

한국 남해안 바지락, *Ruditapes philippinarum*의 연령과 성장

윤호섭, 안윤근, 김선탉, 최상덕

전남대학교 해양기술학부

Age and Growth of the Short Necked *Ruditapes philippinarum* on the South Coast of Korea

Ho Seop Yoon, Yun Keun An, Sun Tak Kim and Sang Duk Choi

Faculty of Marine Technology, College of Fisheries and Ocean Science Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

ABSTRACT

Age and growth of the short-necked, *Ruditapes philippinarum* were collected from Goheung coast in Korea. Relative growth equations among SL, SH, SW and TW of *Ruditapes philippinarum* were ranged from 0.8059 to 0.8859. The ring radius were estimated from a von Bertalanffy method with the values of $SL_{1.58} = 12.51 \pm 2.55$ mm, $SL_{2.58} = 20.27 \pm 3.08$ mm, $SL_{3.58} = 26.90 \pm 2.49$ mm, $SL_{4.58} = 31.35 \pm 3.62$ mm, $SL_{5.58} = 35.45 \pm 3.54$ mm, $SL_{6.58} = 38.78 \pm 4.04$ mm. Back calculated total weight at the formation of annual ring on the shell of *Ruditapes philippinarum* with the values $TW_{1.58} = 0.35$ g, $TW_{2.58} = 4.62$ g, $TW_{3.58} = 5.84$ g, $TW_{4.58} = 6.71$ g, $TW_{5.58} = 7.50$ g, $TW_{6.58} = 8.14$ g. Growth curves for shell height and total weight fitted to the von Bertalanffy equation were expressed as:

$$SL_t = 51.01(1 - e^{-0.1738(t+1.07)})$$
$$TW_t = 11.65(1 - e^{-0.1738(t+1.07)})^{2.9519}$$

Keywords : *Ruditapes philippinarum*, Age and Growth, von Bertalanffy growth curve

서론

백합과 (Veneridae) 에 속하는 바지락, *Ruditapes philippinarum*은 한국과 일본 및 중국 연안뿐만 아니라 미국 북서부 연안에서도 서식한다 (Loosanoff and Davis, 1963; Anderson, 1982). 바지락 서식지역은 간척지의 지반이 비교적 높은 곳에서부터 수심 10 m 내외의 지역까지 연안에 서식하는 것으로 알려져 있으며 (Yoo, 2003), 서·남해안에 주로 서식하는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 바지락은 장형으로서, 지역에 따라 형태적인 변이가 심하며 잘 발달된 방사능과 약간 융기된 둥근 형태의 패각을 가지고 있다 (Shin, 1996).

바지락의 연간 생산량을 살펴보면, 2003년 5,844 M/T,

2005년 6,510 M/T의 생산량을 보였으나, 이후 감소하여 2007년에는 3,415 M/T의 생산량을 보였다 (MOMAF, 2008). 이러한 바지락은 식용으로서 가치가 높은 이매패류중 하나이며 대부분 천해 간척지에서 양식되고 있으며, 우리나라의 연간 패류 생산량의 18%를 차지하는 매우 중요한 종이다 (Kim and Zhang, 1999). 그러나 경제적 중요성에 비하여 관련 연구 및 자원의 관리방안을 위한 기초적인 자원생태학적 연구가 부족한 실정이며, 최근 들어 서해안을 중심으로 간척사업으로 인한 서식처 감소로 생산력이 크게 감소하고 있으므로 적합한 어획체제와 자원관리의 필요성이 제기되는 실정이다. 그러므로 바지락의 자원관리를 위해서는 해역에 서식하는 개체군의 기초 연구가 선행되어야 한다.

본 연구에서는 전라남도 고흥 연안에 서식하는 바지락을 대상으로 연령과 성장 특성을 조사하여, 자원평가 및 효율적인 관리를 위한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 표본 채집 및 측정

Received November 23, 2010 ; Accepted December 28, 2010

Corresponding author: Sang Duk Choi

Tel: +82 (61) 659-7166 e-mail: choisd@jnu.ac.kr

1225-3480/24371

바지락의 월별 성장과정을 조사하기 위하여 표본 채집은 전라남도 고흥군 연안에서 2008년 3월부터 2009년 2월까지 매월 1회 실시하였다.

