

서해산 키조개, *Atrina (Servatrina) pectinata japonica*의 연령과 성장

류동기, 백성현, 박관하, 정의영

군산대학교 해양과학대학 해양생명과학부

Age and Growth of the Pen Shell, *Atrina (Servatrina) pectinata japonica* (Reeve), on the West Coast of Korea

Dong-Ki Ryu, Sung-Hyun Baik, Kwan-Ha Park and Ee-Yung Chung

Faculty of Marine Life Science, College of Ocean Science & Technology, Kunsan National University, Kunsan 573-360, Korea

ABSTRACT

Age and growth of the pen shell, *Atrina (Servatrina) pectinata japonica*, on the west coast of Korea were studied based on 701 samples caught in April 1995 to March 1996. The results are summarized as follows: the relationship between shell height and ring radius in each ring 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 (MI) of the shell, it was assumed that the ring of this species was formed once a year during the period of June to July. The relationship between shell height (SH) and total weight (TW) were expressed by the following equation $TW = 5.906 \times 10^{-3} SH^{3.3844}$. Shell length (SL) and shell height were highly correlated according to the following equation $SL = 0.5277 SH + 0.0934$. The shell height-shell width (SW) relation was expressed by the following equation $SW = 0.2681 SH - 1.3757$.

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

$$SH_t = 30.99(1 - e^{-0.3212(t+0.9653)}),$$

$$TW_t = 657.94(1 - e^{-0.3212(t+0.9653)})^{3.3844}.$$

Keywords: Pen shell, *Atrina (Servatrina) pectinata*

japonica, Marginal index, Age, Growth.

서론

키조개, *Atrina (Servatrina) pectinata japonica*는 키조개과 (Pinnidae) 에 속하는 종으로서 일본, 대만, 중국, 인도 등 태평양 연안에 널리 분포하고 있다. 우리나라에서 남해안의 진해만, 가막만, 득량만, 여자만 등의 내만에 서식하고 있으며 (Yoo, 1979), 서해안은 충청남도 보령 연안의 도서해역과 전라북도 고군산군도 인근 도서해역에서 다산되고 있다 (김 등, 1998). 주로 잠수기 어업으로 채취하고 있는데 자원 보호를 위하여 7월과 8월은 조업이 금지되어 있다. 조하대에서 수심 약 40 m까지 서식하고 있으며, 각고 약 20-30 cm의 비교적 대형이며 후폐각근 (패주) 을 횡감으로 이용하고 있는 고급패류로 고가에 판매되고 있으며 주로 일본으로 수출되고 있다. 최근 들어서는 패주를 제외한 육질부에 대한 이용가능성에 대한 연구가 진행되고 있다.

키조개의 생산은 전량 자연산 패류를 채취하고 있는 실정으로 1970년대에는 1977년에 1,743 M/T으로 최대값을 보였으나 1979년 87 M/T으로 급감하였고, 1980년대에는 1981년에 10,243 M/T으로 최대값을 보인 후 감소하여 1986년에 1,150 M/T으로 감소하였고, 1990년대에는 1990년에 11,847 M/T으로 가장 많은 생산량을 보였으나 1996년에는 835 M/T으로 감소하였고, 1999년에는 7,677 M/T으로 회복된 실정이다 (수협통계연보, 1974-2000). 이와 같이 키조개의 생산량은 연도별로 변동이 극심한 종에 속하는데, 이는 키조개가 발생하는 해역이 비교적 깊고 대량발생하며, 2년-4년생의 패류를 채취하기 때문에 대량 서식 장소가 발견되면 몇 년간은 생산량이 많

Received January 22, 2001 Accepted May 10, 2001
Corresponding author: Ryu, Dong-Ki
Tel: (82) 63-469-1837 e-mail: dongki@kunsan.ac.kr
1225-3480/17201

© The Malacological Society of Korea

지만, 곧 남획에 의하여 자원이 거의 소멸되며, 다시 몇 년간의 회복기를 거쳐 채취되기 때문에 추정된다. 이러한 변동으로 인하여 안정적인 조업이 불가능하고 불법어획으로 인한 여러 가지 문제가 발생하고 있는 실정이다.

따라서, 지속적으로 증가하고 있는 키조개 자원의 수요에 대하여 효율적인 자원관리와 완전양식으로 안정적인 공급을 이루어야 한다. 이에 부응하기 위하여 키조개에 대한 많은 연구가 이루어져 왔다.

