

# 진해만에 분포하는 개조개 (*Saxidomus purpuratus*)의 연령과 성장

김영혜\* · 류동기<sup>1</sup> · 장대수 · 김종빈 · 김성태  
국립수산과학원 남해수산연구소, <sup>1</sup>군산대학교 해양생명과학부

## Age and Growth of Purpulish Washington Clam (*Saxidomus purpuratus*) in Jinhae Bay, Korea

Yeong Hye KIM\*, Dong Ki RYU<sup>1</sup>, Dae Soo CHANG, Jong Bin KIM and Seong Tae KIM  
South Sea National Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-823, Korea  
<sup>1</sup>School of Marine Life Science, Kunsan National University, Kunsan 573-360, Korea

Age and growth of purpulish Washington clam (*Saxidomus purpuratus*) was investigated from 480 samples monthly collected from January to December 2002 in Jinhae Bay, Korea. Examination of outer margins of the shell revealed that the translucent zone was formed once a year from March to April, it can be used as annulus. Ages were determined from ring radius of shell, and maximum age of the the clam was 9 years. The spawning period was from May to October, and the main spawning occurred in July. The relationship between shell length (SL) and shell height (SH) was  $SH = 0.8405 \times SL^{-4.9709}$  ( $R^2 = 0.97$ ) and that between the shell length (SL) and total weight (TW) was  $TW = 0.9580 \times 10^{-4} \times SL^{3.220}$  ( $R^2 = 0.97$ ). The von Bertalanffy growth equation were  $SL_t = 125.57(1 - e^{-0.2523(t+0.5367)})$ ,  $TW_t = 549.26(1 - e^{-0.2523(t+0.5367)})^{3.220}$ .

Key words: Purpulish Washington clam, *Saxidomus purpuratus*, Age, Growth, Jinhae Bay, von Bertalanffy growth equation

### 서 론

개조개 (*Saxidomus purpuratus*)는 백합목 백합과에 속하는 종으로 우리나라, 일본 북해도 남부부터 큐슈 및 중국 대륙 연안까지 넓게 분포하고, 조간대부터 수심 40 m의 모래나 자갈이 섞인 진흙에 서식한다 (Yoo, 1976). 우리나라에서는 고가의 식용패류로서 경제적 가치가 높은 종이다. 개조개는 연평균 약 7,300톤 정도가 어획되어지며, 부산, 마산, 남해 지역을 중심으로 한 경남 남해안 생산량이 전국 생산량의 약 73% 이상을 차지하고 있다. 2001년 TAC 시범 대상 어종으로 선정되어 총허용어획량은 총 9,500톤, 2002년 TAC 대상 어종으로 총 9,000톤이 할당되어져 개조개 어획량을 제한하는 것으로 자원을 관리하고 있다. 개조개의 효율적인 관리를 통한 지속적인 생산을 하기 위해서는 본 종에 대한 자원생태학적인 연구가 이루어져야 하지만 국내외적으로 연구가 매우 부족하다.

개조개에 관한 연구로는 우리나라의 경우, 생식세포 및 산란시기에 관한 연구 (Chung and Kim, 1994; Chung et al., 1999; Ahn, 2001; Kim et al., 2001)가 많이 보고되어져 있지만, 생태에 관한 연구는 Kim et al. (2001)에 의해 남해안에 분포하는 개조개의 어획량 변동과 상대성장에 관해 보고되어 있다. 일본의 경우, 치패의 인공 사육하에서의 형태적 특징에 관한 연구 (Kishioka et al., 1996), 성숙도에 관한 연구 (Kishioka et al., 1996)가 있으며, 중국에는 본 종의 먹이생물, 산란기, 연령 등 생물학적인 기초 연구보고 (Wei et al., 1982)가 있다.

본 연구는 개조개 자원의 평가 및 진단을 하기 위한 자원생태학적 특성치를 추정 parameters인 연령, 성장 및 산란시기 등을 추정하였다.