채집한 바지락은 현장에서 3 mm 체에 걸러 불순물을 제거 후 실험실로 운반하여 vernier calliper로 각장 (shell length) 및 각고 (shell height) 를 0.1 mm까지, 전중량 (total weight) 은 전자저울로 0.01 g까지 측정하였다. 각장은 전연과 후연간의 최장 직선거리로 측정하였다.

2. 연령사정과 성장

연령사정은 패각에 나타난 윤문을 사용하였으며, 바지락의 육질부를 완전히 제거한 후 좌우 한 쌍의 패각중 비교적 패각의 변이가 적고 윤문이 뚜렷한 한 쪽 패각을 이용하였다. 건조 후 판독이 용이한 패각을 2차 표본 추출하여 해부현미경용 조명등의 강한 빛을 패각에 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. 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 패각의 각장을 R, 제1윤의 윤경을 r1, 제2윤의 윤경을 r2 rn로 하여 측정하였다.

본 조사에서는 윤문 판독의 정확성을 알아보기 위해서 각장과 윤문과의 상관관계를 통해서 확인하였으며, 연변부 성장지수 (MI': Marginal Index) 를 통해 패각 연변부 성장의 월별 변화를 살펴보았다 (Ryu and Kim, 2001).

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

성장은 von Bertalanffy 성장식 (1938) 으로 추정하였다. 연령이 t일 때의 각장 SL_t는 다음 식에 의해서 구하였다.

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

이때, SL_∞는 이론적 최대각장, k는 성장계수, t₀는 각장이 0 일 때의 이론적 연령이다. 성장 모델에 이용된 각 매개 변수 추정은 Walford (1946) 의 정차도법을 사용하여 구하였다.

결 과

1. 상대성장

바지락의 각장 (SL) 과 각고 (SH), 각장과 각폭 (SW) 및

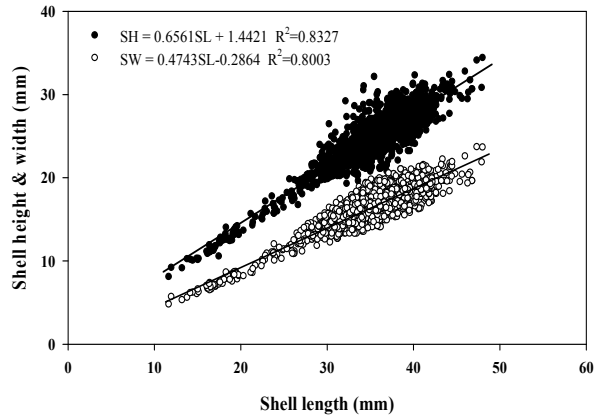


Fig. 1. Relationship between shell height and shell width and shell length of *Ruditapes philippinarum*.

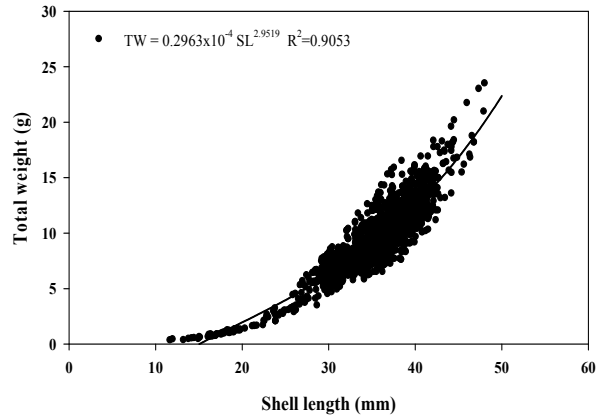


Fig. 2. Relationship between total weight and shell length of *Ruditapes philippinarum*.

