

# 한국 서해산 살조개 *Protothaca jedoensis*의 연령과 성장

김지현, 김종식<sup>1</sup>, 김용호, 정의영, 류동기

군산대학교 해양생명과학부, <sup>1</sup>국립수산과학원 서해수산연구소 보령수산종묘시험장

## Age and Growth of the Jedo Venus Clam, *Protothaca jedoensis* on the West Coast of Korea

Ji-Hyun Kim, Jong-Sheek Kim<sup>1</sup>, Yong-Ho Kim, Ee-Yung Chung and Dong-Ki Ryu

Faculty of Marine Life Science, Kunsan National University, Kunsan 573-360, Korea

<sup>1</sup>Boryeong Marine Hatchery, West Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Boryeong 353-851, Korea

### ABSTRACT

Age and growth of the the Jedo venus clam, *Protothaca jedoensis* were investigated using samples from the subtidal zone of Boryeong, Chungcheongnam-do, Korea from January to December, 1999. The relationship between shell height and ring radius in each group was expressed as a regression line. Therefore, it could be recognized that there is a correspondence in the formation of each ring. Based on the monthly variation of the marginal index of the shell, it was suggested that the annual ring mark formation occurred during the period of February to March once a year. The relationship between shell height (SH) and total weight (TW) was represented by the non-linear equation:  $TW = 0.0007 SH^{2.8919}$ , and also in the relationship between shell length (SL) and shell height (SH), shell height (SH) and shell width (SW) were represented by the linear equations:  $SL=1.1067SH+1.778$ ,  $SW=0.6758SH-0.9824$ .

Growth curves for shell height and total weight fitted to the von Bertalanffy equation were expressed as:

$$SH_t = 81.546(1 - e^{-0.176(t+0.381)}),$$

$$TW_t = 227.65(1 - e^{-0.176(t+0.381)})^{2.8919}.$$

**Keywords:** Jedo venus clam, *Protothaca jedoensis*,

### Marginal index, Age, Growth.

### 서 론

살조개 (*Prototheca jedoensis*)는 백합과 (Veneridae)에 속하는 이매패류로 우리나라에서는 동, 서, 남해 연안에서 모두 채집되나, 주로 서, 남해안의 조건대 하부부터 수심 10 m까지의 해저퇴적물 입자가 거친 모래지역에 서식하며, 중국의 산둥, 황해, 일본 홋카이도 등지에도 분포하고 있다 (Kwon *et al.*, 1993).

패각은 난원형으로 두껍고 단단하며 양옆이 둥글게 부풀어 있고 후연으로 갈수록 패각이 두껍다. 각정은 앞으로 치우쳐져 있고, 소월면은 심장형이나 넓다. 패각 표면에는 방사능이 42 줄 내외가 있고, 이들은 성장패각과 교차하여 강한 포목상을 이루고 있으며 성장 정지선이 뚜렷한 개체가 많아 층을 이루는 것이 많다. 우리나라에서 채집되는 개체는 일본지역에 서식하는 개체에 비교하여 패각이 약간 길며, 방사능의 특징에도 차이가 있어 차후 분류학적인 재검토가 요구된다 (Kwon *et al.*, 1993).

살조개는 우리나라 서, 남해안 지선 어업인들로부터 살반지 락이라고 불리며, 주로 형망 어선어업에 의해 채취되고 있으나 어획량이 많지 않은 관계로 공식적인 생산량 통계는 집계되지 않고 있다. 비교적 대형종이며 식용으로의 기호도가 높아서 유용 수산자원으로의 개발 가치가 높은 것으로 기대되고 있는 반면, 어획량뿐만 아니라 자원량의 변동이나, 생태 및 번식 등을 포함한 효율적인 자원관리나 양식기술 개발에 요구되는 기초자료가 거의 전무한 상태이어서 자원량 관리나 양식기술 개발을 위한 자원량 증강 계획 수립에 많은 어려움이 있다.

Received October 27, 2003; Accepted December 6, 2003

Corresponding author: Chung, Ee-Yung

Tel: (82) 63-469-4592 e-mail: eychung@kunsan.ac.kr

1225-3480/19207

© The Malacological Society of Korea

지금까지 외국산 *Protothaca* 속 조개류에 관하여 연구, 보고된 것으로는 염분과 조수의 영향 (Era, 1985), 성장형태 (Harrington, 1987), 등의 생태에 관한 연구와 *Protothaca grata*의 생식주기 (Pizarro and Cruz, 1987), *P. asperrima*의 배발생 (Ewart et al., 1988), *P. pectorina* 정자의 미세구조 (Matos et al., 1997) 등의 생식과 발생에 관한 보고가 있으며, 그밖에 집단유전학적 특징 (Parjerm, 2000) 에 관해 보고되어 있다. 국내 연구로는 남해산 살조개의 생식주기 (Kim, 2002), 서해 보령산 살조개의 성숙속 (Kim et al., 2003) 에 관한 연구가 전부이며, 특히 자원관리를 위한 연령과 성장에 관한 보고는 찾아볼 수 없으며, 자원량의 기초자료 조차 조사되지 않은 실정으로 향후 자원관리 및 양식생산 기술개발을 위한 기초자료의 확보가 요망된다.

