

청평 내수면에 서식하는 얇은재첩, *Corbicula (Corbiculina) papyracea* Heude의 성장모수 추정

권대현* · 강용주 · 김대희*
 부경대학교, *국립수산과학원

Estimation of Growth Parameters of *Corbicula (Corbiculina) papyracea* Heude from Chungpyeong

Dae Hyeon KWON⁺, Yong Joo KANG and Dae Hee KIM*

Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea
 *Chungpyong Inland Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Chungpyeong, Gapyeong, Kyonggi 477-810, Korea

This study was to estimate population growth parameters of the freshwater bivalve, *Corbicula (Corbiculina) papyracea* (Heude) in Korea. Samples were collected from Jojong stream in Chungpyeong from September 1999 to August 2000. Ages were determined from the ring of shell. The shell length of the samples ranged from 4.2 mm to 28.1 mm. The ring on the surface of shell was formed once a year from January to March. Marginal increment analysis of shell rings indicated that annuli were formed in June. Spawning period was estimated to be May to August with a peak between June and July through fatness analysis, and thus rings were considered to be true annual marks. Von Bertalanffy's growth parameter were estimated from a nonlinear method with the value of logical maximum shell length (L_{∞}) was 34.36 mm, K was 0.1531/year, logical age of shell length 0 (t_0) was -0.5246 year, and logical maximum total weight (W_{∞}) was 11.42 g.

Key words: *Corbicula (Corbiculina) papyracea* Heude, Growth, Age, Growth parameters, Estimating procedure

서 론

재첩류는 오래 전부터 중요시되어 온 기호식품으로 식물성 sterol이 많아 동맥경화 증환자에게 좋은 식품이며 (Joh et al., 1982), 최근에는 일본을 대상으로 수출이 활발해 지고 있는 중요 자원으로 과도한 자원개발과 오염으로 인한 자원감소로 관리의 대상이 되고 있는 자원생물이다. 이러한 재첩류의 한 종인 얇은재첩 *Corbicula (Corbiculina) papyracea* (Heude)은 이치亞綱 (Heterodonta) 백합목 (Veneroida) 재첩과 (Corbiculidae)의 패류 (Kwon et al., 2001)로 이에 대한 연구가 부족하여 그 생태학적 연구가 필요한 상태다.

본 종은 모래가 많은 진흙 바닥에 서식하며, 소형종으로 열은 황갈색 바탕에 녹색을 띠고 있다. 각꼭이 얇아 납작한 편이고 성장맥이 가늘며 폭이 좁아 조밀하다. 패각의 내면은 보라색 또는 진한 보라색을 띠며, 난태생을 하고 (Kwon et al., 2001), 처녀생식에 의해 자체에서 생식을 한다 (Park et al., 1989).

지금까지 재첩류에 대한 연구로는 Kim and Yoo (2000)에 의한 참재첩의 산란생태, Kwon et al. (1987)에 의한 재첩의 생식조직 연구, Jung (1977)에 의한 일본재첩의 생태, Lee et al. (1985)에 의한 재첩의 환경생태 연구, Britton and Morton (1986), Cho et al. (1983), Morton (1987)과 Huh (1998), Huh et al. (1998)의 재첩류에 대한 유전학적 연구 등이 있지만 재첩과 마찬가지로 식용으로 이용되고 있는 본 종에 대해서는 Jo et al. (1998)의 분포에

대한 연구가 있을 뿐이다. 따라서 본 연구에서는 얇은재첩의 성장을 조사하여 효율적인 이용관리를 위한 자원생태학적 기본 모수를 추정하고자 한다.

재료 및 방법

1999년 9월부터 2000년 8월까지 매월 1회 청평의 북한강지류인 조종천의 수심 30~40 cm에서 얇은재첩을 채집하였다 (Fig. 1). 매월 약 60미씩 채집된 표본은 5% 포르말린 용액에 고정하여 실험실로 운반하여 전중 (W)은 전자저울로 0.01 g 단위까지, 각장 (SL), 각꼭 (SW), 각고 (SH)는 vernier calliper로 0.01 mm 단위까지 측정하였다. 연령형질로서 우각의 성장선인 윤문경을 측정하였는데, 각 윤문은 각정을 초점으로 하여 여러 개의 윤문이 형성되어 있는데, 폭이 좁은 윤문들 중에서 계단 모양으로 뚜렷이 함몰된 특징을 갖는 성장선을 기준 연륜으로 측정하였다 (Fig. 2).

