

# 인천연안 간석지산 주요 저서생물의 성장과 생물생산

## II. 척전지역 간석지에 서식하는 맛조개, *Solen (Solen) strictus*의 생물생산

홍재상 · 박흥식  
인하대학교 해양학과

# Growth and Production of Macrobenthic Fauna on a Macrotidal Flat, Inchon, Korea

## II. Production of the Razor Clam, *Solen (Solen) strictus* (Bivalvia, Solenidae) from Chokchon Tidal Flat

Jae-Sang HONG and Heung-Sik PARK  
Department of Oceanography, Inha University, Inchon 402-751, Korea

A single station representative of the razor clam, *Solen (Solen) strictus*, on a macrotidal flat, Inchon, Korea was sampled at bimonthly intervals between May 1989 and July 1990 by using a can corer. Estimates of growth rate and annual production of this razor clam have been made using the techniques of cohort growth analysis.

Growth rate and production were highest during the first year after spawning and recruitment. The annual production was 2.83 g DWt/m<sup>2</sup>/yr, mean annual biomass 256.3 g/m<sup>2</sup>, and a turnover time of 5.00 year, giving an annual turnover rate (P/B) of 0.20 yr<sup>-1</sup>. The total annual production in wet weight (33.22 g WWt/m<sup>2</sup>/yr) appeared to consist of water in live flesh(72.6%) and shell(18.9%), whereas the dry weight of the soft parts was 8.52%, the ash-free dry weight 5.4%, and the ash content 3.1% of the total wet weight.

### 서 론

해양생물의 생산량 측정은 해양 생태계에서 영양단계에 따른 에너지의 흐름과 유기물의 이동을 분석하는데 기본이 되는 부분이다(Burke and Mann, 1974; Crisp, 1984; Brey, 1986). 해양생물 중에서도 저서동물(底棲動物)은 2차 또는 3차 생산력에 해당하는 영양단계에 속하여, 생태계 모델을 수치화하는데 중요하게 이용되며, 이러한 자료는 유사한 생태계와 비교할 때에도 유익하다(Hibbert, 1976;

Warwick *et al.*, 1978). 저서동물 중에서도 이매패류는 다른 생물에 비해 비교적 이동력이 적고, 패각(貝殼)에 나타나는 연령형질에 의해 연령사정(年齡査定)이 비교적 쉬워 다른 생물군(生物群)보다 생산량을 추정하기에 용이한 장점이 있다(Jamar *et al.*, 1987). 외국의 경우 연안이나 기수역 등 환경변화가 큰 지역에서 지속적으로 생산량을 측정하므로써 에너지 흐름을 통한 군집의 변화와 더 나아가 생태계의 흐름을 파악하려는 노력이 오래 전부터 시도되고 있다.

본 연구는 1990년도 한국과학재단의 일반 기초연구과제(KOSEF 901-0404-047-2) 연구비 지원에 의한 결과임.

## II. 척전지역 간석지에 서식하는 맛조개, *Solen(Solen) strictus*의 생물생산

맛조개 *Solen (Solen) strictus*는 우리나라 서.남해안의 조간대 간석지에 서식하는 대표적인 산업종 중의 하나이며 어민소득에 기여하는 바 크다. 특히 조간대 간석지에서 많은 수산자원을 공급받고 있는 우리나라의 경우 이들 주요 산업종에 대한 생산량 추정에 관한 연구는 더욱 질실한 과제임에도 불구하고 최근에 와서야 바지락(김, 1986; 최, 1987), 동죽(유, 1991; 신, 1992) 등 일부 종에 대해서 이루어졌을 뿐이다.

저서동물의 2차 생물생산(secondary production)에 관한 연구는 그 추정 방법이 다양하고, 같은 종류에 있어서도 지역마다 환경 조건이 다르기 때문에 추정치가 다르게 나타난다. 그러므로 이를 보완하기 위해서는 종류별, 지역별, 환경 요인에 따라 지속적인 조사를 수행함으로써 이들 각 종별 생물 생산을 결정하는 요인을 밝혀 그 신뢰도를 높이는 작업이 필요하다. 더욱이 상업적으로 중요한 자원 생물의 경우 정확한 생산력을 밝히는 일은 수산자원의 효율적인 이용과 관리를 위해 필수적 요소이다.

본 조사는 인천 인근 동춘동에 위치하는 척전지역 조간대 간석지산 주요 저서생물의 성장과 생물 생산에 관한 연구의 일환으로 맛조개의 성장에 대한 조사(홍·박, 1994)에 이어 맛조개의 단위면적당 개체수와 생물량의 자료를 토대로 연간 2차 생물생산량, 순수 유기물의 생산량, 연급군별 성장율, 회전율, 생물 회전시간 등을 파악함으로써 맛조개의 자원 생물학적 연구를 시도하였다.

### 재료 및 방법

현장 채집은 인천시 동춘동에 위치하는 척전 지역 조간대 간석지에서 1989년 5월부터 1990년 7월까지 14개월 동안 격월별로 실시하였다. 이 지역에서 맛조개의 개체군이 가장 잘 발달하고 있는 곳인 육지로부터 바다를 향하여 약 1,500 m 떨어진 지역에 조사 지점을 설정하였다. 또한 어획에 의한 사망이나 인위적 교란을 막기 위해 말목을 설치하고 조사 지역 내의 어민의 출입을 통제하였다(Fig. 1).

Can corer(15×20×30 cm)를 사용하여 1 m<sup>2</sup>의 면적을 깊이 30 cm 이상까지 퇴적물을 정량 채집하였으며, 이를 현장에서 1 mm의 체로 걸러낸 후 잔존물을 10%의 중성 포르말린으로 고정시켜 실험실로 운반하여 맛조개를 선별하였다. 선별된

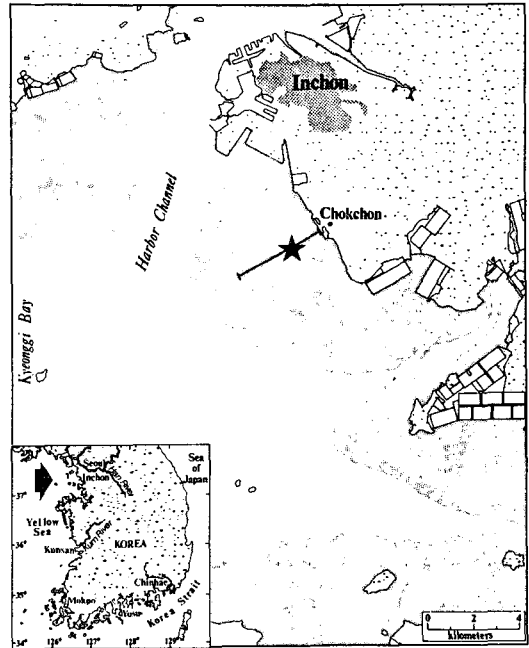


Fig. 1. Map of study area, near Incheon, Korea. The asterisk indicates the location of sampling station.

