

한국 서해산 피빨고둥, *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) 의 연령과 성장

최종덕, 류동기

군산대학교 해양생명과학부

Age and Growth of Purple whelk, *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae) in the West Sea of Korea

Jong-duk Choi and Dong-Ki Ryu

Department of Marine Life Development, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

ABSTRACT

Based on 1,260 samples, the age and growth of purple whelk, *Rapana venosa* (Valenciennes) (Gastropoda:Muricidae) have been investigated. The samples were collected monthly during one year time (from February, 2004 to January, 2005) from the West Sea of Korea. The age of *R. venosa* was determined by the ring of the operculum analysis. The relationship between whelk's shell height and ring radius in each ring group was expressed as an equation of linear regression and later a correspondence in each ring formation was determined. Based on the monthly variations in the marginal index (MI) of the operculum, it was assumed that the ring of this species has been formed once a year during the period from July to August.

The relationship between shell height and shell width was expressed by the equation $SW = 0.7867 SH - 6.3988$ ($R^2=0.8604$); and between shell height and total weight by the equation $TW=0.0000626 \times SH^{3.206}$ ($R^2=0.8324$).

The purple whelk's spawning period was estimated through the fatness analysis and has occurred during the period from May to July.

Obtained results suggests that the ring formation occurs once a year (in July) and the length of time period since the first ring has been formed on the operculum is approximately 13 months (1.08 year).

The purple whelk's growth curves for shell height and total weight fitted to the von Bertalanffy's equation and were expressed as follows:

$$SH_t = 199.653(1 - e^{-0.104(t + 2.478)}) \quad TW_t = 1484.105(1 - e^{-0.104(t + 2.478)})^{3.206}$$

Keywords: Purple whelk, *Rapana venosa*, age and growth, operculum

서 론

서해산 피빨고둥 (*Rapana venosa*) 은 신복족목 (Neogastropoda), 빨소라과 (Muricidae) 에 속하는 종으로

서, 우리나라의 서해안이나 남해안에 분포하며 수심 10 m 전후의 모래나 모래진흙 또는 모래자갈 바닥이나 암반에서 서식하며, 지역에 따라 매우 흔하게 발견되는 패각길이 12 cm 전후의 대형 육식성 고둥이다 (Yoo, 1976; Choe *et al.*, 1999; Hong, 2006). 특히 서해안에 다산하며 군산지역의 어민들은 피빨고둥을 매년 평균 1,463톤 이상 채취되는 통발어선의 주요 어획 대상종이며 (Fig. 1), 복족류로서는 가장 중요한 종이 다.

최근 들어서 맛이 좋아 날 것이나 삶아서 먹거나 죽으로 먹는 등 다양하게 이용되고 있고 가격이 비교적 높아 연안 어업

Received Oct 22, 2009; Revised Nov 2, 2009; Accepted Nov 24, 2009
Corresponding author: Ryu, Dong-Ki
Tel: +82 (63) 469-1837 e-mail: dongki@kunsan.ac.kr
1225-3480/24323

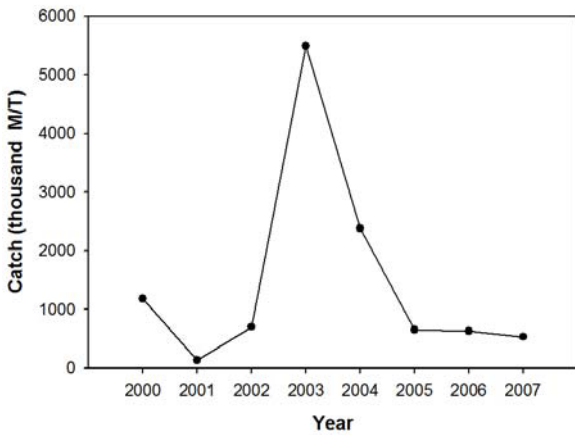


Fig. 1. Annual catch of *Rapana venosa* in the West Sea of Korea (MOMAF, 2000-2007).

인들의 새로운 소득원으로서 개발 가능성이 높아지고 있으며, 성숙한 패각은 두족류인 주꾸미 어획용구로 많이 이용되고 있다 (Yoo, 1976). 그러나 피빨고둥은 굴 및 다른 패류 등을 섭이하는 육식성 패류로서 굴 양식장 등의 해적생물이 되고 있다는 보고와 같이 (Yoo, 1976) 이매패류나 다른 고동류를 포식하는 강한 포식자라는 견해와 죽어가거나 죽은 동물의 사체를 섭식하는 사해식자라는 두 가지 견해가 공존하고 있다 (Hong, 2006). 따라서 다른 이매패류의 자원관리나 피빨고둥의 자원관리를 위해서도 이들에 대한 연구가 시급한 실정이다.

수산생물의 연령과 성장에 관한 연구는 자원개체군의 변화를 분석하는데 필요할 뿐만 아니라 계군 구조와 자원의 수준을 유지하기 위한 중요한 단서를 제공 한다 (Weatherley and Gill, 1987; Chang, 1991). 수산생물의 성장은 서식지역의 먹이 환경과 계군의 밀도, 수온 등의 생활환경에의 영향을 받는다 (Kubo and Yoshihara, 1970).

