

수온과 염분 변화에 따른 바지락의 여과율 변동

신현출, 임경훈

여수대학교 해양학과

The Influence of Water Temperature and Salinity on the Filtration Rates of the Short-necked clam, *Ruditapes philippinarum*

Hyun Chool Shin and Kyeong Hun Lim

Department of Oceanography, Yeosu National University, Yeosu 550-749, Korea

ABSTRACT

The present study was performed to describe the influence of water temperature and salinity on the filtration rates of the short-necked clam, *Ruditapes philippinarum*. The clams were collected at tidal flat near Yeosu city, Cheollanamdo, Korea, from July 2001 to August 2001. Diatoms, *Phaeodactylum tricomutum* (KMCC B-128), were indoor-cultured by f/2 medium, and were used to measure the filtration rate of the clams. Filtration rates of the clams were measured by indirect method. Cell concentrations of food organisms were determined by direct counting cells using the hemacytometer under the light microscope.

The filtration rate of the clams increased with temperatures up to the optimum temperature, circa 25°C. Above this optimum temperature, the filtration rate decreased drastically. Also the filtration rate of the clams increased with salinity up to 35 psu. The maximal filtration rates of the clams were recorded at 20-25°C, similar to be known as the optimal temperature for their growth, and 25-35 psu, respectively. The minimal filtration rates of the clams were recorded at 5°C and 15 psu.

At the similar temperature and salinity, the filtration rate of the younger clams was higher than that of the older ones. Thermal coefficient, Q_{10} values at low temperature range were much higher than those at

high temperature range. These results indicate the short-necked clam is more sensitive in cold water. As they grow up, they become more stronger against their ambient environmental changes, such as thermal-shock, salinity changes.

Keywords: *Ruditapes philippinarum*, Filtration rate, Temperature, Salinity.

서 론

조간대에 서식하는 이매패류는 서식밀도가 대단히 높을 뿐 아니라 상업적으로도 중요하기 때문에 이들의 생물, 생태학적 정보는 높은 관심의 대상이 되어 왔다. 조간대 이매패류중 하나인 바지락은 우리나라 조간대의 패류생산량을 좌우하는 중요한 저서동물로서, 식용 이매패류의 대표적인 지위를 차지하고 있는 만큼 다른 이매패류에 비해 비교적 연구가 활발한 편이어서 바지락의 형태 변이 (Kim, 1978; Yoo *et al.*, 1978), 서식 환경의 저질조성 (Lee *et al.*, 1969), 비만도 및 치패출현 (Won, 1994), 생식소 발달 및 산란기 (Chung *et al.*, 1994), 초기성장 (Hur, 1994), von Bertalanffy 성장모델을 적용시킨 예 (Yoo *et al.*, 1978; Yoon, 1992; Chung *et al.*, 1994), 개체군동태와 에너지수지 (Kim, 1994), 성장과 서식환경 (Shin and Shin, 1999a), 개체군동태 및 이차생산 (Shin and Shin, 1999b) 등의 보고가 있다. 자연생태계를 이해하기 위해서는 생태요인 뿐만 아니라, 생리적인 요소들을 명확하게 이해하는 것이 중요하다. 하지만 생물의 생리적 작용은 어느 한 요인에 의해서만 결정되는 것이 아니고, 여러 환경요인들이 복합적으로 작용하여 영향을 미치게 되므로 이를 정확하게 이해하기란 쉬운 일이 아니다. 또한 어패류의 효율적인 관리와

Received September 25, 2002; Accepted November 14, 2002

Corresponding author: Shin, Hyun Chool

Tel: (82) 61-659-3145 e-mail: shinhc@info.yosu.ac.kr
1225-3480/19101

© The Malacological Society of Korea

증산을 위해서도 주기적인 자연환경 요인에 의한 단기간의 생리활성, 즉 여과율 (filtration rate) 과 호흡률 (respiration rate) 등을 파악하는 것이 중요하다. 이에 본 연구는 바지락의 기초 생물생태학적인 정보의 하나로써, 수온 및 염분의 변화가 이들의 여과율에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 바지락

실험에 사용된 바지락, *Ruditapes philippinarum*은 여수시 화양면 이천 마을의 주변 갯벌에서 2001년 7-8월 사이에 채집하였다. 채집 후 즉시 실험실로 운반하여 여과지로 여과한 해수를 사용하여 깨끗이 세척하고, 배양조에서 최소 2-7일간 순응시켰다. 실험에 사용된 바지락의 각장은 1년생이 21.08 ± 2.26 mm, 2년생이 28.19 ± 1.92 mm, 3년생이 34.43 ± 2.06 이었고 배양실의 조건은 수온 $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 염분 33 ± 1 psu 이었으며, 하루 한번 먹이생물을 공급하였다.

2. 먹이생물

연안에서 우점하며 동시에 이매패류의 주 먹이생물은 규조류임을 감안하여 본 연구에서는 바지락의 먹이생물로써, 규조류, *Phaeodactylum tricornutum* (KMCC B-128)을 실내에서 단일종 배양하여 사용하였다. 먹이생물 배양시 액체배지는 f/2 배지 (Guillard and Ryther, 1962) 를 사용하였으며 배양조건은 온도 $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 광주기 24 L:0 D, 염분 33 ± 1 psu, pH 7.9 ± 0.1 로 조절하였다. 염분 측정은 환경모니터링 시스템 (YSI 600XLM) 을 사용하였고 pH 측정은 pH 측정기 (Orion 420A) 를 사용하였다.