따라서, 본 연구는 서해 보령연안에 서식하는 살조개의 연령과 성장을 구명하여 자원평가 및 자원량 관리를 위한 자원생태학적 특성치를 제시하고자 수행되었다.

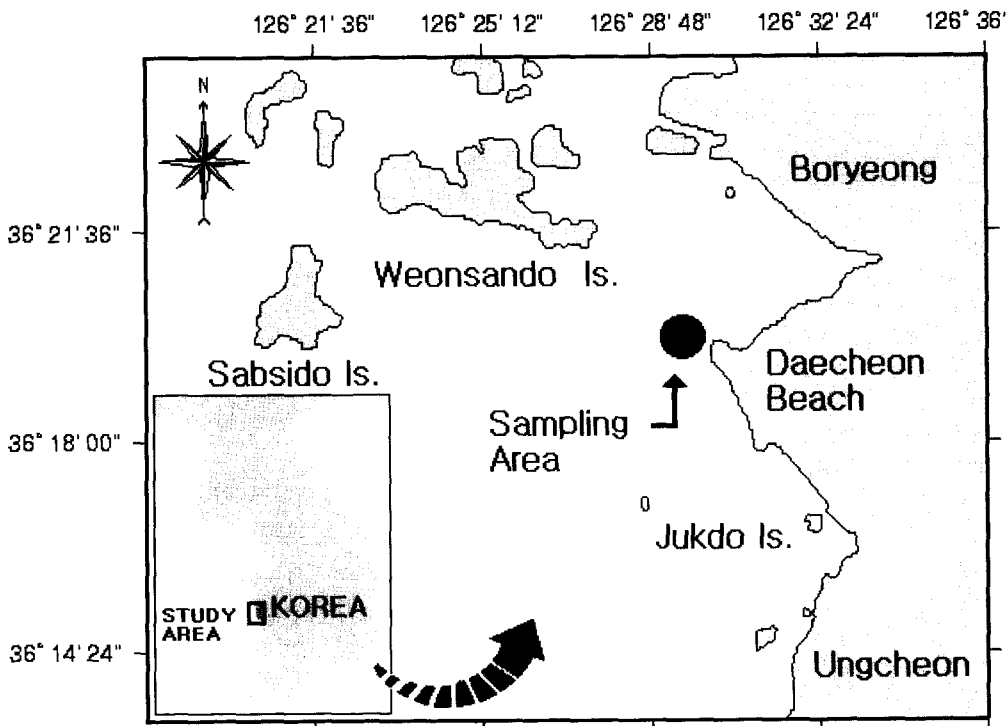
### 재료 및 방법

본 실험에 사용된 살조개 (*Protothaca jedoensis*) 는 충남 보령시 대천해수욕장 인근 해역에서 월 1회 저조시를 택하여 간조시의 수심을 기준으로 약 3-9 m 깊이에서 직접 잠수하여

**Table 1.** Number of individuals of the Jedo venus clam, *Protothaca jedoensis* randomly sampled for age determination in the adjacent waters of Boryeong, Korea.

Sampling date	Number of individuals	Mean of shell length (mm)
January 20, 1999	407	38.40
February 21, 1999	240	43.55
March 24, 1999	242	42.50
April 30, 1999	224	35.95
May 20, 1999	122	37.05
June 22, 1999	117	41.55
July 10, 1999	121	39.15
August 14, 1999	149	42.80
September 19, 1999	133	49.95
October 31, 1999	161	44.95
November 27, 1999	348	45.00
December 22, 1999	327	42.10
Total	2,591	41.91

무작위 채집하였으며 (Fig. 1), 1999년 1월부터 12월까지 월 별로 117-407 개체씩 총 2,591 개체를 조사하였다 (Table 1). 채집된 시료는 실험실로 옮긴 후, 각장 (shell length, SL), 각고 (shell height, SH), 각폭 (shell width, SW) 을



**Fig. 1.** Map showing the sampling area (solid circle) of *Protothaca jedoensis* in adjacent waters of Daecheon, Korea.

vernier calipers로 0.1 mm 단위까지 측정하였고, 총중량 (total weight, TW), 연체부중량 (meat weight, MW) 은 전자저울을 이용하여 0.01 g 단위까지 측정하였다. 비만도 (condition index, CI)는  $CI = MW / (SL \times SH \times SW)$  의 식으로 계산하였다.

