

理學碩士 學位論文

여수 가막만 참굴의 먹이 가용성에 있어
seston구성요소들의 월변화



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY
濟州大學校 大學院

海 洋 學 科

姜 東 雨

1999年 6月

여수 가막만 참굴의 먹이 가용성에 있어
seston 구성요소들의 월변화

指導教授 李 俊 佰

姜 東 雨

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함.

1999년 6월

姜東雨의 理學 碩士學位 論文을 認准함.

審査委員長 고 유 봉 印

委 員 이 준 백 印

委 員 최 광 식 印

濟州大學校 大學院

1999年 6月

Monthly variations of seston components in food
availability to oysters in Kamak Bay,
Yosu, Korea

Dong-Woo Kang

(Supervised by Professor Joon-Baek Lee)

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

DEPARTMENT OF OCEANOGRAPHY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1999. 6.

목 차

List of Figures	i
List of Tables	ii
Summary	iii
I. 서 론	1
1. 연구배경과 의의	
2. Seston의 구성요소와 참굴의 먹이원	
3. 연구목적	
II. 재료 및 방법	
1. 조사시기 및 정점	
2. 물리·화학적 환경요인의 측정	
2. 1. 물리적 환경요인	
2. 2. 화학적 환경요인	
3. Seston 구성성분 분석	
3. 1. Chlorophyll <i>a</i>	
3. 2. 총부유물질(TSS)과 휘발성부유물질(VSS)	
3. 3. 단백질	
3. 4. 탄수화물	
3. 5 지 질	

4. 먹이원 산정	
4. 1. Food(먹이원)와 Food index(먹이지수)	
5. 상관관계 분석	
III. 결과 및 고찰	
1. 환경요인	
1. 1. 물리적 환경특성	
1. 2. 화학적 환경요인	
2. Seston구성성분의 월변화 특성	
2. 1. Chlorophyll <i>a</i>	
2. 2. 총부유물질(TSS)과 휘발성부유물질(VSS)	
2. 3. 단백질, 탄수화물, 지질의 월변화	
3. 먹이원의 영양성	
4. 환경요인과 Seston 구성성분과의 상관관계	
5. Seston 유기구성 성분들간의 상관분석	
IV. 요약	
참고문헌	
감사의 글	



List of Figures

- Fig. 1. A map showing the sampling stations in Kamak Bay, Yosu, Korea.
- Fig. 2. Monthly variations of mean water temperature ($^{\circ}\text{C}$) and mean salinity (‰) in Kamak Bay.
- Fig. 3. Monthly variations of dissolved inorganic nitrogen (DIN) and dissolved inorganic phosphorus (DIP) in Kamak Bay.
- Fig. 4. Monthly variations of mean N/P ratio in Kamak Bay.
- Fig. 5. Monthly variations of mean chlorophyll *a* ($\mu\text{g L}^{-1}$) in Kamak Bay.
- Fig. 6. Monthly variations of mean TSS and VSS in Kamak Bay.
- Fig. 7. Monthly variations of mean food ($\mu\text{g L}^{-1}$) and mean chlorophyll *a* concentration ($\mu\text{g L}^{-1}$) in each station. The "food" is a sum of protein, carbohydrate and lipid in Kamak Bay.

Fig. 8. Monthly concentrations of mean protein, carbohydrate and lipid in Kamak Bay.

Fig. 9. Monthly variation of "Food" in Kamak Bay.
("Food" = protein + carbohydrate + lipid)

Fig. 10. Monthly variations of Food index (%) in Kamak Bay.

Fig. 11. Mean Food index(%) in each station in Kamak Bay.

Fig. 12. Relationship between "Food" and chlorophyll *a* in Kamak Bay.

List of Tables

Table 1. Ranges of Environmental parameters for sampling day in Kamak Bay.

Table 2. Monthly variations of nutrients in Kamak Bay.

Table 3. Monthly variations of TSS (Total suspended solid) and VSS (Volatile suspended solid).

Table 4. Monthly variations of protein, carbohydrate, lipid and total food.

Table 5. Pearson correlation coefficients for physical parameters, total suspended solid (TSS), particulate inorganic matter (PIM) and volatile suspended solid (VSS) in Kamak Bay.

Table 6. Pearson correlation coefficients between organic components of the seston in Kamak Bay.

Abstract

The monthly changes and components of seston from Kamak Bay, Yosu, where over 30% of the oyster is produced in Korea, has been studied to understand the seasonal characteristics of food availability of the Korean oyster (*Crassostrea gigas*) at 7 stations from July 1997 to June 1998.

Concentration of mean TSS ranged monthly from 8.3 to 37.0 mg L⁻¹, showing the highest value in Spring. Monthly variation of protein in the seston was in the range of 851~ 3,481 μg L⁻¹, whereas carbohydrate concentrations 73 ~ 186 μg L⁻¹. These were higher value in spring and fall than in other seasons.

Spatial distribution of the seston showed higher values in the inner bay at and the 3 stations located in oyster farm in compared with other sites. Concentrations of Chl-*a* reached two peaks in summer (10.8 μg L⁻¹) and in fall (6.0 μg L⁻¹).

Such result of the seston concentration was coincided with the mode of protein and carbohydrate changes. In the correlation analysis of Chl-*a* with the seston, protein and carbohydrate, the highest correlation was observed between Chl-*a* and protein($r=0.523$). Therefore, the determination of available food for the Korean oyster(*Crassostrea gigas*) would be effected by the variation of particulated organic matter. The nutritional quality of the seston might be much higher in spring and fall.

I. 서 론

1. 연구배경과 의의

여수반도 남단과 돌산도에 둘러싸인 가막만은 남북 방향의 길이가 약 15 km, 동서방향의 길이가 약 9km인 타원형 내만이며, 면적은 147.5km² 평균 수심이 약 9m인 천해로서 용적이 10.2×10⁸ km³이다.

이곳은 육지로 부터 영양염류 유입이 많아 기초생산력이 매우 커 서식생물이 다양할 뿐만 아니라 양식업이 성행하여 수산 자원 보존 지역 및 청정 해역으로 지정 보호하고 있으며(이 등, 1991), 현재 약 100건의 수하식 굴 양식장에서 전국 굴 생산량의 29%나 생산하고 있다. 하지만 1975년 수하 연승식으로 바뀐 이후 해면의 무질서한 이용과 함께 극심한 생산량의 변동을 초래하였고(굴 수하식양식수협, 1985), 과도한 생물 생산과 주변 임해공단 및 도시로 부터 폐수 유입의 증가로 어장 환경 관리상 많은 문제가 발생하고 있다(이와 조, 1990). 이에 가막만의 수질 및 저질환경(조 등, 1994)과 식물플랑크톤의 출현종과 양(Shim, 1980; 윤, 1995, 1998) 그리고, 해수유동(이와 장 1982; 국립수산진흥원 1988; 이 1992)등 가막만에 대한 연구는 활발히 이뤄지고 있으며, 양식굴에 관한 연구로서 가막만 수하식 양식굴의 생산실태와 성장특성에 관한 연구(이 등, 1992)와 이 (1993)등에 의한 양식굴의 생산에 관한 수산해양학적 연구 등이 있다. 그러나, 현재의 이러한 문제점들을 예측하고 앞으로의 효율적인 어장환경관리방안을 제시하기 위해서는 생물해양학적인 현장조사와 조사 결과에 대한 굴 개체군의 성장을 예측하고 모델을 개발하여 적용함이 필수적이나 이에 관한 연구는 미비한 실정이며, 현재 미국, 프랑스, 일본 등에서 활발히 진행되고 있다(Powell et al., 1992; Hofmann et al., 1995; Kobayashi et al., 1997). 현재까지 가막만에서의 양식굴의 환경용량 산정에 관한 연구로는 조(1996a,b) 등이 있다. 선행된 연구에 따르면 한국산 참굴 개체군에 대한 모델링의 생물 성장식에 사용된 먹이

