

# 여자만 새꼬막, *Scapharca subcrenata* (Bivalvia: Arcidae)의 생리적변화 및 계절별 에너지수지

신윤경, 이원찬<sup>1</sup>, 김성연<sup>2</sup>, 전제천, 김응오

국립수산과학원 전락양식연구소 양식관리과, <sup>1</sup>국립수산과학원 기반연구부 어장환경과

<sup>2</sup>국립수산과학원 연구기획부 연구기획과

## Variation in physiological energetics of blood cockle *Scapharca subcrenata* (Bivalvia: Arcidae) from Yeoja bay, South coast of Korea

Yun Kyung Shin, Won Chan Lee<sup>1</sup>, Sung Yeon Kim<sup>2</sup>, Je Cheon Jun and Eung Oh Kim

Aquaculture Management Division, NFRDI, 619-705, Republic of Korea

<sup>1</sup>Fundamental Research Department, NFRDI, 619-705, Republic of Korea

<sup>2</sup>Research and Development Planning Department, NFRDI, 619-705, Republic of Korea

### ABSTRACT

This study presents physiological rates of oxygen consumption, ammonia excretion, feeding rates, O/N ratio and assimilation efficiency of the blood cockle, *Scapharca subcrenata*, determined from specimens collected in Yeoja bay on the south coast of Korea. Physiological parameters were measured monthly under static, laboratory controlled conditions with ambient conditions, and measurements were performed seasonally in order to estimate scope for growth and its probable sources of variation. Oxygen consumption and ammonia excretion rates have been increased as temperature increased with the highest value of August, 2008. Feeding rate was the highest during April whereas the lowest was during August which is a period of gametogenesis with minimum biomass of phytoplankton around sampling area. Assimilation efficiency was not significantly different seasonally and O/N ratio decreased during July to August. The scope for growth was negative during high temperature months(July to August), reflecting the high temperature and low feeding rate, and had its highest positive values during spring and autumn. Data on the physiological parameters and scope for growth of *Scapharca subcrenata* obtained in this study will be used to assess the carrying capacity for blood cockle cultivation.

**Key words:** Physiological parameters, *Scapharca subcrenata*, Scope for growth

### 서론

새꼬막은 *Scapharca subcrenata* 는 이매패강 (bivalvia) 돌조개목 (Arcoidea), 돌조개과 (Arcidae) 에 속하는 이매패류로서, 유용한 양식패류이며, 수심 4-6 m의 진흙갯벌에 서식하며, 전남 여자만이 주 산지이다 (Min, 2004). 한국에서 꼬막류의 생산량은 2001년에 3,842 MT이던 것이 2003년에

2,440 MT으로 감소하였다가 2004년에 10,849 MT으로 다시 증가한 후 2006년에 5,063 MT, 2008년에 1,637 MT으로 생산량은 증가와 감소를 반복하며, 감소하는 경향을 나타내고 있다 (Korea National Statistical Office, 2009).

패류 양식은 해산 양식 중 가장 지속적인 양식방법중 하나이며, 인위적인 먹이 공급없이도 해양에 분포하고 있는 식물성 미세조류와 유기 영양염 등을 이용하여 광범위하게 양식할 수 있는 잇점을 가지고 있다. 또한 여과섭식의 특성을 가진 양식 패류들은 이들의 여과능력으로 인해 연안 생태계에서 주요한 역할을 하고 있다. 그러나 양식수용밀도가 높아짐에 따라 패류가 섭취할 수 있는 1차 생산력은 감소하고 있고, 또한 서식지의 혐기화와 같은 환경변화는 패류 생산력을 감소시키는 원인이 되고 있다 (NRCA, 1998). 에너지수지에 관한 연구는 해

Received September 1,2011 ; Accepted September 28, 2011  
Corresponding author: Yun Kyung Shin  
Tel: +82 (51) 720-2423 e-mail: ykshin@nfrdi.go.kr  
1225-3480/24397

양생물의 서식지 적응에 대한 이해를 돕는데 중요하며, 양식생물의 어장환경 적정수용력을 파악하는데 중요한 역할을 한다. 또한 생물체내 저장된 에너지는 대사유지, 성장 및 생식 등으로 이용되며, 생물체의 내적, 외적 요인에 따라 영향을 받으므로 양식장 환경을 고려하여 생산량을 산정하는데 중요하게 활용 가능하다. 여과섭이를 하는 양식생물의 생리적 변화에 기초한 에너지수지에 관하여는 주로 패류 (Bayne and Newell, 1983; Griffiths and Griffiths, 1987)를 대상으로 보고되고 있으며, 에너지수지 분석에 이용되는 생물체의 생리적 반응은 환경 자극 또는 변화에 대한 세포 또는 생화학적 반응의 총체이며, 생물체의 건강도를 파악할 수 있는 지표로 활용된다 (Bayne *et al.*, 1985).

