

수온과 개체크기에 따른 양식산 미더덕, 흰명게, 진주담치의 濾水率

김용술 · 문태석*

경상대학교 해양과학대학 양식학과, *국립수산진흥원 남해수산연구소 통영분소

Filtering Rate with Effect of Water Temperature and Size of Two Farming Ascidians *Styela clava* and *S. plicata*, and a Farming Mussel *Mytilus edulis*

Yong Sool KIM and Tae Seok MOON*

Department of Aquaculture, Gyeongsang National University, Tong-yeong 650-160, Korea

*Tong-yeong Lab., South Sea Fisheries Institute, NFRDA, Tong-yeong 650-940, Korea

Filtering rates of two farming ascidians *Styela clava* and *S. plicata*, and of a farming mussel *Mytilus edulis* were experimentally investigated with reference to effects of water temperature and size. Absorptiometric determinations of filtering rates were carried out in a closed system with experimental animals being decreased indicate dyes neutral red.

Optical density (OD) of 440 nm in path length 22 mm cell used as the indication of food particles absorption was appeared directly in proportion with the concentration of neutral red dyes. The filtering rate F is calculated by Kim's equation $F = V(1 - e^{-Z})$, where V is the water volume (ℓ) in the experimental jar, and Z is the decreasing coefficient of OD as meaning of instantaneous removal speed as $\ln C_t = \ln C_0 - Z \cdot t$, in this formula C_t is OD at the time t.

Filtering rate of *S. clava* increased as exponential function with increasing temperature while not over critical limit, and the critical temperature for filtering rate was assumed to be between 28°C and 29°C. In case of *S. plicata*, the critical temperature was to be below 13°C, and through the temperature range 15~25°C appeared a little difference in level even though with significant. *M. edulis* was not appear any significant effects by water temperature less than 29°C. The model formula derived from the results is as below, where F is filtering rate (ℓ/hr/animal), T is water temperature (°C), and DW is dry meat weight (g) of experimental animal.

S. clava; $F = \exp(0.119 T - 4.540) (DW)^{0.6745}$, ($T < 29^\circ\text{C}$)

S. plicata; $F = \exp(A_t) (DW)^{0.5675}$, ($13^\circ\text{C} < T < 29^\circ\text{C}$)

$[A_t = -8.56 + 0.6805 T - 0.0153 T^2]$

M. edulis; $F = 0.3844 (DW)^{0.4952}$, ($T < 29^\circ\text{C}$)

Key words: filtering rate, temperature, *Styela clava*, *Styela plicata*, *Mytilus edulis*

서 론

근년에 진해만과 그 인근의 내만에 산재하는 굴 (*Crasostrea gigas*)과 진주담치 (*Mytilus edulis*)의 양식장에서 생산성이 저하함에 따라 양식대체종으로 미더덕과 흰명게가 주목되면서 이 종들의 생태적 지위가 양식굴 및 진주담치와 상충되는지 여부에 대해서 관련되는 양식업계와 행정청의 관심이 높아져 있다. 여과섭식형 종들의 먹이섭취 속도는 여수 속도에 의하여 결정된다고 볼 수 있으므로 여수율은 해당종의 생태적 지위를 해석하는 데 유용한 자료의 하나가 되며, 해역의 생물수용력을 산정하는데 필요한 매개변수로 사용되기도 한다. 이 연구는

1995년부터 2년간에 걸쳐 수행된 미더덕 양식에 관한 일련의 특정연구 계획에 포함된 과제의 하나로서 이 종들에 대한 여수율을 조사하였으며, 조사자료의 분석결과와 양식굴의 여수율을 비교검토하고 그 결과를 여기에 보고한다. 양식굴의 여수율에 관해서는 Kim (1995)에 의하여 수온과 생물크기의 영향을 고려한 여수율 모형이 연구된 바 있으며, 진주담치의 여수율에 관해서는 최근의 Leichter and Witman (1997), Smaal and Twisk (1997), Smaal and Zurburg (1997)의 연구를 위시하여 Van-Haren (1993), Lee and Chin (1981), Bayne and Widdows (1978), Foster-Smith (1975), Schulte (1975), Thompson and Bayne (1972)의 연구가 있다. 흰명게 (*Styela plicata*)

이 연구는 1995년도 농수산특정연구과제 현장애로사업연구비의 일부로 수행되었음.

