

한국 서해안 갈색띠매물고둥, *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii*의 연령과 성장

안정은, 최종덕, 류동기

군산대학교 해양생명과학과

Age and Growth of the *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii* in the West Sea of Korea

Jung-Eun An, Jong-Duk Choi and Dong-Ki Ryu

Department of Aquaculture and Aquatic Sciences, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

ABSTRACT

The age and growth of *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii* sampled from the West Sea of Korea were determined from 1,062 operculums from October 2007 to September 2008. Age of *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii* was determined from the rings on the operculum. The relationship between shell height (SH; mm) and shell width (SW; mm) was expressed by the following equation : $SW = 0.5757 SH + 0.222$ ($R^2 = 0.8723$), and shell height (SH; mm) and total weight (TW; g) was highly correlated by the equation : $TW = 0.0002 SH^{2.8162}$ ($R^2 = 0.9121$). The main spawning periods was estimated June to July through fatness index analysis. The relationship between shell height and ring radius of operculum in each ring group was expressed as a regression line. Therefore, there is a correspondence in each ring formation. Based on the monthly variations in the marginal index (MI) of the operculum, it is assumed that the ring of this species was formed once a year during the period of July to August. Growth curves for shell height (SH) and total weight (TW) fitted to the von Bertalanffy's equation were expressed as follows :

$$SH_t = 173.964(1 - e^{-0.164(t+1.173)}) \quad TW_t = 407.952(1 - e^{-0.164(t+1.173)})^{2.8162}$$

Keywords: *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii*, Age and growth, Operculum

서 론

갈색띠매물고둥 (*Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii*) 은 연체동물 문 (Mollusca), 신복족 목 (Order Neogastropoda), 물레고둥 과 (Family Buccinidae) 에 속하는 종으로, 우리나라의 서남해안, 일본, 중국의 조하대 수심 50 m 까지 주로 암초 및 니질에 군집하여 서식하며, 주로 조개나 바위에 붙은 굴, 죽은 바닷물고기를 먹는 육식성으로 이러한

특징을 이용하여 통발에 고등어나 정어리를 넣어 어획한다 (Yoo, 1976; Hong, 2006).

갈색띠매물고둥의 껍데기는 중형의 원추형이고, 나층은 7층이며 껍질은 황백색 바탕에 굵고 가는 갈색 띠가 나타나며, 각 나층의 전부에는 굵은 종륜과 함께 견각을 이루고 체층에는 판상의 지느러미 형태 또는 굵은 결절로 나타나기도 한다. 각구는 장난형이고 외순에는 각이 있어 얇고, 각구 내면은 백색으로 표면의 갈색 띠가 투영되어 나타난다 (Choe *et al*, 1999).

본 종은 조개류를 섭이할 때 치실을 이용하여 조개의 껍데기에 구멍을 내고 그 속으로 소화액을 분비한 후 살을 녹여먹는 어종이다. 군산지역에 서식하는 갈색띠매물고둥은 피빨고둥과 같이 통발과 형망어선에 의해서 어획되는 패류로서 식용으로 많이 이용되고 있어 산업적으로도 매우 중요한 위치에 있는 종이다.

수산생물의 연령과 성장에 관한 연구는 자원개체군의 변화를 분석하는데 필요할 뿐만 아니라 계군 구조와 자원의 수준을 유지하기 위한 중요한 단서를 제공 한다 (Weatherley and

Received: March 10, 2014; Revised: March 26, 2014;
Accepted: March 27, 2014

Corresponding author : Ryu, Dong-ki

Tel: +82 (63) 469-1837 e-mail: dongki@kunsan.ac.kr
1225-3480/24511

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.

Gill, 1987; Chang, 1991). 또한 수산 생물의 성장은 서식 지역의 먹이 환경과 계군의 밀도, 수온 등의 생활환경의 영향을 받는다 (Kubo and Yoshihara, 1970). 복족류의 뚜껑을 이용한 연령사정은 최초로 Kubo and Kondo (1953) 가 수랑 (*Babylonia japonica*) 의 연령사정에서 이용하였으며, 우리나라의 연구에 있어서는 Choi and Ryu (2007) 의 피빨고둥 (*Rapana venosa*) 의 연구만 있을 뿐 극히 드문 실정이다. 따라서 본 연구에 있어서도 갈색띠매물고둥의 뚜껑에 나타난 연령형질을 이용하여 연령사정에 이용했다.