각장과 전중량 (TW) 간의 상관관계는 Fig. 1과 Fig. 2에 나타난 것과 같다. 각각의 상관관계식은 다음과 같다.

$$SH = 0.6561SL + 1.4421 (R^2=0.8327)$$

$$SW = 0.4743SL - 0.2864 (R^2=0.8003)$$

$$TW = 0.296310 \times 10^{-4} SL^{2.9519} (R^2=0.9053)$$

2. 윤문판독의 대응성

바지락 패각의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계인 윤문이 실제로 연륜을 나타내고 있는지 각장과 윤경간의 대응성을 검토하였다. 채집한 표본을 대상으로 그룹별 윤문의 각장 (R: SL) 과 윤경 (r) 간의 상호대응 관계를 살펴본 결과, 최귀 직선을 중심으로 분포하는 것으로 나타났으며, 각 윤문이 비교적 뚜렷한 대응성을 보이는 것으로 나타내었다 (Fig. 3). 따라서 패각에 형성된 윤문은 각장과 윤경간에 대응성을 보이는 것이므로 연령형질로서 적합한것을 알 수 있었다.

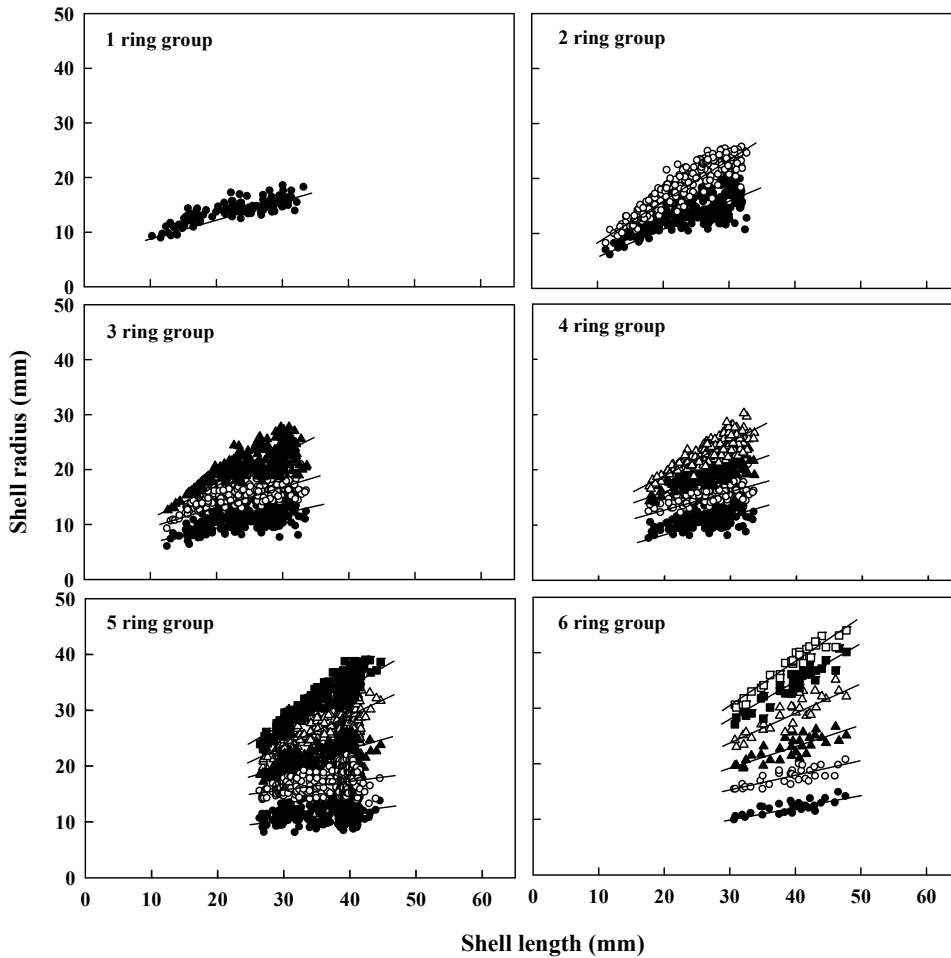


Fig. 3. Relationship between shell length and ring radii of *Ruditapes philippinarum*

