

남해안 왕우럭조개, *Tresus keenae* (Bivalvia: Mactridae) 의 연령과 성장

라성주, 최상덕, 안윤근

전남대학교 해양기술학부

Age and Growth of the *Tresus keenae* (Bivalvia: Mactridae) in the South Coast of Korea

Sung Ju Rha, Sang Duk Choi and Yun Keun An

Division of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

ABSTRACT

Growth and age of the Surf clam, *Tresus keenae* (Bivalvia: Mactridae) were collected from Yeosu coast in Korea. Relative growth equations among SL, SH, SW and TW of *Tresus keenae* were ranged from 0.8188 to 0.9468. The ring radius were estimated from a von Bertalanffy method with the values of $SL_{1.54} = 44.72$ mm, $SL_{2.54} = 70.97$ mm, $SL_{3.54} = 91.57$ mm, $SL_{4.54} = 107.09$ mm, $SL_{5.54} = 122.86$ mm. Back calculated total weight at the formation of annual ring on the shell of *Tresus keenae* with the values $TW_{1.54} = 310.99$ g, $TW_{2.54} = 467.72$ g, $TW_{3.54} = 595.14$ g, $TW_{4.54} = 690.65$ g, $TW_{5.54} = 786.58$ g. Growth curves for shell height (SH) and total weight (TW) fitted to the von Bertalanffy equation were expressed follows :

$$SL_t = 200.02(1 - e^{-0.1987(t + 0.14)})$$

$$TW_t = 1,711.93(1 - e^{-0.1987(t + 0.14)})^{2.8225}$$

Keywords : *Tresus keenae*, Age and Growth, Relative growth equations, von Bertalanffy growth curve

서 론

개량조개과 (Mactridae), 왕우럭속 (*Tresus*) 에 속의 왕우럭조개 (*Tresus keenae*) 는 우리나라 남해안을 중심으로 일본 등지에 분포하며, 유용이매패류로 알려져 있다 (Kim *et al.*, 2005). 왕우럭조개는 비부착성 대형 이매패류로 수심 20 m 이내의 사니질이 발달한 지역에 잠입하여 서식하며, 채취는 잠수부에 의해서 어획되어진다.

왕우럭조개의 형태적 특성은 패각의 형태는 난삼각형으로 단단하고 두꺼우며, 패각 표면은 짙은 갈색의 각피에 덮여 있

고 불규칙한 성장선이 나타난다. 각정부는 앞으로 치우치고 낮으며 앞, 뒤 등선은 직선상에 위치하고 있으며, 패각 뒤쪽은 난형으로 열리며 이곳으로 각질의 검은색 수관이 돌출되어 있다 (Biodiversity on the Korea, 2019).

왕우럭조개에 관한 선행연구로는 생식주기 (Kim *et al.*, 1999), 산란 및 유생의 발생 (Hamamoto and Oobayashi, 1985, Kang and Kim, 2018), 배우자형성과정 및 구조 (Kim *et al.*, 2005), 번식생태 (Rha, 2005), 공생생물 (Moon *et al.*, 2006) 과 자원조성을 위한 중간육성 (Han, 2006) 등 비교적 많은 연구가 보고되어 있다. 하지만 이러한 연구들은 초기생태 및 생식주기에 관한 연구가 대다수를 차지하고 있었으며, 자원관리를 위한 기초자료 제공을 위한 연령과 성장에 관한 연구는 없는 실정이다.

왕우럭조개는 어미로 성장하는 시기까지 3-4년 정도 걸리는 경제성이 높은 고급 대형 이매패류로 알려져 있고, 최근 들어 연안해역의 오염과 어획장비의 발달에 따른 남획으로 인해 자원량이 감소하는 경향을 보이고 있다 (Kang and Kim, 2018).

