

## 거금수도(居金水道) 표층퇴적물 중의 유기물 분포 및 기원에 관한 연구

윤 양 호  
여수대학교 해양시스템학부  
(2000년 2월 3일 접수)

### A Study on the Distributional Characteristic of Organic Matters on the Surface Sediments and Its Origin in Keogeum-sudo, Southern Part of Korean Peninsula

Yang-Ho Yoon

Division of Ocean System, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea  
(Manuscript received 3 February, 2000)

The observations on the seasonal fluctuation and distributional characteristic of organic matters on surface sediments and its origin were carried out at the 25 stations in Keogeum-sudo, southern coast of Korean Peninsula from February to October in 1993. I made an analysis on the environmental factors for surface sediments such as temperature, ignition loss, chemical oxygen demand, pheopigment, total sulphide, water content, mud content in grain size, COD/IL ratio and COD/sulphide ratio

The results are as follows ;

- 1) The range of temperature on the surface sediments was between 6.2°C and 24.6°C. The highest mean temperature of mud was 24.0°C in summer, the lowest 6.6°C in winter
- 2) Ignition loss(IL) fluctuated between 1.2% in winter and 16.8% in spring, that is to say, the seasons of increasing in temperature were very high ignition loss.
- 3) Chemical oxygen demand(COD) showed the highest mean value of 20.52 mg/g dry in summer within the range of 15.46~32.78 mg/g dry, while showed the lowest of 5.79 mg/g dry in winter within the range of 7.4~17.39 mg/g dry.
- 4) Pheopigment concentrations showed the highest mean value of 4.85 µg/g dry in autumn within the range of 0.84~9.21 µg/g dry, while it did the lowest mean value of 1.97 µg/g dry in summer within the range of 0.23~4.83 µg/g dry.
- 5) Total sulphide (H<sub>2</sub>S) fluctuated between no detect(ND) in spring, and 2.43 mg/g dry in autumn. The highest mean value was 0.68 mg/g dry in autumn, the lowest was 0.16 mg/g dry in spring.
- 6) Water content(WC) and mud content in grain size showed the mean value of 43.2% within the range of 26.5~59.7% and 91.0% within the range of 57.8~99.2%, respectively.
- 7) By the analytical results on the source of organic matter, it had been dumped from the seaweed farms in Keogeum-sudo coastal waters.

Key words : organic matter, surface sediment, Keogeum-sudo, COD/IL, COD/sulphide

#### 1. 서 론

근년, 연안해역에서 성행하고 있는 가두리 어류 양식이나 해조류 및 패류 양식장 등에서는 투여된 먹이의 잉여부분과 양식 잔해물, 양식생물의 배설물들이 해저에 침강 퇴적하여, 표영 및 저서환경(pelagic and benthic environment)을 악화시키는 자가오염이 광범위하게 발생하고 있다 즉 자가오염에 의해 악화된 퇴적환경은 결

국 수질환경에 다양한 영향을 끼쳐 표영 환경에서 생활하는 각종 수중생물에 나쁜 영향을 미치게 되고,<sup>1)</sup> 결과적으로는 생산성을 저하시키는 어장 노화현상을 가져오게 된다. 이와 같은 퇴적환경의 악화나 어장노화 현상은 주로 생분해성 유기물에 의해 이루어지기 때문에 어장의 오염을 총괄하는 지표로서는 흔히 저질의 화학적 산소요구량(COD)이 이용되고 있다.<sup>1)</sup> 뿐만 아니라 퇴적환경은

Table 1. Analytical parameters and methods for the surface sediments in Koegeum-sudo

Parameter	Analytical methods
• Temperature on sur- face sediment	• Thermometer with 1/10°C scale
• Ignition Loss(IL)	• Two hours yielded at 600°C with GF/C weight ratio
• Chemical Oxygen Demand(COD)	• KMnO4 consumption method
• Pheopigment	• 90% acetone extracts with spectrophotometric ethod of SCOR-Unesco(1966)
• Total Sulphide (H2S)	• Gas Tec (detection tube)
• Water Content(WC)	• wet and dry weight ratio
• Grain size	• Sieve with 0.063mm and 0.5mm mesh size Coarse sand(>0.5mm), Sand(0.064-0.5mm), Mud(<0.064mm, Clay + silt)

다양한 경로를 통해 연안해역으로 유입된 육상기원의 물 질들이 표영 환경에서 물리, 화학, 생물학적 변화과정을 거치면서,<sup>2)</sup> 최종적으로 도달하게 되는 곳으로서 표영 환경의 누적적인 지표가 되기도 한다.

따라서 퇴적환경의 특성을 분명히 한다는 것은, 보다 확실한 해역의 환경문제 파악과 함께, 장기적이면서 수 질환경 누적적인 변화과정 추적 등에 매우 유효한 수단이 될 뿐만 아니라, 해저를 생활기반으로 하고 있는 저서생물의 서식조건을 판단하는 데에도 좋은 지표가 되고 있다.

그러나, 우리 나라 연안해역에서의 어장의 노화나 해역의 환경문제를 평가함에 있어, 퇴적환경을 측정한 보고는 매우 빈약한 실정으로, 남해안에서 패류양식어장의 저질환경 분석 보고서,<sup>3-6)</sup> 표층퇴적물중의 유기물 분포에 관한 보고 등이 보여지고 있을 뿐이다.<sup>7-10)</sup>

본 조사의 대상해역인 거금수도(居金水道)는 전남 고흥 반도와 거금도 사이에 위치하는 협수로(狹水路)로서, 서쪽으로는 득량만과 연결되어 있고, 남쪽으로는 남해와 연결되어 있어, 주로 남쪽 개방구를 통해 해수교환이 이루어지는 해역이다.<sup>11)</sup> 수도내의 수심은 주요 수로부(水路部)에서는 20m이상을 나타내고 있으나, 수도의 북쪽과 동쪽인 고흥반도 연안, 즉 동남만 등은 10m 이하의 낮은 수심을 나타낸다.

