

제주도 서남방 동중국해에서 하계 입자성부유물 및 표층퇴적물의 C, N 분포 특성

강문규⁽¹⁾, 최영찬⁽¹⁾

The Characteristics of suspended particulate matter and surface sediment of C, N in the Northern East China Sea in summer

by

Mun Gyu KANG⁽¹⁾ and Young Chan CHOI⁽¹⁾

Abstract

Organic carbon and nitrogen contents in suspended particulate matter (SPM) and surface sediments in seawater were measured in the Northern East China Sea in summer. The distribution of particulate organic carbon(POC) and particulate organic nitrogen(PON) were in the ranges of 54~481 $\mu\text{g}/\ell$ and 6~85 $\mu\text{g}/\ell$, respectively, with relatively high level of concentrations 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.

Keywords: SPM, PON, POC, TON, TOM, TOC.

1. 서 론

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, 중국대륙육상수 유입, 황해냉수괴 유입 등으로 복잡한 양상을 띄는 해역으로

(1) 제주대학교

동중국해 대륙붕 가장자리를 따라 쿠로시오의 지류인 고온고염인 대마난류수가 겨울철에는 북서쪽으로 확장하고, 여름철에는 남동쪽으로 후퇴하는 것으로 보고되고 있다(한국해양연구소, BSPE 99754-00-1244-1).

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 중요한 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]). 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 나

동강 하구 수역의 영양염류와 유기 현탁물질에 관한 연구(최와 정[1972]) 및 한국진해만 입자유기물 함량과 C: N: P비의 연 변화(이 등[1994]), 마산만에서의 입자성 부유물질의 지화학적 특성에 관한 연구(김[1993]) 등이 있으며 표층퇴적물에 관한 연구로는 시화호 퇴적물의 유기탄소, 유기질소 및 중금속 함량과 분포에 관한 연구(최 등[2000]), 제주도 서남해역의 해저퇴적물 특성(윤 등[1989]) 및 동중국해 표층퇴적물의 지화학적 특성(고[1999]) 등이 있다. 또한 현재까지 동중국해의 입자성유기물 및 표층퇴적물을 동시에 조사한 연구는 전무한 편이다.

따라서 본 연구는 동중국해의 하계 수질특성을 파악하고 입자성 부유물질과 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.

2. 재료 및 방법

2.1 조사방법

본 연구는 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 반분채수기로 채수하였고 표층퇴적물 시료채취는 반빈그랩 채집기를 사용하여 선정된 15개 정점에서 채취하였다.

2.2 분석방법

채취된 시료는 냉동보관 후 실험실로 옮겨 다음과 같은 방법으로 분석하였다.

입자성 부유물질(suspended particulate matter, SPM) 분석은 선상에서 시수 1~3ℓ를 미리 무게를 잰 GF/C 여과지에 여과하여 상압가열건조법으로(Strickland and Parsons[1972]), 입자성 유기탄소(particulate organic carbon ; POC) 및 질소 (particulate organic nitrogen ; PON) 분석은 시수를 전처리하여 CHN analyser(Leco CHN-1000)로 측정하였다(Sharp[1974]).

퇴적물 중 유기물함량 측정은 염분이 제거된

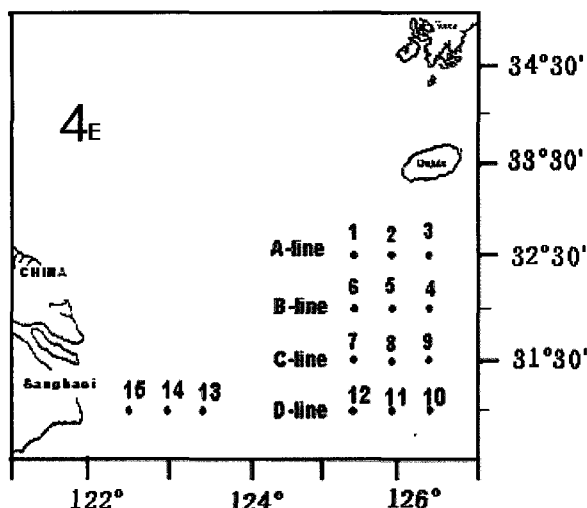


Fig. 1 Location of sampling stations in the East China Sea.

