

한국 서해산 백합, *Meretrix lusoria*의 연령과 성장

류동기* · 정의영 · 김용민¹

군산대학교 해양생명과학부
¹국립공원관리공단 변산반도사무소

Age and Growth of the Hard Clam, *Meretrix lusoria* (Bivalvia: Veneridae) on the West Coast of Korea

DONG-KI RYU*, EE-YUNG CHUNG AND YONG-MIN KIM¹

School of Marine Life Science, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea
¹Byeonsanbando National Park, Korea National Park Service, Buan 579-850, Korea

2004년 4월부터 2005년 3월까지 전라북도 김제시 심포면 갯벌에 서식하는 백합의 연령과 성장을 조사하였다. 백합의 패각에 나타나는 윤문은 년 1회 형성되며, 주된 윤문 형성시기는 2월~4월임을 확인할 수 있었다. 초륜의 형성 기간은 약 6개월(0.5년)로 나타났으며, 각장(SL)과 각고(SH)간의 관계는 $SH = 0.8103 SL + 0.5145 (R^2 = 0.991)$ 이고, 각장과 각폭(SW)간의 관계는 $SW = 0.4897 SL + 0.0315 (R^2 = 0.976)$ 이며, 각장과 전중량(TW)간의 관계는 $TW = 2.9195 \times 10^{-4} SL^{2.9547} (R^2 = 0.991)$ 로 나타났다. 연령 (t)에 대한 각장(SL)의 Bertalanffy 성장식은 $SL_t = 104.9 (1 - e^{-0.2235(t+0.7677)})$ 였으며, 전중량(TW)의 Bertalanffy 성장식은 $TW_t = 280.8(1 - e^{-0.2235(t+0.7677)})^{2.9547}$ 로 추정되었다.

Samples of *Meretrix lusoria* were collected monthly from the tidal flat of Simpo, Puan-gun, Chollabuk-do, west coast of Korea from April 2004 to March 2005. Age of *M. lusoria* was determined from the rings on the shell. The relationship between shell length and ring radius in each ring group was expressed as a regression line. Therefore, there is a correspondence in each ring formation. Based on the monthly variations in the marginal index (MI) of the shell, it is assumed that the ring of this species was formed once a year during the period of February to April. The relationship between shell length (SL) and shell height (SH; mm) was highly correlated with shell height as the following equation: $SH = 0.8103 SL + 0.5145 (r^2 = 0.991)$. The shell length (SL) - shell width (SW) relation was also expressed by the following equation: $SW = 0.4897 SL + 0.0315 (r^2 = 0.976)$. Shell length (SL; mm) and total weight (TW; g) was expressed by the following equation: $TW = 2.9195 \times 10^{-4} SL^{2.9547} (r^2 = 0.991)$. Shell length (SL) and shell height (SH; mm) was highly correlated with shell height as the following equation: $SH = 0.8103 SL + 0.5145 (r^2 = 0.991)$. The shell length (SL) - shell width (SW) relation was also expressed by the following equation: $SW = 0.4897 SL + 0.0315 (r^2 = 0.976)$. Growth curves for shell length and total weight fitted to the von Bertalanffy's growth curve were expressed respectively as: $SL_t = 104.9[1 - e^{-0.2235(t+0.7677)}]$, $TW_t = 280.8[1 - e^{-0.2235(t+0.7677)}]^{2.9547}$.

Keywords: Hard clam, *Meretrix lusoria*, Age and Growth, von Bertalanffy's growth curve

서론

백합은 우리나라에서 예로부터 식량자원으로 주요한 자리를 차지하고 있었으며, 일찍부터 양식 대상종으로서 각광을 받아 왔다. 그러나 최근에는 대단위 간척사업으로 인한 갯벌 서식지의 감소, 공업화에 따른 환경오염의 확산과 급격한 해양환경의 변화, 양식 생물의 밀식 및 연작에 의한 양식장 자가 오염의 누적, 양식장의 부영양화 등으로 인한 적조발생 등의 원인으로 생산량이 점차 감소되는 경향을 보이고 있다(해양수산부, 2000).

많은 연구자들이 이매패류의 양식을 위해 대상종의 번식생태를 규명하는 연구를 지속적으로 수행하여 왔고, 또한 자원의 효율적인 관리와 새로운 양식품종을 개발하기 위하여 새로운 종에 대한 기초조사를 활발히 진행하고 있다. 이러한 시도를 위해서는 우선 대상종의 연령과 성장에 관한 연구가 선행되어야 한다.