새꼬막에 관한 연구는 생식주기 (Kim *et al.*, 2008), 염분내성 (Shin *et al.*, 2009) 및 식품성분 (Kim *et al.*, 2002; Park 1999)등이 있으나, 양식 및 생물학적 기초자료가 매우 미흡한 실정이다.

본 연구는 전남 여수시 여자만에서 양식되고 있는 새꼬막을 대상으로 호흡, 배설, 먹이섭취율 및 SFG (Scope for Growth) 등을 분석하여 새꼬막의 에너지 수지 특성 및 최적 성장시기를 파악하고 양식장 적정수용력을 산정하기 위한 기초자료로 활용하기 위하여 수행되었다.

## 재료및방법

### 1. 재료

실험동물인 새꼬막은 2007년 10월부터 2008년 10월 동안 여자만 (전남 여수시 소라면, Fig. 1) 에서 형망을 이용하여 새꼬막 100마리씩을 매일 채취하였다. 채취된 새꼬막은 실험실로 옮겨와 부착물을 깨끗이 제거한 후 0.5 tons 수조에서 일주일간 수용하면서 순치시켰다. 순치시키는 동안 해수는 1L/min.의 유수로 환수되었으며, 먹이는 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros sp.* 및 *Tetraselmis sp.* 을 혼합하여 매일 2회씩 공급하였으며, 실험에 사용하였다.

### 2. 측정방법

새꼬막의 산소소비율과 암모니아질소배설률은 0.5 L 용량의 Respiratory chamber에 실험개체 크기 별로 1마리씩 투입한 후 산소검량기 (Orbisphere 3500 series, Swizland) 를 이용하여 실험전후 Respiratory chamber내 용존산소의 차이로서 측정하였다. 암모니아질소배설률은 산소소비율의 측정과 동시에 Respiratory chamber에서 실험용액 2ml을 채수하여 phenolphthorite (Solorzano, 1969) 법을 이용하여 분석하였다. 먹이섭취율을 측정하기 위하여 먹이는 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros sp.* 및 *Tetraselmis sp.* 을 혼합하여 공급하였으며, 실험 전후 개체수 차이로 분석하였

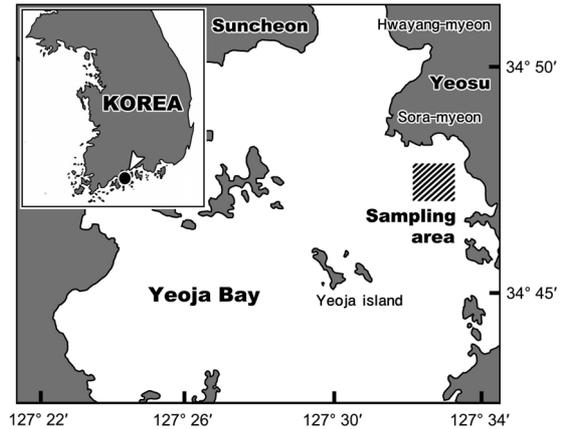


Fig. 1. Sampling area of blood cockle *Scapharca subcrenata*.

으며, 새꼬막의 단위 건중량에 대한 섭이율로 나타내었다. O/N 원자비는 산소소비율과 질소배설률로부터 구하였으며, 방정식  $O/N = (mg\ O_2/h/16) / (mg\ NH_4-N/h/14)$  (Widdows and Johnson, 1988) 에 의해 산출하였다. 동화효율은 실험동물을 0.45  $\mu$ m로 여과한 해수에 24시간을 두어 장내용물을 배출시킨 다음, 여과해수 10 L에 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros sp.* 및 *Tetraselmis sp.* 을 혼합한 먹이를 3시간 섭이시킨 뒤 실험동물을 수거하여 여과해수가 들어있는 다른 수조로 옮겨 6시간 동안 장내용물을 배출시켰다. 배출된 분은 스포이드로 비이커에 옮긴 후 증류수로 헹구고 70°C의 항온 건조기에 넣어 24시간 건조시켰다. 건조된 배설물은 micro-Kjedahl장치를 사용하여 질소함량을 측정하여 Durbin and Durbin (1981) 의 방법으로 동화효율을 산출하였다.

