

동족 (*Mactra veneriformis* REEVE)의 산소소비에 관한 연구

이 정 열
군산대학교 양식학과

Study on the Oxygen Consumption of Surfclam, *Mactra veneriformis* REEVE

Jeong-Yeol LEE

Department of Aquaculture, Kunsan National University, Kunsan 573-702, Korea

Seasonal oxygen consumption of surfclam, *Mactra veneriformis* in Kunsan coastal area had been measured under seasonal ambient temperature condition from January to December 1994. Samples were collected monthly and divided into two groups by shell length of 2 cm (1 year class) and 3 cm (2 year class). The effects of temperature (15, 20 and 25°C) and salinity (10, 20 and 30‰) showed that oxygen consumption decreased with the lower temperature and salinity. Seasonal changes of oxygen consumption in surfclam varied with ambient temperature; it was showed below 0.5 mg · g⁻¹ · h⁻¹ in winter season and 1.93~2.44 mg · g⁻¹ · h⁻¹ in summer season. The difference of oxygen consumption in two groups was appeared markdly in summer season. The relationships between oxygen consumption and the seasonal ambient temperature were obtained exponential equation as $Y=e^{-1.6312+0.0879X}$ for 2 cm group and $Y=e^{-2.2366+0.0994X}$ for 3 cm group. The slop of regression line between two groups was not significant, and so there was no difference in patterns of the oxygen consumption between two groups.

Key words : *Mactra veneriformis*, oxygen consumption, seasonal change

서 론

동족은 우리나라 서남 연안의 주요 양식대상 패류 중 하나로서 최근에 와서 식용으로 그 비중이 커지고 있으나 점차 나빠지는 서식환경으로 인하여 생산량에 감소추세를 보이고 있다. 이에 따라 환경이 동족의 생태·생리에 미치는 영향을 규명하여 감소되는 자원량을 진단하고 그 대책을 마련하는 것이 필요하다. 특히 동족은 산소소비량이 크고 환경에 대해 민감한 반응을 나타내므로 해양 환경 변화의 지표종으로 유용하게 이용할 수 있으며 (Lee, 1994), 산소소비량과 같은 대사율의 측정을 통하여 간석지 생태계내에서 동족의 자원 변동을 간접적으로 예측할 수가 있다 (Emerson et al, 1988).

패류의 산소소비량에 대한 연구로는 가리비류 (McLusky, 1973; 養殖, 1978), 고동류 (Davies, 1967; Marshall and McQuaid, 1989), 굴 (Kim, 1980; Lee and Chin, 1981), 닭치류 (Bayne and Livingstone, 1977; Bayne et al, 1977; Bayne and Widdows, 1978), 대칭이 (Higashi and Kawai, 1959), 대합 (Lee and Chin, 1986), 바지락 (Kitamura, 1937), 소라 (Lee and Lee, 1978), 우럭류 (Fong, 1976; Emerson et al, 1988), 재첩류 (Sung, 1972; McMahon, 1979), 전복류 (Sagara and Araki, 1971; Uki and Kikuchi, 1975) 등 여러 종에 걸쳐서 비교적 많은 연구가 이루어져 있으나 대부분 이 환경요인과 유해물질 등의 영향에 의한 산소소비량을 실험한 것들이고 계절에 따른 산소소비량 변화를 보고한 것은 그리 많지 않다.

특히 동죽을 대상으로는 발생학적인 연구 (Iwata, 1948; Chung et al, 1988)와 자원생태학적인 연구 (Yoo, 1960; Ryou and Chung, 1995; Shin and Koh, 1995)외에 산소소비량에 대해서는 Lee (1994)가 호흡률에 미치는 부니의 영향을 보고한 것외에는 드물며 계절별 산소소비 경향을 연구한 논문은 더욱 찾아보기 힘들다.

본 연구는 계절에 따른 동죽의 산소소비량을 측정하여 자연환경 아래에서 동죽의 생리적 상태를 규명하고 나아가서는 해양생태계내에서의 에너지흐름 경향을 파악하기 위한 일환으로 조사한 것이다.