본 연구는 남해안 해역에 서식하는 왕우럭조개의 연령과 성

Received: December 23, 2019; Revised: December 24, 2019;
Accepted: December 27, 2019

Corresponding author: Yun Keun An

Tel: +82 (61) 659-7166, e-mail: ykan@jnu.ac.kr
1225-3480/24744

This is an Open Access Article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

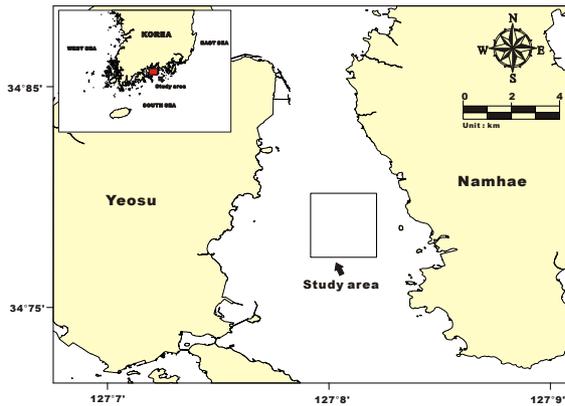


Fig. 1. Sampling station of *Tresus keenae* collected in South Coast of Korea.

장에 관한 성장매개변수 추정을 통해 지속적인 자원관리를 위한 수산자원학적 연구에 필요한 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 표본 채집 및 측정

본 연구에 사용된 왕우럭조개는 전라남도 여주시 광양만 연안에서 잠수기어업으로 어획된 개체들로 2004년 2월부터 2005년 1월까지 매월 1회 채집하였다 (Fig. 1). 채집한 왕우럭조개는 실험실로 운반하여 vernier calliper로 각장 (shell length), 각고 (shell height), 각폭 (shell width) 를 0.1 mm까지, 전중량 (total weight) 은 전자저울로 0.01 g까지 측정하였다. 각장은 전연과 후연간의 최장 직선거리로 측정하였다.

2. 상대성장

각장 (SL) 과 각고 (SH) 및 각폭 (SW) 에 대한 상대성장은 직선식을 이용하여 추정하였으며, 각장 (SL) 과 전중량 (TW) 에 대한 상대성장식은 포물선식을 이용하여 추정하였다.

3. 연령사정과 성장

연령사정은 패각에 나타난 윤문을 사용하였으며, 왕우럭조개의 육질부를 완전히 제거한 후 최우 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 각장을 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).

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

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

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

이때, SL_{∞} 는 이론적 최대각장, k는 성장계수, t_0 는 각장이 0일 때의 이론적 연령이다. 성장 모델에 이용된 각 매개 변수 추정은 Walford (1946) 의 정차도법을 사용하였으며, 추정된 각각의 매개변수 값들을 초기 값으로 하여 비선형회귀방법 (nonlinear regression) 을 사용하여 매개변수를 추정하였다.

결 과

1. 각장빈도 분포

왕우럭조개의 월별 각장에 따른 빈도분포를 살펴본 결과, 각장 범위는 14.28-194.00 mm로 나타났다. 치폐의 가입시기는 9월부터 10월로 판단되며, 이시기에는 어린개체들이 출현하는 양상을 보였다. 이시기에는 두 개의 연급군이 존재하는 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 조사기간 동안 유사한 경향을 나타내었다. 왕우럭조개의 경우 100-160 mm 범위에 있는 개체들이 높은 출현양상을 보였으며, 전체 조사기간 동안 각장빈도 분포 중 80.35%를 차지하는 것으로 나타났다 (Fig. 2).