또한 본 해역은 해수 유동이 원활하고 거금도 등 도서에 의해 둘러 싸여 온화한 해역특성을 나타내고 있기에 오래 전부터 수산양식 등의 어업활동이 활발하게 이루어지고 있는 곳으로, 조사 시점에도 미역, 김 등의 해조류양식과 전복 등 패류 양식이 성행하고 있었다. 특히 이와 같은 양식시설은 만의 북부 해역인 풍남만을 중심으로 수로의 안쪽해역에 집중되고 있다.

그러나 이와 같이 활발한 해역 이용에도 불구하고 본 해역을 대상으로 한 학술적인 해양환경 파악이나 해양생물상 등에 대한 조사연구는 빈약하며, 다만 득량만의 해수유동 현상을 수치모델 등에 의해 해석하면서 본 해역을 포함한 보고,<sup>11)</sup> 해수의 물리·화학적 특성 및 식물플랑크톤 분포에 관한 보고가 보여지고 있을 뿐이다.<sup>12-14)</sup>

따라서 본 연구는 아직까지 비교적 양호한 수질조건을 나타내고 있는 연안양식어장과 주변해역의 표층퇴적물 중 유기물량의 분포 및 계절변동 특성, 그리고 해역에 유입된 유기물의 근원을 파악하여 연안어장 환경관리

에 필요한 기초자료를 제공하고자 하였다

2. 재료 및 방법

거금수도 양식어장의 표층퇴적물 중의 유기물량을 파악하기 위한 현장조사는 1993년 2월, 4월, 8월 및 10월의 4회에 걸쳐 25개 관측점을 대상으로 실시하였다(Fig. 1). 채니는 core sampler(gravity corer, 내경 3cm)를 이용하였으며, 분석은 표층퇴적물 중 최상부 시료를 대상으로 하였다. 퇴적물 환경파악을 위한 측정·분석 항목 중 표층퇴적물의 온도(이온, 泥溫)와 같이 현장에서 측정을 필요로 하는 항목에 대해서는 채니 즉시 현장에서 측정하였다. 기타 항목에 대해서는 시료를 분석 항목 별로 구분하여, 변화하기 쉬운 항목의 시료는 밀폐된 용기에, 나머지 시료는 비닐봉지에 넣어, ice box를 이용 실험실로 운반하여, Table 1에 나타난 각 항목별 방법에 따라 분석을 하였다.<sup>15)</sup> 그러나, 채니 과정 중 일부 해저 퇴적물이 사질이나 암반에 의해 구성된 관측점은 core sampler로서 채니 할 수 없었다.

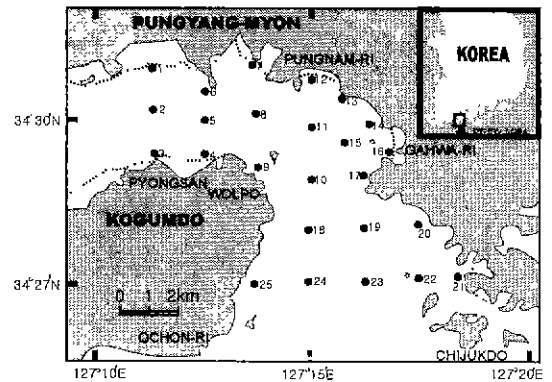


Fig 1. A map showing sampling stations.

그리고, 얻어진 항목 중에 IL, H<sub>2</sub>S 및 COD의 상호 관련성에 의해 거금수도의 유기물 기원과 분포특성을 고찰하여 보았다.

3. 결과 및 고찰

Table 2에는 거금수도 연안해역의 퇴적물에서 측정된

Table 2. The values of minimum, maximum, mean and standard deviation on the analytical parameters for surface sediments in Keogeum-sudo.

Parameter (units)	Winter				Spring				Summer				Autumn			
	min.	mean	max.	SD	min.	mean	max.	SD	min.	mean	max.	SD	min.	mean	max.	SD
Temp. on sediment (°C)	6.2	6.6	7.1	0.3	-	-	-	-	23.1	24.0	24.6	0.4	19.4	19.7	20.8	0.4
Ignition loss (%)	1.23	5.79	9.97	2.12	4.98	7.41	16.79	2.95	2.57	7.29	16.25	3.02	5.96	6.26	6.94	0.56
COD (mg/g dry)	7.40	5.79	17.39	2.12	4.75	7.41	18.70	2.95	3.55	15.62	42.27	9.72	15.46	20.52	32.78	4.55
Pheopigment (µg/g dry)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.84	2.36	4.31	1.08	0.32	2.85	5.91	1.69
Total sulphide (mg/g dry)	0.05	0.52	1.16	0.38	nd	0.16	1.59	0.40	0.02	0.48	1.50	0.50	0.06	0.68	2.43	0.71
Water content (%)	34.9	42.0	47.3	4.0	34.3	43.9	55.2	5.8	26.5	43.4	59.7	7.9	34.1	43.6	48.2	4.7
Mud content (%)	34.9	92.3	96.9	9.9	37.8	90.9	99.2	11.5	-	-	-	-	-	-	-	-

Temp.; temperature, COD, chemical oxygen demand, min.; minimum, max., maximum, SD, standard deviation

분석 항목의 최저, 평균, 최고값 및 표준편차를 계절별로 정리하여 나타내었다. 이로부터 표층퇴적물 중의 유기물 농도를 나타내는 각 지표 중에 황화물량을 제외한 모든 항목은 공간적인 분포 차이보다도 시간적 분포 차이가 큰 것으로 나타났으며, 황화물량은 반대 경향을 나타냈다. 그리고 각 항목별 분포특성은 다음과 같다.

