

서식어장별 수온·염분이 섬진강 강굴,
*Crassostrea ariakensis*의 성장에 미치는 영향

안 윤 근·윤 호 섭·최 상 덕*

여수대학교 수산생명과학부

Effects of Temperature, Salinity on the Growth of
Crassostrea ariakensis in Seomjin River

Yun Keun An, Ho Seop Yoon and Sang Duk Choi*

Division of Aqua Life Science, Yosu National University, Yeosu 550-749, Korea

Abstract - This study was carried out to obtain the biological fundamental data for the resources annexation of *Crassostrea ariakensis* in terms of the effect of temperature and salinity on growth. Water temperature during the sampling period was 3.5~26.2°C and there was a little difference between each sites. Salinity was ranged from 2.6 to 29.5 psu, its maximum in Baealdo and its minimum in Dontak. The fatness index was the higher in Dontak than the other sites. In August, the value was the lowest in 3 sites. Therefore *Crassostrea ariakensis* is likely to have spawning period June and July. Size values (mean±S.D.) of shell height was 149.7±19.8 mm (Baealdo), 148.6±21.3 mm (Seomjin bridge) and 143.1±17.6 mm (Dontak), respectively. Relative growth equations among SH, SL, SW, TW and MW of *Crassostrea ariakensis* were ranged from 0.024 to 0.0471.

Key words : *Crassostrea ariakensis*, temperature, salinity, fatness index, growth

서 론

굴은 연체동물문(Mollusca), 이매패각(Bivalvia), 익각목(Pteioida) 굴과(Ostreidae)에 속하고 현재 *Crassostrea*, *Ostrea*, *Pycnodonta*의 3속 100종 이상으로 분류되고 있으며 열대지방에서부터 한대지방까지 세계적으로 널리 분포하고 있다. 우리나라에 서식 분포하고 있는 굴류는 북한에 서식하는 재석굴(*Ostrea cucullata*)을 포함해 현재 8종이 알려져 있다(한국동물분류학회 1997). 그중 참

굴(*Crassostrea gigas*), 강굴(*Crassostrea ariakensis*), 바윗굴(*Crassostrea nippona*), 토굴(*Ostrea denselamellosa*) 등 4종이 우리나라에 서식하는 대표적인 종이라 할 수 있다.

강굴(*C. ariakensis*)은 섬진강, 가화천 및 임진강과 같은 하구역에 주로 분포한다. 강굴의 형태는 서식장소에 따라 장방형, 타원형 및 원형에 이르기까지 여러 가지이며, 굴의 특성상 형태적 변이가 심하다. 패각의 색깔은 주로 흑적색 및 흑갈색이며, 서식지 및 개체크기에 따라 옅은 청색을 띠는 개체도 있다. 일반적으로 강굴의 다자란 개체는 어른 손바닥 크기로 각고 20 cm 내외이며, 30 cm 정도 되는 것도 있을 정도로 대형종이다. 또한 강

* Corresponding author: Sang Duk Choi, Tel. 061-659-3166, Fax. 061-659-3166, E-mail: choisd@yosu.ac.kr

굴은 난생형으로 직장부의 일부와 항문부가 연체부에서 떨어져 있는 점이 참굴과 다르고, 상당히 넓은 염분농도 범위에 걸쳐 서식하며, 수심 10~15 m 이내에 주로 분포한다(유 2000).

지금까지의 강굴에 관한 국외의 연구는 유전학적인 교차수정의 가능성(Allen and Gaffney 1993), 유생의 최적염분(Breese and Malouf 1977) 등이 있으며, 국내에서는 난발생 및 유생사육에 미치는 수온과 염분의 영향(유와 강 1995) 및 성장(유와 임 1996) 등의 연구가 있으나, 국내 주 생산지인 섬진강내 강굴에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

국내 강굴의 생산량은 정확한 통계를 집계할 수 없을 만큼 거의 생산되지 않다가 최근 섬진강 하구역을 중심으로 양식 생산이 조금씩 증가되는 추세에 있다. 강굴은 서식지 환경이 주기적으로 변동하는 환경변화가 심한 하구역에 적응한 종으로서 환경적응 능력이 뛰어나며, 산업적 가치가 높아 새로운 양식품종으로서의 개발에도 유용한 가치가 기대되는 종이다.

따라서 본 연구에서는 섬진강 강굴의 생물학적 기초 자료를 확보하고 생산성을 높일수 있는 방안을 마련하기 위하여 자연서식지에서의 수온과 염분이 강굴의 성장에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 조사지역

섬진강 하구역은 국내 주요하천 중 유일하게 하구둑이 없으며, 광양만과 접하면서 비교적 오염이 낮은 자연적인 상태를 유지하고 있으며, 특히 섬진강 하구역인 망덕포구를 기점으로 하여 둔탁, 섬진대교, 배알도 부근은 섬진강내 다른 지역보다 강굴의 생산성이 매우 높은 지역이다(Fig. 1).