3. 대조구 세포 농도 변화 검증

실험액의 농도가 바지락의 여과에 의하지 않은, 먹이생물 자체의 증감으로 인한 오차를 보정하기 위하여, 실험조에 먹이생물 배양액만을 넣고 바지락을 넣지 않은 상태에서 세포농도 변화를 관찰하는 대조구 실험을 하였다. 실험 시작시의 초기 세포농도와 2시간 후의 세포농도를 각 수온별로 계수하여 산출한 후, 일원 분산분석 (one-way ANOVA)을 통해 각 수온별 세포농도의 유의성을 판별하였다. 자료 분석에 사용한 통계처리에는 SPSS-통계패키지를 사용하였다. 실험 전 먹이생물의 초기 세포농도는 6.23×10^6 cells/ml이었으며, 염분은 15 psu이었고, pH는 7.9이었다. 각 수온별로 (5-35 $^\circ\text{C}$) 대조구를 두어, 2시간이 경과한 후 각 수온별 실험조의 세포농도를 3회 반복 계수한 후 평균값을 산출한 결과, $6.17-6.73 \times 10^6$ cells/ml의 세포농도를 나타내었다. 각각의 수온 구간에서 2시간동안 먹이생물의 세포농도 변화는 거의 없는 것으로 나타났

으므로 초기 세포농도와 2시간 후 각 수온별 세포농도는 모두 동일하다는 결론을 내릴 수 있었다 ($p > 0.05$). 그러므로 본 연구에서 여과율 산출시 바지락의 여과에 의하지 않은 먹이생물의 세포농도 증감은 없는 것으로 간주하였다.

4. 실내 실험 방법 및 여과율 산출

여과율 측정 실험시, 염분 20 psu 이상의 조건에서는 각 수온별로 24시간 동안 순응시켰으며, 염분 15 psu에서는 각 수온별로 48시간 동안 순응시킨 후 여과율을 측정하였고 (Kim and Hur, 1998), 동시에 실험조건의 표준화를 위해 24시간 동안 절식 시켰다 (Way et al., 1990). 수온은 7구간 (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 $^\circ\text{C}$)을, 염분은 5구간 (15, 20, 25, 30, 35 psu)을 설정하였고 수온 조절은 냉각기와 가열막대를, 염분 조절은 천일염과 증류수를 사용하였다. 수온 측정은 봉상수온도계를, 염분 측정은 환경모니터링시스템을 사용하였다. 실험조는 1 liter 비이커를 사용하였으며, 각 실험조에는 3개체의 바지락을 넣었고, 각 실험구에는 3개의 반복 실험조를 두었다. 먹이 투여는 미리 농도값이 산출된 먹이생물 배양액을 홀피펫 (50 ml) 을 이용하여 투여하였고, 투여 30분 후 오토마이크로 피펫을 이용하여 10 ml의 시료를 채취하였다. 채취된 시료는 중성포르말린을 이용하여 포르말린 농도가 최종 0.4%가 되게 고정하고 혈구계산판을 이용하여 광학현미경하에서 3회 반복 계수한 후 평균을 산출하였으며, 이 평균값을 해당 실험조의 먹이생물 농도값으로 적용하였다. 실험 종료 후, 실험에 사용된 바지락은 버니어캘리퍼스 (0.01 mm) 를 사용하여 각장 (shell length: mm) 을 측정하였고, 패각으로부터 육질부를 분리한 후 오차를 배제하기 위하여 패각과 육질부 사이나 외투막 속에 들어있는 이물질 (faeces, pseudofaeces, sediments, etc) 을 증류수로 세척하여 제거하고 100 $^\circ\text{C}$ 의 건조기 속에서 24시간동안 건조시킨 후 정밀도 0.001 g의 전자저울 (Ohaus TP200) 을 사용하여 육질부 건중량 (g, dw)을 측정하였다. 각 실험조의 여과율을 산출한 후, 3개의 반복 실험조에서 산출된 여과율의 평균값을 해당 실험구의 여과율값으로 적용하였다. 여과율 산출에는 Coughlan (1969) 의 표준식을 변형하여 김 (1995) 이 제안한 (1) 식을 적용하였다.

$$FR = V \cdot d \\ = V (1 - e^{-Z}) \quad \text{-----} \quad (1)$$

FR: filtration rate (ml/min)

V: the volume of the suspension (ml)

d: decreasing rate, $1 - e^{-Z}$

Z: decreasing coefficient, $-\ln(Ct_1/Ct_0)/t$

t: periods of experiment (min)

그리고, 각각의 실험 결과에 대해 회귀분석을 실시하였으며, 여과율에 미치는 수온의 영향을 파악하기 위한 수온계수

(Q10) 는 다음의 (2)식을 이용하여 구하였다 (Beiras *et al.*, 1995)

$$Q_{10} = (R_2/R_1)^{(10/T_2 - T_1)} \dots\dots\dots (2)$$

R₁, R₂: filtration rate at temperature T₁, T₂, respectively

결 과

1. 수온-염분 변화에 따른 연령별 바지락의 여과율 변동

Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3은 각 일정 염분 농도에서 각각 1, 2, 3년생 바지락의 수온별 여과율 변동을 나타낸다. 1년생 바지락의 수온별 여과율은 15, 20, 25, 30, 35 psu의 염분 변화에 관계없이 모두 수온 25℃에서 각각 46.89 ± 9.89, 120.44 ± 29.06, 104.12 ± 4.57, 211.42 ± 20.73, 331.09 ± 5.16 ml/min·g dw로 최대값을 기록하였다. 전반적으로 5℃에서 최소값을 보였으며 수온이 증가하면서 지수함수적으로 여과율이 증가하다가 25℃를 넘어서면 급격하게 감소하는 경향을 보였다. 염분에 따라 약간의 차이는 있지만 다른 수온 구간에 비하여 20-25℃의 수온범위에서 대체로 높은 여과율을 보였다 (Fig. 1).