피빨고둥에 관한 연구는 현재 형태학적인 면 (Wu, 1988) 과 해부학적인 면 (Li et al., 1990 ; Hou et al., 1990 ; Hou et al., 1991) 에서는 보고되었고, Chung et al. (1993, 2001, 2002) 는 주로 생식소의 발달과 생식주기 등에 관하여 연구하였고, Chang et al., (2004) 은 통발어업에 의한 피빨고둥의 어획성능에 관하여 연구하였으나 연령과 성장에 대한 연구는 없다. 복족류는 주로 패각이나 뚜껑에 나타난 윤문을 이용하여 연령사정 한다. 최초로 Kubo and Kondo (1953) 는 뚜껑의 성장선을 수량 (*Babylonia japonica*) 의 연령사정에서 이용하였으나, 아직 우리나라에서는 연구한 바가 없다. 피빨고둥의 뚜껑에 나타난 성장윤은 비교적 뚜렷하여 연령 형질로써 사용 될 수 있으며, 본 연구에서는 이를 사용하여 연령 사정 하였다.

본 연구는 서해안 고군산군도에 서식하는 피빨고둥의 연령

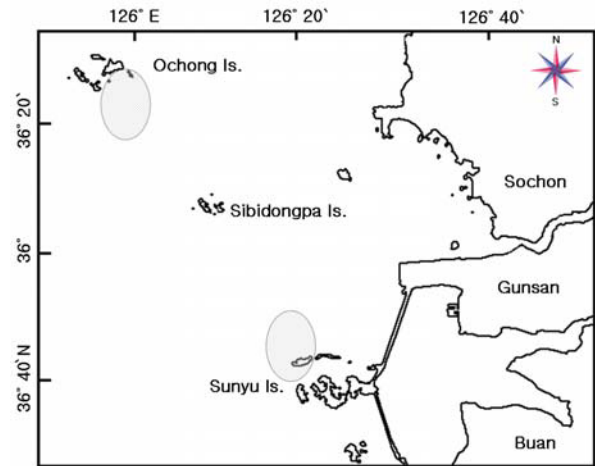


Fig. 2. Map showing the sampling sites of *Rapana venosa* in the West Sea of Korea.

형질인 뚜껑을 사용하여 연령과 성장에 관한 성장매개변수를 추정하여 지속적인 자원관리를 위한 수산자원학적 연구에 필요한 기초자료로 제공하는데 있다

재료 및 방법

1. 연구 지역

본 연구에 사용된 표본은 2004년 2월부터 2005년 1월 (12개월) 에 걸쳐 전라북도 군산시 고군산군도에서 통발어구로 채취된 어획물에서 매월 1회 채집하여 사용하였다 (Fig. 2).

2. 샘플 처리

채집한 피빨고둥은 즉시 실험실로 옮겨 각고, 각폭은 Vernier caliper로 0.1 mm까지, 육중량 및 전중량은 전자저울로 0.1 g까지 측정하였다 (Table 1).

3. 상대성장

피빨고둥의 각고 (SH) 와 각폭 (SW) 에 대한 상대성장식은 직선식을 이용하여 추정하였으며, $SH = a + bSW$ 식을 이용하여 성장식을 추정하였고, 각고 (SH) 와 전중량 (TW) 에 대한 상대성장식은 포물선식을 이용하여 추정하였고, $TW = a \times SH^b$ 식을 이용하여 성장식을 추정하였다.

4. 연령사정

2004년 2월부터 매월 채집된 피빨고둥의 뚜껑 (operculum) 은 예리한 핀셋을 사용하여 족부로부터 분리시켰다. 분리시킨 뚜껑은 세척 후 건조시킨 뒤 변형을 막기 위해서 코팅기를 이용하여 월별로 순서에 맞춰 코팅 작업을 하였다. 뚜껑 길이는 명확한 성장선을 디지털 캘리퍼스를 이용하여 쌍안 입체 현미경의 프리즘 빛을 투영하여 측정하였다 (Fig. 3).

Table 1. Sampling date and number of specimens of *Rapana venosa*

Sampling date	No. of specimens	Range of SH (mm)		
		Min.	Max.	
2004	Feb.	49	60.16	119.44
	Mar.	208	61.75	120.32
	Apr.	117	53.74	119.92
	May	165	58.62	123.01
	June	107	48.34	124.15
	Jul.	107	71.27	120.90
	Aug.	143	64.93	140.62
	Sep.	109	75.41	128.80
	Oct.	113	67.98	125.89
	Nov.	103	38.79	128.37
	Dec.	136	72.74	132.93
	2005	Jan.	57	66.69
Total		1,414		

뚜껑 (operculum) 의 윤문은 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계를 기준으로 하였으며, 뚜렷한 성장선을 나타내는 값을 사용하였다. 뚜껑 중 손상을 입거나 부서져 있는 것은 분석하는데 포함시키지 않았다. 뚜껑에 나타나는 윤문이 연륜으로 적합한가를 확인하고 윤문 판독의 정확성을 검토하기 위해 각 윤문별로 윤경 간의 관계를 비교하여 윤문의 대응성을 검토하였다. 또한, 윤문의 형성시기 및 형성회수를 추정하기 위해 연역지수 (marginal index, MI) 의 월 변화를 조사하였고, 연역지수는 아래의 식 (1)을 이용하여 계산하였다.

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

단, R은 뚜껑의 핵에서 외연까지의 거리이고, r_n은 핵에서부터 n번째 윤경까지의 거리를 나타낸다.

