

# 한국 서해안 쇠방사늑조개, *Potamocorbula ustulata* *ustulata* (Reeve, 1844) 의 연령과 성장

류동기, 김영혜<sup>1</sup>

군산대학교 해양과학대학, <sup>1</sup>국립수산과학원

## Age and Growth of the Asian Clam *Potamocorbula ustulata* *ustulata* (Reeve, 1844) on the West Coast of Korea

Dong-Ki Ryu and Yeong-Hye Kim<sup>1</sup>

College of Ocean Science and Technology, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

<sup>1</sup> National Fisheries Research and Development Institute, Busan, 619-900, Korea

### ABSTRACT

Samples of *Potamocorbula ustulata ustulata* were collected monthly from October 2004 to November 2005 in the Jujin estuary of Gochang, Chollabuk-do, west coast of Korean peninsula. Age of *P. ustulata ustulata* was determined by the rings on the shell. The relationship between the shell length and the ring diameter in each ring group was expressed as a regression line. Therefore, there is a correspondence in each ring formation. Based on the monthly variation of the marginal index (MI') of the shell, it is assumed that the ring of this species was formed once a year during October to December. The relationship between the shell length (SL) and the shell height (SH; mm) was highly correlated with shell height as the following equation:  $SH = 0.6438 SL + 0.5642$  ( $r^2 = 0.978$ ). The shell length (SL) - shell width (SW) relation was also expressed by the following equation:  $SW = 0.4352 SL - 0.5675$  ( $r^2 = 0.957$ ). Shell length (SL; mm) and the total weight (TW; g) followed:  $TW = 6.999 \times 10^{-5} SL^{3.2542}$  ( $r^2 = 0.975$ ). Growth curves for the shell length and the total weight fitted to the von Bertalanffy's growth curve were expressed respectively as:

$$SL_t = 30.77 [1 - e^{-0.4572(t+0.7371)}],$$

$$TW_t = 4.87 [1 - e^{-0.4572(t+0.7371)}]^{3.2542}.$$

**Keywords:** *Potamocorbula ustulata ustulata*, Age, Growth, von Bertalanffy's growth curve.

### 서 론

쇠방사늑조개 (*Potamocorbula ustulata ustulata*) 는 쇠방사늑조개 과 (Corbulidae) 에 속하는 부족류로서 우리나라에서는 2 속 2 종이 서식한다고 알려져 있다 (Min *et al.*, 2004). 이 조개는 담수가 유입되는 기수역의 조건에 모래밭이나 갯벌에 주로 서식하며, 우각이 좌각에 비하여 크기 때문에, 양 패각이 서로 맞닿지 않아 우각이 좌각을 안고 있는 형태이다. 각피는 암갈색이고 좌우 패각에 각각 한 개씩의 주치를 가지고 있지만 측치는 없다. 대량 서식처인 전라북도 부안군 동진면 안성리 일대에서는 연중 채취하여 젓갈로 이용되기도 한다 (Lee, 1999). 우리나라에서는 주로 부안군을 중심으로 한 서해안에 주로 분포하고 있으며, 강원도 송지호에도 서식한다고 알려져 있다 (Min *et al.*, 2004). 또한 최근 들어 미국 샌프란시스코만에 대량으로 번식하여 문제가 되고 있는 종이다.

이 종에 대한 연구는 Lee (1999) 의 생식주기에 관한 조직학적 연구가 있을 뿐이며, 성장이나 사망 등에 관한 생태적 연구는 없는 실정이다. 본 연구의 목적은 환경변화에 대단히 민감하게 반응하는 쇠방사늑조개의 연령과 성장을 조사하여 새만금방조제 건설로 인한 전라북도의 해양생태계의 변화를 예측하는데 도움을 주고자 실시하였다.

### 재료 및 방법

#### 1. 조사 지역

조사지역은 전라북도 고창군 아산면으로부터 부안면과 심원

Received April 30, 2007; Accepted June 8, 2007  
Corresponding author: Ryu, Dong-Ki  
Tel: +82 (63) 469-1837 e-mail: dongki@kunsan.ac.kr  
1225-3480/23103  
© The Malacological Society of Korea

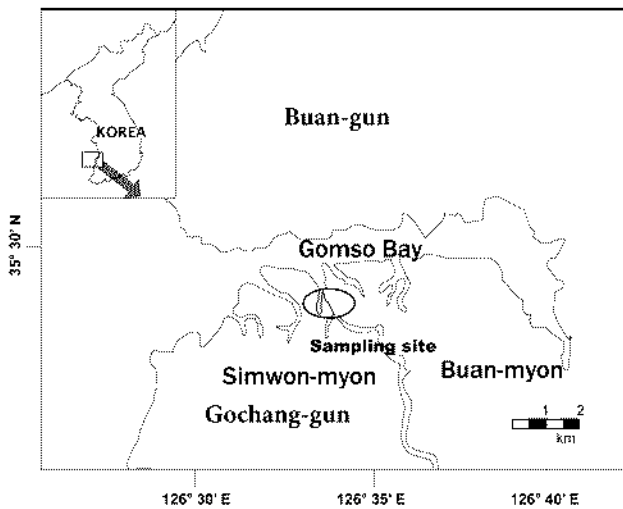


Fig. 1. Location of the study area and sampling sites.