지금까지 물레고둥과 (Buccinidae) 에 속하는 복족류에 관하여 국외에서 보고된 것으로는 일본산 관절매물고둥 (*Neptunea (Barbitonia) arthritica*) 에 관하여 경제학적 기여도 (Ito and Tachizawa, 1981; Ito, 1982), 성장 (Macintosh and Paul, 1977; Fujinaga, 1987; Suzuki et al., 1996), 식성 (Pearce and Thorson, 1967) 등이 조사되어 있고, 국내의 갈색띠매물고둥에 관해 보고된 것으로는 분류 및 분포 (Kwon et al., 1993), 성장속에 관한 조직학적 연구 (Chung et al., 2006), 번식생태 (Kim et al., 2007) 가 보고되어 있을 뿐, 갈색띠매물고둥의 연령과 성장에 관한 연구보고는 거의 없는 실정이다.

갈색띠매물고둥은 최근 피빨고둥과 함께 군산지역의 어민들의 통발어선과 형망어선의 주요 어획 대상종으로써 중요한 위치에 있는 종이지만 갈색띠매물고둥은 피빨고둥과 같이 굴 및 다른 패류 등을 섭이하는 육식성 복족류로써 패류 양식장에 해적생물로 인식 받고 있다 (Yoo, 1976).

따라서 다른 이매패류의 자원관리나 갈색띠매물고둥의 자원관리를 위해서도 연구가 시급한 실정이다. 최근 간척사업 등으로 인한 서식지역의 감소 및 서식지 환경의 변화로 인해 자원량의 관리를 위해서도 수산학적 기초 연구가 필요한 실정이다.

본 연구는 군산지역에 서식하는 갈색띠매물고둥의 뚜껑에 나타난 성장운을 이용하여 연령사정을 실시하였으며, 연령과 성장에 관한 성장매개변수 추정을 통해 지속적인 자원관리를 위한 수산자원학적 연구에 필요한 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구 지역

본 연구에 사용된 갈색띠매물고둥은 2007년 10월부터 2008년 9월 (11개월) 에 걸쳐 전라북도 군산시 고군산군도에서 통발어구로 채취된 어획물에서 매월 1회 채집하여 사용하였다 (Fig. 1).

2. 샘플 처리

채집한 표본은 즉시 실험실로 옮겨 각고, 각폭은 Vernier caliper로 0.1 mm까지, 육중량 및 전중량은 전자저울로 0.1 g

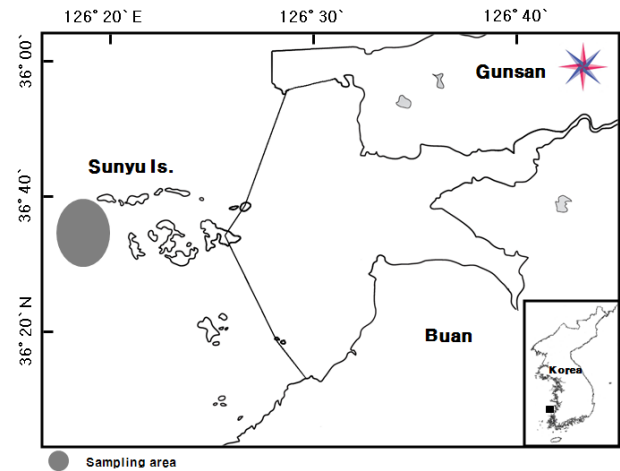


Fig. 1. Map showing the sampling sites of *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii* in the West Sea of Korea.

까지 측정하였다 (Table 1).

갈색띠매물고둥의 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.

2007년 10월부터 매월 채집된 갈색띠매물고둥의 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. 2).

뚜껑 (operculum) 의 윤문은 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계를 기준으로 하였으며, 뚜렷한 성장선을 나타내는 값

Table 1. Sampling date and number of specimens of *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii*

Sampling date	No. of specimens	Range of SH (mm)			
		Min.	Max.	S.D	
2007	Oct.	88	44.99	109.87	19.05
	Nov.	86	45.81	113.94	13.62
	Dec.	76	51.67	117.8	14.19
2008	Jan.	105	48.82	106.91	14.05
	Mar.	130	52.39	104.65	13.14
	Apr.	94	57.59	96.48	6.66
	May	119	46.98	97.44	10.95
	June	105	60.51	110.69	9.37
	Jul.	74	70.21	114.75	9.73
	Aug.	96	88.53	120.25	6.41
Sep.	89	60.15	106.39	10.33	
Total	1,062	44.99	120.35		

