

## 해산패류의 계절별 표준대사에 미치는 승온 효과

### I. 순화온도의 영향

김경선<sup>+</sup> · 진 평  
부경대학교 해양생물학과

## Influence of Increased Temperature on the Standard Metabolism in the Marine Bivalves Acclimated to Seasonal Water Temperature

### I. Effects of Acclimation Temperature

Kyoung Sun KIM<sup>+</sup> and Pyung CHIN  
Department of Marine Biology, Pukyong National University,  
Busan 608-737, Korea

Influence of increased temperature on the standard metabolism in three species of marine bivalves, *Crassostrea gigas*, *Ruditapes philippinarum* and *Mytilus edulis*, acclimated to seasonal water temperatures and collected from the south coast of Korea, were examined in the laboratory. The standard oxygen consumption and filtration rates in the 3 species were measured respectively at the experimental temperature, 4, 7 and 10°C or 3, 6 and 9°C higher than the mean seasonal water temperature. When the experimental temperatures were higher than the seasonal water temperature, the rates of *C. gigas* decreased in autumn and spring, and increased in winter, while there was thermal stress in summer. The rates of *R. philippinarum* increased in spring when the experimental temperatures were 3°C and 6°C higher than the seasonal water temperature, but the rates increased in autumn and winter when the experimental temperature was even 9°C higher than the seasonal water temperature. In summer, metabolic activities of *R. philippinarum* decreased significantly at temperature higher than acclimation temperature. The rates of *M. edulis* increased in spring when the experimental temperatures were 3°C higher than the seasonal water temperature but the rates were stressed by the increased temperature above 3°C. In winter, increased temperature did not affect the metabolic activities of *M. edulis*. These results suggested that the standard metabolism of the three marine bivalves in summer was stressed by the increased temperature, whereas the metabolism was activated in winter.

Key words: Marine bivalves, Water temperature acclimation, Influence of increased temperature, Season, Standard metabolism

### 서 론

환경 요인 중 온도는 생물의 번식과 성장 및 영양대사와 같은 생리적 과정을 좌우하는 중요한 요인이다. 온도 변화에 수동적으로 순응하는 변온동물은 직접적인 영향을 받는데, 체내 대사율 뿐만 아니라 행동 수준과 에너지 평형에도 영향을 받는다 (Wilson and Elkaim, 1991). 온도는 먹이나 빛과 같은 다른 환경 요인들의 변화와 연관되어 복합적인 영향을 발휘함은 물론 (Kinne, 1963), 단독으로도 해양생물의 지리적 분포나 생리적 적응 현상에 대해서 다양한 영향을 미치며 특히 변온동물의 성장률과 활동 수준을 조절하는데 중요한 요인으로 널리 알려져 있다 (Incze et al., 1980).

온도 내성의 한계에 대한 대부분의 연구는 수서 동물이 자연 상태에서 겪는 온도 보다 더 높은 온도를 잘 견뎌 낼 수 있다는 것을 보여주고 있지만 (Wilson and Elkaim, 1991), 동물이 그들의 생리적 최대임계수온에 이르는데 중요한 영향을 받는 것은 순화 온도라는 것이 명백하다 (Menasveta, 1981). 따라서 온도 변화에 대한 생리적 내성 한계가 순화 정도에 달려 있으므로 생물과 변화된 온도 환경 사이의 새로운 관계에 대한 연구에 있어서는 그 생물의 순화 정도를 고려해야 할 것이다.

해양생물에 미치는 온도의 영향에 관해서는 오랫동안 연구되어 왔는데 가까이는 패류 (Walne, 1972; His et al., 1989; Wilson and Elkaim, 1991), 어류 (Menasveta, 1981; Procarione and King, 1993), 갑각류 (Kumlu et al., 2000; Thomas et al., 2000) 및 플랑크톤 (Clegg et al., 2000; Fielder et al., 2000) 등에 대해서 다수가 보고되고 있다. 이러한 연구들은 온도의 치사 영향 (Gonzalez and Yevlch, 1976; Incze et al., 1980; Tsuchiya, 1983), 온도에 의한 생리적 반응 변화 (Widdows, 1978; Mann, 1979), 온도 내성 (Wilson and Elkaim, 1991; Procarione and King, 1993; Child and Laing, 1998) 및 온도 변동에 따른 유전자와 단백질의 변화 (Minier et al., 2000) 등에 이르기까지 다양하게 연구되었다.

부착성 또는 정착성 변온동물들이 경험하는 다양한 해양 환경 중에서도 특히 수온의 변화는 민감한 생리적 반응을 초래할 수 있는 요인이다. 그리고 그 중에서도 순화 수온은 무척추동물의 온도 내성에 절대적인 영향을 미친다. 따라서 본 연구는 부착성 이매패인 참굴 (*Crassostrea gigas*)과 진주담치 (*Mytilus edulis*) 그리고 조간대에 서식하는 바지락 (*Ruditapes philippinarum*) 등 패류 3종을 대상으로 연중 4계절별로 계절 수온에 순화되어 있고 생활사에 따라 크기가 다른 재료를 채취하여 우선 계절별 수온에서 산소소비율과 여수율을 측정하였다. 그리고 계절별 순화 온도 보다 온도를 상승시키면서 이들 표준대사율의 온도 내성에 미치는

<sup>+</sup>Corresponding author: twoname@daum.net

계절별 수온순화의 영향을 조사하였다.

