

동해 원산 연안 대복, *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* (LAMARCK, 1818) 의 연령과 성장

김창수, 안정은, 최종덕, 류동기

군산대학교 해양생명과학과

Age and Growth of the *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* (Lamarck, 1818) in the Wonsan coast of East Sea

Chang Su, Kim, 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 *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* sampled from February 2006 to January 2007 on the Wonsan coast of East Sea were determined from 3,899 shell. Age of *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* was estimated from the ring on the surface of shell. The relationship between shell length (SL) and shell height (SH) was expressed by the following equation : $SH = 0.7405 SL + 0.2227$ ($R^2 = 0.9671$), and shell length (SL) and shell width (SW) was highly correlated by the equation : $SW = 0.3657 SL + 0.4253$ ($R^2 = 0.922$). The relationship between shell length (SL) and total weight (TW) was also expressed by the following equation : $TW = 0.4274 \times 10^{-3} \times SL^{2.7876}$ ($R^2 = 0.9591$). The main spawning periods was estimated August through fatness index analysis. Based on the monthly variations in the marginal index (MI) of the shell, it is assumed that the ring of this species was formed once a year during the period of July. Growth curves for shell length (SL) and total weight (TW) fitted to the von Bertalanffy's equation were expressed as follows :

$$SL_t = 70.80(1 - e^{-0.217(t+0.367)}) \quad TW_t = 61.38(1 - e^{-0.217(t+0.367)})^{2.7876}$$

Keywords: *Gomphina (Macridiscus) veneriformis*, Age and growth, Shellfish

서 론

대복, *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* 은 백합목 (Order Veneridae) 백합과 (Veneridae) 에 속하는 비부착성 이매패류로서 일본과 대만 그리고 우리나라 전연안의 사질에 분포한다.

특히 강원도 동해안과 북한의 원산 지방에 수심 2-10 m에 가장 많이 서식하고 있는 한해성 패류로 지역에 따라 대합, 썸

복 등의 방언으로 불리고 있다 (NFRDI, 2000).

본 종의 명칭의 경우 2001년 2월에 발행된 원색한국패류도감 (Yoo, 2001) 에는 대복, *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* 과 민들조개, *Gomphina (Macridiscus) melanaeigis* 가 서로 다른 종으로 기록하고 있으나, 2001년 5월에 발행한 (신) 원색한국패류도감 (Min, 2001) 과 2004년 4월에 발행한 한국패류도감 (Min et al, 2004) 에 의하면 민들조개, *Gomphina (Macridiscus) melanaeigis*와 대복, *Gomphina (Macridiscus) veneriformis*은 동종이명으로 대복, *Gomphina (Macridiscus) veneriformis*으로 명칭이 통합되었다. 따라서 본 연구에서는 민들조개와 대복을 동종이명으로 간주하여 대복, *Gomphina (Macridiscus) veneriformis*으로 표기한다.

대복의 패각은 납작한 아삼각형이며 두껍고 단단하며 매끈하다. 각정은 패각의 중앙에 위치한다. 각정 뒤에 발달된 인대가 돌출하고 각정으로부터 뒤쪽배선과 뒤쪽 끝의 모퉁이에 둔한 능각이 흐르고 각을 이룬다. 표면은 광택이 나는 미세 또는

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
1225-3480/24512

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.

연한갈색이며 보통 3-4개의 짙은 갈색 방사상 띠가 있으며 개체마다 다채로운 무늬를 보인다. 패각의 앞, 뒤쪽 등선은 직선을 이룬다. 패각 내면은 백색이고 3개의 주치가 있고 측치는 없다. 외부선 만입은 비교적 둥글고 깊다 (Min *et al.*, 2004).

동해안 특산품종이라 할 수 있는 이 조개는 강원연안의 총 패류 자원량의 21.2%를 차지하였고 1990년대까지만 해도 연간생산량이 약 200여 톤으로 어민들의 주요소득원이었다. 그러나 최근 동해안의 해양환경변화, 태풍, 남획 등 여러 가지 요인들에 의해 2006년도에는 약 20톤으로 어획량이 줄어, 러시아와 북한 원산 지방에서 수입되고 있다 (Gangwondo, 1994).

대복에 관한 연구로는 Hwang and Hwang (1981), Ahn (2009) 의 연령과 성장에 대한 연구, Lee *et al.* (1999) 의 생식소 발달과 생식주기에 대한 연구, Park and Kim (2000) 의 형망의 갈퀴에 의한 어획선택성, Kim and Jo (2001) 의 형망의 어획선택성, Kim *et al.* (2006) 의 집단의 유전적 변이에 관한 연구, Kim *et al.* (2009) 의 조작·생화학적 연구, Lee *et al.* (2009) 의 개체군 분포분석에 대한 연구 등이 있다. 위에 언급된 모든 연구는 남한지역에서 서식하는 대복에 관한 것으로, 같은 동해안이라도 지역적으로 상이한 북한산 대복에 관한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 북한의 원산 지방에서 서식하는 대복의 성장과 연령에 대한 기초 자료를 확립하고, 남한과 북한의 대복 자원증대를 위한 기초 자료로 활용되고자 연령과 성장에 관한 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 표본 채집

본 연구에 사용된 대복은 2006년 2월부터 2007년 1월까지 월 1회 북한 원산에서 형망어업으로 어획하여 강원도 주문진 검역소를 거쳐 수입되는 개체를 무작위로 추출하여 아이스 팩과 함께 아이스박스에 밀봉하여 군산대학교 자원생태학실험실로 운반하여 실험에 사용되었다.