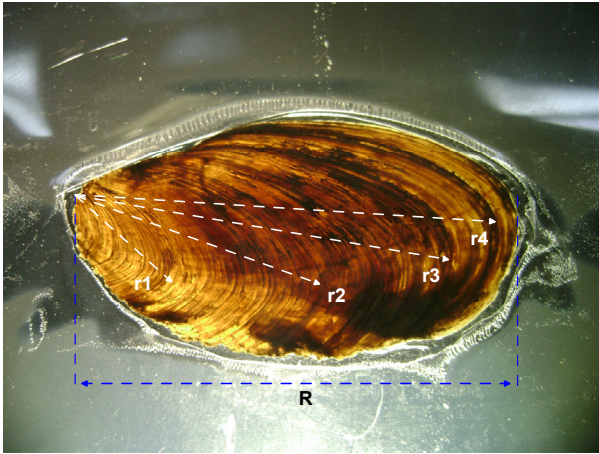


Fig. 2. Photograph showing operculum radius (R) and ring radii (r_n).

을 사용하였다. 뚜껑 중 손상을 입거나 깨진 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_n 은 핵에서부터 n번째 윤경까지의 거리를 나타낸다.

비만도 지수는 뚜껑의 핵에서부터 초륜까지의 시간 간격을 알기 위하여 산란기를 추정하는데 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)

갈색띠매물고둥의 성장은 von Bertalanffy 성장식 (1938) 을 이용하여 추정하였다. 이 성장식에 필요한 각고 자료는 뚜껑의 핵에서 외연까지의 거리 (R) 와 각고의 상대성장식을 사용하여 역계산을 통하여 추정하였다. Walford 정착도법으로 추정된 각각의 매개변수 값들을 초기 값으로 하여 비선형회귀 방법 (nonlinear regression) 을 사용하여 매개변수를 추정하였다. 추정식은 다음과 같다.

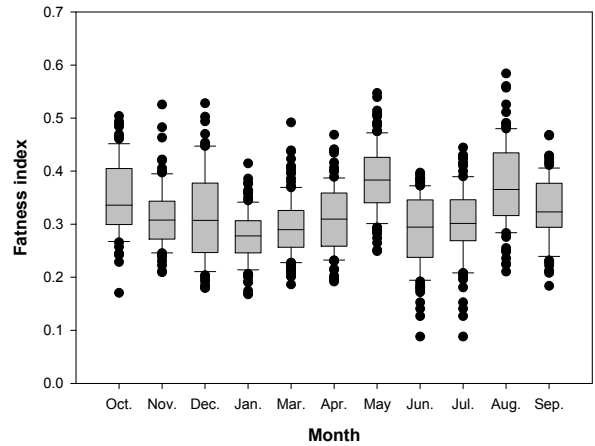


Fig. 3. Monthly changes in the fatness of *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii*. The lines indicate the 25th, 50th and 75th percentiles, and error bars indicate the 10th and 90th percentiles.

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

$$W_t = W_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})^b \quad (4)$$

여기서, L_t 는 t세대의 각고, L_∞ 는 이론적 최대각고, k는 성장계수, t_0 는 각고가 0일 때의 이론적 연령을 나타낸다.

결 과

1. 비만도

갈색띠매물고둥의 산란기를 추정하기 위해 연체부 중량을 이용한 비만도의 월 변화는 다음과 같다 (Fig. 3). 비만도에 있어서는 수온이 낮아지는 10월부터 12월까지 점차 낮아지는 값을 보이고 있었으며, 1월부터 점차적으로 증가하는 경향을 보이다가 5월에 가장 큰 평균값을 보이다가 6월에 급격히 낮아지는 경향을 보이고 있다.

갈색띠매물고둥의 주산란기는 6-7월로 산정하였으며, 늦은 개체는 8월까지도 산란함을 알 수 있었다.

2. 상대 성장

1) 각고와 각폭의 상관관계

갈색띠매물고둥의 각고 (SH) 와 각폭 (SW) 의 관계식은 다음과 같이 표현할 수 있었다 (Fig. 4).

$$SW = 0.5757 SH + 0.222 \quad (R^2 = 0.8723)$$

2) 각고와 중량의 상관관계

갈색띠매물고둥의 각고에 대한 중량의 오차를 알아보기 위해서 1,062개체의 각고 (SH) 와 중량 (TW) 간의 그래프를 통

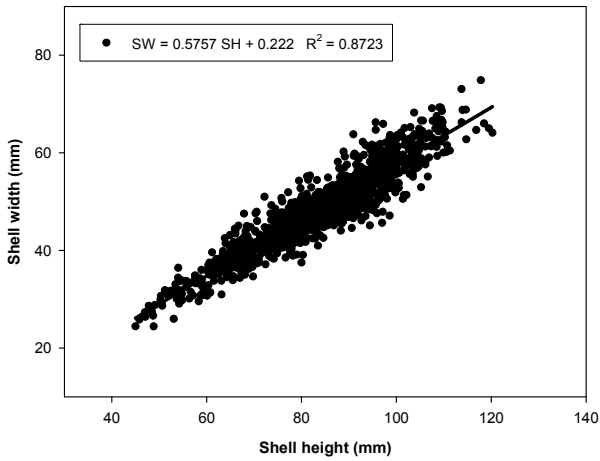


Fig. 4. Relationship between shell height (SH) and shell width (SW) of *Neptunea (Barbitionia) arthritica cumingii* in the West Sea of Korea.