살조개의 연령에 따른 각장의 성장상태를 파악하기 위해, 실험실로 운반된 패각은 불순물을 제거하고 세척하여 건조시킨 후 보관하였다가 관독이 용이한 패각을 2차 표본 추출하여 해부현미경용 조명등의 강한 빛을 패각에 투사시켜 육안으로 관찰하였으며, 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계선을 윤문으로 관독하였다 (Fig 2). 윤문의 반경 역시 vernier calipers로 0.1 mm 단위까지 측정하였다. 윤문이 형성된 시기와 연간 형성횟수를 파악하기 위해 월별로 각개가 30-40 mm범위에 해당하는 패각만 2차 표본 추출하여 다음의 식으로 연변부 성장 (Marginal index, MI) 변화를 조사하였다.

$$MI = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}}$$

여기에서 R은 각고 (SH),  $r_n$ 은 패각의 중심부인 각장에서 최외각 윤문까지의 거리이다.

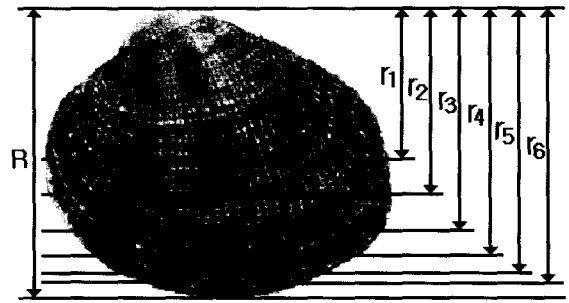


Fig. 2. Photographs of *Protothaca jedoensis* with notation of measurement.  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_4$ ,  $r_5$  and  $r_6$  stand for the first, second, third, fourth, fifth and sixth ring radius, respectively.

또한, 상기의 측정자료를 이용하여 패각의 윤문으로 연령사정을 실시한 후, 연령별 평균 각고자료를 사용하여 성장식을 추정하였다. 본 연구에서는 일반적으로 가장 널리 사용되는 von Bertalanffy (1938) 성장모델을 선택하여 성장모델의 매개변수 추정방법으로 우선 Walford 정차도법에 의한 추정치를 구한 후, 이 추정치를 초기값으로 하여 컴퓨터 패키지인 Excel solver의 비선형회귀분석방법을 이용하여 추정하였다.

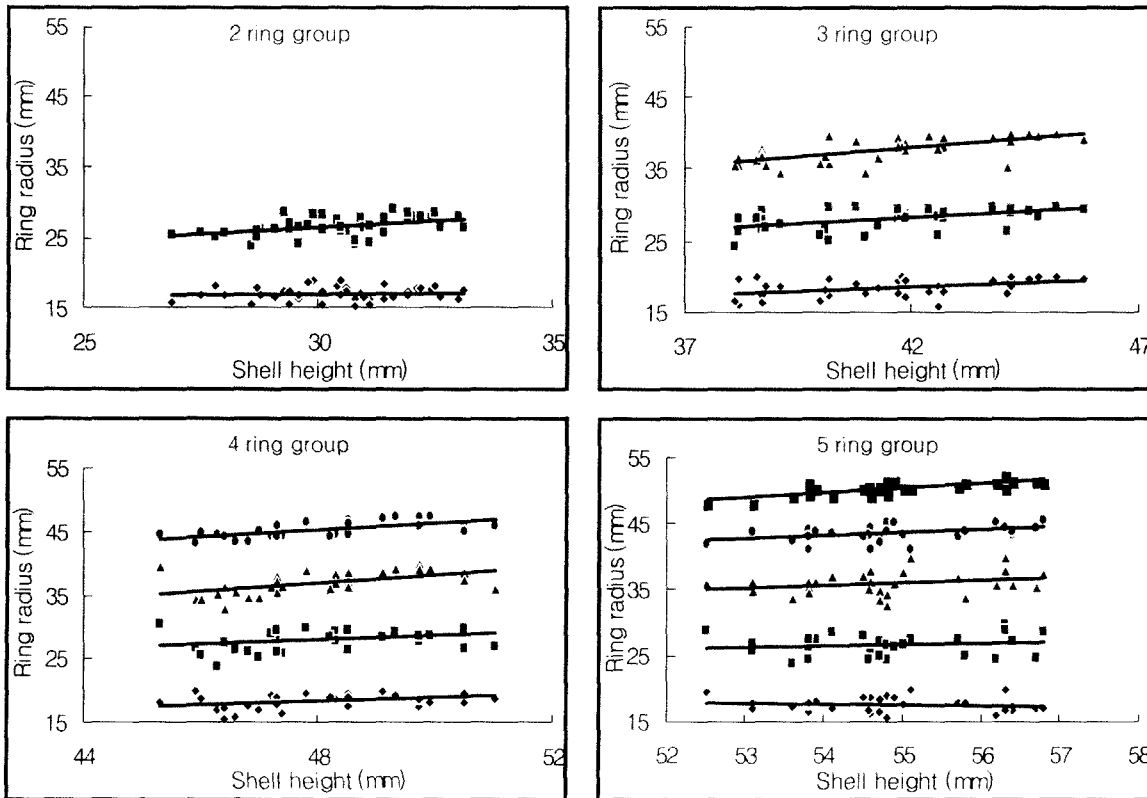


Fig. 3. Relationship between shell height and ring radii of *Protothaca jedoensis*.

