

가리맛조개(*Sinonovacula constricta*: Bivalvia)의 성장과 생산 (경기 남양만 화성조간대)

고철환 · 양미라 · 장원근
서울대학교 해양학과

Growth and Production of *Sinonovacula constricta* (Bivalvia) from the Hwaseong Tidal Flat in the Namyang Bay, Korea

CHUL-HWAN KOH, MEE-RA YANG AND WON-KEUN CHANG
Department of Oceanography, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

본 연구는 한국 조간대의 주요 수산자원인 가리맛조개(*Sinonovacula constricta*)의 서식밀도, 성장 및 생산량을 알아보기 위해서 수행되었다. 가리맛조개를 포함하는 맛류(razor clam 또는 jack knife clam)의 어획량은 연간 약 6,000여톤으로, 이들은 굴, 바지락, 동죽 다음으로 많이 어획된다. 1992년 5월부터 1993년 8월까지 약 1개월의 간격으로 총 14회에 걸쳐 맛류 생산의 50% 이상을 차지하는 가리맛조개를 경기도 화성 조간대에서 채집하였다. 가리맛조개의 서식밀도는 1 m²당 92~165개체로 나타났다. 전반적으로 고연령군일수록 서식밀도가 낮았으나, 예외적으로 1991년에 가입한 연령군의 서식밀도는 1990년 연령군 보다 낮았다. 패각의 최장길이는 가을과 겨울사이에 두개의 크기군으로 나누어졌으나, 2월 이후에 어린 가리맛조개의 빠른 성장으로 하나로 합쳐지는 양상을 보였다. 어린 가리맛조개의 빠른 성장은 성장곡선에 의해서도 잘 나타났다. 전 생애동안 패각의 길이성장은 von Bertalanffy 성장식, $L_t = 89.3 \times [1 - \exp\{-0.58 \times (t+0.73)\}]$ 으로, 육질부의 건중량은 Gompertz 성장식, $W_t = 5.00 \times \exp\{-4.31 \times \exp(-0.043 \times t)\}$ 으로 적합되었다. 특히 육질부의 무게는 산란기인 8월에 전체 몸무게의 30% 정도가 감소하였다. 1992년 9월 부터 1993년 8월까지 1년동안 가리맛조개의 육질부 총생산량은 약 150 g DW·m²·yr⁻¹로 추정되었다. 각 연령군별로 보면, 1992년생 가리맛조개의 생산량은 87.5 g DW·m²·yr⁻¹, 1991년생은 53.4 g DW·m²·yr⁻¹, 1990년생은 59.0 g DW·m²·yr⁻¹, 1989년생은 -30.0 g DW·m²·yr⁻¹이었다. 가리맛조개의 생산량은 다른 이매패류에 비해 약 2~50배 정도 높은 것으로 나타났다.

The present study reports the density, growth and production of a razor clam, *Sinonovacula constricta*, which is known to be one of the important fisheries catches from the Korean tidal flat. The annual yield reached to about 6,000 metric tons per year till 1994. The study was conducted on the Hwaseong tidal flat located on the central west coast, 40 kilometers south-west from Seoul. The annual yield of the razor clam in this area reached to about 50% of the total catch from the whole Korean coast. Samples were collected monthly at 14 occasions from May 1992 to August 1993. Density of *S. constricta* ranged from 92~165 individuals per square meter during the study period. General trend of decreasing density was observed when the animal became older, but an exception was the year class of 1991 whose density was lower than that of 1990. The size of the shell was clearly separated into two classes during fall and winter (from September to February), however, the maximum frequency of the length of small size classes moved to right after February. It indicates a fast growth of young clams from spring to summer. Fast growth of the shell could also be examined by the growth curve. The shell growth of the whole life span was described by the von Bertalanffy equation of $L_t = 89.3 \times [1 - \exp\{-0.58 \times (t+0.73)\}]$. The growth in flesh dry weight was well fitted to the Gompertz growth model with the equation, $W_t = 5.00 \times \exp\{-4.31 \times \exp(-0.043 \times t)\}$. The clam lost about 30% of the body weight during spawning in August. The annual production calculated based on the data from September 1992 to August 1993 amounted to 150 g DW·m²·yr⁻¹, which was 2~50 fold higher than those of other bivalves occurred in Korea. This estimate was partitioned by each year classes; 87.5 by 1992, 53.4 by 1991, 59.0 by 1990 and -30.0 g DW·m²·yr⁻¹ by 1989 year class.

서 론

우리나라 서해안은 조수간만의 차가 크고 해저지형이 완만하고 주변 육지로부터의 퇴적물이 대량 공급되기 때문에 곳곳에 넓은 갯벌이 발달되어 있다. 특히 우리나라 갯벌은 식용되는 많은 유용생물들의 서식장으로써 활용되어 왔다. 예를 들면, 동죽(*Macra veneriformis*), 백합(*Meretrix lusoria*), 바지락(*Ruditapes philippinarum*, 일명 반지락이라 칭함, 제(1989) 참조), 가리맛조개(*Sinonovacula constricta*) 등의 이매패류가 양식장 혹은 자연 상태에서 대량 서식하고 있기 때문에 자원 경제적 측면에서도 갯벌의 활용도는 크다 할 수 있다.

이러한 갯벌에 대한 생태학적 연구는 크게 저서생물의 종조성 및 군집구조, 환경과의 관계(정 등, 1995; 홍 등, 1994; Koh and Shin, 1988; Lee and Koh, 1994; Oh and Koh, 1995; Shin *et al.*, 1989), 그리고 주요 이매패류인 동죽, 바지락, 백합 등을 대상으로 하여 가입, 사망, 생물량 및 생산량의 시간에 따른 변동(강과 김, 1983; 신과 고, 1995; 홍과 박, 1994a; 1994b) 등을 다루어 왔다. 그러나 지금까지 주요 수산자원의 하나인 가리맛조개에 대한 개체군 변화에 대해서는 연구된 바 없다. 이에 비해 일본에서도 가리맛조개의 형태, 성장, 양식방법 등에 대한 집중적인 연구가 있었다(Yoshimoto, 1989, 1994a, 1994b; Yoshimoto and Shutou, 1989; Yoshimoto *et al.*, 1990).

가리맛조개는 갈맛조개과(Family Novaculidae)에 속하는 이매패류로 주로 일본, 중국, 한국 등지에 서식하고 있다. 죽합과(Family Solenidae)에 속하는 맛조개(*Solen strictus*), 비단가리맛(*Cultrensis attenuatus*), 큰죽합(*Solen gordonis*)과 형태적으로 유사

하여 통상 위의 4종을 맛류(razor clam 또는 jack knife clam)로 통칭한다. 맛류는 한국에서 채취되는 이매패류 중 굴, 바지락, 동죽 다음으로 많이 어획되며 전국적으로 연간 약 6,000여 톤이 어획되고 있다(수산업협동조합, 1995). 가리맛조개는 주로 남양만 조간대에서 채취되며 아직까지 인공양식법이 개발되지 않아 자연 상태에서 채취하는 양이 전국 맛류 생산량의 50% 이상에 해당할 정도로 생산성이 높다(수산업협동조합, 1994). 그러나 가리맛조개는 수분함량이 많은 세립질의 퇴적물에 40~50 cm 깊이에서 서식하는 등 현장채집이 용이하지 않아서 개체군 연구는 수행되지 못하였다. 본 연구는 남양만 조간대에 서식하는 가리맛조개를 대상으로 개체군의 특성 중에서 각장과 증량에 관한 개체성장률, 각 연령군별로 서식밀도, 생산량, 생물량의 시간적인 변동을 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구를 수행한 지역은 가리맛조개가 밀생하고 있는 남양만 조간대 중에서 경기도 화성군 주곡리(37°08' N, 126°46' E)에 인접한 조간대이다(Fig. 1). 남양만은 반일주조형 조석을 갖는 지역으로 연평균 조차는 약 4.7 m 정도이다. 조간대 지역의 평균입도는 6.28~6.58‰, 입자성 유기탄소함량은 0.09~0.50%로 알려져 있다(김, 1994). 육지에서 바다쪽으로 갈수록 주수로 중심을 이루는 수로들이 발달하여 기복이 심하고 고저의 변화가 비교적 크다. 가리맛조개를 채집하기 위한 조사정점은 주수로 부근에 설치하였는데 이 지역은 평균 입도가 5.4~6.7 ‰였고 주변에 비해 실트 함량 비율이 상대적으로 컸다. 입자성 유기탄소함량은 조사기간 동