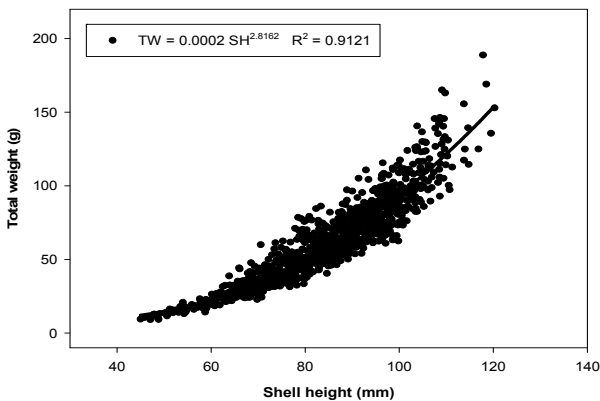


Fig. 5. Relationship between shell height (SH) and total weight (TW) of *Neptunea (Barbitionia) arthritica cumingii* in the West Sea of Korea.

해 알아본 결과, 독립변수인 각고가 커짐에 따라 종속변수인 중량변이가 점점 증가하는 곱의 오차구조 (multiplicative error structure) 였다. 따라서 다음 식을 대수선형화 시킨 후 선형최소자승법으로 추정된 갈색띠매물고둥의 각고 (SH) 와 중량 (TW) 간의 상대성장식은 다음과 같다 (Fig. 5).

$$TW = 0.0002 SH^{2.8162} (R^2 = 0.9121)$$

3. 각고의 빈도수

갈색띠매물고둥의 월별 각장에 따른 빈도수 (Fig. 6) 를 통해서 살펴보면, 각고 범위는 44.99-120.25 mm 정도로 나타났으며, 평균적으로 2-4개의 각고 분포를 보였고, 10월에 가장 낮은 값, 7월에 가장 높은 각고 값을 나타내었다. 각고의 월 변

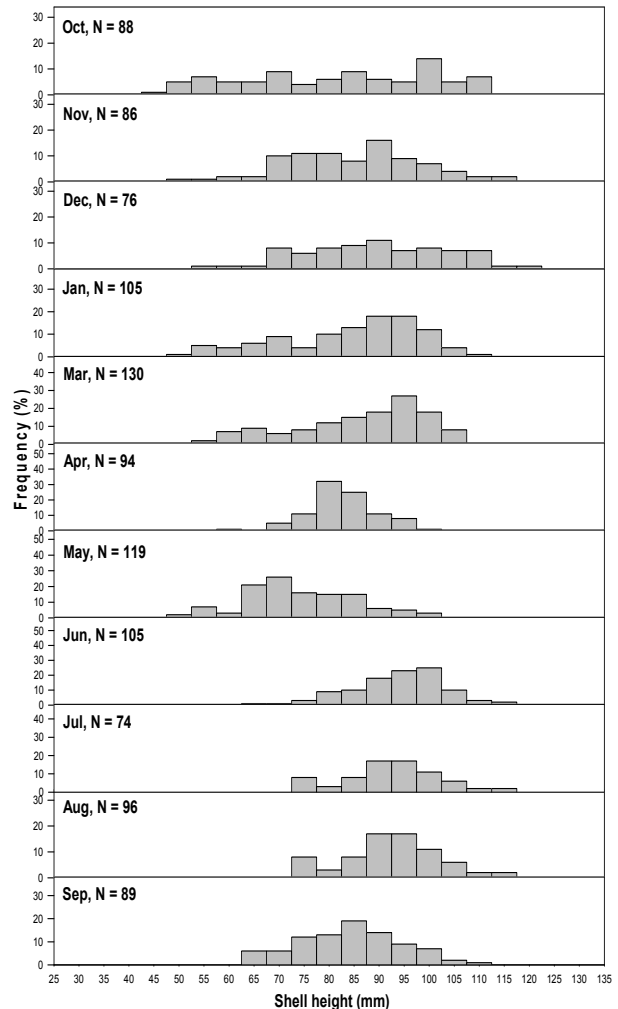


Fig. 6. Monthly frequency distribution of the shell height of *Neptunea (Barbitionia) arthritica cumingii* in the West Sea of Korea.