$$\% \text{ assimilation} = (\text{Food N} - \text{Faeces N}) / \text{Food N} \times 100$$

에너지수지에 이용된 에너지량은 에너지전환 계수 (Bayne *et al.*, 1985) 를 이용하여 매일 산출하였으며 Warren and Davis(1967)의 방정식을 이용하여 분석하였다

$$1\text{mg of organic matter} = 23.50\ \text{J}$$

$$1\text{ml } O_2\text{ respired} = 20.33\ \text{J}$$

$$1\ \mu\text{g } NH_4\text{-N excreted} = 0.0249\ \text{J}$$

$$\text{SFG} = A - [R + U]$$

$$\text{SFG: Scope for growth } (J\ h^{-1}\ g^{-1})$$

A: Energy absorbed

R: Respiration rate

U: Excretion rate

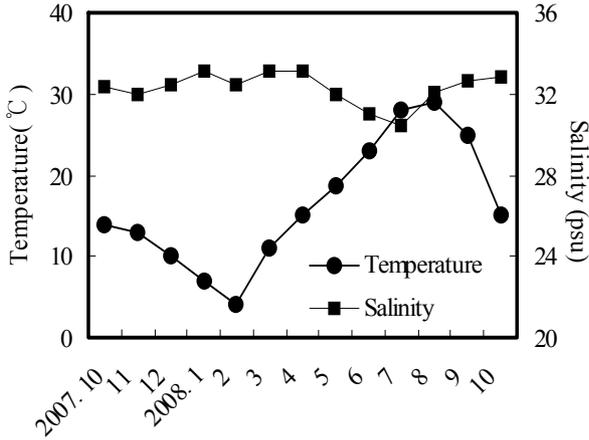


Fig. 2. Monthly variation of water temperature and salinity in Yejoa bay.

본 연구의 각장-육중간의 상관관계 및 각 실험자료는 SPSS 통계패키지에 의해 분산분석과 Duncan의 다중검정을 실시하여 유의차 유무를 검정하였다.

결 과

1. 여자만 환경변화

2007년 10월-2008년 10월 동안 여자만의 수온은 2월에 4°C로 가장 낮았으며, 겨울 동안 4-10°C의 변화를 나타낸 반면, 8월에 28.9°C으로 가장 높았으며, 여름동안 수온은 23-28°C의 변화를 나타내었다. 염분은 연중 평균 32.2psu를 나타내었으며 7월에 30.4psu으로 가장 낮은 값을 보였다.

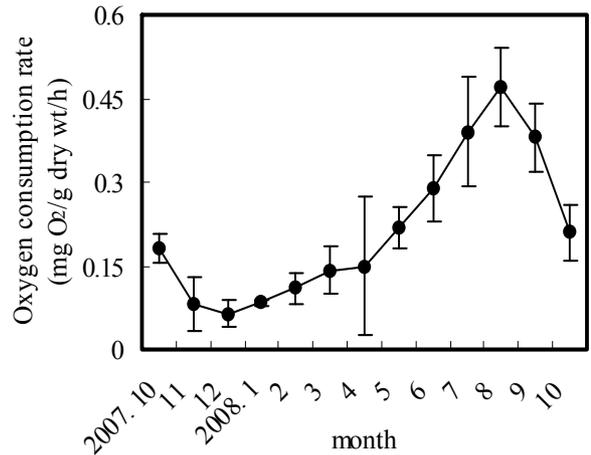


Fig. 3. Monthly variation of oxygen consumption rate in *Scapharca subcrenata* from Yejoa bay. Values are means ± SD (n = 91).

2. 새꼬막의 각장-육중 성장

2007년 10월에서 2008년 10월 동안 여자만에서 조사한 새꼬막의 각장-육중간의 관계식을 Table 1에 나타내었다. 관계식의 b값은 2.0097-3.9508의 범위에 있었으며, 5월과 10월에 3.0486-3.9508으로 높았으며, 1-2월과 7월에 2.0097-2.8331으로 낮은 값을 나타내었다.