3. 윤문형성시기 및 주기성

연령형질을 파악하는 방법으로 윤문이 사용 가능한 것으로 알려져 있지만, 윤문을 연륜으로 사용가능한지를 파악하기 위해서는 형성되는 시기, 주기성 및 정확성을 파악하기 위하여

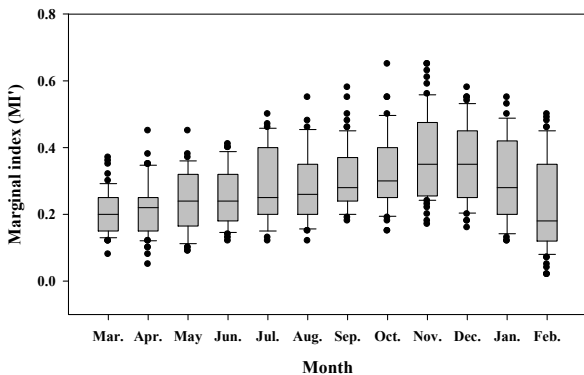


Fig. 4. Monthly change of shell marginal indices of *Ruditapes philippinarum* from March 2008 to February 2009.

연변부성장지수 (MI)의 월별 변화를 나타내었다 (Fig. 4). 연변부성장지수의 월별 변화양상은 2월에 가장 넓었으며, 2-4월에 가장 낮은 값을 보였다. 이후 서서히 증가하여 11월과 12월에 높은 값을 나타내었다. 따라서 바지락의 윤문은 연 1회 윤문을 형성하며, 2-4월에 형성되어지는 것으로 추정하였다.

4. 윤문형성시의 각장

본 종의 월별 각장에 따른 빈도분포를 살펴본 결과, 각장 범위는 11.71-48.06 mm로 나타났다. 치폐의 가입 시기는 5월로 각장이 10-15 mm 범위의 어린개체들이 비교적 높은 출현양상을 보였으며, 두 개의 연급군이 존재하기 시작하여 9월까지 유사한 양상을 나타내었다. 이들 연급군들은 수온이 상승하는 9월까지 급격히 성장하는 경향을 나타내었다. 바지락의 경우 저수온기에는 성장이 느린 경향을 보였고, 고수온기에는 크기가 작은 하위 개체군들에서 급격히 성장하는 경향을 나타내었다 (Fig. 5).

