

제주도 주변해역 퇴적물의 특성 및 퇴적환경

Sedimentological characteristics and depositional environment of marine sediment around the Cheju Island, Korea

주관연구기관	제주대학교
연구책임자	윤정수
발행년월	1992-03
주관부처	과학기술부
사업관리기관	제주대학교
NDSL URL	http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=TRKO200200015953
IP/ID	14.49.138.138
이용시간	2017/11/03 09:09:33

저작권 안내

- ① NDSL에서 제공하는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, KISTI는 복제/배포/전송권을 확보하고 있습니다.
- ② NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 상업적 및 기타 영리목적으로 복제/배포/전송할 경우 사전에 KISTI의 허락을 받아야 합니다.
- ③ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 보도, 비평, 교육, 연구 등을 위하여 정당한 범위 안에서 공정한 관행에 합치되게 인용할 수 있습니다.
- ④ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 무단 복제, 전송, 배포 기타 저작권법에 위반되는 방법으로 이용할 경우 저작권법 제136조에 따라 5년 이하의 징역 또는 5천만 원 이하의 벌금에 처해질 수 있습니다.

(국문제목) 제주도 주변해역 퇴적물의 특성 및 퇴적환경

(영문) Sedimentological characteristics and depositional
environment of marine sediment around the Cheju Island, Korea

연구기간 : 1989.3 ~ 1992.2

연구기관명 : 제주대학교

연구책임자 : 윤 정



1992년 3월 2일

제 출 문

한국과학재단 이사장 귀하

본 보고서를 제주도 주변해역 퇴적물의 특성 및 퇴적환경 연구의 결과 보고서로 제출
합니다.

1992년 3월 2일

연구 기관 : 제주대학교

연구 책임자 : 윤 정



과제번호	891 - 0505 - 016 -2			
연구과제명	(국문) 제주도 주변해역 퇴적물의 특성 및 퇴적환경			
	(영문) Sedimentological characteristics and depositional environment of marine sediment around the Cheju Island, Korea			
연구책임자	소속	제주대학교	성명	윤정수
연구비	팔백오십만원 (₩8,500,000)		연구기간	1989년 3월부터 24개월

요약문은 뒷장 참조 바랍니다.

요약 : 제주도 주변 대륙붕 해역 181개 정점에서 채취한 표면 퇴적물에 대해 입도분석, 화학분석, 탄산염분석, 총 유기물 및 경광물 연구를 통해 이지역 표층퇴적물의 분포상태와 특성을 파악하고, 부유퇴적물과 점토광물의 분석을 통해 세립질 퇴적물의 이동경로와 공급지를 알아보았고, 6개의 주상시료에 대한 Pb-210과 Cs-137 동위원소 연구를 통한 퇴적속도와 퇴적환경을 추정하였다.

연구해역 표층 퇴적상은 모래, 소량역함유니질사, 니질사등 사질형 퇴적물이 분포하는 제주도 남동부 해역, 조·세립질이 혼합된 분포를 보이는 북동부 지역, 사질점토, 사질니, 니토등 니질형 퇴적물이 분포하는 서부지역 등 그 퇴적상이 다양하다. 탄산염 함량은 평균 21.6%로 퇴적물의 입도와 수심이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였고, 특히 순수한 모래로 이루어진 제주도 동측해역에서 50%이상으로 가장 높은 함량치를 보였다. 총 유기물 함량은 평균 6.26%로 니질형 퇴적물 분포지에서 높은 함량을 보였다. 해수중의 총 부유물질의 분포양상은 양자강 하구역에 가까운 남서쪽 끝지역에서 7mg/l 이상의 고농도 분포경향을 보이나 제주도 연안에서 서쪽 외해 중앙부 지역은 3mg/l이하로 낮은 함유량을 보였다. 분석된 13종의 지화학적 원소성분중 Al, Mn, Cu, Cr, Fe, Zn, Ni은 북동부 연안역과 서부지역 세립질형이 분포하는 곳에서, 그리고 Ca, Ag는 남동부 지역에서 높으며, 그외 Mg, Na, Pb, Co는 비교적 균일하게 분포한다. 경광물은 제주도와 소흑산도 주변 해역에는 Na-Ca장석이 K-장석보다 타지역에 비해 많았으며, 북동쪽 연안역과 남서쪽 외해지역은 K-장석이 높은 함량치를 보여 이곳 퇴적물 중 일부는 인접한 육지에서 운반·퇴적된 것으로 보여진다. 일라이트의 수평분포는 북쪽 연안역 보다 수심이 깊은 남동쪽 외해지역과 남서쪽 끝 지역에서 높은 함량을 보이는데, 이는 일라이트가 주로 남지나해와 동지나해로 부터 대마난류, 황해난류와 같은 해양환경요인에 의해 수송되는 것으로 보인다. 스멕타이트는 제주도와 인접한 제주해협 골짜기, 제주도 남서쪽 니토층 및 북서쪽 끝지역에서 8%이상의 높은 함량을 보이는데, 이는 화산활동에 의해 형성된 제주도과 관계가 있으며, 또한 황해 중앙부와 장수북쪽 연안지역의 스멕타이트를 많이

함유한 세립질 퇴적물이 이지역에서의 현저한 순환 패턴에 의해 침식·재부유되어 이동되는 것으로 사료된다. 고령석은 남서쪽 끝지역과 한반도 서남해안에 분포하는 영산강, 섬진강등과 인접하는 북동부 연안역에서 높은 함량분포를 보이며, 녹니석도 북부 연안역에서 함유량이 높는데 이는 이들 강들의 담수유출에 동반되는 토사의 영향과 연안역에서의 매우강한 조석력 등에 의해 재부유하는 점토가 혼탁류를 형성하여 연안류등에 의해 먼곳까지 수송되고 있음을 의미한다.

Pb-210 동위원소를 이용한 연구지역 퇴적물의 퇴적속도는 $0.20 \sim 0.54 \text{ Cm/yr}$, 혹은 $0.15 \sim 0.42 \text{ g/Cm}^2/\text{yr}$ 의 범위를 보였다. 이들 중 양자강 하구역과 가까운 J-101과 J-134 지역에서 퇴적속도는 $0.45 \sim 0.54 \text{ Cm/yr}$, Pb-210이 flux되는 양은 $1.48 \sim 2.31 \text{ dpm/Cm}^2/\text{yr}$ 로 하구역과 먼 J-138과 J-142 지역에서의 퇴적을 $0.20 \sim 0.22 \text{ Cm/yr}$ 과 Pb-210의 flux양 $0.36 \sim 0.57 \text{ dpm/Cm}^2/\text{yr}$ 보다 높은 값을 보였고, 제주도 주변 J-59와 J-91에서 퇴적속도는 $0.21 \sim 0.44 \text{ Cm/yr}$, Pb-210의 flux는 $0.82 \sim 1.44 \text{ dpm/Cm}^2/\text{yr}$ 의 범위를 보였다. Cs-137 동위원소에 의한 퇴적속도는 J-59, J-138, J-142 지역에서는 $0.12 \sim 0.30 \text{ Cm/yr}$ 범위로 동일 시료의 Pb-210에 의한 퇴적을 $0.20 \sim 0.22 \text{ Cm/yr}$ 와 잘 일치하나, J-91, J-101, J-134지역에서는 Cs-137에 의한 퇴적속도가 $0.16 \sim 0.30 \text{ Cm/yr}$ 로 Pb-210에 의한 $0.44 \sim 0.54 \text{ Cm/yr}$ 보다 낮은 값을 보였다.

FINAL REPORT SUMMARY

Serial number	891 - 0505 - 016 -2		
Project Title	Sedimentological characteristics and depositional environment of marine sediment around the Cheju Island, Korea		
Principal Investigator	Name	Organization & Address	Title
	Jeung-su Youn	Cheju National University Ara 1-dong Cheju 690-756, Korea	Associate Professor
Counterpart Principal Investigator	Duk-Sang Jung	Cheju National University Ara 1-dong Cheju 690-756, Korea	Associate Professor
Duration &	1st year		2nd year
Amount of Grant	From 1989. 3. to 1990. 2. (₩4,500,000Won)		From 1991. 3. to 1992. 2. (₩4,000,000Won)
	Total (₩8,500,000Won)		

Summary of Completed Project

* See the next page

Abstract : The study area is continental shelf around the Cheju Island located between lat. $33^{\circ} 00' \sim 34^{\circ} 15' \text{ N}$, and long. $123^{\circ} 30' \sim 128^{\circ} 00' \text{ E}$. A total 181 grab and 6 gravity core samples, collected from around the Cheju Island, were analyzed in order to understand their textural characteristics, geochemical composition distribution pattern of clay minerals and sediment accumulation rates estimated.

The sediments are subdivided into twelve textural classes, namely clayey sand, slightly gravelly muddy sand, muddy sand, sand, sandy mud, sandy clay, mud and clay. The coarse sediments are distributed in the southeastern parts and around the Island, whereas the coarse and fine-grained mixed sediments are distributed in the central and northeastern region, and the fine-grained deposits are mainly distributed in the western part of study area. Small scale mud patch are distributed in the southwesterly, and northerly parts of the Island. The carbonate content of 21.6% for the average are commonly abundant in sand-size sediments, whereas total organic matter of 6.62% for the average are usually decreases with increasing mean grain size. The high concentration of total suspended matter in study area gradually increase toward the southwestern offshore direction near the changjiang estuary. The concentration of geochemical elements is as follow : the content of Al, Mn, Cu, Cr, Fe, Zn and Ni increase toward the northeastern nearshore and the western part which is covered mainly with fine-grained deposits, whereas the content of Co and Ag is higher in the southeastern area, the elements such as Mg, Pb and Co are similar distribution pattern from location to location.

The light minerals such as K-feldspar show high content toward the northeasterly close to land and the southwestern offshore, which is related to the weathering of granites and metamorphic rocks on the adjacent lands, but the Na-Ca feldspar are relatively high content around the Cheju and Soheugsan Islands.

The illite is the most widespread clay mineral and the high concentration of illite gradually increase toward the southwestern and the southeastern offshore farther from significant terrigenous influence.

It is presumed that they are largely transported by Kuroshio from South China Sea and East China Sea such as Yellow Sea Current and Taiwan Current. Smectite is highly concentrated in the central part of Cheju Strait, southwesterly mud patch and edge of the northwestern region, it may have been partly derived from the central Yellow Sea by local ocean current and the result of supplies of smectite altered from volcanic materials distributed in Cheju Island. The relative abundance of kaolinite show a high in the northeastern nearshore, and tip of the southwestern near the Changjiang estuary, its supply from Changjiang River and the southwestern Korea River such as Youngsan and Seomjin River. Chlorite content is high in northly area close to land. This is related to the weathering of metamorphic rocks adjacent lands.

The use of Pb-210 to estimate sedimentation rate in the study area ranged from 0.20 to 0.54 Cm/yr or 0.15~0.42g/Cm²/yr.

This suggests a maximum accumulation rate in the study region because of not considered the mixing effect.

The sedimentation rates in core J-101 and J-134 near the Changjiang estuary show $0.45\sim 0.54\text{ Cm/yr}$, and the flux of Pb-210 to this region are $1.48\sim 2.31\text{ dpm/Cm}^2\text{/yr}$, but two core J-138 and J-142 far from the estuary show $0.20\sim 0.22\text{ Cm/yr}$ and $0.36\sim 0.57\text{ dpm/Cm}^2\text{/yr}$ respectively, which is much lower than above two samples comparison. The sedimentation rate in core J-59 and J-91 around the Cheju Island show $0.21\sim 0.44\text{ Cm/yr}$ and the Pb-210 flux of $0.84\sim 1.44\text{ dpm/Cm}^2\text{/yr}$ are measured, it indicates that the terrigenous materials from the Island supplies to this environment.

The sedimentation rate measured by two peak concentration of Cs-137 in a sediment profiles J-59, J-138 and J-142 ranged from 0.12 to 0.30 Cm/yr, which is agree well the Pb-210 calculated data $0.20\sim 0.22\text{ Cm/yr}$ from that at same samples, but a comparison sedimentation rate in cores J-91, J-101 and J-142 measured by Cs-137 ($0.16\sim 0.30\text{ Cm/yr}$) and calculated from Pb-210 ($0.44\sim 0.54\text{ Cm/yr}$) show that in the studied profiles, the Cs-137 survey data underestimate the rate measured by Pb-210 data.

제주도 주변해역 퇴적물의 특성 및 퇴적환경

윤 정 수, *정 덕 상
제주대학교 해양학과
*제주대학교 화학과

Sedimentological characteristics and depositional
environment of marine sediment around the Cheju Island, Korea

Jeung-su Youn, *Duk-sang Jung
Department of Oceanography
*Department of Chemistry
Che ju National University

목 차 (본 문)

1. 서론	1
2. 해저지형 및 해황	3
3. 재료 및 방법	5
4. 결과	8
4-1. 표층 퇴적물의 분포	9
4-2. 탄산염, 총유기물 및 부유물질의 분포	12
4-3. 지화학적 연구	17
4-4. 광물연구	24
(1) 경광물의 분포	25
(2) 점토광물의 분포	27
4-5. Pb-210과 Cs-137 동위원소 연구	28
5. 고찰	40
6. 결론	60
7. 참고문헌	63

서론

본 조사지역은 북위 $32^{\circ} 00' \sim 34^{\circ} 15'$, 동경 $123^{\circ} 30' \sim 128^{\circ} 00'$ 에 위치하는 제주도 주변 대륙붕 해역으로 한반도 서남부 지역을 비롯한 중국대륙 동측 및 일본구주 서쪽지역 등으로 부터 유입되는 퇴적물들이 복합적으로 분포하는 해양학적으로 매우 중요한 위치에 있는 해역이다.

황해는 중국대륙 양자강과 제주도를 연결하는 선상의 북측 지역으로 평균수심이 약 44m인 천해의 대륙붕이며, 동지나해는 중국의 양자강-제주도-일본구주 및 류큐열도 - 대만을 연결하는 선 안쪽의 광범위한 해역으로 대륙붕, 오키나와곡분, 대륙사면, 류큐해구 등 독특한 해저지형을 이루고 있다. 이와같이 구분되는 황해 및 동지나해는 중국대륙의 황하강과 양자강, 그리고 한반도 서남해안의 강들(압록강, 대동강, 한강, 금강, 영산강 등)을 통해 막대한 양의 육상기원 퇴적물이 유입되어 집적되고 있다.(Milliman and Meade, 1983).

연구해역을 포함하는 황해 및 동지나해의 표층에는 제 4기말 동안의 빙하작용과 그에 수반된 해수면 변동에 의한 잔류퇴적물(relict sediment)과 현세의 중국대륙 및 한반도로 부터 유입되는 현생퇴적물이 혼합되어 분포하고 있다. 연구해역 및 주변해역에 대한 과거 조사연구로는 Emery et al.,(1961)를 선두로 많은 국내외 학자들과 몇몇 연구기관들에 의해 수행되어 왔는데, Emery and Niino(1961)는 황해와 동지나해의 표층 퇴적물에 대한 개괄적인 연구에서 황해의 외대륙붕과 대한해협 일대에 분포하는 사립질 퇴적물을 잔류퇴적물이라 제시하였다. Wang(1961)은 황해의 외대륙붕과 제주해협 사립질퇴적물내의 성분을 분석하여 이들 퇴적물은 빙하기에 해수면이 낮았을때 퇴적된 퇴적물이라 하였으며, 김 등(1980, 1984, 1985)은 한반도 주변해역 및 연구해역 동남부 수심 100m보다 깊은 해역의 사질퇴적물은 해빈사의 특성을 보여 고해빈이라 하였다.

한국동력자원 연구소는 1972년 부터 한국대륙붕 해저지질기본도 작성을 위해 해양지질 및 지구 물리학적 연구를 년차적으로 조사중에 있고, 한국해양연구소도 1982년 부터 한반도 주변대륙붕의 종합해양도 작성을 위해 해양학의 각 분야에 대한 조사. 연구를 매년 실시하고 있다.

양자강 및 주변 대륙붕에 대한 잠재자원 파악, 대륙붕 보존, 해양환경 파악 및 연안지역 개발을 위한 종합조사가 1980년부터 1981년 사이에 미국-중국 합동으로 실시된 바 있다.

윤 등 (1986, 1987, 1989, 1991)은 Socotra 암초의 지질과 제주도 주변해역 표층 퇴적물의 특성과 점토광물의 분포 특성에 대한 연구를 하였고, Yang et al., (1983), Chough(1983, 1985), Lee and Chough(1989), Wells and Huh(1984), Khim(1988), Milliman et al.,(1985a, 1985b, 1986), Sternberg et al.,(1985), Park et al.,(1986)은 황해와 동지나해에서의 점토광물의 분포, 퇴적물의 지화학적 특성, 부유퇴적물 및 수괴 특성등에 대하여 연구하였고, Nittrouer et, al.,(1984), Demaster et, al.,(1985)등은 황해와 동지나해의 몇 지점에서 방사지화학적 연구를 통하여 퇴적속도와 budget를 정량적으로 평가하였다.

그러나 제주도 주변해역의 표층퇴적물 및 주상시료를 조직적으로 채취하여 점토광물 및 방사지화학적 연구는 아직 것 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 제주도 주변해역에서 채취한 총 181개 퇴적물 시료에 대한 입도분석, 화학분석, 탄산염 분석, 총 유기물 및 경광물 연구를 통하여 이 지역 표층 퇴적물의 분포특성을 파악하고, 부유퇴적물과 점토광물의 분석을 통해 세립질 퇴적물의 이동 경로와 공급지를 알아 보았고, 주상시료에 대한 Pb-210과 Cs-137의 동위원소 연구를 통한 퇴적 속도와 퇴적환경을 밝히는데 중점을 두었다.

해저지형 및 해황

본 조사지역의 해저지형은 북서~남동방향으로 배열된 등수심 선들로 표시되며 수심은 남서부에서 40m 미만이나 북동부의 추자군도와 제주도 남동부쪽으로 향함에 따라 50~100m, 50~160m로 점차적으로 깊어지는 경향을 보이며 남동쪽 끝 지역에서 150m이상의 최대수심을 보이고 있다(Fig.1).

이처럼 수심이 동쪽으로 향함에 따라 깊어지는 현상은 황해 전역에 적용되며 이는 황해분지 지형의 축은 북서 ~ 남동방향으로 발달하고 한반도쪽에 치우쳐 있음을 의미하며, 또한 황해의 서부가 중국대륙으로 부터 황하나 양자강을 통해 공급된 퇴적물로 구성되어 있기 때문이다.

연구지역 북동부는 복잡한 암벽 해안과 수심 20m내외의 도서들 사이에는 수로들이 형성되어 있고, 추자도와 제주도 사이에는 소위 제주해협이라는 골을 형성하며 요철 지형과 Moat가 발달하고 제주도 해안에 근접하면서 수심은 120m이상으로 급경사를 보인다.

연구지역에 세립질 퇴적물의 이동에 영향을 미칠것으로 예상되는 해류로서는 북적도해류에서 발원한 고온·고염의 흑조(Kuroshio)이고, 이로부터 분기한 황해난류수는 제주도 서방을 통과하여 황해로 유입하며, 대만난류수는 제주도 남쪽을 상접하며 한국해협을 통과하여 동해로 유입하고, 보하이만으로 부터 시작한 황해 연안류는 40-50m의 등심선을 따라 하계에는 32° N까지, 동계에는 30° N, 126° E까지 남하한다(Xu, 1983). 또한 중국대륙 하천수의 유입에 의하여 형성된 저온·저염의 중국대륙 연안수와 겨울철 대륙혼합에 의해 생성되는 황해 저층냉수, 한반도 남해안 연안지방으로 부터 흘러나오는 담수와 기상의 영향을 받아 형성된 남해연안수 등도 연구해역에 영향을 미치는 주요한 수괴 들이다.

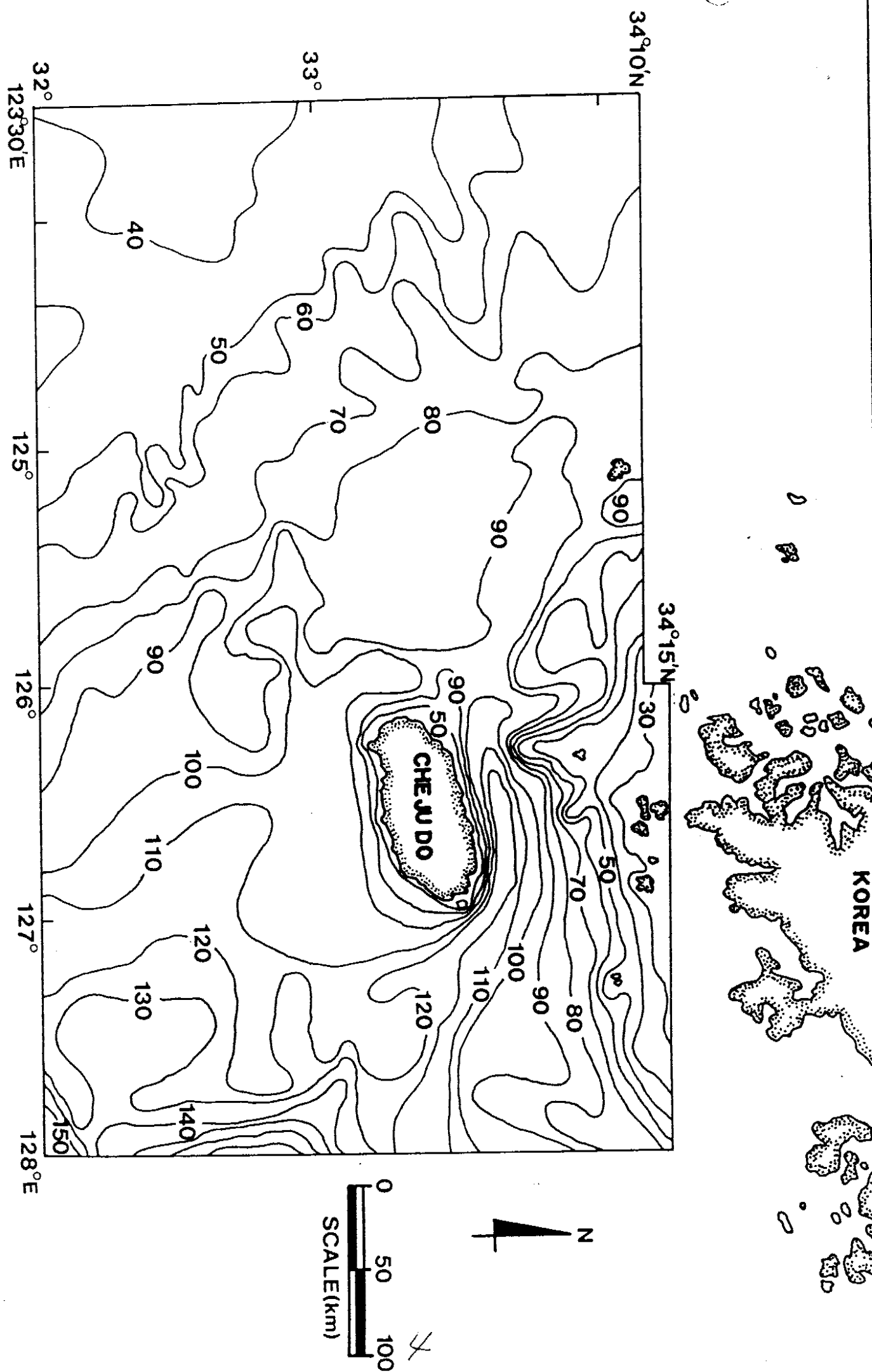


Fig.1 Bathymetric map of the study area (water depth in meters).

재료 및 방법

퇴적물 시료는 1985년부터 1989년에 걸쳐 제주대학교 실습선 제주 401호와 제주 402호를 이용하여 표층시료 총 181개 정점과 주상시료 6개 정점에서 Van Veen Grab Sampler 와 Gravity Corer를 사용하여 채취하였고, 총 부유물질 분석용 해수시료는 Van Don 채수기로 55개 정점에서 표층수와 저층수를 구분하여 채수하였다(Fig.2). 또한 시료채취와 병행하여 음향측심기에 의해 수심측정도 실시하였다.

퇴적물 입도분석은 Ingram(1971)과 Galehouse(1971)의 분석방법에 따라 처리한후, 조립부는 체질 방법으로 세립부는 피펫방법으로 분석하였으며, 조직표준치는 Folk and Ward(1957)의 방법으로 통계처리하여 구하였다.

탄산염 함량분석은 Bernard calcimeter를 사용하여 측정하였고, 총 유기물 함량 분석은 분말화된 시료 3g을 전기로에 550°C로 1시간 30분 동안 회화시킨후에 무게 손실량을 처음무게에 대한 100분율로 구하였다.

경광물은 세립사(2~3φ)를 대상으로 중액 Bromoform을 이용하여 중광물과 경광물로 분리한 다음, 착색시킨 후(Baily and Stevens, 1960) 현미경하에서 석영, K-장석, Na-Ca장석, 암편으로 분리하여 백분율을 구하였다. 총 부유물질 함량은 표층과 저층부근에서 채수된 채수시료 3ℓ를 Whatman GF/C여과지로 여과시킨후 함량비를 계산하였다. 점토광물은 Grim et al.,(1949)과 Biscaye(1965)의 방법에 따라 퇴적물 시료 25g을 취해 중류수로 염분을 제거한 다음 유기물을 제거하기 위하여 6%과산화수소로 4~6일간 처리하였다. 2μm이하의 점토입자 분리는 침강법(Stoke's law)을 이용하여 피펫방법으로 분리한 다음 원심분리기에서 농축시켜서 사용하였다.

모든 시료를 슬라이드 글래스에 얇게 입힌다음 대기중에서 건조시켜(Stokke and Carson, 1973) 무처리 시료를 준비하고, 모든 시료에 대해 에틸렌글리콜로 포화처리하였으며(Brunton, 1955), 광물검정을 위해 몇개의 대표적인 시료에 대해서는 열처리(300~550°C)와 염산처리(6N-HCl)를 하였다(Pierce and Seigel, 1969).

