

강릉해역 접시조개(*Megangulus venulosus*)의 연령과 성장

안희춘 · 홍성익¹ · 배재현 · 김재원² · 윤병선*

국립수산과학원 동해수산연구소, ¹바다생태리서치, ²강원도립대학 해양생명과학과

Age and Growth of Great Tellin, *Megangulus venulosus* in the Coastal Waters of Gangneung, Korea

Heui-Chun AN, Sung-Eic HONG¹, Jae-Hyun BAE, Jae Won KIM², Byoung-Sun YOON*

East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Gangneung 210-860, Korea

¹Bada Ecology Research, Gangneung 210-852, Korea

²Gangwon Provincial College, Department of Marine Life Science, Gangneung 210-804, Korea

To investigate the characteristic of age and growth, samples of *Megangulus venulosus* were collected monthly by dredge in the coastal waters of Gangneung, Korea from January to December 2014. The age of *M. venulosus* was estimated by measuring the ring radius on the shell. Because the relationship between shell lengths and ring radii in each ring group was regressed well, each ring was considered as an annual growth ring. Based on the monthly variation of the marginal index (MI) of the shell length, it is assumed that the ring of this species was formed once a year during September and November. From the parameters calculated using the average length when the year ring was formed, the estimated von Bertalanffy growth equation were $SL_t=236.3(1 - e^{-0.061(t+0.184)})$ in age.

Keywords: *Megangulus venulosus*, Age and Growth, Marginal index, von Bertalanffy growth curve

서론

강원도 연안에 서식하는 이매패류는 수심 2-5 m 내 외에는 대복 (*Gomphina veneriformis*), 5-10 m에는 개량조개 (*Maetra chinensis*), 8-20 m의 사질에는 접시조개 (*Megangulus venulosus*), 북방대합 (*Pseudocardium sachalinensis*), 비늘백합 (*Mercenaria stimpsoni*) 등이 서식하는 것으로 알려져 있다 (Lee et al., 2002; Kim et al., 2009; An et al., 2014). 이중 접시조개는 백합목 (Veneroida) 접시조개과 (Tellinidae)에 속하는 이매패류

로 한국과 일본, 사할린, 오후츠크해 연안 등에 서식한다. 각정은 중앙에서 약간 오른쪽으로 치우쳐 있으며 검고 긴 인대가 있다. 패각은 두껍고 단단하며 황백색을 띠고 성장맥은 윤맥이 뚜렷하고 뒤쪽에는 둔한 능각이 있다 (Min et al., 2004).

접시조개는 부드러운 식감과 풍부한 맛으로 식량자원으로써 이용가치가 높아 상업적으로 널리 이용되고 있다 (Kawashima and Ohnishi, 2003; Kawashima et al., 2007). 그러나 강원 연안의 과도한 해안도로 건설 및

*Corresponding author: mzzmmz@naver.com, Tel: 82-33-660-8529, Fax:082-33-661-8513

방파제 공사 등으로 인하여 연안의 환경오염과 서식지 파괴가 가중되고 있다. 또한 최근 동해안 표층수온의 상승 (Kim et al., 2014)과 같은 해양환경의 변화로 인하여 접시조개의 생물생리학적 특성과 먹이원 등이 변화하고 있을 뿐만 아니라, 어업 기술의 발달에 따른 무분별한 어획 등으로 인하여 자원량이 감소하는 경향을 보이고 있으나 정확한 어획량 집계 자료가 없어 자원량 추정이 어려운 실정이다.

접시조개에 대한 외국의 연구는 일본 홋카이도에 서식하는 접시조개의 성장과 산란주기 (Goshima et al., 1991), 붉은속비단조개 (*M. zonoensis*)의 창자 및 근육의 구성성분 (Kawashima et al., 2007), 접시조개 신경세포의 미세구조 (Kotsyuba, 2011) 등의 연구가 보고되었다. 국내에는 이매패류의 자원생태학적 연구와 유생 사육에 관한 연구 (Choi and Song, 1974; Lee and Kim, 1991; Lee et al., 1999; Ryu et al., 2006; Song et al., 2008; Kim et al., 2009; Kim et al., 2014) 등의 조사가 많이 이루어져 있으나 접시조개에 대한 관련 연구는 거의 없는 실정이다.

강원도에서는 구획형망어업의 어획 대상종인 북방대합, 비늘백합, 접시조개, 개량조개, 민들조개, 대북의 채포금지 각장과 대상종별 어구의 갈퀴간격과 그물코의 크기를 제한하여 수산자원의 지속적인 이용과 관리를 위해 노력하고 있다 (Gangwon-do, 2003). 그러나 강원도 도시에서 접시조개의 채포금지 각장을 60 mm 이하로 규정하고 있으나 이에 대한 과학적 근거가 되는 연구 결과는 보고된 것이 없는 실정이다.