3. 산소소비율

Fig. 3은 2007년 10월부터 2008년 10월까지 새꼬막의 월별 산소소비율의 변화를 나타낸 것이다. 산소소비율은 수온이 하강하는 11월-2월의 겨울동안 가장 낮았으며, 수온이 증가하

Table 1. Regression coefficients of wet weight (WW, g) and shell length (L, cm) in *Scapharca subcrenata* (expressed as WW = a × L<sup>b</sup>) from Yejoa bay

Month	WW (g)	L (Cm)	r <sup>2</sup>	n	A	b
Oct. 2007	5.14-1.89	2.41-3.85	0.8475	30	0.0893	3.0486
November	3.41-10.32	3.24-4.66	0.8204	30	0.1141	2.8623
December	4.19-11.78	3.30-4.87	0.8565	29	0.1428	2.7304
Jan. 2008	1.16-3.46	2.74-3.44	0.8181	27	0.1655	2.3996
February	2.51-5.52	3.01-3.97	0.8336	30	0.1554	2.5738
March	2.94-5.19	3.16-3.84	0.7137	30	0.1443	2.6884
April	2.93-7.38	3.21-4.51	0.8154	30	0.2175	2.3278
May	1.67-4.16	2.85-3.39	0.8412	24	0.0293	3.9508
June	3.72-6.37	3.31-3.87	0.7249	41	0.096	3.0116
July	2.10-3.62	2.94-3.75	0.7014	26	0.2446	2.0097
August	2.47-6.56	3.11-4.41	0.8503	29	0.0951	2.8331
September	2.70-5.07	3.32-3.96	0.7053	50	0.0921	2.8418
October	3.37-8.95	3.59-4.68	0.8054	28	0.0277	3.7385

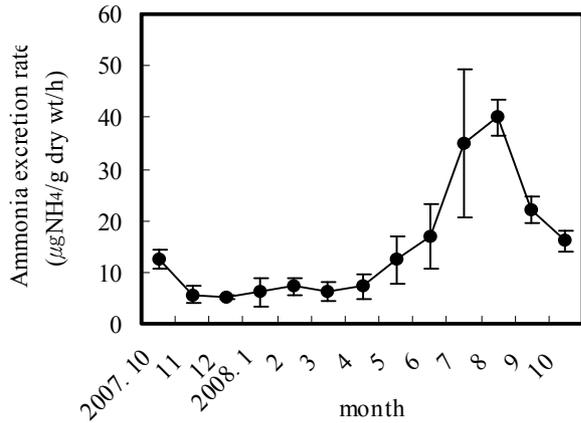


Fig. 4. Monthly variation of excretion rate in *Scapharca subcrenata* from Yeoja bay. Values are means  $\pm$  SD (n = 91).

는 3월부터 다시 증가하기 시작하여 8월에 가장 높았으며, 이후 다시 감소하였다 (Fig. 3).

**4. 암모니아질소배설률**

새꼬막 암모니아질소배설률은 월별 산소소비율의 경향과 유사하였으며, 겨울동안(11-2월) 최저를 나타낸 후 5월부터 증가하기 시작하여 8월에 최대를 보인 후 수온 감소에 따라 다시 감소하여, 외부환경에 따라 대사율이 변화하는 전형적인 변온동물의 대사양상을 나타내었다 (Fig. 4).

**5. 먹이섭취율**

Fig. 5는 월별 먹이섭취율의 변화를 나타낸 것으로 4월에

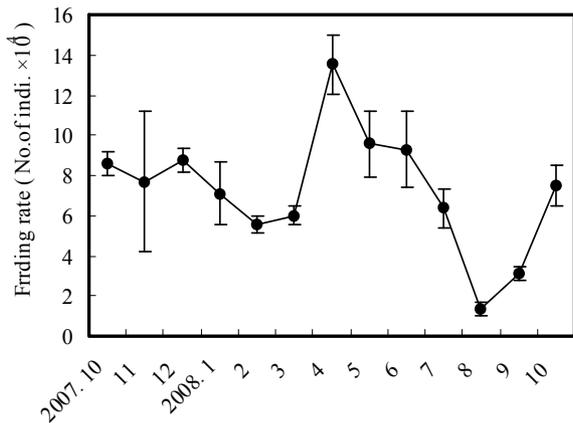


Fig. 5. Monthly variation of feeding rate in *Scapharca subcrenata* from Yeoja bay. Values are means  $\pm$  SD (n = 130).

