

## 양식어장 환경요인이 참굴(*Crassostrea gigas*)의 성장에 미치는 영향

배평암 · 한창희\*

국립수산진흥원, \*동의대학교 생물학과

## Effects of Nursery Environmental Factors on the Growth of Pacific Oyster, *Crassostrea gigas*

Pyung-Am Bae and Chang-Hee Han\*

National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-900, Korea

\*Department of Biology, Donggeui University, Pusan 614-714, Korea

This study was performed to investigate the effects of environmental parameters on the growth of Pacific oyster, *Crassostrea gigas* at old suspended culturing grounds of Kosung Bay and newly developed bottom culturing grounds of Haenam region located in southern coast of Korea. The Kosung Bay was semiclosed and water exchange occurred through the small mouth and the current speed was very slow as the value of below 0.5 kn. Haenam was opened and littoral zone. Current speed of the surroundings of this Bay about to 5.0kn and transparency was low with the mean depth of 1.2 m by the resuspension of the sediments. Water temperature and salinity regimes were suitable for oysters at those sites, however the mean value of those parameters and seasonal fluctuations was high at Kosung. The mean concentration of dissolved oxygen in survey area was above 5.0 mg/l. In Kosung, however, it was decreasing in June and showed the minimum with the concentration of 4.0 mg/l in August at the bottom layer and recovered in September. Eutrophication parameters such as COD were 1.44 mg/l at this location. This mean value was higher than that of the Haenam Bay's 0.96 mg/l. The mean value of chlorophyll-*a* at Haenam was two times higher than the other sites.

Growth of shell height and meat weight of oysters at Kosung Bay were higher and the fatness was lower compared to those of Haenam. As a result, absolute growth of oysters was high at Kosung and allometric growth, such as fatness, was good at Haenam. Low water temperature and frequent exposure of oysters to the air during ebb tide may retard the shell growth. On the other hand, relatively high food availability was profitable for the fatness at Haenam site.

Key words : *Crassostrea gigas*, Environment, Oyster growth

### 서론

우리 나라의 굴은 선사시대에도 천해 간석지에 서 각종 패류와 함께 서식하였으며, 조선시대 말 까지 바닥식 양식이 주류를 이룬 조방적이고 원

시적인 단계에 머물러 있었다. 1930년대에 투석식, 송지식, 간이수하식 등 여러 형태의 양식법이 보급되면서 최근의 로프수하식으로 발전하기에 이르렀다(굴양식수산업협동조합, 1985). 1996년 현재 로프수하식 양식어장이 5,603 ha, 투석식

양식어장이 1,964 ha를 차지하고 있으며, 양식 생산량은 19만톤에 달한다(농림부, 1997). 이러한 굴 양식 생산량은 1975년을 기점으로 점차 증가하기 시작하여 1987년에서 약 29만톤을 생산량한 바 있다. 그러나 1990년 이후 굴의 생산량은 해에 따라 생산 변동폭이 크고 불안정한 양상을 나타내고 있는데, 이러한 원인 중의 하나는 채묘의 불안정이다.

굴 양식을 위한 우량종묘 확보는 안정적인 양식생산을 위해 매우 중요하다. 굴 채묘는 6월부터 시작되는 전기채묘와 8월부터 이루어지는 후기채묘의 2가지 유형으로 구분되고, 전자는 전남과 경남 하동 등 남해안 일대의 천해 간석지에서, 후자는 수심이 비교적 깊은 고성만, 자란만, 진해만의 일부 수역에서 행해져 왔다. 1990년대까지만 하여도 전체 소요 종굴은 전기 채묘로 공급되는 물량이 약 10% 내외였으며, 로프수하식 양식어장에서의 후기 채묘로 공급되는 종굴이 대부분을 차지하였으나, 이후 후기채묘의 부진으로 인해 전기 채묘어장이 집중 개발되어 1995년에는 전기 채묘량이 14,584천연, 후기 채묘량이 4,290천연으로 전기 채묘가 전체 종묘 공급에 큰 기여를 하게 되었다.

종묘의 생산 성적은 어미 굴의 성장상태 뿐만 아니라 대상해역의 수온, 비중과 같은 환경 특성의 영향을 받는 것으로 알려져 있으나(유, 1989), 지금까지 이에 관한 연구들은 대부분 진해만, 한산·거제만, 고성·자란만 등 로프수하식 양식어장을 대상으로 하였고(Cho, 1980; Cho and Kim, 1978; Choi et al, 1994) 새로운 채묘어장으로 부각되고 있는 천해를 대상으로 한 연구는 적은 편이다. 따라서 굴의 지속적인 생산을 위해서는 채묘 부진이 지속되고 있는 기존의 채묘어장에 대한 환경적 평가 뿐만 아니라, 새로이 개발되고 있는 어장의 환경 특성과 굴 성장과의 관계를 명확히 해야 할 필요가 있다. 본 연구는 전기 채묘어장으로 새로이 개발되고 있는 전남 해남의 천해 투석식 양식어장과 기존의 로프수하식 어장으로 이용되고 있는 고성만을 대상으로 하여 두 어장의 환경 특성을 분석하고 굴 성장에 미치는 영향을 규명함으로써 전기채묘 어장의 확대에 기

여코자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 대상해역

조사 해역은 (Fig.1) 우리나라 로프수하식 양식 굴 생산량의 70% 이상을 차지하는 경상남도에 위치한 고성만과 말복수하식, 투석식 등 다소 소극적인 양성이 이루어지고 있으며 산란용 어미굴이 많고 최근 굴 채묘가 활발히 이루어지고 있는 전라남도 해남어장을 선정하여 조사하였다.