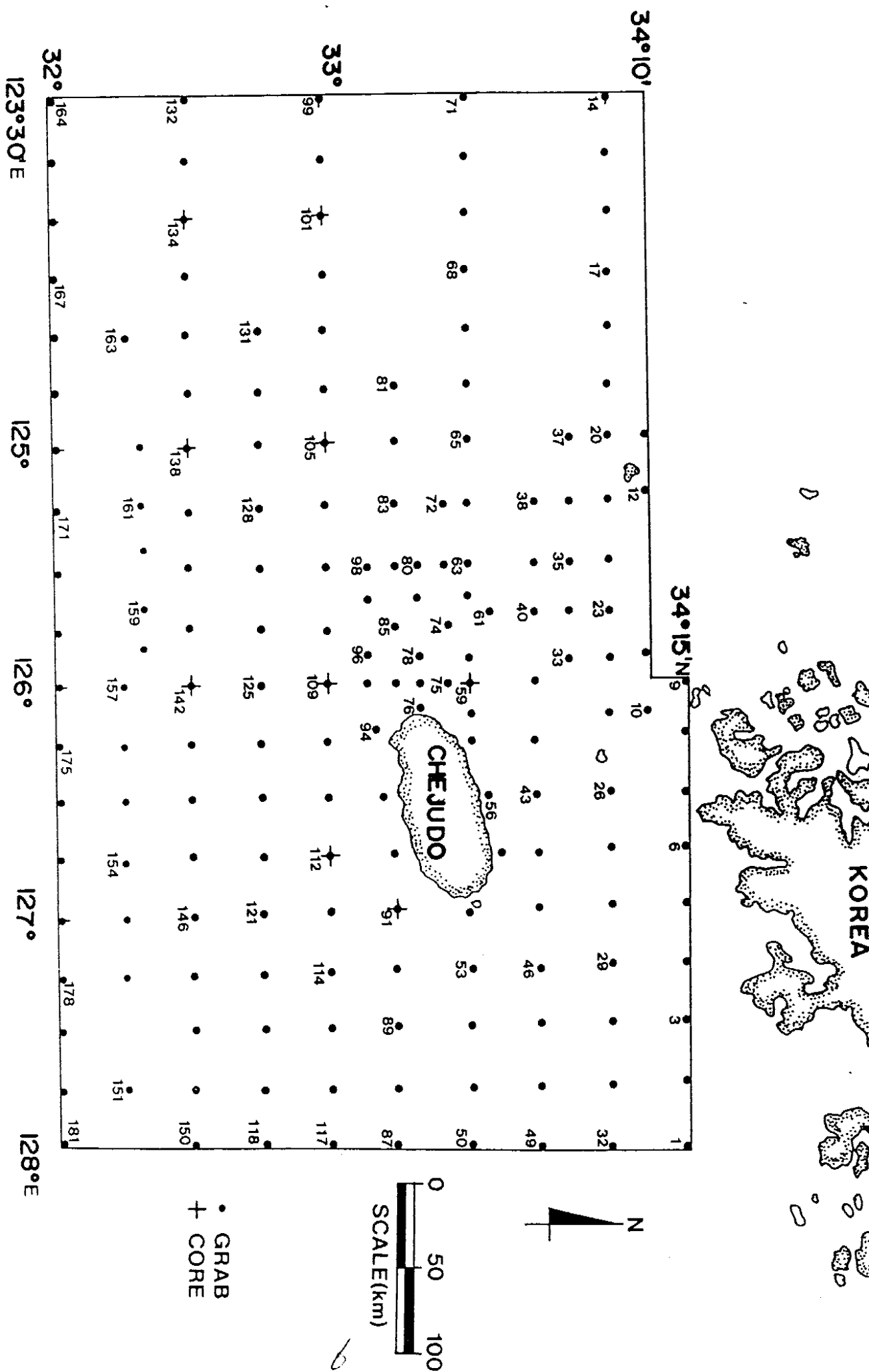


Fig.2 Study area and sampling sites.

준비된 이들 각 시료를 Philips PW 1730 X-선 회절분석기를 이용하여 전체주사각 (2θ)은 $2^\circ \sim 40^\circ$, 고형석과 녹리석을 분리하기 위하여 2θ 각도 $24^\circ \sim 26^\circ$ 사이에서 고니오메타 속도를 반으로 줄여 재주사(slow scan)하여 diffractogram을 구하였다(Elverhoi and Ronningsland, 1978). 또한 각 점토광물의 함량비는 Biscaye(1965)가 제시한 방법에 따라 XRD상의 피크면적을 이용하여 상대적인 양을 계산하였다.

Pb-210 동위원소 분석은 분말화된 시료 6g을 활동도가 계산된 Po-208 tracer를 첨가한후 HCl, HNO₃, HClO₄, HF로 가열 용해시켜, 이 시료를 1.5N-HCl로 희석시켜 원심분리기로 상층용액을 분리시켰다. 이 상층용액에 존재하는 철산화물을 제거하기 위하여 ascorbic acid로 처리한 후 1cm² 크기의 Silver Planchet를 넣어 80°C에서 1시간 30분 동안 가열하여 polonium 동위원소가 silver planchet 내로 흡착되게 하였다. 이 silver disk를 silicon surface barrier detector로 Alpha Particle Spectrometer를 이용하여 96시간 counts하여 측정하였다(DeMaster, 1979; Nittrouer et al., 1979).

Supported Pb-210 활동도 양을 알기위해 Ra-226을 측정하였는데, Ra-226 활동도는 몇개의 시료를 Ra-222 gas emanation방법에 의해 결정하였다(Lucas, 1957, Benninger, 1976).

Cs-137 활동도 측정은 분말화된 시료를 125ml 플라스틱 박스에 넣고 납으로 밀폐된 저온장치 내에서 Ge(Li) Detector로 Gamma ray spectrometer를 이용하여 24시간동안 counts 하여 측정하였다(Salmon and Creery, 1971).

결 과

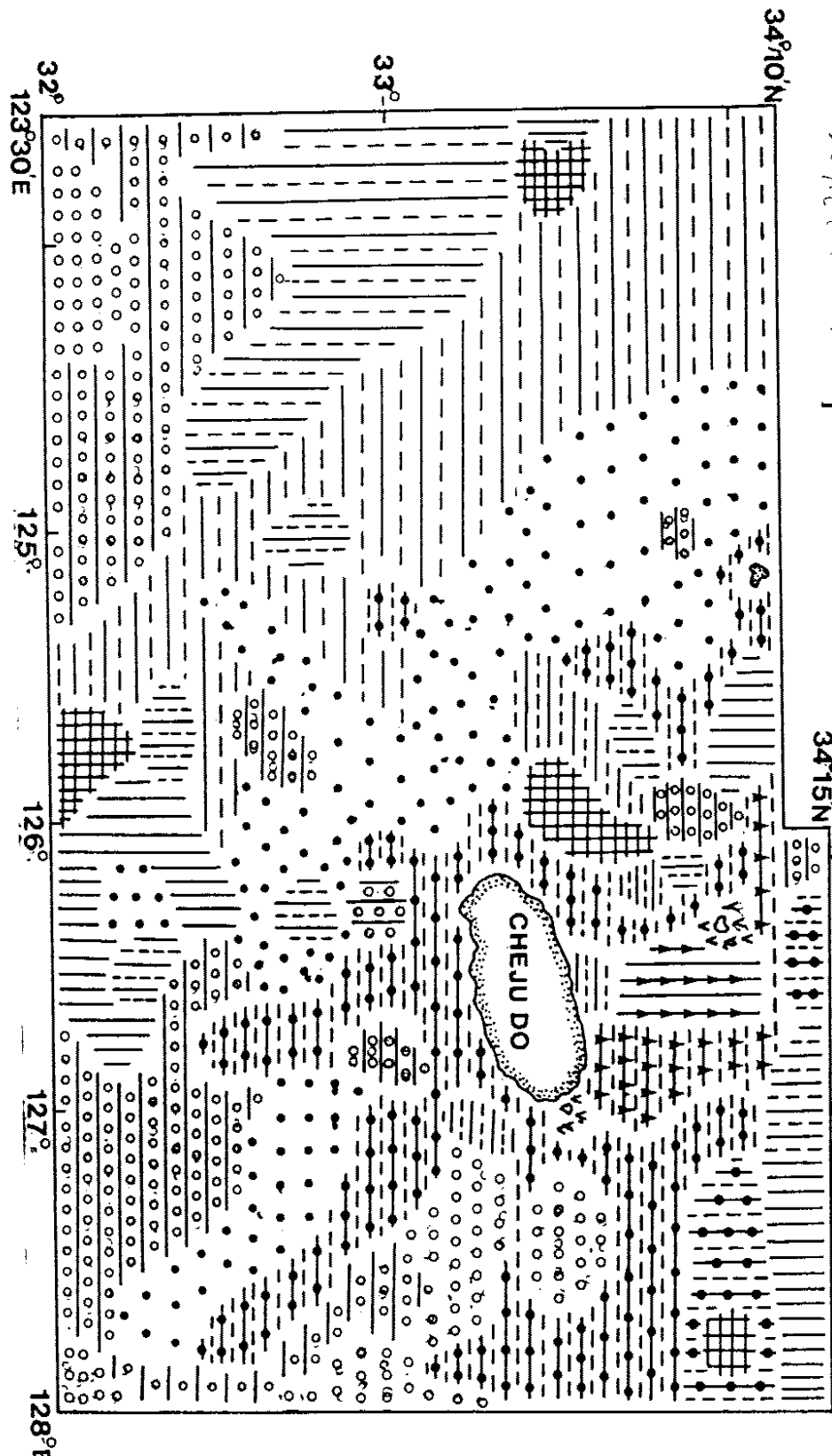
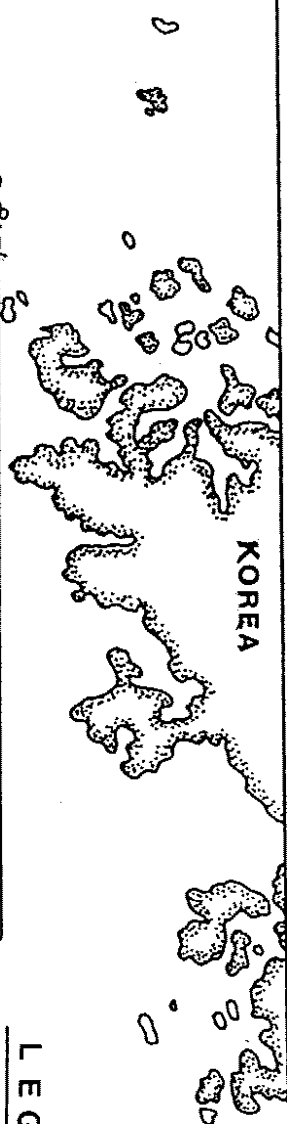
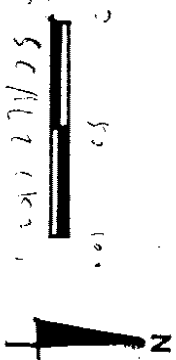
표층 퇴적물의 분포

연구지역 표층 퇴적물의 유형은 자갈함유 니질사(gravelly muddy sand), 소량자갈함유니질사(slightly gravelly muddy sand), 모래(sand), 니질사(muddy sand), 점토질 사(clayey sand), 사질점토(sandy clay), 니토(mud) 및 점토(clay)등으로 총 12개 유형으로 다양한 분포를 보이나, 크게보아 사질퇴적물 분포역, 니질퇴적물 분포역, 혼합퇴적물 분포지역으로 분류할 수 있다(Fig.3).

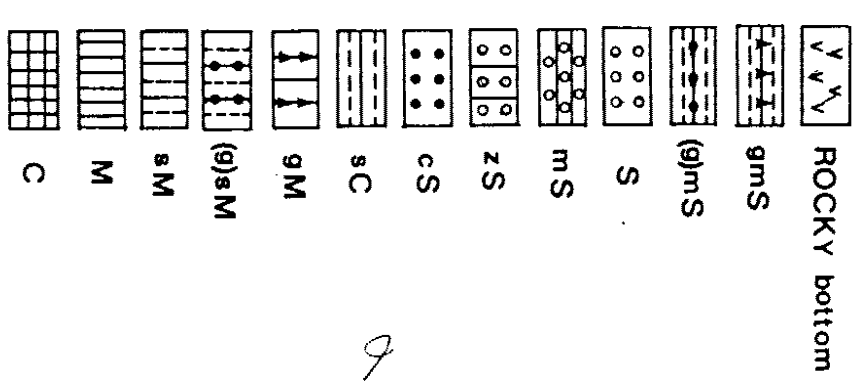
자갈함유니질사, 소량자갈함유니질사, 니질사, 점토질사와 같은 자갈과 폐각편을 많이 함유하는 사질형 퇴적물은 제주해협 중앙부, 제주도 주변 및 수심이 깊은 제주도 남동쪽에 넓은 범위에 걸쳐 분포하며, Socotra 암초 주변지역에도 니질사가 소규모로 분포한다.

자갈함유니질사와 소량자갈함유니질사는 자갈이 평균 1.31~14.10%, 모래는 평균 51.11~63.27%, 실트는 평균 14.0~16.38%, 점토는 평균 18.41~21.43%이다. 특히 제주도 동쪽 수심이 120m인 중앙부 지역에는 모래함량이 90%이상인 순수한 사질 퇴적물이 분포하고 있다. 이 사질퇴적물은 입도가 0~2 ϕ 인 중·조립사이며, 누적분포 곡선상에서도 다소 급한 경사를 보여 분급이 좋은 해변사의 특징을 나타낸다. 니질사와 점토질사의 평균조성은 모래가 62.87~69.59%, 실트는 10.65~12.62%, 점토는 17.82~26.14%이다.

한편, 점토, 니, 사질점토, 사질니, 역질 니, 소량자갈함유사질니와 같은 니질형 퇴적물은 연구지역 서부에 광범위하게 북서~남동방향으로 대상분포를 보이며, 또한 본역 동북부 끝지역과 제주-추자-소흑산도사이의 중앙부에도 소규모로 분포한다. 점토와 니의 평균 조성은 모래가 4.31~5.84%, 실트는 30.0~42.84%, 점토는 51.37~65.73%이다.



LEGEND



- | | | | |
|-------|--------------------------------|-------|-------------------------------|
| gms | : gravelly muddy Sand | sc | : sandy Clay |
| (g)ms | : slightly gravelly muddy Sand | gm | : gravelly Mud |
| S | : Sand | (g)sM | : Slightly gravelly sandy Mud |
| mS | : muddy Sand | sM | : sandy Mud |
| zS | : silty Sand | M | : Mud |
| cS | : clayey Sand | C | : Clay |

Fig. 3. Distribution of surface sediment type ; classification scheme after Folk et al. (1970).

소량자갈함유사질니, 역질니의 평균조성은 자갈이 4.46%, 모래는 40.01%, 실트는 20.22%, 점토는 35.18%이다. 사질니와 사지점토의 평균조성은 모래가 30.28~35.63%, 실트는 19.61~25.91%, 점토는 43.3~43.68%의 범위를 보인다. 자갈을 함유하는 사질퇴적물은 누적분포곡선상에서 대체로 완만한 경사를 보여 분급이 불량함을 의미하며, 자갈함유니질사와 소량자갈함유니질사는 -1ϕ 와 7ϕ 에서 굴절하는 3개의 군집(Population)을 보이는데 끌림군집이 차지하는 비율은 전체의 25~30%, 도약군집은 60~70%, 부유군집은 8~10%로 주로 도약과 끌림의 운반형태를 보이며, 모래는 도약군집이 83~90%, 부유는 10~15%, 끌림은 0~2%로 주로 도약에 의해 운반되었으며, 니질사와 점토질사는 도약군집이 75~83%, 부유가 15~25%, 끌림은 0~2%로 이도 주로 도약이 현저한 지배를 받았음을 의미한다(Fig.4).

니질형 퇴적물도 Fig.4에서와 같이 누적분포곡선상에서 완만한 경사를 보여 이 또한 분급이 좋지 않음을 의미하나, 점토와 같은 단일 유형의 퇴적물은 경사가 급해 다소 양호한 분급도를 나타낸다.

자갈함유사질니, 역질니는 도약이 60~65%, 부유가 30~40%, 끌림이 0~5%로 혼합된 운반 형태를 보이며, 사질니·사지점토는 도약이 50~60%, 부유가 40~50%의 운반형태를 보이며, 니와 점토인 경우는 부유가 50~70%, 도약이 30~40%로 주로 부유형태로 운반되었다.

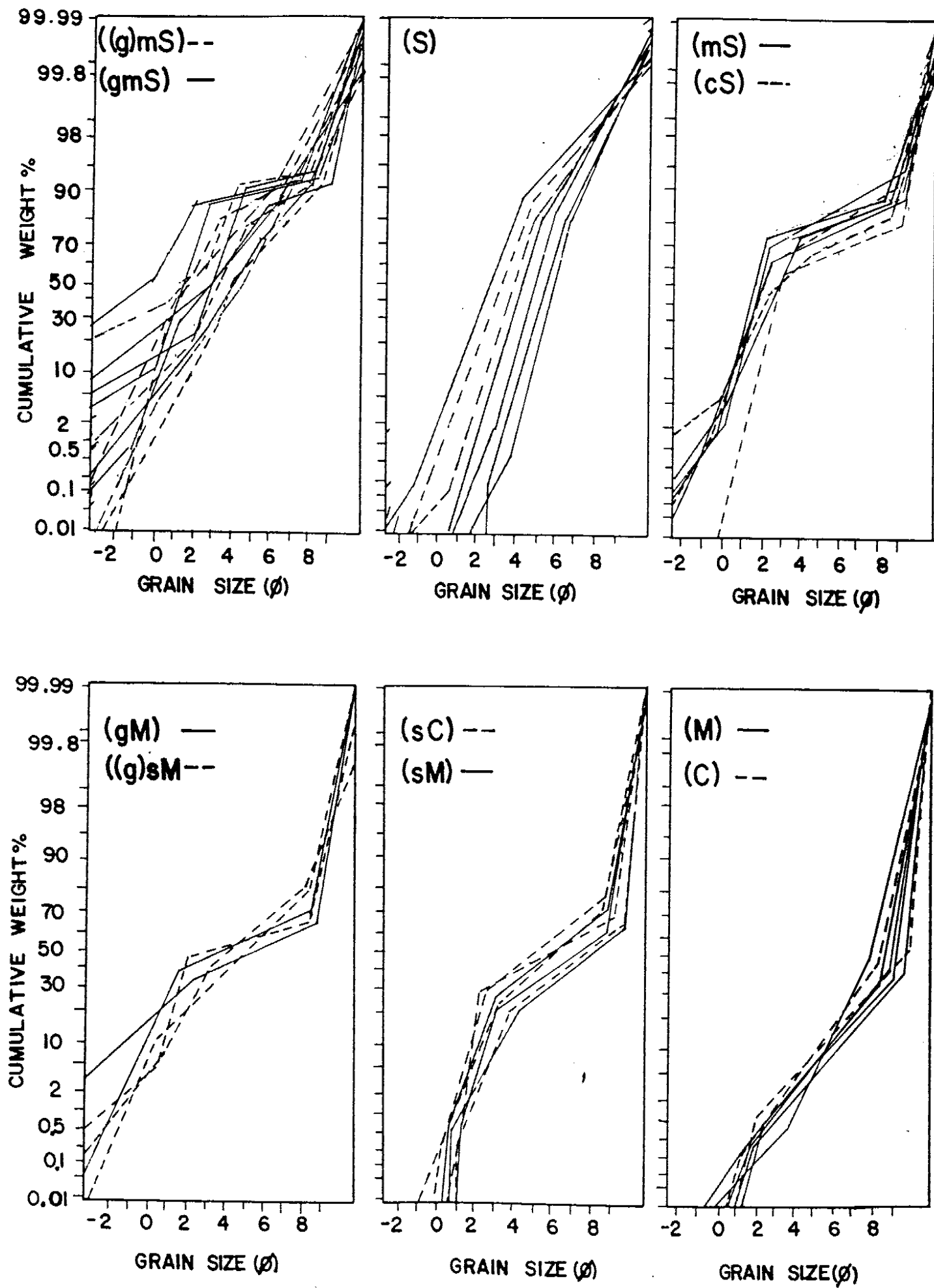


Fig.4 Cumulative curve showing grain-size distribution of various textural classes. //

탄산염, 총유기물 및 부유물질의 분포

본 조사지역의 탄산염(CaCO_3)함량은 6.83~70.82%(평균21.60%)로 다양한 값을 나타내며 퇴적물의 입도와 수심이 증가함에 따라 함량치도 증가하는 경향을 보인다(Fig.5).

평균입도가 8 ϕ 이하인 북동부 끝지역과 제주도 남서쪽 니토대 분포지역은 탄산염 함량이 10%미만이며, 수심이 100m미만이고 평균입도가 4~8 ϕ 인 세립질 퇴적물이 넓게 분포하는 서부지역은 10~20%, 소량역함유니질사와 역질니둥 혼합된 퇴적물형이 분포하는 제주도 및 추자도 주변해역은 그 함량이 증가하여20~40%이고, 수심이 100m이상이며 모래가 분포하는 제주도 동쪽 해역은 50%이상의 최대 함량치를 보인다.

총 유기물 함량은 1.35~17.68%(평균6.26%)이며, 제주해협 북서쪽과 제주도 남서쪽 니토대 분포지역에서 9% 이상의 최고 함량치를 보인다(Fig.6). 총 유기물함량은 대체적으로 세립질 퇴적물이 넓게 분포하는 서부해역에서가 5~9%로 사립질형이 넓게 분포하는 제주도 남동쪽 해역과 제주해협지역의 3~7%보다 높아 탄산염함량분포와는 상반된 경향을 보여준다.

연구해역 표층수중의 총 부유물질 함량 분포 경향은 제주도를 기준으로 할때, 제주도 서부연안에서부터 서쪽 외해 중앙부까지에서는 3mg/l이하로 비교적 낮은 함량을 보이나, 황해 남동부와 추자도 주변해역 및 남동쪽 외해로 함함에 따라 3~7mg/l 이상으로 점차 증가하는 경향을 보였다. 특히, 양자강 하구쪽에 가까운 남서쪽 지역으로 향함에 따라 7mg/l이상의 고농도 해수가 확장되고 있음을 알 수 있다(Fig.7). 저층수 중의 경우도 표층수중의 총 부유물질 함량분포 경향과 일치하였다. 표층과 저층간에 함량차를 비교해보면, 제주도 서쪽 주변해역은 그 함량이 거의 유사한 반면 외해쪽에서는 매우 큰 함량차를 보여 저층수 중에서도 높은 함량치를 나타냈다(Fig.8).

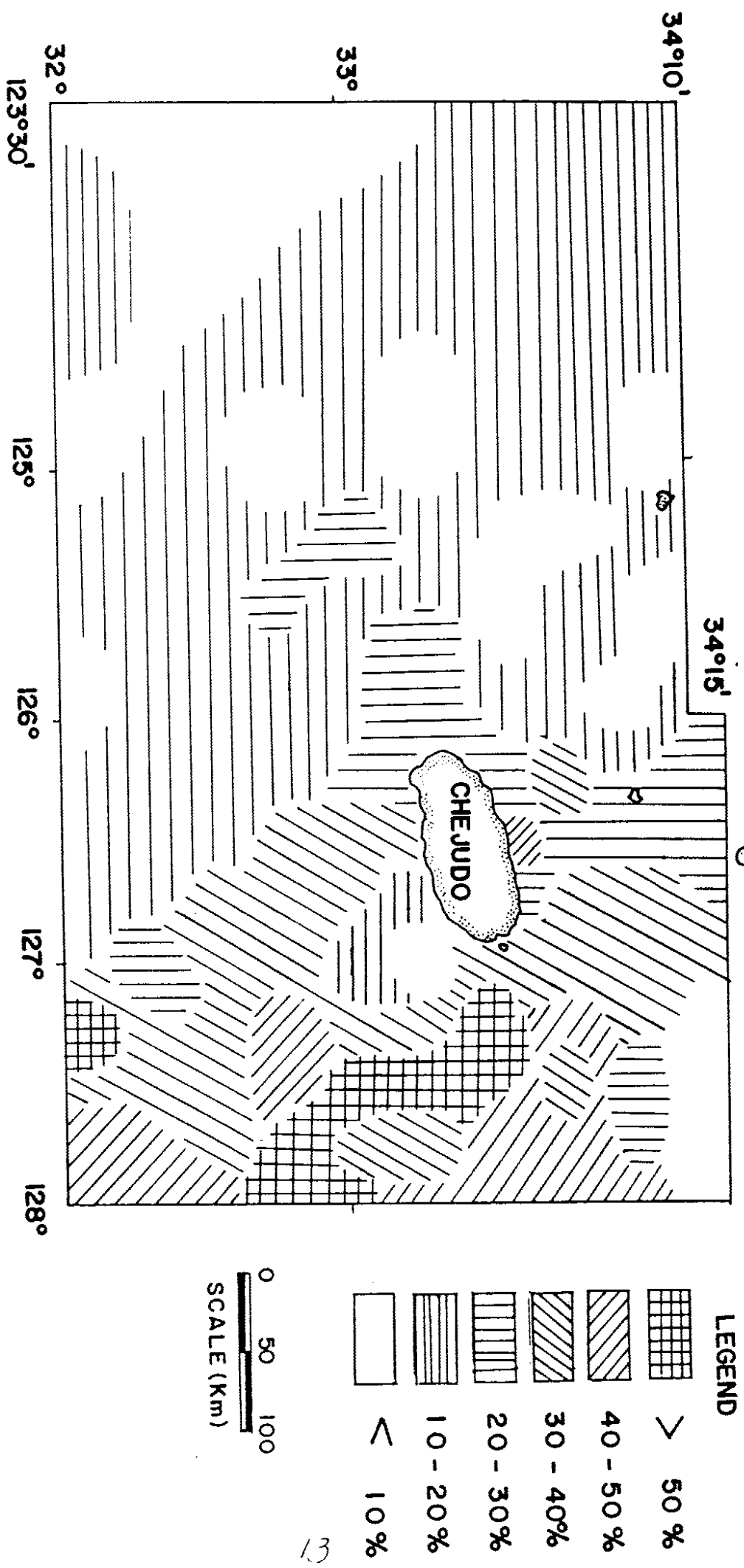


Fig. 5 Calcium carbonate content distribution in sediment.

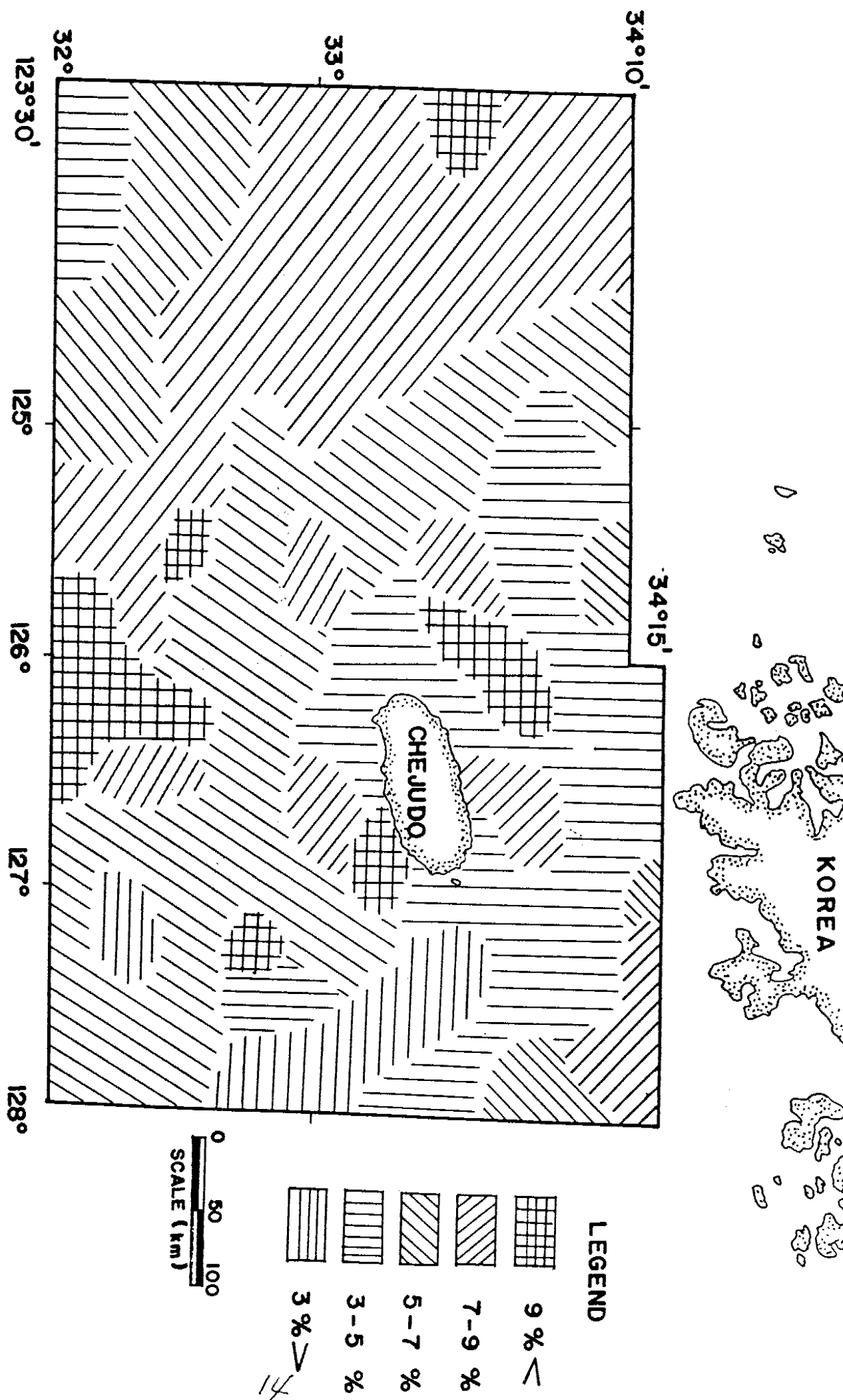


Fig. 6 Total organic matter content distribution in sediment.