맛조개는 버어니어 캘리퍼를 사용하여 각장을 측정하고, 10 mg까지 젤 수 있는 저울을 사용하여 습중량(濕重量 WWt, wet weight)을 측정 한 후에 연급군 별로 분리하였다(홍·박, 1994). 그 후 각각의 개체들의 패각(貝殼)을 제거한 육질을 105°C 건조기에서 24시간 건조시킨 다음 건조량(乾重量 DW, dry weight)을 측정하였고, 그 후 다시 전기화로에 넣어 550°C에서 2시간 동안 태워서 회분제의 건조량(灰分除外乾重量 AFDW, Ash free dry weight)을 구하였다.

이들 격월별, 연급군별 자료로부터 다음과 같이 Crisp(1984)에 의해 성장율(成長率)과 생산량(生産量)을 추정하고, Waters(1969)에 의하여 회전율(回轉率, Turnover Ratio)과 회전시간(回轉時間, Turnover Time)을 추정하였다.

$$\text{성장율 } G_i = (\ln W_{t+1} - \ln W_t) / t$$

$$W_t: t \text{ 기간의 평균 중량}$$

$$\text{생산량 } P = \sum \Sigma G_i w_i \Delta t$$

$$G_i: t \text{ 기간 동안의 순간성장율}$$

$$w_i: t \text{ 기간 동안의 무게 변화}$$

생물생산력의 지표인 회전율  $TR = P/\bar{B}$ , 현존하는 생체량이 새로운 생산으로 교체되는데 소요되는 회전시간  $TT = \bar{B}/P$  ( $P$ : 생산량,  $\bar{B}$ : 평균현존량) 등

을 추정하였다.

또한 이들을 습중량, 육질 건중량, 회분제의 건중량, 회분중량 등으로 나누어 생산량을 구하여 상호 비교하였다.

14개월 동안 격월별로 실시된 본 조사기간 중에 채집된 맛조개의 각장(殼長)의 분포 범위는 5.8 mm~72.5 mm이며, 체중별 분포 범위는 습중량의 경우 10 mg 이하에서 6.09 g까지의 범위를 보였다. 육질건중량(flesh dry weight)의 경우 최대 중량이 0.55 g, 회분제의 건중량은 최대중량이 0.42 g, 패각의 무게는 최대중량이 1.81 g을 나타내었다(Table 1).

## 결 과

### 1. 연령별 각장 및 체중의 성장을

Table 1. Sampling date and number of specimens examined from Chokchon tidal flat

Sampling Date	No. of specimens per m <sup>2</sup>	Shell length (mm)	Weight range (g)			
			Wet Wt.	Flesh Dwt.	AFDW	Shell Wt.
July 21, 1989	115	5.8~72.0	< 0.01 -6.09	< 0.01 -0.55	< 0.01 -0.40	< 0.01 -1.71
Sept. 17, 1989	126	12.5~71.2	< 0.01 -4.94	< 0.01 -0.41	< 0.01 -0.34	< 0.01 -1.61
Nov. 3, 1989	25	18.0~64.8	0.08 -3.95	< 0.01 -0.42	< 0.01 -0.28	0.01 -1.01
Jan. 29, 1990	47	17.1~69.0	0.09 -4.58	< 0.01 -0.42	< 0.01 -0.35	0.01 -1.12
Mar. 30, 1990	130	18.9~68.5	0.08 -3.47	0.01 -0.35	0.01 -0.29	0.01 -1.20
May 28, 1990	137	21.6~72.5	0.10 -4.45	0.01 -0.50	0.01 -0.42	0.03 -1.81
July 24, 1990	127	30.0~70.8	0.42 -3.85	0.04 -0.35	0.03 -0.34	0.12 -1.14

패각에 나타난 윤문(輪紋)에 의해 연령을 사정한 결과 총 5개 연급군(年級群, year class)이 출현하였고, 7월에 새로운 0세 연급군이 가입되었다(Fig. 2). 연급군별 패각의 성장을 보면, 전 연령군에서 3월부터 완만한 성장을 보이다가 5월에서 9월 사이에 주로 성장을 하며, 겨울에는 거의 성장하지 않는 것으로 나타났다(Fig. 3). 전반적으로 0세 연령군에서 가장 빠른 패각의 성장을 보였다.

연급군별 유기물 함량의 연중 변화는 1989년에 가입된 0세 연급군은 월동 후에 점진적으로 증가하고 있으며, 1세 이상의 연급군의 경우 3월에서 5월 사이에 급격한 증가를 보이고 있으나 5월 이후 다시 감소하여 3월과 거의 비슷한 수치를 나타냈다(Fig. 4).

한편, 개체수가 비교적 많이 채집된 0세 및 2세 연급군에서 연중 습중량과 육질 건중량, 회분제의 건중량의 변화를 비교한 결과 0세 연급군에서는 월동 이후에 습중량의 급격한 증가를 보이고 있으나 건중량과 회분제의 건중량은 완만한 증가를 보이고 있다(Fig. 5). 성패(成貝)인 2세 연급군의 경우 습중량으로는 체중 성장의 변화를 뚜렷하게 파악하기 어려우나, 육질 건중량과 회분제의 건중량에서는 3월부터 증가하여 5월 이후에 감소하는 양상을 보였다.

계절별 각장과 체중과의 관계를 최소 자승법에 의해 계산한 결과에 의하면 각기 약간의 차이를 볼 수 있다(Table 2). 연급군별 연간 각장과 체중의 성장을 비교해 보면, 각장의 경우 0세부터 1세까지 가장 높은 성장을 보이고, 연령이 증가할수록 각장의 성장이 둔화되고 있다. 습중량에서는 0세에서 3세까지는 유사한 성장 패턴을 보이다가 3세 이후에 둔화되는 양상을 보이며, 육질 건중량은 매우 완만하게 나타나고 있지만 이와 유사한 양상을 보였다(Fig. 6).

각 연령군의 순간 성장율은 새로 가입된 0세 연급군에서 높게 나타났고, 연령이 증가하면서 낮은 성장율을 보인다. 겨울철에는 모든 연급군에서 성장율이 감소하는 경향을 보였다(Table 3). 단위 면적에서 채집된 모든 개체군의 연평균 성장율은 습중량에 의하면 1.17 yr<sup>-1</sup>, 패각의 경우 0.87 yr<sup>-1</sup>, 육질 건중량은 0.57 yr<sup>-1</sup>, 회분제의 건조중량은 0.56 yr<sup>-1</sup>을 나타냈다. 따라서 맛조개의 성장은 그 중량에 있어서 패각이 차지하는 부분이 제일 많고, 순수 유기물의 성장량은 매우 적은 부분을 차지하고 있었다.