시료를 곱게 분쇄하여 그 중 2g를 취하여 도가니에 넣고 550°C의 전기로에서 1시간 30분 동안 방치한 후 그 중량치를 이용하여 유기물을 측정해 그 값을 %로 환산하였다.

퇴적물 중 총유기 탄소 및 질소의 분석은 퇴적물을 50°C에서 24시간 이상 건조 후 곱게 분쇄하여 약 2g 정도에 HCl로 처리하여 퇴적물 중의 총 유기탄소, 질소를 측정하였고, 각각 같은 시료에 무처리하여 총탄소, 질소를 CHN analyser(Leco CHN-1000)로 측정하였다(Sharp [1974]).

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

3. 결과 및 고찰

본 연구는 동중국해 북, 서해역의 부유물질의 분포특성 및 입자성 부유물질과 퇴적물내 유기탄소, 유기질소 함량분석을 토대로 본 연구해역의 분포특성을 고찰하였다.

3.1 해수 입자성 부유물질(SPM) 중 유기탄소 및 질소 함량 분포특성

가. 입자성 부유물질(SPM) 분포(Fig. 2)

입자성 부유물질의 농도 범위와 평균은 3.87~20.27mg/l (평균 9.68mg/l)를 보이고 있다.

입자성부유물질의 분포 특성은 저층에서 높은 경향을 보이고 있는데 이는 침강 및 퇴적물의 재부유에 의한 영향이 큰 것으로 보인다. 또한 관측선별 분포는 가장 북쪽에 위치한 관측선A와 제일 남쪽인 관측선D보다 연구해역 중앙쪽인 관측선B, C에서 높은 농도를 보이고 있다.

나. 입자성유기탄소(POC) 와 유기질소(PON)의 연직 분포(Fig. 3, 4)

입자성유기탄소의 농도 범위는 54~481μg/l (평균 135μg/l)를 보이고 있다.

입자성 부유물질 중의 친생물원소는 동·식물 플랑크톤의 증식, 분해에 영향을 받으며, 표층해수에서 생산된 식물플랑크톤이 동물플랑크톤에 포식된 후 다시 배설되어 침강, 분해되는 속도에 의해 수층에서 입자성 부유물질 조성이 변화하게 된다(Romankevich[1984]). 일반적으로 외양 유광층에 있어서 입자성 부유물질 중의 유기탄소함량은 해역이나 계절에 따라 큰 차이를 보이는데 표층의 평균 입자성 유기탄소량은 1.3~600 μg/l 정도로 분포하며(Romankevich[1984]), 본 연구결과는 이들 범위내에 있다.

입자성 유기질소의 농도 범위 및 평균은 6~

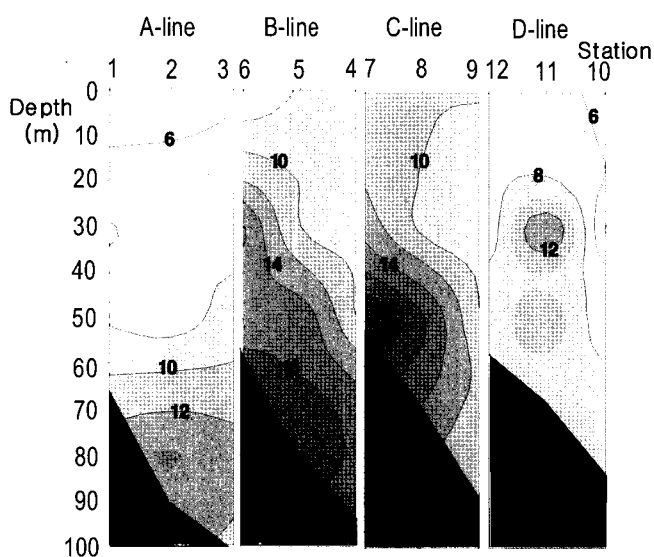


Fig. 2 Vertical distributions of value of SPM(suspended particulate matter ; mg/ℓ) in study area.