3.1. 수심과 표층퇴적물의 온도

수로국 발행 해도 No. 257(1992)의 수심을 기준으로 작성한 거금수도의 수심은 수도 북쪽인 고흥 반도연안(풍남만)과 거금도 북단의 만 형태를 나타내는 해역에서 간석지가 형성되고 있으며, 수로부는 10m 이상의 수심을 나타내었다. 특히, 수도의 서쪽 대부분 해역과 남쪽 입구부에서는 20m보다 깊은 수심을 나타내며, 거금수도 북동해역인 풍남만 안쪽은 5m보다 얇은 천해 해역을 이루고 있다. 그리고 거금도 북동 해안은 해안선에서 바로 10m 이상의 수심을 나타내어, 급경사를 이루고 있다(Fig. 2). 수도의 남쪽 입구해역은 외해로 개방되어, 압반으로 된 해안선을 형성하고 있으나, 해저 퇴적물은 필로 구성되어 있다. 수로 전체의 저질 조성은 일부 도서 주변의 압반을 제외하고는 대부분 펄과 패각에 의해 구성되어 있다(해도 No. 257)

표층퇴적물의 온도(니온)는 저층해수의 수온과 밀접

한 관련성을 가져, 겨울에 최저 6.2°C에서 여름에 최고 24.6°C로 변동하여, 18.4°C의 연교차를 나타내었다. 계절별로는 겨울이 6.6±0.3°C(평균±표준편차로 이하 같은 방법으로 표시), 여름이 24.0±0.4°C, 그리고 가을이 19.7±0.4°C를 나타내어, 수질의 수온 변동과 매우 비슷한 결과를 나타내고 있으며,<sup>11)</sup> 사계절 모두 관측점 간 차이가 없는 매우 균일한 분포 특성을 나타내었다(Table 1). 다만, 겨울에 보여지는 6.2°C의 최저 니온은 본 해역이 외해와 인접하고 있고, 난류의 영향을 받고 있는 해역임을 고려하면 다소 낮은 값이다.<sup>13,14)</sup>

공간적으로는 겨울에 수로의 남쪽해역과 거금도 북동해역에서 7.0°C 이상의 비교적 높은 니온을 보이고 있으며, 수심의 얇은 풍남만 해역에서 6.5°C 이하의 낮은 니온을 나타내었다(Fig. 3, A) 다만, 2월이 남해안에서 연중 최저 수온을 나타내는 시기임을 고려하면,<sup>16)</sup> 이들 니온 분포가 거금수도에서 관찰될 수 있는 최저 값에 근사하다고 볼 수 있다. 봄은 니온이 측정되지 않았으나, 니온 분포가 저층의 수온값 변화와 매우 유사하기에 저층 수온을 참조하여 니온의 분포도를 작성했다.<sup>11)</sup> 즉 봄은 겨울과는 달리 풍남만 안쪽과 거금도 인근의 천해해역에

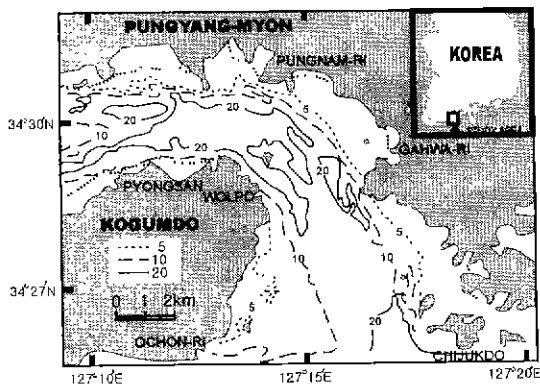


Fig. 2. A map showing bathymetrys.

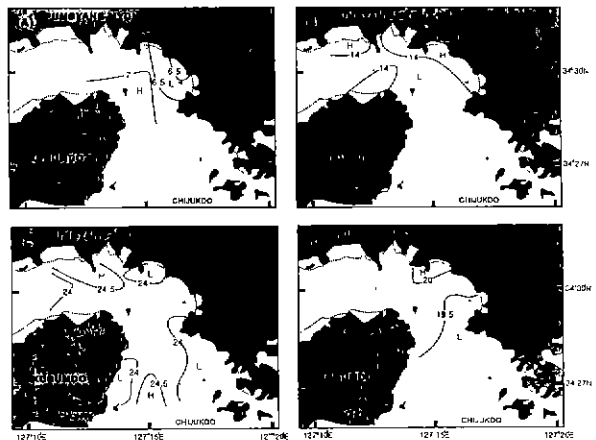


Fig. 3. Horizontal distribution of temperature on the surface sediment in Keogeum-sudo(A ; winter, B ; spring, C ; summer, D ; autumn).

겨울과는 달리 풍남만 안쪽과 거금도 인근의 천해해역에서 14.0°C보다 높은 값을 나타내나, 수심의 깊은 수로부 전역에서 14.0°C 이하의 니온을 나타내었다(Fig. 3, B). 여름은 수도 남부 입구해역과 풍남리에 인접하는 수도 북서쪽의 일부 천해해역에서 24.5°C보다 높은 값을 나타내나, 풍남리, 가화리 인근과 거금도 동남해역에서 24.0°C 이하의 낮은 값을, 그리고 수도 중앙부에서 아늑 니온의 중간 값을 나타내고 있다(Fig. 3, C) 가을은 여름과 달리 수도 남쪽해역에서 19.5°C 이하의 값을 보이는 반면, 수도 중앙부와 서쪽해역에서 19.5°C에서 20.0°C의 니온 값을 나타내었다(Fig. 3, D)

32 표층퇴적물 중의 유기물 분포

1) 총유기물량

표층퇴적물 중의 총 유기물량을 나타내는 강열감량(IL)은 겨울이 1.23~9.97%(5.79±2.12%), 봄이 4.98~16.79%(7.41±2.95%), 여름이 2.57~16.25%(7.29±3.02%), 그리고 가을이 5.19~6.94%(6.26±0.52%)를 나타내어, 봄과 여름에 높은 값을 나타내며, 겨울과 가을에 비교적 낮은 값을 나타내었다(Table 1).

공간적으로는 겨울에 풍남만과 수도 북서해역에서 5% 이상으로 높고, 기타 수도부와 남쪽해역에서 5% 이하의 낮은 값을 나타내었다(Fig. 4, A). 봄은 수도의 서쪽해역에서 10% 이상의 높은 값을 나타내며, 수도 남동해역인 가화리 연안에서 6% 이상의 값을 나타내나, 수도 중앙부에서 남쪽해역에 걸쳐서는 5% 내외의 비교적 낮은 값을 나타내었다(Fig. 4, B). 여름은 수도 서측 중앙부와 가화리 인근 해역에서 15% 이상의 매우 높은 값을 나타내며, 풍남만 동쪽해역과 거금도 북동해역에서 10% 내외의 값을 보였다. 반면 수도의 중앙부에서 남쪽 수로에 걸쳐서는 5~10%의 값을 나타내나, 타 계절에 비해 전반적으로 높은 유기물량을 보였다(Fig. 4, C). 가을은 수도 중앙부에서 풍남만 일원에 걸쳐 6% 이상의 값을 나타내며, 기타 해역에서는 6% 이하의 값을 나타

내었다(Fig. 4, D).