### 재료 및 방법

실험은 1999년 3월부터 2000년 11월 사이에 실시하였다. 실험 동물은 참굴 (*C. gigas*), 바지락 (*R. philippinarum*) 및 진주담치 (*M. edulis*)의 패류 3종으로서 연중 4계에 걸쳐 경남 남해 연안 해역 일원 양식장과 조간대에서 채집하였다. 실험 동물은 채집당일 노출 상태로 실험실에 운반하여 채집 해역의 수온과 같은 해수에 넣고 유수상태하에서 1일간 둔 후 실험에 사용하였다. 실험 동물은 봄, 여름, 가을 및 겨울의 4계절별로 5, 8, 11 및 익년 2월 중에 채집하여 순화된 계절 수온과 순화 온도보다 3, 6 및 9°C 단, 춘계에는 4, 7 및 10°C, 동계에는 2, 5 및 8°C로 승온시킨 실험 해수에 곧 바로 넣고 수온 급변시의 산소소비량과 여수량을 측정하였다.

계절별로 승온 실험에 사용한 실험 동물의 개체 크기 범위는 Table 1에, 계절별 순화 수온과 실험구 수온은 Table 2에 나타내었다.

**Table 1. Total wet weight (grams) of individuals of experimental bivalves**

Sps.	Season			
	Spring	Summer	Autumn	Winter
<i>C. gigas</i>	16.38 ± 2.93	23.85 ± 6.58	0.44 ± 0.29	2.17 ± 0.42
<i>R. philippinarum</i>	1.63 ± 0.20	6.49 ± 0.41	7.67 ± 1.51	17.10 ± 3.47
<i>M. edulis</i>	0.15 ± 0.02	7.01 ± 0.81	5.80 ± 1.36	21.78 ± 2.92

**Table 2. Seasonal acclimation temperature and experimental temperature**

Season	Temperatures (°C)			
	Accl.	Temp.	Exptl.	Temp.
Spring	20	24	27	30
Summer	24	27	30	33
Autumn	14	17	20	23
Winter	8	10	13	16

호흡산소소비량은 실험 동물 1마리씩을 크기에 따라 체적의 약 50배량의 실험 해수 (pH 7.7 ± 0.2, 염분 32.9 ± 0.4‰)와 함께 산소병에 넣고 암소에서 각각의 실험 수온에 1시간 정치시킨 후 실험 전후의 용존산소량의 차를 산소검량계 (YSI M53)로 측정하여 정량하였다. 여수량은 산소소비량 측정 실험 해수에 Neutral Red를 0.001%로 현탁시켜 실험 전후의 색소입자 제거율을 측정하는 간접법 (Cole and Hepper, 1954)으로 정량하였다. 실험 동물은 실험이 끝난 직후 습전중을 칭량하였으며 모든 실험은 5회 반복 실험을 평균하여 나타내었다.

### 결 과

#### 1. 계절별 표준대사율과 여수율

실험 동물의 산소소비량과 여수량을 지표로 한 표준대사활성에

**Table 3. Standard metabolic and filtration rates with the seasonal temperature and size of *C. gigas*, *R. philippinarum* and *M. edulis***

Species	Season	Ambient water temperature (°C)	Total wet weight of individual (g)	Oxygen consumption rate (μL/g w.w./hr)	Filtration rate (mL/g w.w./hr)
<i>C. gigas</i>	Spring	20.0 ± 0.4	17.38 ± 1.38	23.98 ± 11.56	15.44 ± 9.14
	Summer	24.2 ± 1.6	24.60 ± 3.43	17.89 ± 10.39	14.17 ± 6.20
	Autumn	13.8 ± 0.6	0.30 ± 0.14	102.67 ± 33.92	81.32 ± 39.73
	Winter	7.8 ± 0.3	1.80 ± 0.28	16.98 ± 3.91	25.62 ± 8.77
<i>R. philippinarum</i>	Spring	20.0 ± 0.4	1.13 ± 0.24	53.72 ± 20.51	24.39 ± 7.17
	Summer	24.2 ± 1.6	3.92 ± 1.12	44.87 ± 16.86	19.76 ± 1.61
	Autumn	13.8 ± 0.6	8.73 ± 1.16	15.07 ± 3.34	5.49 ± 1.71
	Winter	7.8 ± 0.3	16.20 ± 3.23	8.80 ± 3.75	4.96 ± 2.26
<i>M. edulis</i>	Spring	20.0 ± 0.4	0.14 ± 0.03	180.22 ± 77.21	163.50 ± 45.25
	Summer	24.2 ± 1.6	3.03 ± 0.40	60.33 ± 28.79	34.03 ± 8.53
	Autumn	13.8 ± 0.6	9.60 ± 2.33	31.03 ± 5.58	23.35 ± 6.23
	Winter	7.8 ± 0.3	19.60 ± 2.75	16.68 ± 8.38	10.75 ± 8.22

대한 승온 처리 효과를 비교하기 위한 대조구로서 먼저 각 계절별 순화 수온에서 실험 동물의 성장시기에 따른 개체 크기대로 봄, 여름, 가을 및 겨울에 각각 측정된 산소소비율과 여수율을 Table 3에 나타내었다.