2. 재료 및 방법

강굴의 채집은 환경변화가 큰 하구역이라는 특성을 고려하여 망덕을 기점으로 둔탁, 섬진대교, 배알도 3개의 정점에서 2004년 7월부터 2005년 6월까지 매월 정점별 20개체씩 무작위로 채취하였다. 조사지역의 환경조사를 위해 T-S meter (YSI-58)를 사용하여 각 정점에서 표층과 저층의 수온 및 염분을 측정하였다. 조사정점별 강굴 모패집단의 성숙과 관련한 비만도는 패각으로부터 육질부를 분리하여 육중(meat weight, MW)과 각중(shell weight, SW)을 0.01 g까지 전자저울로 측정하여 아래식

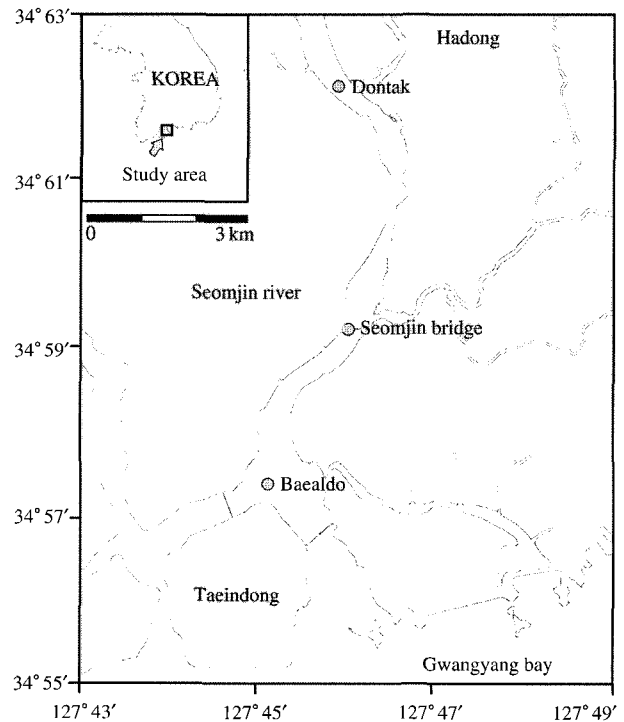


Fig. 1. Map showing the sampling area of the oyster, *Crassostrea ariakensis*.

(Akashige and Fushimi 1992)으로 구하였다.

$$\text{Fatness index} = (\text{MW}/\text{MW} + \text{SW}) \times 100$$

강굴의 상대성장 분석에 있어서 개체의 크기는 각고(shell height, SH)를 기준으로 하였으며, 각 정점별 각고 조성이 정규분포를 한다고 가정하고, 각고에 대한 각장(shell length, SL), 각고에 대한 각폭(shell width, SW), 각고에 대한 총중량, 그리고 총중량(total weight, TW)에 대한 육중량과의 상관관계를 구하였으며, 회귀식은 Ricker (1975)가 제안한 GM functional regression를 사용하였으며, 성장 parameter 추정은 Excel-solver를 이용한 비선형 회귀분석 방법으로 추정하였다.

결 과

1. 수온

2004년 7월부터 2005년 6월까지 섬진강 하구역의 강굴이 서식하는 세 지역 표층과 저층 수온의 월별 변화를 살펴보면, 둔탁 지역의 표층 수온은 1월에 $3.4 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 로서 가장 낮았으며 점차 상승하여 8월에 $28.1 \pm 2.3^\circ\text{C}$ 로 연중 최고치를 나타냈다. 그리고 표·저층간의 수온