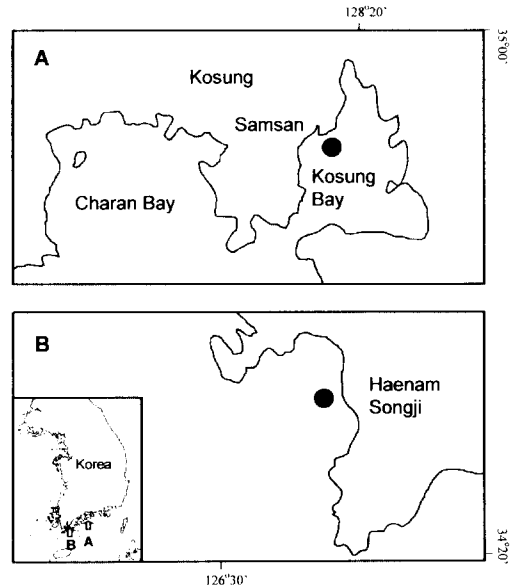


Fig. 1. Location of the sampling stations. A : Kosung bay, B : Haeman. Black circles represent sampling stations.

고성만은 수면적이 약 17.5 km<sup>2</sup>, 수심 약 7 m 내외로 입구는 병목 모양을 하여 자란만과 연결되어 있으며, 주변에 대규모 오염원은 없다. 그러나 해남어장은 수심이 낮고 간만의 차가 심하며, 간조시 공기 중에 노출되고, 풍파와 조류 소동이 원활한 대조시에는 부니가 많이 발생하여 탁도가 높은 특성을 가지고 있어 고성만과는 환경적으로 차이가 있는 어장이다.

## 2. 방법

환경특성 조사는 1996년 2월부터 11월까지 고성 어장은 9회, 해남 어장은 4회에 걸쳐 표층과 저층 수를 채취하였다. 굴의 성장도 조사를 위한 생물 시료는 고성 어장의 경우 1994년 7월에 인근 로프수하식 양식어장에서 수중 채묘한 종굴을 6개월 이상 단련시킨 후 1995년 2월에 수하 양성한 시료를 사용하였으며, 해남어장은 1995년 8월에 채묘한 종패를 9월까지 단련시켜 같은 해 10월에 말복수하식으로 시설, 양성한 시료를 사용하였다.

### 물리적 요인

두 해역의 해수유동 특성은 국립수산진흥원(1978)의 연안어장 및 임해공업단지 주변해역의 해수유동 조사 보고서를 참고하였으며, 수온은 봉상온도계를 이용하여 0.1℃까지 현장에서 측정하였다. 염분은 채취 시료를 실험실로 운반하여 염분측정계(Model OE 40-1)로 측정하였으며, 투명도는 직경 30cm 백색 Secchi disk를 사용하였다.

### 화학적 요인

pH는 pH meter(DP-135)로 측정하였고 용존산소는 Winkler 법으로 정량하였다. 암모니아질소, 아질산질소, 질산질소 및 인산인은 Strickland and Parsons(1972)의 방법, 화학적산소요구량(COD)은 100℃ 알칼리성 과망간산칼륨법으로 구하였다. 용존무기질소는 암모니아질소, 아질산질소, 질산질소의 합으로 나타내었다.

### 생물학적요인

chlorophyll-*a*의 농도를 측정하기 위하여 조사해역의 표층수를 1ℓ 채취하여 현장에서 0.5 μm membrane 필터로 여과한 후, 실험실로 운반하여 90% acetone 으로 색소를 추출하였다. 추출액은 파장 750, 663, 645, 630nm에서 흡광도를 측정 한 후 chlorophyll-*a*의 농도는 Strickland and Parsons(1972)가 제시한 방법에 의하여 계산하였다.

### 굴의 성장

고성어장에서는 1995년 2월~1996년 6월, 해남어장은 1995년 10월~1996년 9월까지 매월 1

회씩 수하연의 상·중·하로 무작위로 20개체 이상의 굴을 채취하여 패각에 부착되어 있는 부착생물을 깨끗이 제거한 후, 전체중량, 육중량등을 정량하였고 비만도의 계산은 전체중량에 대한 육중량의 무게 비를 백분율로 나타내었다(Choi et al., 1997).

## 결 과

### 1. 물리적 특성

두어장의 월별 투명도의 변화는 Fig. 2에 나타내었다. 고성어장의 월별 투명도는 10월에 3.9 m로 연중 가장 낮은 수치를 보였으며, 5월에 8.0 m로 조사기간 중 가장 높은 수치를 나타내어 계절변동이 심하였고, 연 평균 투명도는 5.1 m이었다. 반면, 해남어장은 5월에 0.8 m, 8월에 1.4 m로 월간 변화도 뚜렷하지 않았으며, 평균 투명도도 1.2 m로 고성어장에 비해 훨씬 낮았다.

수온의 월별 변화를 Fig. 3에 나타낸 것과 같이 고성어장에서 2월에 4.7℃의 가장 낮은 값이었고,

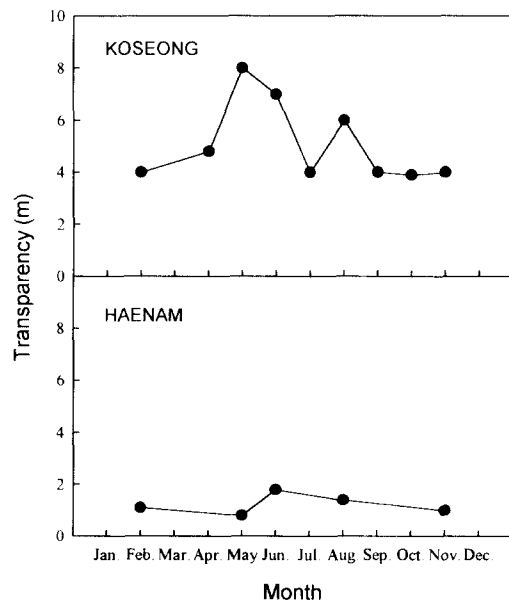


Fig. 2. Monthly variations of transparency at Koseong and Haenam in 1996.