2년생 바지락의 수온별 여과율은 염분 15, 20, 25 psu의 경우에는 25℃에서 각각 16.11 ± 3.17, 47.38 ± 4.66, 74.02

± 22.19 ml/min·g dw로 최대값을 기록하였고, 30 psu에서는 30℃에서 67.27 ± 19.02 ml/min·g dw로 최대값을 기록하였으며, 35 psu에서는 20℃에서 88.31 ± 25.08 ml/min·g dw로 최대값을 기록하였다. 1년생 바지락과 마찬가지로 5℃에서 최소값을 보였고 수온이 증가할수록 여과율도 지수함수적으로 증가하다가 25℃ 이후에서 급격하게 감소하는 경향을 보였다. 대체적으로 20-30℃의 수온 범위에서 높은 여과율을 보였다 (Fig. 2).

3년생 바지락의 수온별 여과율은 15 psu의 경우 30℃에서 9.15 ± 1.20 ml/min·g dw로 최대값을 기록한 것을 제외하면, 20-35 psu의 염분 구간에서는 모두 25℃에서 각각 31.93 ± 2.82, 76.37 ± 21.87, 90.44 ± 8.70, 75.26 ± 16.45 ml/min·g dw로 최대값을 기록하였다. 그렇지만 15 psu의 경우에는 20, 25℃에서 각각 8.52 ± 2.02, 7.79 ± 2.14 ml/min·g dw를 기록하여, 30℃의 9.15 ± 1.20 ml/min·g dw와 큰 차이는 없었다. 3년생 바지락 역시 1, 2년생 바지락과 마찬가지로 25℃를 중심으로 지수함수적 증가 양상을 보이다가 급격하게 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고 15-30℃의 수온 범위에서 전반적으로 높은 여과율을 보였으며 최소값 역시 대체로 5℃에서 나타났다 (Fig. 3).

염분 변화에 대해서는 바지락의 연령에 관계없이 모두 염분이 증가할수록 바지락의 여과율도 증가하는 경향을 보였다. 30 psu 이상에서 특히 높은 여과율을 나타내었고, 20 psu이하의

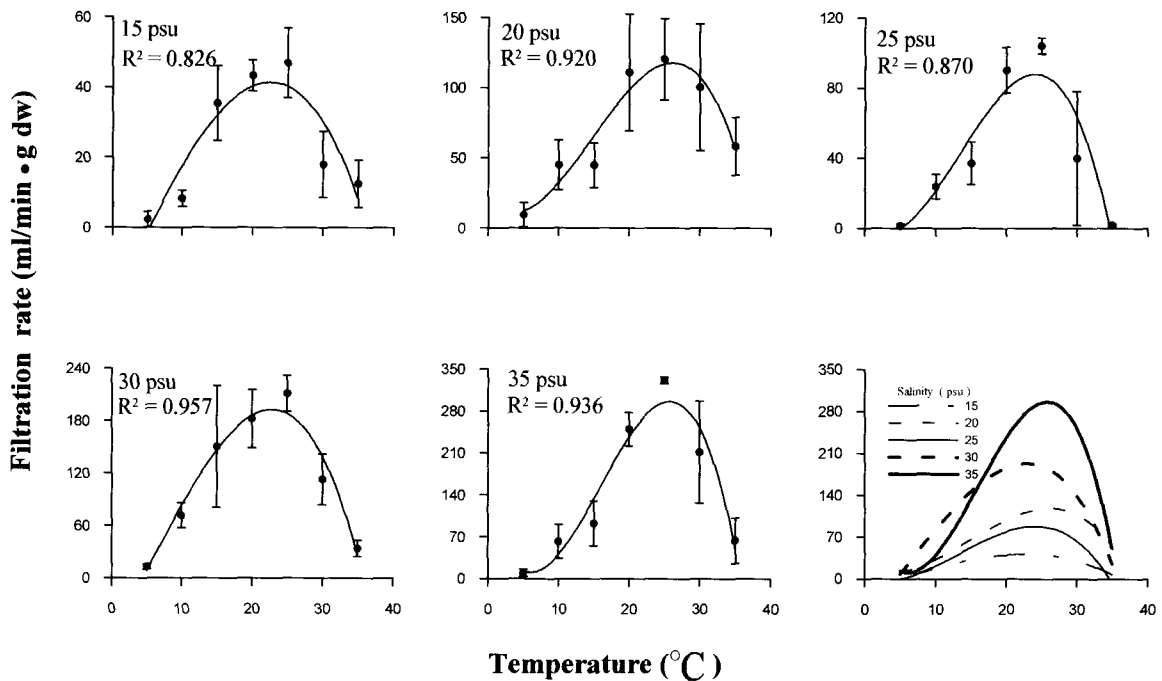


Fig. 1. Influence of temperature on filtration rates of one-year class short-necked clams at each salinity.