양으로서 chlorophyll a와 14C를 이용한 1차 생산력을 사용해 왔다. 그러나 참굴의 섭이량은 한정되어 있으며, 또, 적조현상이 발생시에는 실제 모델이 과대평가 되어지는 오류를 낳는다. 따라서, 굴의 성장에 영향을 미치는 먹이 공급원에 대한 그리고, 종합적으로 가막만의 굴 생산량에 영향을 주는 먹이 공급원의 요소에 대해 선행된 방법에 따른 먹이양은 보다 세분화 되어야 할 필요성이 있으며, 이에 실질적인 굴의 먹이원에 대한 연간에 걸친 변동특성을 파악하는데 그 의의를 가진다.

2. Seston의 구성요소와 참굴의 먹이원

해수 중 입자성 물질은 부유물, 침강물, 세스톤(seston), 유기쇄설입자(detritus), 응집물(aggregate), 해중설(marine snow) 등 여러 가지 이름으로 불리고 있다(이와 양, 1998). 특히 seston 또는 입자성부유물질(suspended particulate matter)은 해양환경내에 육수의 유입 또는 저질입자의 재부유 등에 기인한다(Soniat *et al.*, 1984). 그리고 seston은 living plankton, organic detritus, inorganic particles 등을 포함하며, seston의 구성성분의 변화는 여과섭이 생물체에 대해 유용가능한 먹이원의 질적인 영양성의 변화를 암시한다(Soniat *et al.*, 1984). 여과 섭식자인 참굴과 같은 이매패류는 특정먹이의 선택적 섭이형, 비선택적 섭이형, 중간형의 세종류로 먹이의 섭식형태에 따라 구분되며 (Loosanoff and Davis, 1963), 여러 실험을 통해 주 먹이로는 녹조류, 규조류, 편모조류 등으로 알려져 있고(田中等, 1970), 또 위 내용물 분석을 통해 알려진 굴의 소화관 안에는 해수 중에 있던 많은 부유물과 함께 유기물 찌꺼기, 규조 편모충, 각종 무척추동물 유생, 모래 개흙질, 해면 동물의 골편 등이 나타났다(유, 1979). 그리고, Soniat *et al.*, (1984)은 seston의 구성요

소 중 하구역에서의 굴과 다른 여과섭이자들의 먹이원은 diatoms, nanoplankton, organic detritus, bacteria, small animal forms 등이 사용된다고 하였고, 굴의 잠재적인 먹이원은 부유성 물질형태인 입자성 유기물질(POM)과 비조류성물질(non-algal materials)도 유용 가능하다고 하였다.

이러한 굴의 먹이로 사용되는 seston 구성요소의 파악에 관한 연구와 아울러 seston 유기구성 성분분석의 병행은 굴의 먹이원 추정과 그 양의 규명을 통해 굴 양식어장 환경관리에 필수적인 모델링에 중요한 요소가 되고 있으나, 현재 본 연구에 관한 조사는 거의 없는 실정이다.

3. 연구목적

따라서 본 논문의 연구목적은 여수 가막만의 자연산 참굴 개체군의 먹이 가용성에 있어 먹이 공급원 추정시 사용된 chlorophyll *a*의 양과 ¹⁴C 법에 의한 1차 생산력 대신에 보다 실질적인 먹이원으로서 seston의 유기 구성물질 분석을 통한 먹이공급원의 구성요소들과 영양성의 계절적 변동 특성을 규명하고 동시에 구성성분들의 상관관계분석을 통해 각 성분들간 및 환경요인과의 영향을 밝히고자 하였으며 나아가 양식어장환경의 굴모델링 성장식에 사용되어지는 먹이양을 제시하고자하였다.

II. 재료 및 방법

1. 조사시기 및 정점

전라남도 여수 가막만에서 1997년 7월부터 1998년 6월까지 1년간 총 7개 정점(Fig. 1)에서 채집하였다. 내만역인 정점 1과 양식장이 위치한 3개 정점(St. 2, 3, 4) 그리고 만입구 해역인 정점 5, 6, 7, 로 나누어 표층에서 채수하였다. 그리고, 양식장이 위치한 정점에서는 굴 수하연이 위치한 깊이 약 3m도 채수하여 분석을 실시하였다.

2. 물리·화학적 환경요인의 측정

2. 1. 물리적 환경요인

1) 풍향·풍속

저층의 입자성 물질들의 재부유에 영향을 주는 주된 환경요인으로 풍향과 풍속자료는 기상청에서 발간된 기상월보(1997, 1998)를 이용 1997년 7월에서 1998년 6월까지 채집일시의 풍향과 평균풍속을 인용하였다.

2) 수온, 염분

수온·염분은 수온·염분측정기(YSI 85)를 사용해 현장에서 측정하였다.

3) 투명도

측정은 직경 30cm의 백색 원판으로 된 투명도판(secchi disk)으로 측정하였다.

2. 2. 화학적 환경요인

1) pH

현장에서 pH meter (Orion 230A)로 측정하였다.

2) 영양염류

현장에서 채수한 해수를 여천 종묘 배양장에서 급속 냉동하여 실험실로 운반한 후 Standard method(APHA *et al.*, 1994)에 의해 분석을 실시하였다.

- i) 암모니아성 질소($\text{NH}_4^+\text{-N}$): Indophenol법에 의해 비색정량 하였다.
- ii) 아질산성 질소($\text{NO}_2^-\text{-N}$): NED법에 의해 비색정량 하였다.
- iii) 질산성 질소($\text{NO}_3^-\text{-N}$): Cu-Cd칼럼 환원법에 의해 비색정량 하였다.
- iv) 용존무기질소(DIN): 암모니아성 질소($\text{NH}_4^+\text{-N}$), 아질산성 질소($\text{NO}_2^-\text{-N}$), 질산성 질소($\text{NO}_3^-\text{-N}$)의 합으로 나타내었다.
- v) 용존무기인(DIP): Ascorbic acid법에 의해 비색정량 하였다.
- vi) 규산염 규소($\text{SiO}_2\text{-Si}$): Molybdenum blue법에 의해 비색정량했다.

3. Seston 구성성분 분석

3. 1. Chlorophyll a

각 정점의 해수를 각각 1 liter씩 GF/C filter (Whatman, 47mm)로 여과한 후 냉장 보관하여 실험실로 운반하였고, 90% acetone에 의해 냉암소에서 24시간동안 색소를 추출한 뒤 원심분리하여 (3,500rpm, 10분) 상등액을 취해 분광광도계 (Shimadzu UV-1201)로 각 파장에서 측정하여 $\mu\text{g Chl } a \text{ L}^{-1}$ 로 나타내었다.