따라서, 본 연구는 접시조개 자원의 지속적 이용에 필요한 과학적인 기초자료를 제공하고자 강원도 강릉시 영진 해역에서 구획형망으로 어획한 접시조개의 연령과 성장을 규명하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 접시조개는 2014년 1월부터 12월까지 강원도 강릉시 영진 연안에서 패류형망으로 매월 1회 채집하여 사용하였다 (Fig. 1).

채집된 접시조개는 디지털 버니어캘리퍼스 (Mitutoyo, CD-8" PS, Japan)를 이용하여 각장 (Shell length: SL), 각고 (Shell height: SH), 각폭 (Shell width: SW)을 0.01 mm 단위까지 측정하였고, 습중량 (Total weight: TW)

은 전자저울 (CBL3200H, CAS, Korea)을 이용하여 0.01 g까지 전량 측정하였다 (Table 1).

연안 수온자료는 한국해양자료센터에서 조사지점과 인접한 주문진 연안정지 관측자료를 2014년 1월부터 12월까지의 월평균을 구하였다.

접시조개의 연령사정은 패각에 나타난 불투명대에서 투명대까지 이행하는 경계를 윤문으로 간주하여 패각

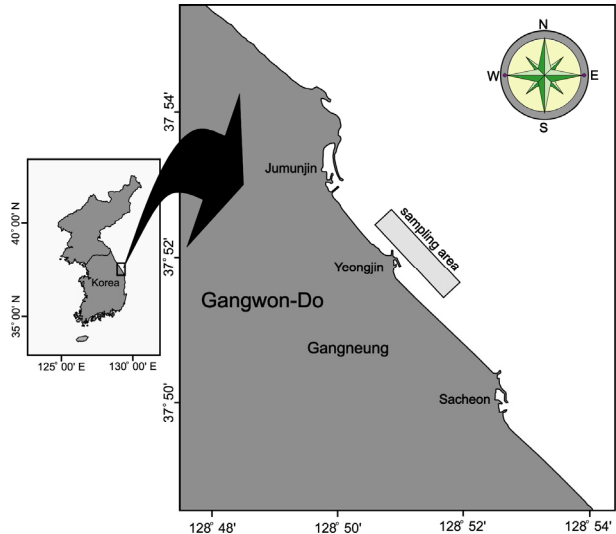


Fig. 1. Map showing the sampling area of *Megangulus venulosus* with dredge from January to December 2014 in the coastal waters of Gangneung, Korea.

Table 1. Number of samples, range of shell length and total weight of *Megangulus venulosus* in the coastal waters of Gangneung from January to December 2014

Month	Number of individual	Range of shell length (mm)	Range of total weight (g)
January	110	44.04~114.82	4.37~134.74
February	90	37.38~111.30	3.62~112.48
March	111	25.87~110.04	0.99~108.55
April	120	20.34~107.10	0.72~118.25
May	112	27.16~101.69	1.59~ 94.45
June	84	27.20~111.34	1.37~142.50
July	159	25.45~101.48	0.91~ 92.71
August	88	48.85~ 87.37	6.49~ 54.45
September	120	29.90~106.74	1.48~110.59
October	97	30.89~108.34	1.69~109.26
November	88	42.60~105.70	5.05~ 95.91
December	82	37.82~102.68	3.45~ 89.84
Total	1,261	20.34~114.82	0.72~142.50

에 나타난 초점에서 패각의 중앙부를 잇는 직선을 기준하여 패각길이를 측정하고, 초점에서 각 윤문까지의 거리인 윤경은 r1, r2, r3, ... rn으로 표시하여 윤문을 측정하였다 (Fig. 2)

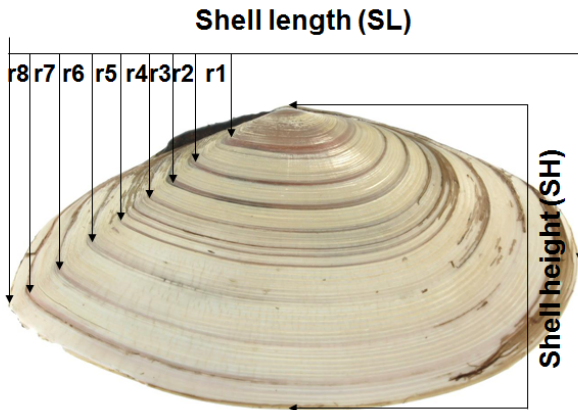


Fig. 2. Morphological image showing ring radius used for the age determination of *Megangulus venulosus* in the coastal waters of Gangneung from January to December 2014.

윤문판독의 정확성을 검토하기 위해 각 윤문별로 윤경 간의 관계를 비교하여 각장과 윤경간의 대응성을 검토하였다. 윤문의 형성횟수 및 형성시기를 알아보기 위하여 패각의 연역지수 (Marginal index: MI)를 구하여 월별 변화를 검토하였다. 연역지수를 구하기 위하여 사용된 식 (1)은 다음과 같다.

$$MI = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}} \quad \text{식 (1)}$$

여기서 R은 각장, rn은 윤경으로 패각의 초점에서 n 번째 윤문까지의 거리이다.