연변부지수 (MI)는 다음의 식으로 구하였다.

$$MI = \frac{L - r_n}{r_n - r_{n-1}}$$

여기서, L : 각장, r_n : 최외측의 n 번째 윤경, r_{n-1} : $n-1$ 번째 윤경이다.

또한, 비만도 (Fatness)의 계산은 다음 식으로 구하였다.

$$Fatness = \frac{MW}{L^3} \times 10^2$$

여기서, MW : 육중량 (g), L : 각장 (mm)이다.

*Corresponding author: kdh0211@hanmail.net

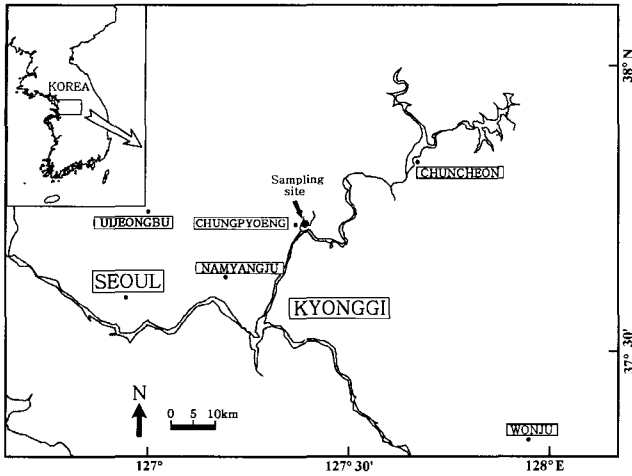


Fig. 1. Map showing the sampling site of *C. (C.) papyracea* in the Chungpyeong river of Korea.

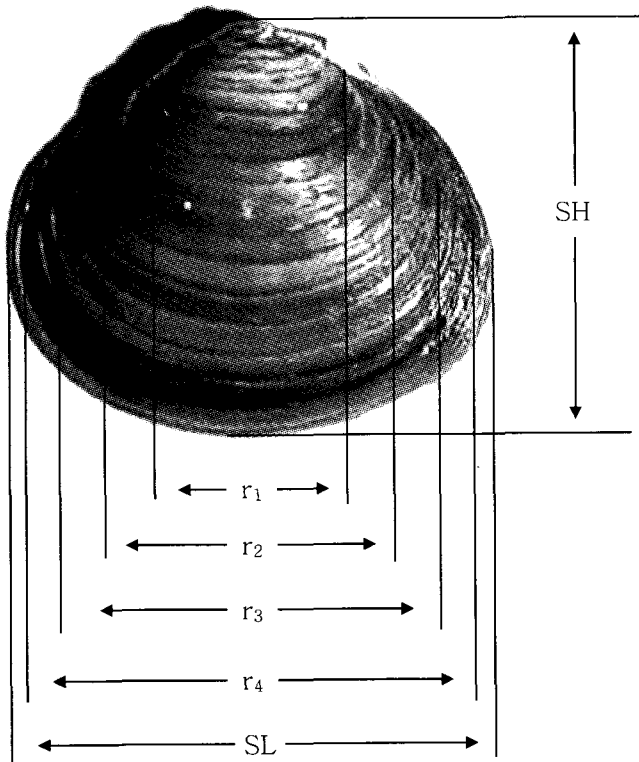


Fig. 2. Shell length (SL), shell height (SH) and ring diameter ($r_1 \sim r_4$) of *C. (C.) papyracea*.

윤문군별 각 연륜경을 산정하였으며, 이들의 대표값으로 각 연륜별의 윤경 평균치를 계산에 이용하였다. 얽은채첩의 성장에 적용한 성장식은 von Bertalanffy의 성장식을 이용하였으며, 연령이 t 일 때의 각장 L_t 는

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

이고, 여기서 L_{∞} 는 이론적 최대각장, K 는 성장계수, t_0 는 각장이

0일 때의 이론적 연령이다. 또한 각장과 전중간의 관계식은 $W = aL^b$ 의 상대성장식으로 나타내었으며, 각장과 전중간의 관계식으로부터 계산된 연령 t 일 때의 전중의 성장식은

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

으로 추정하였다.