재료 및 방법

동죽은 1994년 1월부터 12월까지 매월 군산연안의 간석지에서 채집하여 1일 동안 실험실의 순환수조에 수용하여 안정시키고 장내용물을 배설시킨 다음 산소소비량의 측정에 사용하였다. 실험은 동죽을 각각 2 cm 그룹 (1세군)과 3 cm 그룹 (2세군)으로 나누어 측정하였으며, 반응용기 (850 ml)에 미공여과 (ϕ 0.45 μ m) 해수와 시료를 함께 넣고 채집 당시의 환경수 온도에서 일정시간 동안 방치한 후 반응용기내의 용존산소 농도 차이로써 산소소비량을 계산하였다. 시료 채집 당시의 환경온도는 봉상온도계 (1눈 : 1/10)를 사용하여 간석지와 수로에서 측정하였으며 이때의 온도 조건을 실험실 측정시의 온도에 준용하였다. 한편, 산소소비에 미치는 온도와 염분의 영향을 알아보기 위해 따로 환경수의 온도가 25°C 전후 일 때 수온 25°C와 염분 30‰을 정상 환경수의 조건으로 하여 온도는 15°C, 20°C, 염분은 10‰, 20‰로 낮추어 조합시킨 각각

의 조건에서 산소소비량을 측정하였다. 반응용기내의 용존산소량은 DO-meter (Model Oxi-196)로써 측정하였으며 4회 반복실험의 결과를 평균하여 나타내었다. 측정이 끝난 실험동물은 90°C에서 건조시켜 건조중량을 측정하였고 모든 결과는 단위체중당으로 환산하여 비체중산소소비량 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)으로 표시하였다.

결 과

1. 온도와 염분에 따른 산소소비 경향

온도와 염분에 따른 동죽의 산소소비 경향을 측정한 결과를 보면 Table 1에 나타난 바와 같다.

먼저 각장 2 cm 그룹의 산소소비 경향을 보면 온도와 염분이 낮을 수록 산소소비량은 감소하는데 온도에 따른 감소 경향보다는 염분저하에 따른 감소 경향이 더 크게 나타났다. 즉 25°C-30‰ 실험군에서 3.38 $\text{O}_2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 이던 것이 15°C-30‰ 실험군에서는 1.75 $\text{O}_2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 로 48.2%의 감소율을 나타내었지만 25°C-10‰ 실험군에서는 1.57 $\text{O}_2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 로 53.6%의 감소율을 나타내었다.

각장 3 cm 그룹에서의 산소소비량은 각장 2 cm 그룹에 비하여 월등히 적은 값을 나타내었지만 온도와 염분 저하에 따른 산소소비 감소 경향은 각장 2 cm 그룹에서와 마찬가지로 온도와 염분의 저하에 따라 산소소비에 감소를 가져왔고 염분 저하에 따른 감소 정도도 온도의 경우 보다 더 크게 나타났다. 즉 25°C-30‰ 실험군에서 1.53 $\text{O}_2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 이던 것이 15°C-30‰ 실험군에서는 0.81 $\text{O}_2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 로 47.1%의 감소율을 나타낸 반면, 25°C-10‰ 실험군에서는 0.22 $\text{O}_2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 로 85.6%의 감소율을 나타

Table 1. Oxygen consumption ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) of *Mactra veneriformis*

Group of shell length	Salinity (‰)	Temperature (°C)		
		15	20	25
2 cm	10	0.38 ± 0.04	0.57 ± 0.18	1.57 ± 0.10
	20	0.84 ± 0.06	1.01 ± 0.28	1.67 ± 0.07
	30	1.75 ± 1.00	1.88 ± 0.33	3.38 ± 0.91
3 cm	10	0.03 ± 0.03	0.11 ± 0.01	0.22 ± 0.06
	20	0.21 ± 0.02	0.26 ± 0.13	0.30 ± 0.07
	30	0.81 ± 0.63	1.02 ± 0.27	1.53 ± 0.22

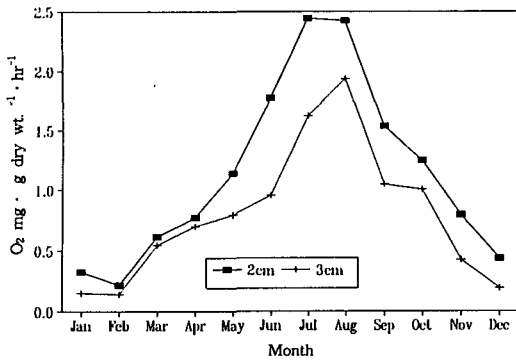


Fig. 1. Monthly change of oxygen consumption in *Mactra veneriformis*.