염분에서는 대체적으로 낮은 여과율을 나타내었다. 또한 5°C에서는 염분 변화에 대해 여과율의 변화가 뚜렷하지 않았으며, 대체로 낮은 여과율을 나타내었다. 그리고 수온-염분 변화에 대한 바지락의 여과율은 연령에 관계없이 대체로 비슷한 경향을 보였지만 1년생 바지락이 2, 3년생 바지락에 비해 다소 더 큰 변동폭을 보였다. 연령별 바지락의 여과율은 수온-염분 변화에 관계없이 1년생 바지락이 2, 3년생 바지락에 비해 뚜렷하게 높은 값이었다.

2. 다항회귀분석과 온도계수 Q_{10}

다항회귀분석을 통해 유추한 여과율은 1년생 바지락의 경우, 염분에 관계없이 22.69-26.10°C의 수온 범위에서 최대 여과율이 나타났으며, 2년생은 17.50-26.74°C의 수온 범위에서, 3년생은 23.57-26.56°C의 수온 범위에서 최대 여과율이 나타났다 (Table 1). 온도 계수 Q_{10} 값은 1년생 바지락의 경우, 15 psu에서는 5-15°C, 10-20°C의 수온범위에서 높은 값이었고, 20-35 psu에서는 모두 5-15°C의 수온범위에서 높은 값이었다. 2년생 바지락의 경우, 20 psu에서는 10-20°C의 수온범위에서 6.57로 가장 높은 값이었지만 이를 제외한 15, 25, 30, 35 psu에서는 모두 5-15°C의 수온범위에서 높은 값이었다. 3년생 바지락의 경우, 15 psu에서는 5-15°C의 수온범위에서 2.51, 10-20°C의 수온범위에서 2.18로 비슷하게 높은 값이었고, 20 psu에서는 10-20°C의 수온범위에서 가장 높았으며, 나

머지 25-35 psu에서는 모두 5-15°C의 수온범위에서 가장 높은 값이었다. 즉, Q_{10} 값은 대체적으로 저온범위에서 높은 값이 나타났음을 알 수 있었다 (Table 2).

고 찰

온도는 연중 변화하게 되므로 생물에게 있어 계절변화에 따른 온도 차이에 순응해야하는 것은 필연적이다. 일반적으로 수온은 적도와 심해 서식지를 제외하면, 계절성을 가지는 비생물적 환경요인으로 해양 이매패류의 위도 분포를 결정하고, 이들의 섭식, 성장, 생식과 같은 여러 가지 생리적 과정에 중요한 영향을 미치는 주재어요인이다. 변온동물은 대사과정을 통해 열을 생산하는 열발생 (thermogenesis) 을 하지 않기 때문에 적은 에너지만으로도 항온동물에 비해 비교적 오랫동안 생명을 유지할 수 있지만, 이들은 외부의 열에 의지하기 때문에 저온에서는 활동이 위축될 수밖에 없다는 단점이 있다. Quayle and Bourne (1972) 은 바지락의 경우 표층 바로 아래에서 서식하기 때문에 겨울철의 저온에 매우 민감하며, 겨울철의 높은 사망률의 원인 중 하나가 바로 저온 때문이라고 하였다. 일정한 한도를 넘은 저온이 되면 단백질로부터 물이 분리되어 동결하여 폐사한다. Bricelj and Shumway (1991) 는 10-26°C의 수온 범위에서는 대서양 해만가리비, *Argopecten irradians* 의 여과율이 크게 영향을 받지 않았지만 5°C에서는 눈에 띄게

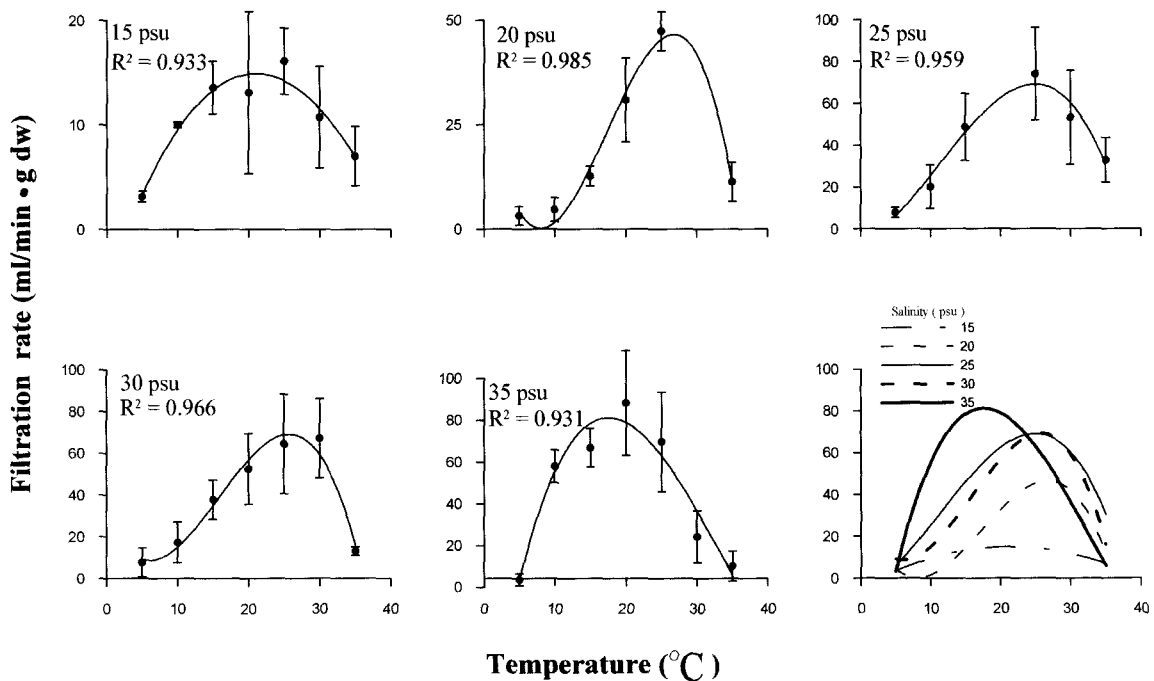


Fig. 2. Influence of temperature on filtration rates of two-year class short-necked clams at each salinity.