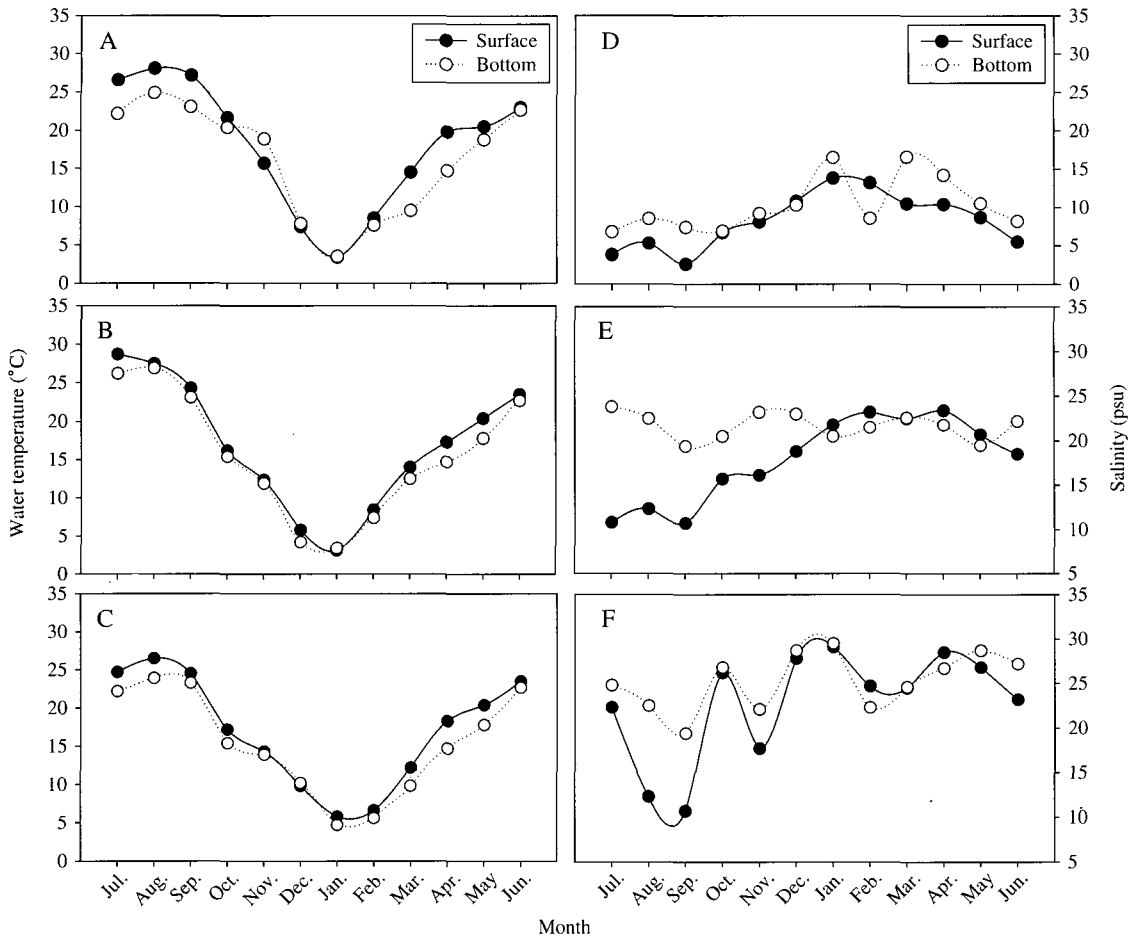


Fig. 2. Monthly variation water temperature and salinity of Seomjin river in each stations from July 2004 to June 2005. Dontak (A, D), Seomjin bridge (B, E), Baealdo (C, F).

차이는 표층이 저층에 비하여 평균 1.8°C 높은 안정된 수괴를 형성하였으나, 11월에는 수온역전이 발생하여 수괴가 불안정하였다(Fig. 2A). 섬진대교 지역의 표층 수온은 1월에 $3.1 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 로 조사지역 중 가장 낮은 최저 수온을 나타냈으며, 이후 점차 수온이 상승하여 7월에 $28.7 \pm 1.8^{\circ}\text{C}$ 로 연중 최고치를 나타냈다. 하지만 8~9월에는 수온이 $27.5 \pm 0.4 \sim 24.3 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ 로 점차 하강하였다. 고수온기 표층과 저층간의 수온차이는 표층이 저층에 비하여 평균 1.3°C 높아 안정된 수온 분포를 나타내었다(Fig. 2B). 배알도 지역의 최저 수온은 1월 저층에서 $4.7 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ 였으며, 8월에 $26.5 \pm 1.8^{\circ}\text{C}$ 로 연중 최고치를 나타냈다. 수층간의 수온 차이는 저수온기인 12~2월에는 수층간 변화폭이 $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 내외로 수층간 변화폭이 적었으며, 고수온상에서는 수층간 평균 $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 의 차이를 나타냈다(Fig. 2C).

2. 염분

조사 대상 지역에 대한 월별 염분 변화를 살펴보면, 돈탁 지역의 표층 염분은 9월에 2.6 ± 3.4 psu로 조사 기간 중 가장 낮았으며, 조사기간 염분 범위는 $2.6 \pm 3.4 \sim 16.6 \pm 4.3$ psu로 나타났다. 수층별 염분 변화폭이 가장 심한 시기는 3월로서 표층은 10.5 ± 4.3 psu였으며 저층 16.6 ± 4.3 psu로 표층과 저층사이의 염분 구배가 6.1 psu 내외로 비교적 큰 차이를 보였다(Fig. 2D). 섬진대교 지역의 염분 범위는 $10.7 \pm 6.1 \sim 23.8 \pm 9.2$ psu였으며, 9월에 10.7 ± 6.1 psu로 조사 기간 중 가장 낮았다. 수층별 염분 변화 폭이 가장 큰 시기는 7월로서, 표층은 10.8 ± 9.2 psu였으며, 저층은 23.8 ± 9.2 psu로서 표·저층에 13.0 psu 내외의 염분 구배가 나타났다(Fig. 2E). 배알도 지역은 표층의 염분이 9월에 10.7 ± 6.1 psu로 조사 기간 중 최저치를 나타냈으며, 1월 저층 염분이 29.5 ± 0.3 psu로 가장 높은 수치를 보였다. 표·저층간의 염분