2. 상대성장

왕우럭조개의 각장 (SL) 과 각고 (SH), 각장과 각폭 (SW) 및 각장과 전중량 (TW) 간의 상관관계는 Figure 3과 Figure 4에 나타낸 것과 같다. 각각의 상관관계식은 다음과 같다.

$$SH = 0.6883SL + 2.8183 (R^2 = 0.9119)$$

$$SW = 0.4188SL + 5.2819 (R^2 = 0.8188)$$

$$TW = 0.0005SL^{2.8225} (R^2 = 0.9468)$$

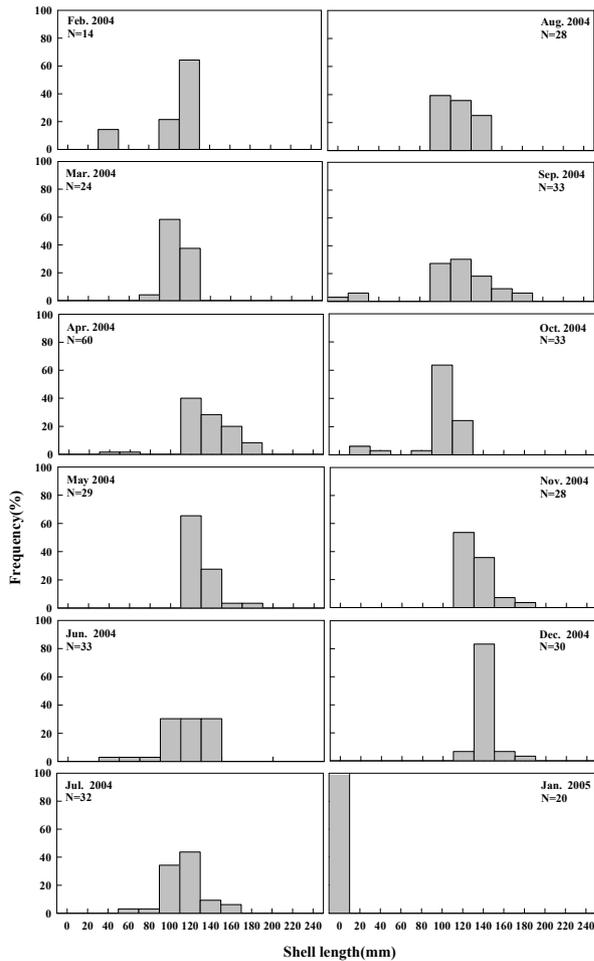


Fig. 2. Monthly frequency(%) distribution of the shell length of *Tresus keenae* from February 2004 to January 2005.

3. 윤문판독의 대응성

왕우럭조개의 패각이 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계인 윤문이 실제로 연륜을 나타내고 있는지 각장과 윤경간의 대응성을 검토하였다. 조사기간 동안 채집한 표본을 대상으로 그룹별 윤문의 각장 (R: SL) 과 윤경 (r) 간의 상호대응 관계를 살펴본 결과, 회귀직선을 중심으로 분포하는 것으로 나타났으며, 각 연령별 윤문이 비교적 뚜렷한 대응성을 보이는 것으로 나타내었다 (Fig. 5). 따라서 패각에 형성된 윤문은 각장과 윤경간에 대응성을 보이는 것이므로 연령형질로서 적합한것을 알 수 있었다.

4. 윤문판독의 시기 및 주기성

윤문은 연령형질을 파악하는 방법으로 알려져 있지만, 윤문을 연륜으로 사용가능anz이를 파악하기 위해서는 형성되는 시기, 주기성 및 정확성을 파악하기 위하여 연변부성장지수 (MI) 의 월별 변화를 나타내었다 (Fig. 6). 연변부성장지수의

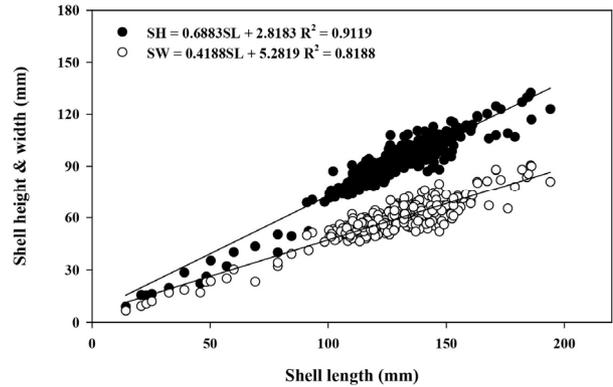


Fig. 3. Relationship between shell height and shell width and shell length of *Tresus keenae*.