평균 윤경으로부터 윤문 형성시의 각장과 습중량을 역계산하기 위해 Huxley (1932) 방법에 의거하여 각장 (SL)에 대한 각고 (SH), 각폭 (SW) 및 습중량 (TW)의 상대성장식을 추정하였다.

접시조개의 성장식은 일반적으로 가장 널리 사용되는 von Bertalanffy (1938) 성장식을 선택하였으며, 성장모델의 매개변수 추정은 Walford (1946)의 정차도법에 의해 구한 추정치를 초기값으로 하여 비선형회귀방식 (nonlinear regression)에 의해서 사용된 식은 (2)와 같다.

$$SL_t = SL_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad \text{식 (2)}$$

여기서, SLt는 연령 t시의 각장, SL∞는 이론적 최대 각장, k는 성장계수, t0은 각장이 0일 때의 이론적 연령을 말한다.

결 과

조사지역의 환경

2014년 1월부터 12월까지 한국해양자료센터에서 측정한 주문진의 연중수온은 1-3월은 평균 8℃ 전후로 큰 변화를 보이지 않다가 4월이 되면서 12.5℃로 증가하는 경향을 보였다. 4월 이후 수온은 점차 증가하기 시작해 8월에 23.3℃로 가장 높은 수온을 보였고, 이후 점차 감소하기 시작하여 12월에는 11.2℃의 수온을 나타냈다 (Fig. 3).

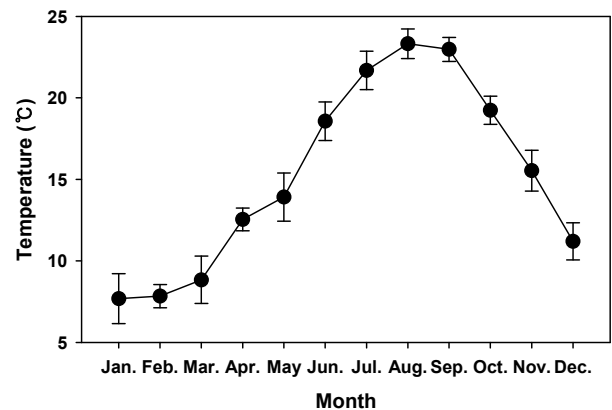


Fig. 3. Monthly variation in temperature of Jumunjin coastal waters of Gangneung from January to December 2014.

윤문형성의 대응성

접시조개 패각의 불투명대와 투명대로 이행하는 경계인 윤문이 연령형질로서 적합한 지의 여부를 확인하고 윤문 판독의 정확성을 검토하기 위하여 각 윤문별 각장과 윤경 간의 관계를 분석하였다 (Fig. 4). 각 윤문은 일정한 간격을 두고 구분되어 인접한 윤문과 중복됨이 없이 분리가 잘 되었으며, 각장과 윤경 간에는 각장이 커질수록 윤경이 커지는 직선관계를 나타내었다. 따라서 접시조개의 패각이 연령형질로서 이용 가능한 것으로 판단된다.