면을 경계로 흐르는 주진천이다 (Fig. 1). 주진천은 하천 연장 길이가 28.0 km, 유역면적 229.3 km<sup>2</sup> (한국하천일람, 2000) 로 전형적인 우리나라 서해의 감조 하천으로 월별 주기적 생태 변화가 일어나는 지역으로 간조 때 수심은 평균 1 m 내외로 낮다.

### 2. 표본 채집 및 측정

쇄방사능조개의 월별 성장과정을 조사하기 위한 표본 채집은 고창군 주진천 하류에서 2004년 10월부터 2005년 11월까지 매월 1 회 간조 때에 실시하였다.

채취한 표본은 현장에서 망목 5 mm 체로 걸러 이물질을 제거한 후 실험실로 운반하여 동정하였다. 동정한 쇄방사능조개는 vernier calliper로 각장 (shell length) 과 각고 (shell height) 을 0.1 mm까지, 전중량 (total weight) 은 전자저울로 0.01 g 까지 측정하였다. 쇄방사능조개는 우각과 좌각의 길이가 다른데 본 조사에서는 길이가 비교적 큰 우각을 기준으로 길이를 측정하였다. 각장은 패각의 전연과 후연간의 최장 직선 거리로 측정하였다 (Fig. 2). 서식지의 환경은 지온을 봉상온도계를 이용하여 쇄방사능조개의 서식 깊이인 표면 하 5 cm에서 측정하였고 수질측정기 (Horiba, U-10) 를 이용하여 수온, 지온, 염분을 측정하였다.

### 3. 연령사정 및 성장

연령사정은 패각에 나타난 윤문으로 하였는데 쇄방사능조개의 패각에는 각정부를 중심으로 성장상황에 따라 동심원상으로 불투명대와 투명대가 나타난다. 연령사정은 비교적 패각의 변이가 적은 우각에 나타난 성장륜을 투과광을 조사하여 비교적 뚜렷하게 나타나는 투명대와 불투명대를 기준으로 하였으

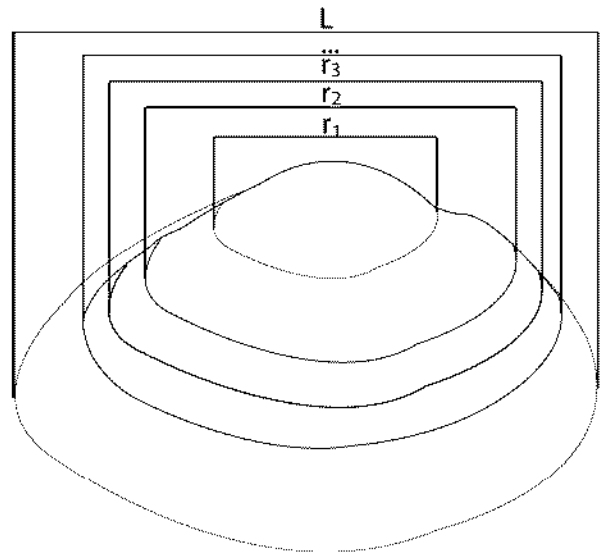


Fig. 2. Shell length (L) and ring diameters ( $r_1, r_n$ ) of *Potamocorbula ustulata ustulata*.

며, 성장은 von Bertalanffy 성장식으로 추정하였다. 측정기준은 패각의 각장을 L, 제 1륜의 윤경을  $r_1$ , 제 2륜의 윤경을  $r_2 \dots r_n$ 로 하여 측정하였다 (Fig. 2).

쇄방사능조개는 생후 1년 이상이 되면 패각에 복수의 윤문이 나타나는 현상을 볼 수 있다. 채집된 표본에는 패각에 윤문을 1 개 가진 개체들 (1륜군), 2 개 가진 개체들 (2륜군) ... 최대 3 개 가진 개체들 (3륜군) 이 관찰되었다.