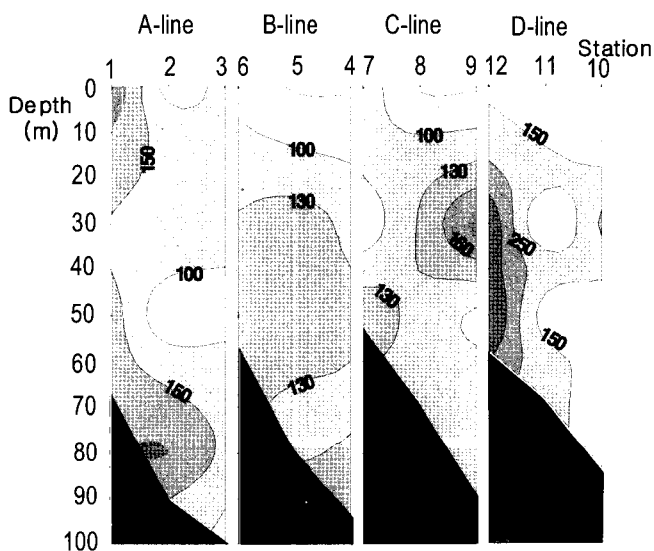


Fig. 3 Vertical distributions of value of POC(particulate organic carbon ; $\mu\text{g}/\ell$) in study area.

$85\mu\text{g}/\ell$ (평균 $30\mu\text{g}/\ell$) 범위로서, 유기탄소의 분포 특성과 비슷한 양상을 보여주고 있다.

본 연구해역에서 측정된 입자성 유기탄소량은 낙동강 하구에서 조사된 입자성 유기탄소량 $4.6\sim 54\mu\text{M}$ (최와 정[1972]) 및 아산만 입자유기탄

소 조사연구의 결과 $12.5\sim 177.9\mu\text{M}$ (이[1994])와 비교하면 연구해역에서는 평균 $11.3\mu\text{M}$ 의 농도로 위의 연안에 인접한 지역에 비해 낮다. 그리고 천수만 해역 평균 탄소함량은 $17.4\mu\text{M}$ (심과 신[1989])로 대륙주변에서는 낮은 값을 보였다.

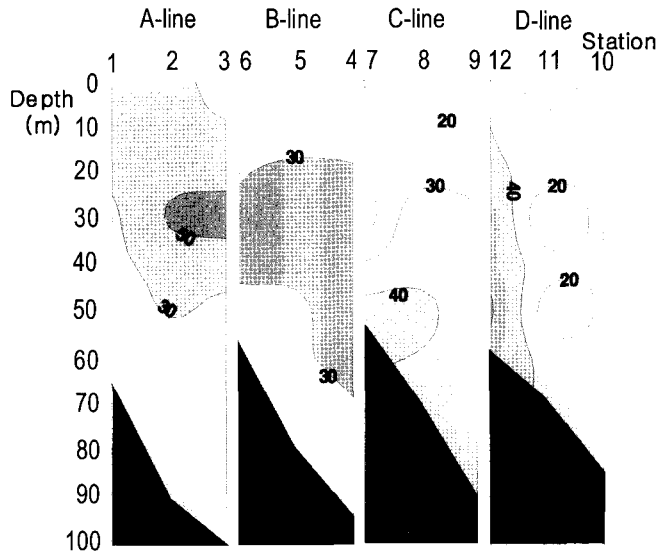


Fig. 4 Vertical distributions of value of PON(particulate organic nitrogen ; $\mu\text{g}/\ell$) in study area.