일본에서는 渡邊 (1938)의 천연채묘와 양식에 관한 연구를 시작으로 古賀 and 山下(1986), 古賀 and 申武 (1991) 및 島崎 등 (1984) 의 각종 천연 채묘시험과 寶本 and 大林 (1984) 등의 인공채묘에 대한 연구와 초기생활사 (吉田, 1956), 부유자패의 조사 (吉田 and 井上, 1954, 宮崎, 1962) 및 산란기 (藤森, 1929) 에 대한 연구가 있었으며, 중국에서는 Fang and Qi (1988) 의 난모세포의 미세구조에 대한 연구와 Qiu et al., (1996) 은연령과 성장에 관하여 연구하였으며, Qiu et al., (2000) 은 발생에 관하여 연구한 바 있다. 우리나라에서는 주로 형태적 특징 (Choe, 1980; 1981), 생태와 분포 (Kim et al., 1981), 유생의 출현시기와 성장 (Kim et al., 1985), 종묘생산 (정 등, 1986)에 관한 연구와 양식개발 (Yoo and Yoo, 1984), 채묘 및 양식 (Yoo et al., 1988; 양 등, 1995; 농림부, 1997), 산란기 (Yoo, 1979; Kim et al., 1981; Yoo and Yoo, 1984; 백, 1998) 와 자원평가 (김 등, 1998) 등이 있다. 본 연구는 합리적인 자원관리와 완전양식을 위한 기본 자료로서 우리나라 서해의 자연산 키조개의 연령과 성장에 관하여 연구한 것이다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 표본은 1995년 4월부터 1996년 3월(12개월)에 걸쳐 충청남도 보령시 녹도 인근 해역 (Fig. 1)에서 잠수기 어업에 의하여 채취된 키조개를 매월 1회 구입한 것을 사용하였다 (Table 1).

채집한 표본은 즉시 실험실로 옮겨 각장 (shell length), 각고 (shell height), 각폭 (shell width)은 Vernier caliper 와 줄자로 0.1 mm까지, 중량 (습중량, total weight)은 전자저울로 0.1 g 까지 측정하였다.

연령사정은 패각에 나타난 윤문으로 하였는데 키조개의 패각에는 각정부를 중심으로 성장상황에 따라 동심원상으로 불투명대와 투명대가 나타난다. 본 연구에서는 육질부를 완전히 제거한 후 좌우 한쌍의 패각중 비교적 윤문이 뚜렷한 한쪽 패각을 사용하였으며, 패각의 불투명대와 투명대의 경계선을 윤문으로 하였다. 측정기준은 패각의 각장을 R, 제 1윤의 윤장을 r₁, 제 2윤의 윤장을 r₂ ... r_n로 하여 측정하였다 (Fig. 2).

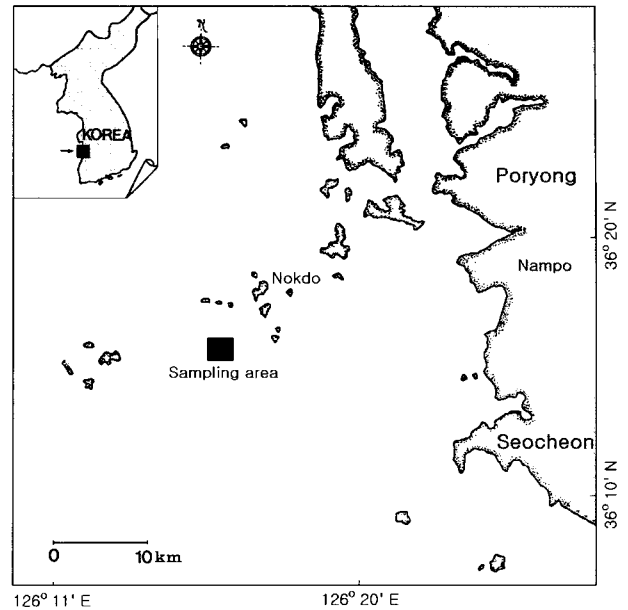


Fig. 1. Map showing the sampling locations.

패각의 불투명대와 투명대로 이행하는 경계에 나타나는 윤문이 연령형질로서 적합한가를 알기 위하여 각고와 윤장간의 대응성과 윤문형성시기 및 주기성을 검토하였다. 패각 연변부 성장의 월별변화는 연변부성장지수

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

(R: 각장, r_n: 최외측 윤장의 길이, r_{n-1}: r_n 개의 윤을 가지는 개체들의 r_{n-1} 윤경의 평균치, \bar{r}_n : r_n개 이상의 윤을 가지는 개

Table 1. Sampling date and number of specimens of *Atrina (Servatrina) pectinata japonica*.

Sampling date	No. of specimens
Apr. 12, 1995	75
May 8, 1995	60
June 29, 1995	118
July 26, 1995	39
Aug. 30, 1995	56
Sep. 21, 1995	65
Oct. 17, 1995	59
Nov. 30, 1995	48
Dec. 12, 1995	46
Jan. 23, 1996	48
Feb. 25, 1996	37
Mar. 12, 1996	50
Total	701

체들의 r_n 윤경의 평균치) 으로 구하였다.