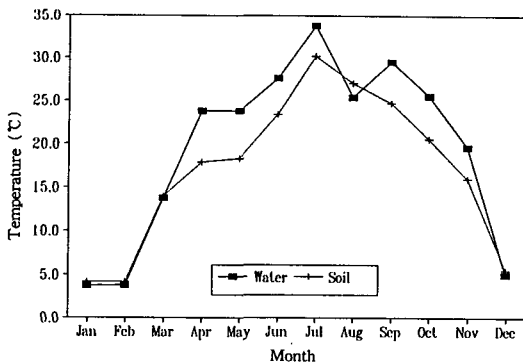


Fig. 2. Monthly change of temperature in sampling site of *Mactra veneriformis*.

내어 염분저하에 따른 산소소비 감소율이 가장 2 cm 그룹에서 보다는 더 크게 나타났다.

한편, 각 온도 구간에 따른 Q₁₀ 값은 1.15~13.44의 넓은 폭을 보이고 있는데, 가장 2 cm 그룹의 경우 염분 10‰의 20~25℃ 구간에서 가장 높은 값을 보였으며 염분 30‰의 15~20℃ 구간에서 가장 낮은 값을

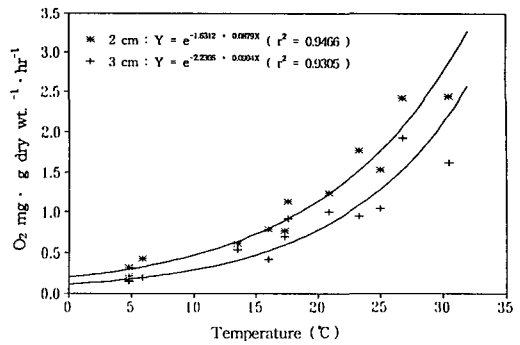


Fig. 3. Relationship between oxygen consumption and ambient soil temperature of sampling site in *Mactra veneriformis*.

보였다. 가장 3 cm 그룹의 경우에는 염분 10‰의 15~20℃ 구간에서 가장 높은 값을 보인 반면, 염분 20‰의 20~25℃ 구간에서 가장 낮은 값을 각각 나타내었다.

2. 산소소비의 계절별 변화

군산 연안에서 채집한 자연산 동족의 월별 산소소비 경향과 채집지의 간석지 온도 및 수온변화는 Fig. 1 및 Fig. 2에 나타낸 바와 같다. 먼저 계절에 따른 동족의 전반적인 계절별 산소소비 경향을 보면 가장 2 cm 그룹 및 3 cm 그룹 모두 동절기인 2월에 가장 낮은 산소소비량을 보였고 하절기인 7~8월에 가장 높은 산소소비량을 나타내었다. 그러나 크기별로는 가장 3 cm 그룹이 가장 2 cm 그룹에 비하여 낮은 산소소비량을 나타내었는데 특히 수온이 높은 하절기에 그 차이가 컸다.

각장별 산소소비 경향을 보면 가장 2 cm 그룹은 동

Table 2. Q₁₀ values for oxygen consumption of *Mactra veneriformis*

Group of shell length	Salinity (‰)	Q ₁₀ value		
		15℃~20℃	20℃~25℃	15℃~25℃
2 cm	10	2.25	7.59	4.13
	20	1.45	2.73	1.99
	30	1.15	3.23	1.93
3 cm	10	13.44	4.00	7.33
	20	1.53	1.33	1.43
	30	1.59	2.25	1.89

절기인 12월에서 2월까지는 $0.5 \text{ O}_2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 미만을 나타내다가 온도 상승과 더불어 산소소비량이 증가하여 5월에서 7월까지 거의 직선상의 증가율을 나타내며 7월에 가장 높은 산소소비량을 보였다. 그리고 8월 이후 9월에는 급격히 산소소비량이 감소하여 12월까지 계속 큰 폭으로 산소소비량이 떨어짐을 나타내었다. 각장 3cm 그룹도 온도가 낮은 11월에서 2월까지 $0.5 \text{ O}_2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 미만을 나타내지만 3월 이후 6월까지의 각장 2cm 그룹에서와는 달리 다소 완만한 산소소비량의 증가를 보이다가 6월부터 8월까지 급격한 산소소비량을 나타내었다. 8월 이후의 산소소비 감소경향은 각장 2cm 그룹과 같은 경향을 나타내었다.

