

# 각고조성을 이용한 남해안 여자만 꼬막의 연령과 성장

장대수, 문태석<sup>1</sup>, 정민민<sup>1</sup>

국립수산과학원, 국립수산과학원 제주수산연구소<sup>1</sup>

## Shell Height Frequency using of Age and Growth of Blood Cockle, *Tegillarca granosa* (Linnaeus) in Yeoja Bay, Southern Coast of Korea

Dae Soo Chang, Tae Seok Moon<sup>1</sup> and Min Min Jung<sup>1</sup>

National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-902, Korea

<sup>1</sup>Jeju Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Jeju 690-192, Korea

### ABSTRACT

This paper describes relative age and growth pattern of the blood cockle, *Tegillarca granosa* (Linnaeus) in Yeoja Bay, southern coast of Korea. The young shell of blood cockle that spawned from July to August reached 5.60 mm ( $\pm 1.07$ ) in shell height in October. Slow growing season was estimated to be from October to the next May with water temperature under 23°C. With warm water temperature in July to September, the growth was fast. The young shells reached 29 percentage of asymptotic shell height 11-15 months after spawning. Growth was estimated by von Bertalanffy growth function as follows.  $l_t (sh_t) = 46.1317 (1 - e^{-0.4997(t-0.5828)})$ .

**Keywords:** Blood cockle, *Tegillarca granosa*, Bertalanffy growth function. Shell height, Age.

### 서 론

꼬막 (*Tegillarca granosa*) 은 이매패 강 (Bivalvia), 익형 아강 (Pterimorpha), 돌조개 목 (Arcoida), 돌조개 과 (Arcidae) 에 속하며, 우리나라 남, 서해안을 포함하여 동아시아에서부터 동남아시아, 인도양, 서태평양에 까지 넓게 분포한

다. 이들의 서식처는 간조시에 간출되는 조간대의 다소 연한 개흙질인 곳이며, 서식 수온은 5-36°C가 적합하다 (Yoo, 2000).

꼬막의 양식은 구한말로 거슬러 올라가며, 1970년에는 19,295 톤으로 생산량이 가장 많았는데, 그 중 19,000 톤이 전남에서 생산되었고, 나머지가 경남과 충남에서 생산될 정도로 전남이 옛날부터 꼬막 주산지로서 유명하며, 생산량은 1970년대 중반부터 1990년대 중반까지 5,000-10,000 톤 이상을 유지하였으나, 1990년대 후반에 들면서 급격히 감소하고 있다.

꼬막에 대한 연령과 성장에 대한 연구는 금후 동 자원에 대한 합리적 자원평가를 통한 지속적 이용과 관리를 위한 중요한 매개변수로 정확히 산정되어야 하나, 꼬막에 대한 연구는 성장과 형태변이 (Yoo, 1971), 생식소 발달 및 생식세포 형성 (Lee, 1998), 그리고 생식주기와 산란유발 (Lee, 1998) 등에 관한 연구이외에 꼬막의 성장과 연령에 관한 연구는 전혀 찾아볼 수 없으며, You *et al.* (2001, 2002) 이 인공종묘 생산을 통한 초기 유생의 성장에 관한 보고만 있을 뿐이다.

따라서, 본 연구는 연령형질을 이용하여 연령사정이 어려운 개체에 대하여 월별로 조사된 각고조성에서 나타난 모드 (mode) 를 분리하여 성장 매개변수를 추정하여, 이를 바탕으로 꼬막의 자원생물학적 특성치를 정립함으로써 날로 악화되고 있는 연안 패류자원의 하나인 꼬막자원의 합리적 자원관리 및 평가 등의 기초자료로 활용하고자 한다.

### 재료 및 방법

조사해역은 전라남도 보성군 벌교읍의 여자만에 위치한 장도의 꼬막양식장 (Fig. 1) 으로 수온은 최간조시 봉상온도계를

Received October 26, 2006; Accepted December 8, 2006  
Corresponding author: Chang, Dae-Soo  
Tel: +82 (51) 720- 2290 e-mail: dschang@momaf.go.kr  
1225-3480/22205  
© The Malacological Society of Korea

