

석사학위논문

제주해협 표층퇴적물의 특성

제주대학교 대학원

해양학과



1991년 6월

제주해협 표층퇴적물의 특성

지도교수 윤 정 수

강 순 석

이 논문을 이학석사학위 논문으로 제출함.

1991년 6월

강순석의 이학석사학위 논문을 인준함.



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

심사위원장	회	영	찬
위	원	정	석
위	원	방	익

제주대학교 대학원

1991년 6월

SEDIMENTOLOGICAL CHARACTERISTICS OF
THE SURFACE SEDIMENTS IN THE
CHEJU STRAIT, KOREA

Soon-Seok Kang

(Supervised by professor Jeung-Su Youn)

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



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

DEPARTMENT OF OCEANOGRAPHY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1991. 6.

목 차

List of Figures and Tables	i
Summary	1
I. 서 론	3
II. 연구해역의 개요	5
1. 주변 지질	5
2. 해 황	7
III. 재료 및 방법	9
1. 입도 분석	9
2. 탄산염, 총유기물 및 경광물 분석	10
3. 점토광물 분석	11
IV. 결 과	13
1. 해저 지형	13
2. 입도 분석	15
3. 조직표준치들간의 상관관계	21
4. 탄산염, 총유기물 및 경광물의 특성	25
5. 총 부유물질의 분포특성	29
6. XRD에 의한 점토광물 감정	31
7. 점토광물의 분포	36
V. 고 찰	42
VI. 결 론	53
참고문헌	55
감사의글	63

List of Figures and Tables

Fig. 1. Study area and location of sampling stations.	4
Fig. 2. Generalized geologic map of the adjacent study area.	6
Fig. 3. Schematic distributions of water masses in summer and winter on the 50m layer in the Yellow Sea and East China Sea(After Kondo,1985).	8
Fig. 4. Bathymetric map of the study area(Depth in meters).	14
Fig. 5. Distribution of surface sediment type(classification scheme after Folk et al.,1970).	17
Fig. 6. Characteristics histogram of grain size from the various surface sediment types identified in the study area.	19
Fig. 7. Cummulative curves showing grain size of various textural classes.....	20
Fig. 8. Scattering diagram of the various grain size statistical parameters....	22
Fig. 9. Plot of sediments on skewness versus kurtosis(high and low energy regime diagrams): modified after Sly et al.(1983).	24
Fig.10. Calcium carbonate content distribution of the sediment.	25
Fig.11. Total organic matter content distribution of the sediment.....	26
Fig.12. Light minerals composition in the sand fraction(2-30) of the surface sediments.	26
Fig.13. Ternary diagram of light mineral and rock fragment(After Dickinson and Suczek,1979; Pettijohn et al.,1973).	28
Fig.14. Total suspended matter(mg/l) in surface water and near-bottom water of the study area.	30

Fig.15. X-ray diffractograms of less than $2\mu m$ fractions in the surface sediment(S=smectite, I=illite, K=kaolinite, C=chlorite, Q=quartz, CAL=calcite).	31
Fig.16. Illite concentration in the less than $2\mu m$ fraction of surface sediments of the study area.	38
Fig.17. Smectite concentration in the less than $2\mu m$ fraction of surface sediments of the study area.	39
Fig.18. Kaolinite concentration in the less than $2\mu m$ fraction of surface sediments of the study area.	40
Fig.19. Chlorite concentration in the less than $2\mu m$ fraction of surface sediments of the study area.	41
Fig.20. Schematic representation of the province and origin of the dominant clay minerals in surface sediments of the study area.	48
Fig.21. Map showing the distribution pattern of the kaolinite/chlorite ratio.	51
Fig.22. Graphic plot showing the relation between the illite versus kaolinite.	51
Table 1. Weight percentage of sediment composition and textural parameters. ...	16
Table 2. Calcium carbonate and total organic matter content in weight percentage.	27
Table 3. Relative abundance of clay minerals in the surface sediments.	37
Table 4. Clay mineral contents of surface sediments in the East China Sea and its adjacent areas.	49

Summary

The textural characteristics, the total suspended matter and the coarse fraction components of the surface sediments of the marine environment on the Cheju Strait are described and the distribution pattern of clay minerals discussed.

The sediments are subdivided into ten textural classes, namely sand, slightly gravelly muddy sand, muddy sand, sandy clay, slightly gravelly sandy mud, mud and clay.

The coarse sediments are distributed in the central and southeastern parts of the Cheju Strait which are bathymetric highs, whereas the fine-grained deposits are mainly distributed in the northeastern region, and the small scale of coarse and fine-grained mixed sediments are distributed in the western part of the study area.

The high concentration of total suspended matter in the study area gradually increase toward the northeastern nearshore area.

The light minerals such as K-feldspars show a high content toward the northern region, which is related to the weathering of granites and metamorphic rocks on the adjacent lands, but the Na-Ca feldspars are relatively high near the northern part off Cheju Island.

The illite is the most widespread clay mineral and the high concentrations of illite gradually increase toward the southern offshore. It is presumed that they are largely transported by the Kuroshio Current from the East China Sea such as Yellow Sea Warm Current and Tsushima Warm Current.

Smectite is highly concentrated in the central part and around off the Cheju Island, it may have been partly derived from the central Yellow Sea by the local ocean current and the result of supplies of smectite altered from volcanic materials distributed in the Cheju Island.

The relative abundance of kaolinite is shows a high in the northern nearshore area rather than in others regions, which are probably the results of supplied from the southwestern Korea Rivers such as the Youngsan and Seomjin River.

Chlorite shows partly similar distribution trend to that of kaolinite. This is related to the weathering of metamorphic rocks on adjacent lands.

As to the controlling factors of the distribution pattern of clay minerals on the Cheju Strait, it is concluded that not only regional on-land geology but also local turbid plume and major ocean circulation are important.



I. 서론

제주해협은 제주도 북부에 위치하며 한반도 남해의 일부로서 주변의 황해와 동지나해 및 대한해협과 서로 연결되어 있으므로 해서 독특한 해저지형과 해류패턴을 갖고있는 해양학적으로 매우 중요한 위치에 있는 해역이다.

연구해역을 포함한 황해 및 동지나해 대륙붕 표층퇴적물 대부분은 제4기말 빙하의 발달과 쇠퇴에 의한 해수면의 변화와 밀접한 관계가 있으며, 주로 하천에 의해 운반 퇴적되었다(Emery, 1968; Emery et al., 1969; Milliman et al., 1968; Curry, 1969).

또한, 황해 외대륙붕과 제주해협에 분포하는 사질퇴적물은 빙하기 해수면이 낮았을 때 연안환경에서 퇴적된 연안퇴적물이라 하였으며(Wang, 1961), 연구해역 동남부 수심 100m보다 깊은 해역의 사질퇴적물은 해변사의 특성을 보여 고해빈(paleo-beach)이라 하였고, 퇴적물내에는 다량의 자갈(gravel)과 패각편(shell fragment)을 함유하고 있는 점 등을 증거로 잔류퇴적물(relict sediment)이라 보고한 바 있다(김 외, 1980, 1983, 1984). 이와 같이 다양한 특성을 갖는 본 연구해역 표면퇴적물의 특성을 밝히는 데는 점토광물 연구도 한가지 수단이라고 생각된다. 특히, 해양퇴적물에 대한 점토광물의 반정량적 연구는 세립질 퇴적물의 근원지와 분산경향을 알수 있는 유용한 방법으로 이용되고 있다.

제주해협 세립질퇴적물의 가능한 공급지는 인접지역에 위치하는 작은 강들이 주가 되겠고, 그외 대마난류 등에 의한 황해와 동지나해로 부터의 수송 등으로 가정할 수 있겠다.

제주해협지역에 대한 해양지질학적 조사 연구로는 한국동력자원연구소의 대륙붕 해저지질기본도 작성을 위한 해양지질 조사연구(김 외, 1980, 1983, 1984, 1985)와 한국 해양연구소의 한국해역 종합해양자원도 작성연구(한국 해양연구소, 1987)등 많은 조사 연구가 이루어 졌으며, 특히, Park and Han(1985)은 대한해협 표층퇴적물에 대한 점토광물 연구를 통해 이 지역 세립질 퇴적물은 주로 흑조(kuroshio)에 의해 동지나

해로 부터 공급이 되는 것으로 보고하였고, Chough(1985)는 한국 서남해역 연안역에 분포하는 세립질 퇴적물은 주로 금강으로 부터 유입되었고, 황하강과 양자강으로 부터도 다소 영향을 받고 있으나 흑조의 영향은 상당히 적다고 보고한 바 있다.

그러나, 북위 $33^{\circ} 30' \sim 34^{\circ} 15'$, 동경 $126^{\circ} \sim 128^{\circ}$ 에 위치한 제주해협지역의 표층퇴적물에 대한 점토광물 연구는 아직 미흡한 실정이다(Fig.1).

따라서, 본 연구는 독특한 제주해협지역의 표층퇴적물에 대한 입도분석, 탄산염·유기물 및 경광물 연구를 통해 이 지역 표층퇴적물의 분포상태와 특성을 파악하고, 부유퇴적물과 점토광물의 분석을 통해 세립질 퇴적물의 이동경로와 공급지를 추정하는데 목적을 두었다.

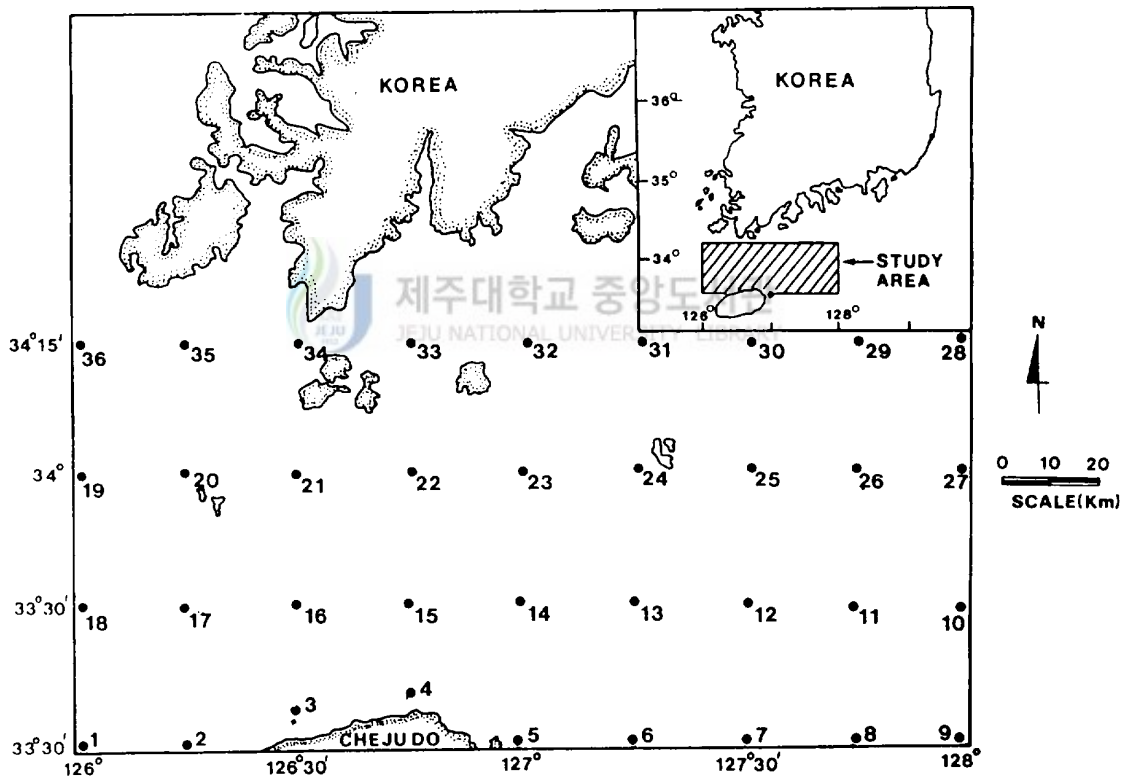


Fig. 1. Study area and location of sampling stations.

II. 연구해역의 개요

1. 주변 지질

한반도 남부와 남해안 도서의 지질은 후기백악기의 경상계 응회암이 주로 분포하며, 남해 서부에는 능주층과 소백산 변성암복합체가 일부 차지하고 있으며 홍점통이 일부 협재하고 동부에는 신동층군과 하양층군, 유천층군이 발달되어 있다(Fig.2).

이들 퇴적암류는 퇴적동시 혹은 그보다 늦게 활발하게 진행된 백악기 화성활동과 그에 따른 분출작용에 의한 불국사 화강암류에 의해 곳곳에서 관입 당하였다. 이들 화성암류는 안산암류, 불국사 화강암, 규장암, 암맥류와 마산암으로 구성되며, 연구해역 북부에 산재하는 크고 작은 섬들은 대부분 이들 화강암류로 이루어져 있다(조와 최, 1970).

보길도, 소안도, 청산도등의 남해안 도서에는 거의 대부분 섬록암이 넓게 분포하며, 추자도는 석영반암과 유문암으로 구성되어 있으며 소위 마산암이라고 불리우는 화강암은 거문도를 포함한 일부도서에 분포하고 있다.

제주도는 제3기말에서 제4기에 걸쳐 일어난 화산활동에 의하여 형성되었으며 북제주 연안 일대에는 표선리현무암이 넓게 분포한다. 본암은 해안 저지대에서 대지상의 분포를 보이며 장석과 감람석의 반정을 함유하는 치밀한 암석이다. 용암류의 표면에는 로피구조가 잘 발달되고 주상절리가 발달하며 다공질이고 기공의 크기가 크다.

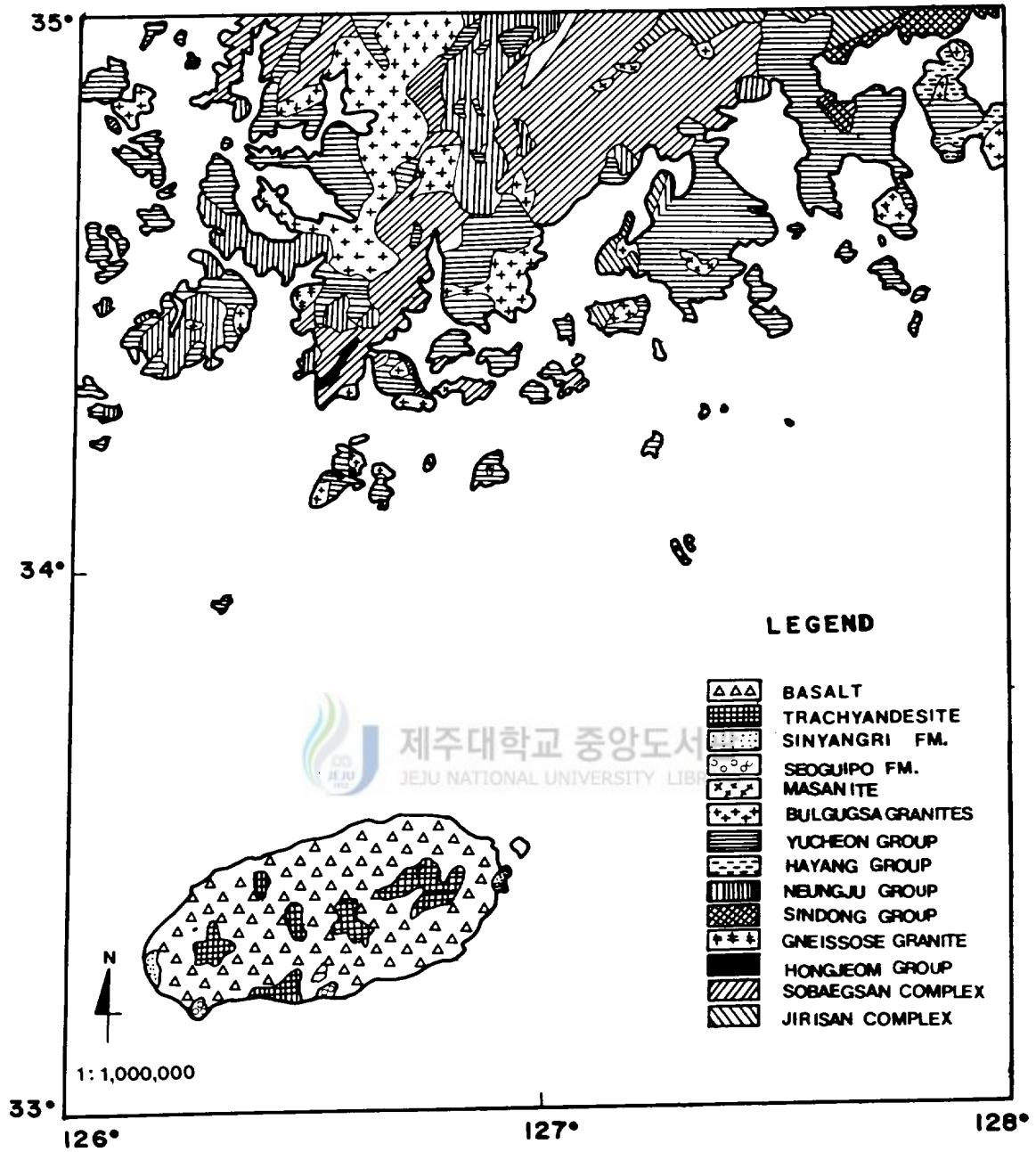


Fig. 2. Generalized geologic map of the adjacent study area.

2. 해 황

연구해역에 영향을 주는 해수중에는 쿠로시오 해류로부터 갈라져 나와 동지나해를 북상하는 고온 고염의 쿠로시오해수(대마난류, 황해난류)와 연안지방으로 부터 흘러 나오는 여러 담수와 기상의 영향을 받아 형성된 연안수(중국대륙 연안수, 황해저층 냉수, 황해연안수, 남해연안수) 등이 있으며 연구해역에서의 해수순환은 크게보아 쿠로시오계 해수와 연안수계 해수와의 흐름이라 볼 수 있다(Fig.3).

이 두 해수의 경계는 여름철에 남하하며 겨울철에 북상하는 것으로 보인다(Kondo, 1985). 제주해협과 동지나해에서의 뚜렷한 해수분포 특성중의 하나는 겨울에 고염이며 여름에 저염으로 이러한 해수순환은 계절풍에 의한 연안수의 유동에 기인하며, 이 순환에 의해 겨울철에 쿠로시오 난류수 세력이 북서방향으로 확장되고 여름철에 남동방향으로 후퇴하는 것으로 보인다(방 과 김, 1989).

겨울철 평균수온은 5.3~15.8℃, 평균염분은 32.67~34.51‰로서 표층·저층간 균질분포를 보이며 여름철의 평균수온은 13.1~27.9℃, 평균염분은 30.88~33.93‰로서 연직적으로 수온약층이 발달한다(김, 1982a, 1982b). 또한, 겨울에서 초봄까지 제주해협내에 서쪽으로 부터 난류가 유입하며, 남해연안수는 청산도, 보길도 북쪽에 한정되지만 겨울철에는 그 범위가 추자도 부근까지 남하하는 경우도 있다(노 와 김, 1983). 특히, 겨울철 고염분해수가 여름철로 감에 따라 저염화하는 현상을 볼 수 있는데, 이는 양자강 연안수가 제주해협까지 확장한 결과로 해석된다(김, 1986).