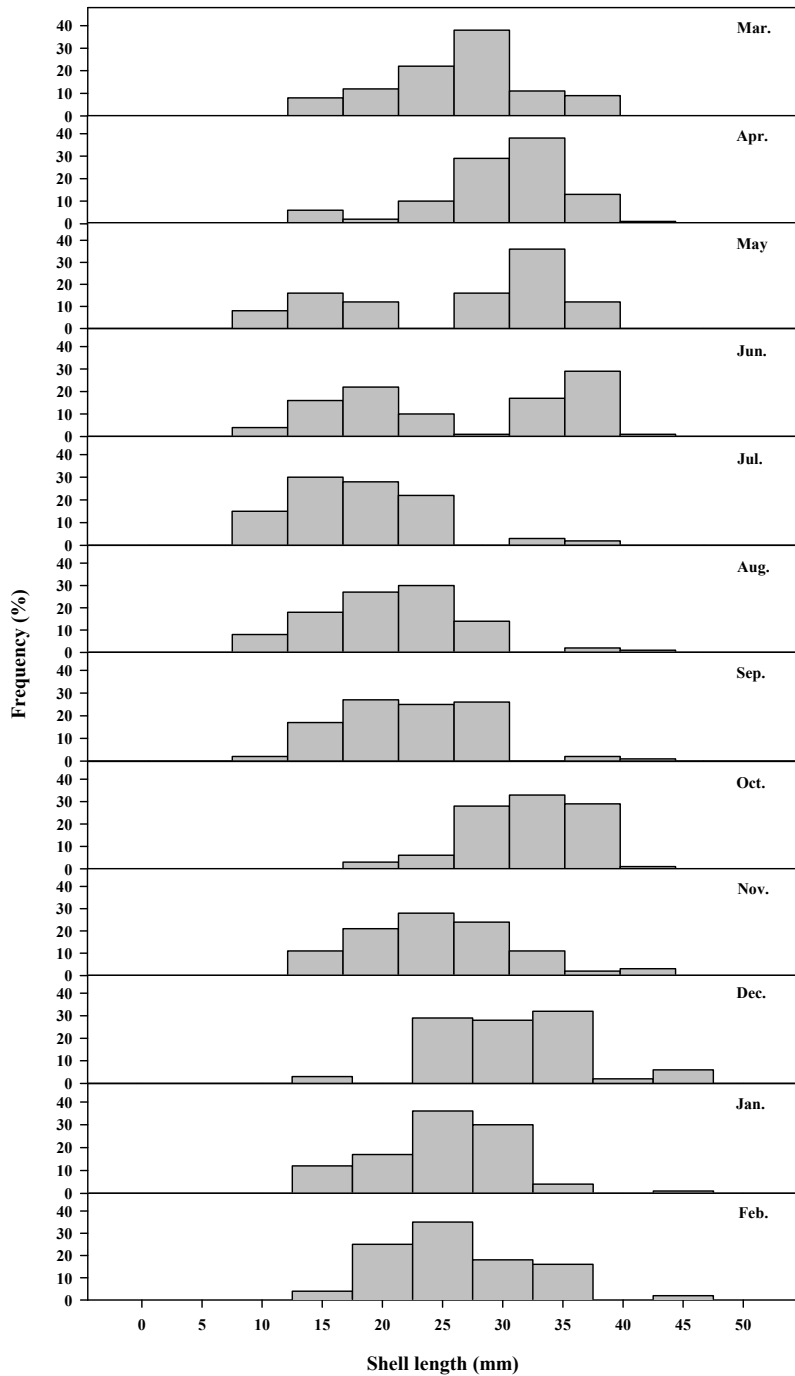


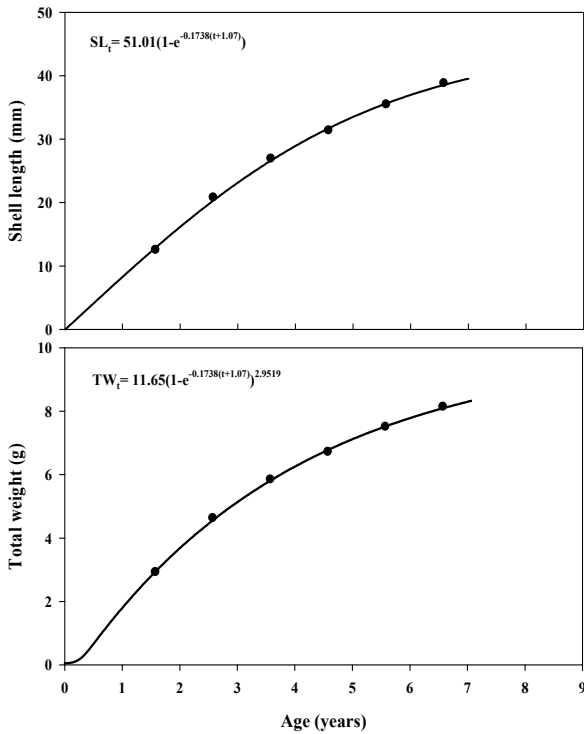
Fig. 5. Monthly frequency (%) distribution of the shell length of *Ruditapes philippinarum* from March 2008 to February 2009.