백합은 국내 최대 서식지로 알려진 전라북도 김제시 심포면 연안에서 여름철의 빈번한 강우와 고온으로 인한 사망과 무분별한 남획으로 인하여 생산량이 감소하고 자원량이 급감하여, 그 심각성이 중보존을 위협하는 수준으로 개체수의 변화가 있었다. 최근에는 중국산 백합의 이식 등으로 인하여 변종의 생성 가능성까지 우려되었다. 따라서 백합의 자원관리를 위해서는 어획금지 크기 및

*Corresponding author: dongki@kunsan.ac.kr

시기를 적용하여 이들 중의 생물자원량을 효율적으로 관리하여야 하는 동시에 지속적인 생산을 위해서는 증양식 개발사업이 필요하다.

그러므로 이들 자원에 대한 지속적인 생산을 위해서는 자원생태학적 기초연구가 시급하다. 지금까지 우리나라산 백합의 자원생태에 관한 연구는 성장(Kim et al., 1977)에 관한 보고가 되어 있을 뿐이다.

본 연구는 전라북도 김제시 심포면 연안역에서 채집된 백합을 대상으로 자원생태학적 연구, 조사 방법에 의해 조사하므로서 효율적인 자원 관리 및 증양식을 위한 기초자료를 얻기 위해 연령과 성장에 관하여 연구하였다.

재료 및 방법

표본 채집 및 측정

백합의 월별 성장과정을 조사하기 위해서 전라북도 김제시 심포 연안역의 갯벌이 잘 발달된 조간대에서 2004년 4월부터 2005년 3월까지 매월 1회씩 약 100개체의 표본을 채집하였다(Fig. 1). 채집은 대조시에 조간대 갯벌에서 현장에서 채집하였으나 일부 대형개체는 어민들로부터 구입하였다(Fig. 1).

백합의 연령에 따른 각장의 성장상태를 파악하기 위해, 실험실로 운반된 껍각은 불순물을 제거하고 세척하여 건조시킨 후 digital vernier calliper로 각장(SL)과 각고(SH)를 0.1 mm까지, 전중량(Total Weight: TW)은 전자저울을 사용하여 0.01 g까지 측정하였다. 각장은 전연과 후연간의 최장 직선거리로 측정하였다.

연령사정과 성장

연령사정은 껍각에 나타난 윤문으로 하였는데 백합의 육질부를 완전히 제거한 후 좌우 한 쌍의 껍각 중 비교적 윤문이 뚜렷한 한 쪽 껍각을 사용하였다. 건조 후 판독이 용이한 껍각을 2차 표본 추출하여 해부현미경용 조명등의 강한 빛을 껍각에 투사시켜 육안으로 관찰하였으며, 불투명대(opaque zone)에서 투명대(translucent zone)로 이행하는 경계선을 윤문으로 판독하였다. 윤문의 반경 역시 vernier calipers로 0.1 mm 단위까지 측정하였다. 백합의 껍각에

는 각정부를 중심으로 성장상황에 따라 동심원상으로 불투명대와 투명대가 나타나는데 이것을 윤문으로 간주 하였다. 본 연구에서는 우각의 성장선인 윤문경을 측정하였으며, 각 윤문은 각정을 초점으로 하여 여러 개의 윤문이 형성되어 있는데, 폭이 좁은 윤문들 중에서 계단모양으로 투명대가 나타나는 특징을 가진 성장선을 기준 연륜으로 측정하였다. 측정기준은 껍각의 각장을 R, 제1윤의 윤경을 r_1 , 제2윤의 윤경을 r_2 ... r_n 로 하여 측정하였다.

본 조사에서는 윤문의 판독이 정확한가를 알아보기 위해서 각장과 윤문과의 상관관계를 통해서 확인하였다.

껍각 연변부 성장의 월별변화는 연변부성장지수(MI: Marginal Index)인 다음의 식을 사용하여 구하였다(Ryu and Kim, 2001).

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

여기서, R은 각장, r_n 은 n번째 윤문의 윤경(각정에서 껍각의 가장자리로 향해 n번째의 윤문), r_{n-1} 은 윤문 n개를 가지는 개체들의 평균윤경, r_{n-1} 은 윤문 n-1개를 가지는 개체들의 평균 윤경이다.

초륜이 형성되는데 소요되는 시간을 산란기와 윤문형성시기로 추정하였다. 백합의 각장과 각고 및 각장과 각폭에 대한 상대성장식은 직선식을 사용하였으며, 각장과 전중량은 포물선식을 적용하여 분석하였다.

성장 model은 일반적으로 가장 널리 사용되는 von Bertalanffy 성장식(1938)을 선택하여 파악하였다. 연령이 t일 때의 각장 SL_t 는 다음 식에 의해서 구하였다.

$$SL_t = SL_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$$

여기서, SL_{∞} 는 이론적 최대각장, k는 성장계수, t_0 는 각장이 0일 때의 이론적 연령이다. 성장모델의 매개변수 추정방법은 각 연령별 평균각장을 Walford(1946)의 정착도법을 사용하여 각 파라메타를 추정하였다.