본 조사에서는 윤문의 판독이 정확을 알아보기 위해서 각장과 윤문과의 상관관계를 통해서 확인하였다. 패각 연변부 성장의 월별변화는 연변부성장지수 (marginal index) 로 구하였다.

$$MI = \frac{(L - r_n)}{(r_n - r_{n-1})}$$

(L: 각장;  $r_n$ : 최외측 윤경의 길이;  $r_{n-1}$ :  $r_n$  개의 윤을 가지는 개체들의  $r_{n-1}$  윤경의 평균치;  $\bar{r}_n$ :  $r_n$  개 이상의 윤을 가지는 개체들의  $r_n$  윤경의 평균치)

각장과 전중, 각장과 각고, 각장과 각폭간의 관계는 직선식으로, 각장과 전중량은 포물선식을 적용하여 분석하였다. 또한, 각 윤문형성시의 각장과 체중을 알기 위하여 윤경을 평균하여 윤문형성시의 각장을 구하고 윤문형성시의 체중을 추정하였다. 이 계산치들을 사용하여 Bertalanffy 성장식을 구하였다. 성장식의 각 인수는 컴퓨터 프로그램인 Sigmaplot (4.0, SPSS Inc.) 의 regression wizard를 이용하여 구하였으며, 초륜 형성까지의 경과시간을 알기 위하여 필요한 산란기는 생

식소의 속도를 월별로 현미경으로 관찰하였고, Lee (1999) 이 보고한 자료를 분석하여 5월-6월로 정하였다.

## 결 과

### 1. 조사지역의 환경

2004년 10월부터 2005년 11월까지 측정한 조사지역에서의 연간 수온은 4.6-29.3℃로 나타났으며, 1월에 가장 낮았고, 8월에 가장 높았다. 지온은 2.6-29.4℃로 나타났으며 수온과 비슷하게 1월과 2월에 가장 낮았고 8월에 가장 높았다 (Fig. 3). 가을에는 지온이 수온보다 높았고 겨울철에는 반대로 낮게 나타났다.

조사지역에서의 월별 염분은 2.3-20.2 psu로 평균 8.21 ± 4.77 psu였고, 봄부터 서서히 증가하기 시작하여 6월에 최고

치를 나타내었고, 장마철 강우의 영향으로 7월에는 급격히 감소하였다 (Fig. 4).

### 2. 상대 성장

2004년 10월부터 2005년 11월까지 고창군 주진천에서 채집된 쇄방사늑조개는 좌각과 우각의 크기가 다르다. 좌각과 우각을 각각 분리하여 좌-우각의 각장 (SL) 과 각고 (SH) 의 상대성장을 조사하였으며, 그 결과는 아래 식과 같이 나타났다 (Fig. 5, 6).

$$SL_r = 0.3365 SL_l + 1.0982 \quad (R^2 = 0.9629)$$

$$SH_r = 0.7176 SH_l + 1.0015 \quad (R^2 = 0.9856)$$

(SL<sub>r</sub>: 우각의 각장, SL<sub>l</sub>: 좌각의 각장)

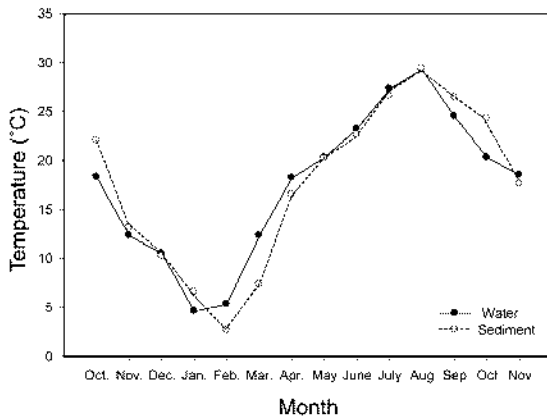


Fig. 3. Monthly variation in temperature of the river water and sediment at the study area from October 2004 to November 2005.

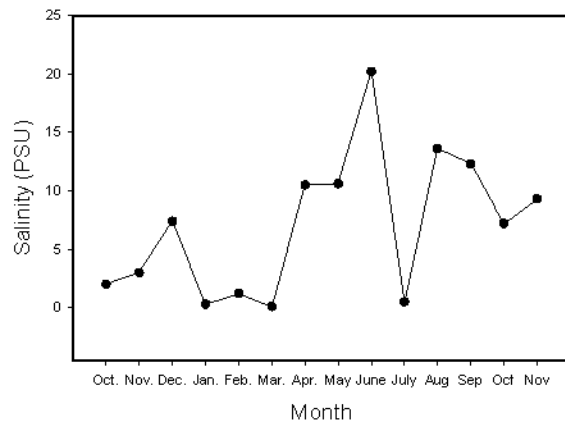


Fig. 4. Monthly variation in salinity of the river water at the study area from October 2004 to November 2005.