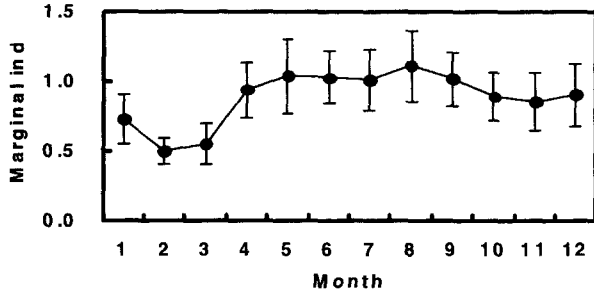


Fig. 4. Monthly changes in the marginal index on the shell of *Protothaca jedoensis* in 1999.

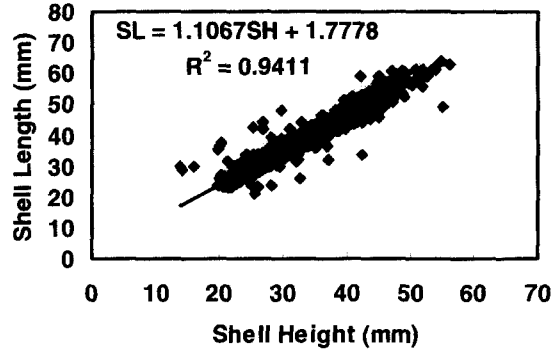


Fig. 6. Relationship between shell height (SH) and shell length (SL) in *Protothaca jedoensis*.

## 결 과

### 1. 윤문형성의 대응성

조개류는 패각에서 보여지는 윤문을 통해 비교적 용이하게 연륜을 판독할 수 있으나, 이러한 윤문이 실제로 연륜을 나타내고 있는 것인지를 대응성을 조사하여 윤문판독의 정확성을 검토할 필요성이 있으며, 이를 위해 윤문별로 각고와 윤경과의 관계를 검토하였다. 각 윤문군에 있어서 윤경의 측정치는 인접한 윤경과 서로 중복됨이 없이 일정한 간격으로 분리되어 직선회귀 관계를 나타낸다. 이는 패각에 형성된 윤문이 대응성을 보이는 것이므로 연령형질로서 사용될 수 있음을 나타낸다 (Fig. 3).

### 2. 윤문형성 시기

윤문이 연령형질로서 사용 가능한 것으로 나타났지만, 윤문

이 반드시 연륜을 나타내는 것은 아니므로 윤문이 형성되는 시기 및 1년에 몇 회 형성되는지를 확인할 필요가 있다. 윤문 형성의 시기와 주기성을 파악하기 위해 패각 연변부성장지수 (marginal index)의 월별 평균 변화를 조사하였다. 연변부성장지수는 1월부터 점차 감소하여 2-3월에 0.5-0.6으로 최저값을 나타내었고 4월부터 서서히 증가하여 8월 1.11로 가장 높은 값을 나타낸 후, 다시 점차 감소하는 경향을 나타내었다 (Fig. 4). 이러한 결과로 미루어 살조개의 윤문은 2-3월경을 전후로 하여 연 1회 형성되는 것으로 추정된다.

### 3. 산란기

비만도의 변화는 연중 0.123-0.212 범위로 3월부터 점차 상승하여 5월에는  $0.212 \pm 0.076$ 로 최고치를 보였으며, 6월에 급격히 낮아져 12월까지 계속 감소되는 경향을 보였다. 보령산 살조개의 산란기는 5월부터 7월에 걸쳐 산란하는 것으로 추정

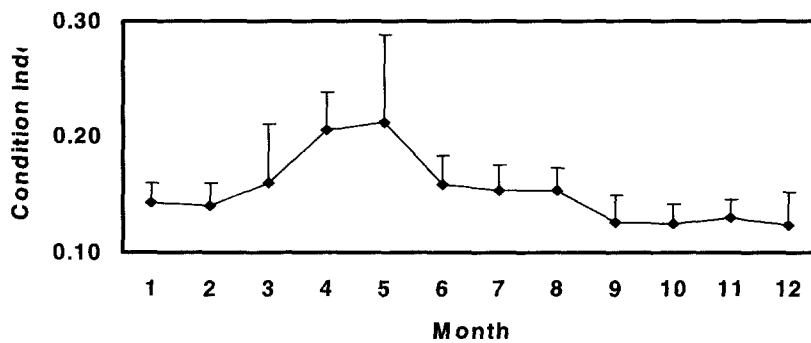


Fig. 5. Monthly changes in the condition index (CI) in *Protothaca jedoensis* in 1999.