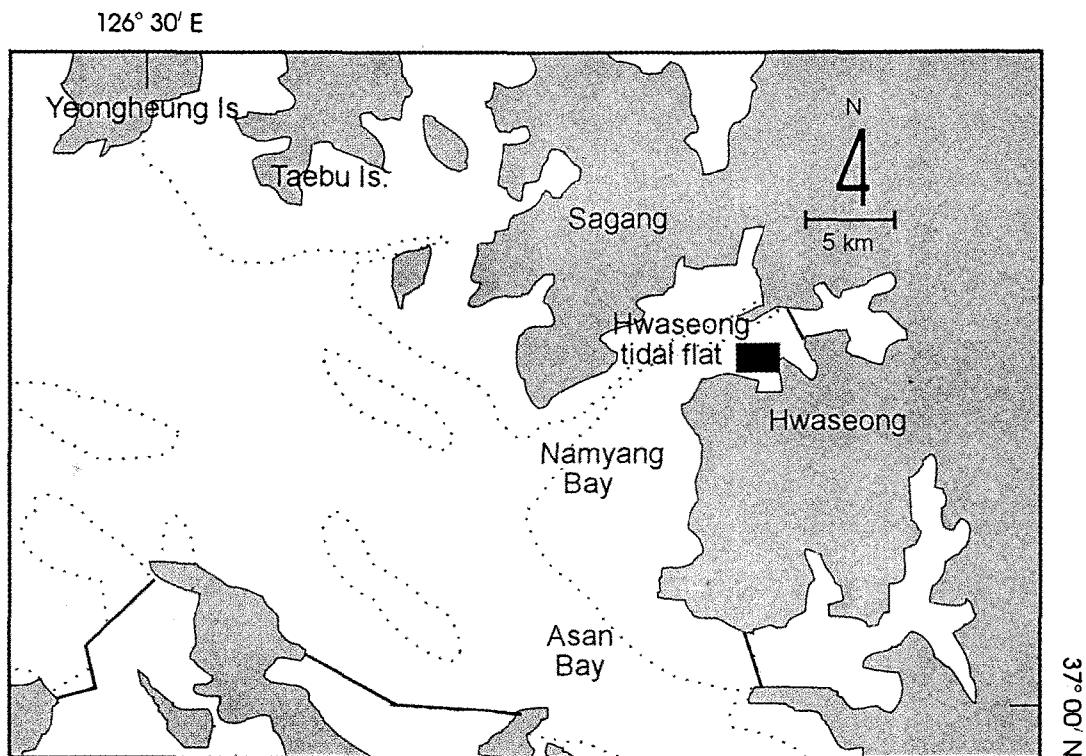


Fig. 1. A map showing the study area marked by black quadrangle on the Hwaseong tidal flat, west coast of Korea. Dotted lines indicate the mean low tidal level.

안 0.18~0.43%의 범위를 보였으며, 걸보기 퇴적물은 약 $8 \text{ mm} \cdot \text{yr}^{-1}$ 였다(김, 1994).

가리맛조개의 채집은 1992년 5월 20일에서 1993년 9월 26일까지 총 14회에 걸쳐 약 한달 간격으로 대조기 간조시에 이루어졌다. 조사시기마다 주수로에서 약 20여 m 떨어진 지점에 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 의 방형구를 10개 정도 선정하여 1 m 깊이까지 퇴적물을 파서 서식하고 있는 가리맛조개를 모두 채집하였다. 이를 실험실로 운반하여 각 방형구별 개체수를 계수하여 서식밀도를 조사하였고 연령별로 구분하였다. 연령별로 50여 개체를 무작위로 선택하여 각장과 중량을 측정하였다. 먼저 연륜(annual growth ring)을 계수

하여 가입연도를 역추정한 후 가입연도별 연령군을 설정하고 이를 기준으로 가리맛조개의 서식밀도, 성장, 생산을 파악하였다.

가리맛조개의 패각에 나타나는 연륜과 실제 연령과의 관계를 알아보기 위해 연변부지수(marginal index)와 패각내 연륜을 조사하였다. 패각내 연륜 관찰과 연변부지수의 시간적인 변화를 추적한 결과, 연륜 형성이 겨울철에 이루어지는 것으로 판명되어 패각에 있는 연륜의 수로 연령을 사정하였다(신과 고, 1995).

가리맛조개의 각장 성장식을 추정하기 위해 버어니어 캘리퍼스를 이용하여 0.05 mm까지 각장을 측정하였다. 연륜의 길이(운장)를 측정하여 연령군별 평균한 값을 von Bertalanffy(1938) 성장