의 여수율에 관해서는 Fisher (1977)의 연구가 있으며, 미더덕 (*Styela clava*)의 여수율에 관해서는 아직 연구된 바가 없다.

재료 및 방법

실험생물은 진해만 서부의 부속만인 당동만에 산재하는 양식장에서 채취하였으며, 해수 온도가 측정계획 수온에 이를 때마다 양식장에서 채취하여 경상대학교 양식학과 수족배양실에 설치한 3.5톤 크기의 생해수를 주수하는 수조에 수용하면서 실험에 사용하였다. 여수율은 폐쇄순환 방식으로 측정하였으며, 피검생물을 수용하는 반응조는 1.5ℓ 비이커를 사용하였다. 여수율의 추적은 Cole and Hepper (1954)에 의하여 타당성이 인정된 neutral red를 지표물질로 사용하였고, 흡광도는 HACH사의 DR/2000 spectrophotometer를 사용하여 440 nm에서 측정하였다. Neutral red의 초기 농도는 path length 22 mm 흡수셀에서 흡광도가 0.25~0.30 범위로 되도록 조정하였다. 지표물질과 실험생물을 반응조에 넣고 20~30분 간격으로 4~6회에 걸쳐 경과시간 t에서의 흡광도 C_t 값을 측정하였으며, 식 (1)과 같은 지수형 근사식의 감소계수 Z를 최소자승법으로 구하고, Kim (1995)의 여수율 산출식 (2)으로 여수율 F를 계산하였다. 여기서 C_0 는 neutral red의 초기농도이고, V는 반응조 내의 수량 (水量, ℓ)이다.

$$\ln C_t = \ln C_0 - Z \cdot t \quad (1)$$

$$F, \ell/hr = V \cdot (1 - e^{-Z}) \quad (2)$$

결과 및 고찰

1. 기대 논리

Ascidians (멍게류)는 입수공과 출수공이 명확히 구분되어 있고, 체강 안으로 들어온 물은 체강내에 있는 아가미 세공을 거쳐 출수공으로 나가므로, 체증과 여수율 사이에는 lamellibranch (조개류)와 마찬가지로 면적비례적인 함수관계가 성립하리라고 보고, Kim (1995)이 정리한 건조육중량(DW)과 체증당 여수율(F/DW) 간의 관계를 나타내는 식 (3)을 기대하였으며, 이 식을 대수로 변환하고, $\ln(c) = a$ 로 두어서 얻게되는 식 (4)의 모형으로 측정자료를 정리하였다.

$$F/DW = c \cdot (DW)^{-b} \quad (3)$$

$$\ln(F/DW) = a - b \cdot \ln(DW) \quad (4)$$

2. 수온별 여수율

수온구 별로 여수율을 측정된 자료를 식 (4)에 따라 가로축에 $\ln(DW)$ 를 두고, 세로축에 $\ln(F/DW)$ 를 두어 나타내면 Fig. 1~Fig. 3에서 보는 바와 같으며, 수온구별로 $\ln(DW)$ 와 $\ln(F/DW)$ 사이의 추정 회귀직선식은 Table 1에서 보는 바와 같다.

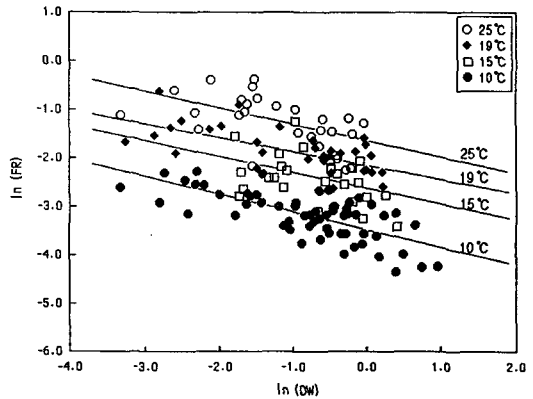


Fig. 1. Relationships between logarithm of dry meat weight $\ln(DW, g)$ and logarithm of weight-specific filtering rate $\ln(FR, \ell/gDW/hr)$ of an ascidian *Styela clava*. The lines represent least-squares fit to the data of filtering rate in each cluster as four temperature 10°C, 15°C, 19°C and 25°C.

