

피조개, *Scapharca broughtonii*의 대사에 미치는 부니의 영향

정 의 영 · 신 윤 경* · 이 주 하**

군산대학교 해양개발학과, 부산수산대학교 해양생물학과*, 전주대학교 생물학과**

= Abstract =

Effects of Suspended Sediment on Metabolism of *Scapharca broughtonii*

Ee-yung Chung, Yun-Kyong Shin* and Ju-Ha Lee**

Department of Marine Development, Kunsan National University, Kunsan 573-360, Korea

**Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea*

***Department of Biology, Jeonju University, Jeonju 560-759, Korea*

General patterns of metabolism by effects of suspended sediment on oxygen consumption, filtration and excretion rates in *Scapharca broughtonii* by body size, temperature (10, 15 and 20°C) and salinity (7, 13, 19, 26 and 32‰) were investigated 3 times, respectively. And mortality, oxygen consumption, filtration and excretion rates were measured 3 times, respectively at 25, 50, 100, 200, 400, 600, 800 and 1000 ppm of suspended sediment for 15 days after treatment.

The results are as follows :

Oxygen consumption, filtration and excretion rates of this species were high at higher temperatures and in larger size. Oxygen consumption and filtering rates were slightly increased at higher temperature and higher salinity except for extreme salinity which is below 10‰ and over 30‰, but excretion rates were high at low salinity.

The high mortality of *Scapharca broughtonii* was shown in small sizes, over 100 ppm of suspended sediment at 20°C than those of 10°C and higher in small size than large size. The 96hr-LC₅₀ for small- and large size clams were 557.11 ppm, 856.03 ppm, and at 10°C, and 274.55 ppm, and 356.26 ppm at 20°C, respectively.

Oxygen consumption, filtration and excretion rates caused by effect of suspended silt and clay at 20°C were higher than those of 10°C without any relation to individual sizes. And oxygen consumption and filtering rates caused by effects of suspended silt and clay concentration at 10°C were similar to those of 20°C. Especially, the extreme decrease(%) of oxygen consumption, and filtering rates were shown over 100 ppm of suspended silt and clay at 20°C. And NH₃-N excretion rates were increased with increase of suspended silt and clay concentrations.

서 론

피조개, *Scapharca broughtonii*는 연체동물문(Mollusca), 부족강(Pelecypoda), 꼬막조개과(Arcidae)에 속하는 종으로 우리나라 진해만, 거제만 및 고성만 연안 등에서 많이 생산된다. 육질이 연하고 성장이 비교적 빨라 양식 대상 종으로 각광을 받아온 중요한 종의 하나로 국내 생산량의 대부분이 수출되고 있다(柳, 1979).

지금까지 피조개에 관한 연구로는 주로 양식에 관한 연구로서菅野와千葉(1967),權(1980),柳와朴(1978) 등의 보고와, 성장에 관한 연구로朴 등(1983),中西(1981) 등의 보고가 있을 뿐이다. 그러나 호흡, 배설 및 여수작용 등의 생리학적 연구와 환경오염이 패류에 미치는 영향에 관한 기초 연구는 거의 찾아볼 수 없는 실정이다.

해양동물 중 패류의 호흡작용은 총체적 생리기능의 지표로 간주될 수 있으며, 여수작용은 그들의 먹이 섭취와 호흡 및 배설에 관련되어 있는 중요한 생리작용 중의 하나인데 이러한 여수작용은 패류의 폐각 개폐운동과 밀접하게 연관되어 있으며, 서식환경에도 크게 영향을 받는다(李와陳, 1981).

또한 패류의 주된 배설물질은 다른 연체동물과 마찬가지로 대부분 암모니아이고 요소 및 요산 등도 배설하고 있는데 그 양적 변동은 매우 심한 것으로 알려져 있다(陳, 1977). 패류의 질소대사 최종산물의 특성은 배설질소화합물의 해독성에 특히 관련되어 있다. 따라서 패류의 합질소성 배설은 체내대사작용의 지표로서 매우 중요할 뿐만 아니라 패류 서식지의 환경요인의 여부를 규정짓는 관련성 때문에 각 패류의 배설물질의 질과 양에 대해서 규명할 필요가 있다(陳, 1976).