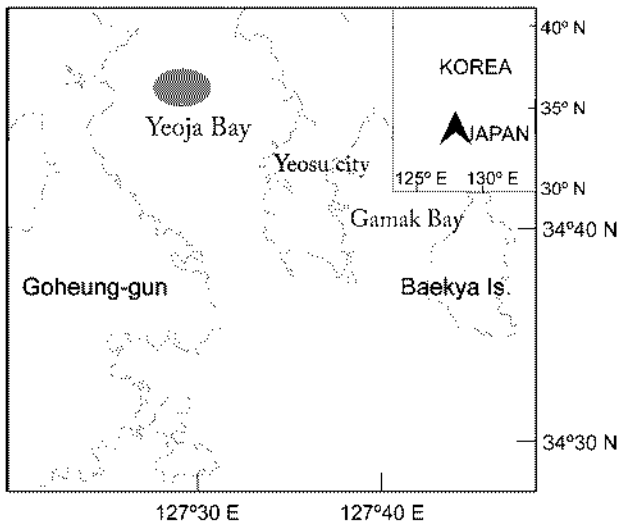


Fig. 1. Map showing the sampling areas of blood cockle, *Tegillarca granosa*.

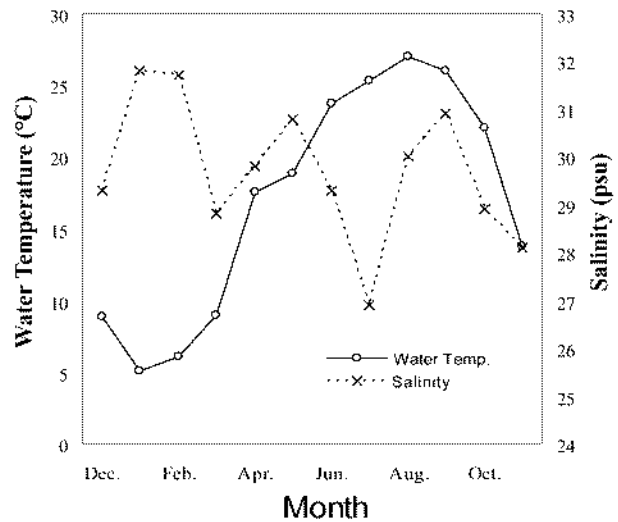


Fig. 2. Seasonal variation of water temperature and salinity in Yeosu bay, Korea.

이용하여 현장 수온을 측정하여 이용하였고, 염분은 채수하여 실험실에서 초산은적정법으로 측정하였다.

2000년 12월부터 2001년 11월까지 매월 1 회씩 총 12 회에 걸쳐 매월 대조기의 간조시에 양식장의 각 조사정점에서 채집한 꼬막을 실험실로 옮겨와 각고 (shell height), 각장 (shell length), 각폭 (shell width) 등은 버니어캘리퍼를 이용하여 0.1 mm 단위로 측정하였고, 중량 (total weight) 은 0.1 g 단위로 측정하였다.

채집정점의 설정은 꼬막의 치폐와 성폐가 모두 잘 채집될 수 있도록 수직적으로 6개의 조사구를 설정하였고, 20 x 20 cm의 방형구를 이용하여 20 cm 깊이의 저질을 채취하여 각각 1000, 500, 300  $\mu$ m 망목의 체를 단계적으로 사용하여 저질 (펄) 과 꼬막을 분리하였다.

매월 채집된 꼬막의 각고 조성에 대한 연급군 분리는 Cassie (1950) 방법과 compleat ELEFAN Ver. 1.01 (Gayanilo *et al.*, 1989) 을 병용하였으며, 분리된 연급군의 각고 mode의 평균 및 표준편차 등을 사용하여 정규분포화 하였다. 또한, 일반적으로 수산자원의 성장에 매우 적합한 것으로 알려진 von Bertalanffy 성장식에 적용할 꼬막의 각고성장 매개변수들을 추정하기 위하여 각고와 연간성장량과의 관계 (식)를 이용, 성장계수 ( $k$ )와 최대각고 ( $L_{\infty}$ ) 등을 계산한 후, 초기연령시 각고 ( $t_0$ )를 추정하였다.

## 결 과

### 1. 이장환경

전라남도 보성군의 여자만에 위치한 꼬막 양식장에서 2000

년 12월부터 2001년 11월까지 현장에서 조사한 수온은 1월에 최저 5.1°C였으며 8월에는 최고 27.0°C였다. 겨울철에는 10°C 미만의 저수온이 지속되었으나 4월에는 약 17.5°C까지 급격히 상승하였고 여름에는 20°C 이상의 고수온을 보이는 전형적인 우리나라 남해안의 특징을 보여주었다. 염분은 6.90-31.80 psu로서 월별로 염분의 변화가 심하였으나 전반적으로 여름철과 겨울철에 낮은 경향을 보였고, 특히 7월에는 집중호우로 인한 담수 유입으로 최저 26.90 psu의 낮은 값을 보였다 (Fig. 2).