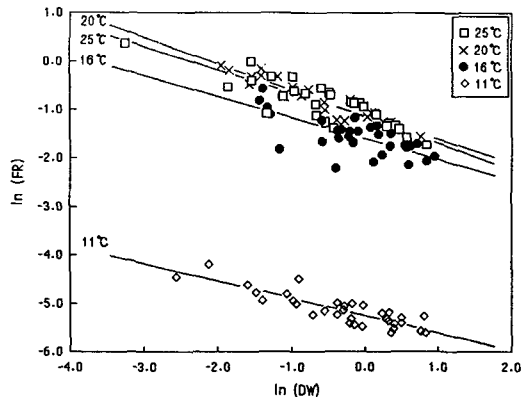


Fig. 2. Relationships between logarithm of dry meat weight $\ln(DW, g)$ and logarithm of weight-specific filtering rate $\ln(FR, \ell/gDW/hr)$ of an ascidian *Styela plicata*. The lines represent least-squares fit to the data of filtering rate in each cluster as four temperature 11°C, 16°C, 20°C and 25°C.

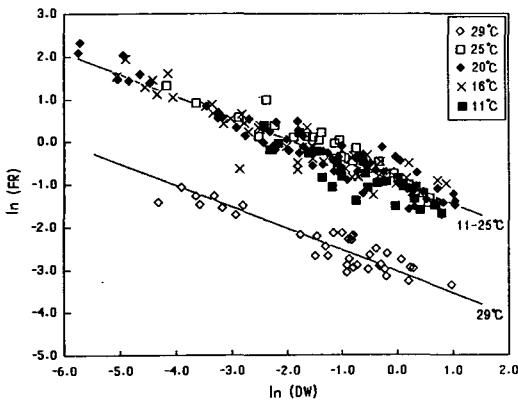


Fig. 3. Relationships between logarithm of dry meat weight ln(DW, g) and logarithm of weight-specific filtering rate ln(FR, l/gDW/hr) of *Mytilus edulis*.

Table 1. Regression equations of weight-specific filtering rate (FR, l/gDW/hr) of the experimental animals

Species	Water temperature, °C	Regression equations of filtering rate
<i>S. clava</i>	10	$\ln(FR) = -3.4754 - 0.3587 \cdot \ln(DW)$
	15	$\ln(FR) = -2.6390 - 0.3053 \cdot \ln(DW)$
	19	$\ln(FR) = -2.1265 - 0.2781 \cdot \ln(DW)$
	25	$\ln(FR) = -1.6539 - 0.3320 \cdot \ln(DW)$
	29	(no trend)
<i>S. plicata</i>	11	$\ln(FR) = -5.2509 - 0.3553 \cdot \ln(DW)$
	16	$\ln(FR) = -1.5802 - 0.4097 \cdot \ln(DW)$
	19	$\ln(FR) = -1.1156 - 0.5195 \cdot \ln(DW)$
	25	$\ln(FR) = -1.1123 - 0.4677 \cdot \ln(DW)$
<i>M. edulis</i>	29	$\ln(FR) = -1.4555 - 0.1412 \cdot \ln(DW)$
	11	$\ln(FR) = -1.2068 - 0.5576 \cdot \ln(DW)$
	16	$\ln(FR) = -0.9186 - 0.4847 \cdot \ln(DW)$
	20	$\ln(FR) = -0.9630 - 0.5127 \cdot \ln(DW)$
	25	$\ln(FR) = -0.8423 - 0.5554 \cdot \ln(DW)$
<i>C. gigas*</i>	29	$\ln(FR) = -2.9526 - 0.4402 \cdot \ln(DW)$
	10	$\ln(FR) = -2.0990 - 0.6441 \cdot \ln(DW)$
	18	$\ln(FR) = -0.6558 - 0.8668 \cdot \ln(DW)$
	23	$\ln(FR) = 0.4391 - 0.7983 \cdot \ln(DW)$
	26	$\ln(FR) = 0.9917 - 0.8668 \cdot \ln(DW)$
29	$\ln(FR) = -0.9420 - 0.5726 \cdot \ln(DW)$	