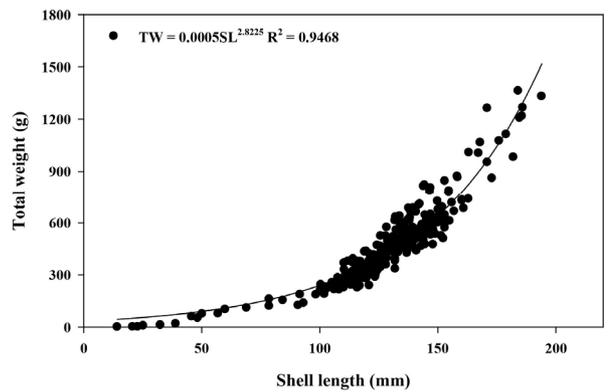


Fig. 4. Relationship between total weight and shell length of *Tresus keenae*.

월별 변화양상은 10월에 가장 높은 값을 나타내었으며, 5월에 가장 낮은 값을 보였다. 본 조사를 통해 연변부성장지수가 가장 낮아지는 5월을 중심으로 윤문 형성 시기를 갖는 것으로 보인다. 따라서 왕우럭조개의 윤문은 연 1회 윤문을 형성하며, 5월에 형성되어지는 것으로 추정하였다.

5. 연령과 성장

왕우럭조개의 패각이 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 연 1회 형성되는 주기성의 윤문임을 확인하고 연륜으로 간주하여 연령별로 각 연륜의 평균 윤경을 구하였다.

왕우럭조개의 성장을 알아보기 위하여 초륜 형성시기가 춘계 (4-6월) 와 추계 (9-11월) 에 산란 (Kim *et al.*, 1999) 하는 것으로 보고되어 있으며, 산란시기에 윤문 형성 시기를 갖는 것으로 보인다. 초륜이 형성되어 성장한 개체들은 그 다음해에 윤문을 형성치 않는 점을 감안하여 약 18.5개월 (1.54年) 로 추정하였다. 기존의 이매패류 연령사정 연구결과 (Ryu *et al.*, 2006; Park and Kim, 2009; Yoon *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2017) 를 바탕으로 초륜 형성시기를 추정하였으며, 본 연

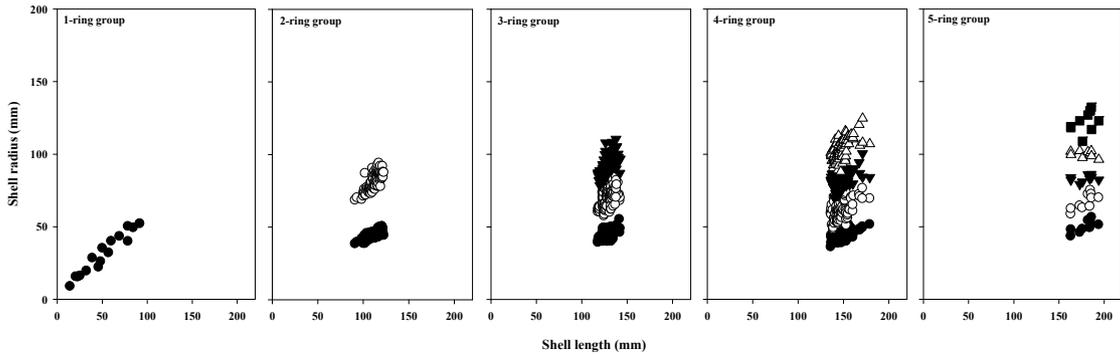


Fig. 5. Relationship between shell length and ring radii of *Tresus keenae*.