해양에 배출된 폐기 퇴적물은 쉽게 부유하고 확산됨에 따라 태양광선의 투과를 방해하여 광합성에 지대한 영향을 미칠 뿐만 아니라, 그 성분들 중 저질의 유화물 성분과 일부 중금속들은 해양 생물에 해를 끼치고,

니질의 미세입자들은 해양생물 아가미의 호흡작용을 저해하고 여수작용 및 배설작용 등의 대사를 저해하므로서 생존에까지 크게 영향을 미치고 있다. 최근, 우리나라에서는 국토개발의 일환으로써 간척지개발 사업 공사가 여러 곳에서 진행되고 있다. 그러나 공사시 발생되는 현탁부니는 주변의 양식어장내의 양식생물(피조개, 바지락 등)에 커다란 피해를 주고 있어 오래 전부터 큰 문제로 대두되어 이에 대한 조사가 매우 시급한 실정이다. 그러나 특히, 고가의 양식생물인 피조개에 관해서는 대사생리, 생태 조사는 극소수에 지나지 않으며, 현탁부니가 이들 생물에 미치는 영향에 관해서는 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 양식 대상종 중 가장 각광을 받고 있는 고가품인 피조개를 사용하여 수온과 염분에 따른 대사능(산소소비율, 여수율, 질소배설률) 등의 기초대사를 밝히기 위해 조사하였고, 부니의 농도와 온도에 따른 사망률과 산소소비율, 여수율, $\text{NH}_3\text{-N}$ 배설률을 15일 동안 조사하여 부니가 실험동물의 호흡과 폐사에 미치는 영향을 조사하였던 바, 피조개의 생리생태에 관한 기초자료를 얻었기에 보고한다.

재료 및 방법

실험에 사용된 피조개는 1993년 4월에서 11월까지 경상남도 남해군 피조개 양식장으로부터 오염이 되지 않은 신선한 것만을 선별 구입하여 작은 개체(각장, 1.0~1.3 cm)와 큰개체(4~5 cm)의 크기 별로 구분하여 순환여과수조에서 일주일간 순응시킨 후 실험에 사용하였다.

부니에 의한 폐사실험은 10°C와 20°C의 해수 수온에서 부니농도 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1000 ppm을 설정하여 실험하였으며, 부니가 첨가되지 않은 동일 여과해수를 사용하여 대조구 실험과 비교하였다. 또한 실험구당 2 litre 유리수조 10개 씩 사용하였고, 개체의 크기 별로 1개의 유리수조에 작은 개체는 5~10미, 큰 개체는 2~3미씩 투입한 후 마그

Table 1. Grain size composition (%) and biochemical value of suspended sediment used for bioassay

Grain size	-1~1 ϕ	1~3 ϕ	3~4 ϕ	4~8 ϕ	8 ϕ	Sulfide
Percentage(%)	8.03	52.27	20.62	17.40	1.68	0.099 mg/l

네틱 바를 회전시켜 부니가 해수에 혼탁되게 하였다. 부니의 채취 방법은 실험동물이 서식하고 있던 양식장의 저질토(Table 1)를 채취하여 말린 후 망목눈금 62 μm 의 체로 쳐서 부유화산할 수 있는 세립질의 저질토를 사용하였다. 그리고 실험관찰은 3시간 간격으로 사망한 개체가 있는지를 관찰한 후 사망물을 생존율로 전환하여 일별로 나타내었고, Probit 법에 의해 15일 간의 반수치사농도(15 days-LC₅₀)를 산출하였다. 호흡, 배설, 여수율, 배설률에 미치는 영향조사는 각각 3회 씩 실시하였는데, 각 농도별로 처리한 개체들 중에서 다시 선별하여 실험에 사용하였다. 산소소비량은 수온 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서 산소검량기(YSI 53형)를 사용하여 측정하였으며, 여수율과 배설률도 산소소비량의 측정과 병행하여 동일 실험구에서 측정하였다. 이때 여수율은 Cole과 Hepper(1954) 방법에 의해

Spectrophometer를 이용하여 500 nm에서 측정하였고, 배설률 조사는 NH₃-N를 Solorzano(1969)의 phenolhypochlorite법으로 발색시켜 635 nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다. 측정 시 모든 해수는 미리 여과시킨 것을 사용하였으며, 실험 개체의 건중은 80°C에서 24시간 건조시켜 평량하였다.

