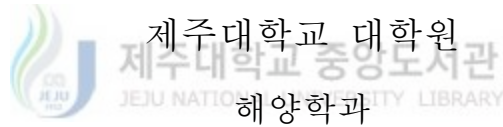


석 사 학 위 논 문

제주도 서남방 동중국해에서 하계 입자성
부유물과 표층퇴적물의 C, N 분포 특성



강 문 규

2002년 12월

제주도 서남방 동중국해에서 하계 입자성
부유물과 표층퇴적물의 C, N 분포 특성

지도교수 최 영 찬

강 문 규

이 논문을 이학석사학위 논문으로 제출함



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2002년 12월

강문규의 이학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

위 원 _____ (인)

제주대학교 대학원

2002년 12월

The Characteristics of suspended particulate matter
and surface sediment of C, N at East China Sea
in southwestern sea of Jeju Island in summer

MUN-KYU KANG

(Supervised by Professor Young-Chan Choi)

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



DEPARTMENT OF OCEANOGRAPHY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2002. 12

목 차

List of Figure.....	iii
List of Table.....	v
Abstract.....	vi
I. 서 론.....	1
II. 재료 및 방법.....	3
2.1 조사방법.....	3
2.2 분석방법.....	4
III. 결과 및 고찰.....	6
3.1 결과 및 고찰	
3.1.1 수온, 염분.....	6
3.1.2 영양염류.....	11
3.1.3 입자성 부유물질(Suspended particulate matter ; SPM) 및 C, N 분포.....	18
3.1.4 표층퇴적물 중 유기물량 및 C, N 분포.....	29
3.1.5 각 층별 성분간의 상관성	44

IV. 요 약.....48

참고문헌.....50



List of Figure

Fig. 1. Sampling station in the study area in the East China sea.....	3
Fig. 2. Vertical distribution of value of water temperature in study area.....	9
Fig. 3. Vertical distribution of value of salinity in study area.....	10
Fig. 4. Vertical distribution of value of TN(total nitrogen) in study area.....	15
Fig. 5. Vertical distribution of value of TP(total phosphorus) in study area.....	16
Fig. 6. Correlation between (a)salinity of surface water and TN content of surface water (b)salinity and TN content (c)salinity of surface water and TP content of surface water (d)salinity and TP content.....	17
Fig. 7. Vertical distribution of value of SPM(suspended particulate matter) in study area.....	24
Fig. 8. Vertical distribution of value of POC(particulate organic carbon) in study area.....	25
Fig. 9. Vertical distribution of value of PON(particulate organic nitrogen) in study area.....	26
Fig. 10. Vertical distribution of value of POC/PON ratio in study area.....	27
Fig. 11. Correlation between POC and PON of (a) A-line (b) B-line (c) C-line (d) D-line area.....	28
Fig. 12. Horizontal distribution of TOM(total organic matter) in surface sediment of study area.....	34
Fig. 13. Horizontal distribution of TOC(total organic carbon) in surface sediment of study area.....	35
Fig. 14. Horizontal distribution of TON(total organic nitrogen) in surface sediment of study area.....	36
Fig. 15. Horizontal distribution of TOC/TON ratio in surface sediment of study area.....	37

Fig. 16. Horizontal distribution of TC(total carbon) in surface sediment of study area.....	38
Fig. 17. Horizontal distribution of TN(total nitrogen) in surface sediment of study area.....	39
Fig. 18. Horizontal distribution of TC/TN ratio in surface sediment of study area.....	40
Fig. 19. Correlation between TOM and (a) TOC (b) TC (c) TON (d) TN content of surface sediment.....	41
Fig. 20. Correlation between (a) TOC and TON (b) TC and TN (c) TOC and TC (d) TON and TN content of surface sediment.....	42
Fig. 21. Horizontal distribution of CaCO ₃ in surface sediment of study area.....	43



List of Table

Table 1. Chemical analysis of water in study area.....	13
Table 2. Chemical analysis of SPM(suspended particulate matter) in study area.....	22
Table 3. Chemical analysis of surface sediment in study area.....	33
Table 4. Correlation matrix of surface water and SPM(suspended particulate matter) in surface water and surface sediment in study area.....	46
Table 5. Correlation matrix of depth's 30m water and SPM(suspended particulate matter) in depth's 30m water and surface sediment in study area.....	46
Table 6. Correlation matrix of depth's 50m water and SPM(suspended particulate matter) in depth's 50m water and surface sediment in study area.....	47
Table 7. Correlation matrix of bottom water and SPM(suspended particulate matter) in bottom water and surface sediment in study area.....	47

Abstract

Organic Carbon and Nitrogen contents in Suspended Particulate matter(SPM), surface sediments and dissolved nutrients in seawater were measured at East China Sea in southwestern sea of Jeju in summer.

The distribution of temperature and salinity for water quality were in the ranges of $13.4^{\circ}\text{C} \sim 27.1^{\circ}\text{C}$ and $21\text{‰} \sim 34.1\text{‰}$ respectively.

Within the range of 0~10M in the surface layer around the study area was Yangtze Coastal Waters(YCW) and the stratify (thermocline, halocline) was found within the depth range of 10m~20m. A low water temperature was measured within the range of depth 30~50 M, which indicates there has been an influence of water mixture of YCW, Yellow Sea Bottom Cold Waters(YCBCW) and Kuroshio Warm Current(KWC) on the study area.

The distribution of total nitrogen(TN) and total phosphorus(TP) in water were in the ranges of $0.99\text{mg}/\ell \sim 0.493\text{mg}/\ell$ and $0.002\text{mg}/\ell \sim 0.032\text{mg}/\ell$ respectively. The concentration of dissolved nutrients in the surface water had a significantly negative correlation with the salinity contents, which appears to be resulted from the YCW influence on the surface layer.

The distribution of particulate organic carbon(POC) and particulate organic nitrogen(PON) were in the ranges of $54\mu\text{g}/\ell \sim 481\mu\text{g}/\ell$ and $6\mu\text{g}/\ell \sim 85\mu\text{g}/\ell$ respectively, with relatively high level of concentration in the western and southern sides of the study area. Also, there has been a significantly positive correlation between POC and PON, gradually increasing toward the deeper range of depth.

Average C:N ratios of POC and PON of SPM were 6 in study area. The ratios of POC to PON of SPM increased as the range of depth increased, indicating nitrogen decomposes more rapidly than carbon and is considered to be influenced by the input of detritus from surface sediments.

The distribution of total organic matter(TOM), total organic carbon(TOC) and total organic nitrogen(TON) in surface sediments were in the ranges of 3.1%~9.6%, 0.282%~0.635% and 0.022%~0.069% respectively with relatively low range in the western and northern sides of the study area. The ratio of TOC to TON of surface sediments were in the range of 9.8~17.4(average of 13), strongly indicating the active role of the input from the terrestrial organic pollutants.



I. 서론

해양에서의 입자성 부유물질은 해수와 퇴적물간의 물리, 화학적 반응이나 퇴적과정을 통하여 해수의 화학적 조성을 결정하는 중요한 인자로 작용한다.

북서동중국해에 해당하는 연구지역은 대부분 수심이 200m이하의 대륙붕으로 형성된 천해역으로 북쪽으로는 황해남부와 접해있고 남동쪽으로는 북태평양과 접해있다. 특히 동중국해 북서해역은 대마난류수, 중국대륙육상수유입, 황해냉수괴 유입 등으로 복잡한 양상을 띄는 해역으로 동중국해 대륙붕 가장자리를 따라 쿠로시오의 지류인 고온고염인 대마난류수가 겨울철에는 북서쪽으로 확장하고(Nitani, 1972), 여름철에는 남동쪽으로 후퇴하는 것으로 보고되고 있고(한국해양연구소.BSPE 99754-0012 44-1; 김, 등1986,1994 ; Guan, 1994), 또한 Wang *et al.*(1992)은 동중국해에서 영양염 분포 연구에서 전선이 존재하며 이를 분석하면 수괴의 분류는 물론 해수의 흐름 방향을 파악할 수 있다고 보고한 바 있다.

이처럼 해황이 복잡한 본 해역의 해역수질의 특성을 파악하기 위해서는 입자성물질의 조사와 용존물질 및 퇴적물 연구가 필요한데 이는 용존물질과 입자성물질, 퇴적물질의 동태는 서로 다르기 때문에 동시에 분석하여 특성을 파악할 필요가 있다. 또한 해양내의 입자유기물질의 대부분을 차지하는 식물플랑크톤이 유사한 물리, 화학적 환경 조건에서 성장할 때 그들의 크기나 분류 군에 관계없이 유사한 유기물 조성을 갖는 것으로 알려져 있다(Parson *et. al.*, 1961 ; Morris. 1981). 따라서 해역 자체 생물 생산에 의해 생성된 입자유기물 조성이 그 기원 생물 주변 환경에서 상당한 기간동안 적응해온 결과의 산물이라는 것과 수주환경요인 들의 짧은 전환시간(turnover time)을 고려한다면 어떤 시점에서의 수주 환경자체보다 오히려 입자유기물질의 가지는 특성들이 오랜 시간동안 그 해역의 환경변화와 생물의 반응을 더 잘 대변해 줄 수 있을 것이다(Hecky and Kilham. 1988).

한편 담수와 함께 유입되는 영양염 및 입자성 유기물질은 인접한 해안에서 일어나는 물질순환 과정과 이곳에 서식하는 생물들에게 유기, 무기물질의 중요

한 공급원이 된다. 본 조사지역인 동중국해는 중국대륙이 양자강과 황하강 그리고 주변 육지의 크고 작은 강들을 통해 막대한 양의 육상기원 퇴적물이 유입되어 퇴적되고 있다(Milliman and Meard. 1983 ; Schubel *et al.*, 1984). 따라서 육상수의 영향을 받는 동중국해에서 일어나고 있는 여러 과정을 이해하는데 있어 담수의 유입영향을 파악하는 연구도 매우 중요하다. 또한 비료 및 유기체제 사용량이 늘어난 결과 해양으로 영양염 공급이 증가하면서 해양에서 유기탄소생산은 더욱 가속될 가능성도 높은 것으로 인식되고(Vercoutere, *et al.*, 1987)있으며, 해양퇴적물의 지화학적 특성 연구는 퇴적물의 근원지 추정과 해양환경에서 일어나는 퇴적물의 운반과 확산양상 및 제반 환경적 요인을 알 수 있는 지표가 되는 것으로 보고되고 있다(Folger, 1972).

우리 나라 주변해역에서의 입자성 유기물질과 표층 퇴적물의 화학성분 분포에 관한 연구는 최. 정(1972)의 낙동강 하구 수역의 영양염류와 유기 현탁물질에 관한 연구 및 이. 강(1994)의 한국진해만 입자유기물 함량과 C: N: P비의 연변화. 김(1993)의 마산만에서의 입자성 부유물질의 지화학적 특성에 관한 연구 등이 있으며 표층퇴적물에 관한 연구로는 최등(2000)의 시화호 퇴적물의 유기탄소, 유기질소 및 중금속 함량과 분포에 관한 연구, 한등(1999)의 동해 감포해역 대륙붕 및 대륙사면 퇴적환경에서 탄소순환에 관한 연구, 윤등(1989)의 제주도 서남해역의 해저퇴적물 특성 및 고(1999)의 동중국해 표층퇴적물의 지화학적 특성 이외에는 매우 미약하다. 또한 현재까지 동중국해의 영양염 및 입자성유기물 및 표층퇴적물을 동시에 조사한 연구는 전무한 편이다.

따라서 본 연구는 동중국해의 하계 수질특성을 파악하고 입자성 부유물질 과 표층퇴적물의 C, N분석을 통한 수중입자성 유기물함량 및 유기탄소, 유기질소 함량. 퇴적물의 유기탄소, 질소 함량을 분석하여 해역의 특성 및 각 성분간의 영향을 이해하는데 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 재료 및 방법

2.1. 조사방법

본 연구조사는 2000년 7월 7일부터 7월 18일까지 제주도 남서쪽해역인 동경 122°E에서 126°30' E, 북위 31°에서 32°30' (Fig. 1)의 15개 정점에서 조사되었다. 채수는 반돈채수기로 채수하였고 표층퇴적물 시료채취는 Van Veen Grab Sampler를 사용하여 선정된 15개 정점에서 채취하였다.

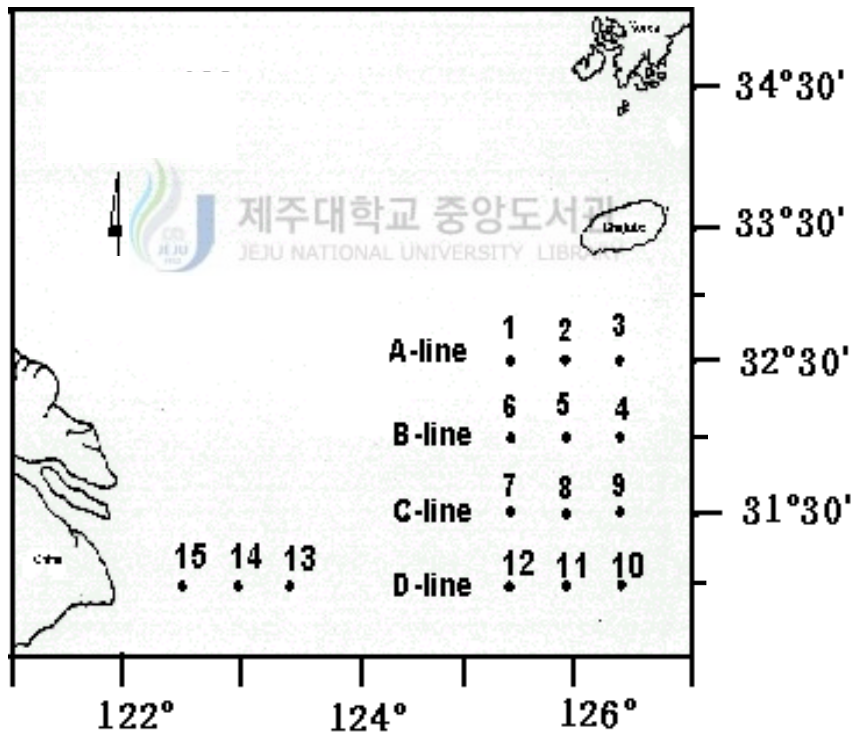


Fig.1. Location of sampling station in the East China Sea

2.2. 분석방법

채수된 시료는 냉장보관 후 실험실로 옮겨 다음과 같은 방법으로 분석하였다.

수온 및 염분은 현장에서 CTD(SBE 19)를 이용하여 측정하였으며, 영양염류의 측정은 반자동채수기로 채수된 시료를 Standard Methods (1989), Solorzano (1969)의 방법에 따라 UV-흡수분광광도계(Model Shimadzu UV-1201)를 이용하여 흡광도를 측정하였다.

인산염 인($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) 분석은 Ascorbic acid method를 이용하였으며 Ammonium molybdate, H_2SO_4 , potassium antimonyl tartrate의 혼합 시약을 시료에 가하여 황색의 인 몰리브덴산 착제를 형성하고 이를 ascorbic acid로 환원하여 청색의 몰리브덴청이 생성되면 파장 880nm에서 흡광도를 측정하였다. 그리고 총질소(TN)는 분석 기기 TN analyser(DOHRMANN DN-1000)를 이용하여 분석하였다.

입자성 부유물질(suspended particulate matter, SPM) 분석은 현장에서 시수 1~3ℓ를 미리 무게를 잰 GF/C 여과지에 여과하여 105~110℃에서 2시간 건조시킨 후 여과지 무게를 달아 여과전의 GF/C의 무게차를 산출하는 상압가열건조법에 의하여 구하였다(Strickland and Parsons, 1972).

입자성 유기탄소(particulate organic carbon ; POC) 및 질소 (particulate organic nitrogen ; PON)를 측정하기 위한 시료는 해수 100ml~200ml를 450℃에서 회화시킨 유리섬유 여과지(GF/C, 직경 13mm)로 현장에서 여과 한 후, 분석시 까지 냉동보관하였다. 분석은 건조 연소 방법(dry combustion techniques)으로 여과지를 50℃에서 24시간 동안 건조시킨 후 전처리하여 CHN analyser(Leco CHN-1000)로 측정하였다(Sharp, 1974 ; Telek and Marshall, 1974).

퇴적물중 유기물함량 측정은 염분이 제거된 시료를 곱게 분쇄하여 그 중 2g
를 취하여 도가니에 넣고 550℃의 전기로에서 1시간 30분 동안 방치한 후 그
중량치를 이용하여 유기물을 측정해 그 값을 %로 환산하였다.