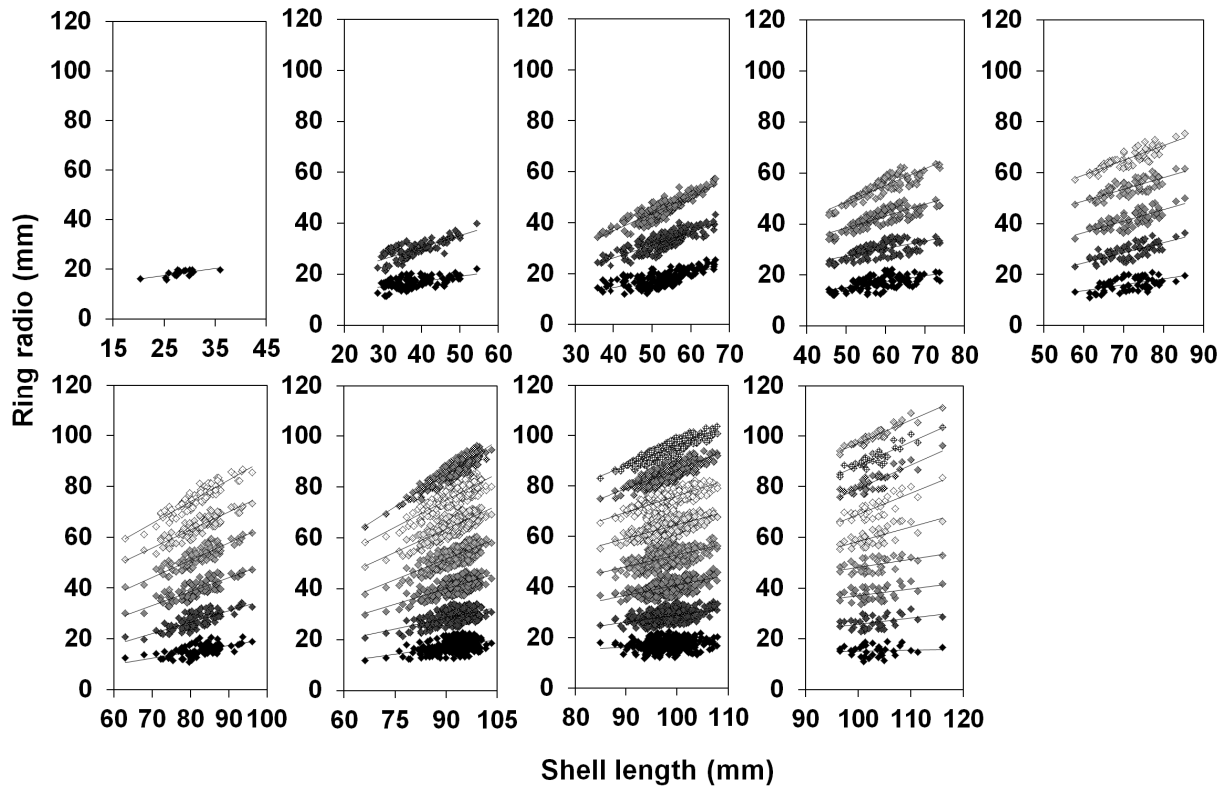


Fig. 4. Relationship between shell length and ring radius of *Megangulus venulosus* in the coastal waters of Gangneung from January to December 2014.

윤문형성시기

패각에 형성된 윤문이 연령형질로서 가능성을 확인 하였으나 윤문이 반드시 연륜으로 나타나는 것은 아니므로 접시조개 윤문의 형성시기 및 연간 형성 횟수를 파악하기 위해 연역지수 (Marginal index: MI)의 월 변

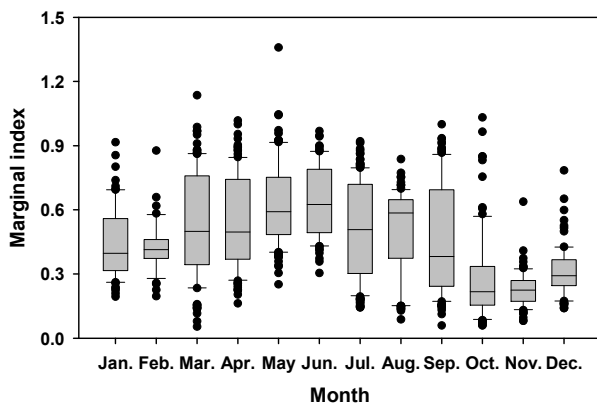


Fig. 5. Monthly change of marginal index(MI) in shell length of *Megangulus venulosus* in the coastal waters of Gangneung from January to December 2014.

화를 분석하였다 (Fig. 5).

월별 경향은 1월과 2월은 각각 평균 0.44와 0.42로 낮은 값을 보이다가 3월과 4월이 되면서 평균 0.54로 증가하였다. 5월과 6월에는 각각 0.63과 0.64로 가장 높은 값을 보였으며 이후 7월에서 10월까지의 0.46-0.51로 유사한 값을 보이다가 10월이 되면서 0.28로 급격하게 낮아지는 경향을 보였고 이후 값이 다시 상승하는 경향을 보였다. 따라서 접시조개의 윤문 형성시기는 9-10월로 연 1회 형성되는 것으로 추정하였다.

상대성장

접시조개의 각장 (SL)에 대한 각고 (SH), 각장 (SL)의 관계식은 다음과 같이 직선식으로 표현되었다 (식 3, 4 and Fig. 6).

$$SH = 0.5818SL - 1.4929 \quad (R^2 = 0.978, P < 0.001) \quad \text{식 (3)}$$

$$SW = 0.2634SL - 2.9423 \quad (R^2 = 0.977, P < 0.001) \quad \text{식 (4)}$$

접시조개의 각장 (SL)에 대한 습중량 (TW)의 상관관계를 확인하기 위하여 각장과 습중량 간의 그래프를 통해서 분석한 결과 독립변수인 각장이 증가함에 따라 종속변수인 중량 변이가 점점 증가하는 포물선식이 가장 적합하게 나타났다. 따라서 다음 식을 대수선형화 시킨 후 선형최소자승법으로 추정된 상대성장식은 다음과 같다 (식 5 and Fig. 7).

$$TW = 0.205 \times 10^{-4} SL^{3.3135} \quad (R^2 = 0.988, P < 0.001) \quad \text{식 (5)}$$

성장식

패각의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 연 1회 9-10월 사이에 형성되는 주기성의 운문임을 확인된 운문을 연륜으로 간주하여 연령별로 각 연륜의 평균 운경을 계산한 결과, 접시조개의 연급군은 1-9세로 나타났다. 연급군별 평균 운경은 1세에 해당하는 r1은 16.84 mm, r2는 29.05 mm, r3는 41.01 mm, r4는 52.43 mm, r5는 63.53 mm, r6는 74.26 mm, r7는 84.57 mm, r8는 92.69 mm 그리고 r9는 100.30 mm로 나타났다 (Table 2).