3. 2. 총입상부유물(TSS)과 휘발성부유물질(VSS)

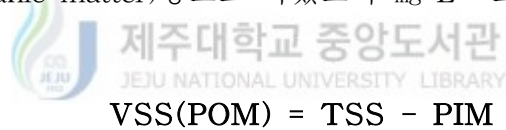
1) TSS(Total suspended solid)

미리 건조시켜 정량된 GF/C filter (Whatman, 47mm)에 시수 1ℓ를 여과한 후 105 ~ 110 °C에서 2시간 건조시켜 데시케이터에서 30분간 방냉 후 여과 전후의 무게차를 산출하여 mg L^{-1} 로 나타내었다.

2) VSS(Volatile suspended solid)

(= 입자성 유기물질, Particulate organic matter)

TSS를 측정하고 난 후 여과지를 회화로에 넣고 $450\pm 50^\circ\text{C}$ 에서 15~20분간 회화시켜 데시케이터에서 30분간 방냉 후 정량한 PIM (particulate inorganic matter)의 무게를 감량하여 입자성 유기물질 (particulate organic matter)양으로 하였으며 mg L^{-1} 로 나타내었다.



$$\text{VSS(POM)} = \text{TSS} - \text{PIM}$$

3. 3. 단백질

시수 1ℓ를 GF/C filter (Whatman, 47mm)에 여과 후 Dry ice를 이용하여 -20°C 로 급속 냉동 한 후 실험실로 운반하여 -70°C 이하에서 보관하였다. 분석시 captube(10ml)에 여과지를 넣고 PBS buffer를 주입하여 최종 부피를 5ml되게 한 후 얼음물이 담긴 비이커에서 초음파분쇄기 (Branson 450)를 이용 1분간 파쇄하고 5,000rpm 에서 15분간 냉동원심 분리(Hanil Supra 22K)하여 상등액을 분석시료로 사용하였다.

분석은 BCA Protein assay kit(Pierce 23225)를 이용하였다. Bovine serum albumin(BSA) standard capsule(2mg/ml)을 절개하고 마이크로 피펫으로 각 농도별로 희석하여 시약 A와 시약 B를 50:1로 혼합한 혼합용액 2ml씩을 standard sample이 담긴 glass tube(5ml)에 넣고 parafilm으로 봉한 다음 10초간 균질화 시켰다. 그리고 37℃에서 30분간 Water bath에서 반응을 시키고 실내온도(약 20℃)에서 10분간 방냉 후 바탕시험액을 대조로 562nm파장에서 분광광도계(Pharmacia Ultrospec-2000)로 측정 하였고 standard curve를 이용 각 샘플의 단백질 농도를 구하였으며 환산하여 $\mu\text{g L}^{-1}$ 로 나타내었다.

3. 4. 탄수화물



시수 1ℓ를 여과하여 분석시료로 사용하였고 시료의 채집과 운반, 보관 및 working sample은 단백질에 사용한 방법과 동일하며 페놀-황산법(Dubois *et al.*, 1956; Liu *et al.*, 1973)을 사용하였다. 분석시 Agar powder(Hanawa co.)를 standard로 사용하여 각 농도별로 희석하고 증류수 0.5 ml와 10 % 페놀(Liquefield co.) 0.5 ml를 standard sample이 담긴 glass tube(5 ml)에 주입하여 교반한 후 즉시 2.5 ml의 황산(Junsei co.)을 넣고 실온(약 20℃)에서 10분간 발색 반응시킨 다음 분광광도계(Pharmacia Ultrospec - 2000)를 이용 485nm파장에서 바탕 시험액을 대조로 흡광도를 측정하였다. 그리고 working sample의 양은 1ml를 채취하여 분석시료로 이용했고 standard curve를 이용 각 샘플의 탄수화물 농도를 구하였으며 환산하여 $\mu\text{g L}^{-1}$ 로 나타내었다.

3. 5. 지 질

시수 7 ~ 15ℓ를 GF/C filter (Whatman, 47mm)에 여과 후 Dry ice를 이용 -20 ℃로 급속 냉동 후 운반하여 -70 ℃이하에서 보관하였다. 실험실에서 분석시 건조기를 이용해 60 ℃에서 24시간 동안 수분을 완전히 증발시킨 후 50ml captube에 넣고 용매로 클로로포름 : 메탄올(2 : 1)을 사용한 방법(Bligh and Dyer, 1959)을 이용 용매 30ml를 주입하여 균질화시킨 다음 용매 20ml를 추가로 주입해 지질을 추출하였다. 그리고, GF/F filter (Whatman, 25mm)로 여과시 혼합용매로 2 ~ 3회 rinsing하여 최종 부피를 약 80ml로 한 후 60℃로 건조기에서 24시간 동안 건조시켜 미리 정량한 알루미늄 호일접시에 넣고 Hume hood에서 유기용매를 제거시킨 다음 건조기에서 60 ℃로 over night시켰다. 지질의 무게 정량은 항온 항습실(20℃)에서 전자저울(Denver Inc. AA-250)을 이용 소수점 넷째 자리까지 정량하였고, 각 여과수량에 따라 환산하여 $\mu\text{g L}^{-1}$ 로 나타내었다.

4. 먹이원 산정

4. 1. Food(먹이원)와 Food index(먹이지수)

*Food(먹이원)는 단백질, 탄수화물, 지질의 합으로 구했으며(Soniat *et al.* 1984), **Food index는 "Food"를 TSS로 나눈 후 백분율로 환산하는 방법을 사용하였다(Widdows *et al.*, 1979).

$$*Food(\mu\text{g L}^{-1}) = \text{Protein} + \text{Carbohydrate} + \text{Lipid}$$

$$**\text{Food index}(\%) = \text{"Food"}/\text{TSS} \times 100$$

5. 상관관계 분석



SYSTAT통계처리 프로그램(version 8.0)을 이용하여 seston구성성분들간의 상관관계분석을 실시하였고 환경요인과의 관계도 분석하였다. 그리고, 단백질, 탄수화물, 지질의 합으로 규정한 "Food"와 chlorophyll *a*는 회귀분석을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 환경요인

1. 1. 물리적 환경특성

조사기간동안 가막만 해역의 연간 각 항목별 변동범위 및 평균치를 Table 1에 그리고, 수온 염분의 월별 평균치의 변동을 Fig. 2에 나타내었다. 가막만의 월 평균 수온의 변동 범위는 7.46 ~ 26.0℃의 분포를 보였고, 최고·최저수온은 정점 1에서 '97년 8월에 27.0℃로 가장 높았으며, '98년 1월에 5.9℃로 가장 낮은 수치를 보였다. 그리고 월 평균 연교차는 19.34℃였다. 염분의 경우 월 평균 28.4~34.4‰의 범위를 보였고, '98년 2월에 최고 34.4‰, 6월에 최저 27.9‰로 나타났다. 그리고, 6월의 낮은 염분은 장마에 따른 강수('98. 6.24~27 : 209 mm)의 영향으로 육수 유입에 기인한 것으로 사료된다(기상대, 1998).

한편 정점별 수온·염분의 분포는 하계·춘계에 내만역인 정점 1이 만 입구쪽인 정점 7보다 고온, 저염이었으며, 추계·동계에는 저온, 저염이었다(Fig. 1). 이는 이와 조(1990)의 가막만의 수온과 염분의 분포에 관한 연구결과와 동일한 분포 양상을 보였다.