되었다 (Fig. 5).

**4. 각고와 각장 및 전중량 간의 상대성장**

각고 (SH) 에 따른 각장 (SL), 각폭 (SW) 및 총중량 (TW) 의 상대성장식은 다음과 같다.

$$SL = 1.1067 SH + 1.778 \quad (\text{Fig. 6})$$

$$SW = 0.6758 SH - 0.9824 \quad (\text{Fig. 7})$$

$$TW = 0.0007 SH^{2.8919} \quad (\text{Fig. 8})$$

**5. 연륜별 평균 윤경**

패각의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 연 1회 형성되는 주기성을 나타내는 윤문이므로 이 윤문을 연륜으로 간주하고 연령별로 연륜의 평균 윤경을 구하였다. 패각에서 관찰된 최고 연륜수는 6개였고 연륜별로 구한 평균 윤경은  $r_1 = 17.9 \text{ mm}$ ,  $r_2 = 27.3 \text{ mm}$ ,  $r_3 = 36.8 \text{ mm}$ ,  $r_4 = 44.2 \text{ mm}$ ,  $r_5 = 50.0 \text{ mm}$ ,  $r_6 = 54.9 \text{ mm}$ 로 나타났는데, 이들 평균 윤경을 각 연령별 각고로 간주하였다 (Table 2). Fig. 8의 각고와 전중의 관계식으로부터 역산한 연륜별 전중은 Table 3에 나타내었다.

**6. 성장식**

본 조사에서 보령산 살조개의 산란기는 5-7월이고, 윤문 형성시기는 2-3월이므로, 5-7월에 산란하여 성장한 살조개는 다음해 2-3월에 제1윤문이 형성되는 것으로 추정되며, 제 1 윤문의 형성시까지 대략 10개월의 기간이 소요되므로 이 기간을 만 1년으로 추정하고 von Bertalanffy 성장식을 이용하여 시간에 대한 살조개의 성장을 식으로 나타내었다 (Fig. 7, 8).

Table 2의 연륜 형성시의 계산 각고를 이용하여 von Bertalanffy 성장식과 매개변수들을 전산프로그램 (Excel 2000 solver, Microsoft) 를 이용한 비선형회귀분석법으로 추정된 결과, 살조개의 성장식은

$$SH_t = 81.546(1 - e^{-0.176(t+0.381)}),$$

로 추정되어, 이론적 최대각고 ( $SH_{\infty}$ ) 는 81.5 mm이고, 성장계수 (K) 는 0.18/year, 각장이 0일 때의 이론적 연령 ( $t_0$ ) 은 -0.381로 나타났다 (Fig. 9).

또한, Table 3의 살조개의 각고와 전중의 관계식 ( $TW=aSHb$ ) 으로부터 계산된 연륜 형성시의 전중량을 이용하여 분석한 von Bertalanffy 성장식은,

$$TW_t = 227.65(1 - e^{-0.176(t+0.381)})^{2.8919}$$

이었고, 이론적 최대 전중량 ( $TW_{\infty}$ ) 은 227.65 g로 나타났다 (Fig. 10).

**고 찰**

본 조사에서는 1999년 1월부터 12월까지 월별로 117-407 개체씩 총 2,591개체를 채집하여 조사하였는데 월별로 채집 각장의 크기 변화는 크지 않았다. 특히 20 mm 이하의 소형 개체가 극히 소수만이 채집되었는데 이는 채집 방법상의 문제로서 간조시 수심 5-12 m의 깊이에 직접 잠수하여 수중시야 확보가 어려운 상황에서 도수 채집한 결과로 여겨지며, 0-20

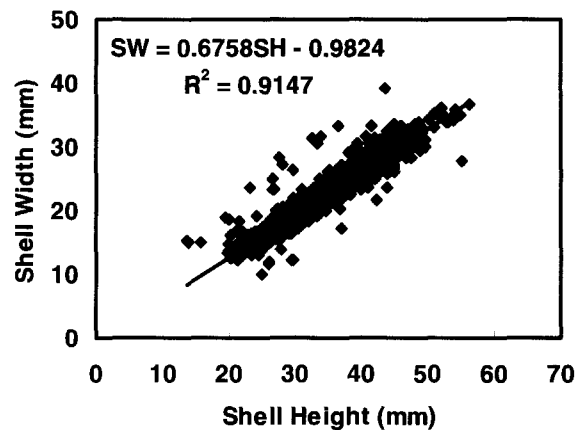


Fig. 7. Relationship between shell height (SH) and shell width (SW) in *Protothaca jedoensis*.