결 과

윤문형성의 대응성

이때페루는 껍각에서 보여 지는 윤문을 통해 비교적 용이하게 연륜을 판독할 수 있으나, 이러한 윤문이 실제로 연륜을 나타내고 있는 것인지 대응성을 조사하여 윤문판독의 정확성을 검토할 필요성이 있으며, 이를 위해 윤문별로 각장과 윤경과의 관계를 검토하였다. 백합 껍각의 표면은 전체가 황갈색 또는 백색, 회갈색 등 다양하게 나타나는데 짙은 갈색 또는 흑색의 윤문이 각정을 중심으로 나타나 있다. 채집한 표본을 대상으로 윤문군별 각장(R: SL)과 윤경(r)간의 상호대응 관계를 그래프로 나타내었다(Fig. 2). 그래프를 통해서 각장과 윤경간의 관계가 정상관을 보여 윤문판독의 정확성을 확인할 수 있었다. 그래프를 보면 회귀직선을 중심으로 약간의 분산을 나타내고 있지만, 각 윤문이 비교적 뚜렷이 구분되어 윤문판독의 타당성이 확인되어 판독된 윤문을 연륜으로 간주하였다. 따라서 껍각에 형성된 윤문은 각장과 윤경간에 대응성을 보이는 것이므로 연령형질로서 적합한 것을 알 수 있었다.

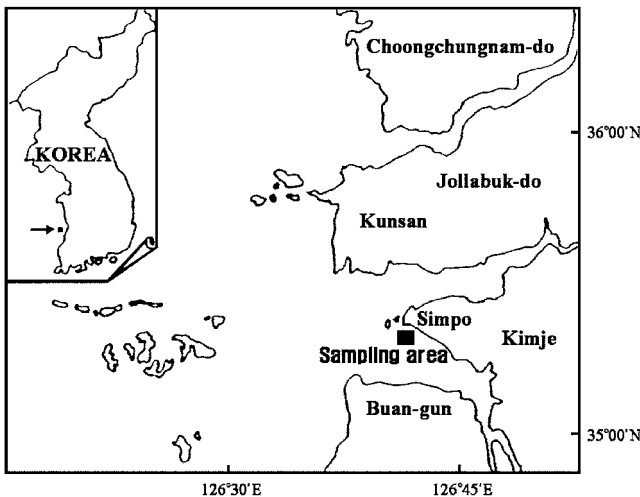


Fig. 1. Location of the study area and sampling sites.

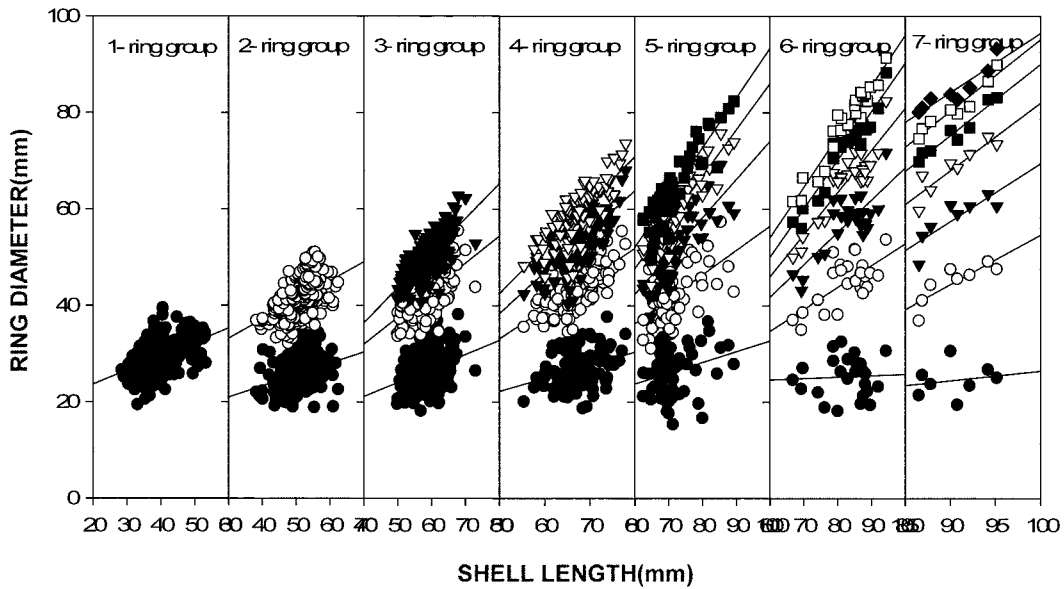


Fig. 2. Relationship between shell length and ring radii of *Meretrix lusoria*.