여름철로 접어들면서 점차 상승하여 9월에 25°C의 최고 수온을 나타내었으며, 이후 점차 하강하였다. 월간 수온 변동은 4월과 5월 사이에 7.5°C의 빠른 상승을 보이다가 5월과 6월 사이에는 상승이 둔화되어 그 상승폭이 3.1°C이었다. 7월에는 장마의 영향으로 수온이 오히려 6월에 비해 하강하는 양상을 보였으며, 8월에 다시 상승하였다. 해남어장은 2월이 7.2°C로 고성어장에 비해 2.5°C 높았으며, 고수온기인 8월에는 21.8°C로 고성어장에 비해 3.2°C의 낮은 수온을 나타내었다. 해남어장은 수온의 연중 변화 폭이 작았으며, 8월을 전후한 수온의 기울기가 고성어장에 비해 안정적인 것으로 나타났다.

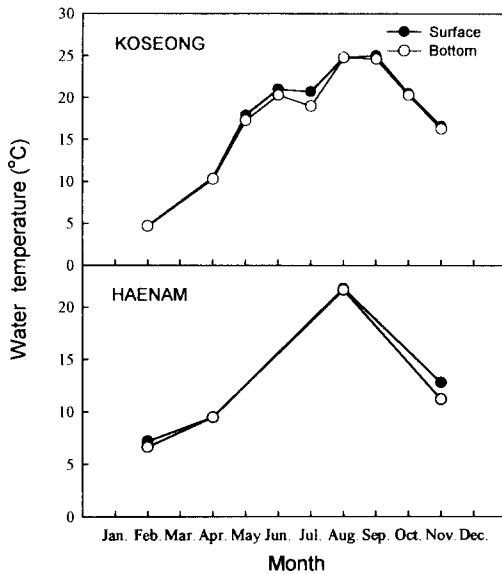


Fig. 3. Monthly variations of water temperature at Koseong and Haenam in 1996.

염분의 월별 변화를 보면(Fig. 4), 고성어장에서 2~7월까지 33.01~34.13%로 월간 변화가 거의 없었으나 여름철로 접어들면서 큰 폭으로 낮아져 8월에는 31.37%로 조사 기간 중 가장 낮았다. 해남어장은 겨울철인 2월에 34.52%의 가장 높은 값을 보였으며 여름철로 접어들면서 서서히 낮아져 9월에 32.85%의 가장 낮은 값을 보였다. 해남어장의 염분은 고성어장에 비해 높은 농도 분포였으며, 변동폭은 작았다.

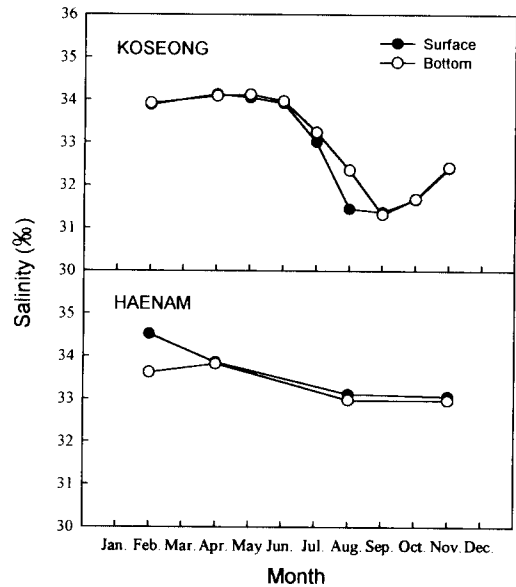


Fig. 4. Monthly variations of salinity at Koseong and Haenam area in 1996.

두 조사해역의 지형적인 특성은 고성어장의 경우 입구가 좁은 자루 형태의 폐쇄성이 강한 만으로 유속은 대부분의 해역에서 0.5 kn 이하를 보이고 있으며, 외해와의 해수 교환이 불량한 곳이다. 해남어장은 수심이 낮아 간조시 노출되며, 조석간만의 차가 클 뿐만 아니라 주변 해역의 유속도 최대 5.0 kn 이상을 나타내고 있었으며(水振, 1978), 진도 부근에 형성되는 냉수대의 간접 영향을 받는 곳이다(水振, 1996). 이러한 지형적 특징은 투명도 조사 결과에서도 나타난 바와 같이 해남어장에서는 저질의 재 부유로 연중 낮은 투명도를 나타내고, 겨울철 및 여름철에도 고성어장에 비해 외해와의 해수교환이 양호하여 수온의 변동폭이 적으며, 수온의 상승과 하강이 안정적인 것으로 생각되었다. 염분 역시 고성만은 여름철의 우기시 변화가 뚜렷하나, 해남어장은 조석 등에 의한 해수의 원활한 혼합으로 급격한 저하를 보이지 않는 것으로 생각되었다.