굴, 바지락 및 진주담치의 산소소비율과 여수율은 계절별 실험 수온과 실험 동물의 체적 크기에 따라 현저한 차이를 보였다. 그 경향을 보면, 계절에 따른 수온의 현저한 차이에도 불구하고 개체 크기가 작은 때에 비체중 산소소비율과 여수율은 현저히 높았다. 특히 봄은 여름에 비해서 실험 수온이 4°C 정도 더 낮은 20°C인데도 산소소비율과 여수율은 참굴의 경우 약간, 바지락의 경우 상당히 그리고 진주담치의 경우 현저히 높아서 개체의 체적 크기 차이에 크게 영향을 받았다.

바지락과 진주담치는 봄에서 여름을 거쳐 가을과 겨울에 이르기까지 점진적으로 큰 재료를 사용하였는데 크기 증가에 따른 산소소비율과 여수율의 감소는 겨울철에는 낮은 수온에 의해서 더욱 가중되어 현저히 감소한 것으로 보인다. 그리고 참굴도 겨울에는 크기가 작는데도 산소소비율과 여수율이 낮아서 저수온의 영향을 나타내었다. 그리고 봄과 여름에는 크기가 현저히 큰 재료를 사용하였는데 산소소비율과 여수율은 수온 증가에도 불구하고 낮아서 크기의 증가에 따른 감소 경향을 나타내었다.

#### 2. 계절별 표준대사율과 여수율에 미치는 온도의 영향

계절별 수온에 순화된 참굴, 바지락 및 진주담치의 산소소비율과 여수율에 미치는 승온 영향을 측정된 결과를 Table 4~7과 Fig. 1~3에 나타내었다.

#### 가. 참 굴

참굴의 산소소비율과 여수율은 봄 수온 약 20°C에 순화되어 있을 때 보다 24°C에서 상당히 증가하였으나 수온이 27°C로 상승하였을 때는 더 증가하지 않고 24°C에서와 비슷하였고 30°C에서는 27°C에

**Table 4.** The standard oxygen consumption and filtration rates of *C. gigas*, *R. philippinarum* and *M. edulis* with the increasing temperature in spring ( $\mu\text{L O}_2/\text{g wet wt./hr}$ ; mL S. W./g wet wt./hr)

Species	Total wet weight of individual (g)	O <sub>2</sub> uptake and filtration	Water temperature (°C)		
			24	27	30
<i>C. gigas</i>	16.38 ± 2.93	O <sub>2</sub>	31.97 ± 5.96	31.57 ± 6.03	28.77 ± 9.50
		FR	17.96 ± 9.48	18.23 ± 3.17	10.84 ± 2.91
<i>R. philippinarum</i>	1.63 ± 0.20	O <sub>2</sub>	81.40 ± 27.99	89.11 ± 27.47	30.90 ± 12.10
		FR	22.25 ± 3.97	13.98 ± 7.88	10.84 ± 3.46
<i>M. edulis</i>	0.15 ± 0.02	O <sub>2</sub>	411.78 ± 57.13	213.19 ± 48.14	178.10 ± 64.78
		FR	211.19 ± 47.51	67.74 ± 16.03	68.39 ± 3.19

**Table 5.** The standard oxygen consumption and filtration rates of *C. gigas*, *R. philippinarum* and *M. edulis* with the increasing temperature in summer ( $\mu\text{L O}_2/\text{g wet wt./hr}$ ; mL S. W./g wet wt./hr)