5. 연령과 성장

바지락은 성장을 알아보기 위하여 초륜 형성시기가 7월에서 8월에 산란하여 성장한 바지락은 그 다음해 1월과 2월에 초륜을 형성치 않고 그 다음해 2월에 형성한다는 것을 감안하여 약 19개월 (1.58年) 로 추정한다는 기존의 연구결과를 바탕으

로 본 연구에서는 이와 같은 방법으로 성장식을 추정하였다 (Park and Kim, 2009).

바지락 패각의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 연 1회 형성되는 주기성의 윤향임을 확인하고 연륜으로 간주하여



$$SL_t = 51.01(1 - e^{-0.1738(t+1.07)})$$

또한, 평균 윤경으로 부터 윤문형성시의 체중을 역산하면 연령별 평균 전중량은 $TW_{1.58} = 0.35$ g, $TW_{2.58} = 4.62$ g, $TW_{3.58} = 5.84$ g, $TW_{4.58} = 6.71$ g, $TW_{5.58} = 7.50$ g, $TW_{6.58} = 8.14$ g로 나타났으며 (Table 2), 성장식은 아래와 같이 추정되었다 (Fig. 6).

$$TW_t = 11.65(1 - e^{-0.1738(t+1.07)})^{2.9519}$$

고 찰

개체군의 연령구조를 파악하기 위해서는 연령군 분석이 선행되어야 한다. 일반적으로 체외나 체내에 고형부분이 있어서 이곳에 그 개체의 연령을 알려주는 표식이 나타나는 동물의 경우는 연령군 분석이 간단하다. 이러한 표식은 대개 산란이나 환경의 변화, 특히 온도와 상관관계가 있으며 성장률의 감소를 의미하는 연륜이다 (Rhoads and Lutz, 1980).

이매패류에서 연륜은 대개 패각에 나타나는 미세성장선의 계절변화에 의한 것이다. 북반구의 고위도 지방에서는 여름의 성장기 때 넓고 밝은색을 띄며, 강한 빛에도 불투명한 연륜대를 형성하고, 겨울에 좁고 짙은 색을 띄며 강한 빛에 반투명한 연륜대를 형성한다 (Rhoads and Lutz, 1980; Anwar et al., 1990).

이매패류에서 패각에 나타나는 윤문이 연령사정에 적합하다는 연구 보고는 다수이며 (Zhang et al., 1999; Ruy et al., 2001; Jo et al., 2001), 본 연구에서 패각에 형성된 윤문을 조사한 결과 대응성을 보였으며 연령형질로 사용 가능할 것으로 나타났다.

각장에 대한 각고, 각폭, 전중량의 상대성장식에서 상관계수 (r^2) 는 0.8003-0.9053의 범위로 비교적 높은 상관관계를 나

Fig. 6. von Bertalanffy growth curves of *Ruditapes philippinarum*.

연령별로 각 연륜의 평균 윤경을 구하였다. 바지락의 각 윤문의 평균 윤경은 $SL_{1.58} = 12.51 \pm 2.55$ mm, $SL_{2.58} = 20.27 \pm 3.08$ mm, $SL_{3.58} = 26.90 \pm 2.49$ mm, $SL_{4.58} = 31.35 \pm 3.62$ mm, $SL_{5.58} = 35.45 \pm 3.54$ mm, $SL_{6.58} = 38.78 \pm 4.04$ mm로 나타났다 (Table 1). 또한 이들 윤경들을 바지락 연령별 각장으로 간주하였으며, von Bertalanffy 성장식의 무수를 추정하면 극한각장 (SL_{∞}) $SL_{\infty} = 51.01$ mm, 성장계수 (k) $k = 0.1738/\text{year}$, 각장이 0일때 이론적 연령 t_0 는 -1.07 year로 각각 추정되었다 (Fig. 6).