### 2. 생산량 추정

개체군의 구성: 조사기간 중 채집된 단위 면적

II. 최전지역 간석지에 서식하는 맛조개, *Solen(Solen) strictus*의 생물생산

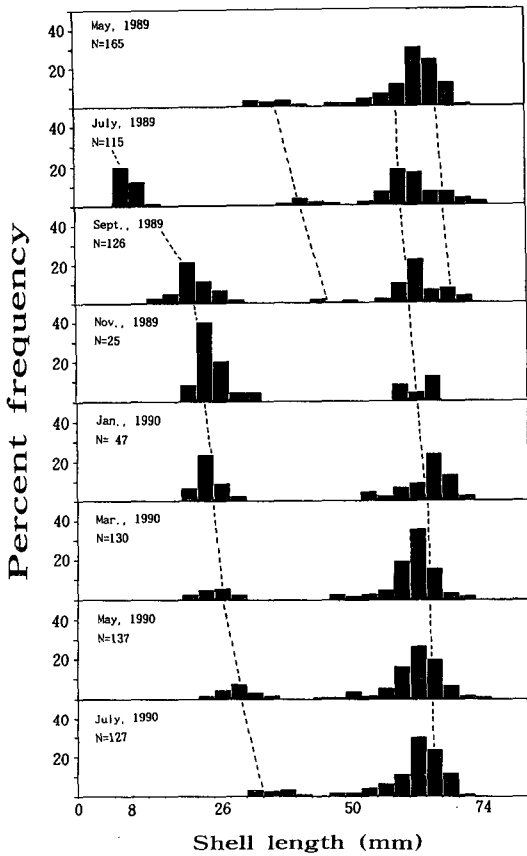


Fig. 2. *Solen (Solen) strictus*. Length-frequency histograms of shells of individuals at Chokchon tidal flat, Incheon, plotted bimonthly from May 1989 to Sept. 1990. Date and no. of individuals collected(N), are given for each sampling date. Dashed lines indicate positions of fitted cohort means.

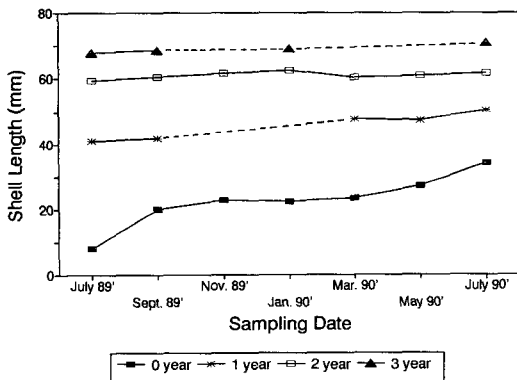


Fig. 3. Growth curves for the four cohorts of *Solen (Solen) strictus* from the shift of the mean shell length values.

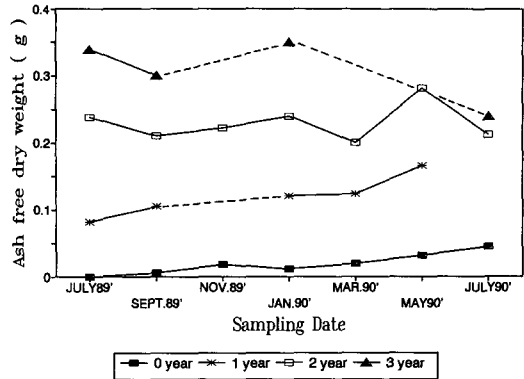


Fig. 4. Growth curves for the four cohorts of *Solen (Solen) strictus* from the shift of the mean ash-free dry weight values.

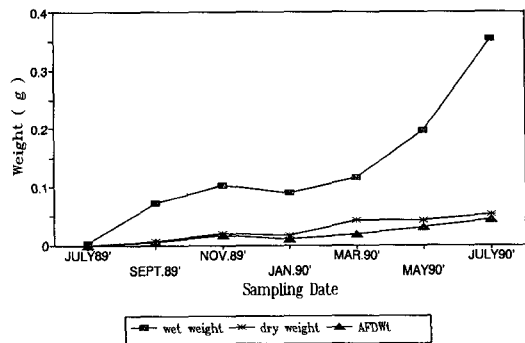
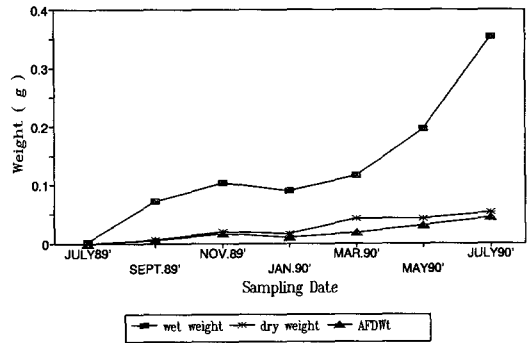


Fig. 5. Mean weight increment of *Solen (Solen) strictus* cohorts for 0-year class(upper half) and 2-year class(lower half).

1 m<sup>2</sup> 당 평균 개체수는 0세에서 4세까지 각각 28 개체, 6개체, 68개체, 4개체, 2개체로 연평균에 따른 차이가 심하며, 연평균 개체수(mean annual abundance)는 101 개체로 나타났다. 반면 연평균별 월 평균 습중량은 각각 0.21 g, 1.46 g, 3.06 g, 4.4 g,

Table 2. Relationship between shell length (mm) and weight (g) for *Solen (Solen) strictus* according to  $y=ax^b$  where  $x$ =shell length in mm.  $r^2$  denotes the correlation coefficient

DATE	Y(g)	Total Wet Weight			Dry Flesh Weight			Ash Free Dry Flesh Weight		
		a	b	$r^2$	a	b	$r^2$	a	b	$r^2$
July 21, 89'		$2.570 \times 10^{-5}$	2.855	0.856	$3.532 \times 10^{-5}$	2.767	0.875	$3.715 \times 10^{-5}$	2.705	0.867
Sept. 17, 89'		$1.738 \times 10^{-5}$	2.926	0.973	$1.999 \times 10^{-4}$	1.746	0.411	$1.148 \times 10^{-4}$	1.827	0.329
Nov. 3, 89'		$1.172 \times 10^{-5}$	3.035	0.987	$6.397 \times 10^{-6}$	2.588	0.905	$7.621 \times 10^{-6}$	2.480	0.917
Jan. 29, 90'		$1.845 \times 10^{-5}$	2.913	0.990	$6.808 \times 10^{-6}$	3.038	0.985	$1.380 \times 10^{-6}$	2.909	0.947
Mar. 30, 90'		$1.734 \times 10^{-5}$	2.908	0.986	$1.291 \times 10^{-4}$	1.822	0.903	$6.266 \times 10^{-6}$	2.523	0.897
May 28, 90'		$1.758 \times 10^{-5}$	2.934	0.982	$9.279 \times 10^{-6}$	2.549	0.941	$3.396 \times 10^{-6}$	2.752	0.935
July 24, 90'		$5.272 \times 10^{-5}$	2.642	0.930	$7.551 \times 10^{-6}$	2.520	0.897	$5.957 \times 10^{-6}$	2.537	0.866

Table 3. Bimonthly variation of the mean weight (W) and growth rate (G) for *Solen (Solen) strictus* at Chokchon tidal flat