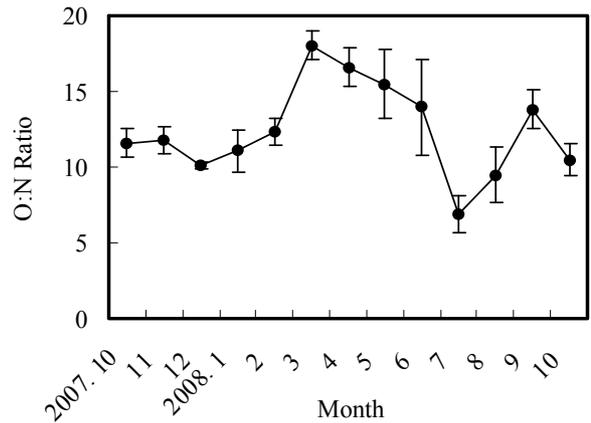


Fig. 6. Monthly variation of O:N ratio in *Scapharca subcrenata* from Yeoja bay. Values are means  $\pm$  SD (n = 91).

먹이섭취율이 가장 높았으며, 7월부터 감소하기 시작하여 8월에 가장 낮은 먹이섭취율을 보인 후 9월부터 다시 증가하는 경향을 나타내었다.

**6. O/N 원자비**

새꼬막의 O:N원자비는 수온이 감소하는 겨울 (12-1월) 에는 10-11을 나타내었으며, 수온이 증가하는 7-8월 동안에는 6-9를 나타내어 여름동안 가장 낮은 값을 보였다. 한편 봄 (3-6월) 동안에는 15이상으로 높은 값을 나타내었다 (Fig. 6).

**7. 동화효율**

새꼬막의 동화효율은 55.1-66.6%였으며, 1월에 55.1%으로

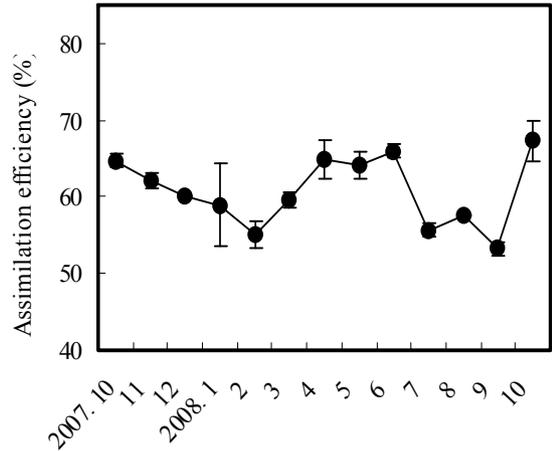


Fig. 7. Monthly variation of assimilation efficiency in *Scapharca subcrenata* from Yeoja bay. Values are means  $\pm$  SD (65).

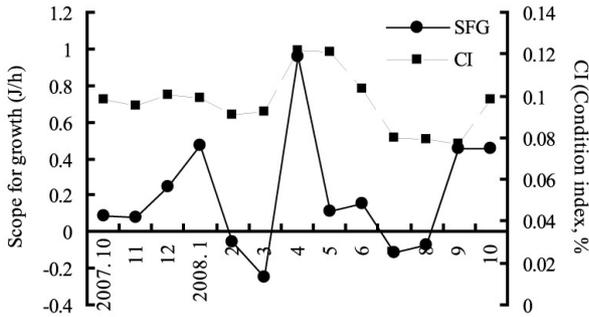


Fig. 8. Monthly variation of Scope for growth in *Scapharca subcrenata* from Yejoa bay.

가장 낮았으며, 6월에 66.6%으로 가장 높게 나타나, 평균 60.5%를 보였다.