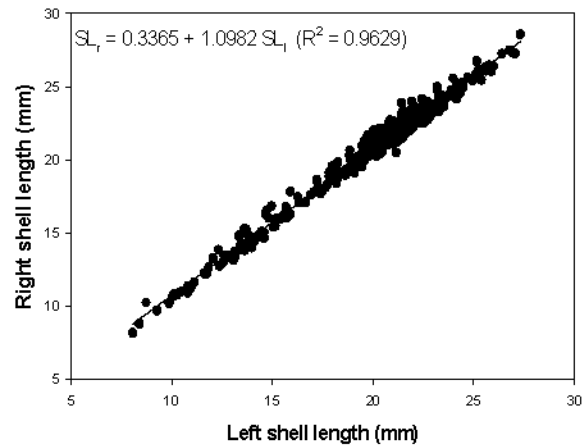


Fig. 5. Relationship between right shell length (SL<sub>r</sub>) and left shell length (SL<sub>l</sub>) of *Potamocorbula ustulata*.

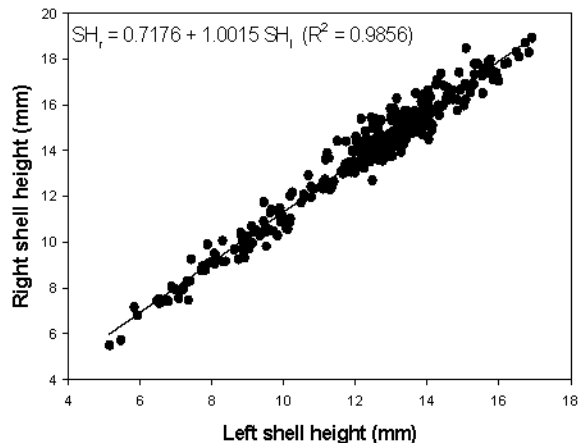


Fig. 6. Relationship between right shell height (SH<sub>r</sub>) and left shell height (SH<sub>l</sub>) of *Potamocorbula ustulata*.

또한 우각을 사용하여 각장과 각고, 각장과 각폭 (SW) 및 각장과 전중량 (TW) 간의 상관관계는 아래 식과 같이 나타낼 수 있었다 (Fig. 7, 8).

$$SH = 0.6438 SL + 0.5642 (R^2 = 0.978)$$

$$SW = 0.4352 SL - 0.5675 (R^2 = 0.957)$$

$$TW = 6.999 \times 10^{-5} SL^{3.2542} (R^2 = 0.975)$$

### 3. 각장 조성

쇄방사늑조개의 월별 각장에 따른 빈도수 (Fig. 9) 를 통해서 살펴보면, 각장 범위는 7-30 mm 정도로 나타났고, 2004년 12-4월까지 큰 변화가 없다가 어린치패가 출현하는 5월부터 10월까지 급속한 성장을 하다가 12-4월에는 성장이 느

러짐을 알 수 있다. 2005년 5월부터는 뚜렷한 두 개의 연급군이 존재하였으며, 어린 치패들이 최초로 가입하는 시기는 5월로 나타났으며 9월까지의 어린개체들이 출현하였으나 10월 이후에는 나타나지 않았다.

결과적으로 쇄방사늑조개는 수온이 비교적 낮은 2-4월에는 성장이 정체되거나 느리고, 5월경부터 본격적으로 성장하여 7-10월 사이에 급격히 성장을 하고 있음을 알 수 있다.

### 4. 윤문판독의 정확성

쇄방사늑조개의 패각은 표면은 전체가 갈색 또는 연한 황토색을 나타내며, 짙은 갈색 또는 짙은 황토색의 윤문이 각정을 중심으로 나타나 있는데, 이 윤문 판독의 정확성을 알아보기 위해서 채집한 표본을 대상으로 각장과 윤경간의 상호 대응 관계를 그래프를 통해 나타내었다 (Fig. 10). 그래프를 통해서 각장과 윤경간의 관계가 정상관을 보여 윤문판독의 정확성을 확인할 수 있었다.

그래프를 보면 회귀 직선을 중심으로 약간의 분산을 나타내고 있지만, 각 윤문이 비교적 뚜렷이 구분되어 윤문판독의 타

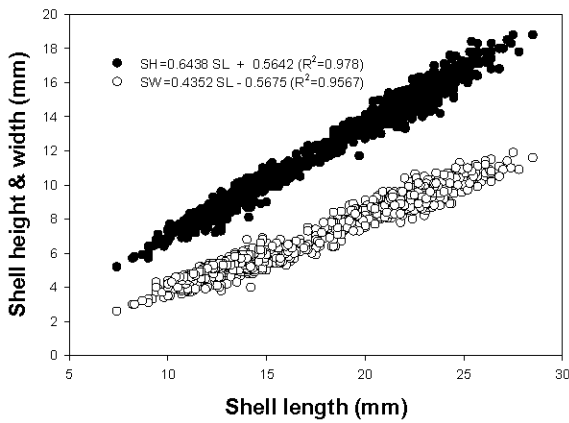


Fig. 7. Relationship between shell height (SH) and shell width (SW) and length (SL) of *Potamocorbula ustulata ustulata*.