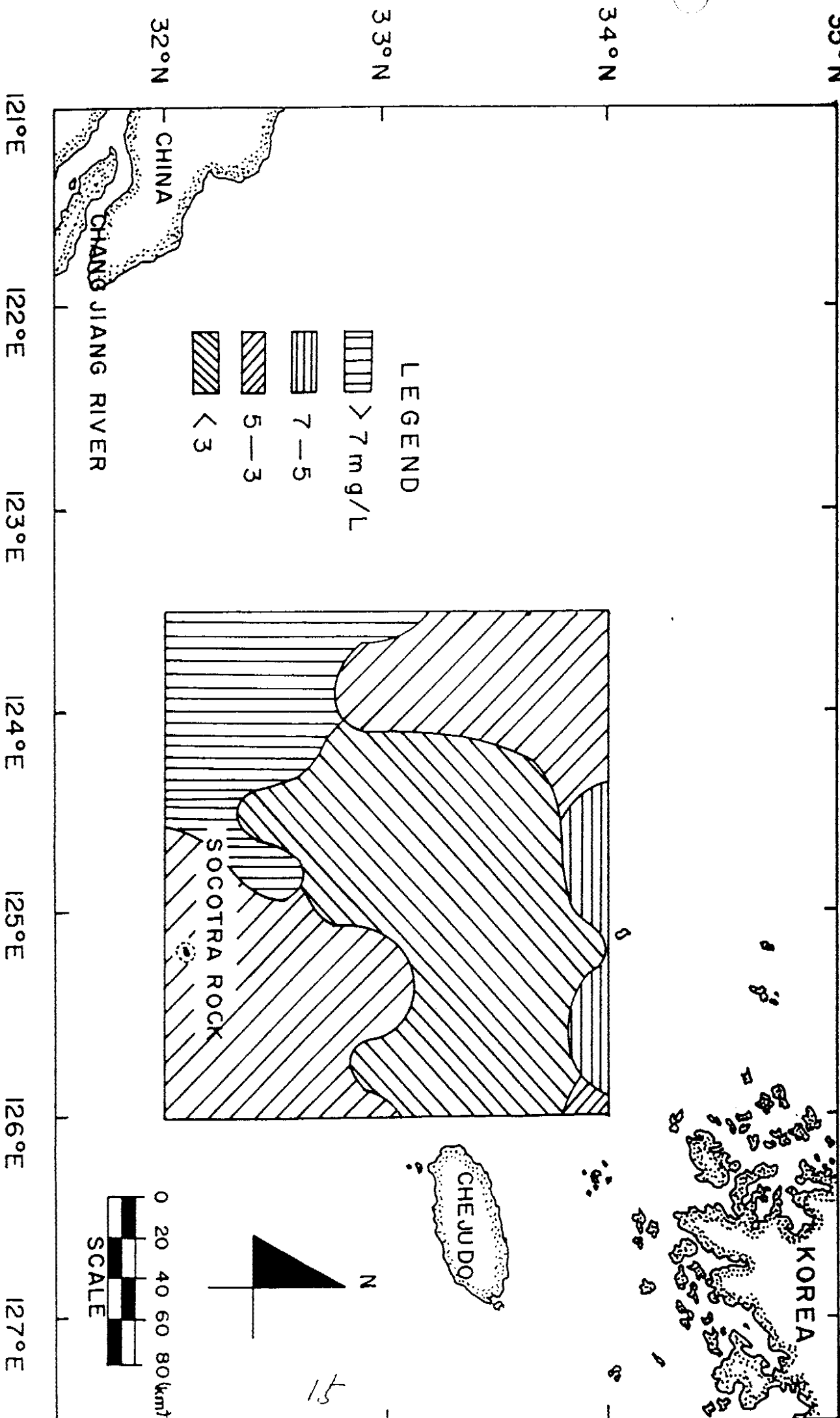


Fig. 7 Total suspended matter (mg/l) in the surface water,
April 1987

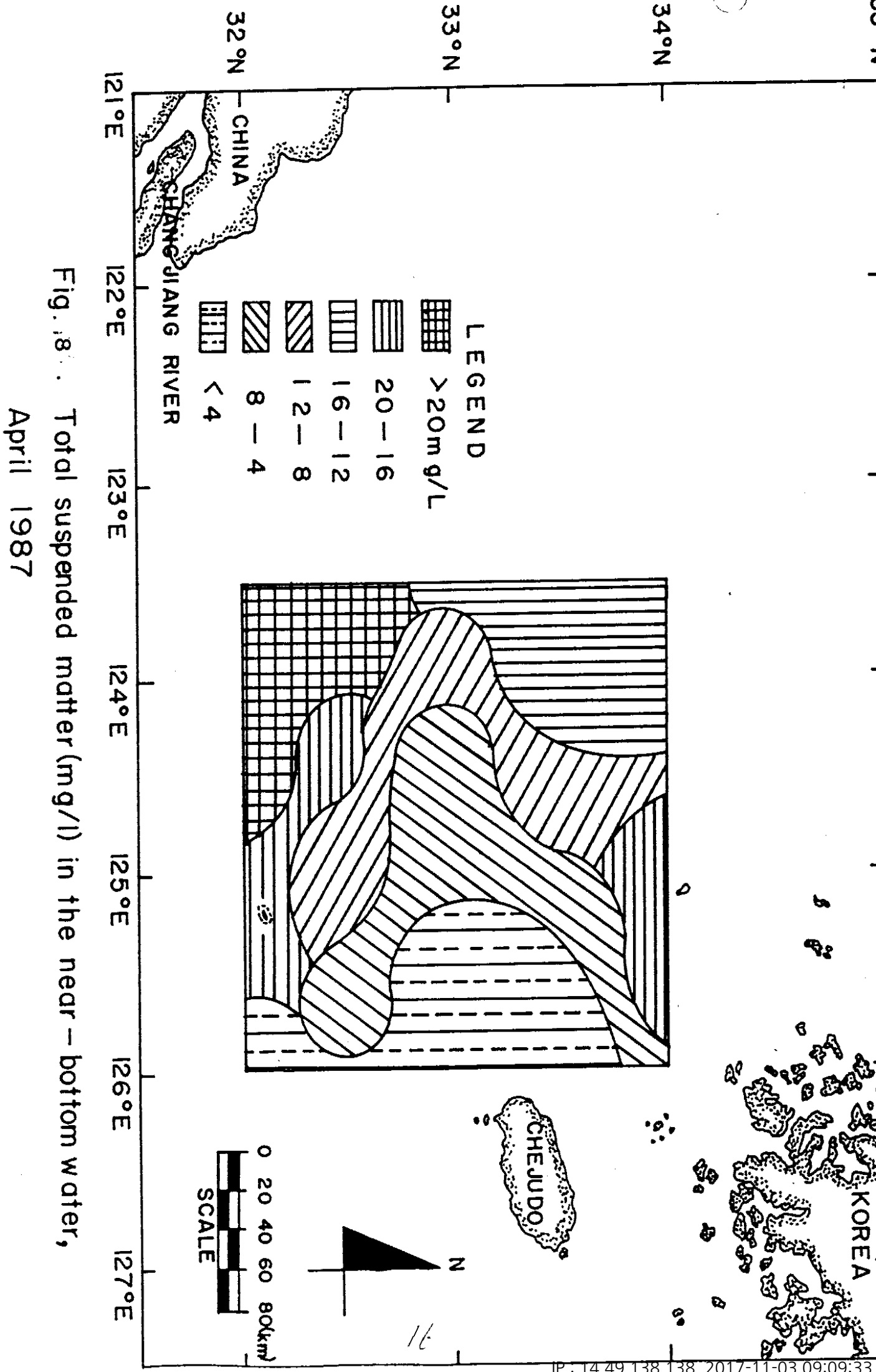


Fig. 8. Total suspended matter (mg/l) in the near-bottom water,

April 1987

지화학적 연구

본 연구해역 표층퇴적물 시료 중 92개의 시료에 대하여 13종의 지화학적 원소성분의 함량을 분석한 결과, Cu : 3.14~12.85 μm (평균 7.11 μm), Mn : 83~360 μm (평균 205.8 μm), Cr : 4.47~36.1 μm (평균 15.54 μm), Al : 0.07~1.84%(평균 0.86%), Ca : 0.15~12.9%(평균 4.14%), Ag : 0.34~2.08 μm (평균 1.19 μm), Mg : 0.12~0.93%(평균 0.59%), Na : 0.11~1.34(평균 1.32%), Pb : 8.16~33.76 μm (평균 17.02 μm), Fe : 0.48~9.18%(평균 2.11%), Zn : 20.42~58.3 μm (평균 33.58 μm), Co : 5.90~20.14 μm (평균 12.3 μm), Ni : 19.7~50.08 μm (평균 33.9 μm)의 함량치를 각각 나타냈다.

Al은 사질형 퇴적물이 넓게 분포하는 남동부지역에서 0.1~0.8%로 최소치를 보이고, 조·세립질이 혼합된 분포지역인 북서쪽에서는 0.7~1.1%, 세립질 퇴적물이 넓게 분포하는 남서쪽 지역과 북동쪽 끝지역에서 1.0~1.8%로 높은 함량치를 보인다(Fig.9). Mn도 사질 퇴적물이 분포하는 제주도 남동부 해역에서 83~150 μm 으로 니토대가 분포하는 제주도 남서쪽 외대륙붕 지역과 북동쪽 끝지역에서 300~350 μm 보다 2배 정도의 낮은 함량분포를 보였고, Cu는 제주도 남동쪽 지역은 4~6 μm 으로 남서부와 북서쪽 해역의 6~10 μm 보다 1.5배의 낮은 함량을 보이며, 특히, 조사지역 북동부 끝인 한반도 서남해안 연안역으로 향함에 따라 점차 증가하는 경향을 보였다(Fig.10).

Cr은 조사지역 북동쪽 끝 연안역과 남서쪽 니토대에서 25 μm 의 다소높은 함량분포를 보이는 것을 제외하면 대부분 지역이 10~20 μm 의 범위를 보였다.

Ca와 Ag는 조사지역 남동부 지역이 서부와 북동쪽 지역보다 그 함량치가 높은 경향을 나타내어 앞의 4종의 원소성분들과는 상반된 경향을 보였다. 즉 Ca는 제주도 주변 연안역과 사립질 퇴적물이 넓게 분포하는 남동부해역에서 4~12%로 니질형이 분포하는 지역의 1.0~4%보다 3배정도의 높은 함량치를 보였다(Fig. 11).

0 50 100
SCALE (Km)

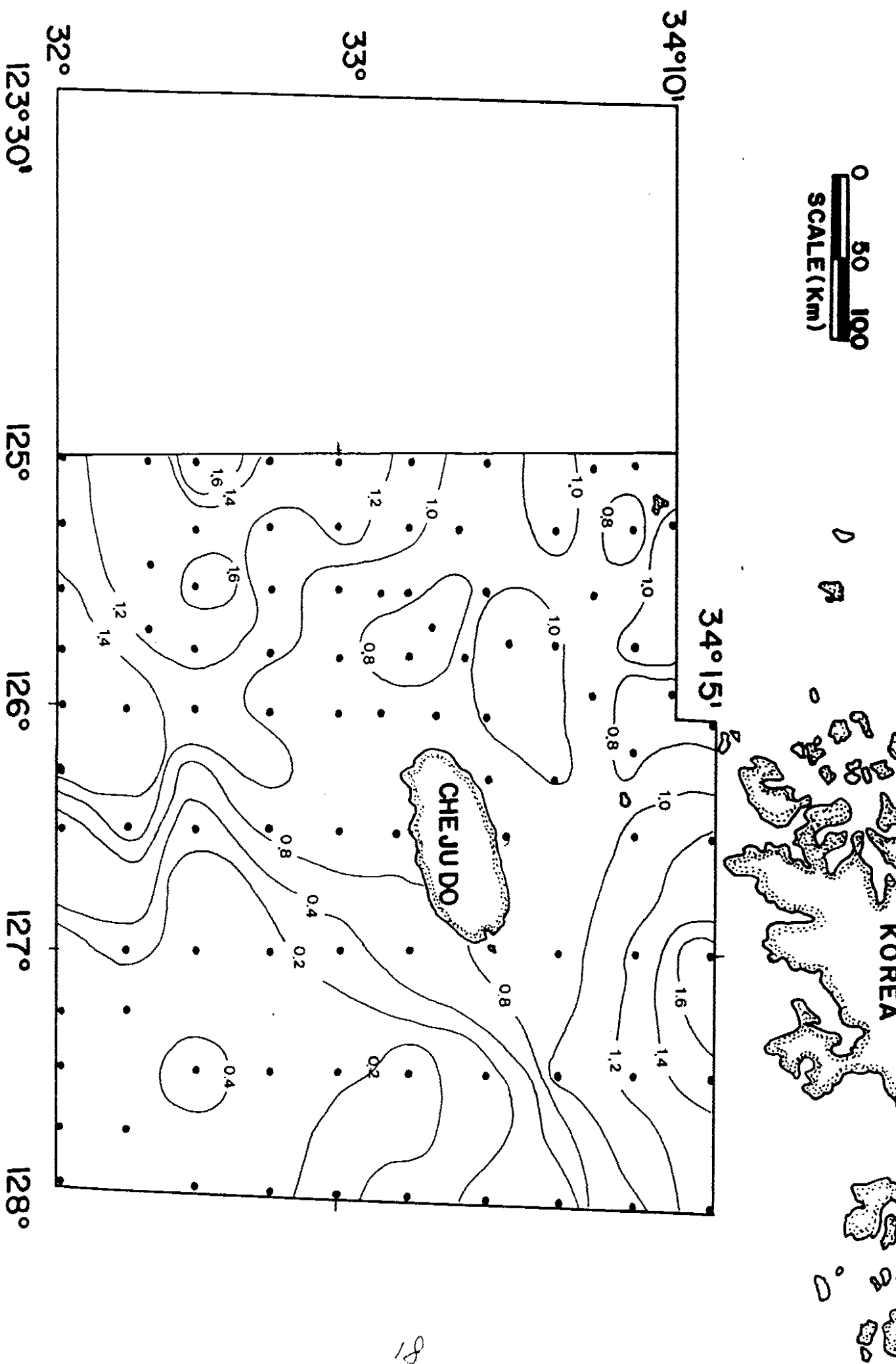


Fig. 9 Distribution of A1 content in the surficial sediments(%).

0 50 100
SCALE (Km)

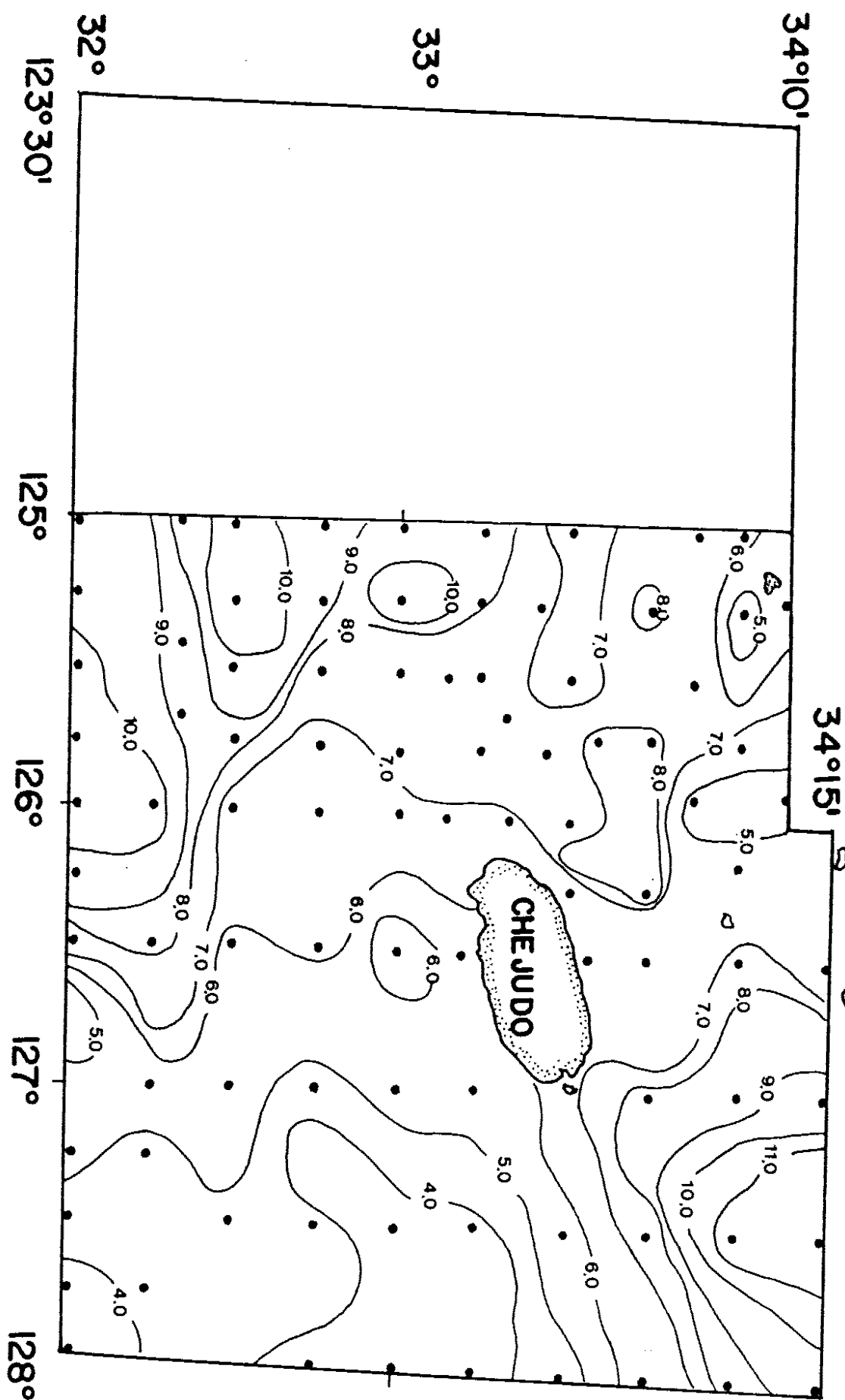


Fig. 10 Distribution of Cu content in the surficial sediments(%).

0 50 100
SCALE(Km)

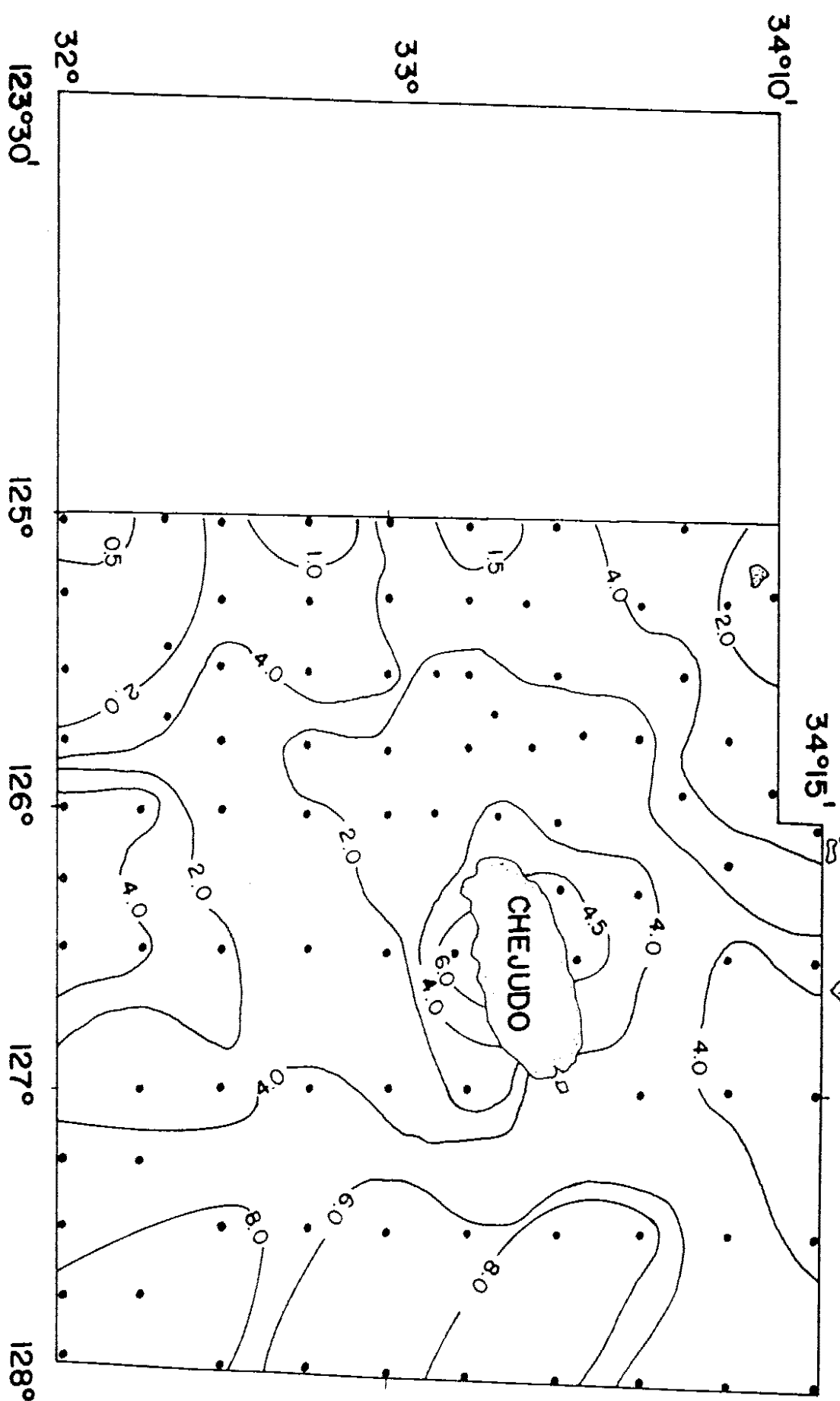


Fig. 11 Distribution of Ca content in the surficial sediments(%).

Mg, Na, Pb, Fe, Zn, Co, Ni의 원소성분들은 남동부와 서부지역간에 비슷한 함량치를 보였다.

Pb는 조사지역 북쪽 조·세립질이 혼재된 분포지역과 남서쪽 끝 니토대에서 20ppm 이상으로 다소 높은 함량치를 제외하고는 대부분 지역이 10~20ppm범위를 보였다.

Zn, Ni도 위와 비슷한 경향을 보였으며, Mg, Na, Ca는 북쪽 일부지역에서 다소 높은 함량치를 제외하고는 지역간에 유사한 함량치를 보였다. Fe는 사질퇴적물이 넓게 분포하는 제주도 남동쪽 해역에서 0.8~1.5%로 니토 및 조·세립질이 혼재되어 분포하는 지역의 2.0~3.0%보다 낮은 함량치를 보이는데, 특히 북동쪽 연안역으로 향함에 따라 점차로 증가하는 경향을 보였다(Fig.12).

Table 1은 지화학적 원소성분들 간의 상관관계 및 퇴적물의 평균입도와 원소성분들간의 상관관계를 계산한 것이다. 상관계수가 $r = 0.80$ 이상으로 매우 밀접한 정의 상관관계를 나타내는 원소성분들과 $r = 0.5 - 0.80$ 으로 비교적 양호한 정의 관계를 보이는 원소들도 있었다. 또한 몇몇 원소성분들은 퇴적물의 평균입도와 비교적 양호한 상관관계($r = 0.5 - 0.80$)를 보여 퇴적물이 함유된 금속성분의 농도는 퇴적물 유형에 따라 다르며, Ag, Co을 제외한 대부분의 중금속 원소들은 사질퇴적물에서, 보다는 니질퇴적물에서가 대체로 높은 함량치를 보였다.