### 2. 월별 각고 분포

2000년 12월에서 2001년 11월까지 총 1,123 개체의 꼬막에 대한 월별 각고조성 (Fig. 3) 은 전반적으로 2-3 개의 뚜렷한 group으로 분리되고 있음을 보여주고 있었다. 2000년 12월의 경우는 평균 각고 5.60 mm와 27.30 mm를 중심으로 mode를 이루는 2 개 group으로 분리되었다. 이 중 소형의 group은 다음 해 5월까지 평균 mode 값이 각고 5.60 mm에서 6.54 mm로 미미한 증가를 보였지만 6월에 평균 각고 9.78 mm로 급격한 성장을 보인 후, 계속 빠른 성장을 보이면서 9월에는 19.72 mm로 성장하였다. 10월 이후에는 성장이 더디었고 11월 이후 겨울에는 성장이 거의 정체되어 10월과 비슷한 각고 분포를 보였다. 우리는 이들 group을 cohort II라 하였다. 한편, 2000년 12월의 평균 각고 27.30 mm 대형군들은 수온이 낮은 다음해 4월까지의 매우 미미한 성장을 보였고, 고수온기인 6월부터 약간의 성장을 보여 11월 평균 각고 약 31.33 mm에 이르렀는데 이들 group을 cohort III라 하였다.