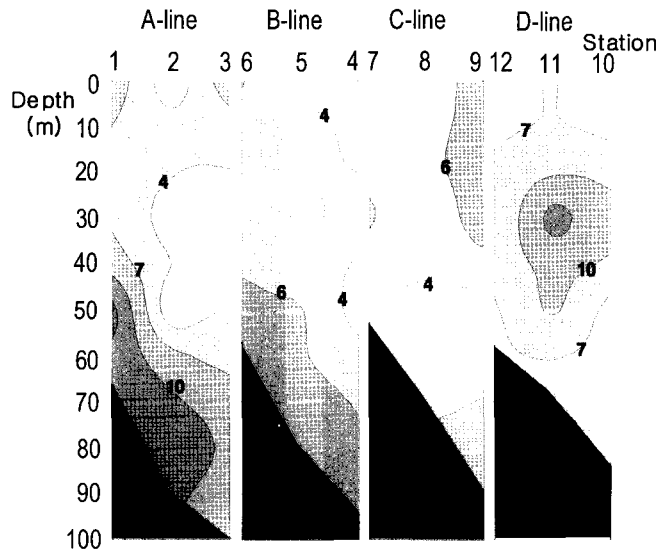


Fig. 5 Vertical distributions of value of POC/PON ratio in study area.

외국에서의 경우, Weddell -Scotia Sea 표층에서 입자성 유기탄소 및 질소의 농도는 각각 6.20, 1.1 μM (Leynaent, et, al.[1991])이고, 대륙연안부 지역에서 입자성 유기탄소와 질소의 농도는 각각 5.2, 0.51 μM 의 값을 나타내었다(Glenn

et al.[1992]).

그리고 남극해 Indian Sector 해역의 표층수에서 입자성 유기탄소 및 유기질소가 각각 7.2, 0.79 μM 의 농도를 보고하고 있는데(Treguer et al.[1988]), 본 연구해역인 동중국해의 입자성 유

Table 1 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

기탄소와 유기질소의 평균값은 각각 11.3, 2.1 μ M로 위의 연안역의 농도보다 외양역의 농도에 가까운 값을 보였다.

다. POC/PON비의 분포특성(Fig. 5)

POC/PON의 분포특성을 보면, 입자성 유기탄소/질소의 원자비 값은 2.5~13.9로 평균 6.0의 값으로서 평균적으로는 Redfield ratio와 유사한 값을 보이고 있으며 관측선A와 D의 저층에서 높다. 해양식물 플랑크톤의 C/N 원소의 비 값은 3~9까지 변할 수 있으며(Parson et. al.[1961]), 본 연구해역의 비는 평균 6으로 이 해역 입자성 유기물은 주로 식물플랑크톤에 기원을 두고 있다는 것을 나타낸다.

또한 대양에서의 POM의 C/N비는 수심이 깊어질수록 크게 나타나는데, 이것은 수층에서 POM에 함유되어 있는 질소 화합물이 탄소화합물보다 쉽게 분해, 제거되기 때문이다(Romankovich [1984]).

그러나 POC/PON의 평균값이 6 이하의 비를 갖는 것은 이해역에서 bacterio-plankton(특히 질소고정세균)의 영향이나(Fagerbakke, et. al.

[1996]), 질소성분을 다량 함유한 유기 쇄설물(특히 분비물) 등의 영향에 의한 것으로 사료된다.

또한 관측선D의 수심 30m에서 C/N 값이 10 이상으로 높은 것은 표층퇴적물의 재부유에 의한 영향 혹은 양자강기원 육상부유물의 영향에 의한 것인지는 앞으로 연구가 지속적으로 이루어져야 할 대상으로 보아진다.

3.2 표층퇴적물 중 유기물함량 및 C, N 분포

가. 총유기물(TOM)의 수평 분포

본 연구해역 표층퇴적물의 총유기물 분포는 3.1~9.6%(평균 6.0%)를 보이고 있다(Table 1).