감소하였다고 하였으며, 가리비류, *Chlamys opercularis*도 비슷한 반응을 보였다고 하였다. Walne (1979) 은 진주담치, *Mytilus edulis*와 굴류, *Crassostrea gigas*, *Ostrea edulis*의 경우 15°C 이하의 수온에서는 수온이 감소할수록 이들의 여과율도 지속적으로 감소하였다고 하였다. 본 연구에서도 바지락은 염분의 변화와 연령에 관계없이 대체적으로 5°C에서 가장 낮은 여과율이 나타났으며, 이는 저온에 영향을 받아서 바지락의 여과 활동이 위축된 결과라고 생각된다.

온도계수 Q_{10} 값이 낮은 수온 범위에서 높게 나타났는데 (Table 2), 이것은 기존의 연구결과 (Winter, 1969; Ali, 1970; Schulte, 1975) 와도 일치하며, 여과활동은 낮은 수온 범위에서 더욱 빠르게 증가한다는 것을 의미한다 (Winter, 1978). 즉, 낮은 수온 범위에서는 저온에 위축되어 있던 섬모 운동이 온도가 상승하면서 어느 정도 회복되기 시작하여 저온에서의 저조한 여과율과는 뚜렷하게 큰 차이를 나타내기 때문에 이처럼 급격한 변동을 보인다고 볼 수 있을 것이다.

본 연구에서 수온 변화에 따른 바지락의 여과율 변화를 보면 Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3에서 알 수 있듯이 염분연령에 관계없이 대체적으로 20-25°C의 수온 범위에서 높은 여과율을 나타내었다. Walne (1979) 은 진주담치, *Mytilus edulis*와 굴류, *Crassostrea gigas*, *Ostrea edulis*의 경우 20°C 부근에서 최대 여과율이 나타난다고 하였으며, Kim (1995) 은 25°C에서 *C. gigas*의 최대 여과율이, Lee and Chin (1981) 은 22, 2

3°C에서 각각 *C. gigas*와 *M. edulis*의 최대 여과율이 나타난다고 하였다. Schulte (1975) 의 결과에서도 *M. edulis*의 여과율은 15-20°C의 수온 범위에서 높은 여과율이 나타난다고 하였다. 이러한 결과는 본 연구에서 바지락의 최대 여과율이 나타난 수온 범위와 대체로 일치하는 결과로 볼 수 있었다. 또한 바지락의 성장 적수온(適水溫)은 23°C 전후로, 이 수온 범위에서 섬모운동이 가장 활발하였다 (Lee, 1995). Walne (1979) 의 결과에서도 이매패류, *O. edulis*, *Mercenaria mercenaria*, *Venerupis decussata*의 각장 성장률이 25°C에서 가장 높다고 하였고, Kirby-Smith and Barber (1974) 는 28°C에서 대서양해만가리비 *Argopecten irradians*의 최대성장률이 나타난다고 하였다. 성장률이 높다는 것은 에너지 획득이 높음을 의미하며, 에너지 획득은 먹이섭취에 의존하고, 먹이섭취는 결국 여과활동에 의한 것이라고 볼 수 있을 것이므로, 본 연구에서 바지락의 최대 여과율이 나타난 수온 범위가 이들의 성장 적수온과 일치하는 것은 당연한 결과라고 여겨진다.

생물은 자신의 생활에 알맞은 최적의 온도를 가지며, 그 이상으로 온도가 상승하면 생리적 변화를 일으키고, 결국 단백질 응고가 일어나서 폐사하게 된다. 본 연구에서는 2년생의 15 psu, 35 psu의 경우를 제외하면 모두 25°C 이상에서부터 여과율의 감소현상이 나타났다. 25-30°C의 범위에서는 여과율이 다소 완만하게 감소하지만, 30-35°C의 범위에서는 급격한 감

