

인천연안 간석지산 주요 저서생물의 성장과 생물생산

I. 척전지역 간석지에 서식하는 맛조개,
*Solen (Solen) strictus*의 성장홍재상 · 박흥식
인하대학교 해양학과Growth and Production of Macrobenthic Fauna on
a Macrotidal Flat, Inchon, KoreaI. Growth 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

Razor clam, *Solen (Solen) strictus*, was collected between May 1989 and July 1990 on a macrotidal flat, Inchon, Korea. The population sampled at just above mean sea level had a mean density of 126 individuals/m². Age was determined for 872 specimens by counting annuli, a series of closely-spaced concentric growth lines. According to the fatness index spawning seemed to have occurred once per year in June, and the first recruits for the 1989 year cohort population were found in July. *Solen (Solen) strictus* on the Chokchon tidal flat reached a shell length of 6.2 cm in four years.

Mean growth in shell length can be described by the von Bertalanffy function, which yielded estimates of growth parameters equivalent to L_∞ = 81.865 mm shell length and K = 0.320 per year:

$$L_t = 81.865 (1 - e^{-0.320(t+0.487)})$$

$$W_t = 7.173 (1 - e^{-0.320(t+0.487)})^3$$

서론

우리나라는 예로부터 조간대 간석지에서 많은 양의 수산자원을 획득하여 왔으며, 현재에도 이 지역에서의 수산물 생산량은 매우 높은 비중을 차지하고 있다. 이러한 수산자원의 이용율에 비해 간석지산 자원생물에 대한 정확한 성장이나 생산에 관한 연구는 거의 없다.

일반적으로 개체군 연구를 실시하기 위해서는 시간의 경과에 따른 서식밀도, 생물량, 연령별 성장율에 관한 정보가 필요하다. 특히 다년생 생물의 경우 먼저 연령군(年齡群)의 구성을 분석하고, 연령군별 성장 패턴을 알아보는 것이 일반적이다. 특히 이동성이 약한 이매패류의 자원량은 가입(加入) 후의 성장(成長)과 사망(死亡)이라는 두 과정에 의해 결정된다. 개체군의 성장과 사망을 추정

하기 위해서는 연령별 생존 개체수와 개체의 중량을 알아야 한다. 따라서, 연구 대상이 되는 생물의 연령 형질을 찾아내고, 이를 판독하는 것이 개체군 번동을 규명하는데 중요하다. 이매패류에 있어서는 패각의 성장에 따른 윤문형성(輪紋形成)이 연령을 사정하는데 중요하게 작용하기 때문에 윤문의 형성 시기와 산란 시기를 대비하여 연령을 판정하고 있다. 이렇게 연령별 성장 패턴이 파악되면 생물의 성장모델과 생산량을 추정할 수 있기 때문에 수산자원의 합리적 관리를 위해 매우 중요한 정보를 제공하게 된다.

본 조사지역인 인천연안 간석지에는 산업적으로 중요한 많은 이매패류가 서식하고 있어 예전부터 초기발생이나 성장에 관한 조사가 활발히 이루어져 왔다(최, 1971; 최, 1975; 최·송, 1973). 한국산 이매패류의 성장에 관한 연구로도 金 等(1977)의 충남 서천군 서면 부사리 소재 백합 양식장산 백합(*Meretrix lusoria*), 황·황(1981)의 동해 주문진 부근에 서식하는 민들조개(*Gomphina melanaegis*), 姜·金(1983)의 강원도 양양군 인구리산 북방대합(*Spisula sachalinensis*), 신(1992)에 의한 인천시 송도 갯벌 조간대산 동죽(*Mactra veneriformis*) 등에 대하여 von Bertalanffy 성장 방정식을 적용한 예가 있다.

맛조개(*Solen (Solen) strictus* Gould, 1861)는 붉은맛(*Solen (Solen) gordonis*) 및 대맛(*Solen (Solen) grandis*)과 함께 죽합과(Solenidae)에 속하는 우리나라의 대표적인 산업종 중의 하나이며, 주로 한반도 서남쪽 사니질 조간대 지역에 서식하는 현탁물식자(懸濁物食者, suspension feeder)이다. 한국산 맛조개에 대해서는 진해만에 서식하는 맛조개의 부유유생(浮遊幼生)에 관한 연구가 일본인 吉田(1939)에 의해서, 정 등(1986)에 의한 맛조개의 생식주기에 관한 연구, 그리고 최근에 Kim & Ho(1991) 및 Kim(1993)에 의한 황해산 맛조개류의 체내에 공생하는 요각류(Poecilostomatoid Copepoda) 4 신종(新種)의 보고가 있을 뿐이다. 이렇듯 맛조개에 대한 전반적인 생물학적 조사는 미비할 뿐만 아니라 초기 발생단계에 대한 조사만 이루어져 있으며, 착저 이후의 성장에 대한 조사는 전무하다. 본 조사에서는 착저 이후 시간의 경과에 따른 맛조개의 성장을 밝히기 위해 연령을 사정하고, 이를 토대로 한 연급군별 성장 패턴을 von Bertalanffy 성장 모델에 적용시켜 맛조개의 성장 양상을 추정하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 시료는 1989년 5월부터 1990년 7월까지 14개월 동안 격월별로 인천시 남구 동춘동에 위치한 최전 어촌계의 관할 구역에서 채집되었다. 연안의 제방으로부터 바다로 향하여 맛조개 분포의 중심을 이루는 직선거리 1,500 m 지점에 조사 정점을 정하고, 어획에 의한 사망이나 인위적인 교란을 막기 위해 말목을 설치하였으며, 어촌계의 협조를 얻어 조사지역 내에 어민의 출입을 통제하였다(Fig. 1).

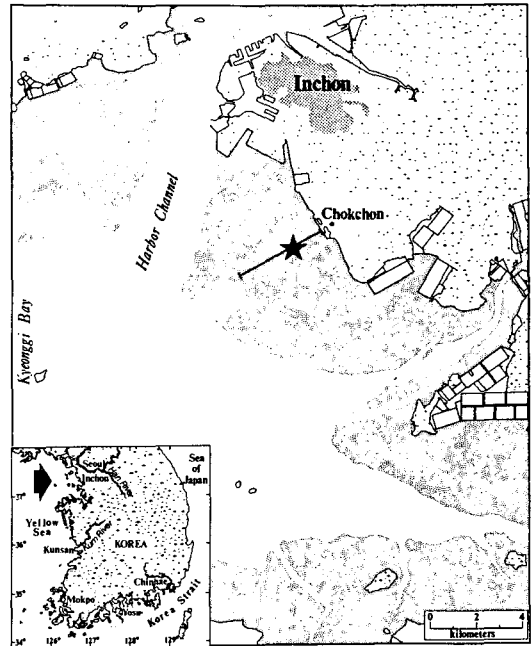


Fig. 1. Map of Chokchon tidal flat, Incheon, Korea, showing the sampling location where specimens of *Solen (Solen) strictus* were collected for this study.