구에서는 이와 같은 방법으로 성장식을 추정하였다. 왕우럭조개의 패각이 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 연 1회 형성되는 주기성의 운문임을 확인하고 연륜으로 간주하여 연령별로 각 연륜의 평균 윤경을 구하였다. 왕우럭조개의 각 연륜의 평균 윤경은 $SL_{1.54} = 44.72$ mm, $SL_{2.54} = 70.97$ mm, $SL_{3.54} = 91.57$ mm, $SL_{4.54} = 107.09$ mm, $SL_{5.54} = 122.86$ mm로 나타났다 (Table 1). 이들 윤경들을 왕우럭조개의 연령별 각장으로 간주하였으며, von Bertalanffy 성장식의 모수를 추정하면 극한각장 (SL_{∞}) SL_{∞} 은 200.02 mm, 성장계수 (k) k는 0.1987/year, 각장이 0일때 이론적 연령 t_0 는 -0.14 year로 각각 추정되었다 (Fig. 7).

$$SL_t = 200.02(1 - e^{-0.1987(t + 0.14)})$$

또한, 평균 윤경으로 부터 운문형성시의 체중을 역산하면 연령별 평균 전중량은 $TW_{1.54} = 310.99$ g, $TW_{2.54} = 467.72$ g, $TW_{3.54} = 595.14$ g, $TW_{4.54} = 690.65$ g, $TW_{5.54} = 786.58$ g로 나타났으며 (Table 1), 성장식은 아래와 같이 추정되었다 (Fig. 7).

$$TW_t = 1,711.93(1 - e^{-0.1987(t + 0.14)})^{2.8225}$$

고찰

수산분야 산업적 이용가치가 높은 왕우럭조개는 고가에 거래가 되는 주요 수산자원 중하나이다. 그러나 왕우럭조개는 수심이 깊은 지역에 서식하는 개체들로 서식지의 환경오염, 무분별한 어획, 자원관리의 문제점으로 생산량이 감소하고 있지만 공식적인 통계자료 등이 미비하여 자원관리에 많은 어려움을 겪고 있다 (Han, 2006).

왕우럭조개와 같은 이매패류에 있어서 패각의 성장은 운문의 형성을 의미하며, 이러한 운문은 서식지의 수온이 급격하게

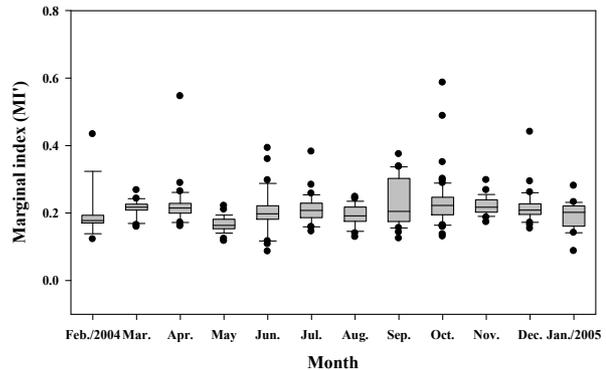


Fig. 6. Monthly change of shell marginal indices of *Tresus keenae* from February 2004 to January 2005.

변화하는 시기 (Ryu and Kim, 1997; Ryu *et al.*, 2006), 생식연령중 산란기 전후 (Kim *et al.*, 1985; Ryu and Kim, 2001) 에 형성된다. 이매패류와 다른 종들 중 체외나 체내에 고형부분이 있어서 이곳에 그 개체의 연령을 알려주는 표식이 나타나는 종들의 경우는 연령군 분석이 용이하며, 이러한 표식은 대부분 산란 및 환경 변화와 같은 온도와 밀접한 상관관계를 가지고 있다 (Rhoads and Lutz, 1980).