고찰

한국에서 새꼬막 양식은 남해안의 여자만을 중심으로 양식이 집중되고 있으며, 전국의 94%를 차지하고 있다. 새꼬막은 주로 수심 10 m 이내에서 서식하고 있으며, 여름철 고수온 및 집중호우에 의해 기후적인 영향을 많이 받으며, 최근에는 불가사리의 대량번식으로 인해 생산량의 변동이 발생하고 있다. 수서동물의 생리적 반응은 연령, 크기 및 생활사를 포함한 여러 가지 요인에 의해 영향을 받는다 (Bayne et al., 1985). 특히 섭이, 성장 및 대사율은 해양환경의 변화에 따라 다양한 변화를 보이며 (Bayne et al., 1985), 패류의 여과활동 및 대사율은 계절적 양상 및 환경변화에 따라 영향을 받는다 (Smaal and Widdows, 1994). 일반적으로 수서생물은 제한된 범위 내에서 환경변화에 대한 보상능력을 가지고 있으며, 인내할 수 있는 환경내성범위를 벗어났을 경우 체내보유에너지 순환의 생리적 과정에 영향을 미치고 그 결과로서 성장, 생식 등과 관

련된 수서생물의 계절적 생리적 과정에 영향을 미치게 된다 (Bayne et al., 1985).

양식생물의 각장-육중간의 상관관계식에서 b값은 매월 차이를 보이고 있으며, 이는 개체의 생리적 상태와 성장 특성을 나타낸다 (Mao et al., 2006). 새꼬막의 각장-육중간의 상관관계에서 b값은 5월과 10월에 3.0486-3.9508으로 가장 높은 값이 관찰되었는데 이는 이 기간 동안 새꼬막의 성장이 가장 양호한 것으로 추정된다.

수온과 염분은 해양생물의 생존에 영향을 미치며, 지리적 분포를 결정짓는 중요한 물리적 요인이다 (Kinne, 1966). 새꼬막의 성장적수온 18-23℃ 및 서식적수온은 5.7-27.6℃ (Shigeru et al., 2000) 이며, 염분내성범위는 12.5-13.8psu (Shin et al., 2009) 으로 본 조사기간 동안 여자만의 수온분포가 4-28℃ 및 염분 30.4-33.0psu를 나타내어 겨울과 여름의 짧은 기간을 제외하면, 여자만 양식장환경은 새꼬막의 서식 및 양식생산량 변동에 영향을 미치지 않을 것으로 여겨진다.

새꼬막의 산소소비율 및 암모니아질소배설률은 수온 상승에 따라 증가하는 일반적인 변동물의 생리적인 양상을 나타내었다. 이는 굴, *Crassostrea gigas* (Mao et al., 2006), 가리비, *Placopecten magelloanicus* (MacDonald et al., 1998), 피조개, *Scapharca broughtonii* (Shin et al., 2009) 등에서 여름동안 산소소비율이 증가하였으며, *Geukensia demissa* (Huang and Newell, 2002) 에서는 여름동안 암모니아질소배설률이 가장 높고 겨울동안 최저를 나타내어 새꼬막의 계절적인 대사변화 양상과 유사한 경향을 나타내었다. 특히 *Perna perna* (Hicks and McMahon, 2002) 및 돌조개과에 속하는 피조개 (Shin et al., 2009) 의 경우, 산란 전후 산소소비율의 증가에 기인된 다량의 에너지소모는 새꼬막의 체내에너지 보유물의 변동과 유사하였다.

패류의 먹이섭취율은 먹이의 질과 양에 달려있으며, 여과섭

Table 2. Scope for growth of *Scapharca subcrenata* from Yejoa bay

Month	Energy consumed (J/h)	AE(%)	Energy absorbed (J/h)	R(J)	U(J)	SFG (J/h)
January/February	3.15 ± 0.22	55.7 ± 0.91	1.75 ± 0.09	1.38 ± 0.26	0.17 ± 0.01	0.2
March/April	4.19 ± 1.40	61.7 ± 2.05	2.60 ± 0.95	2.07 ± 0.08	0.17 ± 0.02	0.36
May/June	6.02 ± 0.83	66.0 ± 0.84	3.97 ± 0.59	3.48 ± 0.49	0.36 ± 0.08	0.13
July/August	12.19 ± 1.44	57.0 ± 0.84	6.95 ± 0.92	6.12 ± 0.81	0.93 ± 0.09	-0.10
September/October	9.04 ± 4.45	58.9 ± 8.98	5.13 ± 1.81	4.19 ± 1.71	0.47 ± 0.11	0.47
November/December	2.18 ± 0.07	61.5 ± 1.83	1.34 ± 0.08	1.05 ± 0.19	0.13 ± 0.01	0.16