각고와 체중, 각고와 각장, 각고와 각폭간의 관계는 직선식으로, 각고와 총중량은 포물선식을 적용하여 분석하였다.

또한, 각 윤문형성시의 각고와 체중을 알기 위하여 윤장을 평균하여 윤문형성시의 각고를 구하고 윤문형성시의 체중을 추정하였다. 이 계산치들을 사용하여 Walford (1946) 의 정착도법을 이용하여 Bertalanffy 성장식을 구하였다. 초륜형성까지의 경과시간을 알기 위하여 필요한 산란기는 비만도의 월별 변화와 다른 문헌을 종합 고려하여 추정하였으며, 비만도 (CC; condition coefficient)는 다음과 같은 식에 의하여 산정하였다. $CC = MAM/SH^3 \times 1000$ (단, SH는 각고, MAM은 패주를 제외한 육중량).

결 과

1. 산란기

비만도는 1월부터 점차 증가하여 5월에 10 이상의 높은 값을 가지는 개체들이 나타나기 시작하여 6월에 최고값을 보인 후 급격하게 감소하여 8월에는 거의 대부분의 개체들이 10 이하의 낮은 값을 보이며 평균 약 5의 값을 보이며, 12월까지 계속 유지되고 있다 (Fig. 2).

따라서, 본조사에서 추정한 산란기는 비만도가 급격히 높아지면 낮은 값을 가지는 개체들이 동시에 나타나는 6월부터 7월까지로 추정할 수 있었다.

또한, 다른 연구자들의 보고에 의하면, 일본에서는 주산란기가 6월-7월 (渡邊, 1938)이라고 하였으며, 중국에서는 6월-8월 (Qiu *et al.*, 2000)로 보고하였고, 우리나라에서는 양 등 (1995)과 백 (1998)이 6월-7월이라고 보고하였으며, Yoo and

Yoo (1984)는 7월-8월로 보고한 바 있다. 따라서, 본 조사에서 추정한 6월-7월은 신뢰성이 높은 결과로 추정되어 이 시기를 산란기로 간주하였다.

2. 상대성장식

각고 (SH) 에 따른 각장 (SL), 각폭 (SW), 총중량 (TW), 육중량 (MW), 후폐각근장경 (LDAM) 및 후폐각근중량 (WAM) 의 상대 성장식은 다음과 같다.

$$SL = 0.5277 SH + 0.0934 \quad (\text{Fig. 3}),$$

$$SW = 0.2681 SH - 1.3757 \quad (\text{Fig. 3}),$$

$$TW = 5.906 \times 10^{-3} SH^{3.3844} \quad (\text{Fig. 4}),$$

$$MW = 6.429 \times 10^{-3} SH^{3.1060} \quad (\text{Fig. 4}),$$

$$LDAM = 0.2251 SH - 1.0075 \quad (\text{Fig. 5}),$$

$$WAM = 1.1412 \times 10^{-3} SH^{3.3098} \quad (\text{Fig. 6}).$$

3. 윤문형성의 대응성

패각의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 연령형질로서 적합한가를 알아보고, 아울러 위륜을 가려내기 위해 각 패각의 각장과 윤장간의 직선회귀 관계를 검토하였다. 각 윤문군은 서로 일정한 간격으로 명백히 분리되어 직선회귀 관계를 가진다 (Fig. 7). 따라서 키조개에 형성된 윤문은 대응성이 나타나 연령형질로서 적합한 것으로 볼 수 있다.

4. 윤문형성시기

연령형질로서 확인된 윤문이 반드시 연륜을 나타내는 것은 아니므로, 윤문이 연간 몇번 형성되는가를 알아야 한다. 윤문형성의 시기와 주기성을 알기 위하여 패각 연변부의 성장상황

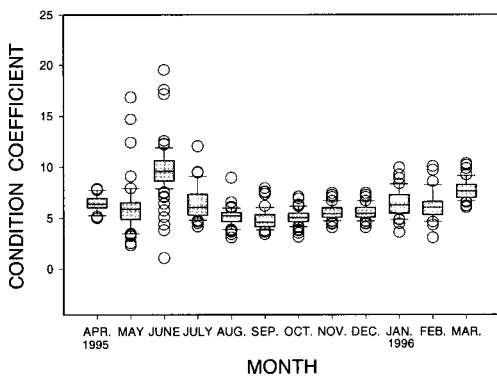


Fig. 2. Monthly changes in condition coefficient of meat part without the posterior adductor muscle of *Atrina (Servatrina) pectinata japonica*.