*cited from Kim (1995)

미더덕에서는 29°C 수온구에서 정향성이 나타나지 않았으며, 흰명게에서는 29°C에서 다른 수온구와 반대로 회귀계수가 (+)값을 나타내었다. 이렇게 이상경향을 나타낸 이 2개의 수온구를 제외하고, 종별로 ln(DW)와 ln(F/DW) 자료의 수온구에 대한 공분산분석을 한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같았다. 각 종에 있어서 회귀계수는 유의한 차이가 인정되지 않았으며, 미더덕과 흰명

게는 수온에 따른 위치차에 유의성이 인정되었는데, 이것은 양식굴(Kim 1955)에서 발견된 바와 같다. 그러나 진주담치는 25°C 이하의 수온구에서 위치차가 인정되지 아니하였고, 29°C 수온구에서는 현저히 낮은 위치를 나타내었으며, 25°C 이하의 수온구들과 유의한 차이가 인정되었다. 경사의 유의차가 인정되지 아니한 자료는 공통 경사값을 취하여 회귀식을 다시 정리하였으며, 그 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다.

Table 2. The results of significant testing the parallel property of regression coefficient, the difference between levels of temperature, and for linearity as $\alpha=0.05$. Symbols, O significant, X not significant

Species	on non-parallel	between temperature levels	for linearity
<i>S. clava</i>	X	O	O
<i>S. plicata</i>	X	O	O
<i>M. edulis</i>	X	X	O
<i>C. gigas*</i>	X	O	O

*cited from Kim (1995)

Table 3. Revised regression parameters used common regression coefficient Model: $\ln(FR) = a_i - b \cdot \ln(DW)$, (FR, l/gDW/hr)

Species	b	Temp. °C	a_i
<i>S. clava</i>	0.3255	10	-3.449
		15	-2.653
		19	-2.174
		25	-1.646
<i>S. plicata</i>	0.4325	11	-5.276
		16	-1.583
		20	-1.061
<i>M. edulis</i>	0.5048	25	-1.096
		11~25	-0.956
		29	-3.032
<i>C. gigas*</i>	0.7771	10	-2.227
		18	-0.611
		23	0.445
		26	1.109

*cited from Kim (1995)

Table 3에서 회귀직선의 위치값 a_i 의 수온에 대한 경향을 정리하여 종별 여수율 모형식을 만들고, 다시 다음과 같이 변환하여 개체당 여수율을 나타내는 식 (5) 형식으로 나타내면 Table 4에서 보는 바와 같다.

$$\ln(F/DW) = a - b \cdot \ln(DW)$$

$$F/DW = e^a \cdot (DW)^{-b} \quad (5)$$

$$\text{개체당 여수율, } F, \text{ l/hr/animal} = e^a \cdot (DW)^{1-b}$$

Table 4. Effect of water temperature and animal size on the individual filtering rate (F, ℓ/hr/animal)

Species	Model formula	Range of temp.
<i>S. clava</i>	$F = \exp(0.119 T - 4540) \cdot (DW)^{0.6745}$	$T < 29^\circ\text{C}$
<i>S. plicata</i>	$F = \exp(A_0) \cdot (DW)^{0.5675}$ [$A_0 = -856 + 0.6805 T - 0.0153 T^2$]	$13^\circ\text{C} < T < 29^\circ\text{C}$
<i>M. edulis</i>	$F = 0.3844 (DW)^{0.4632}$	$T < 29^\circ\text{C}$
<i>C. gigas</i> *	$F = \exp(0.208 T - 4.324) \cdot (DW)^{0.223}$	$T < 29^\circ\text{C}$

*cited from Kim (1995), T: water temperature ($^\circ\text{C}$), DW: individual meat weight (g)

3. 종별 여수량의 비교

종별 수확시기와 수확당시의 평균 개체크기 및 기타 여수량 비교를 위한 매개변수들을 사용하여 수확시의 크기와 수온자료, 종별 시설방식을 고려하여 여수량을 계산한 결과는 Table 5에서 보는 바와 같다.