### 재료 및 방법

표본은 2001년 1월부터 12월까지 경상남도 진해만 (128° 42'E, 35° 05'N) 주변 해역에서 잠수기에 의해 어획된 것을 매일 1회 채집한 것이다. 채집한 표본은 실험실로 운반한 후 각고 (Shell height: SH)와 각장 (Shell length)은 vernier caliper를 사용하여 0.1 mm 까지, 전중량 (Total weight: TW)은 전자저울을 사용하여 0.1 g까지 측정하였다. 측정된 개체는 패각을 제거한 육질 전체를 formalin에 일차 고정을 한 후 생식소가 포함된 내장낭의 일부를 절취하여 Bouin's solution에 일정기간 동안 이차 고정하였다. 일반적인 조직학적 과정을 거친 후에 파라핀 절편법으로 두께 5 μm의 조직표본을 제작하였다. 염색은 Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin으로 비교염색을 시행하였다.

연령사정을 위해 연령형질은 패각을 사용하였으며, 패각은 25% 염산에 20-30분 담갔다가 물로 세척하였다. 부식된 패각은 각피 (periostracum)만 제거되고 능주층 (prismatic layer)이 보이는 부분, 각피와 능주층이 제거되고 진주층 (nacreous layer)이 보이는 부분이 번갈아 가며 나타난다. 진주층이 보이는 부분을 투명대, 능주층이 보이는 부분을 불투명대로 간주하고 윤문은 투명대에서 불투명대로 이행하는 경계로 하였다. 윤문은 패각을 자연광에 투사시켜 육안으로 관찰하였다. 윤경

\*Corresponding author: yhkim@nfrdi.re.kr

은 패각의 각장을 각경 (R), 제 1윤문까지의 윤장을 제 1윤경 (r<sub>1</sub>), 제 2윤문까지의 윤장을 제 2윤경 (r<sub>2</sub>), ..., r<sub>n</sub>으로 하여 측정하였다 (Fig. 1).

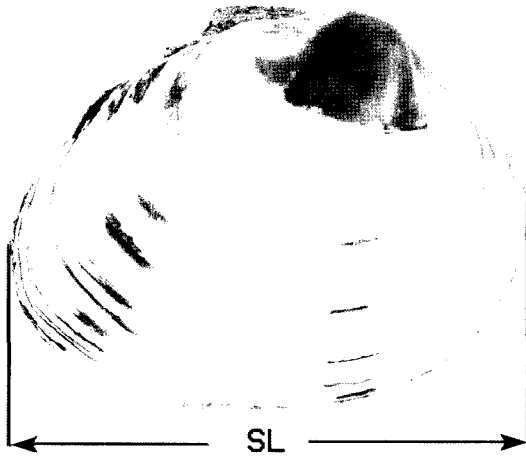


Fig. 1. Photograph showing opaque and translucent zones of *Saxidomus purpuratus*.

연령형질로서 확인된 윤문이 1년에 몇 회 형성되는 가를 알기 위하여 연변부지수 (MI: Marginal index)의 월별 변화를 추정하였다 (Ryu and Kim, 2001).

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

여기서 R: 각장, r<sub>n</sub>은 n번째 윤문의 윤경 (각정에서 패각의 가장자리로 향해 n번째의 윤문),  $\overline{r_n}$ : 윤문 n개를 가지는 개체들의 평균 윤경,  $\overline{r_{n-1}}$ : 윤문 n-1개를 가지는 개체들의 평균 윤경이다.

또한, 산란기는 생식소 속도지수(GI)는 Mann's method (1979)을 변형하여 산출하였다.

$$GI = \frac{\sum(N_i \times RVS_i)}{\text{Total individuals by month}}$$

N<sub>i</sub>=생식소 발달단계의 표본수, RVS=조직학적 관찰에 의한 생식소 발달단계의 순위 값; 0=산란기 (Sp: spent stage), 1=비활성기 (In: inactive stage), 2=초기활성기 (Ea: early active stage), 3=후기활성기 (La: late active stage), 4=완숙기 (Ri: ripe stage).

초륜이 형성되는데 소요되는 기간을 산란기와 윤문형성시기로 추정하였다. 그리고 평균 윤경으로부터 윤문 형성시의 각장과 전중을 역산하기 위해 Huxley (1932) 방법에 의거하여 각고 (SH)와 각장 (SL), 각장 (SL)과 전중 (TW)간의 상대성장식을 추정하였다.