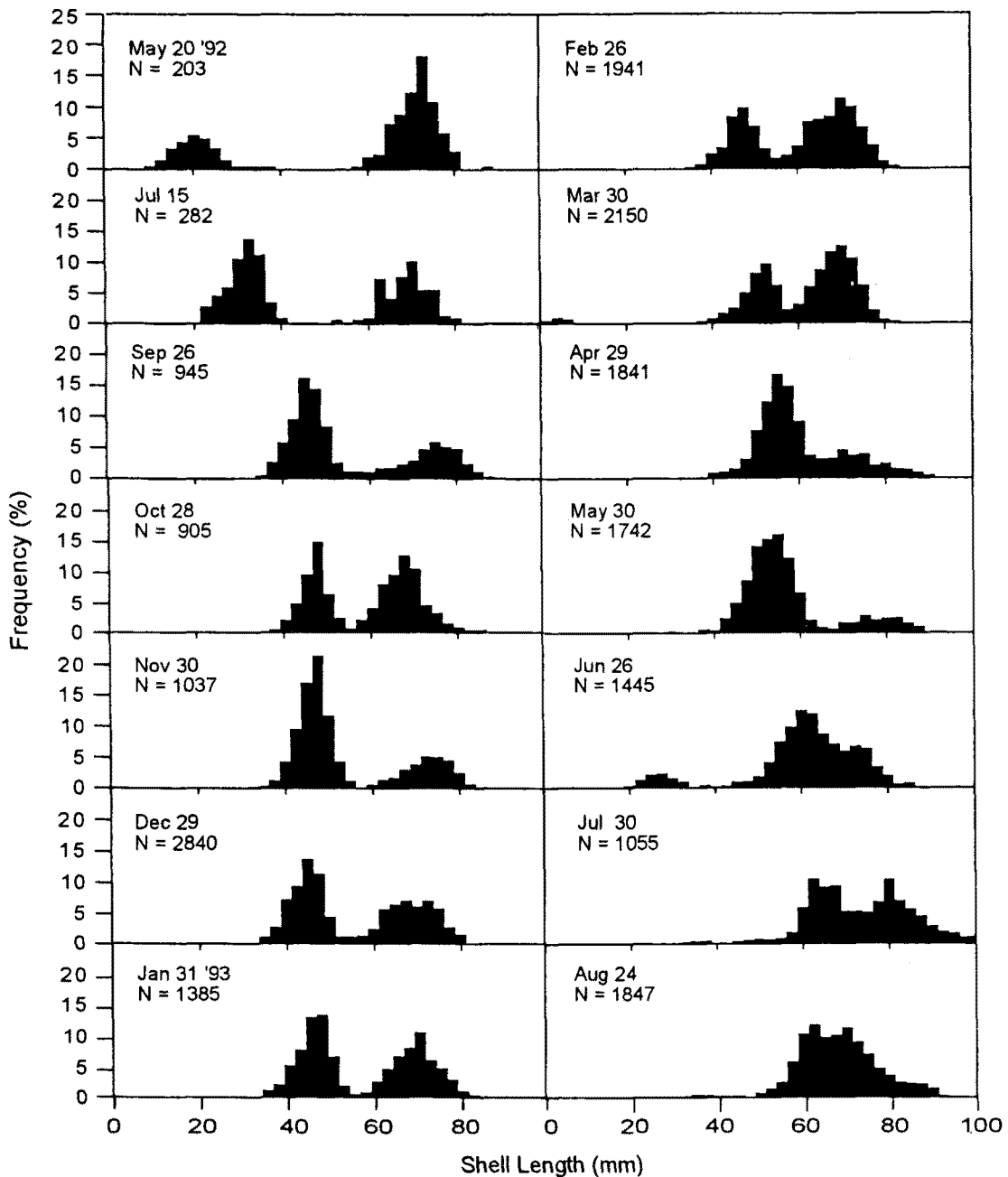


Fig. 2. The frequency distribution of the shell length of *Sinonovacula constricta* caught from May 1992 to August 1993. Samples were collected on the Hwaseong tidal flat, Namyang Bay, Korea.

모델 $L_t = L_\infty \times [1 - \exp\{-k \times (t - t_0)\}]$ 에 적합시켰다. 성장식의 매개변수인 L_∞ , k , t_0 등을 추정하기 위하여 각 윤장을 평균한 값을 이용하여 Walford(1946)의 정착도법에 따라 최대각장(L_∞)과 성장계수(k)를 역추정하였다. 이론적으로 폐각의 길이가 0이 되는 연령인 t_0 를 추정하기 위해 Walford(1946)의 정착도법에 따라 추정된 최대각장을 이용하여 von Bertalanffy 성장모델에 재적합시켰다. 건중량 성장식을 구하기 위하여 각 연령별로 50여개의 개체를 무작위로 선택하여 육질부와 폐각을 분리하고, 육질부만을 60°C의 건조기에서 72시간 말린 후, 정밀도 0.1 mg인 전자저울(Mettler H51)로 중량을 측정하였다. 이를 이용하여 각각과 건중량의 회귀관계식에서 연령에 따른 건중량을 역계산하여 Gompertz (1825) 성장모델 $W_t = W_\infty \times \exp\{-a \times \exp(-g \times t)\}$ 에 적합시켰다. 매개변수인 a 와 g 는 위 모델을 선형화한 후 회귀분석을 통해 추정하였다.

총생물량은 연령군별 생물량을 구하여 합산하였다. 각 연령군별 생물량은 육질부 건중량 평균치를 연령군별 서식밀도에 곱하여 합산하였다. 1988년 연령군과 1993년 연령군은 출현빈도가 빈약하거나 육질부 건중량이 너무 작아 제외하였다. 생산량은 Ricker(1975)의 방법을 이용하여 일일 생산량을 연령별로 구한 후 합산하였다.

결 과

가리맛조개의 도수분포와 서식밀도

채집한 가리맛조개의 각장을 측정하여 각장-빈도그래프로 나타내었다(Fig. 2). 각장-빈도분포그래프는 조사기간 동안 이중모드를 보였다. 각 모드(mode)내 연령군 구성을 분석하면, 1992년

5월의 경우 왼쪽에 위치한 모드내에 0세군과 1세군이, 오른쪽 모드내에 2세군과 3세군이 포함되어 있다. 조사기간 동안 최빈값이 왼쪽에서 오른쪽으로 이동하며, 왼쪽의 최빈값이 오른쪽의 최빈값 보다 빨리 이동하였다. 이는 새로 가입한 어린 개체들의 성장이 빠르기 때문이다. 특히, 성장기인 봄과 여름에는 오른쪽의 모드가 빨리 이동하여, 결과적으로 1993년 8월 경에는 왼쪽모드와 오른쪽 모드가 합쳐졌다. 1993년 3월에 1 cm보다 작은 개체들이 새로 가입하는 것이 관찰되었으나, 이들은 4월과 5월자료에는 나타나지 않았다. 이들 0세군은 1993년 6월에 10~35 mm 크기구간에서 다시 관찰되었는데, 이는 가입직후의 개체의 각장이 수개월 안에 2~3 cm 정도 성장하는 것을 보여준다.

화성조간대에 서식하고 있는 가리맛조개의 총서식밀도는 조사기간동안 92~165 individuals per square meter(이하 $\text{ind} \cdot \text{m}^{-2}$)의 범위에서 증가와 감소를 반복하였다(Fig. 3). 1992년 5월부터 증가하기 시작한 총서식밀도는 1992년 9월, 12월과 1993년 3월에 각각 일시적인 감소를 보인 후 다시 감소 전의 서식밀도로 회복하였다. 1988년 연령군은 조사기간 동안 1993년 7월에만 관찰되었기에 결과에서 제외하였다. 1989년 연령군의 서식밀도는 $10 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ 보다 작다. 1990년 연령군의 서식밀도는 겨울철에 약 $40 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ 이었고, 봄에서 가을 사이에 $20 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ 이하로 낮아졌다. 1991년 연령군과 1992년 연령군은 다른 연령군에 비하여 상대적으로 서식밀도의 변동이 컸다. 1991년 연령군은 $15 \sim 50 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ 의 범위를 보였고, 1992년 연령군은 조사기간 동안 $40 \sim 110 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ 의 범위를 보였다. 특이한 점은 동죽 등 다른 이매패류와 같이 치패 가입으로 인한 총서식밀도의 뚜렷한 증가는 나타나지 않았고, 각 연령군의 서식밀도 역시 불규칙적으로 변동한다는 점이다.

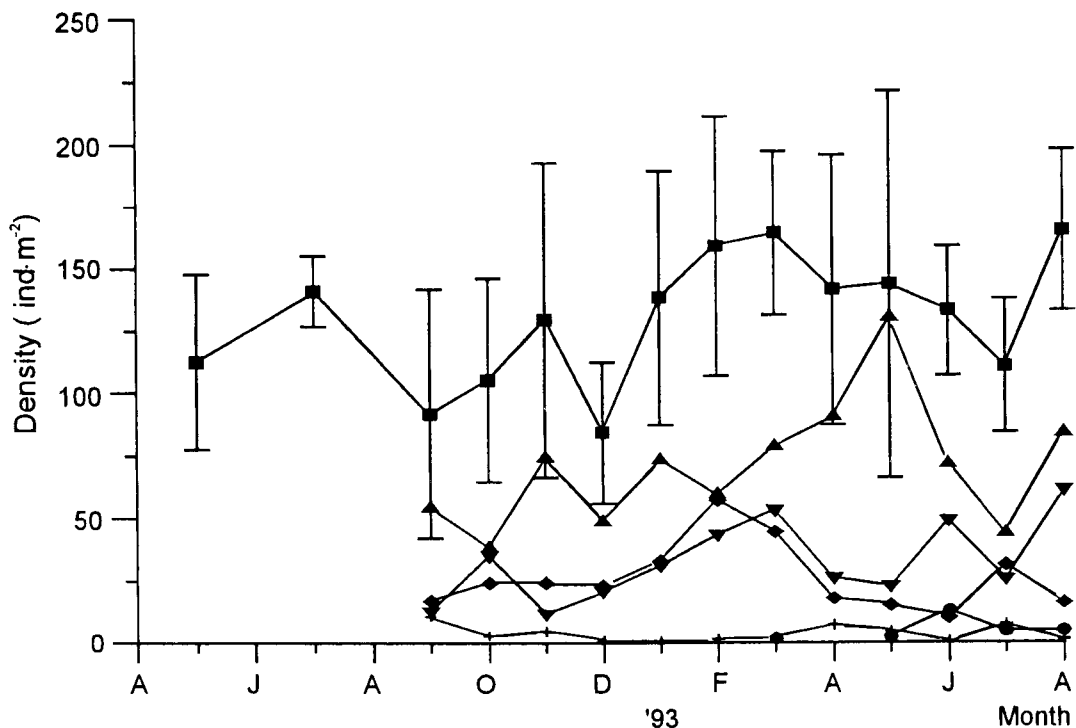


Fig. 3. Monthly variations in the density of each year class of *Sinonovacula constricta*. Vertical lines represent 95% confidence interval. —■— Total —+— 1989 —◆— 1989 —▼— 1990 —▲— 1991 —●— 1992 —●— 1993

