 運搬·堆積된 것이므로 Ca의 含量이 높고, calcite와 chlorite가 豐富한게 特徵이다(Qin et

al., 1983 ; Yang et al., 1983 ; Milliman et al., 1985).

本 調査地域 南西쪽 끝에 分布하는 mud patch 중 4個 試料의 X-ray diffractogram(Fig. 31)에서도 현저한 calcite peak를 보이고, chlorite가 kaolinite보다 量的으로 월등히 많음을 보여주고 있어 黃河起源 堆積物의 特徵과 一致한다.

또한 揚子起源 堆積物과 黃河起源 堆積物의 두드러진 地化學的元素成分의 差異點은 Al과 Fe의 含量은 揚子起源이 黃河起源보다 1.2~1.6배가 높으며, Zn, Cu, Ni, Pb, Ag 等의 含量도 約 2배 以上이 높지만 Ca와 Na은 이와는 대조적으로 黃河起源에서가 約2배 以上이 높다는 것이다(Yang et al., 1983)(Table 7 참조). 本 域 南西쪽 끝 mud patch 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 : 9,42ppm, Ag : 0.8-1.0ppm의 含量을 보이는데, 上記의 特性値와 비교해 볼때, Ca의 含量은 揚子起源보다 2.2배가 높고 黃河起源과는 거이 類似하며, Pb, Ni, Ag 等도 黃河起源 特性値에서 가까운 含量을 보인다.

以上과 같이 本 域 南西쪽 mud patch를 構成하고 있는 細粒質 堆積物의 粘土鑛物學的一地化學的 特徵이 黃河起源과 類似한 點으로 보아 이곳의 細粒質 堆積物은 黃河起源인 것으로 思料된다.

한편, 黃河堆積物이 東支那海까지 移動·擴散 가능한 메카니즘으로서는, 黃海는 潮差가 4 m 以上으로 크고, 潮流의 流速도 黃海 西部에서 2 knot 以上으로써 細粒質 堆積物을 浮遊나 再浮遊시키기에 充分한 條件이 될뿐만아니라 겨울철에 엄습하는 Cold wave 및 猛風도 表層堆積物을 攪亂시키는데 寄與를 한다. 보하이(Bohai)灣으로부터 시작된 黃海沿岸流는 40~50m의 水深을 따라 여름철에는 32°N까지, 겨울철에는 30°N, 126°E까지 南下하는데 浮遊 및 再浮遊된 黃河起源 細粒質 堆積物은 이 흐름에 便乘하여 濟州島 南西쪽 地域까지 輸送이 이루어진다(Xie et al., 1983). 또한 이와 유사한 輸送메카니즘으로서 Milliman et al., (1985)은 다음과 같은 두가지를 들고 있다. "첫째, 겨울철 猛風期間 동안 再浮遊된 細粒質 堆積物들은 Jiangsu Coastal Current와 같은 독특한 Winter Circulation Patterns에 依해 濟州島 南西쪽 地域까지 移流(advection)가 가능하다." "둘째, 黃海 最深部地域에서 最大底層應力(maiximum bottom stress)은 表層堆積物을 移動시킬 수 있는 臨界底層應力(critical bottom stress)(2.0~2.2 $dyncm^{-2}$)보다 조

금 크고(Sternberg et al., 1983), 그 方向은 濟州島 南西쪽 mud patch를 向한다. 따라서 揚子江 北쪽과 東쪽의 大陸棚上으로 流入된 黃河起源 細粒質 堆積物은 浮遊 및 再浮遊되어 M_2와 M_4의 潮流에 依해 濟州島 南西쪽 mud patch로 年中 輸送이 이루어 진다"라고 하였다.