성장 Model은 일반적으로 가장 널리 사용되는 von

Bertalanffy 성장식을 선택하였으며, 성장모델의 매개변수 추정방법은 Walford (1946)의 정착도법에 의해 추정치를 구한 후 이 추정치를 초기값으로 하여 컴퓨터 패키지인 EXCEL의 slover를 이용한 비선형 회귀방법으로 추정하였다.

## 결 과

### 윤문형성의 대응성

패각에 나타나는 윤문이 연령형질로서 적합성과 윤문 판독의 정확성을 검토하기 위하여 윤문군별 각경 (R: SL)과 윤경 (r)간의 관계를 비교한 결과, 각 윤경은 인접한 윤경과 명확히 분리되었으며, 각 윤문은 각경이 커짐에 따라 윤경 역시 커진다는 것을 알 수 있었다. 따라서 패각에 형성된 윤문은 각경과 윤경간에 대응하고 있으므로 연령형질로서 적합한 것을 알 수 있었다 (Fig. 2).

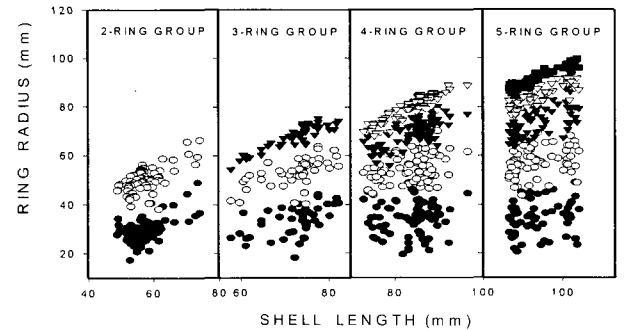


Fig. 2. Relationship between shell height and ring radii of *Saxidomus purpuratus*.

### 윤문형성시기 및 주기성

개조개의 패각의 연변부지수 (MI)의 월별변화는 2월의 연변부 지수 범위가 가장 넓었고, 3월에 평균값이 떨어지며, 4월과 5월에 최저값을 나타내기 시작하여 6월부터 점차 증가하는 경향을 보이고 있다. 따라서 윤문은 년 1회, 3월부터 4월에 형성되어지는 것으로 추정되었다 (Fig. 3).

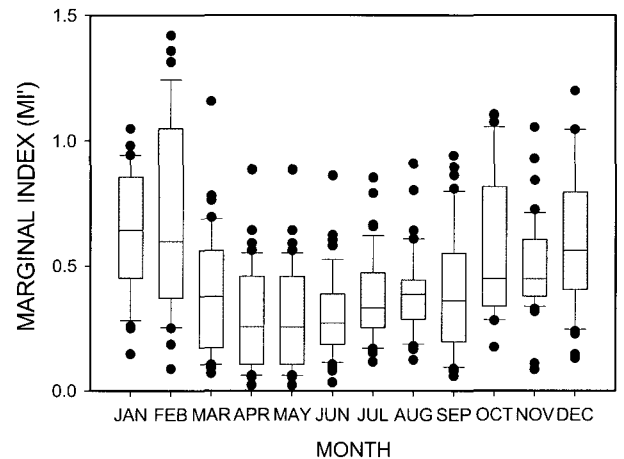


Fig. 3. Monthly changes in marginal index of shell of *Saxidomus purpuratus*.

산란기

생식소의 조직 발달단계의 월별 변화를 보면 (Fig. 4), 생식소 조직 단계에서 방란기 비율이 5월부터 50% 이상되어 급속히 증가하여 7월이 되면 95% 이상을 차지하였고, 이후 점차 감소하여 10월이 되면 약 60%를 차지하는 것으로 나타났다. 11월부터는 비활성기와 초기활성기가 약 40%를 나타내었다. 따라서 개조개 산란기는 5월부터 10월까지이며, 주산란기는 7월로 추정되었다.

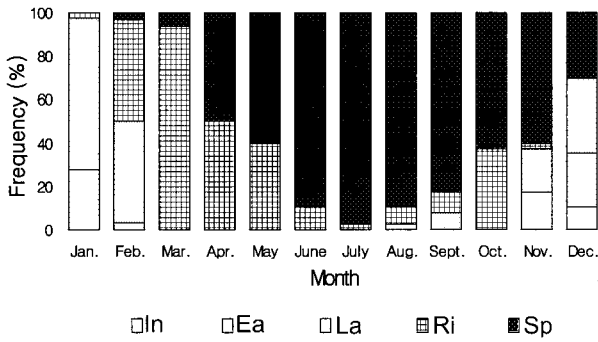


Fig. 4. Monthly changes of gonadal development stage of *Saxidomus purpuratus*. In: Inactive stage, Ea: Early active stage, La: Late active stage, Ri: Ripe stage, Sp: Spent stage.