0 50 100
SCALE(Km)

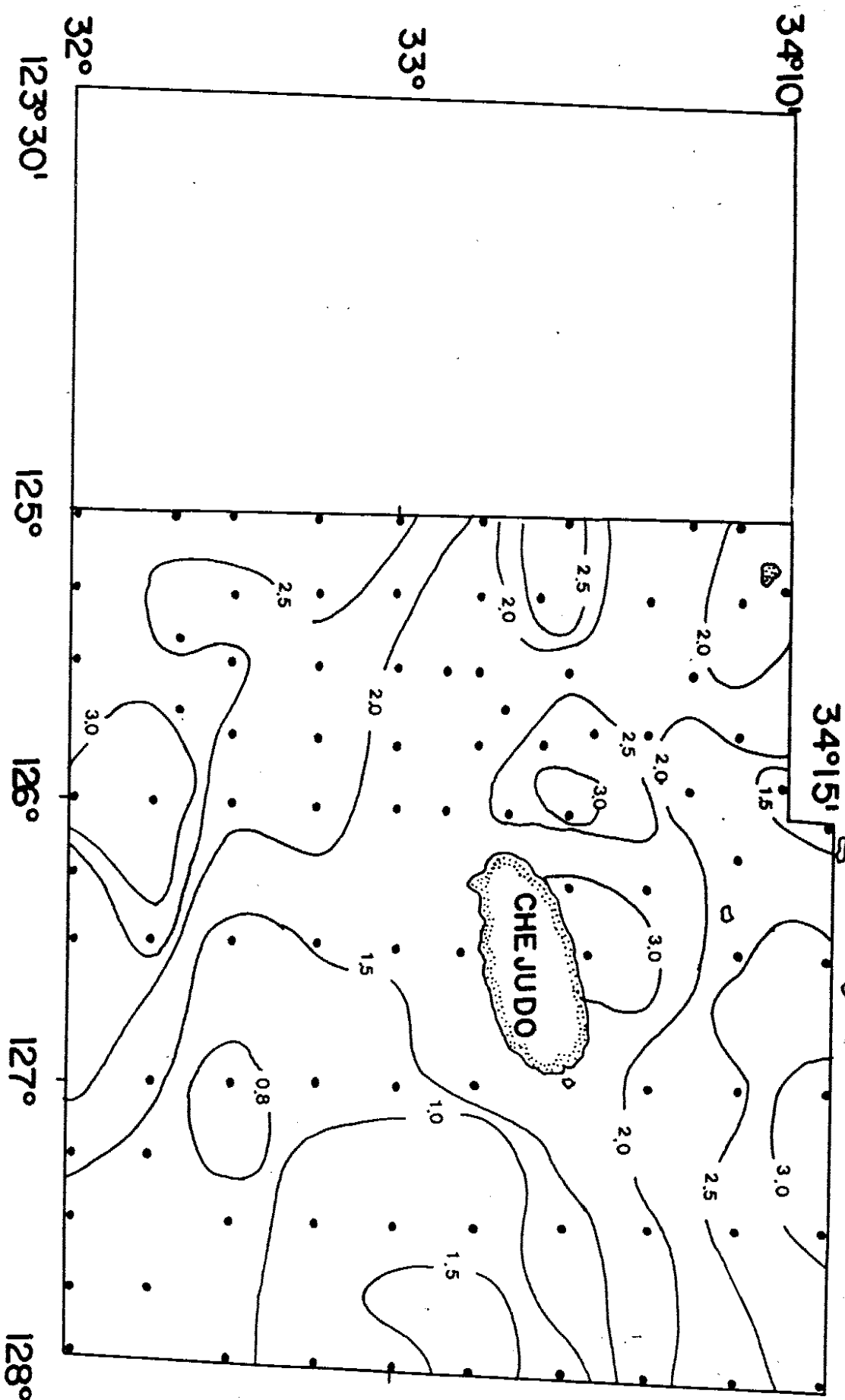


Fig. 12 Distribution of Fe content in the surficial sediments(%).

Table 1. the correlation matrix among metal concentration and mean grain sizea(Mz) in sediment.

	Zn	Mn	Cr	Pb	Co	Ni	Cu	Ag	Fe	Ca	Al	Mg	Na	Mz(ϕ)
Zn		0.59	0.42	0.20	0.47	0.51	0.49	0.10	0.33	0.28	0.57	0.22	0.41	0.53
Mn	0.59		0.48	0.32	0.53	0.36	0.63	0.20	0.28	0.17	0.66	0.20	0.50	0.70
Cr	0.42	0.48		0.24	0.30	0.32	0.58	0.14	0.10	0.14	0.55	0.30	0.26	0.51
Pb	0.20	0.32	0.24		0.28	0.17	0.10	0.20	0.24	0.20	0.22	0.33	0.33	0.30
Co	0.47	0.53	0.30	0.28		0.39	0.35	0.00	0.32	0.10	0.50	0.20	0.26	0.42
Ni	0.51	0.36	0.32	0.17	0.39		0.39	0.14	0.26	0.30	0.45	0.17	0.36	0.35
Cu	0.49	0.63	0.58	0.10	0.35	0.39		0.22	0.24	0.44	0.84	0.17	0.45	0.64
Ag	0.10	0.20	0.14	0.20	0.00	0.14	0.22		0.00	0.41	0.17	0.00	0.10	0.14
Fe	0.33	0.28	0.10	0.24	0.32	0.26	0.24	0.00		0.33	0.46	0.24	0.32	0.44
Ca	0.28	0.17	0.14	0.20	0.10	0.30	0.44	0.41	0.33		0.47	0.35	0.00	0.26
Al	0.57	0.66	0.55	0.22	0.50	0.45	0.84	0.17	0.46	0.47		0.22	0.50	0.73
Mg	0.22	0.20	0.30	0.33	0.20	0.17	0.17	0.00	0.24	0.35	0.22		0.36	0.28
Na	0.41	0.50	0.26	0.33	0.26	0.36	0.45	0.10	0.32	0.00	0.50	0.36		0.46
Mz(ϕ)	0.53	0.70	0.51	0.30	0.42	0.35	0.64	0.14	0.44	0.26	0.73	0.28	0.46	

1. 경광물의 분포

중액분리한 경광물을 착색법에 따라 분석한 결과 본 조사지역 표층퇴적물내의 경광물 함량은 석영(평균58.57%), K-장석(평균 16.77%), 암편(평균 15.33%), Na-Ca 장석(평균 9.48%)의 순으로 나타났다.

석영은 모래, 소량자갈함유니질사, 니질사에서 그 평균함량이 각각 70.56%, 58.04%, 62.75%로 사질점토, 역질니, 니토에서의 각각 53.08%, 50.5%, 56.92%로 사질형퇴적물이 넓게 분포하는 제주도 남동쪽 해역에서가 니질형 퇴적물이 넓게 분포하는 서쪽 해역과 북쪽 연안역 보다 높은 함량치를 보였고, 특히 모래가 분포하는 제주도 동쪽 해역에서 평균 71%의 최고 함량치를 보였다(Fig.13).

K-장석은 한반도 서남해안에 인접한 조사지역 북부 연안역과 제주도 남서쪽 외해 지역으로 향함에 따라 16~30%범위로 제주도 남동쪽 지역의 5~17%보다 높은 함량치를 보이며, K-Na장석은 제주도와 소흑산도 주변해역에서 10~19%로 기타지역의 3~16%보다 다소 높은 함량을 보였으며, 암편은 제주도 및 소코트라 암초 주변지역과 본역 북서쪽 연안역에서 16~49%로 수심이 깊은 제주도 남동쪽 지역의 4~17%보다 높은 함량을 보였다.

Pettijohn et al.,(1973)이 제시한 석영, 장석, 암편의 삼각도표에 의하면 퇴적물이 교착작용을 받았을 경우 장석질사암(arkosic arenite)과 아장석질사암(subarkose)에 속하고, Dickinson and Suczek(1979)의 분류에 의하면 대륙지괴기원과 재유회된 조산기원의 퇴적물로 분류된다(Fig.14).

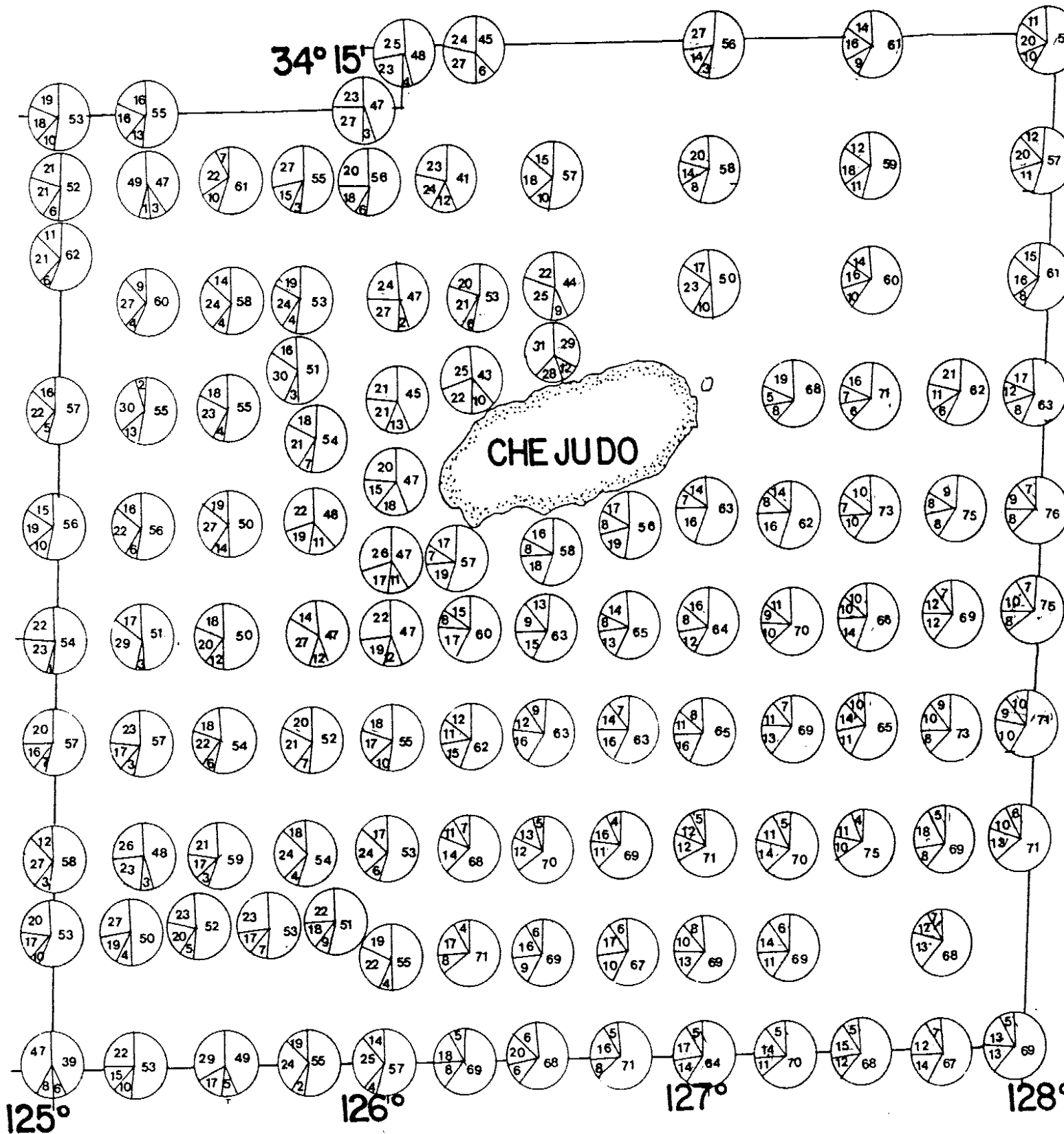


Fig. 13 Light minerals composition in the sand fraction of the surface sediments(2~3φ).

2.5

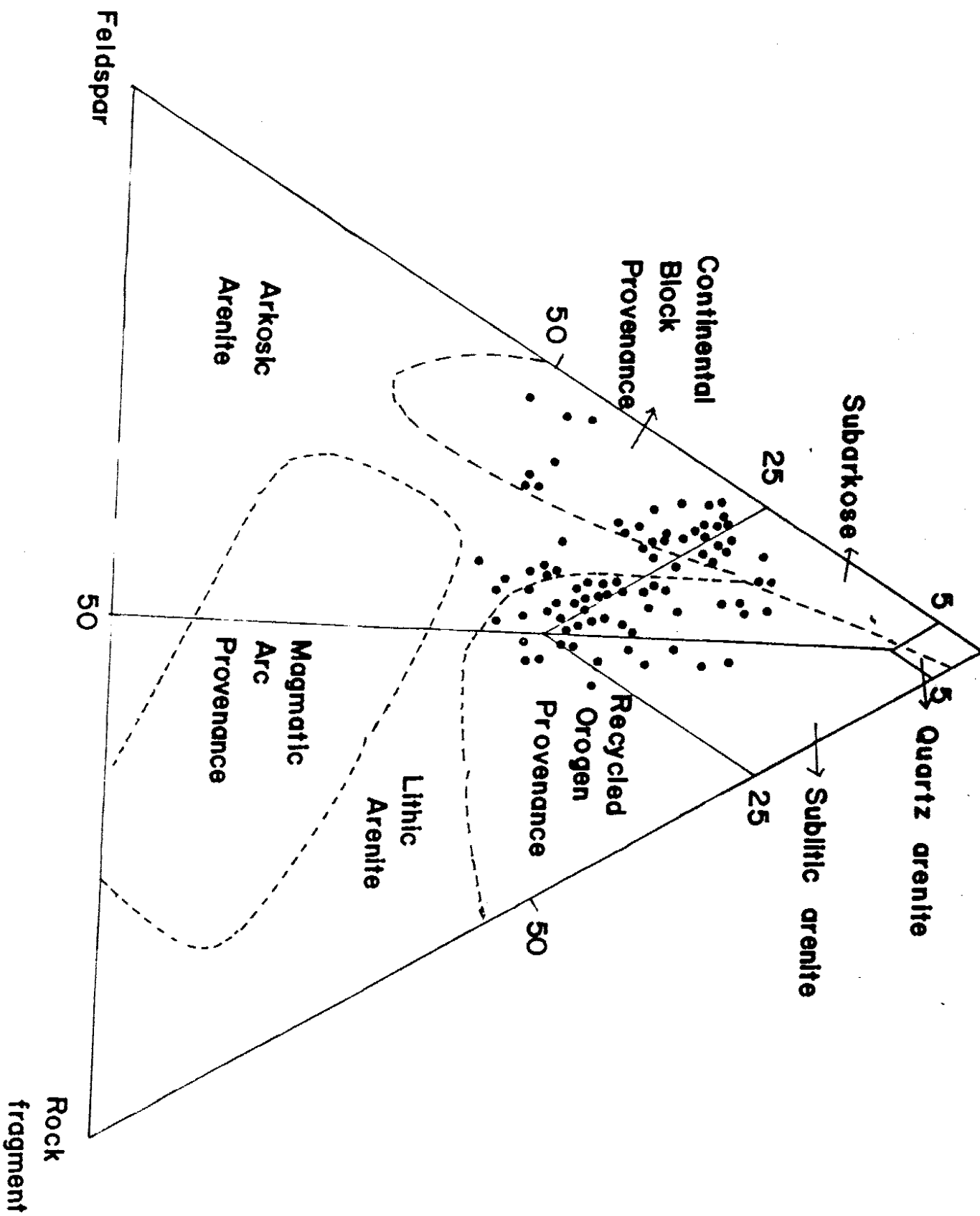


Fig. 14 Ternary diagram of light mineral and rock fragment
(After Dickinson and Suczek, 1979; Pettijohn et al., 1973)

2. 점토광물의 분포

조사지역 표층퇴적물의 주요 점토광물 조성에 대한 수평분포를 보면 다음과 같이 현저한 지역적인 변화를 보인다. 일라이트는 연구해역 점토광물 중에서 가장 높은 함량으로 62.4~77%(평균69%)로서, 수평분포에는 지역적 규칙성이 명료하게 보이는데, 제주도를 축으로 하여 수심이 깊은 남동쪽과 남서쪽 외해역으로 향함에 따라 70% 이상의 높은 함유량을 보이며, 특히 본 역 남동쪽 끝인 30° N, 128° E 지역에는 75%이상의 최고 함량을 보인다. 한편, 연구해역 북부지역인 한반도 서남해안과 북서쪽으로 향함에 따라 65%이하로 점차 감소하는 경향을 보였으며, 소흑산도 동측(st.22)의 니질 퇴적물에서 62.4%로 최저치를 보였다(Fig.15).

스멕타이트는 0.2~13.4%(평균4%)로 변동폭은 크나 본역 점토광물군 중에서 가장 높은 함량을 보였다. 스멕타이트는의 분포경향은 제주도-추자군도-소흑산도의 중앙부지역과 제주도 남서쪽 외해 니토대지역, 황하 하구역과 가까워지는 본 역 북서쪽에서 6%이상으로 기타지역보다 높은 함량을 보였으며, 특히 북서쪽 끝지역(st.16)에서 13.4%로 최고 함량을 보였다. 이 고함량 지역을 중심으로 제주도·남동쪽 외해역과 북동쪽 한반도 서남해안으로 향함에 따라 4%이하의 뚜렷이 감소하는 경향을 보였다(Fig.16).

고령석도 본 연구지역의 중요한 점토광물이며, 그 함량의 변화 폭은 7.2~17.8%(평균12%)로 크다. 고령석은 주로 제주도를 축으로한 본역 북동쪽인 한반도 서남해안과 양자강 하구와 가까워지는 남서쪽 외해지역으로 향함에 따라 14%이상의 높은 함유량을 나타내며, 특히 영산강, 탐진강, 섬진강과 인접하는 해안에서 16% 이상의 최고치를 보인다. 반면 수심이 깊어지는 제주도 남동쪽 외해역으로 향함에 따라 함량이 14%이하로 점차 감소하는 경향을 보이며 일라이트와는 대조적인 경향을 보였다(Fig.17).

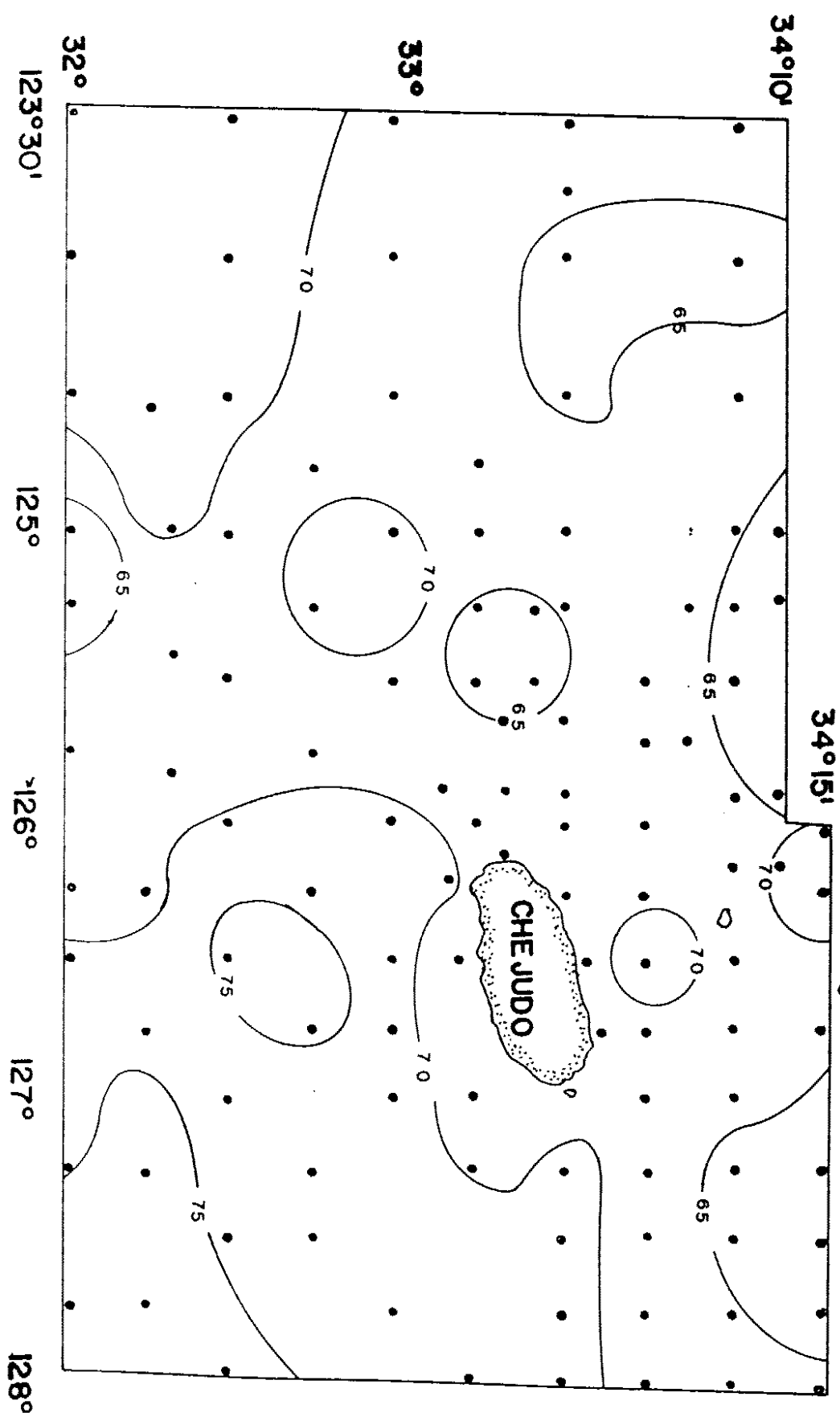


Fig. 15 U-1111a concentration in the less than 200 fathoms of surface sediments.

0 50 100
SCALE (km)

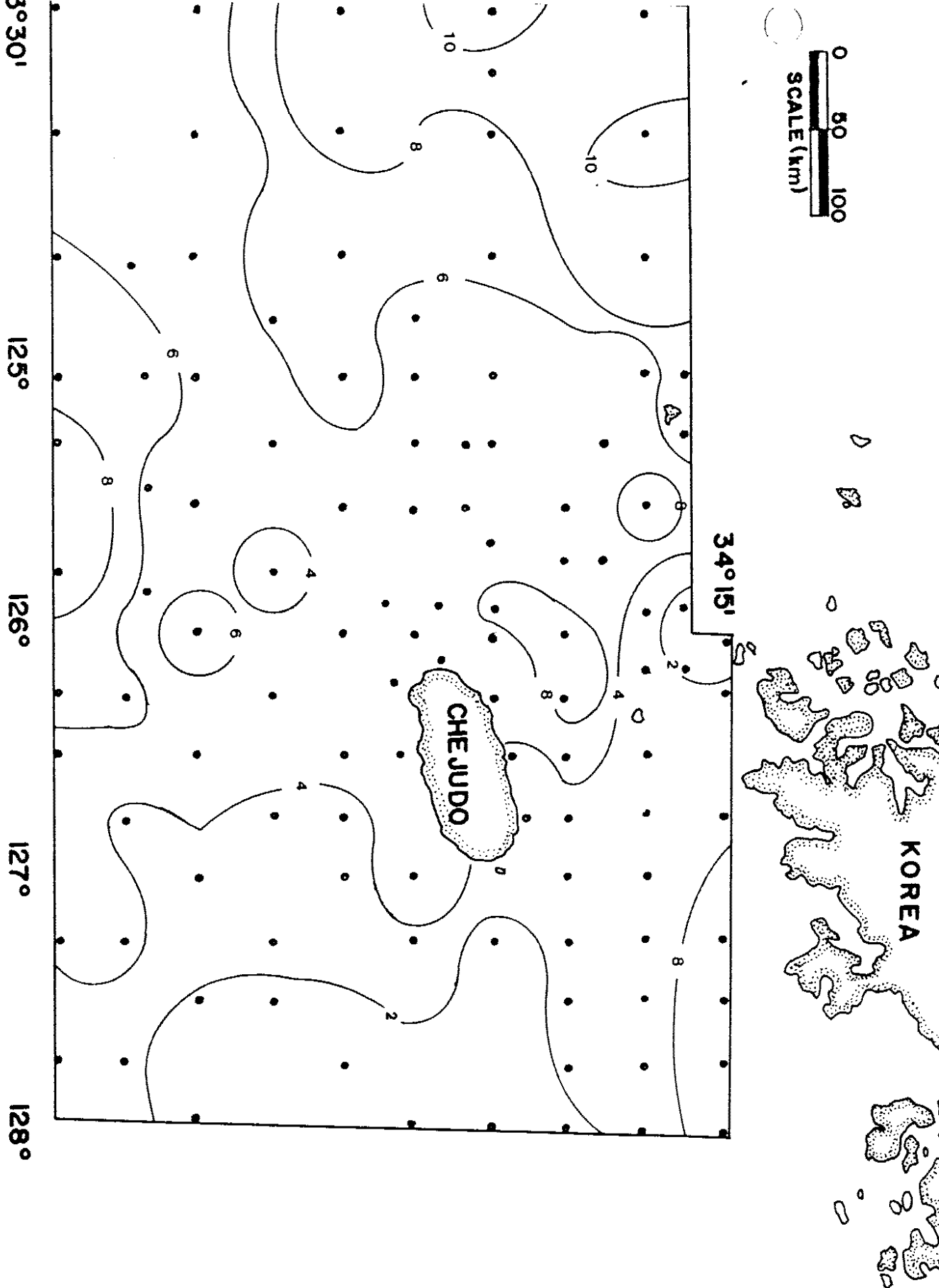


Fig. 16 Smectite concentration in the less than $2\mu\text{m}$ fraction of surface sediments.

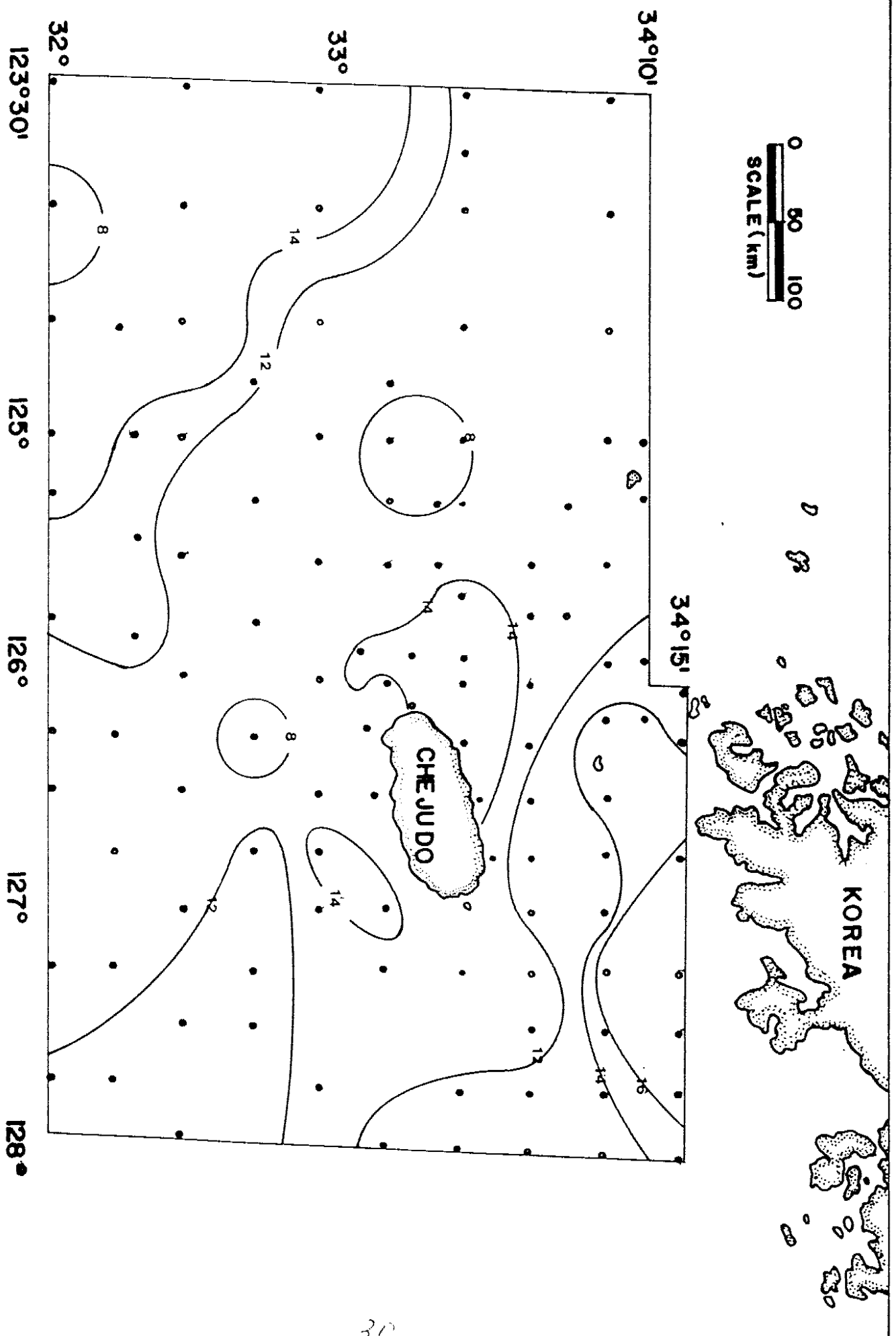


Fig. 17 Kaolinite concentration in the less than 2μm fraction of surface sediments.