퇴적물중 총유기 탄소 및 질소의 분석은 퇴적물을 50℃에서 24시간 이상 건
조후 곱게 분쇄하여 약 2g 정도에 HCl을 처리하여 퇴적물중의 총 유기탄소,
질소를 측정하였고, 각각 같은 시료에는 무처리하여 총탄소, 질소를 CHN
analyser(Leco CHN-1000)으로 측정하였다(Sharp, 1974 ; Telek and Marshall,
1974).

탄산염 함량은 $\text{CaCO}_3(\%) = (\text{총탄소} - \text{총유기탄소}) \times 88.33$ 의 화학양론적으로
계산하였다.



Ⅲ. 결과 및 고찰

본 연구는 동중국해 북, 서해역의 부유물질의 분포특성 및 용존물질, 퇴적물 내 C, N 분석을 통하여 해역의 특성을 이해하기 위해 2000년 7월 7일부터 7월 18일까지 제주도 남서쪽해역인 동경 122°E에서 126°30' E, 북위31°에서 32°30' (Fig. 1)의 15개 정점에서 채수 및 표층퇴적물을 채취하여 수온, 염분, 영양염류의 분석 및 입자성부유물질, 표층퇴적물 등의 C, N 분석결과를 토대로 이들 해역에서 유기탄소 및 질소의 분포특성을 파악하였다.

특히 Fig. 1에서 북위 32°30', 동경 125°30' 에서, 동경 126°30' 까지의 A-line, 북위 32°, 동경 125°30' 에서, 동경 126°30' 까지의 B-line, 그리고, 북위 31°30', 동경 125°30' 에서, 동경 126°30' 까지의 C-line, 북위 31°, 동경 125°30' 에서, 동경 126°30' 까지의 D-line을 중심으로 하여 결과를 고찰하고자 한다.

3.1 결과 및 고찰



3.1.1 수온, 염분

수온(temperature)분포

Fig.2 조사해역의 연직 수온 분포이다. 전체 수온분포는 13.4°C에서 27.1°C의 분포를 보이고 있다(Table.1).

각 line 별 분포 특성을 살펴보면, A-line 13.4°C~26.0°C의 범위를 보이고 Fig.2의 A-line 10m에서 20m의 수온 변화를 보면 약 8°C이상 차이를 보이는 수온 약층이 존재하고 있으며 이 약층은 정점3으로 갈수록 약해지는 경향을 보이고 있다. 또한 정점1, 2의 40m에서 50m사이에 14°C이하의 저온수괴가 보여지고 있다.

B-line의 수온은 13.8°C~26.1°C의 분포를 보이고 Fig.2의 B-line의 10m에서

20m사이에 수온약층이 존재하고 있으며 정점4의 저층의 온도 분포가 라인 서쪽보다 높게 나타나고 있다. B-line에서도 정점 6, 5의 40m에서 저온의 수괴가 보이고 있다.

C-line의 수온은 13.6°C~26.9°C의 분포를 보이고 C-line 역시 약 10m~20m사이에 수온약층이 보이며 line 동쪽이 수온 분포가 서쪽보다 높은 경향을 갖고 있다. 또한 정점8의 저층에서 A, B-line의 저온수괴의 흔적이 보이고 있다.

D-line의 수온은 14.3°C~27.1°C의 분포를 보이고 10m~25m사이에 수온약층이 형성되었으며 D-line의 동, 서 수온분포는 비슷한 경향을 보였다. A,B,C-line의 저층에 보이던 14°C이하의 저온의 수괴는 나타나지 않고 있다.

양자강 유역의 정점13, 14, 15에서는 표층의 수온이 평균26.2°C로 나타나고 있다.

이처럼 수온의 경우(Fig.2) 평균 18.68°C이며, 13.4°C~27.1°C범위로 수심 10m에서 20m사이에 강한 수온약층이 전체적으로 형성되어 표,저층간에 수직 혼합이 잘 이루어지지 않고 있음을 보여준다. 또한 표층에서는 뚜렷하지 않으나 20m이하수심에서는 동고서저의 수온 분포양상을 보였다. 이상의 결과에서 수온이 중국연안쪽해역에서 낮고 외해역에서 높은 동고서저의 분포양상을 보이는 것은 동쪽은 쿠로시오난류의 영향을 많이 받는 해역이며(Lin *et al.*, 1993) 수심 30m에서 50m사이 14°C이하 저온수의 동쪽으로의 관입이 관찰되었는데 이는 황해저층냉수의 세력에 밀려 일어나는 가능성을 제시할 수 있다(한국해양연구소. BSPE 99754-001244-1).

염분(salinity)분포

Fig.3은 조사해역의 연직 염분분포이다. 전체 염분분포는 29.1‰~34.1‰의 분포를 보이고 있다.

각 line 별 분포 특성을 살펴보면, A-line은 31.2‰~34.1‰의 범위를 보이고, B-line의 염분은 30.4‰~33.8‰의 분포를 보이고, C-line의 염분은 29.1‰~34.0‰의 분포를 보이며, D-line의 염분은 30.5‰~33.6‰의 분포를 보이고 있다.

정점13, 14, 15의 표층의 염분은 약 13.1‰~29.9‰로 양자강의 영향을 받고

있음을 예상할 수 있다(Table.1).

이처럼 염분분포는 평균 32.2‰로 29.1‰~34.1‰의 범위를 보이며 수심 약 10m~20m사이 염분 32.5‰를 중심으로 약한 염분전선대를 보이고 있다.

Kim and Rho(1991)는 중국대륙연안수의 지표가 되는 염분농도를 32‰로 보고하고 있으며 제주도 부근해역까지 출현한다고 보고하고 있다. Kim et al. (1991)과 오, 강(1999)에 따르면 하계 제주도 서쪽에서는 25m 두께로 분포하고 동중국해 북부해역에서는 30m 두께로 분포한다고 보고하고 있다. 그러나 본 연구에서는 약 10m의 두께로 동중국해 동쪽까지는 영향을 주지 못하고 있는 것으로 나타났다. 또한 양자강 유입수의 영향에 의한 것으로 보이는 정점1, 6, 7, 12 즉 line 서쪽이 표층에서 낮은 염분의 농도가 나타나고 있으며 이는 특히 C, D-line의 서쪽의 표층에서 뚜렷하게 보이고 있다.

조사해역의 수온, 염분분포 특성을 보면 중국의 양자강유입수, 쿠로시오해류, 황해저층냉수 등의 복합적으로 영향을 주고있는 해역으로 나타나고 있다(한국 해양연구소. BSPE 99754-00-1244-1).



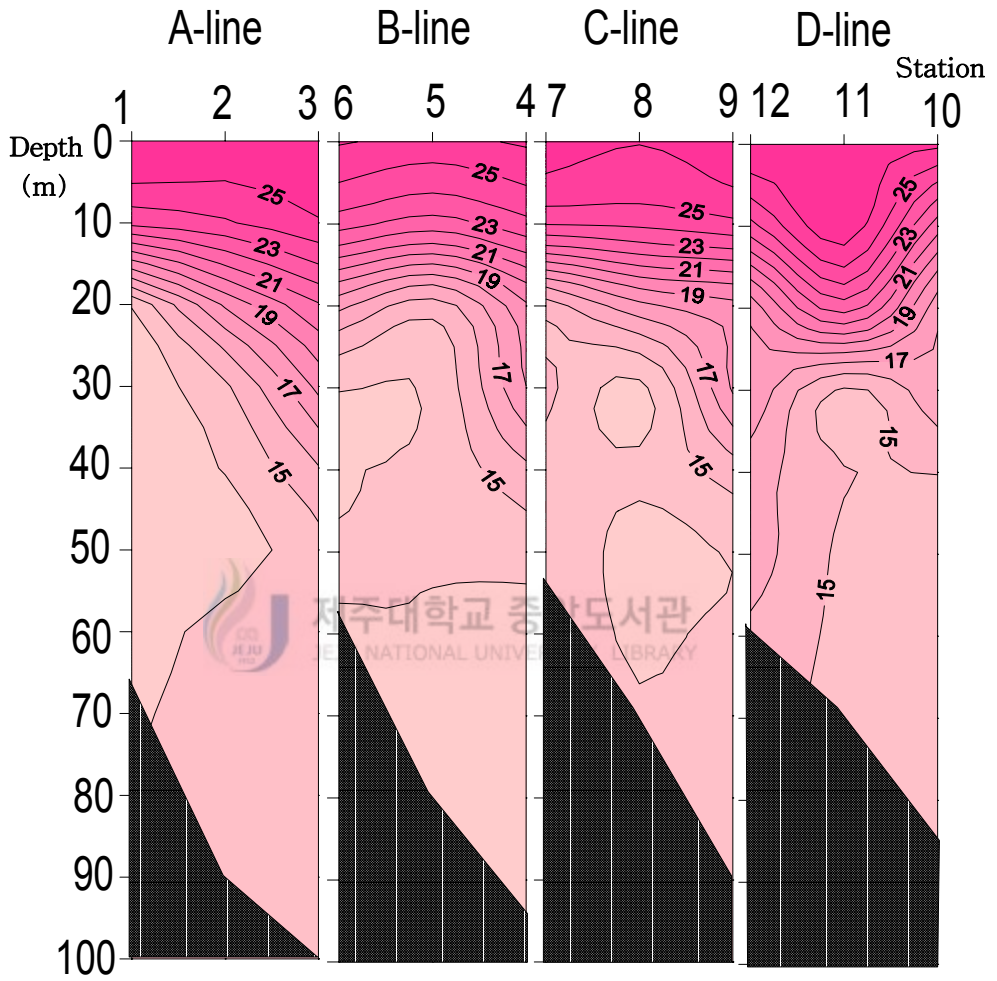


Fig. 2. Vertical distribution of value of water temperature(°C) in study area

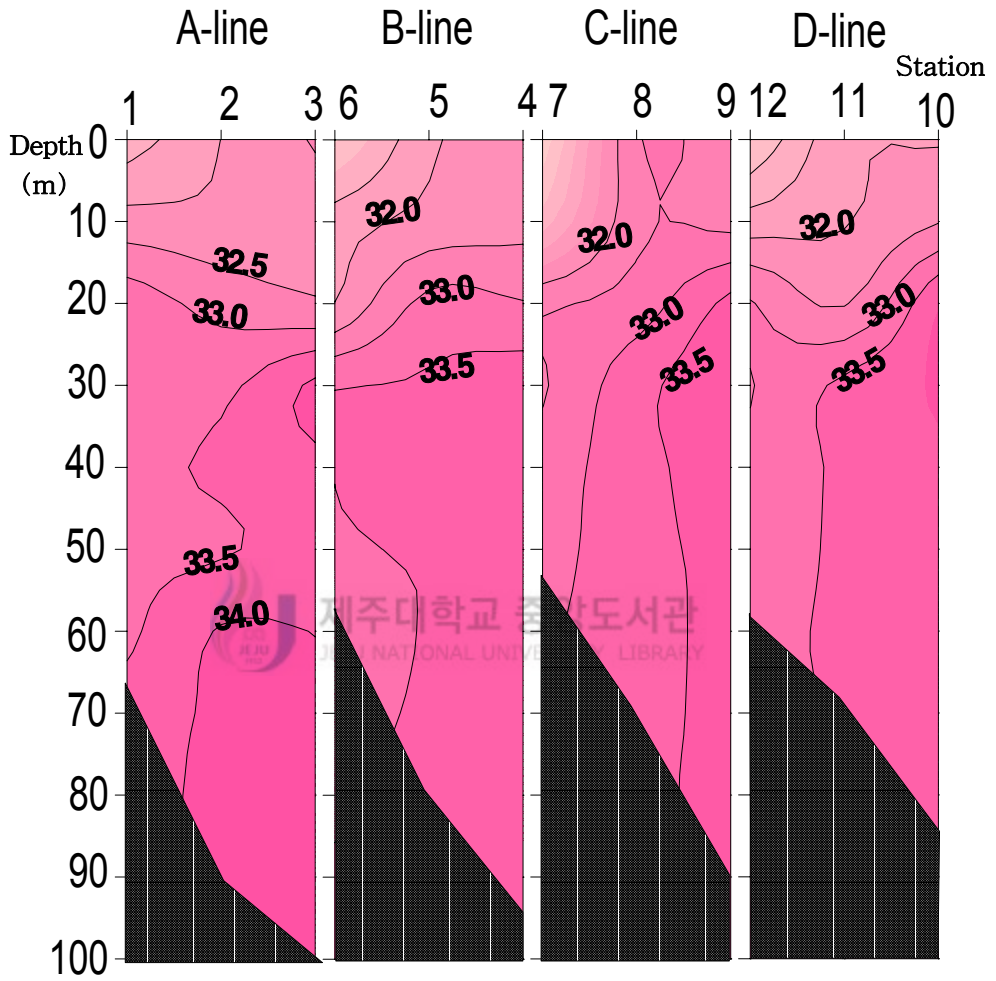


Fig. 3. Vertical distribution of value of salinity(‰) in study area

3.1.2 영양염류

총질소(total nitrogen ; TN)분포

Fig.4 조사해역의 연직 총질소 분포이다. 전체 총질소(total nitrogen ; TN)의 농도는 $0.099\text{mg}/\ell \sim 0.493\text{mg}/\ell$ 의 분포를 보이고 있다.

각 line 별 분포 특성을 살펴보면, A-line 총질소의 분포는 $0.152\text{mg}/\ell \sim 0.493\text{mg}/\ell$ 의 범위를 보이고 Fig.4의 A-line 정점1의 표층에서 높은 값을 보이고있으며 저층으로 갈수록 낮은 농도를 보이거나 저층에서 다시 값이 높아지는 현상을 나타냈다.

B-line TN의 농도는 $0.124\text{mg}/\ell \sim 0.336\text{mg}/\ell$ 의 분포를 보이고 Fig.4의 B-line에서 표층에서 낮은 값을 보이고있으며 저층으로 갈수록 높은 농도를 보이는 현상을 나타냈다.

C-line TN의 농도는 $0.105\text{mg}/\ell \sim 0.307\text{mg}/\ell$ 의 분포를 보이고 Fig.4의 C-line에서 정점8, 9에서는 표층이 높은 농도를 보이고 있으며 수심이 깊어질수록 낮아지다 저층에서 다시 높아지는 현상을 보였다. 정점7의 저층에서 $0.307\text{mg}/\ell$ 의 높은 농도를 보이고 있었다.

D-line TN의 농도는 $0.099\text{mg}/\ell \sim 0.170\text{mg}/\ell$ 의 분포를 보이고 Fig.4의 D-line에서 표층에서 낮은 값을 보이고 있으며 저층으로 갈수록 높은 농도를 보이는 현상을 나타냈다.

오 등(1999)의 동중국해에서의 8월 무기질소의 농도는 $0.032\text{mg}/\ell \sim 0.109\text{mg}/\ell$ (평균 $0.073\text{mg}/\ell$)의 범위를 보이고 있으며 본 연구의 총질소 평균값은 $0.221\text{mg}/\ell$ 의 농도로 다소 높은 값을 보였다.

총질소의 분포 특성은 저염수(양자강유출수)의 영향을 받는 표층의 분포는 염분과 음의 상관관계($R^2=0.7487$)을 보였고, 전체적으로는 표층보다는 낮은 상관성($R^2=0.5908$)을 보였다(Fig.6).

이처럼 표층에서 저염수의 영향을 받아 총질소의 농도가 높고 수심이 깊어질수록 낮아지는 경향을 보이며 다시 저층에서 표층퇴적물의 영향에 의해 높아지는 것으로 보여진다.

총인(total phosphorus ; TP)분포

Fig.5 조사해역의 연직 총인의 분포이다. 전체 총인 (total phosphorus ; TP) 분포는 $0.002\text{mg}/\ell \sim 0.032\text{mg}/\ell$ 의 분포를 보이고 있다.

각 line 별 분포 특성을 살펴보면, A-line 총인의 분포는 $0.004\text{mg}/\ell \sim 0.027\text{mg}/\ell$ 의 범위를 보이고 Fig.5의 A-line 표층이 낮고 저층으로 갈수록 높아지는 현상을 보였다. line 동, 서 분포가 비슷한 양상을 보인다.

B-line 총인의 농도는 $0.002\text{mg}/\ell \sim 0.027\text{mg}/\ell$ 의 분포를 보이고 Fig.5의 B-line에서 표층에서 낮은 값을 보이고있으며 저층으로 갈수록 높은 농도를 보이는 현상을 나타냈다. 정점6의 30m에서 $0.025\text{mg}/\ell$ 의 높은 농도를 보이고 있으며 line의 서쪽이 높은 농도를 보이고 있다.

C-line 총인의 농도는 $0.006\text{mg}/\ell \sim 0.025\text{mg}/\ell$ 의 분포를 보이고 Fig.5의 C-line에서 표층에서 낮은 값을 보이고있으며 저층으로 갈수록 높은 농도를 보이는 현상을 나타냈다. line의 서쪽이 높은 농도를 보이고 있다.