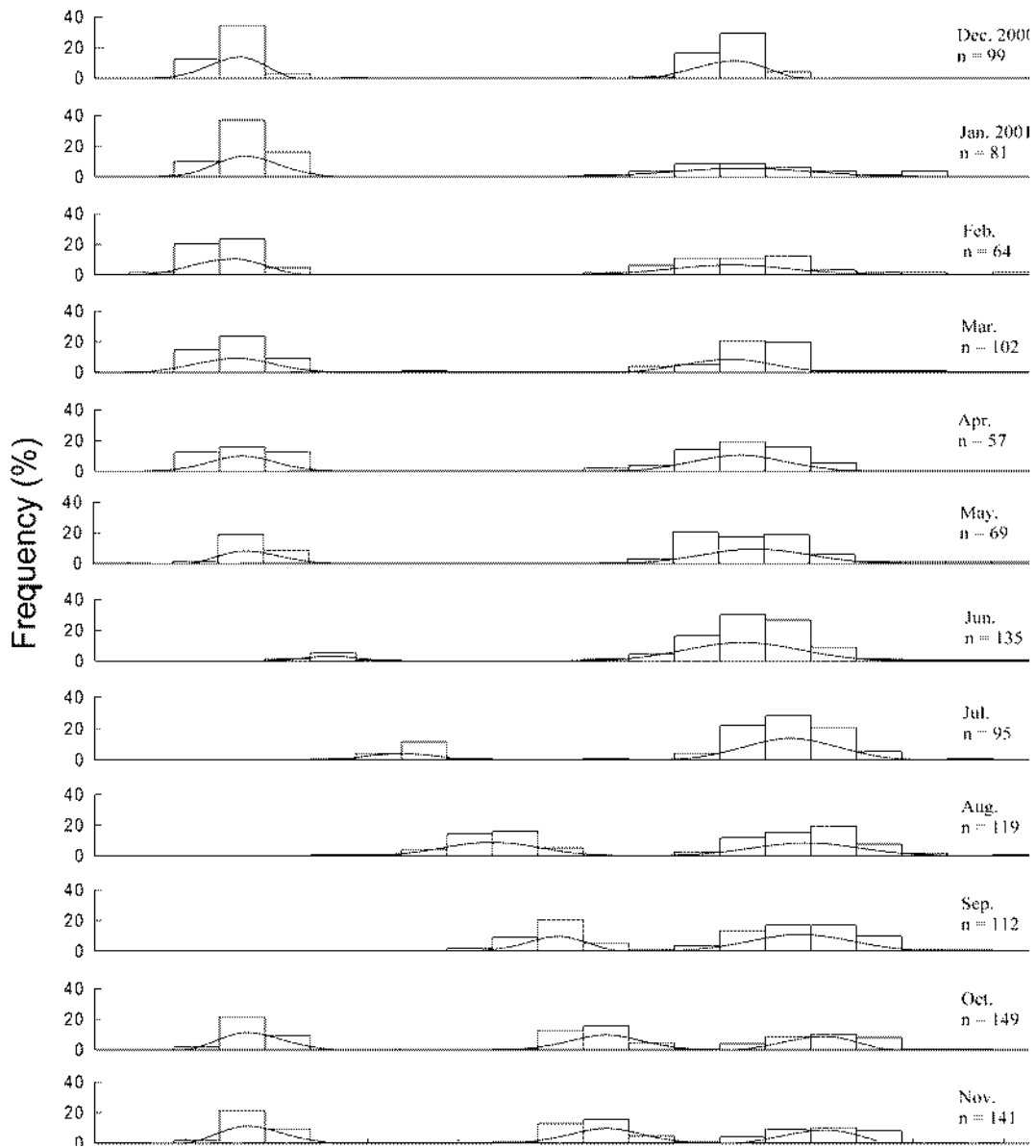


Fig. 3. Monthly frequency distributions of shell height of *Tegillarca granosa* collected from Yeolja bay, Korea.

또한, 2001년 10월에는 최초로 당해에 출생한 어린 치패들이 나타나기 시작하였으며, 평균 각고 6.48 mm의 mode를 이루며 출현하여 이들을 cohort I이라 하였다. 따라서, 10월에서 11월에는 3 개의 cohort가 존재하였으며, 12월부터 다음해 9월까지는 2 개의 cohort가 존재하였다.

이상의 각 cohort는 1년을 주기로 서로 연결되는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 꼬막의 주 채취 시기가 겨울이며, 2 세 이후의 개체들이 거의 대부분 어획됨을 알 수 있었다. 물론 채

취되지 않은 고연령의 일부 개체들도 볼 수 있었는데 2001년 2월, 5월, 6월, 10월, 11월에 각고 40 mm 전후의 일부 이들 개체들이 출현하였다.

각고 조성에서 연급군 (cohort)으로 분리된 월별 각 mode의 평균 및 표준편차의 값을 Table 1에 나타내었다. 또한, Table 1의 mode 값을 이용하여 각 연령군별 계절별 성장곡선은 Fig. 4에 나타내었다. 2001년 7-8월 발생군으로 추정되는 0<sup>+</sup>년생 (2002년 1월 기준) group인 cohort I은 발생 후 약

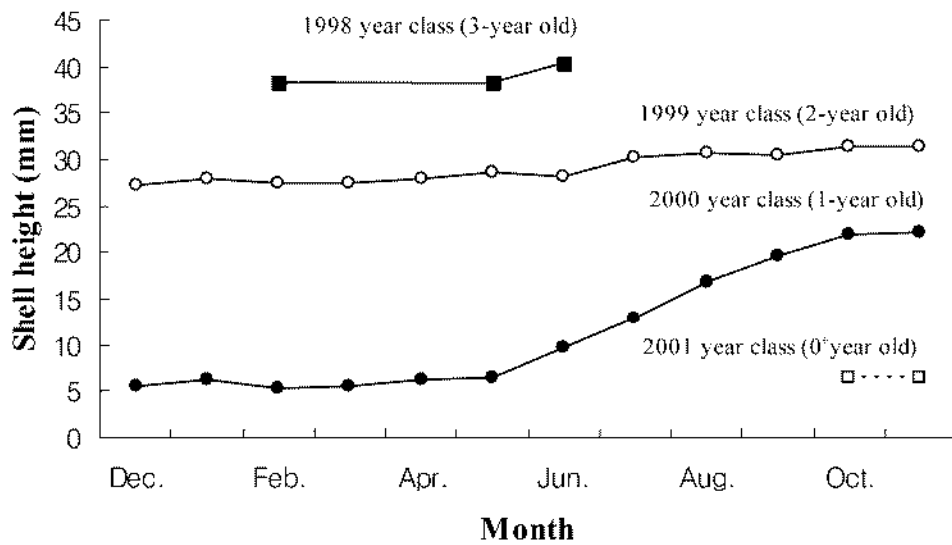


Fig. 4. Monthly variation of mean shell height by specific year class of *Tegillarca granosa* collected from Yeosu bay, Korea.

3-4 개월이 경과하는 2001년 11월에 각고 약 6.48 mm에 이르렀다.

2000년 발생군 (2002년 1월 기준) 이자 cohort II인 1세군의 대부분 성장은 5월에서 10월까지 이루어졌고, 저수온 시기는 거의 성장이 정체를 보이는 것으로 나타났다. 2년째 이상 (1999년 발생군) 인 cohort III 개체들의 각고 성장은 매우 미미하거나 정체를 보였다.