Table 2. Average ring radius on the shell of the Jedo venus clam, *Protothaca jedoensis*.

Age	Ring radius (mm)						R
	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>6</sub>	
1	18.3						24.6
2	17.1	26.7					30.4
3	18.4	28.1	37.8				41.7
4	18.4	28.0	37.0	45.3			48.0
5	17.5	27.6	35.9	43.5	50.3		54.8
6	17.8	26.3	36.5	43.9	49.7	54.9	56.2
Mean	17.9	27.3	36.8	44.2	50.0	54.9	42.6

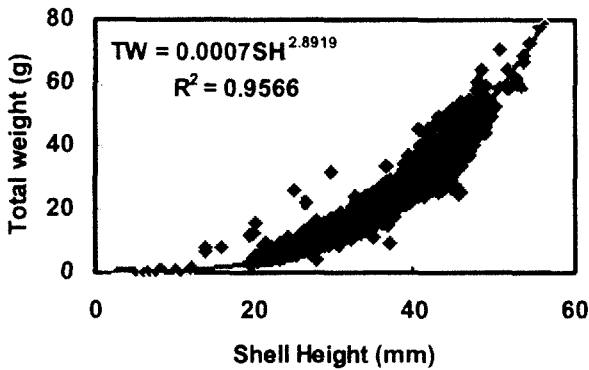


Fig. 8. Relationship between shell height (SH) and total weight (TW) in *Protothaca jedoensis*.

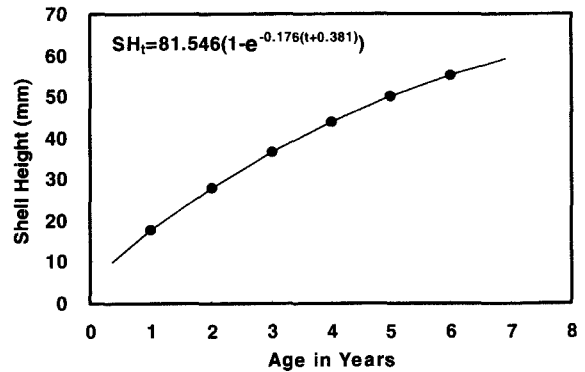


Fig. 9. Theoretical von Bertalanffy growth curve in shell height by von Bertalanffy's equation for the Jedo venus clam, *Protothaca jedoensis*.

mm 사이의 소형개체들도 서식하고 있을 것이지만 본 조사에서는 채집되지 않았으므로 차후 이와 관련한 조사가 필요할 것으로 판단된다.

본 조사에서 살조개의 산란기는 비만도가 급격히 높아졌다가 낮아지는 5월부터 7월까지를 산란기로 추정하였다 (Kim *et al.*, 2003). 그리고 남해안의 살조개는 연 1회의 산란기를 갖으며 주산란기를 6-7월이라고 보고하였다 (Kim *et al.*, 2002). 따라서 서해산 살조개의 산란기는 연 1회로 5-7월 중에 일어나며 주산란기는 6, 7월로 추정되었다.

살조개의 지역 간 상대성장을 비교한 조사 (Kim, 2002) 에 의하면 각장에 대한 각고의 상대성장식에서 여수시 두문포산의 기울기가 0.893, 고흥군 백양리산이 0.850였고, 본 조사의 서해 보령연안산은 0.850으로 나타나 각장에 대한 각고의 상대성장은 대체로 유사하나 보령 연안산이 두문포산보다는 약간 작은 것으로 나타났다. 각장에 대한 각폭의 상대성장식에서는 기울기가 여수시 두문포산이 0.645, 고흥군 백양리산이 0.602

로 서해 보령연안산은 0.5913으로 나타나서 서해 보령연안산이 남해안산보다 동일한 각장에 대한 각폭이 작은 것으로 나타나서 남해산이 서해산에 비하여 더 둥근 형태를 띠는 것으로 나타났는데, 이는 새고막 (Yoo, 1977; Kwun, 1998) 등의 조개류가 서식환경의 조건에 따라 패각의 형태가 다르다고 보고하였다. Yoo (1977) 와 Kwun (1998)은 새고막 패각의 형태가 각장과 각폭 사이의 기울기에 따라 장형, 둥근형, 중간형의 3형태로 나누어지는데, 기울기가 낮을수록 (환경조건이 양호) 성장이 좋고, 기울기가 높을수록 (환경조건이 불량) 성장이 좋지 않아 둥근형을 나타내게 된다고 보고하였다. 살조개에서는 각장에 대한 전중량의 상대성장 계수가 남해안의 경우 고흥 백양리산 (2.930) 과 여수 두문포산 (3.185) 모두가 서해 보령연안산 (2.836) 보다 큰 것으로 조사되었다. 이는 살조개의 성육장으로 두문포 연안이 백양연안이나 서해 보령연안보다는 환경이 양호한 것으로 사료되나 (Kim, 2002), 서해산과는 지역적인 차이에서 오는 차이에 따른 것으로 생각된다.