맛조개의 산란 및 성장과의 관계를 보기 위하여 조사 지역의 기온은 인천측후소에서 관측된 기상청(1985~1990)의 수온 자료는 인천 연안에서 측정된 수로국(1985~1990)의 일일자료를 취합하여 이용하였다.

퇴적물은 Can core(15×20×30 cm)를 30회 반복하여 표면적 1 m²를 깊이 30 cm까지 정량 채집하였고 그보다 더 깊은 곳에 사는 개체들은 육안으로 확인하여 채취하였으며, 이를 현장에서 1 mm의 체로 걸러 10%의 포르말린으로 고정 시킨 후, 실험실로 운반하여 각장(殼長), 각고(殼高) 및 윤경(輪

1. 적전지역 간석지에 서식하는 맛조개, *Solen(Solen) strictus*의 성장

徑)을 계속하였다(Fig. 3). 한편, 체중의 성장을 알기 위하여 0.01 g까지 측정할 수 있는 전자저울을 사용하여 먼저 습중량(濕重量 WWt, Wet Weight)을 측정하고, 패각을 제거한 육질을 105°C에서 24시간 건조시킨 후 건중량(乾重量 DWt, Dry Weight)을 측정하였다.

맛조개는 패각이 부서지기 쉬워서 채집 및 운반 도중에 패각이 다소 파손되었으며, 따라서 총 채집 개체수 1,009개체 중 이들을 제외한 총 872개체가 조사 시료로 이용되었다.

연령 형질로 사용되는 윤경(輪徑, ring radius)은 패각의 불투명대에서 투명대로 이행되는 경계와 일치하는 표면의 윤맥(輪脈)을 윤문(輪紋)으로 정하였다. 윤문의 형성 시기에 대한 추정은 각 측정 개체의 연역지수(緣域指數, Marginal Index = $R-r_n/R \times 10^3$)를 격월별 연륜군별로 계산하여 추정하였다. 산란 시기는 각장과 육질의 건중량으로부터 비만도(肥滿度, Fatness $f = (DWt/L^3) \times 10^3$, DWt: 건중량, L: 각장)의 변화를 추정하여, 비만도가 갑자기 격감하는 시기를 산란기로 간주하였다. 각 윤문의 형성시 계산된 각장을 이용하여 von Bertalanffy 방정식을 적용하여 맛조개의 성장식을 구하였다. 버트란피 성장식의 정수인 성장계수와 극한각장(極限殼長)은 윌포드 정차도(Ford-Walford plot)(Walford, 1946)를 이용하여 추정하였으며, 이를 각장과 체중간의 관계식에 대입하여 극한체중(極限體重)을 구하였다.

연구지역의 개황

본 연구 지역은 북위 37°25'00", 동경 126°37'30"로 인천시에 위치한 경기만 연안이다. 1980년대 초반에 해안 매립공사로 인해 조간대 최상부에는 제방이 만들어져 인위적인 환경 변화가 일어난 지역이다(Fig. 1). 그러나 간조시에는 바다를 향하여 4 km를 상회하는 광활한 사니질 간석지가 펼쳐지고 있어, 본 조사 대상인 맛조개를 비롯하여 가부락(*Cyclina sinensis*), 동죽(*Macra veneriformis*), 큰구슬우렁이(*Neverita didyma*), 바지락(*Ruditapes philippinarum*), 딱조개(*Phacosoma japonica*) 등의 연체동물과 꽃게(*Portunus trituberculatus*), 중하(*Metapenaeus joyneri*), 밀새우(*Exopalaemon carinicauda*), 자주새우(*Crangon affinis*), 꽃새우(*Trachypenaeus curvirostris*), 갯가재(*Oratosquilla oratoria*) 등의 갑각류 및 각종 어류 등이 건간망(建干網)에 의해 다량 어획되고 있다.

서해의 경기만은 10월에서 이듬해 5월 사이에는

건조한 북서 계절풍의 영향을 받으며(최대 평균 풍속 4 m/sec), 대조차 환경으로 평균 조차는 6.5 m, 대조시 조류의 속도는 소조시 보다 1.8배 빠르게 나타난다(Bong, 1978). 이런 조류와 바람의 영향은 경기만 내의 부유 퇴적물 농도에 영향을 끼친다(Yoo, 1986). 조석에 의한 수직혼합으로 인해 용존 산소 농도는 8 mg/l로 높게 나타나고 있으며, 염분도는 조사지역의 북쪽에 위치하는 한강 하구수의 영향으로 외해역에 비해 대체로 낮다. 표층수는 저층수에 비해 낮고, 조석 및 계절에 따른 변화가 심하다. 대체로 조사지역과 가까운 정점에서 여름과 가을철에는 평균 19.2‰, 겨울과 봄철에는 높은 31.4‰를 보인다(Choi and Shim, 1986). 일반적으로 경기만의 표층 퇴적물의 분포는 해안선 방향으로 세립화(細粒化)의 특징을 나타내며, 이러한 분포 경향은 조간대상에서 다시 나타나 결과적으로 조간대와 조하대를 구분하는 간조선 부근에서 입도 분포의 불연속성이 나타난다고 한다(Lee et al., 1992). 조사지역의 간석지의 폭은 4 km가 넘고, 이러한 low-energy regime은 ① 생물교반이 심한 slightly sandy mud의 상부 간석지, ② clayey sandy silt의 wavy-bedded한 중부 간석지, ③ 생물교반이 있는 모래질 실트-실트질 모래(sandy silt-silty sand)로 된 ripple-laminated된 하부 간석지 세 부분으로 구분할 수 있다(Frey et al., 1989).

Frey et al.(1987)에 의한 환경조사와 조위별 생물군에 대한 조사에 의하면, 조사 당시 조위별 맛조개의 분포는 Fig. 2에 나타난 바와 같이 모래질

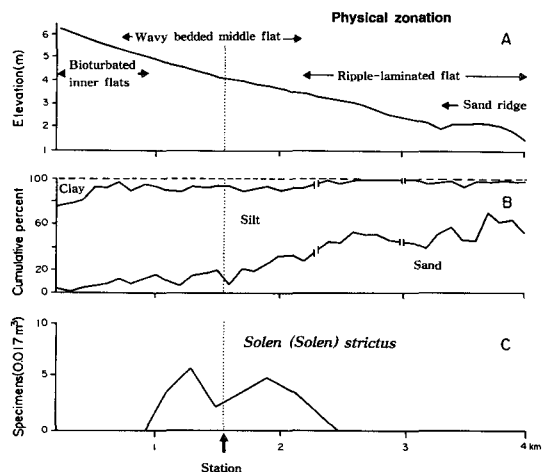


Fig. 2. Location of the sampling station and environmental zones based upon characteristic sediments and sedimentary structures according to the tidal elevation.