더욱이 濟州島 南西쪽 現生 mud zone 一帶 地域은 低溫의 黃海沿岸流와 低溫·低鹽의 揚子江稀釋水, 高溫·高鹽의 黃海暖流 및 臺灣暖流가 만나는 前線域(31°-32°30′N, 125°30′-126°30′E)일뿐만아니라 流速도 約 10cm/s 內外로 弱하기 때문에 silt와 clay가 沈澱·堆積하기에 適合한 環境이고, 또 浮遊堆積物의 濃度가 5 mg/l로 周邊 粗粒質 殘留堆積物 分布地보다 높고, 鹽分 變化幅도 1-2‰ /30km로 緩慢하여 0.31cm/yr의 堆積速度를 보이며, clay의 含量이 40~70%, 水分含量이 80%以下이기 때문에 粘性이 强하여 侵蝕에 견디는 抵抗力도 높아(Liang, 1983; Xu, 1983) 現生 mud zone이 形成·存在하고 있다.

이상과 같은 點들을 모두 綜合하면, 調査地域 南西쪽 끝에 存在하는 mud patch는 主로 黃河起源 細粒質 堆積物로써 安定된 物理·化學的인 海洋環境下에서 形成된 現生 mud zone의 北東쪽 境界임이 확실시 된다.

한편 濟州火山島는 第三紀末 플라이오世에서 부터 第四紀에 이르는 동안의 火山活動에 依해 形成된 火山島로써 主로 알카리 溶岩流와 火山碎屑物 等이 分布하며, 이들 火山岩流의 鑛物組成은 斜長石, 橄欖石, 輝石이 가장 많고, 그외 小量의 磁鐵石, 새니딘, 黑雲母, 이딩사이트, 正長石 等이다(元, 1976). 本 硏究에 使用된 試料中, 濟州島 沿岸 堆積物中의 輕鑛物 含量은 Na-Ca長石이 9-18%로 K-長石 1-4%보다 높게 나타나나 濟州島 沿岸에서 거리가 멀어질수록 이와는 相反된 含量値를 보인다. 濟州島 沿岸 堆積物中에 Na-Ca長石 含量이 높다는 점은 濟州島의 陸上 岩石의 鑛物組成과도 一致를 하고 있어 이 地域에 分布하는 堆積物은 濟州島로부터 流入되어 堆積된것으로 판단된다. 그러나 濟州島起源 堆積物이 濟州島로부터 얼마나한 거리까지 移動하여 分布하는지?에 대해서는 앞으로 硏究해야 할 重要한 課題中의 하나이다.

殘留堆積物(relict sediment)이라고 함은 過去의 環境과는 平衡을 이루며 堆積된 것이 現在의 環境에는 平衡을 이루지 않는 堆積物을 일컫는다(Curray, 1965; Emery, 1968; Swift, 1969; Swift et al., 1971). 이러한 殘留堆積物을 暗示하여 주는 것으로는 酸化鐵로 피복된 石英粒子의 存在(Emery, 1965), mollusk shell의

存在, 碎屑性雲母의 不在, 前時代의 stream을 暗示하는 gravel의 存在 等을 들 수 있다(Emery, 1968 ; Swift, 1969 ; Swift et al., 1971). 調査地域 中部 및 南東部에 分布하는 砂粒質 堆積物中, 石英粒子를 대상으로 顯微鏡 관찰을 실시한 結果, 酸化鐵로 피복된 石英粒子들이 많이 발견되고, 堆積物中에 패각편의 함유량도 높은 점등으로 미루어 볼때, 이 地域에 分布하는 砂質堆積物은 氷河期때 堆積된 殘留堆積物일 것으로 思料된다. 이러한 사실을 뒷받침 해주는 몇가지 證據들은 氷河期 海水面이 낮았던 당시에 32° 31′N, 125° 31′~126° 00′E 海域은 黃河江의 ancient river channel 系였고(Yang et al., 1983), 30°40′-32°30′N, 128°00 E에는 ancient shell barrier가 存在한다(Niu, 1983)는 것과, 또한 黃海의 外大陸棚 및 大韓海峽一帶, 그리고 濟州海峽 一帶에 分布하는 砂粒質 堆積物은 殘留堆積物일 것이라는 점도 역시 흥미로운 점들이다 (Niino and Emery, 1967 ; 金等, 1978, 1980, 1981, 1982, 1983,1984, 1985 1986).