한편, 계절에 따른 각장별 산소소비량의 차이는 각장 3cm 그룹의 경우 동절기 $0.14 \text{ O}_2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 에서 하절기 $1.93 \text{ O}_2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 로 $1.79 \text{ O}_2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 의 차이를 나타내는데 비하여 각장 2cm 그룹은 동절기 $0.21 \text{ O}_2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 에서 하절기 $2.44 \text{ O}_2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 로 $2.23 \text{ O}_2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 의 차이를 나타내어 각장 2cm 그룹이 각장 3cm 그룹에 비하여 1.2배나 큰 계절적 차이를 나타내었다.

3. 온도와 산소소비와의 관계

간석지 환경의 온도에 따른 동죽의 산소소비 경향을 보면 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 지수곡선으로 나타났는데, 각장 2cm 그룹의 경우는 $Y=e^{-1.6312+0.0879X}$ ($r^2=0.9466$), 각장 3cm 그룹의 경우는 $Y=e^{-2.2366+0.0994X}$ ($r^2=0.9305$)의 지수식으로 각각 표시되었다. 이들 두 지수곡선의 분산 차에 대한 유의성 검정 결과 유의성이 없으므로 ($F(0.05)=4.35 > F=1.12$) 계절 온도에 따른 동죽 그룹간의 산소소비 경향에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

고 찰

일반적으로 환경에 민감한 변온동물들은 개체의 크기, 운동량, 영양상태, 온도, 염분 및 동물체내의 대사활성도 등에 따라 산소소비량이 달라지며 (Uki and Kikuchi, 1975), 한편으로는 환경변화에 순응하면서 보상을 나타낸다 (Prosser, 1973). 조건대 동물인 동죽

의 경우에도 수온이나 염분 변화에 순응을 나타내면서도 급격한 환경변화에는 순응보다는 생리적 손상을 보이고 있다. 즉, 정상적인 수온과 염분에 적응이 되어 있던 동죽을 수온과 염분을 달리하였을 때 동죽이 나타내는 생리적 반응 (산소소비 경향)은 수온 변화에서 오는 영향보다 염분 변화에서 받는 생리적 영향이 더 큼을 나타냄으로써 염분 변화에 따라 삼투 조절에 사용하는 에너지 손실이 온도 변화에 따른 에너지 손실보다 더 크다는 것을 의미하며 그만큼 보상이 더 어렵다는 것을 나타내 주는 것이라 하겠다. 일반적으로 조건대 서식동물의 경우 온도와 염분의 영향을 다 함께 받으며 패류와 같은 변온동물의 경우 환경변화에 따라 폭 넓은 순화를 보이면서도 (Prosser, 1973) 그들의 최적 생활조건에서 최고의 산소소비를 나타낸다는 점 (Davies, 1967; Sung, 1972; Uki and Kikuchi, 1975)에 비추어 보아 동죽도 조건대에서 온도보다 염분이 생활조건에 더 큰 환경인자로 작용하는 것으로 보인다 (Lee, 1994). 또한 각장 2cm 그룹보다 3cm 그룹에서 염분저하에 따른 영향을 더 크게 받는 것으로 나타나 염분변화에 대한 생리적조절이 작은 개체에 비하여 더 어렵다는 것을 암시하는 것이라 할 수 있으며 이는 동죽의 생활환에 따른 생리적 적응력의 차이에서 오는 결과라고 생각된다. Q_{10} 값에서 보면 각장 2cm 그룹은 $20^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$ 구간에서, 각장 3cm 그룹은 $15^\circ\text{C} \sim 20^\circ\text{C}$ 구간에서 비교적 높은 값을 나타내고 있어서 작은 그룹이 큰 그룹에 비하여 낮은 온도에서 생리적 영향을 더 많이 받고 있음을 보였으며 이러한 경향은 *Turbo cornutus* (Lee and Lee, 1978)에서도 보고된 바 있다.

많은 수서동물은 수온이 낮은 겨울에 호흡량이 낮고 수온이 높은 여름에 호흡량이 증가하는 것이 일반적이다 (Prosser, 1973). 동죽의 계절별 산소소비 경향은 서식환경 온도에 지배를 받아 동절기에는 낮은 산소소비량을, 그리고 하절기에는 높은 산소소비량을 나타내고 있다. Bayne et al. (1977) 및 Bayne and Widdows (1978)은 *Mytilus edulis*에서 VO_2 는 봄에 최고였고 늦가을에서 겨울에 최저였다고 하였으며, Davies (1967)도 고동류인 *Patella* sp.에서 겨울에 호흡량이 낮았다가 봄부터 호흡량이 증가한다는 보고에 비추어 볼 때 동죽은 변온동물의 전형적인 양상을 나타내고 있다고 할 수 있다. 특히 하절기의 산소소비량