2. 표본 측정

채집된 표본은 살아있는 상태로 실험실에 옮겨져 각장 (Shell length), 각고 (Shell height), 각폭 (Shell width) 은 Vernier caliper (TN-008M, Japan) 로 0.01 mm까지, 전중량 (Total weight) 및 육중량 (Meat weight) 은 전자저울 (SBC-41, Scaltec) 로 0.01 g 까지 측정하였다 (Table 1).

대복의 각장 (SL) 과 각고 (SH) 의 상대성장식은 $SH = a \pm b SL$, 각장 (SL) 과 각폭 (SW) 의 상대성장식은 $SW = a \pm b SL$, 각장 (SL) 과 전중량 (TW) 에 대한 상대성장식은 최소자승법을 이용하여 추정하였고, 식은 $TW = a \times SL^b$ 을 이용하여 추정하였다.

Table 1. Sampling month and number of specimens of *Gomphina (Macridiscus) veneriformis*

Sampling month	No. of specimens	Range of SL (mm)	
		Min.	Max.
2006	Feb.	337	22.66 - 46.33
	Mar.	412	27.94 - 47.95
	Apr.	400	31.69 - 53.45
	May	416	27.84 - 67.17
	Jun.	102	30.76 - 53.09
	Jul.	103	26.26 - 55.58
	Aug.	103	29.02 - 47.47
	Sep.	422	37.52 - 54.02
	Oct.	414	34.28 - 62.12
	Nov.	378	27.94 - 58.78
	Dec.	409	26.82 - 75.12
	2007	Jan.	403
Total		3,899	

SL : Shell length

대복의 윤문은 패각에 나타난 투명대에서 불투명대까지 이 행하는 경계를 기준으로 하였으며, 뚜렷한 성장선을 나타내는 값을 사용하였다. 패각 중 기형이나 손상된 것은 분석에 포함시키지 않았다.

측정기준은 각장을 R, 제 1윤의 윤경을 r_1 , 제 2윤의 윤경을 r_2 , 제 3윤의 윤경을 r_3 , 제 4윤의 윤경을 r_4 , 제 5윤의 윤경을 r_5 , 제 6윤의 윤경을 r_6 으로 하여 측정하였다 (Fig. 1).

패각에 나타나는 윤문이 연륜으로 적합한가를 확인하고 윤

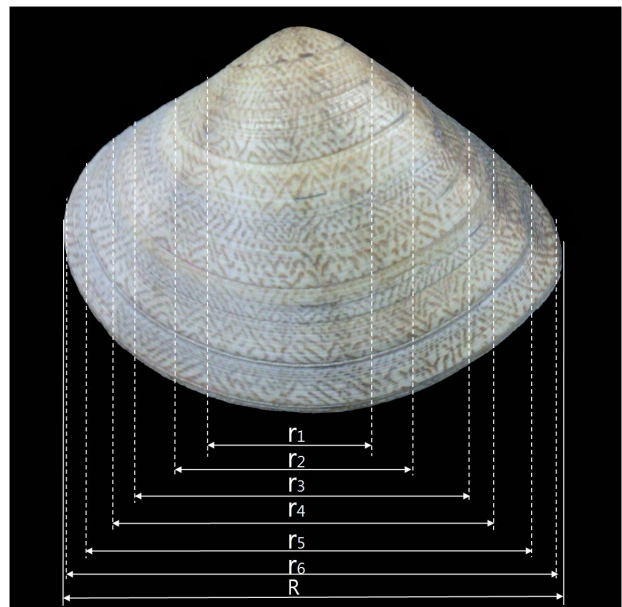


Fig. 1. Shell length (R) and ring diameters (r_1 - r_6) of *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* on the Wonsan coast of East Sea.

문판독의 정확성을 검토하기 위해 각 윤문별로 윤경 간의 관계를 비교하여 윤문의 대응성을 검토하였다. 또한, 윤문의 형성 시기 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 각장이고, r_n은 n번째 윤경의 크기를 나타낸다.

비만도지수 (FI : fatness index) 의 월 변화를 관찰하여 산란기를 확인하고, 산란기부터 초륜이 형성되기까지의 시간간격을 확인하였다. 비만도지수를 구하기 위해 사용된 식 (2)는 다음과 같다.

$$FI = \frac{MW}{SL^3} \times 10^3 \quad (2)$$

MW : 육중량 (g), SL : 각장 (mm)

대복의 성장은 von Bertalanffy 성장식 (1938) 을 이용하여 추정하였다. Walford 정차도법으로 추정된 각장의 매개변수 값들을 초기 값으로 하여 비선형회귀방법 (nonlinear regression) 을 사용하여 매개변수를 추정하였다. 추정식은 다음과 같다.

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

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

여기서, L_t는 t세대의 각장, L_∞는 이론적 최대각장, k는 성장계수, t₀는 각고가 0일 때의 이론적 연령을 나타낸다.