거금수도의 총유기물량은 매우 높은 값으로 어류, 해조류 및 패류 양식 등이 성행되고 있는 가막만,<sup>9)</sup> 신지도 연안해역,<sup>10)</sup> 서해 경기만, 목포 연안해역 및 우리 나라에서 가장 부영양화가 진행된 곳으로 알려지고 있는 남해 남동해역인 사천만, 진해만 일부해역과 유사한 값이며,<sup>8)</sup> 저수온기 광양만내에서 관찰되는 값보다도 높은 농도를 나타내었다.<sup>7)</sup> 이와 같은 유기물량 분포양상으로부터 풍남만 등 거금수도의 일부 천해해역은 이미 상당부분 유기물 축적이 이루어져 있음을 알 수 있었다.

2) 화학적 산소요구량

화학적 산소요구량(COD)은 겨울이 7.40~17.39 mg O<sub>2</sub>/g dry(5.79±2.12mgO<sub>2</sub>/g dry), 봄이 4.75~18.70 mg O<sub>2</sub>/g dry(7.41±2.95 mgO<sub>2</sub>/g dry), 여름이 3.55~42.27 mg O<sub>2</sub>/g dry(15.62±9.72 mgO<sub>2</sub>/g dry), 그리고 가을이 15.46~32.78 mgO<sub>2</sub>/g dry(20.52±4.55 mgO<sub>2</sub>/g dry)를 나타내어, 일부 해역을 제외하고는 가을에 가장 높은 농도를 보이며, 겨울에 가장 낮은 농도를 나타내었다(Table 1). 특히 여름과 가을철 일부 해역에서 보여지는 높은 값들은 일본 수산환경기준 값인 20 mgO<sub>2</sub>/g dry보다 높아,<sup>17)</sup> 계절과 해역에 따라서는 제한적이거나 상당부분 유기오염이 진행되어, 생물이 서식하기에 부적합한 환경을 이루고 있는 것으로 판단되었다.

공간적으로는 겨울에 풍남만 전해역과 거금도 북동해역에서 10 mgO<sub>2</sub>/g dry 이상의 값을, 특히 가화리 북서해역에서는 15 mgO<sub>2</sub>/g dry 이상의 값을 보이는 것에 반해, 주요 수로부에서는 10 mgO<sub>2</sub>/g dry 이하의 값으로서 매우 양호한 환경을 나타내고 있다(Fig. 5, A). 봄은 가화리 인근에서 15 mgO<sub>2</sub>/g dry 이상의 값을 나타내고 있는 것을 제외하면 전 해역에서 10 mgO<sub>2</sub>/g dry 내외의 값을 나타내어 겨울과 같이 양호한 환경조건을 나타내었다(Fig. 5, B). 여름은 수도 북서해역과 풍남만 안쪽에서 20 mg

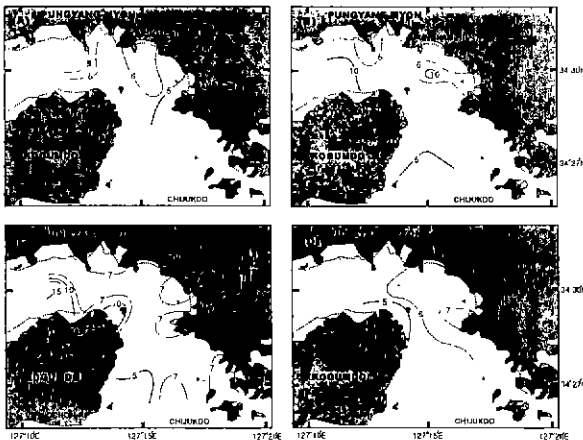


Fig. 4. Horizontal distribution of ignition loss(IL) on the surface sediment in Keogeum-sudo(A , winter, B ; spring, C , summer. D ; autumn).

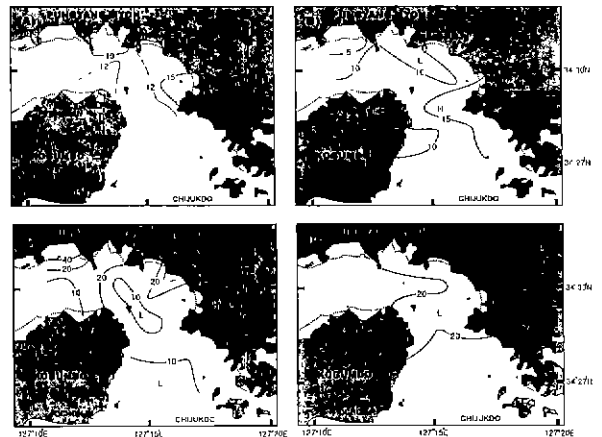


Fig. 5. Horizontal distribution of chemical oxygen demand(COD) on the surface sediment in Keogeum-sudo(A , winter, B ; spring, C ; summer, D , autumn).