이처럼 이매패류에서 패각에 형성되는 운문이 연령사정에 적합하다는 연구 보고는 다수가 보고되어 있으며 (Goshima *et al.*, 1991; Zhang *et al.*, 1999; Ruy *et al.*, 2001; Jo *et al.*, 2001; Ryu *et al.*, 2006; Yoon *et al.*, 2011. An *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2017), 본 연구에서 패각에 형성된 운문을 조사한 결과 대응성을 보였으며 연령형질로 사용 가능 할 것으로 판단하였다.

각장에 대한 각고, 각폭, 전중량의 상대성장식에서 결정계수 (r^2) 는 0.8188-0.9468의 범위로 비교적 높은 상관관계를 나타내었는데, 이는 Han (2006) 의 수하식 중간육성 연구에서 보고된 0.8485-0.9801 값과 유사하였다.

윤문의 평균 윤경은 $SL_{1.54} = 44.72$ mm, $SL_{2.54} = 70.97$ mm,

Table 1. Estimated shell length and total weight at the time of each ring formation based on the relationship between shell length and total weight of *Tresus keenae*

Growth factor	Ring group	N	Ring diameter (mm)				
			r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅
Shell length (mm)	1	16	34.97				
	2	110	44.37	80.53			
	3	108	47.84	66.64	93.82		
	4	90	45.64	71.45	88.16	108.36	
	5	10	50.76	65.24	92.56	105.82	122.86
	Mean			44.72	70.97	91.51	107.09
Total weight (g)	1	16	239.37				
	2	110	299.88	527.29			
	3	108	322.04	440.76	609.34		
	4	90	308.01	470.82	574.48	698.40	
	5	10	340.63	431.99	601.59	682.89	786.58
	Mean			301.99	467.72	595.14	690.65

*N: Number of individuals.

SL_{3.54} = 91.57 mm, SL_{4.54} = 107.09 mm, SL_{5.54} = 122.86 mm로 나타났으며, 평균 전중량은 TW_{1.54} = 310.99 g, TW_{2.54} = 467.72 g, TW_{3.54} = 595.14 g, TW_{4.54} = 690.65 g, TW_{5.54} = 786.58 g로 나타났다. 이와 같은 결과는 기준에 보

고된 연구결과와 비교적 유사한 결과를 보였으며 (Han, 2006), 이러한 윤경은 이매패류에서 대부분의 경우 겨울철의 온도 하강에 의하여 1-2월경에 형성된다 (Shin, 1996; Park and Kim, 2009; Cho and Jeong, 2007). 이처럼 이매패류에 있어서 겨울철의 수온 및 산란기 전후와 먹이원 변동으로 인한 연관관계도 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 보인다 (Chung *et al.*, 2005; Appeldoorn, 1983; Kim *et al.*, 2014).

왕우럭조개 패각에 나타나는 윤문으로 연령사정을 실시한 결과 연령의 분포는 1세에서 5세까지 다양한 연령분포를 나타냈으며, 5세군이 최고 연령으로 조사되었다. 이러한 결과는 조사해역에 지속적으로 왕우럭조개의 자원가입이 일어나고 있는 것을 의미한다. 하지만 연령분포 구조를 파악하여 보면, 전체적으로 1세군의 분포 빈도가 현저히 낮은 점과 조사 시기에 따라 연령군이 낮은 특정연령군만 채집된 점은 채집 방법 및 높은 어획강도로 인하여 발생하는 현상으로 파악되어진다.

본 연구는 남해안 해역에서 서식하는 왕우럭조개의 성장, 연령 구조를 통해 자원생물학적 특성치를 파악함으로써, 향후 자연적 또는 인위적으로 발생할 수 있는 자원량 감소 및 자원관리 방안에 대한 기초자료로 활용 가능할 것으로 판단된다.