Table 5. Estimate of filtering rate per unit farm line 100 m as each species condition in harvest time

Parameters	Species	<i>S. clava</i>	<i>S. plicata</i>	<i>M. edulis</i>	<i>C. gigas</i> *
Indiv. meat wt. (g)		12	14	14	12
Dry rate (DW/wet W) (%)		8.5	9.1	19.3	24.8
Harvest time		late Mar.	late Oct.	late Jan.	early Feb.
Temp. in harvest ($^\circ\text{C}$)		7.8	17.0	5.5	5.5
Animals per string		1,700	1,400	1,100	330
Strings per line		320	320	140	250
Animals per line		544,000	448,000	154,000	82,500
Indiv. filtering rate (ℓ/hr/animal)		0.0274	0.2792	0.6289	0.0530
Filtering rate per line ($\text{m}^3/\text{hr}/100 \text{ m}$)		14.9	125.1	96.9	4.37
Daily filtering rate ($\text{m}^3/\text{day}/100 \text{ m}$)		358	3,002	2,324	105

*cited from Kim (1995)

(1) 개체여수율의 비교

개체여수율로 보아서는 진주담치가 가장 큰 값을 보였는데, 진주담치의 수확시기를 수온이 가장 낮은 1월말로 기준하였기 때문에 이 정도의 값이지만, 고수온기에는 매우 큰 여수율을 나타내게 된다. 비슷한 생태적 지위를 가질 것으로 보이는 미더덕과 흰명게는 개체여수율에서 흰명게가 미더덕에 비하여 약 10배의 큰 값을 나타내었다. 수확시기의 차이에 따른 수온차이의 영향을 감안하여도 흰명게의 여수율은 미더덕에 비하여 훨씬 큰 값을 나타내었다. 미더덕과 양식굴 (Kim 1995)을 비교해 보면 수확기의 수온에 2.3°C 의 차이가 있지만 개체여수율에서

미더덕은 양식굴의 약 1/2 정도로 작은 값을 보였다. 만약에 본 실험대상 3종이 같은 먹이를 두고 굴양식장에서 경쟁하고 있다면, 굴양식장에 부착생물로서 가장 경제할 종은 진주담치이고, 그 다음은 흰명게이며, 미더덕은 양식굴에 경쟁종이 되기에는 개체수준에서 여수율이 가장 약하다.

(2) 집단여수율의 비교

본 실험동물들의 종별 양식장을 조성했을 경우 집단여수율은 100 m 단위의 연승 환줄에 수하되는 개체수의 차이로 개체여수율과는 다른 양상을 나타낼수 있다. 진동만~안정만 해역에 분포하는 종별 양식장에서 조사한 연승당 평균개체수 자료를 근거로 하여 비교하면, Table 5에서 보는 바와 같이 수확기의 단위연승당 현존개체수는 미더덕이 54만개체/100 m, 흰명게 45만개체/100 m, 진주담치 15만개체/100 m이며, 양식굴은 8만개체/100 m로서, 양식굴에 대해 미더덕은 약 7배, 흰명게는 약 6배이며, 진주담치는 약 2배이다. 이러한 개체수의 배수를 고려하고, 수확기의 수온차를 고려한다면, 단위수하연당 하루동안의 집단여수율 ($\text{m}^3/\text{day}/100 \text{ m}$)은 미더덕 360 m^3 , 흰명게 3000 m^3 , 진주담치 2300 m^3 이며, 양식굴은 약 100 m^3 정도로 추정된다. 그러나 이 추정치는 단순적산치이며, 실제로는 그림자 효과에 의하여 이 보다는 좀 적을 것이다. 양식장 규모의 집단여수율에서 볼 때 미더덕은 양식굴의 약 3~4배, 흰명게와 진주담치는 각각 30배와 23배의 여수율을 보이는 셈이다. 그리고 흰명게와 진주담치의 양식시설 방식에 양식굴과 같은 법정 시설기준 (연승 100 m 1줄당 환산면적 50 m^2 , 양식장 면적에 대한 시설비율 10%)을 적용하고, 수하연 길이를 5 m로 할 때 단위연승당 해수용적은 2500 m^3 이 되며, 이것은 흰명게와 진주담치의 각각 1일 여수량에 버금가는 양이다.