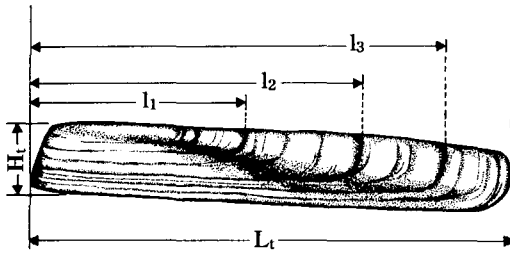


Fig. 3. Schematic sketch of *Solen (Solen) strictus* showing measurements of total length(L) and height(H), and ring length(I).

이 약간 섞인 실트 퇴적상에 주로 많이 분포하고 있었다. 본 조사정점은 파도형 퇴적층의 중상부 조간대, Molluscan zone에 속하는 지역으로 맛조개 외에도 동죽, 왕죽쌀무늬고둥(*Reticunassa festiva*), 민칭이(*Bullacta exerata*) 등이 우점하는 지역이다.

맛조개의 초기 생활사

맛조개는 죽합과(Solenidae)에 속하는 이매패류로서 몸길이가 최대 10 cm 가까이까지 자라는 기다란 조개류로 육질은 두텁고, 몸의 전후 그리고 배부분은 패각 밖으로 노출된다. 맛조개가 서식하는 내만이나 담수의 영향을 받는 간석지는 각종 어패류가 잘 번식하는 특수한 환경이다. 이러한 곳은 비교적 염분의 변화가 크고, 따라서 이러한 곳에서 서식하는 생물은 주로 광염성으로 다른 곳에서는 볼 수 없는 특수한 종류들이 나타난다(河原, 1970).

산란은 5월~7월에 일어나는데 그 성기(盛期)는 6월 중순의 대조시로 보고되고 있으며(河原, 1970), 吉田(1937)도 우리나라 진해만에서 부유자패가 5~7월에 출현하며 특히 6월에 많다고 하였다. 산란 후 수정이 되고 난황이 진행되는데 수온 23℃에서 15 시간만에 섬모를 가지는 포배(胞胚)로 부화한다. 그 후 D형 유생기(D型 幼生期)와 각정기(殼頂期)를 거쳐 완전히 성장한 부유자패(浮遊仔貝)로 된다(河原·加藤, 1971). 河原(1970)에 의하면 수정 후 24일이 경과한 6월 24일에 성숙 부유유생(成熟浮遊幼生)은 0.26~0.28 mm까지 자라 부유유생 시기를 마치며 이 때 저서생활로 들어간다. 이때 발은 길게 신장되고 평형포가 잘 보이는데 패각의 모양은 약간 부분 정도로 큰 변화는 없다. 저서생활기로 접어들어 보름 정도가 지난 7월 10일에는 패각은 꽤 긴 모양으로 변형되고, 발도 더 길어지고 평형포도 한층 더 확실히 보이며 이 때는 거의 성체의 맛조개 모양을 한다. 8월로 들어서면

서 성체와 같은 모양의 10 mm 내외의 치패가 간석지에서 채집된다고 한다(Fig. 4).

결 과

환경 요인

1985년 이후 5년 동안의 기상자료에 의하면, 인천 지역의 연평균 대기온도는 12.5℃이며(기상청, 1985~1990), 1월에 -2.9℃로 연중 가장 낮게 나타나고, 8월에 24.9℃로 가장 높게 나타났다. 수온은 평균 14.1℃로 대기온도보다는 약 1.6℃ 높게 나타났다(수로국, 1985~1990). 수온의 경우 2월에 1.9℃로 가장 낮고, 8월에 24.6℃로 가장 높게 나타났다. 1985년 이후 5년간 연중 수온의 편차는 23℃이고, 기온 편차는 28℃이며, 연중 봄철에서 여름 사이에는 기온이 수온보다 약 1.5℃ 정도 높게 나타나지만, 8월 이후에는 상대적으로 기온이 급격히 낮아져서 2월말까지 4℃ 이상의 차이를 나타낸다(Fig. 5).

조사지역에서의 퇴적물의 입도조성(粒度組成)은 평균입도(mean phi)가 5.23 φ로 사질 실트(sandy silt)로 나타나고 있다(Fig. 6). 입도조성의 범위는 90년 7월에 4.57 φ로 가장 조립(粗粒)하게 나타났고, 89년 9월에 5.68 φ로 가장 세립(細粒)하게 나타났다.

서식 밀도

1989년 5월부터 1990년 7월까지 14개월 동안 격월별로 실시한 8회 채집에서 총 1,009개체가 출현하였으며, 조사지역에서는 1 m² 당 평균 126개체가 서식하는 것으로 나타났다. 가장 많은 개체가 출현한 시기는 1989년 5월로 190개체/m²가 채집되었고, 1989년 11월에는 28개체만이 채집되어 가장 적은 양이 채집되었다. 선정된 개체 중에 가장 작은 개체가 출현한 것은 1989년 7월로 5.8 mm이며, 반면 가장 큰 개체는 1990년 3월에 채집된 72.5 mm이었다(Table 1).

윤문(輪紋)에 의한 연령사정의 적합성과 패각의 연변부 성장

맛조개의 각장으로부터 각 윤문까지의 길이를 측정하여 각장과의 상관관계를 나타내었으며(Fig. 7), 이들의 관계식은 다음과 같다.