## 2. 화학적 특성

두어장의 월별 용존 산소의 변화는 Fig. 5에 나타내었으며 고성어장의 용존 산소는의 표층에

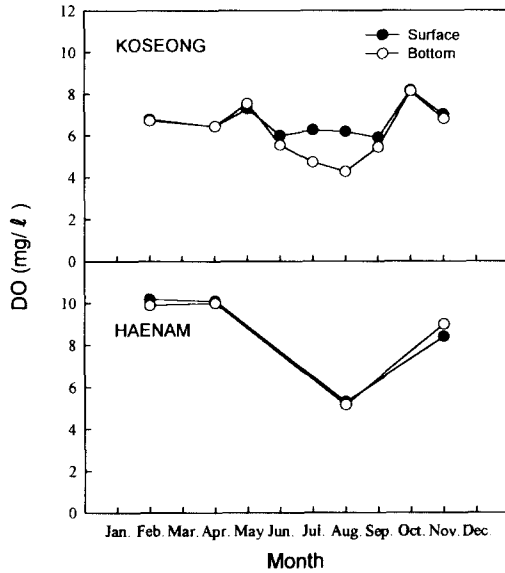


Fig. 5. Monthly variations of dissolved oxygen(Do) at Koseong and Haenam area in 1996.

서 5.0 mg/l 이상의 양호한 분포를 나타냈으나, 저층에서는 6월 이후 용존 산소 농도가 낮아지기 시작하여 8월에는 4.0 mg/l로 가장 낮았고, 9월부터 회복되었다. 해남어장은 겨울철의 경우 10.0 mg/l이상의 농도 분포였으며, 여름철에도 5.0 mg/l의 비교적 양호한 농도 분포였다.

COD의 변화는 Fig. 6에 나타낸 바와 같이 고성어장에서 0.58~2.10(평균 1.44) mg/l, 해남어장 0.56~1.80(평균 0.96) mg/l로 평균 농도로 볼 때 해역II등급 이하의 상태를 나타내었으며, 고성어장이 해남어장 보다 1.5배 이상 높게 나타났다.

인산인의 변화는 Fig. 7에 나타내었다. 고성어장에서 인산인의 변화 범위는 0.04~0.69(평균 0.35)  $\mu\text{g-at/l}$ 로 2월 이후 여름철로 접어들면서 감소하여 7월에 0.04  $\mu\text{g-at/l}$ 의 최저치를 보였으며, 겨울철인 10월에는 0.69  $\mu\text{g-at/l}$ 의 최대치를 나타내었다. 층별로는 2~7월에 표층이 높은 농도 분포를 보였으나 8~9월에는 저층에서의 농도 증가 현상이 뚜렷하였다. 해남어장은 조사기간을 통하여 0.40~1.19(평균 0.71)  $\mu\text{g-at/l}$  범위였으며, 월별 변화 양상은 고성어장과는 달리 2월에 0.40

$\mu\text{g-at/l}$ 로 최저치를 나타내었고, 여름철로 접어들면서 점차 증가하여 8월에 1.19  $\mu\text{g-at/l}$ 의 최대치를 보였으며 겨울철에 감소하였다.

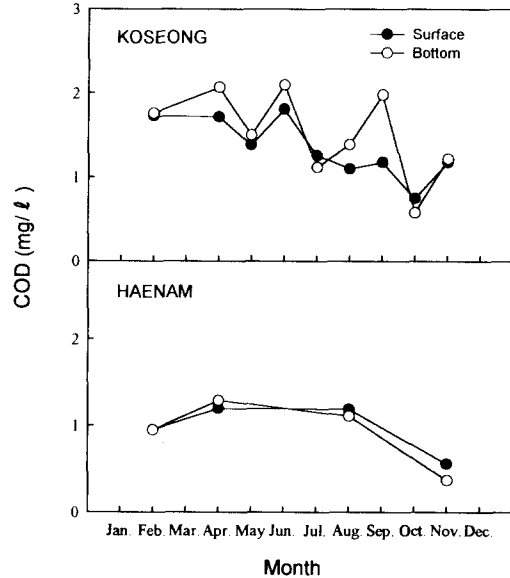


Fig. 6. Monthly variations of COD at Koseong and Haenam area in 1996.

용존 무기질소의 변화는 Fig. 8에 나타내었다. 고성어장에서 월별 변화 범위는 1.06~11.34(평균 4.54)  $\mu\text{g-at/l}$ 로 평균 농도로 볼 때 부영양화 기준인 7.14  $\mu\text{g-at/l}$  이내의 값이었다. 계절 변동은 봄철로 접어들면서 점차 감소하여 2.0  $\mu\text{g-at/l}$  이하의 낮은 농도 분포를 보이다 겨울철에 농도 증가가 뚜렷하여 인과 마찬가지로 질소 성분도 겨울철 축적 현상이 나타나고 있었다. 일반적으로 질소 성분의 공급은 여름철에 많은 것으로 생각되나 겨울철 농도의 증가는 식물플랑크톤의 변동과 밀접한 관련이 있는 것으로 여겨진다. 해남어장에서의 용존무기질소 농도는 2.57~7.79(평균 4.65)  $\mu\text{g-at/l}$ 로 평균 농도는 부영양화 기준인 7.14  $\mu\text{g-at/l}$  이하였으며, 계절적으로는 2월에 7.79  $\mu\text{g-at/l}$ 의 높은 농도 분포를 나타내었고, 이후에는 5  $\mu\text{g-at/l}$  전후의 안정적인 변화를 보이

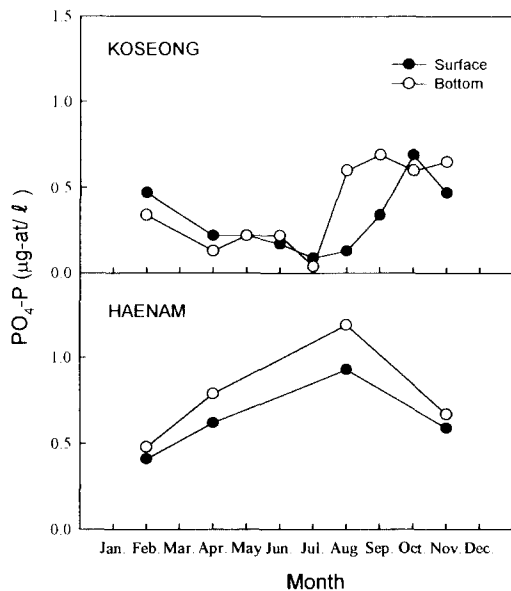


Fig. 7. Monthly variations of phosphate phosphorus at Koseong and Haenam area in 1996.