D-line 총인의 농도는 $0.002\text{mg}/\ell \sim 0.032\text{mg}/\ell$ 의 분포를 보이고 Fig.5의 D-line에서 표층에서 낮은 값을 보이고있으며 저층으로 갈수록 높은 농도를 보이는 현상을 나타냈다. 정점10의 50m에서 $0.032\text{mg}/\ell$ 의 높은 농도를 보이고 있으며 line의 동, 서 분포는 A, B, C-line과는 다른 동쪽이 높은 농도를 나타내었다.

총인의 분포 특성은 저염수(양자강유입수)의 영향을 받는 표층의 분포는 염분과 음의 상관관계($R^2=0.4502$)를 보였고, 전체적으로는 낮은 상관성($R^2=0.0079$)을 보였다(Fig.6).

총인의 분포는 총질소와 달리 line 간 평균 $0.013\text{mg}/\ell \sim 0.016\text{mg}/\ell$ 의 분포로 line간 정점간의 차이가 매우 적으며 비교적 일정한 농도 분포를 보였다. 이러한 현상은 남해 표층수에도 보고된 바 있는데(Kim. et. al., 1998), 이는 인산인이 수화철에 의해 제거, 현탁물질에 의해 흡착 및 탈착되었기 때문으로 사료되며 수온, 염분 및 산화환원상태등의 환경변화에 따른 흡착, 탈착 등의 차이 때문에 나타난 것으로 알려져 있다(Tanaka. et. al., 1987).

Table. 1. Chemical analysis of water in study area

St.No.	Depth(m)	Temp. (°C)	Salinity (‰)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)
1	0	25.97	31.22	0.493	0.004
	30	13.42	33.37	0.201	0.015
	50	13.36	33.39	0.188	0.023
2	0	25.58	32.01	0.298	0.009
	30	14.82	33.38	0.152	0.011
	50	13.46	33.45	0.240	0.021
	80	14.46	34.07	0.240	0.027
3	0	25.85	32.55	0.271	0.004
	30	18.27	34.11	0.240	0.006
	50	14.67	33.78	0.221	0.017
	95	14.65	34.08	0.407	0.023
	mean	17.68	33.22	0.268	0.014
4	0	26.14	32.28	0.124	0.002
	30	17.98	33.76	0.137	0.006
	50	14.40	33.55	0.224	0.008
	90	13.98	33.76	0.336	0.027
5	0	25.71	31.90	0.181	0.011
	30	14.22	33.56	0.198	0.013
	50	14.05	33.52	0.134	0.015
	75	13.87	33.53	0.194	0.021
6	0	26.09	30.43	0.134	0.004
	30	14.05	33.48	0.187	0.025
	50	14.04	33.47	0.215	0.015
	mean	17.68	33.02	0.187	0.013

Table. 1. Chemical analysis of water in study area

St.No.	Depth(m)	Temp. ($^{\circ}$ C)	Salinity ($\%$)	T-N (mg/ ℓ)	T-P (mg/ ℓ)
7	0	26.79	29.13	0.261	0.006
	30	15.26	32.44	0.161	0.015
	50	14.91	32.75	0.307	0.023
8	0	26.05	32.46	0.203	0.013
	30	13.76	33.31	0.168	0.019
	50	13.62	33.35	0.148	0.025
9	0	26.92	32.08	0.105	0.009
	30	18.14	33.96	0.253	0.006
	50	14.10	33.62	0.171	0.017
	80	14.17	33.64	0.103	0.025
mean		18.37	32.67	0.188	0.016
10	0	26.24	31.96	0.139	0.009
	30	16.75	34.06	0.143	0.017
	50	14.29	33.66	0.151	0.032
	75	14.32	33.66	0.176	0.023
11	0	26.63	31.86	0.099	0.006
	30	14.85	33.61	0.132	0.004
	50	14.79	33.62	0.170	0.014
12	0	27.17	30.49	0.115	0.002
	30	17.82	32.97	0.151	0.012
	50	16.54	33.01	0.137	0.009
mean		18.94	32.89	0.141	0.013
13	0	26.81	29.92	0.275	0.002
14	0	25.43	20.18	0.518	0.012
15	0	26.34	13.08	0.869	0.022
mean		26.19	21.06	0.554	0.012
T-mean		18.68	32.17	0.221	0.014

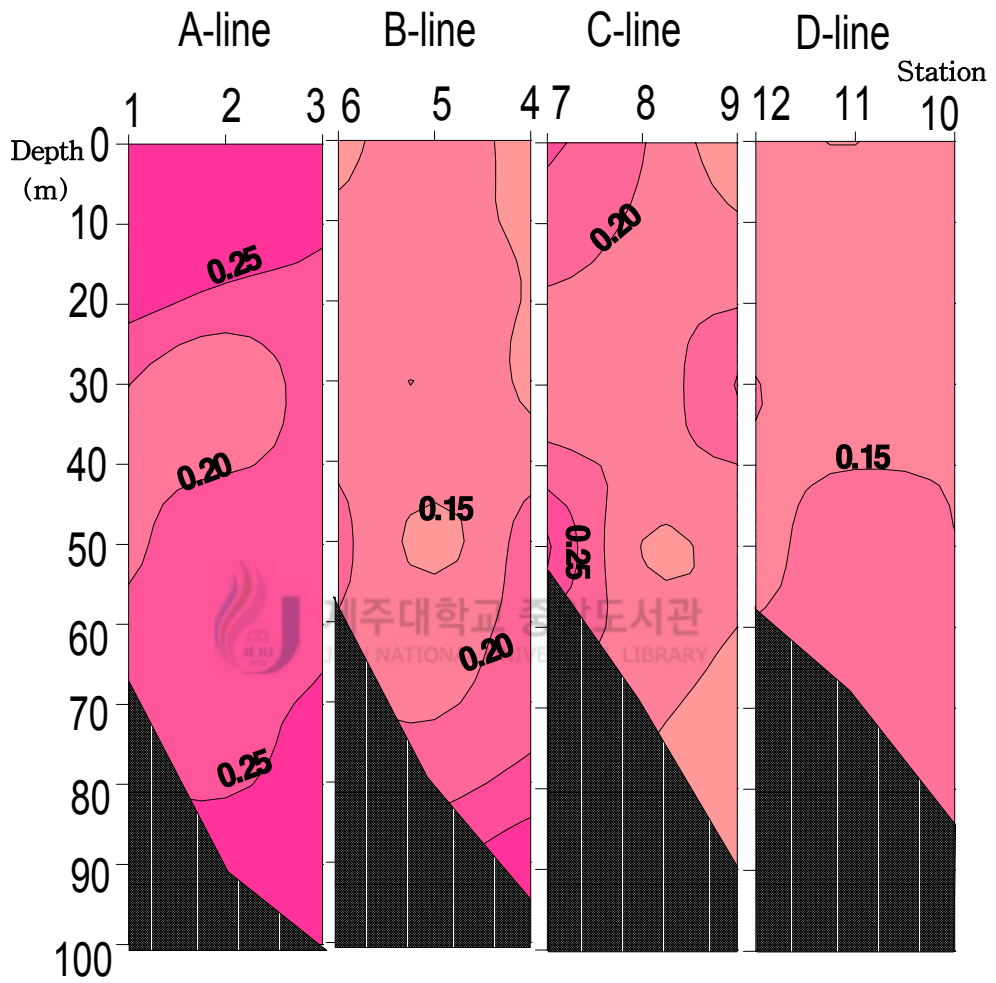


Fig. 4. Vertical distribution of value of TN(total nitrogen; mg/ℓ) in study area

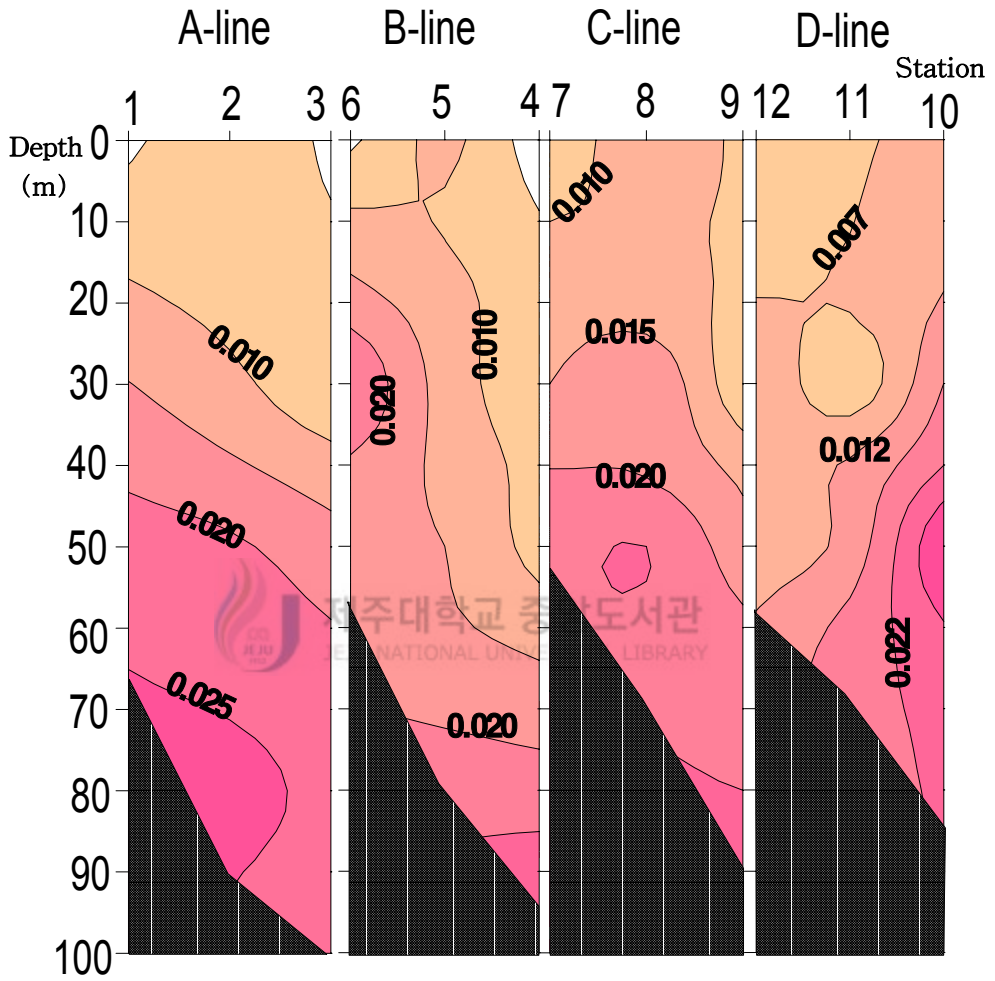


Fig. 5. Vertical distribution of value of TP(total phosphorus ; mg/ℓ) in study area

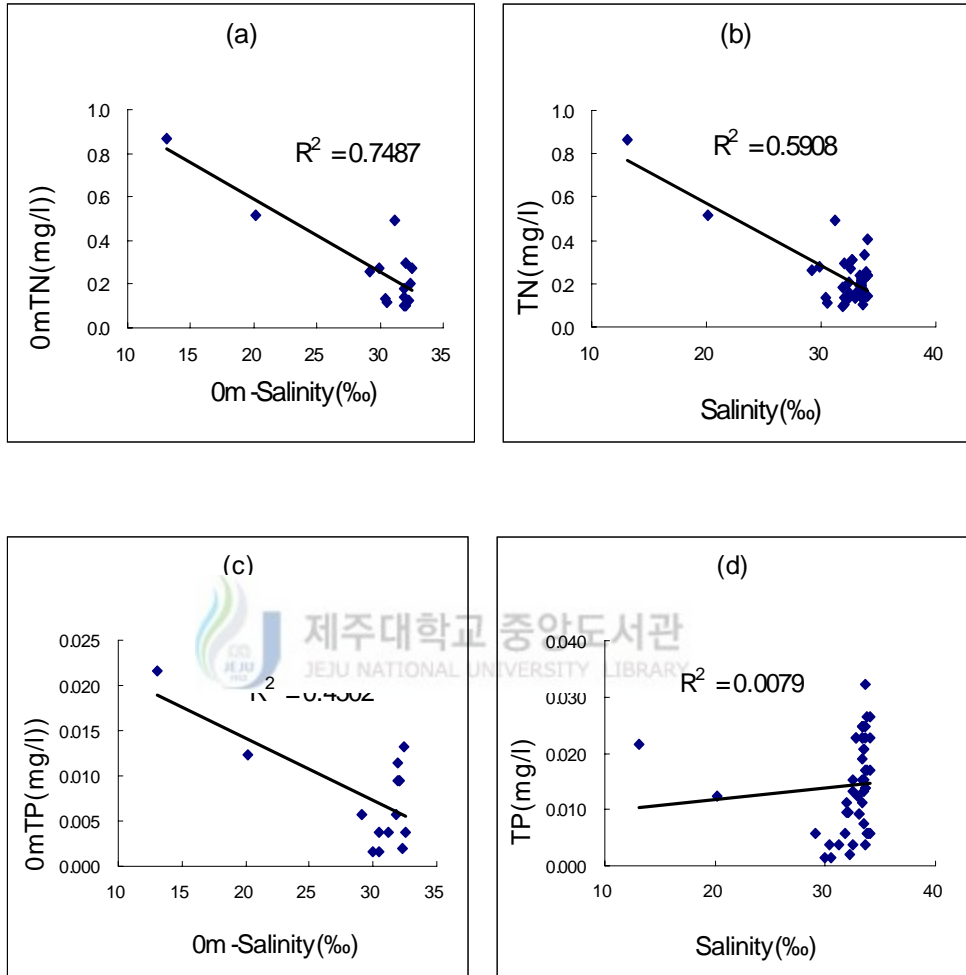


Fig. 6. Correlation between (a) salinity of surface water and TN content of surface water (b) salinity and TN content (c) salinity of surface water and TP content of surface water (d) salinity and TP content in study area

3.1.3 입자성 부유물질(Suspended particulate matter : SPM) 및 C, N분포

입자성 부유물질(Suspended particulate matter ; SPM)분포

Fig.7 조사해역의 연직 입자성 부유물질의 분포이다. 전체 입자성 부유물질의 분포는 $3.87\text{mg}/\ell \sim 20.27\text{mg}/\ell$ 의 범위를 보이고, 평균 $9.68\text{mg}/\ell$ 의 농도를 보인다 (Table.2).

부유물질의 농도는 일반적으로 육상수의 유입 및 동. 식물플랑크톤의 생산, 퇴적물로부터의 재부유 등에 의해 의존된다.

각 line 별 분포 특성을 살펴보면, A-line SPM의 분포는 $4.47\text{mg}/\ell \sim 14.13\text{mg}/\ell$ 의 범위를 보이고 평균 $8\text{mg}/\ell$ 의 농도를 나타낸다. Fig.7의 A-line 표층이 낮고 저층으로 갈수록 높아지는 현상을 보이는데 이는 해저퇴적물이 와류등에 의한 재부유 때문으로 사료되며, line 동, 서 분포가 비슷한 양상을 보인다.

B-line SPM의 분포는 $5.80\text{mg}/\ell \sim 18.40\text{mg}/\ell$ 의 범위를 보이고 평균 $11.87\text{mg}/\ell$ 의 농도를 나타낸다. Fig.7의 B-line 표층이 낮고 저층으로 갈수록 높아지는 현상을 보이며, line 동, 서 분포는 서쪽이 높은 농도를 보인다.

C-line SPM의 분포는 $8.13\text{mg}/\ell \sim 20.27\text{mg}/\ell$ 의 범위를 보이고 평균 $11.95\text{mg}/\ell$ 의 농도를 나타낸다. Fig.7의 C-line 표층이 낮고 저층으로 갈수록 높아지는 현상을 보였다. line 동, 서 분포는 서쪽이 높은 농도를 보이는 경향이 뚜렷하다.

D-line SPM의 분포는 $3.87\text{mg}/\ell \sim 13.67\text{mg}/\ell$ 의 범위를 보이고 평균 $7.85\text{mg}/\ell$ 의 농도를 나타낸다. Fig.7의 D-line 표층이 낮고 저층으로 갈수록 높아지는 현상을 보였다. 정점11의 30m에서 $13.67\text{mg}/\ell$ 로 저층보다 높은 농도를 보였다. 이처럼 조사해역의 입자성 부유물질 분포가 동쪽보다는 양자강 하구역에 가까운 남서쪽 해역에서 높은 농도를 보이는 것은 양자기원 부유 퇴적물이 하구역에서 북동쪽으로 이동하고 있는 것으로 사료된다.