상대성장

본 종의 각장 (SL)과 각고 (SH), 각폭 (SW)간의 상대성장을 구한 결과, 각장과 각고간에는  $SH = 0.8405 \times SL^{-4.9709}$  ( $R^2 = 0.97$ )으로 추정되었고, 각장과 각폭간에는  $SW = 0.6166 \times SL^{5.8225}$  ( $R^2 = 0.94$ )으로 구하여졌다. 또한 각장과 전중량 (TW), 육중량 (MW)간 상대성장식을 추정된 결과, 각장과 전중량간에는  $TW = 9.580 \times 10^{-5} \times SL^{3.220}$  ( $R^2 = 0.97$ )으로 나타났으며, 각장과 육중량간에는  $MW = 8.264 \times 10^{-5} \times SL^{3.006}$  ( $R^2 = 0.96$ )으로 구할 수 있었다 (Fig. 5).

따라서 본 종의 상대성장식에서 각장과 각고보다 각폭의 분포양상이 넓게 나타났으며, 결정계수도 0.94로 추정된 상대성장식에서 제일 낮았다. 각장과 전중량, 육중량간의 분포양상을 보면, 전중량보다 육중량이 조금 넓게 나타났으며, 각장 80 mm 이상이 되면 개체의 변이가 큰 것으로 나타났다. 따라서 동일한 각장에서 개체변이는 전중량, 각고보다 각폭이 큰 것으로 추정되었다.

윤문형성시 평균 각장 및 전중량

패각의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 1년에 1회 형성되는 주기성의 윤문으로 가정하고 이 윤문을 연륜으로 간주하였다. 개조개의 주산란시기는 7월로 간주하였고, 윤문형성시기가 4월로 추정되므로 7월에 산란된 개체들이 그 다음 해 4월에 초륜이 형성되므로 초륜형성시까지의 기간은 만 1.67세로 추정할 수 있다. 따라서 윤문형성시의 평균 각장과 전중량은  $SL_{1.67} = 32.48$  mm와  $TW_{1.67} = 7.16$ , 2.67세는 53.95 mm와 36.36 g이었고, ..., 8.67세는 108.85 mm와 346.69 g, 9.67세는 114.27 mm와 405.42 g이었다 (Table 1).

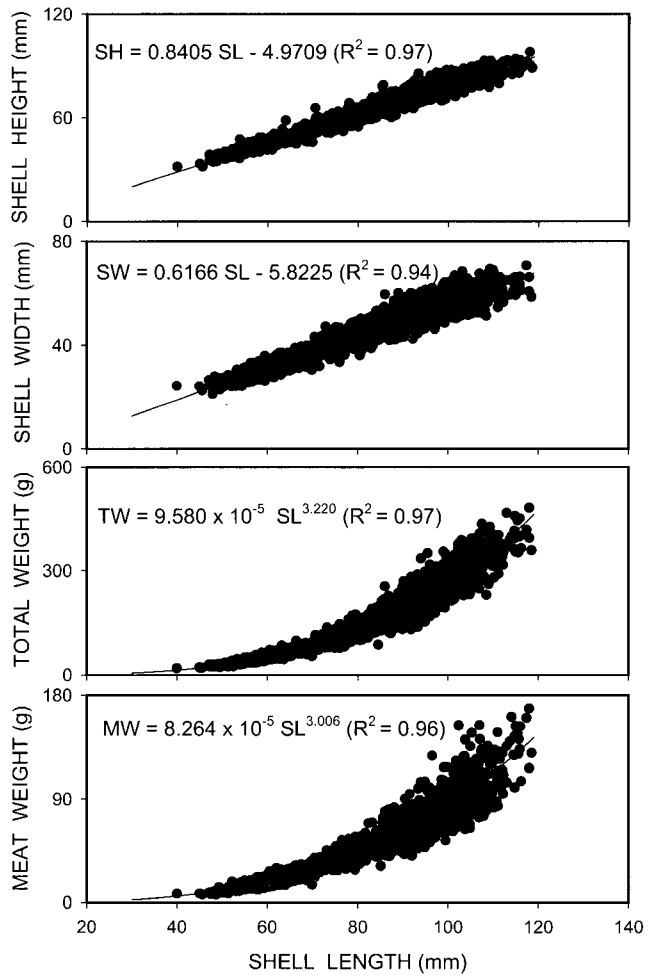


Fig. 5. Relationship growth curves of *Saxidomus purpuratus*.