식하는 패류는 환경에서 먹이의 획득을 최대화하기 위하여 활발한 섭이활동을 나타낸다 (Bayne and Newell, 1983). 본 연구에서 새꼬막의 먹이섭취율은 8월에 최소를 나타내었는데 이는 여자만에서 패류의 먹이로 이용되는 식물성 플랑크톤의 현존량이 8월에 최저 (Lee and Youn, 2000) 를 나타낸 결과와 관련이 있을 것으로 여겨진다. 일반적으로 패류에서 산란시기동안 먹이섭취율이 감소된다는 보고는 찾아보기 힘들다 그러나 *Argopecten purpuratus* (Navarro *et al.*, 2000) 는 배우자 형성기간 동안 먹이조성에 따라 먹이섭취율을 조절할 수 있는데, 이는 아가미와 순엽 (labial palps) 에 화학적 수용기가 있어서 먹이속의 특이화합물을 인식 (Navarro *et al.*, 2000, Ward *et al.*, 1992) 하기 때문이라는 보고에 따르면, 본 연구에서 주 산란기간 동안 먹이섭취율이 최저로 감소한 것은 이 시기동안 식물플랑크톤량의 현존량 (Lee and Youn, 2000) 이 가장 낮았다는 점과 새꼬막이 선호하는 먹이조성과 있을 것으로 여겨진다.

산소소비율과 암모니아질소배설률로부터 산출되는 O:N원자비는 에너지 대사에서 단백질 이용지표로 이용되고 있으며 (Corner and Cowey, 1968; Widdow, 1978), O:N원자비가 7의 경우에는 주로 단백질 대사가 이루어지는 것으로 보고하고 있으며, *Mytilus*의 경우 30이하일 때 스트레스를 받고 있다고 보고하고 있다 (Mayzaud, 1973). 본 연구에서 새꼬막의 O:N원자비는 7월-8월 동안 6-9를 나타내었으며, 이 기간은 암모니아질소배설률의 증가 및 산란시기와 일치한다. 이는 산란으로 인한 다량의 에너지가 소모와 함께 먹이섭취율의 감소로 인한 에너지부족으로 인해 이미 체내 저장되어 있던 단백질성 보유물이 생존을 위한 에너지로 이용되어 암모니아 배설률이 증가되어 O:N원자비가 최저를 나타낸 것으로 여겨진다.

수서생물의 생존, 성장, 생식 등의 변화를 파악할 수 있는 에너지수지는 서식환경의 질을 직접적으로 파악할 수 있는 요인이 되며 (Gabbott, 1982, Dame, 1966), SFG는 동물의 성장을 나타내는 생리적인 지표로 광범위하게 적용되고 있다 (Newell and Branch, 1980). 그러므로 SFG는 일시적인 환경의 영향과 생물체의 성장을 나타낼 수 있으며 (Bayne and Newell, 1983), 동물의 대사조절을 추정할 수 있는 유효한 지표로 사용이 가능하다 (Jiang *et al.*, 2008).

새꼬막의 최적 성장시기를 알아보기 위하여 월별 SFG를 분석한 결과 (Fig. 8), 4월에 최고의 값을 나타내어서 성장이 가장 양호한 시기인 것으로 나타났으며, 2-3월과 7-8월에는 오히려 보유하고 있는 에너지를 소모하는 것으로 분석되었다. 또한 SFG의 계절별 변화를 알아보기 위하여 Table 1과 같이 분석하여 나타내었다. -SFG는 새꼬막의 산란시기인 7-8월 (-0.10 J/h) 에만 관찰되었으며, 한편 7-8월을 제외한 모든 계절 동안에는 0.13-0.47 J/h를 나타내어 3-4월과 9-10월에 성

장이 가장 양호한 시기로 분석되었다. 패류에서 CI (Condition index) 는 성장, 성숙 등과 관련된 생물의 영양상태 및 건강성을 추정할 수 있는 변수로 이용되며, 환경변화에 따라 영향을 받는다 (Dame 1996). 새꼬막의 CI는 SFG가 가장 높은 4월에 높게 관찰되어 SFG의 경향과 상관관계 (Fig. 8) 를 보여 생물의 에너지 보유물은 체성장과 관련되며 건강지표로 (Iglesias *et al.*, 1996) 활용할 수 있을 것으로 여겨진다.