결 과

1. 대사의 일반적 경향

피조개의 개체 크기, 수온 및 염분농도에 따른 호흡률, 여수율 및 배설률의 변동 경향은 일반적으로 피조개의 경우에도 개체 크기가 클수록 비체중 산소소비율, 비체중 여수율 및 비체중 배설률은 보다 적은 경향을 나타내었다. 그리고 수온이 높고 개체 크기가 작

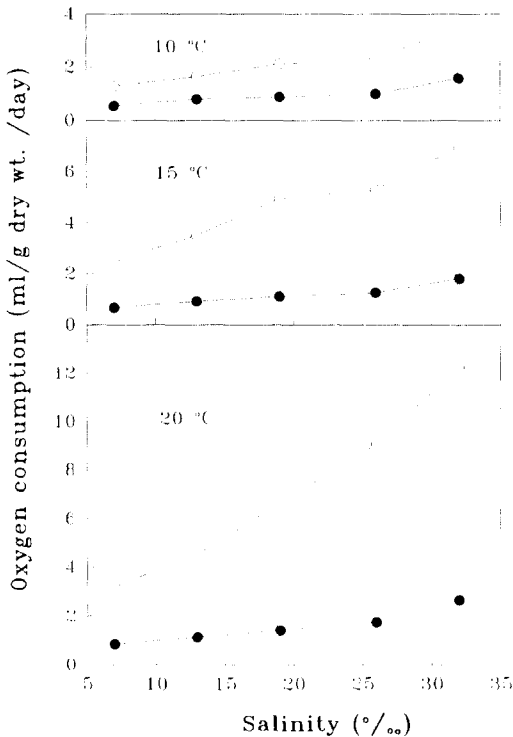


Fig. 1. Changes in oxygen consumption rate of *Scapharca broughtonii* by salinities, temperatures and body sizes in control group. ○: small size (1.0~1.3 cm), ●: large size (4.0~5.0 cm).

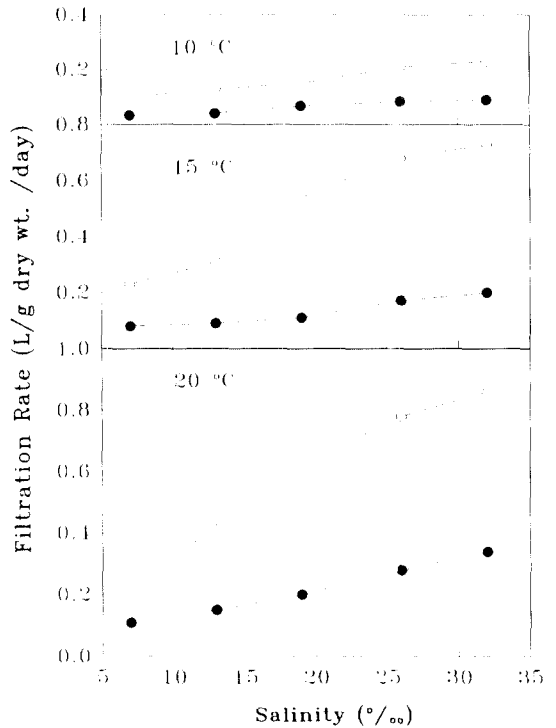


Fig. 2. Changes of filtration rate of *Scapharca broughtonii* by salinities, water temperatures in control group. ○: small size (1.0~1.3 cm) ●: large size (4.0~5.0 cm)

을수록 산소소비율, 여수율은 상당한 증가를 나타내었다. 염분변화에 따른 이들의 변화는 30%이상에서 다소 증가를 보이지 않았으나 유의한 차이는 나타내지 않았다(Figs. 1, 2, 3).

한편, 비체중배설률은 개체 크기에 관계없이 수온의 증가에 따라 증가하였으나 염분변화에 따른 배설물 변화는 19%까지 최대로 증가한 후 다시 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 3).

수온과 염분농도의 조합구에서 산소소비율, 여수율 및 배설률은 개체 크기에 따라 낮은 수온에서는 다소 차이를 보이지 않았으나 수온이 높고, 개체 크기가 작을수록 상당한 차이를 보였다. 대체로 모든 환경 영향 요인에 대하여 작은 개체의 경우는 산소소비율, 여수율, 및 질소배설물들은 염분농도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보이고있으나 큰 개체의 경우는 수온과 염분농도가 증가되어도 큰 증가를 나타내지 않았다.