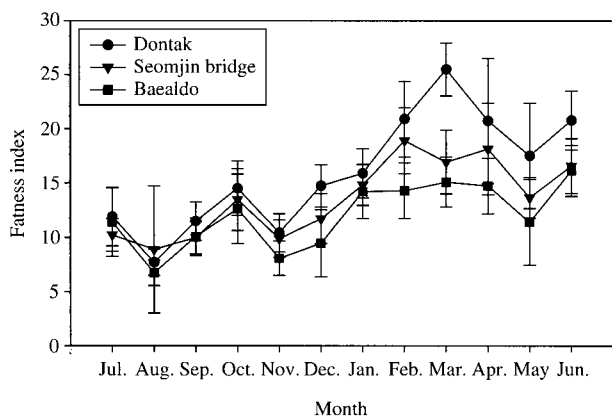


Fig. 3. Monthly changes of Fatness index in *Crassostrea ariakensis* in each stations from July 2004 to June 2005.

차이는 큰 변동을 보이지 않았다(Fig. 2F).

3. 비만도(Fatness Index)

강굴 비만도의 월별 변화는 Fig. 3에 나타난 바와 같다. 돈탁 지역의 경우는 11월 (10.4 ± 1.8)부터 급격하게 증가하기 시작하여 3월 (25.5 ± 2.5)에 가장 높았다. 그 이후 서서히 감소하여 8월 (7.7 ± 1.2)에 최저값을 보였다. 섬진대교의 경우는 11월 (9.8 ± 1.7)부터 서서히 증가하여 2월 (18.9 ± 3.1)에 가장 높았으며, 이후 서서히 감소하여 8월 (8.8 ± 5.9)에 최저값을 보였으며, 이후 다시 증가하는 경향을 보였다. 배알도의 경우는 11월 (8.1 ± 1.6)부터 서서히 증가하여 4월 (14.7 ± 2.6) 이후 서서히 감소한 후 8월 (6.7 ± 1.2)에 최저값을 나타냈다.

4. 상대 성장

조사지역에서 채집된 강굴의 각고에 대한 조성을 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 돈탁에서 채집된 강굴의 각고의 크기는 101.5~205.6 mm였으며, 평균 143 ± 17.6 mm로 세 조사지역 중 가장 작은 크기를 나타냈다. 크기 조성별 출현 빈도를 살펴보면, 각고 130~150 mm 범위의 강굴이 43.75%로 가장 많이 채집되었으며, 110 mm 이하와 190 mm 이상의 강굴이 각각 1.25%, 0.83%로 매우 낮게 나타났다. 한편, 210 mm 이상의 범위의 개체는 출현하지 않았다(Fig. 4A). 섬진대교에서의 각고 크기는 110.8~271.5 mm 범위로서 평균 148.6 ± 21.3 mm였다. 돈탁 지역과 유사하게, 각고 130~150 mm 범위의 강굴이 36.82%로 가장 많이 출현하였으며 210~230 mm 범위의 강굴은 0.42%로 가장 적게 출현하였다(Fig. 4B). 배알도에서는 각고 크기는 92.2~215.0 mm의 범위로서,