해류는 북동-동류로 유속이 0.04Kt~0.31Kt로서 표층유속이 저층유속보다 강하며, 조류는 제주해협과 남해안 외해에서 창조류가 1.2Kt~1.6Kt, 낙조류가 0.9Kt~1.2Kt이며 조류의 유향은 대체로 창조류가 서향, 낙조류가 동향이나 남해안 다도해에서는 지형적인 영향을 받아 그 방향이 바뀐다(김, 1979; 김 과 장, 1984).

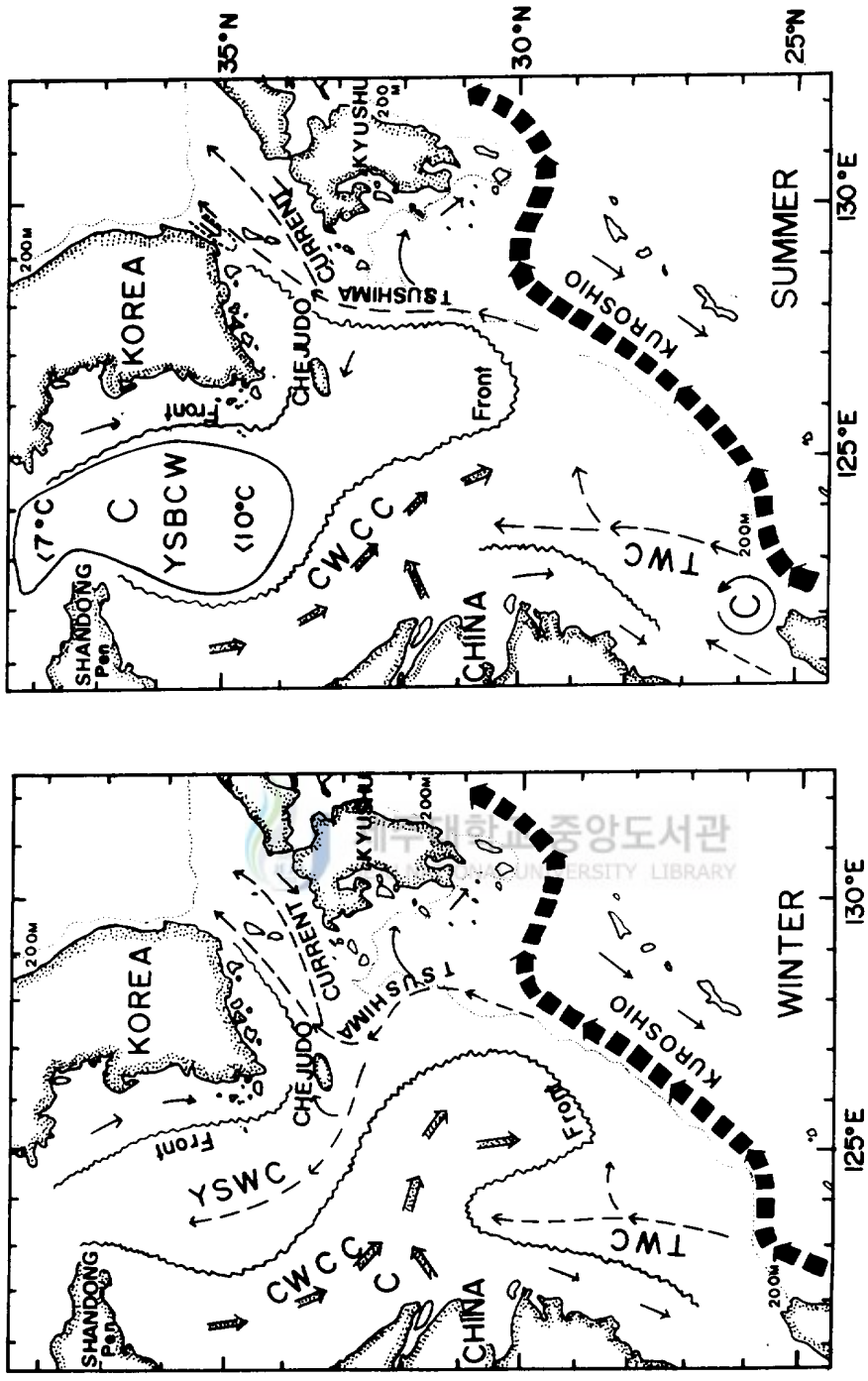


Fig. 3. Schematic distributions of water masses in summer and winter on the 50m layer in the Yellow Sea and East China Sea (After Kondo, 1985).

Ⅲ. 재료 및 방법

해상 조사는 제주대학교 실습선 제주 401호와 제주 402호를 이용하여 1988년 4월, 7월, 10월에 걸쳐 북위 $33^{\circ} 30' \sim 34^{\circ} 15'$, 동경 $126^{\circ} 00' \sim 128^{\circ} 00'$ 에 위치한 제주해협에서 실시하였다(Fig.1).

표층퇴적물 시료채취는 Van Veen Grab Sampler를 사용하여 선정된 36개 정점에서 채취하였다. 총 부유물질 분석용 해수시료는 Van Dorn 채수기로 동일 정점에서 표층수와 저층수로 구분하여 채수하였다. 시료채취와 병행하여 음향측심기에 의한 수심 측정을 실시하였다.

1. 입도분석

표층퇴적물의 입도분석은 Ingram(1971)과 Galehouse(1971)의 방법에 따라 시료 40~50g을 취하여 희석방법(decantation)에 의해 중류수로 용해성 염분을 제거하고 시료를 6% H_2O_2 , 10% HCl로 처리하였다.

이 시료를 0.0625mm(230 mesh)의 체를 사용하여 습식체질한 후 조립부와 세립부로 나누어 조립부는 10 간격으로 Ro-tap sieve shaker를 사용하여 건식체질한 후 입도별 중량백분율을 구하였고, 세립부는 환산제 Calgon(sodium hexametaphosphate) 1g을 첨가하여 24시간 동안 시료를 환산시킨후 피펫방법에 의해 10간격으로 분석한 후 입도별 중량백분율을 구하였다. 이 결과를 Folk & Ward(1957)의 도식법(graphic method)에 따라 통계처리하여 조직표준치(textural parameters)를 계산하였다.

2. 탄산염, 총유기물 및 경광물 분석

건조기에서 110°C로 완전히 건조시킨 퇴적물 시료 5g정도를 분쇄기로 분말화 한 다음 100 mesh 체로 걸러서 2g은 탄산염 함량분석에, 나머지 3g은 총유기물 함량분석에 사용하였다.

탄산염 함량 분석은 분말화된 시료 2g에 증류수 10ml를 첨가하고 0.1 N 염산으로 처리한 후 증류수로 세척하여 110°C에서 완전히 건조시킨 다음 처음무게에 대한 백분율로 구하였다.

총유기물 함량 분석은 분말화 된 시료 3g을 전기로에서 550°C로 1시간 30분 동안 회화시킨 후에 무게 손실량을 처음무게에 대한 백분율로 구하였다.

경광물 분석은 시료중에서 세립사(2~30)를 대상으로 철산화물(iron-oxide)를 제거하기 위하여 10%의 powder oxalic acid($H_2C_2 \cdot 2H_2O$)로 처리한 후, 증액 bromoform(S.G=2.89)를 이용하여 중광물과 경광물을 분리했으며, 분리된 경광물은 Baily and Stevens(1960)의 착색법에 따라 47% 불화수소산에 15분, 5% barium chlorite에 3초, 20% sodium cobaltintriite에 3초, 0.25% redizonate에 2분간씩 차례로 넣은 후 착색된 색에 따라 석영, K-장석, Na-Ca장석, 암편으로 분류하여 백분율을 구하였다.

총 부유퇴적물 분석은 표층과 저층부근에서 채수된 해수시료 2~3l를 Watman GF/C 여과지(glass fiber filter)로 여과시킨 후 함량비를 계산하였다.

3. 점토광물 분석

점토광물 분석을 위한 시료의 준비는 Grim et al. (1949)과 Biscaye(1964)의 방법에 따라 표층퇴적물 시료 25g을 취해 증류수로 염분을 제거한 다음 유기물을 제거하기 위하여 6% 과산화수소수로 4~6일간 처리하였고, 일부 점토광물의 파괴를 방지하기 위하여 묽은 염산(0.1 N HCl)을 첨가한 후 다시 증류수로 모든 반응물질을 제거하였다. $2\ \mu\text{m}$ 이하의 점토입자의 분리는 침강법(Stokes' law)을 이용하여 피펫방법으로 분리한 다음 원심분리기에서 농축시켜서 사용하였다. $2\ \mu\text{m}$ 이하의 점토광물 분석용 시료는 먼저 슬라이드 글래스에 얇게 입힌 다음 대기중에서 건조 시켰다 (Stokke and Carson, 1973).

먼저 모든 시료에 대해 무처리 정상시료를 준비하고, Brunton(1955)의 방법에 따라 모든 시료에 에틸렌글리콜로 포화처리를 하였으며, 광물감정을 위해서 몇개의 대표적인 시료에 대해서는 열처리와 염산처리를 하였다(Pierce and Seigel, 1969).

X-선 회절 분석은 Geigerflex 2301(Rigaku사 제)을 사용하여 CuK α 선으로 Ni필터를 넣어 측정했다. 통상의 측정 조건은 전압 30Kv, 전류 15mA, Silt 1-0.3mm-1, 고니오메타 속도 $2^\circ\ 2\theta/\text{min}$, chart 속도 40mm/min로 하였다.

전체주사각(2θ)은 $2^\circ \sim 40^\circ$ 였고, 카올리나이트와 클로라이트를 분리하기 위하여 2θ 각도 $24^\circ \sim 26^\circ$ 사이에서는 고니오메타 속도를 반으로 줄여서 재주사(slow scan)하였다(Elverhoi and Ronningsland, 1978).

반정량 분석과 각 점토광물의 함량비는 Biscaye(1965)가 제시한 방법에 따라 스멕타이트, 일라이트, 카올리나이트, 클로라이트의 총량을 100%로 보고, X-선 회절 분 석도표상의 피크면적을 이용하여 상대적인 양을 계산하였다. 즉, 에틸렌글리콜 처리 시료의 X-선 회절 도표로부터 스멕타이트는 $17\ \text{\AA}$ (001)의 피크면적, 일라이트는 $10\ \text{\AA}$ (001) 피크면적의 4배, 카올리나이트(001) 과 클로라이트(002)는 $7\ \text{\AA}$ 피크면적의 2 배에 해당하는 값을 백분율로 환산하여 계산하였다.

다시, 카올리나이트와 클로라이트는 $24^{\circ} \sim 26^{\circ}$ 에서 확장된 “slow scan record” 상에서 카올리나이트는 3.58 \AA (002) 피크, 클로라이트는 3.54 \AA (004) 피크의 면적비로서 계산하였다. 면적계산에 필요한 각 피크의 기준선(base line)은 Knebel et al. (1968)의 방법을 따르고 면적 측정은 구적계(planimeter)를 이용하였는데, Johns et al., (1954)에 의하면 광물함량은 피크높이 보다는 피크면적에 더 밀접한 관계가 있다고 했다.



IV. 결 과

4-1. 해저지형

본 연구해역의 해저지형은 대체적으로 북부해역으로 부터 남부해역으로 갈수록 완만한 경사를 보이고 있으며, 제주도 부근해역에서는 약145m의 최대수심을 보이고 있다(Fig.4).

조사지역의 북동부에 비해 남서쪽으로 향함에 따라 약간의 굴곡을 보이며, 추자도와 제주도 사이에는 소위 제주해협이라는 골짜기가 발달하는데 동-서 방향 내지 북동-남서 방향의 골을 형성하며 요철지형과 Moat가 발달하며 제주도 해안에 근접하면 서 수심은 급경사를 보인다.

연구해역 북부에는 복잡한 암벽해안과 수심 10~20m 내외의 Moat와 도서들 사이에는 40m이심의 수로들이 형성되어 있으며 매우 강한 조류가 수로를 통과함에 따라 수로의 중앙부에는 대부분 암반이 노출되어 있다(장 외, 1980). 등수심선 70m부터 남쪽으로 향함에 따라 해저지형은 완만하게 발달한다.

또한, 수심 20m로 부터 90m까지 수심대에서는 등수심선의 방향이 제주해협 중앙해역에서의 방향과 일치하는 동-서방향으로 발달하고 있다. 이와 같은 등수심선의 방향성은 한반도 남해안의 해안선과 부합되어 동부해역으로 갈수록 약간씩 북측으로 편향되는 경향을 보이고 있다(김 외, 1983).

또한, 100m 이상의 등수심선은 북서-남동방향 혹은 북동-남서방향의 방향성을 보이고 있어 90m 이천의 등수심선 방향과 상이하며, 이곳의 해저면에는 Sand Waves가 발달하며 그 규모는 길이 50m, 높이 40cm 정도이다(김 외, 1984).

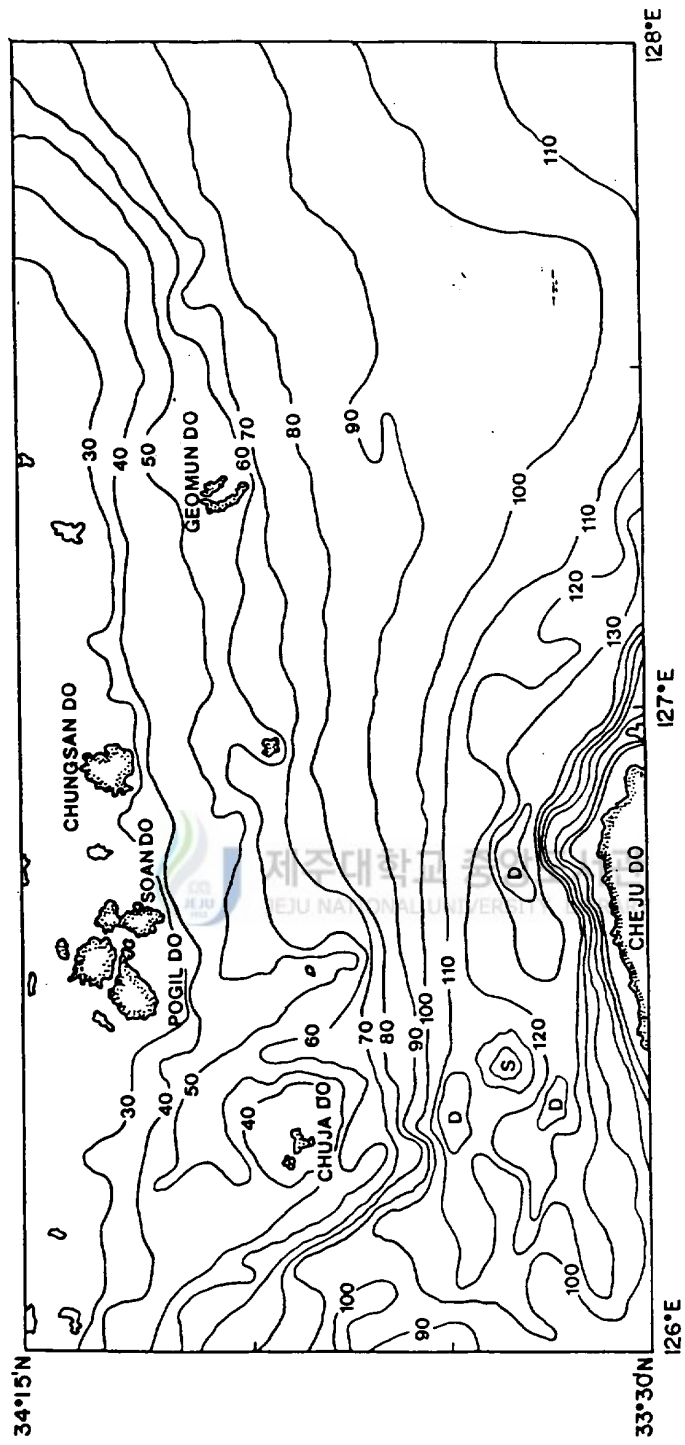


Fig. 4. Bathymetric map of the study area (Depth in meters).

4-2. 입도분석

입도분석에 의한 백분을 도수분포로부터 도식법(Folk and Ward, 1957)에 따라 평균치(mean), 분급도(sorting), 왜도(skewness), 첨도(kurtosis)등의 조직표준치를 계산하였고, Folk(1968)의 삼각도표(ternary diagram)에 의한 퇴적물의 유형을 분류하였다(Table 1).

연구해역 표층퇴적물의 유형은 자갈함유 니질 사(gravelly muddy sand), 소량자갈함유 니질 사(slightly gravelly muddy sand), 모래(sand), 니질 사(muddy sand), 소량자갈함유 사질 니(slightly gravelly sandy mud), 역질 니(gravelly mud), 사질 니(sandy mud), 사질 점토(sandy clay), 니(mud), 점토(clay)로 총 10개의 유형이며 다소 다양한 분포를 보이고 있으나, 크게보아 사질퇴적물(sand)분포역, 니질퇴적물(mud)분포역, 혼합퇴적물(sand-mud)분포역으로 분류할 수 있다(Fig. 5).

자갈함유 니질 사, 소량 자갈함유 니질 사, 니질 사와 같은 자갈과 패각편을 함유하는 사질형 퇴적물은 제주해협 중앙부와 수심이 깊어지는 연구해역 동남부에 대상 분포를 보인다.

자갈을 함유하는 사질형 퇴적물의 평균조성은 자갈 0.28~25.27%(평균 6.73%), 모래 35.68~84.78%(평균 56.89%), 실트 6.88~34.15%(평균 19.22%), 점토 5.74~33.95%(평균 18.06%)이다.

자갈함유 니질 사, 소량자갈함유 니질 사는 -20~20의 자갈과 조립사가 전체의 80% 이상을 차지하며, 니질 사는 00~30의 모래가 주를 이루고 있다(Fig. 6).

특히, 연구해역 남동부 끝지역에는 자갈이 함유되어 있지 않고 모래(sand size)함량이 90% 이상에 달하는 순수한 사립질 퇴적물이 분포하고 있다.

이 퇴적물은 모래가 86.40~91.57%(평균 88.99%), 실트가 6.25~7.10%(평균 6.68%), 점토가 2.18~6.49%(평균 4.34%)로서 00~20의 중·조립사가 73%로 거의 순수한 모래로 이루어져 있으며, 누적분포 곡선상에서도 다소 급한 경사를 보이는 대

Table 1. Weight percentage of sediment composition and textural parameters.