5. 산란기

뚜껑의 핵에서부터 초륜까지의 시간 간격을 알기 위하여 산란기를 추정하는데는 비만도 (fatness) 의 월 변화를 추적하여 확인하였다. 비만도지수를 구하기 위해 사용된 식 (2)는 다음과 같다.

$$Fatness = \frac{MW}{SH^3} \times 10^3 \quad (2)$$

MW : 육중량 (g), SH : 각고 (mm)

6. 성장

피빨고둥의 성장은 von Bertalanffy 성장식 (1938) 을 이용하여 추정하였다. 이 성장식에 필요한 각고 자료는 뚜껑의 핵에서 외연까지의 거리 (R) 와 각고의 상대성장식을 사용하여

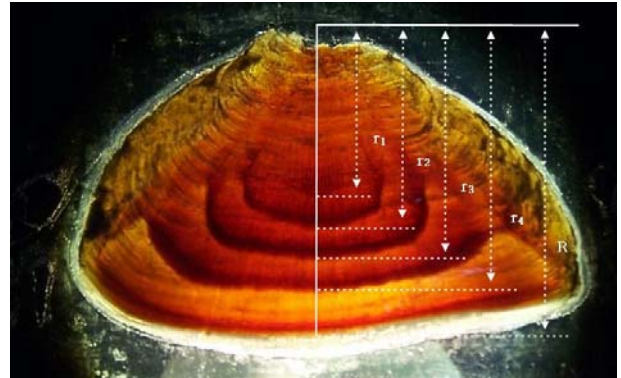


Fig. 3. Photograph showing operculum radius (R) and ring radii (rn).

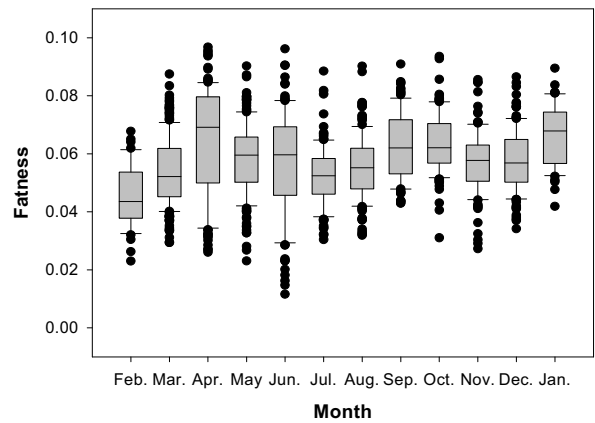


Fig. 4. Monthly changes in the fatness of *Rapana venosa*. The lines indicate the 25th, 50th and 75th percentiles, and error bars indicate the 10th and 90th percentiles.

연계산을 통하여 추정하였다. Walford 정치도법으로 추정된 각각의 매개변수 값들을 초기값으로 하여 비선형회귀방법 (nonlinear regression)을 사용하여 매개변수를 추정하였다 (Microsoft, Office Excel 2003). 추정식은 다음과 같다.

$$SH_t = SH_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad (3)$$

$$TW_t = TW_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})^3 \quad (4)$$

여기서, SH_t 는 t세대의 각고, SH_∞ 는 이론적 최대각고, TW 는 전중량에 대한 식이며, K 는 성장계수, t₀ 는 각고가 0일 때의 이론적 연령을 나타낸다.

결 과

1. 비만도

본 종의 비만도의 월 변화를 확인한 결과 (Fig. 4), 2월부터 4월까지 변화율이 급속히 높아지다가 5월 이후부터 7월 사이

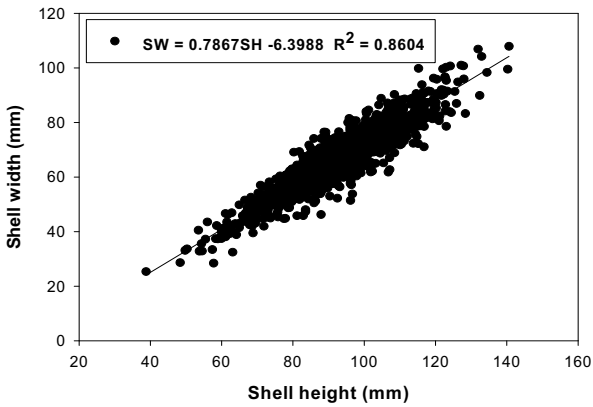


Fig. 5. Relationship between shell height (SH) and shell width (SW) of *Rapana venosa* in the West Sea of Korea.

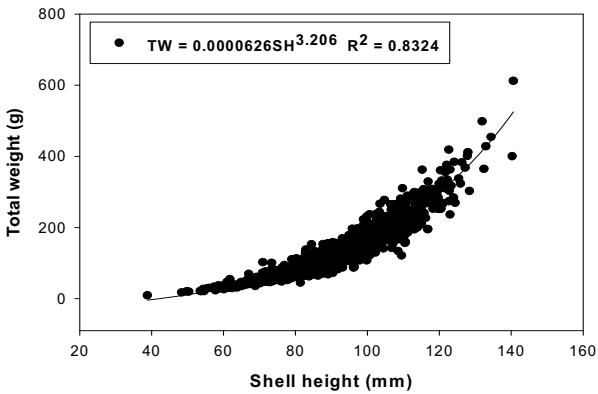


Fig. 6. Relationship between shell height (SH) and total weight (TW) of *Rapana venosa* in the West Sea of Korea.