$$L_1 = 0.363 L_n + 11.057 \quad (r^2 = 0.938)$$

$$L_2 = 0.556 L_n + 22.205 \quad (r^2 = 0.942)$$

$$L_3 = 0.760 L_n + 30.012 \quad (r^2 = 0.948)$$

I. 최전지역 간석지에 서식하는 맛조개, *Solen(Solen) strictus*의 성장

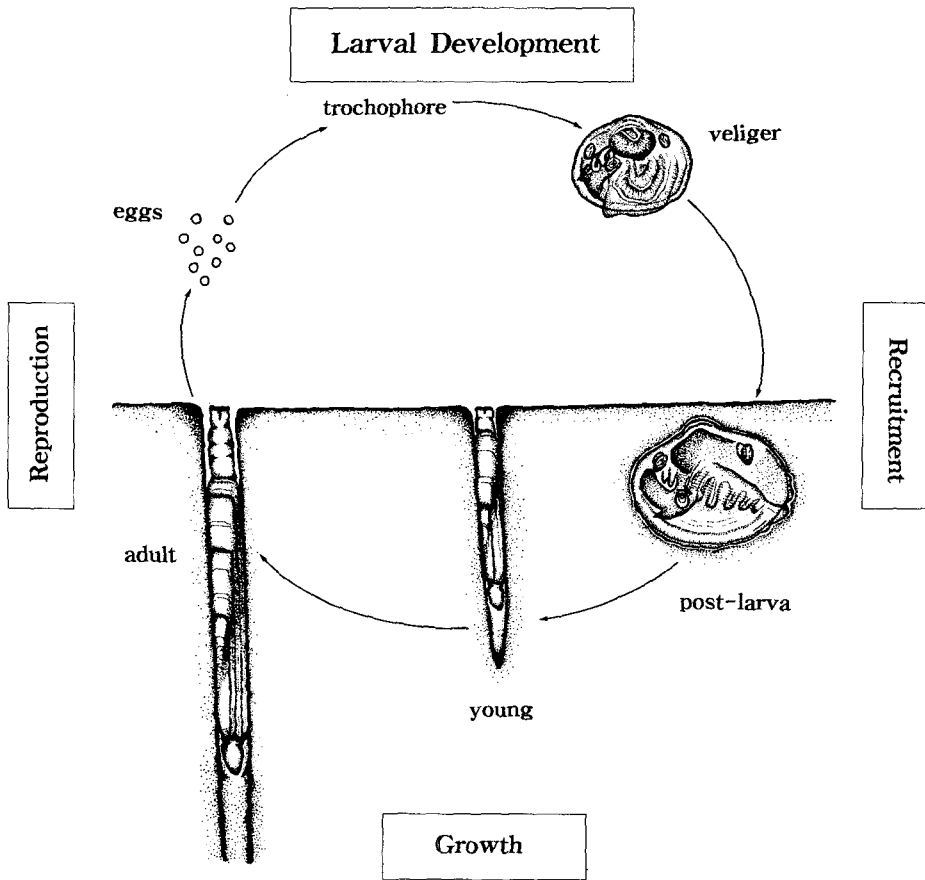


Fig. 4. The life cycle of the razor clam, *Solen (Solen) strictus* from Chokchon tidal flat involves a period on the sea bottom and larval stages in the plankton. The spawning usually occurs in June and the planktonic larval stage lasts about 4 weeks. The larvae settle on the sea bottom in July and metamorphose into the juvenile razor clam (Adapted from Yoshida, 1939; Kawahara and Kato, 1971).

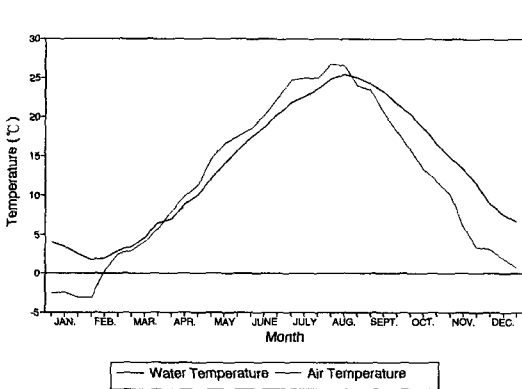


Fig. 5. Air and sea water temperatures around Incheon area. Mean daily temperatures for the periods 1985~1990 (Meteorological and Hydrographic Offices Data).

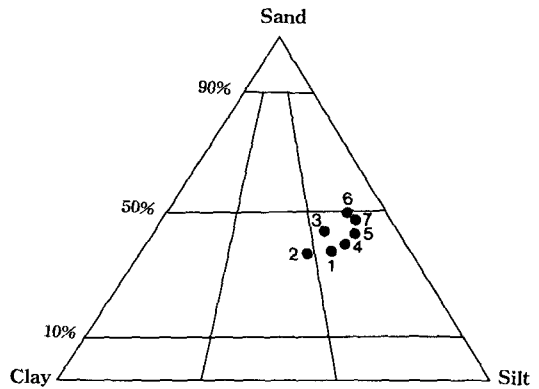


Fig. 6. Ternary diagram showing the grain size distribution of surface sediments in the study area (1: July 1989; 2: Sept. 1989; 3: Nov. 1989; 4: Jan. 1990; 5: Mar. 1990; 6: May 1990; 7: July 1990).

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

Sampling date	No. of specimens per m^2	Size range (mm)	Weight range WWt. (g)
May 27, 1989	165	23.9~69.9	0.19~3.85
July 21, 1989	115	5.8~72.0	0.00~6.09
Sept. 17, 1989	126	12.5~71.2	0.00~4.94
Nov. 3, 1989	25	18.0~64.8	0.08~3.95
Jan. 29, 1990	47	17.1~69.0	0.09~4.58
Mar. 30, 1990	130	18.9~68.5	0.08~3.47
May 28, 1990	137	21.6~72.5	0.10~4.45
July 24, 1990	127	30.0~70.8	0.42~3.85

Fig. 7에 나타난 바와 같이 각 연륜군(年輪群)은 윤문간(輪紋間)에 일정한 간격으로 분포하고 있으며, 윤문 형성 시기의 시간적인 격차로 인해 중복됨이 없이 분리되어 있다. 또한 맛조개의 패각 연변부의 격월별 성장을 알기 위해 측정된 연변부(緣邊部) 성장계수는 L_1 , L_2 , L_3 등 3개의 연륜군이 대체로 각 윤문군 마다 89년 7월에서 90년 3월까지 증가하는 양상을 보이다가 5월에 감소하는 경향을 나타내고 있어 윤문은 5월에 형성되는 것으로 추정되었다(Fig. 8). 패각의 각 윤경을 측정된 결과 저연령개체군(低年齡個體群)의 평균 윤경이 고연령개체군(高年齡個體群)의 저연령의 평균 윤경 보다 작게 나타났다(Table 2).

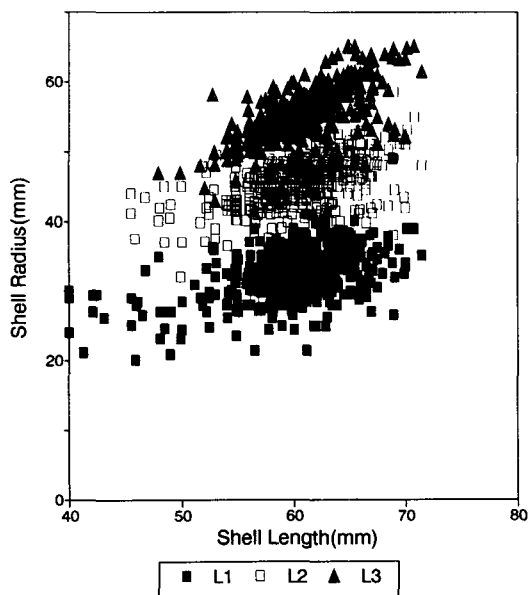


Fig. 7. The relationship between shell length(mm) and shell radius(mm) in *Solen (Solen) strictus*. (■ : L_1 , □ : L_2 , ▲ : L_3)