STATION	GRAVEL	SAND	SILT	CLAY	SEDIMENT	PARAMETERS			
	(%)	(%)	(%)	(%)	TYPE	MEAN(*)	SORTING(*)	SKEWNESS	KURTOSIS
1		5.45	26.64	67.90	C	7.40	2.12	0.59	1.12
2	2.42	60.23	30.21	7.13	(g)mS	1.31	2.38	0.77	0.86
3		22.47	22.40	55.12	sC	6.47	2.96	0.38	0.54
4	25.27	35.68	29.27	9.75	gmS	0.91	3.45	0.05	0.91
5		R o c k y B o t t o m							
6		90.40	7.10	2.49	S	3.10	1.48	0.65	2.70
7		91.57	6.25	2.18	S	2.81	0.74	0.05	2.37
8	2.60	84.78	6.88	5.74	(g)mS	1.47	1.91	0.35	3.70
9	1.65	52.15	33.00	13.20	(g)mS	1.99	3.68	0.45	0.49
10	2.84	46.97	34.15	16.04	(g)mS	3.55	3.24	0.84	0.91
11	1.88	48.14	20.42	29.57	(g)mS	1.48	2.64	0.64	0.96
12	1.06	53.02	11.97	33.95	(g)mS	4.82	3.66	0.77	0.46
13	3.81	62.05	9.11	25.02	(g)mS	3.14	3.82	0.43	1.72
14	11.48	56.11	10.72	21.68	gmS	4.88	3.68	0.44	0.76
15	12.55	55.32	11.35	20.75	gmS	4.14	4.18	0.33	0.92
16	9.84	42.78	15.26	32.13	gM	3.59	4.55	0.19	0.56
17		10.11	29.39	60.50	sC	7.16	2.51	0.43	0.78
18		0.38	32.38	67.23	C	7.17	1.43	0.42	1.66
19		63.69	13.30	23.01	mS	4.10	3.13	0.82	0.61
20	2.74	66.37	10.30	20.58	(g)mS	3.82	3.39	0.81	0.81
21	5.55	26.73	25.28	42.44	gM	5.78	4.08	0.51	0.62
22	18.92	45.62	20.22	15.25	gmS	2.55	3.54	0.23	1.09
23	0.28	57.76	33.73	8.22	(g)mS	2.58	2.60	0.33	1.11
24	2.84	46.97	16.04	34.15	(g)sM	5.17	3.25	0.38	0.61
25	3.42	37.92	24.77	33.89	(g)sM	6.01	4.03	0.21	0.64
26		0.23	32.78	66.98	C	8.78	1.51	0.13	0.87
27	3.45	43.47	21.02	32.06	(g)sM	6.02	3.81	0.17	0.58
28		9.24	52.17	38.59	M	8.01	1.82	0.05	0.92
29		9.44	53.29	37.29	M	8.24	1.68	0.12	0.88
30		8.12	44.92	46.96	M	8.02	1.94	0.13	0.82
31		8.27	45.37	46.35	M	8.03	1.89	0.09	0.91
32		28.60	23.10	48.30	sM	6.01	3.10	0.44	1.43
33		38.81	22.67	38.52	sM	5.32	3.22	0.12	0.48
34	3.84	41.24	18.92	35.99	(g)sM	5.45	3.72	0.19	0.82
35	3.96	40.37	18.43	37.24	(g)sM	5.86	2.98	0.16	0.73
36		65.42	13.64	20.93	mS	4.65	2.45	0.16	0.90
RANGE	0.28 ~ 25.27	0.23 ~ 91.57	6.25 ~ 53.29	2.18 ~ 67.90		0.91 ~ 8.78	0.74 ~ 4.55	0.59 ~ 0.83	0.46 ~ 3.70
AVERAGE	6.02	41.57	23.61	31.35		4.85	2.87	0.15	1.04

NOTE. gmS : gravelly muddy sand (g)mS : slightly gravelly muddy sand
 S : sand mS : muddy sand
 (g)sM : slightly gravelly sandy mud gM : gravelly mud
 sM : sandy clay M : mud C : clay

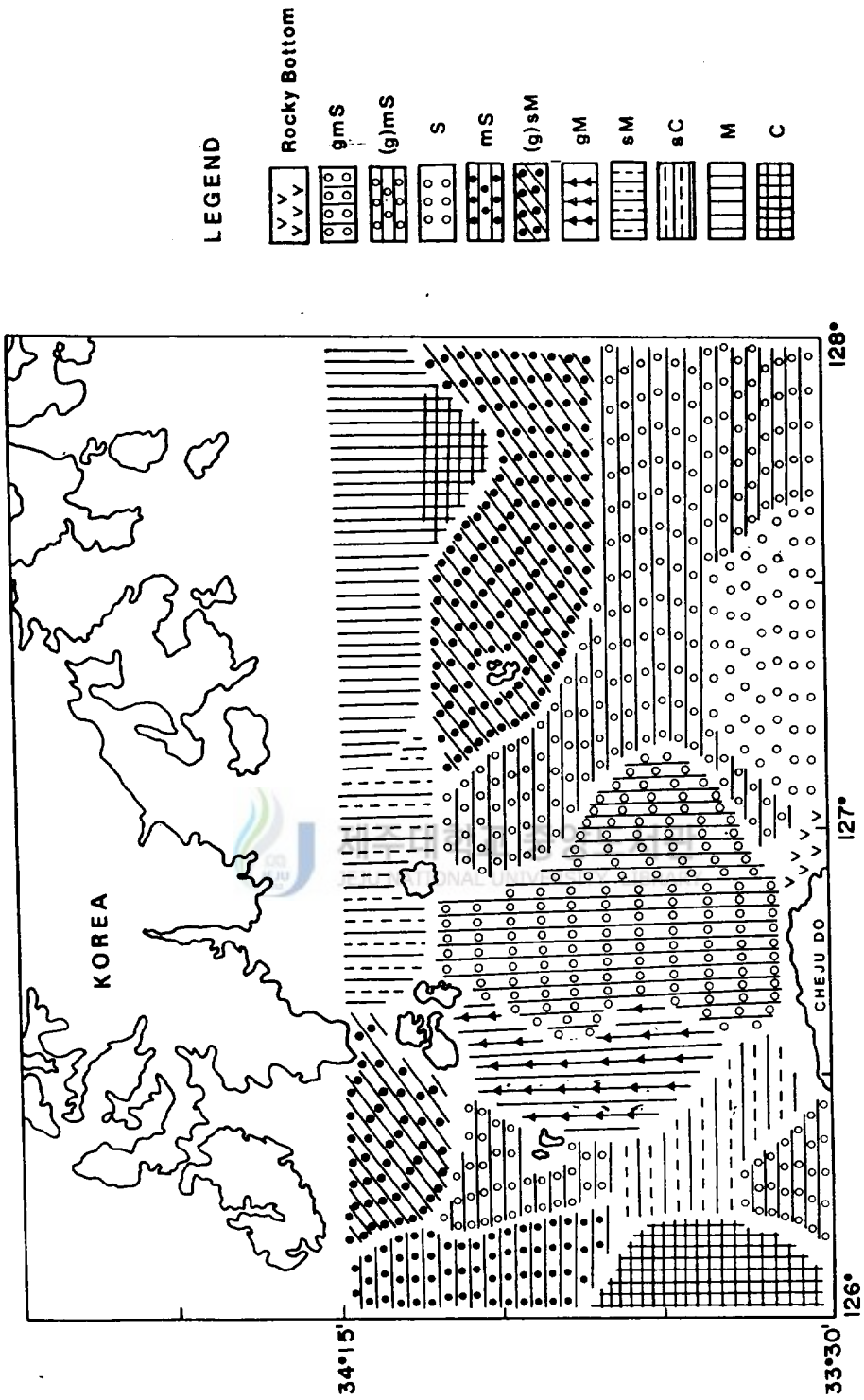


Fig. 5. Distribution of surface sediment type (classification scheme after Folk et al., 1970).

체로 등급이 좋은 해변환경(beach environment)에서 퇴적된 퇴적물임을 추정케 한다.

점토, 니, 사질 점토, 사질 니, 역질 니, 소량자갈함유 사질 니와 같은 니질형 퇴적물은 연구해역 북부지역인 한반도 남해안 연안해역에 주로 분포하며, 연구해역 남서부지역인 제주해협 서부 골짜기에도 소량 분포한다.

니질형 퇴적물의 평균조성은 모래가 0.23~47.47%(평균 23.75%), 실트가 15.26~53.29%(평균 28.94%), 점토는 32.06~67.90%(평균 45.48%)이며, 소량자갈함유 사질 니, 역질 니는 5~10%의 자갈을 함유하며 00~20의 중·조립사가 40~50%, 40 이하의 실트와 점토 역시 많은 함량으로 혼합된 퇴적물 조성을 보여준다. 사질 니와 사질 점토는 40이하의 실트와 점토가 주를 이루며, 80이하의 점토도 40~50%로 높은 함량을 차지하고 있다. 니와 점토는 주로 실트와 점토로 이루어져 있으며, 80 이하의 점토함량이 50% 이상을 차지하고 있다(Fig. 6).

자갈을 함유하는 사질형퇴적물은 누적분포곡선상에서 대체로 완만한 경사를 보여 등급이 좋지 않음을 의미하며, 자갈함유 니질 사와 소량자갈함유 니질 사는 -10와 70에서 굴절하는 3개의 군집(population)을 보이는데, 끝림군집이 차지하는 비율은 전체의 30%, 도약군집은 60%, 부유군집은 10%로 나타나 혼합된 운반형태를 보이며, 모래는 도약이 약 90%, 부유 10%로 주로 도약에 의해 운반되었으며, 니질 사는 끝림이 10%, 도약 70%, 부유 20%로 주로 도약군집의 지배하에서 운반된 것으로 보여진다(Fig. 7).

니질형 퇴적물도 누적분포곡선상에서 완만한 경사를 보여 이 또한 등급이 좋지 않음을 의미하나, 점토와 같은 단일 유형의 퇴적물은 경사가 급해 다소 양호한 등급경향을 나타낸다.

자갈함유 사질 니, 역질 니는 끝림이 25%, 도약 35%, 부유 40%로 혼합된 운반형태를 보이며, 사질 니, 사질 점토는 끝림이 10%, 도약 55%, 부유 35%로 주로 도약과 부유의 운반형태를 보이는 반면, 니와 점토의 경우는 끝림이 5%, 도약 25%, 부유

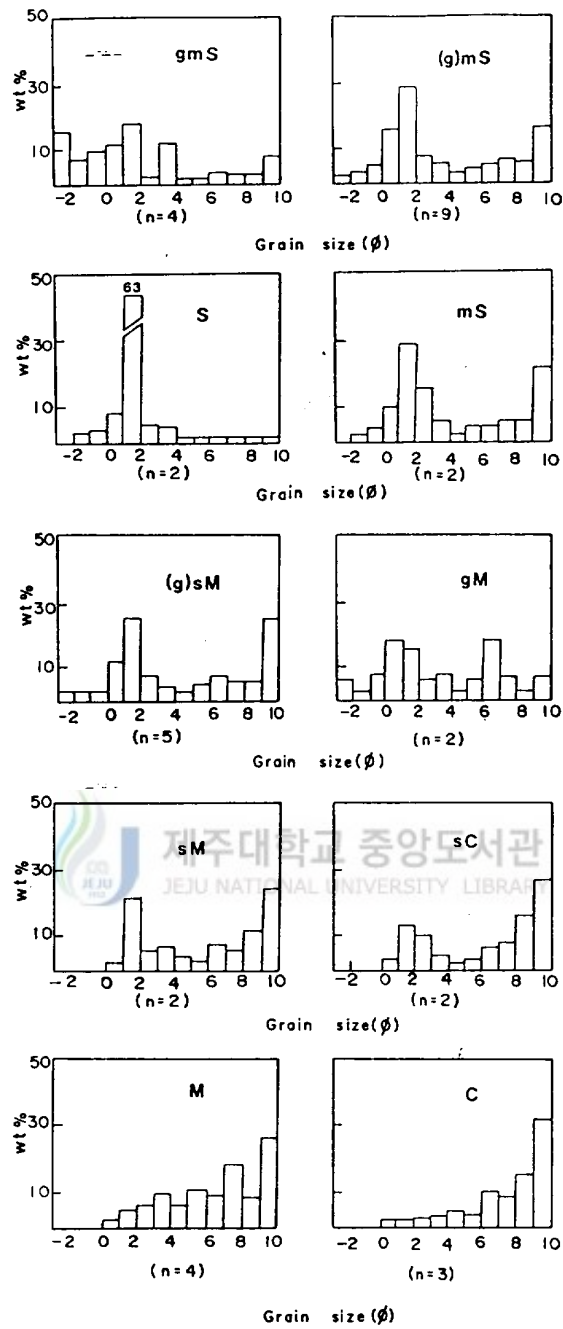


Fig. 6. Characteristics histogram of grain size from the various surface sediment types identified in the study area.

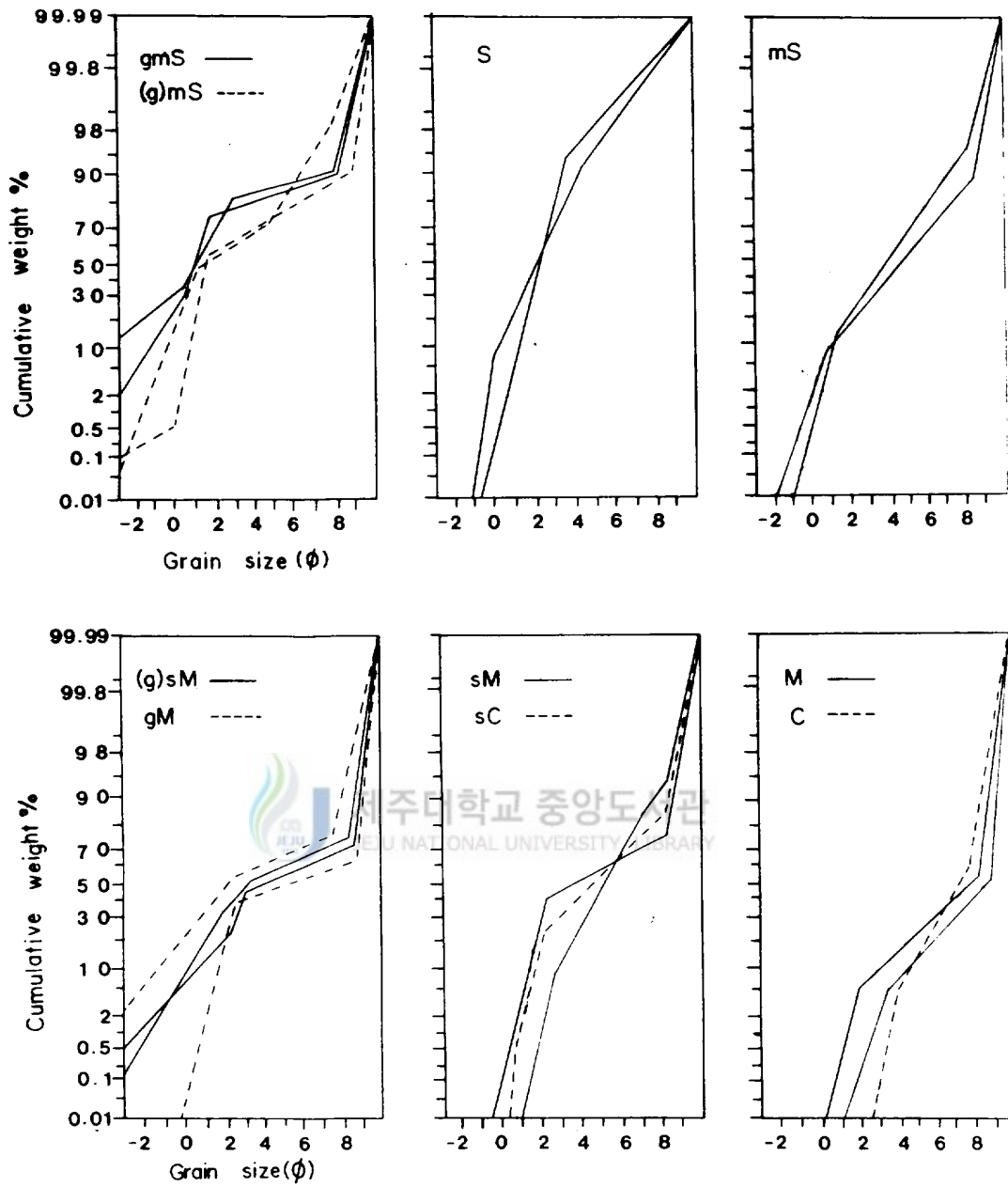


Fig. 7. Cumulative curves showing grain size of various textural classes.

70%로 부유군집이 70% 이상을 차지한다(Fig. 7).

Folk(1968)에 의하면 자갈 함량은 쇄설물중의 최대입도와 함께 퇴적 당시의 유속을 추정할 수 있는 요소가 되기때문에 비록 소량이라도 중요한 의미를 갖는다고 한다. 연구해역 중앙부에서 북서-남동방향의 퇴적물중에는 자갈을 함유하고 있는데 제주해협 중앙부에서는 자갈 함유량이 평균 11%이상이며, 제주도 북부지역(st. 4)은 최고 25.27%의 함유량을 보여 높은 유속환경에서 퇴적되었을 것으로 생각된다.

4-3. 조직표준치들간의 상관관계

조직 표준치를 이용한 Bivariate Plots 방법으로 퇴적환경을 해석하는 데에는 몇 가지 제한성이 있으나(Solohub and klovan, 1970; Reineck and Singh, 1980), 이들 중 퇴적환경 구별에 도움을 주는 몇가지 Bivariate도표를 이용하여 본 조사지역의 퇴적환경을 해석해 보면 다음과 같다(Fig. 8).

본 조사해역의 분급도는 비교적 불량하여 표준 편차의 값이 0.74~4.550(평균 2.870)로서 보통 분급도(moderately sorted)에서 극히 불량한 분급도(extremely poorly sorted)를 나타낸다.

평균치와 분급도와의 상관관계를 보면 일부 해빈영역에 속하기도 하나(st. 7, 8) 대부분 하천영역에 속하며, 퇴적물 유형이 모래와 점토쪽으로 향함에 따라 분급도 값이 다소 좋아지는 경향을 보여준다(Fig. 8-A).

본 조사지역의 왜도치는 -0.59~0.830로서 음의 왜도값(very negative skewed)에서 양의 왜도값(very positive skewed)까지 전 범위에 걸쳐 다양하게 나타나, 퇴적과 침식이 동시에 진행되고 있는 지역임을 보여 준다. 왜도와 평균치와의 관계는 퇴적물 유형이 점토, 소량자갈함유 사질 니, 역질 니 및 사질 점토쪽으로 향함에 따라 음의쪽으로 왜곡되는 경향을 보여준다(Fig. 8-B).