연구해역의 녹니석의 함량은 8.4~22%(평균15%)로 본 역 점토광물의 상대함량 중 두번째로 높은 함량을 보인다. 그 수평분포는 본역 북쪽에서 15%이상의 높은 함유량을 보여 고령석의 분포경향과 유사하며, 그 외 조사지역 중앙부에 소규모로 19% 이상 고농도 분포지역도 존재하며 본역 남동쪽과 남서쪽 외해지역으로 향함에 따라 11%이하로 뚜렷이 감소한다(Fig.18).

0 50 100
SCALE(km)

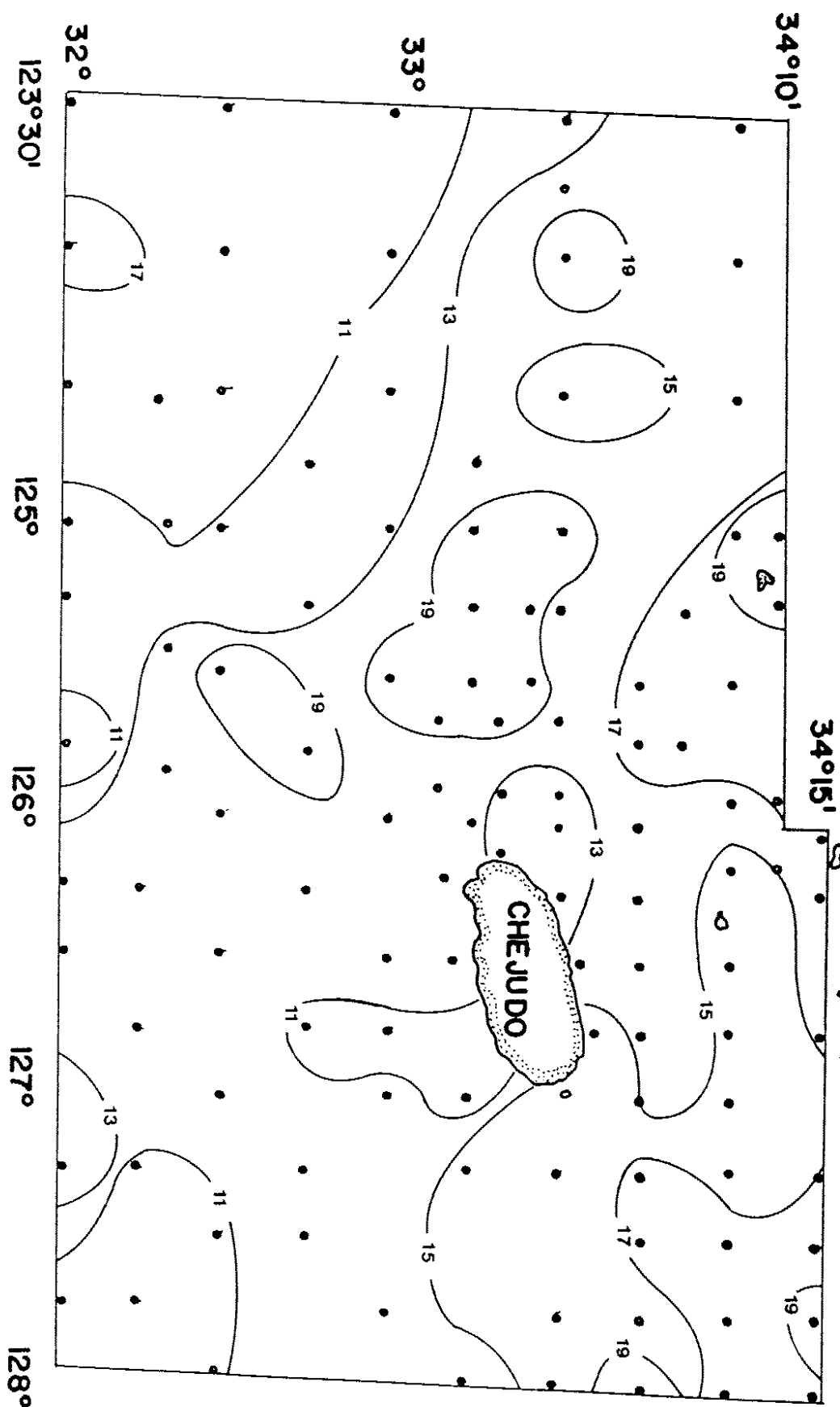


Fig. 18 Chlorite concentration in the less than 2 μm fraction of surface sediments.

제주도 주변해역에서 채취한 6개의 주상시료에 대한 Pb-210 활동도 함량측정을 통해 연구해역 퇴적물의 퇴적속도와 Pb-210 flux양을 평가 하였고, 또한 대기권 핵실험에서 생성되는 인공 방사성 핵종인 Cs-137을 이용하여 이를 검증하였다.

이들 방사성 동위원소는 반감기가 각각 30.2년(Cs-137)과 22.3년(Pb-210)으로 비교적 짧아 시간규모가 100년 전후인 현생퇴적물의 퇴적속도 결정에 효과적으로 이용되고 있다. Pb-210은 Rn-222의 자연붕괴에 의해 생성되며, U-238계열의 붕괴과정에 의해서 암석권과 수권으로 부터 Rn-222를 계속적으로 대기권으로 방출되고 있고, Rn-222는 대기권에서 Pb-210으로 전환된다.

대기권에 존재하는 Pb-210은 강수과정등에 의해서 지표면으로 낙하하며, 대기권에 Pb-210의 거주하는 시간은 비나 눈이 내리는 기간인 몇일 혹은 몇주일 정도이므로 퇴적물내의 Pb-210측정은 현생퇴적물의 지질연대 측조에 유용하게 이용되고 있다 (Krishnaswamy et al., 1971; Koide et al., 1973).

퇴적물 내에 Pb-210은 원래 존재하는것(Parent supported Pb-210)과 대기중에서 낙하한 것(Unsupported Pb-210)으로 구분되며, 퇴적속도를 결정하기 위하여는 과잉량(Excess Pb-210)을 알아야 한다. 과잉량 Pb-210 활동도는 총 Pb-210 활동도로 부터 ^{226}Ra -supported Pb-210 활동도 양을 감 하므로써 결정된다. ^{226}Ra -supported Pb-210활동도 양은 주상시료 아래부분에 존재하는 Pb-210 활동도 이며, 대기권에서 유입된 Pb-210이 검출되지 않음을 의미한다.

조사지역 6개의 주상시료에서 확인된 총 Pb-210 활동도 값은 J-134에서 최고 6.39 dpm/g이고, 최저값은 J-59에서 0.45 dpm/g의 범위를 보였다.

과잉량 Pb-210활동도 값은 J-134에서 5.50dpm/g, J-142에서 0.14dpm/g의 범위를 보였다. Fig.19와 20은 연구지역에서 채취한 6개의 주상시료에서 얻은 Pb-210 활동도 도표이다. 여기서 십자표시는 총 Pb-210 활동도 값이고, 원 표시는 과잉량

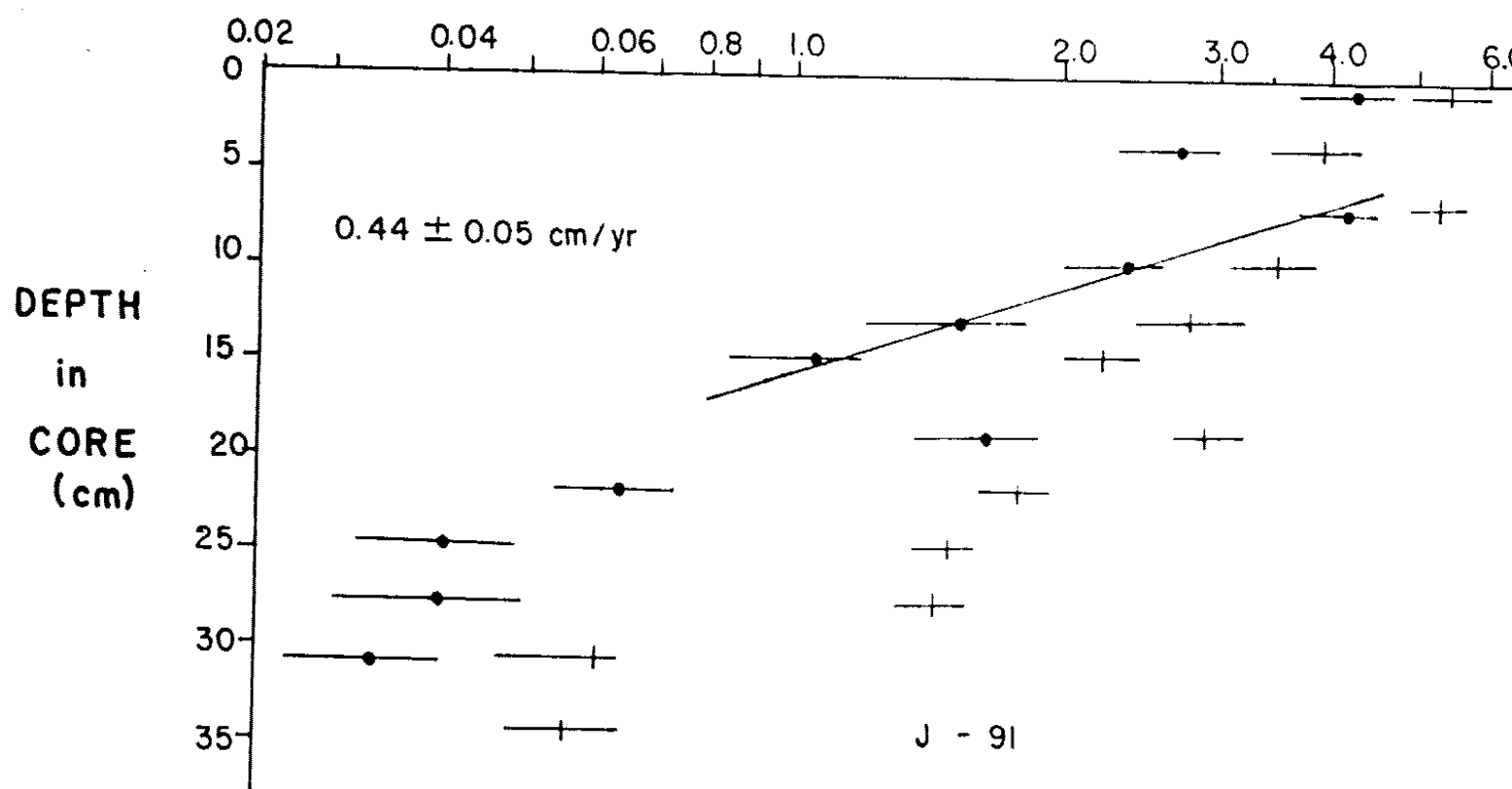
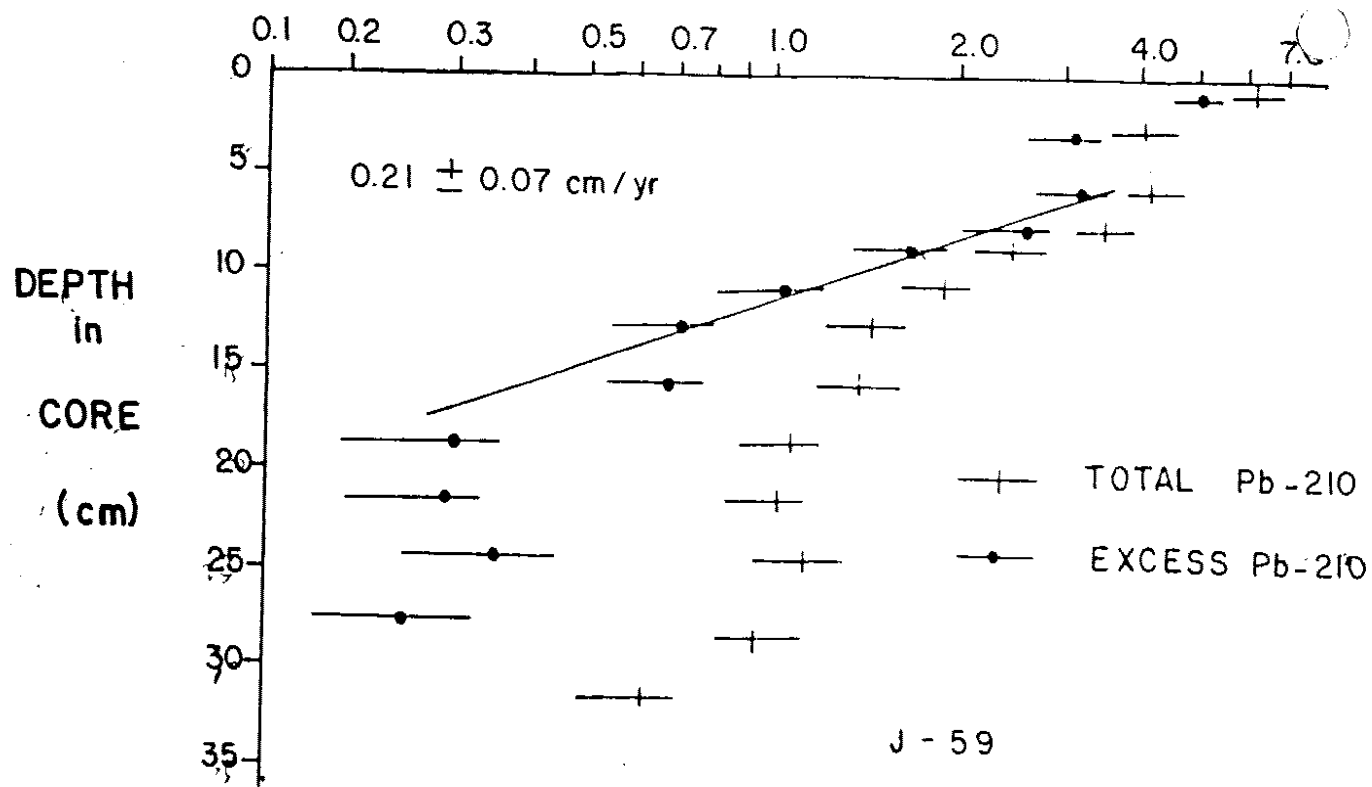


Fig. 19 A profile of Pb-210 activity from cores J-59 and J-91 in the study area.

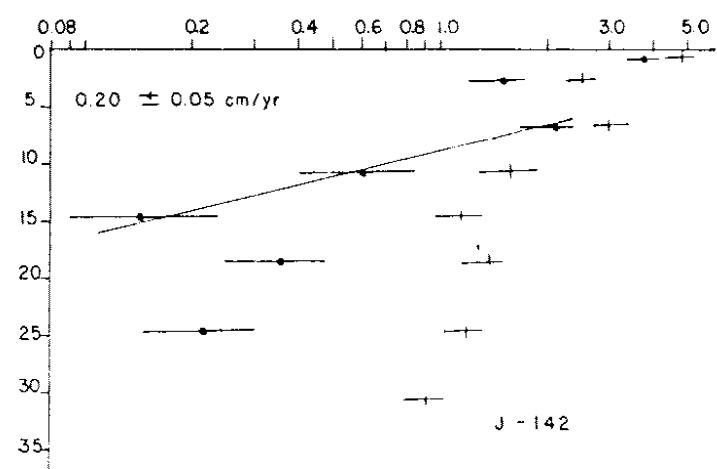
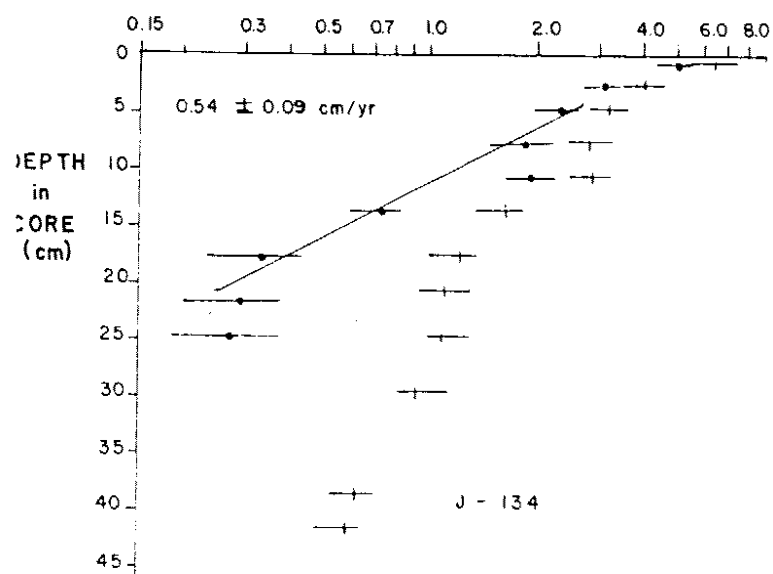
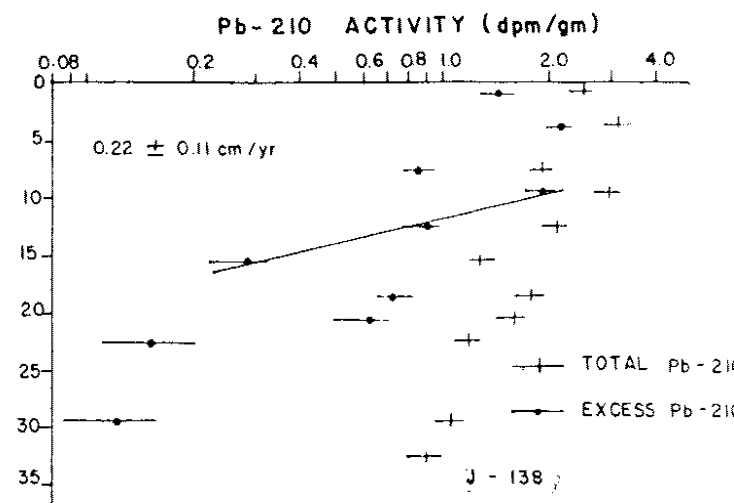
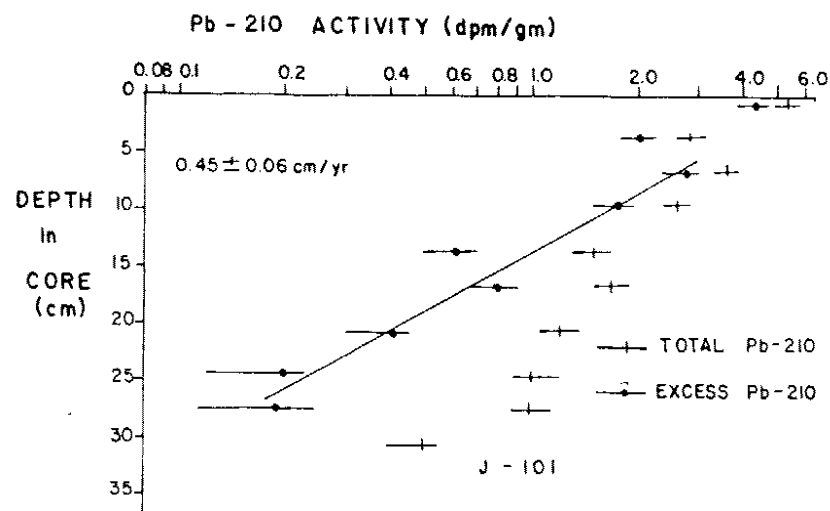


Fig. 20 A profile of Pb-210 activity from cores J-101, J-134, J-138 and J-142 in the study area.

Pb-210 활동도를 의미하며, 퇴적속도는 깊이에 따라 과잉양 Pb-210 활동도를 대수로 환산한 값이 회귀 직선상의 경사치로 부터 계산되었다.

대부분 주상시료에서 깊이 19~25cm에서 하부까지 Pb-210 활동도 값이 거의 일정하게 낮음이 확인되었다. 이들 부분은 퇴적속도 계산에 포함되지 않았다.

과잉양 Pb-210 활동도가 깊이 6~27cm까지 연속적으로 감소하는 부분에서 계산된 퇴적속도는 J-59는 0.21cm/yr, J-91은 0.44cm/yr, J-101은 0.45cm/yr, J-134는 0.45cm/yr, J-138은 0.22cm/yr, J-142는 0.20cm/yr의 값을 보였고, 제주도 주변지역(J-59, J-91)보다 양자강 하구와 가까운 남서쪽 외해역(J-101, J-134)에서가 높은 퇴적속도를 보였다.

표 2는 조사지역 6개의 주상시료에 대한 분석시료수, 코아의 길이, 절편(Intercept), 경사도(Slope), 상관계수 등을 나타내며, 퇴적속도(Cm/yr)결정에서 수반되는 오차도 계산하였다(Snedecor, 1950).

주상시료의 함수량은 평균 0.47이고, 평균밀도는 1.45g/cm³이며, 상관계수는 0.78~0.89의 범위를 보였다.

퇴적속도(Linear sedimentationrate)는 0.20~0.54cm/yr의 범위를 보였고, 단위면적당(Mass) 퇴적속도는 0.15~0.42 g/cm²/yr의 범위를 보였다. 이값은 조사지역에서 최대의 퇴적속도임을 뜻하는데 왜냐하면 혼합작용의 영향을 고려하지 않았기 때문이다.

주상시료 표층부분의 Pb-210 활동도는 J-59 : 3.07dpm/g, J-91 : 4.15dpm/g, J-101 : 2.78dpm/g, J-134 : 2.96dpm/g, J-138 : 1.79dpm/g, J-142 : 1.84dpm/g으로 점토함량이 많은 J-59 와 J-91에서 높은 Pb-210활동도 값을 보였다. 이는 퇴적물 유형이 조립질보다 세립질형이 해수로 부터 Pb-210과 같은 입자들을 흡착(scavenge)하는 능력이 높음을 의미한다(Lewis, 1977; Nittrouer et al., 1979). 단위면적당 퇴적속도는 J-59 : 0.16g/cm²/yr, J-91 : 0.34g/cm²/yr, J-101 : 0.35g/cm²/yr, J-134 : 0.42g/cm²/yr, J-138 : 0.17g/cm²/yr, J-142 : 0.15g/cm²/yr로 J-134가 최대치를

Table 2. Sedimentation rates and ^{210}Pb flux of the marine sediment cores, including linear coefficients, number and range of linear segments and correlation coefficients.

Sediment core	Number of linear segments (n)	linear range (cm)	Intercept (a)	Slope (b)	Correlation coefficient	Sedimentation rate cm y^{-1}	Mass sedimentation rate $\text{g cm}^{-2} \text{y}^{-1}$		^{210}Pb flux $\mu\text{Pb cm}^{-2} \text{y}^{-1}$ (σ)
							($\bar{x}$)	(σ)	
J-59	13	22	3.07	-0.148	0.87	0.21 ± 0.07	0.16		0.22
J-91	12	35	4.15	-0.065	0.85	0.44 ± 0.05	0.34		1.44
J-101	10	31	2.78	-0.069	0.89	0.45 ± 0.06	0.35		1.48
J-134	12	32	2.96	-0.057	0.88	0.54 ± 0.09	0.42		2.31
J-138	11	30	1.79	-0.139	0.78	0.22 ± 0.11	0.17		0.36
J-142	8	31	1.84	-0.157	0.78	0.20 ± 0.05	0.15		0.57

보였다. Pb-210이 flux 되는 양은 J-59 : $0.82\text{dpm}/\text{Cm}^2/\text{yr}$, J-91 : $1.44\text{dpm}/\text{Cm}^2/\text{yr}$, J-101 : $1.48\text{dpm}/\text{Cm}^2/\text{yr}$, J-134 : $2.31\text{dpm}/\text{Cm}^2/\text{yr}$, J-138 : $0.36\text{dpm}/\text{Cm}^2/\text{yr}$, J-142 : $0.57\text{dpm}/\text{Cm}^2/\text{yr}$ 로 위치마다 다르게 나타나며, 특히 양자강 하구역에 근접하는 J-134시료에서 최대의 Pb-210 flux 를 보였다.

대기권 핵실험 등에 의해 1952년경부터 자연환경으로 소개되고 있는 인공 방사성 핵종인 Cs-137도 100년전후의 시간규모를 갖는 퇴적물의 퇴적속도와 물리-화학적 제 과정을 평가하는데 좋은 정보를 제공해 주는 것으로 알려졌다(Ritchie et al., 1973).

대기권에 존재하는 Cs-137도 강수과정등에 의해 해양환으로 침강되며 해수내의 부유물질이나 유기체에 흡착되어 퇴적물내로 침전된다. 따라서 Cs-137을 이용한 지질 연대를 설정하는데 있어서 퇴적물내의 Cs-137활동도 값이 최대피크를 나타내는 부분이 대기권에서 최대로 낙하한 1963~1964년 기간동안에 퇴적된 퇴적물임을 가정해야 한다(DeMaster et al., 1985).

조사지역 6개의 주상시료에서 측정된 Cs-137 활동도 값은 Fig.21과 같다. 이들 값에서 Cs-137활동도가 최대의 피크를 나타내는 부분은 J-134는 6~7Cm 깊이에서 $0.466\text{dpm}/g$, J-101은 5~6Cm에서 $0.457\text{dpm}/g$, J-142도 5~6Cm 에서 $0.455\text{dpm}/g$, J-138는 6~7Cm 에서 $0.537\text{dpm}/g$, J-59는 3~4Cm 에서 $0.51\text{dpm}/g$, J-91은 4~5Cm 부분에서 $0.401\text{dpm}/g$ 의 값을 보였으며, 이들 최대 피크를 나타내는 깊이에서 계산된 최대 퇴적속도는 J-134 : $0.25\sim 0.30\text{Cm}/\text{yr}$, J-101 : $0.21\sim 0.25\text{Cm}/\text{yr}$, J-142 : $0.21\sim 0.25\text{Cm}/\text{yr}$, J-59 : $0.12\sim 0.16\text{Cm}/\text{yr}$, J-91 : $0.16\sim 0.20\text{Cm}/\text{yr}$, J-138 : $0.25\sim 0.30\text{Cm}/\text{yr}$ 의 범위를 보이며, 이 또한 제주도 주변지역보다 양자강 하구에 가까운 남서쪽 외해지역 J-134 시료에서 높은 퇴적율을 보였다.