화를 살펴보면 전체적으로 90-100 mm의 연급군이 가장 두드러진 출현율을 보였으며, 40 mm이하와 120 mm이상의 연급군의 출현율은 낮았다. 5월에는 70 mm의 연급군이 가장 두드러지게 나타났다.

갈색띠매물고둥은 산란기인 7월에서 8월까지 수온이 높은 계절에 70 mm이하의 연급군의 출현율이 극히 적었고, 채집에 있어서도 어려움을 겪었다.

4. 뚜껑의 윤경과 각고의 대응성

먼저 각고의 길이에 따른 측정한 뚜껑의 길이의 대응성을 알기 위하여 뚜껑의 윤경 (R) 과 각고 (SH) 간의 관계식을 추정한다 (Fig. 7) 뚜껑의 윤경 (R) 이 증가함에 따라 각고의 크기가 커지는 직선관계를 이루고 있어, 뚜껑의 크기와 갈색띠매물고둥

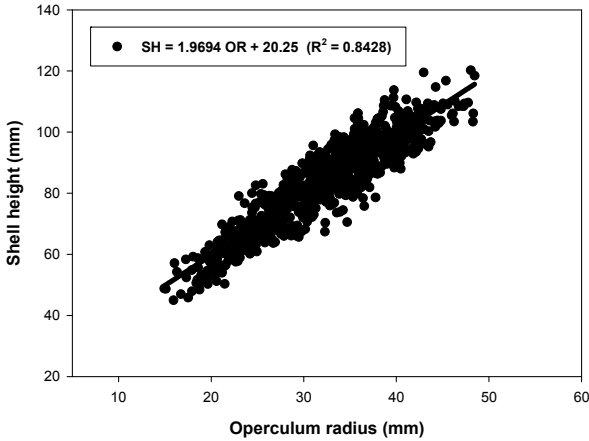


Fig. 7. Relationship between operculum radius (mm) and shell height (mm) of *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii* in the West Sea of Korea.

의 크기 간에는 대응성이 있다고 인정되었고 식은 아래와 같다.

$$SH = 1.9694 OR + 20.25 (R^2 = 0.8428)$$

5. 윤문형성시기

갈색띠매물고둥의 뚜껑에 나타나는 윤문이 형성되는 시기, 횡수 및 주기성을 확인하기 위해 월별 연역지수 (Marginal index, MI) 의 변화를 살펴보았다 (Fig. 8). 월별 연역지수는 10월부터 유사한 경향을 보이다 5월부터 다시 상승하는 경향이 보였으며, 그 후 8월에 편차의 범위가 크게 증가하였으며 평균 값 또한 급격히 감소하는 경향을 나타내어 갈색띠매물고둥의 윤문형성시기는 매년 7-8월에 연 1회 형성됨을 알 수 있었다.

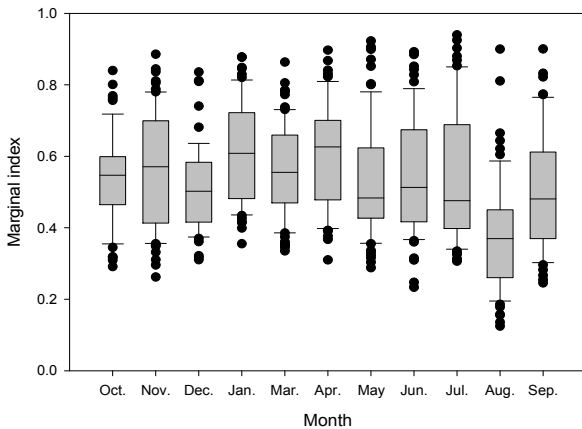


Fig. 8. Monthly changes in the marginal index (MI) in operculum of *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii*. The lines indicate the 25th, 50th and 75th percentiles, and error bars indicate the 10th and 90th percentiles.

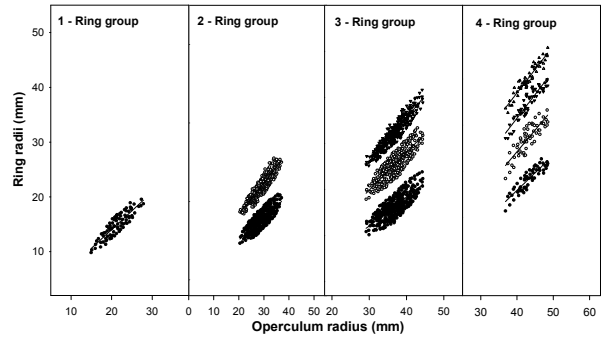


Fig. 9. Relationship between ring radii (mm) and operculum radius (mm) of *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii* in the West Sea of Korea.