에 급격하게 낮아지는 경향을 나타냈다. 이후 다시 비교적 평탄한 값을 보였다. 피빨고둥의 산란 적기는 5-7월 사이에 이루어짐을 알 수 있었고, 주 산란기는 6월로 나타났으며, 늦은 개체는 8월까지 산란에 참여함을 알 수 있었다.

2. 상대 성장

1) 각고와 각폭의 상관관계

피빨고둥의 각고 (SH) 와 각폭 (SW) 의 관계식은 다음과 같이 표현할 수 있었다 (Fig. 5).

$$SW = 0.7867 SH - 6.3988 (R^2=0.8604)$$

2) 각고와 중량의 상관관계

피빨고둥의 각고에 대한 중량의 오차를 알아보기 위해서 1,414개체의 각고 (SH) 와 중량 (TW) 간의 그래프를 통해 알아본 결과, 독립변수인 각고가 커짐에 따라 종속변수인 중량변이가 점점 증가하는 곱의 오차구조 (multiplicative error

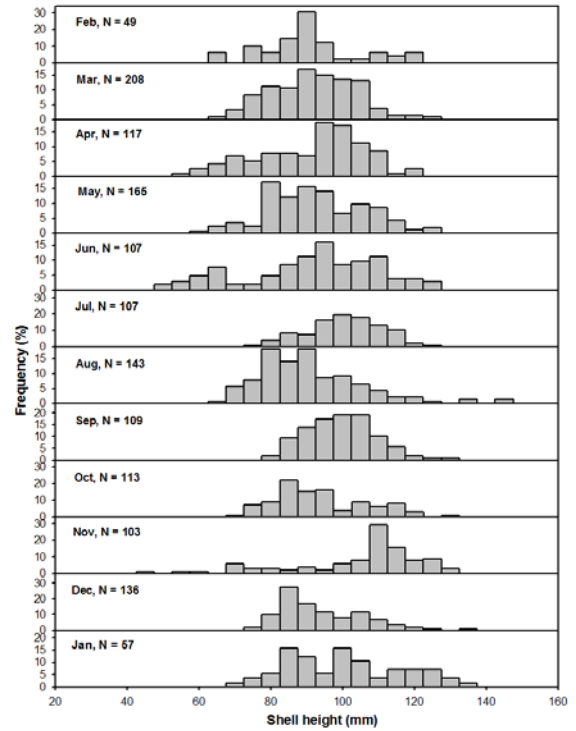


Fig. 7. Monthly frequency distribution of the shell height of *Rapana venosa* in the West Sea of Korea.

structure) 였다. 따라서 다음 식을 대수선형화 시킨 후 선형 최소자승법으로 추정한 피빨고둥의 각고 (SH) 와 중량 (TW) 간의 상대성장식은 다음과 같다 (Fig. 6).

$$TW = 0.0000626 SH^{3.206} (R^2=0.8324)$$

3. 각고의 빈도수

피빨고둥의 월별 각장에 따른 빈도수 (Fig. 7) 를 통해서 살펴보면, 각고 범위는 38.79-140.62 mm 정도로 나타났고, 각장 크기가 작은 개체군을 중심으로 월별 성장상황을 살펴보면 2-5월에는 각장 분포에 큰 변화 없이 2-3개의 연급군이 나타났고, 6월에 비교적 뚜렷하게 4개의 연급군이 나타나고 있다. 11월에 각고 40 mm 내외의 어린 치패들이 출현하는 모드를 볼 수 있었다. 전체에 걸쳐서 80-110 mm 크기의 개체들이 집중적으로 출현하였다.

결과적으로 피빨고둥은 수온이 비교적 낮은 12월 이후부터 각고 50 mm 미만의 개체들이 출현하지 않고 있으며 4월 이후부터 점차 출현하기 시작함을 알 수 있었다. 8월에는 가장 큰 개체군이 출현하였다.

4. 뚜껑의 윤경과 각고의 대응성

먼저 각고의 크기에 따른 뚜껑의 크기의 대응성을 알 기위하

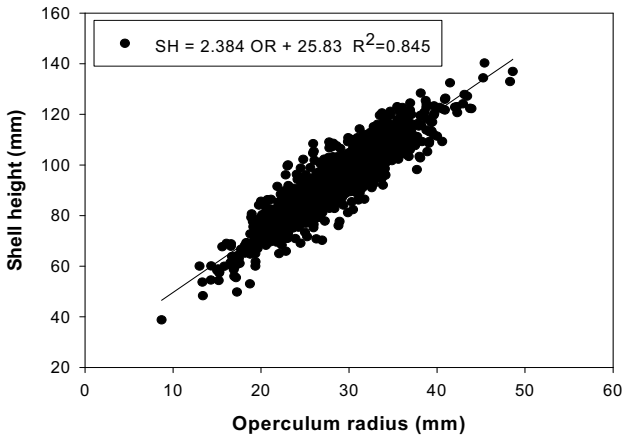


Fig. 8. Relationship between shell height (SH) and operculum radius (OR) of *Rapana venosa* in the West Sea of Korea.