### 감사의 글

본 연구는 국립수산과학원 (RP-2011-AQ-074)의 지원에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

- Bayne, B.L, Brown, D.A, Burns, K, Dixon, D.R, Ivanovici, A., Livingstone, D.R, Lowe, D.M., Moore, M.N., Stebbing, A.R.D. and Widdows, J. (1985) The effects of stress and pollution on marine animals (Praeger special studies). Praeger Scientific, Westport, C.T. p. 9.
- Bayne, B.L and Newell, R.C. (1983) Physiological energetics of marine mollusca. *In*: Saleuddin, ASM. and Wilbur, KM (Eds.). The Mollusca 4, Academic press, New York, p. 407-515.
- Dame, R.P. (1966) Ecology of marine bivalves. An ecosystem approach. CRC Press, Boca Raton, p. 254.
- Durbin, E.G. and Durbin, A.G. (1981) Assimilation efficiency and nitrogen excretion of a filter feeding planktivore, the atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus* (Pisces: Clupeidae). Fisheries Bulletin, p. 601-616.
- Gabbott, P.A. (1982) Physiological and biochemical adaptation of marine organisms. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **6**: 37-56.
- Hicks, D.W and McMahon, R.F. (2002) Respiratory responses to temperature and hypoxia in the brown mussel *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae), from the Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **277**: 61-78.
- Huang, S.C. and Newell, R.I.E. (2002) Seasonal variations in the rates of aquatic and aerial respiration and ammonium excretion of the ribbed mussel, *Geukensia demissa* (Dillwyn.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **270**: 241-255.
- Iglesias, J.I.P, Perez-Camacho, Navarro, A., Labarta, E., Beiras, U., Hawkins A.J.S. and Widdows, J. (1996) Microgeographic variability in feeding, absorption and condition of mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lmk): a transplant experiment. *Journal of Shellfish Research*, **15**: 673-680.
- Jiang, A.L, Lin, J., and Wang, C.H. (2008) Physiological energetics of the ascidian *Styela clava* in relation to

- body size and temperature. *Comparative Biochemical Physiology, part A* **149**: 129-136.
- Kinne, O. (1966) Physiological aspects of animal life in estuaries with special reference to salinity. *Netherland Journal of Sea Research* **3**: 222-244.
- Lee, J.H. and Youn, S..M. (2000) Water quality and phytoplankton communities in Yeoja bay of Korea. *Algae*, **15**(2): 89-98.
- Min, D.K. (2004) Mollusks in Korea. Hanguel Graphics, Busan, p. 387
- MacDonald, B.A., Bacon, G.S. and Ward, J.E. (1998) Physiological responses of infaunal (*Mya arenaria*) and epifaunal (*Placopecten magellanicus*) bivalve to variations in the concentration and quality of suspended particles. II. Absorption efficiency and scope for growth. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **219**: 127-141.
- Mao, Y., Zhou, Y., Yang, H. and Wang, R. (2006) Seasonal variation in metabolism of cultured pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Sanggou Bay, China. *Aquaculture*, **253**: 322-333.
- Navarro JM, Leiva GE, Martinez G, and Aguilera C (2000) Interactive effects of diet and temperature on the scope for growth of the scallop *Argopecten purpuratus* during reproductive conditioning. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **247**: 67-83.
- Shigeru, S., Yutaka, A. and Hiroshi, T. (2000) *Report of marine ecology research institute from Japan*, **2**: 255-256.
- Shin, Y.K., Choi, Y.S., Kim, E.O. and Sohn, S.G. (2009) Variation in physiological energetics of the ark shell *Scapharca broughtonii* (Bivalvia: Arcidae) from Gamak Bay, South Coast of Korea. *Fisheries Aquaculture Science*, **12**(4): 331-338.
- Solorzano, L. (1969) Determination of ammonia natural waters by the phenolhypochlorite method. *Limnology Oceanography*, **14**: 799-801.
- Smaal, A.C. and Widdows, J. (1994) The scope for growth of bivalves as an integrated response parameter in biological monitoring. *In*: Kramer KJM (ed), *Biomonitoring of coastal waters and estuaries*. CRC, BocaRaton, pp 247-267.
- Ward, J.E, Cassel, H.K. and MacDonald, B.A. (1992) Chemoreception in the sea scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin). I. Stimulatory effects of phytoplankton metabolites on clearance and ingestion rates. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **163**: 235-250.
- Warren, G.E. and Davis, G.E. (1967) Laboratory studies on the feeding, bioenergetics and growth of fish. *In*: *The biological basis of freshwater fish production*. Edited by S. D. Gerking, Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 175-214.