각 운문 형성시에 계산된 각장을 사용하여 연령에 von Bertalanffy (1938) 성장식을 적용하여 연령에 대한 접시조개의 성장식을 계산하였다. 이 성장식에서 성장계수인 k 값과 극한각장 SL_{∞} 의 값은 Walford (1946) 방법으로 구한 성장 파라미터를 초기값으로 사용하여 비선형방식에 의해 추정하여 극한각장 $SL_{\infty} = 236.3$ mm, 성장계수(k)는 $k = 0.061/\text{year}$ 의 값을 얻을 수 있었다. 또한 각장이 0일 때의 이론적 연령 t_0 는 $t_0 = -0.184$ year로 추정되었다 (Fig. 8). 따라서 접시조개의 각장과 연령과의 성장식은 다음과 같이 나타났다 (식 6).

$$SL_t = 236.3(1 - e^{-0.061(t+0.184)}) \quad \text{식 (6)}$$

위의 식에 따라 von Bertalanffy 성장곡선을 나타내면 Fig. 8와 같으며, 각 연령에 따른 각장은 1세는 16.4 mm, 2세는 29.4 mm, 3세는 41.6 mm, 4세는 53.1 mm, 5세는 63.9 mm, 6세는 74.1 mm, 7세는 83.6 mm, 8세는 92.6 mm 그리고 9세는 101.1 mm로 나타났다 (Table 3).

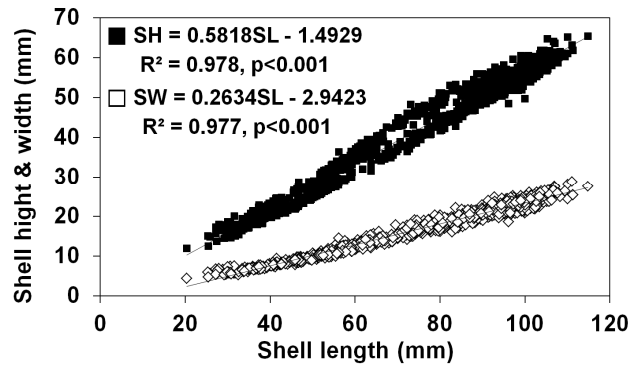


Fig. 6. Relationship between shell length and shell height, shell width of *Megangulus venulosus* in the coastal waters of Gangneung from January to December 2014.

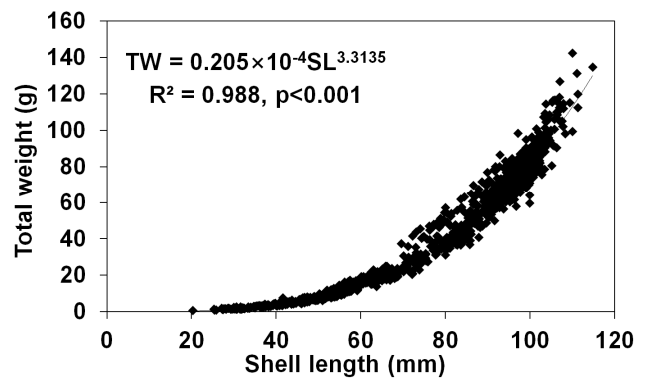


Fig. 7. Relationship between shell length and total weight of *Megangulus venulosus* in the coastal waters of Gangneung from January to December 2014.

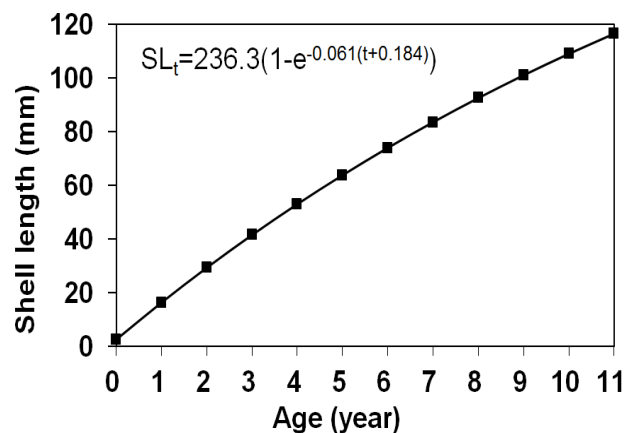


Fig. 8. Von Bertalanffy growth curve for the shell length of *Megangulus venulosus* in the coastal waters of Gangneung from January to December 2014.