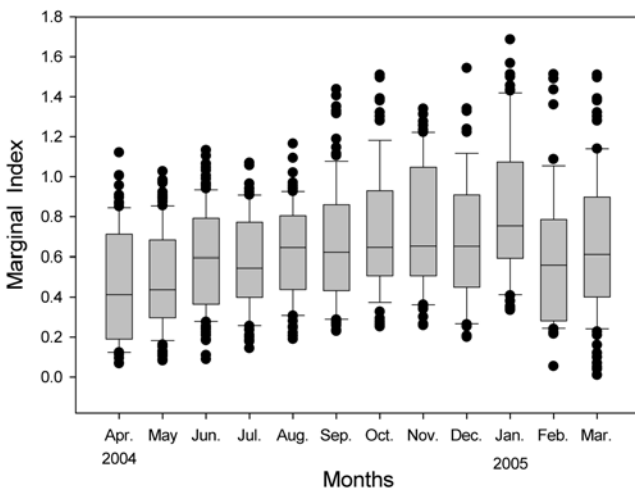


Fig. 3. Monthly changes in the marginal index in shell length of *Meretrix lusoria*. The lines indicate the 25th, 50th and 75th percentiles, and error bars indicate the 10th and 90th percentiles.

윤문형성시기 및 주기성

윤문이 연령형질로서 사용 가능한 것으로 나타났지만, 윤문이 반드시 연륜을 나타내는 것은 아니므로 윤문이 형성되는 시기 및 1년에 몇 회 형성되는지를 확인할 필요가 있다.

백합의 윤문 형성시기를 알아보기 위해 윤문경을 이용한 연변부 성장지수의 월별변화는 그래프로 나타내었다(Fig. 3). 연변부 성장지수의 월별변화 범위는 1월에 가장 넓었고, 이후 계속적으로 감소하다가 2~4월에 가장 낮은 값을 보인 후, 계속적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 따라서 백합의 윤문은 년 1회, 2월~4월에 형성되어지는 것으로 추정하였다. 또한, 백합의 주산란기는 7~8월경으로 8월을 기점으로 하였을 때(Lee, 1997) 약 0.5년 만에 첫 윤문을 형성하며, 연 1회 윤문을 형성하는 것으로 확인하였다.

이를 바탕으로 본 조사를 통해서 알아본 윤문을 연륜으로 판정하였다.

윤문형성시의 각장

백합의 월별 각장에 따른 빈도수를 살펴보면, 각장 범위는 15~110 mm 범위였고, 각장 크기가 작은 개체군을 중심으로 월별 성장상황을 살펴보면 최초로 가입하는 시기는 8월로 가장 15 mm의 어린 개체들이 나타나기 시작하고 11월경에는 각장 약 30~40 mm로 성장한다. 이들 연급군들이 12~3월에는 잘 나타나지 않다가 4월에는 가장 뚜렷한 모드(mode)를 형성한 후 급격히 증가하기 시작하였다. 즉 백합은 수온이 비교적 낮은 1~3월 사이에는 성장이 정체되거나 느린 경향을 보였고, 4월경부터 본격적으로 성장하여 7~9월 사이에 급격히 성장하는 경향을 나타내었다(Fig. 4).

이러한 결과는 본 조사의 연변부 성장지수의 월별변화에서도 뚜렷하게 확인되었다. 본 조사에서 확인된 연급군은 총 7개였으며, 윤문형성시의 각장과 전중량은 Table 1과 같다. 7번째 연급군의 윤문형성시의 각장은 84.71 mm로 관찰된 최대 크기의 백합보다 적게 나타났다.

상대 성장

본 종의 각장과 각고 및 각장과 각폭 그리고 각장과 전중량 간의 상관관계는 Fig. 5와 Fig. 6에 나타낸 바와 같으며, 그 식은 다음과 같다.