또한, 성장식의 모수는 각 연륜별 평균각장을 Walford (1946)의 정착도법과 비선형회귀방법으로 추정하여 각 연륜별 평균각장과 두 추정결과와의 잔차평방합을 비교하였다. 비선형회귀방법 (nonlinear regression)은 통계분석 프로그램인 SPSS (Release 10.1.3, SPSS Inc.)을 사용하여 추정하였으며, 기본추정방법은 Levenberg-Marquardt의 방법으로 하였고, 비선형회귀법의 초기값은 이론적 최대각장은 50, t_0 및 K 는 0.1로 하였다.

결 과

얽은채첩의 월별 각장조성을 살펴보면 (Fig. 3), 9월에 3 mm 이상의 어린 치패들이 출현하기 시작하며 9월부터 이듬해 8월까지 4개의 mode를 보이며 22 mm까지 분포하였으며, 시간이 경과할수록 이들 mode들이 월별로 서서히 성장하는 경향을 보였다. 전반적으로 6 mm~20 mm 사이의 범위에 집중되어 있으며, 20 mm 이상의 개체들의 출현도수가 비교적 낮게 나타났다. 또한, 어린 치패들이 4월까지 보이지 않았다가 5월에 뚜렷한 mode를 형성하여

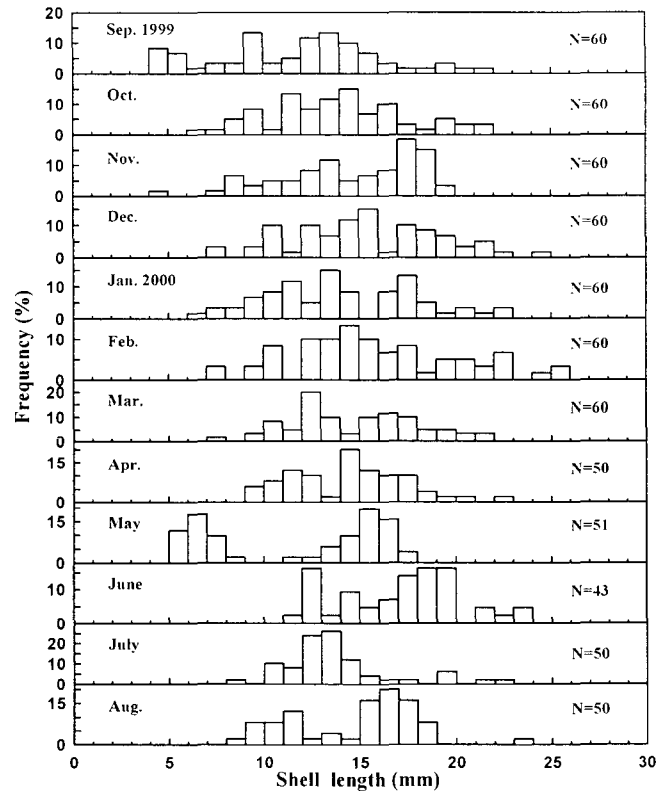


Fig. 3. Monthly change of shell length frequency of *C. (C.) papyracea*.

출현하였다.

패각은 얇은 녹색바탕에 성장선이 각정을 중심으로 윤문을 형성하고 있는데, 이 윤문의 형성시기를 알아보기 위한 윤문경을 이용한 연역지수의 월변화를 확인하였다 (Fig. 4). 연역지수는 2월에서 6월까지 비교적 평탄한 값을 보이다가 7월에 조금 낮아지고 다시 계속 상승하여 12월에 가장 높은 값을 나타내고 갑자기 1월에 가장 낮은 값을 보였는데, 12월과 1월의 연역지수의 t-검정결과 고도로 유의한 차이를 보여 ($p < 0.0001$), 1월을 윤문형성시기로 추정하였다.

또한, 본 종은 유생을 방출하는 난태생이기 때문에 (Jo et al., 1998) 비만도의 월변화를 확인한 결과 (Fig. 5), 9월에서 이듬해 3월까지 비교적 고른 값을 보인 이후 5월까지 급속히 높아지다가 6월까지 급격하게 낮아졌으며 이후 다시 비교적 평탄한 값을 보였다. 따라서, 본 종은 5월부터 유생을 갖기 시작하여 6~7월에 집중 방출하는 것으로 판단되었으며, 7월을 유생방출기점으로 추정하였다. 그리고, 각정과 제1륜과의 평균간격 (4.59 mm)이 제1륜과 제2륜의 평균간격 (1.75 mm), 제2륜과 제3륜의 평균간격 (1.59 mm) 및 제3륜과 제4륜의 평균간격 (1.28 mm)에 비해 훨씬 큰 것으로 나타나, 얇은재첩은 여름에 산란 후 약 1.5년만에 첫 윤문을 형성하