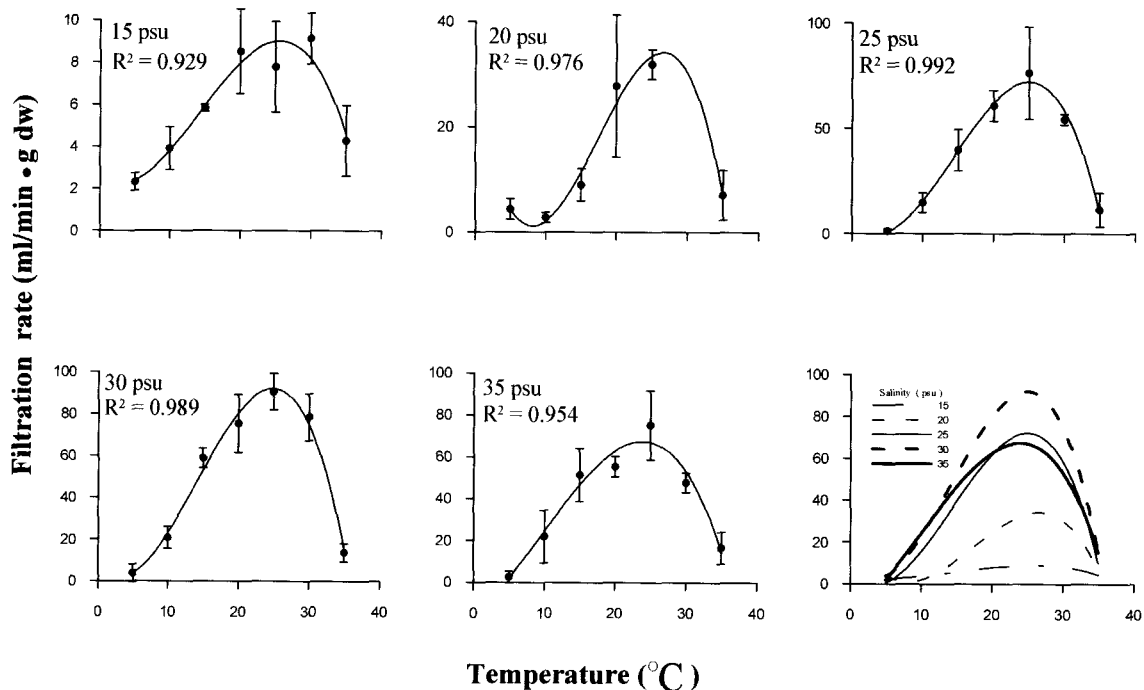


Fig. 3. Influence of temperature on filtration rates of three-year class short-necked clams at each salinity.

Table 1. Maximum filtration rates (FRmax.) of the short-necked clams derived from polynomial regressions.

Salinity (psu)	Maximum filtration rates at each experiment		
	one-year class	two-year class	three-year class
15	(22.69, 41.97)	(20.37, 14.52)	(23.57, 8.36)
20	(26.10, 117.38)	(26.74, 46.34)	(26.56, 34.17)
25	(24.09, 87.73)	(24.97, 69.27)	(24.96, 71.83)
30	(22.80, 192.87)	(25.68, 68.96)	(24.83, 91.29)
35	(25.79, 295.74)	(17.50, 80.94)	(23.98, 67.86)

* Values mean (°C, ml/min/g dw)

소를 보여 35°C의 고온에서도 생명은 유지하지만 대사활동에는 많은 제약을 받는 것으로 생각된다.

수온이 생물생태학적으로 중요한 물리적 환경요인인 만큼, 염분 또한 생태적 내성에 영향을 미치므로, 연안 및 조간대 이매패류의 분포를 결정하는 중요한 요인 중의 하나이다 (Dame, 1996). 염분의 변동 폭이 비교적 큰 연안해역이나 하구역에 서식하는 광염성의 해양 무척추동물은 삼투순응형 동물로서, 염분 변화에 노출되면 처음에는 산소소비와 같은 대사활동이 감소하지만, 적응기작으로서 대사활동이나 삼투압과 같은 생리작용이 변하고, 시간이 지나면서 재적응하여 원래 수준을 회복하게 된다 (Bjørn, 1972; Kim and Hur, 1998). 이매패류인 *Scobicularia plana*는 장기간 저염분에 노출되면, 초기에는 외부의 저염분이 체내로 유입되는 것을 저지하기 위해서 폐각을 닫으며, 5-7일 후에는 점차적으로 폐각을 열게 된다 (Akberali, 1978). 이처럼 조간대 이매패류의 경우 염분에 대한 내성이 상당히 강하여, 본 연구의 실험생물인 바지락의 경우 서식 염분범위가 16-36 psu로 (Kim and Hur, 1998), 진주담치, *Mytilus edulis* (Akberali, 1978; Bjørn, 1972) 나 *Crassostrea virginica* (Palmer, 1980)와 함께 기수역과 조간대에 서식하는 광염성생물에 해당된다.

본 연구 결과, 25-35 psu에서는 비교적 높은 여과율을 보였으며 20 psu 이하의 저염분에서는 대체적으로 낮은 여과율을 나타내었다. Palmer (1980) 는 해만가리비 *Agropecten irradians*의 여과율이 27-30 psu에서는 일정하였으나, 18-21 psu에서는 감소하였다고 하였으며, Shin et al. (2000) 은 19.2 psu 이하의 염분농도감소에 따라 바지락의 호흡률 및 여과율이 감소하였다고 하여, 본 연구의 염분 변화에 따른 바지락의 여과율 변동에 대한 결과와 유사하였다. Kim and Hur (1998) 의 연구에서도 20 psu에서 바지락의 산소소비 리듬이 정지되었다가 약 12시간 후에 회복되었다고 하였는데, 이처럼 저염분에서 산소소비의 감소는 활동력의 감소와 관련되므로, 본 연구에서 20 psu 이하의 저염분에서 낮은 여과율은 이때문인 것으로 생각된다.

기존의 연구들에서는 이매패류의 크기 (body size) 와 여과율의 관계에 초점을 맞추어, 크기 (W; 육질부 건중량)가 증가할수록 개체당 여과율 (FR/individual) 도 증가하며, 일반적으로 $FR/individual = aW^b$ 의 관계를 가진다고 하였다 (Winter, 1969, 1973, 1978). 본 연구에서와 같이 단위 중량당 여과율 (FR/g dw)을 살펴보면 1년생 바지락이 2, 3년생 바지락에 비해 현저하게 높은 여과율을 나타내며 이것은 패류의 경우 초기 연령에서 급속히 성장하고, 순간절대성장률 역시 초기에 최대를 보이며, 연령이 증가할수록 거의 지수함수적으로 성장율이 감소하는 것 (Shin and Shin, 1999a) 과 같은 이유로 해석할 수 있다. 이를 연령별 바지락의 개체당 전체중량으로 살펴보면 역시 연령이 증가할수록 개체당 여과율이 증가한다.