Table 2. Average shell ring radius at the estimated age of *Megangulus venulosus* at the coastal waters of Gangneung from January to December 2014

Item	Ring Group	No.	Ring group (mm)									
			r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇	r ₈	r ₉	
SL (mm)	1	18	18.38									
	2	110	16.70	29.76								
	3	175	18.01	32.43	45.26							
	4	104	16.97	30.13	42.51	54.51						
	5	62	16.00	28.29	40.87	53.65	65.31					
	6	91	15.47	27.38	39.39	52.08	64.04	75.30				
	7	245	17.59	29.22	40.84	52.92	64.91	76.17	87.22			
	8	317	16.96	28.19	39.74	51.52	63.14	74.30	84.57	94.30		
	9	36	15.52	26.98	38.49	49.92	60.27	71.27	81.92	91.07	100.30	
mean			16.84	29.05	41.01	52.43	63.53	74.26	84.57	92.69	100.30	

Table 3. Mean shell length calculated with the time of each ring formation of *Megangulus venulosus* in the coastal waters of Gangneung from January to December 2014

Ring group	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SL(mm)	16.4	29.4	41.6	53.1	63.9	74.1	83.6	92.6	101.1

고찰

접시조개는 산업적 이용가치가 높은 품종으로 현재 식용으로 널리 이용되고 있다. 그러나 연안 주변의 개발로 인해 서식지의 환경오염과 무분별한 어획으로 생산량이 감소하고 있지만 공식적인 집계 자료가 없어 어획량 추정이 어려운 상황이다. 따라서 접시조개 자원의 지속적 이용을 위한 자원관리에 필요한 과학적 근거를 제공하고자 접시조개의 자원생물학적 특성치인 연령과 성장특성을 조사하였다.

이매패류에 있어서 패각의 성장은 윤문의 형성을 말하며, 이 윤문은 서식지의 수온이 급격하게 높아지거나 낮아지는 시기 (Ryu and Kim, 1997; Ryu et al., 2006), 산란기 전후 (Kim et al., 1985; Ryu and Kim, 2001)에 형성된다. 이는 성장에 필요한 에너지가 부족하여 패각의 성장이 지체되면서 형성되는 것으로 이러한 이유로 겨울철 계절변화에 의한 먹이부족과 수온 변화로 생리활성의 저하 그리고 생식소 발달에 필요한 에너지 공급으로 성장이 지연되는 등의 이유로 윤문이 형성하게 된다 (Ryu and Kim, 2001; Kim et al., 2014). 이렇게 형성된 윤문은 연령을 판독하는데 있어 중요한 역할을 하게 되며, 윤문의 형성시기와 산란시기를 통해 연령을

판정하는데 자료로 이용되고 있다 (Hong and Park, 1994). 이매패류의 연령사정은 예전부터 패각에 나타난 윤문을 이용하여 연령을 판독하여 왔는데 이를 이용한 연구가 많이 이루어졌다 (Goshima et al., 1991; Zhang et al., 1999; Jo et al., 2001; Ryu and Kim, 2001; Ryu et al., 2006; Ahn, 2009).

접시조개는 수온이 상승하는 3-5월에 생식소가 발달하기 시작하여 수온이 가장 높은 7-8월에 생식소는 성숙되어 9-10월에 산란이 일어나며, 11-이듬해 2월 사이에 휴지기를 가지는 것으로 알려져 있다 (Hong, 2015). 본 연구에서 연변부 지수의 월변화를 보면 1-2월에는 낮은 값을 보이다가 3-4월에 약 0.54로 증가하기 시작하고 5-6월에 0.64로 가장 높은 값을 보인 후 7-10월에 0.46-0.51로 유사한 값을 보이다가 10월이 되면서 0.28로 급격하게 낮아지는 경향을 보였다. 이를 토대로 접시조개의 성장은 수온이 점차 상승하는 3-6월 사이에 빠른 성장을 보이다가 7-9월에는 산란을 위하여 에너지를 소비하면서 성장이 느려지고 산란을 마치는 9-10월 사이에 윤문을 형성하게 되면서 이 시기에 연 1회 윤문이 형성되는 것으로 판단된다.