조사기간 중 관측한 투명도는 추계와 하계에 1.5 ~ 3.8 m의 범위로 춘계와 동계의 0.5 ~ 2.5 m범위보다 높았으며, 정점별 양상은 내만역(정점 1)과 만 입구(정점 6, 7)에서 하계와 동계를 제외하고는 굴 양식장이 위치한 정점 2, 3, 4보다 높게 나타났다. 그리고, 채집일의 평균 풍향·풍속은 12월에 최저(WSW, 1.0 m/sec)를 보였고, 11월에 최고(NE, 8.5 m/sec)로 나타났다(Table 1).

1. 2. 화학적 환경요인

가막만에서의 pH 값의 변화 범위는 7.58 ~ 8.58로 최저치는 1월 정점 1에, 최고치는 6월 정점 1에서 보이고 있었다. 그리고, 월별 평균 변화는 7.88 ~ 8.35의 범위로, 최고치는 6월에, 최저치는 1월에 나타났다 (Table 1). 이는 식물플랑크톤에 의한 광합성 활동이 높은 지역에서 pH 값이 높게 나타나는 것과 같은 양상을 보인다(Parsons *et al.*, 1984). 한편, 각 정점별 pH 값의 변화에 대한 특이성은 관찰되지 않았으며, 춘계와 하계가 타 계절에 비해 높은 양상을 나타내었다.

용존 무기질소원과 인산인의 농도 변화를 Fig. 3 와 Table 2 에 나타내었다. DIN의 월변화는 1.698 ~ 29.214 μM 의 범위를 그리고, 월평균 최고 16.888 μM (1997년 12월)에서 최저 6.255 μM (1998년 5월)의 분포 범위를 나타내었다. DIP의 경우 연변화는 0.299 ~ 2.093 μM 의 변동 범위를 보였고, 월평균 최고 1.171 μM (1997년 11월)에서 최저 0.493 μM (1998년 5월)의 범위를 나타내었다. 그리고, N/P ratio의 변화폭은 2.43~107.79의 범위를 보였고, 월별 평균 10.22 ~ 32.59의 변동 범위로 나타났다. 연평균 정점별 N/P ratio는 10.05(정점 6) ~ 20.66(정점 2-0m)의 범위로서, 연중 N/P=21 이하를 나타냈다(Fig. 4). 여과 섭이를 하는 굴의 먹이원으로서 식물플랑크톤의 생체구성 중 N과 P의 비율은 Redfield ratio(Redfield *et al.*, 1963)로서 16 : 1로 알려져 있다. 한편 월별 N/P ratio의 분포에서 '98년 6월의 경우 만 입구쪽에서 내만쪽으로 갈수록 N/P=16 이상의 높은 양상을 보이는데 이는 용존무기인에 비해 용존무기질소가 상대적으로 많아, 식물플랑크톤의 성장에 인이 제한요소로 작용하고 있다고 생각된다.

2. Seston 구성성분의 연변화 특성

2. 1. Chlorophyll *a*

연간 월 평균 Chl - *a*의 농도 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 조사기간 동안 chlorophyll *a*의 월평균 변화는 $0.2 \sim 6.1 \mu\text{g L}^{-1}$ 의 농도로써 '97년 10월에 $5.95 \mu\text{g L}^{-1}$ 와 6월에 $10.8 \mu\text{g L}^{-1}$ 등 두 번의 peak를 보였다.

그리고 춘계($3.2 \sim 3.6 \mu\text{g L}^{-1}$)인 '98년 3, 4, 5월과 추계($1.6 \sim 2.1 \mu\text{g L}^{-1}$)인 '97년 9, 10월이 높게 나타나는 특징을 보였다. 그리고 정점별 분포는 내만역인 정점 1에서 연 평균 $2.84 \mu\text{g L}^{-1}$ 로써 가장 높았으며, 양식장이 위치한 정점 2 ~ 4에서 $1.77 \sim 2.13 \mu\text{g L}^{-1}$ 의 분포범위로써 비교적 높게 나타났다. 양식장이 위치한 정점의 Chl - *a* 분포 비교에서 0m와 3m층의 수평적 변화 양상은 불균일한 분포를 보였으며, 층별 농도의 차는 0m가 연평균 $1.6 \sim 2.2 \mu\text{g L}^{-1}$ 로서 3m층의 $1.3 \sim 2.2 \mu\text{g L}^{-1}$ 와 비교해서 특별한 차이가 없이 유사한 농도의 분포를 나타냈다(Fig. 7).

2.2 총부유물질과 휘발성부유물질

총부유물질(TSS), 휘발성 부유물질(VSS) 그리고 입자성 무기물질(PIM)의 월 변화량과 분포범위를 Table 3와 Fig. 6에 나타내었다. 조사기간동안 총부유물질의 연간 변동범위는 월 평균 최소 9.2 mg L^{-1} ('98년 1월)에서 최대 35.1 mg L^{-1} ('98년 3월)로 나타났다. 계절별로는 추계에서 동계에 이르는 '97년 10월과 11월에 각각 27.9 mg L^{-1} , 25.9 mg L^{-1} 그리고, 12월에 23.0 mg L^{-1} 을 보여 높은 월평균 농도를 나타냈으며,

1998년 2월(36.0 mg L^{-1})과 3월(35.1 mg L^{-1})에 35.0 mg L^{-1} 이상으로 가장 높은 평균값을 보였다. 정점별로는 외해역이 $19.94 \sim 32.43 \text{ mg L}^{-1}$ 의 범위로서 높은 농도를 그리고, '98년 2월에 68.6 mg L^{-1} 로써 가장 높은 평균값을 보였다. 양식장이 위치한 정점(정점 2, 3, 4)에서 표층과 저층의 연평균 농도는 저층이 $21.75 \sim 24.60 \text{ mg L}^{-1}$ 으로 나타나 표층의 $20.25 \sim 22.73 \text{ mg L}^{-1}$ 범위 보다 높은 분포양상으로 나타난 것이 특징이다.

총부유물질에서 입자성무기물질의 차로 구한 휘발성 부유물질의 양은 Fig. 6.에서 보여지는 빗금친 부분으로서 월 변동범위는 월평균 $4.3 \sim 14.4 \text{ mg L}^{-1}$ 로써, '97년 9월 (13.5 mg L^{-1})과 '98년 5월에(14.4 mg L^{-1}) 높은 값을 나타내었다. 휘발성부유물질의 양은 곧 POM(입자성 유기물)의 함량을 나타낸다고 알려져 있으며, 이 양이 풍부함은 곧 여과섭이자인 굴의 먹이원이 풍부하다고 할 수 있다. 각 부유물질의 농도 분포도에서 조사 기간 동안 '97년 추계와 '98년 춘계에 입자성 유기물질(즉 VSS)이 많은 분포범위를 차지함이 관찰되며, 따라서 이 시기에 참굴의 먹이원 및 영양성이 풍부했었다고 사료된다.