요 약

전라남도 여수시 연안에서 왕우럭조개를 채집하여 연령과

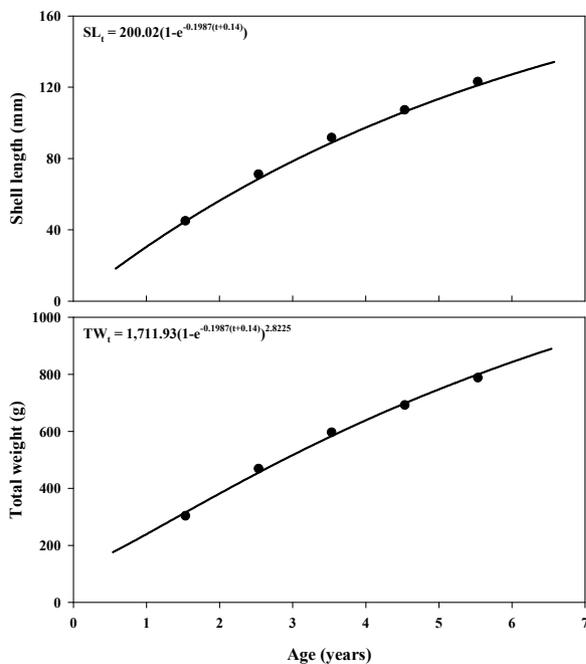


Fig. 7. von Bertalanffy growth curves of *Tresus keenae*.

성장에 대하여 조사하였다. 각장에 대한 각고, 각폭, 전중량의 상대성장식에서 상관계수 (r^2) 는 0.8188-0.9468의 범위로 비교적 높은 상관관계를 나타냈다. 윤문의 평균 윤경은 $SL_{1.54} = 44.72$ mm, $SL_{2.54} = 70.97$ mm, $SL_{3.54} = 91.57$ mm, $SL_{4.54} = 107.09$ mm, $SL_{5.54} = 122.86$ mm로 나타났으며, 평균 전중량은 $TW_{1.54} = 310.99$ g, $TW_{2.54} = 467.72$ g, $TW_{3.54} = 595.14$ g, $TW_{4.54} = 690.65$ g, $TW_{5.54} = 786.58$ g로 나타났다. Bertalanffy 성장식을 구한결과는

$$SL_t = 200.02(1 - e^{-0.1987(t + 0.14)}),$$

$$TW_t = 1,711.93(1 - e^{-0.1987(t + 0.14)})^{2.8225}$$

로 나타났다.

사 사

본 연구는 수산양식 품종 기술개발을 위한 전라남도 여수시의 학술연구지원사업의 일환으로 연구되었으며, 이에 감사를 드립니다.