本 域에 分布하는 堆積物은 分級이 不良하고, negative skewed-positive skewed 하며, platykurtic-leptokurtic 한 特性을 보인다. 이같은 組織標準値를 利用한 bivariate plots 方法으로 堆積環境을 解釋하는데는 몇가지 제한성은 있으나 (Solohub and Klovan, 1970 ; Reineck; 1980, 임, 1983), 그중 平均粒度 對 分級度, 歪度 對 分級度와의 圖表는 堆積環境 區別에 도움을 준다. 本 域의 堆積物에 대해 粒度分析을 실시한 결과를 上記의 圖表에 plot 해본 결과, 河成領域에 속하고 있어(Friedman, 1961 ; Moiola and weiser, 1968 ; Folk, 1968) 陸上起源 堆積物로 思料된다. 또한, 累積粒度分布曲線도 堆積環境 解釋의 한 手段으로 여러學者들에 依해 利用이 되어져 왔는데, 이 曲線의 線이 傾斜는 堆積物의 分級程度를 意味하는 것으로 堆積過程 및 堆積環境에 따라 差異를 나타내며, 直線組合 (Straight-line segment)들은 각기 다른 運搬樣式 즉, traction(rolling), saltation 및 suspension을 意味한다(Friedman, 1967 ; Visher, 1969). 이러한 점에 비추어 볼때, 調査地域 堆積物의 累積分布曲線의 傾斜가 대체로 緩慢하여 分級이 不良함을 알 수 있고, 또 粗粒質은 主로 saltation population에 의해 運搬되어 堆積된 반면 細粒質은 saltation과 suspsion population의 支配를 同時에 받은 것으로 推定된다.

調査海域 堆積物中의 地化學的元素成分 13種에 대해 含量測定은 實施한 結果, Co, Ni, Ca, Ag를 除外한 9種(Zn, Mn, Cr, Cu, Pb, Fe, Al, Mg, Na)의 함량치가

南東部에서 낮고, 南西部로 向함에 따라 증가하는 傾向을 보이는 것은 本 域 堆積物의 粒度分布, 炭酸鹽 및 總 有機物 含量分布와 밀접한 關連性이 있는 것으로 생각된다. 즉, 重金屬元素들은 一般的으로 細粒質이고, 炭酸鹽 含量이 낮고 有機物 含量이 높은 堆積物에서가 높은 含量値를 나타낸다. 따라서 粗粒質이 優勢하게 分布할뿐만 아니라 炭酸鹽 含量이 높고, 總 有機物 含量은 낮은 南東部地域에서가 上記 9種의 含量値는 낮은 것이며, 이와는 대조적인 南西部地域에서는 비교적 높은 含量値를 나타내는 것으로 思料된다. 그러나 Al/Mn, Al/Fe, Al/Cu 의 含量比 (Table 6)는 南東部와 南西部 間에 뚜렷한 差異가 없이 類似한 값을 보이고 있어 堆積物의 根基的인 根源은 同一한 것으로 간주된다. 또한 地殼平均含量値의 比와도 큰 差異가 없는 것으로 미루어 볼 때, 調査地域에 分布하는 堆積物 大部分은 陸上으로부터 移動·堆積된 것으로 推定된다.

Table 6. 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	Yang(1983)
Huanghe Estuaries	161.54	4,200.00	3.00	
World average(crustal average)	85.58	1,478.2	1.63	Clark and washington(1924)

한편, 地化學的元素成分들의 含量値를 周邊地域 및 世界各地, 그리고 世界平均値 等과 比較한 圖表는 Table 7과 같다. 石等(1983)의 結果와 비교할때, Pb, Co, Ni, Cu는 各各 15.60ppm : 15.70ppm, 10.78ppm : 10.0ppm, 29.57ppm : 28.9ppm, 5.14ppm : 10.5ppm 으로 거이 비슷한 含量値이지만, Zn, Cr, Fe, Mn은 各各 30.67ppm : 59.1ppm, 6.50ppm : 63.8ppm, 1.22% : 2.7%, 139.39ppm : 362.6ppm 으로 本 研究 結果가 낮고, 李等(1978)과는 Co를 제외한 나머지 元素들의 含量値가 모두 낮았다. 또한 Australian Estuary(Roy et al., 1984)와는 Mn, Zn, Fe를 제외한 나머지 元素들은 비슷한 含量値를 보이며, 世界平均値와는 Pb, Co는 유사하나 Zn,