은 동절기에 비해 11.6~13.8배나 높게 나타났으며 그룹간의 차이는 각장 2cm 그룹이 각장 3cm 그룹보다도 항상 높게 나타났다. 그리고 수온이 높은 하절기에는 각장 2cm 그룹이 3cm 그룹에 비해서 1.3~1.5배나 높은 산소소비량을 보였다. 이는 크기가 작은 개체가 큰 개체에 비하여 단위 체중당 더 큰 대사율을 가진다는 것으로 많은 변온동물에서 공통된 현상이다 (Zeuthen, 1953).

간석지 환경온도에 따른 산소소비 경향은 지수곡선으로 나타내지는데 각장 2cm 그룹과 3cm 그룹 사이의 기울기 차이에 대한 유의성 검정결과 유의적이 아니어서 크기에 따른 절대적 산소소비량의 차이는 있을지언정 계절에 따른 산소소비 경향은 두 그룹간에 같은 경향을 나타낸다고 할 수 있다.

요 약

자연환경 아래에서 동족의 산소소비 경향을 파악하기 위하여 1994년 1월부터 12월까지 매월 군산연안 간석지에서 채집한 동족을 대상으로 산소소비량을 측정하였다. 동족은 각장 2cm 그룹(1세군)과 각장 3cm 그룹(2세군)으로 나누어 실험하였다. 온도와 염분에 따른 각장 그룹별 산소소비경향을 보면 각장 2cm 그룹과 3cm 그룹 모두 온도와 염분이 낮을수록 산소소비량은 감소하는데 온도에 따른 감소 경향보다는 염분 저하에 따른 감소 경향이 더 크게 나타났다. 그리고 각장 3cm 그룹에서의 감소율이 각장 2cm 그룹에서 보다 더 크게 나타났다. 한편, 계절에 따른 동족의 산소소비경향은 간석지 온도에 따라 변화하는데 동절기인 2월에는 $0.5 \text{ O}_2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 미만의 낮은 산소소비량을 보이지만 하절기인 7~8월에는 $1.93 \sim 2.44 \text{ O}_2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 의 높은 산소소비량을 나타내었다. 각장에 따른 산소소비경향은 각장 2cm 그룹이 3cm 그룹에 비하여 높은 산소소비량을 나타내었으며, 두 그룹간의 산소소비량 차이는 온도가 높은 하절기에 더욱 크게 나타났다. 계절 온도에 따른 산소소비의 경향을 회귀직선식으로 표시하면 각장 2cm 그룹의 경우는 $Y = e^{-1.6312 + 0.0879X}$ ($r^2 = 0.9466$), 각장 3cm 그룹의 경우는 $Y = e^{-2.2366 + 0.0994X}$ ($r^2 = 0.9305$)로 각각 표시되었으며, 두 그룹간 기울기에 유의의 차가 없어 계

절에 따른 산소소비 경향은 두 그룹간에 차이가 없었다.

참 고 문 헌

- Bayne, B.L. and D.R. Livingstone. 1977. Responses of *Mytilus edulis* L. to low oxygen tension: Acclimation of the rate of oxygen consumption. J. Comp. Physiol. 114, 129~142.
- Bayne, B.L. and J. Widdows. 1978. The physiological ecology of two populations of *Mytilus edulis* L. Oecologia, 37, 137~162.
- Bayne, B.L., J. Widdows and R.I.E. Newell. 1977. Physiological measurements on estuarine bivalve molluscs in the field. Biology of benthic organisms, ed. B. F. Keegan, 57~68, Pergamon Press, New York.
- Chung, E.Y., S.Y. Kim and T.Y. Lee. 1988. A study on sexual maturation of *Macra veneriformis* Reeve. Korean J. Malacol., 4 (1), 30~41.
- Davies, P.S. 1967. Physiological ecology of *Patella* II. Effect of environmental acclimation on the metabolic rate. J. mar. biol. Ass. U.K., 47, 61~74.
- Emerson, C.W., T.E. Minchinton and J. Grant. 1988. Population structure, biomass, and respiration of *Mya arenaria* L. on temperate sandflat. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 115, 99~111.
- Fong, W.C. 1976. Uptake and retention of Kuwait crude oil and its effects on oxygen uptake by the soft-shell clam, *Mya arenaria*. J. Fish. Res. Board Can., 33, 2774~2780.
- Higashi, S. and K. Kawai. 1959. The respiratory metabolism of the tissues of fresh-water mussels. Bull. Japanese Soc. Sci. Fish., 25 (3), 222~227 (in Japanese).
- Iwata, K.S. 1948. Artificial discharge of reproductive substance by K salts injection in *Macra veneriformis*. Bull. Japanese Soc. Sci. Fish., 13 (5), 188~192 (in Japanese).