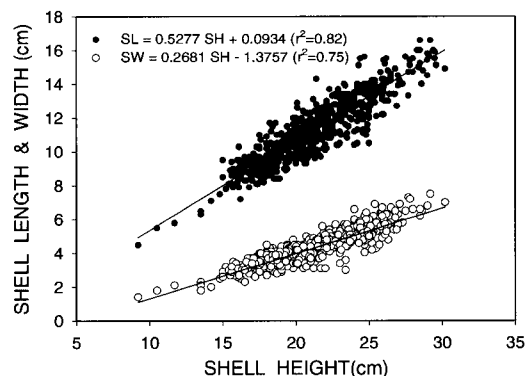


Fig. 3. Relationship between shell height (SH) and shell length (SL), and shell height and shell width (SW) of *Atrina (Servatrina) pectinata japonica*.

을 매월 조사하였다.

연역지수 (MI)는 4월에 최대의 값을 보이고 있으며, 5월에 극소수의 개체들이 연역지수 0.2 이하의 값을 보이거나 6월에는 대부분의 개체들이 0.5 이하의 값을 보였고 일부 개체들만이 1.0 이상의 값을 보였다. 이후 지수값이 점차 증가하는 현상이 뚜렷하게 나타나고 있다 (Fig. 8) 이후 3월에 일부 개체들이 0.5 이하의 값을 보이고 있으나 뚜렷하지 않다. 그러므로 키조개의 윤문형성 시기는 6월에서 7월에 년 1 회 형성되는 것으로 추정할 수 있다.

5. 연령별 평균 윤경

패각의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 연 1회 형성되는 주기성의 윤문임을 확인하고, 이 윤문을 연령으로 간주하여 연령별로 각 연령의 평균 윤경을 구하였다 (Table 2).

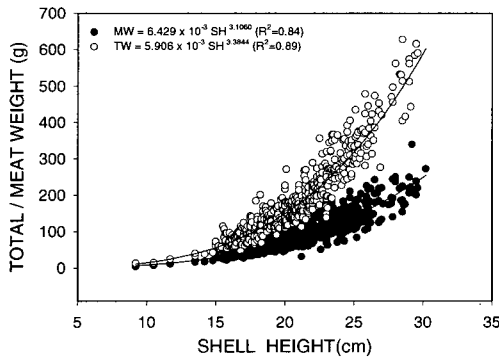


Fig. 4. Relationship between shell height (SH) and total weight (TW), and shell height and meat weight (MW) of *Atrina (Servatrina) pectinata japonica*.

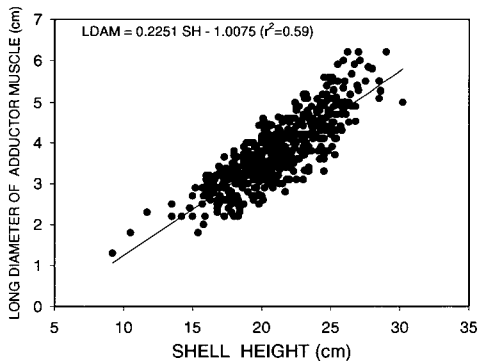


Fig. 5. Relationship between shell height (SH) and long diameter of adductor muscle (LDAM) of *Atrina (Servatrina) pectinata japonica*.

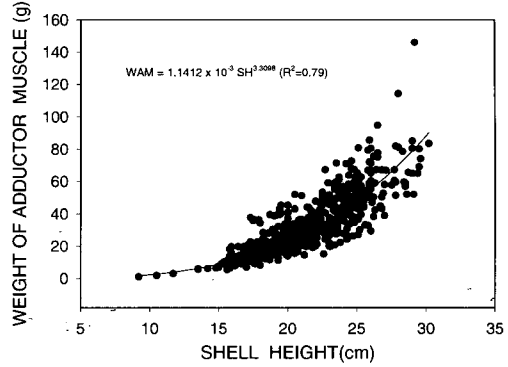


Fig. 6. Relationship between shell height (SH) and weight of adductor muscle (WAM) of *Atrina (Servatrina) pectinata japonica*.

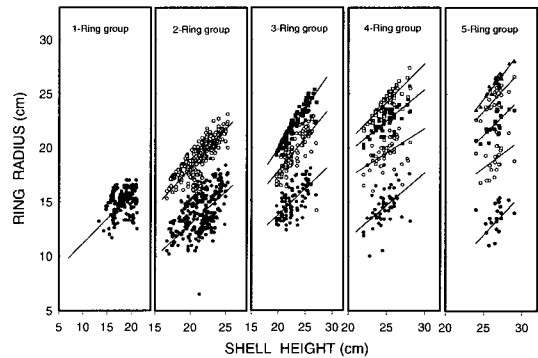


Fig. 7. Relationship between shell height and ring radii of *Atrina (Servatrina) pectinata japonica*.