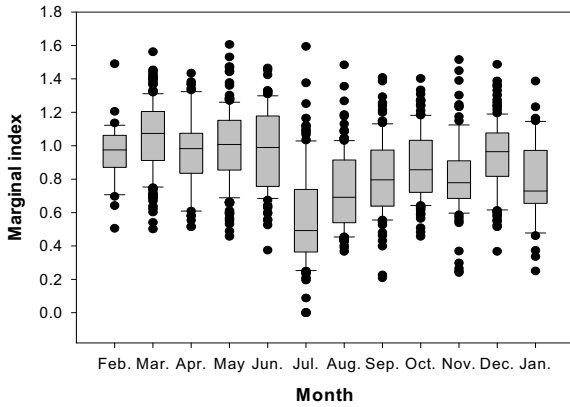


Fig. 9. Monthly changes in the marginal index (MI) in operculum of *Rapana venosa*. The lines indicate the 25th, 50th and 75th percentiles, and error bars indicate the 10th and 90th percentiles.

여 뚜껑의 윤경 (OR) 과 각고 (SH) 간의 관계식을 추정한 (Fig. 8) 뚜껑의 윤경 (OR) 이 증가함에 따라 각고의 크기가 커지는 직선관계를 이루고 있어, 뚜껑의 크기와 피빨고둥의 크

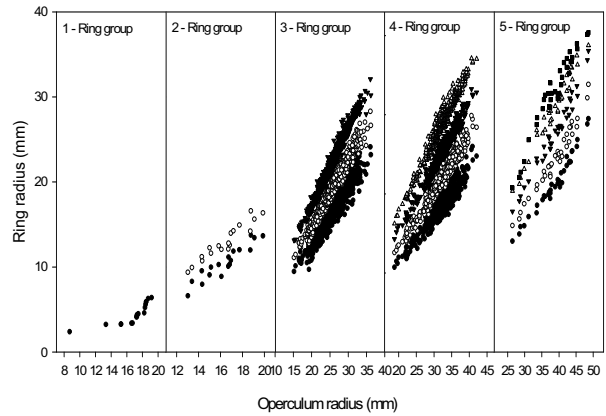


Fig. 10. Relationship between ring radii (mm) and operculum radius (mm) of *Rapana venosa* in the West Sea of Korea.

기 간에는 대응성이 있다고 인정되었고 식은 아래와 같다.

$$SH = 2.384 OR + 25.83 (R^2 = 0.845)$$

5. 윤문형성시기

윤문이 형성되는 시기와 형성되는 횟수를 추정하기 위한 연역지수의 월 변화는 다음 그래프 (Fig. 9) 를 통해 확인할 수 있었다. 2월 이후 비교적 비슷한 경향을 나타내다 6월 이후 감소하기 시작하여 7월에 평균값의 범위에 있어서 가장 낮은 값을 보이고, 표준편차의 범위도 크므로 뚜껑에 나타난 윤문의 형성 시기는 7-8월경이며, 주 윤문형성시기는 7월로 추정되었다. 또한, 윤문은 연 1회 형성됨을 알 수 있었다.

6. 윤문의 분리성

피빨고둥 뚜껑 (operculum) 에 나타난 각 윤문이 연륜으로 적합한가를 알아보기 위하여 각 연령별로 윤경 간의 관계를 알아보았다 (Fig. 10). 뚜껑에 나타난 각 윤경은 인접한 윤경과 서로 중복됨이 없이 분리가 잘 되었고, 같은 수의 윤문을 가지는 경우에도 뚜껑이 커짐에 따라 윤경도 커지는 대응성이 있었다.

Table 2. Mean ring radius on the operculum of *Rapana venosa* in the West Sea of Korea

Item	Ring group	Ring radius (mm)					
		R	r1	r2	r3	r4	r5
Operculum radius (mm)	1	16.79	5.96				
	2	16.42	10.24	12.57			
	3	25.61	16.49	19.32	22.27		
	4	32.14	18.65	21.94	25.24	28.74	
	5	38.68	22.42	25.56	28.98	32.32	34.10
	Mean		14.75	19.85	25.50	30.53	34.10

따라서, 뚜껑의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 연 1회 주기적으로 형성되는 윤문임을 확인하고 이 윤문을 연륜으로 간주하여 연령별 평균 윤경을 구하였다.

이와 같이 산정한 각 연륜별 윤경은 Table 2와 같으며, 각 윤문의 평균 윤경은 $r_1 = 14.75$ mm, $r_2 = 19.85$ mm, $r_3 = 25.50$ mm, $r_4 = 30.53$ mm, $r_5 = 34.10$ mm이었다 (Table 2).

각 윤문형성시의 각고를 역계산하기 위해 뚜껑 윤경 (R)과 각고간의 관계식으로부터 산정한 각 연령별 피빨고둥의 각고의 평균크기는 $r_1 = 61.20$ mm, $r_2 = 73.27$ mm, $r_3 = 86.64$ mm, $r_4 = 98.56$ mm, $r_5 = 107.00$ mm이었다 (Table 3).

또한, 평균 각고로부터 윤문 형성시의 체중을 역계산하면 $r_1 = 39.57$ g, $r_2 = 64.49$ g, $r_3 = 104.15$ g, $r_4 = 155.35$ g, $r_5 = 200.91$ g 이다 (Table 3).