Age	Date	Time interval	Mean density	Wet Weight		Flesh DWt.		AFDW		Shell Weight	
				W	G	W	G	W	G	W	G
0	July 89'	0	40	0.01		0.01		0.01		0.01	
	Sept.	0.16	60	0.12	15.53	0.01	0	0.02	4.33	0.03	6.87
	Nov.	0.13	19	0.16	2.21	0.02	5.33	0.02	0	0.04	2.21
	Jan. 90'	0.24	19	0.16	0	0.02	0	0.02	0	0.03	-1.19
	Mar.	0.16	19	0.17	0.38	0.04	4.33	0.02	0	0.04	1.8
	May	0.16	24	0.28	3.12	0.04	0	0.03	2.53	0.08	4.33
	July	0.16	12	0.56	4.33	0.05	1.39	0.05	3.19	0.14	3.5
	Mean		27.6	0.21	4.26	0.03	1.84	0.02	1.65	0.05	2.92
1	July 89'	0	8	0.99		0.10		0.08		0.24	
	Sept.	0.16	2	1.25	1.46	0.13	1.64	0.11	1.99	0.31	1.6
	Jan. 90'	0.37	1	1.75	0.91	0.12	-0.21	0.12	0.24	0.45	1
	Mar.	0.16	6	1.36	-1.58	0.14	0.96	0.12	0	0.38	-1.05
	May	0.16	6	1.62	1.09	0.20	2.23	0.17	2.18	0.38	0
	July	0.16	10	1.81	0.69	0.16	-1.39	0.13	-1.67	0.51	1.84
	Mean		5.5	1.46	0.51	0.14	0.65	0.12	0.55	0.38	0.68
2	July 89'	0	65	2.99		0.21		0.24		0.82	
	Sept.	0.16	59	3.1	0.22	0.26	1.33	0.21	-0.83	0.89	0.51
	Nov.	0.13	6	3.28	0.43	0.30	1.10	0.22	0.36	0.94	0.42
	Jan. 90'	0.24	26	3.21	-0.09	0.27	-0.44	0.24	0.36	0.94	0
	Mar.	0.16	105	2.75	-0.96	0.23	-1.00	0.20	-1.13	0.81	-0.93
	May	0.16	107	3.02	0.58	0.23	0	0.28	2.1	0.86	0.38
	July	0.16	105	3.05	0.06	0.25	0.52	0.25	-0.7	0.87	0.01
	Mean		67.6	3.06	0.04	0.25	0.30	0.23	0.03	0.88	0.07
3	July 89'	0	10	4.59		0.42		0.34		1.36	
	Sept.	0.16	5	4.55	-0.05	0.35	-1.14	0.32	-0.37	1.36	0
	Jan. 90'	0.37	1	4.58	0.02	0.42	0.49	0.35	0.24	1.12	-0.51
	July	0.48	1	3.88	-0.34	0.27	-0.92	0.37	0.12	1.08	-0.07
	Mean		4.3	4.40	-0.12	0.37	-0.52	0.35	0.00	1.23	-0.19
4	July 89'	0	2	5.07		0.50		0.38		1.51	
	Sept.	0.16	1	4.59	-0.61	0.36	-2.05	0.36	-0.33	1.31	-0.87
	Mean		1.5	4.83	-0.61	0.43	-2.05	0.37	-0.33	1.41	-0.87

II. 척전지역 간석지에 서식하는 맛조개, *Solen(Solen) strictus*의 생물생산

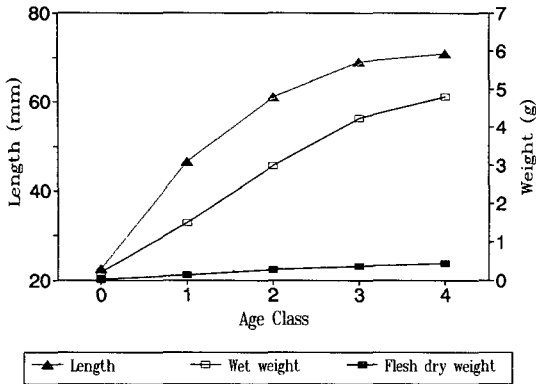


Fig. 6. Shell length and weight increment curves vs. age relation for *Solen (Solen) strictus* at Chokchon tidal flat, Incheon.

4.83 g이며, 연평균 생체량(mean annual biomass)은 256.3 g WWt 이었다(Table 3). 크기-빈도 분포도(size-frequency histogram)에 의하면 2세 연급군에서 가장 많은 개체가 채집되었으며, 상대적으로 1세와 3세 및 4세 연급군의 개체수는 매우 적게 채집되고 있어 특히 1988년도와 1986년도 개체군의 가입(加入, recruitment)이 좋지 않았음을 보여주고 있다 (Fig. 2).

연급군별 연간 생산량의 추정: 육질의 건조중량 자료를 이용하여 생산량을 계산하여 보면 연급군별 연간 생산량은 0세에서 3세까지 각각 1.11 g DWt/m<sup>2</sup>/yr, 0.15 g DWt/m<sup>2</sup>/yr, 1.60 g DWt/m<sup>2</sup>/yr, -0.03 g DWt/m<sup>2</sup>/yr로 나타났다(Table 4). 본 조사 지역에서 맛조개의 연간 생산량(annual production)은 2.83 g DWt/m<sup>2</sup>/yr로 추정되었다. 또한 습중량에

Table 4. Estimates of annual cohort production and P/B ratios for *Solen (Solen) strictus* and total annual population production and P/B in the Chokchon tidal flat between 21 July 1989 and 24 July 1990

Cohort	P(g/m <sup>2</sup> )		Dry Flesh Weight		Ash Free Dry Weight		Shell Weight	
	P	P/B	P	P/B	P	P/B	P	P/B
0 year	17.51	0.64	1.11	0.31	1.08	0.25	1.80	0.26
1 year	3.77	0.10	0.15	0.48	0.21	0.06	1.37	0.15
2 year	12.80	0.01	1.60	0.02	0.72	0.01	3.06	0.02
3 year	-0.86	-0.02	-0.03	-0.01	-0.21	-0.04	0.05	0.07
Total	33.22	0.15	2.83	0.20	1.80	0.07	6.28	0.13

의한 연간 생산량은 33.22 g WWt/m<sup>2</sup>/yr, 육질의 순수 유기물의 연간 생산량은 1.80 g AFDWt/m<sup>2</sup>/yr, 패각의 연간 생산량은 6.28 g WWt/m<sup>2</sup>/yr로 추정되었다. 결국, 인천연안 척전 지역의 간석지산 맛조개의 연간 생산량(습중량) 중에서 수분이 72.6%, 패각은 18.9%, 유기물이 5.4%, 회분(灰分, ash)은 3.1%를 차지하고 있으며, 이러한 비율은 연급군별로 거의 유사하게 나타나고 있다(Fig. 7). 또한 연간 생산량 중에서 각 연급군별로 차지하는 비중을 건조중량에서 보면 2세 연급군이 가장 많은 55.9%, 0세 연급군이 38.8%를 차지하였고, 1세 연급군이 5.2%를 차지하였다(Fig. 7).

0.48 yr<sup>-1</sup>, 0.02 yr<sup>-1</sup>, -0.01 yr<sup>-1</sup>로 나타났으며, 연평균 P/B 비율은 0.20 yr<sup>-1</sup>로 추정되었다(Table 4). 결론적으로 조사 당시의 상황에서 본 조사 지역의 맛조개 개체군의 평균 생체량이 2차 생물생산에 의해 같은 양의 생체량으로 교체되는 데 걸리는 회전시간(turnover time)을 회전율의 역수로서 계산하면 5.00년으로 추정된다. 또한 습중량에 의한 연간 회전율과 회전시간은 각각 0.15 yr<sup>-1</sup>과 6.67년이고, 순수 유기물은 0.07 yr<sup>-1</sup>과 14.29년, 회분은 0.13 yr<sup>-1</sup>과 7.69년으로 추정되었다.