각 연령군별 서식밀도의 변동을 살펴보면, 1992년 연령군의 서식밀도 구성비율이 가장 큰 것으로 나타났으며, 1989년 연령군이 가장 작은 것으로 나타났다. 그러나 1991년 연령군의 구성비율은 1990년 연령군에 비해 유사하거나 작은 것으로 나타났다. 연령군별 서식밀도의 변동을 정확히 알 수는 없었으나, 총 서식밀도에 대한 각 연령군의 구성비율은 거의 일정하다. 즉, 저연령군인 1992년과 1991년 연령군의 구성비율이 약 70% 이상을 차지하여 총서식밀도의 변동에 큰 영향을 미쳤다. 한편, 고연령군인 1989년 연령군의 구성비율은 8% 이하로 낮아 상대적으로 미미한 영향을 끼쳤다. 1990년 연령군은 10% 정도의 구성비율을 차지하지만, 1993년 7월에는 상대적으로 1990년 연령군의 구성비율이 높은 것으로 나타났다.

Table 1. Mean of the annual ring length (mm) of each year class of *Sinonovacula constricta*. The abbreviation, *t*, is ordinal number of growth rings; 1=1st annual growth ring; 2= 2nd annual growth ring, etc. The mark of * represents the annual ring length grown from January 1991 to December 1991

Year Class	<i>t</i> 1	2	3	4	5
1988	44.98	63.78	76.13	82.48*	84.00
1989	44.94	65.89	72.53*	86.46	
1990	45.76	60.63*	77.88		
1991	44.16*	64.95			
1992	47.05				
Mean	45.38	63.56	75.51	84.47	84.00

성장과 생산

시기별로 가리맛조개의 각장 성장 양태를 살펴보면, 봄철에서 여름철까지 큰 폭으로 각장이 증가하다가 가을부터 겨울동안에는 그 증가폭이 적었다(Fig. 4). 모든 연령군에서 계절별 변화양

태는 거의 유사하였으나, 어린 연령군일수록 각장의 성장폭이 컸다. 겨울철에 형성되는 각 연령군의 패각에 형성된 윤장의 평균 치는 $L_1 = 45.38$, $L_2 = 63.56$, $L_3 = 75.51$, $L_4 = 84.47$, $L_5 = 84.00$ mm로 나타났다(Table 1). 1992년에서 1993년까지 1년 동안 자란 각장

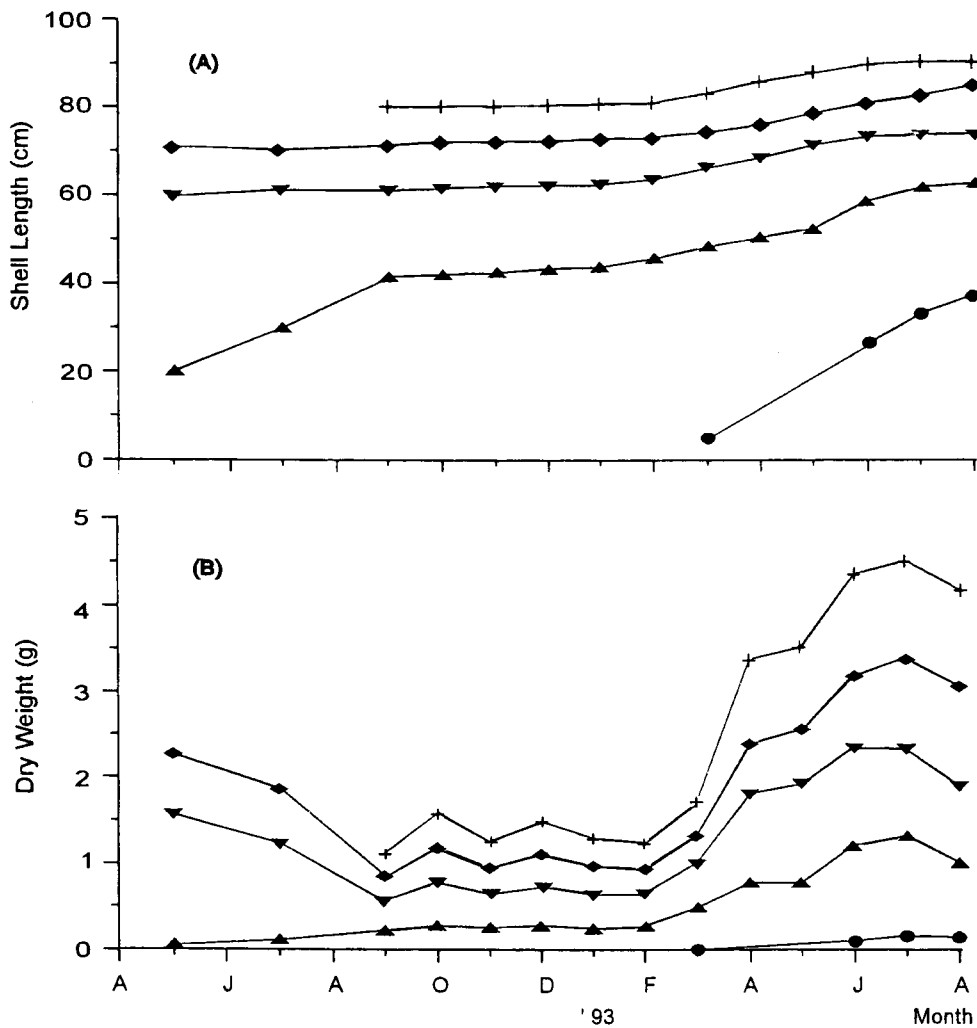


Fig. 4. Seasonal growth in shell length(A) and flesh dry weight(B) of each year class of *Sinonovacula constricta*. Combining the growth curve over age, we obtained the equation curve of shell length by von Bertalanffy equation, $L_t = 89.3 \times [1 - \exp\{-0.58 \times (t+0.73)\}]$ and flesh dry weight by Gompertz equation, $W_t = 5.00 \times \exp\{-4.31 \times \exp(-0.043 \times t)\}$. —+— 1989 —◆— 1990 —▼— 1991 —▲— 1992 —●— 1993—

Table 2. Relative growth rates of the shell length(SL) and flesh dry weight(DW) of *Sinonovacula constricta*

Year Class Date	1992		1991		1990		1989	
	SL	DW	SL	DW	SL	DW	SL	DW
'92 26 Sep	0.0004	0.0080	0.0103	0.0103	0.0002	0.0111	0.0000	0.0113
28 Oct	0.0003	-0.0033	0.0002	-0.0056	0.0001	-0.0067	0.0001	-0.0073
30 Nov	0.0007	0.0031	0.0000	0.0040	0.0000	0.0050	0.0001	0.0058
29 Dec	0.0004	-0.0040	0.0002	-0.0046	0.0002	-0.0043	0.0001	-0.0046
'93 31 Jan	0.0014	0.0045	0.0007	-0.0009	0.0002	-0.0011	0.0001	-0.0018
26 Feb	0.0018	0.0185	0.0013	0.0138	0.0005	0.0106	0.0008	0.0102
30 Mar	0.0014	0.0151	0.0012	0.0192	0.0006	0.0195	0.0012	0.0227
29 Apr	0.0014	0.0005	0.0013	0.0020	0.0012	0.0023	0.0006	0.0013
30 May	0.0040	0.0157	0.0009	0.0073	0.0010	0.0081	0.0009	0.0078
26 Jun	0.0016	0.0029	0.0002	-0.0003	0.0006	0.0019	0.0002	0.0011
30 Jul	0.0004	-0.0109	0.00001	-0.0080	0.0004	-0.0040	0.0001	-0.0030
24 Aug								