7. 성장식

1) 각고의 성장식

본 조사에서는 von Bertalanffy 성장식을 이용하여 시간에 대한 피빨고둥의 성장을 식으로 나타내었다. 초륜형성은 피빨고둥의 산란기를 5-7월로 보면, 주 산란기인 6월에 산란된 개체들이 다음해 7-8월 형성되므로, 초륜 형성 시까지의 기간은 윤문형성시기가 7월 인 것을 감안하면 약 13개월 (1.08년) 로 추정된다.

따라서 역계산된 연령별 각고로부터 추정된 피빨고둥의 von Bertalanffy 성장식은 다음 식과 같이 나타내어진다 (Fig. 11).

$$SH_t = 199.653(1 - e^{-0.104(t+2.478)})$$

2) 체중의 성장식

또한 연령별 각고로부터 추정된 피빨고둥의 데이터로부터 역

Table 3. Back-calculated shell height and total weight at the formation of annuli in operculum of *Rapana venosa* in the West Sea of Korea

Item	Estimate age (year)	Ring group				
		1	2	3	4	5
Shell height (mm)	1	40.39				
	2	50.52	56.04			
	3	65.32	72.01	79.01		
	4	70.44	78.22	86.02	94.33	
	5	79.35	86.80	94.89	102.78	107.00
	Mean		61.20	73.27	86.64	98.56
Total weight (g)	1	8.84				
	2	18.11	25.26			
	3	41.28	56.44	75.99		
	4	52.58	73.57	99.80	134.10	
	5	77.04	102.70	136.68	176.60	200.91
	Mean		39.57	64.49	104.15	155.35

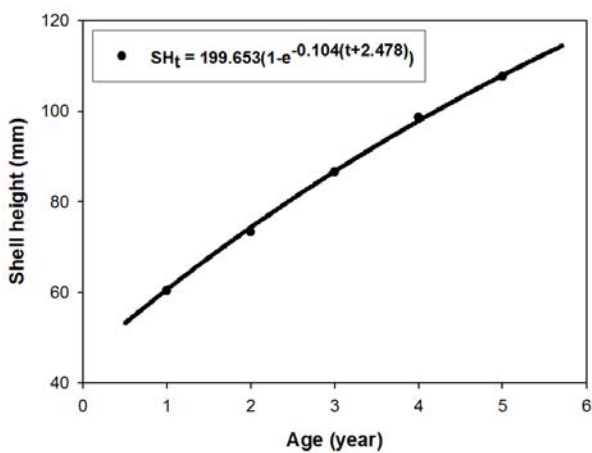


Fig. 11. Growth curve in shell height by von Bertalanffy's equation for *Rapana venosa* in the West Sea of Korea.

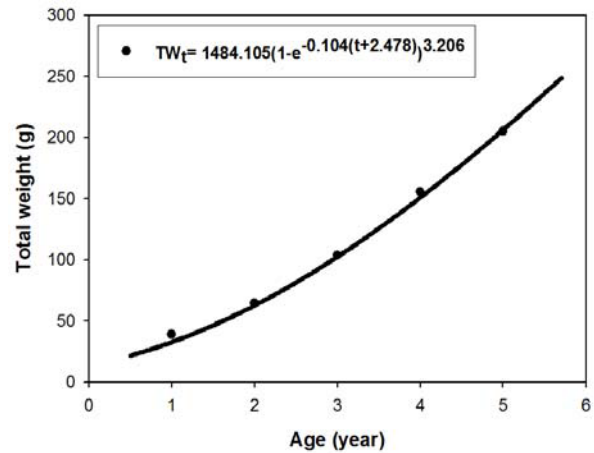


Fig. 12. Growth curve in total weight by von Bertalanffy's equation for *Rapana venosa* in the West Sea of Korea.

계산된 체중의 von Bertalanffy 성장식은 다음 식과 같이 나타내어진다.

$$TW_t = 1484.105(1 - e^{-0.104(t+2.478)})^{3.206}$$

고 찰

수산자원 생물의 연령을 사정하는 것은 성장률을 추정하는데 있어서 뿐만 아니라 자원의 개체군의 변화를 분석하는데 필수적이다.

피빨고둥 (*Rapana venosa*)은 서해안 조간대 수심 10-20 m에 서식하는 고둥류로써 움직임은 전진, 선회는 가능하나 후진은 못하는 것으로 나타나며, 미끼와 접촉시 발로 완전히 감싼 후 타액을 분비하면서 치설로 먹이의 패각을 천공하여 대롱 같은 입을 넣어 식해 하는 서해안의 대표적인 어종이다 (Kim *et al.* 1998). 현재 피빨고둥의 연령에 대한 연구는 극히 드문 실정이며, 또한 연령형질로써 패각 및 뚜껑을 이용하여 연령사정으로 이용한 예를 찾아보기 힘들다.

Chung *et al.* (2002)은 피빨고둥의 주 산란기를 수온이 상승하는 5-7월로 나타냈으며, 늦은 개체는 8월까지 산란을 하는 것으로 보고하였으며, Mann (2002)는 6-8월을 산란기로 보고한 바 있다. 피빨고둥은 평균 산란 시 1-3일 간격으로 3-4회 산란이 일어나고 방출한 난피는 산란개체의 패각이나 기타 바위와 같은 지형에 부착시키는 것으로 관찰되었다 (Chung *et al.*, 2002). 본 조사에서도 6월에 채집된 개체의 패각 표면에 다수의 난피가 부착되어 있었으며, 비만도의 연중 변화에 의한 피빨고둥의 주 산란기는 6월로 간주할 수 있었다.