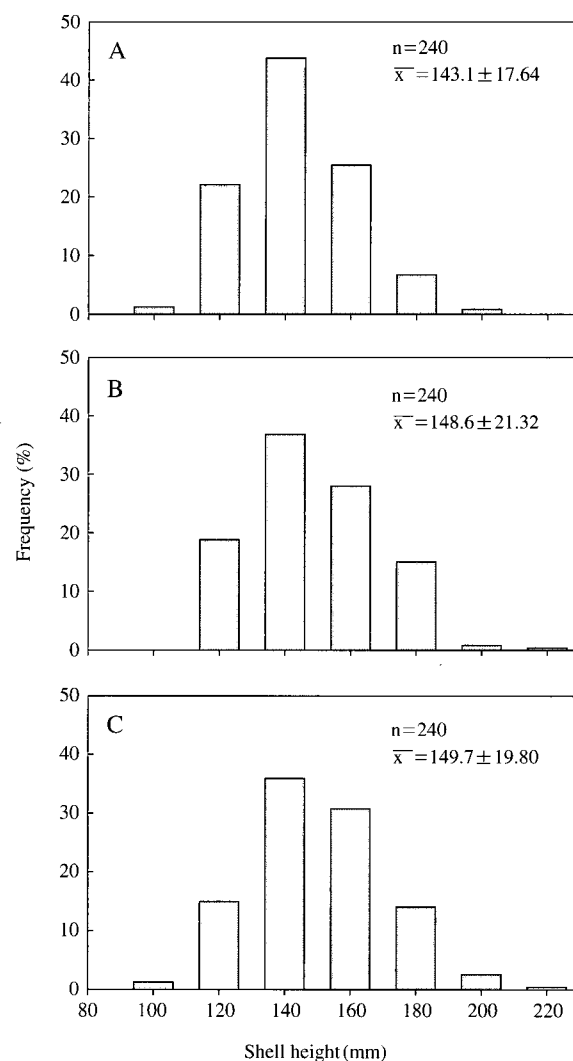


Fig. 4. Frequency distribution of shell height of the each sampling stations during study period. Dontak (A), Seomjin bridge (B), Baealdo (C).

평균 149.7 ± 19.8 mm로 세 곳의 조사지역 중 가장 높은 값을 보였다. 배알도에서는 다른 조사지역과 마찬가지로 각고 130~150 mm의 범위의 강굴이 35.90%로 가장 많이 출현하였으며, 210~230 mm의 범위에서 0.43%로 가장 적게 출현하여 섬진대교와 비슷한 출현빈도를 보였다. 한편, 배알도는 다른 조사지점과 달리 각고 크기는 90~230 mm의 모든 범위 내에서 고루 출현한 것을 알 수 있었다(Fig. 4C).

섬진강 하구역에 서식하는 강굴의 서식지역별 각고와 각장에 대한 회귀식은 돈탁은 $SL=0.2269SH+60.983$ ($r^2=0.125$), 섬진대교는 $SL=0.1009SH+73.045$ ($r^2=0.032$), 배알도는 $SL=0.2527SH+49.605$ ($r^2=0.163$)로 세 곳의 정점 중 배알도에서의 기울기가 0.2527로 가장 크

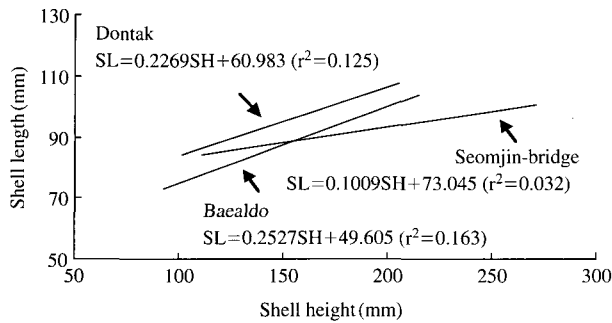


Fig. 5. Relationship growth equation between shell height and shell length of *Crassostrea ariakensis*.

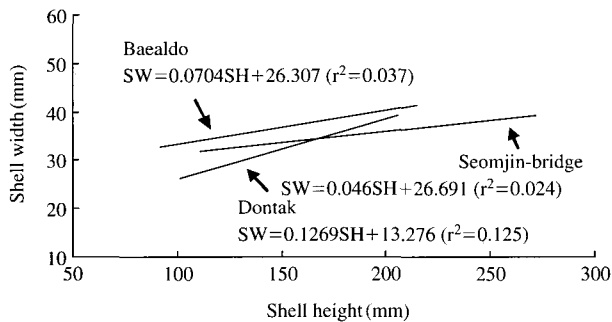


Fig. 6. Relationship growth equation between shell height and shell width of *Crassostrea ariakensis*.

게 나타나 각고에 대해 각장의 성장이 가장 큰 것으로 나타났다. 한편 돈탁에서는 0.2269로 배알도에서와 큰 차이를 보이지 않았으나, 섬진대교에서는 0.1009로 배알도보다 약 2배 낮게 나타나 각고에 대해 각장의 성장이 가장 낮게 나타난 것을 알 수 있다(Fig. 5).