Table 7. 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	83.0	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						
sand average	51.3	355.3	54.1	14.9	9.4	25.6	8.7	2.3						Suk et al. (1983)
mud average	82.6	479.3	93.4	17.9	13.9	38.9	16.1	3.7						
Jinhae Bay, Busan Area	111	499		20	13	29	18	4.3						Lee et al.(1978)
Southeastern Yellow Sea		50～450		33～100		3～33	3～21	0.3～2.4						Jeong et al.(1984)
Changjiang Estuary	107～110	837～915	23.3				28～30.8	4.02～4.20	3.09～3.26					Buckley et al. (1983)
Changjiang Estuaries	180	1,700～1,900	150～190	31～100	96～100	140～170	92～100	11～11.9	3.5～4.2	25	2.7～2.9	1.04～1.35	3.0～30	
Huanghe Estuaries	90	1,300	150	20	60	80	50	7	8.8	21	2.8	2.0	10.0	Yang(1983)
Malan Loess	900	1,500	160	10	60	100	50	7	13	21	2.8	2.1	1.0	

Table 7. Continued.

Area	Zn	Mn	Cr	Pb	Co	Ni	Cu	Fe	Ca	Al	Mg	Na	Ag	source
Shallow water sediment, Japan	51	390	55	55	6	14	27	3.29						Yamamoto et al. (1968)
Upper Gulf of Thailand		700 ± 140		6.5 ± 1.5	9.8 ± 2.9	21 ± 8.6	8.1 ± 6.5	20 ± 6		27 ± 4				Windom et al. (1984)
Australian Estuary	40 ~ 115	100 ~ 780		∠5 ~ 55	5 ~ 20	15 ~ 25	5 ~ 20	2.0 ~ 4.8						Roy et al.(1984)
Puget Sound, Washington	150 ± 36	2,589 ±1,043	129 ± 29	87 ± 39		64 ± 14	66 ± 13	4.61 ±0.91	7.41 ± 1.30					Feely et al.(1986)
Nearshore sediment(average)	95	850	100	20	13	55	48	6.5						Wedephol(1960)
Continental crust(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	730	200	210	300	4	10	210	10	4.5	20	2.5	1.5		Yang(1983)

* Suspended matter(bottom sample)

Mn, Cr, Ni, Cu, Fe 等은 훨씬 낮다. 이같이 本 調査地域 堆積物中의 重金屬含量이 대체로 낮은 것은 堆積物의 組成 및 堆積環境이 比較 地域과는 差異가 있을 것이며, 또 本 域이 汚染이 덜된 濟州島 周邊地域 및 外海域이라는 點, 그리고 海水의 流動이 비교적 活發한 海域이라는 점 等을 생각해 볼 수 있다.

VI. 結　　論

濟州南方海域 堆積物에 대한 粒度分析, 鑛物學的一地化學的分析 等을 實施한 結果는 다음과 같다.