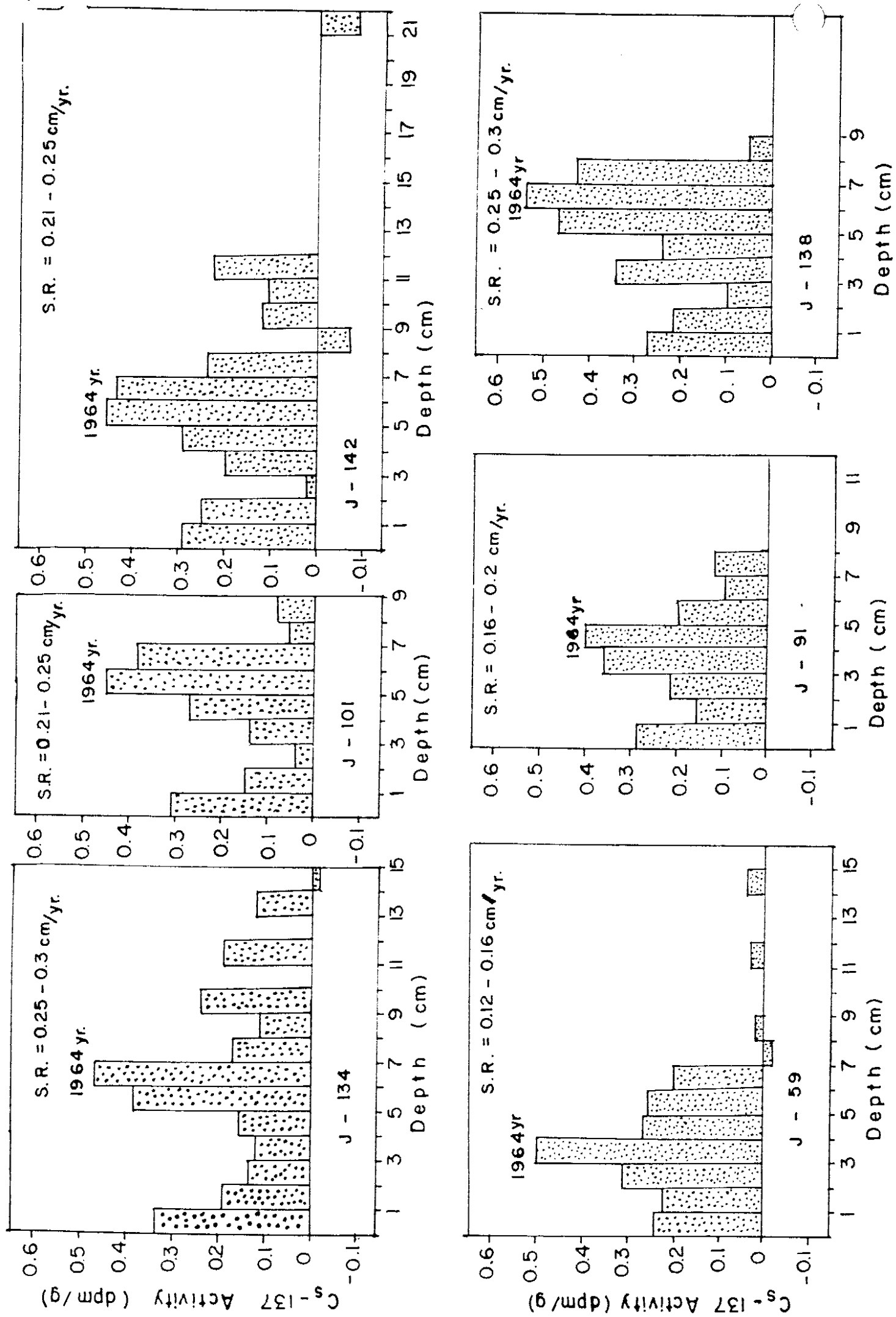


Fig. 21 Plots of $Cs-137$ activity with for samples from cores J-134, J-101, J-142, J-59, J-91 and J-138.

고찰

연구해역 대륙붕 지역은 다양한 근원지, 복잡한 수계등의 상호작용에 의해 퇴적상도 다양한 편인데, 표층퇴적물 분포상은 크게 보아 모래, 소량역함유니질사, 니질사 등 사질형 퇴적물이 분포하는 제주도 남동부 해역, 조·세립질이 혼합된 분포를 보이는 제주도 북부지역, 사질점토, 사질니, 니토등 니질형 퇴적물이 주로 분포하는 제주도 서부 외해지역으로 나눌수 있다. 특히 제주도-추자도-소흑산도 사이 해저 골짜기 및 제주도 남서쪽 외대륙붕 지역에는 니와 점토대가 좁게 분포한다. 이중 소흑산도 동쪽 일부지역과 제주-추자-흑산도 사이 중앙에 분포하는 니토대는 충적세 동안 황해로 유입되는 한반도의 하천들에 의하여 운반된 퇴적물로 형성된것이 아니라 한반도 서해 남부해안에 분포하는 소위 흑산도층(Heusan deposits)이라 명명된 고기 잔류니토대가 황해냉수, 황해난류수 그리고 한반도 서해안의 경계부에서 생성된 밀도류인 해저류에 의하여 재동되어 형성된 것으로 보고있다(이, 1984; 조 외, 1985). 한편, 제주도 남서쪽 외대륙붕 지역에 소규모로 분포하는 니토대는 동지나해 외대륙붕에 분포하는 황하기원의 현생니질퇴적물 분포대에 해당한다(Milliman et al., 1985b; 윤과고, 1987). 이 니토대의 분포범위를 $31^{\circ} 00' \sim 32^{\circ} 00' N$, $124^{\circ} 00' \sim 126^{\circ} 00' E$ 라고 하였으나(Xie Qinchun et al., 1983), 본 연구와 윤과고(1987)가 밝힌 결과 등을 종합하여 보면 그 분포 범위가 $32^{\circ} 00' N$, $126^{\circ} 40' E$ 까지 확장되어 있다.

Emery and Niino(1961)와 김등(1983)은 황해의 외대륙붕 및 제주해협 일대에 분포하는 사립질 퇴적물을 잔류퇴적물이라 지적하였고 홀로세 퇴적물의 공급방향과 연관성을 갖고 있는 퇴적물로 분류하였다. 특히 잔류퇴적물이라 함은 과거의 환경과 평형을 이루며 퇴적된 것이 현재의 환경과는 평형을 이루지 않는 퇴적물을 말한다(Curray, 1965; Emery, 1968; Swift, 1969; Swift et al., 1971). 이러한 잔류퇴적물을 암시해주는 것으로는 산화철을 피복한 석영입자의 존재(Emery, 1965), 폐각

편의 다량존재, 쇄설성 운모의 부재, 과거시대 하천을 암시하는 자갈의 존재등을 들 수 있다(Emery, 1968; Swift et al., 1971). 따라서 조사지역 동북부 및 남동부에 분포하는 사립질 퇴적물중 석영입자들을 대상으로 현미경 관찰을 실시한 결과 산화철로 피복된 석영입자들이 많이 발견되고, 자갈과 폐각편을 다량 함유하며, 특히 수십이 110 μ m이상의 제주도 동부 일부지역(St.52, 53, 87, 89, 90, 116, 117, 118)은 모래함량이 90% 이상이고, 음의 왜도값을 보이는 순수한 사질퇴적물이 분포하는 점 등으로 미루어 볼때, 이 지역에 분포하는 사질 퇴적물은 제 4 기 해수면이 낮았을 때 연안환경에서 퇴적된 잔류퇴적물 일 것으로 사료되며, 홍적세 말기에 형성된 고지형중에 잔존하는 고해빈(Paleo-beach)임을 암시한다.

Folk(1968)에 의하면 자갈의 함량은 쇄설물중의 최대입도와 함께 퇴적당시의 최대 유속을 가름할 수 있는 요소가 되기 때문에 비록 소량이라도 중요한 의미를 갖는다고 한다. 또한 모래와 점토의 비율은 퇴적지에서 재동의 정도를 반영하는 요소가 된다고 한다. 따라서 연구지역 대부분의 퇴적물은 점토함량이 30%을 넘을 뿐만 아니라 제주도 주변 연안역과 제주해협지역의 퇴적물은 자갈을 포함하는 점 등으로 미루어 퇴적당시 지역에 따라 유수의 유속 및 강도의 변화가 있었음을 의미한다.

누적분포곡선은 여러학자들에 의해 퇴적환경 해석의 한 방법으로 이용되어 왔다. 누적분포 곡선에서 직선의 경사는 퇴적물의 분급정도를 의미하는 것으로 퇴적과정 및 퇴적환경에 따라 차이를 나타내는 것으로 알려져 있다(Sindowski, 1958; Visher, 1965, 1969). 연구해역 퇴적물 중 자갈을 함유하는 니질사 및 사질니등 혼합된 퇴적물 유형은 누적분포곡선에서 대체로 완만한 경사를 보이는데 이는 분급이 좋지 않음을 의미한다. 그러나 모래와 점토와 같은 단일 유형의 퇴적물은 다소 급한 경사를 보여 분급이 좋음을 의미한다(Fig 4). 또한, 누적입도분포곡선은 일반적으로 1개 이상의 직선조합으로 된 곡선을 이루는데, Visher(1969)는 직선의 굴곡되는 위치의 의미를 파악하려 하였다. 강모래는 보통 3개의 직선조합으로 된 누적분포곡선을 이루는데 이 직선은 각기 다른 운반양식에 의해 퇴적된 군집(Population), 즉 끌림,

도약 및 부유군집을 나타낸다 하였다(Friedman, 1967).

Friedman(1967)에 의하면 하천모래의 경우 도약군집과 부유군집간의 굴절위치는 보통 3~4 ϕ 사이 에 있다고 한다. 따라서 조사지역 퇴적물도 3개의 군집을 보이며, 자갈을 함유하는 니질사와 자갈함유사질니는 각각 -1~7 ϕ 와 0~8 ϕ 에서 굴절하는 3개의 굴절을 보이며, 끌림군집이 차지하는 비율은 전체의 19%, 도약은 63%, 부유는 18%로 나타나 혼합된 운반형태를 보였다. 한편 모래, 니질사와 점토질사는 전체의 약 80%이상의 도약군집에 의하여 운반된 형태를 보였으며, 나머지 사질점토와 니토등의 니질형 퇴적물은 2 ϕ 와 8 ϕ 에서 굴절하는 3개의 군집을 보이나 전체의 90%이상이 도약과 부유군집에 의하여 운반된 것으로 보여진다.

본 역 퇴적물의 탄산염 함량은 사질퇴적물이 분포하는 제주도 남동부 해역이 니질형 퇴적물이 분포하는 서부지역보다 높은 함유량은 보이며, 특히 모래가 분포하는 제주도 동측에서 가장 높은 함량을 나타낸다. 또한 탄산염 함량이 높은 퇴적물은 대부분 자갈을 함유하는 사질형 퇴적물과 모래이며 이런 유형의 퇴적물 내에서는 파손되지 않은 거의 완형의 패각편이 많이 발견되기도 하였다. 반면 총 유기물 함량분포는 탄산염 함량분포와는 상반된 경향을 보였다.

본 역 퇴적물중의 지화학적 원소성분 13종에 대해 함량분석을 실시한 결과 Al, Mn, Cu, Cr은 세립질 퇴적물이 넓게 분포하는 조사지역 서부와 북동부 연안역에서 높은 함량치를 보였고, Ca, Ag는 남동부에서가 높았으며, 그외 Mg, Na, Pb, Co는 지역간에 함량차이가 거의 없는 유사한 분포경향을 보이나 이중 Pb, Fe, Zn, Ni는 세립질 형이 분포하는 곳에서 다소 높은 함유량을 보였다.

본 연구해역(32° 00' ~ 34° 15' N, 125° 00' ~ 128° 00' E) 퇴적물 중의 지화학적 원소 성분들의 함량치를 정동(1984)과 이등(1978)의 연구결과 (Table 3)와 비교해 볼때 Ni과 Co를 제외한 나머지 중금속들이 함량치가 모두 낮았다. 또한 양자강 및 황하하구 지역(Yang and Milliman, 1983)의 함량치에 비해서도 훨씬 낮았으며, 대륙지각 평균치(Taylor et., 1964)와는 Pb, Ca, Ag의 함량치가 본 연구해역에서가

Table 3. Comparable concentration of 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
Around Cheju Island														
total average	33.58	205.80	15.54	17.02	12.30	33.90	7.11	2.11	4.14	0.86	0.59	0.42	1.19	Present study
sand average	31.80	179.88	13.76	15.79	11.76	33.19	6.29	1.93	4.49	0.66	0.57	0.36	1.22	
mud average	37.71	257.61	20.22	19.39	13.97	36.17	8.79	2.52	3.64	1.24	0.64	0.53	1.17	
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	1700	150	31	90	140	92	11	3.5	25	2.7	1.04	3.0	*Yang and Milliman(1983)
Huanghe Estuaries	90	1300	150	20	60	80	50	7	8.8	21	2.8	2.0	10.0	
Malan Loess	900	1500	160	10	60	100	50	7	13	21	2.8	2.1	1.0	
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)

약간 높고, 세계 평균치(Yang, 1983)와는 Mn, Co, Ni의 함량치가 본 지역이 약간 높으며, 그외의 원소성분들은 모두 낮았다.

또한 양자기원 퇴적물과 황하기원 퇴적물의 두드러진 지화학적 원소성분들의 차이점은 Al과 Fe의 함량은 양자기원이 황하기원보다 1.2~1.6배가 높으며, Zn, Cu, Ni 등의 중금속 원소 함량도 약 2배 이상 높지만 Ca와 Na는 이와는 대조적으로 황하기원 에서가 약 2배 이상 높다는 것이다(Yang et al., 1983; Table 3 참조).

본역 남서쪽 외대륙붕지역의 니와 점토 퇴적물 중에는 각각 Al : 0.63~1.49%, Fe : 2.51~3.08%, Ca : 2.85~7.66%, Zn : 32.16~ 43.12 μm , Cu : 7.71~11.78%, Ni : 29.35~35.67 μm , Pb : 16.02~27.68 μm , Ag : 0.57~1.12 μm 의 함량을 보이는데 Ca의 함량은 양자기원 보다 1.5배 높고, 황하 하구역 보다는 1.8배 낮으며, Pb, Ag 등도 황하기원 특성치에 가까운 함량을 나타냈다.

이처럼 퇴적물 내의 원소성분들이 함량분포가 조사지역 내에서도 상이하고, 또한 함량치가 상기의 비교지역들과 차이를 나타내는 것은 본 연구지역은 퇴적물 유형이 복잡할 뿐만 아니라 주변 육지지역이 북으로는 한반도 서남부, 서쪽으로는 중국대륙 동부, 동측은 일본 구주등의 육상지질이 교호되는 지역이며, 또한 특성을 달리하는 수리 및 해류(예 : 황해난류, 대만 난류, 중국대륙 연안수, 황해 저층냉수, 남해안 연안수 등)들이 만나는 복잡한 해양환경에서 기인된 것으로 생각된다.

원소들과 평균입도와와의 상관관계에서 일부원소들(Al, Mn, Cu, Zn, Cr등)이 평균입도와 밀접한 정의 상관관계를 나타냈고, 대부분 중금속 원소들이 조립질 보다는 세립질 퇴적물에서가 높은 함량치를 보였다. 또한 총 유기물 함량이 높은 곳에서는 이들 원소들의 함량치도 높게 나타났는데, 이러한 요인은 세립질 퇴적물에서가 중금속 원소들의 흡착율이 크고, 조사지역 주변 육지환경이 다양하기 때문인 것으로 해석할 수 있다(Windomet al., 1984; Yamamoto, 1986).

정광물 분석 결과 석영은 모래, 니질사동 사질형 퇴적물이 넓게 분포하는 수심이 깊은 제주도 남동쪽 외해지역에서가 제주도 연안해역 및 본 역 서쪽 지역보다 높은 함량을 보였다. K-장석은 조사지역 북쪽인 한반도 서남해안과 양자강 하구역이 가까워지는 남서쪽으로 향함에 따라 16~30%로 Na-Ca장석의 3~16%보다 높게 나타나며, 연안역에서 외해쪽으로 멀어짐에 따라 감소하는 경향을 보이는데 이는 한반도 남해안 및 양자강 주변 해안에 광범위하게 분포하는 화강암 및 변성암의 영향을 받은 것으로 판단된다. 한편 Na-Ca장석은 제주도 및 소흑산도 주변 연안역에서가 10~19%로 기타지역의 3~16%보다 높으며 이는 이들섬 육상암석의 광물조성과도 일치하고 있어 이곳으로 부터 유입되어 퇴적된 것으로 판단된다(윤 등, 1987; 1989).

그러나 이들 섬기원 육상 쇄설물들이 근원지로 부터 얼마만한 거리까지 이동·분포하는지에 대하여는 앞으로 연구할 과제다.

해저 퇴적물의 주요구성 성분인 점토광물의 연구는 단순히 광물화적인 연구분야에 한하지 않고 이들 세립질 퇴적물의 공급지와 분포를 규제하는 요인을 규명하는 중요한 수단이 되고 있다. Chough(1985), Park and Han(1985), Xu(1983), Xie et al.,(1983), Khim(1988), Aoki et al.,(1983), Shiozawa(1969)등은 대륙붕 연안지역에 분포하는 세립질 퇴적물에 대한 점토광물 연구에서 육지에 근접하는 연안지역에서는 해저퇴적물 중 점토광물의 대부분은 인접한 하천에 의해 운반된 쇄설성 점토광물로서 이들 세립질 퇴적물의 분포경향은 배후지의 지질을 잘 반영한다고 지적하였다. 한편 북태평양 심해역과 같이 육지로 부터 멀리 떨어진 대양의 경우도 점토광물을 주 성분으로 한 해양저 퇴적물은 주로 아시아 대륙으로 부터 편서풍에 의해 운반·퇴적 되었다고 지적하였다(Griffin and Goldberg, 1963; Janecek, 1985). Chamley(1980)은 일본 시코쿠 해분 퇴적물은 흑조(Kuroshio)의 영향이 크다고 지적하였다.

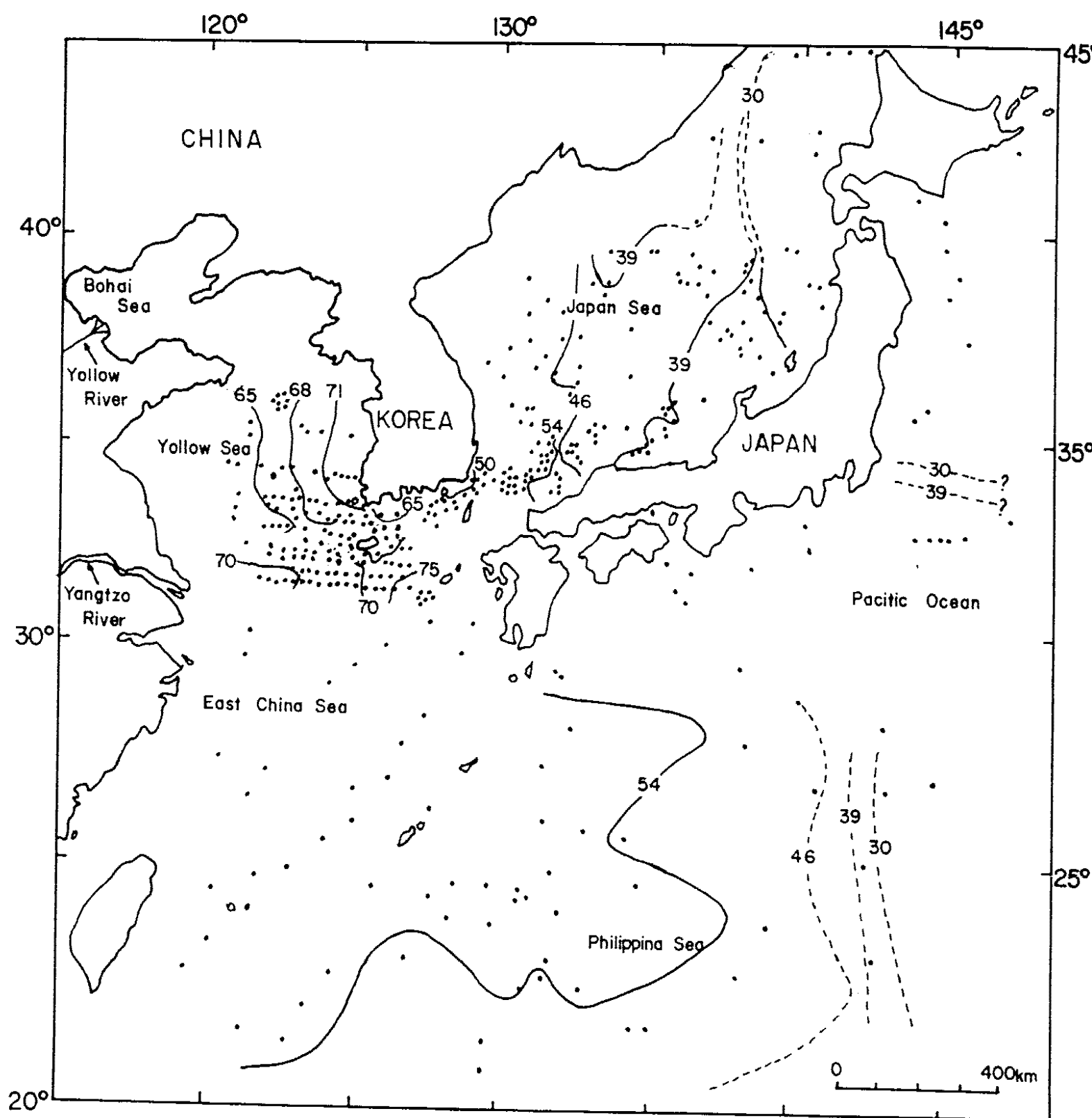
연구해역의 표층퇴적물 중 $2\mu\text{m}$ 이하의 점토입자에 대하여 X-선 회절분석기를 이용하여 분석한 결과 주 구성 점토광물은 일라이트, 녹니석, 고령석, 스멕타이트이고, 몇몇시료에서 방해석도 높게 포함되어 있다. 이들 황해, 동지나해 및 대한해협 퇴적물 중의 점토광물 조성과도 유사한다(Aoki et al., 1983; Khim, 1988; Park and Han, 1985). 즉, 동지나해 퇴적물 중에는 일라이트가 74~49%, 녹니석은 49~14%, 고령석은 15~0%, 스멕타이트는 9~0%의 함량을 나타내며(Table 4 참조), 황해 중앙부 니토대 에서는 일라이트 67%, 녹니석 12%, 고령석 10%, 스멕타이트 13%를 보이며, 이들의 공급지는 중국대륙의 토양이나 황토가 황하강, 양자강, 그리고 바람등에 의해 황해 및 동지나해 까지 운반·퇴적되는 것으로 알려졌다(Qin and Li, 1983; Xu, 1983; Yang and Milliman, 1983; Nittrouer et al., 1984; Rex et al., 1969). 황해 남동부 니토퇴적물 중에는 일라이트 70%, 녹니석 17%, 고령석 13%, 스멕타이트 2%이하의 함량치를 보이며 이중 많은양이 한국의 강들로 부터 운반된 것으로 보고있다(Khim, 1988). 대한해협 퇴적물에는 일라이트 50%, 녹니석 8%, 고령석 21%, 스멕타이트 4%등으로 나타났는데, Park and Han(1985)은 대한해협에서의 점토광물 분포는 주로 흑조에 의해 동지나해로부터 수송이 이루어 진다고 하였고, 제주해협 표층 퇴적물내의 점토광물은 일라이트 68%, 녹니석 16%, 고령석 14%, 스멕타이트 2%로 이들 세립질 퇴적물의 분포를 규제하는 요인으로서는 주로 근접하는 한반도 서남해안의 강들과 그외 제주도 및 이지역 해류계도 영향을 미치는 것으로 해석하였다(윤과강, 1991).

Chough(1985)의 연구에 의하면, 황해 남동부해역($33^{\circ} 00' \sim 37^{\circ} 00' \text{ N}$, $125^{\circ} 00' \sim 126^{\circ} 00' \text{ E}$)의 세립질 퇴적물은 주로 금강 등으로 부터 유입되고 여름철 동안에는 북서 방향, 겨울철에는 남서방향으로 우세하게 흐르는 연안류에 의해 년중 수송이 이루어 지며 특히, 35° N 이남 지역에서의 풍부한 일라이트의 분포는 주로 황하강과 양자강으로 부터 영향을 받고 흑조의 영향은 상당히 적다고 지적하였다.

Table 1 Clay mineral contents of surface sediments in the China Sea and the adjacent areas

Region	Smectite	Illite	Kaolinite	Chlorite	Reference
Around Cheju Island	4 (0.2~13)	69 (62.4~77)	12 (7.2~18)	15 (8.4~22)	Present study
Cheju Strait	2 (0~6)	68 (63~74)	14 (10~18)	16 (11~20)	윤과강(1991)
Huanghe River	23.23	59.00	8.48	9.29	Xu(1983)
Ancient Huanghe River	23.97	59.03	8.89	9.29	Xu(1983)
Bohai Sea	10	60	18	12	He(1985)
Nearshore of northern Jiang	20.5	63.7	7.7	8.3	Xie et al.(1983)
Central Yellow Sea	13	67	10	12	Khim(1988)
Southeastern Yellow Sea	2	70	13	17	Khim(1988)
Northern East China Sea	11.1	71.6	6.6	10.8	Xie et al.(1983)
Yangtze River	5.52	67.97	13.86	12.65	Xu(1983)
East China Sea	3 (0~9)	62 (49~74)	7 (0~15)	28 (14~49)	Aoki et al.(1983)
Keum River	0.1	63.7	17	19.3	Choi(1981)
Yeongsan River	0.1	63.9	19.2	16.8	Kim(1980)
Western shelf off Kunsan	0.1~2.1	60.4~81.3	8.1~18.6	9.3~19.5	Park et al.(1986)
Nearshore of western Korea	trace	54.7~78.8	8.3~20.2	12.5~26.0	Chough(1985)
Southwestern Korea	0.1~0.4	71.8~78.5	8.4~13.7	11.7~16.1	Kim(1980)
Korea Strait	4	50	21		Park et al.(1985)

따라서 제주도 주변 해역($32^{\circ} 00' \sim 34^{\circ} 10' N$, $123^{\circ} 30' \sim 128^{\circ} 00' E$)에 분포하는 퇴적물중 점토광물을 규제하는 요인으로서 인접한 육상지질이 영향이 클것인가, 혹은 해류와 같은 해양환경 요인이 중요한 것인가를 밝히는 것도 흥미있는 연구과제 이다. 일라이트 분포경향은 Fig. 15과 같으며 일라이트는 본 연구 해역에서 가장 풍부한 점토광물이다. 70%이상의 고함량 분포지역은 제주도를 축으로 하여 남동쪽과 남서쪽 외해 지역으로 향함에 따라 증가하는 경향을 보이며, 한반도 서남해안과 근접하는 본 역 북쪽으로 향함에 따라 65%이하로 감소하고, 특히 소흑산도 주변과 여수 연안역에서 63%이하로 최저치를 보여 동지나해와 대한해협의 일라이트 경향과 유사하다(Aoki et al., 1983; Park and Han., 1985). 이처럼 본 역에서 일라이트의 수평분포가 수심이 깊고 사질형 퇴적물이 넓게 분포하는 제주도 남동쪽 해역과 남서쪽 외해 역으로 향함에 따라 증가하는 것은, 본 역 표층 퇴적물내에 포함되어 있는 일라이트의 공급지는 황하강이나 한반도 서남해안 육지에 분포하는 화성암, 변성암 및 퇴적암에서 유래되어 공급되는 것이 아니라, 남지나해 및 동지나해 해저 퇴적물에 풍부히 함유되어 있는 일라이트가 제주도 주변해역 까지 확장분포하는 흑조지의 지류인 대만난류, 황해난류와 같은 해양환경 요인에 의해 수송이 이루어 지고 있는 것으로 생각된다. Fig.22-A는 본 역 점토광물 중 일라이트의 근원지를 밝히기 위해 연구지역 주변의 광역적인 해저 표층퇴적물의 점토광물 분포를 기존의 자료에 의해 종합한 것이다(Aoki et al., 1974; 1983; Yin et al., 1987; Park and Han, 1985; Khim, 1988 등). 일라이트는 동지나해에서 함유량이 높고, 동북쪽인 대한해협과 동해쪽으로 향함에 따라 점차로 감소하는 뚜렷한 경향을 나타내는데 이는 남지나해와 동지나해 해저 퇴적물에 풍부히 함유되어 있는 일라이트가 흑조(대만난류 포함)와 바람의 영향등에 의해 동해쪽으로 수송되고 있음을 의미한다.