본 연구의 입자성부유물질의 평균농도는 $9.68\text{mg}/\ell$ 이며 분포 특성은 저층의 높은 경향을 보이고 있으며 이는 플랑크톤에의 저층에서의 생산에 의한 영향보다는 입자성부유물의 침하 및 퇴적물에 의한 영향이 큰 것으로 보인다. 또한

line별 분포는 B,C-line이 A,D-line보다 높은 농도를 보였다.

입자성유기탄소(particulate organic carbon ; POC)의 연직 분포

Fig.8은 입자성유기탄소(particulate organic carbon ; POC)의 연직 분포이다. 본 해역에서의 입자성유기탄소의 분포는 $54\mu\text{g}/\ell \sim 481\mu\text{g}/\ell$ 의 범위를 보이고 평균 $135\mu\text{g}/\ell$ 의 분포를 보인다.

입자성 부유물질중의 친생물원소는 동,식물플랑크톤의 증식, 분해에 영향을 받으며, 표층해수에서 생산된 식물플랑크톤이 동물플랑크톤에 포식된 후 다시 배설되어 침강, 분해되는 속도에 의해 수층에서 입자성 부유물질 조성이 변화하게 된다(Romankevich, 1984).

A-line POC의 분포는 $67\mu\text{g}/\ell \sim 254\mu\text{g}/\ell$ 의 범위를 보이고 평균 $132\mu\text{g}/\ell$ 의 분포를 보인다. Fig.8의 A-line 수심 50m까지는 표층이 높고 저층으로 갈수록 낮아지는 현상을 보이거나 저층에서 다시 농도가 높아지는 결과를 보이고 있다. line 동, 서 분포는 서쪽이 높은 양상을 보인다.

B-line POC의 분포는 $67\mu\text{g}/\ell \sim 160\mu\text{g}/\ell$ 의 범위를 보이고 평균 $120\mu\text{g}/\ell$ 의 분포를 보인다. Fig.8의 B-line 표층에서 저층으로 갈수록 농도가 높아지는 경향을 보이며, 동서분포는 비슷한 양상을 보이고 있다.

C-line POC의 분포는 $67\mu\text{g}/\ell \sim 201\mu\text{g}/\ell$ 의 범위를 보이고 평균 $115\mu\text{g}/\ell$ 의 분포를 보인다. Fig.8의 C-line 수직적인 분포가 복잡하여 뚜렷하게 나타나지 않는다. 정점9의 30m에서 $201\mu\text{g}/\ell$ 의 높은 농도분포를 제외하면 저층으로 갈수록 높아지는 경향을 보이고 있다.

D-line POC의 분포는 $54\mu\text{g}/\ell \sim 481\mu\text{g}/\ell$ 의 범위를 보이고 평균 $182\mu\text{g}/\ell$ 의 분포를 보인다. line중 가장 높은 농도를 보이고 있으며, 특히 정점12의 저층에서 고농도의 입자성 유기탄소의 농도를 보이고 있다.

외양 유광층에 있어서 입자성 부유물질중의 유기탄소량은 해역이나 계절에 따라 큰 차이를 보이는데 표층의 평균 입자성 유기탄소량은 $0.11 \sim 50\mu\text{M}$ 정도로 분포한다(Romankevich, 1984). 이는 본 연구해역에서 측정된 입자성 유기탄소량의 범위를 포함하고 있어 동중국해의 입자성 유기탄소의 외양 분포특성을 보여

주고 있다.

입자성유기질소(particulate organic carbon ; PON)의 연직 분포

Fig.9은 입자성유기질소(particulate organic carbon ; PON)의 연직 분포이다. 본 해역에서의 입자성유기질소의 분포는 $6\mu\text{g}/\ell \sim 85\mu\text{g}/\ell$ 의 범위를 보이고 평균 $30\mu\text{g}/\ell$ 의 분포를 보이며, 유기탄소의 분포특성과 비슷한 양상을 보여주고 있다. Fig.11의 상관관계도와 같이 A-line을 제외한 line에서 유기탄소와 질소의 분포는 정의 상관성을 보여준다. .

A-line PON의 분포는 $12\mu\text{g}/\ell \sim 55\mu\text{g}/\ell$ 의 범위를 보이고 평균 $29\mu\text{g}/\ell$ 의 분포를 보인다. Fig.9의 A-line 저층으로 갈수록 낮아지는 현상을 보이며, 정점 2, 3의 30m에서 $50\mu\text{g}/\ell$ 이상의 농도가 나타나고 있다.

B-line PON의 분포는 $18\mu\text{g}/\ell \sim 49\mu\text{g}/\ell$ 의 범위를 보이고 평균 $29\mu\text{g}/\ell$ 의 분포를 보인다. Fig.9의 B-line 뚜렷한 수직적 분포 특성을 보이지 않는다.

C-line PON의 분포는 $10\mu\text{g}/\ell \sim 43\mu\text{g}/\ell$ 의 범위를 보이고 평균 $29\mu\text{g}/\ell$ 의 분포를 보인다. Fig.9의 C-line 수직적인 분포가 뚜렷하진 않으나 저층으로 갈수록 높아지는 경향을 보이고 있다.

D-line PON의 분포는 $6\mu\text{g}/\ell \sim 85\mu\text{g}/\ell$ 의 범위를 보이고 평균 $33\mu\text{g}/\ell$ 의 분포를 보인다. line중 가장 높은 농도를 보이고 있으며, 특히 정점12의 저층에서 고농도의 입자성 유기질소의 농도를 보이고 있다.

line-A.B.C의 PON의 평균농도는 $29\mu\text{g}/\ell$ 로 일정한 농도를 나타내고 있다.

본 연구해역에서 측정된 입자성 유기탄소량은 낙동강 하구에서 조사된 최정(1972)의 $4.6\mu\text{g-at}/\ell \sim 54\mu\text{g-at}/\ell$ 및 권(1993)의 $10.3\mu\text{g-at}/\ell \sim 97.8\mu\text{g-at}/\ell$, 아산만 입자유기물 조사연구의 이(1994)의 $12.5\mu\text{g-at}/\ell \sim 177.9\mu\text{g-at}/\ell$ 와는 농도를 비교하면 연구해역에서는 평균 $11.3\mu\text{g-at}/\ell$ 의 농도로 연안에 인접한 지역에 비해 낮은 농도를 나타내고 있었다. 그리고 심. 신(1989)의 천수만 해역에서의 평균 탄소함량인 $17.4\mu\text{g-at}/\ell$ 로 대륙주변에서는 낮은 값을 보였다. 외국에서의 입자성 유기탄소 및 질소의 농도를 살펴보면, Weddell-Scotia Sea 표층에서 입자성 유기탄소 및 질소의 농도는 각각 $6.20\mu\text{g-at}/\ell$, $1.1\mu\text{g-at}/\ell$ (Leynaent,

Treguer, Queguiner and Morvan, 1991)이었고, 대륙연안부 지역에서 입자성 유기탄소와 질소의 농도는 각각 $5.2\mu\text{g-at}/\ell$, $0.51\mu\text{g-at}/\ell$ 의 값을 나타내었다 (Glenn *et al.*, 1992).

그리고 남극해 indian Sector 해역의 표층수에서 보고된 농도는 입자성 유기탄소 및 유기질소가 각각 $7.2\mu\text{g-at}/\ell$, $0.79\mu\text{g-at}/\ell$ 의 농도를 보였고(Treguer *et al.*, 1988), 본 연구해역인 동중국해의 지역에서의 입자성 유기탄소와 유기질소의 평균값은 각각 $11.3\mu\text{g-at}/\ell$, $2.1\mu\text{g-at}/\ell$ 로 위의 연안역의 농도보다 외양역의 농도에 가까운 값을 보였다.

POC/PON의 분포특성을 보면, 입자성유기탄소/질소의 원자비 값은 2.5~13.9로 평균 6.0의 값을 보이고 있다(Table.2).

Fig.10을 보면 평균적으로는 Redfield ratio와 유사한 값을 보이고 있으며 A.D-line의 저층에서 높은 비를 보이고 있다. 해양식물 플랑크톤의 C/N 원소의 비 값은 3~9까지 변할 수 있다(Parson *et. at.*, 1961)고 보고되고 있으며, 본 연구해역의 비는 평균 6으로 이 해역의 대부분 입자유기물은 주로 식물플랑크톤에 기원을 두고 있다는 것을 나타낸다.

대양에서의 POM(Particulate organic matter)의 C/N비를 보면 수심이 깊어질수록 크게 나타나는데. 이것은 수층에서 COM에 함유되어 있는 질소 화합물이 탄소화합물보다 쉽게 분해, 제거되기 때문이다(Romamkevich. 1984).

위 조사해역에서도 Fig.10의 결과와 같이 수심이 깊어질수록 C/N 비의 값이 크게 나타나고 있으며 이는 입자성유기물질의 분해 및 표층퇴적물의 영향으로 보여진다. 또한 POC/PON의 평균이 6의 값을 보이고 있으나 조사해역의 수심별 POC/PON 비가 6이하의 비를 갖는 것은 이해역에서 bacterioplankton(특히 질소고정세균)의 영향으로 보여지며(Fagerbakke, *et, al.*, 1996), 혹은 질소성분을 다량 함유한 유기 쇄설물(특히 분비물)등의 영향에 의한 것으로 사료된다. 또한 D-line의 수심 30m에서 C/N 값이 10이상으로 높은 값을 보여 양자기원 부유물이 이곳까지 이동되고 있음을 추측케 한다.

Table. 2. Chemical analysis of suspended particulate matter in study area

St.No.	Depth(m)	SPM mg/L	POC (ug/l)	PON (ug/l)	C/N (atomic)
1	0	4.47	254	33	9.0
	30	8.07	147	26	6.6
	50	7.80	174	15	13.9
2	0	5.07	80	39	2.4
	30	7.53	120	52	2.7
	50	7.07	67	32	2.5
	80	14.13	200	19	12.5
3	0	5.80	120	16	9.0
	30	7.33	121	55	2.6
	50	9.07	94	24	4.5
	95	11.67	80	12	7.5
mean		8.00	132	29	6.6
4	0	8.27	67	19	4.1
	30	8.73	120	33	4.3
	50	10.07	134	49	3.2
	90	14.67	147	26	6.5
5	0	8.20	67	21	3.7
	30	10.07	147	44	3.9
	50	15.20	134	26	6.1
	75	18.40	120	20	7.2
6	0	5.80	94	18	6.1
	30	16.13	134	32	4.9
	50	15.07	160	28	6.7
mean		11.87	120	29	5.2

Table. 2. Chemical analysis of suspended particulate matter in study area

St.No.	Depth(m)	SPM mg/L	POC (ug/l)	PON (ug/l)	C/N (atomic)
7	0	11.20	120	31	4.5
	30	13.33	80	15	6.2
	50	20.27	147	43	4.0
8	0	10.20	67	20	3.9
	30	9.73	134	37	4.2
	50	16.33	120	43	3.3
9	0	10.20	67	10	7.7
	30	8.13	201	32	7.4
	50	10.13	94	32	3.4
	80	10.00	120	32	4.4
mean		11.95	115	29	4.9
10	0	5.47	54	33	1.9
	30	3.87	267	28	11.0
	50	6.33	120	23	6.0
	75	9.73	94	21	5.2
11	0	6.67	61	10	7.2
	30	13.67	71	6	13.8
	50	11.07	107	12	10.2
12	0	6.60	120	37	3.8
	30	6.47	441	70	7.4
	50	8.60	481	85	6.6
mean		7.85	182	33	7.3
13	0	5.20	120	40	3.5
14	0	6.20	120	51	2.7
15	0	7.60	94	11	9.5
mean		6.33	111	34	5.3
T-mean		9.68	135	30	6.0

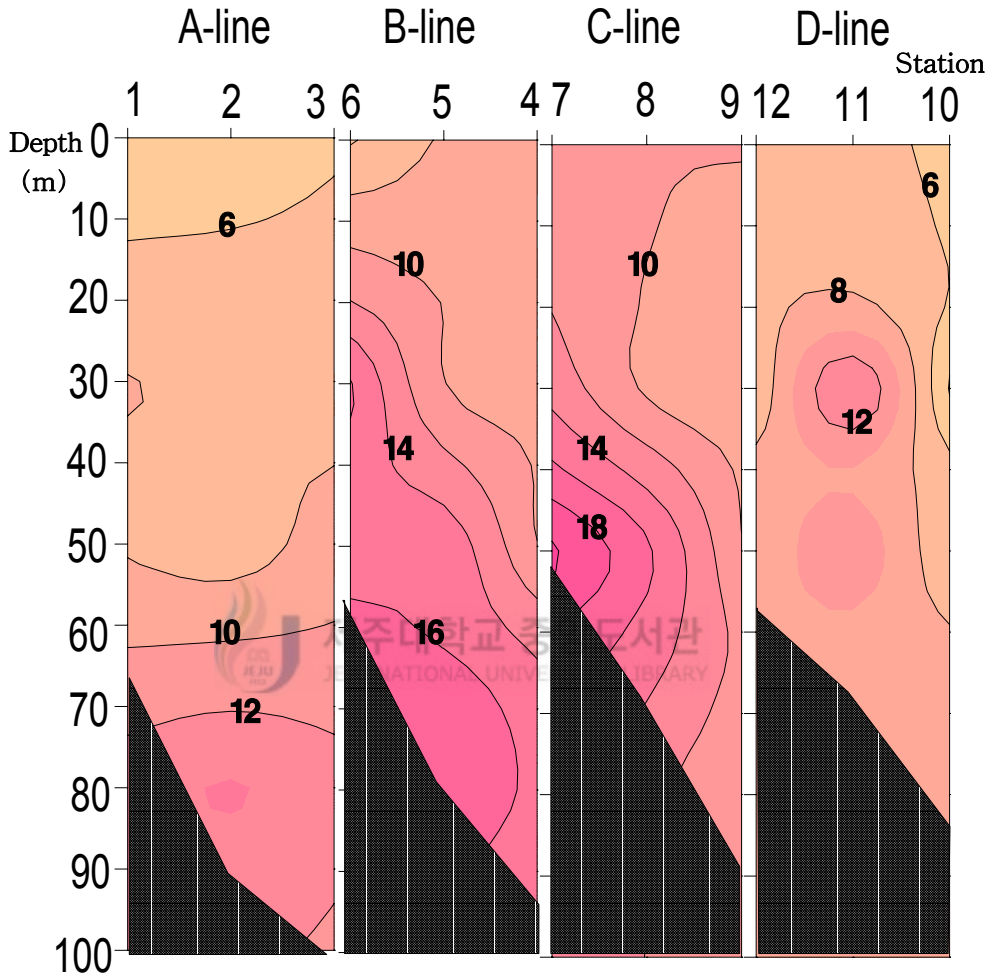


Fig. 7. Vertical distribution of value of SPM(suspended particulate matter ; mg/ℓ) in study area

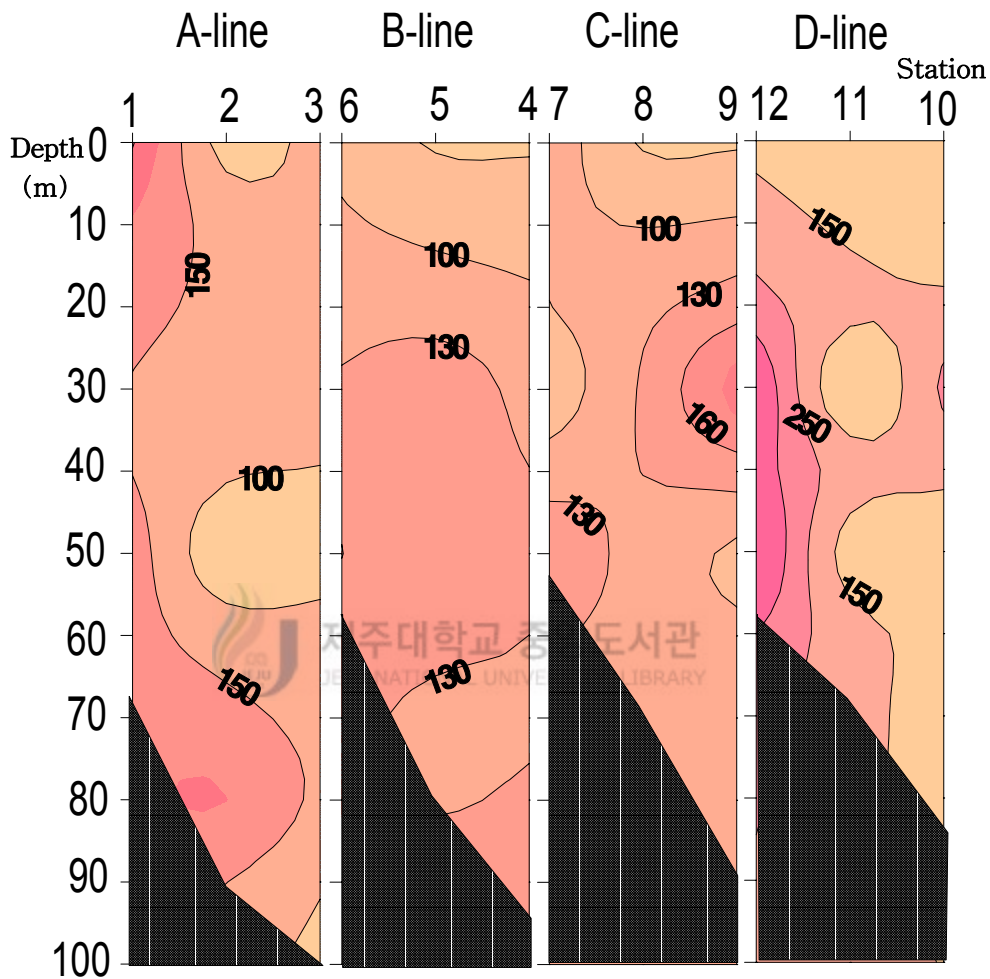


Fig. 8. Vertical distribution of value of POC(particulate organic carbon ; $\mu\text{g}/\ell$) in study area