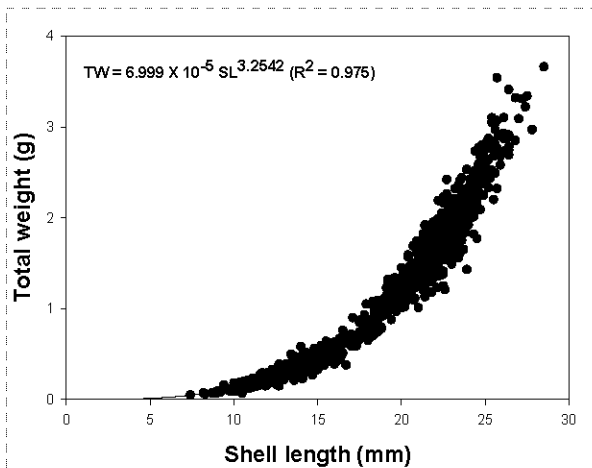


Fig. 8. Relationship between shell length (SL) and total weight (TW) of *Potamocorbula ustulata ustulata*.

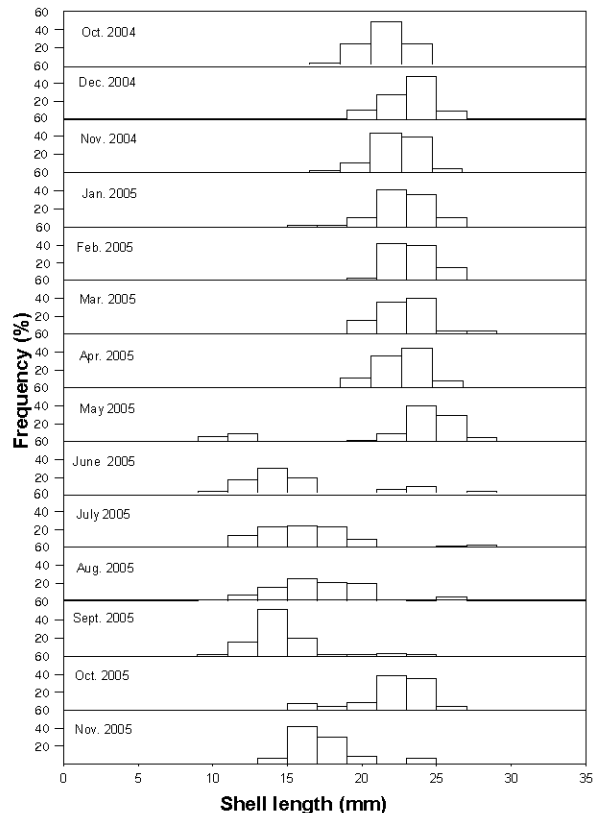


Fig. 9. Monthly frequency distribution of shell length of *Potamocorbula ustulata ustulata* from October 2004 to November 2005.

당성을 확인할 수 있었다. 따라서 판독된 윤문이 연륜임을 확인하였다.

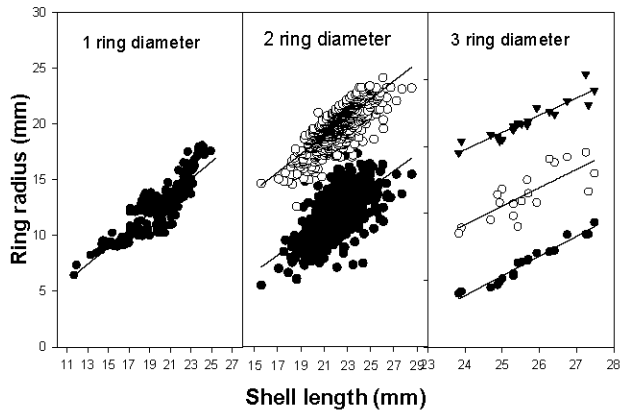
**5. 윤문형성의 주기성**

쇄방사늑조개의 윤문의 형성시기를 알아보기 위해 윤문경을 이용한 연변부성장지수 (MI')의 월변화를 그래프를 통해서 나타내었다 (Fig. 11). 12월에서 4월까지의 연변부성장지수의 범위가 가장 좁았으며 4월부터 급격히 증가하기 시작하여 9월에 평균값이 최고를 이루고 있으며 10월에 0.1 이하의 낮은 값을 보이는 개체들이 나타나고 있으나 대부분의 개체들은 0.5 이상의 높은 값을 보였다. 또한 11월에는 9월과 반대로 대부분의 개체들이 0.5 이하의 매우 낮은 값을 보이는 개체들이 대부분이었다. 따라서 윤문 형성 시기는 10월말부터 12월로 추정

**Table 1.** Estimated mean to weight at the time of each ring formation based on the relationship between shell length and total weight of *Potamocorbula ustulata ustulata*.