6. 윤문의 분리성

갈색띠매물고둥 뚜껑 (operculum) 에 나타난 윤문을 연륜으로 판정할 것인지 알아보기 위해 연령사정을 통해 나타난 윤문간의 분리성 관계를 그래프를 통해 알아보았다 (Fig. 9). 그래프를 통해 각 연령에 따른 윤문간의 관계는 일정한 간격으로 분포하였으며, 뚜껑 길이와 윤경 사이에는 직선의 관계를 가지고, 동일 수의 윤문을 가진 뚜껑에 있어서도 각 윤문 간에 뚜껑의 길이가 증가함에 따라 윤경의 길이도 증가하는 분리성을 가짐을 확인할 수 있었다.

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 $r_1 = 16.15$ mm, $r_2 = 25.40$ mm, $r_3 = 33.55$ mm, $r_4 = 40.17$ mm이었다 (Table 2).

각 윤문형성시의 각고를 역계산하기 위해 뚜껑 윤경 (R) 과 각고간의 관계식으로부터 산정한 각 연륜별 갈색띠매물고둥의 각고의 평균크기는 $r_1 = 52.05$ mm, $r_2 = 70.29$ mm, $r_3 = 86.33$ mm, $r_4 = 99.36$ mm이었다 (Table 3). 또한, 평균 각고로부터 윤문 형성시의 체중을 역계산하면 $r_1 = 13.73$ g, $r_2 = 31.91$ g, $r_3 = 56.82$ g, $r_4 = 84.26$ g 이다 (Table 3).

Table 2. Mean ring radius on the operculum of *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii* in the West Sea of Korea

Estimated age	Ring radii (mm)				
	OR	r_1	r_2	r_3	r_4
1	21.26	14.90			
2	28.73	15.20	23.72		
3	36.62	16.28	25.33	32.39	
4	43.12	18.21	27.16	34.72	40.17
Mean		16.15	25.40	33.55	40.17

Table 3. Back-calculated shell height and total weight at the formation of annuli in operculum of *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii* in the West Sea of Korea

Estimated age	No. of individuals	Shell height (mm)			
		r1	r2	r3	r4
1	84	49.59			
2	326	51.18	66.98		
3	346	52.32	70.14	84.05	
4	59	56.12	43.43	88.62	99.36
Mean		52.05	70.29	86.33	99.36
Estimated age	No. of individuals	Total weight (g)			
		r1	r2	r3	r4
1	84	11.90			
2	326	12.31	27.75		
3	346	13.84	31.60	52.58	
4	59	16.86	36.37	61.05	84.26
Mean		13.73	31.91	56.82	84.26

7. 성장식

1) 각고의 성장식

본 조사에서는 von Bertalanffy 성장식을 이용하여 시간에 대한 갈색띠매물고동의 성장을 식으로 나타내었다. 갈색띠매물고동의 산란기를 6-8월로 보면, 주 산란기인 7월에 산란된 개체들이 다음해 7-8월 초륜이 형성되므로, 초륜 형성 시까지의 기간은 약 12개월 (1년) 로 추정된다.

따라서 역계산된 연령별 각고로부터 추정된 갈색띠매물고동의 von Bertalanffy 성장식은 다음 식과 같이 나타내어진다 (Fig. 10).

$$SH_t = 173.964(1 - e^{-0.164(t+1.173)})$$

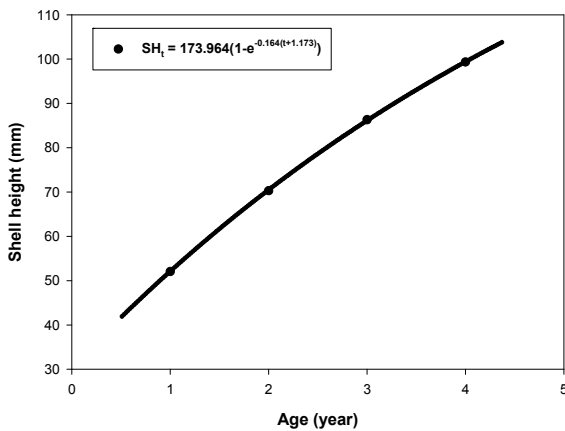


Fig. 10. Growth curve in shell height by von Bertalanffy's equation for *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii* in the West Sea of Korea.