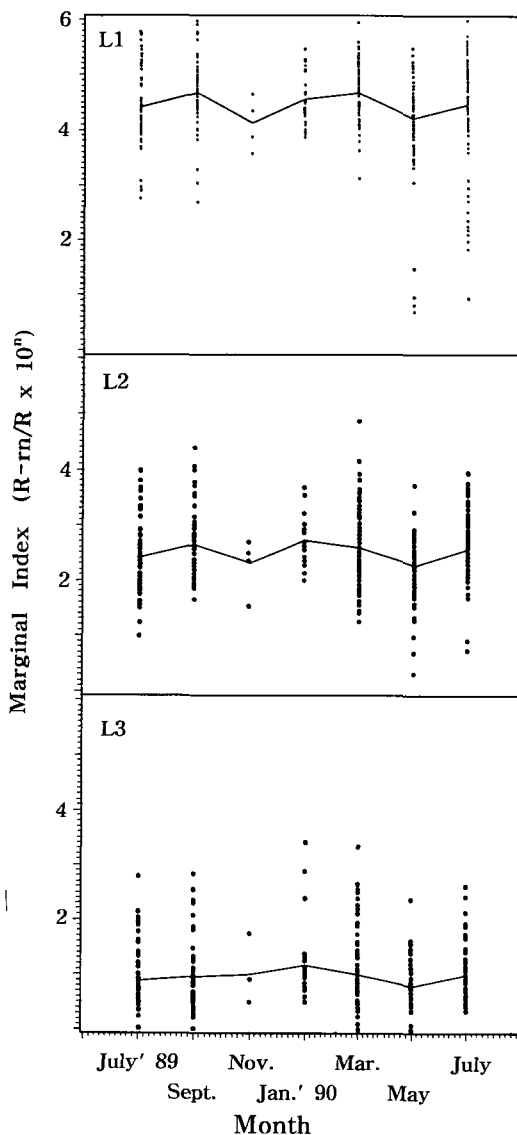


Fig. 8. Bimonthly variations of the marginal increment in the shell of *Solen (Solen) strictus* from Chokchon tidal flat, Inchon, Korea. L_1 , L_2 , and L_3 indicate each ring length.

Table 2. Mean of annular length according to ring group

Ring Group	Annular length(cm)			
	L_1	L_2	L_3	L_4
I	27.61			
II	31.84	45.37		
III	32.93	45.71	55.79	
IV	31.38	43.79	54.12	62.43
Mean	30.94	44.96	54.96	62.43

각장과 각고 및 체중과의 관계

각장(Shell Length, L)과 각고(Shell Height, H), 체중(Wet Weight, WWt) 및 육질의 건중량(Flesh Dry Weight, Flesh DWt)과의 관계를 실제 측정치에 의해 알아보고, 이를 최소자승법에 의해 관계를 구한 결과는 다음과 같다.

$$H = 0.134 L + 0.616 \quad (r^2 = 0.948)$$

$$WWt = 1.635 \times 10^{-5} L^{2.448} \quad (r^2 = 0.981)$$

$$\text{Flesh DWt} = 1.140 \times 10^{-5} L^{2.448} \quad (r^2 = 0.903)$$

각장과 각고의 상관계수는 0.948이고, 습중량(패각 포함)과 각장과의 상관계수는 0.981로 매우 높은 값을 보였다. 육질의 건중량과 각장과의 상관계수는 0.903으로 습중량의 값보다 다소 낮게 나타났다(Figs. 9, 10).

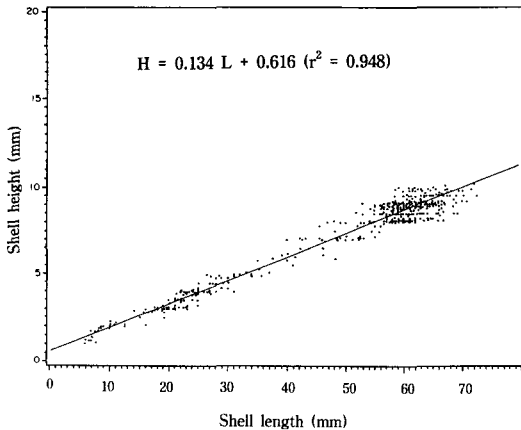


Fig. 9. Shell length(L, mm)-shell height(H, mm) correlation of *Solen (Solen) strictus* from the Chokchon tidal flat, Incheon.

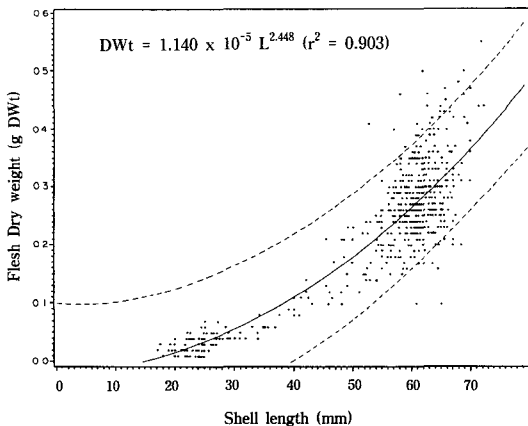


Fig. 10. Dispersion diagram of flesh dry weight(DWt, g) in relation to shell length(L, mm) for *Solen (Solen) strictus*. Solid line=regression; dashed line=95% confidence limits.

비만도(肥滿度)

1989년에 가입된 0세군을 제외한 모든 개체의 격월별 체중 변화를 통해 산란 시기를 추정할 결과, 비만도는 1년중 1회, 5월에 최고치를 나타냈으며, 7월에는 급격히 감소하여 당시 조사 지역의 맛조개는 연 1회, 6월에 산란하였던 것으로 추정되었다(Fig. 11).

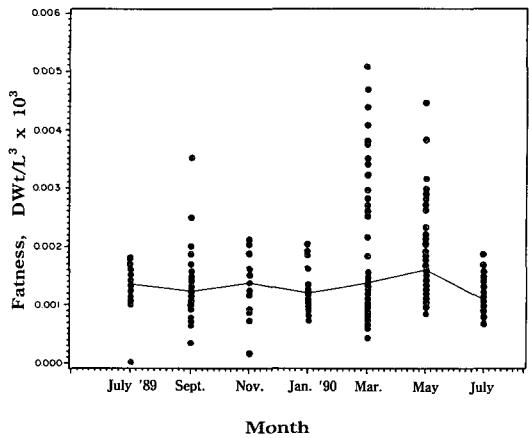


Fig. 11. Bimonthly variation of the fatness indices for a spawning cycle of *Solen (Solen) strictus*.

성장 방정식

패각에 형성된 각 연령군별 윤문의 평균치는 $L_1 = 30.94 \text{ mm}$, $L_2 = 44.96 \text{ mm}$, $L_3 = 54.96 \text{ mm}$, $L_4 = 62.43 \text{ mm}$ 로 측정되었다(Table 2). 이상과 같이 구한 연령군별 각장 추정치의 평균값을 이용하여 Walford(1946)에 의한 정착도(定差圖)를 그려보면, Fig. 12와 같이 연속하는 두 연령군 사이의 각장 추정치 사이에 회귀직선의 관계를 보이는데, 이를

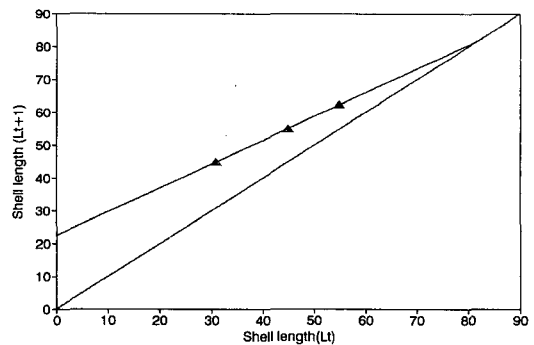


Fig. 12. Ford-Walford graph of the shell growth of *Solen (Solen) strictus* from the specimens of Chokchon tidal flat.