패류의 연령사정에 있어서는 대부분 패각을 연령형질로 이용하고 있으나, 본 종과 같은 고둥류는 패각을 연령형질로 이용하기가 매우 어렵기 때문에 본 연구에서는 뚜껑이라는 다른 연령형질을 이용하여 연령사정을 실시하였으며, 복족류에서 뚜껑은 연령형질로서 적합한 것으로 보인다.

대부분 패류의 윤문형성시기는 급격히 온도가 낮아지거나 높아지는 시기 (Ryu 1991; Kim and Ryu, 1991; Sakurai, 1993; Ryu and Kim, 1997; Ryu *et al.*, 2005)와 산란기 전후 (Kang and Kim, 1983; Kim *et al.*, 1985; Ryu and Kim, 2001)로 나누어진다. 즉, 저온으로 인한 먹이의 부족이나 에너지 대사의 위축, 성 성숙에 요구되는 에너지의 공급 등으로 인한 성장 에너지의 부족현상으로 성장이 지연되는 결과에 의하여 나타난다. 그러나 온대지역 대부분의 경우는 겨울철의 온도하강에 의하여 일어나는데, 난소의 발달이 크게 나타나는 패류에서는 산란기 이후에도 윤문이 형성된다. 피빨고둥은 산란기 전후와 겨울철 중 특히 산란기 직후가 더욱 뚜렷한 윤문을 형성함을 추정할 수 있었다. 피빨고둥의 연령을 측정함에 있어 연령형질인 뚜껑에서 4세 이후의 윤문에 있어서 위륜을 측정할 수 있는 경향이 많이 나타났으며, 투광기로 뚜껑을 비

취하지 않을 경우 위륜을 선택할 확률이 많았다. 윤문을 측정함에 있어 위륜이 많이 나타날 가능성이 있으므로 주의할 것을 고려하여 사료된다.

피빨고둥이 대량으로 어획되는 충청남도과 전라북도의 경우 어획량의 변동이 매우 크게 나타나는 이유가 해양환경의 변화가 주요한 원인이 되는 것으로 추정되고 있다. 이는 일반 이매패류의 해적생물로 잘 알려져 있는 피빨고둥이나 큰구슬우렁이가 모두 어획량의 변동이 크게 나타나고 있다. 이들 복족류는 주로 저서성 이매패류를 식해하는 것으로 알려져 있고 새만금 방조제 건설이나 각종 매립으로 인한 해양환경의 변동시에 가장 치명적인 영향을 받는 생물이 주로 저서생물이며 (Hong *et al.*, 1997), 환경변화로 인하여 서식지에서 재 정착 과정이나 활력이 떨어지거나 폐사한 저서동물은 큰구슬우렁이와 필빨고둥과 같은 포식자 또는 사해식자들이 섭이하므로 이들의 어획량이 증가하는 것으로 추정되지만, 저서생태계의 먹이망에 대한 조사가 추후 진행되어야 할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 2004년 2월부터 2005년 1월까지 전라북도 군산시 고군산군도에서 통발어구로 채취된 피빨고둥을 조사하였다. 피빨고둥의 뚜껑에 나타난 윤문은 년 1회 형성되며 주 윤문 형성시기는 7월에서 8월로 조사되었으며, 초륜 형성기간은 13개월 (1.08년)로 나타났다. 각고 (SH)에 대한 각폭 (SW)의 성장식은 $SW = 0.7867 SH - 6.3988$ ($R^2 = 0.8604$), 총중량 (TW)의 상대성장식은 $TW = 0.0000626 SH^{3.206}$ ($R^2 = 0.8324$)과 같이 나타낼 수 있었다. 연령 (t)에 대한 각고 (SH)와 총중량 (TW)의 von Bertalanffy 성장식은 다음과 같다.

$$SH_t = 199.653(1 - e^{-0.104(t+2.478)})$$

$$TW_t = 1484.105(1 - e^{-0.104(t+2.478)})^{3.206}$$

감사의 말씀

본 논문은 2004년도 군산대학교 수산과학연구소의 학술연구보조비에 의하여 연구되었으며, 이에 감사를 드립니다.

REFERENCES

Bertalanffy, L. von (1938) A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws, II). *Human Biology*, 10(2): 181-213.

Chang, D.S. (1991) Age and growth of *Sebastiscus marmoratus* (Cuvier et Valenciennes). *Bulletin of National Fisheries Research and Development Institute, Korea*, 18(2): 179-193.

Chang, H.Y., Cho, B.K., Park, J.S. and Shin, J.K.