이는 서해해역의 유기물 함량인 0.14~5.12%(유 등[1993]) 보다 다소 높은 농도를 보이며 제주서남 해역의 표층퇴적물중 유기물함량은 3.06~10.08%(평균 6.23 %)(윤 등[1989])로 본 해역과 비슷한 농도를 보이고 있다. 또한 부산항 주변해역의 표층퇴적물중의 유기물량은 최고 18.5%(박 등[1995])에 비해서는 훨씬 낮다.

퇴적물의 총유기물함량의 분포 특성은 양자강

유역 방향인 조사해역 서쪽과 제주도 남부해역인 조사해역의 북쪽에서 6% 이하의 농도를 보이며 조사해역 중앙으로 갈수록 9%이상으로 높아지는 경향을 보이고 있다.

나. 총유기탄소(TOC) 및 총유기질소(TON)의 수평 분포

표층퇴적물의 총유기탄소의 분포는 0.282~0.635%(평균 0.473%)를 보이고 있다(Table 1).

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

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 보고되고 있다(Xu[1983]).

본 연구해역 표층퇴적물의 유기탄소 함량은 시화호의 0.12~2.52%(최 등[2000]), 부산항 주변 해역에서 평균 함량 2.49%(박 등[1995]) 및 한산-거제만, 진해만, 영일만에서 각각 평균 1.22, 1.68, 2.36% (Kang, et. al.[1993])에 비해 낮다. 그리고 남해대륙붕 퇴적물내 유기탄소 함량이 0.1~1.4%(평균 0.6%)(조 등[1994]), 동중국해역에서 0.19~0.83%(고[1999])의 범위를 보여 본 연구해역의 유기탄소 함량과 유사하다.

일반적으로 유기탄소 함량은 퇴적물의 입도가 세립화함에 따라 함량이 증가한다(유 등[1993], 고[1999]). 따라서 본 해역의 유기물 분포와 퇴적물 입도는 높은 상관성을 가진 것으로 예상된다. 퇴적물의 총유기질소의 분포는 0.022~0.069%(평균 0.044%)를 보이고 있다(Table 1).

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 유사하다.

다. 총유기탄소와 총유기질소의 비

식물플랑크톤의 C/N 비는 Redfield ratio에 의하

면 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 해양기원 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 값을 보인다(Muller[1977]). 또한 퇴적물중 유기질소는 유기탄소에 비해 30배정도 빠르게 분해되고 있음을 보고하였다(이와 한[2001]).

유기탄소와 유기질소의 비(Fig. 9)는 높은 연관성($R^2=0.8$)을 보여주고 있으며 표층퇴적물 중의 유기탄소/질소의 비는 관측선B의 중앙해역을 제외한 전지역이 10이상이며 수평분포는 9.8~17.4(평균 13)를 보인다.

퇴적물의 유기탄소/유기질소 비의 분포 특성은 양자강유역 방향인 연구해역 서쪽과 관측선A의 연구해역의 북쪽에서 11이상의 비를 보이며 이는 해양기원유기물의 영향보다 육상기원유기물의 영향이 큰 것으로 보이며 연구해역 중앙으로 갈수록 해양기원유기물의 영향이 증가한다. 이러한 육상기원의 영향은 Fig. 6과 Fig. 7의 연구지역 수온 및 염분 분포를 통하여 직접적인 영향이 있음을 예측할 수 있다.

라. 총탄소(TC) 분포 및 총질소(TN)의 분포

퇴적물의 총탄소의 분포는 0.762~2.014%(평균 1.368%)를 보이며, 양자강유역 방향인 연구해역 서쪽에서 1.2% 이하의 농도를 보이며 연구해역 중앙으로 갈수록 1.6%이상으로 높다.

퇴적물의 총질소의 분포는 0.038~0.125%(평균 0.081%)를 보이며, 양자강유역 방향인 연구해역 서쪽과 제주도 남부해역인 조사해역의 북쪽에서 0.08%이하의 농도를 보이며 연구해역 중앙으로 갈수록 0.12%이상으로 높아지는 경향을 보이고 있다. 총유기물질의 분포 및 유기질소의 분포와 유사하다(Fig. 8, Fig. 9).