결 과

1. 상대 성장

1) 각장과 각고, 각폭의 상관관계

대복의 각장 (SL) 과 각고 (SH), 각장 (SL) 과 각폭 (SW) 의 관계식은 다음과 같이 직선식으로 표현 할 수 있었다 (식 4, 5).

$$SH = 0.7405 SL + 0.2227 \quad (R^2 = 0.9671) \quad (4)$$

$$SW = 0.3657 SL + 0.4253 \quad (R^2 = 0.922) \quad (5)$$

2) 각장과 중량의 상관관계

대복의 각장과 중량의 상관관계를 확인하기 위해서 각장 (SL) 과 중량 (TW) 간의 그래프를 통하여 알아본 결과, 독립변수인 각장이 증가함에 따라 종속변수인 중량 변이가 점점 증

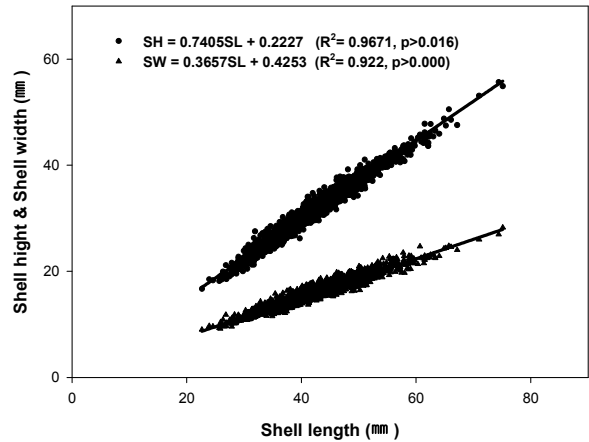


Fig. 2. Relationship between shell height (SH) and shell width (SW) and shell length (SL) of *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* on the Wonsan coast of East Sea.

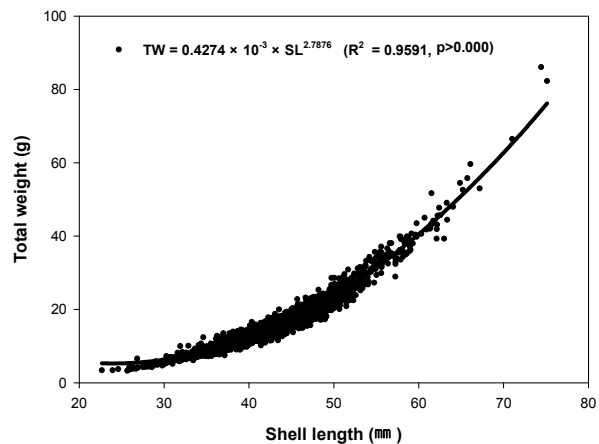


Fig. 3. Relationship between shell length (SL) and total weight (TW) of *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* on the Wonsan coast of East Sea.

가하는 포물선식이 가장 적합하게 나타났다. 따라서 다음 식을 대수선형화 시킨 후 선형최소자승법으로 추정한 대복의 각장 (SL) 과 중량 (TW) 간의 상대성장식은 다음과 같다 (식 6).

$$TW = 0.4274 \times 10^{-3} \times SL^{2.7876} \quad (R^2 = 0.9591) \quad (6)$$

2. 각장의 빈도수

대복의 월별 각장에 따른 빈도수 (Fig. 4) 를 살펴보면, 각장의 범위는 22.66-75.12 mm 정도로 나타났다. 12월에 가장 큰 개체가 출현하였고, 2월에 가장 작은 개체가 출현 하였다. 월별 각장분포가 전체적으로 35-50 mm 모드에서 밀집되어 나타나는 것을 확인할 수 있다.

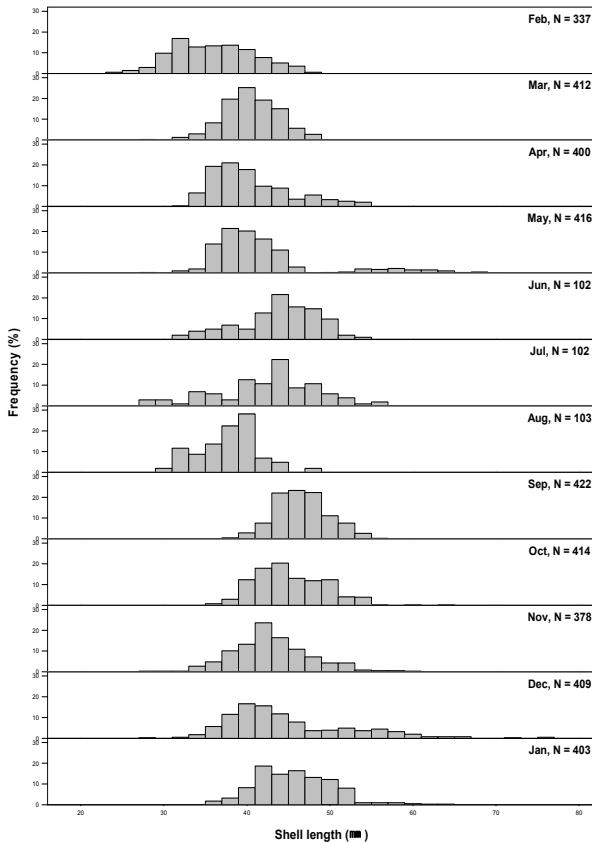


Fig. 4. Monthly frequency distribution of the shell length of *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* on the Wonsan coast of East Sea.