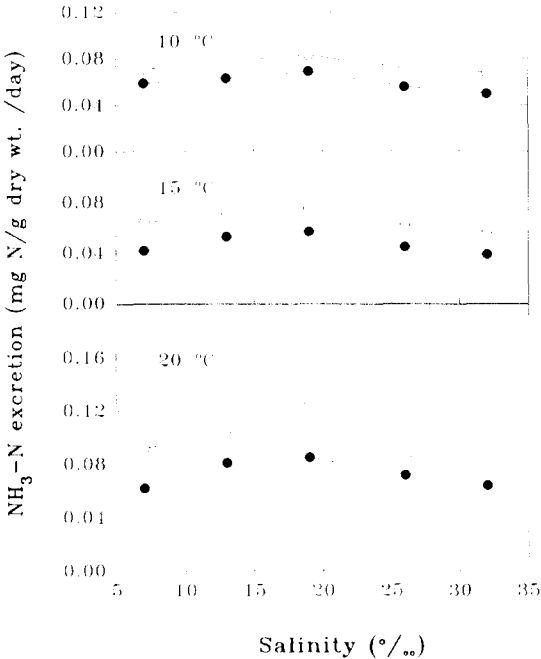


Fig. 3. Changes in $\text{NH}_3\text{-N}$ excretion rates of *Scapharca broughtonii* by salinities, water temperatures in control group. ○: small size (1.0~1.3 cm) ●: large size (4.0~5.0 cm)

2. 부니에 의한 영향

10°C와 20°C에서 15일간 각각의 부니농도에 노출

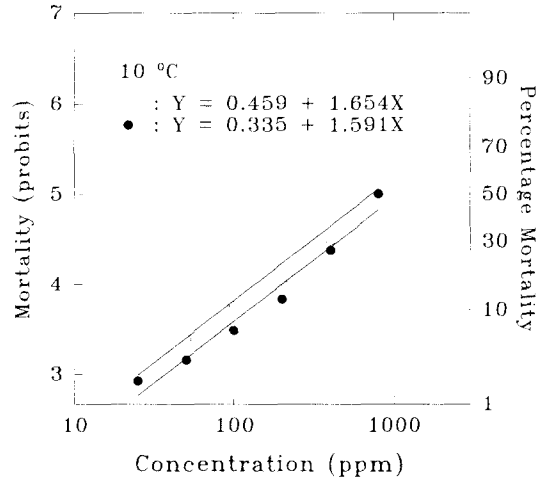


Fig. 4. Mortality of *Scapharca broughtonii* by their sizes and concentrations of suspended sediment at 10°C of sea water temperature for 15 days. ○: small size (1.0~1.3 cm), ●: large size (4.0~5.0 cm).

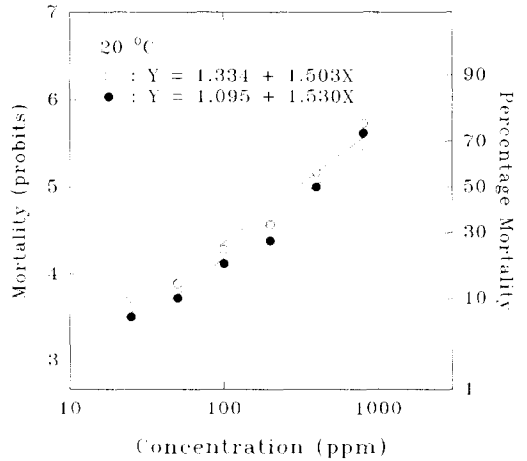


Fig. 5. Mortality of *Scapharca broughtonii* by their sizes and concentrations of suspended sediment at 20°C of sea water temperature for 15 days. ○: small size (1.0~1.3 cm), ●: large size (4.0~5.0 cm).

시킨 피조개의 개체 크기 별 독성 영향은 Figs. 4와 5에 나타내었다.

개체 크기별로는 모든 수온구에서 큰 개체에 비해 작은 개체에서 부니의 영향을 많이 받았으며, 부니의 농도가 높을수록 사망률은 높게 나타났다. 또한, 두 수온구를 비교하여 보면 10°C에 비해 20°C에서 부니의 영향이 보다 높게 나타났다.

15일 동안 각각의 부니농도에 노출시킨 후 사망률

과 반수치사농도는 Table 2에 나타난 바와 같이, 10°C에서 25 ppm에 노출시킨 작은 개체와 큰 개체 모두 사망률이 3.3%로서 부니의 영향은 크지 않았으나, 600 ppm이상의 고농도로 갈수록 부니의 영향이 크게 나타났다. 또한 15일 동안 반수치사농도는 작은 개체에서 557.11 ppm, 큰 개체에서 856.03 ppm이었다. 20°C에서는 작은 개체의 경우 25 ppm의 농도에서 사망률 10.0%, 반수치사농도 274.55 ppm이었고,

Table 2. Mortality of *Scapharca broughtonii* at concentrations of suspended sediment for 15 days