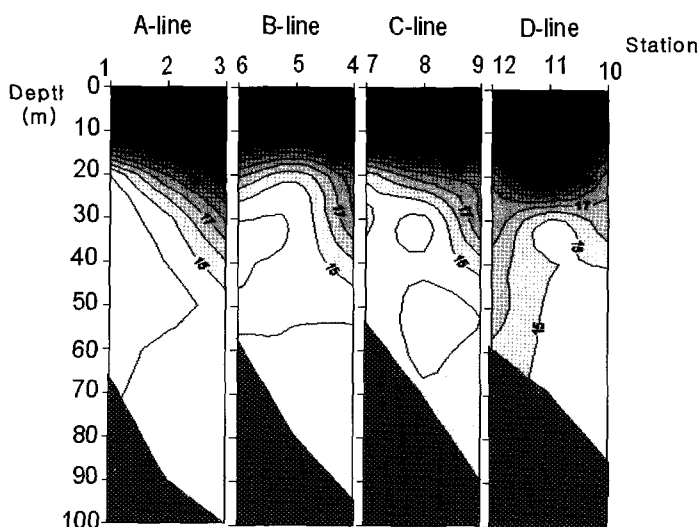


Fig. 6 Vertical distributions of value of water temperature(°C) in study area.

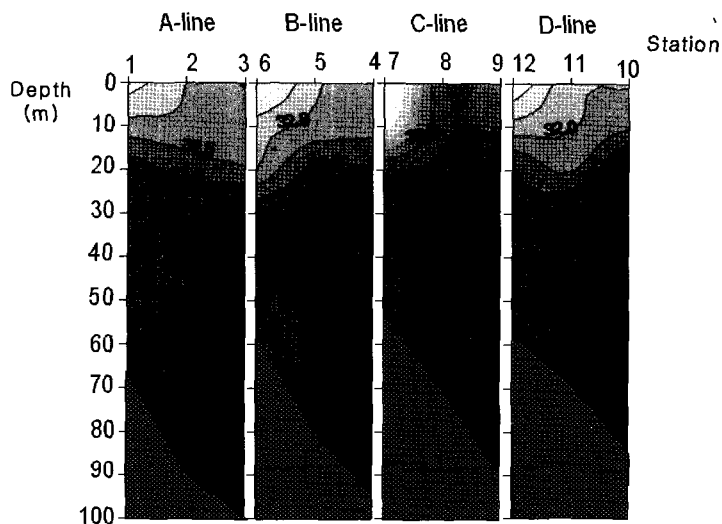


Fig. 7 Vertical distributions of value of salinity(‰) in study area.

마. 총탄소/총질소 및 탄산염의 분포

표층퇴적물 중의 총탄소/총질소 비의 수평분포는 13.3~32.3을 보인다. 그리고 탄산염의 분포는 3.9~11.5%(평균 7.5%)를 보이고 있으며 연구해역의 서쪽에서 6%이하의 함량을 보이는 반면 동쪽으로 갈수록 높다. 이는 동중국해의 탄산염 함량 분포인 4.23~8.92%(고[1999]) 결과와 유사

하다.