$$SH = 0.8103SL + 0.5145 \quad (R^2 = 0.991)$$

$$SW = 0.4897SL + 0.0315 \quad (R^2 = 0.976)$$

$$TW = 2.9195 \times 10^{-4} SL^{2.9547} \quad (R^2 = 0.991)$$

연령과 성장

백합의 연령과 성장에 있어서는 각 윤경의 평균을 각 연령군의

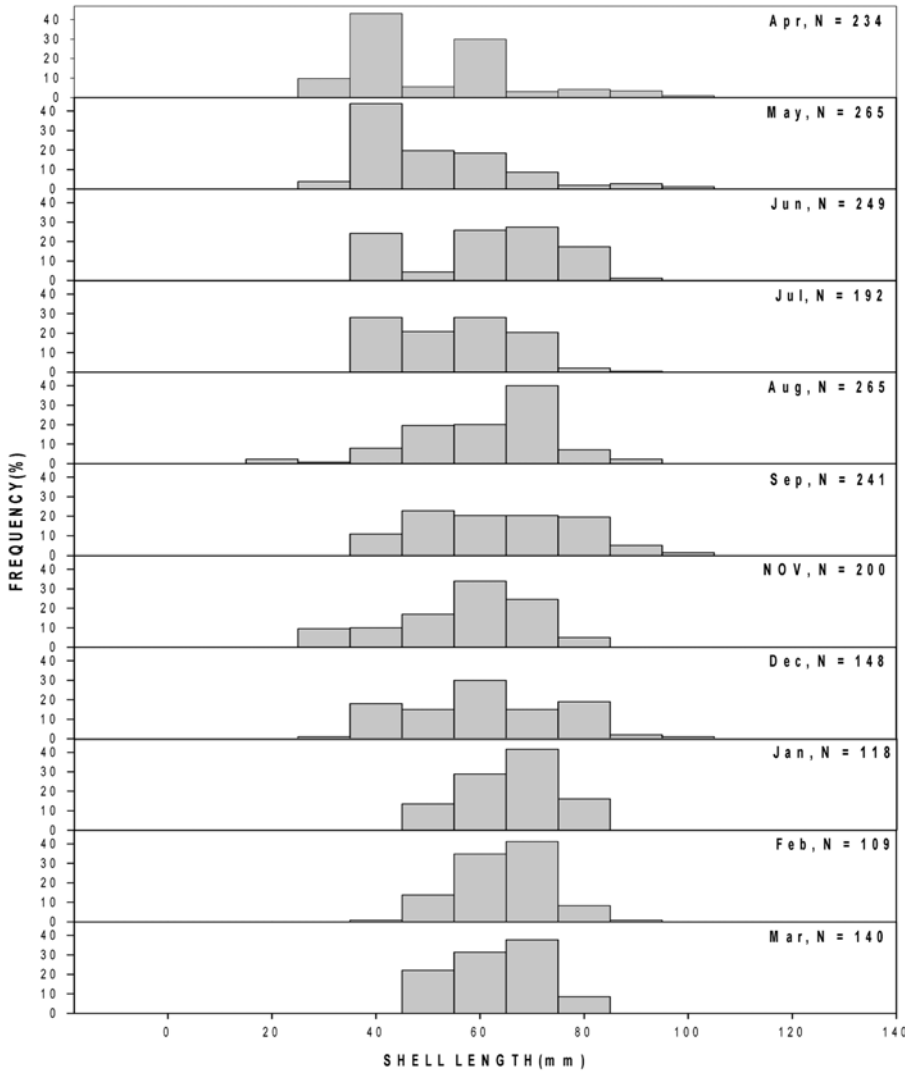


Fig. 4. Monthly frequency (%) distribution of the shell length of *Meretrix lusoria*.

Table 1. Average shell ring radii and back-calculated total weight at estimated age of *Meretrix lusoria*

Item	Ring group	Ring diameter (mm)							No. of sample
		r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇	
Shell length (mm)	1	29.14							268
	2	25.61	45.24						288
	3	26.67	42.86	52.41					193
	4	26.99	44.20	53.52	61.36				121
	5	26.80	42.97	52.53	61.85	70.27			76
	6	25.71	43.42	56.37	66.16	73.38	78.37		25
	7	24.50	42.77	56.93	64.56	71.89	80.94	84.71	8
Average		26.49	43.58	54.35	63.48	71.51	79.66	84.71	
Total weight (g)	1	6.20							
	2	4.23	22.74						
	3	4.77	19.39	35.13					
	4	4.95	21.23	37.37	55.97				
	5	4.84	19.54	35.36	57.30	83.55			
	6	4.28	20.15	43.56	69.92	94.94	115.33		
	7	3.71	19.27	44.86	65.04	85.75	126.88	145.14	
Average		4.71	20.39	39.26	62.06	88.08	121.11	145.14	

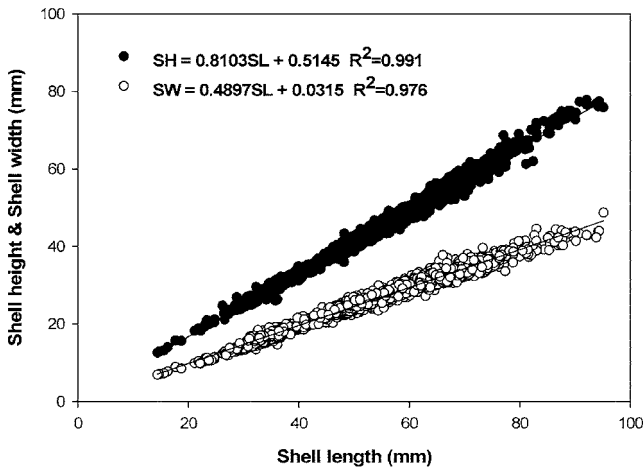


Fig. 5. Relationship between shell height (SH) and shell width (SW) and length (SL) of *Meretrix lusoria*.