Illite

Fig. 22~A Clay mineral concentration in the <2μm size fraction of surface sediments around the study area (compiled from Aoki and Diuma, 1973; 1974, Aoki et al., 1974; 1983, Park and Han, 1985, Khim, 1988 and our data).

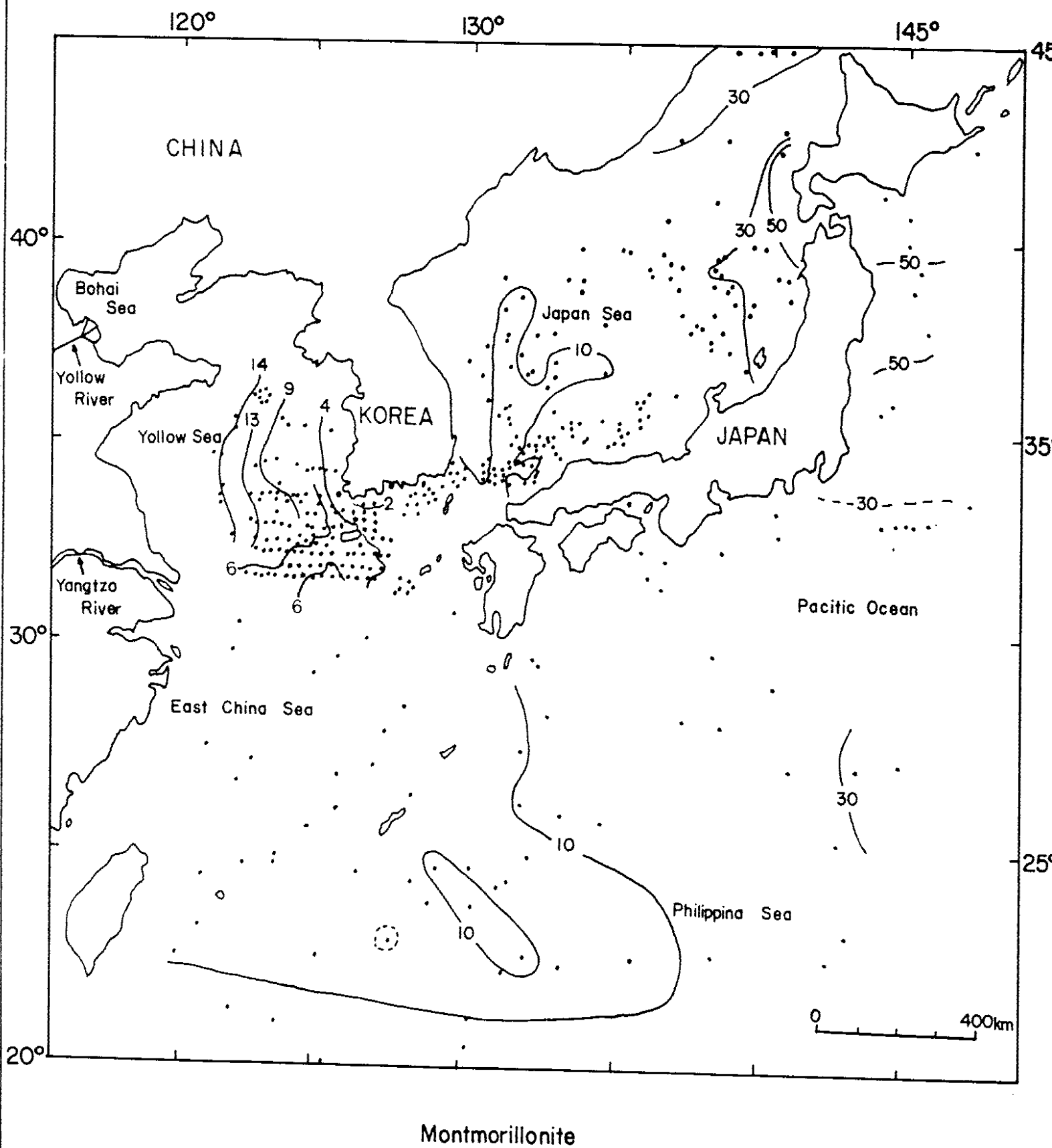
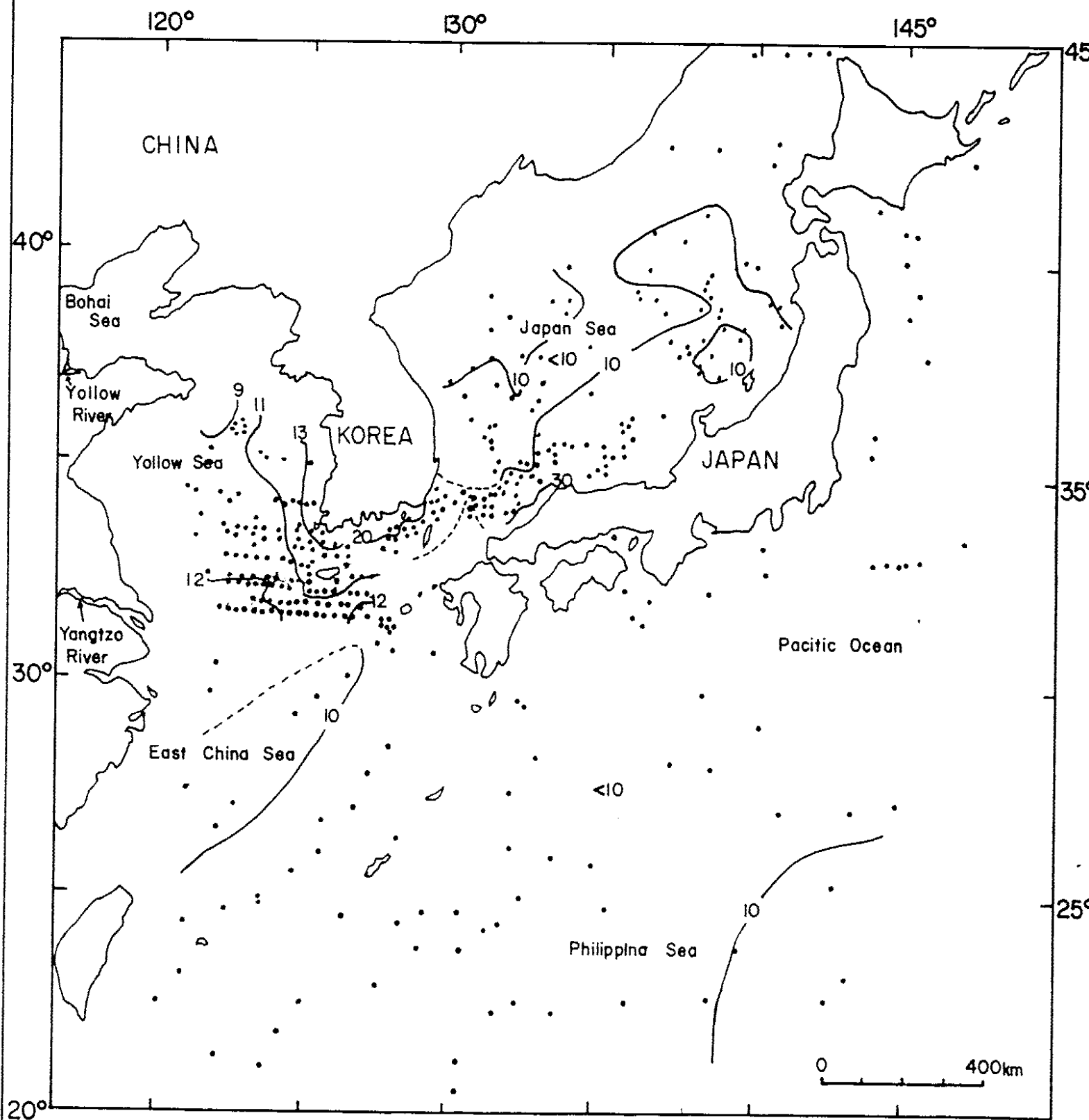


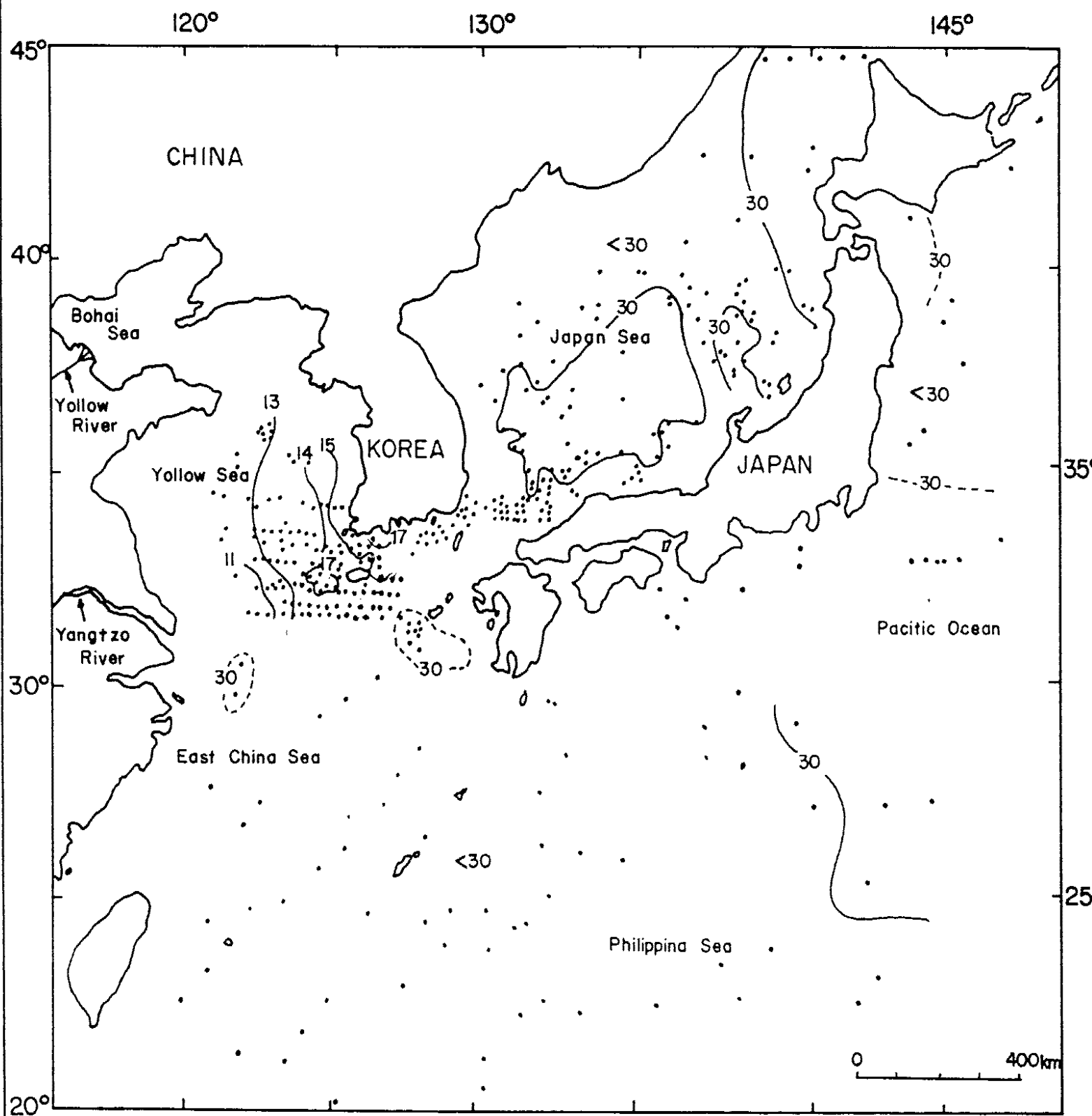
Fig. 22~B Clay mineral concentration in the $<2\mu\text{m}$ size fraction of surface sediments around the study area (compiled from Aoki and Diama, 1973; 1974, Aoki et al., 1974; 1983, Park and Han, 1985, Khim, 1988 and our data).



Kaolinite

Fig. 22~C Clay mineral concentration in the <2μm size fraction of surface sediments around the study area (compiled from Aoki and Diama, 1973; 1974, Aoki et al., 1974; 1983, Park and Han, 1985, Khim, 1988 and our data).

51



Chlorite

Fig. 22~D Clay mineral concentration in the <2μm size fraction of surface sediments around the study area (compiled from Aoki and Diuma, 1973; 1974, Aoki et al., 1974; 1983, Park and Han, 1985, Khim, 1988 and our data).

f2

Aoki et al.,(1983)은 동지나해 북동쪽인 일본 구주 서남부 해역에 점토광물 조성이 동지나해 점토광물의 평균조성과 유사한 함량을 보임은 흑조에 의해 이지역 까지 이동된다고 지적 하였고, Mizoda and Tomotosh(1984)는 동해 퇴적물 중 석영의 산소동위체 비를 분석하여 이곳 퇴적물에는 아시아 대륙으로 부터 바람에 의해서 운반되어온 것도 포함되어 있음을 지적하였다. 동해에서 일본 열도측의 일라이트 분포는 서남 일본해역에서 북해도 서방해역으로 향함에 따라 감소하는 경향을 보이는데 이도 일라이트가 주변 육지로 부터 공급되는 것이 아니라 동지나해와 한국해협 퇴적물 내에 함유되어 있는 일라이트가 대마난류 등에 의해 이곳 까지 수송되고 있음을 의미한다. 한편, Aoki et al.,(1974)은 한반도에 광범위하게 분포하는 화강암과 변성암류에서 공급되는 운모질 물질 때문에 황해인 경우 중국측 보다 한반도 쪽에서가 높은 일라이트 함량을 보인다고 지적했고, Khim(1988)은 황해 남동부에서 높은 함량의 일라이트 분포는 주로 한반도 서해안의 금강과 영산강으로 부터운반된다고 보고한 바 있다. 따라서 추자도 북쪽 진도해역에서 일라이트가 70%이상의 고함량 분포를 보이는데, 이는 전술한 근접한 주변 육지지역에 분포하는 퇴적암과 변성암에서 유래되어 공급된 것인지, 아니면 황해의 중앙 대륙붕 지역에 많이 함유되어 있는 일라이트가 황해 저층냉수, 중국대륙연안수 및 황해난류등과 같은 수괴에 의해 수송된 것인지 그 공급지가 확실치 않다.

스펙타이트는 본 연구해역 점토광물 중 가장낮은 함량 분포로 이는 동지나해와 한반도 서남해안 연안역에서의 스펙타이트 분포경향과 동일한 특징적인 현상이다(Chough, 1985; Khim, 1988; Choi 1981; Aoki et al., 1983). 스펙타이트는 화산물질의 풍화산물로서 육지에서 생성되어 바다로 공급되는 쇄설성 기원 외에 해저에서 자생기원에 의한 것도 많이 분포하는 것으로 알려져 있다. 특히, 남태평양에서는 중앙해령이 화산활동에 의해 생성되는 화산분출물은 해수와 접촉하여 해저 풍화작용을 받아 다량의 스펙타이트가 생성된다고 하였다(Griffin et al., 1968; Biscaye, 1965; Aoki et al., 1979). 동지나해역에서 스펙타이트 함량은 3%, 양자강에서는

5.52%, 황해 중앙부해역은 13%, 황하강에서는 23.23%, 대한해협은 4%, 제주해협은 2%, 한국서남해역에서는 검출되지 않았으며, 황해 남동부 니질퇴적물에서는 2%, 미만의 함량분포를 보인다(Table 4). 연구해역에서의 스멕타이트 분포는 제주도-추자도-소록산도를 연결하는 제주해협 중앙부 골짜기와 제주도 남서쪽 외대륙붕 지역의 니토층 및 황하와 가까워지는 북서쪽으로 향함에 따라 6%이상으로 기타지역보다 높은 함량을 보인다(Fig.16). 이는 제주도가 제3기말부터 제4기에 화산활동에 의해 형성된 화산도로서 그 주변지역은 화산성 풍화산물이 많이 덮혀 있는것과 관계가 있으며(윤등, 1989; 1991), 또한 스멕타이트를 많이 함유하는 황해중앙부 니토층과 장수 북쪽 연안의 황하기원 고 삼각주 퇴적층이 황해에서의 4m이사의 조차와 2Knot 이상의 조류 및 계절철 폭풍기간동안 침식·재부유된 세립질 퇴적물은 혼탁류(Turbid plume)형태로 보하이(Bohai)만으로 부터 시작된 40~50m수심을 따라 여름철에 32° N 까지, 겨울철은 32° N, 126° E까지 남하하는 황해 연안류와 같은 독특한 순환패턴에 의해 제주도 남서쪽 까지 수송이 이루어 진다(Milliman et al., 1985b; Xie et al., 1983). 더우기, 제주도 남서쪽 현생니토대 일대 해역은 저온의 황해 연안류와 저온·저염의 양자강 희석수, 고온·고염의 황해난류 및 대만난류가 만나는 전선역(31° 00' ~ 32° 30' N, 125° 30' ~ 126° 30' E)일 뿐만 아니라 유속도 약 10m/sec내외로 약하기 때문에 실트와 점토와 같은 부유물질이 침전·퇴적하기에 적합한 환경이고, 부유물질의 농도가 5mg/l로 주변 잔류퇴적물 분포지 보다 높다. 또 염분 변화 폭도 1~2‰/30Km로 완만하여 0.31Cm/yr의 퇴적속도를 보이며 점토의 함량이 40~70%, 함수량은 80% 이하이기 때문에 점성이 강하여 침식에 견디는 저항력도 높아(Liang, 1983; Xu, 1983) 현생니토층이 형성·존재하고 있는 것이다.

Fig.22-B는 해저 표층퇴적물의 점토광물 중 스멕타이트의 광역적인 분포를 기존자료에 의해 종합한 것이다. 스멕타이트는 산동반도 주변해역과 장수연안인 황해서쪽으로 향함에 따라 14%이상의 높은 함량치를 보이나 한반도 서해안 연안역에서는 4%이하로 뚜렷이 감소하는 경향을 보여준다. 이는 황해 및 동지나해에서 스멕타이트

FX

함유량이 높은 지역은 양자강이나 한반도 서남 해안의 여러강들의 영향 보다는 황하강과 고 황하 삼각주지역 퇴적물의 영향을 많이 받고 있음을 의미한다. 동해의 동측해역에서는 북으로부터 남으로 향함에 따라 스펙타이트가 서서히 감소하여 북해도 서쪽 해역에서는 그 함유량이 50%이상이지만, 산음 연안역에서는 20%정도의 함량을 보인다. 이는 동북 일본지역의 육상지질과 관계가 있는데, 즉 이지역에는 신 제3기로부터 제4기의 화산암류가 넓게 분포하며 화산회 토양에서는 다량의 스펙타이트가 포함되어 있음을 지적하였다(Yin et al., 1987).

적도성광물로 알려진 고령석은 저위도 지방의 특징적인 광물로서 육상암석의 화학적 풍화작용이 활발한 지역에서 주로 토양생성시 형성되는 2차광물로 알려져 있다(Goldberg and Griffin, 1964; Griffin et al., 1968; Moore and Reynold, 1969). 본 연구해역의 고령석은 14% 이상의 높은 함량 분포지역은 양자강 하구와 가까워지는 남서쪽 지역과 한반도 서남 해안에 분포하는 강들과 인접한 북동쪽 연안역으로 향함에 따라 증가하고, 이들 연안하구 지역에서 수심이 깊은 제주도 남동쪽 외해역으로 향함에 따라 고령석 상대함량이 12%이하로 감소하는 뚜렷한 지역적인 변화를 보이고 있으며, 일라이트의 분포와는 대조적인 경향을 나타내고 있다(Fig.17). 이러한 고령석의 분포경향은 근접한 육지의 육상 지질과 깊은 관계가 있음을 의미한다. 즉 본역 북동부 한반도 서남해안으로 향함에 따라 14%이상의 고농도 분포는 동지나해와 황해로부터 해류와 같은 해양환경 요인들에 의해 본역으로 공급되는 것이 아니라 주변육지의 화학적 풍화산물이 영산강, 섬진강, 탐진강등의 담수유출에 동반되는 토사의 영향과 연안역에 매우 강한 조석력에 의해 재 부유하는 점토가 혼탁형태로 뿌름(plume)을 형성하여 연안류동에 의해 먼 곳까지 수송되고 있음을 의미한다. 이러한 근거로는 고령석의 상대적 분포경향이 광양만에서 21%, 진주만 23%, 영산강하구 21.3%, 섬진강하구 16%등 한반도하구 연안역에서는 높은 함량분포를 보이는 반면(박동, 1984; 김등, 1988; Kim, 1980; Song, 1988), 황해 중앙부에서 10%, 황해남동해역 13%, 동지나해 7% 및 한국서남해역의 8.4~13.7%등 육지와 근접한

연안지역이 외해역보다 높은 함량분포를 보이는 것과 동일하다(Table 4). 한편 양자강하구에 가까워지는 본역 남서쪽 외해역으로 향함에 따라 14%이상의 높은 함유량을 보이는 것은 양자강기원 퇴적물이 점토광물 조성에 있어서 고령석 함량(14%)이 황하기원(7%)보다 2배이상 높은 점과 잘 일치한다(Yang and milliman, 1983). 양자강하구 해역에서 수리물리학적 조사와 부유물질의 연구에서 양자기원의 저염 표층수 뿌름이 여름철 동안에는 제주도를 향해 북동쪽 방향으로 이동되며 부유퇴적물도 동쪽과 북동쪽으로 일부 수송이 되고 있음을 확인하였다(Beardsley et al., 1985; Lie, 1986).

Fig. 2-C는 본역 주변해역의 광역적인 고령석 분포도인데, 고령석분포가 일라이트와는 대조적인 분포경향을 나타내고 있다. 즉 그 함유량은 외해역보다 육지에 근접하는 연안역에서가 높다. 한반도 남해안의 낙동강, 섬진강 하구부근에서 20%이상의 고농도 분포는 인접육지 지역에는 넓은 범위에 걸친 화강암류의 분포와 고령석 광상의 영향 때문이며(Park et al., 1985; Song, 1988), 동해의 일본측에서도 산음 연안역이 30%이상으로 외해지역보다 높아 고령석은 주변육지의 화강암류의 풍화산물로부터 유래하고 있음을 의미한다(Yin et al., 1987).

녹니석은 고위도 해역의 특징적인 점토광물로서 육상 퇴적암·변성암등의 물리적 풍화작용에 의해 형성되는 1차광물로 알려져 있다(Griffin et al., 1968). 연구해역에서 녹니석은 평균 15%로 일라이트 다음으로 많은 함량을 갖는 점토광물이다. 녹니석의 수평분포경향은 육지와 인접한 북부연안역에서 15%이상으로 높은 함량 분포를 보이나 제주도 남동쪽과 남서쪽 외해역으로 향함에 따라 뚜렷이 감소하는 경향을 보인다(Fig.18). 이러한 분포경향은 전술한 바와 같이 근접하는 육상지질을 잘 반영하며, 주로 하천과 연안류에 의해 수송되고 있음을 의미한다. Fig.22-D는 연구해역과 그 주변해역의 녹니석 분포도인데, 황해의 중앙부 보다 한반도 서남해안의 금강, 영산강, 낙동강, 섬진강등과 인접하는 연안역에서가 높은 함량을 보이며, 동해의 일본 열도에서도 서남일본의 산음 연안역 보다 북해도 서남해역에서가 30%이

상의 고 함량치를 보여 녹리석은 고위도해역의 특징적인 광물임을 지시해 준다(Yin et al., 1987).

이상과 같이 연구해역 표층퇴적물 내의 점토광물은 각각의 지역적인 뚜렷한 수평 분포경향을 보이는데, 이들 세립질 퇴적물의 분포를 규제하는 요인으로서는 주로 조사지역에 근접하는 육상지역의 풍화 쇄설물들이 주변지역의 강들로 부터 흘러 나오는 담수와 기상의 영향을 받아 형성된 연안수가 주 공급원이고 그 외 제주도과 대마난류, 황해난류 등과 같은 해양환경요인들도 영향을 미치는 것으로 해석된다.

호수와 해양 지역에 대한 Pb-210과 Cs-137과 같은 비교적 짧은 반감기를 갖는 동위원소 연구를 통한 지질연대 측정은 현생퇴적물의 퇴적속도 결정과 퇴적에 영향을 주는 제 과정을 통찰할 수 있는 유용한 도구의 역할을 하는 것으로 밝혀졌다(Krishnaswamy et al., 1971; Koide et al., 1973; Pennington et al., 1976; Ritchie et al., 1973). Pb-210은 U-238계열의 한 가족이며, Pb-210이 해양환경내로의 flux는 대기권에서의 침강, 주변강에 의한 유입과 해저퇴적물 내에서의 Ra-226의 붕괴에 의해 생성된 Pb-210이 이류작용(advection)등이 주요 공급원이 되고 있으며(Bruland et al, 1974; Carpenter et al., 1981), 이러한 Pb-210이 해수에 머무르는 시간은 1년 이내로 매우 짧은 것으로 알려졌다(Koide et al, 1972; Bruland et al., 1974; Benninger et al., 1975).

해수내에 존재하는 Pb-210은 유기체에 의한 섭취나 점토광물, 유기물질 및 Fe-Mn 산화물과 같은 입자들에 의해 흡착되어 퇴적물내로 동시 침전된다(Carpenter et al., 1981; Aller, 1978; Nittrouer et al., 1979). 따라서 이러한 과정에 의해서 형성되는 해양 퇴적물 내의 Pb-210함량은 Ra-226의 붕괴에 의해 유지되는 Supported Pb-210양보다 항상 높게 나타나 이는 과거 100년 전후에 퇴적된 퇴적층내의 과잉량(excess) Pb-210활동도 측정을 통하여 퇴적속도 결정에 효과적으로 이용되고 있다(Nittrouer et al., 1979).

6

Fig.19와 20은 조사지역 6개 주상시료들의 깊이에 따른 Pb-210 활동도를 나타낸 것이다. 이들 자료에서 3부분으로 구분되는데, 즉 물리적 및 생물체들의 제작용에 의해 혼합되어 Pb-210 활동도 값이 거의 균일한 값을 보이는 표면 혼합층 부분, 깊이에 따라 Pb-210 활동도 값이 대수함수적으로 감소하는 깊이 6~27cm의 중간부분, 거의 일정하게 낮은 Pb-210 활동도를 보이는 하부지역으로 구분된다.