3. 비만도

대북의 산란기를 추정하기 위해, 연체부의 중량을 이용한 월별 비만도는 다음과 같이 나타났다 (Fig. 5). 겨울철에는 일정한 경향을 유지하다가, 봄철부터 점점 상승하여 6월에 높은 수치를 나타내며, 점차 낮아져 8월에 가장 낮은 값을 나타내고 있다. Lee *et al.* (1999) 과 Kim *et al.* (2009) 의 문헌자료를 보면 7-8월을 주 산란기로 산정하여, 본 연구에서도 비만도가 급격히 낮아지는 8월을 주 산란기로 산정하였다.

4. 윤문의 분리성과 대응성

대북의 패각이 연령형질로서 적합한가를 확인하고 윤문 판독의 정확성을 검토하기 위하여 각 윤문별 각장과 윤경간의 관계를 분석하였다 (Fig. 6). 각 윤문은 일정한 각격을 두고 구분되어 인접한 윤문과 중복됨이 없이 분리가 잘 되었으며, 각장과 윤경간에는 각장이 커질수록 윤경이 커지는 직선관계를 이루었다. 따라서 대북의 패각이 연령형질로서 이용가능하며, 패각의 윤문을 연륜으로 사용할 수 있는 것으로 판단된다.

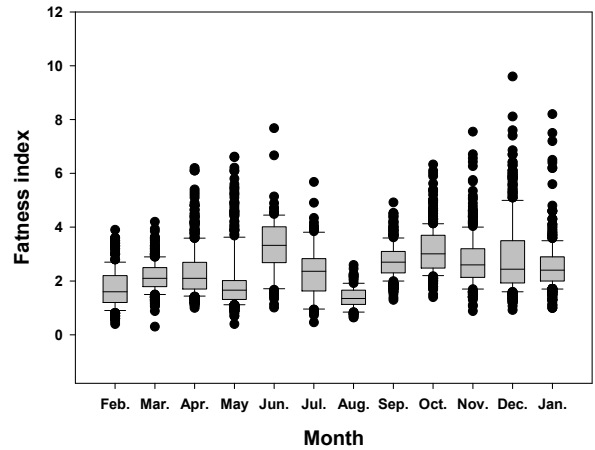


Fig. 5. Monthly changes of fatness index of *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* on the Wonsan coast of East Sea. The lines indicate the 25th, 50th and 75th percentiles, and error bars indicate the 10th and 90th percentiles.

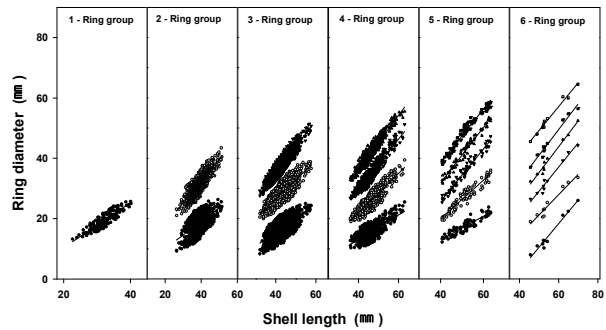


Fig. 6. Relationship between shell length and ring diameter of *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* on the Wonsan coast of East Sea.

5. 윤문형성시기

윤문이 형성되는 시기와 형성되는 횟수를 추정하기 위한 연역지수의 월 변화는 다음 그래프 (Fig. 7) 를 통하여 확인할 수 있었다. 1월부터 6월까지 유사한 경향을 보이다가, 7월에 낮아지는 경향을 보였다. 따라서 대북의 윤문 형성 시기는 6-7 월경이며, 주 윤문 형성 시기는 7월로 추정되었다. 또한 윤문은 년 1회 형성됨을 알 수 있었다.

6. 윤문형성시의 각장과 중량

대북의 패각에 나타난 윤문이 연 1회 주기적으로 형성되는 윤문임을 확인하고, 이 윤문을 연륜으로 간주하여 Lee현상을 고려한 윤경 추정치를 산출하고, 연령별 윤경 추정치를 각 연령군의 각장으로 정하였다.

각 연령군별 각장은 $r_1 = 18.90$ mm, $r_2 = 30.20$ mm, r_3

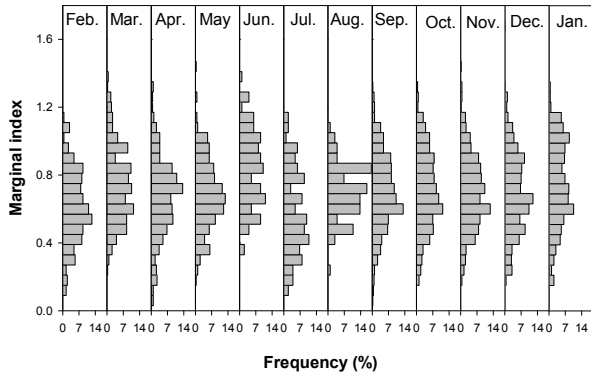


Fig. 7. Monthly changes of shell marginal indices (MI) of *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* on the Wonsan coast of East Sea.

= 36.84 mm, $r_4 = 42.26$ mm, $r_5 = 48.42$ mm, $r_6 = 53.57$ mm 이다. 또한, 각장과 중량의 상대성장식을 이용하여 각장을 역계산하면, 각 연령군별 중량은 $r_1 = 1.55$ g, $r_2 = 5.71$ g, $r_3 = 9.93$ g, $r_4 = 14.56$ g, $r_5 = 21.28$ g, $r_6 = 28.20$ g 이다 (Table 2).