1. 調査地域의 堆積物相은 muddy sand, slightly gravelly muddy sand, sand, clayey sand, sandy mud 等 7個의 textrual classes로 細分되어 비교적 多樣한 편이나, 濟州島周邊 및 南東部地域은 slightly gravelly muddy sand, muddy sand, sand 等 sand size의 粗粒質이 優勢한 分布를 보이는 반면, 南西部는 clayey sand, sandy mud 等 粗·細粒質이 混合된 分布를 보이는데, 南西쪽 끝 地域에는 小規의 現生 mud patch도 存在한다.
2. 調査地域 堆積物의 圓磨度는 very anglar~rounded까지 多樣한 편이나 subangular가 主를 이루고 있다.
3. 調査地域 堆積物은 分級이 不良하고 negative~positive skewed할뿐만 아니라 platykurtic~leptokurtic한 特性을 나타내며, 이들間의 相關關係에서는 河成領域에 속한다.
4. 累積粒度分布曲線과 C. M diagram上에서는 調査地域 堆積物中 粗粒質은 saltation population 支配下에 主로 運搬·堆積된 반면, 粗粒質은 saltation 및 suspension population에 의해 運搬된 것으로 推定된다.
5. 調査地域 堆積物中의 炭酸鹽 含量은 平均 26.99%, 總 有機物 含量은 平均 6.70%인데, 炭酸鹽 含量은 南東部의 粗粒質分布地에서가 높으나 總 有機物 含量은 이와는 다소 相反된 傾向이 있다.
6. 本 域 堆積物中의 地化學的 元素成分의 含量은 各各 Zn : 19.42~43.52ppm(av. 30.67ppm), Mn : 50~304ppm(av. 139.39ppm), Cr : 3.54~10.68ppm(av. 6.50ppm), Pb : 5.52~41.68ppm(av. 15.60ppm), Co : 7.08~14.68ppm(av. 10.78ppm), Ni : 19.70~42.42ppm(av. 29.57ppm), Cu : 3.14~9.12ppm(av. 5.14ppm), 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 : 0.68~4.08ppm(av. 1.22ppm)인데, Cu, Cr, Mn, Fe, Al, Mg, Zn, Pb, Na은 南西部 地域이 비교적 높은 含量値를 보이고, Ca와 Ag은 南東部에서가 높으며 Co와 Ni은 地域間에 含量差가 거이 없이 유사한 含

量分布를 보인다. 그러나 Al/Mn, Al/Cu, Al/Fe의 比는 두 地域間에 뚜렷한 差異가 없다.

7. 地化學的 元素成分들間 및 堆積物의 平均粒度와 元素成分들間에는 正과 否의 相關關係가 存在한다.

8. 輕鑛物은 主로 石英(av. 56.61%), K-長石(av. 9.22%), Na-Ca長石(av. 6.15%), 岩片(av. 28.11%) 等으로 構成되어 있는데 濟州島周邊 海域에서 外海쪽으로 向함에 따라 石英과 K-長石은 그 含量이 增加하나 Na-Ca長石 및 岩片은 減少하는 傾向이 있다.

9. 調査地域 南西쪽 끝 mud patch 內 粘土鑛物로는 illite, chlorite, kaolinite, feldspar, calcite 等인데, chlorite가 量的으로 많고, calcite peak가 현저히 나타날뿐만 아니라 Ca, Pb, Ni, Ag 等의 含量도 黃河起源 堆積物의 特性値와 다소 類似한 傾向을 보이고 있어 이 地域 細粒質 堆積物 大部分은 黃河起源인 것으로 推定된다.

參 考 文 獻

1. 김승우, 민건홍, 조규장, 박관순, 김원식, 신원철. 1980. 연근해저 해양지질 조사 및 물리탐사 연구(제주—청산도 해역). 자원개발연구소 조사연구보고, 제 9 호, p. 15～33.
2. 김승우, 민건홍. 1981. 연근해저 해양지질 조사연구(제주도—진도해역). 한국동력자원연구소 조사연구보고, 제11호, p. 75～91.
3. 김승우, 장정해, 이치원. 1985. 연근해저 지질 연구(추자도 일대해역). 한국동력자원연구소 연구보고, 85～18, p. 7～46.
4. 김종수, 김승우, 장정해, 이치원, 민건홍, 김철민, 김원식. 1982. 연근해저 지질 및 물리탐사 연구(소흑산도—진도). 한국동력자원연구소 연구특보.
5. 김종수, 김승우, 장정해, 이치원, 민건홍, 신원철, 조규장, 김원식. 1983. 연근해저 지질 조사연구. 한국동력연구소, 83-해저자원-2-15, p. 1～50.
6. 석봉출. 1979. 제주도 주변해역의 해저퇴적물에 관한 연구. 부산대학교 석사학위 논문.
7. 석봉출, 박병권. 1983. 제주도 주위 및 남해연안 퇴적물중의 중금속 함량. 해양학회지. V. 18, p. 29～42.
8. 원종관. 1976. 제주도의 형성과정과 화산활동에 관한 연구. 건국대학교 박사학위 논문.
9. 원종관. 1976. 제주도의 화산암류에 대한 암석화학적인 연구. 지질학회지. 제12권. 제14호. p. 207～226.
10. 이동수, 한상준. 1978. 한국 남해 동부 연안 해저퇴적물중의 중금속 함량에 관한 연구. 해양학회지. V. 13. No. 2, p. 11～16.
11. 임순복. 1983. 강원도 북평지역에 분포하는 제 3 기층에 대한 퇴적암석학적 연구. 연세대학교 석사학위 논문.
12. Bailey, E. H., and R. E. Stevens. 1960. Selective staining of K-feldspar and plagioclase on rock slabs and thin sections. Am. Mineralogists, V. 45. p. 1020～1024.