Item	Ring group	No.	Ring diameter		
			r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
Shell length (mm)	1	835	12.64		
	2	540	12.39	19.97	
	3	22	12.90	18.62	23.51
	Mean	1,397	12.64	19.30	23.51
Total weight (g)	1	835	0.27		
	2	540	0.25	1.19	
	3	22	0.29	0.95	2.03
	Mean	1,397	0.27	1.07	2.03

하였다. 따라서 쇄방사늑조개는 연 1 회 10-12월에 윤문이 형성되므로 윤문을 연륜으로 간주하여도 무방하다.



**Fig. 10.** Relationship between shell length and ring diameter of *Potamocorbula ustulata ustulata* from October 2004 to November 2005.

**6. 연령과 성장**

계화도조개의 연령과 성장에 있어서는 각 윤문의 평균을 각 연령군의 각장으로 정하였다 (Table. 1). Lee (1999) 는 쇄방사늑조개의 산란기는 5-7월과 9-10월 두 차례라고 보고하였다. 그러나 본 조사에서는 치패의 가입이 봄에 일어나므로 5-7월이 산란기로 간주하였다. 따라서 윤문형성시기가 10-12월이므로 산란에서 초륜까지 약 0.42 년이 필요하다. 따라서 0.42 세의 각장은 12.64 mm, 1.42 세는 19.30 mm, 2.42 세는 23.51 mm였다.

위의 결과를 그래프를 통한 연령군별 각장에 의해서 von Bertalanffy's growth curve의 모수를 추정하면 극한각장  $SL_{\infty} = 30.77$  mm, 성장계수  $k = 0.4572/\text{year}$ , 각장이 0 일 때의 이론적 연령  $t_0$ 는  $-0.7371$ 년으로 각각 추정되었다 (Fig. 12).

성장식은 다음식과 같이 나타낼 수 있다.

$$SL_t = 30.77 [1 - e^{-0.4572(t+0.7371)}]$$

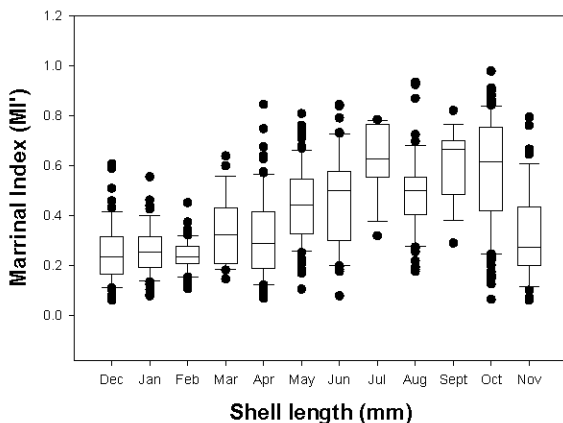
또한, 평균 윤문으로서 윤문 형성시의 전중량을 역계산하면  $TW_{0.42} = 0.27$  g,  $TW_{1.42} = 1.07$  g,  $TW_{2.42} = 2.03$  g으로 성장식은 아래와 같이 추정되었다 (Fig. 13).

$$TW_t = 4.87 [1 - e^{-0.4572(t+0.7371)}]^{3.2542}$$

**고 찰**

고창군 주진천은 연간 수온 범위가 4.6-29.3℃이고, 쇄방사늑조개가 서식하는 퇴적물의 표면하 5 cm 온도는 연간 2.5-29.4℃로 매우 넓은 범위이며, 연간 염분은 간조 때 2.3-20.2 psu 내외이다.

Lee (1999) 에 의하면 새만금해역에서 채집된 쇄방사늑조



**Fig. 11.** Monthly change of shell marginal indices of *Potamocorbula ustulata ustulata* from October 2004 to November 2005.