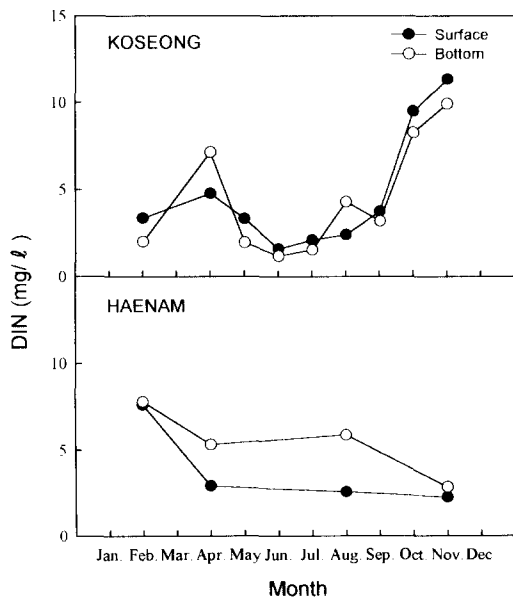


Fig. 8. Monthly variations of DIN at Koseong and Haenam area in 1996.

는 것이 특징적이었다.

### 3. 생물학적 특성

두 어장의 chlorophyll-a 농도 변화를 Fig. 9에 나타내었다. 고성어장에서 chlorophyll-a 농도 변화 범위는 0.40~1.75(평균 0.95) mg/m<sup>3</sup>이었으며, 월별 변화의 양상을 보면 5월과 7월, 그리고 10월에 상승하는 것을 볼 수 있었으나, 5월이 가장 높은 농도를 보였다. 해남어장의 변화 범위가 0.70~3.58(평균 2.31) mg/m<sup>3</sup>로 고성어장에 비하여 2배 이상 높은 농도 분포였다. 월별로는 2월에 0.70 mg/m<sup>3</sup>의 최저치를 보인 후 직선적으로 증가하여 11월에 3.58 mg/m<sup>3</sup>의 최대값을 나타내어 고성어장에서와 같은 계절 변화는 보이지 않았다.

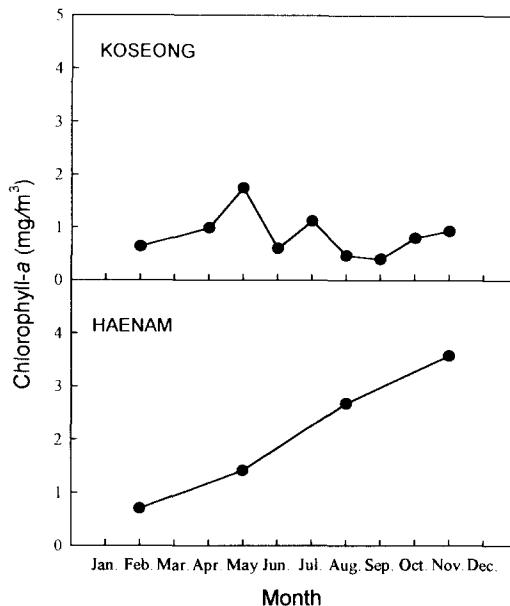


Fig. 9. Monthly changes of concentration of chlorophyll-a at Koseong and Haenam area in 1996.

### 4. 참굴의 성장

#### 패각 성장

두 양식어장에서 양성한 참굴 패각의 각고 변화는 Fig. 10에 나타내었다. 1995년 2월, 고성어

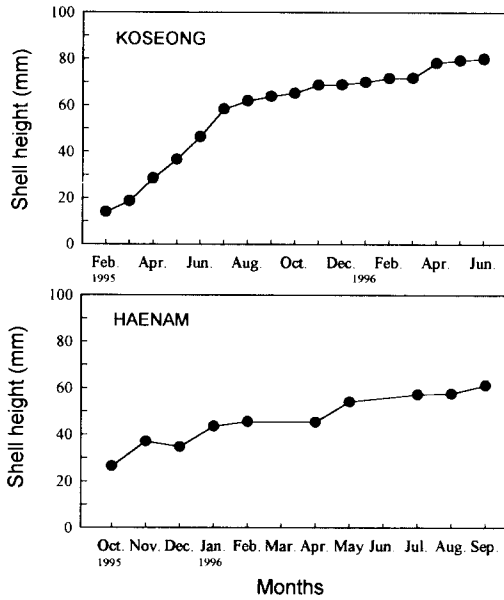


Fig. 10. Monthly variations of shell height at Ko-seong and Haenam area.

장에 수하할 당시의 평균 각고는 14.0 mm이었으나, 실험 종료 시기인 1996년 6월에는 80.1 mm로 총 16개월의 양성기간 동안 66.1 mm가 성장하였다. 연속 채집한 표본의 월 변화를 살펴볼 때 성장 초기인 1995년 3월부터 1995년 8월 사이에는 월 평균 성장이 7.4 mm로 매우 빠른 양상을 보였으나 그 이후에는 월 평균 1.7 mm로 성장이 둔화되어 전반기와 후반기의 성장 특성이 뚜렷이 구별되었다. 반면, 해남어장에서는 1995년 10월 각고 26.4 mm로 고성어장에 비해 큰 참굴을 시료로 사용하여 실험 종료 시기인 1996년 9월에는 61.3 mm로 성장하여 총 9개월의 양성기간 동안 34.9 mm가 성장하였다. 전 조사 기간을 통한 성장의 형태는 고성만과는 달리 전반기와 후반기로 구분되지 않았으며, 월 평균 성장은 3.9 mm로 고성어장에 비하여 느린 성장을 보였다.