O<sub>2</sub>/g dry 이상의 값을 나타내며, 만의 중앙부에서는 10~20 mgO<sub>2</sub>/g dry 사이의 값을, 그리고 수도의 서쪽과 남쪽해역에서 10 mgO<sub>2</sub>/g dry 이하의 낮은 값을 나타내어 공간적으로 다소 복잡한 양상을 나타내었다(Fig. 5, C). 가을은 타 계절과는 달리 수도의 중앙부에서 20 mgO<sub>2</sub>/g dry 이하의 값을 나타내고 있는 반면, 수도의 서쪽과 남쪽에서 20 mgO<sub>2</sub>/g dry 이상의 농도를 나타내고 있어(Fig. 5, D), 수심이 깊은 수로부에 연안 전체해역의 유기물들이 집적되고 있는 양상을 나타내었다

COD는 오랜 기간 해조류 양식이 이루어지고 있는 신지도 연안해역이나<sup>10)</sup> 오랜 기간 폐류 양식 등으로 부영양화가 진행된 광양만 내만역, 진해만보다는 낮으나,<sup>6,7)</sup> 과거 하계 득량만에서 측정된 값보다는 매우 높은 농도이다.<sup>4)</sup> 그러나 최근 겨울의 득량만이,<sup>3)</sup> 가막만 입구부<sup>9)</sup> 및 진해만 중앙부에서 보여지는 COD농도와 비슷한 값을 나타내고 있어,<sup>3)</sup> 거금수도의 수질 환경이 매우 양호한 조건을 나타내고 있다는 결과에 비하면 저층 퇴적물에는 상당한 유기물 축적이 이루어지고 있는 것으로 보여진다.<sup>14)</sup>

3) 표층 퇴적층의 식물 색소량

지연환경에서 표영계 생물에 기인하는 표층퇴적물의 유기물량은 식물 색소량(pheopigment)의 분석에 의해 판단할 수 있으나, 본 항목은 여름과 가을에만 분석되었다. Pheopigment는 여름이 0.84~4.31 μg/g dry(2.36±1.08 μg/g dry), 가을이 0.32~5.91 μg/g dry(2.85±1.69 μg/g dry)를 나타내어, 시간적 변화보다도 공간적으로 비교적 큰 분포 차이를 나타내었다(Table 1).

공간적으로는 여름의 경우, 수도 중앙부에서 풍남만 및 북서해역에 걸쳐 3.0 μg/g dry 이상의 높은 값을 나타내고 있는 것에 반해, 수도 서쪽과 남쪽해역에서 2.0 μg/g dry 내외의 값을 나타내었다(Fig. 6, A) 가을은 풍남만 전체역에서 3.0 μg/g dry 이상, 특히 내만 해역에서는 5.0 μg/g dry 이상의 높은 값을 보이고 있는 반면, 주요 수로부 전역에서는 1.0~3.0 μg/g dry 사이의 값을 나타내고 있다. 특히 거금도 동쪽과 가화리 남쪽해역에서는 1.0 μg/g dry 이하의 매우 낮은 값을 나타내었다(Fig. 6, B).

Pheopigment 농도는 득량만에서 관찰된 값보다는 매우 높게 나타났으며,<sup>8)</sup> 가막만이나 완도 신지도 연안해역,<sup>4,10)</sup> 그리고 우리 나라 연안해역에서 비교적 부영양화

가 진행된 것으로 알려져 있는 목포연안, 가막만 및 한국 남동해역에서 관찰되는 값과 유사한 농도를 보이고 있어,<sup>8)</sup> 표영계 플랑크톤 중 높은 수중 생물의 생산에 기인하는 부분도 상당부분 차지하는 것으로 판단되었다. 다만, 오래 전부터 폐류양식 등이 이루어진 과거 하계 진해만에서 측정된 농도보다는 매우 낮은 값이었다.<sup>3)</sup>

4) 황화물량

총 황화물량은 겨울이 0.05~1.16 mgS/g dry(0.52±0.38 mgS/g dry), 봄이 불검출(ND)~1.59 mgS/g dry(0.16±0.40 mgS/g dry), 여름이 0.02~1.50 mgS/g dry(0.48±0.50 mgS/g dry), 그리고 가을이 0.06~2.43 mgS/g dry(0.68±0.71 mgS/g dry)로 변화하여, 가을에 매우 높은 값을 나타내고 있으며, 다른 측정 항목과는 달리 높은 표준편차에 의해 시간적 분포차이보다 공간적인 분포 차이가 큰 것으로 나타났다(Table 1). 특히 불검출을 제외한 모든 조사시점에서 일본의 수산환경기준 값인 0.2 mgS/g dry보다 높은 평균값을 나타내어,<sup>17)</sup> 제한적이기는 하나 해역에 따라서는 상당부분 유기오염이 진행된 것으로 판단되었다.

공간적으로는 겨울에 풍남만 전체역에서 0.1 mgS/g dry 이상의 값을 보이고 있으며, 특히 풍남만 내만의 천해해역에서는 0.5 mgS/g dry 이상의 값을, 가화리 인접해역에서는 1.0 mgS/g dry 이상의 매우 높은 황화물량을 나타내나, 주요 수로부 전체역에서는 0.1 mgS/g dry 이하의 비교적 낮은 황화물량 분포를 나타내었다(Fig. 7, A). 봄은 수도의 북서연안과 거금도 북동 및 가화리 남서해역에서 1.0 mgS/g dry 전후의 값을 나타내나, 주요 수로부에서는 겨울과 같이 0.1 mgS/g dry 이하의 값을 나타내었다(Fig. 7, B). 여름은 복잡한 분포양상을 나타내어, 풍남만 전역과 수도 남동해역인 지죽도 북서해역에서 0.5 mgS/g dry 이상의 값을 나타내며, 이들 해역 안쪽에서는 1.0 mgS/g dry 이상의 매우 높은 황화물량을 나타

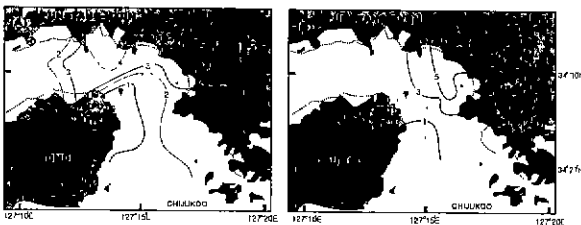


Fig. 6. Horizontal distribution of pheopigment concentration on the surface sediment in Keogeum-sudo (A , summer, B ; autumn)

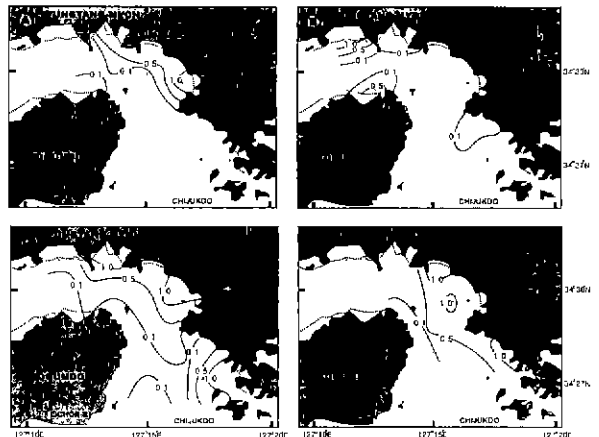


Fig. 7. Horizontal distribution of total sulphide(H<sub>2</sub>S) on the surface sediment in Keogeum-sudo. (A ; winter, B ; spring, C , summer, D ; autumn).