Water quality		Animal size	Test conc. (ppm)	Mortality (%)	15days-LC ₅₀ and 95% confidence limit(mg/L)
Temp (°C)	pH				
10	7.64	Small	25	3.3	557.11 (481.81-644.19)
	7.60		50	3.3	
	7.87		100	6.7	
	7.75		200	16.7	
	7.69		400	30.0	
	7.82		600	50.0	
	7.73		800	63.3	
	7.75		1000	76.7	
	7.64	Large	25	3.3	856.03 (731.75-1001.42)
	7.60		50	3.3	
	7.87		100	13.3	
	7.75		200	16.7	
	7.69		400	26.7	
	7.82		600	33.3	
20	7.72	Small	25	10.0	274.55 (236.06-319.31)
	7.69		50	13.3	
	7.84		100	16.7	
	7.82		200	33.3	
	7.91		400	56.7	
	7.57		600	66.7	
	7.81		800	76.7	
	7.88		1000	90.0	
	7.72	Large	25	6.7	356.26 (306.98-413.46)
	7.69		50	10.0	
	7.84		100	16.7	
	7.82		200	26.7	
	7.91		400	50.0	
	7.57		600	63.3	
7.81	800	73.3			
7.88	1000	76.5			

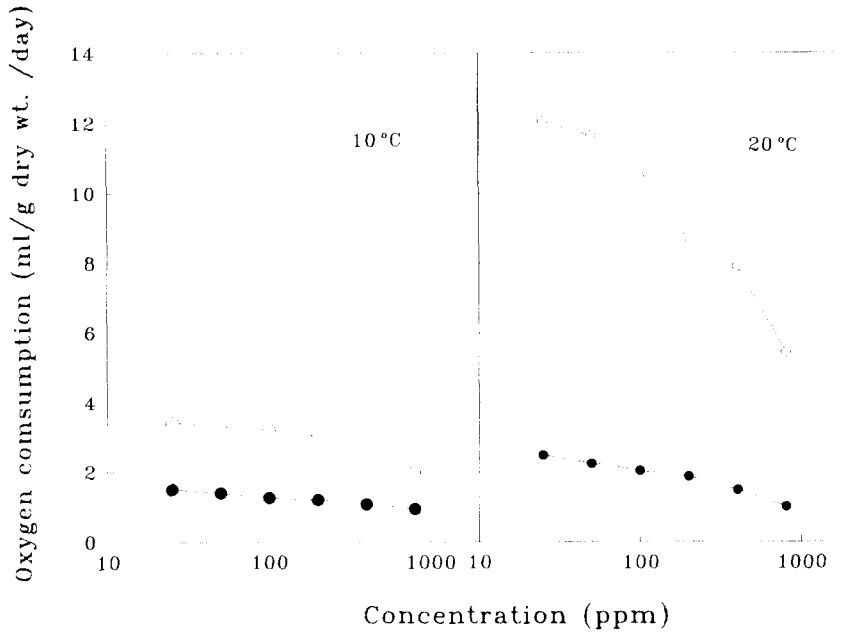


Fig. 6. Changes in oxygen consumption rates of *Scapharca broughtonii* by concentrations of suspended sediment at 10°C and 20°C of water temperatures for 15 days after treatment. ○: small size (1.0~1.3 cm), ●: large size (4.0~5.0 cm).

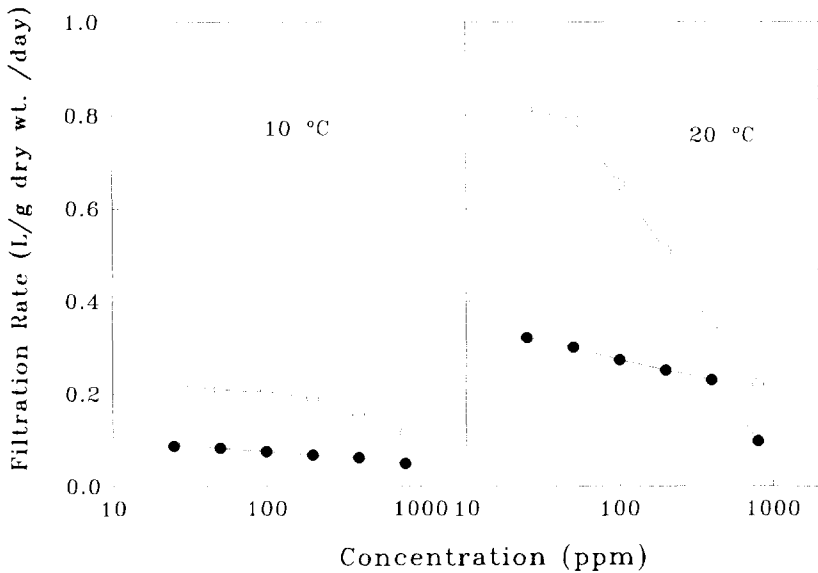


Fig. 7. Changes in filtration rates of *Scapharca broughtonii* by concentrations of suspended sediment at 10°C and 20°C of water temperatures for 15 days after treatment. ○: small size (1.0~1.3 cm), ●: large size (4.0~5.0 cm).