고 찰

3. 회전율과 회전시간

생물 생산력의 지표(指標)인 회전율(turnover rate)은 연간 생산량(annual production)을 평균 생체량(mean biomass)으로 나눈 P/B 값으로 구했다(Waters, 1969). 이들 회전율을 연령군별 육질 건조중량으로 보면 0세에서 3세까지 각각 0.31 yr<sup>-1</sup>,

1. 연령별 각장 및 체중의 성장률

吉田(1939)에 의하면 맛조개는 산란 후 약 1개월간의 부유유생 시기를 거치며, 부유자패의 크기가 0.24~0.26 mm 정도가 되면 저서생활기로 가입하게 되는데 6월~8월 사이에 착저(着底)한 초기

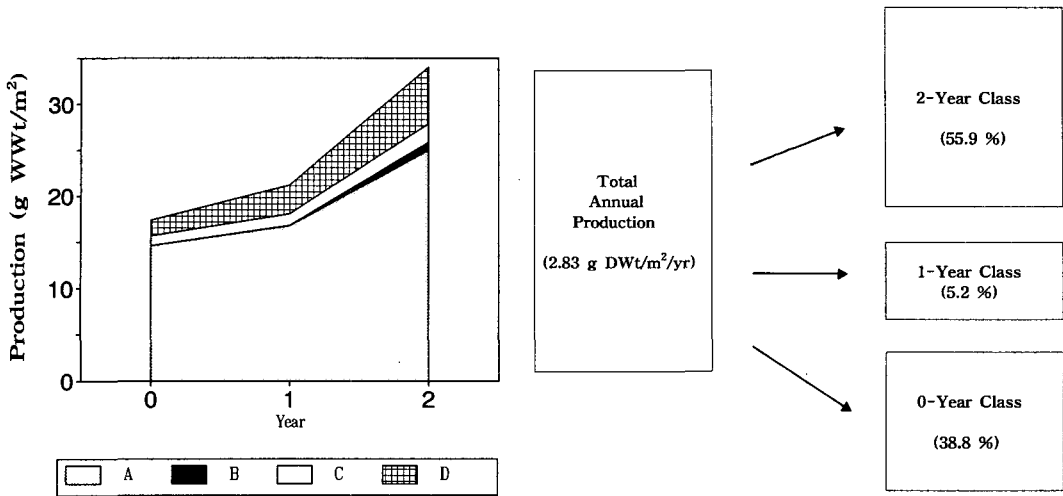


Fig. 7. The production increment of *Solen (Solen) strictus* in live weight(left) and their proportion of the three cohorts(right)(A: Water in live flesh; B: Ash in flesh; C: Organic flesh matter, D: Inorganic shell matter).

치패가 다량 채집된다고 하며, 특히 8월이 되면서 성체와 같은 모양을 한 약 10 mm 내외의 치패가 간석지에서 채집되는 것이 보통이다(河原, 1970). 본 조사에서 채집된 가장 작은 5.8 mm의 크기를 가지는 치패는 0.01 g 이하의 무게로서 정확한 측정이 쉽지 않다. 따라서 이 시기의 미소한 체중 변화를 알아내기란 어려운 일이며 성장율이 가장 빠른 초기 연급군에서의 이러한 생물생산의 누락은 전체 성장율에 대해서도 다소 영향을 미칠 수 있을 것으로 보여진다.

크기-빈도 분포도에서도 알 수 있듯이 본 조사에서는 0세 연급군이 7월에 가입(加入)하는 것으로 보아 맞조개는 1989년의 경우 6월에서 7월 사이에 부유유생 시기를 마치고 저서생활로 이행(移行)하고 있음을 알 수 있으며, 또한 연급군별로 개체수의 차이도 매우 크게 나타나고 있어 해에 따라 가입량에 큰 차이가 있음을 보여준다(Fig. 2). 한편, 1세 연급군이나 3세 이상의 연급군에서는 당해 년도의 빈약한 가입(recruitment)으로 말미암아 채집된 개체수가 너무 적어서 패각이나 체중의 성장을 정확히 파악하기는 어렵지만 부분적인 변화를 보면 0세 연급군을 제외하고는 계절적으로 거의 유사한 형태의 성장이나 체중의 변화를 보이고 있음을 알 수 있다(Figs. 3, 4). 또한 1989년 5월에 채집된 1세 연급군의 평균 각장은, 1989년에 가입되어 1년이 되는 1990년 5월의 1세 연급군의 그것에 비해 약간의 감소가 있었다(Fig. 2). 이러한 양상은 모든 연급군에서 나타나는데, 이것은 전반적으로 전년도

에 비해 성장이 둔화되었다고 말할 수 있다. 이러한 현상은 체중에서도 나타난다. 즉, 1989년의 0세 연급군이 1년이 되는 시기인 1990년 7월의 평균 습중량은 0.56 g이나 1989년 1세군의 경우는 0.99 g이었다(Table 3). 그러므로 패각의 성장과 체중이 이전보다는 둔화되고 있음을 알 수 있다.

각 연급군별 회분제의 건중량의 변화에서 2세 연급군이 봄철(3월~5월)에 급격히 증가하는 것은 생식소의 발달에 의한 것이며, 7월의 감소는 홍·박(1994)에서 추정하고 있듯이 6월의 방란·방정에 의해 체중이 급감(急減)하였기 때문인 것으로 해석할 수 있다(Fig. 4). 다만 여기에서 1세군이 1990년 봄철의 산란에 참여하는지의 생물학적 최소형(生物學的最小形, Biological Minimum Size)에 관한 내용은 당해 연급군의 개체수의 부족으로 분명하게 밝힐 수는 없었으나, 3월 이후의 급격한 체중의 증가로 보아 2년생(1세군) 개체들은 생식에 참여하는 것으로 보여진다.

Fig. 5에서 나타난 0세 연급군의 계절별 체중 변화를 보면 착저 후 1년이 되는 기간 동안에는 육질의 성장 보다는 패각의 성장이 현격하게 높다는 것을 의미한다. 이러한 양상은 특히 성장율이 높은 여름철에 두드러지게 나타나고 있다. 이러한 결과는 체중이 가벼운 어린 개체군의 습중량을 이용하여 성장을 계산할 경우 커다란 오류를 범하게 되며, 생산량 추정에도 중대한 영향을 미치게 될 수 있음을 시사하고 있다. 개체수가 비교적 많아서 분석이 가능한 0세 연급군과 성체인 2세 연급군의 경

## II. 척전지역 간석지에 서식하는 맛조개, *Solen(Solen) strictus*의 생물생산

우 이들 모두가 육질 건중량(flesh DWt)과 회분제의 건중량(AFDwt)의 계절 변화가 매우 유사하게 나타나고 있어 맛조개의 경우 육질건중량 측정에 의한 성장이나 생산량 측정으로 순수 유기물 생산량의 변화를 추론하여도 가능하리라 생각된다. 이를 확인하기 위해 각장과 체중과의 계절별 회귀분석을 실시한 결과도 역시 육질 건중량과 회분제의 건중량은 유사한 상관관계를 나타내고 있다(Table 2). 그러나 이러한 상관관계는 모든 연급군이 동일하게 가입되었을 경우에 더욱 유효하게 사용이 가능하며, 본 조사지역에서처럼 연급군별 서식 개체수의 변화가 클 경우에는 다소 다른 결과를 초래할 수도 있다. 그러므로 좀 더 유효한 관계식을 정립하려면 많은 재료와 지속적인 조사가 요구되는 부분이다.