따라서 퇴적속도는 과잉량 Pb-210 활동도 값이 깊이에 따라 대수함수적으로 감소하는 중간부분에서 감소하였다.

Pb-210을 이용한 연구지역의 퇴적속도는 0.20~0.54cm/yr, 혹은 0.15~0.42g/cm²/yr로 지역에 따라 다르게 나타났다. 즉 양자강 하구역에 가까워지는 조사지역 남서쪽의 J-101과 J-134에서 퇴적속도는 0.45~0.54cm/yr, Pb-210이 flux되는 양은 1.48~2.31dpm/cm²/yr로 하구지역에서 멀어지는 J-138과 J-142의 0.20~0.22cm/yr, 0.36~0.57dpm/cm²/yr보다 높은 값을 보여준다. 이는 조사지역 서쪽에 위치하는 양자강과 황하기원 퇴적물이 이곳 까지 이동되고 있을 뿐만 아니라 다른 지역보다 높은 효율이 Pb-210 흡착작용도 진행되고 있는 지역임을 의미한다. 한편, 제주도 주변 J-59와 J-91에서 퇴적속도는 0.21~0.44cm/yr, Pb-210 flux는 0.82~1.44dpm/cm²/yr로 제주기원 육상 풍화산물도 주변 연안역으로 이동·퇴적되고 있음을 의미한다. Cs-137은 대기권 핵실험이나 Chernobyl 원자력 발전소 사고와 같은 요인에 의해 지표에 전달되는 인공 방사성 핵종으로 1952년부터 일반 환경에 소개되었고 1963년도의 지표면에 최대 낙하를 정점으로 하여 1967년도 까지 서서히 감소하다 그 후 부터는 미량으로 검출되었다(Camplin et al., 1986). Cs-137이 대기권에서 강수 과정등에 의해 해양환경으로 침강하여 퇴적물내로 섭취(scavenging)되는데 필요한 시간 간격은 약 6~12개월 정도인 것으로 알려졌다(Ritchie et al., 1973).

따라서 퇴적물 내에 Cs-137 활동도 값이 최대의 피크를 나타내는 곳이 1963-1964년 기간동안에 퇴적된 퇴적물임을 의미한다. Cs-137이 일단 퇴적물내로 흡착되면 퇴적층 내에서 화학적 작용이나 확산등에 의해 제 이동은 극히 한정적임이 밝혀졌

다(Davis, 1963). 그러므로 호수나 해양퇴적물에 대한 Pb-210활동도 측정은 퇴적물의 퇴적과정에서의 물리 화학적 특성을 이해하고 지질연대를 축조하는데 이용되고 있다(Krishnaswamy et al., 1971; Koide, 1973; Pennington et al., 1976; Ritchie et al., 1973).

Koide(1973)은 해양에서 주상시료를 채취할때 물과 접하는 표층 부분이 교란되기 쉬움을 지적하였고, 교란 되었는지의 여부나 방사성 동위원소가 심부지역으로 침투하였는지를 확인하기 위해서도 Cs-137연구가 필요함을 지적하였다. 본역 6개의 주상시료로 부터 측정된 Cs-137활동도 값이 최대 피크를 나타내는 곳으로 부터 계산된 퇴적속도는 J-59, J-138, J-142는 0.12~0.30Cm/yr범위로 동일 시료에서의 Pb-210연구에 의해 계산된 퇴적속도 0.20~0.22Cm/yr와 잘 일치하나, J-91, J-101, J-134에서는 Cs-137에 의한 퇴적속도가 0.16~0.30Cm/yr로 Pb-210에의한 0.44~0.54Cm/yr보다 낮은 값을 보였다(Fig.21). 이처럼 몇몇 시료에서 Pb-210과 Cs-137에 의해 계산된 퇴적속도 값이 불일치는 시료채취시 표층부분이 소실되었거나, 퇴적층 내에서 생물체의 활동과 속성작용등에 의한 수직 혼합작용, 이들 두 방사성 핵종이 대기권에서 해양환경으로의 침강과 해수에서 퇴적물 내로 흡착·침전하는 성질과 기간의 차이, 또는 동위원소 분석에서 수반되는 오차등 (Koide et al., 1973; Robbins et al., 1975)으로 실제보다 다소 과장된 퇴적속도 값을 의미한다.

이상에서 살펴본 바와 같이 본 조사지역의 퇴적물은 주로 중국대륙의 황하와 양자강이 주 공급원이고 그외 한반도 서남부에 위치하는 영산강, 섬진강 등의 강들과 제주도 등도 영향을 미치며, 퇴적속도도 지역에 따라 차이를 확인할 수 있었다.

결 론

1. 연구해역 표층 퇴적상은 모래, 소량역함유니질사, 니질사등 사질형 퇴적물이 분포하는 제주도 남동부 해역, 조·세립질이 혼합된 분포를 보이는 북동부 지역, 사질점토, 사질니, 니토등 니질형 퇴적물이 주로 분포하는 서부지역등 그 퇴적상이 다양하다.

2. 연구해역 퇴적물중 자갈을 함유하는 니질사와 사질니등 혼합된 퇴적물 유형은 누적분포곡선에서 경사가 대체로 완만하여 분급이 불량한 편이나, 모래와 점토같은 단일 유형은 다소급한 경사를 보여 분급이 좋은 편이다. 또한 자갈함유니질사와 사질니는 주로 혼합된 운반형태를 보이고, 모래, 니질사, 점토질사등 사질형퇴적물은 도약군집의 운반형태를 보이며, 사질점토, 니토등 니질형적물은 도약과 부유군집에 의해 운반되었다.

3. 탄산염 함량은 평균 21.6%로 다양한 값을 나타내며 퇴적물 입도와 수심이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였고, 특히 수심이 100m이상이며 순수한 모래로 이루어진 제주도 동쪽 지역에서 50%이상으로 가장높은 함량을 보였다. 반면 총 유기물 함량은 평균 6.26%로 세립질 퇴적물 분포지에서 높은 함량분포를 보여 탄산염 분포와는 상반된 경향을 나타냈다.

4. 해수중의 총 부유퇴적물의 농도분포는 양자강 하구에 가까운 남서쪽 끝에서 7mg/l 이상의 고농도 분포경향을 보이나 제주도 연안에서 서쪽 외해 중앙부 지역은 3mg/l이하로 낮은 함유량을 보였다.

5. 퇴적물 중의 지화학적 원소성분의 평균조성은 각각 Cu : 7.11 μ m, Mn : 205.8 μ m, Cr : 15.54 μ m, Ag : 1.99 μ m, Pb : 17.02 μ m, Zn : 33.58 μ m, Co : 12.3 μ m, Ni : 33.9 μ m, Al : 0.86 μ m, Ca : 4.14%, Mg : 0.59%, Na : 1.34%, Fe : 2.11%인데, 이중 Al, Mn, Cu, Cr, Fe, Zn, Ni은 니질퇴적물이 넓게 분포하는 서부와 북동부 연안역에서 높은 함유량을 보였고, Ca, Ag는 남동부 지역에서 높았으며, 그외 Mg, Na, Pb, Co는 지역간에 유사한 함량 분포를 보였다. 분석된 지화학적 원소성분 중, 여러 원소들은 평균입도와 정의 상관관계를 나타냈고, 대부분 중금속 원소들은 조립질 퇴적물에서 보다는 세립질에서가 높은 함량치를 보였다.

6. 경광물은 석영(평균58.57%), K-장석(평균 16.77%), 암편(평균 15.33%), Na-Ca장석(평균 9.48%)순의 조성을 보였는데, 석영은 사질퇴적물이 분포하는 제주도 남동쪽 외해 지역이 서쪽 및 제주도 주변 해역보다 높은 함량을 보였고, 제주도와 소흑산도 주변 해역은 Na-Ca장석이 K-장석보다 많아 공급지가 이들 섬인 것으로 사료되며, 북동쪽 연안역과 남서쪽 외해지역에는 K-장석이 Na-Ca장석보다 높은 함유량을 보여 이도 인접한 육상지질의 영향을 받은 것으로 해석된다.

7. 연구해역 표층퇴적물 중 점토광물의 평균 함량은 일라이트 69%, 녹니석 15%, 고령석 12%, 스멕타이트 4%이다. 일라이트의 수평분포는 북쪽 연안역 보다 남서쪽 외대륙붕 지역과 수심이 깊고 사질형퇴적물이 넓게 분포하는 남동쪽 끝지역에서 높은 함량을 보이는데, 이는 남지나해와 동지나해 해저퇴적물에 많이 함유되어 있는 일라이트가 대마난류, 황해난류와 같은 해양환경요인에 의해 수송되는 것으로 보인다.

8. 스멕타이트는 제주해협 골짜기, 제주도 남서쪽의 니토층 및 북서쪽 끝지역에서 8%이상의 높은 함량을 보이는데 이는 제주도가 화산활동에 의해 형성된 화산도로서 이들 화산성 풍화산물과 관계가 있으며, 또한 황해 중앙부와 장수북쪽 연안에 분포하는 스멕타이트를 많이 함유한 세립질 퇴적물은 이지역에서의 현저한 순환 패턴에 의해 침식·재부유되어 혼탁류형태로 조사지역까지 이동되는 것으로 사료된다.

9. 고려석은 양자강하구와 가까운 남서쪽 끝지역과 한반도 서남해안에 분포하는 영산강, 섬진강, 탐진강등과 인접한 연안역에서 높은 함량을 보이며, 녹니석도 북부 연안역에서 함유량이 높는데 이는 이들 강들의 담수유출에 동반되는 토사의 영향과 연안역에서의 매우강한 조석력 등에 의해 재부유하는 점토가 혼탁류를 형성하여 연안류등에 의해 먼곳까지 수송되고 있음을 의미한다.

10. Pb-210동위원소를 이용한 연구지역 현생퇴적물의 퇴적속도는 $0.20 \sim 0.54 \text{ Cm/yr}$, 혹은 $0.15 \sim 0.42 \text{ g/Cm}^2/\text{yr}$ 의 범위를 보였다. 이 값은 혼합작용의 영향을 고려하지 않았으므로 조사지역에서의 최대 퇴적속도 임을 뜻한다. 이들 중 양자강 하구역과 가까운 J-101과 J-134 지역에서의 퇴적속도는 $0.45 \sim 0.54 \text{ Cm/yr}$, Pb-210이 flux되는 양은 $1.48 \sim 2.31 \text{ dpm/Cm}^2/\text{yr}$ 로 하구역과 먼 J-138과 J-142 지역에서의 퇴적속도 $0.20 \sim 0.22 \text{ Cm/yr}$ 과 Pb-210의 flux양 $0.36 \sim 0.57 \text{ dpm/Cm}^2/\text{yr}$ 보다 높은 값을 보여 준다. 한편, 제주도 주변 J-59와 J-91 지역에서의 퇴적속도는 $0.21 \sim 0.44 \text{ Cm/yr}$, Pb-210의 flux는 $0.82 \sim 1.44 \text{ dpm/Cm}^2/\text{yr}$ 로 주변육지 풍화산물이 연안지역으로 이동·퇴적되고 있음을 의미한다.

11. Cs-137동위원소 활동도 값이 최대 피크를 나타내는 주상시료 부분에서 계산된 퇴적속도는 J-59, J-138, J-142 지역에서는 $0.12 \sim 0.30 \text{ Cm/yr}$ 범위로 동일 시료 내 Pb-210에 의해 계산된 퇴적속도 $0.20 \sim 0.22 \text{ Cm/yr}$ 와 잘 일치하나, J-91, J-101, J-134지역에서는 Cs-137에 의한 퇴적속도가 $0.16 \sim 0.30 \text{ Cm/yr}$ 로 Pb-210에 의한 $0.44 \sim 0.54 \text{ Cm/yr}$ 보다 낮은 값을 보였다.

참 고 문 헌

- 김승우, 민권홍, 조규장, 김철민, 박관순, 김원식, 신원철, 1980. 연근해저 해양지
질조사 및 물리탐사 연구(제주~청산도해역). 자원개발연구보고, p.15~33.
- , 장정해, 이치원, 민건홍, 1984. 연근해저 지질조사연구. 한국동력자원연구
소, 83-해저자원-2-15, p.1~50.
- , -----, -----, -----, 1985. 해양지질조사 연구(추자도 일대해역). 한국
동력자원연구소, 85-18, p.17~45.
- 김종수, 김승우, 장정해, 이치원, 민건홍, 신원철, 조규장, 김원식, 1983. 연근해저
지질조사연구. 한국동력자원연구소, 82-해저자원-1-17, p.7~48.
- 박용안, 이창복, 최진혁, 1984. 광양만의 퇴적환경에 관한 연구. 한국해양학회지,
19, p.82~88.
- 윤정수, 1986. Socotra암초의 지질 및 주변해역 퇴적물에 관한 연구. 대한지질학회
지, 22(2), p.123~134.
- , 고기원, 1987. 제주 남방해역 표층퇴적물의 특성. 한국해양학회지, 22(3),
p.130~142.
- , 김성복, 고기원, 1989. 제주도 서방해역의 해저퇴적물 특성. 한국해양학회
지, 24(3), p.132~147.
- , 강순석, 1991. 제주해협 표층퇴적물의 특성. -특히 점토광물을 중심으로-.
한국지구과학회지, 12(3), p.175~195.
- 이흥재, 1984. 황해수괴와 순환에 관한 고찰. 한국해양학회지, 19(2), p.187~194.
- 조규장, 이원영, 박관순, 김원식, 신원철, 한현철, 이호영, 최완실, 1985. 해양물리
탐사 연구(제주도~진도간 해역). 한국동력자원연구소 연구보고, 85-18, p.94.

- Aoki, S., Oinuma, K. and Sudo, T., 1974. The distribution of clay minerals in the recent sediments of the Japan sea. *Deep-Sea Res.*, 21, p.299~310.
- , Kohyama, N. and Sudo, T., 1979. Mineralogical and chemical properties of smectites in a core from the Southeastern Pacific. *Deep Sea Res.*, 26A, p.893~902.
- , Oinuma, H. and Matsuike, K., 1983. Clay minerals composition in surface sediments and the concentration of suspended matter of the East China Sea. *Proceeding inter. sym, shelf, with special reference East China Sea*, p.440~450.
- Baily, E.H. and Stevens, R.E., 1960. Selective staining of K-feldspar and plagioclase on the rock slabs and thin section. *Am. Mineralogist*, 45, p.1020~1024.
- Beardsley, R.C., Limeburner, R., Yu, H. and Cannon, G.A., 1985. Discharge of the Changjiang(Yangtze River) into the East China Sea. *Cont. Shelf Res*, 4, p.57~76.
- Benninger, L.K., Lewis, D.M. and Turekian, K.K., 1975. The use of natural Pb-210 as a heavy metal tracer in the river-estuarine system, In *Marine Chemistry in the Coastal Environment*, ACS Sym. series No.18, p.202~210.
- , 1976. The Uraium-Series radionuclides as tracers of geochemical processes in Long Island Sound, Yale Univ, New Haven, Conn., 151p.
- Biscaye, P.E. 1965. Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent sea and ocean, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 76, p.803~832.

- Bruland, K.W., Koide, M. and Goldberg, E.D., 1974. The comparative marine geochemistries of lead-210 and radium-226, Jour. Geophys. Res., 79, p.3083~3086.
- Brunton, G., 1955. Vapor Pressur glycolcation of clay minerals, Am. Mineralogist., 40, p.124~126.
- Camplin, W.C., Mitchell, N.T., Leonard, D.R., and Jeefries, D.F., 1986. Radioactivity in surface and coastal waters of the British Isles, Monitoring of fallout from Chernobyl Reactor Accident. Lowestoft, United Kingdom : Aquatic Environment Monitoring Report No,15, p.1~49.
- Carpenter, R. Bennett, J.J. and Peterson, M.L., 1981. Pb-210 activities in and fluxes to sediments of the Washington continental slope and shelf, Geochim Cosmochim Acta, 45, p.1155~1172.
- Chamley, H. 1980. Clay sedimentation and paleo-environment in the Shikoku Basin since the Middle Miocene, Init, Repts.D.S.D.P., 58, p.669~681.
- Choi, J.H., 1981. Recent clay minerals in the Kunsan estuary and the adjacent continental shelf. M.S. Thesis, Seoul Natl . Univ., p.1~52.
- Chough, S.K., 1983. Marine Geology of Korean Seas. Int. Hum. Resour. Der. Crop., Boston, Mass., p.1~157.
- , 1985. Further evidence of fine-grained sediment dispersal in the southeastern Yellow Sea. Sediment Geol., 41, p.159~172.
- Curry, J.R., 1965. Late Quaternary History, Continental Shelves of the United States, In Wright, H.E. Jr. and D.G. Frey eds. The Quaternary of the United States, Princeton, N.J. : Princeton Univ Press., p.723~735.
- Davis, J.J., 1963. Cesium and its relationship to potassium in ecology, p.539~556., In V.Schultz and A.W. Klements. Jr., Radioecology.

- DeMaster, D.J., 1979. The marine budgets of silica and si-32. Ph. D. Thesis, Yale Univ, New Haven, Conn., 308p.
- , McKee, B.A., Nittrouer, C.A., Qian, J.C. and Chen, G.D., 1985. Rates of sediment accumulation and particle reworking based on radiochemical measurements from continental shelf deposits in the East China Sea. Cont. Shelf Res., 4, p.143~158.
- Dickinson, W.R. and Suczek, C.A., 1979. Plate tectonics and sandstone composition. Am. Asso. Pet. Geol., 63, p.2164~2182.
- Elverhoi, A. and Ronningsland, T.M., 1978. Semiquantitative calculation of the relative amount of kolinite and chlorite by X-ray diffraction, Marine Geology, 27, p.19~23.
- Emery, K.O. and Niio, H., 1961. Sedimenta of shallow portion of East China Sea and South China Sea, Geol. Soc. Am. Bull., 72, p.731~762.
- , 1965. Charateristics of continental shlves, Am. Assos. Petrol. Geol, 52, p.445~464.
- , 1968, Relict sediments on the continental shelves of world, Am. Ass. Petrol. Geol, 25, p.445~465.
- Folk, R.L., and Word, W.C., 1957. Brazos river bar : A study in the significance of grain size parameters. Jour. Sedi. Pet., 27, p.3~26.
- , 1968. Petrology of sedimentary rocks, Hampill's Austin Texas, 1~13, p.37~39.
- Friedman, G. M. 1967. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequence distribution of beach and river sands, Jour. Sed. Pet, 37, p.327~354.

- Galehouse, J.S., 1971. Sedimentation analysis, in Carver, R.E. ed Procedure in Sed. Pet., p.69~94.
- Goldberg, E.D. and Griffin, J.J., 1964. Sedimentation rates and mineralogy in the South Atlantic, Jour. Geophys. Res., 69, p.4293~4309.
- Griffen, J.J. and Goldberg, E.D., 1963. Clay minerals distribution in the Pacific Ocean. In thesea, M.N. Hill, ed, Interscience, 3, p.728~742.
- , Windom, H. and Goldberg, E.D., 1968. The dustribution of clay minetals in the World Ocean, Deep Sea Res., 15, p.433~459.
- Grim, R.C., Dietz, R.S. and Bradley, W.F., 1949. Clay mineral composition of some sediments from the Pacific Ocean off the California Coast and Gulf of California Coast and Gulf of California. Geol. Soc. Am. Bull., 60, p.1785~1808.
- Ingram, R.L., 1971. Sieve analysis in Carver, R.E. Procedure in Sedi. Pet. N. Y. Wiley-Interscience., p.49~68.
- Janecek, T.R., 1985. Eolian sedimentation in the Northwest Pacific Ocean; a preliminary examination of the data from Deep sea Drilling Project Sites 576 and 578, Init. Repts, D.S.D.P., 86, p.589~603.
- Khim, B.K., 1988. Sedimentological study of the muddy deposition in the Yellow Sea. Master of science in Seoul Nat. Univ., p.1~-106.
- Koide, M., Soutar, A. and Goldberg, E.D., 1972. Marine geology with Pb-210, Earth Planet. Sci. Lett., 14, p.442~446.
- , Bruland, K.W. and Goldberg, E.D., 1973. Th-228/Th-232 and Pb-210 geochronologies in marine and lake sediments. Geochim. Cosmochima Acta, 37, p.1171~1187.

- ()
- Krishnaswamy, S., Lal, D., Martin, J.M., and Meybeck, M. 1971. Geochronology of lake sediments. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 11, p.407~414.
- Lee, H.J. and Chough, S.K., 1989. Sediment distribution, dispersal and budget in the Yellow Sea., 87, p.195~205.
- Lewis, D.M. 1977. The use of Pb-210 as a heavy metal tracer in the Sesquahanna River system. *Geochimica et Cosmochimica Acta.*, 41, p.1557~1564.
- Lucas, H.F., 1975. Improved low-level alpha scintillation counter for radon, *Rev. Sci. Instr.*, 28, p.680~683.
- Millman, J.D. and Meade, R.H., 1983. World-wind delivery of river sediment to the oceans. *J. Geol.*, 91, p.1~21.
- , J.D., Shen, H.T., Yang, Z.S. and Meade, R.H. 1985a. Transport and deposition of river sediment in the Changjiang estuary and adjacent continental shelf. *Cont. Shelf Res.*, 4, p.37~46.
- , Beardsley, R.C., Yang, Z.S. and Limeburner, R., 1985b. Modern Huanghe-derived muds on the outer shelf of the East China Sea : identification and potential transport mechanisms. *Cont. Shelf Res.*, 4, p.175~188.
- , Li, F., Zhao, Y.Y., Zheng, T.M. and Limeburner, R., 1986. Suspended matter regime in the Yellow Sea. *Prog. Oceanogr.*, 17, p.215~227.
- Mizoda, T. and Matsuhisa, S., 1984. Eolian ashes : KH-79-3, *Jour. Earth Science, Japan*, 6(p), p.553~557.
- Moor, D.M. and Reynolds, R.C., 1989. X-ray diffraction and identification and analysis of clay minerals, Oxford Univ. Press, Oxford, N.Y., 332p.
- Nittrouer, C.A., Sternberg, R.W., Carpenter, R., and Bennett, J.T., 1979. The use of Pb-210 geochronology as a sedimentological tool : application to the Washington Continental Shelf, *Marine Geology.*, 31, p.279~316.
- 68

- , Demaster, D.J. and McKee, B.A., 1984. Fine-scale stratigraphy in proximal and distal deposits of sediment dispersal systems in the East China Sea. *Mar. Geol.*, 61, p.13~24.
- Park, B.K. and Han, S.J., 1985. The distribution of clay minerals in recent sediment of the Korea strait, *Sed. Geol.*, 41, p.173~184.
- Park, Y.A., Kim, S.C. and Choi, J.H., 1986. The distribution and transportation of fine-grained sediments on the inner continental shelf off the Keum river estuary, Korea. *Cont. Shelf Res.*, 5, p.499~519.
- Pennington, W., Cambray, R.S., Eakins, J.D. and Harkness, D.D., 1976. Radionuclide dating of the recent sediments of Blelham Tarm, *Freshwater Boil*, 6, p.317~31.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. and Siever, R., 1973. *Sand and sandstone*, N. Y. Springer-Verlag., 618p.
- Pierce, J.W., and Siegal, F.R., 1969. Quantification in clay mineral studies of sediments and sedimentary rocks, *Jour. Sed. Pet.*, 39, p.187~193.
- 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 Reference to the East China sea. China Ocean press, Beijing., p.91~101.
- Rex, R.e., Syers, J.K., Jackson, J.K. and Clayton, R.N., 1969. Eolian origin of quartz in soils of Hawaiian Island and in Pacific pelagic sediments, *Science.*, 163, p.277~279.
- Ritchie, J.C., McHenry, J.R. and Gill, A.C. 1973. Dating recent reservoir sediments, *Limnol. Oceanogr.*, 18, p.254~263.

- Robbins, J.A. and Edgington, D.N., 1975. Determination of recent sedimentation rates in Lake Michigan using Pb-210 and Cs-137. *Geochimica Cosmoch. Acta*, 39, p.285~304.
- Salmon, L. and Creery, M.G., 1971. Nuclear techniques in environmental pollution. *Proc. Salzburg symp.*, p.47~61.
- Shiozawa, K, 1969. Clay mineral composition of the sediments in the Ishikari Bay, *Quaternary Res.*, 8(3), p.81~88.
- Sindowski, K.H., 1958. Die Synoptische Methods des Korkurven-Vergleiches zur Aussensur, Fossiler sedimentation sraume, *Geol. Jahrb.*, 73, p.235~275.
- Snedecar, G.W. 1950. *Statistical methods*. Ames, Iowa : The Iowa Stste College Press., 119p.
- Song, S.T., 1988, Dipositionnal environment and clay mineral distribution of recent continental shelf sediments, southern coast of Korea, M.S. Thesis, Nat, Fish. Univ, Pusan., 97p.
- Sternberge, R.W., Largen, L.H. and Miao, Y.T., 1985. Tidally driven sediment transport on the East China Sea Continental Shelf. *Cont. Shelf Res.*, 4, p.105~120.
- Stokke. P.R. and Carson, r., 1973. Variation in the clay mineral X-ray diffraction results with the quntity of sample mounted, *Jour. Sed. Pet.*, 43, p.957~964.
- Swift, D.J.P., 1969. Outer shlef sedimentation : Processes and products, In, stanley, D.J. ed., *The new concept of continental margin sedimentation* : Washington, D.C. American Geological Institute, DS-5-1, DS-5-26.
- , Stanley, D.J. and Curray, J.R., 1971. Relict sediments on continental shelf : A consideration., *Jour. Geol.*, 79, p.322~346.

- Visher, G.S., 1965. Use of vertical profile in environmental reconstruction, AAPG Bull., 49, p.41~61.
- , 1969. Grain-size distributions and depositional process, Jour. Sed. Pet., 39, p.1074~1106.
- Wang, C.S., 1961. Sand-fraction study of the shelf sediment off China Coast, Geol. Soc. China Pro., 4, p.33~49.
- Wells, J.T. and Huh, O.K., 1984. Fall-season patterns of turbidity and sediment transport in the Korea Strait and southeastern Yellow Sea. In, T. Ichiye(Editor), Ocean Hydrodynamics of the Japan and East China Sea. Elsevier, Amsterdam., p.387~397.
- 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, p.133~142.
- 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.Y., 1983. Mud sedimentation on the East China Sea shelf. In : Acta Oceanologica Sinica(Editor), Sedimentation and sedimentation Rate of the Continental Shelf, with Special Reference to the East China Sea. China Ocean Press, Beijing., p.544~556.
- Yamamoto, Y.1986. minor elements in shallow water deposits from Nanao Bay, Japan, Jour. Oceanography, Japan., 24, p.160~166.

- Yang, Z. and Milliman, J.D., 1983. Fine-grained sediment sources of East China Sea. Sedimentation on the continental shelf, China Ocean Press, Beijing, p.405~415.
- Yin, J., Okada, H. and Labeyrie, L. 1987. Clay mineralogy of slope sediments around the Japanese Island, Geosic Reports Shizoka Univ., 13, p.1~65.