Table 1. Mean shell ring radii at estimated age of *Ruditapes philippinarum*

Ring group	N	Ring diameter (mm)					
		r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆
1	118	12.84 ± 1.97					
2	297	11.28 ± 2.81	19.98 ± 4.29				
3	275	12.67 ± 2.57	22.31 ± 2.65	28.13 ± 2.96			
4	197	13.62 ± 2.48	21.12 ± 2.49	27.12 ± 2.43	32.34 ± 2.55		
5	393	11.51 ± 2.10	20.46 ± 2.00	25.66 ± 2.05	30.05 ± 3.51	35.78 ± 3.53	
6	32	13.12 ± 1.18	19.98 ± 1.53	26.68 ± 2.18	31.66 ± 3.22	35.12 ± 3.65	38.78 ± 4.04
Mean		12.51 ± 2.55	20.27 ± 3.08	26.90 ± 2.49	31.35 ± 3.62	35.45 ± 3.54	38.78 ± 4.04
N		1,312	1,194	897	622	425	32

*Values (mean ± standard deviation), N :Number of individuals.

Table 2. Back-calculated total weight at estimated age of *Ruditapes philippinarum*

Ring group	Total weight (g)					
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆
1	0.37					
2	0.26	4.46				
3	0.36	4.93	6.08			
4	0.45	4.69	5.88	6.90		
5	0.27	4.56	5.60	6.46	7.56	
6	0.40	4.46	5.80	6.77	7.44	8.14
Mean	0.35	4.62	5.84	6.71	7.50	8.14

타내었는데, 이는 Park and Kim (2006) 의 연구에서 0.8221-0.9120보다는 상관계수가 비교적 낮게 나타났으나, 이는 채집 개체수의 차이와 어장환경의 차이로 인한 것으로 판단된다.

윤문의 평균 윤경은 $SL_{1.58} = 12.51 \pm 2.55$ mm, $SL_{2.58} = 20.27 \pm 3.08$ mm, $SL_{3.58} = 26.90 \pm 2.49$ mm, $SL_{4.58} = 31.35 \pm 3.62$ mm, $SL_{5.58} = 35.45 \pm 3.54$ mm, $SL_{6.58} = 38.78 \pm 4.04$ mm로 나타났으며, 평균 전중량은 $TW_{1.58} = 0.35$ g, $TW_{2.58} = 4.62$ g, $TW_{3.58} = 5.84$ g, $TW_{4.58} = 6.71$ g, $TW_{5.58} = 7.50$ g, $TW_{6.58} = 8.14$ g로 나타났다. 위의 결과는 기준에 보고된 연구결과와 비교적 유사한 결과를 보였으며 (Shin, 1996; Park and Kim, 2009), 이러한 윤경은 이매패류에서 대부분의 경우 겨울철의 온도 하강에 의하여 1-2월경에 형성된다 (Shin, 1996; Park and Kim, 2009; Cho and Jeong, 2007). 하지만 겨울철의 온도 하강 및 산란기 전후와 먹이 부족으로 인한 연관관계도 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다.

바지락 패각에 나타나는 윤문으로 연령사정을 실시한 결과 연령의 분포는 1세에서 6세까지 다양한 연령분포를 나타냈으며, 6세군이 최고 연령으로 조사되었다. 이러한 결과는 조사해역에 지속적으로 바지락 자원개입이 일어나는 것을 의미하며, 통역해역에서 실시한 Park and Kim (2009) 의 연구결과와 일치하는 양상을 보였다. 본 연구는 고흥해역에 서식하는 바지락의 성장, 연령구조를 통해 자원생물학적 특성치를 파악함으로써, 향후 자연적 또는 인위적으로 발생할 수 있는 자원량 감소 및 자원관리방안에 대한 기초자료로 활용 가능할 것으로 판단된다.