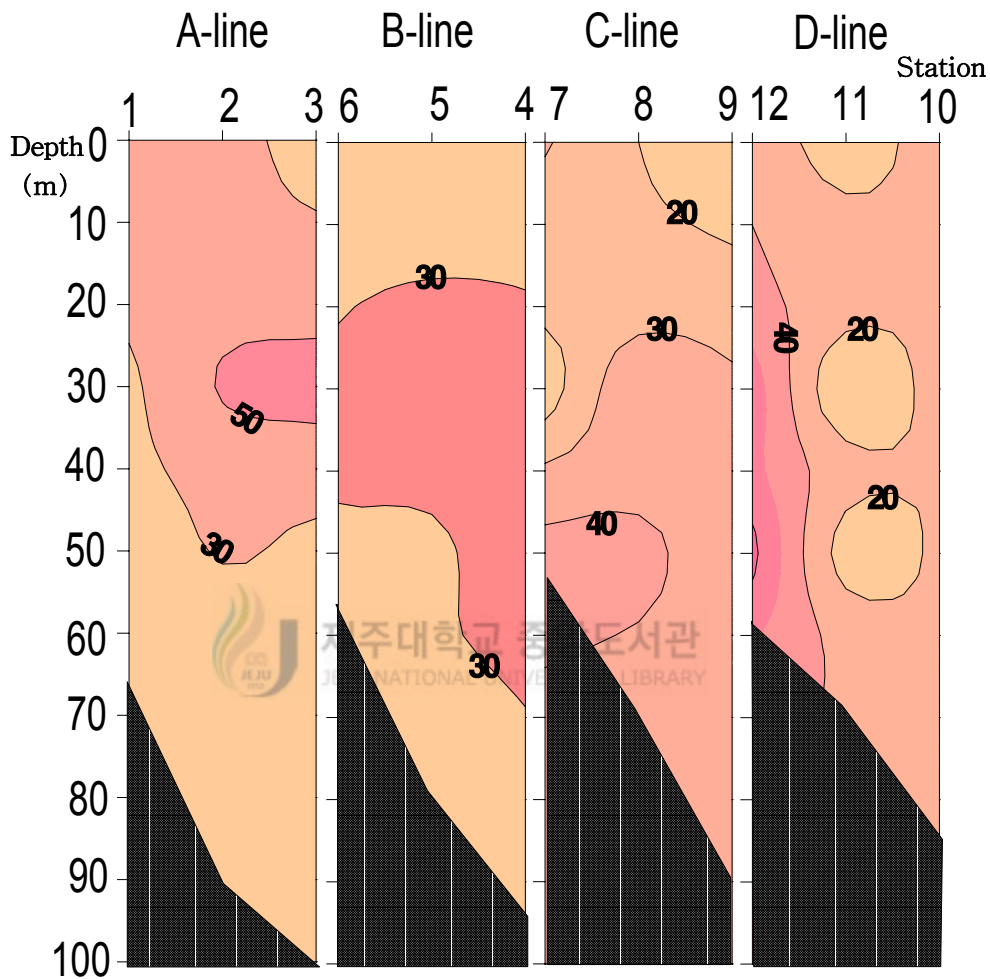


Fig. 9. Vertical distribution of value of PON(particulate organic nitrogen ; $\mu\text{g}/\ell$) in study area

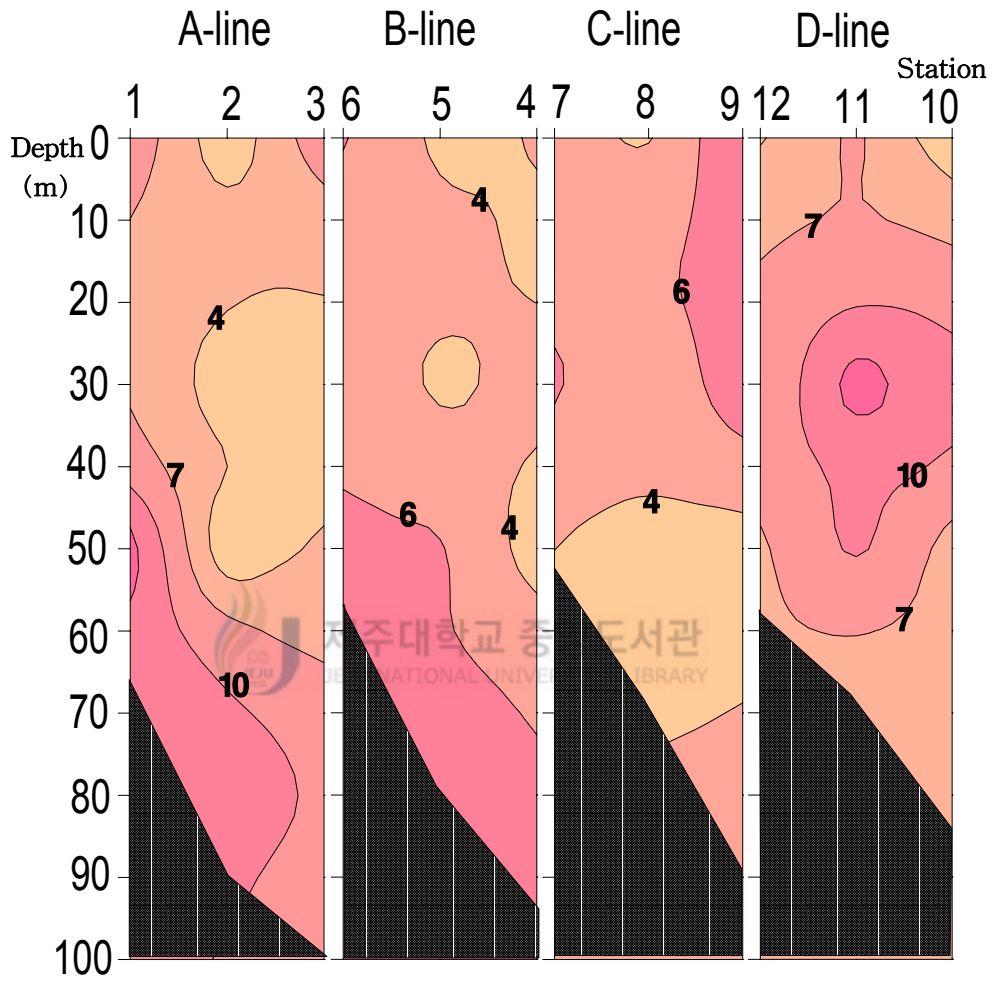


Fig. 10. Vertical distribution of value of POC/PON ratio in study area

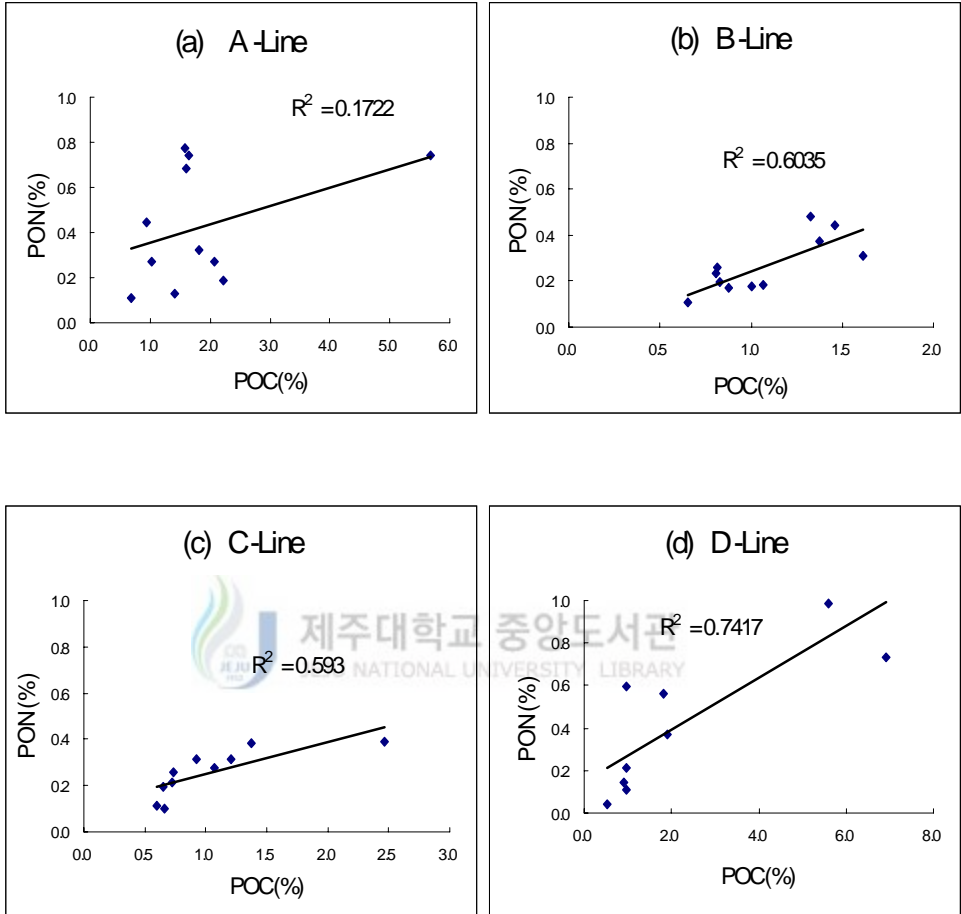


Fig. 11. Correlation between POC and PON of (a) A-line (b) B-line (c) C-line (d) D-line area

3.1.4 표층퇴적물 중 유기물량 및 C, N 분포

총유기물(total organic matter ; TOM)의 수평 분포

Fig.12는 조사해역의 표층퇴적물중의 총유기물(total organic matter ; TOM)의 수평 분포이다. 퇴적물의 총유기물 분포는 3.1%~9.6%의 분포를 보이고 있다. 평균 6.0%의 농도를 보인다(Table.3). 이 농도는 유 등(1993)의 서해해역의 유기물 함량인 0.14%~5.12%보다 다소 높은 농도를 보이며 윤 등(1989)의 제주 서남 해역의 표층퇴적물중 유기물량은 3.06~10.08%(평균 6.23%)로 본 해역과 비슷한 농도를 보이고 있다. 또한 박 등(1995)의 부산항 주변해역의 표층퇴적물중의 유기물량은 최고 18.5%까지 보이며 이는 연안에 가까운 해역으로 높은 유기물량을 보이고 있다.

퇴적물의 총유기물량의 분포 특성은 양자강유역 방향인 조사해역 서쪽과 제주도 남부해역인 조사해역의 북쪽에서 6% 이하의 농도를 보이며 조사해역 중앙으로 갈수록 9%이상으로 높아지는 경향을 보이고 있다.

총유기탄소(total organic carbon ; TOC)의 수평 분포

Fig.13은 조사해역의 표층퇴적물중의 총유기탄소(total organic carbon ; TOC)의 수평 분포이다. 퇴적물의 총유기탄소의 분포는 0.282%~0.635%의 분포를 보이고 있다. 평균 0.473%의 농도를 보인다(Table.3) .

퇴적물의 유기탄소의 분포 특성은 양자강유역 방향인 조사해역 서쪽과 제주도 남부해역인 조사해역의 북쪽에서 0.5% 이하의 농도를 보이며 조사해역 중앙으로 갈수록 0.6%이상으로 높아지는 경향을 보이고 있다. 이는 본 해역의 총유기물의 분포특성과 유사한 분포를 보이고 있다.

이처럼 연구해역 중앙부지역이 타 지역보다 높은 총유기물 및 유기탄소 함량을 보이는 것은 본 해역이 특성을 달리하는 수괴 및 해류들이 만나 와류가 발생하고 생물생산이 활발한 전선대 지역으로 복합기원 퇴적물이 퇴적되는 지역으로 보고(Xu, 1983)되고 있다.

또한 최 등(2000)의 시화호의 유기탄소 함량인 0.12%~2.52%와 동해와 황해

대륙붕 퇴적물(이 등, 1989, 조 등, 1993) 및 박 등(1995)의 부산항 주변 해역에서 평균함량 2.49%와 한산-거제만, 진해만, 영일만에서 각각 평균 1.22%, 1.68%, 2.36%(kang. et. al., 1993)에 비해 낮은 함량을 나타냈다. 그리고 조 등(1994)의 남해대륙붕 퇴적물내 유기탄소 함량이 0.1%~1.4%로 평균 0.6%와 동중국해역에서 고(1999)의 유기탄소함량은 0.19%~0.83%의 범위를 보여 본 연구해역의 유기탄소 함량과 다소 비슷한 경향을 보였다.

이때에 유기탄소 함량은 퇴적물의 입도가 세립화함에 따라 함유량이 증가하고 있다(유 등, 1993, 고, 1999, 조 등, 1994). 이는 본 해역의 유기물 분포와 퇴적물이 입도가 높은 상관성을 가질 것으로 예상된다.

총유기질소(total organic nitrogen ; TON)의 수평 분포

Fig.14 조사해역의 표층퇴적물중의 총유기질소(total organic nitrogen ; TON)의 수평 분포이다. 퇴적물의 총유기질소의 분포는 0.022%~0.069%의 분포를 보이고 있다. 평균 0.044%의 농도를 보인다(Table.3) .

퇴적물의 유기질소의 분포 특성은 양자강유역 방향인 조사해역 서쪽과 제주도 남부해역인 조사해역의 북쪽에서 0.04%의 농도를 보이며 조사해역 중앙으로 갈수록 0.06%이상으로 높아지는 경향을 보이고 있다. 이는 본 해역의 총유기물 및 유기탄소의 분포특성과 유사한 분포를 보이고 있다(Fig.20).

총유기탄소와 총유기질소의 비

대양에서의 POM(Particulate organic matter)의 C/N비를 보면 수심이 깊어질수록 크게 나타나는데, 이것은 수층에서 POM에 함유되어 있는 질소 화합물이 탄소화합물보다 쉽게 분해, 제거되기 때문이다(Romamkevich, 1984). 따라서 살아있는 식물플랑크톤의 C/N 비는 6이지만, 부유물질이 침강도중이나 퇴적된 이후에 질소화합물이 쉽게 분해하므로 해양 퇴적물의 C/N 비는 플랑크톤의 비보다 크다. 육상기원 유기물과 해양기원 유기물을 구분하는데 유기물의 C/N 비를 사용하는데, 이것은 해양퇴적물의 질소는 단백질에서 오기 때문에 단백질의 양이 적은 고등식물이나 그 외의 유기물에 기인하는 육상기원 유기물보다 해양

기원 유기물의 질소량이 많아 유기물의 C/N비가 작다. 또한 육상식물에는 분해되기 어려운 리그닌이나 셀룰로오스 같은 물질이 함유되어 있으므로 C/N비가 크다. 따라서 해양기원유기물은 C/N비가 5~10 정도를 보이는 반면 육상기원유기물은 10이상의 높은 C/N비 값을 보인다(Muller, 1977). 또한 이등(2001)은 퇴적물중 유기탄소에 비해 유기질소가 30배정도 빠르게 분해되고 있음을 보고하였다.

유기탄소와 유기질소의 비와 관계를 보면(Fig.20) $R^2=0.8$ 로 높은 연관성을 보여주고 있으며 Fig.15의 표층퇴적물 중의 유기탄소/질소의 비는 정점 5를 제외한 전지역이 10이상의 분포를 보이는데 이는 육상기원 유기물이 본 해역까지 이동되어 퇴적되고 있음을 의미한다. 수평분포는 9.8~17.4의 분포(평균 13)를 보이며, 정점5를 중심으로 10이하의 낮은 값을 보이고 있다.