강원 연안에 서식하는 조개류 중 산업적 가치가 높은

좋은 대복, 개량조개, 접시조개, 북방대합, 비늘백합 등으로 이들 중 대부분이 여름에서 가을시기에 산란기를 가지며, 산란이 끝난 이후에 윤문이 형성되는 특징을 보이는 것으로 (Lee et al., 1997; Ryu and Kim, 2001; Kim et al., 2014), 개량조개 (Chung et al., 1987; Ryu and Kim, 2001)와 북방대합 (Lee et al., 1997)의 주 산란기는 6-7월, 대복 (Hwang and Hwang, 1981; Anh, 2009)은 7-8월로 나타났으며, 개량조개와 대복의 윤문 형성 시기는 각각 8-9월, 7월로 나타나 접시조개의 주 산란기와 윤문형성 시기가 가장 늦은 것으로 나타났다. Goshima et al., (1991)는 일본 홋카이도 연안에 서식하는 접시조개의 산란기를 9-10월로 보고하여 Hong (2015)의 연구결과와 유사하게 나타났으며, 윤문 형성 시기는 10-12월에 형성되어 연 1회 형성되는 것으로 보고하여, 본 연구의 결과에서 윤문형성시기인 9-10월에 비해 늦은 결과를 보였다. 이러한 차이는 조사 지역 간의 지리적 위치로 인한 수질환경적 차이로 산란기 및 윤문형성에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 이는 본 연구에서 접시조개의 각장범위는 20-116 mm, 연급군은 9개, 이론적 최대각장(SL_{∞})은 236.3 mm로 나타났으나 Goshima et al., (1991)의 연구에서 각장범위는 30-110 mm로 본 조사와 유사하게 나타났지만 연급군은 13개, 이론적 최대각장(SL_{∞})은 105.96 mm로 나타나 본 연구와 유사한 각장을 가진 개체들의 연령이 더 높은 것으로 나타났다. Goshima et al., (1991)의 연구가 수행된 지역은 북위 41°36'N, 동경 140°26'E로 본 연구 지역에 비해 상대적으로 북쪽에 위치한 지역으로 낮은 수온에 의하여 상대적으로 접시조개의 성장이 늦어짐에 따른 것으로 온도와 먹이원 및 기후요인 등이 패각의 성장을 결정짓는 중요한 요인으로 보인다 (Chung et al., 2005; Appeldoorn, 1983; Kim et al., 2014).

강원도 영진 연안에 서식하는 접시조개에 비해 일본의 홋카이도 연안에 서식하는 접시조개가 각장의 크기는 작으나 많은 연급군이 출현하는 이유는 지리적 위치에 의한 환경적 차이로 수온이 낮으면서 성장과 산란기가 늦어져 각장크기와 윤문형성에 차이를 보일 수 있기 때문으로 생각된다.

요 약

본 연구는 2014년 1월부터 12월까지 강원도 영진 연안에서 패류형망에 의해 채집된 접시조개의 패각을 이용하여 연령과 성장특성을 조사하였다. 접시조개의 윤문형성시기는 9-10월에 연 1회 형성되는 것으로 추정된다. 이론적 최대각장(SL_{∞})은 236.3 mm, 성장계수(k)는 0.061/year의 값을 얻을 수 있었다. 또한 각장이 0일 때의 이론적 연령 t_0 는 -0.184 year로 추정되었다. 따라서 접시조개의 각장과 연령과의 성장식은 $SL_t = 236.3(1 - e^{-0.061(t+0.184)})$ 으로 나타났다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원 (LED-IT 융합 집어서스템 연구, R2015046)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Ahn JM. 2009. Studies on the age and growth of *Gomphina melanaegis* inhabited Gyeongsangbuk-do coastal waters of the East Sea. Kangnung National University Master thesis, pp. 25.
- An HC, Bae JH, Park JM, Park CD and Hong SE. 2014. Species composition and cluster analysis of the communities caught by dredge in relation to tooth spacing and mesh size in the coastal waters of Gangneung, Korea. J Kor Soc Fish Technol 50, 530-541.
- Appeldoorn RS. 1983. Variation in the growth rate of *Mya arenaria* and its relationship to the environmental as analyzed through principal components analysis and ω parameter of the von Bertalanffy equation. Fish Bull 81, 161-170.
- Choi SS and Song YK. 1974. Studies on the artificial fertilization and development of *Meretrix lusoria*. Bulle Korean Fish Soc 7, 1-6.
- Chung EY, Kim YK and Lee TY. 1987. A study on sexual maturation of Hen Clam, *Macra chinensis* Philippi. Bull Korean Fish Soc 20, 501-508.
- Chung EY, Koo JG, Park KY and Lee CH. 2005. Seasonal changes in biochemical components of the adductor muscle, digestive diverticula and the ovary in *Chlamys farreri* in relation to the ovarian developmental phase. Kor J Malacol 21, 71-80.
- Gangwon-do. 2003. Notification of approval constraint and terms for the movable fixed area fishery (dredge). Gangwon-do Regulation Number 203-57.
- Goshima S, Nagamoo K, Kawai K and Nakao S. 1991. Reproductive Cycle and Growth of the Northern Great Tellin, *Megangulus venulosus*, in Shiriuchi, Hokkaido. J Assoc