2.3 단백질, 탄수화물, 지질의 월변화

유기구성 물질 중 단백질, 탄수화물, 지질의 월 평균 변동 범위를 Table 4와 Fig. 8에 나타내었다. 단백질의 경우 연간에 걸쳐 탄수화물, 지질보다 높은 농도를 보였으며 월평균 값은 12월에 $851 \mu\text{g L}^{-1}$ 로써 최저를 그리고, 하계인 6월에 $3,481 \mu\text{g L}^{-1}$ 의 값을 보여 최고를 나타냈다. 한편 텍사스 Galveston Bay('80. 9~'81. 9)에서의 경우 약 $200\sim 1,800 \mu\text{g L}^{-1}$ 의 범위를 보여(Soniat *et al.*, 1984) 본 조사지역의 단백질의 농도가 더 높게 나타나는 경향을 보였다. 계절에 따른 농도분포는 춘계와 추계에 높은 농도를 보였으며 하계와 동계에 낮게 나타났으나 '98년 하계인 6월에는 가장 높은 농도를 보이는데 이는 채집일 전 4일 동안(24~27일) 장마에 의한 강수의 영향으로(합계:209mm; 기상대, 1998) 가막만 환경수내에 다량의 육수유입에 따른 육상유기물이 다량 함유된 것으로 사료된다. 정점별 분포는 내만역에 위치한 정점 1에서 $1,784 \sim 6,889 \mu\text{g L}^{-1}$ 의 범위로 타 정점보다 높은 분포를 보였으며 정점 4, 5, 6에서 $1,748\sim 1,847 \mu\text{g L}^{-1}$ 의 양을 보여 낮게 나타났다.

탄수화물은 월 평균 73 ('97년 12월)~ 249 ('97년 7월) $\mu\text{g L}^{-1}$ 의 농도 범위를 보여 연중에 걸쳐 단백질, 지질의 농도보다 항상 낮게 나타나는 특징을 보였으며 이는 Texas Galveston Bay에서의 연구결과와 동일한 양상을 나타냈다(Soniat *et al.*, 1984). 그리고 조사기간동안 단백질의 연변화와 거의 일치하는 변동을 보였다. 탄수화물 농도의 peak는 '97년 7월에 정점 1에서 $482 \mu\text{g L}^{-1}$ 로써 최고의 농도를 보였으며 최저는 '97년 12월에 $55 \mu\text{g L}^{-1}$ 를 나타냈다. 계절별로는 동계인 '97년 12월, '98년 1월, 2월이 각각 $73, 98, 88 \mu\text{g L}^{-1}$ 의 월 평균 농도를 나타내 타 계절에 비해 낮았으며 '98년 5월($94 \mu\text{g L}^{-1}$)을 제외한 타 계절에서 $128 \mu\text{g L}^{-1}$ 이상의

높은 월 평균 분포를 보였다. 한편 정점별 분포는 정점 1에서 연평균 $228 \mu\text{g L}^{-1}$ 로 가장 높았고 양식장이 위치한 정점 2($173 \mu\text{g L}^{-1}$) 그리고 정점 3($156 \mu\text{g L}^{-1}$)의 순으로 높게 나타났으며 외해역인 정점 5, 6, 7은 각각 123, 123, $116 \mu\text{g L}^{-1}$ 의 농도를 보여 내해역에 비해 비교적 낮았다. 한편 양식장이 위치한 정점 비교에서 정점 4는 $116 \mu\text{g L}^{-1}$ 의 낮은 양을 보여 외해역과 유사하였다(Table 5). 한편 수층(0m, 3m)별 연평균 농도 분포는 정점 4 (0m: $116 \mu\text{g L}^{-1}$, 3m: $107 \mu\text{g L}^{-1}$)를 제외하고는 동일하게 나타나 수하연의 깊이에 따른 탄수화물 농도의 차이는 없었다.

지질의 월 평균 농도범위는 '97년 11월에 $816 \mu\text{g L}^{-1}$ 로 최저를 '98년 4월에 $2,245 \mu\text{g L}^{-1}$ 로 최고를 나타내었으며 계절별로는 춘·추계에 높은 양상을 보였다. 한편 정점별 분포는 정점 1에서 '97년 10월에 $4,964 \mu\text{g L}^{-1}$ 의 농도를 '98년 6월에 $3,580 \mu\text{g L}^{-1}$ 의 농도로써 연간 두번의 peak를 보이며 가장 높게 나타났다. 그리고 Galveston Bay에서의 연구결과(약 $180 \sim 830 \mu\text{g L}^{-1}$)와 비교해 볼 때 가막만에서의 지질의 농도는 상당히 높게 나타났다.

상기의 입자성 물질의 분석에 따른 단백질, 탄수화물, 지질의 농도는 계절별, 정점별로 유사한 peak를 보였으나, '98년 1월의 각 유기구성물질들의 농도가 높게 나타났는데 이때 TSS의 양은 연중 최저인 9.2 mg L^{-1} (정점 평균)의 양을 보였고 chlorophyll a의 양도 $1.0 \mu\text{g L}^{-1}$ (정점 평균) 이하의 낮은 농도를 보여 식물플랑크톤 이외의 비조류성 물질에 의한 영향으로 생각되어진다. 한편 정점에 따른 분포는 세 항목이 모두 정점 1에서 가장 높았고 정점 2, 정점 3의 순으로 높고 타 정점에서는 유사한 농도를 보이는 특징을 나타냈다.

3. 먹이원의 영양성

seston의 유기구성물질인 단백질, 탄수화물, 지질의 합으로 나타낸 “Food” 는 연간 1,934(’97. 12) ~ 5,671(’98. 6) $\mu\text{g L}^{-1}$ 의 월 평균 변동범위를 보였다 (Table 4, Fig. 9). 최고값은 하계인 6월에 10,664 $\mu\text{g L}^{-1}$ 를 최저값은 동계인 12월에 1,352 $\mu\text{g L}^{-1}$ 를 보여 계절별로 상이하였으며, ’97년 추계인 9월과 10월에 각각 5,468 $\mu\text{g L}^{-1}$ 와 4,825 $\mu\text{g L}^{-1}$ 로써 높았고 ’98년 춘계인 4월, 5월, 6월에 각각 4,804 $\mu\text{g L}^{-1}$, 4,439 $\mu\text{g L}^{-1}$ 그리고 5,617 $\mu\text{g L}^{-1}$ 를 보여 조사기간동안 가막만의 seston구성성분의 계절적인 영양성은 춘계와 추계가 타 계절보다 높은 것으로 나타났다(Table 5). 이는 Fig. 8 에서 보여지는 총부유물질과 휘발성 부유물질의 월변화에서 휘발성 부유물질 즉, 입자성유기물의 양이 ’97년 9월과 ’98년 5월에 높게 나타나는 것과 일치한다. 그리고 Food index의 월변화는 평균 1.0(’97년 11월, ’98년 3월)~5.9(’98년 1월)%를 보였다(Fig. 10). 그러나 ’98년 1월은 동계임에도 불구하고 높은 Food index값을 나타내는데 이는 극히낮은 TSS의 양에 기인한다. 한편 정점별 분포는 정점 1이 4.0%(월평균)로써 영양성이 가장 높았고 만입구에서 외해에 이르는 정점 5, 6, 그리고 정점 7에서 각각 1.75, 2.0, 1.8%를 보여 낮게 나타났다. 정점 2, 3, 4에서의 0, 3m의 비교는 0m에서 2.1~2.8%를 3m는 1.8~2.2%로 나타나 표층이 영양성이 더 높은 것으로 나타났다(Fig. 11).