### 3. 성장식의 추정

꼬막의 성장 매개변수를 추정하기 위한 초기각고 (체장) 에

대한 연간성장량 (Gulland, 1968, 1983) 은 von Bertalanffy의 성장식에서 유도된 다음 식을 이용하였다.

$$I_{t+1} - I_t = L_{\infty} (1 - e^{-k}) - (1 - e^{-k}) I_t \quad (1)$$

Table 1에 나타낸 mode를 이용하여, 초기각고 ( $I_t$ ) 와 연간 성장량 ( $I_{t+1} - I_t$ ) 과의 관계를 도출하면 (Fig. 5), 각고가 클수록 연간성장량이 감소되는 경향이 뚜렷하였으며, 각고에 대한 연간성장량의 관계식은  $I_{t+1} - I_t = 23.052 - 0.4997 I_t$  ( $r^2 = 0.7803$ ) 로서 위의 (1) 식을 적용하면, 최대각고 ( $L_{\infty}$ ) 는 46.1317 mm, 성장계수 ( $k$ )는 0.4997이 얻어졌다. 그리고,  $t_0$ 는 다음의 회귀직선으로 산출하였다.

Table 1. The mean shell height (mm) by population size of *Tegillarca granosa* and age class.

Date examined	Cohort I (0+ year old)		Cohort II (1-year old)		Cohort III (2-year old)		Cohort IV (3-year old)
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean
2000							
Dec. 23	-	-	5.60	1.07	27.30	1.30	-
2001							
Jan. 27	-	-	6.23	1.36	28.00	3.01	-
Feb. 22	-	-	5.35	1.39	27.46	2.59	38.33
Mar. 4	-	-	5.65	1.66	27.38	1.89	-
Apr. 21	-	-	6.20	2.82	27.85	2.78	-
May 18	-	-	6.54	1.09	28.64	2.28	38.37
Jun. 26	-	-	9.78	1.11	28.20	2.50	40.40
Jul. 21	-	-	13.00	3.12	30.12	2.03	-
Aug. 20	-	-	16.95	2.06	30.78	2.34	-
Sep. 16	-	-	19.72	1.80	30.56	2.80	-
Oct. 6	6.48	1.12	22.00	1.58	31.35	1.86	-
Nov. 10	6.49	1.12	22.04	1.59	31.33	1.84	-

$$t_0 = t + \frac{1}{k} \log e \frac{(L - L_t)}{L_\infty} \quad \text{----- (2)}$$

$L_\infty$ 는 46.1317 mm로 하고, Table 1의 mode 값을 (2) 식에 대입하여 계산된 회귀직선에서 구한  $t_0$ 는 0.5828이었다.

따라서, von Bertalanffy 성장식에 적용한 꼬막의 각고 성장식은 다음과 같다.

$$L_t (\text{sh}_t) = 46.1317 (1 - e^{-0.4997(t - 0.5828)}) \quad \text{----- (3)}$$

(3) 식에 대입 유도한 각 연령별 이론적 각고 ( $L_t$ ) 는  $L_1 = 25.2$  mm,  $L_2 = 33.4$  mm,  $L_3 = 38.4$  mm,  $L_4 = 41.5$  mm 로 추정되었고 (Fig. 6), 각고와 각장과의 관계식을 이용 (Fig. 7) 하면 각 연령별 각장은  $L_1 = 32.6$  mm,  $L_2 = 43.1$  mm,  $L_3 = 49.5$  mm,  $L_4 = 53.5$  mm로 산정되었다.

또한, 각고와 중량이 측정된 685 개체에 대하여 각고와 중량과의 관계는 Fig. 8과 같았다.

$$TW = 0.0006SH^{3.0622} \quad (r^2 = 0.9796) \quad \text{----- (4)}$$

최대 중량 값은 앞에서 산출된 최대각고 ( $L_\infty$ ) 값을 (4) 식에 대입하여 구하였다. 중량에 관한 von Bertalanffy 성장식은 다음과 같다.

$$TW_t = 46.1317 (1 - e^{-0.4997(t - 0.5828)})^{3.0622} \quad \text{----- (5)}$$

따라서, 각 연령별 이론적 중량은  $w_1 = 11.8$  g,  $w_2 = 27.9$  g,  $w_3 = 42.7$  g,  $w_4 = 53.9$  g이었다 (Fig. 9).