퇴적물의 유기탄소/유기질소 비의 분포 특성은 양자강유역 방향인 조사해역 서쪽과 제주도 남부해역인 조사해역의 북쪽에서 11이상의 비를 보이며 이는 해양기원유기물의 영향보다 육상기원유기물의 영향이 큰 것으로 보이며 조사해역 중앙으로 갈수록 해양기원유기물의 영향이 증가하는 양상을 보이고 있다.

총탄소(total carbon ; TC)의 수평 분포

Fig.16은 조사해역의 표층퇴적물중의 총탄소(total carbon ; TC)의 수평 분포이다. 퇴적물의 총탄소의 분포는 0.762%~2.014%의 분포를 보이고 있다. 평균 1.368%의 농도를 보인다(Table.3).

퇴적물의 총탄소의 분포 특성은 양자강유역 방향인 조사해역 서쪽에서 1.2% 이하의 농도를 보이며 조사해역 중앙으로 갈수록 1.6%이상으로 높아지는 경향을 보이고 있다.

총질소(total nitrogen ; TN)의 수평 분포

Fig.17 조사해역의 표층퇴적물중의 총질소(total nitrogen ; TN)의 수평 분포이다. 퇴적물의 총질소의 분포는 0.038%~0.125%의 분포를 보이고 있다. 평균 0.081%의 농도를 보인다(Table.3).

퇴적물의 총질소의 분포 특성은 양자강유역 방향인 조사해역 서쪽과 제주도 남부해역인 조사해역의 북쪽에서 0.08%이하의 농도를 보이며 조사해역 중앙으로 갈수록 0.12%이상으로 높아지는 경향을 보이고 있다. 총유기물질의 분포 및 유기질소의 분포 양상과 비슷한 경향을 보이고 있다(Fig.19, Fig.20).

총탄소/총질소 및 탄산염의 분포

Fig.18의 표층퇴적물 중의 총탄소/총질소 비의 수평분포는 13.3~32.3의 분포를 보인다. 그리고 Fig.21의 탄산염의 분포는 3.9%~11.5%의 분포를 보이고 평균 7.5%의 농도를 갖는다. 분포특성을 보면 조사해역의 서쪽에서 6%이하의 농도를 보이며 동쪽으로 갈수록 농도가 높아지는 경향을 보이고 있다. 고(1999)의 동중국해의 탄산염함량 농도 분포인 4.23%~8.92%의 결과와 유사한 값을 보이고 있다.



Table. 3. Chemical analysis of surface sediment in study area

St.No.	TOC %	TON %	TOC/TON (atomic)	TOM %	TC %	TN %	TC/TN (atomic)	CaCO ₃ %
1	0.295	0.025	13.8	3.8	0.762	0.052	17.1	3.9
2	0.433	0.040	12.6	4.4	1.527	0.075	23.8	9.1
3	0.552	0.037	17.4	4.8	1.425	0.068	24.4	7.3
4	0.492	0.046	12.5	3.3	1.027	0.090	13.3	4.5
5	0.580	0.069	9.8	9.2	1.629	0.125	15.2	8.7
6	0.436	0.041	12.4	6.3	1.152	0.085	15.8	6.0
7	0.419	0.037	13.2	5.9	1.096	0.071	18.0	5.6
8	0.606	0.064	11.0	9.6	1.685	0.122	16.1	9.0
9	0.635	0.062	11.9	9.5	2.014	0.111	21.2	11.5
10	0.552	0.061	10.6	7.5	1.831	0.096	22.3	10.7
11	0.543	0.044	14.4	5.9	1.353	0.065	24.3	6.7
12	0.426	0.040	12.4	5.9	1.424	0.075	22.2	8.3
13	0.282	0.022	15.0	3.1	1.053	0.038	32.3	6.4
14	0.345	0.025	16.1	4.2	1.119	0.059	22.1	6.4
15	0.504	0.052	11.3	6.5	1.424	0.079	21.0	7.7
mean	0.473	0.044	13	6.0	1.368	0.081	20.6	7.5

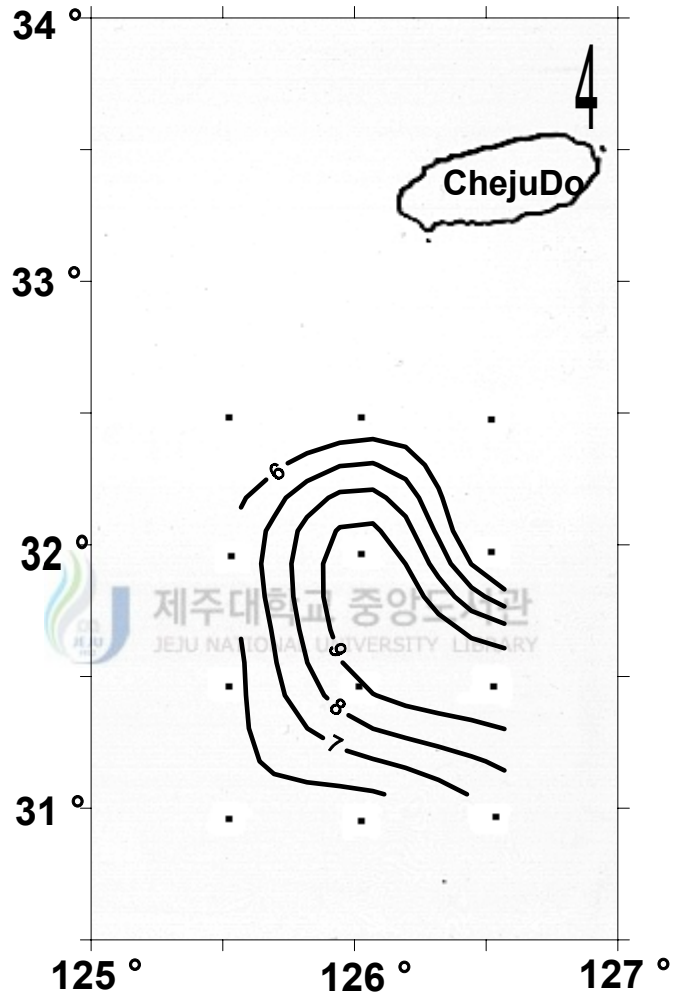


Fig. 12. Horizontal distribution of TOM(total organic matter ; %) in surface sediment of study area

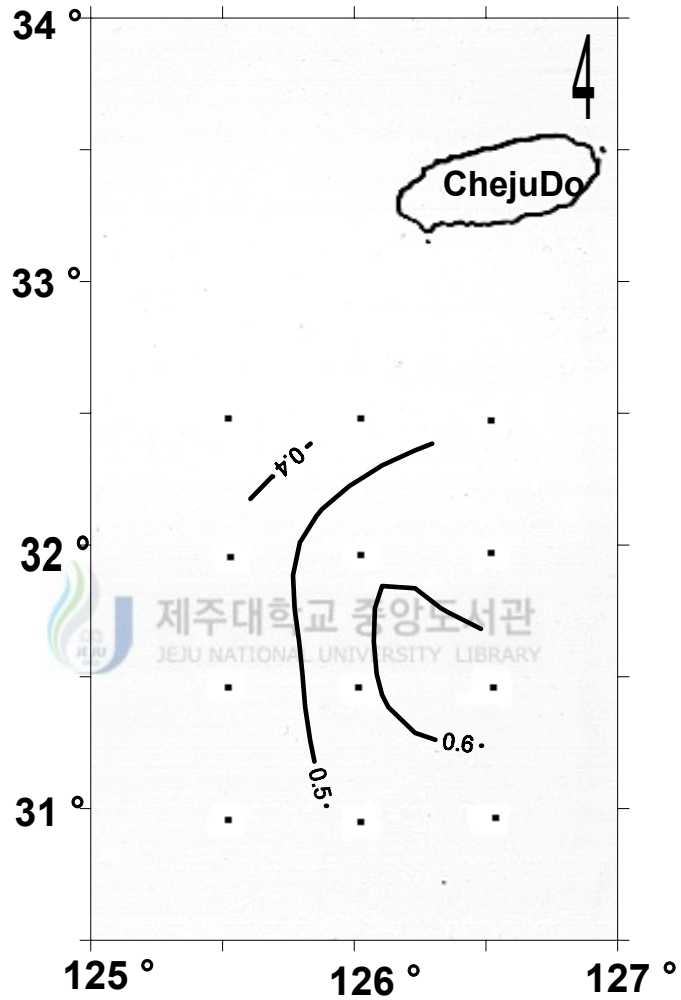


Fig. 13. Horizontal distribution of TOC(total organic carbon ; %) in surface sediment of study area

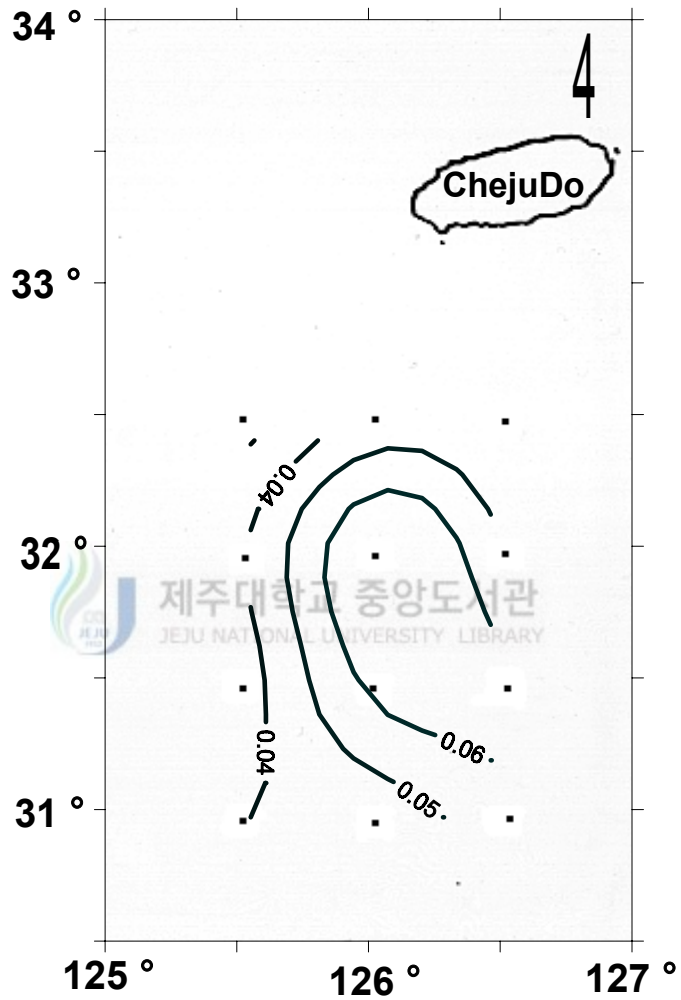


Fig. 14. Horizontal distribution of TON(total organic nitrogen ; %) in surface sediment of study area

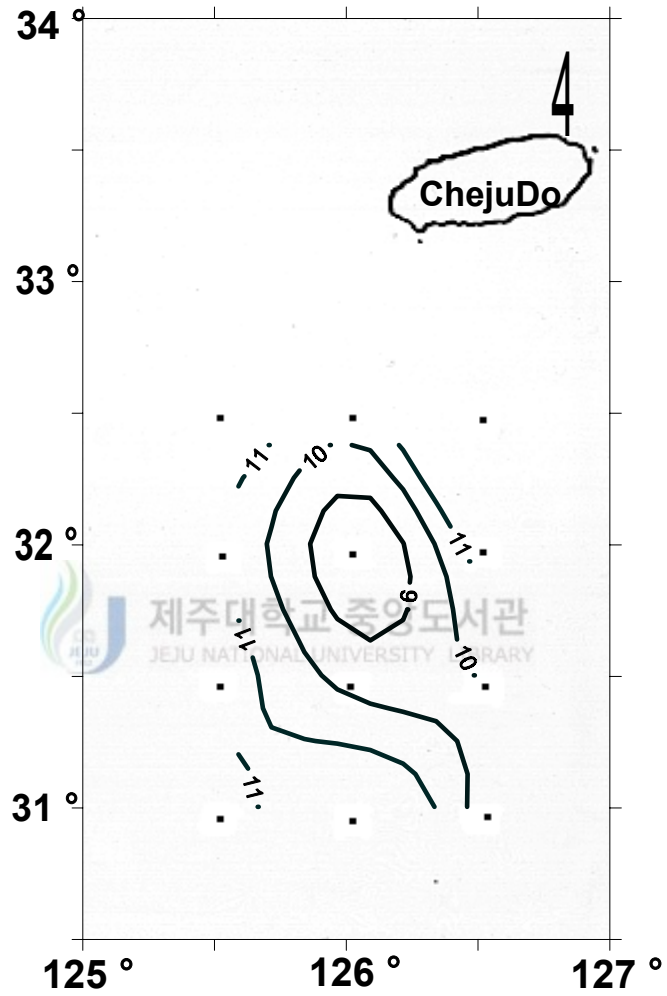


Fig. 15. Horizontal distribution of TOC/TON ratio in surface sediment of study area

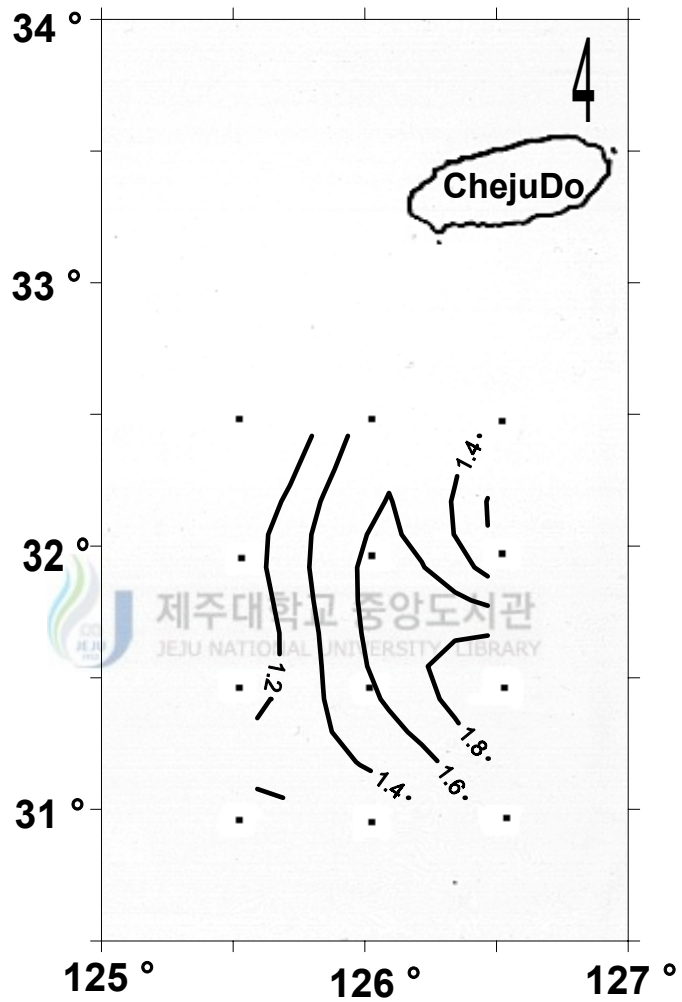


Fig. 16. Horizontal distribution of TC(total carbon ; %) in surface sediment of study area

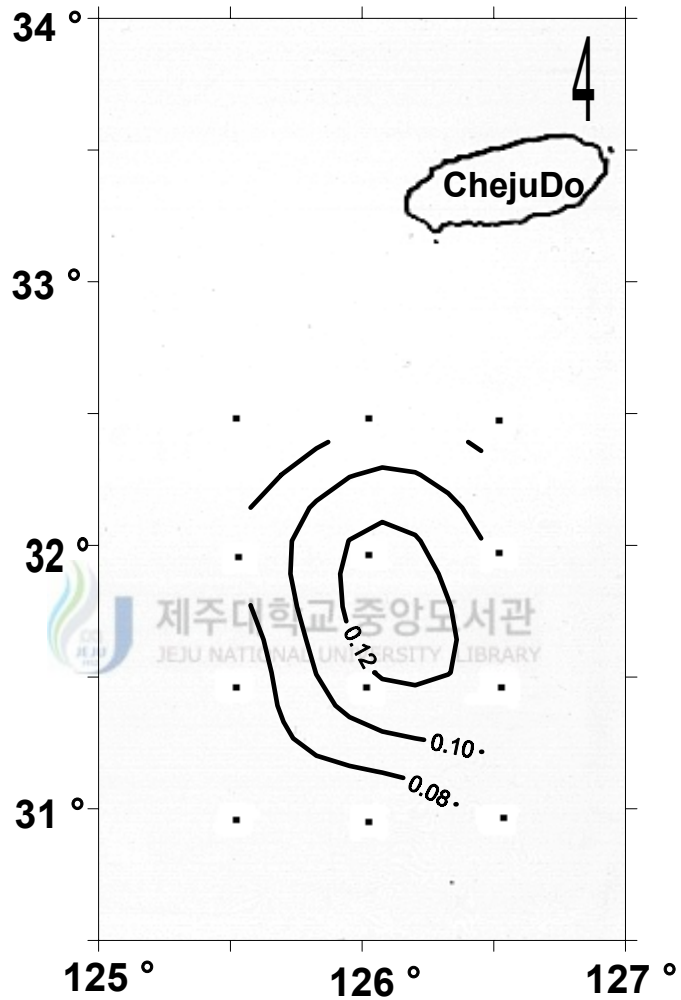


Fig. 17. Horizontal distribution of TN(total nitrogen ; %) in surface sediment of study area