고찰

이용한 맛조개 각장의 성장식은 다음과 같다.

$$L_{t+1} = 0.726 L_t + 22.431 \dots\dots\dots (1)$$

이를 von Bertalanffy 성장 방정식에 적용하면,

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

$$L_{t+1} = L_{\infty}(1 - e^{-k}) + e^{-k} L_t \dots\dots\dots (2)$$

(1)과 (2) 식에서 $k=0.320$, $L_{\infty}=81.865$, $t_0=-0.487$ 로 계산되어 다음과 같은 성장 방정식을 나타내었다.

$$L_t = 81.865(1 - e^{-0.320(t+0.487)})$$

같은 방법으로 체중에 대한 von Bertalanffy 성장 방정식은 다음과 같다.

$$W_t = W_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})^3$$

$$W_{\infty} = 7.173$$

$$W_t = 7.173(1 - e^{-0.320(t+0.487)})^3$$

이와 같이 구해진 각장의 성장 방정식을 그래프 상에 표현해 보면 Fig. 13과 같은 결과를 보인다. 한편, 각장과 체중과의 관계식으로부터 최대 각장치(L_{∞})를 대입하여 최대 체중값을 구하면 $W_{\infty} = 7.173 \text{ g WWt}$ 또는 $0.550 \text{ g flesh DWt}$ 가 나온다(Fig. 14). 이로부터 극한각장은 81.865 mm , 극한체중은 7.173 g WWt , 성장계수는 0.320 으로 추정되었다.

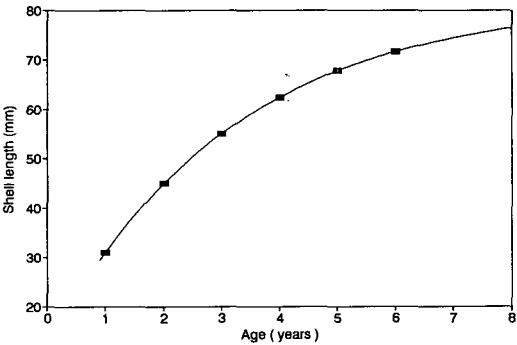


Fig. 13. Estimated von Bertalanffy growth curve in shell length for the specimens from the Chokchon tidal flat, Incheon.

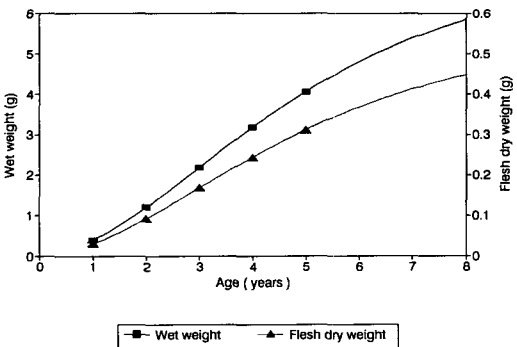


Fig. 14. Estimated von Bertalanffy growth curve in weight from the specimens of Chokchon tidal flat, Incheon.

조건대 지역에 서식하는 생물은 주기적인 조석 작용에 의해 기온의 영향을 받게 되며, 따라서 계절에 따른 심한 온도 차이에 의해 성장에 크게 영향을 받는다(Gordon, 1960; Beukema, 1974; Beukema *et al.*, 1978). 특히, Beukema *et al.*(1978)은 겨울철 온도가 다음 해의 산란과 성장에 결정적인 영향을 미친다고 하였다. 인천 연안의 경우 12월에 조사된 수온과 기온의 차이는 5.6°C 로 수온이 높게 나타났다. 조사 시기였던 1989년 12월의 기온과 수온의 차이는 6.1°C 로 1985년 이후 5년간 평균치보다 큰 온도 차이를 보이고 있다. 또한 생식소가 성숙되고 산란이 일어나는 시기인 1989년 5, 6, 7월의 수온 분포는 1990년의 같은 기간 동안의 그것과 비교하여 각각 1.54°C , 1.04°C , 0.6°C 낮게 나타났다. Table 1에 의하면 1989년도에는 7월에 맛조개의 착저 후 초기 가입이 일어나고 있으나 1990년도에는 같은 7월에 그것이 나타나지 않는 것으로 보아 1990년도에는 전년보다 산란이 늦게 일어나고 있음을 알 수 있다. 이는 겨울철 온도 차이와 생식소 발달 시기의 수온의 차이가 생물성장 및 산란에 영향을 미치고 있다는 생각을 뒷받침한다.

표층 퇴적물의 입도조성을 보면, 맛조개는 평균 입도(粒度)가 대략 5ϕ 정도의 모래질 실트 퇴적상에 서식하며, 조사 지역에서의 입도 조성의 계절적인 변화는 크게 나타나고 있지 않다. 그러나 시간의 흐름에 따라 다소 조립화(粗粒化)되어가는 경향을 보이나 여기에 대해서는 보다 장기적인 조사가 요구되는 부분이다. 저서생물과 퇴적물의 입도 조성과의 밀접한 관계는 너무도 잘 알려진 사실로 만일 이러한 현상이 지속적으로 진행될 경우 퇴적상(堆積相)이 변하고 따라서 이 지역 맛조개의 분포대(分布帶)나 서식에 영향을 미칠 것은 확실하다.

조사지역에서 1 m^2 당 평균 서식 개체는 126개체로 나타났으나 89년 11월과 90년 1월에는 각각 28개체와 60개체가 채집되어 평균 출현 개체의 절반에도 못미치는 양이 채집되었다. 계절별 개체수의 감소는 순간 사망율이 증가하거나 채집 등 인위적인 활동에 의한 것이 대부분이다. 본 조사에서는 전연급군(全年級群)의 전반적인 개체수의 감소가 겨울철에 일어나고 있는 것으로 나타났다. 이것은 89년 겨울의 기온 및 수온의 분포와 관련을 생각해 볼 수도 있으나 이러한 현상은 저연령군 뿐만 아니라 고연령군에서도 일어나고 있다. 이것은 이

I. 척전지역 간석지에 서식하는 맛조개, *Solen(Solen) strictus*의 성장

지역의 어획이 매우 활발한 지역이라 어획에 의한 사망으로 생각해 볼 수도 있으나 이 지역에서의 맛조개 채집은 꼬챙이를 구멍에 밀어넣는 방법을 택하기 때문에 주로 상업적인 크기의 개체들이 채집될 것이다. 그러나 크기-빈도 분포를 보면 일정 크기를 가지는 개체들만이 소멸된 것이 아니라 연령별로 전반적으로 감소하였기 때문에 두 경우의 가정은 모두 설득력이 없다. 또한 90년 3월 이후 서식밀도가 다시 정상적으로 나타나는 것으로 보아 겨울철의 일시적 이동이나 당시 조사 지역의 서식 밀도가 국부적으로 감소한 지역을 선정함으로써 보인다.