2) 체중의 성장식

또한 연령별 각고로부터 추정된 갈색띠매물고동의 데이터로부터 역계산된 체중의 von Bertalanffy 성장식은 다음 식과 같이 나타내어진다 (Fig. 11).

$$TW_t = 407.952(1 - e^{-0.164(t+1.173)})^{2.8162}$$

고찰

갈색띠매물고동의 연령과 성장에 대하여 조사하기 위해 2007년 10월부터 2008년 9월까지 총 11개월 동안 군산연안 고군산군도 주변 해역에서 통발 어구로 어획된 개체를 군산수산물 시장에서 매월 구입하여 연령과 성장에 대한 조사가 이루어졌다. 수산자원 생물의 연령과 성장에 관한 연구는 자원개체군의 변화를 분석하는데 필요할 뿐만 아니라 계군 구조와 자원의 수준을 유지하기 위한 중요한 단서를 제공한다 (Weatherley and Gill, 1987; Chang, 1991). 또한 자원의 개체군의 변화를 분석하는데 필수적인 것이다 (Chang, 1991; King, 1995).

연구에 사용된 갈색띠매물고동은 총 1,062개체로 월 평균 97개체를 채집하였다. 연구기간 중 2008년 2월은 군산지역의 기상악화로 인해 갈색띠매물고동의 채집에 어려움이 있어 총 11개월만 채집이 이루어졌다.

본 연구에서는 갈색띠매물고동의 연령사정을 위해서 족부에 붙어 있는 뚜껑을 연령형질로 이용하였다. 본 종의 뚜껑은 외핵형의 형태를 띠고 있으며, 연령사정에 사용된 뚜껑에 변형이 있거나, 샘플처리 중에 손상을 입은 개체들은 연령사정을 측정하는데 포함시키지 않았다. 뚜껑에 나타난 윤문을 통해 연령사정한 결과 연령의 분포는 1세에서 4세까지 나타났다.

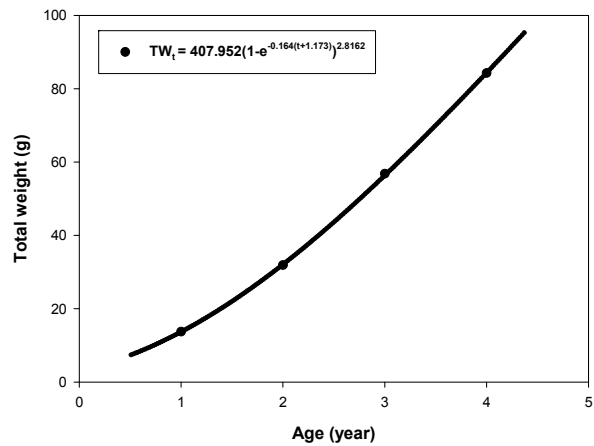


Fig. 11. Growth curve in total weight by von Bertalanffy's equation for *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii* in the West Sea of Korea.

갈색띠매물고둥의 주 산란기를 측정하기 위해 연체부 중량을 이용한 비만도의 월 변화를 살펴보았다. 본 종의 산란기에 대한 연구로써 국외에서는 동중국해에서 저인망에 의해 채집된 갈색띠매물고둥의 산란기는 6-8월 사이에 일어나는 것으로 보고되었고 (Amio, 1963), 국내에서는 암컷 갈색띠매물고둥의 성성숙 (Chung *et al.*, 2006), Kim *et al.* (2007) 은 갈색띠매물고둥의 산란기를 초기활성기, 후기활성기, 완숙기, 부분산란기, 회복기 등의 5단계로 나누어 비교적 정확하기 기술하였으며, 하계산란형의 전형적인 형태로 확인되었고, 주 산란 성기를 6-7월로 보고 있어 본 연구 논문과 유사한 경향을 보이고 있다. 따라서 본 연구에서는 갈색띠매물고둥의 주 산란기를 7월로 결정하였으며, 연령사정을 통한 윤문형성 시기가 7-8월인 것을 감안할 경우 초륜은 약 12개월 (1년) 에 한번 형성됨을 알 수 있었다.

수산생물의 성장은 von Bertalanffy 성장모델이 매개변수들의 활용도가 높아 성장 모델로 가장 많이 이용 (Zhang, 1991) 되고 있기 때문에 본 조사에 있어서도 von Bertalanffy의 성장식을 이용하여, 뚜껑에 나타난 윤문을 이용하여 성장식을 추정할 수 있었다.