성장

윤문형성시의 평균 각장을 이용하여 Walford 정차도법에 의해 구하여진 성장 파라메타는 극한각장 ( $L_{\infty}$ ) 126.81 mm, 성장계수 (K) 0.2371/년, 그리고 각장이 0일때의 연령 ( $t_0$ )이 0.3570세 로 추정되었으며, von Bertalanffy 성장식은  $SL_t = 126.81(1 - e^{-0.2371(t+0.3570)})$ 이었다.

한편, 비선형회귀 방법을 이용하여 추정된 성장 파라메타는 극한각장 ( $L_{\infty}$ ) 125.57 mm, 성장계수 (K) 0.2523/년, 그리고 이론적 각장 ( $t_0$ )이 -0.5367세 적용한 성장식  $SL_t = 125.57(1 - e^{-0.2523(t+0.5367)})$ 로 추정되었다. 각장과 전중량간의 상대성장식을 이용하여 전중량에 대한 von Bertalanffy 성장식은  $TW_t = 549.26(1 - e^{-0.2523(t+0.5367)})^{3.220}$ 로 추정되었다 (Fig. 6).

고 찰

개조개는 패각이 두껍고, 표면에 방사륜이 많이 형성되어 있어 패각을 처리하지 않고 연령사정 한다는 것은 매우 어렵다. 패각 처리방법으로는 패각 각정부터 연변부까지 직선으로 절단하는 방법, 태우는 방법, 염산 (HCl)에 부식하는 법 등을

Table 1. Average shell ring radii and back-calculated total weight (TW) at estimated age of *Saxidomus purpuratus*

Estimated age (year)	Shell ring radii (mm)								
	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 <sub>7</sub>	r <sub>8</sub>	r <sub>9</sub>
1	35.53								
2	29.69	50.26							
3	33.25	53.06	67.80						
4	34.12	54.92	69.26	79.82					
5	34.73	57.25	73.28	84.50	91.74				
6	32.85	54.08	70.33	82.95	91.03	96.44			
7	29.92	52.26	68.80	80.53	92.39	99.34	103.65		
8	30.56	55.74	71.51	82.11	93.60	98.98	104.39	108.21	
9	31.69	54.06	70.49	83.01	92.59	99.17	105.10	109.48	114.27
Average	32.48	53.95	70.21	82.15	92.27	98.48	104.38	108.85	114.27
Back-cal. TW (g)	7.16	36.36	84.66	140.29	203.70	251.31	302.94	346.69	405.42

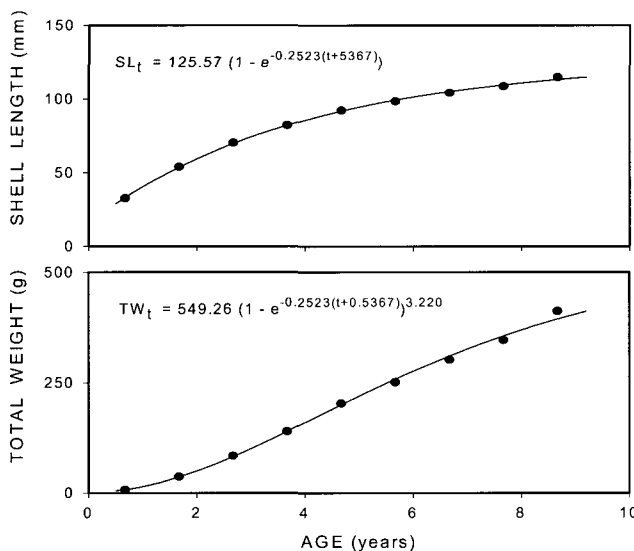


Fig. 6. von Bertalanffy growth curves of *Saxidomus purpuratus*.