연간 성장을 측정은 3세 이하의 연급군만으로 계산하였다. 왜냐하면 4세 연급군의 경우 1989년 7월과 9월에만 각 1개체씩 채집되었기 때문에 연급군의 대표성을 취하기 어렵다고 보기 때문이다.

연급군별 연중 성장율은 연령이 높을수록 개체수의 감소로 인하여 마이너스(-) 성장값이 나타난다. 이는 일반적으로 사망량의 증가로 유추할 수 있다. 그러나 본 조사에서 나타나는 마이너스 성장은 겨울철인 1989년 11월과 1990년 1월에 채집된 개체수가 매우 적을 뿐만 아니라 1세 연급군의 가입량 또한 너무 적다는 것에 의한 것으로 생각된다. 따라서 생물의 생산량을 추정할 때 표본생물의 개체수는 매우 중요한 요인으로 작용한다(Cranford *et al.*, 1985). 그러므로 이 지역에서의 보다 정확한 맛조개의 성장율을 추정하기 위해서는 보다 넓은 지역에서, 월별로 장기간에 걸친 조사가 수행되어야 보다 정확한 추정치를 얻을 수 있다.

### 2. 생산량 추정

생산량(Production)은 생물의 성장율과 밀접한 관계를 가지고 있다. 생산량을 추정하는 방법으로는 여러가지가 있으나 홍·박(1994)에 의해 맛조개는 윤문(輪紋)으로 연령사정이 가능한 것으로 판정되었기 때문에 Crisp(1984)에 의한 각 연령군별 성장율에 따른 추정 방법을 채택하였다. 그러나 윤문이 형성되는 시기인 5월에 채집된 개체군의 경우 연급군 분류가 모호할 경우가 생기므로 이를 각장에 의한 크기-빈도 분포도와 체중의 분포 패턴을 참고하였다.

1989년 5월에서 1990년 7월까지 채집된 맛조개의 크기-빈도 분포를 분석한 결과, 89년 5월의 경

우 88년에 가입되어 서식하고 있는 1년생 연급군의 개체수가 다른 연급군에 비해 매우 적은 분포를 보이고 있으며, 89년 7월에는 새로 가입된 연급군이 나타나기 시작하였다. 그러나 90년 7월의 경우 89년과 비슷한 시기에 채집을 실시하였음에도 불구하고, 치폐가 채집되지 않았다(Fig. 2). 홍·박(1994)은 이러한 90년도의 맛조개의 가입이 전년도 보다 늦은 원인을 수온에 의한 것으로 추론하고 있다. 이는 맛조개의 가입과 성장이 무기적 또는 생물적 환경요인의 연변동에 따라 매년 약간의 차이를 보이는 것으로 해석할 수 있다. Wolff & de Wolf(1977)는 네덜란드의 Grevelingen 조간대에서 발트대양조개(*Macoma balthica*)의 생산량을 측정 한 결과, 같은 종 내에서도 서식하는 조위에 따라 다르다고 보고하였으며, Beukema *et al.*(1977)은 환경요소, 간출시간의 길이, 먹이가 되는 생물의 양 등에 따라 같은 해역에서도 지역에 따라 다를 수 있으며 또한 연변동도 있다고 하였다. 이 외에도 Wilde and Berghuls(1979)는 실험실 내에서 조사된 결과이지만 수온이 생산량에 상당한 영향을 미친다고 하였다. 결국 같은 지역이라도 생물이 서식하는 환경에 따라 생산량은 달리 나타날 수 있다. 따라서 본 조사지역에서 추정된 2.83 g DWt/m<sup>2</sup>/yr이라는 연간 생산량이 이 지역에 서식하는 맛조개의 절대적인 생산력으로는 단정할 수 없으며 동일한 지역에서도 여러가지 환경 요인, 대상종의 서식 밀도, 연급군 분포 등 물리·화학적 및 생물학적 요인들에 따라 변화할 수 있다.

연급군 분석 결과 4세군까지 5개의 연급군으로 구분되었으나, 연간 생산력 측정에서는 3세군까지 4개의 연급군 만을 적용하였다. 특히 4세군을 제외시킨 것은 89년 7월과 89년 9월에 2개체씩 채집되어 연급군의 대표성을 전혀 취하지 못하고 있다. 3세군에서도 연간 생산량이 마이너스 값을 나타내고 있어 이와 비슷한 경향을 보이지만 사망율에 따른 생산량 감소의 의미가 포함될 것으로 사료되어 연간 생산량 측정에 포함하였다. 여기에서 특기할 만한 사항은 특정 연급군의 생산량에서 나타난 음수 값이다. 생산량에서 음수 값이 나오는 경우는 개체의 생체량이 감소할 때 나타나며, 일반적으로 산란 직후에 생산량이 음수를 나타낼 수 있다(Tanaka & Kikuchi, 1978; Crisp, 1984). 본 조사에서는 겨울철에 음수 값이 나타나고 있는데 이것은 전반적인 채집 개체수의 감소에 의한 것이라 볼 수 있다.

습중량으로 보았을 때 맛조개의 연간 생산량



33.22 g WWt/m<sup>2</sup>/yr 중에서 72.6%가 체내의 수분이 차지하고 있는데 비하여 패각은 18.9%, 육질 건중량은 8.5%, 순수 유기물의 생산량, 즉 회분제의 건조중량은 5.4%, 회분(灰分, ash)은 3.1%였다(Table 4). Hosomi(1985)가 일본의 Kobe시 Suma 연안산 진주담치(*Mytilus galloprovincialis*)의 생산량 추정에서 체내 수분 함유량은 55.5%이고, 순수 유기물 생산량은 5.5%를 나타내어 본 조사에서 추정된 맛조개의 그것과 비슷한 결과를 보고하였다. Johannessen(1973)가 노르웨이 Bergen대학 생물연구소 주변 사력질 해변(sand-gravel beach) Seljeholen에서 조사한 바지락(*Venerupis pullastra*)의 생산량 조사에서도 육질 부분의 건중량은 습중량의 19.66%, 회분은 2.65%로 보고하였다. 한편, 맛조개의 회분 생산량(shell production)은 6.28 g WWt/m<sup>2</sup>/yr으로 전체 습중량의 약 18.9%를 차지하고 있다. 이매패류는 조간대에서 탄산염을 생산하는 중요한 생물군이다(Beukema, 1980, 1982). 회분 생산량은 육질보다 측정이 간단하고, 계절 변화도 적어서 생산량 추정이 용이하다(Beukema *et al.*, 1977). 그러므로 회분 생산량을 구하고 이를 생물 생산량과 대비할 경우 적은 시간으로 전체 생산량을 추론할 수도 있다. 회분의 무게는 성장과 함께 지속적으로 증가하므로 고연령군의 개체가 많을수록 생산량에서 차지하는 비중이 높게 나타나며(Hosomi, 1985), 맛조개에서도 같은 경향을 보였다(Fig. 7).