각고와 각폭에 대한 회귀직선식은 돈탁은 $SW=0.1269SH+13.276$ ($r^2=0.125$), 섬진대교는 $SW=0.046SH+26.691$ ($r^2=0.024$), 배알도는 $SW=0.0704SH+26.307$ ($r^2=0.037$)였다. 각고 대비 각폭의 성장은 돈탁에서 0.1269의 값을 보여 다른 지역보다 높은 성장값을 나타냈다(Fig. 6). 각고에 대한 전중량의 회귀직선은 돈탁의 경우 $TW=0.0339SH^{1.7881}$ ($r^2=0.450$)였으며, 섬진대교는 $TW=0.5237SH^{1.2304}$ ($r^2=0.279$), 배알도는 $TW=0.0687SH^{1.6536}$ ($r^2=0.471$)으로 배알도와 돈탁 지역이 섬진대교지역에 비해 전중량에 대한 각고의 기울기 차이가 현저하였다(Fig. 7). 또한 전중량에 대한 육중량의 상관관계를 회귀직선으로 나타내 보면, 돈탁이 $MW=0.0923TW+15.596$ ($r^2=0.277$)이었으며, 섬진대교가 $MW=0.0406TW+22.514$ ($r^2=0.105$), 배알도는 $MW=0.0941TW+7.0012$ ($r^2=0.384$)였다. 그 중 배알도에서 가장 큰 경사를 나타내고 있는 것으로 보아 배알도에서 채집된 강굴이 전중

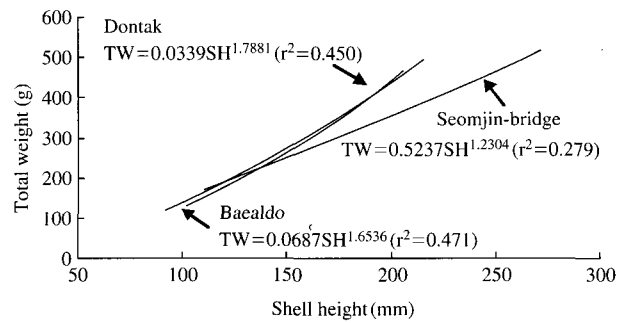


Fig. 7. Relationship growth equation between shell height and total weight of *Crassostrea ariakensis*.

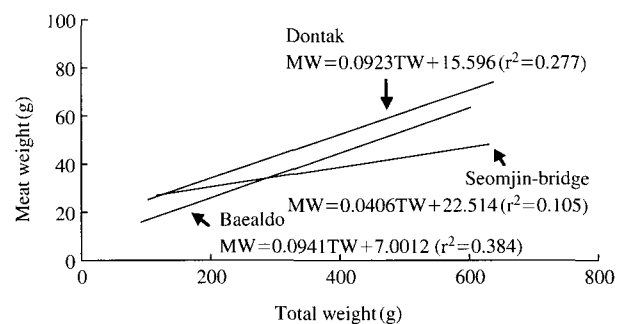


Fig. 8. Relationship growth equation between total weight and meat weight of *Crassostrea ariakensis*.

량에 대한 육중량의 성장이 가장 높게 나타남을 알 수 있었으며, 다음으로 돈탁, 섬진대교의 순으로 회귀직선의 경사의 크기를 나타내고 있는 것을 알 수 있다(Fig. 8).

고찰

일반적으로 굴의 성장에 영향을 미치는 주요 환경요인으로는 수온과 염분 (Brown and Hartwick 1988; Bae and Han 1998) 등이 있으며, 이들 환경요인은 양식 생물의 생산성과 밀접한 관계를 가지고 있다 (Yang 1999). 본 연구에서 섬진강내 강굴 서식지 3곳에 대한 수온은 3.5~26.2°C의 범위로 각 정점간 유의한 차이는 없었으며, 수온에 의한 섬진강내 강굴의 대사활동에는 큰 장애가 없는 것으로 판단되었다. 염분의 경우 하구역이라는 특성을 고려하여 살펴보면 섬진강 하구역인 배알도의 저층염분의 경우 최저 (9월) 19.4 psu, 최고 (1월) 29.5 psu로 가장 고염분을 나타내어 해양역에 가까운 염분농도를 보였으며, 중간지점인 섬진대교의 경우 최저 (9월) 10.7 psu, 최고 (7월) 23.8 psu를 보였다. 또한 가장 상류지점인 돈탁의 경우 최저 (9월) 2.6 psu, 최고 (3월) 16.6 psu

의 범위를 보여 가장 낮은 염분농도를 나타내었다. 하구역의 환경요인 중 가장 큰 변동을 보이는 것이 염분이고, 이러한 염분 변화에 영향을 주는 것은 하구내로 유입되는 담수량이다 (Fisher *et al.* 1988). 특히 하계와 같이 강우량이 많을 때는 저염분 수역이 중간지점인 섬진대교를 기점으로 형성되는 것을 알 수 있었다. 또한 해수의 유입도 섬진대교를 기점으로 상류로 갈수록 그 세력이 점차 약화되는 것으로 판단되며, 결국 섬진강내 염분농도 구배를 결정하는 요인으로는 계절에 따른 하천 유량의 변화 또는 태풍 등의 외부인자에 의해 결정되는 것으로 추정된다. 이는 강릉 남대천 (Hong *et al.* 2004), 금강 하구 (Yang and Kim 1990) 및 섬진강 하구역에서 염분경사에 따른 영양염의 거동 (Kwon *et al.* 2001) 등의 보고와 비슷한 경향을 보였다.