사용한 결과 염산 25%에서 20-40분간 부식시키면 패각의 석회질 밀도 차이에 의해 부식정도가 다르게 되어 각피와 능주층이 부식되어 부분과 각피만 부식되는 부분이 교대로 나타났다. 본 연구 결과로 개조개의 패각은 1년에 2회 윤문이 형성되고 연륜은 1회 형성되는 것을 알 수 있었다. 따라서 패각에 나타난 윤문을 연륜으로 판독하면 패류의 나이를 과대평가하게 되므로 신중을 기하여야 할 것으로 판단된다.

이와 같이 투명대 (translucent zone)와 불투명대 (opaque zone)의 구조적 화학적 변화에 대해서 Pannella (1974)는 어류의 생리적인 변화는 계절적인 환경변화에 영향을 받고, 이석에 나타나는 이들 변화에 대한 외부요인은 정확히 구명되지는 않았지만 수온이 가장 중요한 요인이며 다음으로 먹이 공급과 관련이 있는 것으로 보고하고 있다. 또한 Liew (1974)는 어류의 이석은 무기물질인 aragonite crystal 형태인 탄산칼슘 (CaCO<sub>3</sub>)과 유기물질인 otolin이라는 단백질로 구성되어 있으며, otolin이라는 단백질은 산성 아미노산을 많이 함유하고

아미노산 조성은 생화학적으로 매우 특이하여, 계통발생 또는 환경적인 변화에 대한 영향을 명백히 받지 않는 것으로 보고하고 있다. 그러나 겨울에 형성되는 투명대는 유기물질의 축적도 감소되지만 탄산칼슘이 더욱 감소하여 aragonite needles이 짧고 유기물질인 otolin이 우세하다. 반면 여름의 불투명대는 aragonite needles가 길고 상대적으로 두꺼우며, 유기물질은 적다고 보고하고 있다. Woo (1989)의 연구결과에서 이때 패류의 패각 화학적 구성요소도 aragonite crystal 형태인 탄산칼슘 (CaCO<sub>3</sub>)과 유기물질로 구성되어 있다고 보고하고 있으므로 이석의 화학적 구성요소와 매우 유사하다. 따라서 본 연구에서 윤문은 투명대에서 불투명대로 이행하는 경계 부분으로 하였으며, 산란 직전인 3월부터 4월에 형성되는 것으로 추정되었다. 따라서 개조개의 불투명대는 수온이 높은 여름철에 형성되므로 summer opaque zone으로, 투명대는 겨울철에 형성되는 winter translucent zone으로 추정할 수 있다.

개조개의 산란기는 5월부터 10월까지이며, 산란기는 7월로 추정되었다. 서론에서 언급한 산란기에 대해 연구한 다른 연구자들도 거의 수온이 높은 여름철을 산란기로 추정하고 있어 본 연구결과와 거의 일치하고 있다. 이는 Bayne (1976)와 Chung et al. (1998)에 의하면, 이때 패류는 산란한 후 소비된 에너지를 회복하기 위해서 먹이인 플랑크톤이 풍부한 여름철에 산란을 한다는 연구결과와 잘 일치하고 있다.

개조개의 연령은 9세로 추정되었으며, Wei et al. (1982)의 연구결과도 9-10세로 잘 일치하였다. 각장 (SL)과 전중량 (TW)간의 상대성장은  $TW = 0.9580 \times 10^{-4} \times SL^{3.220}$  추정되었으며, Wei et al (1982) 은  $W = 0.000014 \times L^{3.69-18}$ 로 추정되었다. 이러한 상대성장의 차이는 본 연구에서 사용한 표본의 각장은 약 40-120 mm 범위에 있는 반면, Wei et al. (1982) 연구의 표본 각장은 약 70-100 mm로 표본 집단의 크기 범위의 차이로 생긴 것으로 판단된다. 본 연구와 Wei et al. (1982) 연구와 비교해 보면, 1세의 경우 32.48 mm와 7.16 g인 반면, 15.4 mm와 3.4 g, 4세는 82.15 mm와 140.29 g으로 추정되었으나 76.7 mm와 110.5 g으로 추정되어 본 연구결과가 성장이 큰 것으로 추정할 수 있었다. 그러나 본 연구는 최고연령이 9세로 114.27

mm와 405.42 g으로 추정되었고, Wei et al. (1982)는 최고 연령을 9-10세로 묶어서 114.8 mm와 412.2 g으로 추정하였으나 거의 비슷한 것으로 나타났다. 한편 Wei et al. (1982)는 연령과 성장에 대해 체계적인 연구가 아닌 생물학적인 기초 연구이므로 본 연구결과와 명확한 비교 분석은 불가능하였다.