총 10 개의 윤문이 나타났으며, 각 윤문의 평균윤경은 $r_1 = 14.51$ cm, $r_2 = 19.47$ cm, $r_3 = 22.24$ cm, $r_4 = 24.47$ cm, $r_5 = 26.09$ cm, $r_6 = 27.33$ cm, $r_7 = 28.31$ cm, $r_8 = 29.11$ cm, $r_9 = 29.76$ cm, $r_{10} = 30.35$ cm이었다. 평균윤경으로서 윤문 형성시의 총중량을 역계산한 결과는 Table 2와 같이 나타났다.

6. 성장식

본 조사에서는 Bertalanffy 성장식을 이용하여 시간에 대한 키조개의 성장을 식으로 나타내었다 (Fig. 9, 10, 11). 키조개의 산란기를 6-7월로 간주하였고, 윤문형성 시기도 6월-7월로 추정되므로 6월에 산란된 개체들이 다음해 6월에 초륜이 형성되므로, 초륜형성시까지의 기간은 만 1년으로 추정할 수 있다. 따라서, 윤문 형성시의 각고는 $SH_1 = 14.51$ cm, $SH_2 =$

19.47 cm, SH₃ = 22.24 cm, SH₄ = 24.47 cm, SH₅ = 26.09 cm, SH₆ = 27.33 cm, SH₇ = 28.31 cm, SH₈ = 29.11 cm, SH₉ = 29.76 cm, SH₁₀ = 30.35 cm이었다.

윤문형성시의 각고를 사용하여 Walford의 정착도에 의한 직선회귀식을 구하면 SH_{t+1} = 0.7253 SH_t + 8.5142 (Fig. 10) 로 나타났다. 이를 이용하여 성장계수 (k) 와 최대각고 (SH_∞) 를 구하면 각각 0.3212와 30.99 cm이었다.

그러므로 Bertalanffy 성장식은,

$$SH_t = 30.99(1 - e^{-0.3212(t+0.9653)})$$
 이고 (Fig. 10)

$$TW_t = 657.94(1 - e^{-0.3212(t+0.9653)})^{3.3844}$$
 (Fig. 11)였다.

고 찰

키조개의 산란이나 성숙 및 채묘에 관해서는 한국과 일본, 중국을 중심으로 많은 학자들이 연구하였으나, 연령과 성장에 대한 연구는 중국의 Qiu *et al.* (1996)가 본격적으로 연구한 바 있고, 일본의 田中(1965)은 연령별 크기를 간단히 언급한 바 있다. 그러나, 우리나라의 키조개에 대한 연령과 성장에 관한 연구는 없는 실정이다. 최근 들어 자연산 자원의 감소로 인한 합리적인 자원 이용과 자원 조성의 필요성이 제기되고 있으며, 이식 등에 의한 양식도 시도 되고 있다 (양 등, 1995). 그러나, 어린 개체들의 폐각은 대단히 얇아 쉽게 부서지므로 다루기가 어렵기 때문에 인공종묘 생산 등에는 한계가 있으므로

자연채묘를 중심으로 많은 연구가 이루어지고 있다 (Yoo and Yoo, 1984; Yoo *et al.*, 1988; 정 등, 1986). Kim *et al.* (1985)은 남해안 여자만에서 부유유생을 조사한 결과 주로 7 월 중순에 가장 많은 부유유생이 출현하였고, 130-680 um 크기라고 보고하였다. 키조개의 부유유생은 다른 이매패류보다 다소 큰 것으로 나타났다.

패류의 폐각을 연령형질로 하여 연령사정한 결과는 국내에 많은 논문이 발표되었다. 이들 논문들의 대부분은 윤문형성 시기를 크게 두가지로 나눌 수 있다. 즉, 온도가 급격히 낮아지거나 높아질때 (Ryou, 1991; Kim and Ryou, 1991; Ryou and Kim, 1997) 와 산란기 전후 (Kang and Kim, 1983; Kim *et al.*, 1985) 로 나눌 수 있다. 윤문의 형성은 에너지의 부족으로 성장을 멈추는데 이는 먹이의 겨울철 저온으로 인한 먹이와 수온의 저하와 에너지가 정자나 난자의 형성에 쓰여 성장이 지연되는 결과에 의하여 나타난다. 그러나, 온대지역에는 대부분의 경우는 겨울철의 온도하강에 의하여 일어나는데, 특이하게도 북방대합 (*Spisula sachlinensis*)과 개량조개 (Ryu and Kim, 2000) 및 키조개에서는 산란철 이후에 윤문이 형성되는 것으로 나타났다. 그러나, 중국에서는 Qiu *et al.* (1996) 에 의하면 겨울철과 여름철 두 번에 걸쳐 윤문이 형성된다고 보고하였다. 본 조사에서도 일부 개체들에 있어서는 12 월과 3월에 윤문이 형성되는 것으로 나타났으나, 본 조사에서

Table 2. Estimated mean to weight at the time of each ring formation based on the relationship between shell length and total weight of *Atrina (Servatrina) pectinata japonica*.