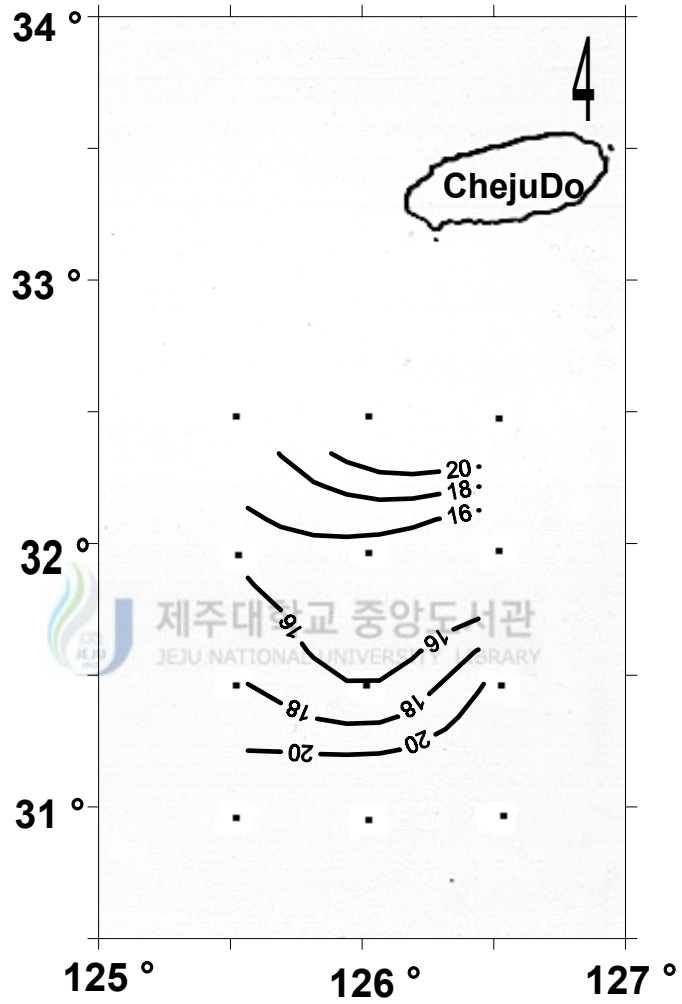


Fig. 18. Horizontal distribution of TC/TN ratio in surface sediment of study area

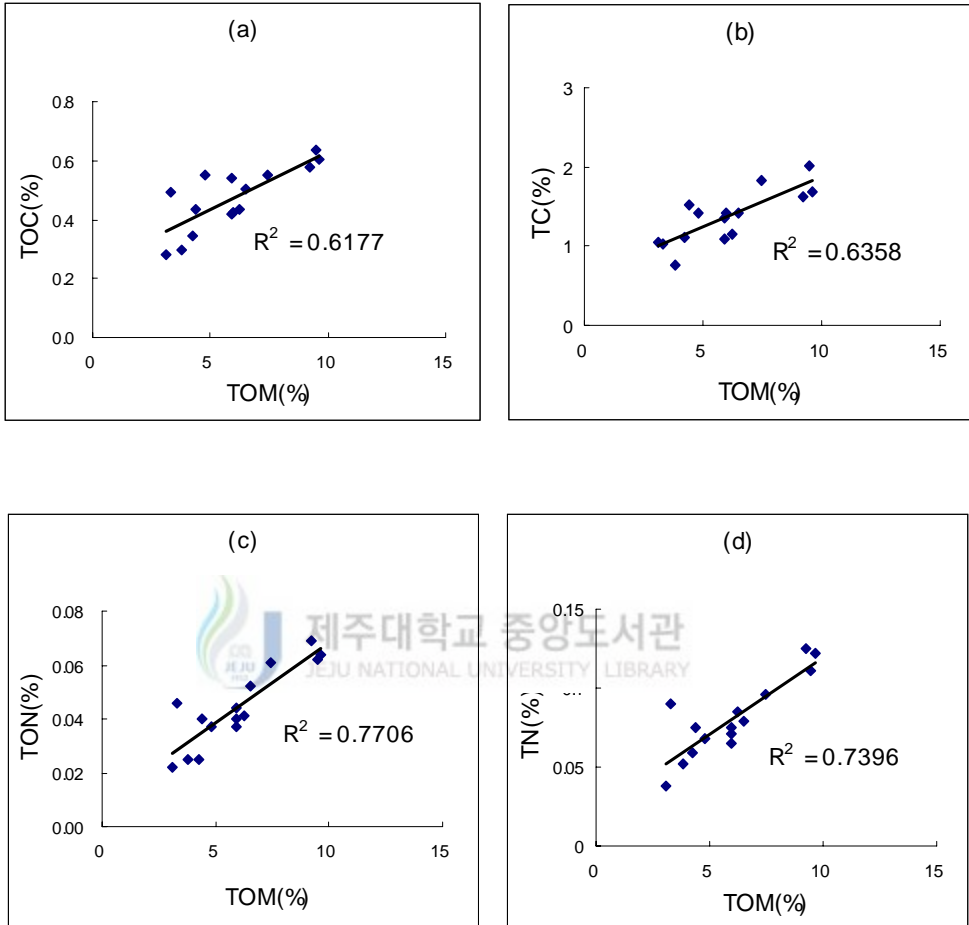


Fig. 19. Correlation between TOM and (a) TOC (b) TC (c) TON (d) TN content of surface sediment

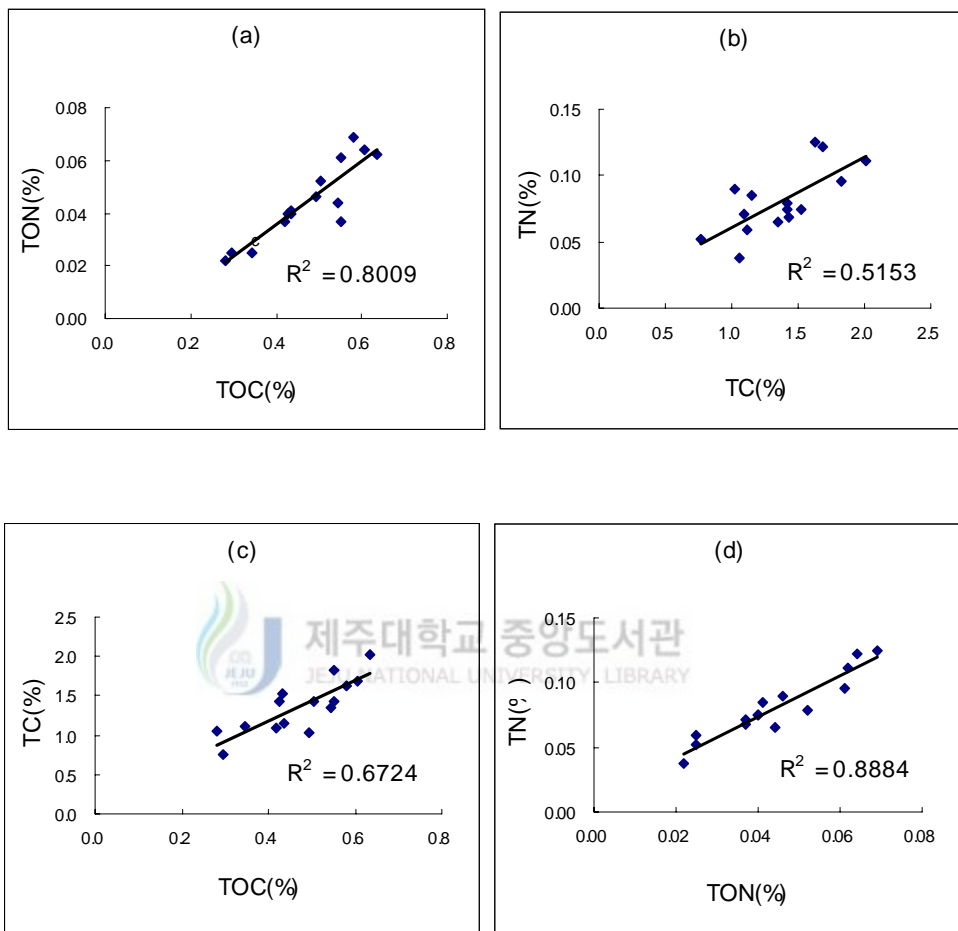


Fig. 20. Correlation between (a) TOC and TON (b) TC and TN (c) TOC and TC (d) TON and TN content of surface sediment

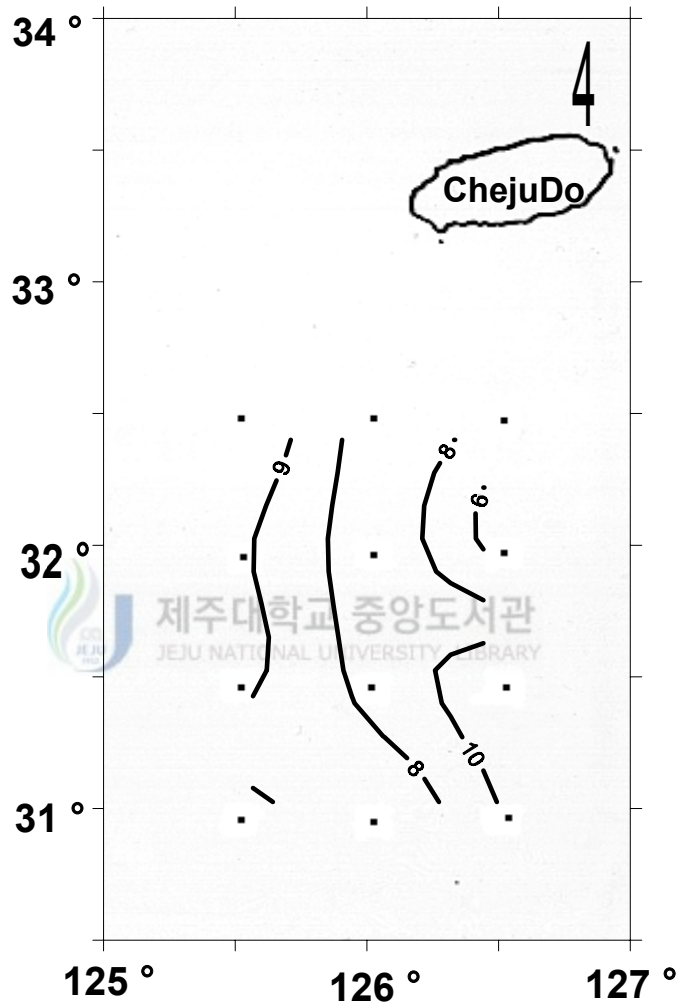


Fig. 21. Horizontal distribution of CaCO₃ (%) in surface sediment of study area

3.1.5 각 층별 성분간의 상관성

본 조사해역의 각 층별 해수와 부유물 및 표층퇴적물간의 상관성 분석은 SPSS(window version 7.0)을 사용하여 분석하였다.

표층의 해수성분과 입자성부유물질 및 표층퇴적물의 성분간 상관성을 살펴보면(Table. 4) 우선 표층 염분과 표층중 총질소(TN), 총인(TP)이 각각 $r = -0.865$, -0.671 로 음의 상관성을 보이고 총질소와 총인은 서로 $r = 0.619$ 로 정의 상관성을 보였다. 그리고 표층중 입자성부유물질(SPM)과 입자성 유기탄소(POC)는 각각 표층퇴적물중의 총유기물질(TOM), 총유기질소(TON), 총질소(TN)와 높은 상관성을 보이고 있으나 입자성부유물질과 퇴적물중 성분간에는 정의 상관성을 보이고 입자성유기탄소와 퇴적물중 성분간에서는 음의 상관성을 보였으며, 입자성유기질소와 퇴적물중의 총유기탄소, 유기질소 간에는 $r > 0.5$ 로 음의 상관성을 보였다. 또한 표층퇴적물중의 총유기물질(TOM)과 총유기탄소(TOC) 및 총유기질소(TON)는 각각 상관계수 $r=0.79$, $r=0.88$ 로 높은 상관성을 보이며 퇴적물중의 총유기탄소(TOC)와 총탄소(TC) 사이에는 상관계수 $r=0.82$ 로 총유기질소(TOC)와 총질소(TC) 사이에는 상관계수 $r=0.94$ 로 높은 정의 상관성을 나타내었다. 그리고 유기탄소와 유기질소 사이에는 상관계수 $r=0.9$ 의 상관성을 보여 표층퇴적물중 총유기물질의 변화양상과 유기탄소, 질소의 성분변화 양상이 높은 정의 상관성을 갖고 있다.

다음으로 수심 30m에서의 각 성분간 상관성을 살펴보면(Table. 5) 표층에서 나타났던 염분과 영양염과의 상관성은 30m 이하에서는 나타나지 않고 있으며, 표층에서 나타나지 않던 수온과 해수중 총인(TP)은 서로 상관계수 $r=-0.593$ 로 음의 상관성을 보였고, 염분은 표층퇴적물중 총유기탄소에 상관계수 $r > 0.5$ 로 정의 상관성을 보였다. 수심30m 중의 입자성부유물질은 입자성유기탄소 및 입자성유기질소와 각각 상관계수 $r = -0.563$, -0.510 으로 음의 상관성을 보이고 또한 입자성유기탄소와 질소는 서로 상관계수 $r=0.607$ 로 정의 상관성을 보였다.

수심 50m중 해수성분과 수심 50m중 입자성부유물질, 표층퇴적물간이 상관성을 살펴보면(Table. 6) 수온과 입자유기탄소 및 입자유기질소가 상관계수 $r > 0.7$

로 높은 상관성을 보였고 염분은 입자성부유물질 및 입자성유기탄소, 입자성유기질소에 높은 음의 상관성을 보였다.

그리고 수심 50m 해수중 총질소와 표층퇴적물중의 성분간에 상관계수가 평균 -0.5로 음의 상관성을 보였고 수심 50m 해수의 입자성유기탄소와 입자성유기질소간의 상관계수는 $r=0.787$ 로 30m 보다 높은 상관성을 보였으며 이는 저층에서도 상관계수가 $r=0.831$ 로 수심이 깊어질수록 입자성유기탄소와 입자성유기질소간의 상관성은 높게 나타나고 있다.

최저층 중의 각 성분의 상관성을 살펴보면(Table. 7) 수온과 입자성유기탄소 및 입자성유기질소의 상관성이 수심 50m에서와 비슷한 값을 보이고 수온과 총인간에 상관계수는 $r=-0.656$ 으로 음의 상관성을 보였다. 또한 염분과 입자성유기질소의 상관계수는 $r=-0.673$ 으로 음의상관성을 보였고, 해수중 총질소와 퇴적물중 총유기물질간에도 상관계수가 $r=-0.606$ 으로 음의 상관성을 보였다. 그리고 해수중 총인과 입자성유기탄소간에도 상관계수 $r=-0.600$ 으로 음의 상관성을 보였다.