- Benthol 40, 23-33.
- Hong JS and Park HS. 1994. Growth and Production of Macrobenthic Fauna on a Macrotidal Flat, Incheon, Korea. I. Growth of Razor Clam, *Solen strictus* from Chokchon Tidal Flat. Bull Korean Fish Soc 27, 549-559.
- Hong SE. 2015. Reproductive Cycle and Growth of Great Tellin, *Megangulus venulosus* in the Coastal Waters of Gangneung, Korea. Bada ecology research paper, 25, pp. 59
- Huxely JS. 1932. Problem of Relative Growth.(ed.). Dover P. Inc., New York, pp.312.
- Hwang KY and Hwang YT. 1981. Studies on the age and growth of the *Comphina* (*macridiscus*) *melaegis* (ROEMER) in the eastern waters of Korea. Bull Fish Res Dev Agency 27, 111-117.
- Jo HS, Park YC, Yang WS, Choi OI and Cha BY. 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.
- Kawashima H and Ohnishi M. 2003. Fatty Acid Compositions of Various Tissue Lipids in the Marine Bivalves, *Megangulus venulosus* and *Megangulu zyonoensis* from Coastal Waters of Hokkaido, Northern Japan. J Oleo Sci 52, 309-315.
- Kawashima H, Ohnishi M, Negishi Y, Amano M and Kinoshita M. 2007. Sterol Composition in Muscle and Viscera of the Marine Bivalve *Megangulus Zyonoensis* from Coastal Waters of Hokkaido, Northern Japan. J Oleo Sci 56, 231-235.
- Kim CS, An JE, Choi JD and Ryu DK. 2014. Age and Growth of the *Gomphina* (*Macridiscus*) *veneriformis* (Lamarck, 1818) in the Wonsan coast of East Sea. Korean J Malacol 30, 33-40. (DOI:10.9710/KJM.2014.30.1.33)
- Kim SK, Lee C, Kim YD, Jo QT, Lee JH, Park MW, Kim JW and Gong YG. 2009. Histological and Biochemical Analyses on Reproductive Cycle of *Gomphina melanaegis* (Bivalvia; Veneridae). J Korean fish Soc 42, 41-47.
- Kim SW, Im JW, Yoon BS, Jeong HD and Jang SH. 2014. Long-Term variations of the sea surface temperature in the East coast of Korea. J Korean Soc Mar Envir Safe 20, 601-608.
- Kim Y, Park MS and Lee SD. 1985. Occurrence and growth of pen shell, *Atrina pectinata* (Reeve) larvae in Yeolja Bay. Bull Nat'l Fish Res Dev Agency 34, 165-170.
- Kotsyuba EP. 2011. Distribution and ultrastructure of tyrosine hydroxylase-positive neurons in CNS of bivalve molluscs *Megangulus venulosus* under action of elevated temperature and hypoxia. Cell Tissue Biol 5, 264-272. (DOI:10.1134/S1990519X11030047)
- Lee JS, Park YJ and Chang YJ. 1999. Gonadal Development and Reproductive Cycle of *Gomphina melanaegis* (Bivalvia; Veneridae). J Korean fish Soc 32, 198-203.
- Lee JY, Chang YJ and Chun MJ. 2002. Optimal for fertilization of surf clam, *Spisula sachalinensis*. J Korean Fish Soc 35, 135-139.
- Lee JY, Chang YJ and Lee CS. 1997. Reproductive Cycle of Surf Clam, *Spisula sachalinensis*. J Korean Fish Soc 30, 132-138.
- Lee JY and Kim YG. 1991. Environmental survey on the cultivation ground in the west coast of Korea. J Aquacult 4, 111-128.
- Min DK, Lee JS, Koh DB and Je JG. 2004. Mollusks in Korea (revised supplementary edition). Hanguel graphics, Busan, Korea, 566.
- Ryu DK and Kim YH. 2001. Management of the Hen Clam, *Mactra chinensis* Philippi, on the coast of Kunsan. I. Age and Growth. K J Malacol 17, 13-18.
- Ryu DK and Kim YH. 1997. Management of hen clam, *Mactra chinensis* Philippi, on the coast of Kunsan. I. Age and growth. Kor J Malacol 17, 13-18
- Ryu DK, Chung EY and Kim YM. 2006. Age and Growth of the Hard Clam, *Meretrix lusoria* (Bivalvia: Veneridae) on the West Coast of Korea. J Kor Soc Oceanogr 11, 152-157.
- Song JH, Kim CH, Park SW, Yu JH and Jo YJ. 2008. Seasonality of the Biological Activity Factors of the hard clam *Meretrix lusoria* in the Western Coast of Korea. J Aquacult 21, 111-122.
- von Bertalanffy L. 1938. A quantitative theory of organic growth, Human Biol 10, 182-213.
- Walford LA. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. Biol Bull 19, 141-147.
- Zhang CI, Lee MW and Yoon Sk. 1999. Estimation of population ecological characteristics of sunset shell, *Nuttallia olivacea* in Dadaepo shore, Korea. J Korean Fish Soc 2, 24-31.

2015. 10. 19 Received

2015. 11. 20 Revised

2015. 11. 23 Accepted