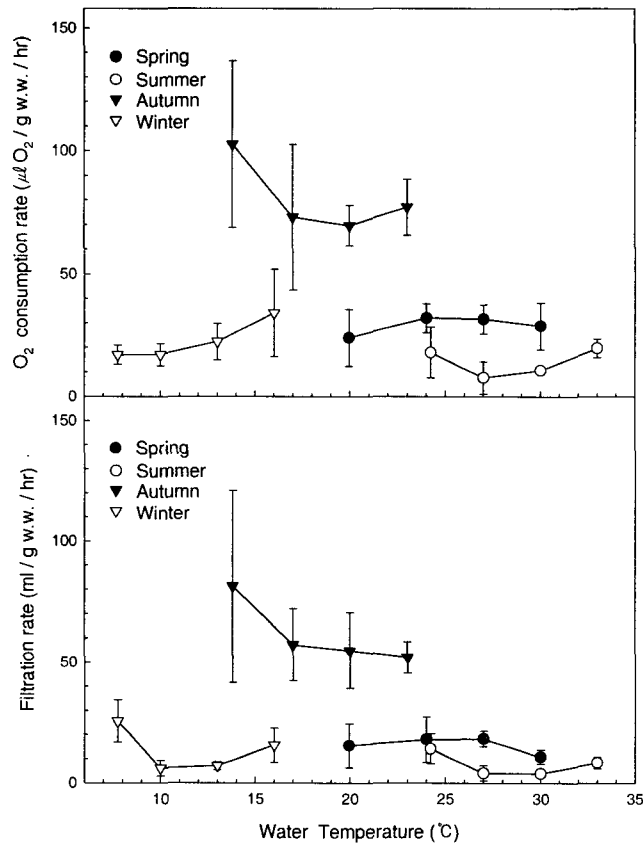
Species	Total wet weight of individual (g)	O <sub>2</sub> uptake and filtration	Water temperature (°C)		
			27	30	33
<i>C. gigas</i>	16.38 ± 2.93	O <sub>2</sub>	31.97 ± 5.96	31.57 ± 6.03	28.77 ± 9.50
		FR	17.96 ± 9.48	18.23 ± 3.17	10.84 ± 2.91
<i>R. philippinarum</i>	6.49 ± 0.41	O <sub>2</sub>	6.84 ± 5.00	8.95 ± 4.34	27.00 ± 11.27
		FR	5.29 ± 1.30	2.89 ± 0.89	7.66 ± 2.49
<i>M. edulis</i>	7.01 ± 0.81	O <sub>2</sub>	31.79 ± 11.40	25.11 ± 17.41	57.14 ± 6.08
		FR	10.16 ± 4.04	13.04 ± 6.70	29.42 ± 4.52

**Table 6.** The standard oxygen consumption and filtration rates of *C. gigas*, *R. philippinarum* and *M. edulis* with the increasing temperature in autumn ( $\mu\text{L O}_2/\text{g wet wt./hr}$ ; mL S. W./g wet wt./hr)

Species	Total wet weight of individual (g)	O <sub>2</sub> uptake and filtration	Water temperature (°C)		
			17	20	23
<i>C. gigas</i>	0.44 ± 0.29	O <sub>2</sub>	73.04 ± 29.64	69.62 ± 8.26	77.13 ± 11.36
		FR	57.34 ± 14.81	54.81 ± 15.53	52.08 ± 6.44
<i>R. philippinarum</i>	7.67 ± 1.51	O <sub>2</sub>	7.02 ± 2.46	9.21 ± 2.69	21.36 ± 9.04
		FR	3.88 ± 0.33	4.84 ± 0.36	7.16 ± 4.57
<i>M. edulis</i>	5.80 ± 1.36	O <sub>2</sub>	48.44 ± 4.44	43.82 ± 14.41	61.68 ± 8.55
		FR	45.52 ± 10.28	39.09 ± 18.98	46.99 ± 18.48

**Table 7.** The standard oxygen consumption and filtration rates of *C. gigas*, *R. philippinarum* and *M. edulis* with the increasing temperature in winter ( $\mu\text{L O}_2/\text{g wet wt./hr}$ ; mL S. W./g wet wt./hr)

Species	Total wet weight of individual (g)	O <sub>2</sub> uptake and filtration	Water temperature (°C)		
			17	20	23
<i>C. gigas</i>	2.17 ± 0.42	O <sub>2</sub>	17.02 ± 4.50	22.26 ± 7.47	34.07 ± 17.93
		FR	6.20 ± 3.34	7.13 ± 1.72	15.68 ± 7.13
<i>R. philippinarum</i>	17.10 ± 3.47	O <sub>2</sub>	11.84 ± 4.20	15.82 ± 9.75	33.17 ± 8.69
		FR	2.02 ± 1.06	3.36 ± 2.07	13.08 ± 6.17
<i>M. edulis</i>	21.78 ± 2.92	O <sub>2</sub>	27.91 ± 5.23	30.06 ± 15.13	31.02 ± 14.61
		FR	5.20 ± 1.38	6.59 ± 2.21	8.93 ± 3.86



**Fig. 1.** Effects of increasing temperature on the oxygen consumption and filtration rates of *C. gigas* acclimated to seasonal water temperature.

서 보다 감소하였다. 그리고 여름 수온 약 24°C에 순화되어 있는 참굴의 산소소비율과 여수율은 27°C에서 상당히 감소한 뒤 30°C에서는 약간 상승하였고 33°C에서는 다소 증가되었다 (Fig. 1).

가을 수온 약 14°C에 순화되어 있는 참굴을 17°C에 옮겨 측정 한 산소소비율과 여수율은 17°C에서 현저히 감소하였고 20°C에서도 더 증가하지 않고 17°C에서와 비슷하였으며 23°C에서는 산소소비율은 약간 상승하였으나 여수율은 약간 감소하였다. 한편, 겨울

수온 7°C에 순화되어 있는 굴의 산소소비율은 10°C에서는 비슷하였으나 여수율은 현저히 감소하였으며 13°C에서는 산소소비율과 여수율은 상당히 증가하였으며 16°C에서는 현저히 증가하였다. 그러나 여수율은 7°C에서 보다 낮았다 (Fig. 1).