맛조개의 연령별 성장을 알기 위해서는 우선 연령을 판정할 수 있는 적합한 기준을 설정해야 하는데, 이때패류에서는 오래전부터 윤문(輪紋)이 연령사정의 기준이 되어왔다. 우선 각 윤문간에 분포 양상이 일정한 격차를 두고 생성되는 것을 확인하였다. 첫번째 윤문 형성의 경우 각 개체별로 일정치 않아서 비교적 낮은 상관계수를 보였는데, 이는 성장이 가장 빠른 시기에 형성되기 때문에 생기는 것으로 보이며, 이러한 상관계수는 개체가 커질수록 높게 나타나고 있다. 이때패류에서 윤문은 성장이 둔화되면서 생성되는 것으로 특히 서·남해안의 조간대 간석지산 이때패류는 주로 겨울을 지난 후에 생성되는 것으로 보인다. 실제로 동족은 3월에 형성되는 것으로 보고되었고(신, 1992), 바지락은 남해의 삼천포 연안에서는 2월(최, 1987)이나 군산 연안에서는 3월에 형성되는 것으로 밝혀졌다(柳, 1991). 그러나 동해안 양양산 북방대합은 8~9월(강·김, 1983), 미국 오레곤 연안에 서식하면서 같은 족합과에 속하는 *Siliqua patula*는 겨울철인 12월에 생성된다고 보고하였다(Hirschhorn, 1962). 본 조사에서는 연변부 성장계수에서 89년 11월과 90년 1월에 채집된 개체수가 너무 적기 때문에 증가율을 정확히 연결할 수는 없었으나, Fig. 8에서 보듯이 5월에 급격히 하락하는 것으로 보아 5월 이전에 형성되고 있음을 알 수 있으며, 산란 후 초륜(初輪) 형성까지의 연령은 11개월이었다. 이번 조사가 격월별로 채집이 이루어졌기 때문에 매월 채집을 통해 보다 구체적인 윤문의 형성 시기를 파악할 수 있을 것으로 본다. 또한 조사된 모든 개체들의 연령군별 윤경을 계측한 결과 저연령군(低年齡群)의 평균 윤경이 고연령군(高年齡群)에서보다 크게 나타나지 않고 있어 이른바 'Lee' 현상은 관찰할 수 없었다(Table 2). 이는 맛조개 채취시 꼬챙이를 구멍에 밀어 넣어 상업적 크기에 도달한

개체들만을 잡는 어구(漁具)의 선택성 때문인 것으로 해석할 수 있는데, 柳(1991)의 서해 군산산 동족의 개체군과 비슷한 결과이다. 그러나 姜·金(1983)의 강원도 양양군 인구리 앞바다 모래바닥에서 채집 조사한 북방대합의 경우나 황·황(1981)의 동해 주문진 인근산 민들조개의 결과와는 다르게 나타나고 있으며, 이들은 모두 행망(行網)으로 채집되었다는 공통점을 갖는다.

개체군 연구에서 비만도(肥滿度)는 산란 시기를 파악하기 위해 널리 쓰이는 방법으로, 이것을 맛조개에 적용하여 보면 겨울이 지난 이후 증가하는 양상을 보이며, 1년 중 5월에 최고치를 나타내었고, 7월에 급격한 감소를 보인다. 따라서 인천의 척전 지역에 서식하는 맛조개는 1988년 이전에 가입한 개체들인 1세 이상의 연금군이 1990년 5월을 전후로 하여 성숙하고 6~7월에 방란, 방정하는 것으로 추정된다. 산란 시기는 수온 등 환경의 영향에 따라 조금씩 다르게 나타난다. 정 등(1986)에 의하면, 맛조개의 산란기는 수온이 20℃ 이상으로 상승하는 6월부터 시작하여 27℃되는 7월까지 지속되는데, 주산란기는 부산 다대포산의 경우 수온이 22~24℃가 되는 6월에, 군산산의 경우는 수온이 22~27℃가 되는 7월이라고 하였다. 인천 연안의 경우 1989년 6월의 평균 수온은 대략 20℃(19℃~21℃) 전후로 나타났다. 한편 1989년 7월에 실시한 채집에서 0세군 중 가장 작은 5.8 mm 정도 크기의 치패가 가입되었는데 초기 생활사에서도 서늘하였듯이 이 종이 산란 후 약 3주~4주의 부유시기를 거친다고 가정하면 1989년에 이루어진 산란은 6월에 이루어진 것으로 보여진다. 이 경우 인천산 맛조개는 정 등(1986)에 의한 조사 결과의 산란의 하한수온인 20℃ 전후에서 산란이 이루어졌다고 볼 수 있다.

연령별 성장을 응용한 성장모델에 관한 연구는 많은 사람들에 의해 개발되어 왔으며, 이 중 가장 널리 사용되는 모델로는 von Bertalanffy, logistic, Gompertz 성장모델 등이 있다. 이때패류를 대상으로한 연구에서는 국내에서도 von Bertalanffy 성장방정식을 사용하여 각장의 성장에 적용시킨 예가 있으며(金等, 1977; 황·황, 1981; 姜·金, 1983; 윤, 1992), Hirschhorn(1962)은 미국의 오레곤 연안에서 같은 족합과(Solenidae)에 속하는 *Siliqua patula*에 이를 적용하였다. 본 조사에서 맛조개의 경우 초륜(初輪)이 형성될 때까지, 즉 착저후거의 1년만에 평균 30.94 mm가 성장하였으며, 초륜에서 두번째 윤경의 형성까지 14.02 mm, 세번째 윤경의 형성까지는 10.00 mm, 네번째 윤경의 형성

까지 7.47 mm 성장하는 것으로 나타났다(Table 2). 따라서 연령이 높을수록 성장이 감소하는 것을 보여준다. 실제 채집된 본 조사 지역의 맛조개는 산란 후 1년이 지나면 대략 3.1 cm, 2년이 지나면 4.5 cm, 3년에 5.5 cm, 4년에 6.2 cm 정도까지 성장하는 것으로 나타났다(Table 2). 또한 성장모델에 의하면, 극한 최대각장이 81.865 mm로 채집된 최대각장 72.5 mm보다 9 mm 높게 추정되고 있으며, 극한 최대체중은 7.17 g으로 6.09 g의 채집된 최대체중보다 1 g 이상 높게 추정되었다. 또한 극한 최대 건조체중(dry weight)은 0.55 g으로 추정되었다.