이렇게 매우 높은 집단여수율을 나타내는 흰명게와 진주담치는 해수중의 현탁성 물질뿐 아니라 양식굴의 주된 먹이인 식물플랑크톤도 무선택적으로 걸러내므로 (Haven and Morales-Alamo 1970, Foster-Smith 1975, Bayne and Widdows 1978, Leichter and Witman 1997, Smaal and Twisk 1997), 같은 해역에 이 두 종의 양식장을 굴양식장과 섞어서 배치할 경우에는 먹이경쟁에서 양식굴이 크게 불리할 것으로 보인다. 그러나 이 두 종은 높은 여수율로서 해수중의 과잉의 현탁물을 선택성 없이 걸러서 pseudofeces와 faecal pellet으로 침강시키는 점 (Fisher 1977, Foster-Smith 1975, Haamer 1996, Leichter and Witman 1997)을 고려하여, 현탁성 유기물 농도가 높은 해역에 이 두 종의 양식장을 집단적으로 배치하여 현탁성 유기물을 양식생산으로 전환하는 기능을 이용할 수 있을 것이다.

미더덕은 식성이 아직 명확하게 밝혀지지 않았으므로 여수율만으로 양식굴과의 중간 경쟁관계를 고찰하기는

이르다.

진주담치의 여수율에 관한 기존의 연구결과들 (Bayne and Widdows 1978, Schulte 1975, Smaal and Zurburg 1997)은 10~30°C에 걸친 넓은 온도범위를 다루지 않았고, 또한 개체 건조중량당 시간당 여수율을 조사한 것도 아니며, 또 본 연구와 같은 방식으로 정리되지 않았지만, 보고된 여수율 자료를 그 조사가 수행된 당시의 수온과 개체 건조중량값을 대강 넣어 환산하여 보았을 때 본 연구의 범위안에 포함되었다. Lee and Chin (1981)은 15, 23, 31°C 3개의 수온구를 설정하는 등 본 연구와 거의 같은 방식을 취했으나, 연구에 사용된 실험동물수가 너무 과소하여 (각각 9개체씩) 그들이 얻은 결론을 본 연구결과와 비교하기는 곤란하였다.

흰명게는 여수율을 다룬 유일한 Fisher (1977)의 연구가 있지만 온도 영향에 표적을 맞추어 수행된 연구가 아 니어서 비교해 볼 수 없었다.

요 약

근년에 내만성 굴양식장의 생산성이 저하함에 따라 대체종으로 미더덕과 흰명게가 주목되면서 이 종들의 생태적 지위가 기존의 양식굴과 상충되는지 여부를 알아보기 위한 일련의 조사계획의 하나로서 여수율을 조사하였으며, 조사결과와 Kim (1995)의 양식굴의 여수율 (*)을 비교검토하였다.

1. 폐쇄계에서 해수수온 10°C, 15°C, 20°C, 25°C, 29°C일 때 시간에 따른 현탁색소의 제거율을 측정하고, Kim (1995)의 계산식을 사용하여 여수율을 계산하였다. 현탁색소는 neutral red를 사용하였으며, 22 mm 흡수셀을 사용하여 440 nm에서 초기흡광도 0.25~0.30을 나타내는 농도를 사용하였다.

2. 여수율은 한시간동안 실험생물 1개체가 여수하는 양을 그 개체의 건조중량으로 나누어서 단위시간당 단위 건조중량당 여수량 (ℓ/gDW/hr)으로 산출하고, 이것이 개체 건조중량과 수온에 의하여 받는 영향을 회귀경향 식으로 해석하여, 종별 개체여수율 (F, ℓ/hr/animal) 모형으로 다음과 같은 결과를 얻었다.