나. 바지락

바지락의 산소소비율은 봄 수온 약 20°C에 순화되어 있을 때

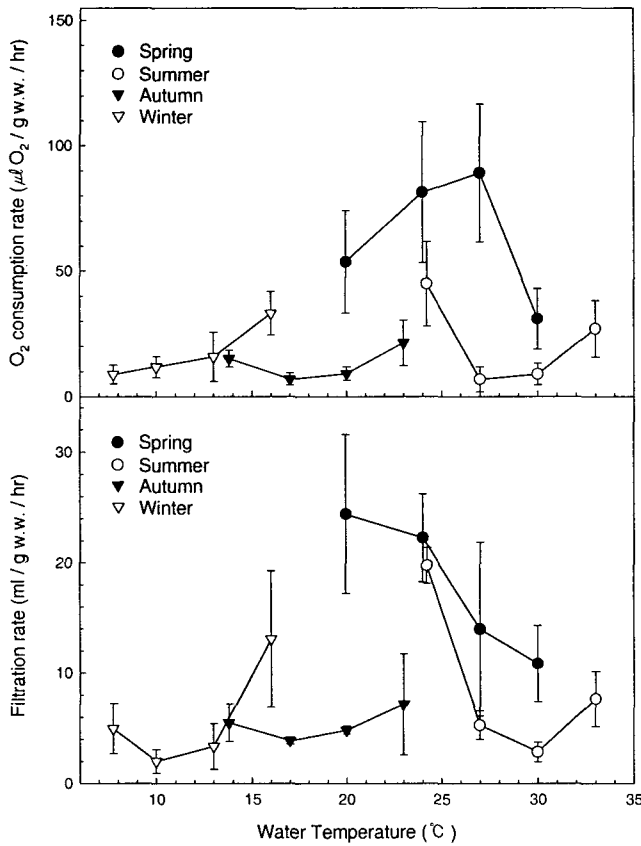


Fig. 2. Effects of increasing temperature on the oxygen consumption and filtration rates of *R. philippinarum* acclimated to seasonal water temperature.

보다 수온 24°C에서 급격히 증가하여 27°C에 이르기까지 상당히 증가하였으나 30°C에서는 현저히 감소하였다. 그러나 여수율은 순화 수온 20°C에 순화되어 있을 때 보다 수온 24°C에서 감소하기 시작하여 27°C와 30°C로 수온이 상승함에 따라 계속 현저히 감소하였다. 여름 수온 약 24°C에 순화되어 있는 바지락의 산소소비율과 여수율은 27°C에서 현저히 감소하였으나 30°C에서는 27°C에서 보다 산소소비율은 약간 상승하였고 여수율은 약간 감소하였으며 33°C에서는 산소소비율과 여수율은 상당히 증가하였으나 순화 온도 24°C에서 보다는 상당히 낮았다 (Fig. 2).

가을 수온 약 14°C에 순화되어 있는 바지락의 산소소비율과 여수율은 17°C에서 약간 감소하였으나 20°C에서 다시 약간 증가하였고 23°C에서는 다소 증가하여 14°C에서 보다 약간 높았다. 한편, 겨울 수온 약 7°C에 순화되어 있는 바지락의 산소소비율은 수온 10°C에서 약간 증가하였으나 여수율은 상당히 감소하였고 13°C에서는 산소소비율과 여수율은 약간 상승하였으며 16°C에서는 현저히 증가하였다 (Fig. 2).

다. 진주담치

진주담치의 산소소비율과 여수율은 봄 수온 약 20°C에 순화되어 있을 때 보다 수온 24°C에서 현저히 증가하였다가 27°C에서는 급격히 감소하였고 30°C에 이르기까지 감소하여 산소소비율은 20°C