#### 육질 성장

두 양식어장에서 양성한 참굴 육중량의 월별 변화는 Fig. 11에 나타내었다. 고성어장의 월별

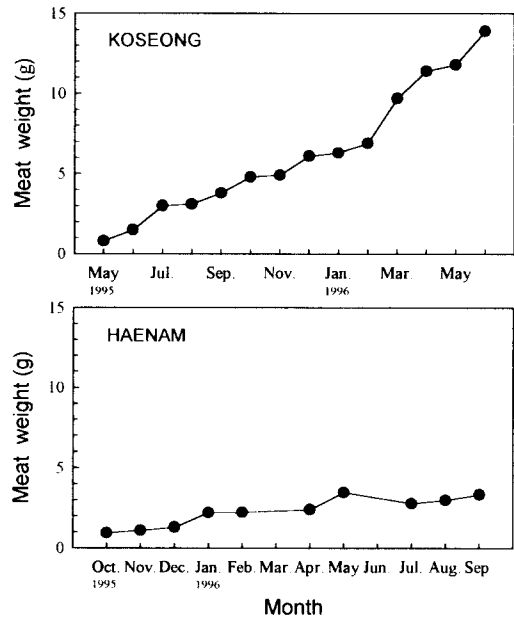


Fig. 11. Monthly variations of meat weight at Ko-seong and Haenam area.

육질의 성장은 수하를 시작한 3개월 후인 1995년 5월에 평균 0.8 g 이었으나, 실험종료 시기인 1996년 6월에는 평균 13.9 g으로 증가하였다. 월별 육질의 증가 형태는 수하 후 1년 이내에는 완만한 증가를 보이다가 이듬해인 3월 이후 급격한 증가를 나타내었다. 해남어장 굴 시료의 육중량은 양성 초기 평균 0.93 g에서 실험 종료 시에는 평균 3.35 g이었다. 월간 육질의 증가는 완만한 편이었으며, 1996년 7월에는 전월인 5월에 비하여 육중량이 감소하는 것이 특징적이었다. 이는 6월중에 한 차례의 대량 산란이 이루어진 것을 의미한다. 육질의 성장 역시 해남어장이 고성어장에 비하여 저조하였다

#### 비만도

패각부의 중량에 대한 알굴의 무게로 나타낸 비만도(Fig. 12)는 고성어장의 경우 11.6~21.9 (평균 15.9) % 였다. 월별로는 조사 시작 시점인 1995년 5월에 14.0% 였으며, 8월에는 소폭 증가하여 15.1% 였으나, 9월에는 11.6%로 갑자기 낮

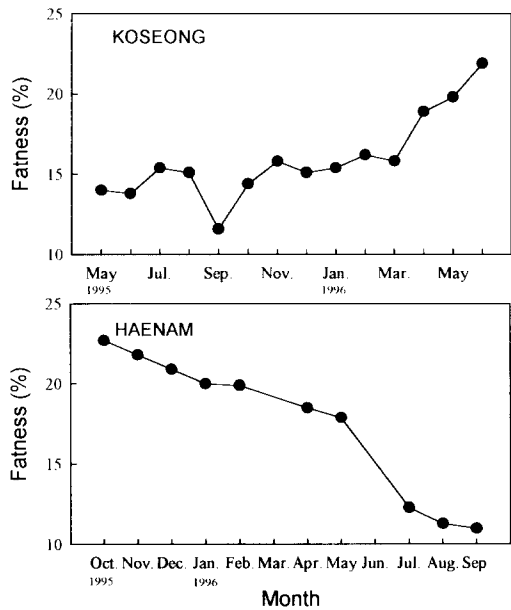


Fig. 12. Monthly variations of fatness of the oyster collected from Koseong and Haenam area.

아진 후 10월부터 다시 회복되어 14~15% 수준을 유지하였다. 이러한 상태는 1996년 3월까지 지속되었으며, 4월부터는 전월보다 무려 3.1%가 높은 18.9%였고, 실험종료 시기인 6월에는 21.9%로 조사기간 중 가장 높은 비만도를 나타내었다. 그러나, 해남어장은 11.0~22.7(평균 17.6)%이었으며, 처음 실험을 시작한 1995년 10월의 비만도는 22.7%이었던 것이 매월 조금씩 낮아져 12월에는 20.9%, 1996년 5월에는 17.9%이었으며, 7월에는 갑자기 낮아져 12.3%, 그리고 실험종료 시기인 9월에는 11%이었다.

### 고찰

조개류의 성장은 패각의 성장과 연체부의 성장으로 나눌 수 있는데, 참굴의 성장은 최초 실험종묘의 크기, 단련여부, 수하시기, 양식방법 뿐만 아니라 환경적 요인에도 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 실험해역으로 선정된 고성어장과 해남어장의 참굴의 성장은 많은 차이점이 있었다. 수

하식 양식장에서 참굴의 각고 성장 형태는 수하 후 일정 기간까지는 거의 직선적으로 증가하며, 그 이후의 성장은 아주 늦어지는 것으로 보고되고 있다(유, 1989; Kim, 1980). 본 조사에서도 고성만의 수하식 양식어장에서는 이러한 성장 형태를 보였으나 말목수하식 어장인 해남에서는 이러한 현상이 나타나지 않았고, 성장도 고성에 비하여 뚜렷이 낮았다. 패각의 성장은 수온에 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있으며, 수온이 낮은 겨울철에는 거의 성장하지 않다가 봄부터 여름의 수온 상승과 더불어 성장이 현저해지고 겨울철이라도 수온이 비교적 높은 곳에서는 패각 성장이 계속되는 것으로 보고되고 있으므로(유, 1989), 두해역의 성장 차이는 수온의 분포 특성과도 관련이 있는 것으로 생각된다. Fig. 3의 월별 수온 변화 곡선에서 1996년 2월~1996년 11월 사이의 표층 수온 분포를 면적 적분하여 보면, 고성어장은 5,155°C, 해남어장은 4,331°C로 고성어장의 적산 수온이 훨씬 높은 것을 알 수 있다. 그리고, 간조시 노출 역시 해남어장의 양식 굴의 성장 지역의 한 요인으로 판단되었다.