의 길이는 1992년 연령군부터 1989년 연령군까지 약 21.0 mm, 12.8 mm, 12.0 mm, 10.4 mm 정도였다. 1993년 연령군은 3월부터 8월까지 약 32.5 mm정도 증가하였다. 즉, 가리맛조개는 다른 이매패류와 같이 연령이 높아질수록 각장의 성장이 둔화되고 있음을 알 수 있다. 각장의 성장양태를 파악하기 위해서 Table 1에서 제시한 자료를 이용하여 대표적으로 사용되는 von Bertalanffy 성장식을 계산하였다. 연령군별 각장 추정치의 평균과 Walford (1946)의 정착도를 이용하여 von Bertalanffy 성장식에 적합시키면, 패각의 성장곡선은 $L_t = 89.3 \times [1 - \exp \{-0.58 \times (t + 0.73)\}]$ 와 같다. 유의확률(p)이 0.001이하, 결정계수(r^2)가 0.99이상으로 매우 잘 적합되었다. 각장의 상대성장률을 Table 2에 제시하였는데, 봄부터 가을까지는 높은 값을 겨울에는 상대적으로 낮은 값을 보였다.

육질부 건중량의 계절적인 변동을 보면 봄부터 건중량이 뚜렷이 증가하기 시작하여 여름에 최대값을 가졌다(Fig. 4). 이후 8월경에 큰 폭으로 감소하는 바, 이는 가을철 산란으로 인한 것이다. 산란이 끝나는 9월경에 일시적으로 증가하였다가 다음 해 봄까지 일정한 체중을 유지하고 있다. 그러나 산란을 하지 않는 0세군(예: 1992년 연령군)은 가을철에 체중이 감소하지 않고 계속 증가하는 양상을 보여주고 있다. 산란이 끝난 9월 이후부터 이듬해 8월까지 한해 동안 증가한 중량은 1992년 연령군은 1.11 g, 1991년 연령군은 1.76 g, 1990년 연령군은 2.56 g, 그리고 1989년 연령군은 3.4 g으로 나타났다. 각장과 건중량의 회귀관계에서 각 연령별 중량을 역계산한 자료를 이용하여 Gompertz 성장식에 적합시키면, 육질부 건중량의 성장곡선은 $W_t = 5.00 \times \exp \{-4.31 \times \exp(-0.043 \times t)\}$ 과 같다. 건중량의 상대성장률은 1992년 연령군을 제외하고는 봄과 여름은 높은 값을 갖다가 산란기인 8월경에 낮은 값으로 떨어졌다(Table 2). 그러나 1992년 연령군의 경우 가입한 후 1992년 9월에 건중량의 뚜렷한 감소가 없이 다음해 8월까지 지속적으로 증가하였다.

가리맛조개의 발육상태를 나타내는 상태지수는 1년 동안 0.22~0.60의 범위를 보였다. 이때 상태지수란 발육상태를 나타내는 각장과 육질부건중량의 비로써 $W: L^3$ 의 백분율을 뜻한다(Fulton 상태지수, Bagenal, 1978). 상태지수 분석에 이용된 1992년 연령군부터 1989년 연령군까지 네 연령군은 유사한 경향을 보였는데, 가을에서 겨울까지 낮은 값을, 여름에는 높은

Table 3. Monthly variations in Fulton's condition factor of *Sinonovacula constricta*

Date	Year Class				
	1993	1992	1991	1990	1989
'92 26 Sept		0.30	0.25	0.23	0.22
28 Oct		0.37	0.34	0.32	0.31
30 Nov		0.33	0.27	0.25	0.24
29 Dec		0.34	0.31	0.29	0.29
'93 31 Jan		0.29	0.26	0.25	0.25
26 Feb		0.29	0.25	0.24	0.23
30 Mar		0.44	0.35	0.32	0.30
29 Apr		0.60	0.56	0.55	0.53
30 May		0.54	0.53	0.53	0.52
26 June	0.59	0.60	0.60	0.60	0.60
30 July	0.50	0.56	0.59	0.60	0.62
24 Aug	0.53	0.48	0.48	0.53	0.57

값을 보였다. 한편, 1993년 연령군은 타연령군과는 달리 1993년 6월과 8월 사이에 상태지수의 변화가 뚜렷이 나타나지 않았다(Table 3).

건중량을 기초로 하여 계산한 각 연령군의 평균 생물량은 모두 가을부터 겨울까지 정체기간을 거쳐 겨울이 끝나는 2월 이후부터 서서히 증가하기 시작하였다(Fig. 5). 봄에는 급격하게 성장하고 이러한 경향이 여름까지 이어졌다. 산란이 일어난 8월에 다시 낮은 값으로 떨어져 겨울을 지났다. 최고 연령군인 1989년 연령군은 타연령군에 비하여 생물량이 낮게 추정되었는데, 서식밀도가 $10 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ 보다 작아서 타연령군에 비해 매우 낮게 추정되었다. 특히, 12월과 1월에 약 $1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 로 최소값을 보이는 것은 서식밀도가 $1 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ 보다 적었기 때문이다. 1990년 연령군은 5월에 $153 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 로 최대값을 보였다가 9월에 $14 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 로 급격하게 감소하였다. 이는 5월에서 9월 사이의 서식밀도가 $68 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ 에서 $17 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ 로 4배 정도 감소하였고, 육질부 건중량 역시 산란으로 인해 $2.254 \pm 0.253 \text{ g}$ 에서 $0.83 \pm 0.682 \text{ g}$ 으로 1/2~1/3로 낮아졌기 때문이다. 저연령군인 1992년 연령군의 생물량은 1992년 5월에 $1.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 에서 1993년 6월에 약 $80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 로 급격히 증가하였다.