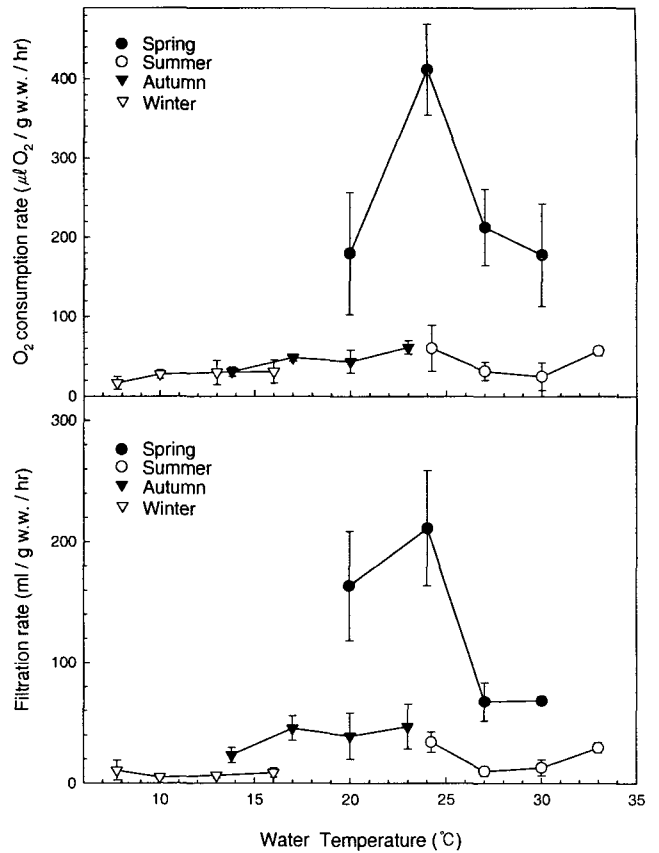


Fig. 3. Effects of increasing temperature on the oxygen consumption and filtration rates of *M. edulis* acclimated to seasonal water temperature.

의 수준으로 되었으며 여수율은 순화 온도인 20°C에서 보다 현저히 감소하였다. 여름 수온 약 24°C에 순화되어 있는 진주담치의 산소소비율과 여수율은 27°C에서 다소 감소하였으나 30°C 및 33°C에 이르기까지 점차로 증가하여 24°C의 수준으로 되었다 (Fig. 3).

가을 수온 약 14°C에 순화되어 있는 진주담치의 산소소비율과 여수율은 17°C에서 약간 증가하였고 20°C에서는 17°C에서와 비슷하였으며 23°C에서도 다소 증가하였다. 한편, 겨울 수온 약 7°C에 순화되어 있는 진주담치의 산소소비율은 10°C에서 약간 증가하여 13°C와 16°C에 이르기까지 완만히 약간 증가하였다. 여수율은 10°C에서 약간 감소하였으나 이후 13°C와 16°C에 이르기까지 완만히 약간 증가하였다 (Fig. 3).

고 찰

수온의 변화는 다양한 생물학적 과정에 영향을 주는데 해양생물의 생식주기에도 영향을 주어 대사율의 변화를 일으킨다 (Khalil, 1994). 생물은 내성 범위 내에서 양적 또는 질적으로 온도의 영향을 받으며 특정 상한한 온도로 제한되는데, 그러한 온도 내성 범위는 육상 종에서 가장 넓고, 해양생물에서 가장 좁은 것으로 알려져 있다 (Kinne, 1970).

참굴과 바지락 그리고 진주담치가 4계절별 순화 수온에서 보인 표준산소소비율과 여수율은 계절별 체적 크기에 따르는 경향을 보이고 있었다. 봄과 여름 사이에 수온은 상당히 상승하고 있는데도 체적 크기가 커짐에 따라 표준대사와 여수율은 감소하고 있고, 가을과 겨울에는 수온이 점차 하강하고 있는데도 체적 크기도 커져서 산소소비율과 여수율은 더욱 감소되었다. 다만 굴의 경우 실험 동물의 체적 크기가 겨울에 봄보다 작은데도 산소소비율과 여수율이 감소한 것은 체적 크기보다 낮은 수온의 영향이 바지락이나 진주담치 보다 더 받은 결과로 보였다. 물론 실험에 사용한 바지락과 진주담치도 겨울에 체적 크기가 가장 커서 산소소비율과 여수율도 감소하였지만 가을에 비해 현저히 낮은 것은 저수온의 스트레스 영향이라고 생각된다.

수온은 연안 해역에서 모든 이매패류의 지리적 분포에 영향을 주며 먹이 이용률과 관련하여 고온과 저온에 대한 그 종의 내성 한계에도 작용하는 것으로 보인다 (Child and Laing, 1998). 그리고 온도는 갑각류에서 유생 발달과 성장, 생존에 미치는 매우 중요한 변수로 알려져 있으며 (Kumlu et al., 2000) 어느 지역에서 서식하느냐에 따라 온도 차에 의한 반응 양상이 달라진다 (Thomas et al., 2000). 어류 또한 최대임계수온에 이르는 온도 수준에서 순화 온도가 중요한 영향력을 발휘하는데 (Menasveta, 1981) 즉, 온도 내성 범위는 이전의 온도 경험과 연관되어 있음을 알 수 있다 (Procarione and King, 1993).

봄 수온 약 20°C에 순화되어 있는 참굴은 수온이 급격히 상승한 30°C에 이르기까지 표준산소소비율과 여수율은 그다지 증가하지 않아서 고온 스트레스 반응을 보였다. 그러나, 바지락과 진주담치의 표준산소소비율은 27°C와 24°C까지는 현저히 증가하였으나 바지락은 30°C에서, 진주담치는 27°C에서 급격한 감소를 보여 고온에 대한 스트레스가 참굴 보다 더 크게 보였으며 여수율에 있어도 유사한 경향을 보였다. 이러한 결과는 이 시기에 실험에 사용한 바지락과 진주담치는 치패로서 순화 온도 보다 높은 수온에 급격히 폭로되었을 때 승온에 대한 내성이 약한데 기인한 결과로 생각된다.