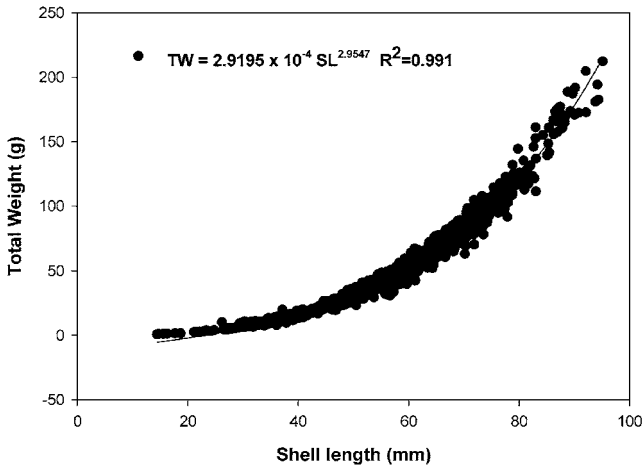


Fig. 6. Relationship between shell length (SL) and total weight (TW) of *Meretrix lusoria*.

각장으로 정하였다. 패각의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 1년에 1회 형성되는 주기성의 윤문으로 가정하고 이 윤문을 연륜으로 간주하였다. 백합의 주산란기를 8월로 간주하면(Lee, 1997), 윤문형성 시기가 2월로 추정되므로 8월에 산란된 개체들이 그 다음해 2월에 초륜이 형성됨으로 초륜 형성시까지의 기간은 만 0.5 세로 추정할 수 있다.

윤문형성시의 평균 각장은 $SL_{0.5} = 26.49$ mm, $SL_{1.5} = 43.58$ mm, $SL_{2.5} = 54.35$ mm, $SL_{3.5} = 63.48$ mm, $SL_{4.5} = 71.51$ mm, $SL_{5.5} = 79.66$ mm, $SL_{6.5} = 84.71$ mm이었다. 그래프를 통한 연령군별 각장에 의해서 von Bertalanffy's 성장식의 모수를 추정하면 극한각장 $SL_{\infty} = 104.9426$ mm, 성장계수(k)는 $k = 0.2235$ /year, 각장이 0일 때의 이론적 연령 t_0 는 0.7677 year로 각각 추정되었다(Fig. 7).

성장식은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$SL_t = 104.9(1 - e^{-0.2235(t+0.7677)})$$

또한, 평균 윤경으로서 윤문 형성시의 전중량은 $TW_{0.5} = 4.71$ g,

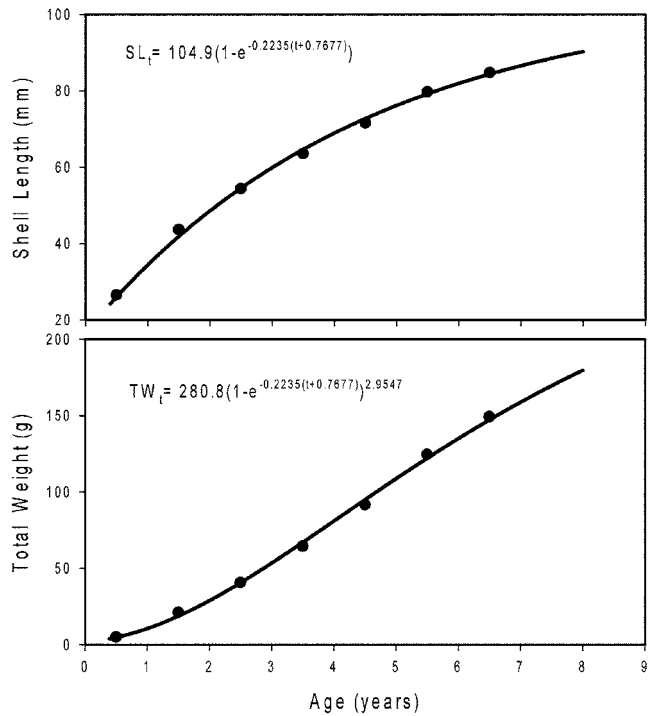


Fig. 7. von Bertalanffy growth curves of *Meretrix lusoria*.

$TW_{1.5} = 20.39$ g, $TW_{2.5} = 39.26$ g, $TW_{3.5} = 62.06$ g, $TW_{4.5} = 88.08$ g, $TW_{5.5} = 121.11$ g, $TW_{6.5} = 145.14$ g 이었다(Table 1).