### 고 찰

연령형질이 없는 생물에 있어서 절대성장을 알아내기는 매우

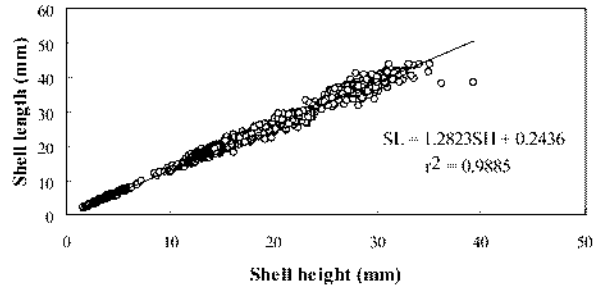


Fig. 7. The relationship between shell height and shell length of *Tegillarca granosa*.

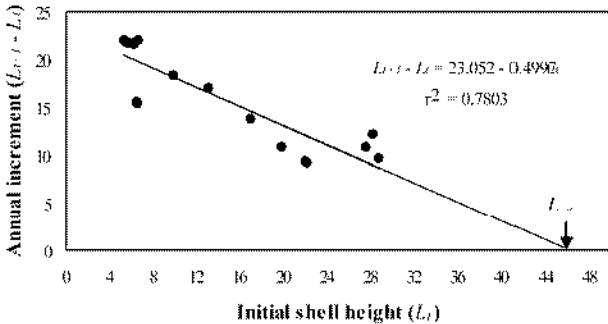


Fig. 5. Plots of annual increment of shell height against initial shell height of *Tegillarca granosa* collected from Yejoa bay, Korea.

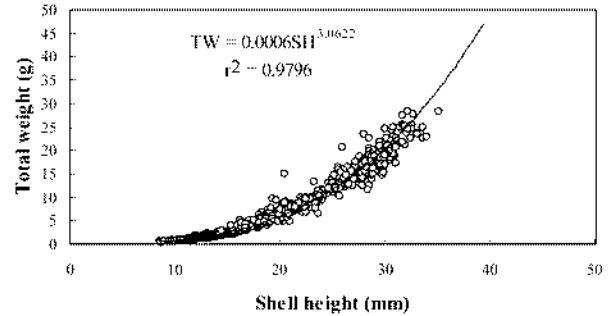


Fig. 8. The relationship between shell height and body weight of *Tegillarca granosa*.

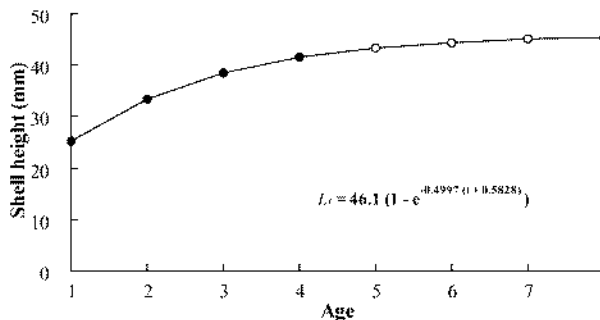


Fig. 6. The von Bertalanffy shell growth curve of shell height of *Tegillarca granosa*. Open circles are estimated values.

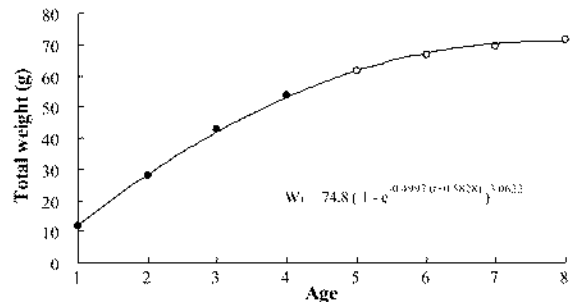


Fig. 9. The von Bertalanffy shell growth curve of total weight of *Tegillarca granosa*. Open circles are estimated values.

어려운 문제이나, 연급군의 분리를 통해 성장을 유추하는 방법이 널리 이용되고 있다. 어떤 생물의 연령사정에 있어 연령형질에 나타난 초륜 판독과 꼬막과 같이 연령형질이 없는 패류에 있어서 각고조성에서 나타난 최초 연급이 하나의 연급군인가 여부를 결정짓는 것은 매우 중요하며, 크기조성을 이용한 연령과 성장을 추정하기 위하여 출현 mode 해석은 필요하다.