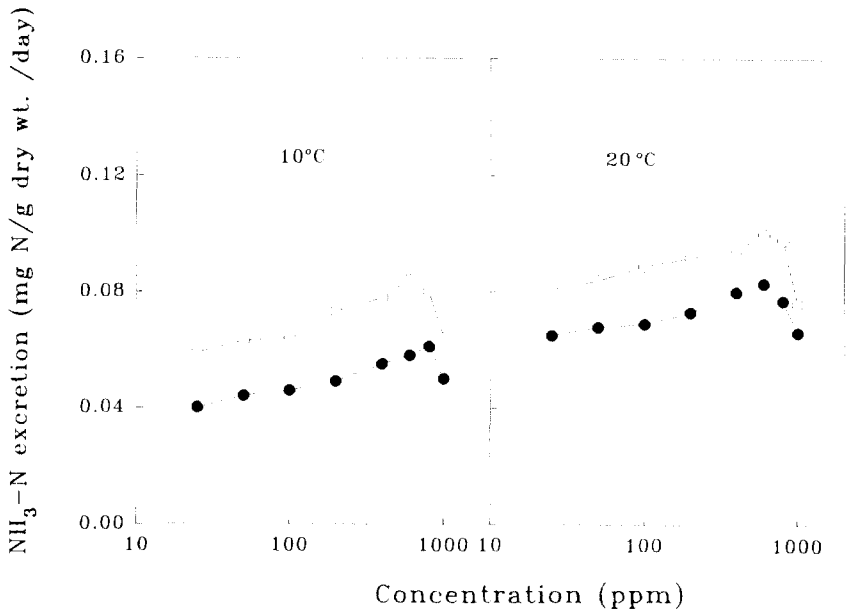


Fig. 8. Changes in $\text{NH}_3\text{-N}$ excretion rates of *Scapharca broughtonii* by concentration of suspended sediment at 10°C and 20°C of water temperatures for 15 days after treatment. ○: small size (1.0~1.3 cm), ●: large size (4.0~5.0 cm).

큰 개체의 경우는 25 ppm의 농도에서 사망률 6.7%, 반수치사농도 356.26 ppm을 나타내었다. 1000 ppm에서 작은 개체의 경우는 사망률 90.0%, 큰 개체의 경우는 76.5%의 사망률을 보여, 부니에 의한 영향은 개체의 크기보다는 수온의 영향이 더욱 큰 것으로 생각된다.

15일 동안 부니의 각 농도에 노출시킨 후 생존한 개체 중 활력이 있는 것을 선별하여 각 실험온도에서 산소 소비율, 여수율 및 배설률을 측정하여 Figs. 6, 7, 8에 나타내었다. 부니농도-산소조합의 실험구들에서 개체의 크기별 산소소비율과 여수율 및 배설률 간에는 매우 유사한 경향을 나타내었다. 특히 10°C의 저온구에서는 산소소비율, 여수율, 배설률의 감소가 적었던 반면, 20°C의 고온구에서는 감소율도 크게 나타났으며 큰 개체와 작은 개체간의 크기 간에도 상당한 차이를 보였다. 또한 20°C의 경우 사망률이 급격히 증가하는 100 ppm이상의 부니농도에서 산소 소비율과 여수율이 현저히 감소함을 나타내어 부니농도와 대사율 간에는 상관 관계가 있음을 알 수 있다.

한편 배설률에 미치는 부니농도의 영향은 개체 크기가 작을 수록, 수온이 보다 높은 20°C에서 더욱 컸다 (Fig. 8). 또한 배설률은 호흡률과 여수율과는 달리 부니농도의 증가에 따라 증가를 보인 후 부니농도 800 ppm 이상부터는 다시 감소하는 경향을 나타내었다.