Table 3. Back-calculated total weight at the formation of annual ring on the shell of the Jedo venus clam, *Protothaca jedoensis*.

Age	Weight (g)						
	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>6</sub>	R
1	3.13						7.37
2	2.58	9.34					13.60
3	3.18	10.83	25.53				33.91
4	3.18	10.72	24.00	43.09			50.94
5	2.75	10.28	21.99	38.32	58.33		74.73
6	2.89	8.94	23.07	39.35	56.34	75.12	80.38
Mean	2.95	10.02	23.65	40.25	57.33	75.12	43.49

살조개의 패각에 형성된 윤문은 대응성을 보였으며, 연령형 질로서 이용이 가능한 것으로 나타났다. 조개류에서 패각에 나타나는 윤문이 연령형질로 적합하다는 보고는 다수이며 (Ryu *et al.*, 2001; Jo *et al.*, 2001; Lee and Zhang, 2000; Zhang *et al.*, 1999; Kim and Zhang, 1999), 이들 보고에 의하면 조개류의 윤문형성 시기는 대체로 온도가 급격히 낮아 지거나 높아지는 시기 (Ryou and Kim, 1997; Ryou, 1991; Kim and Ryou, 1991) 와 산란기 전후 (Kang and Kim, 1983; Kim *et al.*, 1985) 로 나누어진다. 즉 저온으로 인한 먹이의 부족이나 에너지대사의 위축, 성성숙에 요구되는 에너지의 공급 등으로 인한 성장에너지의 부족으로 성장이 지연되는 결과에 의하여 나타난다. 특히 온대지역에 서식하는 패류는 대부분의 경우 겨울철의 온도하강에 의하여 일어나는데, 본 조사에서도 연중 수온이 가장 낮은 2-3월경에 연 1회의 윤문이 형성되는 것으로 조사되었다.

수산생물의 성장은 von Bertalanffy 성장모델이 매개변수들의 활용도가 높아 성장모델로 가장 많이 이용되고 있다 (Zhang, 1991). 따라서 본 조사에서도 von Bertalanffy의 성장식을 이용하였다. 패각에 나타나는 윤문으로 연령을 사정한 결과, 연령의 분포는 1세부터 6세까지로 나타났으며 높은 연령일수록 윤문이 작아지는 현상은 거의 나타나지 않았다. 표본으로 채집된 개체 중 가장 각고가 큰 개체는 57.1 mm였고, 이론상의 최대치는 81.5 mm로 조사되었다.

살조개는 산업적인 가치가 기대되는 품종이며 실제로 식용으로 이용되고 있으나, 자원량이 많지 않아 공식적인 생산량 통계는 물론 비공식적 생산량 집계도 이루어지지 않아 개략적인 어획량 추정조차도 어려운 실정이다. 수산자원을 평가하여 자원상태를 진단하고 향후 체계적인 자원관리 및 양식생산 기술개발을 위해서는 이러한 연령과 성장에 관련한 자원생태학적인 특성치의 구명이 기본적인 요건이 된다.

## 요 약

1999년 1월부터 12월까지 매월 충남 보령연안에 서식하는 살조개 총 2,591 개체를 채집하여 연령과 성장에 관하여 조사하였다. 살조개의 패각에 나타나는 윤문은 연 1회 형성되었으며, 윤문형성 시기는 2-3월 중인 것으로 조사되었다. 각고(SH)에 대한 각장(SL), 각폭(SW) 및 총중량(TW) 사이의 상대 성장 관계는 각각  $SL = 1.1067 SH + 1.778$ ,  $SW = 0.6758 SH - 0.9824$ ,  $TW = 0.0007 SH^{2.8919}$  이었고, 연령(t)에 대한 각고와 총중량으로부터 구한 von Bertalanffy 성장식은  $SH_t = 81.546(1 - e^{-0.176(t+0.381)})$ ,  $TW_t = 227.65(1 - e^{-0.176(t+0.381)})^{2.8919}$  이었다.

## 감사의 말씀

이 논문은 군산대학교 수산과학연구소 연구비 (2003) 지원에 의해 연구된 결과입니다.