4. 환경요인과 Seston 구성성분과의 상관관계

Seston 구성성분과 환경요인들과의 상관관계분석결과를 Table 5에 나타내었다. TSS와 PIM은 풍속과 음의 관계(각각 $r = -0.018$, $r = -0.061$)를 보였다. 이는 Galveston Bay에서의 연구결과와는 상이하게 나타났는데 Soniat *et al.*, (1984)에 따르면 풍속은 TSS, PIM과 양의 상관관계(각각 $r = 0.73$, $r = 0.72$)를 보이며 바람에 기인한 저층물질의 재부유로 인해 탁도의 증가와 투명도의 감소를 보였으며 조석보다는 바람의 영향에 의한 해수의 용승이 중요한 요소로 작용한다고 하였다. Galveston Bay의 경우 어장환경의 수심이 약 1.5m 정도로 낮고 또 자연산 개체굴이므로 시료의 채집도 바닥에서 0.3m에서 이뤄져 바람에 의한 영향이 컸다고 생각된다.

하지만 본 조사해역에선 수하식 굴양식으로 시료의 채집이 표층(0m, 3m)에서 이뤄졌고 평균수심이 약 9m(국립수산진흥원, 1982)로 내만역에 위치한 웅천천, 봉산천 등 10여개의 하천으로부터 다량으로 유입된 육상유기물이 조석의 영향에 따른 해수의 유동에 기인하여 탁도의 증가를 가져오고 또 seston 구성성분의 농도 변화에 영향을 주는 요소로 작용한다고 생각된다. 한편 투명도와 TSS, PIM의 상관관계는 높은 음의 상관관계(각각 $r = -0.553$, $r = -0.692$)를 보였고 TSS와 PIM은 상관계수 $r = 0.951$ 을 나타내 높은 양의 상관관계를 나타냈다(Table 5).

5. Seston 유기구성성분들 간의 상관분석

SYSTAT프로그램을 이용한 각 seston구성요소들의 상관관계를 분석한 결과 Chl - *a*와 상관관계가 높은 구성요소로는 단백질 ($r = 0.523$), 탄수화물 ($r = 0.406$), 지질 ($r = 0.454$)로 나타났다. 그리고 이들의 합인

"Food" 와 Chl-*a*의 상관계수는 $r = 0.487$ 을 보였고 VSS와 chl-*a*의 상관관계는 0.247로 나타나 seston구성성분 중 chl - *a*이외의 다른 유기구성성분이 구성요소로서 작용한다고 사료된다(Table 6).

"Food" 와 Food Index의 상관계수는 $r = 0.64$ 를 보여 Galveston Bay($r = 0.44$) 보다 본 조사해역이 더 높게 나타났다(Table 5).

한편 chlorophyll *a*와 "Food" 의 회귀분석 결과($r^2 = 0.286$), $P = 0.00$ 에서는 다음과 같은 회귀방정식의 결과를 얻었다(Fig. 12).

$$\text{Food} = 539.52 * \text{chlorophyll } a + 3016.5$$

IV. 요약

우리나라 굴 생산량의 약 30%를 차지하는 여수 가막만에서 한국산 참굴(*Crassostrea gigas*)개체군의 먹이 가용성에 대한 seston구성성분의 월별 변동 특성을 파악하기 위해 7개 정점에서 1997년 7월부터 1998년 6월까지 chlorophyll *a*, TSS, VSS, 단백질, 탄수화물, 지질의 양을 월별로 관측하였다. 조사기간 동안 Chlorophyll *a*의 변화는 '97년 10월과 '98년 6월에 각각 $5.95\mu\text{g L}^{-1}$ 와 $10.8\mu\text{g L}^{-1}$ 로 2번의 peak를 보였으며, 양식장이 위치한 정점 2~4에서 $1.77\sim 2.13\mu\text{g L}^{-1}$ 의 분포범위로서 비교적 높게 나타났다. Seston구성물질 중 TSS(총입부유물질)의 변화는 추계에서 동계에 이르는 1997년 10월과 11월에 각각 월평균 27.87 mg L^{-1} , 25.9 mg L^{-1} 그리고 12월에 22.96 mg L^{-1} 를 보여 높게 나타났으며, 1998년 2월과 3월에 35.0 mg L^{-1} 이상 가장 높은 양을 보였다. 정점별로는 외해역이 $19.94\sim 32.43\text{ mg L}^{-1}$ 의 범위로 내만역 보다 높은 분포양상을 보였다. 입자성 유기물의 양을 나타내는 VSS(휘발성부유물질)의 월평균 분포는 $4.3\sim 14.4\text{ mg L}^{-1}$ 로써 1997년 9월에 13.5 mg L^{-1} 를 1998년 5월에 14.4 mg L^{-1} 로써 높았다.

Seston유기구성성분 분석을 통한 각 성분들의 월변화는 단백질의 농도가 851('98년 12월) ~ 3,481('98년 6월) $\mu\text{g L}^{-1}$ 를 탄수화물 및 지질의 농도가 각각 73('97년 12월) ~ 186('97년 7월) $\mu\text{g L}^{-1}$ 그리고 816('97년 11월)~2,245('98년 4월) $\mu\text{g L}^{-1}$ 의 변화범위로 본 조사지역의 계절변화는 춘계와 추계에 가장 높은 특징을 보였고 이는 VSS와 chlorophyll *a*의 월 평균 변화량과 유사한 peak를 보이는데 이는 곧 여과섭이자인 참굴의 먹이원이 춘·추계에 풍부하였다고 결론지을 수 있으며 참굴의 먹이가용성에 있어 seston의 영양성이 높았다고 사료된다. 조사기간동안 가막만에서의 정점별 비교에 따른 유기구성물질의 분포는 내만역이 높게 나타나 외해역에 비해 먹이원이 풍부하고 또

영양성이 높음을 암시한다.

굴의 먹이원의 영양성을 단백질, 탄수화물, 지질농도의 합으로 산출한 "Food"는 '97년 추계인 9월과 10월에 각각 $5,468\mu\text{g L}^{-1}$ 와 $4,825\mu\text{g L}^{-1}$ 로써 높았고 '98년 춘계인 4월 5월 6월에 각각 $4,804\mu\text{g L}^{-1}$, $4,439\mu\text{g L}^{-1}$ 그리고 $5,613\mu\text{g L}^{-1}$ 를 보였으며 Food index값으로 나타낸 정점에 따른 영양성은 내만역인 정점 1이 4.0%(월평균)로 가장 높고 만입구에서 외해역 이르는 정점 5와 정점 6 그리고 정점 7이 각각 1.75, 2.0, 2.8%를 보여 낮게 나타났다. 한편 양식장이 위치한 정점 2, 3, 4에서 0m는 2.1~2.8%를 보였고 굴 수하연 깊이인 3m는 1.8~2.2%로 나타나 표층이 영양성이 더 높은 것으로 나타났다.

Seston구성성분과 환경요인 그리고 각 성분간의 상관관계분석결과 풍속은 TSS, VSS와 낮은 음의 상관관계를 나타내 바람의 영향보다 조석의 영향에 따른해수유동에 기인해 seston구성성분의 농도 변화에 영향을 준다고 생각되며 chlorophyll *a*와 단백질의 상관관계가 $r=0.523$ 로 가장 높았고 탄수화물과 지질은 $r=0.4$ 이상의 상관성을 보이고 있었다. 그리고 Food와 chlorophyll *a*는 $r=0.487$ 을 보였고 VSS와 Chl-*a*의 상관관계는 0.247로 나타나 seston구성성분 중 Chl - *a*이외의 다른 유기구성성분이 구성요소로서 작용한다고 사료된다.