생산량 추정에서 간과하기 쉬운 또 하나의 문제는 산란 후 부유유생 시기를 거쳐 착저하고 채집되는 크기로 성장하기까지의 개체의 생산량이 포함되지 않은 것과, 일시적인 조사에 의해 측정된 생산량 추정치의 대표성 문제이다(Buchanan & Warwick, 1974). 본 조사에서도 정확한 무게 측정이 쉽지 않은 미소한 크기의 생산량은 제외되었다. 특히 0세 연급군이 습중량에서는 전체 생산량의 58.5%, 건중량에서는 전체의 39.2%로 높은 비중을 보이고 있어서 현재의 생산량 추정치에 어느 정도 그 영향을 감안해야 된다고 본다. 그러나 현재까지 생산량 추정에 관한 연구의 대부분은 이 부분에 대한 생산량이 포함되지 않고 있는 것이 현실이다. Warwick *et al.* (1978)은 동일한 측정방법을 사용하여 본 종과 유연종(類緣種)인 영국산 죽합과(Solenidae)에 속하는 *Ensis siliqua*의 경우 연간 생산량이 1.37 g DWt/m<sup>2</sup>/yr으로 추정하였다. 본 조사에서의 육질 건중량에 의해 추정된 2.83 g DWt/m<sup>2</sup>/yr 보다는 낮게 나타났지만 유사한 값을 보였다. 그러나 같은 지역에 서식하는 같은 죽합과의 *Pharus le-*

*gumen*은 16.12 g DWt/m<sup>2</sup>/yr로 5배 이상의 높은 생산력을 보였다(Table 5).

한편, 국내에서 조사된 이매패류의 생산량 추정치를 살펴보면, 김(1986)에 의해 조사된 서해 가림만산 바지락(*Ruditapes philippinarum*)의 건중량에 의한 생산량은 50.28 g DWt/m<sup>2</sup>/yr이었으며, 최(1987)의 삼천포 연안산 바지락의 습중량으로 계산한 생산량은 283.2 g WWt/m<sup>2</sup>/yr이었다. 물론 같은 종의 생산량을 추정하였지만 무게 측정의 방법, 생산량 추정의 계산방법과 조사 면적 등이 다르기 때문에 직접적인 비교는 어렵다. 유(1991)가 조사한 서해안 군산 조간대산 동죽(*Macrta veneriformis*)은 패각을 포함한 습중량으로 연간 생산량이 3,933.27 g WWt/m<sup>2</sup>/yr이나 되며, 신(1992)은 본 조사지역과 가까운 인천 송도 조간대산 동죽의 연간 육질 건중량에 의한 생산량은 67.9 g DWt/m<sup>2</sup>/yr으로 보고하였다. 현재까지 국내에서 보고된 생산량에 관한 연구도 그리 많지 않지만, 그 결과도 지역 또는 측정 방법에 따라 현저한 차이를 보이고 있어 이에 대한 더 많은 자료가 축적되어야 해석이 가능할 것으로 생각된다. 특히 생산량 추정에 관해서는 무게 측정을 육질의 건조중량(g DWt/m<sup>2</sup>/yr)으로 계산하는 것이 일반적이며, 자료의 상호 비교를 위해 바람직하다(Table 5).

### 3. 회전율과 회전시간

회전율은 온도, 성장을 및 포식율(predation rate) 등에 의해 영향을 받는데(Gray, 1981), 본 조사 지역의 맛조개에 의해 생산되는 2차 생산량의 회전율은 육질 건중량으로 0.20으로 추정되었으며, 회전 시간은 5.00년으로 계산되었다. 이 값은 신(1992)에 의해 조사된 본 조사 지역의 인근 송도 간석지산 동죽(*Macrta veneriformis*)의 회전율 2.15보다 낮은 값을 보이고 있어 동죽에 비해 성장율이 낮은 것으로 생각된다. 그러나 Warwick *et al.* (1978)이 영국 South Wales의 Carmarthen Bay에서 조사한 같은 죽합과의 *Ensis siliqua*의 0.27과 비슷한 값이며, *Pharus legumen*의 0.56 보다는 낮은 값이다.

결론적으로, 올바른 생산량 추정을 위해서는 알맞은 크기의, 정확한 샘플의 채집과 계산 및 분석이 이루어져야 한다(Tanaka & Kikuchi, 1978). 결국 맛조개의 정확한 2차 생산력을 알기 위해서도 환경요인의 변화와 함께 지속적인 조사가 이루어져 개체군의 연변동에 대한 자료의 보완이 뒤따라야 한다고 본다. 본 조사는 생산량 추정시 일반적으로 행해지는 1개월 간격의 조사와는 달리 격월 조

II. 척전지역 간석지에 서식하는 맛조개, *Solen(Solen) strictus*의 생물생산

Table 5. Annual production and P/ $\bar{B}$  ratios of benthic bivalves

Species	Production g DWt/m <sup>2</sup> /yr	P/ $\bar{B}$	Locality	Reference
<i>Mya arenaria</i>	2.66	0.5	Lynher Estuary, U. K. intertidal	Warwick & Price (1975)
<i>Macoma balthica</i>	0.31	0.9	〃	〃
〃	1.93	1.53	Petpeswick inlet, E. Canada, intertidal	Burke and Mann (1974)
〃	10.07	2.07	Ythan Estuary Scotland, intertidal	Chambers and Milne (1975)
〃	3.40	1.93	Grevelingen Estuary Netherlands, intertidal	Wolff & de wolf (1977)
〃	0.95	1.00	〃	〃
〃	0.07	0.30	〃	〃
〃	-0.74	-0.25	〃	〃
<i>Macoma incongrua</i>	1.76	3.7	Tomoe Cove Amakusa, Japan	Tanaka & Kikuchi (1971)
<i>Cerastoderma edule</i>	0.21	0.2	Lynher Estuary, U. K. intertidal	Warwick & Price (1975)
〃	29.25	1.59	Southhampton, U. K. intertidal	Hibbert(1976)
〃	71.36	1.10	〃	〃
<i>Ensis siliqua</i>	1.37	0.27	Carmarthen Bay South Wales	Warwick <i>et al.</i> (1978)
<i>Pharus legumen</i>	16.12	0.56	〃	〃
<i>Solen (Solen)strictus</i>	2.83	0.2	Chokchon, Inchon Tidal flat	Present study
<i>Mactra veneriformis</i>	67.9	2.15	Songdo, Inchon Tidal flat	Shin(1992)
* 〃	3,933	1.02	Kunsan, Korea Intertidal	Ryou(1991)
<i>Tapes philippinarum</i>	50.28		Garolim Bay Tidal flat	Kim(1986)
* 〃	283.2	0.85	Sinsudo, Samcheonpo Intertidal	Choi(1987)

\* Production values calculated in wet weight(g WWt/m<sup>2</sup>/yr).

사에 의한 표본을 분석하므로써 대상종에 대한 다소 미세한 생물생산의 구조를 파악할 수 없다는 문제점이 있으나 단위 면적(1 m<sup>2</sup>) 내의 모든 퇴적물을 1 mm 체를 이용하여 모두 걸러 대상생물을

선별·조사함으로써 부유유생 시기를 마치고 막착저한 시기 이후의 모든 생물생산의 구조를 파악할 수 있었다는 점에서 중요한 의미를 찾을 수 있을 것이다.