REFERENCES

- Appeldoorn, R.S. (1983) Variation in the growth rate of *Mya arenaria* and its relationship to the environmental as analyzed through principal components analysis and omega parameter of the von Bertalanffy equation. *Fishery Bulletin*, **81**: 161-170.
- Biodiversity on the Korea. (2019) Available from <https://species.nibr.go.kr>.
- Cho, S.M. and Jeong, W.G. (2007) Ecological Study of Short-necked clam *Ruditapes philippinarum* from the Jindu Coast of Hansan Island, Korea. *Korean Journal of Malacology*, **23**: 25-30.
- Chung, E.Y., Koo, J.G., Park, K.Y. and Lee, C.H. (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. *Korean Journal of Malacology*, **21**: 71-8.
- Goshima, S., Nagamoo, K., Kawai, K. and Nakao, S. (1991) Reproductive cycle and growth of the Northern Great Tellin, *Megangulus venulosus*, in Shiriuchi, Hokkaido. *Japanese Association of Benthology*, **40**: 23-33.
- Hamamoyo, S. and Oobayashi, T. (1985) The suitable time for taking eggs and some problems in breeding the larvae of shell, *Tresus keenae* (Kuroda et Habe). *Kagawa prefectural fisheries excremental station*, **22**: 1-9.
- Han, J.S. (2006) Studies of Intermediate culture for Resources Annexationin *Tresus keenae* and *Saxidomus purpuratus*. Doctoral thesis, Yosu National University, Yosu, Korea, 117 pp.
- Jo, H.S., Park, Y.C., Yang, W.S., Shoi O.I. and Cha, B.Y. (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.
- Kang, H.S. and Kim, C.W. (2018) Spawning and larval developments of the surf clam, *Tresus keenae*. *The Korean Journal of Malacology*, **34**: 9-15.
- Kim, D.H., Lim, H.K., Min, K.S., Chang, Y.J. and Kim, T.I. (1999) Reproductive cycle of surf clam (*Tresus keenae*) in southern coast of Korea. *Journal of Korean Fisheries and Aquatic Sciences*, **32**: 659-663.
- Kim, J.H., Kim, D.H., Yoo, N.S. and Yang, M.H. (2005) Ultrastructure of gametogenesis of the Surf clam (*Tresus keenae*) (Mactridae: Bivalvia). *Journal of the Korean Society of Fisheries*, **38**: 94-99.
- Kim, S.W., Im, J.W., Yoon, B.S., Jeong, H.D. and Jang, S.H. (2014). Long-Term variations of the sea surface temperature in the East coast of Korea. *Journal of the Korean Society of Marine Environment and safety*, **20**: 601-608.
- Kim, Y., Park, M.S. and Lee, S.D. (1985) Occurrence and growth of pen shell, *Atrina pectinata* (Reeve) larvae in Yeoja Bay. *Bulletin of Fisheries Research and Development Agency*, **34**: 165-170.
- Lee, M.H., Choi, J.D., No, G.H., Shin, S.J. and Ryu, D.K. (2017) Age and growth of *Corbicula japonica* in the Seomjin River, Korea. *Korean Journal of Malacology*, **33**: 107-113.
- Moon, S.Y., Rha, S.J., Yoon, H.S. and Choi, S.D. (2006) Seasonal Variation of Infection by Three Species of Symbiotic Copepods in Clam, *Tresus keenae*. *The Korean Journal of Aquaculture*, **19**: 236-241.
- Park, J.S. and Kim, S.Y. (2009) Growth status of *Ruditapes philippinarum* in Komso bay. *The Korean Society for Fisheries and Marine Sciences Education*, **21**: 230-263.
- Rha, S.J. (2005) Reproductiv ecology and induction of settlement of Keen's gaper, *Tresus keenae* (Kroda& Habe). Doctoral thesis, Yosu National University, Yosu, Korea, 135 pp.
- Rhoads, D.C. and Lutz, R.A. (1980) Skeletal growth of aquatic organisms. Plenum Press, New York and London, 750 pp.
- Ryu, D.K. and Kim, Y.H. (2001) Management of hen clam, *Mactra chinensis philippi*, on the coast of Kunsan. I. Age and growth. *Korean Journal of Malacology*, **17**: 13-17.
- Ryu, D.K. and Kim, Y.H. (1997) Studies on the population dynamics of surf clam, *Mactra veneriformis* Reeve (Bivalvia) on the coast of Kunsan, Korea. I. Growth. *The Korean Journal of Malacology*, **13**: 185-192.
- Ryu, D.K., Chung, E.Y. and Kim, Y.M. (2006) Age and growth of the Hard clam, *Meretrix lusoria* (Bivalvia:

- Veneridae) on the West coast of Korea. *The Sea: Journal of the Korean Society of Oceanography*, **11**: 116-21.
- Shin, S.H. (1996) Growth and production of short-necked clam (*Tapes philippinarum*: Bivalvia) in Kwangyang bay. Master's 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.
- Yoon, H.S., An, Y.K, Kim, S.T. and Choi, S.D. (2011) Age and Growth of the Short Necked *Ruditapes philippinarum* on the South Coast of Korea. *The Korean Journal of Malacology*, **27**: 1-7.
- Zhang, C.I., Lee, M.W. and Yoon, S.K. (1999) Estimation of population ecological characteristics of sunset shell, *Nuttallia olivacea* in Dadaepo shore. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **2**: 24-31.