내었다. 수로부에서는 수도 중앙해역과 남쪽 입구부에서 0.1 mgS/g dry보다 다소 높은 값을 보이는 반면, 수도 서쪽과 남쪽해역에서는 0.1 mgS/g dry 이하의 낮은 값을 나타내었다(Fig. 7, C). 가을은 수도 중앙부 일부와 가화리 남동해역을 포함하는 풍남만 전체역에서 0.5 mgS/g dry 이상, 더욱 내만해역에서는 1.0 mgS/g dry 이상의 매우 높은 값을 나타내나, 거금도를 인접하는 해역과 대부분의 수도해역에서는 1.0 mgS/g dry 내외의 값을 나타내어(Fig. 7, D), 연간을 통해 풍남만 등, 천혜해역에서는 0.5 mgS/g dry 이상의 높은 값을, 비교적 수심의 깊고, 해수 유동의 활발한 수로부에서는 0.1 mgS/g dry 전후의 값을 나타내는 특성을 보였다

황화물의 경우, 풍남만 내해 쪽에서는 대부분의 조사 시점에 1.0 mgS/g dry 이상의 매우 높은 농도 분포를 나타내어, 퇴적물에 상당부분 유기물이 집적되어 저서생물의 서식에 부적합한 환경을 이루고 있는 것으로 보았으며,<sup>18)</sup> 유사한 환경조건을 나타내는 신지도 연안해역이나,<sup>19)</sup> 인접하고 있는 득량만과 비교하면,<sup>8)</sup> 거금수도의 황화물 농도는 매우 높은 값이라 할 수 있다. 특히 풍남만에서 관찰된 값들은 오랜 기간 폐류양식이 성행되고 있는 진해만 일부 해역<sup>36)</sup>과 산업폐수 등에 의해 상당부분 부영양화가 진행된 광양만 내만역,<sup>7)</sup> 서해의 천수만 및 가막만 일부를 포함하는 한국 남동 연안해역에서 보여지는 값들과 유사한 농도이다.<sup>8)</sup> 특히 최고값인 2.43mgS/g dry은 극심한 부영양화가 진행되어 하계 저층에서 저산소 또는 무산소 수괴가 출현하는 해역, 즉 무생물 해역에서 기록될 수 있는 값이라고 할 수 있다.<sup>9)</sup> ㉮<sup>1)</sup>은 표영 환경에서의 어류양식 등, 어장의 적정이용을 하기 위한 퇴적물 중의 황화물 농도를 日本水産資源保護協會<sup>17)</sup>가 기준으로 제시하고 있는 0.2~1.0mgS/g dry에 비하면, 풍남만 일원에서 관찰되는 거금수도 황화물량은 어장 이용에 상당한 문제를 발생시킬 수 있는 수준이라 할 수 있다.

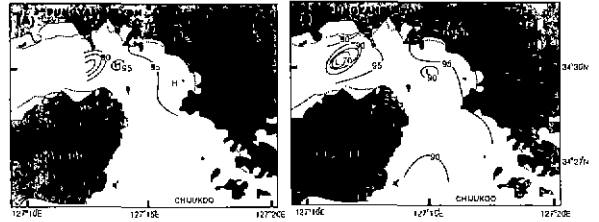


Fig. 9. Horizontal distribution of mud contents in grain size on the surface sediment in Keogeum-sudo(A ; winter, B ; spring)

특히, ㉮<sup>1)</sup>에 의하면 퇴적물 중의 유기물물 나타내는 지표 중에 COD나 IL은 계절적인 경향을 나타내고 있어, 양식 카렌다와 함께 쉽게 변화하는 특성을 나타내지만, 황화물량은 퇴적환경에 유기물이 경년적으로 집적되는 양상을 나타내어, 어장의 노화 등의 고찰에는 황화물량이 더욱 객관성이 있는 것으로 보고하고 있다. 따라서, 거금수도의 경우 수로부는 연안부 양식어장 등에서 유입되는 유기물의 저장고의 역할을 수행하여 일시적으로 높은 유기물을 나타낼 수 있는 조건을 가지고 있으며,<sup>19)</sup> 연안 천혜해역은 해수유동 등에 의해 일시적으로 유입된 유기물이 수로부로 이동될 수 있으나, 계속하여 유입되는 유기물의 누적 지표인 황화물량은 연중 높은 값을 나타내고 있어, 연중 매우 높은 황화물량을 나타내는 풍남만 일원 등 일부 천혜해역은 이미 상당부분 어장이 노화되어 있다고 할 수 있었다.

5) 표층퇴적물 중의 함수율 및 필 함량

표층퇴적물 중의 함수율과 필 함량은 퇴적물 중의 유기물 포용의 정도를 나타내는 항목으로, 함수율은 겨울이 34.9~47.3%(42.0±4.0%), 봄이 34.3~55.2%(43.9±5.8%), 여름이 26.5~59.7%(43.4±7.9%), 그리고 가을이 34.1~48.2%(43.6±4.7%)로 변화하며, 퇴적물 입도조성 중 필 함량은 겨울이 64.9~96.9%(92.3±9.9%), 봄이 57.8~99.2%(90.9±11.5%)를 나타내어 수도 중앙의 일부해역을 제외하고는 유기물을 비교적 쉽게 수용할 수 있는 미립한 입도에 의해 구성되어 있음을 알 수 있다(Table 1)