참 고 문 헌

- 국립수산진흥원, 1982. 전남 동부연안역 양식어장 기초환경 및 저서패류에 관한 조사. pp. 7~30.
- 굴 수하식 양식 수협. 1985. 굴 양식 수협 20년사. pp. 117-133.
- 기상청, 1997. 기상월보.
- 기상청, 1998. 기상월보.
- 국립수산진흥원, 1988. 연안어장 기본조사 보고서(전라남도편). pp. 13~31.
- 유성규, 1979. 천해양식. 대한교과서주식회사, 604pp.
- 윤양호, 1995. 가막만 북부해역의 해양환경과 식물플랑크톤 군집의 변동특성. 여수수산대학교 수산과학연구소 연구보고, 4: 1~15.
- 윤양호, 1998. 가막만 남부 화태연안해역의 식물플랑크톤 군집구조 특성. 여수수산대학교 수산과학연구소 연구보고, 7: 129~144.
- 이광우, 양한섭, 1998. 화학해양학. 청문사, 333pp.
- 이규형, 1992. 가막만의 해수유동 pattern. 한국어업기술학회지, 28: 117~131
- 이규형, 1993. 가막만의 양식굴의 생산에 관한 수산해양학적 연구. 부산수산대학교 이학박사학위논문, 180 pp.
- 이규형, 장선덕, 1982. 가막만의 해수교환. 한국해양학회지, 17: 12~18.
- 이규형, 조규대. 1990. 가막만의 수온과 염분의 분포. 한국수산학회지, 23: 25~39.
- 이규형, 김명남, 우찬열. 1992. 가막만의 수하식 양식굴의 생산실태와 성장특성. 여수수산대학 수산과학연구소 연구보고, 1: 13~27.
- 이병돈, 강형구, 강용주, 1991. 굴 양식장 수역의 기초생산연구, 한국수산학회지, 24: 39~51.
- 조은일, 박청길, 이석모, 1996a. 가막만의 어장용량 산정(I). 한국수산학회지, 29: 369~385.

- 조은일, 박청길, 이석모, 1996b. 가막만의 어장용량 산정(II). 한국수산학회지, **29**: 709~715.
- 조현서, 유영석, 이규형, 1994. 가막만 수질 및 저질 환경의 계절별 변동특성. 여수수산 대학교 수산과학연구소 연구보고, **3**: 21~33.
- 田中彌太郎, 伊野波盛仁, 嘉數清. 1970. 繩における クロチョウガイの 種苗生産に關する基礎研究-I. 産卵誘發, II. 餌料生物の 選定, III. *Monocrysis lutheri*의 増殖におよぼす高水溫の 影響, IV. 添加なうびに低張海水の 影響, V. 幼生飼育. 東海區水研報 **63**: 75~106.
- APHA, AWWA, APEC, 1994. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th ed. American Public Health Association. Washington, DC, 1288 pp.
- Bligh, E. G., and W. J. Dyer, 1959. A Rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, **37**: 911~917.
- Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, and F. Smith, 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, **28**: 350~356.
- Hofmann, E. E., E. N. Powell, J. M. Klinck, and G. Saunders, 1995. Modelling diseased oyster populations I. Modelling *Perkinsus marinus* infections in oysters. *Journal of Shellfish Research*, Vol. **14**: 121~151.
- Kobayashi M., E. E. Hofmann., E. N. Powell., J. M. Klinck and Koji Kusaka, 1996. A Population dynamics model for the Japanese oyster, *Crassostrea gigas*. *Aquaculture*, **149**: 285~321.
- Liu, D., P. T. S. Wong, and B. J. Dutka, 1973. Determination of carbohydrate in lake sediment by a modified phenol-sulfuric acid method. *Water Research*, **7**:741~746.

- Loosanoff, V.L. and H.C. Davis. 1963. Rearing of bivalve mollusks. *Advances in Marine Biology*, **1**; 410pp.
- Shim, J. H, 1980. Biological oceanography of Kamak Bay, the Yoja Bay water system(I). *J. Ocean. Soc. Korea*, **15**: 89~99
- Parsons, T. R., M. Takahashi and B. Hargrave, 1984. Biological Oceanographic Process. 3rd ed. Pergamon Press, pp. 143~157.
- Powell, E. N., E. E. Hofmann., J. M. Klinck and S. M. Ray. 1992. Modeling oyster populations I. A commentary on filtration always better?. *Journal of shellfish Research*, **2**: 387~398
- Redfield, A. C., B. H. Ketshum and F. A. Richards, 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. In: The Sea. edited. by M. N. Hill, Wiley Interscience, pp. 26~77.
- Soniat, T. M., S. M. Ray and L. M. Jeffrey, 1984. Components of the seston and possible available food for oyster in Galveston Bay, Texas. *Marine science*, **27**: 127~141
- Widdows, J., P. Fieth, and C. M. Worrall, 1979. Relationships between seston, available food and feeding activity in the common mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology*. **59**: 195~207.

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 아낌없는 지도와 정성을 기울여 주시고 부족함이 많은 저에게 사려깊은 가르침을 주신 이준백교수님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 논문심사에 거침없이 지도 편달해 주신 고유봉교수님, 최광식교수님께도 머리 조아려 감사를 드리며, 항상 관심과 격려 아끼지 않으신 윤정수교수님과 방익찬교수님, 지금 일본에서 연구중이신 최영찬교수님, 그리고 학과일을 맡고 있음에도 불구하고 샘플링시 흔쾌히 허락해주시고 이해해주셨던 윤석훈교수님께도 감사를 드리며 올바른 학문의 길로 인도해주신 학과교수님들의 가르침에 다시한번 감사를 드립니다.

여천종묘 배양장에서 시료 전처리시에 도움을 주신 배양장님과 황성일연구사님 그리고 배양장관계자 여러분께도 감사를 드리며 금천의 문태봉선장님께도 비로소 이 글을 빌어 고마움을 표합니다.

늘 곁에서 충고해주신 좌중헌선생님, 채집시 동고동락한 고희범선배님과 이무형에게도 감사의 뜻을 전하고 신범, 김요혜, 김용준, 이지은, 홍수경에게도 좋은 결실의 열매 맺기를 기원합니다. 그리고 영양염류의 분석법을 손수 자세하게 가르쳐주시고 또 CHN분석시 많은 도움을 주신 함덕해양연구소 강태연선생님께 깊은 감사를 드리며 영양염류 분석실험에 도움을 준 화학해양학실험실 후배 신동헌에게도 고마운 마음 전합니다. 유기물 분석실험시 많은 도움을 준 박경일선배, 이창호선배 그리고 무척추동물양식 연구실 여러분들께도 감사드립니다.

해양학과대학원 선·후배님들께 좋은 결과 있기를 기원하며 끝으로 여동생 민정, 승희에게 그동안 멀리 떨어져 있어 오빠로서 많은 것 해주지

못한 점 미안하게 생각하며 언제나 아무말없이 사랑으로 감싸주시고 이
해해주신 부모님의 크신 은혜에 조금이나마 보답이 되었으면 하는 바램
으로 이 작은 결실을 바칩니다. 감사합니다.