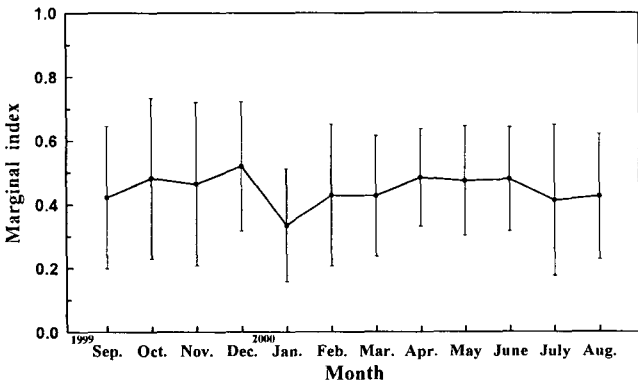


Fig. 4. Monthly change of shell marginal indices of *C. (C.) papyracea*.

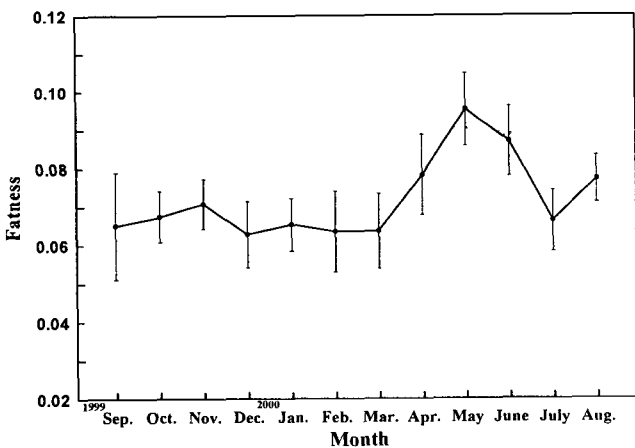


Fig. 5. Monthly change of fatness of *C. (C.) papyracea*.

며 이후 연 1회 윤문이 형성되어 연륜으로 간주하였다.

각 윤문의 개별 특이성을 확인하기 위하여 각 윤문군의 각 윤문그래프는 Fig. 6과 같다. 여기에서 윤문이 2개인 집단에서는 초륜의 분산정도가 크게 나타났지만 두 윤문이 분명하게 구분이 되며, 윤문이 3개인 집단과 4개인 집단에서는 1륜과 2륜의 분산정도가 비교적 높지만 각 윤문이 비교적 뚜렷이 구분되어 윤문판독의 타당성을 확인할 수 있었으며, 각장에 따른 윤문경의 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았다. 따라서, 판독된 윤문이 연륜임을 확인하였다.

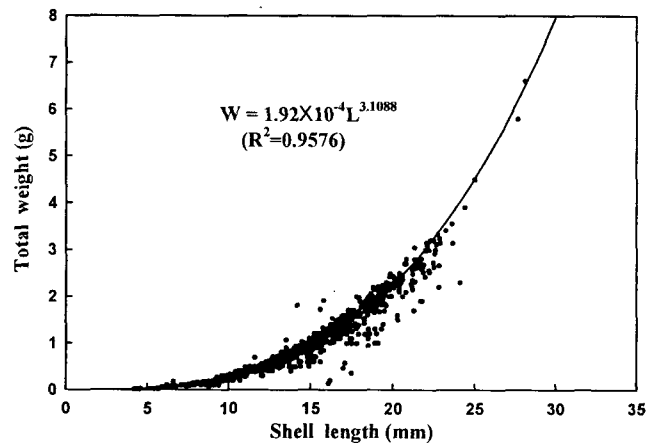


Fig. 6. Relationship between shell length and total weight of *C. (C.) papyracea*.

본 종의 상대성장을 추정한 결과, 표본의 각장 (L , 단위: mm)과 전중 (W , 단위: g) 간의 상대성장식은 다음과 같았다 (Fig. 7).

$$W = 1.92 \times 10^{-4} L^{3.1088} \quad (R^2 = 0.9576)$$

여기에서 각장이 전중의 3제곱승에 가까웠는데, 각장 15 mm 이상에서 비교적 개체의 변이가 큰 것이 관찰되었다.