고 찰

피조개의 개체 크기, 수온 및 염분에 따른 산소 소비율, 여수율 및 배설률의 변동경향은 개체크기가 작을수록, 수온이 높을수록 산소소비율과 여수율은 높았으며, 염분 변화에 따라서도 10‰ 이하와 30‰ 이상의 극단적인 염분을 제외하고는 그다지 큰 변화를 나타내지 않았다. 이는 추와 陳(1981)의 *Mytilus edulis*의 산소소비와 여수율이 개체크기가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타낸 결과와 잘 부합되고 있다. 또한 극단적인 염분과 수온에서는 상당한 증가 또는 감소를 나타내므로서 생리적 내성을 보였다고 하였

는데 이러한 결과는 본 연구결과와 잘 일치하고 있다. 특히, 피조개의 호흡률과 여수율의 변동양상은 각각 수온과 염분의 상호작용에 대한 보상작용인 것으로 사료된다.

해양동물은 환경변화에 견디기 위해 생리적 전략에 의존하는데 (Newell and Bayne, 1973; Newell, 1977), 그중 일부는 환경변화에 대해서 생리적 보상작용으로 반응한다(Pickens, 1965; Davies, 1967; Markel, 1974; Anderson, 1978). 본 실험에서 꼬막류인 피조개의 배설률의 변화는 염분농도의 감소(20% 부근)와 수온증가에 따라 증가하였는데 이는 陳(1977)이 새꼬막, *Anadara subcrenata*에 관해서 보고한 바와 다소 일치하고 있다.

15일동안 개체크기별로 10°C와 20°C에서 각 부니농도별로 노출시킨 피조개의 사망률은, 10°C에서는 개체크기별로 낮은 농도에서는 큰 변화를 보이지 않았으나, 20°C에서는 100 ppm 이상에서 현저한 사망률을 나타내었다. 또한 각 부니 농도에 노출시킨 기간동안의 산소소비율과 여수율도 같은 경향을 나타내었다. 특히, 20°C에서, 사망률이 현저히 증가하는 부니농도에서 뚜렷한 감소를 보였다. 梅澤 등(1984)의 계절적 용존산소량 변화와 수온, 저질환경간의 실험보고에 의하면, 피조개(*Scapharca broughtonii*)는 저질에 영향을 크게 받는데 수온이 높은 여름에서 가을에 걸쳐 용존산소량이 가장 낮았고 사망률이 높았다고 하였다. 이 현상은 하계와 추계의 수온인 20°C 근처에서 피조개를 실험하였을 시, 산소소모량이 많았고 부니농도 100 ppm 이상에서 현저한 사망률을 나타낸 결과와 잘 부합되고 있다.

따라서 이러한 점으로 미루어 보아 피조개의 개체크기별, 수온에 따른 부니농도에 대한 사망률은 개체 크기보다는 수온에 더 큰 영향을 받는 것으로 생각되며, 특히 고수온일수록 대사율이 증가하여 해수의 용존산소량이 줄어들므로써 대사에 현저한 영향을 주게 된다. 또한 고온으로 인해 빠른 여수작용으로 물을 환수시킴으로써 현탁부니가 아가미에 침착되어 여러가지 호흡기능이 마비되어 사망을 하게 되는 원인이 되는 것으로 여겨진다.

피조개는 부니농도의 증가에 비례하여 배설률이 증가하다가 800 ppm 이후부터는 다시 감소함을 나타내었다. 이는 외부환경 변화에 대처하기 위한 생리적 전

략으로서 생리기능이 활성화된 후 다시 감소되는 개체의 생리생태의 특성으로 간주된다. 특히 고온이고 부니농도가 높을수록 사망률이 높게 나타났는데 이는 높은 호흡률로 인한 산소의 고갈과 배설로 인해 수질이 악화되어 아가미 내에 부니가 침적됨과 동시에, 유화물의 독작용으로 인해 폐사가 일어나게 되는 것으로 사료된다.

요 약

피조개, *Scapharca broughtonii*의 개체크기(작은 개체: 1.0~1.3 cm, 큰 개체: 4~5 cm), 수온(10, 15 및 20°C), 염분(7, 13, 19, 26 및 32‰)에 따른 일반적인 대사경향과, 수온 10°C와 20°C 그리고 부니 농도 25, 50, 100, 200, 400, 600, 800 및 1000 ppm에서 15일간 노출시키면서 사망률, 산소 소비율, 여수율 및 배설률을 측정된 결과는 다음과 같다.

1. 일반적으로 피조개의 개체 크기가 작은 개체일수록, 그리고 수온이 높을수록 비체중 산소소비율, 비체중 여수율 및 비체중 배설률은 높게 나타났다. 그리고 염분을 제외하고는 산소 소비율과 여수율은 염분농도의 증가에 따라 다소 증가하는 유사한 경향을 보인 반면, 비체중 배설률은 염분농도가 낮아질수록 낮은 양상을 나타내었다.