윤문형성시의 각장을 이용하여 구한 성장계수(k)는 $k = 0.2235$ /year이며, 최대각장 $TW_{\infty} = 280.8$ g이고, 각장이 0일때의 이론적 연령 t_0 는 0.7677 year로 각각 추정되었다(Fig. 6).

$$TW_t = 280.8(1 - e^{-0.2235(t+0.7677)})^{2.9547}$$

고찰

백합은 산업적인 가치가 많은 품종으로서 식용으로 크게 이용되고 있으나 1970년대 대량 폐사 이후 자원량이 많이 줄어 생산량에 대한 공식적인 통계가 집계되지 않아 정확한 어획량의 추정이 어려운 형편이다. 백합에 대한 양식의 역사는 오래되었지만 이들의 서식조건, 먹이생물, 산란생태 등 효율적인 자원관리에 요구되는 연구가 미미한 상황이므로 향후 백합자원의 증식을 위한 생태·생리에 관한 기초 자료를 얻고자 하였다.

따라서, 수산자원의 체계적인 자원관리 및 양식생산 기술개발을 위해서는 수산자원을 평가하여 자원상태를 진단하는 것이 필요한데 이를 위해서는 연령과 성장에 관련한 자원생태학적인 특성치를 구명하는 것이 기본적인 요건이다.

이매패류의 패각을 연령형질로 하여 연령사정할 결과는 국내외에 많은 논문이 발표되었다(Kim and Zhang, 1999; Zhang et al., 1999; Lee and Zhang, 2000; Jo et al., 2001; Ryu et al., 2001; Kim et al., 2003). 이들 연구 보고의 대부분은 이매패류의 윤문형성시기를 크게 두 가지로 나누고 있다. 즉, 온도가 급격히 낮아지거나 높아질 때(Kim and Ryu, 1991; Ryu, 1991; Sakurai, 1993; Ryu

and Kim, 1997)와 산란기 전후(Kang and Kim, 1983; Kim et al., 1985; Ryu and Kim, 2001)로 구분하고 있다. 즉 윤문의 형성은 폐각의 성장에 대한 에너지의 부족으로 성장을 멈추는데, 이는 겨울철 먹이 부족이나 저온으로 인한 생리활성 저하 및 산란기의 에너지가 정자나 난자 형성에 쓰여짐으로 성장이 지연되는 결과에 의하여 나타난다. 그러나 온대지역에는 대부분의 경우 겨울철 온도 하강에 의하여 일어나는데, 난소의 발달이 크게 나타나는 패류에서는 산란기 이후에도 윤문이 형성된다. 우리나라에서도 북방대합, *Spisula sachalinensis*와 개량조개에서 산란철 이후에 윤문이 형성되는 것으로 나타났으며, 살조개, *Protothaca jedoensis*의 경우에는 본 종과 마찬가지로 수온이 가장 낮은 동절기에 윤문이 형성되는 것으로 조사되었다(Kim et al., 2003). 그러나 윤문을 판정할 때 성장기가 시작되는 시기를 기준으로 하느냐 성장기가 끝나는 시기를 기준으로 하느냐에 따라 윤문형성 시기가 달라질 수 있다. 동일한 장소에서 조사한 백합의 경우 Kim et al.(1977)은 윤문형성시기를 11월부터 익년 4월 사이에 형성된다고 하였다. 이는 연령사정시 윤문형성시기를 본 조사에서는 성장이 정제되었다가 성장하는 시기인 성장윤이 조밀하게 나타나다가 넓게 나타나는 시점을 기준으로 하였으나 Kim et al.(1977)은 성장윤이 조밀하게 나타나는 시기 전체를 윤문형성시기로 간주한 것이기 때문에 윤문형성시기가 긴 것으로 추정된다.

각각의 윤문군별로 각장에 대한 윤경간의 대응성을 확인한 결과 윤경의 분산이 윤문형성시기가 개체간에 변이가 큰 것으로 보이며, 폐각이 얇은 어린 시기에는 환경변화에 민감하기 때문에 윤문의 형성시기 및 형성크기의 개체 간 차이가 비교적 큰 것으로 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서의 윤문형성 시기는 8월에 산란한 이후 다음해 2~4월경에 연 1회 윤문을 형성한다는 것을 알 수 있었다. 백합의 윤문은 산란 이후 겨울과 초봄 사이에 형성되는 것으로 밝혀졌다. 백합을 비롯해 모든 패류의 연령사정을 위한 윤문의 측정 시는 위류의 유무를 정확하게 판단해야 올바른 윤문을 확인할 수 있다.