7. 성장식

1) 각장의 성장식

본 연구에서는 von Bertalanffy 성장식을 이용하여 시간에 따른 대복의 성장을 식으로 나타내었다. 대복의 산란기를 7-8 월로 보면, 주산란기인 8월에 산란된 개체들이 다음해 6-7월에 초륜이 형성되므로, 초륜 형성까지의 기간은 윤문형성시기가 7

Table 2. Average shell ring diameter and back-calculated total weight at estimated age of *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* on the Wonsan coast of East Sea

Item	Ring group	No.	Ring diameter					
			r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6
Shell length (mm)	1	150	19.31					
	2	1073	18.33	31.28				
	3	1350	16.63	28.06	37.24			
	4	491	15.62	25.94	34.81	41.87		
	5	74	17.29	27.09	35.40	42.09	48.42	
	6	10	14.81	24.90	33.48	39.95	45.68	53.57
	Estimated			18.90	30.20	36.84	42.26	48.42
Total weight (g)	1		1.64					
	2		1.42	6.30				
	3		1.08	4.65	10.24			
	4		0.91	3.73	8.48	14.19		
	5		1.21	4.22	8.89	14.40	21.28	
	6		0.78	3.33	7.61	12.45	18.09	28.20
	Estimated			1.55	5.71	9.93	14.56	21.28

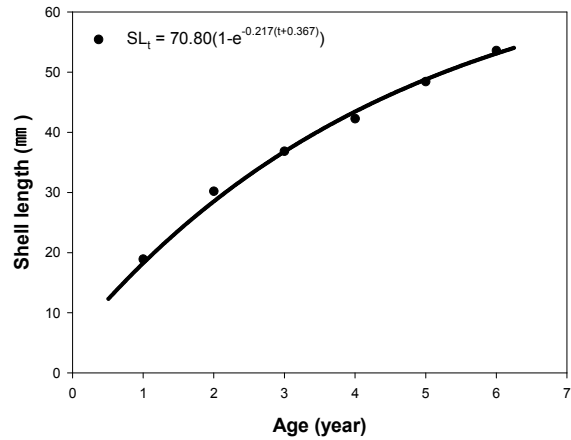


Fig. 8. Estimation of von Bertalanffy's growth curve from measured age and shell length of *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* on the Wonsan coast of East Sea.

월인 것을 감안하면 약 11개월 (0.92년) 로 추정된다.

따라서 역계산된 연령별 각장으로부터 추정된 대복의 von Bertalanffy 성장식은 다음과 같이 나타내어진다 (식 7).

$$SL_t = 70.80(1 - e^{-0.217(t+0.367)}) \quad (7)$$

2) 체중의 성장식

연령별 각장으로부터 추정된 대복의 데이터로부터 역계산된 체중의 von Bertalanffy 성장식은 다음 식과 같이 나타내어진다 (식 8).

$$TW_t = 61.38(1 - e^{-0.217(t+0.367)})^{2.7876} \quad (8)$$

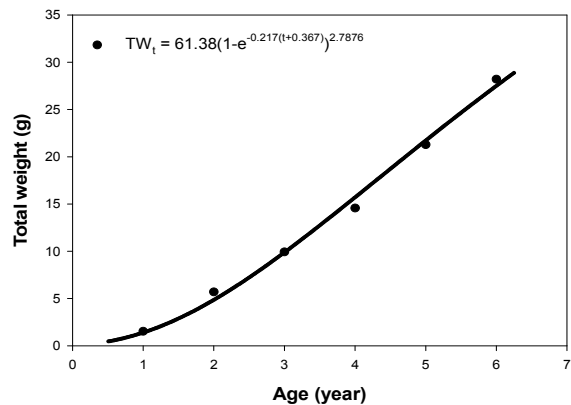


Fig. 9. Estimation of von Bertalanffy's growth curve of total weight of *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* using relationship of TW & SL on the Wonsan coast of East Sea.

고 찰

패류의 패각을 연령형질로 하여 연령사정한 논문 대부분이 운문의 형성시기를 크게 두 가지로 나누고 있다. 운문형성 시기는 온도가 급격히 낮아지거나 높아지는 시기 (Ryu, 1991; Kim and Ryu, 1991; 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. 운문의 형성은 패각의 성장에 대한 에너지 부족으로 성장이 정체되게 되는데, 이러한 이유는 겨울철에 먹이의 부족과 저온으로 인하여 생리 활성이 저하되거나, 산란기에 에너지가 정자나 난자의 형성에 사용되어 성장이 지연되는 결과에 의해 나타난다. 그러나 한해 성 패류인 대복이 산란에 의한 성장의 저해가 일어나는지, 고수온기에 수온의 영향에 의한 성장의 저해인지는 추후 구체적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Park *et al.* (2003) 의 보고에 따르면 대복은 가무락 (*Cyalina sinensis*) (Chung *et al.*, 1991), 꼬막 (*Tegillarca granosa*) (Lee, 1997), 동죽 (*Mactra veneriformis*) (Chung and Ryu, 2000) 과 마찬가지로 하계 산란형에 속하며, 동종이명으로 알려진 민들조개의 연구결과에서 Hwang and Hwang (1981) 과 Lee *et al.* (2009) 등에 따르면 주 산란기는 7-8월이고, 운문형성시기 또한 산란기와 같은 7-8월로 보고하였다. 본 연구에서 대복의 비만도는 Fig. 5 에서와 같이 겨울철에 일정한 경향을 유지하다가, 봄철부터 점점 상승하여 6월에 가장 높은 값을 나타내며, 점차 낮아져 8월에 가장 낮은 값을 나타내고 있다. 이는 Lee *et al.* (2009) 의 주문진연안 민들조개의 생식주기가 4월에 생식소 발달 초기단계이며, 5월부터 빠르게 성장하고, 6월에 성숙하여 일부개체가 산란을 시작하며, 7-8월에 본격적인 산란을 하여 9월 이후에 휴지기에 들어가는 패턴과 일치하는 것으로 보아, 8월을 주산란기로 추정할 수 있다.