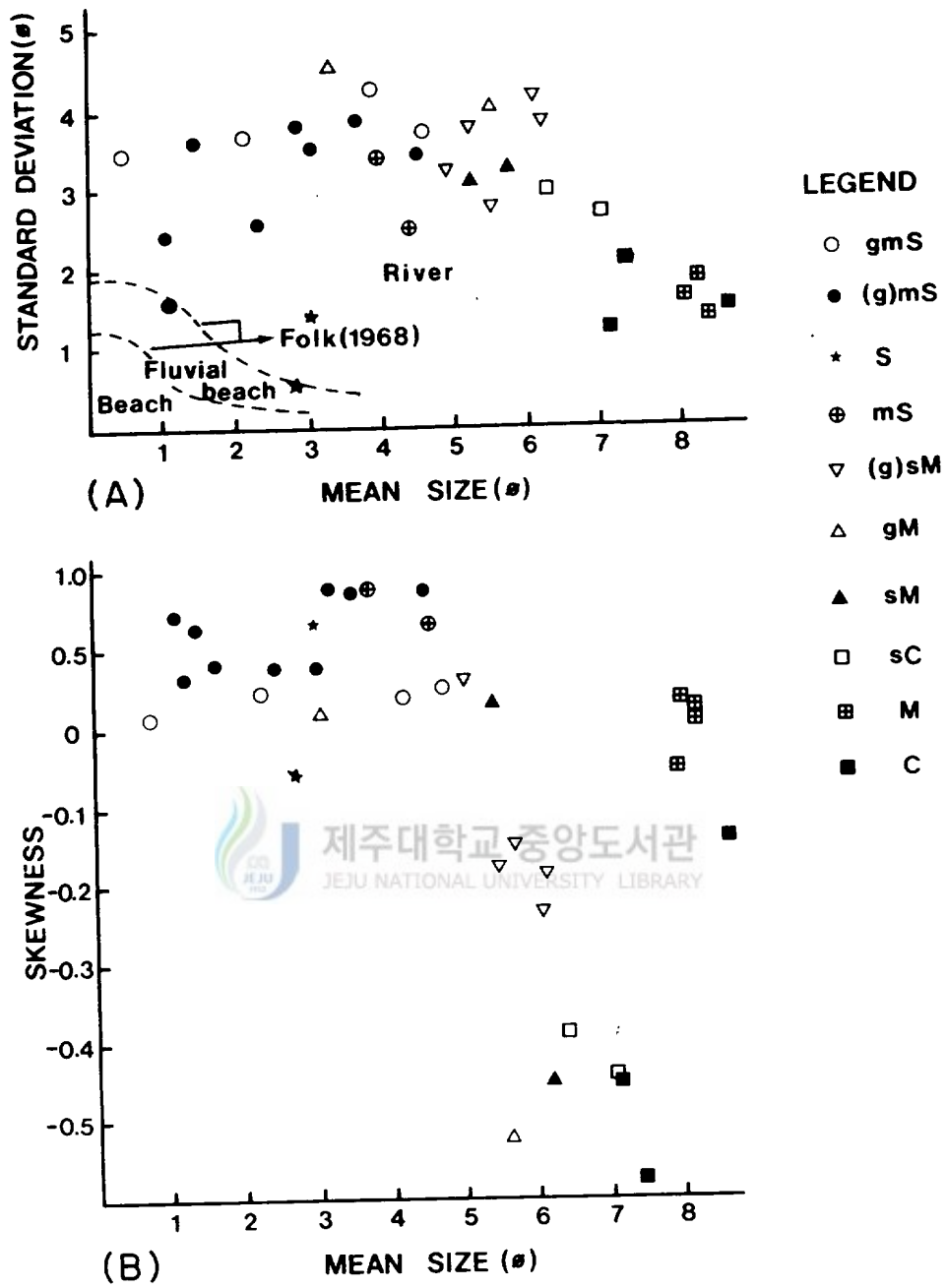


Fig. 8. Scattering diagram of the various grain size statistical parameters.

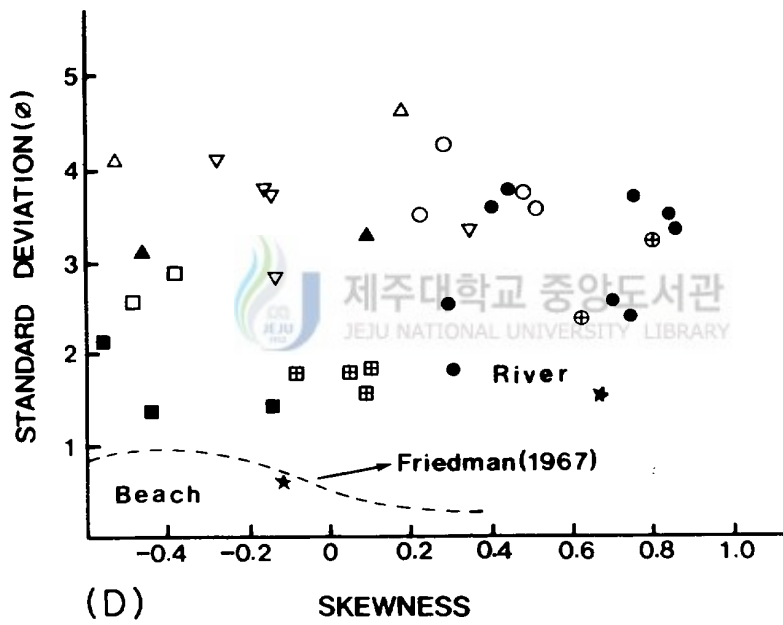
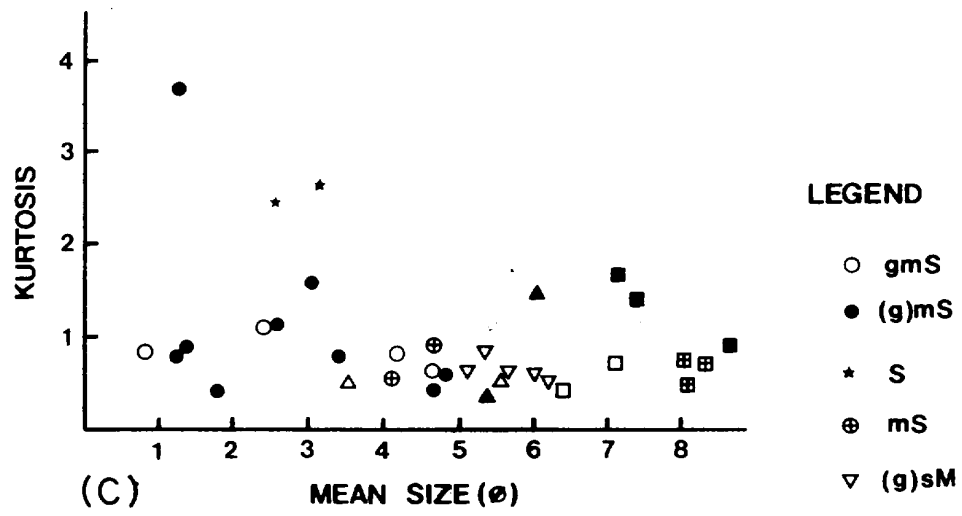


Fig. 8. continued

첨도치는 0.46~3.70으로 platykurtic에서 leptokurtic까지 다양하며, 자갈을 함유하는 조립질 퇴적물이거나, 순수한 사립질 퇴적물 및 점토와 같은 유형의 퇴적물에서 leptokurtic하고, 그 나머지 유형들은 platykurtic하여 퇴적물 유형에 따라 뚜렷한 차이점을 보여준다(Fig.8-C). 왜도와 분급도와의 관계는 Friedman(1967)의 기준에 따르면 대부분이 하천 영역에 속한다(Fig.8-D).

왜도 대 첨도의 상관관계곡선에 본 연구해역 퇴적물을 표시해 본 결과, 자갈을 함유하는 조립질 퇴적물과 모래와 같은 사질 퇴적물은 관계곡선에 가깝게 집중되어 분포하고 있어 높은 에너지 환경(high energy regime)하에서 퇴적된 퇴적물이라 볼 수 있다. 반면 점토와 같은 니질형 퇴적물은 관계곡선에서 멀리 떨어진 형태로 분산되어 분포하고 있는 점으로 보아 낮은 에너지 환경(low energy regime)에 속한다(Fig.9).

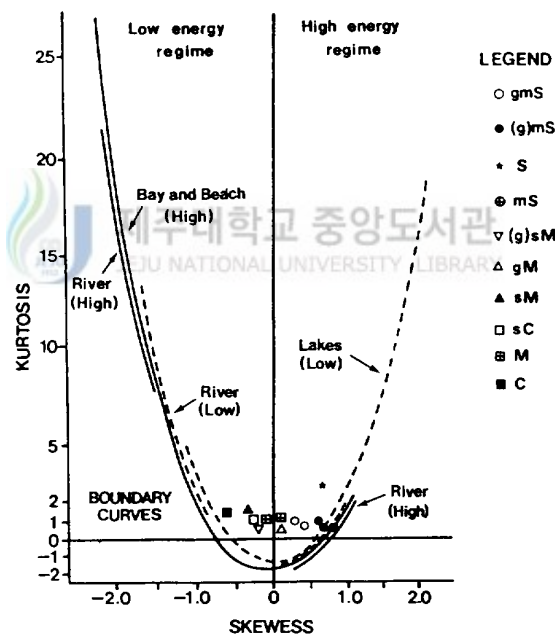


Fig. 9. Plot of sediments on skewness versus kurtosis (high and low energy regime diagrams); modified after Sly et al. (1983)

4-4. 탄산염, 총유기물 및 경광물의 특성

연구해역 표층퇴적물중의 탄산염 및 총유기물 함량은 Table 2와 같다.

본 조사지역의 탄산염(CaCO_3)함량은 8.20~71.35%(평균 30.07%)의 값을 나타내며 퇴적물의 입도와 수심이 증가함에 따라 함유량도 증가하는 경향을 보인다(Fig.10). 수심 40m 이하이며 평균입도가 8.01~8.240인 점토대가 분포하는 북동부 해역은 탄산염 함유량이 10% 미만이며, 평균입도가 7.16~7.400의 이토층인 제주해협 서부해역과 사질 이토가 분포하는 소안도와 청산도 주변해역은 10~20%, 자갈함유 사질 니, 니질 사가 분포하는 거문도 주변해역, 진도 주변해역 및 제주도 주변해역에서는 20~30%의 값을 보이고 있다. 또한, 거문도 남부에 수심이 70m 이상이며, 자갈함유 사질퇴적물이 분포하는 해역에서 부터 탄산염 함유량이 갑자기 증가되어 30% 이상의 값을 가지며, 경사가 완만하고 수심이 90m 에서 120m이며 소량의 자갈을 함유하는 사질형 퇴적물이 분포하는 남동부 해역에서는 60% 이상의 높은 값을 나타낸다.

총유기물 함량은 1.35~9.74%(평균 5.31%)이며, 제주해협 서부 이토층에서 9% 이상으로 최고함량을 보인다(Fig.11). 대체적으로 니질형 퇴적물 분포역에서 7~9%로서 사질형 퇴적물이 주로 분포하는 남부지역의 2~5%보다 높은 함유량을 보이며, 3~5% 분포대는 북서-남동 방향으로 넓은 범위에 걸쳐 분포하며, 탄산염 함량분포와는 상반된 분포경향을 나타낸다.

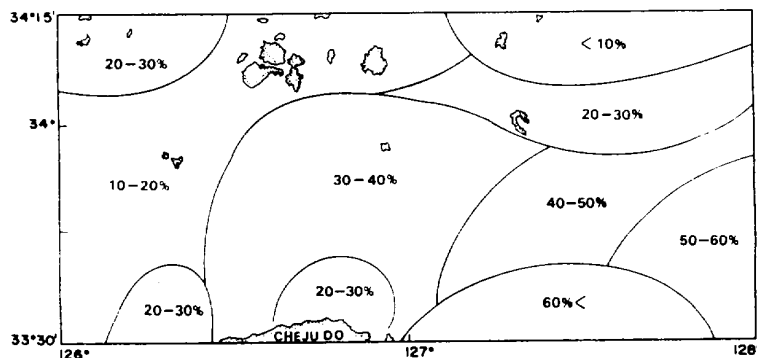


Fig. 10. Calcium carbonate content distribution of the sediment.

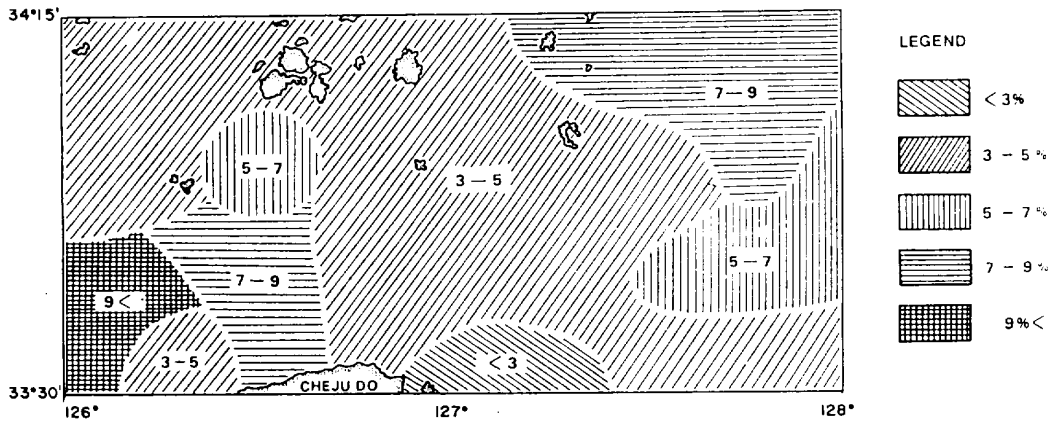


Fig. 11. Total organic matter content distribution of the sediment.

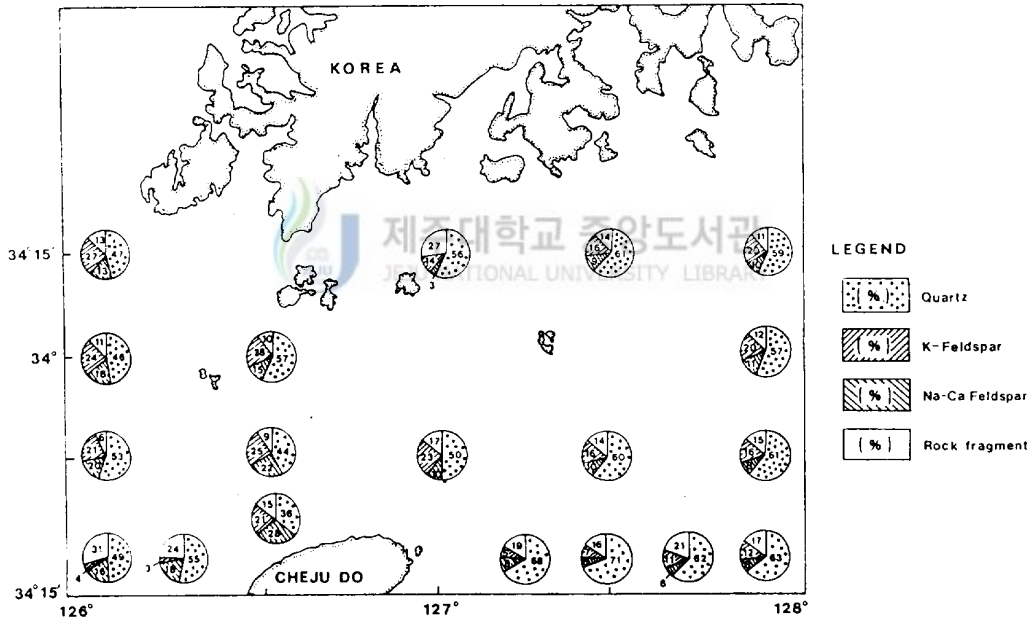


Fig. 12. Light minerals composition in the sand fraction (2-3 ϕ) of the surface sediments.

Table 2. Calcium carbonate and total organic matter content in weight percentage.

STATION	CALCIUM CARBONATE (%)	TOTAL ORGANIC MATTER (%)	MEAN(ϕ)
1	17.71	9.54	7.40
2	23.00	3.47	1.31
3	35.24	7.30	6.47
4	27.07	3.22	0.91
6	65.08	1.35	3.10
7	71.35	3.34	2.81
8	62.45	3.10	1.47
9	55.29	4.19	1.99
10	50.41	6.89	3.55
11	56.58	6.29	1.48
12	46.32	5.28	4.82
13	49.75	4.17	3.14
14	30.49	4.46	4.88
15	34.65	4.30	4.14
16	37.24	8.21	3.59
17	12.27	9.04	7.16
18	10.86	9.74	7.17
19	14.35	3.82	4.10
20	12.90	4.18	3.82
21	21.32	5.10	5.78
22	32.90	3.40	2.55
23	31.66	4.11	2.58
24	32.11	4.08	5.17
25	24.49	2.34	6.01
26	29.91	7.95	8.78
27	40.93	5.18	6.02
28	9.24	8.35	8.01
29	8.20	7.74	8.24
30	8.33	7.36	8.02
31	9.66	7.47	8.03
32	16.83	4.54	6.01
33	14.08	4.47	5.32
34	10.83	3.76	5.45
35	20.44	4.72	5.86
36	28.57	3.47	4.65
RANGE	8.20 ~ 71.35	1.35 ~ 9.74	
AVERAGE	30.07	5.31	

중액 분리한 경광물을 착색법에 따라 분석한 결과, 석영(평균 55.53%), K-장석(평균 15.95%), 암편(평균 15.89%), Na-Ca장석(평균 12.58%)의 순으로 나타났다. 석영은 모래, 소량자갈함유 니질 사에서 각각 68~71%, 55~63%로 점토 및 역질 니의 49~53%, 44%로 사질형 퇴적물이 분포하는 남동쪽 지역에서가 니질형 퇴적물이 분포하는 북쪽 연안역보다 함유량이 증가하는 경향을 보였으며, 특히 모래가 분포하는 동남부 끝해역에서 62~71%로 가장 높은 함량을 나타냈다(Fig.12).

K-장석은 한반도 남해안에 인접한 북부연안지역으로 향함에 따라 14~28%로 남부의 3~21%보다 증가하는 경향을 보이는데 이는 한반도 남해안에 광범위하게 분포하는 화강암질 암석의 영향을 받은 것으로 판단되며, 암편과 Na-Ca장석은 제주도 주변 해역에서 각각 15~31%, 8~28%로 북부지역의 10~27%, 3~18%로 제주도 북쪽 연안 지역에서 다소 높은 함유량을 보이는데 이는 화산암으로 구성된 제주도로 부터 영향을 받은 것으로 사료된다.

Pettijohn et al.(1973)이 제시한 석영, 장석, 암편의 삼각도표에 의하면 퇴적물이 교착작용(cementation)을 받았을 경우 성숙도가 낮은 광물로 구성되어 있는 장석질 사암(arkosic arenite)에 속하고, Dickinson and Suczek(1979)의 분류에 의하면 대륙지괴(continental block)와 재유회된 조산운동기원(recycled orogen provenance)의 퇴적물로 분류된다(Fig.13).

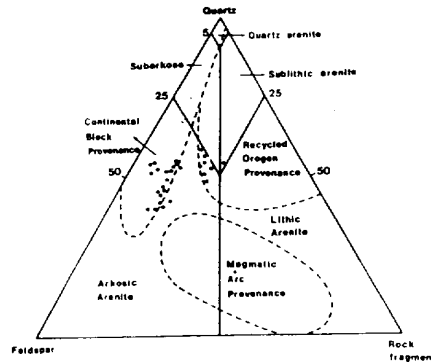
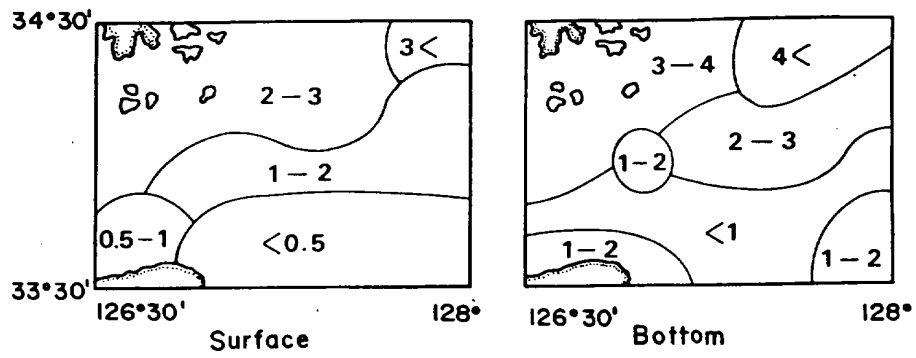


Fig. 13. Ternary diagram of light mineral and rock fragment (After Dickinson and Suczek, 1979; Pettijohn et al., 1973)

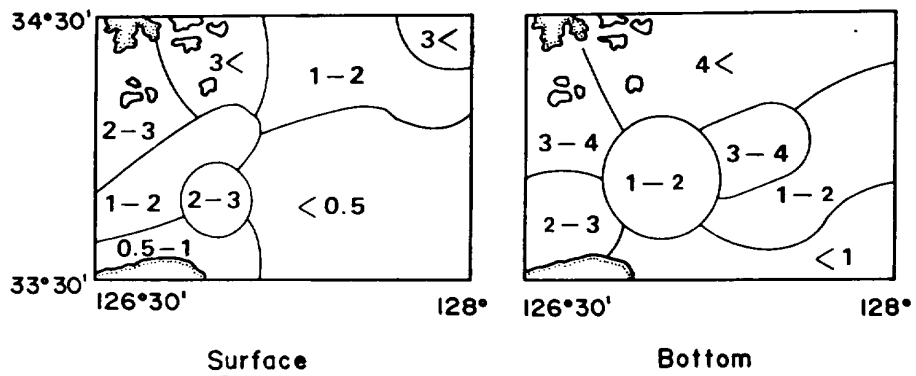
4-5. 총 부유물질의 분포 특성

본 연구에서는 제주해협 지역에서 1988년 4월 부터 10월까지 3회에 걸쳐 각 관측 점별로 표층수(surface water)와 저층수(near-bottom water)를 채수하여 총부유물의 함유량을 조사하였다(Fig.14). 4월달 조사결과 표층수의 총 부유물질 함유량은 평균 1.29mg/l 이고, 저층수는 1.88mg/l 로 저층수 중에서가 조금 높았으나 함유량의 차이는 매우 작은 편이었다. 7월에 표층의 평균함량은 1.53mg/l , 저층은 2.22mg/l 이며, 10월달 표층의 평균함량은 2.35mg/l , 저층은 3.26mg/l 로 4월에서 7월, 10월로 향함에 따라 총 부유물질의 농도가 증가하는 경향을 보였다.