굴의 상품가치는 살이 차는 정도에 따라 결정되며, 이것의 척도는 비만도 (Fatness index)로 나타낸다 (유 2000). 섬진강 일원의 양식 강굴 양성기간은 약 2년 정도이다. 하류지역인 배알도의 경우 비만도가 8월에 최저값인 6.7을 나타내었고, 4월에 최고값인 14.7을 보였다. 중간지역인 섬진대교의 경우 8월에 8.8로 최저값을, 2월에 18.9로 최고값을 보였으며, 상류지역인 돈탁의 경우 8월에 7.7로 최저값을, 3월에 25.5로 최고값을 보였다. 섬진강내 3지역 모두 8월에 가장 낮은 비만도 수치를 나타내었는데 이는 6, 7월을 전후한 산란의 영향으로 추정된다. 또한 가장 상류지역인 돈탁에서의 비만도가 다른 지역의 것에 비해 월등히 높은 값을 나타내었다. 비만도에 영향을 주는 요인으로는 수온, 염분, 먹이량, 방란, 방정, 밀식, 기상 및 조석 등 여러 가지가 있으나 (Malouf and Breese 1977; Incze *et al.* 1980; Bae and Han 1998), 본 연구결과로 미루어 보아 염분농도 구배에 따른 식물플랑크톤 즉, 먹이생물의 종조성 및 양적변동의 차이가 원인인 것으로 판단된다. 섬진강 하구역의 식물플랑크톤은 대체적으로 염분이 낮은 지역에선 녹조류가 염분이 높은 지역에선 와편모조류가 상대적으로 출현종수가 많았다고 보고하였다 (Kwon *et al.* 2001). 특히 상류지역인 돈탁의 경우 최고값을 보인 3월에 저층 염분농도를 살펴보면 16.6 psu로 섬진대교와 배알도에 비해 7~13 psu의 차이가 남을 알 수 있었다. 이와 같이 섬진강내 강굴의 지역별 비만도 차이에 대한 설명 가능한 요인으로는 염분농도 구배에 의한 먹이생물의 차이에 의한 것으로 판단되며, 본 연구 결과로부터 이들 개개 요인의 직접적인 영향을 고찰하여 결론을 내리기는 대단히 어렵다.

식물플랑크톤은 패류의 먹이원으로서 강굴과 같은 여과식자의 생산량은 식물플랑크톤의 출현량에 따라 크게

좌우된다 (Lee 1993). 특히 바닥에 부착 서식하는 강굴은 해수유동에 의하여 자신에게 직접 수송 또는 공급되어지는 먹이만을 한정적으로 섭취하기 때문에 해수유동 및 먹이량 등을 측정하여 비만도를 비롯한 강굴의 생산성을 파악하는 것이 매우 중요하다고 판단되며 향후 이와 관련한 세밀한 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

조사기간 중 섬진강내 조사 지역에서의 평균 각고 조성을 살펴보면 하류지역인 배알도가 149.7 ± 19.8 mm, 중간지역인 섬진대교가 148.6 ± 21.3 mm, 상류인 돈탁이 143.1 ± 17.6 mm로 지역간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 각고에 대한 각장, 각폭, 전중량의 상대성장식에서 상관관계수 (r^2)는 0.024~0.0471의 범위로 비교적 낮은 상관관계를 나타내었는데 이는 강굴의 전형적인 형태적 차이에 기인한 것으로 판단된다. 또한 각고대비 전중량에 대한 상대성장의 경우 다른 지역에 비해 돈탁에서 가장 높게 나타났는데, 이는 다른 지역에 비해 비만도가 월등히 높기 때문인 것으로 사료된다.

지난 수십년 동안 금강, 한강, 낙동강 등 국내 주요 하구에서 대규모의 방조제 건설, 간척 및 매립 등과 같은 인위적인 작용에 의한 환경변화에 따라 기수역에 서식하는 다양한 수산생물이 사라지거나 그 수가 급격히 감소해왔다. 이에 반해 섬진강 하구역은 국내 주요하천 중 유일하게 하구둑이 없으며 비교적 오염도가 낮은 자연적인 상태를 유지하고 있는 곳이다.