각장·전중량의 상대성장에 있어서 각장이 60 mm 이전인 백합에서는 회귀곡선을 중심으로 분산이 비교적 작았으나, 각장 60 mm 이상으로 증가할수록 분산이 큰 개체들이 확인되었는데, 이 크기의 개체들은 환경 및 생리적인 영향으로 각장·전중간의 편차가 커지는 것으로 사료된다.

본 조사에서는 총 7개의 연금군이 출현하였는데 백합은 비교적 수명이 긴 패류에 속한다. 또한 높은 연령일수록 윤경이 작아지는 Lee현상이 나타났다. 이는 백합의 채취방법이 어민들이 눈이나 촉감으로 채취하거나 형망으로 채취하기 때문에 대형의 개체들이 우선적으로 채취되기 때문으로 보인다.

Kim et al.(1977)은 1977년 조사에서 8개의 연금군으로 구분하였고, 최대각장이 102.6 mm, 최대전중량이 257 g이라고 보고하여 본 조사와 비슷한 경향을 보였다.

참고문헌

- Bertalanffy, L. von, 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquire's on growth laws. II). *Human Biol.*, **10**: 181-213.
- Hanaoka, T. and T. Shimadzu, 1949. Studies on the morphometry and rate of growth in clam, *Macra sulcataria* Reeve. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **15**: 311-317.
- Jo, H.S., Y.C. Park, W.S. Yang, O.I. Choi and B.Y. Cha, 2001. Age and growth of scallop, *Chlamys farreri* from the coastal water of Daehuksan island. *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Ins. Korea*, **59**: 29-34. [in Korean]
- Kang, Y.J. and C.K. Kim, 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. Korea Fish. Soc.*, **16**: 82-87. [in Korean]
- Kim, B.A., B.K. Kim and S.U. Kim, 1977. Studies on the growth of hard clam, *Meretrix lusoria* (RÖDING). *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **17**: 77-85.
- Kim, Y., M.S. Park and S.D. Lee, 1985. Occurrence and growth of pen shell, *Atrina pectinata* (Reeve) larvae in Yeolja Bay. *Bull. Nat'l Fish. Res. Dev. Agency*, **34**: 165-170. [in Korean]
- Kim, Y.H. and D.K. Ryu., 1991. Study on the growth of *Macra veneriformis* (Reeve). *Bull. Kunsan Fish. Junior Col.*, **25**: 41-47. [in Korean]
- Kim, H.J. and C.I. Zhang. 1999. A population ecological study of short-necked clam, *Tapes philippinarum* in the adjacent waters of Jinhae. *J. Korean Fish. Soc.*, **2**: 32-43. [in Korean]
- Kim, J.H., J.S. Kim, Y.H. Kim, E.Y. Chung and D.K. Ryu, 2003. Age and growth of the Jedo Venus clam, *Protothaca jedoensis* on the West Coast of Korea. *Kor. J. Malacol.*, **19**: 125-132.
- Kim, Y.H., D.K. Ryu, D.S. Chang, J.B. Kim and S.T. Kim, 2003. Age and growth of Purplish Washington Clam (*Saxidomus purpuratus*) in Jinhae Bay, Korea. *J. Kor. Fish. Soc.*, **36**: 495-499.
- Lee, J.H., 1997. Histological studies on the gametogenesis and reproductive cycle of the hard clam, *Meretrix lusoria*. *Korean J. Malacol.*, **13**: 131-141.
- Ryu, D.K., 1991. Study on the growth of *Tapes philippinarum* (Adam et Reeve). *Bull. Kunsan Fish. Junior Col.*, **25**: 25-31. [in Korean]
- Ryu, D.K. and Y.H. Kim, 1997. Studies on the population dynamics of surf clam, *Macra veneriformis* Reeve (Bivalvia) on the coast of Kunsan, Korea. I. Growth. *Korean J. Malacol.*, **13**: 185-192.
- Ryu, D.K. and Y.H. Kim, 2001. Management of hen clam, *Macra chinensis* Philippi, on the coast of Kunsan. I. Age and growth. *Kor. J. Malacol.* **17**: 13-18. [in Korean]
- Sakurai, I. 1993. Age and growth of the sunary surf clam *Macra chinensis* in Tomakomai, southwest Hokkaido. *Bull. Japanese Fish. Sci.*, **59**: 469-472. [in Japanese]
- Walford, L.A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull.*, **90**: 141-147.
- Zhang, C.I., M.W. Lee and S.K. Yoon. 1999. Estimation of population ecological characteristics of sunset shell, *Nuttallia olivacea* in Dadaepo shore. *J. Korean Fish. Soc.*, **2**: 24-31. [in Korean]
- 해양수산부, 2000. 해양수산통계연보. 대중인쇄사, 1190 pp.

2006년 4월 18일 원고접수

2006년 11월 14일 수정본 채택

담당편집위원: 최광식