4. 요약

본 연구는 동중국해 서부해역의 하계 입자성부 유물질 및 표층퇴적물의 특성을 C, N 농도 분포

제주도 서남방 동중국해에서 하계 입자성부유물 및 표층퇴적물의 C, N 분포 특성

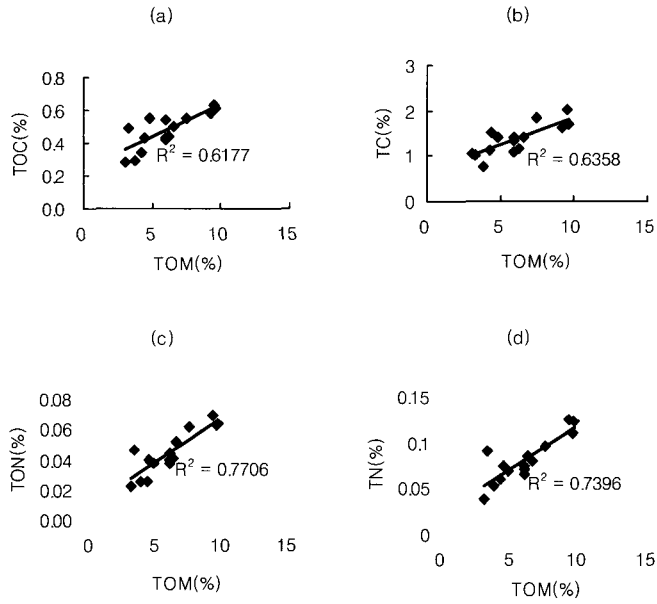


Fig. 8 Correlations between TOM and (a) TOC (b) TC (c) TON (d) TN content of surface sediment.

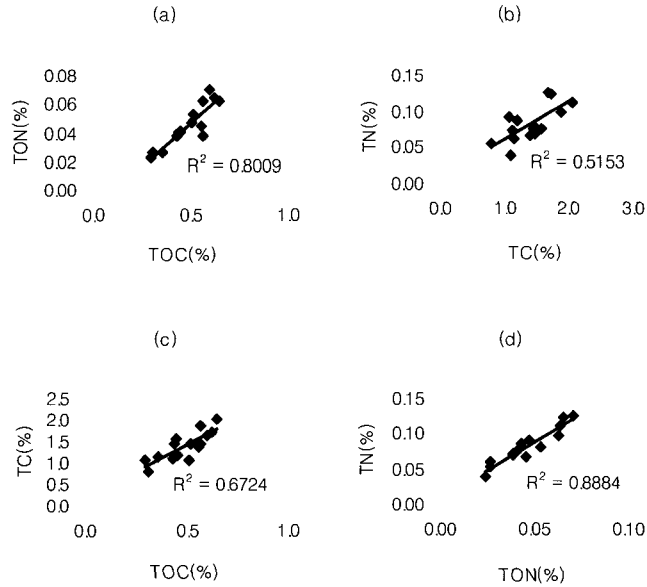


Fig. 9 Correlations between (a) TOC and TON (b) TC and TN (c) TOC and TC (d) TON and TN content of surface sediment.

로부터 다음과 같은 결과를 얻었다.

입자성부유물질의 분포 특성은 평균 9.68mg/l로 조사해역의 서쪽과 저층에서 높은 경향을 보였고 입자성부유물질 중 입자성유기탄소와 입자성유기질소의 분포는 각각 54~481 $\mu\text{g/l}$, 6~85 $\mu\text{g/l}$ 의 범위를 보이고 있으며 수심이 깊을수록 높은 농도를 나타내고 있었다. 또한 양자강 하구 방향인 연구해역 서쪽과 남쪽에서 높은 양상을 보였다.

입자성 부유물질 중에 입자성유기탄소/입자성유기질소의 비는 평균 6으로 입자성 부유물질 중의 유기물의 기원이 해양성기원이 주된 영향으로 보이거나 수심이 깊어질수록 크게 나타나고, 저층에서의 값이 9 이상을 보이는 것은 플랑크톤의 생산보다 퇴적물의 변화 및 입자성 유기질소의 분해, 제거가 영향을 준 것으로 사료된다. 또한 5이하의 값을 보이는 해역에서는 bacterioplankton(특히 질소고정세균)의 영향이거나 질소 성분을 다량 함유한 유기체설물의 영향에 의한 것으로 사료된다.