여름 수온 약 24°C에 순화되어 있는 참굴은 수온 27°C에서 표준산소소비율과 여수율은 다소 감소하였으나 다시 30°C와 33°C에서는 순화 수온에서만 증가하였는데 이러한 결과는 대사활력의 온도 내성 한계를 벗어난데 따른 결과라고 생각된다. 진주담치도 굴과 비슷한 경향을 보였다. 그러나 바지락은 27°C에서 30°C에 이르기까지 표준산소소비율과 여수율은 급격히 감소하였고 33°C에서는 상당히 증가하였으나 계절 수온에서 만큼에는 이르지 못하고 있어서 바지락의 고온 내성이 참굴이나 진주담치에 비해 약한 것으로 생각된다.

가을 수온 약 14°C에 순화되어 있는 참굴은 수온 17°C와 23°C에서 표준산소소비율과 여수율은 급격히 감소하여 계절 수온에 대해서 승온 스트레스가 현저하였는데, 이러한 결과도 굴은 이 시기에 치패였기 때문에 계절 온도 보다 높은 온도에 대한 내성이 약한데 따른 것으로 생각된다. 그러나 바지락은 17°C에서 표준산소소비율과 여수율은 약간 감소하였으나 20°C와 23°C에서는 증가하여 승온 효과를 보이고 있었고 진주담치도 완만히 증가하여 비슷한 경향을

보였다.

겨울 수온 약 7°C에 순화되어 있는 굴과 바지락의 표준산소소비율은 16°C에 이르기까지 상당히 증가하여 승온 효과를 보였으며 여수율은 10°C에서는 다소 감소되었다가 16°C에 이르기까지 상당히 증가하였다. 그러나 진주담치는 순화 수온 보다 승온된 16°C에 이르기까지 표준산소소비율과 여수율은 그다지 증가되지 않아서 저온 순화시에 승온 효과가 별로 없다고 생각된다.

이상으로 보아 계절별로 일정한 수온에 순화되어 있는 참굴과 바지락 그리고 진주담치에서 순화 수온 보다 높은 수온에 갑자기 폭로되었을 때, 계절을 불문하고 치패가 가장 큰 승온 스트레스를 받았다. 그리고 계절별로는 여름 고수온에 순화된 패류들이 계절 수온 이상의 고온에 대한 스트레스를 더 쉽게 받는 것으로 생각된다.

진주담치를 21~29°C에 순화시키는 실험을 기초로 조건대 이때 패가 그들의 생리학적 과정을 온도 생존 한계로 간주되는 것보다 더 높은 온도에 대해서 조정할 수 있다는 연구가 있지만 (Craciun, 1980), 그렇게 큰 내성을 지닌 조건대 동물이라도 비정상적인 환경 조건에서는 생리적 내성을 초과하여 높은 사망률을 보인다 (Tsuchiya, 1983)는 보고는 온도에 대한 생리적 내성 반응과 치사 반응 한계간에는 차이가 있음을 시사하고 있다. 그러나 생리적 과정에 대한 수온 스트레스는 종국적으로 치사에 이르는 점진적 과정이 될 것이다.

결론적으로 본 실험에서, 패류 3종의 온도에 대한 대사 반응은 순화된 계절 수온보다 상당한 폭으로 높은 수온에 갑자기 폭로되었을 때 치패기와 여름 고수온기에 스트레스성 반응을 보임으로서 인내의 폭이 비교적 크지 않다고 판단되며 겨울 저수온기에는 참굴과 바지락에 있어서는 승온의 효과가 있다고 하겠다. 따라서 이러한 결과는 연안 해역 임해공단의 온배수 오염에 대한 생물검정 시험에 고려해야 할 기초자료의 하나가 되리라고 생각된다.

## 요 약

본 연구는 계절적으로 다른 수온에 순화되어 있는 패류에 대한 승온 효과를 분별하고 특히 시기별로 성장이 다른데 따른 승온 효과를 판별하기 위해 수행하였다.

실험 동물은 남해안 산 참굴, *Crassostrea gigas*, 바지락, *Ruditapes philippinarum* 및 진주담치, *Mytilus edulis*의 3종이었으며 각 계절별로 채집하여 순화되어 있는 계절 수온과 순화 온도보다 4, 7 및 10°C와 3, 6 및 9°C로 승온시킨 실험 해수에서 표준산소소비량과 여수량을 측정하였다.

생활사로 보아 가을에 치패기에 있는 참굴은 14°C 순화 수온 이상의 수온상승은 오히려 생리적 저해를 주었고 순화 수온이 7°C인 겨울에는 9°C의 승온도 효과적이었다. 그러나 성패에서 여름에 순화 수온 24°C 이상의 승온은 저해를 주었다.