- Kim, Y.S. 1980. Efficiency of energy transfer by a population of the farmed pacific oyster, *Crassostrea gigas* in Geoje-Hansan bay. Bull. Korean Fish. Soc., 13 (4), 179~193 (in Korean).
- Kitamura, I. 1937. The ciliary movement of the gill of a mollusc, *Paphia philippinarum* in relation to temperature. Bull. Japanese Soc. Sci. Fish., 6 (3), 154 (in Japanese).
- Lee, B.K. and P. Chin. 1981. Effects of body size, temperature-salinity and starvation on the rates of filtration in *Crassostrea gigas* and *Mytilus edulis*. Publ. Inst. Mar. Sci. Nat'l. Fish. Univ. Busan, 13, 37~41 (in Korean).
- Lee, J.J. and J.Y. Lee. 1978. On the oxygen consumption of topshell, *Turbo comutus* Solander. Bull. Mar. Biol. St. Jeju Nat'l. Univ., 2, 25~30 (in Korean).
- Lee, J.Y. 1994. Effects of silt and clay on the rates of respiration, filtration and nitrogen excretion in shellfish, *Mactra veneriformis*. Bull. Korean Fish. Soc., 27 (1), 59~68 (in Korean).
- Lee, J.Y. and P. Chin. 1986. Oxygen consumption and nitrogen excretion of hard clam, *Meretrix lusoria*. Bull. Fish. Sci. Inst. Kunsan Fish. Jr. Coll., 2, 1~14.
- Marshall, D.J. and C.D. McQuaid. 1989. The influence of respiratory responses on the tolerance to sand inundation of the limpets *Patella granularis* L. (Prosobranchia) and *Siphonaria capensis* Q. et G. (Pulmonata). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 128, 191~201.
- McLusky, D.S. 1973. The effect of temperature on the oxygen consumption and filtration rate of *Chlamys (Aequipecten) opercularis* (L.) (Bivalvia). Ophelia, 10, 141~154.
- McMahon, R.F. 1979. Response to temperature and hypoxia in the oxygen consumption of the introduced asiatic freshwater clam *Corbicula fluminea* (Muller). Comp. Biochem Physiol., 63A, 383~388.
- Prosser, C.L. 1973. Comparative Animal Physiology. 2nd ed. Saunders College Publishing, Philadelphia, pp. 966.
- Ryou, D.K. and S.C. Chung. 1995. Settlement and recruitment of *Mactra veneriformis* R. around the inshore of Kunsan, Korea. J. Korean Fish. Soc. 28 (5), 667~676 (in Korean).
- Sagara, J. and K. Araki. 1971. Oxygen consumption of abalone in early developmental stage and juvenile. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 65, 11~16 (in Japanese).
- Shin, H. C. and C. H. Koh. 1995. Growth and production of *Mactra veneriformis* (Bivalvia) on the Songdo tidal flat, west coast of Korea. J. Korean Soc. Ocean., 30 (5), 403~412 (in Korean).
- Sung, W.I. 1972. The effects of temperature and salinity on the oxygen consumption of excised gill tissue of *Corbicula fluminea* (Muller). Publ. Mar. Lab. Pusan Fish. Coll. 8, 37~43 (in Korean).
- Uki, N. and S. Kikuchi. 1975. Oxygen consumption of the abalone, *Haliotis discus hannai* in relation to body size and temperature. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 35, 73~84 (in Japanese).
- Yoo, S.K. 1960. Studies on the food of bivalves in Yong-ho inlet of Soo-young bay. I. *Mactra veneriformis*. Bull. Korean Fish. Soc., 3 (1, 2), 43~52 (in Korean).
- Zeuthen, E. 1953. Oxygen uptake as related to body size in organisms. The Quarterly Review of Biology, 28 (1), 1~12.
- 養殖. 1978. エアレ-シヨンと養殖魚貝の酸素消費. 養殖, 3, 73~82.

1996년 5월 27일 접수

1996년 9월 2일 수리