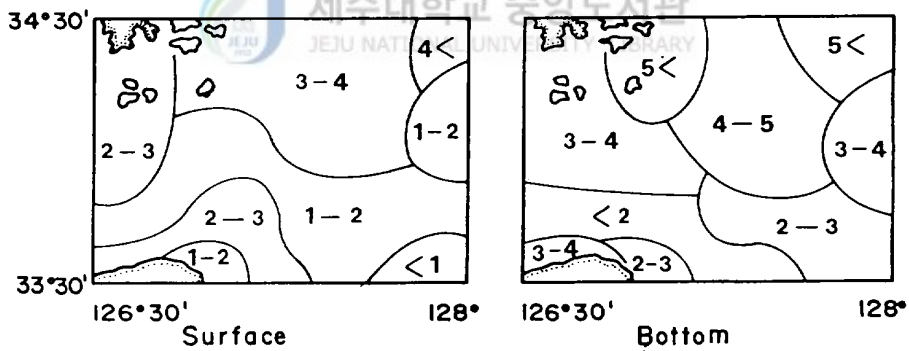
수심이 얇고 섬진강, 보성강, 탐진강 등과 인접해 있는 연구해역 북부의 남해안 연안지역에서는 그 함량이 각각 $2\sim 3\text{mg/l}$, $3\sim 4\text{mg/l}$, 4mg/l 이상의 값을 나타내나, 수심이 깊어지는 대륙붕 해역인 남쪽 외양으로 향함에 따라 $2\sim 3\text{mg/l}$, $1\sim 2\text{mg/l}$, 0.5mg/l 이하로 함량이 점차로 감소하는 경향으로서, 이는 조사지역의 해저지형과 등수심선의 분포경향과 매우 유사한 경향을 보여준다. 아울러 남해안의 여러 강하구들과 인접한 지역은 담수유출에 동반되는 토사의 영향과 강한 조석력에 의해 재부유(resuspension)하는 점토 때문에 총 부유물 농도가 $3\sim 4\text{mg/l}$ 이상의 높은값을 나타낸다. 저층수의 경우도 표층수중의 총 부유물질 분포경향과 일치하고 있으며, 다만 그 함량이 다소 높을 뿐이다.



1988 4.11 - 4.18



1988 7.7 - 7.18



1988 10.25 - 11.2

Fig. 14. Total suspended matter (mg/ℓ) in surface water and near-bottom water of the study area.

4-6. XRD에 의한 점토광물 감정

연구해역 표층퇴적물 시료중 $2\mu m$ 이하의 점토입자에 대해 X-선 회절분석을 실시한 결과 얻어진 X-선 회절 분석도표(X-ray diffractogram, XRD)상에서 해양퇴적물의 주요 점토광물인 일라이트, 스멕타이트, 카올리나이트, 클로라이트가 동정되었고, 비점토광물인 석영(quartz)과 방해석(calcite)등도 동정되었다(Fig. 15).

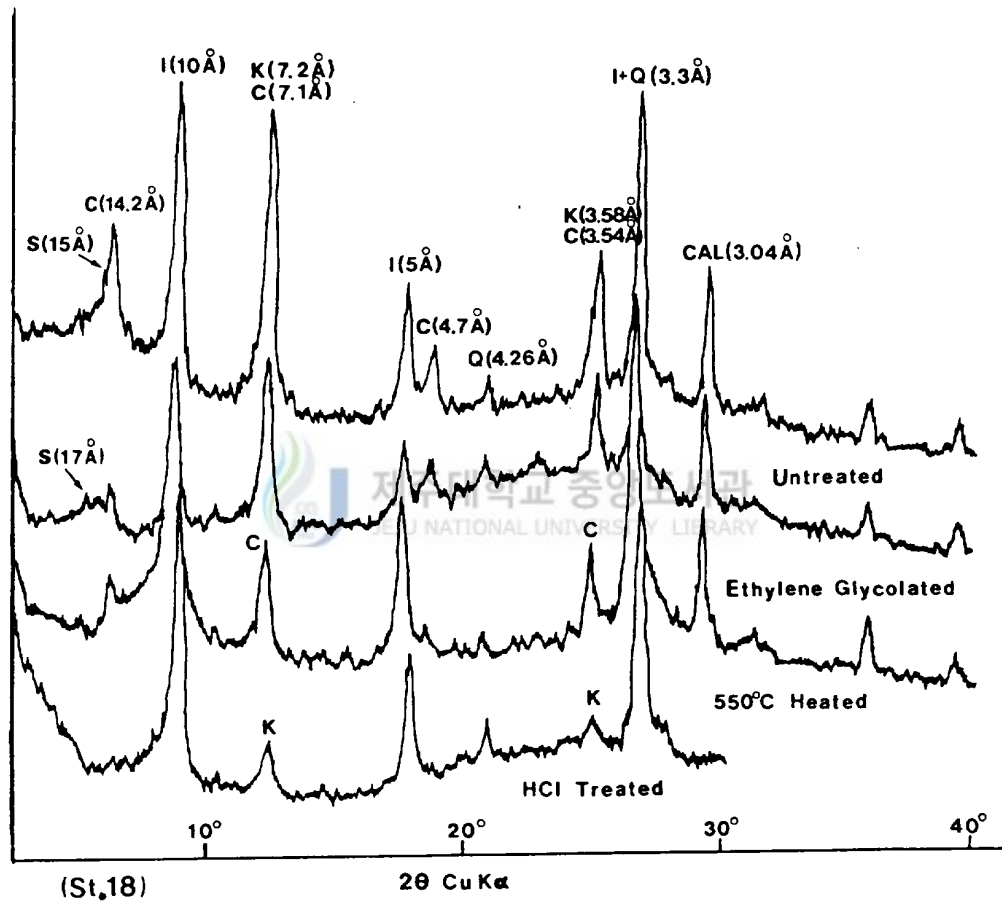


Fig. 15. X-ray diffractograms of less than $2\mu m$ fractions in the surface sediment (S=smectite, I=illite, K=kaolinite, C=chlorite, Q=quartz, CAL=calcite).

1. 스멕타이트(smectite)

스멕타이트는 그룹명으로써 1968년 AIPEA의 명명위원회가 몬모릴로나이트(montmorillonite)-사포나이트(saponite)그룹에 대해 "smectite"라는 그룹명을 사용하자고 처음 제안한 이래 1975년 멕시코에서 개최된 Clay Conference에서 이 제안이 확정되었다(Thorez, 1976).

스멕타이트의 기원은 완벽하게 규명되어 있지는 않지만, 가장 폭넓게 알려지고 있는 것은 많은 silica를 함유한 화산유리(volcanic glass)의 교호작용(alteration)에 의해 생성되는 것으로 알려졌다.

Griffin et al.(1968)은 화산물질(volcanic materials), 주로 화산회(volcanic ash)가 변하여 생성되는 2차광물로 양이온이 풍부한 환경에서 잘 생성된다고 하였으며, Berner(1971)에 의하면 해수유동이 강한 곳 보다는 해수유동이 완만한 곳에서 형성될 수 있다고 했다.

스멕타이트는 무처리와 에틸렌글리콜 처리시 비교적 쉽게 구별 할 수 있는 광물으로써 대기중에 건조시킨 무처리 시료에서는 양이온 포화도(cation saturation)에 따라 피크위치(basal spacings)가 변한다. 즉, Na⁺, K⁺ 이온 교환시에는 12.5 Å에서, 3층수(three water layer)의 형태에서는 18 Å에서 피크를 보인다(Eric and David, 1988).

본 연구해역 시료에서는 무처리시 2가이온이 포화되어 있는 형태로 $6.2^{\circ} 2\theta$ (15 Å)에서 피크를 나타낸다(Fig.15).

에틸렌글리콜 처리시는 $5.2^{\circ} 2\theta$ (17Å)에서 강한 피크를 보이는 것이 스멕타이트의 특징 중의 하나이며, 함량측정시에는 넓은 범위로 확장되어 나타나기 때문에 기준선(base line)설정이 어려우며, 간혹 K⁺ 이온이 포화되어 있을 경우에는 에틸렌글리콜 처리에 영향을 받지 않는다.

열처리시의 효과는 층상팔면체구조(octahedral structure)속에서 많은 양이온들에 영향을 줄 수 있지만 Mg, Al 등을 함유하는 대부분의 스멕타이트는 550°C까지 열처리에 영향을 받지 않는다.

2. 일라이트(illite)

Grim et al.(1937)은 이암(argillaceous rocks)에서 흔히 발견되는 점토입자(clay-size)에 대해 운모류(mica group)의 한 종으로서 "illite"라는 이름을 소개하였고, Bailey(1984)는 Low 2θ 각도에서 강한 피크를 보이는 10Å 피크를 "illite"로 규정하였다.

XRD 자료에서 일라이트는 10Å, 5Å, 3.3Å, 2.5Å에서 피크를 보이며 Fe을 많이 함유하고 있는 일라이트는 5Å(002)에서 아주 약한 피크를 보인다(Fig.15).

또한, 일라이트는 층상팔면체 구조(octahedral structure)속에서 양이온 흡착 능력이 뛰어나고 solvation에 영향을 받지않기 때문에 550°C 열처리와 에틸렌글리콜처리에 영향을 받지 않으며, 함량분석시에는 10Å(001)피크를 사용하였다. Fig.15에서 10Å(001)피크는 뾰족한 형태(sharp)를 보이고 있는데 이는 양호한 결정체(thick crystallite)임을 의미한다.

3. 클로라이트(chlorite)

대부분의 클로라이트는 변성암(metamorphic rocks)에서 유래하며, 거의 삼각팔면체구조(trioctahedral structure)를 하고 있다.

클로라이트와 카올리나이트는 서로 다른 광물구조와 근원을 갖고 있지만 두 광물은 혼합물로서 존재하기 때문에 이들을 구별하는데는 많은 어려움이 있다.

클로라이트는 XRD 자료에서 14.2Å, 7.1Å, 4.7Å, 3.54Å에서 피크를 보이며, 7.1Å(002)피크와 3.54Å(004)피크는 카올리나이트의 (001)피크, (002)피크와 각각 혼합체로서 나타난다. 또한, 클로라이트의 상대적인 강도는 Fe의 포화도에 따라 변화한다. 즉, Fe를 많이 함유한 클로라이트는 (001)피크, (003)피크가 (002)피크, (004)피크보다 상대적으로 약해짐으로 인해 카올리나이트와의 구별에 더 큰 어려움이 있다.

클로라이트는 에틸렌글리콜 처리에 영향을 받지 않으며, 550°C에서 1시간 동안 가열했을 때 클로라이트의 14Å(001)피크는 6.3° ~ 6.4° 2θ로 이동하여 피크강도가 증가하는 경향이 있으며 나머지 피크들은 아주 약해지고 카올리나이트 피크는 이 온도에서 파괴되어 사라진다.

클로라이트의 구별방법으로서 6 N HCl로서 2시간 가열했을 때, 클로라이트는 용해되어 사라지며 남아있는 12.5° 2θ와 25° 2θ는 카올리나이트를 지시한다(Fig. 15).

Mg을 많이 함유한 클로라이트는 염산처리에 영향을 받지 않는 것으로 알려졌으나, 해양퇴적물 시료 중에서 Mg의 존재 가능성은 거의 드문 현상이다(Moore and Reynolds, 1989).

4. 카올리나이트(kaolinite)

카올리나이트는 화학적 풍화작용의 산물로서 고온 다습지역의 토양생성시 기반암의 강한 풍화작용과 열수교대작용(hydrothermal alteration)시에 생성되는 2차광물로서 장석이 많은 Aluminosilicate mineral에서 유래한다(Goldberg and Griffin, 1964; Moore and Reynolds, 1989). Biscaye(1965)는 적도지방의 풍화산물로서

형성되는 카올리나이트를 “적도성 광물”로 분류하였다.

Griffin et al.(1968)에 의하면 일라이트, 클로라이트가 1차적인 광물인데 반해 스멕타이트, 카올리나이트는 토양형성과정으로 생기는 2차광물로서 스멕타이트는 화산쇄설물의 교호작용에 의해 양이온이 풍부한 환경에서 잘 생성되며, 카올리나이트는 양이온이 결핍된 환경에서 잘 생성된다고 하였다.

카올리나이트는 XRD 자료에서 7.2\AA (001)피크, 3.58\AA (002)피크, 2.38\AA (003)피크를 보이며, 에틸렌글리콜 처리에 영향을 받지 않는다.

카올리나이트를 구별하는 유일한 방법은 열처리방법으로 550°C 에서 1시간 동안 가열 했을때 그 구조는 파괴되고 XRD 자료에서 피크가 사라진다(Fig.15).



4-7. 점토광물의 분포

제주해협 대륙붕 표층퇴적물의 점토광물 함량은 Table 3과 같고, 이들 4종류의 점토광물 조성에 대한 수평분포를 보면 다음과 같이 현저한 지역적인 변화를 보인다.

일라이트는 연구해역 점토광물군 중에서 가장 높은 함량으로 63.4~74.2%(평균 68.1%)로서, 수평분포에는 지역적 규칙성이 명료하게 보이는데, 연구해역 서부와 동남부 일부지역에서 70%이상으로 고함량 분포지이며, 사질퇴적물로 이루어진 남동쪽 끝지역(st.6)은 74.2%로 최고함량을 보였다. 연구해역 북부지역인 한반도 서남해안 연안역으로 향함에 따라 64~68%로 점차적으로 함량이 감소하는 경향을 보여주며, 북동부 끝지역(st.29)의 니질퇴적물 분포지에서는 63.4%로 최저함량 분포지이다(Fig.16).

스멕타이트는 0.2~5.92(평균 2.34%)로서, 연구해역 점토광물군 중에서 가장 낮은 함유량을 보인다.

스멕타이트의 분포경향은 3~5%의 고함량 지역이 수심이 깊은 제주해협 중앙부를 통하여 동서방향으로 뚜렷한 대상분포를 보여주며, 이 고함량 지역을 중심으로 북부 연안해역으로 갈수록 그 함량이 1~3%로 감소하며, 또한 동남부 끝지역에서도 1% 이하의 낮은 함량치를 보이는 대칭적인 분포경향을 보이고 있다(Fig.17).

카올리나이트도 본 연구해역의 중요한 점토광물이며, 그 함량의 변동폭은 9.73~17.8%로 크다. 카올리나이트는 주로 서남해안 연안역인 북동부의 이토층에서 최고 17.8%(st.24)로서 대체로 서남해안 연안역에서 고함량이다. 즉 영산강, 탐진강, 섬진강 등과 인접한 하구부근 연안역에서 카올리나이트의 함량이 높게 나타난다. 반면, 수심이 깊은 남부지역으로 향함에 따라 그 함량이 10~14%로 감소하는 경향을 보이며, 일라이트 분포와는 대조적인 분포경향을 보여준다(Fig.18).

연구해역의 클로라이트 함량은 10.5~20.34%(평균 15.7%)로서, 그 수평분포는 수심이 깊은 남쪽에서 북부의 연안역으로 향함에 따라 16~18% 이상으로 증가하며 대체적으로 카올리나이트의 함량분포와 유사한 경향을 보인다(Fig.19).

Table 3. Relative abundance of clay minerals in the surface sediments.