Item	Ring group	No. of individuals	Ring radius (cm)										
			r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇	r ₈	r ₉	r ₁₀	
Shell length (cm)	1	174	14.75										
	2	280	13.73	19.05									
	3	114	15.07	19.57	22.01								
	4	55	14.56	19.52	22.48	24.18							
	5	23	13.14	18.99	22.28	24.60	25.95						
	6	11	15.19	19.94	22.71	24.72	26.25	27.40					
	7	13	14.35	19.37	22.29	24.70	26.13	27.42	28.45				
	8	6	14.67	20.80	21.90	24.58	26.23	27.63	28.55	29.15			
	9	6	15.38	20.07	22.62	24.32	25.85	26.80	27.95	28.87	29.57		
	10	2	14.30	17.90	21.60	24.20	26.10	27.40	28.30	29.30	29.95	30.35	
	Mean	684	14.51	19.47	22.24	24.47	26.09	33.28	28.31	29.11	29.76	30.35	
Total weight (g)	1		53.27										
	2		41.87	126.65									
	3		57.37	138.95	206.54								
	4		51.00	137.71	222.08	284.17							
	5		36.06	125.34	215.31	300.96	360.73						
	6		58.92	147.85	229.73	306.07	375.36	433.73					
	7		48.63	134.09	215.77	305.31	369.41	434.96	492.82				
	8		52.31	170.67	203.19	300.45	374.34	446.35	498.48	534.83			
	9		61.48	151.14	226.58	289.57	356.14	402.41	463.90	517.44	586.15		
	10		48.02	102.67	193.92	284.89	367.94	433.73	483.86	544.20	561.15	613.07	
	Mean		50.49	136.39	213.92	295.82	367.27	430.06	484.64	532.08	573.55	613.07	

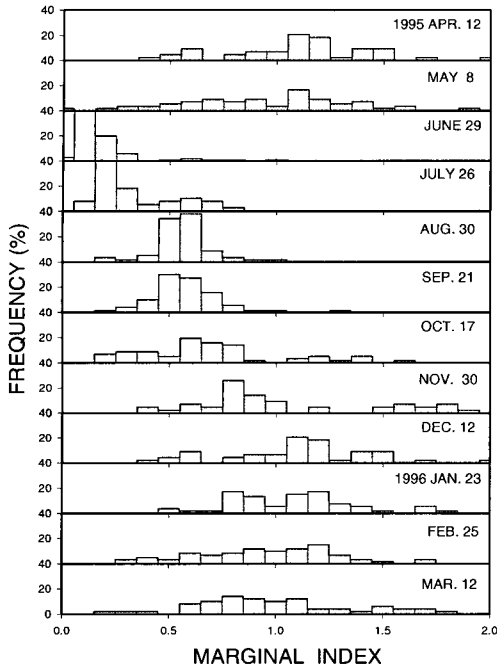


Fig. 8. Monthly distribution of the marginal index in the shell of *Atrina (Servatrina) pectinata japonica*.

는 이를 위류으로 간주하였다. 6월의 윤문 형성은 키조개의 경우 생식소 발달이 5월과 6월에 급속히 이루어지며, 발달한 생식소의 크기도 다른 이매패류에 비하여 상당히 크다. 따라서, 일시적으로 영양분이 개체의 다른부분보다 생식소로 몰리면서 성장이 멈추기 때문으로 추정된다.

Qiu et al.(1996) 는 패각에 의하여 산정한 연령군이 1세군

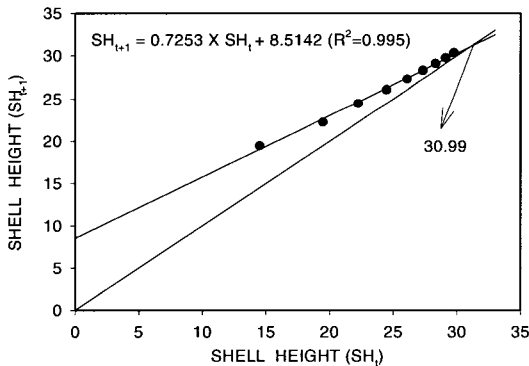


Fig. 9. Walford's graph of the shell growth of *Atrina (Servatrina) pectinata japonica*.