공간적으로 함수율은 겨울의 경우, 풍남만 안쪽 일부와 수로 서쪽해역에서 40% 이하로 낮고, 수도 중앙부에서 남쪽수로에 걸쳐 40% 이상의 값을 나타내었다(Fig 8, A). 봄, 여름, 그리고 가을의 경우도 해역에 따라 다소 차이는 있으나, 전반적인 분포경향은 비슷하게 나타났다(Fig. 8, B,C,D) 필 함량은 수도 중앙부에서 다소 낮은 값을 나타내고 있으며, 풍남만 등 수심의 얕은 천혜해역에서 높은 값을 나타내었다(Fig. 9, A, B). 그러나 함수율과 필 함량은 해역의 퇴적물 조성이 단시간에 쉽게 변화할 수 있는 내용이 아니기에 단기적인 계절변화를 나타낼 수 있는 항목은 아니다. 다만, 연안해역의 경우 호우에 의한 육상기원물질이 다량 유입이나 반복조사에 의한 채집점의 위치의 차이에 의해 다소 함량 차이를 나타낼 수는 있는 항목이라 할 수 있다.

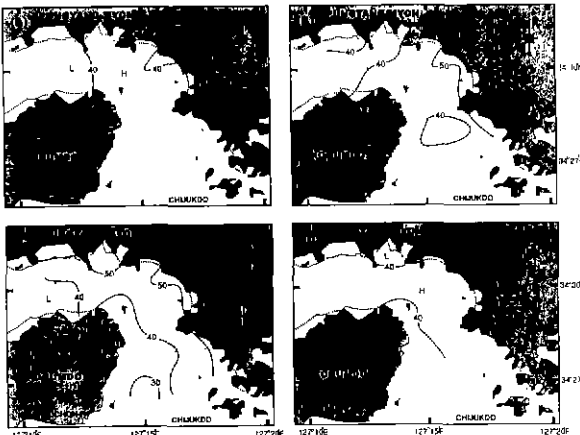


Fig. 8. Horizontal distribution of water content(WC) on the surface sediment in Keogeum-sudo(A ; winter, B ; spring, C ; summer, D ; autumn).

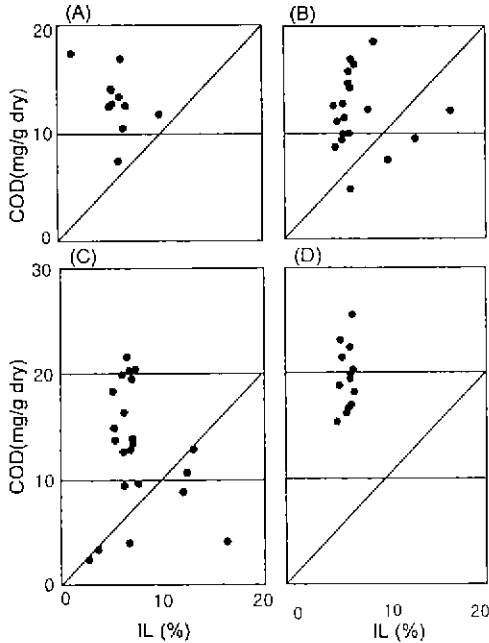


Fig. 10. Relationship between COD and IL on the surface sediment in Keogeum-sudo(A, winter, B, spring, C; summer, D; autumn).

### 3.3. 유기물 기원과 분포특성

연안해역의 퇴적물 중 COD는 유기물에서 유래하는 것으로 생분해성 유기물을 나타낸다.<sup>1,9,10,20</sup> 如<sup>11</sup>는 COD/IL의 관계식으로부터 퇴적물의 질적 표현을 시도하고 있다. 즉 COD/IL비 1을 기준으로 기율이 1보다 큰 분포상의 퇴적물 중 유기물은 양식장 등 외부 유입에 의해 형성된 생분해성 유기물을 나타내며, 1 이하인 경우는 자연해수 중의 생물생산이나 기타 요인에 의해 구성되는 유기물을 나타낸다고 하고 있다. 즉 거금수도의 경우 연중 COD/IL비가 대부분 기율기 1보다 위에 분포하고 있어, 퇴적물 중의 유기물은 대부분 양식장 등, 외부에서 유입되고 있는 것으로 판단할 수 있다(Fig. 10). 특히 양식장 중에서는 사료부여에 의한 어류 양식장이나 대량의 배설물을 배출하는 수하식 폐류 양식장에서 보다 많은 양의 유기물을 배출하게 되지만 거금수도 인근해역에서는 대규모로 어류나 폐류를 양식하는 시설물이 존재하지 않고 있을 뿐만 아니라, 육상에서 대규모로 유입할 수 있는 유기물 근원이 존재하지 않는다는 점과 COD/IL비가 해조류 양식이 성행하고 있는 겨울과 가을에 높게 나타나는 점에서 거금수도의 퇴적물 중 유기물은 해조류 양식장의 잔해물에 의존하는 비율이 높은 것으로 판단되었다.

그리고 황화물을 생성하는 황산염환원세균은 에너지 원으로서 COD로 표현하는 생분해성 유기물을 이용하고 있으나,<sup>20</sup> 황화물량과 COD사이는 그리 단순하지 않으며 관계가 쉽게 표현되지 않지만 다양한 자료를 종합적으로 분석하면 두 요인사이에는 지수 함수적 관계를 나타내며, COD농도가 낮을 때에는 황화물 생성이 매우 느리게

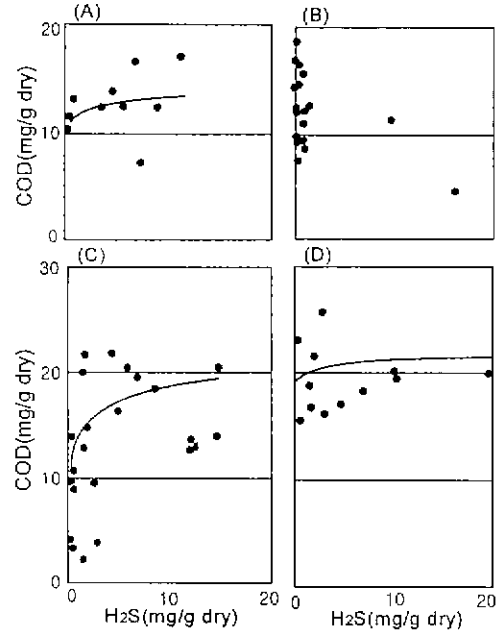


Fig 11 Relationship between COD and sulphide on the surface sediment in Keogeum-sudo(A; winter, B, spring, C, summer, D, autumn).