총생물량에 대한 각 연령군 생물량의 비율은 다음과 같다. 1990년 연령군은 1992년 5월부터 1993년 3월까지 총생물량의

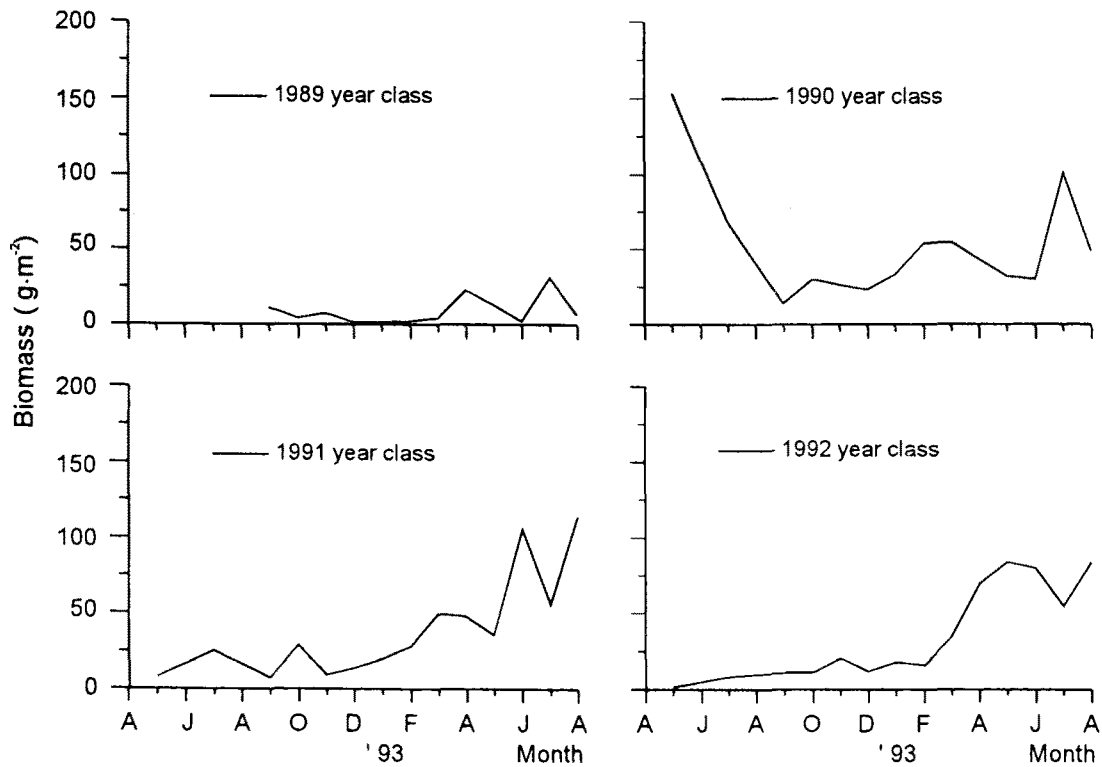


Fig. 5. Fluctuations in biomass of each year class of *Sinonovacula constricta*.

30% 이상을 차지하고 있어 총생물량에 크게 기여하는 개체군이었으나, 4월부터는 1992년 생물량의 총생물량에 대한 상대적인 비율이 커졌다. 특히, 5월경에는 1992년 연령군의 생물량이 전체 생물량의 51% 정도를 차지하기도 하였다. 이는 1992년 4월 이후부터 1990년 연령군의 서식밀도가 낮아진 반면, 1992년 연령군의 건중량이 급격하게 성장하였기 때문이다.

가리맛조개의 일일평균생산량을 Fig. 6에 나타내었다. 전반적으로 가을에서 겨울 사이에 낮은 생산성을 보이다가 봄부터 큰 폭으로 증가하였다. 네 연령군 모두 3월과 5월에 높은 값을 보였다. 이는 3월과 5월 사이에 육질부의 상대성장률이 크기 때문이고, 6월에 일일생산량이 낮은 값을 가지는 것 역시 상대성장률이 낮기 때문이다. 8월에 네 연령군이 모두 음의 값을 가지는 것은 이 시기에 가리맛조개가 집중적으로 산란하기 때문이다. 즉, 육질부의 성장이 왕성한 봄에는 생산량이 크게 증가하고, 8월과 9월경에 산란이 일어남으로 인하여 육질부 건중량이 크게 감소하여 생산이 음의 값을 가졌다. 이후 중량성장을 다시 시작하다가 겨울에 성장을 멈추고 있다. 가을과 겨울 사이에서 1990년 연령군이 전체 생산량의 40% 이상을 차지하였다. 봄에는 1990년 연령군의 비율이 30%로 줄어든 반면, 1992년 연령군의 역할이 커져 전체의 60% 정도를 차지하였다. 6월 경에는 1990년 연령군의 비율이 10% 정도로 낮아졌고, 91년과 92년 연령군의 비율이 각각 30%, 40% 정도를 차지하였다. 상대적으로 조사기간 동안 1991년 연령군의 생산이 총생산량의 30% 미만으로 추정되었다. 이는 1991년 연령군의 생물량이 1990년 연령군보다 낮게 평가되었기 때문이다.

각 연령군별 일일 최대생산량은 봄에 나타났는데 1989년 연령

군의 경우 $0.30 \text{ g DW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 로, 1990년 연령군은 $0.95 \text{ g DW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 로, 1991년 연령군은 $0.54 \text{ g DW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 로, 1992년 연령군이 $1.29 \text{ g DW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 로 추정되었다. 각 연령군의 연간 총생산량은 1992년 연령군은 $67.5 \text{ g DW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 가장 높게 나타났으며, 1990년 연령군이 $59.0 \text{ g DW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로, 1991년 연령군은 $53.4 \text{ g DW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로, 1989년 연령군은 $-30.0 \text{ g DW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 음의 생산을 보였다. 가리맛조개의 연간 총생산량은 약 $149.9 \text{ g DW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 추정되었다.

한편, 패각의 무게와 육질부 습중량을 합친 총습중량(total wet weight, 이하 WW)을 기초로 하면, 연간 총생산량은 $1318.1 \text{ g WW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 추정되었다(Table 4). 총습중량을 기초로 하여 연령군별 생산량을 재계산하면, 1989년 연령군은 $35.5 \text{ g WW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$, 1990년 연령군은 $291.0 \text{ g WW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$, 1991년 연령군은 $284.0 \text{ g WW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$, 1992년 연령군은 $707.6 \text{ g WW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ 이었다.

가리맛조개의 회전률(P : B ratio)은 약 1.12 yr^{-1} 로 추정되었는데, 1992년 연령군이 1.66 yr^{-1} 로 가장 크게 나타났고 1989년 연령군은 음의 값으로 추정되었으며, 1991년 연령군과 1990년 연령군은 각각 1.03 yr^{-1} , 1.17 yr^{-1} 로 추정되었다(Table 4). 생산에 의해 현존 생물량이 교체되기 위한 대사회전시간(turnover time)은 약 0.89년으로 추정되었다.

토 의

일반적으로 이매패류는 일단 정착을 하면 거의 이동을 하지 않는다고 알려져 있다. 따라서 추가 가입이 없는 한 시간이 지

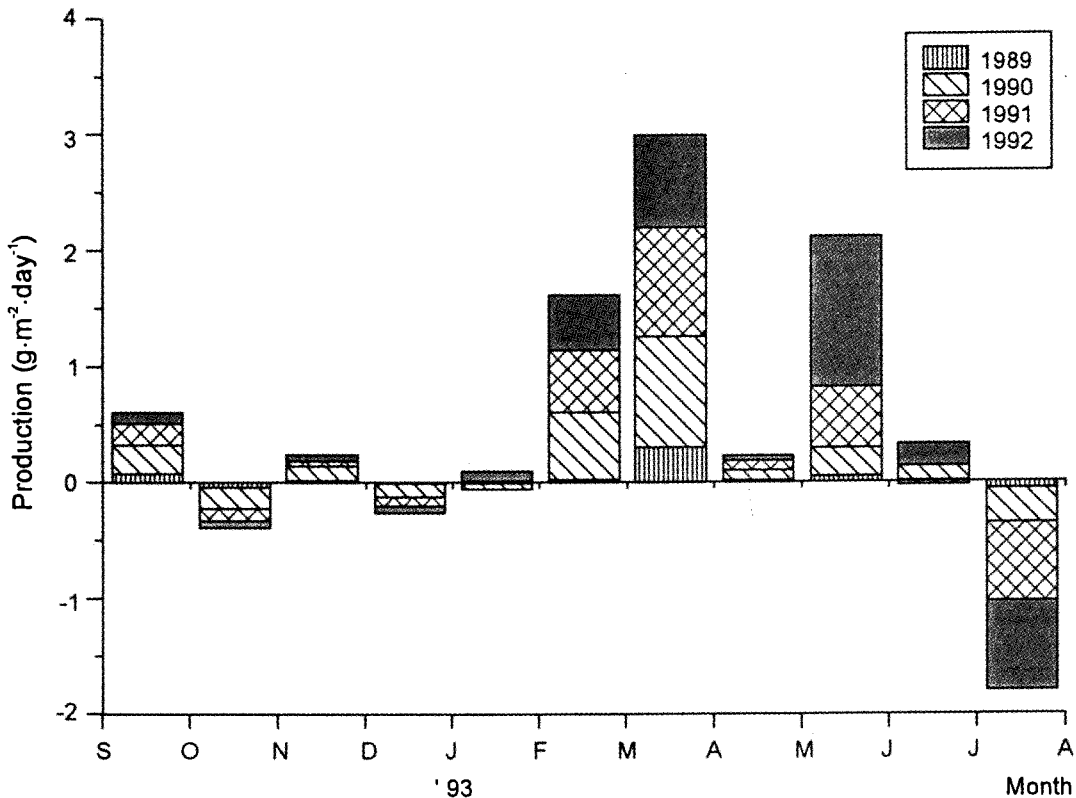


Fig. 6. Monthly variations in daily production of each year class by means of the flesh dry weight of *Sinonovacula constricta*. The net production of *Sinonovacula constricta* estimated by Ricker's method was 149.9 g DW·m⁻²·yr⁻¹.