요 약

전라남도 고흥해역의 바지락을 채집하여 연령과 성장에 대하여 조사하였다. 각장에 대한 각고, 각폭, 전중량의 상대성장식에서 상관계수 (r^2)는 0.8003-0.9053의 범위로 비교적 높은 상관관계를 나타냈다. 윤문의 평균 윤경은 $SL_{1.58} = 12.51 \pm 2.55$ mm, $SL_{2.58} = 20.27 \pm 3.08$ mm, $SL_{3.58} = 26.90 \pm$

2.49 mm, $SL_{4.58} = 31.35 \pm 3.62$ mm, $SL_{5.58} = 35.45 \pm 3.54$ mm, $SL_{6.58} = 38.78 \pm 4.04$ mm로 나타났으며, 평균 전중량은 $TW_{1.58} = 0.35$ g, $TW_{2.58} = 4.62$ g, $TW_{3.58} = 5.84$ g, $TW_{4.58} = 6.71$ g, $TW_{5.58} = 7.50$ g, $TW_{6.58} = 8.14$ g로 나타났다. Bertalanffy 성장식을 구한결과는 $SL_t = 51.01(1 - e^{-0.1738(t+1.07)})$, $TW_t = 11.65(1 - e^{-0.1738(t+1.07)})^{2.9519}$ 로 나타났다.

REFERENCES

- Anderson, G. J. (1982) Comments on the settlement of manila clam spats (*Tapes philippinarum*) at Filucy Bay, Washington, USA. *Journal of Shellfish Research*, **2**: 115.
- Anwar, N. A., C. A. Pichardon and R. Seed (1990) Age determination, growth rate and population structure of the horse mussel *Modiolus modiolus*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **70**: 441-457.
- Cho, S. M. and W. G. Jeong (2007) Ecological Study of Shortnecked clam *Ruditapes philippinarum* from the Jindu Coast of Hansan Island, Korea. *Korean Journal of Malacology*, **23**: 25-30.
- Jo, H. S., Y. C. Park, W. S. Yang, O. I. Shoi and B. Y. Cha (2001) Age and growth of scallop, *Chlamys farreri* from the coastal water of Daehuksan island. *Bulletin of the National Fisheries Research Development*, **59**: 29-34.
- Kim, H. J. and I. C. I. Zhang (1999) A population ecological study of Short-necked clam, *Tapes philippinarum* in the adjacent waters of Jinhae. *Journal of the Korean Society of Fisheries Resources*, **2**: 32-43.
- Loosanoff, V. L. and H. C. Davis (1963) Rearing of bivalve mollusks, Advances marine biology academic press, **1**: 100-112.
- MOMAF. Ministry of Maritime Affairs & Fisheries (2008) Fish production survey. Samsungelife, seoul, Korea, 311 pp.
- Park, J. S. and S. Y. Kim (2009) Growth status of *Ruditapes philippinarum* in Komso bay. *The Korean Society for Fisheries and Marine Sciences Education*,

- 21:** 230-263.
- Rhoads, D. C. and R. A. Lutz (1980) Skeletal growth of aquatic organisms. Plenum Press, New York and London, 750 pp.
- Ruy, D. K., S. H. Baik, K. H. Park and E. Y. Chung (2001) Age and growth of the pen shell, *Atrina* (*Servatrina*) *Pectinata japonicus* (Reeve), on the West cost of Korea. *Korean Journal of Malacology*, **17**: 71-78.
- Ryu, D. K. and Y. H. Kim (2001) Management of hen clam, *Maetra chinensis philippi*, on the coast of Kunsan. I. Age and growth. *Korean Journal of Malacology*, **17**: 13-17.
- Shin, S. H. (1996) Growth and production of short-necked clam (*Tapes philippinarum*: Bivalvia) in Kwangyang bay. Master Thesis, Yosu National University, Yosu, Korea, 118 pp.
- Von Bertalanffy, L. (1938) A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, **10**: 181-213.
- Walford, L.A. (1946) A new graphic method of describing the growth of animals. *Biological Bulletin*, **19**: 141-147.
- Yoo, S. K. (2003) Introduction to aquaculture. Kuduck press, 359 pp.
- Zhang, C. I., M. W. Lee and S. K. Yoon (1999) Estimation of population ecological characteristics of sunset shell, *Nuttallia olivacea* in Dadaepo shore. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **2**: 24-31.