Species	Filtering model formula	Temp. range
<i>S. clava</i>	$F = \exp(0.119 T - 4.540) \cdot (DW)^{0.6745}$	T < 29°C
<i>S. plicata</i>	$F = \exp(A_1) \cdot (DW)^{0.5675}$ [$A_1 = -8.56 + 0.6805 T - 0.0153 T^2$]	13°C < T < 29°C
<i>M. edulis</i>	$F = 0.3844 (DW)^{0.4652}$	T < 29°C
<i>C. gigas</i> *	$F = \exp(0.208 T - 4.324) \cdot (DW)^{0.223}$	T < 29°C

4. 종별로 수확시의 수온과 개체 평균중량 자료를 사용하여 연승 1대 (100 m)당 집단여수율을 계산한 결과는 다음과 같았다.

Parameters	Species			
	<i>S. clava</i>	<i>S. plicata</i>	<i>M. edulis</i>	<i>C. gigas</i> *
Indiv. meat wt. (g)	12	14	14	12
Dry rate (DW/wet W) (%)	8.5	9.1	19.3	24.8
Harvest time	March	October	January	February
Temp. in harvest (°C)	7.8	17.0	5.5	5.5
Animals per line	544,000	448,000	154,000	82,500
Daily filtering rate (m ³ /day/100m)	358	3,002	2,324	105

참 고 문 헌

Bayne, B.L. and J. Widdows. 1978. The physiological ecology of two populations of *Mytilus edulis* L. *Oecologia* (Berl.) 37, 137~162.

Cole, H.A. and B.T. Hepper. 1954. The use of neutral red solution for the comparative study of filtration rate of lamellibranchs. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 20, 197~203.

Fisher, T.R. 1977. Metabolic maintenance costs of the suspension feeder *Styela plicata*. *Mar. Biol.* 41, 361~369.

Foster-Smith, R.L. 1975. The effect of concentration of suspension on the filtration rates and pseudofaecal production for *Mytilus edulis*, *Cerastoderma edule* and *Venerupis pullastra*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 17, 1~22.

Haven, D.S. and R. Morales-Alamo. 1970. Filtration of particles from suspension by the American oyster *Crassostrea virginica*. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Woods Hole* 39, 248~264.

Haamer, J. 1996. Improving water quality in a eutrophied fjord system with mussel farming. *AMBIO.* 25 (5), 356~362.

Kim, Y.S. 1995. Filtering rate model of farming oyster, *Crassostrea gigas* with effect of water temperature and size. *J. Korean Fish. Soc.* 28, 589~598 (in Korean).

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. Fish. Univ. Busan.* 13, 37~41 (in Korean).

Leichter, J.J. and J.D. Witman. 1997. Water flow over subtidal rock walls: Relation to distributions and growth rates of sessile suspension feeders in the Gulf of Maine. *Water flow and growth rates. J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 209, 290~307.

- Schulte, E.H. 1975. Influence of algal concentration and temperature on the filtration rate of *Mytilus edulis*. Mar. Biol. 30, 331~341.
- Smaal, A.C. and F. Twisk. 1997. Filtration and absorption of *Phaeocystis cf. globosa* by the mussel *Mytilus edulis* L. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 209, 33~46.
- Smaal, A.C. and W. Zurburg. 1997. The uptake and release of suspended and dissolved material by oysters and mussels in Marennes-Oleron Bay. AQUAT. Living Resour./Ressour. Vivantes Aquat., 10, 23~30.
- Thompson, R.J. and B.L. Bayne. 1972. Active metabolism associated with feeding in the mussel *Mytilus edulis* L. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 8, 191~212.
- Van-Haren, -R.J.F. 1993. Application of a dynamic energy budget model to *Mytilus edulis* (L.). Neth. J. Sea-Res. 31, 119~133.

1997년 9월 22일 접수

1998년 3월 10일 수리