채취과 더불어 국내 대표적 기수종인 강굴 (*Crassostrea ariakensis*)의 경우 낙동강을 비롯한 가화천 등지에서 서식하였으나 지금은 찾아볼 수가 없는 상태이며, 현재로서는 섬진강이 유일한 서식처인 것으로 조사되었다. 따라서 점차 사라져가는 기수종의 보호, 육성의 측면에서 강굴의 자연자원 조성 및 체계적인 관리가 요구되며, 섬진강 유역 어민들에 있어 중요 소득원 중 하나이며, 지역 특산종으로 각광받고 있는 섬진강 강굴의 전략적 생산이 절실히 필요한 것으로 생각된다.

적 요

강굴의 자원조성을 위한 생물학적 기초자료를 얻고자 서식어장별 수온과 염분이 강굴의 성장에 미치는 영향을 조사하였다. 서식어장별 수온 범위는 3.5~26.2°C의 범위로 각 정점간 유의한 차이는 없었다. 염분의 경우 2.6~29.5 psu의 범위로서 배알도에서 가장 높은 염분농도를 나타내었으며, 상류지역인 돈탁에서 가장 낮은 염분농도를 나타내었다. 비만도의 경우 다른 지역에 비해

상류지역인 돈탁에서 가장 높았다. 비만도는 모든 정점에서 8월에 가장 낮았다. 그 결과 강굴의 산란기는 6~7월인 것으로 추정되었다. 각 정점별 각고의 크기를 살펴보면 149.7±19.8 mm (배알도), 148.6±21.3 mm (섬진대교) 그리고 143.1±17.6 (돈탁)로 나타났다. 각고에 따른 각장 (SL), 각폭 (SW), 전중 (TW) 그리고 육중 (MW)의 상관계수 범위 (r^2)는 0.024~0.0471로 나타났다.

참 고 문 헌

- 유성규. 2000. 천해양식. 구덕출판사. 639pp.
- 유성규, 강경호. 1995. 강굴, *Crassostrea rivularis*의 난발생 및 유생사육에 미치는 수온과 염분의 영향. 한국패류학회지. 11:165-170.
- 유성규, 임한규. 1996. 사천만산 강굴, *Crassostrea rivularis*의 성장. 한국수산학회지. 118-119.
- 한국동물분류학회. 1997. 한국동물명집. 아카데미서적.
- Akashige S and T Fushimi. 1992. Growth, survival, and glycogen content of triploid Pacific oyster *Crassostrea gigas* in the waters of Hiroshima, Japan. Nippon Suisan Gakkaishi 58:1063-1071.
- Allen Jr SK and PM Gaffney. 1993. Genetic confirmation of hybridization between *Crassostrea gigas* (Thunberg) and *Crassostrea rivularis* (Gould). Aquaculture 113:291-300.
- Bae PA and CH Han. 1998. Effects of nursery environmental factors on the growth of Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. Kor. J. Aquacult. 11:391-400.
- Breese WP and RE Malouf. 1977. Hatchery rearing techniques for the oyster *Crassostrea rivularis* (Gould). Aquaculture 12:123-126.
- Brown JR and EB 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.
- Fisher TR, LW Harding, Jr., DW Stanley and LG Ward. 1988. Phytoplankton, nutrients and turbidity in the Chesapeake, Delaware and Hudson estuaries. Estuar, Coast. Shelf Sci. 27:61-93.
- Hong JS, IS Seo, KT Yoon, IS Hwang and CS Kim. 2004. Notes on the benthic macrofauna during September 1997 Namdaechon estuary, Gangneung, Korea. Korean J. Environ. Biol. 22:341-350.
- Incze LS, RA Lutz and L Watling. 1980. Relationships between effects of environmental temperature and seston on growth and mortality of *Mitilus edulis* in a temperature northern estuary. Mar. Biol. 57:147-156.
- Kwon KY, CH Moon and HS Yang. 2001. Behavior of nutrients along the salinity gradients in the Seomjin River estuary. J. Korean Fish. Soc. 34:199-206.
- Lee GH. 1993. Fisheries oceanographical studies on the production of the farming oyster in Kamak Bay. Nat'l. Fish. Univ. Ph.D. Thesis, Busan, 137pp.
- Malouf RE and WP Breese. 1977. Seasonal changes in the effects of temperature and water flow rate on the growth of juvenile Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg). Aquaculture 12:1-13.
- Ricker WE. 1975. Computation and interpretation for biological statistics of fish population. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 191-382.
- Yang HS and SS Kim. 1990. Characteristics of spatio-temporal variation of the water quality in the lower Keum River. J. Kor. Fish. Soc. 23:225-237.
- Yang MH. 1999. The biology and seed production of the flat oyster, *Ostrea denselamellosa*. Dong Eui Univ. Ph.D. Thesis, Busan, 161pp.

Manuscript Received: September 20, 2005

Revision Accepted: October 28, 2005

Responsible Editorial Member: Kyung-Hoon Shin
(Hanyang Univ.)