요 약

1989년부터 1990년까지 인천시 남구 동춘동에 위치하는 척전 조간대 간석지에 서식하는 맛조개의 성장에 대해 조사하였다. 서식밀도는 1 m² 당 평균 128개체이며, 윤문(輪紋)은 1년에 1회 생성되어 연령사정의 기준으로 이용 가능한 것으로 나타났다. 윤문의 형성 시기는 5월이며, 초륜(初輪) 형성시의 연령은 11개월로 판명되었다. 비만도의 증감에 의해 1989년도 인천 인근의 척전산 맛조개의 산란은 연 1회, 그 시기는 6월 중으로 밝혀졌으며, 정확한 시기는 수온의 영향에 따라 해마다 약간의 차이를 보이는 것으로 나타났다.

성장은 착저 후 1년 동안 평균 30.94 mm로 가장 높고, 연령이 증가할수록 감소하는데 4년이 되면 6.2 cm까지 성장한다. 한편, 성장식은 von Bertalanffy 성장 방정식에 의해 각장의 성장은 $L_t = 81.865(1 - e^{-0.320(t+0.487)})$, 체중의 성장은 $W_t = 7.173(1 - e^{-0.320(t+0.487)})^3$ 로 유도되었으며, 이때 극한 최대각장은 81.865 mm, 극한 최대체중은 7.173 g로 채집된 최대각장 및 최대체중인 72.5 mm와 7.173 g 보다 각각 9 mm와 1 g 높게 추정되었다.

참 고 문 헌

姜龍柱 · 金鍾觀. 1983. 韓國沿岸 淺海 生物群集의 構造와 生産. 3. 東海産 북방대합(*Spisula sachalinensis*)의 年齡과 成長. 한국수산학회지 16(2), 82~87.
 기상청. 1985~1990. 기상월보.
 김봉안 · 김백균 · 김선웅. 1977. 백합 *Meretrix lusoria*의 성장에 관한 연구. 국립수산진흥원 연구

보고 17, 77~85.
 수로국. 1985~1990. 수로연보.
 신현출. 1992. 동족(*Mactra veneriformis*: Bivalvia)의 성장과 개체군 동태. 서울대학교 이학박사 학위 논문, 135p.
 柳東基. 1991. 群山 沿岸에 棲息하는 동족(*Mactra veneriformis* Reeve)의 二次 生産에 關한 研究. 순천향대학교 수산학석사 학위논문, 36p.
 윤성봉. 1992. 통영 안정리 인근 바지락(*Tapes philippinarum*) 자원의 개체군 역학적 연구. 부산수산대학교 이학석사 학위논문, 34p.
 정의영 · 김형배 · 이택열. 1986. 맛조개 *Solen stric-tus*와 붉은맛 *Solen gordonis*의 생식년 주기. 한국수산학회지 19(6), 563~574.
 최기철. 1971. 대합과 가무락의 종패 증산을 위한 생태적 연구. 한국육수학회지 4(1, 2), 9~19.
 최신석 · 송용규. 1973. 가무락(*Cyclina sinensis*)의 인공수정 및 발생에 관한 연구. 한국수산학회지 6(1, 2), 76~80.
 최신석. 1975. 대합(*Meretrix lusoria*)과 가무락(*Cyclina sinensis*)의 초기 발생 및 성장에 관한 비교 연구. 한국수산학회지 8(3), 185~195.
 최영민. 1987. 삼천포 신수도 연안에 서식하는 바지락 *Tapes philippinarum*의 이차 생산에 관하여. 부산수산대학 석사학위청구논문, 45p.
 황경열 · 황영태. 1981. 한국 동해산 민들조개의 연령과 성장. 국립수산진흥원 연구보고 27, 111~117.
 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.
 河原辰夫 · 加藤信治郎. 1971. 津市沿岸におけるマテカイの生殖周期. 水産増殖 19(1), 31~42.
 吉田 裕. 1939. マテカイの浮遊仔貝並に稚貝に就て. Venus IX(3~4), 145~149.
 Beukema, J. J. 1974. Seasonal changes in the biomass of the macrobenthos of a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res., 8(1), 94~107.
 Beukema, J. J., W. de Bruin and J. J. M. Jansen. 1978. Biomass and species richness of the macrobenthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea: Long-term changes during a period with mild winters. Neth. J. Sea Res., 12(1), 58~77.
 Bong, J. H. 1978. Tidal currents in the channel near Incheon Harbor. J. Oceanol. Soc. Korea,

I. 척전지역 간석지에 서식하는 맛조개, *Solen(Solen) strictus*의 성장

- 13(1), 29~34.
- Choi, J. K. and J. H. Shim. 1986. The ecological study of phytoplankton in Kyeonggi Bay, Yellow Sea. 1. Environmental characteristics. J. Oceanol. Soc. Korea, 21(1), 56~71.
- Frey, R. W., J. S. Hong, J. D. Howard, B. K. Park and S. J. Han. 1987. Zonation of benthos on a macrotidal flat, Inchon, Korea. *Senckenbergiana marit.*, 19, 5/6, 295~329.
- Frey, R. W., J. D. Howard, S. J. Han, and B. K. Park. 1989. Sediments and sedimentary sequences on a modern macrotidal flat, Inchon, Korea. *J. Sed. Petrol.*, 59(1), 28~44.
- Gordon, M. S. 1960. The effect of the deposit feeding polychaete *Pectinaria gouldii* on the intertidal sediments of Barnstable Harbor. *Limnol. Oceanogr.*, 11, 327~332.
- Hirschhorn, G. 1962. Growth and mortality rates of the razor clam (*Siliqua patula*) on Clatsop Beaches, Oregon. *Fish Comm. Oregon.*, 27, 1~55.
- Kim, I. H. 1993. Two new species of Poecilostomatoid Copepoda associated with Razor Clams (Bivalvia, Solenidae) in the Yellow Sea. *Korean J. Syst. Zool.*, 9(2), 191~202.
- Kim, I. H. and J. S. Ho. 1991. Copepod Parasites of Commercial bivalves from Korea. 1. Two New Poecilostomatoid Species from *Solen grandis* Dunker in the Yellow Sea. *Korean J. Syst. Zool.*, 7(1), 1~12.
- Lee, C. B., H. R. Yoo, and K. S. Park. 1992. Distribution and properties of intertidal surface sediments of Kyeonggi Bay, West coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 27(4), 277~289.
- Walford, L. A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull. Marine Biological Laboratory, Woods Hole*, 90, 141~147.
- Yoo, H. R. 1986. Remotely sensed water turbidity pattern on the Korean side of the Yellow Sea. *Ocean Res.*, 8(1), 49~55.

1994년 8월 5일 접수

1994년 9월 10일 수리