STATION	SMECTITE	ILLITE	KAOLINITE	CHLORITE	KAO/CHL	KAO/ILL	REMARK
1	3.74	68.5	12.41	15.35	0.81	0.18	C
2	0.8	68.74	15.8	14.61	1.08	0.23	(g)mS
3	3.36	67.42	14.8	14.32	1.03	0.22	sC
4	3.67	67.85	13.64	14.8	0.92	0.20	gmS
6	0.3	74.2	9.8	15.64	0.63	0.13	S
7	2.2	72.8	9.73	15.12	0.64	0.13	S
8	0.44	71.16	13.2	15.2	0.87	0.19	(g)mS
9	0.84	68.72	13.83	16.62	0.83	0.20	(g)mS
10	0.67	66.59	12.4	20.34	0.61	0.19	(g)mS
11	3.02	68.8	12.77	15.41	0.83	0.19	(g)mS
12	3.16	68.14	10.1	18.2	0.55	0.15	(g)mS
13	3.52	66.75	10.67	19.1	0.56	0.16	(g)mS
14	0.72	69.8	13.65	15.7	0.87	0.20	gmS
15	3.57	69.14	13.16	14.1	0.93	0.19	gms
16	5.37	71.8	12.4	10.5	1.18	0.17	gM
17	3.46	71.17	14.0	11.3	1.24	0.20	sC
18	5.91	68.53	12.93	12.64	1.02	0.19	C
19	3.7	68.63	11.76	16.0	0.74	0.17	mS
20	2.76	67.2	14.81	15.2	0.97	0.22	(g)mS
21	2.75	67.62	15.5	13.73	1.15	0.23	gM
22	2.73	67.8	13.57	15.8	0.86	0.20	gmS
23	2.21	67.25	13.84	16.7	0.83	0.21	(g)mS
24	2.33	63.57	17.8	16.3	1.09	0.28	(g)sM
25	2.46	64.23	15.91	17.4	0.91	0.25	(g)sM
26	3.44	66.11	14.3	16.2	0.88	0.22	C
27	2.2	66.6	14.8	16.4	0.90	0.22	(g)sM
28	2.3	66.41	14.8	16.5	0.90	0.22	M
29	0.8	63.41	16.1	19.7	0.82	0.25	M
30	0.2	65.17	17.23	17.4	0.99	0.26	M
31	1.94	64.26	15.1	18.6	0.81	0.23	M
33	2.3	67.07	14.4	16.3	0.88	0.21	sM
34	2.61	68.17	15.38	13.8	1.11	0.23	(g)sM
35	2.11	71.27	12.9	13.7	0.94	0.18	(g)sM
36	0.8	71.6	12.4	15.2	0.82	0.17	mS
RANGE	0.2 ~ 5.91	63.41 ~ 74.2	9.73 ~ 17.8	10.5 ~ 20.34	0.55 ~ 1.24	0.13 ~ 0.28	
AVERAGE	2.42	68.13	13.71	15.70	0.89	0.20	

NOTE. KAO : KAOLINITE; CHL : CHLORITE; ILL : ILLITE

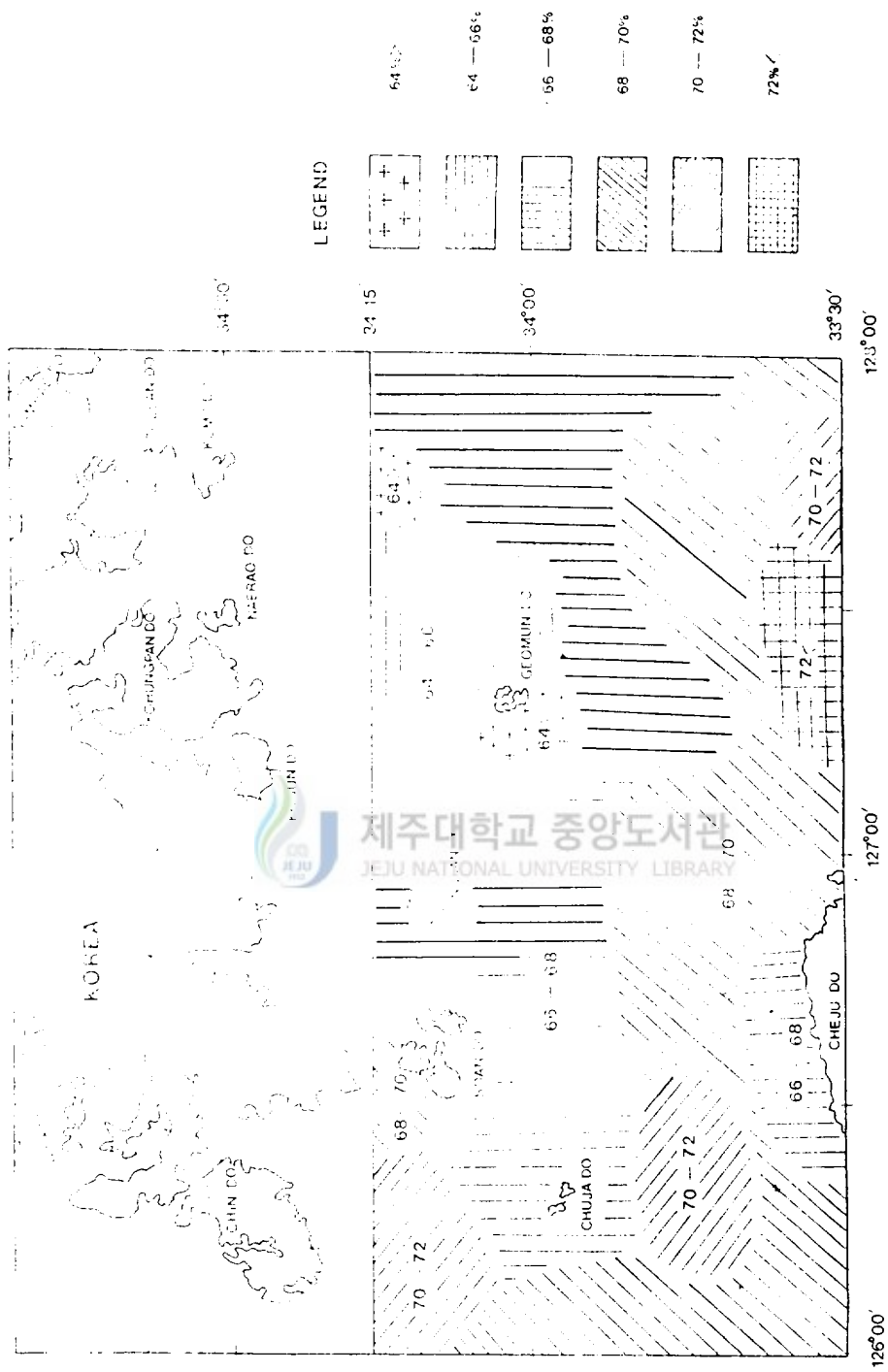


Fig. 16. Illite concentration in the less than 2 μ m fraction of surface sediments of the study area.

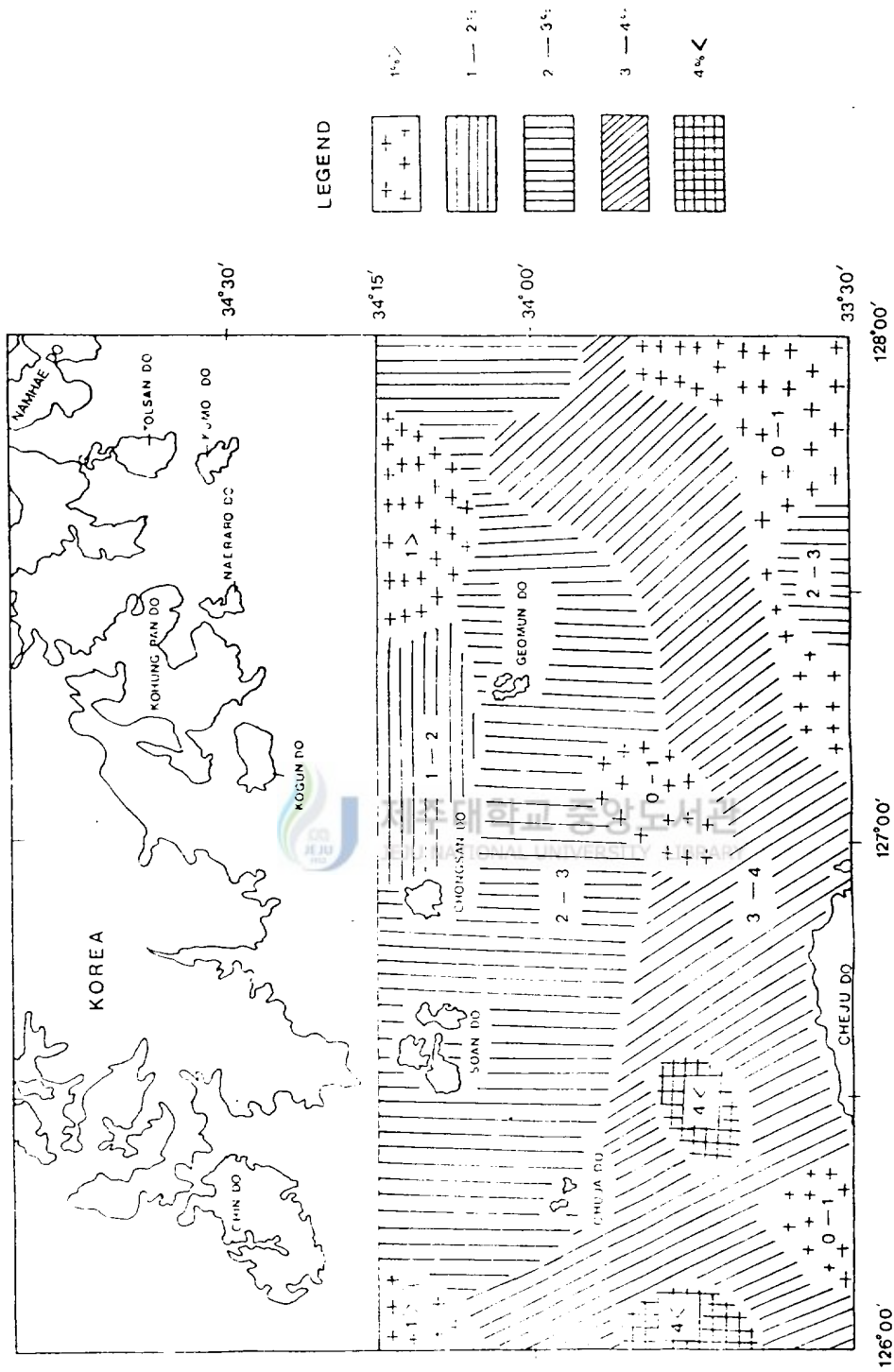


Fig. 17. Smectite concentration in the less than 2µm fraction of surface sediments of the study area.

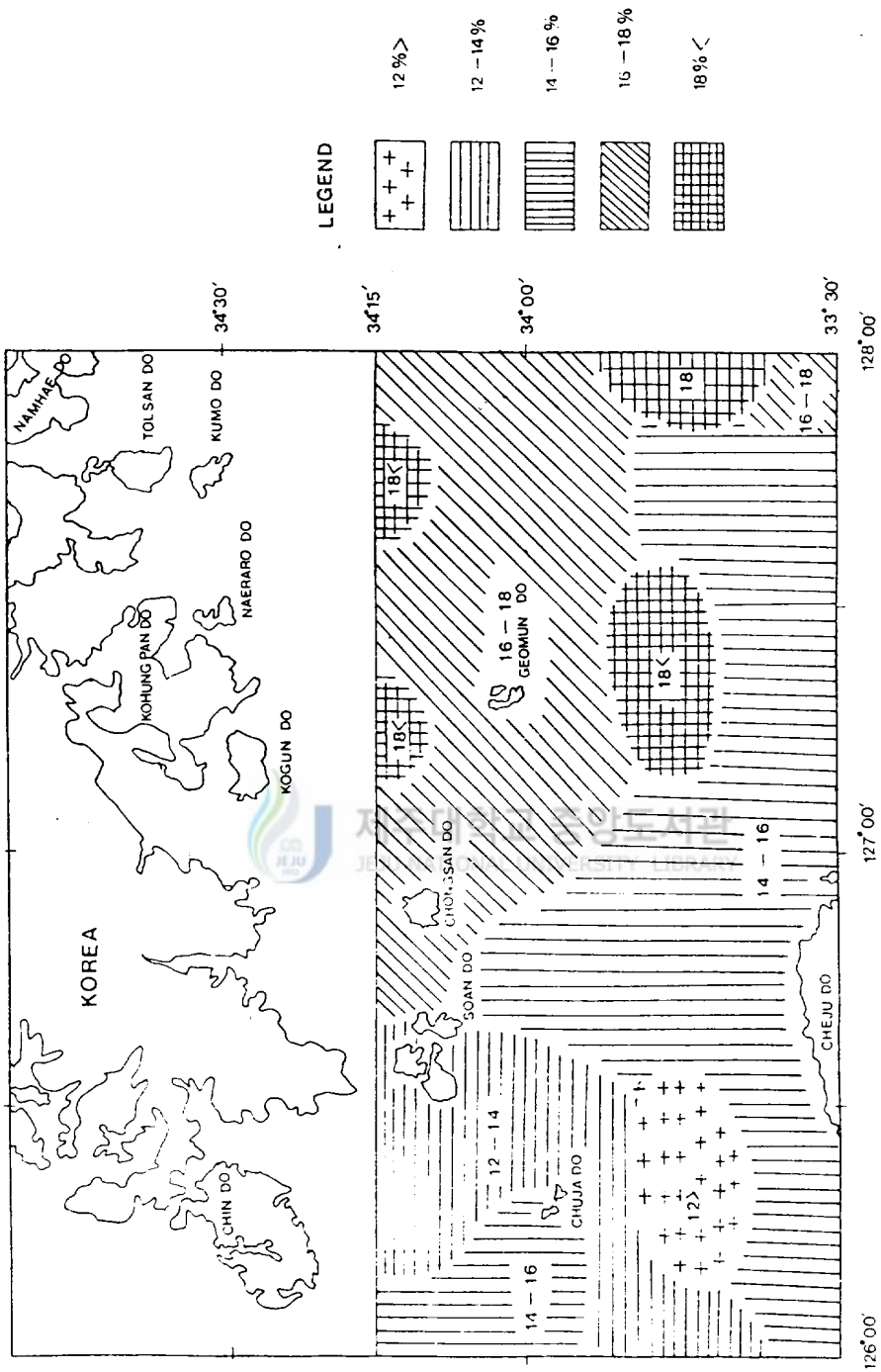


Fig. 19. Chlorite concentration in the less than 2 μ m fraction of surface sediments of the study area.

V. 고찰

조사지역 표층퇴적물 분포상은 사질 니, 니, 소량자갈함유 사질 니 등 니질형 퇴적물이 주로 분포하는 북동부 연안역, 조·세립질이 혼합된 분포를 보이는 서부지역, 소량자갈함유 니질 사, 모래 등이 우세하게 분포하는 남동부 지역으로 나눌 수 있다.

Niino and Emery(1961)와 김 등(1983)은 황해의 외대륙붕 및 제주해협 일대에 분포하는 사립질 퇴적물은 잔류퇴적물이라 지적하였고, 홀로세 퇴적물의 공급방향과 연관성을 갖고 있는 퇴적물로 분류하였다.

특히, 잔류퇴적물(relict sediment)이라 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 암시하여 주는 것으로는 산화철을 피복한 석영입자의 존재(Emery, 1965), 패각편의 다량 존재, 쇄설성 운모의 부재, 과거 시대의 하천을 암시하는 자갈의 존재 등을 들 수 있다(Emery, 1968; Swift, 1969; Swift et al., 1971). 따라서, 조사지역 중앙부 및 남동부에 분포하는 사립질 퇴적물 중의 석영 입자를 대상으로 현미경 관찰을 실시한 결과, 산화철로 피복된 석영입자들이 많이 발견되고, 자갈과 패각편을 다량 함유하며, 수심 110m의 일부 지역(st. 6, 7)은 모래의 함량이 90% 이상이며, 음의 왜도값을 보이는 순수한 사질퇴적물이 분포하는 점 등으로 미루어 볼때, 이 지역에 분포하는 사질형 퇴적물은 제 4기말 해수면이 낮았을시 연안퇴적환경에서 집적된 잔류퇴적물일 것으로 사료되며, 홍적세 말기에 형성된 고지형 중에 잔존하는 고해빈(paleo-beach)임을 암시한다.

Folk(1968)에 의하면 자갈의 함량은 쇄설물 중의 최대입도와 함께 퇴적 당시의 최대유속을 가늠할 수 있는 요소가 되기 때문에 비록 소량이라도 중요한 의미를 갖는다고 한다. 또한 모래와 점토의 비율은 퇴적지에서 재동(winnowing)의 정도를 반영

하는 요소가 된다고 한다. 따라서, 연구지역 대부분의 퇴적물은 자갈을 포함하고 있을 뿐만 아니라 점토 함량이 30%를 넘는 점 등으로 미루어 유수의 유속 및 강도의 변화가 있었으며, 북부 연안지역의 퇴적물도 부분적으로 재동이 잘 되지 않은 상태로 퇴적되었을 것으로 생각된다.

누적입도 분포곡선은 여러 학자들에 의해 퇴적환경 해석의 한 방편으로 이용되어 왔다. 누적분포곡선에서 직선의 경사는 퇴적물의 분급정도를 의미하는 것으로 퇴적과정 및 퇴적환경에 따라 차이를 나타내는 것으로 알려져 있다(Sindowski, 1958; Visher, 1965, 1969).

연구해역 퇴적물중 자갈을 함유하는 니질 사 및 사질 니 등 혼합된 퇴적물 유형은 누적분포곡선에서 대체로 완만한 경사를 보이는데, 이는 분급이 좋지 않음을 의미한다. 그러나, 모래와 점토와 같은 단일 유형은 누적분포곡선에서 다소 급한 경사를 보여 분급이 좋음을 나타낸다(Fig. 7).

또한, 누적입도 분포곡선은 일반적으로 1개 이상의 직선조합으로된 곡선을 이루는데, Visher(1969)는 직선이 굴곡되는 위치의 의미를 파악하려 하였다. 하천모래(river sand)는 보통 3개의 직선 조합으로된 누적분포곡선을 이루는데 이 직선들은 각기 다른 운반양식에 의해 퇴적된 군집(population), 즉 끌림, 도약 및 부유군집을 나타낸다(Friedman, 1967; Visher, 1969). Friedman(1967)에 의하면 하천모래의 경우 도약군집과 부유군집간의 굴절위치는 보통 3~40 사이에 있다고 한다. 따라서 조사지역 퇴적물도 3개의 군집을 보이며, 역함유 니질 사는 -10~70에서 굴절하는 3개의 군집을 보이는데 끌림군집이 차지하는 비율은 전체의 30%, 도약군집은 60%, 부유군집은 10%로 나타나 혼합된 운반형태를 보이며, 나머지 사질 니, 점토 등의 퇴적물 유형도 20와 80에서 굴절하는 3개의 군집을 보이나 전체의 90% 이상이 도약과 부유군집에 의하여 운반·퇴적된 것으로 보여진다(Fig. 7).

퇴적환경에 민감한 왜도에 의하면 조직표준치 값이 음의 왜도값을 갖는 퇴적물 분포지역은 침식을 받거나 현재환경에서 퇴적이 진행되고 있지 않는 지역이며, 양의

왜도값을 갖는 지역은 퇴적이 일어나는 지역이고, 음과 양의 왜도값이 혼합하여 존재하는 퇴적물 분포지역은 유체의 움직임(flux)이 있는 지역을 나타낸다고 하였다(Folk and Ward, 1957; Mason et al., 1958; Duane, 1964; Cronan, 1972). 따라서 조사지역 퇴적물 유형중 일부 니질형 퇴적물이 분포하는 곳에서 음의 왜도값을 나타내는데, 이는 이들 유형의 퇴적물이 분포하는 연구해역 북부지역에는 많은 도서들이 산재해 있으며, 이 도서들 사이에는 수로가 형성되어 있으며 이 수로를 따라 강한 조류가 통과함으로 인해 부분적으로 침식이 일어나거나 퇴적이 진행되지 않는 것으로 생각된다.

조직표준치를 이용한 Bivariate 도표방법으로 퇴적과정 및 퇴적환경을 해석하는데는 제한성이 있으나(Solohub and Klovan, 1970; Reineck and Singh, 1980; 임, 1983), 그중 평균입도 대 분급도, 평균입도 대 왜도, 왜도 대 분급도와와의 도표는 퇴적환경을 유추하는데 도움을 준다. 본 연구해역 퇴적물에 대한 입도분석 결과를 상기 도표에 표시해 본 결과, 평균입도와 분급도와의 상관관계에서는 2개의 해빈영역에 속하는 시료(st. 7, 8)를 제외하고는 하천영역에 속하며, 모래와 점토와 같은 단일퇴적물 유형에서가 분급도 값이 좋아지는 경향을 보여주었다.

왜도치는 $-0.59 \sim 0.83$ 로서 음의 왜도값에서 양의 왜도값까지 전 범위에 걸쳐 다양하게 나타나 퇴적과 침식이 동시에 진행되고 있는 지역임을 보여주며, 왜도와 분급도와의 관계에서는 Friedman(1967)의 기준에 따르면 대부분이 하천영역에 속한다(Fig. 8). Folk and Ward(1957)는 첨도가 leptokurtic한 쇄설물은 그 퇴적지가 근원지에서 다소 가까운 곳에 위치한다고 하였다. 본 역 퇴적물중 자갈함유 니질 사, 모래 및 점토 등 일부유형에서는 leptokurtic한 특성을 보여 이들 쇄설물들은 근원지에서 비교적 가까운 곳에서 퇴적되었음을 암시한다.