추정된 표본들의 각장과 각고 (SH , 단위: mm) 간의 상대성장식은 Fig. 8과 같이 추정되었는데, 각장의 역수가 1보다 약간 작게 나타났으며 (0.9964), 각장과 각폭 (SW , 단위: mm) 간의 상대

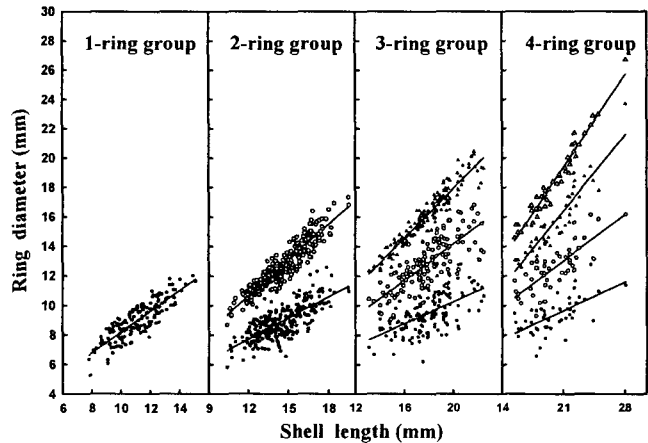


Fig. 7. Relationship between shell length and ring diameter of *C. (C.) papyracea*.

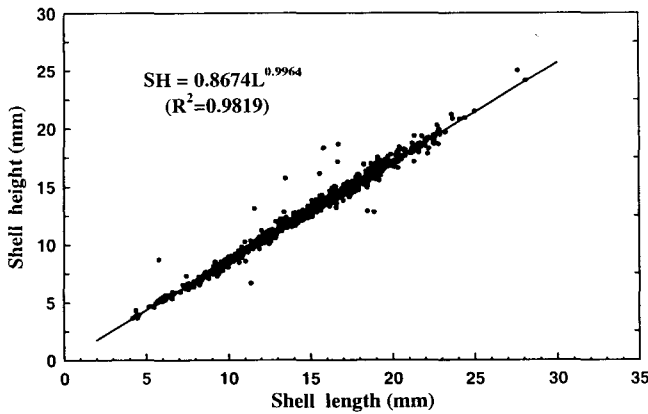


Fig. 8. Relationship between shell length and shell height of *C. (C.) papyracea*.

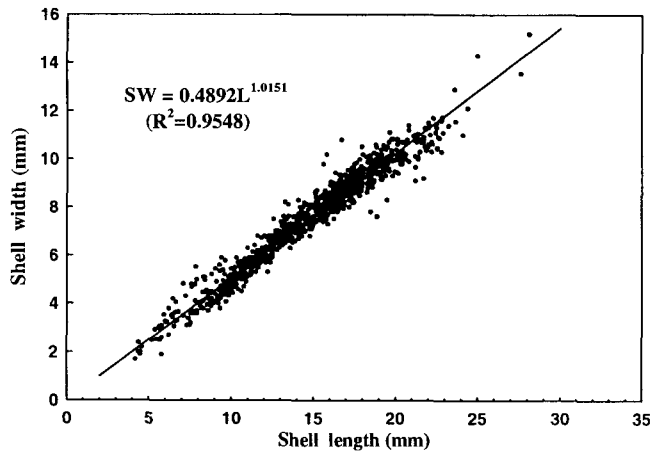


Fig. 9. Relationship between shell length and shell width of *C. (C.) papyracea*.

성장식은 Fig. 9와 같으며 각장의 멱수가 1보다 약간 크게 나타났으며 (1.0151), 모두 1차선형관계에 가깝게 나타났다. 또한, 각장에 대한 각고와 각폭의 분포양상을 살펴보면 각고에 대한 분포양상이 각폭에 대한 분포양상보다 좁은 것으로 나타나 결정계수도 약간 높았다 (0.9819).

측정된 표본들의 각장과 육중 (MW, 단위: g) 간의 상대성장식은 다음과 같이,

$$MW = 0.52 \times 10^{-4} L^{3.1479} \quad (R^2 = 0.9336)$$

으로 각장은 육중의 3제곱승에 비교적 가까운 관계를 보였는데, 결정계수는 추정된 상대성장식에서 제일 낮았다 (Fig. 10). 따라서 동일한 각장에 있어서, 다른 형질보다 육중의 변이가 큰 것으로 나타났다.

각 연륜별 평균각장 및 체중을 환산한 결과, 1.5세의 각장은 9.17 mm, 2.5세는 12.68 mm, 3.5세는 15.86 mm, 4.5세는 18.42 mm였으며 (Table 1), 1.5세의 전중은 0.19 g, 2.5세는 0.51 g, 3.5세는 1.03 g, 4.5세는 1.64 g이었다 (Table 2).