패각의 연역지수는 연중 일정한 경향을 나타내다가, 7월에 낮아지는 경향으로 Hwang and Hwang (1981) 과 Ahn (2009) 의 연역지수 변화와 패턴이 유사하여, 운문형성은 7월에 년 1회 형성하는 것으로 추정할 수 있다.

Lee (1999) 의 연구결과에 따르면 민들조개의 군성숙도는 각장 20.0-24.9 mm 그룹에서 31.8%, 25.0-29.9 mm 그룹에서는 90.5%, 30 mm 이상에서는 100% 성숙하는 것으로 나타나, 민들조개의 군성숙도가 50% 이상인 생물학적 최소형 각장 크기는 25.0 mm 인 것으로 나타났다. 본 연구에서는 Lee 현상에 의해 보정된 전체 연령군의 1세 각장이 18.90 mm로 나타나, 1세부터 일부개체가 산란에 참여하는 것으로 볼 수 있으며, 2세부터는 각장이 30.20 mm로 모든 개체가 산란에 참여하는 것으로 추정된다.

본 연구에서는 대복의 연령이 최고 6세까지 출현하였고, 연령군별 운문에 따라 운경이 감소하는 Lee 현상이 나타나므로, Lee 현상 보정방법에 의해 추정된 1세 연령의 각장은 18.90 mm, 2세는 30.20 mm, 3세는 36.84 mm, 4세는 42.26 mm, 5세는 48.42 mm, 6세는 53.57 mm로 나타났다. Hwang and Hwang (1981) 의 민들조개의 연구에서 1세는 29.27 mm, 2세는 43.74 mm, 3세는 53.07 mm, 4세는 58.65 mm로 나타났고, Ahn (2009) 의 연구에서는 1세는 27.01 mm, 2세는 37.76 mm, 3세는 45.69 mm, 4세는 51.07 mm로 원산지방의 대복에 비해 연령에 따른 각장의 크기가 크게 나타났다. 본 연구에서 대복의 각장 범위가 22.66-75.12 mm로 Hwang and Hwang (1981) 과 Ahn (2009) 의 연구의 표본각장인 25-60 mm와 23-66 mm보다 큰 개체들이 조사되어 연령대 분포가 넓게 나타난 것으로 판단된다.

현재까지 어류의 이석이나 비늘, 척추골을 이용한 연구에서 Lee 현상이 나타나 보정방법에 의해 보정하여 성장식을 산출하는 방법이 이용되었으나, 이때 패류의 경우 Lee 현상을 보정하지 않고 성장식을 산출한 연구가 많았다. 이는 대부분의 이때 패류가 도수로 어획되거나 패류 양식장에서 전체 서식 개체를 형망으로 어획하므로 어구의 선택성에 의하여 나타나는 Lee 현상은 뚜렷하게 나타나지 않았기 때문이다. 본 연구에서는 Lee 현상이 비교적 뚜렷하게 나타나는데, 이는 연구에 사용된 대복이 자연적으로 치폐가 발생하여 성장한 후 형망에 의해 선택적으로 채집되었기 때문인 것으로 사료된다. 즉, 형망으로 어획시 큰 개체만 어획되고 같은 연령이라도 성장이 느려 크기가 작은 개체는 어획되지 않다가, 성장하여 나중에 어획되게 되므로 연령이 높아질수록 평균 운경이 작아지는 현상이 나타난다. 또한 Kim and Jo (2001) 의 연구에 의하면 대복의 생물학적 최소형 각장 25.0 mm를 기준으로 형망의 자루그물의 적정망목 크기는 40.5 mm로 나타났으며, 어민들은 자원보호 차원에서 격자간격 12 mm의 체로 어획된 대복을 걸러 체를 통과한 작은 개체는 다시 어장에 살포하여 각장 29.9 mm인 크기만 위판하고 있다. 형망의 이러한 어업방식에 의해 대복에서 Lee 현상이 나타나는 것으로 사료된다. 물론 북한형의 형망어업이 어떠한 기준으로 이루어지는 지는 추가적인 연구가 필요하겠지만, 남한의 어업방식과 크게 다르지 않을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 Lee 현상을 보정하기 위하여 동일 연급군의 운문으로 회귀직선식을 구하고, 종축과의 교점을 운문형성시의 이론적인 운경의 추정치로 산출하여 대복의 성장식을 산출하였다. 그러나 Lee 현상을 보정하지 않고 성장식을 산출하면, 각장에 대한 성장식이 $SL_t = 84.57(1 - e^{-0.155(t+0.407)})$, 중량에 대한 성장식이 $TW_t = 100.72(1 - e^{-0.155(t+0.407)})^{2.7876}$ 으로 산출되어, 본 연