한편, 수중 용존 산소는 어패류의 대사에 필수적으로 용존 산소 농도가 4.3 mg/l이하에서는 방어가 생리적 장애를 받고 3.6 mg/l이하에서는 해저의 정상적인 저서생물 분포를 위협하며, 2.2 mg/l이하에서는 패류에도 나쁜 영향을 주는 것으로 알려져 있다(柳, 1989). 또한, 藏本과 中田(1992)는 어패류를 폐사시키는 용존 산소 농도를 1.4~2.7 mg/l, 저서생물의 생리적 변화를 일으키는 농도를 2.7~4.3 mg/l로 요약하고 어장 형성을 위한 바람직한 저층 용존 산소 농도는 4.3 mg/l 이상으로 설정한 바 있다. 이와 같은 측면에서 표층은 용존 산소가 5.0 mg/l이상으로 굴의 성장에 지장을 초래할 정도는 아니라고 보여지며, 단지 고성만의 저층에서 여름철에 지속되는 4.0 mg/l의 용존 산소 분포는 저서생물에 영향을 줄 수 있는 낮은 농도로 생각되었다. 이러한 여름철 저층의 낮은 용존 산소는 축적된 유기물의 분해와 관련이 깊으므로 고성만은 오염이 진행 중인 것으로 판



단되었다.

고성어장의 월별 육질의 증가는 0.1~2.8(평균 1.0) g, 해남어장은 -0.69~1.07(평균 0.27) g으로 고성어장의 육질 증가가 더 컸는데 먹이 섭취와 관련이 깊은 것으로 생각된다. 먹이의 지표로 이용되고 있는 chlorophyll-*a*의 농도를 살펴보면 고성어장이 평균 0.95 mg/m<sup>3</sup>, 해남어장이 평균 2.31 mg/m<sup>3</sup>로 고성어장이 해남어장에 비하여 2배 이상 높은 농도 분포를 보인다. Brown et al. (1988)은 Trevenen 만의 조사에서 참굴이 빠른 성장은 풍부한 플랑크톤, 봄철과 여름철의 높은 수온 그리고 적절히 유지되는 염분과 관련이 깊다고 보고한 바 있다. 이와 같은 측면에서 볼 때 chlorophyll-*a* 농도가 높은 해남어장에서 육질의 증가가 양호하여야 하나, 고성어장에서 높은 것은 수하시기나 단련 방법의 차이에도 원인이 있겠으나, 두 해역이 가지는 환경적, 지형적 차이와도 관련이 있을 것으로 생각된다. 즉, 해남어장은 수심이 낮고 조석간만의 차가 클 뿐만 아니라 주변 해역의 빠른 유속으로 저질이 재 부유하여 연 평균 1.2 m 정도의 투명도 수심을 나타내는 등 수중에 부유 현탁물질이 많다. 이와 같은 현탁물은 굴의 먹이 섭취를 방해한다. 그리고, 말뚝수하식 양식의 경우 간조시 노출되는 부분이 많아 로프수하식에 비하여 먹이를 섭취할 기회가 적다.

굴의 상품가치는 살이 차는 정도에 따라 결정된다. 이것의 척도는 비만도(condition index)라 하여 육질의 건조중량을 패각의 용적으로 나눈 값에 1,000을 곱하여 나타낸다(유, 1989). 그러나 현장에서는 알굴의 습중량을 전체중량으로 나누어 백분율로 많이 나타내고 있다. 비만도에 영향을 주는 요인으로는 수온, 먹이량, 섭식활동, 방란·방정, 밀식, 기상, 조석 등이 있다. 남해안 일원의 로프수하식 양식 굴의 양성기간은 약 9개월이다. 고성의 실험어장에 수하한 굴은 1995년 10월에 비만도가 11.6%로 갑자기 낮아지는 것을 볼 수 있다. 이것은 9월을 전후한 산란의 영향으로 추정되며, 채취시기인 1996년 1~3월에는 비만도가 14~15%였다. 이와 같은 값은 진주만의 21.4%,

한산만의 18.1%(Choi et al., 1997)보다 낮은 값이었다. 해남어장에서는 수하시기로부터 약 7개월 후인 1996년 5월에 17.9~22.7%의 비교적 높은 비만도를 유지하였으나, 1996년 7월 12.3%로 급격히 낮아지는 것을 볼 수 있었는데 이것은 6월을 전후한 방란·방정의 영향으로 추정된다.

고성어장은 양호한 패각 성장에 비하여 상대적으로 알굴의 성장이 늦은 것으로 볼 수 있고, 해남어장의 경우 절대적인 성장은 부진하나 상대적 충실도는 오히려 양호하다. 이의 원인은 해남어장의 낮은 수온과 주기적 노출로 인한 패각 성장의 지연과 먹이가 풍부하기 때문으로 생각되었다. 양식방법이 다른 두 실험어장에서 각고와 알굴의 절대 성장 측면에서 볼 때, 단위면적 당 생산량이나 산업성은 로프수하식으로 행하여지는 고성어장이 월등한 것으로 생각되나, 고성어장의 경우 산란기를 전후한 비만도 저하와 유기오염의 진행 등 어장환경이 악화되어 가고 있으므로 후기채묘의 부진에 따른 전기채묘 어장의 확보 측면에서 해남어장과 같이 투석식이나 말뚝수하식 어장의 개발은 의미있는 것으로 생각된다.