## REFERENCES

- Bertalanffy, L. von. (1938) A quantitative theory of organic growth (Inquire's on growth laws. II). *Human Biology*, **10**(2): 181-213.
- Era, A.M (1985) Effects of tide and salinity on increment and line formation in the shells of the bivalve mollusk *Protothaca staminea*. *Dissertation Abstracts International Part B: Science and Engineering*, **46**(6): 107-111.
- Ewart, J.W., Carriker, M.R., Villalaz, J.R., Gomez, J.A. and D'Cruz, L. (1988) Gametogenic development of the venerid clam *Protothaca asperrima* in the Bay of Panama. *Journal of Shellfish Research*, **7**(1): 118-126.
- Harrington, R. (1987) Growth patterns within genus *Protothaca* (Bivalvia: Veneridae) from the Gulf of Alaska to Panama aleotemperatures, paleobiogeography and paleolatitudes. *Dssertation Abstracts International Part B: Science and Engineering*, **7**(7): 249-256.
- Jo, H.S., Park, Y.C., Yang, W.S., Choi, O.I. and Cha, B.Y. (2001) Age and growth of scallop, *Chlamys farreri* from the coastal water of Daehuksan island. *Bulletin of National Fisheries Research and Development Institute, Korea*, **59**: 29-34. [in Korean]
- 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, H.J. and Zhang, C.I. (1999) A population ecological study of short-necked clam, *Tapes philippinarum* in the adjacent waters of Jinhae. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **2**: 32-43. [in Korean]
- Kim, J. (2002) Studies on the phylogenetic relationships and reproductive cycle of the venus clam, *Protothaca jedoensis* in Korea. 152 pp. Ph. D. Thesis, Yosu National University. [in Korean]
- Kim, J., Yoon, H.S., Rha, S.J., Moon, S.Y., Soh, H.Y., Choi, K.J. and Choi, S.D. (2002) Reproductive cycle of venus clam, *Protothaca jedoensis* (Bivalvia: Veneridae) in Korea. *Journal of Environmental Biology*, **20**(3): 245-255. [in Korean]
- Kim, Y., Park, M.S. and Lee, S.D. (1985) Occurrence and growth of pen shell, *Atrina pectinata* (Reeve) larvae in Yeoja Bay. *Bulletin of National Fisheries Research and Development Agency*, **34**: 165-170. [in Korean]
- Kim, Y.H. and Ryou, D.K. (1991) Study on the growth of *Macrta veneriformis* (Reeve). *Bulletin of Kunsan Fisheries Junior College*, **25**(2): 41-47. [in Korean]
- Kim, J.H., Chung, E.Y. and Kim, Y.H. (2003) Sexual maturation and the sex ratio of the Jedo venus,

- Protothaca jedoensis* (Bivalvia:Veneridae). *Korean Journal of Malacology*, **19**(1): 9-17. [in Korean]
- Kwon, O.K., Park, G.M. and Lee, J.S. (1993) Coloured Shells of Korea. 285 pp. Academy Publishing Company, Seoul. [in Korean]
- Kwun, S.M. (1998) Reproductive ecology of the ark shell *Scapharca subcrenata* on the west coast of Korea. 44 pp. M.S. Thesis, The Graduate School, Kunsan National University.
- Lee, S.K. and Zhang C.I. (2000) Population ecological characteristics of the soft-shelled clam, *Mya japonica* in the intertidal zone of south sea in Korea. *Journal of the Korean Science and Technology*, **36**(3): 234-243. [in Korean]
- Matos, E., Matos, P., Casal, G. and Azev, C. (1997) Ultrastructure of the spermatozoon of *Prototaca pectorina* Lamarck (Mollusca: Bivalvia) of the North littoral of Brazil. *Review of Brasil Zoology*, **14**(4): 779-783.
- Parjerm, M.S. (2000) Population genetics of *Protothaca staminea* and *Nacoma balthica* in Puget Sound, WA. *Journal of Shellfish Research*, **19**(1): 68 6-705.
- Pizarro, J.F and Cruz, R.A. (1987) Reproductive cycle of the clam *Prototaca grata* (Pelecypoda: Veneridae). *Brenesia San Jose*, **27**: 23-24.
- 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, *Macrta veneriformis* Reeve (Bivalvia) on the coast of Kunsan, Korea. I. Growth. *Korean Journal of Malacology*, **13**(2): 185-192.
- Ryu, D.K., Baik, S.H., Park, K.H. and Chung, E.Y. (2001) Age and growth of the pen shell, *Atrina (Servatrina) pectinata japonicus* (Reeve), on the West Coast of Korea. *Korean Journal of Malacology*, **17**(2): 71-78. [in Korean]
- Zhang, C.I. (1991) Fisheries Resources Ecology. 199 pp Woosung Publishing Company, Seoul. [in Korean]
- Zhang, C.I., Lee, M.W. and Yoon, S.K. (1999) Estimation of population ecological characteristics of sunset shell, *Nuttallia olivacea* in Dadaepo shore. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **2**: 24-31. [in Korean]