전반적으로 1, 2, 3년생 바지락 모두가 수온염분 변화에 대해 비슷한 여과율 변동을 나타내었다. 높은 여과율이 나타난 수온-염분 범위는 연령에 관계없이 모두 비슷하지만, 염분변화에 대한 여과율은 1년생 바지락이 2, 3년생 바지락에 비해 보다 더 급격한 변화를 보이며, 이것은 1년생 바지락이 2, 3년생 바지락에 비해 염분 변화에 보다 더 민감한 반응을 보인다는 것을 의미한다고 보아진다. Dame (1996) 은 *Crassostrea virginica*와 이매패류 *Mercenaria mercenaria*, *Mulinia lateralis*의 세 종이 성체는 비록 광염성이지만, 이들의 유생은 비교적 염분 내성이 약하다고 하였다. 본 연구에서 1년생 바지락은 아직 크기가 작은 어린 개체로 2, 3년생에 비해 변화하는 주위 환경에 대해 내성이 다소 약하기 때문에 나타난 결과라고 보아진다.

요 약

본 연구는 바지락의 기초 생물, 생태학적 정보의 하나로서, 수온 및 염분의 변화가 바지락의 여과율에 미치는 영향을 파악하기 위하여 수행되었다. 실험에 사용된 바지락은 전남 여수시 화양면에 위치한 갯벌에서 채집하여 사용하였고, 먹이생물은 규조류, *Phaeodactylum tricornutum*을 실내에서 단일종 배

Table 2. Temperature coefficients (Q_{10}) in filtration rates by the short-necked clams.

Salinity (psu)	Temperature range (°C)	Q_{10}		
		one-year class	two-year class	three-year class
15	5-15	14.712	4.354	2.511
	10-20	5.217	1.308	2.182
	15-25	1.322	1.187	1.334
	20-30	0.416	0.818	1.074
	25-35	0.267	0.435	0.550
20	5-15	4.755	3.900	2.056
	10-20	2.468	6.567	9.922
	15-25	2.674	3.743	3.549
	20-30	0.904	-	-
	25-35	0.485	0.238	0.222
25	5-15	25.779	6.103	31.518
	10-20	3.788	-	4.115
	15-25	2.805	1.520	1.922
	20-30	0.444	-	0.894
	25-35	0.019	0.445	0.149
30	5-15	11.364	4.952	14.823
	10-20	2.540	3.034	3.623
	15-25	1.403	1.703	1.538
	20-30	0.621	1.201	1.041
	25-35	0.161	0.204	0.152
35	5-15	9.582	18.548	19.131
	10-20	4.032	1.522	2.526
	15-25	3.578	1.043	1.463
	20-30	0.846	0.275	0.863
	25-35	0.192	0.148	0.222

*Dash indicates No Data.

양하여 사용하였다. 여과율측정은 간접측정법을 사용하였고 먹이생물의 농도는 광학현미경하에서 혈구계산판을 이용하여 직접 계수하였다.

1, 2, 3년생 바지락 모두 수온이 증가할수록 여과율도 증가하였고 20-25°C에서 최대여과율을 보였으며 25°C이상에서 대체로 감소하는 경향이였다. 염분 변화에 대해서는 대체로 25-35 psu에서 최대여과율을 보였고 염분이 감소할수록 여과율도 감소하였다. 연령별 바지락의 여과율은 수온·염분 변화에 관계없이 1년생 바지락이 2, 3년생 바지락에 비해 뚜렷하게 높은 여과율을 나타내었다.

온도계수 Q_{10} 값은 대체적으로 저온 (5-15°C)에서 높게 나타났고 회귀분석의 결과, 수온변화에 대한 바지락의 여과율 곡선은 대체적으로 오른쪽으로 치우친 경향이였다. 이러한 결과

로 바지락의 여과율은 저온의 수온범위에서 더욱 민감하게 영향을 받는 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Akberali, H.B. (1978) Behaviour of *Scrobicularia plana* (Da Costa) in water of various salinities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **33**: 237-249.
- Ali, R.M. (1970) The influence of suspension density and temperature on the filtration rate of *Hiatella arctica*. *Marine Biology*, **6**: 291-302.
- Beiras, R., Pérez, A.C., Albentosa, M. (1995) Short-term and long-term alterations in the energy budget of young oyster *Ostrea edulis* L. in response to temperature change. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **186**: 221-236.
- Bjørn, B. (1972) Effects of adaptation to reduced salinity on filtration activity and growth of mussels (*Mytilus edulis* L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **10**: 41-47.
- Bricelj, V.M. and Shumway, S. (1991) Physiology: Energy acquisition and utilization. In: *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. (ed. by Shumway, S.E.), pp. 305-346, Developments in Aquaculture and Fisheries Science, Vol. 21, Elsevier Science Publishers.
- Chung, E.Y., Ryou, D.K. and Lee, J.H. (1994) Gonadal development, age and growth of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* (Pelecypoda: Veneridae), on the coast of Kimje, Korea. *Korean Journal of Malacology*, **10**(1): 38-54.
- Coughlan, J. (1969) The estimation of filtering rate from the clearance of suspensions. *Marine Biology*, **2**: 356-358.
- Dame, R.F. (1996) Ecology of Marine Bivalves: An Ecosystem Approach. CRC Marine Science Series. CRC Press, Boca Raton, 254 pp.
- Guillard, R.R.L. and Ryther, J.H. (1962) Study of marine planktonic diatoms. 1, *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonulla confervacea* (Cleve) Gran. *Canadian Journal of Microbiology*, **8**: 229-239.
- Hur, Y.B. (1994) Comparative Studies on the Embryonic Development and the Growth of Larvae of Eight Bivalve Species. MS Thesis, Pusan National Fisheries University of Pusan, 56 pp.
- Kim, Y.H. (1978) Study on the morphological variation of Short Necked clam, *Tapes japonica* (DESHAYES). *Bulletin of Gunsan Fisheries Junior College*, **12**(2): 23-26. [in Korean]
- Kim, W.S. (1994) Population Dynamics and Energy Budget of *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve, 1850) (Bivalvia: Veneridae) in Garolim Bay, Yellow Sea, Korea. Ph.D Thesis, of Kiel University, Germany, 134 pp.
- Kim, W.S. and Hur, H.T. (1998) Recovery of an endogenous rhythm from the dampened pattern in the Manila clam *Ruditapes philippinarum*. pp.