구 결과 이론적 최대각장인 70.80 mm, 최대 중량 61.38 g 보다 크게 나타난다. 본 연구에 사용된 대복의 최대각장은 75.12 mm이고, 최대중량은 64.50 g 으로 나타났다. 따라서 Lee현상을 보정한 성장식에서 극한치는 본 연구에서 채집한 가장 큰 개체의 크기보다 작고 보정하지 않은 성장식에서의 극한치는 이보다 크다. 이와 같은 결과로 보아 이매패류에서 Lee현상을 보정하는 방법이 적합한가에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 각장에 대한 von Bertalanffy 성장식은 $SL_t = 70.80(1 - e^{-0.217(t+0.367)})$ 로 나타났으며, 중량에 대한 성장식은 $TW_t = 61.38(1 - e^{-0.217(t+0.367)})^{2.7876}$ 로 나타났다.

Hwang and Hwang (1981)과 Ahn (2009)의 연구에서는 각장에 대한 성장식이 각각 $SL_t = 69.0(1 - e^{-0.449(t+0.239)})$, $SL_t = 65.15(1 - e^{-0.3326(t+0.615)})$, 중량에 대한 성장식이 각각 $TW_t = 54.8(1 - e^{-0.449(t+0.239)})^3$, $TW_t = 51.78(1 - e^{-0.3326(t+0.615)})^{2.8934}$ 로 나타나, 본 연구지역인 원산보다 초기 성장이 빠른 것으로 나타났으며, 이론적 최대 각장과 중량은 Hwang and Hwang (1981) 과 Ahn (2009) 의 연구지역인 주문진과 울진보다 원산지역이 조금 크게 나타났다.

Fig. 10은 Hwang and Hwang (1981) 과 Ahn (2009) 의 성장식을 본 연구의 성장식과 비교해놓은 것이다. 주문진은 Hwang and Hwang (1981) 에 의해 연구된 지역이고, 울진은 Ahn (2009) 에 의해 연구된 지역이며, 삼척은 미발표 연구 자료이다. 지역적으로 볼 때 원산이 위도상 가장 높은 지역이며 주문진, 삼척, 울진 순으로 점점 위도가 낮아진다. 이에 따라 대복의 성장은 주문진, 울진, 삼척, 원산 순으로 느려지는데 주문진의 경우 과거 약 30년 전의 연구 자료라는 점을 고려하면 위도가 높아질수록 성장이 늦어지는 현상이 나타나는 경향이 있었다.

이처럼 지역에 따라 성장의 차이를 보이는 것은 조사지역의 지리적 차이에 따라 발생할 수 있으며, 남획과 수온 변화 등 여러 가지 환경요인에 의한 차이로도 예상될 수 있지만, 보다 정확한 원인은 추후 북한지역과 남한지역의 대복에 대한 상세한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

본 조사는 2006년 2월부터 2007년 1월까지 12개월에 걸쳐 북한 원산 연안에서 형망에 의해 어획되어 주문진 검역소로 수입되어지는 대복을 실험에 사용하였다. 총 표본수는 3,899 개체였고, 비만도를 통하여 추정한 대복의 산란기는 7-8월이며, 주산란기는 8월로 조사되었다. 대복의 폐각에 나타난 윤문은 연 1회 형성되는 주기성 윤문으로, 주 윤문형성시기는 7월로 조사되어, 산란 후 초륜이 형성되기까지의 기간은 약 11개

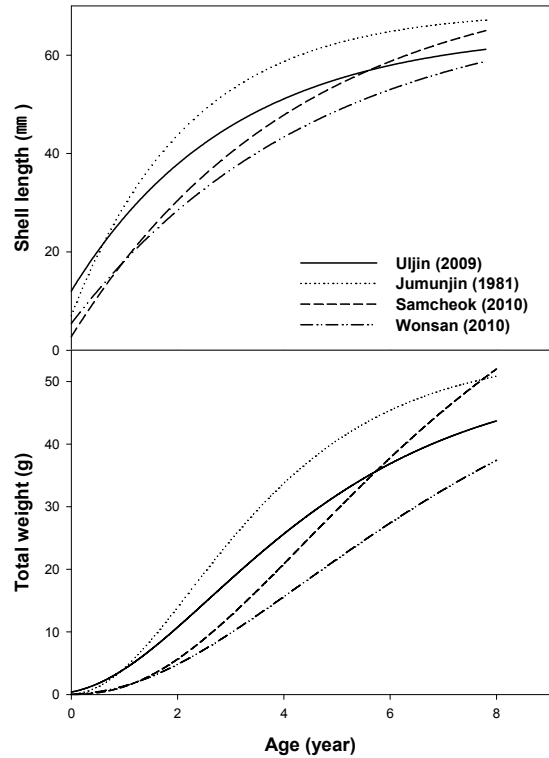


Fig. 10. Regional comparison of von Bertalanffy's growth curve of *Gomphina (Macridiscus) veneriformis* around the coast of East Sea. Uljin (Ahn, 2009), Jumunjin (Hwang and Hwang, 1981), Samcheok

월 (0.92년) 로 나타났다. 대복의 상대성장식은 다음과 같다.