- (2004) Study on the Improvement of Gill Nets and Trap Nets Fishing for the Resource Management at the Coastal Area of Yellow Sea. Mesh Selectivity of Trap Nets for Purple Shell, *Rapana venosa*. *Bulletin of the Korean Society of Fisheries Technology*, **40**(3): 176-181.
- Choe, B.L., Park, M.S., Jeon, L.G., Park, S.R. and Kim, H.T. (1999) Commercial molluscs from the Freshwater and Continental shelf in Korea. *National Fisheries reserch and Development Instistue Publishing*. Pusan.
- Chung, E.Y., Kim, S.H. and Seong, C.N. (2002) First sexual maturity, spawning frequency and deposition of the egg capsules of the female purple shell *Rapana venosa* in the slag deposit area, Gwangyang Bay, Korea. *Development and Reproduction*, **6**(1): 37-44.
- Chung, E.Y., Kim, S.Y. and Kim Y.G. (1993) Reproductive Ecology of the Purple Shell, *Rapana venosa* (Gastropoda :Muricidae), with Special Reference to the Reproductive Cycle, Depositions of Egg Capsules and Hatchings of Larvae. *Journal of Malacology*, **9**(2): 1-15.
- Chung, E.Y., Kim, S.Y. and Park, K.H. (2001) Changes in Biochemical Composition of the Digestive Gland of the Female Purple Shell, *Rapana venosa*, in Relation to the Ovarian Developmental Phases. *Korean Journal of Malacology*, **17**(1): 27-33.
- Hong, J.S., Jung, R.H., Seo, I.S., Yoon, K.T., Choi, B.M. and Yoo, J.W. (1997) How are the Spatio-Temporal Distribution Patterns of Benthic Macrofaunal Communities Affected by the Construction of Shihwa Dike in the West Coast of Korea ? *Journal of the Korean Fisheries Society* **30**(5): 882-895 [in Korean]
- Hong, S.Y. (2006) Marine Invertbrates in Korean Coastes. *Academy Publishing Company*. Seoul. pp. 479.
- Hou, L., Cheng, J., Hou, S., Li G. and Wang, Q. (1990) Morphology of reproductive systems of *Rapana venosa* (Valenciennes) Gastropoda. *Acta Zoologica Sinica*, **36**(4): 398-405.
- Hou, L., Cheng, J., Hou, S., Li, G. and Wang, Q. (1991) Morphology of the digestive system of *Rapana venosa* (Valenciennes) Gastropoda. *Acta Zoologica Sinica*, **37**(1): 7-14.
- Kang, Y.J. and Kim, C.K. (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. *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, **16**(2): 82-87. [in Korean]
- Kim, B.K., Ko, T.S., Song, H.I., Lee, S.D. and Kim, S.Y. (1985) Studies on the spawning and growth of Hen clam, *Macra sulcataria* (Reeve). *Bulletin of Fisheries Research Devisiion Agency*, **34**: 157-164. [in Korean]
- Kim, I.O., An, H.C., Choo, H.D., Lim, K.B. and Oh, H.K. (1998) Study on the development of fishing gear and method for purpose shell, *Rapana venosa*. *National Fisheries Research and Development Institute*, pp. 181-191. [in Korean]
- Kim, Y.H. and Ryu, D.K. (1991) Study on the growth of *Macra veneriformis* (Reeve). *Bulletin of Kunsan Fisheries Junior College*, **25**(2): 41-47. [in Korean]
- Kubo, I, Kondo K. (1953) Age determination of the *Babylonia japonica* (Reeve) an edible marine gastropod, basing on the operculum. *Journal of Tokyo University Fisheries*. **39**: 199-207.
- Kubo, I. and Yoshinara, T. (1970) Fisheries biology. *Kyoritsu shuppan Co. Ltd., Tokyo*, pp. 482.
- Li, G., Cheng, J., Wang, Q., Hou, L. and Hou, S. (1990) Anatomy the nervous system of *Rapana venosa*. *Acta Zoologica Sinica* **36**(4): 345-351.
- MOMAF (Ministry of Maritime Affairs and Fisheries). (2000-2007) *Statistical Year book of Maritime Affairs and Fisheries*.
- Mann, R. (2002) Salinity tolerance of larval *Rapana venosa*. Implications for dispersal and establishment of an Invading predatory Gastropod on the north American Atlantic Coast. *Marine Biological Laboratory*, **204**: 96-103.
- Ryu, D.K. and Kim, Y.H. (1997) Studies on the population dynamics of surf clam, *Macra veneriformis* Reeve (Bivalvia) un the coast of Kunsan, Korea I. Growth. *Korean Journal of Malacology*, **13**(2): 185-192.
- Ryu, D.K. and Kim, Y.H. (2001) Management of Hen clam, *Macra chinensis* Philippi, in the coast of Kunsan. I. Age and growth. *Korean Journal of Malacology*, **17**(1): 1-9. [in Korean]
- Ryu, D.K. (1991) Study on the Growth of *Tapes philippinarum* (Adam et Reeve). *Bulletin of Kunsan Fisheries Junior College*, **25**(1): 25-31. [in Korean]
- Ryu, D.K., Chung, E.Y. and Kim Y.H. (2005) Age and growth of the brackish water clam, *Corbicula japonica* Prime on the West coast of Korea. *Korean Journal of Malacology*, **21**(1): 57-64. [in Korean]
- Sakurai, I. (1993) Age and growth of the sunary surf clam *Macra chinensis* in Tomakomai, southwest Hokkaido. *Bulletin of Japanese Fisheries and Science*, **59**(3): 469-472. [in Japanese]
- Weatherley, A.H. and Gill, H.S. (1987) The biology of fish growth. *Academmic Press Inc., London*, pp. 443.
- Wu, Y.O. (1988) Distribution and shell height-weight relation of *Rapana venosa* Valenciennes in the Laizhou Bay. *Marine Sciences* **6**: 39-40.
- Yoo, J.S. (1976) Korean Shells in Colour. *Iijisa, Seoul*, PP. 196. [in Korean]