### 참 고 문 헌

- Ahn, S.H. 2001. Annual reproductive cycle of *Saxidomus purpuratus* (Sowerby) (Bivalvia: Veneridae) in Sacheon Bay, Korea. MS Thesis, Pukyong Nat'l. Univ., pp. 35. (in Korean)
- Bayne, B.L. 1976. Marine Mussels: Their ecology and physiology. Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp. 506.
- Chung, E.Y. and B.S. Kim. 1994. Histological and ultrastructural studies on gonadal development and germ cell development of the purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus* (Sowery). Bull. Coastal. Res. Kunsan Nat'l Univ., 6(1), 1-15.
- Chung, E.Y., G.M. Park and B.S. Kim. 1998. Ultrastructure of germ cell development and sexual maturation of short-necked clam, *Ruditapes philippinarum* (Bivalvia: Veneridae), on the west coast of Korea. Yellow Sea, 4, 17-29.
- Chung, E.Y., Y.M. Kim and S.G. Lee. 1999. Ultrastructure of germ cell development and reproductive cycle of the purplish Washington clam, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby), Yellow Sea, 5, 51-58.
- Huxely, J.S. 1932. Problems of Relative Growth. 2nd ed. Dover Pub. Inc., New York, pp. 312.
- Kim, S.K., K.Y. Park, G.N. Jang, D.J. Kim and H.C. Seo. 2001. Studies on the ecological aspect and gametogenesis of *Saxidomus purpuratus* (Sowerby) in the Yellow Sea Area. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea 59, 152-158. (in Korean)
- Kim, Y.H., D.S. Chang and B.Y. Cha. 2001. Catch yield fluctuation and relative growth of the purplish Washington clam *Saxidomus purpuratus* (Sowerby) in the south sea, Korea. J. Fish. Sci. Tech. 4(2), 98-100.
- Kishioka, M., H. Ideo and T. Takeshi. 1996. Studies on maturity of *Saxidomus purpuratus*-I. Bull. Yamaguchi Pref. Mar. Hatch., 25, 35-38.
- Kishioka, M., H. Ideo and T. Takeshi. 1996. Morphological characters of *Saxidomus purpurata* larvae and juvenile in the laboratory. Bull. Yamaguchi Pref. Mar. Hatch., 25, 16-19.
- Liew, P.K.L. 1974. Age determination of American eels based on the structure of their otoliths. In: Bagenal, T.B. ed., The Proceedings of an International Symposium on the Ageing of Fish, Unwin Brother Ltd., Surrey. Engl., pp. 124-136.
- Mann, R. 1979. Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. J. Mar. Biol. Ass. UK, 59, 95-100.
- Panella, G. 1974. Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes. In: Bagenal, T.B. ed., The Proceeding of an International Symposium on the Ageing of Fish, Unwin Brother Ltd., Surrey. Engl., pp. 28-39.
- Ryu, D.K. and Y.H. Kim. 2001. Management of hen clam, *Maetra chinensis* Philippi, on the coast of Kunsan. I. Age and growth. Kor. J. Malacol. 17(1), 13-18. (in Korean)
- Walford, L.A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. Biol. Bull., 90(2), 141-147.
- Wei, L.P., Y.F. Shu, Y.P. Han and Z.Y. Yu. 1982. A preliminary survey on the biology of *Saxidomus purpuratus*. J. Fish. China, 6(1), 1-8.
- Woo, K.S. 1989. Textural, isotopic and chemical investigation of cultured pearls. J. Kor. Soc. Oceanogr., 24(2), 69-78. (in Korean)
- Yoo, J.S. 1976. Korean Shells in Colour. Iljisa, Seoul, pp. 196 (in Korean)

---

2003년 6월 17일 접수  
2003년 10월 16일 수리