요 약

1989년 5월부터 1990년 7월까지 1년동안 조사한 인천 인근 동춘동에 위치하는 척전지역 간석지산 맛조개의 성장율과 생물 생산량은 다음과 같다.

조사된 맛조개의 연평균 생체량은 256.3 g WWt/m<sup>2</sup>, 연평균 개체수는 101 개체/m<sup>2</sup>이며, 연평균 성장율은 1.39 yr<sup>-1</sup>이었다. 성장율은 새로 가입된 0세 연급군에서 높게 나타났으며, 주로 패각의 성장이 1.35 yr<sup>-1</sup>로 성장율에 영향을 미치고 있다.

맛조개의 연간 생물생산량은 건조중량으로 2.83 g DWt/m<sup>2</sup>/yr이며, 습중량에 의한 생산량은 33.22 g WWt/m<sup>2</sup>/yr, 패각 생산량은 6.28 g WWt/m<sup>2</sup>/yr, 유기물 생산은 1.80 g AFDWt/m<sup>2</sup>/yr로 나타났다. 맛조개의 연간 생산량(습중량) 중에서 수분이 72.6%, 패각은 18.9%, 육질 건조중량이 8.5%, 유기물이 5.4%, 회분(灰分, ash)은 3.1%를 차지하고 있으며, 이러한 비율은 연급군별로 거의 유사하게 나타나고 있다.

맛조개의 생물량 회전율(P/B ratio)은 건조중량으로 계산했을 때 0.20 yr<sup>-1</sup>이며, 맛조개 개체군의 생체량이 같은 양의 생체량으로 교환되는데 걸리는 회전시간은 약 5.00년으로 추정되었다. 그러나 순수 유기물의 회전율은 0.07 yr<sup>-1</sup>이고, 회분의 경우 0.13 yr<sup>-1</sup>으로 유기물보다 매우 빠른 회전율을 나타내었다.

참 고 문 헌

김완수. 1986. 가로림만 바지락(*Tapes philippinarum*)의 성장, 사망 및 생산. 충남대학교 석사학위 청구 논문, 44p.

신현출. 1992. 동족(*Macra veneriformis*)의 성장과 개체군 동태. 서울대학교 박사학위 청구 논문, 135p.

柳東基. 1991. 群山 沿岸에 棲息하는 동족(*Macra veneriformis* Reeve)의 二次生産에 關한 研究. 순천향대학교 수산학석사 학위논문, 36p.

최명민. 1987. 삼천포 신수도 연안에 서식하는 바지락 *Tapes philippinarum*의 2차 생산에 관하여. 부산수산대학 석사학위 청구 논문, 45p.

홍재상 · 박홍식. 1994. 인천연안 조간대 주요 저서생물의 성장과 생물생산. 1. 척전지역 간석지에 서식하는 맛조개 *Solen (Solen) strictus*의 성장. 한국수산학회지, 27(5), 549~559.

吉田 裕. 1937. マテカイの浮遊仔貝竝に稚貝に就て. Venus IX(3~4), 145~149.

河原辰夫. 1970. マテカイの生活史を追って. 科學朝日 30(2). 122~126.

Beukema, J. J., G. C. Cadée and J. M. Jansen. 1977. Variability of growth rate of *Macoma balthica* (L.) in the Wadden Sea in relation to availability of food. In: Biology of Benthic Organisms. Ed. by B. F. Keegan and P. O. Ceidigh, 11th European Symposium on Marine Biology, Pergamon Press., pp. 69~77.

Beukema, J. J. 1980. Calcimass and carbonate production by Molluscs on the tidal flats in the Dutch Wadden Sea- *Macoma balthica*. Neth. J. Sea Res., 14, 323~338.

Beukema, J. J. 1982. Calcimass and carbonate production by Molluscs on the tidal flats in the Dutch Wadden Sea- *Cerastoderma edule*. Neth. J. Sea Res., 15, 391~405.

Brey, T. 1986. Estimation of annual P/B-ratio and production of marine benthic invertebrates from length-frequency data. Ophelia, 4, 45~54.

Buchanan, J. B. and R. M. Warwick. 1974. An estimate of benthic macrofauna production in the offshore mud of the Northumberland Coast. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 54, 197~222.

Burke, M. V. and K. H. Mann. 1974. Productivity and production: biomass ratios of Bivalvia and Gastropoda populations in an eastern Canadian estuary. J. Fish. Res. Bd. Can., 13, 167~177.

Chambers, M. R. and M. Milne. 1975. The production of *Macoma balthica* in the Ythan Estuary. Est. Coastl. Mar. Sci., 3, 443~455.

Cranford, P. J., D. L. Peer and D. C. Gordon. 1985. Population dynamics and production of *Macoma balthica* in Cumberland Basin and Shepody Bay, Bay of Fundy. Neth. J. Sea Res., 19, 135~146.

Crisp, D. J. 1984. Energy flow measurement. In: Methods for the study of marine benthos. Edited by Holme, N. A. and A. D. McIntyre, Oxford: Blackwell Scientific Publications., pp. 197~279.

Gray, J. S. 1981. The Ecology of Marine Sediments. Cambridge University Press, 185p.

Hibbert, C. J. 1976. Biomass and production of a

- bivalve community on an intertidal mud-flat. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 25, 249~261.
- Hosomi, A. 1985. The production, daily production, biomass and turnover rate of the mussel *Mytilus galloprovincialis*. Venus, 44(4), 270~277.
- Jamar, E. L., G. Gonzalez and J. Mejuto. 1987. Ecology, growth and production of *Thyasira flexuosa* (Bivalvia, Lucinacea) from ria de la Coruña, Northwest Spain. Ophelia, 27(2), 111~126.
- Johannessen, O. H. 1973. Length and weight relationships and the potential production of the bivalve *Venerupis pullastra* (Montagu) on a sheltered beach in Western Norway. Sarsia, 53, 41~48.
- Tanaka, M. and T. Kikuchi. 1978. Ecological studies on benthic macrofauna in Tomoe Cove, Amakusa. II. Production of *Musculista senhousia* (Bivalvia, Mytilidae). Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab., 4(3), 215~233.
- Warwick, R. M., C. L. George and J. R. Davis. 1978. Annual macrofauna production in *Venus* community. Estuar. Coast. Mar. Sci., 7, 215~241.
- Waters, T. F. 1969. The turnover ratio in production ecology of fresh water invertebrates. Am. Nat., 103, 173~185.
- Wilde, P. A. W. J. and E. M. Berghuls. 1979. Cyclic temperature fluctuation in a tidal-flat. In: Cyclic phenomena in marine plants and animals. Edited by Naylor, E. and Hartnoll, R. G., Proc. 13th European marine Biology Symposium, 27 Sept.-4 Oct. 1978, Pergamon Press, pp. 435~441.
- Wolff, J. W. and L. de Wolf. 1977. Biomass and production of zoobenthos in the Grevelingen estuary, Netherlands. Estuar. Coast. Mar. Sci., 5, 1~24.

---

1994년 8월 5일 접수

1994년 9월 10일 수리