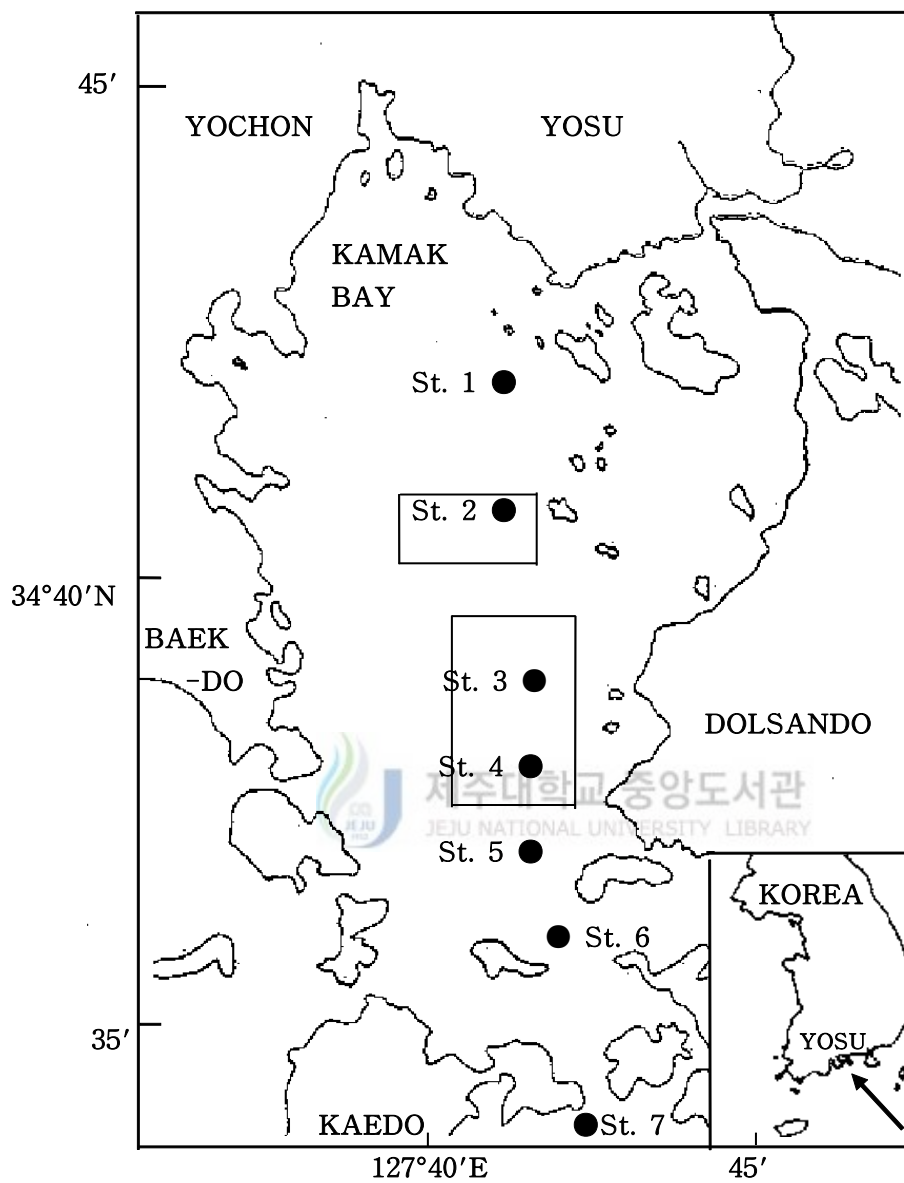


Fig. 1. A map showing the sampling stations in Kamak Bay, Yosu, Korea.

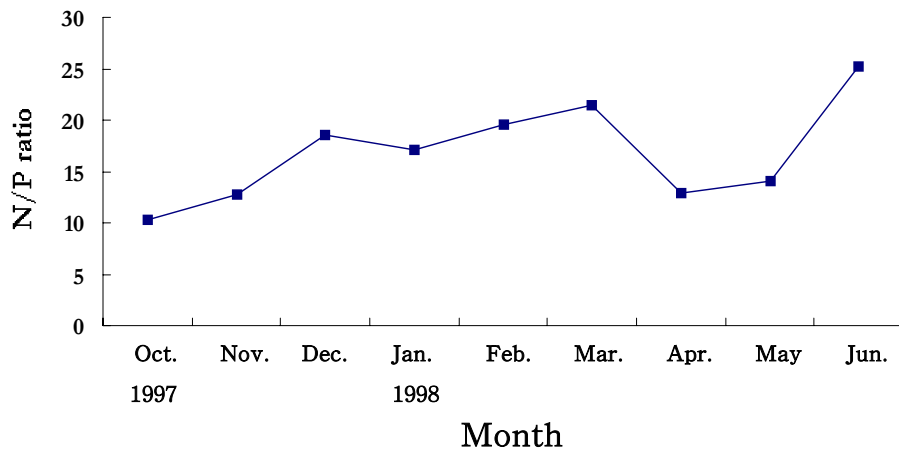


Fig. 4 . Monthly variations of N/P ratio in Kamak Bay.

Table 1. Ranges of environmental parameters for sampling day in Kamak Bay.

Sampling date	Salinity (%)	Temperature range (°C)	pH	Wind direction and mean wind speed (m/sec)	Secchi depth (m)
Ju. 24. '97	28.0~28.9	20.4~25.0	-	NNE, 2.5	1.6~3.5
Aug. 23	27.9~28.4	24.4~27.0	8.07	WNW, 4.2	1.5~3.5
Sep. 27	31.5~32.7	21.4~22.2	-	WSW, 4.9	2.2~3.5
Oct. 26	32.8~33.8	16.1~17.3	8.00	WNW, 5.6	1.8~3.2
Nov. 28	32.3~33.6	12.8~15.2	-	NE, 8.5	0.5~2.5
Dec. 19	33.0~33.7	10.4~12.4	7.95	WSW, 1.0	1.2~1.5
Jan. 20. '98	33.4~33.8	5.9~10.1	7.88	WNW, 5.1	1.5~2.1
Feb. (Mar. 1)	33.6~34.4	9.5~11.6	8.03	NNW, 4.4	0.8~2.0
Mar. 29	32.7~34.0	11.0~13.2	7.95	WSW, 2.3	0.8~1.5
Apr. 26	32.9~33.4	14.5~17.0	8.40	SE, 2.4	1.2~2.4
May. 23	32.0~33.3	17.9~23.1	8.29	ENE, 2.1	1.8~3.8
June 28	27.9~32.2	22.2~24.9	8.35	WSW, 2.6	1.7~3.0

Table 5 . Pearson correlation coefficients for physical parameters, total suspended solid (TSS), particulate inorganic matter(PIM) and volatile suspended solid(VSS) in Kamak Bay.

	Wind speed	Secchi depth	TSS	PIM	VSS
Wind speed	1.000	-	-	-	-
Secchi depth	0.146	1.000	-	-	-
TSS	-0.018	-0.553	1.000	-	-
PIM	-0.061	-0.692	0.951	1.000	-
VSS	0.058	0.497	0.003	-0.302	1.000

Table 6. Pearson correlation coefficients between organic components of the seston in Kamak Bay.

	Chlorophyll <i>a</i>	Protein	Carbohydrate	Lipid	Food	Food Index	VSS
Chlorophyll <i>a</i>	1.000	-	-	-	-	-	-
Protein	0.420	1.000	-	-	-	-	-
Carbohydrate	0.285	0.457	1.000	-	-	-	-
Lipid	0.478	0.655	0.413	1.000	-	-	-
Food	0.487	0.880	0.494	0.880	1.000	-	-
Food index	0.054	0.601	0.282	0.578	0.635	1.000	-
VSS	0.247	0.286	-0.081	0.219	0.277	0.005	1.000