13. Blatt, H., and B. Sutherland. 1969. Intrastratal solution and nonopaque heavy minerals in shales. Jour. Sed. Petrol., V. 39. p. 592~600.

14. 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., V. 76, p. 803~832.

15. Bosum, W., E. G. Kind, and J. H. Koo, 1971. Aeromagnetic survey of offshore areas adjoining the Korea peninsular: U. N. ECAFE/CCOP Tech. Bull., V. 4, p. 1~21.

16. Buckly, 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.

17. Cheng guodong, Qian Jiangchu, Charles A. Nittrouer, David J. Demaster, Brent A, Mckee. 1983. Modern sediment structrue of East China Sea. sedimentation on the continental shelf, with special reference to the East China Sea. China Ocean Press, Beijing, p. 476~485.

18. 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.

19. Emery. K. O. and Niion, H., 1961. Sediments of shallow portions of East China Sea and South China Sea. Geol. Soc. Am. bull., V. 72, p. 731~762.

20. Emery, K. O. Hayashi, Y., Hilde, T. W. C., Kobayshi, K., Koo, J. H., Meng, C. Y., Niion, 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., V. 2. p. 3~34.

21. Feely, R. A. G. J. Massoth, E. T. Baker, J. F. Gendron, A. J. Paulson and E.

A. Crecelius. 1986. Seasonal and vertical variations in the elemental composition of suspended and sttling particulate matter in puget sound, washington. estuarine, coastal and shelf science. V. 22, p. 215~239.

22. Folk, R. L., and Ward, W. C., 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters : Jour. Sed. Pet. V. 27, p. 3~26.

23. Folk, R. L., 1968. Petrology of sedimentary rocks: The University of Texas, Austin. p. 170.

24. Friedman, G. M., 1961. Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. Jour. Sed. Pet. V. 31, p. 514~529.

25. Friedman, G. M., 1969. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. Jour. Sed. Pet. V. 37. p. 327~354.

26. Friedman, G. M., and Johnson, K. G., 1982. Exercises in sedimentology. p. 52~106.

27. Frazier, S. B., S. O. Choi, B. K. Kim. and D. Schwartz, 1976. Marine Petroleum exploration of Huksan platform, Korea, in M. T. Halbouty, J. C. Maher, and H. M. Lian. eda., Circum-Pacific Energy and Mineral Resources. AAPG. Medmoir 25, p. 268~275.

28. Galehouse, J. S., 1971. Sedimentation analysis, in, Carver, R. E. ed., procedures in Sed. pet., p. 69~94.

29. 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, V. 39. p. 1~14.

30. 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.

31. 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.

32. Johansson, C. G. 1975. Manual of methods in aquatic environment research, FAO Technical paper No. 137.

33. Koo, J. H., W. Bosum, and E. G. Kind, 1970. Aeromagnetic Survey of offshore Korea. report of Mar., Geol. and Geophys., Gebl. Surv. Korea, Vol, p. 3~40.