복잡한 수력권 상태에서 형성된 퇴적물의 에너지 환경을 추정하는데는 왜도 대 첨도의 상관관계곡선이 이용되는데 혼합된 퇴적물 유형이나 낮은 에너지 환경에서 형성된 퇴적물인 경우에는 경계곡선과 떨어져서 집중된다고 하였다(Sly et al., 1983).

따라서, 본역 퇴적물을 상기 도표에 표시해 본 결과, 자갈을 함유하는 조립질 퇴적물과 모래와 같은 사질형은 경계곡선에 가깝게 집중되어 분포하고 있어 높은 에너지 환경하에서 운반 퇴적된 퇴적물임을 나타내는 반면 니, 점토와 같은 니질형 퇴적물은 경계곡선에서 멀리 떨어진 형태로 분산되어 분포하고 있는 점으로 보아 낮은 에너지 환경에 속한다.

본역 퇴적물의 탄산염 함량은 사질퇴적물 분포역에서가 니질퇴적물 분포역에서 보다 높은 함량을 보이며, 특히 사립질 퇴적물이 분포하는 연구해역 남동부에서가 가장 높은 함량을 나타낸다. 또한, 탄산염 함유량이 높은 퇴적물은 대부분 자갈을 함유하는 사질형 퇴적물과 순수한 모래 퇴적물이며, 이런 유형의 퇴적물내에서는 파손되지 않은 거의 완형의 패각이 많이 발견되었다. 반면, 총유기물 함량분포는 탄산염 함량분포와는 상반된 분포경향을 보였다.

본역 퇴적물에 대한 경광물 분석 결과, 석영은 소량자갈함유 니질 사, 모래 등 사질형 퇴적물이 분포하는 남동쪽 외해지역에서가 북쪽 연안역 및 제주도 주변역보다 높은 함량을 보였다. K-장석은 북쪽 연안역에서가 14~28%로 Na-Ca장석 3~18%보다 높게 나타나며, 연안역에서 외해쪽으로 멀어짐에 따라 감소하는 경향을 보이는데 이는 한반도 남해안에 광범위하게 분포하는 화강암류 및 변성암류의 영향을 받은 것으로 판단된다.

한편, Na-Ca 장석의 함량은 제주도 북쪽 연안역에서가 15~31%로, 조사지역 북부 지역의 3~8%보다 높다는 점은 제주도 육상암석의 광물조성과도 일치하고 있어, 이 지역에 분포하는 퇴적물은 제주도로 부터 유입되어 퇴적된 것으로 판단된다.

해저 퇴적물의 주요한 구성성분인 점토광물의 연구는 단순히 광물학적인 연구분야에 한하지 않고 이들 세립질 퇴적물의 공급지와 그 분포를 규제하는 요인을 규명하는데 중요한 수단이 되고 있다.

Chough(1985), Park et al.(1985), Xu(1983), Xie et al.(1983), Khim(1988), Park et al.(1986), Shiozawa(1969)등은 대륙붕 연안지역에 분포하는 세립질 퇴적물

에 대한 점토광물 연구에서 육지에 근접하는 연안해역에서는 해저퇴적물중의 점토광물의 대부분은 인접한 하천에 의해 운반된 쇄설성 점토광물로서 이들 세립질 퇴적물의 분포경향에는 배후지의 지질을 잘 반영한다고 지적하였다.

한편, 북태평양 심해역과 같이 육지로 부터 멀리 떨어진 대양의 경우도 점토광물을 주성분으로한 해양저 퇴적물은 주로 아시아 대륙으로 부터 편서풍에 의해 운반 퇴적되었다고 지적하였다(Griffin et al., 1963; Janecek, 1985). 또한, Chamley(1980)는 일본 Sikoku해분 퇴적물은 흑조(Kuroshio)의 영향이 크다고 지적하였다.

따라서, 제주해협에 분포하는 퇴적물중 점토광물의 분포를 규제하는 요인으로서 인접한 육상지질의 영향이 강할 것인가, 혹은 해류와 같은 해양환경 요인이 중요할 것인가를 밝히는 것도 흥미있는 연구과제이다.

제주해협 표층퇴적물중 $2\mu\text{m}$ 이하의 점토입자에 대하여 X-선 회절분석기를 이용하여 분석한 결과, 주 구성점토광물은 일라이트, 클로라이트, 카올리나이트, 스멕타이트이다. 이는 황해, 동지나해 및 대한해협 퇴적물중의 점토광물 조성과도 유사하다(Aoki et al., 1983; Khim, 1988; Park et al., 1985).

본 연구해역의 일라이트 분포경향은 Fig. 16과 같이 가장 풍부한 점토광물이다.

68% 이상의 고함량 분포지역은 북부 연안역에서 남부 외해역으로 향함에 따라 증가하는 경향을 보이며, 육지와 인접한 북부 연안지역에는 68% 이하로 감소하고, 특히 섬진강 하구에 가까워지는 여수연안역과 거문도 동쪽지역에서 64% 이하로 최저치를 보여 대한해협과 동지나해의 일라이트 분포경향과 유사하다(Park et al., 1985; Aoki et al., 1983).

이처럼 제주해협에서 일라이트 분포가 수심이 깊은 제주해협 중앙부지역과 남동쪽 끝지역으로 향함에 따라 증가하는 것은 본역 표층퇴적물내에 포함되어 있는 일라이트의 공급지는 한반도 서남해안에 분포하는 화성암, 변성암 및 퇴적암에서 유래되어 공급된 것이 아니라 동지나해 및 황해 중앙부 해저퇴적물에 풍부히 함유되어 있는 일라이트가 제주도 주변해역까지 확장 분포하는 대마난류수와 같은 해양환경 요인에

의해 수송이 이루어지고 있는 것으로 생각된다(Fig. 20).

Aoki et al. (1974)은 한반도에 광범위하게 분포하는 화강암과 변성암류에서 공급되는 운모질 물질 때문에 황해인 경우 중국측보다 한반도측에서가 높은 일라이트 함량을 보인다고 지적했고, Khim(1988)은 황해 남동부에서 높은 함량의 일라이트분포는 주로 한반도 서해안의 금강과 영산강으로 부터 운반된다고 보고한바 있다.

따라서, 조사지역 북서부 연안역에 70% 이상의 일라이트 분포를 보이는데, 이는 전술한 근접한 주변육지지역에 분포하는 퇴적암과 변성암에서 유래되어 공급된 것인지, 아니면 황해의 중앙대륙붕지역에 많이 함유되어 있는 일라이트가 황해난류, 황해저층냉수 및 중국대륙연안수 등과 같은 수계에 의해 수송된 것인지 그 공급지가 확실치 않다.

스멕타이트는 본 연구해역 점토광물중 가장 낮은 함량분포로, 이는 한반도 남해안 연안역에서의 스멕타이트 분포패턴과 동일한 특징적인 현상이다(Song, 1988; Chough, 1985; Kim, 1980).

스멕타이트는 화산물질의 풍화산물로서 육지에서 생성되어 바다로 공급되는 쇄설성 기원 외에 해저에서 자생기원에 의한 것도 많이 분포하는 것으로 알려지고 있다.

특히, 남태평양에서는 중앙해령의 화산활동에 의해 생성되는 화산분출물은 해수와 접촉하여 해저 풍화작용을 받아 다량의 스멕타이트가 형성된다고 하였다(Griffin et al., 1968; Biscaye, 1965; Aoki et al., 1979).

동지나해역에서 스멕타이트 함량은 0~9%, 황해 중앙부해역에서는 13%, 대한해협에서는 4%, 한국 서해안 연안역에서는 검출되지 않았으며, 황해 남동부 니질퇴적물에서도 2% 미만의 함량분포를 보인다(Table 4).

제주해협에서의 스멕타이트 분포는 북부 연안역보다 제주 화산도와 인접한 수심이 깊은 제주해협 중앙부 골짜기와 서남부 이토층에서 3% 이상으로 비교적 높은 함량을 보인다. 이는 제주도가 제 3기말부터 제 4기의 화산활동에 의해 형성된 화산도로서 그 주변해역은 화산성 풍화산물이 많이 덮여있는 것과 관계가 있으며, 또한 황해 중

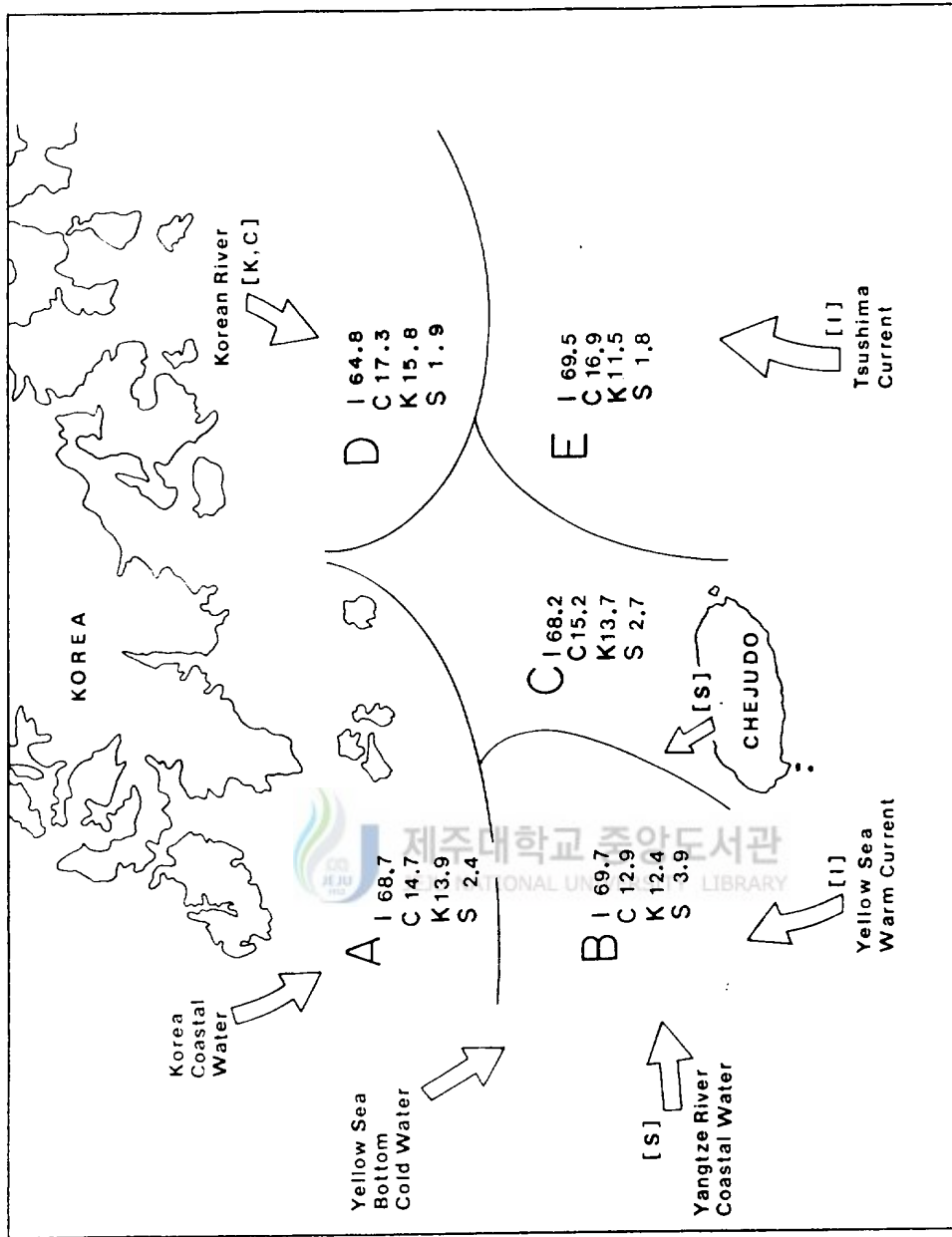


Fig. 20. Schematic representation of the province and origin of the dominant clay minerals in surface sediments of the study area.

Table 4. Clay mineral contents of surface sediments in the East china Sea and its adjacent areas.

Region	Smectite	Illite	Kaolinite	Chlorite	Reference
Cheju Strait	2 (0 ~ 6)	68 (63 ~ 74)	14 (10 ~ 18)	16 (11 ~ 20)	Present study
Huanghe River	23.23	59.00	8.48	9.29	Xu(1983)
Ancient Huanghe River	23.97	59.03	8.89	8.10	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 Kusan	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	8	Park et al.(1985)

양부에 분포하는 세립질 퇴적물은 황해지역의 4m이상의 조차와 2Knot이상의 조류 및 폭풍우기간 동안 장수연안류와 같은 현저한 순환패턴에 의해 침식·재부유되어 혼탁류(turbid plume)형태로 제주해협까지 이동이 가능하다(Milliman et al., 1985).

적도성 광물로 알려진 카올리나이트는 저위도 지방의 특징적인 광물로서 육상암석의 화학적 풍화작용이 활발한 지역에서 주로 토양생성시에 형성되는 2차광물로 알려져 있다(Goldberg and Griffin, 1964; Griffin et al., 1968; Moore and Reynold, 1989).

본 연구해역의 카올리나이트는 14% 이상의 높은함량 분포지역은 한반도 서남해안에 분포하는 강들과 인접한 북부 연안역으로 향함에 따라 증가하고, 이들 연안 하구 지역에서 수심이 깊은 남부의 외해쪽으로 향함에 따라 카올리나이트의 상대량이 14% 이하로 감소하는 뚜렷한 지역적인 변화를 보이고 있으며, 일라이트의 분포와는 대조적인 경향을 나타내고 있다(Fig. 16, 18).

이러한 카올리나이트의 분포경향은 근접한 육상지질과 깊은 관계가 있음을 의미한다. 즉, 카올리나이트가 일라이트처럼 동지나해와 황해로 부터 해류와 같은 해양환경 요인들에 의해 본 연구지역으로 공급되고 있는 것이 아니라, 주변 육지지역의 화학적 풍화산물이 영산강, 섬진강, 탐진강 등의 담수유출에 동반되는 토사의 영향과 연안역에 매우 강한 조석력에 의해 재부유(resuspension)하는 점토가 혼탁형태로 뿌름(plume)을 형성하여 연안류 등에 의해 먼곳까지 수송되고 있음을 의미한다.

이러한 근거로는 카올리나이트의 상대적 분포경향이 광양만에서 21%, 진주만 23%, 영산강 하구 21.3%, 섬진강 하구 16% 등 한반도 하구 연안역에서는 높은 함량분포를 보이는 반면(박 외, 1984; 김 외, 1988; Kim, 1980; Song, 1988), 황해 중앙부에서 10%, 황해 남동해역 13%, 동지나해 7% 및 한국 서남해역의 8.4~13.7% 등 육지와 근접한 연안지역이 외해역보다 높은 함량분포를 보이는 것과 동일하다.

기후대의 특징을 잘 반영하고 있는 kaolinite/chlorite 비에 의하면 주로 니질형 퇴적물이 분포하는 연구해역 서부와 북동부의 니질퇴적물 분포지에서 0.9 이상으로 높게 나타나나, 그외의 사질형 퇴적물 분포지에서는 0.9 이하로 낮게 나타나

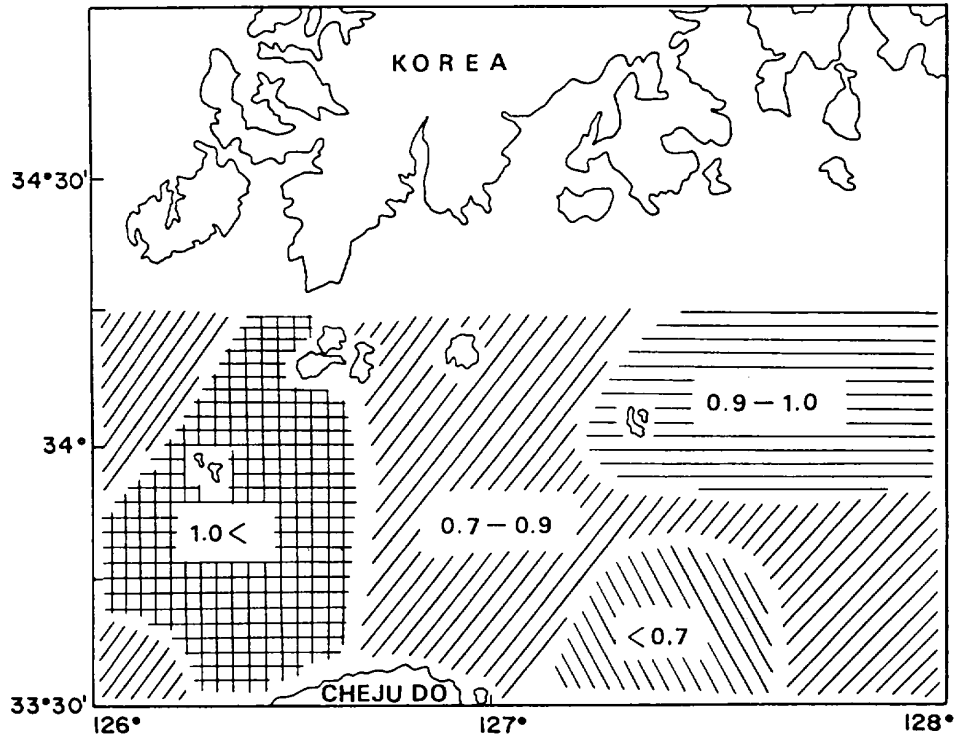


Fig. 21. Map showing the distribution pattern of the kaolinite/chlorite ratio.

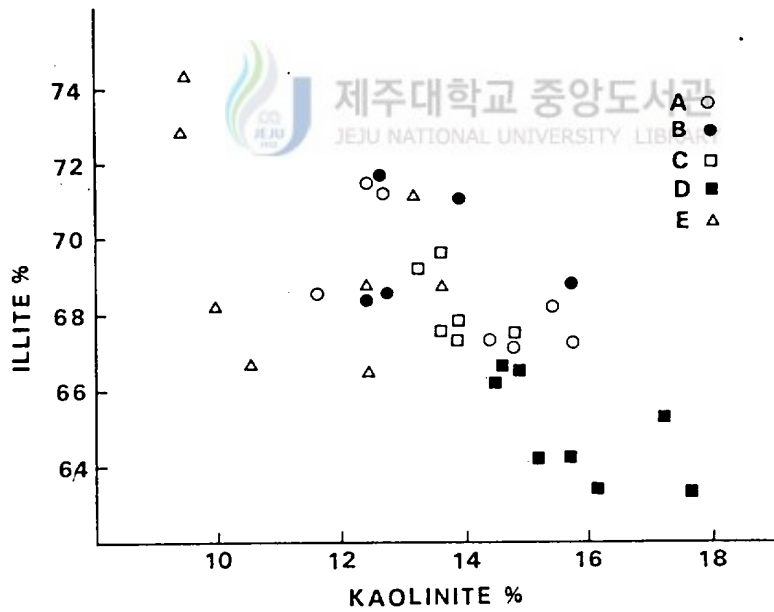


Fig. 22. Graphic plot showing the relation between the illite versus kaolinite.

(Fig. 21), 이 또한 카올리나이트는 주변육상환경에서 인접한 남해안의 여러강들을 통해 공급되고 있음을 알 수 있다. 또한, 본 역의 뚜렷한 수평분포경향을 보이는 카올리나이트 대 일라이트의 관계에서는 카올리나이트 함량이 높은 곳에서는 낮은 함량의 일라이트, 카올리나이트 함량이 낮은 곳에서는 높은 함량의 일라이트로서 비교적 양호한 역의 상관관계를 나타낸다(Fig. 22).