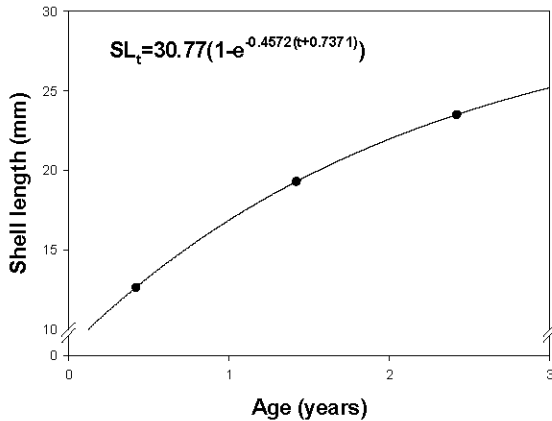


Fig. 12. von Bertalanffy's growth curve shell length of *Potamocorbula ustulata ustulata*.

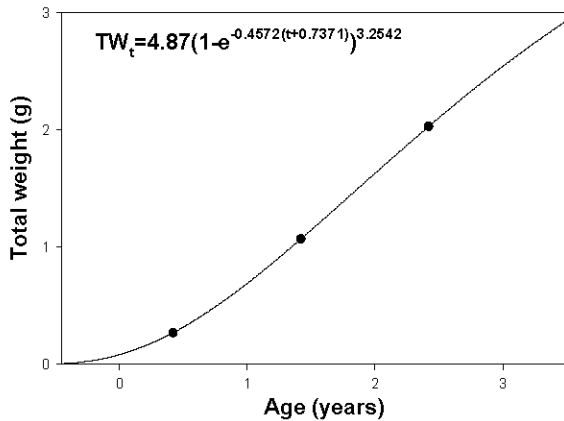


Fig. 13. von Bertalanffy's growth curve total weight of *Potamocorbula ustulata ustulata*.

개의 경우 주 산란기는 5-7월, 9-10월 두 차례라고 보고하였다. 그러나 본 조사에서 출현하는 치패의 가입을 볼 때 고창군 주진천 쇠방사늑조개의 산란기는 5-7월로 추정된다.

쇠방사늑조개의 좌우각의 크기는 직선적 관계로 우각이 좌각보다 각장과 각고 모두 큰 것으로 조사되었다. 또한 각장-전중의 상대성장에 있어서 각장이 20 mm 이전에는 회귀직선을 중심으로 분산이 비교적 작았으나, 각장 20 mm 이상으로 성장하면서 분산이 큰 개체들이 확인되었는데, 각장이 20 mm 이상 증가할수록 환경 및 생리적인 영향으로 각장-전중간의 편차가 커지는 것으로 사료된다.

각각의 윤문군별로 각장에 대한 윤경간의 대응성을 확인한 결과 윤경의 분산이 윤문형성시기가 개체간에 편이가 큰 것으로 보이며, 패각이 얇은 어린 시기에는 환경변화에 민감하기 때문에 윤문의 형성시기 및 크기의 개체간 차이가 비교적 큰

것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서의 윤문 형성 시기는 6월에 산란한 이후 그 겨울인 10-12월에 처음으로 윤문을 형성한다는 것을 알 수 있었다.

패류의 패각을 연령형질로 하여 연령사정을 한 결과는 국내 외에 많은 논문이 발표되었다. 이들 논문들의 대부분은 윤문형성시기를 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 즉, 온도가 급격히 낮아지거나 높아질 때 (Ryou 1991; Kim and Ryou, 1991; Sakurai, 1993; Ryou and Kim, 1997; Ryu *et al.*, 2005) 와 산란기 전후 (Kang and Kim, 1983; Kim *et al.*, 1985, Ryu and Kim, 2001) 로 나눌 수 있다. 윤문의 형성은 패각의 성장에 대한 에너지의 부족으로 성장을 멈추는데, 이는 겨울철 먹이의 부족과 저온으로 인한 생리활성의 저하 및 산란기의 에너지가 정자나 난자의 형성에 쓰여 성장이 지연되는 결과에 의하여 나타난다. 그러나 온대지역에는 대부분의 경우는 겨울철의 온도하강에 의하여 일어나는데, 난소의 발달이 크게 나타나는 패류에서는 산란기 이후에도 윤문이 형성된다. 우리나라에서도 북방대합 (*Spisula sachlinensis*) 과 개량조개 (*Mactra chinensis*) 에서는 산란철 이후에 윤문이 형성되는 것으로 나타났다. 쇠방사늑조개는 겨울철 성장의 지연과 산란기에 성장이 지연되는 것으로 보이지만, 산란에 참여하지 않는 어린 개체들은 산란기에 성장이 지연되지 않으며 산란기가 비교적 길어 윤문의 형성이 뚜렷하게 나타나지 않으므로 윤문형성이 모든 개체에서 비교적 뚜렷하게 나타나는 가을철-겨울철에 형성되는 윤문을 연륜으로 간주하는 것이 타당할 것으로 생각된다. 그러나 우리나라에서 대부분의 패류는 성장이 지연되는 겨울에서 성장이 시작되는 봄철 사이에 윤문이 형성되지만 본 조사에서는 계화도 조개에서 성장이 멈추는 시기인 겨울에 윤문이 형성되었다. 이는 패각에 나타나는 윤문이 뚜렷한 위치를 연구자가 결정하는 것이므로 성장이 멈추는 시기나 성장이 시작되는 시점 두 가지 중에서 선택한 결과로 보인다.