34. Liang Juting, Miao Yutian, 1983. Near bottom sediment transport in the Changjing Estuary and on its adjacent shelf. Sedimentation on the continental shelf, with special refernece to the East China Sea. China ocean press, Beijing, p. 499~505.

35. Milliman, J. D., Beardslfy, R. C. Yang, Zuo-Sheng and Limeburmer, R., 1985. Modern Huanghe-derived muds on the outer shelf of East China Sea : identification and potential transport mechanisms, Continental Shelf Research, V. 4, p. 175~188.

36. Moiola, R. J., and Weiser, D., 1968. Textural parameters : An eaduation. Jour. Sed. Pet. V. 38, p. 45~53.

37. Niu Zuomin, 1983. Depositional environment sub-division 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.

38. Passega, R., 1964. Grain size representation by C. M. Pattern as a geological tool. Jour. Sed. Pet. V. 34. p. 830~847.

39. 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 sysmposium on sedimentation on the Continental Shelf, with special reference to the East China sea. V. 1. Chan press, Beijing, p. 91~101.

40. Reinck, H. E., and Singh, I. B., 1980. Depo. sitional. environments springer

-verlag, Berlin, p. 549.

41. Roy. P. S. and E. A. Crawford, 1984. Heavy metals in a contaminated Austrlian Estuary dispersion and accumulation trend. Estuarine, Coastal and shelf science, V. 19. p. 341~354.

42. Solohub, J. T., and Klovan, J. E., 1970. Evaluation of grain-size parameters in lacustrine environments. Jour. Sed. Pet., V. 40, p. 81~101.

43. 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.

44. 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.

45. Taylor, S. R., 1964. Abundance of Chemical elements in the continental crust : A new table, Geochim. Cosmochim. Acta, V. 28, p. 1273~1285.

46. Visher, G. S., 1969. Grain size distributions and depositional processes. Jour. Sed. Pet., V. 39, p. 1074~1106.

47. 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. V. 54, p. 1611~1643.

48. Wedepohl, K. H., 1960. Supreanalytisch untersuchungen an tief see tonea aus dem Atlantik, Geochemi. Cosmochemi. Acta, V. 18, p. 200~231.

49. Windom, H. L., Suchada Silpipat, Aurapin Chanpongsang, R. G, Smith, Jr. and Manuwadi Hung spreugs. 1984. Trace metal composition of and accumulation rates of sediments in the upper Gulf of Thailand. Estuarine, coastal and shelf science, V. 19. p. 133~142.

50. 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.

51. 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.

52. Yamamoto, Y., 1986b. Minor elements in shallow-water deposits from Nanao Bay, Japan. Jour. oceanogr. Soc. Japan. V. 24, p. 160~166.

53. Yamamoto, Y., 1968. The chemical composition of shallow-water of Nanao Bay, Japan. Jour. oceanogr. Soc. Japan. V. 24, p. 94~102.

54. 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.

謝　　辭

本 研究를 遂行함에 있어 始終 細心한 指導와 편달을 아끼지 않으신 指導敎授 尹正守교수님께 진심으로 깊은 感謝를 드리며, 本 文을 矯覽하여 주신 朴庸向敎授님, 梁漢燮敎授님 그리고 많은 助言을 주신 高有峯敎授님, 全得山敎授님, 楊成基敎授님께 感謝를 드립니다. 또한 實驗遂行에 많은 도움을 주신 農科大學 柳長杰敎授님, 정덕상敎授님, 고정은, 이신찬선생님, 그리고 韓國動力資源硏究所 이윤오, 박영수, 신홍자선생님께도 謝意를 表하고자 합니다. 아울러 分析에 同參하여 수고해 주신 김성복, 김태희, 강성식學友와 本 學科에 在學中인 諸 學友께도 고마움을 表합니다. 무엇보다도 오늘의 結實이 있기까지 勇氣와 힘을 주신 父母님, 형님, 누나 그리고 뒷바라지로 온갖 정성을 쏟아준 內子께 本 文을 드립니다.