## 요 약

최근 들어 굴의 후기채묘 부진 현상이 지속되고 있는 로프수하식 어장과 새로운 채묘어장으로 개발되고 있는 천해 투석식 어장의 환경 특성을 평가하고 참굴의 성장에 미치는 영향을 구명하기 위하여 1995~1996년 동안 조사한 결과는 다음과 같다.

고성어장은 입구가 좁은 자루 형태의 폐쇄성이 강한 만으로 유속은 0.5 kn 이하로 미약하였으며, 해남어장은 개방수역으로 수심이 낮아 간조시 노출되며, 주변해역의 유속도 5.0 kn 이상을 나타내고 있었다. 두 해역의 평균 투명도는 각각 5.1 m 및 1.2 m로 해남어장이 낮게 나타났다. 연간을 통한 수온 및 염분의 평균 농도는 고성어장이 높았으며, 계절적 변동폭 또한 컸다.

용존산소 농도는 고성어장의 저층에서 6월 이후

낮아지기 시작하여 8월에 4.0 mg/l의 최저치를 나타내었고 9월에 회복되는 경향이였으며, 해남어장은 전 조사기간을 통하여 5.0 mg/l이상의 높은 농도 분포였다. 화학적 산소요구량은 고성어장에서 평균 1.44 mg/l로 해남어장의 0.96 mg/l에 비하여 오염도가 심한 반면, chlorophyll-a 농도는 해남어장이 2배 가량 높게 나타났다. 인과 질소와 같은 영양염류는 고성어장에서 여름철에 저층의 농도 증가가 뚜렷하였고, 겨울철로 접어들면서 축적되는 경향을 보였으나, 해남어장에서는 특별한 계절변동을 나타내지 않았다.

참굴의 각고는 고성어장에서 총 16개월의 실험기간 동안 80.1 mm까지 성장하였으며, 해남어장은 총 9개월의 양성기간 동안 61.3 mm로 성장하였다. 육질의 성장은 각각 13.9 g 및 3.35 g에 달하여 고성어장의 절대 성장이 양호하였다. 비만도는 각각 11.6~21.9(평균 15.9)% 및 11.0~22.7(평균 17.6)%로 해남어장이 높았고, 특히 산란 시기의 비만도는 해남어장이 월등히 높았다.

이상에서와 같이 고성어장은 굴의 폐각 또한, 육질의 절대 성장은 해남에 비하여 양호하였으나, 비만은 저조하였다. 또한, 유기오염의 진행과 낮은 chlorophyll-a 수준 등 환경적인 문제가 있는 곳이었다. 해남어장은 고성에 비하여 낮은 수온 분포와 간조시 노출과 같은 열악한 환경에 의한 단련으로 각 성장이 지연되는 반면, 고성어장에 비하여 상대적으로 풍부한 chlorophyll-a의 양은 비만도를 높이는 요인 중의 하나로 생각되었다.

### 참 고 문 헌

Brown, J. R. and E. B. Hartwick, 1988. Influences of temperature, salinity and available food upon suspended culture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. I. Absolute and allometric growth. *Aquaculture*, 70 : 231-

251.  
 Cho, C. H. and Y. S. Kim, 1978. Environment in the oyster farm area Chungmu. *J. Kor. Fish. Soc.*, 11(4) : 243-247.  
 Cho, C. H., 1980. Farming density of oyster in Hansan-Geoje Bay. *J. Kor. Fish. Soc.*, 13(2) : 45-56.  
 Choi, W. J., C. K. Park and S. M. Lee, 1994. Numerical simulation of the formation of oxygen deficient water-masses in Jinhae Bay. *J. Kor. Fish. Soc.*, 27(4) : 413-433.  
 Choi, W. J., Y. Y. Chun, J. H. Park and Y. C. Park, 1997. The influence of environmental characteristics on the fatness of Pacific oyster, *Crassostrea gigas* in Hansan-Koje Bay. *J. Kor. Fish. Soc.*, 30(5) : 794-803.  
 Kim, Y. S., 1980. Efficiency of energy transfer by a population of the farmed Pacific oyster, *Crassostrea gigas* in Geoje-Hansan Bay. *J. Kor. Fish. Soc.*, 13(4) : 179-193.  
 Lee, B. D., H. K. Kang and Y. J. Kang, 1991. Primary production in the oyster farming Bay. *J. Kor. Fish. Soc.*, 24(1) : 39-51.  
 Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons, 1972. A practical handbook of seawater analysis. 2nd ed.  
 국립수산진흥원, 1978. 연안어장 및 임해공업단지 주변해역의 해수유동. 1-206.  
 국립수산진흥원, 1996. 한국근해 수온분포도. 118-130.  
 굴수하식양식수산업협동조합, 1985. 굴양식수협 20연사, 1-293.  
 농림수산부, 1996. 농림수산통계연보, 동양문화사, 271-287.  
 박정흠·문태석·전영열·최우정·최혜승·김풍호·유현덕, 1995. 피조개 양식장의 지속적 생산에 관한연구. '94남해수연 사업보고, 179-190.  
 유성규, 1989. 천해양식, 새로출판사.  
 藏本武明·中田喜三郎, 1992. 物質循環モデル. 水産學シリーズ, 87 : 85-103.  
 柳哲雄, 1989. シンポジウム貧酸素水塊のまとめ. 沿岸海洋研究ノート, 26(2) : 141-145.