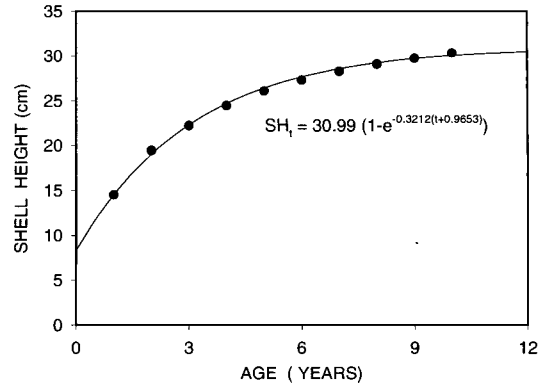


Fig. 10. Estimated von Bertalanffy growth curve of the shell height of *Atrina (Servatrina) pectinata japonica*.

에서 7세군까지 7 개 출현하였다고 보고하였으나, 본 조사에서는 0세군에서 10세군까지 총 11 개의 연령군이 출현하였다. 또한 이론적인 최대 각고와 총중량은 Qiu et al. (1996)의 경우 28.43 cm와 635.16 g으로 보고하였으나, 본 조사에서는 30.99 cm와 657.94 g으로 나타나, 최대각고와 최대 총중량 모두 본 조사의 결과가 더 크게 나타났다.

연령별 크기도 田中 (1965)은 8개월에 10.2 cm, 2세 19.5 cm, 4세가 26.1 cm, 5세가 27.3 cm, 6세가 28.8 cm라고 하였고, Qiu et al. (1996)는 1세가 14.0 cm, 2세가 19.9 cm, 3세가 23.4 cm, 4세가 25.5 cm, 5세가 26.7 cm, 6세가 27.4 cm로 본 조사와 유사하게 나타난 것으로 나타났다. 또한 우리나라에서의 주 어업 대상 연령은 2세에서 4세까지였으나, 중국에서는 3세-6세로 보고하여 유사하게 나타났다. 이는 중국이나 한국 모두 키조개의 패주 (후폐각근) 를 식용으로 하고 있으며, 패주는 5세이후에는 색이 회색으로 변하며 살이 질겨 기호성이 떨어진다.

따라서, 키조개의 합리적인 자원 이용을 위하여 대량번식과 집단적인 서식 습성을 이용하여 고밀도로 서식하는 해역의 키조개를 2세-4세의 연령에 도달하면 전량을 채취하고 서식밀도가 낮은 해역의 자원은 채취하지 않고 고연령군으로 만들어 치패를 생산하는 모패의 서식지로 이용한다면 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 추정된다.

요 약

1995년 4월부터 1996년 3월까지 충청남도 보령시 연안에 서식하는 키조개를 총 701마리 채집하여 성장을 조사하였다.

1. 키조개의 패각에 나타나는 윤문은 년1회 형성되며 주 윤문 형성시기는 6월에서 7월로 조사되었다.

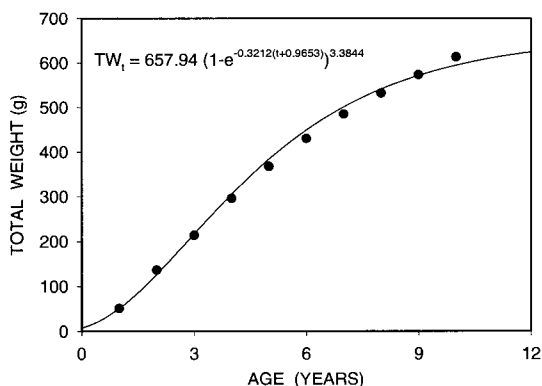


Fig. 11. Estimated von Bertalanffy growth curve in total weight of *Atrina (Servatrina) pectinata japonica*.

2. 초륜 형성기간은 12개월 (만 1년)로 나타났다.

3. 각고 (SH) 와 총중량 (TW) 간의 관계는 $TW = 5.906 \times 10^{-3} SH^{3.3844}$ 이었으며, 각장 (SL) 과 각고 (SH) 간의 관계는 $SL = 0.5277SH + 0.0934$ 이고, 각장 (SL) 과 각폭 (SW) 간의 관계는 $SW = 0.2681SH - 1.3757$ 였다.

4. 연령 (t) 에 대한 각고 (SH) 와 총중량 (TW) 의 Bertalanffy 성장식은

$$SH_t = 30.99(1 - e^{-0.3212(t+0.9653)}) \text{이고 (Fig. 11)}$$

$$TW_t = 657.94(1 - e^{-0.3212(t+0.9653)})^{3.3844} \text{ (Fig. 12)였다.}$$

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 과학기술부 한국과학재단 지정 군산대학교 새만금 환경연구센터의 지원에 의한 것입니다.