표층퇴적물의 총유기물 분포는 3.1~9.6%이며 퇴적물 중 유기탄소, 유기질소의 분포는 각각 0.282~0.635%, 0.022~0.069%의 함량을 보인다. 퇴적물중의 유기물의 분포는 양자강에 가까운 해역과 제주도 근접한 해역에서 낮은 농도를 보이고 있으며, 연구해역 중앙쪽 해역으로 갈수록 높은 농도 분포를 보이고 있다. 또한 표층퇴적물 중 TOC/TON의 비가 양자강 하구역 방향에서 11 이상을 보이는 것은 육상기원 영향이 크다고 볼 수 있으며 이에 비해 연구해역 중심부로 갈수록 해양기원 영향에 의한 퇴적이 크게 나타나고 있다.

참고문헌

- [1] 고윤영, 1999, “동중국해 표층퇴적물의 지화학적 특성”, 제주대학교 석사학위논문.
- [2] 김은수·이수형·김경태·조성록, 1993, “마산만에서의 입자성 부유물질의 지화학적 특성”, *Ocean Research*, 15(2), 91~99.
- [3] 권기영, 1993, “낙동강 하구역 입자성 생물기원 규소의 계절적 변화”, 부산수산대학교 학위논문 : 30~42.
- [4] 박영철·양한섭·이필용·김평중, 1995, “겨울철 부산항 주변해역의 수질과 표층퇴적물 환경특성”, *한국수산학회지*, 28(5), 577~588.
- [5] 심재형·신윤근, 1989, “천수만 일차생산자의 생물량 : 식물플랑크톤 탄소량과 세포개체수 및 클로로필과의 관계”, *한국해양학회지*, 24, 194~205.
- [6] 이강현·한명우, 2001, “퇴적물 내 유기물의 초기속성 작용에 나타난 유기질소의 선택적 분해”, *한국해양학회지*, 6(2), 63~70.
- [5] 이승용, 1994, “아산만에서 영양염과 입자성 유기물질의 계절변화”, 부산수산대학교 석사학위논문.
- [7] 이필용·강장근·박중수·박주석, 1994, “한국진해만 입자유기물 함량과 C:N:P비의 연변화”, *한국해양학회지*, 29(2), 107~118.
- [8] 유환수·고영구·류상욱, 1993, “임자도-낙월도간 해역의 퇴적환경”, *The Journal of the Oceanological*, Vol. 28, No. 3, 241~258.
- [9] 윤정수·김성복·고기원, 1989, “제주도 서남해역의 해저퇴적물 특성”, *한국해양학회지*, 24(3), 132~147.
- [10] 조영길·이창복·최만식, 1994, “남해 대륙붕 표층퇴적물 중 중금속원소의 분포 특성”, *한국해양학회지*, 29(4), 338~356.
- [11] 최상·정태화, 1972, 낙동강 하구 수역의 영양염류와 유기현탁물질, *한국해양학회지*, 7: 7~14.
- [12] 최정훈·강정원·홍대벽·박용안, 2000, “시화호 퇴적물의 유기탄소, 유기탄소 및 중금속 함량과 분포”, *The Sea*, *한국해양학회지*, 5(4), 241~258.
- [13] 한국해양연구소, 동중국해 중·서부해역의 해양순환 연구 BSPE 99754 -001244-1.
- [14] 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.
- [15] Folger, D. W., 1972, Texture and organic carbon content of bottom sediments in some estuaries of the United States. In : Nelson. B.W.eds., *Environmental Framework of Estuaries*, Geol. Soc. America. Mem., 133: 391~408.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] Milliman and Meade, R. H., 1983, World-wind delivery of river sediment to the ocean, *J. Geol.*, 91. 1~21.
- [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, 83~102.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] Romankevich. E. A., 1984, *Geochemistry of organic matter in the ocean.* Springer-Verlag.
- [25] Sharp, J. H., 1974, Improved analysis for particulate organic carbon and nitrogen from seawater, *Limnol. Oceanogr.*, 19: 984~989.
- [26] Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons, 1972, *A Practical Handbook of Seawater Analysis*, *Bul. Fish. Res. Bd. Can.*, p. 167.
- [27] 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.
- [28] Vercoetere, 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.
- [29] 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.