Siddeek and Johnson (1977) 은 Omani abalone (*Haliotis mariae* Wood) 의 길이 조성을 이용하여 연령형질로서 판단하기 어려운 생물에 대한  $k$ ,  $t_0$  등의 성장 매개변수를 추정하였다. Saito *et al.* (1981) 는 전복의 어장 내 출현과 가입에 관한 연구에서 최초 출현하는 0<sup>+</sup>년생의 치패군을 해석함으로써 이후 출현 group에 대한 연급군을 판단하고 있다. 본 연구에서 채집된 시료의 각고조성을 통한 연령과 성장 매개변수를 추정하기 위하여 2001년 10월 각고 5.60 mm에서 mode를 이루며 출현한 꼬막 치패 group이 언제 발생한 group인지 판단하는 것은 이들이 절대연령과 성장을 구명하는데 필수요소이다.

Chang *et al.* (1999) 과 Chang and Chung (2000) 은 자연어장에서 발생한 소라의 각고조성을 이용한 성장분석을 연구하였으나, 전반적 소라의 각고조성 형태는 꼬막의 각고조성에 비하여 고령군에서 각고분포 및 연급군 분리가 용이하지 않았으나, 본 연구에서 꼬막의 경우는 뚜렷한 연급으로 나뉘어져 있다.

우리나라에 서식하는 꼬막류의 성숙시기에 대한 비교에서 꼬막류의 성숙시기는 7월에서 10월까지인데, 그 중에서 꼬막의 성숙이 가장 빨라 7월중 대부분 산란을 마치지만, 8월 상순까지 계속되는 것도 있다고 알려져 있으나, 모패의 서식 장소, 수온분포에 따라 성숙시기가 다소 차이가 있다고 보고하고 있다 (Yoo, 1977). 또한, Moon *et al.* (2004) 은 각고 21.0-25.9 mm group에서 암수 모두 100% 성숙개체가 나타남으로써 생물학적 최소형은 각고 약 21 mm로 추정하였고, 생식소의 조직 관찰을 통하여 산란기를 7-8월로 추정하였으나, 대부분 (약 80%) 개체가 8월에 산란하였다는 것으로 보아 꼬막의 산란기는 7-8월로 추정된다.

또한, Moon *et al.* (2004) 이 8월에 종묘생산한 꼬막치패는 25일째 각고 396  $\mu$ m로 성장하였다고 보고하였으며, You *et al.* (2001, 2002) 이 중국 Zhejiang성의 Leqing만에서 어획된 꼬막을 이용한 인공재료 결과를 보면, 부화 10일 경과 후 각장 (shell height) 은 약 180-201.5  $\mu$ m였고, 일별 약 8.9-10.2  $\mu$ m로 성장하여 약 9개월 동안 각장 약 8.34 mm로 성장하였고, 갯벌로 이식하여 약 15 개월 경과 후 각장 약 28.57 mm로 성장한다고 보고하여, 본 연구에서 2001년 10월에 나타난 최초 출현한 cohort I group의 성장 패턴과 유사한 성장을 보였다.

따라서, 2001년 10월에 최초 출현하는 cohort I 치패 (평균 각고 6.48 mm) 들은 7-8월 산란기에 발생한 group으로 발생 후 약 3-4 개월이 경과된 0<sup>+</sup>개체군으로 추정되고, 각 연급 간격으로 보아 2000년 11월에 평균 각고 22.04 mm를 중심으로 mode를 이루는 cohort II의 개체들은 2000년 산란기에 발생한 개체들로 추정되었다. 이와 같은 연급추정의 결과를 유추할 때 cohort III은 1999년 발생한 개체들이며, cohort IV는 1998년에 발생한 개체들의 잔존 성패로 해석된다. 따라서, 자연어장 내에 모패군을 이루는 개체는 cohort III group으로 발생 후 약 18-30개월이 되는 평균 각고 27.3-31.33 mm의 개체들로 판단된다.

출현한 각 연급군들은 2001년 5월까지 저성장을 보이거나 5-10월 급격한 성장을 보이고 있어, Yoo (1971) 가 연구한 꼬막의 주 성장계절은 6-9월까지라고 보고한 내용과 거의 일치하고 있다. 이는 발생 후 다음 해 6-10월까지 약 11-15개월에 각고 20-25 mm (각장 25.9-32.3 mm, 평균 29.1 mm) 까지 성장하며, 일생 중 가장 많은 성장량을 보이는 것으로 나타났다.