클로라이트는 고위도 해역의 특징적인 점토광물로서 육상 퇴적암, 변성암 등의 물리적 풍화작용에 의해 형성되는 1차광물로 알려져 있다(Griffin et al., 1968).

본 연구해역에서 클로라이트는 평균 15.7%로 일라이트 다음으로 많은 함량을 갖는 점토광물이다.

클로라이트의 수평분포경향은 육지와 인접한 북부 연안역에서가 16% 이상으로 높은 함량분포를 보이나, 제주도에 가까워지는 남쪽으로 향함에 따라 그 상대량이 서서히 감소하는 경향으로 카올리나이트의 수평분포와 유사한 경향을 보인다. 이러한 분포경향은 전술한 카올리나이트와 마찬가지로 근접하는 육상지역의 지질을 잘 반영하며, 주로 하천과 연안류에 의해 수송되고 있음을 의미한다.

이상과 같이 제주해협 표층퇴적물내의 점토광물들은 각각 지역적인 뚜렷한 수평분포경향을 보이는데, 이들 세립질 퇴적물의 분포를 규제하는 요인으로서는 주로 조사 지역에 근접하는 육상지역의 풍화쇄설물들이 영산강, 섬진강, 탐진강 등 한반도 서남해안에 분포하는 강들이 주 공급원이고, 그외 제주도나 대마난류, 황해저층냉수 등과 같은 해양환경요인들도 영향을 미치는 것으로 해석된다.

VI. 결 론

1. 연구해역의 표층퇴적상은 사질 니, 니, 소량 자갈함유 사질 니 등 니질형 퇴적물이 분포하는 북동부 연안역, 조·세립질이 혼합된 분포를 보이는 서부지역, 소량 자갈함유 니질 사, 모래 등이 우세하게 분포하는 남동부지역 등 그 퇴적상이 다양하다.

2. 연구해역 퇴적물중 자갈을 함유하는 니질 사 및 사질 니 등 혼합된 퇴적물 유형은 누적분포곡선에서 경사가 대체로 완만하여 분급이 불량한 편이나, 모래와 점토와 같은 단일유형은 다소 급한 경사를 보여 분급이 좋은 편이다. 또한 자갈함유 니질 사, 니질 사 등의 조립질 유형은 주로 혼합된 운반형태를 보이거나, 사질 니, 점토 등의 세립질 퇴적물은 주로 도약과 부유에 의해 운반·퇴적되었다.

3. 조직표준치들간의 상관관계에서 본역 퇴적물은 대부분이 하성영역에 속하며, 왜도값은 음의 왜도값에서 양의 왜도값까지 다양하게 나타나 조사지역은 퇴적과 침식이 동시에 진행되고 있음을 나타낸다.

4. 탄산염 함량은 평균 30.07%로 퇴적물의 입도와 수심이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였고, 특히 순수한 모래로 이루어진 사질퇴적층에서는 60% 이상으로 가장 높은 함량을 보였다. 반면, 총 유기물 함량은 평균 5.31%로 니질퇴적물 분포지에서 높은 함량분포를 보여 탄산염 분포와는 상반된 경향을 나타냈다.

5. 경광물은 석영(평균 55.53%), K-장석(15.95%), 암편(15.89%), Na-Ca장석(12.58%) 순의 조성을 보였는데, 석영은 사질형 퇴적물이 분포하는 남동쪽 외해지역이 북부 연안역 및 제주 주변해역보다 높은 함량을 보였고, 제주도 북서방 해역은 Na-Ca장석이 K-장석보다 많아 공급지가 제주도인 것으로 사료되며, 북부 연안역은 K-장석이 Na-Ca장석보다 높은 함량을 보여 인접한 한반도 육상지질의 영향을 받은 것으로 해석된다. 석영-장석-암편의 조성비로 보아 이곳 퇴적물이 교착작용을 받았을 경우 대륙지괴와 재운회된 조산운동지역에 기원을 둔 성숙도가 낮은 장석질 사암형에 속한다.

6. 해수중 총부유퇴적물의 농도분포는 섬진강, 보성강, 탐진강 등과 인접해 있는 연구지역 북부의 남해안 연안역에서 2~3mg/l, 3~4mg/l, 4mg/l로 고농도의 분포경향을 보이거나, 수심이 깊어지는 남부의 외양역으로 향함에 따라 그 함량이 2~3mg/l, 1~2mg/l, 0.5mg/l로 점차 감소하는 경향을 보인다.

7. 연구지역 표층퇴적물중 점토광물의 평균함량은 일라이트 68%, 클로라이트 16%, 카올리나이트 14%, 스멕타이트 2%이다. 일라이트의 수평분포는 북쪽 연안역보다 수심이 깊은 제주해협 중앙부와 남동쪽 끝지역에서 높은 함량을 보이는데 이는 일라이트가 동지나해로 부터 주로 대마난류와 같은 해양환경 요인에 의해 수송되는 것으로 보인다.

8. 스멕타이트는 제주도과 인접한 제주해협 중앙부 골짜기와 서남부 이토층에서 3% 이상의 높은 함량을 보이는데, 이는 제주도가 화산활동에 의해 형성된 화산도로써 이들 화산성 풍화산물과 관계가 있는 것으로 사료된다.

9. 카올리나이트와 클로라이트는 한반도 서남해안에 분포하는 영산강, 섬진강, 탐진강 등과 인접한 북부 연안지역에서 높은 함량분포를 보이는데, 이는 이들 강들의 담수유출에 동반되는 토사의 영향과 연안역에 매우 강한 조석력에 의해 재부유하는 점토가 혼탁류를 형성하여 연안류 등에 의해 먼곳까지 수송되고 있음을 의미한다.

참 고 문 헌

- 김대철, 김희준, 송용선, 백인성, 박맹언, 정상용, 송시대, 황진연, 1988. 진주만
현생 퇴적물중 점토광물의 기원에 관한 연구. 한국수산학회지, 21:246-258.
- 김복기, 1979. 제주 해협 해류와 조류에 관하여. 국립 수산진흥원 연구 보고 21:
7-21.
- , 1982a. 한국 남해의 수온과 염분의 변동계수. 한국 해양학회지, 17:74-82.
- , 1982b. 한국 남해의 평년 해황과 旋網漁場에 관한 연구. 국립 수산 진흥원
연구보고, 30:7-29.
- , 장대수, 1984. 한국 남해안의 해류와 조류에 관하여. 국립 수산 진흥원 연
구보고, 33:7-21.
- 김승우, 민건홍, 조규장, 김철민, 박관순, 김원식, 신원철, 1980. 연근해저 해양지
질조사 및 물리탐사연구(제주-청산도해역). 자원개발연구소 조사연구보고,
9:15-33.
- , 장정해, 이치원, 민건홍, 1984. 연근해저 지질조사연구. 한국동력 자원연구
소, 83-해저자원-2-15:1-50.
- , 장정해, 이치원, 민건홍, 1985. 해양지질조사연구(추자도 일대해역). 한국
동력자원연구소 연구특보, 85-18:17-45.
- 김인옥, 1986. 제주 주변 해역에 출현하는 중국 대륙 연안수에 관한 연구. 제주대학
교 석사학위논문, 55pp.
- 김종수, 김승우, 장정해, 이치원, 민건홍, 신원철, 조규장, 김원식, 1983. 연근해
저지질조사연구. 한국동력자원연구소, 82-해저자원-1-17:7-48.
- 노홍길, 김 구, 1983. 제주와 목포, 제주와 완도간의 표면 수온 변화. 한국 해양학
회지, 18:64-72.

- 박용안, 이창복, 최진혁, 1984. 광양만의 퇴적환경에 관한연구. 한국해양학회지, 19:82-88.
- 방익찬, 김태희, 1989. 동지나해 해수분포의 계절변화와 해수순환. 제주대학교 논문집, 28:61-73.
- 임순복, 1983. 강원도 북평지역에 분포하는 제 3기층에 대한 퇴적학적 연구. 연세대학교 석사학위논문. P.101.
- 장정해, 이치원, 박관순, 김원식, 신원철, 1980. 득량만 일대 제4기 해저자원조사연구. 자원개발연구소 조사연구보고, 9:35-63.
- 조창주, 최현일, 1970. 남해 도서 지질조사 보고. 국립 지질 조사소, 해양지질조사 연구보고, 1:41-78.
- 한국해양연구소, 1987. 한국해역 종합해양자원도 작성연구(남해).167-228.
- Aoki, S., Oinuma, K. and Sudo, T., 1974. The distribution of clay minerals in the recent sediments of the Japan Sea. Deep-Sea Res., 21:299-310.
- , Kohyama, N. and Sudo, T. 1979. Mineralogical and chemical properties of smectites in a sediment core from the southeastern Pacific. Deep-Sea Res., 26A:893-902.
- , Oinuma, H. and Matsuike, K., 1983. Clay mineral composition in surface sediments and the concentration of suspended matter of the East China Sea: proceeding of the international symposium on sedimentation on the continental shelf, with Special Reference to the East China Sea :440-449.
- Bailey, E. H. and Stevens, R. E., 1960. Selective staining of K - feldspar and plagioclase on the rock slabs and thin section. Am. Mineralogist, 45:1020-1024.

- Bailey, S. W., 1984. Classification and structures of the micas: in Bailey, S. W., editor, Micas, V.13 in Reviews in Mineralogy, Min. Soc. Am. Washington, D. C., :1-12.
- Berner, R. A., 1971. Principles of chemical sedimentation: McGraw-Hill, New York:240pp.
- Biscaye, P. E., 1964. Distinction between kaolinite and chlorite in recent sediments by X-ray diffraction: Am. Mineralogist, 49:1281-1289.
- , 1965. Mineralogy and Sedimentation of Recent Deep - Sea Clay in the Atlantic Ocean and Adjacent Seas and Oceans. Geo. Soc. An. Bull. 76:803-832.
- Brunton, G., 1955. Vapor pressure glycolation of oriented clay minerals: Am. Mineralogist, 40:124-126.
- Chamley, H. (1980). Clay sedimentation and paleo-environment in the Shikoku Basin since the Middle Miocene (Deep Sea Drilling Project Leg 58, north Philippine Sea). Init. Repts. D. S. D. P., 58:669-681.
- Chough, S. K., 1985. Further evidance of fine-grained sediment dispersal in the southeastern Yellow Sea. Sed. Geol. 41:159 - 172.
- Cronan, P. S., 1972. Skewness and Kurtosis in polymodal sediments from the Irish Sea. Jour, Sed. Pet. 42:102-106.
- 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. Princeston, N. J. : Princeton Univ. Press. 723-735.
- , 1969. History of continental shelves. In Stanley, D.J.ed, The new concepts of continental margin sedimentation. Washington D.C.: Am. Geol. Inst. P. JC-6-1-JC-6-18.

- Dickinson, W. R. and Suczek, C. A., 1979. plate tectonics and sandstone composition. *Am. Asso. Pet. Geol.* 63:2164-2182.
- Duane, D. B., 1964. Significance of skewness in recent sediments. Western Pamlico Sound, North Carolina. *Jour. Sed. Pet.* 34:864-874.
- Elverhoi, A. and Ronningsland, T.M., 1978. Semiquantitative calculation of the relative amount of kaolinite and chlorite by X-ray diffraction : *Marine Geology*, 27:M19-M23.
- Emery, K. O., 1965. Characteristics of continental shelves: *Am. Assoc. Petroleum Geologist Bull.*, 52:445-464.
- , 1968. Relict Sediments on continental shelves of world: *Am. Ass. Petrol. Geol.* 25:445-464.
- , and Hayashi, T., Hilde, W. C., Kobayashi, K., Koo, J. H., Meng, G. P., Niino, H, et al., 1969. Geological structure and some water characteristic of the East China Sea and Yellow Sea: *Bankok U.N. ECAFE Comn. cordination of Joint Prospecting for Mineral Resources in Asian Offshore Areas, C.C.O.P. tech. Bull.*, 2:3-43.
- Eric, E., and David, P., 1988. Clay minerals for petroleum geologists and engineers. *SEPM SHORT COURSE:NO.22.*
- Folk, R. L. and Ward, W. C., 1957. Brazos river bar : A study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Pet.* 27:3- 26.
- , 1968. Petrology of sedimentary rocks: *Hampill's Austin Texas*, :1-31, 37-39.
- Friedman, G. M., 1967. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *Jour. Sed. Pet.* 37:327-354.

- Galehouse, J. S., 1971. Sedimentation analysis. in carver, R.E.ed., Procedures in sedimentary petrology: 69-94.
- Goldberg, E. D. and J. J. Griffin, 1964. Sedimentation rates and mineralogy in the South Atlantic. Jour. Geophys. Res. 69:4293-4309. Griffin, J. J. and E. D. Goldberg. 1963. Clay mineral distribution in the Pacific Ocean. In, The Sea, M.N. Hill, ed, Interscience, 3:728-742.
- Griffin, J. J. and Goldberg, E. D., 1963. Clay minerals distribution in the Pacific Ocean. In, The Sea, M. N. Hill, ed, Interscience, 3:728-742.
- , Windom, H. and Goldberg, E. D., 1968. The distribution of clay minerals in the World Ocean. Deep-Sea Research, 15:433-459.
- Grim, R. E., Dietz, R. S. and Bradley, W. F., 1949. Clay mineral composition of some sediments from the Pacific Ocean of the California Coast and the Gulf of California : Geol. Soc. Am. Bull. 60:1785-1805.
- , and R. H. Bray and W. F. Bradley, 1937. Mica in argillaceous sediments. Am. Miner. 22:813-829.
- Ingram, R. L., 1971. Sieve analysis. 49-67, in Carver, R.E., ed., Procedure in sedimentary petrology: New York Wiley interscience Pub. 653pp.
- 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., 86:589-603.
- Johns, W. D., R. E. Grim, and W. F. Bradley, 1954. Quantitative estimation of clay minerals by diffraction methods : Jour. Sed. Pet. 24:242-251.
- Khim, B. K., 1988. Sedimentological study of the muddy deposition in the Yellow Sea. M. S. thesis, Seoul Nat. Univ. 106pp.

- Kim, D. C., 1980. Recent clay minerals of the Yeongsan estuary and the adjacent continental shelf. M.S.Thesis, Seoul Nat. Univ. 63pp.
- Knebel, H. J., Kelley, J. C., and J. T. Whetten., 1968. Clay minerals of Columbia River. Jour. Sed. Pet. 38:600-611.
- Kondo, M., 1985. Oceanographic investigations of fishing grounds in the East China Sea and the Yellow Sea - 1. Characteristics of the mean temperature and salinity distributions measured at 50m and near the bottom. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab. 62:19-66.
- Mason, C. C., and Folk, R. L. 1958. Differentiation of beach, dune, and eolian flat environments by size analysis, Mustang Island, Texas. Jour. Sed. Pet. 28:211-226.
- Milliman, J.D. and Emery, K. O., 1968. Sea levels during the past 35,000 years: Science, 162:1121-1123.
- , Beardsley, R. C., Yang, Z., and Limeburner, R., 1985. Modern Huanghe-derived muds on the outer shelf on the East China Seas: identification and potential transport mechanism: Cont. Shelf Res., 4:175-188.
- Moore, D. M., Reynolds, R. C., 1989. X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. OXFORD UNIVERSITY PRESS, Oxford New York. 332pp.
- Niino, H. and Emery, K. O., 1961. Sediments of shallow portions of East China Sea and South China Sea : Geol. Soc. Am. Bull. 72:731-762.
- Park, B. K. and Han, S. J., 1985. The distribution of clay minerals in recent sediment of the Korea Strait. Sed. Geol. 41:173-184.

- Park, Y. A., Kim, S. C. and J. H. Choi, 1986. The distribution of fine-grained sediments on the inner continental shelf off the Keum River Estuary, Korea. *cont. shelf. Res.* 5:499-519.
- Pettijohn, F. S., Potter, P. E., and Siever, R., 1973. *Sand and Sandstone*. N. Y. Springer-Verlag, 618pp
- Pierce, J. W. and Siegel, F. R., 1969. Quantification in clay mineral studies of sediments and sedimentary rocks : *Jour. Sed. Pet.*, 39:187-193.
- Reineck, H. E. and Singh, F. E., 1980. *Depositional sedimentary environment*. Springer-Verlag: 546-549.
- Shiozawa, K. 1969. Clay mineral composition of the sediments in the Ishikari Bay. *Quaternary Res.*, 8(3):81-88.
- Sindowski, K. H., 1958. Die synoptische Methode des Korkurven - Vergleiches zur Aussenzur. *Fossiler Sedimentation sraume: Geol. Jahrb.*, 73:235-275.
- Sly, P. G., Thomas, R. L. and Pelletier, B. R., 1983. Interpretation of moment measure derived from Water-lain sediments. *sedimentology* 30:219-233.
- Solohub, J. T. and Klovan, J. E., 1970. Evaluation of grain-size parameters in lacustraine environments. *Jour. Sed. Pet.* 40:8-101.
- Song, S. T., 1988. *Depositional environment and clay mineral distribution of recent continental shelf sediments, Southern Coast of Korea*. M. S. Thesis Nat. Fish. Univ. Pusan. 97pp.
- Stokke, P. R. and Carson, R., 1973. Variation in the clay mineral X-ray diffraction results with the quantity of sample mounted: *Jour. Sed. Pet.* 43:957-964.

- Swift, D. J. P., 1969. Outer shelf 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.
- , D. J. Stanley, and J. R. Curray, 1971. Relict sediments on continental
shelf: A consideration. Jour. Geol. 79:322-346.
- Thorez, J., 1976. Practical identification of clay minerals : A handbook for
teachers and students in clay mineralogy. Editions G. LELOTTE, B4820
DISON(Beligigue), 17pp.
- Visher, G. S., 1965. Use of vertical profile in environmental reconstruction :
AAPG Bull., 49:41-61.
- , 1969. Grain-size distributions and depositional process. Jour. Sed.
Pet. 39:1074-1106.
- Wang, C. S., 1961. Sand-fraction study of the shelf sediment off China coast.
Geol. Soc. China Pro. 4:33-49.
- 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, 370~380.
- Xu, D., 1983. Mud sedimentation on the East China Sea. Sedimentation on the
continental shelf, with special reference to the East China Sea.
China Ocean Press, Beijing :506-516.

감 사 의 글

본 논문이 완성되기까지 정성으로 지도하시고 격려하여 주신 윤 정수 교수님께 진심으로 깊은 감사를 드립니다.

아울러 논문을 심사하여 주시고 많은 조언을 주신 최 영찬 교수님, 방 익찬 교수님과 항상 관심을 갖고 지켜봐 주신 고 유봉 교수님, 양 성기 교수님, 이 준백 교수님께도 감사드립니다.

또한 점토광물 분석을 할 수 있도록 배려해 주신 부산대학교 윤 선 교수님, 황 진연 교수님과 고기원 선배에게 이 자리를 빌어 감사를 표하고자 합니다.

특히, 어려운 선상작업과 실험을 함께 하면서 동고동락한 박 원배, 김 재근, 조 정희 후배와 자료정리에 도움을 준 김 동오, 하 은주, 박 상운 후배에게 고마움을 표합니다. 항상 옆에서 지켜봐 준 김 태희, 문 영석 동학을 비롯한 대학원 학우들과 용기를 준 여러 친구들에게도 고마운 마음을 전합니다.

끝으로 오늘이 있기까지 항시 사랑과 희생을 아끼지 않으신 부모님과 사랑하는 아내, 동생들에게 이 작은 결실이 조그만 보답이 되었으면 합니다.