## 요 약

2004년 10월부터 2005년 11월까지 전라북도 고창군 주진천에 서식하는 쇠방사늑조개의 서식지 환경과 성장을 조사하였다. 서식지의 월별 수온은 4.6-29.3℃로 나타났으며, 1월에 가장 낮았고, 8월에 가장 높았다. 지온은 2.6-29.4℃로 나타났으며 수온과 비슷하게 1월과 2월에 낮았고 8월에 가장 높았다. 월별 염분은 2.3-20.2 psu로 평균 8.21 ± 4.77 psu였다. 쇠방사늑조개의 패각에 나타나는 윤문은 년 1회 형성되며, 주된 윤문 형성 시기는 10-12월임을 확인할 수 있었다. 초륜의 형성 기간은 약 5개월 (0.42년) 으로 나타났으며, 각장 (SL) 과 각고 (SH) 간의 관계는  $SH = 0.4352 SL + 0.5642$  ( $R^2 = 0.978$ ) 이고, 각장과 각폭 (SW) 간의 관계는  $SW = 0.4352$

SL - 0.5675 ( $R^2 = 0.957$ ) 이며, 각장과 전중량 (TW) 간의 관계는  $TW = 6.999 \times 10^{-5} SL^{3.2542}$  ( $R^2 = 0.975$ ) 로 나타났다. 연령 (t) 에 대한 각장 (SL) 의 Bertalanffy 성장식은  $SL_t = 30.77 [1 - e^{-0.4572(t+0.7371)}]$  였으며, 전중량 (TW) 의 Bertalanffy 성장식은  $TW_t = 4.87 [1 - e^{-0.4572(t+0.7371)}]^{3.2542}$  로 추정되었다.

### 감사의 말씀

본 논문은 2004년도 군산대학교 수산과학연구소의 학술연구보조비에 의하여 연구되었으며, 이에 감사를 드립니다.

### REFERENCES

- Kang, Y.J. and Kim, C.K. (1983) Studies on the structure and production processes of biotic communities in the coastal shallow waters of Korea. 3. Age and growth of *Spisula sachalinensis* from the Eastern waters of Korea. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **16**(2): 82-87. [in Korean]
- Kim, B.K., Ko, T.S., Song, H.I., Lee, S.D. and Kim, S.Y. (1985) Studies on the spawning and growth of Hen clam, *Macra sulcataria* (Reeve). *Bulletin of Fisheries Research Devison Agency*, **34**: 157-164. [in Korean]
- Kim, Y.H. and Ryou, D.K. (1991) Study on the growth of *Macra veneriformis* (Reeve). *Bulletin of Kunsan Fisheries Junior College*, **25**(2): 41-47. [in Korean]
- Lee J.H. (1999) Histological study on the reproductive cycle of *Potamocorbula amurensis* (Bivalvia: Corbulidae). *Journal of Korean Fisheries Society*, **32**(5): 629-636.
- Min, D.K., Lee, J.S., Koh, D.B. and Je, J.G. (2004) Mollusks in Korea. 566 pp. Min Molluscan Research Institute. Seoul. [in Korean]
- Ryou, D.K. (1991) Study on the Growth of *Tapes philippinarum* (Adam et Reeve). *Bulletin of Kunsan Fisheries Junior College*, **25**(1): 25-31. [in Korean]
- Ryou, D.K. and Kim, Y.H. (1997) Studies on the population dynamics of surf clam, *Macra veriformis* Reeve (Bivalvia) un the coast of Kunsan, Korea I. Growth. *Korean Journal of Malacology*, **13**(2): 185-192.
- Ryu, D.K. and Kim, Y.H. (2001) Management of Hen clam, *Macra chinensis* Philippi, in the coast of Kunsan. I. Age and growth. *Korean Journal of Malacology*, **17**(1): 1-9. [in Korean]
- Ryu, D.K., Chung, E.Y. and Kim Y.H. (2005) Age and growth of the brackish water clam, *Corbicula japonica* Prime on the West coast of Korea. *Korean Journal of Malacology*, **21**(1): 57-64. [in Korean]
- Sakurai, I. (1993) Age and growth of the sunary surf clam *Macra chinensis* in Tomakomai, southwest Hokkaido. *Bulletin of Japanese Fisheries and Science*, **59**(3): 469-472. [in Japanese]