봄에 치패기에 있는 바지락은 순화수온보다 6°C의 승온도 효과가 현저하였으나 그 이상의 수온 상승은 오히려 저해를 주었고 가을과 겨울에는 순화수온보다 온도가 9°C까지 승온되어도 현저히 효과적이었다. 그러나 여름에는 순화수온 24°C 이상의 승온은 현

저한 저해영향을 주었다.

진주담치는 봄 치패기에 순화수온보다 3°C 승온은 매우 효과적이었으나 그 이상 수온 상승은 저해를 주었다. 여름과 가을의 순화수온보다 높은 수온상승은 영향이 경미하였으며, 겨울에는 승온 되어도 별다른 승온 효과를 보이지 않았다.

이상으로 보아 온배수의 승온 효과는 패류의 생활사 중 겨울에는 매우 효과적이었으나 치패기에 있어서는 순화 수온 보다 다소 높은 수온 상승도 오히려 저해 영향을 줄 수 있는 것으로 나타났다.

### 참 고 문 헌

- Child, A.R. and I. Laing. 1998. Comparative low temperature tolerance of small juvenile European, *Ostrea edulis* L., and Pacific oysters, *Crassostrea gigas* Thunberg. *Aquacul. Res.*, 29, 103~113.
- Clegg, J.S., S.A. Jackson, N.V. Hoa and P. Sorgeloos. 2000. Thermal resistance, developmental rate and heat shock proteins in *Artemia franciscana*, from San Francisco Bay and southern Vietnam. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 252, 85~96.
- Cole, H.A. and B.T. Hepper. 1954. The use of neutral red solution for the comparative study of filtration rate of *Lamelli* branches. *J. Cons Int. Explor. Mer.*, 20, 197~203.
- Craciun, C. 1980. Effect of high temperatures on the ultrastructure of leydig cells in *Mytilus galloprovincialis*. *Mar. Biol.*, 60, 73~79.
- Fielder, D.S., G.J. Purser and S.C. Battaglene. 2000. Effect of rapid changes in temperature and salinity on availability of the rotifers *Brachionus rotundiformis* and *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture*, 189, 85~99.
- Gonzalez, J.G. and P. Yevlch. 1976. Responses of an estuarine population of the blue mussel *Mytilus edulis* to heated water from a steam generating plant. *Mar. Biol.*, 34, 177~189.
- His, E., R. Robert and A. Dinet. 1989. Combined effects of temperature and salinity on fed and starved larvae of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* and the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *Mar. Biol.*, 100, 455~463.
- Incze, L.S., R.A. Luta and L. Watling. 1980. Relationships between effects of environmental temperature and seston on growth and mortality of *Mytilus edulis* in a temperate northern estuary. *Mar. Biol.*, 57, 147~156.
- Khalil, A.M. 1994. Influence of starvation, body size and temperature on ammonia excretion in the marine bivalve *Tapes decussatus* (L.). *Aquacul. Fish. Manage.*, 25, 839~847.
- Kinne, O. 1963. The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animals. I. Temperature. *Oceanogr. Mar. Biol. A. Rev.*, 1, 301~340.
- Kinne, O. 1970. Temperature. In *Marine Ecology, Vol. 1, Environmental Factors Part 1*, O. Kinne, ed. Wiley-Interscience, pp. 407~486.
- Kumlu, M., O.T. Erolodogun and M. Aktas. 2000. Effects of temperature and salinity on larval growth, survival and development of *Penaeus semisulcatus*. *Aquaculture*, 188, 167~173.
- Mann, R. 1979. The effect of temperature on growth, physiology, and gametogenesis in the manila clam *Tapes philippinarum*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 38, 121~133.
- Menasveta, P. 1981. Lethal temperature of marine fishes of the Gulf of Thailand. *J. Fish. Biol.*, 18, 603~607.
- Minier, C., V. Borghi, M.N. Moore and C. Porte. 2000. Seasonal variation of MXR and stress proteins in the common mussel, *Mytilus galloprovincialis*. *Aquat. Toxicol.*, 50, 167~176.
- Procarione, L.S. and T.L. King. 1993. Upper and lower temperature tolerance limits for juvenile red drums from Texas and south Carolina. *J. Aquat. Anim. Health*, 5, 208~212.
- Thomas, C.W., B.J. Crear and P.R. Hart. 2000. The effect of temperature on survival, growth, feeding and metabolic activity of the southern rock lobster, *Jasus edwardsii*. *Aquaculture*, 185, 73~84.
- Tsuchiya, M. 1983. Mass mortality in a population of the mussel *Mytilus edulis* L. caused by high temperature on rocky shores. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 66, 101~111.
- Walne, P.R. 1972. The influence of current speed, body size and water temperature on the filtration rate of five species of bivalves. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 52, 345~374.
- Widdows, J. 1978. Combined effects of body size, food concentration and season on the physiology of *Mytilus edulis*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 58, 109~124.
- Wilson, J.G. and B. Elkaim. 1991. Tolerances to high temperature of infaunal bivalves and the effect of geographical distribution, position on the shore and season. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 71, 169~177.

2002년 5월 8일 접수

2002년 8월 30일 수리