- 320-321, Abstracts 1998, International Year of the Ocean-Memorial Joint Meeting and Symposium of the Korean Societies on Fisheries and Ocean Science.
- Kim, Y.S. (1995) Filtering Rate Model of Farming Oyster, *Crassostrea gigas* with Effect of Water Temperature and Size. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **28**(5): 589-598. [in Korean]
- Kirby-Smith, W.W. and Barber, R.T. (1974) Suspension-feeding aquaculture systems: effects of phytoplankton concentration and temperature on growth of the bay scallop. *Aquaculture*, **3**: 135-145.
- Lee, B.K. and Chin, P. (1981) Effects of body size, temperature-salinity and starvation on the rates of filtration in *Crassostrea gigas* and *Mytilus edulis*. *Institute of Marine Sciences, National Fisheries University of Busan*, **13**: 37-41. [in Korean]
- Lee, C.K., Chang, N.K. and Choi, S.S. (1969) Studies on environmental factors in marine bivalve culture. *Bulletin of Korean Fisheries Society*, **2**: 33-40. [in Korean]
- Lee, Y.H. (1995) Growth and Maturation of Shortnecked Clams, *Ruditapes philippinarum* by Different Seeding Production Areas. MS thesis. Busan National Fisheries University. Korea, 51 pp. [in Korean]
- Palmer, R.E. (1980) Behavioral and rhythmic aspects of filtration in the bay scallop, *Argopecten irradians concentricus* (Say), and the oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **45**: 273-295.
- Quayle, D.B. and Bourne, N. (1972) The clam fisheries of British Columbia. *Fisheries Research Board of Canada Bulletin*, **179**: 42-48.
- Schulte, E.H. (1975) Influence of algal concentration and temperature on the filtration rate of *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, **30**: 331-341.
- Shin, H.C. and Shin, S.H. (1999a) Population biology of short-necked clam (*Ruditapes philippinarum*; Bivalvia) in Kwangyang Bay, southern coast of Korea. I. Growth and benthic environments. *Korean Journal of Malacology*, **15**(1): 21-30. [in Korean]
- Shin, H.C. and Shin, S.H. (1999b) Population biology of short-necked clam (*Ruditapes philippinarum*; Bivalvia) in Kwangyang Bay, southern coast of Korea. II. Population dynamics and secondary production. *Korean Journal of Malacology*, **15**(1): 31-39. [in Korean]
- Shin, Y.K., Kim, Y., Chung, E.Y. and Hur, S.B. (2000) Temperature and salinity tolerance of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **33**(3): 213-218. [in Korean]
- Walne, P.R. (1979) Culture of bivalve molluscs; 50 years' experience at Conwy. 189 pp. Farnham Fishing News Books Ltd.
- Way, C.M., Hornbach, D.J., Miller-Way, C.A., Payne, B.S. and Miller, A.C. (1990) Dynamics of filter feeding in *Corbicula fluminea* (Bivalvia: *Canadian Journal of Zoology*, **68**: 115-120.
- Winter, J.E. (1969) Über den Einfluß der Nahrungskonzentration und anderer Faktoren auf Filtrierleistung und Nahrungsausnutzung der Muscheln *Atctica islandica* und *Modiolus modiolus*. *Marine Biology*, **4**: 87-135.
- Winter, J.E. (1973) The filtration rate of *Mytilus edulis* and its dependence on algal concentration, measured by a continuous automatic recording apparatus. *Marine Biology*, **22**: 317-328.
- Winter, J.E. (1978) A review on the knowledge of suspension-feeding in lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. *Aquaculture*, **13**: 1-33.
- Won, M.S. (1994) Seed Production and Environmental Influence on Productivity of the Short-necked Clam, *Ruditapes philippinarum*. Ph.D. Thesis, National Fisheries University of Pusan, 220 pp. [in Korean]
- Yoon, S.B. (1992) Population Dynamics of the Short Necked Clam, *Tapes philippinarum* in An-Jong, Tong-Young. MS. Thesis, National Fisheries University of Pusan, 34pp. [in Korean]
- Yoo, S.K., Chung, Y.J. and Ryu, H.Y. (1978) Biological studies on the propagation of important bivalves. 6. Morphological characteristics of the short-necked clam, *Tapes japonica*. *Bulletin of the National Fisheries University of Busan*, **18**: 89-94.