## 요 약

남해안 여자만에서 출현하는 꼬막, *Tegillarca granosa* (Linnaeus) 에 관한 연령과 성장에 관하여 연구하였다. 7-8월에 발생한 꼬막 치패는 당해 10월에 각고 약 5.60 mm ( $\pm 1.07$ ) 로 최초로 나타났으며, 이 후 고수온기에는 급속히 성장하다가 10월 이후 저수온기에는 거의 성장이 정지하였고, 이듬해 수온 증가와 함께 급격히 성장하였다.

꼬막은 발생 후 약 11-15 개월이 경과하는 6-9월에 가장 빠른 성장을 보였고, 이론적 최대각고 (크기) 의 약 29% 정도가 이 시기에 성장하였다. von Bertalanffy 성장식에 적용한 꼬막의 연령별 성장식은 다음과 같이 산정되었다.  $l_t$  (sh<sub>t</sub>) = 46.1317 (1 - e<sup>-0.4887(t-0.5828)</sup>).

## 감사의 말씀

본 논문은 국립수산물연구원 남해수산연구소의 꼬막 양식기술 개발에 관한 연구사업 (RP-2005-FR-019) 으로 추진되었음을 알려드리며, 자료를 협조해 주신 관계자 여러분께 깊이 감사드립니다.

## REFERENCES

- Cassie, R.M. (1950) The analysis of polymodal frequency distribution by the probability paper method. *New Zealand Science Review*, 8: 89-91.
- Chang, D.S., Chung, S.C., Lee, D.W., Ha, D.S. and Kim, D.G. (1999) Recruitment characteristics and stock assessment of topshell, *Batillus cornutus* in Cheju

- Island. *Bulletin of National Fisheries Research and Development Institute*, **57**: 27-34. [in Korean]
- Chang, D.S. and Chung, S.C. (2000) Shell growth pattern of the topshell, *Batillus cornutus* in Cheju Island. *Journal of the Korean Society of Fisheries Resources*, **3**: 9-15.
- Gayanilo F., Soriano, M. and Pauly, D. (1989) A draft Guide to the Complete ELEFAN. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Gulland, J.A. (1968) Manual of methods for fish stock assessment. Part 1. Fish Population Analysis. FRs/T40 (Rev. 2), 97 p. F.A.O.
- Gulland, J.A. (1983) Fish Stock Assessment. 223 p. John Wiley & Sons.
- Lee, J.H. (1997) Studies on the gonadal development and gametogenesis of granulated ark, *Tegillarca granosa* (Linne). *The Korean Journal of Malacology*, **13**: 55-64. [in Korean]
- Lee, J.H. (1998) A study on sexual maturation of the ark shell, *Scapharca subcrenata* Lischke. *The Korean Journal of Malacology*, **14**: 99-102. [in Korean]
- Moon, T.S., Chung, M.M., Shin, Y.K., Yang, M.H., Ko, C.S. and Chang, Y.J. (2004) Spawning inducement, egg development and early larval rearing of ark shell (*Tegillarca granosa*) (L.). *Journal of the Korean Fisheries Society*, **37**(6): 485-491. [in Korean]
- Moon, T.S. (2005) Reproductive seeding production and aquaculture of blood cockle, *Tegillarca granosa* (Linnaeus). 165 p. Ph.D. Thesis. Pukyung National University, Busan. [in Korean]
- Saito, K. (1981) The appearance and growth of 0-year-old Ezo abalone. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **47**: 103-125. [in Japanese]
- Siddeek, M.S.M. and Johnson, D.W. (1997) Growth parameter estimates for Omani abalone (*Haliotis mariae* Wood, 1828) using length-frequency data. *Fisheries Research*, **31**: 169-188.
- You, Z., Xu, S., Bian, P. and Chen, J. (2001) The effects of sea water temperature and salinity on the growth and survival of *Tegillarca granosa* larvae and juveniles. *Acta Oceanobiologica Sinica*, **23**(6): 106-113.
- You, Z., Wang, Y. and Chen, J. (2002) Growth of *Tegillarca granosa* in the pond culture of Leqing Bay. *Journal of Fisheries of China*, **26**(5): 440-447. [in Chinese]
- Yoo, S.K. (1971) Biological studies on the propagation of important bivalves 3. Growth and morphological variations of the ark shell *Anadara granosa bisenensis* Schenck et Reinhart. *Department of Fisheries and Biology, Pusan Fisheries College*, **4**: 19-27. [in Korean]
- Yoo, S.K. (2000) Coastal Aquaculture. pp. 203-286. Guduk Publishing Company, Busan. [in Korean]