Table 4. Correlation matrix of surface water and SPM in surface water and surface sediment in study area

	surface water			SPM in surface water			surface sediment			
	Temp.	Salinity	T-N	T-P	SPM	POC	PON	TOC	TON	TC
Temp.	0.100									
Salinity	-0.293	0.865**								
T-N	-0.312	-0.671**	0.615*							
T-P	0.322	0.004	-0.173	0.271						
SPM in surface water	-0.059	-0.093	0.417	-0.298	-0.386					
POC	-0.204	-0.088	0.139	-0.179	-0.401	0.378				
PON	0.034	0.223	-0.349	0.373	0.529*	-0.712**	-0.724**			
TOC	0.017	0.161	-0.284	0.483	0.527*	-0.686**	-0.571*	0.895**		
TON	0.125	0.115	-0.249	0.492	0.592*	-0.499	-0.476	0.767**	0.876**	
TOM	0.109	0.160	-0.297	0.444	0.336	-0.694**	-0.348	0.820**	0.810**	0.798**
TC	-0.110	0.235	-0.344	0.402	0.586*	-0.607*	-0.467	0.825**	0.943**	0.860**
TN										0.718**

** P<0.01

* P<0.05

Table 5. Correlation matrix of depth's 30m water and SPM in depth's 30m water and surface sediment in study area

	depth's 30m water			SPM in depth's 30m water			surface sediment			
	Temp.	Salinity	TN	T-P	SPM	POC	PON	TOC	TON	TC
Temp.	0.394									
Salinity	0.181	0.346								
TN	-0.595*	-0.362	-0.110							
T-P	-0.497	-0.396	-0.063	0.245						
SPM in depth's 30m water	0.430	-0.035	-0.072	0.114	-0.563*					
POC	0.359	0.054	0.199	0.007	-0.510*	0.607*				
PON	0.321	0.533*	0.236	-0.303	-0.114	-0.050	-0.002			
TOC	0.056	0.346	0.073	0.042	-0.164	0.107	0.019	0.846**		
TON	-0.119	0.092	0.292	0.231	0.027	0.154	-0.021	0.725**	0.854**	
TOM	0.302	0.418	0.228	-0.123	-0.386	0.298	0.233	0.821**	0.802**	0.769**
TC	-0.008	0.232	0.164	0.177	-0.081	0.079	0.130	0.748**	0.946**	0.828**
TN										0.684*

** P<0.01

* P<0.05

Table 6. Correlation matrix of depth's 50m water and SPM in depth's 50m water and surface sediment in study area

	depth's 50m water				SPM in depth's 50m water				surface sediment			
	Temp.	Salinity	TN	T-P	SPM	POC	PON	TOC	TON	TOM	TC	TN
Temp.	-0.413											
Salinity	-0.092											
TN	-0.466	0.030										
T-P												
SPM	0.000	-0.513*	0.310	-0.015								
POC	0.769**	-0.545*	-0.312	-0.391	-0.090							
PON	0.690*	-0.600*	-0.067	-0.414	0.076	0.787**						
TOC	-0.030	0.492	-0.420	0.032	0.118	-0.365	-0.099					
TON	-0.151	0.298	-0.567*	0.169	0.189	-0.231	-0.012	0.846**				
TOM	-0.086	0.058	-0.543*	0.276	0.386	-0.089	-0.008	0.725**	0.854**			
TC	-0.003	0.336	-0.495	0.266	-0.127	-0.171	0.029	0.821**	0.802**	0.769**		
TN	-0.222	0.191	-0.478	0.081	0.318	-0.184	0.104	0.748**	0.946**	0.828**	0.684*	

** P<0.01

* P<0.05

Table 7. Correlation matrix of bottom water and SPM in bottom water and surface sediment in study area

	bottom water				SPM in bottom water				surface sediment			
	Temp.	Salinity	TN	T-P	SPM	POC	PON	TOC	TON	TOM	TC	TN
Temp.	-0.328											
Salinity	-0.023	0.293										
TN	-0.656*	0.416	0.332									
T-P												
SPM	-0.203	-0.237	0.340	0.274								
POC	0.733**	-0.436	-0.284	-0.600*	-0.295							
PON	0.690*	-0.673*	-0.319	-0.485	-0.026	0.831**						
TOC	-0.107	0.318	-0.172	0.184	0.151	-0.443	-0.113					
TON	-0.230	0.098	-0.427	0.196	0.261	-0.304	0.010	0.846**				
TOM	-0.135	-0.198	-0.606*	-0.018	0.219	-0.195	0.175	0.725**	0.854**			
TC	0.088	0.261	-0.446	0.118	-0.065	-0.144	0.080	0.821**	0.802**	0.769**		
TN	-0.313	0.033	-0.364	0.261	0.390	-0.236	0.101	0.748**	0.946**	0.828**	0.684*	

** P<0.01

* P<0.05

IV 요약

본 연구는 동중국해 중, 서부해역의 하계의 영양염과 입자성부유물질, 표층퇴적물의 특성을 C, N 분석을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

해수의 수온과 염분의 특성은 각각 $13.4^{\circ}\text{C} \sim 27.1^{\circ}\text{C}$, $29.1\% \sim 34.1\%$ 의 분포를 나타내었다. 수심 10m~20m사이 수온약층이 형성되고 수온분포는 양자강 하구역 방향인 조사해역 서쪽이 낮고 동쪽으로 갈수록 높은 양상을 보였다. 또한 수심 30m~50m사이에 14°C 이하 저온수가 관찰되었고 표층에서는 대륙연안수의 영향으로 보이는 32% 의 저염수가 약 10m 두께로 본 해역의 중앙까지 분포하고 있다. 이처럼 본 해역은 양자강유출수, 쿠로시오 해류, 황해저층냉수 등의 복합적인 영향을 받는 것으로 사료된다.

영양염의 분포는 총질소 및 총인은 각각 $0.099\text{mg}/\ell \sim 0.493\text{mg}/\ell$, $0.002\text{mg}/\ell \sim 0.032\text{mg}/\ell$ 의 분포를 나타내었다. 영양염은 대체로 표층에서 염분과의 높은 음의 상관관계를 나타내어 조사해역 서쪽에서 조금 높은 경향을 보이며 이는 표층이 육상수유입 즉 양자강유출수에 영향을 받고 있는 것으로 사료된다.

입자성부유물질의 분포 특성은 우선 평균 $9.68\text{mg}/\ell$ 로 조사해역의 서쪽과 저층에서 높은 경향을 보였고 입자성부유물질 중 입자성유기탄소와 입자성유기질소의 분포는 각각 $54\mu\text{g}/\ell \sim 481\mu\text{g}/\ell$, $6\mu\text{g}/\ell \sim 85\mu\text{g}/\ell$ 의 범위를 보이며 서로 수심이 깊어질수록 높은 정의 상관성을 갖고 양자강 하구방향인 조사해역 서쪽과 조사해역 남쪽에서 높은 양상을 보였다.

입자성 부유물질 중에 입자성유기탄소/입자성유기질소의 비는 평균 6으로 입자성 부유물질 중의 유기물의 기원이 해양성기원이 주된 영향으로 보이나 수심이 깊어질수록 크게 나타나고 저층에서의 값이 9이상을 보이는 것은 플랑크톤의 생산보다 퇴적물의 변화 및 입자성 유기질소의 분해, 제거가 영향을 준 것으로

로 사료되며 값이 5이하의 값을 보이는 해역에서는 bacterioplankton(특히 질소 고정세균)의 영향으로 보여지며 혹은 질소성분을 다량 함유한 유기쇄설물의 영향에 의한 것으로 사료된다.

표층퇴적물의 분포특성은 우선 총유기물의 분포는 3.1%~9.6%이며 퇴적물중 유기탄소, 유기질소의 분포는 각각 0.282%~0.635% , 0.022%~0.069%의 함량을 보이며 각 성분간의 상관관계가 유의수준 0.01로 높은 정의 상관성을 갖는다.

퇴적물중의 유기물의 분포는 양자강 방향인 조사해역 서쪽 측면과 제주도 남부 외양역인 조사해역 북쪽에서 낮은 농도를 보이고 조사해역 중심부로 갈수록 높아지는 결과를 보였다. 또한 표층퇴적물중 TOC/TON의 비는 양자강 하구역 방향인 조사해역 서쪽측면에서 11이상의 비를 보이고 조사해역 중심부로 갈수록 10이하의 비를 보이는 결과로 조사해역 서쪽이 중앙부보다 표층퇴적물중에 육상기원유기물의 영향이 큰 것으로 사료된다.



참고문헌

- 고윤영. 1999. 동중국해 표층퇴적물의 지화학적 특성. 제주대학교 석사학위논문
- 김인옥, 1986. 제주주변해역에 출현하는 중국대륙연안수에 관한 연구. 제주대학교 석사학위논문
- 김인옥 · 노홍길, 1994. 제주도 주변해역에 출현하는 중국대륙연안수에 관한 연구. 한국수산학회지, 27(5) : p515~528
- 김은수. 이수형, 김경태, 조성록, 1993. 마산만에서의 입자성 부유물질의 지화학적 특성. Ocean Research. 15(2). p91~99
- 권기영, 1993. 낙동강 하구역 입자성 생물기원 규소의 계절적 변화. 부산수산대학교 학위논문 : p30~42
- 박영철, 양한섭, 이필용, 김평중. 1995. 겨울철 부산항 주변해역의 수질과 표층퇴적물 환경특성. 한국수산학회지. 28(5), 577~588
- 심재형, 신윤근, 1989. 천수만 일사생산자의 생물량 : 식물플랑크톤 탄소량과 세포개체수 및 클로로필과의 관계. 한국해양학회지, 24: 194~205
- 이강현, 한명우. 2001. 퇴적물 내 유기물의 초기속성 작용에 나타난 유기질소의 선택적 분해. 한국해양학회지. 6(2). p63~70
- 이승용, 1994. 아산만에서 영양염과 입자성유기물질의 계절변화. 부산수산대학교 석사학위논문
- 이필용. 강창근, 박종수, 박주석. 1994. 한국진해만 입자유기물 함량과 C:N:P비의 연변화. 한국해양학회, 29(2), p.107~118
- 이창복, 박용안, 최진용, 김기범. 1989. 한국 동남해역 대륙붕과 대륙사면 표면 퇴적물의 분포와 특성. 한국해양학회지. 24: p39~51
- 오현주. 강영실. 박정훈. 1999. 동중국해 북부해역 클로로필-a의 분포특성과 해양환경 특성. 한국수산학회지 32(1). p88~97
- 유환수, 고영구, 류상욱 1993. 임자도-낙월도간 해역의 퇴적환경. The Journal of the Oceanological. vol.28. no.3 p241-258

- 윤정수, 김성복, 고기원. 1989. 제주도 서남해역의 해저퇴적물 특성. 한국해양학회지. 24(3) ; p132~147
- 조영길, 이창복, 박용안, 김대철, 강효진. 1993. 황해 동부 대륙붕과 한반도 서해안 표층퇴적물의 지구화학적 특성. 한국제4기학회지, 7 : p62~92
- 조영길, 이창복, 최만식. 1994. 남해 대륙붕 표층퇴적물 중 중금속원소의 분포 특성. 한국해양학회지. 29(4) : P338~356
- 최상, 정태화, 1972. 낙동강 하구 수역의 영양염류와 유기현탁물질. 한국해양학회지, 7: 7~14.
- 최정훈, 강정원. 홍대벽, 박용안, 2000. 시화호 퇴적물의 유기탄소, 유기질소 및 중금속 함량과 분포. The Sea. 한국해양학회지,5(4), p241-258
- 한명우, 이인호, 심정희. 1999. 동해 감포해역 대륙붕 및 대륙사면 퇴적환경에서 탄소순환. 한국해양학회지. 4(3), p208~214
- 한국해양연구소. 동중국해 중.서부해역의 해양순환 연구 BSPE 99754-001244-1
- APHA,AWWA,APCF, 1989. Standard method for examination of water and wastewater, 16th ed. p417~463
- Banse, K., 1977. Determining the carbon-to-chlorophyll ratio of natural phytoplankton. *Mar. Bio.*, 41: 199~212
- Bo, L., Feng and Y. Chui. 1993. The distribution of N/P and its application to distinguish water masses in the Kuroshio and its adjacent area of the East China Sea. *Essays on the Investigation of Kuroshio*. 5: 380~386
- Fagerbakke, K.M., M. Heldal and S. Morland. 1996. Content of carbon, nitrogen, oxygen, sulphur and phosphorus in native aquatic and cultured bacteria. *Aquat. Microb. Ecol.*, 10, 15~27.
- Folger, D. W., 1972. Texture and organic carbon content of bottom sediments in some estuaries of the United States. In : Nelson. B.W.ed., *Environmental Framework of Estuaries*, Geol. Soc. America. Mem., 133:391~408

- Glenn, F.C., W.O. Smith, D.M. Nelson, R.D. Muench and L.I. Gordon, 1992. Nutrient and biogenic particulate distribution, primary productivity and nitrogen uptake in the Weddell-Scotia Sea marginal ice zone during winter. *J. Mar. Res.*, 50: 155~181
- Guan, B., 1994. Patterns and Structures of the currents in Bohai, Huangjia and East China Sea. In : Oceanology of China Sea. Vol. 1, Ed. by Hecky, R.E. and P. Kilham.. 1988. Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environments: A review of recent evidence on the effects of enrichment. *Limnol. Oceanogr.*, 33. 796~822
- Imai, M., K. Fushimi. and J.I. Ohyama. 1994. Distribution and behaviors of chemical substances in the East China Sea and Yellow Sea. *Oceanogr. Mag.* 44:59~75
- Kang, C.K., P.Y.Lee, J.S.Park and P.J.Kim. 1993. On the distribution of organic matter in the nearshore surface sediment of Korea. *J. Kor. Fish. Soc.*, 26(6), 577~566
- Kim, k., H.K. Rho and S.H.Lee, 1991. Water masses and circulation around Cheju-Do in summer. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 26: 262~277
- Kim, S.S., W.J. Go, Y.J. Jo, P.Y. Lee and K.A. Jeon, 1998. Low salinity anomaly and nutrient distribution at surface waters of the south sea of Korea during 1996 summer. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 3(3) : 165~169
- Leynaent A.,P. Treguer,B. Queguiner and J. Morvan, 1991. The distribution of biogenic silica and the composition of particulate organic matter in the Weddell-Scotia Sea during spring 1988. *Mar. Chem.*, 35 : 435~447
- Lin, K, L.Shu, H.Ishii, and H. Yoritaka, 1993. The current structure and volume transport of the Kuroshio in the northern East China Sea. *Essays on the investigation of Kuroshio Herichao Diaocha Yanjiu Luwenxuan*, 5: 42~51

- Milliman and Meard, R.H., 1983. World-wind delivery of river sediment to the ocean. *J. Geol.*, 91. p1~21.
- Morris, I. 1981. Photosynthetic products, physiological state, and phytoplankton growth. In *Physiological bases of phytoplankton ecology*, T. Platt, ed. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci., 210, pp83~102
- Muller, P.J., 1977, C/N ratio in Pacific Deep-sea sediment Effect of inorganic ammonium and organic nitrogen compound sorbed by clays; *Geochemica et cosmochemica Acta*, 41, 765~776
- Nitani, H., 1972. Beginning of the Kuroshio, In : Kuroshio, Ed. H. stommed and K. Yoshida, Univ., Tokyo Press, 358~369
- Parson, T.R., K. Stephens and J.D.H. Strickland. 1961. On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankters. *J. Fish. Res. Board Can.*, 18. 1001~1016
- Redfield. A.C., B.Ketchum and F.A. Recharads. 1963. The influence of organism on the composition of sea water. in Hill. M.N.(ed). The sea. vol.2. the composition of sea water comparative oceanography. John Wiley & Son. New York, pp 26~77.
- Romankevich. E.A. 1984. Geochemistry of organic matter in the ocean. springer-Verlag.
- Sharp, J.H.,1974. Improved analysis for particulate organic carbon and nitrogen from seawater. *Limnol. Oceanogr.*, 19: 984-989.
- Strickland, J.D.H. and T.R.. Parsons, 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis, *Bul. Fish. Res. Bd. Can.*, p. 167
- Solorzano, L., 1969. Determination of ammonia in natrual waters by the phenol hypochlorite method. *Limmol. Oceanogr.*, 14: pp. 779~801.
- Schubel, J.R., Shen. H.T., Park, M. 1984. A Comparison of some characteristic sedimentation processes of eatuaries entering the Yellow Sea. IN : proceeding of Korea-U.S. Seminer and Workshop on Marine

- Geology and Physical Processes of the Yellow Sea, Seoul Korea. p28
6~308
- Tanaka, K. and S. Hamada, 1987. Investigations on nutrients in turbid estuaries: Buffering of phosphate concentration by suspended sediments. *Bull. Coast. Oceanogr.*, 24:125~133
- Telek, G. and N. Marshall. 1974, Using a CHN analyser to reduce carbonate interference in particulate organic carbon analyses. *Mar. Chem.* 23 ; 167~180
- Treguer, P., S. Gueneley and A.Kamatani, 1988. Biogenic silica and particulate organic matter from the Indian sector of the Southern Ocean. *Mar. Chem.*, 23: 167~199
- Vercoutere, T.L., H.T. Mullins. K. McDogall and J.B. Thompson, 1987. Sedimentation across the central California oxygen minimum zone: An alternative coastal upwelling sequence. *J. Sed. Pet.*, 57: 709~722
- Wang, Y., H. Dong and D. Ren, 1992. The preliminary study on the distribution of nutrient and chemical characteristics of water system in the East China Sea in summer and winter. *Essays on the Investigation of Kuroshio*, 4: 280~288
- Xu, D. 1983. Mud sedimentation on the East China Sea, sedimentation on the continental shelf, with special referance to the East China Sea. *China Ocean Press. Beijing.* p506~516
- Zhou D., Y. Ling and C. Zeug, Kluwer Academic Publishers, 17~26.