REFERENCES

Choe, K.J. (1980) On mutual relationships between lengths and weights of pen shell *Atrina pectinata japonica* I. *Thesis Collect. Yeosu Nat. Fish. Coll.*, **14**: 37-41. [in Korean]

Choe, K.J. (1981) On morphological variation of the pen shell *Atrina pectinata japonica*. *Thesis Collect. Yeosu Nat. Fish. Coll.*, **15**: 27-29. [in Korean]

Fang, Y. and Qi, X. (1988) Studies of ultrastructure of oocyte in process of maturing in pen shell. *Acta oceanol. sin./Haiyang Xuebao*, **7**(3): 459-472. [in Chinese]

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. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **16**(2): 82-87. [in Korean]

Kim, Y.H. and Ryou, D.K. (1991) Study on the Growth of *Macra veneriformis* (Reeve). *Bull. Kunsan Fish. J. Coll.*, **25**(2): 41-47. [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. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **34**: 165-170. [in Korean]

Qiu, S., Zhang, X., Wang, S., Wang, X., Yang, J., Shan, S., Qiu, X., Wang, M. and Sun, F. (1996) Age and growth for pen shell in northern offsea of Shandong. *J. Fish. China/Shuichan Xuebao*, **20**(4): 301-306. [in Chinese]

Qiu, S., Yang, J., Zhang, X., Qu, X., Wang, S., Zhang, P., Gong, X., Zhang, S. and Zhang, X. (2000) Reproductive biology of *Pinna pectinata*. *J. Fish. China/Shuichan Xuebao*, **24**(1): 28-31. [in Chinese]

Ryou, D.K. (1991) Study on the Growth of *Tapes philippinarum* (Adam et Reeve). *Bull. Kunsan Fish. J. Coll.*, **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 J. Malacol.*, **13**(2): 185-192.

Ruy, D.-K. and Kim, Y.-H. (2001) Management of the Hen Clam, *Macra chinensis* Philippi, on the Coast of Kunsan. I. Age and growth. *Korean J. Malacol.*, **17**(1): 13-18. [in Korean]

Yoo, S.K. (1979) Shallow Sea Culture. Saero Pub. Co., pp. 90-94 [in Korean].

Yoo, S.K. and Yoo, M.S. (1984) Studies on the pen shell culture development (I). Reproductive ecology of pen shell in Yoja Bay. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **17**(9): 529-535. [in Korean]

Yoo, S.K., Lim, H.S., Ryu, H.Y. and Kang, K.H. (1988) Improvement of the seed production method of the pen shell. The occurrence of larvae and the early growth of the spat. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **21**(4): 206-216. [in Korean]

Walford, L.A. (1946) A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull. Woods Hole*, **90**(2): 141-147.

宮崎 一老. (1962) 二枚貝の浮游幼貝 (Veliger) の識別について. *日本誌*, **26**(10): 955-966.

古賀秀昭, 山下康夫. (1986) 有明海産タイラギに関する 研究-IV. タイラギするの關天然採苗に關する試み (1). *佐賀有明水試報*, **10**: 1-8.

古賀秀昭, 申武敬一. (1991) 有明海産タイラギに関する 研究-IV. タイラギするの關天然採苗に關する試み (1). *佐賀有明水試報*, **13**: 14-19.

吉田裕. (1956) 有明海産有用二枚貝の初期生活史. I. タイラギ, コケカノス. *水産講習所研究業績*, **193**: 115-122.

吉田裕, 井上泰. (1954) タイラギの生物學的研究 (概報). *山口内海水試調査業績*, **6**(1): 31-36.

島崎大昭, 杉原雄二, 山下康夫. (1984) タイラギ漁場の形成條件・特に附着基質に關する研究. *昭和58年度指定調査研究綜合事業報告書*, **24** pp.

渡邊 一. (1930) 有明海におけるタイラギの養殖. *養殖會誌*, **8**(4-5): 39-47.

Age and Growth of the Pen Shell on the West Coast of Korea

- 寶本俊策, 大林萬鋪. (1984) 타이라기의人工採卵と幼生飼育に関する問題點. 栽培技術 **13**(2): 13-27.
- 田中二良 (1965) 淺海養殖60種, 타이라기 `東京.
- 김중래, 장창익, 마채우. (1998) 충남 연안 키조개의 자원평가. 서해연안생태연구소, 59 pp.
- 김영자, 오희국, 김진옥. (1981) 키조개 생태조사. 수진사보, 55: 30-36.
- 농림부. (1997) 키조개 자연채묘 기술개발시험. 148 pp. 제주.
- 백성현. (1998) 한국 서해산 키조개, *Atrina (Servatrina) pectinata*의 번식과 성장에 관한 연구. 군산대 석사학위논문, 40 pp.
- 정성채, 허중수, 문영봉, 이종관, 송천환, 김강길. (1986) 키조개의 종묘생산을 위한 실험적 연구. 수진연보, **39**: 143-150.
- 양문호, 정춘구, 장인권, 김성연, 노용길, 김영종. (1995) 키조개 양식기술에 관한 연구, 남해수연사업보고. pp. 139-152.