$$SH = 0.7405 SL + 0.2227 \quad (R^2 = 0.9671)$$

$$SW = 0.3657 SL + 0.4253 \quad (R^2 = 0.922)$$

$$TW = 0.4274 \times 10^{-3} \times SL^{2.7876} \quad (R^2 = 0.9591)$$

대복의 von Bertalanffy 성장식은 다음 식을 통해 나타낼 수 있었다.

$$SH_t = 70.80(1 - e^{-0.217(t+0.367)})$$

$$TW_t = 61.38(1 - e^{-0.217(t+0.367)})^{2.7876}$$

감사의 말씀

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

REFERENCES

Ahn, J.M. (2009) Studies on the age and growth of *Gomphina melanaegis* inhabited Gyeongsangbuk-do

- coastal waters of the East Sea. Kangnung National University Master thesis, pp. 25.
- Bertalanffy, L. von (1938) A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws, II). *Human Biology*, **10**(2): 181-213.
- Chung, E.Y. and Ryu, D.K. (2000) Gametogenesis and sexual maturation of the surf clam, *Maetra veneriformis* on the west coast of Korea. *Malacologia*, **42**: 149-163.
- Chung, E.Y., Lee, T.Y. and An, C.M. (1991) Sexual maturation of the venus clam, *Cyclina sinensis*, on the west coast of Korea. *J. Med. Appl. Malacol.*, **3**: 125-136.
- Gangwondo. (1994) Report of bivalve resources distribution in Gangwon coastal waters. 1-157.
- Hwang, K.Y. and Hwang, Y.T. (1981) Studies on the age and growth of the *Comphina (macridiscus) melaegis* (ROEMER) in the eastern waters of Korea. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **27**: 111-117
- Kang, Y.J. and Kim, C.K. (1983) Studies on the structure and production processes of biotic communities on 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
- 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, *Maetra sulcataria* (Reeve). *Bulletin of Fisheries Research Development Agency*, **34**: 157-164.
- Kim, I.O. and Jo, T.H. (2001) The Selectivity of venus clam dredge. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **59**: 43-53
- Kim, S.K., Lee, C., Kim, Y.D., Jo, Q.T., Lee, J.H., Park, M.W., Kim, J.W. and Gong, Y.G. (2009) Histological and biochemical analyses on reproductive cycle of *Gomphina melanaegis* (Bivalvia; Veneridae). *J. Korea Fish. Soc.*, **42**(1): 41-47.
- Kim, Y.H. and Ryu, D.K. (1991) Study on the growth of *Maetra veneriformis* (Reeve). *Bull. Kunsan Fish. J. Coll.*, **25**(2): 41-47.
- Kim, J.R., Jung, C.H., Kim, Y.H. and Yoon, J.M. (2006) Genetic variations in geographic venus clam (*Gomphina aequilatera*, Sowerby) populations from Samcheok and Wonsan. Development and Reproduction Vol. 10. No. 4. (2006.12) pp. 227-238.
- Lee, J.Y., Park, Y.J. and Chang, Y.J. (1999) Gonadal development and reproductive cycle of *Gomphina melanaegis* (Bivalvia; Veneridae). *J. Korea Fish. Soc.*, **32**: 198-203.
- Lee, C., Lee, C.S., Kim, S.K., Kim, W.K. and Jo, Q.T. (2009) Analysis of population distribution on stocking area of sandy beach clam, *Gomphina melanaegis*. *J. Environmental Sciences*, **18**(10): 1163-1170.
- Lee, J. H. (1997) Studies on the gonadal development and gametogenesis of the granulated ark, *Tegillarca granosa* (Linne). *Kor. J. Malacol.*, **13**: 55-64.
- NFRDI. (2000) Commercial molluscs from the freshwater and continental shelf in Korea. Guduk Publishing Company. pp. 167.
- Min, D.K. (2001) Korean mollusks with color illustration. Hanguel Graphic, Busan. pp. 332.
- Min, D.K., Lee, J.S., Koh, D.B. and Je, J.G. (2004) Mollusks in Korea (revised supplementary edition). Hanguel Graphic, Busan. pp. 469.
- Park, H.H. and Kim, S.K. (2000) Tooth selectivity on venus clam (*Gomphina melanaegis*) dredge. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, **36**(4).
- Park, J.J., Lee, J.Y., Lee, J.S. and Chang, Y.J. (2003) Gonadal Development and Gametogenic Cycle of the Equilateral Venus, *Gomphina veneriformis* (Bivalvia:Veneridae). *J. Kor. fish. Soc.*, **36**(4): 352-357.
- Ryu, D.K. and Kim, Y.H. (2001) Management of the Hen clam, *Tactra chinensis Philippi* on the coast of Kunsan. I. Age and growth. *Korea Journal of Malcology*, **17**(1): 13-18.
- Ryu, D.K. (1991) Study on the growth of *Tapes philippinarum* (Adam et Reeve). *Bull. Kunsan Fish. J. Coll.*, **25**(1): 25-31.
- Ryu, D.K. and Kim, Y.H. (1997) Studies on the population dynamics of surf clam, *Maetra veriformis Reeve* (Bivalvia) in the coast of Kunsan, Korea. I. Growth. *Korean Journal of Malacology*, **13**(2): 185-192.
- Ryu, K.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
- Yoo, J.S. (2001) Korean shells in colour. IL JI SA Publishing co., Seoul. pp. 196.