나타나, 어느 수준의 값을 넘게 되면 매우 급한 황화물 증가양상이 나타나는 것으로 알려지고 있다<sup>11</sup> 이로부터 여름과 가을의 매우 높은 거금수도의 황화물량은 해조류 양식장 등으로부터 유입된 유기물량이 과도하게 축적되면서 발생하는 것으로 판단할 수 있어, 거금수도에서는 COD농도가 10~20 mgO<sub>2</sub>/g dry 범위에서는 황화물 생성이 매우 느리게 진행되고 있으나, COD 농도가 20 mgO<sub>2</sub>/g dry를 넘게 되면 매우 빠른 속도로 황화물이 생성되고 있는 것으로 보여졌다(Fig. 11). 즉 이는 COD가 20 mgO<sub>2</sub>/g dry 이하의 농도에서는 호기성 조건하에서 분해활동이 활발히 이루어져 거금수도 저질 COD의 단기적인 변동 양상이 쉽게 나타낼 수 있음을 의미한다.

### 4. 결 론

거금수도의 퇴적환경은 풍남만 등 일부 연안해역을 제외하면, 생물의 서식과 증·양식에 양호한 조건을 나타내고 있다. 그리고 풍남만 등 양식활동이 활발하게 이루어지고 있는 수도 북동쪽의 천해해역은 상당부분 유기물이 집적되어 있는 것으로 판단되었으며, 거금수도 표층퇴적물 중의 유기물 유입원은 주로 연안부에서 이루어지고 있는 해조류 양식 잔해물에 의한 것으로 판단되었다. 따라서 거금수도의 경우 연안해역의 환경관리에서 인위적인 유기물 투여가 필요한 양식시설 설치 등에는 신중한 검토가 있어야 될 것으로 나타났다

### 감사의 글

본 연구의 수행에 도움을 주신 진 여수대학교 고 남

표 교수님과 현장조사에 도움을 준 풍남어촌계 관계자 및 여수대학교 해양학과 부유생물생태학 연구실 소속학생 제군, 그리고 자료정리 및 도표작성에 도움을 준 박중식군에게 고마움을 표한다

참 고 문 헌

- 1) 畑 幸彦, 1990, 堆積物 In "海而獲殖と養魚場環境. 水産學シリーズ 82. (渡邊 競 編), 恒星社厚生閣", 51~68.
- 2) 清水 誠, 1972, 海洋の汚染-生態學と地球化學の視點から. 築地書館, 151pp.
- 3) 조창환, 양한섭, 박경양, 양한섭, 엄말구, 1982, 진해만 패류양식장의 저질에 관한 연구. 한국수산학회지, 15(1), 35~41.
- 4) Cho, C H., K. Y. Park, H. S. Yang and J. S. Hong, 1982, Eutrophication of shellfish farms in Deukryang and Gamagyang bays. Bull. Korean Fish. Soc., 15(3), 233~240.
- 5) Yang, D. B. and J. S. Hong, 1988, On the biogeochemical characteristics of surface sediments in Chinhae bay in september 1983. Bull. Korean Fish. Soc., 21(4), 195~205.
- 6) Choi, H. G., W. C. Lee, P. J. Kim and P. Y. Lee, 1998, Water and sediment characteristics in the shellfish farms of the western part of Jinhae Bay. J. Fish. Sci. Tech. 1(2), 159~167.
- 7) 윤양호, 박정미, 1992, 저수온기 광양만의 유기오탁 현상에 대하여, 여수수산대학 수산과학연구소 연구보고. 1, 55~67.
- 8) 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 Bull. Korean Fish. Soc., 26(6), 557~566
- 9) 조현서, 유영석, 이규형, 1994, 가막만 수질 및 저질환경의 계절별 변동특성. 여수수산대학 수산과학연구소 연구보고, 3, 21~33
- 10) 윤양호, 1998, 완도 신지도 연안해역 표층퇴적물 중의 유기물 분포에 대하여 여수대학교 논문집, 13(2), 1135~1151.
- 11) Lee, B. G. 1994, A study of physical oceanographic characteristics of Deukryang Bay using numerical and analytical model in summer. Ph.D thesis, Nat'l Fish. Univ. Pusan, 145 pp.
- 12) 윤양호, 고남표, 1995, 거금수도내 양식어장의 해양환경특성 1. 식물플랑크톤 군집의 계절변동. 한국양식학회지, 8(1), 47~58
- 13) 추효상, 이규형, 윤양호, 1997, 거금수로 해역의 수온과 염분 변동. 한국수산학회지, 30(2), 252~263
- 14) 윤양호, 박종식, 고남표, 2000, 거금수도 양식어장의 해양환경 특성 2. 수질과 염록소 량의 변동 특성. 한국양식학회지, 13(1), 87~99.
- 15) 日本水産資源保護協會 編, 1980, 新編 水質汚濁調査指針. 恒星社厚生閣. 552pp.
- 16) 윤양호, 2000, 가막만 북부해역의 해양환경과 식물플랑크톤 군집의 변동특성 2. 수질환경과 엽록소 a량의 변동 특성. 한국환경과학회지, 투고중
- 17) 日本水産資源保護協會 編, 1972, 水産環境水質基準 (水質資料), 87pp
- 18) Bonn, E W. and B J. Follis, 1967, Effects of hydrogen on channel catfish *Ictalurus punctatus* Trans. Amer. Fish. Soc., 96, 31~36.
- 19) 윤양호, 박종식, 2000, 주성분분석에 의한 거금수도의 수질환경 및 식물플랑크톤 변동요인 해석. 한국환경과학회지, 9, 1~11.
- 20) 畑 幸彦, 1969, 底土中の硫化物 沿岸海洋研究ノ一ト、 7(2), 14~18