남에 따라 사망으로 인해 서식밀도는 계속 감소할 것이며, 각 연령군의 상대적인 서식밀도 비율은 고연령군이 저연령군에 비해 작게 나타날 것이다. 총 서식밀도 역시 새로운 연령군이 가입하면 일시적으로 증가하였다가 점차 감소하는 것이 일반적인 현상이다(신과 고, 1995). 그러나 본 조사에서는 치패의 가입으로 인해서 총서식밀도가 증가하는 현상과 사망으로 인해 고연령군의 서식밀도가 시간에 따라 감소하는 것이 뚜렷하게 관찰되지 못하였다. 즉 가리맛조개의 가입이 이루어지는 5, 6월경 이후(Fig. 2)에도 수로에서 약 20 m 정도 떨어진 조사지역에서는 0세 개체들이 1세 이상의 성체보다 오히려 적게 채집되었다(Fig. 3). 이러한 결과는 가리맛조개가 성장시기에 따라 서식지를 이동하기 때문에 나타나는 결과라고 유추할 수 있다. 즉 현장에서 관찰한 바에 의하면, 크기 2~6 mm 정도의 가리맛조개 치패는 주수로의 수 mm 깊이의 퇴적물속에서 대량으로 서식하고 있었다. 이들 치패 서식지인 주수로에서는 가리맛조개의 성체는 전혀 없었으며, 반면에 주수로에서 약 20 m 이상 떨어진 곳에서 대량으로 서식하였다. 이러한 현상은 수 mm 크기의 어린 치패가 주수로의 수분이 많은 니사질 퇴적물 표층에서 일정 기간 성장한 후에 주변으로 재이동함을 시사한다. 즉 모든 지역에서 동시에 치패의 가입이 일어나지 않고 일부 특정 지역에서만 정착하여 일정기간을 보낸 다음, 성체의 서식지로 재이동함을 보여준다 하겠다. 이러한 치패의 이동에 관해서는 다른 이매패를 대상으로 하여 이미 확인된 바 있다 (Armonies, 1992; Beukema and de Vlas, 1989; Sigurdsson et al., 1976). 따라서 본 조사에

서는 이들 주수로 지역까지를 포함하지 않았기에 어린 치패의 서식밀도의 가입현상이 뚜렷하게 반영되지 못하였다.

가리맛조개는 어민들의 중요한 소득원으로 이 지역에서 1년간 약 400여 톤이 수확되고 있다. 매월 약 30여 톤 정도로 개체수로 환산하면 약 1.5×10^7 마리 정도이다. 특히 어민에 의해 수확되는 가리맛조개는 대부분 각장크기가 50 mm 이상인 성체만을 대상으로 하여 이루어진다. 또한 어민들은 가리맛조개를 채집할 때, 서식지 일부지역을 선택하여 가리맛조개 성체를 집중적으로 어획한다. 이러한 어획방식으로 인해서 Fig. 3과 같이 서식밀도의 변화폭이 심하게 나타날 수도 있다. 그러나 각장빈도 분포에서 특정 크기구간에 있는 개체들이 대량으로 소멸하는 현상은 관찰되지 않아 어획에 의해서 특정 연령군의 개체수가 크게 감소하는 현상은 확인되지 않았다.

본 조사결과에서 1991년에 가입한 가리맛조개의 서식밀도가 상대적으로 고연령군인 1990년 연령군에 비해 오히려 작거나 같은 수준으로 나타났다(Fig. 3). 이는 1991년 연령군의 가입강도가 상대적으로 약했음을 의미한다. 일반적으로 이매패류의 가입강도는 수온과 같은 환경의 적합 정도에 따라 혹은 성체간의 경쟁에 따라 결정된다고 알려져 있다(Beukema and de Vlas, 1989; Gunther, 1992). 이 지역은 1991년 3월경에 생물에 유해한 독성유기물질의 투기가 이루어져 당시에 가리맛조개의 대량폐사가 발생하여 가리맛조개의 어린 생산량이 50% 정도 감소된 것으로 보고된 지역이다(환경처, 1991). 따라서 1991년 당시에 어린 치패였던 이들의 이후 서식밀도가 전반적으로 낮은 것은

유해물질에 의한 영향을 받았기 때문일 것이다.

유해 물질에 의한 영향은 1991년 동안 자란 각장이 다른 해에 형성된 각장보다 약간 작은 것을 통해 여러 연령군에 나쁜 영향을 미칠 수 있지만(Table 1), 특히 가입 당시 0 세군인 1991년 연령군에게 가장 나쁜 영향을 미쳤을 것이다. 즉, 조사기간동안 1991년 연령군의 각장성장폭을 1990 연령군과 1992년 연령군의 성장폭과 함께 고려해 보면, 1991년 연령군이 1990년 연령군보다 어린 연령임에도 불구하고 연중 성장한 폭이 작다(Fig. 4). 또한, 각장의 상대성장률에서도 1991년 연령군이 1990년 연령군보다 낮게 평가되었고, 성장기간도 짧게 나타났다(Table 2). 이 연령군은 산란기를 거치며 나타나는 중량 감소 현상이 타연령군보다 빠른 7월부터 시작되었고, 발육상태를 나타내는 Fulton의 상태지수(Fulton's condition factor) 역시 6월에 0.601로 최대값을 보인 후 7월부터 감소하여 타 연령군에 비해서 산란활동을 빠르게 시작하고 있다. 연중일일생산량 역시 약 $53.4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 로 1992년 연령군($67.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)과 1990년 연령군($59.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)에 비해 상대적으로 낮게 평가되어 가리맛조개 개체군에서 그리 중요한 역할을 하지 않은 연령군으로 평가될 수 있다.

가리맛조개, 동족, 바지락 등과 같은 이매패는 서식지에 착생한 후 성장과정에서 체중이 커진다. 증가한 체중은 산란시기에 산란과정을 통해서 감소하고, 이후 감소된 부분이 재보충된다(신과 고, 1995; 홍과 박, 1994b). 가리맛조개 역시 중량이 증가하고 감소함이 관찰되었다(Fig. 4). 그러나, 1993년 연령군은 타연령군과 달리 체중감소가 확인되지 않았다. 3월에 가입한 1993년 연령군은 각장이 4.8 mm, 건중량이 0.002 g에서 8월경에는 37 mm, 0.14 g 정도로 성장하였는데(Fig. 4), 체중감소가 관찰되지 않았다. 이러한 사실은 1992년 연령군의 결과에서도 확인된다. 1992년 연령군 역시 가입한 해인 1992년에는 체중감소가 관찰되지 않았고, 가입한지 1년 후의 산란기인 1993년 7월에서야 한달 전에 비해 약 30%의 체중이 감소하였다. 이로부터 가리맛조개는 가입 후 1년이 지난 후에야 성적으로 성숙되고 본격적으로 산란활동을 하는 것으로 판단된다. 상태지수의 연중변화 역시 이러한 사실을 지시한다. 여름과 가을 사이에 나타난 상태지수의 급격한 감소는 산란에 의한 체중감소로 인한 것이다. 1993년 연령군은 이 기간동안 상태지수의 변화가 거의 없어 산란 활동이 일어나지 않은 것으로 판단된다(Table 3).