요 약

본 연구는 2007년 10월부터 2008년 9월까지 전라북도 군산시 고군산군도에서 통발어구로 채취된 갈색띠매물고둥을 조사하였다. 갈색띠매물고둥의 뚜껑에 나타난 윤문은 년 1회 형성되며 주 윤문 형성시기는 7월에서 8월로 조사되었으며, 초륜 형성기간은 12개월 (1년) 로 나타났다. 각고 (SH) 에 대한 각폭 (SW) 의 성장식은 $SW = 0.5757 SH + 0.222$ ($R^2 = 0.8723$), 총중량 (TW) 의 상대성장식은 $TW = 0.0002 SH^{2.8162}$ ($R^2 = 0.9121$) 과 같이 나타낼 수 있었다. 연령 (t) 에 대한 각고 (SH) 와 총중량 (TW) 의 von Bertalanffy 성장식은 다음과 같다.

$$SH_t = 173.964(1 - e^{-0.164(t+1.173)})$$

$$TW_t = 407.952(1 - e^{-0.164(t+1.173)})^{2.8162}$$

감사의 말씀

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

REFERENCES

Amio, M. (1963) A comparative embryology of marine gastropods, with ecological emphasis. *J. Shimonoseki Coll. Fish.*, **12**: 229-253.
 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 *Sebastes marmoratus* (Cuvier et Valenciennes). *Bull. Nat'l fish. Res. Dev. Agency, Korea*, **18**(2): 179-193.
 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 research and development institute. Pusan. pp. 80.
 Choi, J.D. and Ryu, D.K. (2007) Age and growth of Purple whelk, *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae) in the West Sea of Korea. *Korean Journal of Malacology*, **25**(3): [in Korea]
 Chung, E.Y., Kim, S.Y., Park, G.M. and Yoon, J.M. (2006) Germ cell differentiation and sexual maturation of the female *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii* (Crosse, 1883) (Gastropoda: Buccinidae). *Malacologia*, **48**(1-2): 65-76.
 Fujinaga, K. (1987) On the growth pattern of the neptune whelk, *Neptunea arthritica Bernardi*. *Bull. Fac Fish Hokkaido Univ*, **38**: 191-202.
 Hong, S.Y. (2006) Marine Invertbrates in Korean Coastes. Academy Publishing Company, Inc., Seoul. pp. 191.
 Ito, H. and Tachizawa, S. (1981) An estimation of the density of the available stock of a sea snail, *Neptunea arthritica*, by trap fishing. *Bull. Hokkaido Reg. Fish Res. Lab.*, **46**: 113-119.
 Ito, H. (1982) Distribution of a sea snail, *Neptunea arthritica*, and its surroundings in the Lagoon Furen-ko. Reports of the Engineering Research on all-round Constructions of Fishing Grounds in the Region of Nemuro Bay 107-114. [In Japanese]
 Kim, Y.H., Chung, E.Y. and Shin, M.S. (2007) Reproductive ecology of *Neptunea (Barbitonia) arthritica cumingii*. *Dev. Reprod.*, **11**(3): 155-165.
 King, M. (1995) Fisheries biology, assessment and management. Blackwell, Oxford, pp. 341.
 Kubo, I. and Kondo, K. (1953) Age determination of the *Babylonia japonica* (Reeve) an edible marine gastropod, basing on the operculum. *J. Tokyo Univ. Fish*, **39**: 199-207.
 Kubo, I. and Yoshinara, T. (1970) Fisheries biology. Kyoritsu shuppan Co. Ltd., Tokyo, pp. 482.
 Kwon, O.K., Park, G.M. and Lee, S.U. (1993) Colored shells of korea. Academy Publishing Company, Seoul, pp. 285.
 Macintosh, R.A., Paul, A.J. (1977) The relation of shell length to total weight, edible-meat weight, and reproductive organ weight of the gastropods *Neptunea heros*, *N. lyrata*, *N. Pribiloffensis*, and *N. ventricosa* of the eastern Bering Sea. *Proc, Natl, Shellfish Assoc.*, **67**: 103-112.
 Pearce, J. and Thorson, G. (1967) The feeding and reproductive biology of the red whelk, *Neptunea antiqua* (L). (Gastropoda, Prosobranchia). *Ophelia*, **4**: 277-314.
 Suzuki, K., Hiraishi, T., Yamamoto, K. and Nashimoto, K. (1996) Age determination and growth analysis

- based on sizefrequency histograms of whelk *Neptunea arthritica* in Shiriuchi, Hokkaido. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **62**: 225-229.
- Weatherley, A.H. and Gill, H.S. (1987) The biology of fish growth. Academic Press Inc., London, pp. 443.
- Yoo, J.S. (1976) Korean Shells in Colour. Iljisa, Seoul, pp. 78. [in Korean]
- Zhang, C.I. (1991) Fisheries resources ecology. Woosung Publishing Company, Seoul. pp. 199. [in Korean]