2. 10°C의 경우 작은 개체에서 LC₅₀은 557.11 ppm, 큰 개체에서 856.03 ppm이었고, 20°C의 경우, 작은 개체에서의 LC₅₀은 274.55 ppm, 큰 개체에서 356.26 ppm이었으며 10°C에 비해 20°C에서 특히 1000 ppm 이상의 농도에서 사망률이 현저히 증가함으로써 부니에 의한 영향은 크게 나타났다.

3. 10°C에 비해 20°C의 고수온구에서 부니의 농도가 높을수록 폐사율은 높게 나타났으며, 10°C와 20°C의 두 수온구에서 산소소비율과 여수율에 대한 각 농도별 부니의 영향은 유사한 경향을 나타내었다. 특히, 20°C에서 사망률이 현저히 증가하기 시작하는 부니농도 100 ppm 이상에서 산소소비율과 여수율의 감소가 크게 나타났다. 그리고 암모니아태질소 배설률은 부니농도의 증가에 따라 차츰 증가를 보인후 600 ppm 이후부터는 다시 감소하는 경향을 보였다.

사 사

본 논문을 교람하여 주신 한국패류학회 정평림 회장님께 성심한 감사를 드리며, 본 원고 정리에 도움을 준 군산대학교 해양개발학과 이기영 선생께도 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- Anderson, G. (1978) Metabolic rate, temperature acclimation and resistance to high temperature of soft-shell clams, *Mya arenaria* as affected by shore level. *Comp. Biochem. Physiol.*, 61A: 433-438.
- Cole, H.A. and Hepper, B.T. (1954) The use of neutral red solution for the comparative study of filtration rate of *Lamellibranchs*. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 20: 197-203.
- Davies, P.S. (1967) Physiological ecology of *Patella*. II. Effect of environmental acclimation on the metabolic rate. *J. Marine. Biol. Ass. U. K.*, 47: 61-74.
- Markel, R.P. (1974) Aspect of the physiology of temperature acclimation in the limpet, *Acmaea limatula* Carpenter: An integrated field and laboratory study. *Physiol. Zool.*, 47: 99-109.
- Newell, R.C. (1977) Adaptations to intertidal life. In: *Adaptation to environment: Essays on the physiology of marine animals.* (Edited by Newell, R.C.), pp. 1-82.
- Newell, R.C. and Bayne, B.L. (1973) A review on temperature and metabolic acclimation in intertidal marine invertebrates. *Neth. J. Sea Res.*, 7: 421-433.
- Pickens, P.E. (1965) Heart rate of mussels as a function of latitude, intertidal height, and acclimation temperature. *Physiol. Zool.*, 38: 309-405.
- Solorzano, L. (1969) Determination of ammonia in nature waters by the phenolhypochlorite method. *Limnol. Oceanogr.*, 14: 799-801.
- 菅野薄記, 千葉熙 (1967) アカがいの増殖に関する研究. (3), 中間育成試験. 青森縣. 陸奥灣水産増殖研究所業務報告書, 9: 77-90.
- 中西雅幸 (1981) アカがいの成長におよぶ水溫, 鹽分, 溶存酸素濃度の影響について. 京都海洋センター 研報, 5: 23-28.
- 梅澤敏, 野上和彦, 福原修 (1984) アカガイ *Scapharca broughtonii* (Schrenck)의 카고養殖實驗によるへい死と環境要關連について. *Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab.* 16: 231-244.
- 權珮燮 (1980) 피조개 垂下養成에 關하여. I. 稚貝期の成長. 統營水專論文集, 15: 13-16.
- 朴吳洋, 權珮燮, 孔英三 (1983) 피조개 成長에 關하여 密度別 養成方法別 成長. 統營水專論文集, 18: 1-7.
- 柳晟奎, 朴吳洋 (1978) 피조개의 養殖에 關한 生物學的 研究, II. 피조개의 成長. 釜山水大 研究, 18 (1, 2): 83-88.
- 流晟奎 (1979) 淺海養殖, pp. 86-87. 새로출판사.
- 陳平 (1976) *Neomysis awatschensis*의 질소 및 인의 배설. 1. 수온 및 염분의 영향. 부산수대연보, 9: 1-6.
- 陳平 (1977) 이매패의 窒素排泄. 1. 새고막. 釜山水大海研報, 10: 1-4.
- 李福奎, 陳平 (1981) 양식굴과 진주담치의 여수율에 미치는 개체크기, 수온-염분 및 기아의 영향. 부산수대해연구, 14: 37-41.