가리맛조개의 단위면적당 생물량에서 각 연령군이 차지하는 비율을 살펴 보면, 1992년 9월부터 1993년 3월까지 1990년 연령군과 1991년 연령군이 전체 생물량의 30% 이상을 각각 차지하였다. 3월 이후부터는 1992년 연령군의 생물량이 크게 증가하여 전체의 약 40% 이상을 차지하게 되었다(Fig. 6). 이는 1992년 봄에는 1992년 연령군의 체중이 너무 적어서 다른 연령군보다 높은 서식밀도에도 불구하고 생물량이 적게 추정된 것이다. 1년 정도 성장한 후에는 육질부 건중량이 커져 전체 생물량 중 큰 비중을 차지하는 연령군으로 평가되었다. 생물량에서 가리맛조개는 1년 정도 성장하면 전체 생물량중 큰 비중을 차지하는 것으로 판단된다.

가리맛조개의 총생산량은 1992년 9월부터 1993년 8월까지 육질부 건조중량으로 보면 $149.9 \text{ g DW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 추정되었다. 이는 한국의 다른 주요 이매패류들의 생산량에 비해 매우 높은 값

이다. 즉, 인천 송도조간대에서 수행된 가리맛조개와 유사한 맛조개(*Solen strictus*)의 연간생산량이 약 $2.83 \text{ g DW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ (홍과 박, 1994b), 가로림만에 서식하는 이매패인 바지락 (*Tapes philippinarum*)이 약 $50.3 \text{ g DW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ (김, 1986), 그리고 인천송도 갯벌조간대에 서식하는 동족 (*Mactra veneriformis*)이 $67.9 \text{ g DW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ 로 보고된 바 있다(신과 고, 1995). 가리맛조개의 생산량은 이들 이매패류에 비해 약 2~50배 정도 큰 것으로 나타났다. 그러나 각 대사회전률은 육질부 건조중량을 기준으로 하여 1.12 yr^{-1} 로 추정되어 다른 이매패류와 크게 다르지 않았다.

참고문헌

- 강용주, 김종관, 1983. 한국연안천해생물군집의 구조와 생산. 3. 동해산 북방대합(*Spisula sachalinensis*)의 연령과 성장. 한국수산학회지, **16**: 82-87.
- 김기범, 1994. 서해안 남양만 북부 조간대 퇴적층의 지구화학적 특징. 이학석사학위논문, 서울대학교, 83 pp.
- 김원수, 1986. 가로림만 바지락(*Tapes philippinarum*)의 성장, 사망 및 생산. 이학석사학위논문, 충남대학교, 44 pp.
- 수산업협동조합, 1994. 수산물계통판매고통계연보.
- 수산업협동조합, 1995. 수산물계통판매고통계연보.
- 신현출, 고철환, 1995. 서해 송도 갯벌에서의 동족(*Mactra veneriformis*: Bivalvia)의 성장과 생산. 한국 해양학회지, **30**(5): 403-412.
- 정래홍, 홍재상, 이재학, 1995. 광양만 다모류 군집의 시간에 따른 변화. 한국 해양학회지, **30**(5): 390-402.
- 제종길, 1989. 한국산 연체동물의 우리말 이름. *Korean J. Malacol. Suppl.*, **1**: 1-90.
- 홍재상, 박홍식, 1994a. 인천연안 간석지산 주요 저서생물의 성장과 생물생산 I. 척전지역 간석지에 서식하는 맛조개 *Solen(Solen) strictus*의 성장. 한국수산학회지, **27**(5): 549-559.
- 홍재상, 박홍식, 1994b. 인천연안 간석지산 주요 저서생물의 성장과 생물생산 II. 척전지역 간석지에 서식하는 맛조개 *Solen(Solen) strictus*의 생물생산. 한국수산학회지, **27**: 560-571.
- 홍재상, 서인수, 유재원, 정래홍, 1994. 인천 북항 주변해역의 해양 저서동물상. 자연보존, **88**: 34-50.
- 환경처, 1991. 화성사업소 인근 주민의 집단민원 해소 방안. 10 pp.
- Armonies, W., 1992. Migratory rhythms of drifting juvenile molluscs in tidal waters of the Wadden Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **83**: 197-206.
- Bagenal, T., 1978. Methods for assessment of fish production in fresh waters. *Blackwell Sci. Publ.* 365 pp.
- Beukema, J.J. and J. de Vlas, 1989. Tidal-current transport of thread-drifting postlarval juveniles of the bivalvia *Macoma baltica* from the Wadden Sea to the North Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **52**: 193-200.
- Gompertz, B., 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, **115**: 515-585.
- Gunther, C.P., 1992. Settlement and recruitment of *Mya arenaria* L. in the Wadden Sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **159**: 203-215.
- Koh, C.-H. and H.C. Shin, 1988. Environmental characteristics and dis-

- tribution of macrobenthos in a mudflat of the west coast of Korea. *Neth. J. Sea Res.*, **22**(3): 279-290.
- Lee, Y.H. and C.-H. Koh, 1994. Biogenic sedimentary structures on a Korean mud flat: spring-neap variations. *Neth. J. Sea Res.*, **32**: 81-90.
- Oh, S.-H. and C.-H. Koh, 1995. Distribution of diatoms in the surficial sediments of the Mangyung-Dongjin tidal flat, west coast of Korea. *Marine Biology*, **122**: 487-496.
- Ricker, W.E., 1975. Computation and interpretation for biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, **191**: 1-382.
- Shin, H.C., J.W. Choi and C.-H. Koh, 1989. Faunal assemblages of benthic macrofauna in the inter- and subtidal region of the inner Kyeonggi Bay, west coast of Korea. *J. Oceanogr. Soc. Korea.*, **24**: 184-193.
- Sigrudsson, J.B., C.W. Titman and P.A. Davis, 1976. The dispersal of young post-larval bivalve molluscs by byssal threads. *Nature*, **262**: 386-387.
- Von Bertalanffy, L., 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquires on growth laws. II). *Human Biol.*, **10**: 181-213.
- Yoshimoto, M., 1989. Ecological study of jack knife clam *Sinonovacula constricta*-V, Fluctuation of physiological indicator and morphology with growth and maturity. *Bull. Saga Pref. Ariake Fish. Exp. Stn.*, **11**: 57-66 (in Japan).
- Yoshimoto, M., 1994a. Ecological study of jack knife clam *Sinonovacula constricta*-VIII, Predation by eel-like goby, *Odontamblyopus rubicundus*. *Bull. Saga Prefect. Ariake Fish. Res. Dev. Cent.*, **16**: 7-14 (in Japanese).
- Yoshimoto, M., 1994b. Ecological study of jack knife clam *Sinonovacula constricta*-IX, Morphological comparison between domestic clam and Korean one. *Bull. Saga Prefect. Ariake Fish. Res. Dev. Cent.*, **16**: 15-24 (in Japanese).
- Yoshimoto, M. and T., Shutou, 1989. Ecological study of jack knife clam *Sinonovacula constricta*-IV, Growth and survival of cultured clam, properties of mud in the culture ground and its improvement by scattering sands in clam bed. *Bull. Saga Pref. Ariake Fish. Exp. Stn.*, **11**: 39-56 (in Japanese).
- Yoshimoto, M., M., Yuzuriha, and K., Nakatake, 1990. Ecological study of jack knife clam *Sinonovacula constricta*-VII, Experiment of natural spat collection by the method of setting up bamboo. *Bull. Saga Pref. Ariake Fish. Exp. Stn.*, **12**: 53-65 (in Japanese).
- Walford, L.A., 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull. Marine Biological Laboratory, Woods Hole*, **90**: 141-147.