여기에서 구한 각 연륜별 각장으로 Walford의 정착도법을 이

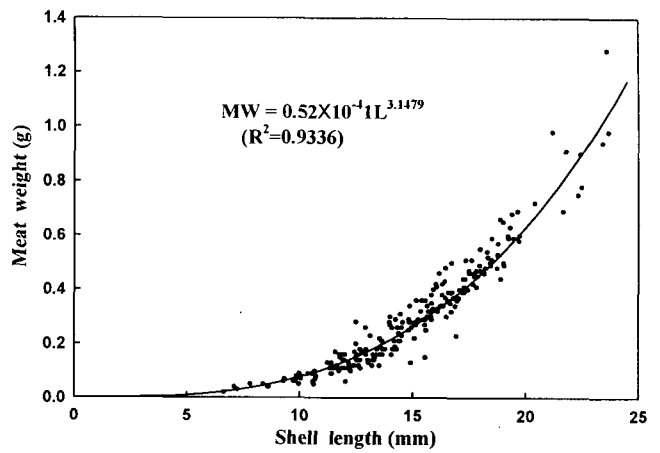


Fig. 10. Relationship between shell length and meat weight of *C. (C.) papyracea*.

Table 1. Ring diameter of each ring group of *C. (C.) papyracea*.

Ring Group	Ring diameter (mm)				Number of samples
	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	
1	8.99				160
2	8.90	12.64			269
3	9.45	12.84	16.11		148
4	9.35	12.55	15.62	18.42	48
Mean	9.17	12.68	15.86	18.42	
S.E.	1.23	1.57	1.93	2.51	

Table 2. Back-calculated total weight at each ring diameter of *C. (C.) papyracea*.

Back-calculated total weight (g)			
W ₁	W ₂	W ₃	W ₄
0.19	0.51	1.03	1.64

용하여 성장모수를 추정된 von Bertalanffy 성장식은

$$L_t = 34.28 (1 - e^{-0.1530(t+0.5364)})$$

였으며, 이 때의 편차평방합은 8.2356×10^{-3} 이었다.

한편, 비선형회귀식의 최소자승법을 이용하여 추정된 성장파라메타를 적용한 성장식은 다음과 같으며 (Fig. 11),

$$L_t = 34.36 (1 - e^{-0.1531(t+0.5246)}) \quad (\text{단, } L_t \text{는 } t \text{세의 각장})$$

이 때의 잔차평방합은 7.3825×10^{-3} 으로 비선형회귀식의 최소자승법의 결과가 각 연륜별 평균각장값에 가까운 결과를 보였다.

각장과 전중간의 상대성장식을 적용하여 전중에 대한 von Bertalanffy 성장식은 다음과 같다 (Fig. 12).

$$W_t = 11.42 (1 - e^{-0.1531(t+0.5246)})^{3.1088} \quad (\text{단, } W_t \text{는 } t \text{세의 전중})$$

따라서, 본 연구결과 비선형회귀방법으로 추정된 얽은제첩의 이론적 극한각장 (L_{∞})은 34.36 mm, 성장계수 K는 0.1531/년, 이론적 각장 0일 때의 연령 (t_0)은 -0.5246세, 그리고, 이론적 극한 전중 (W_{∞})은 11.42 g으로 추정되었다.

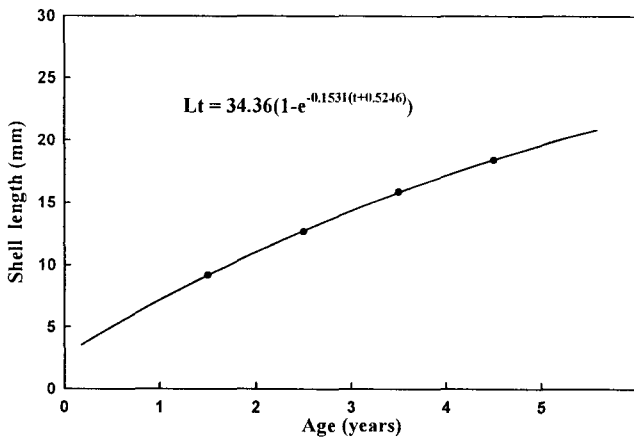


Fig. 11. Ring diameter of each ring group of *C. (C.) papyracea*.

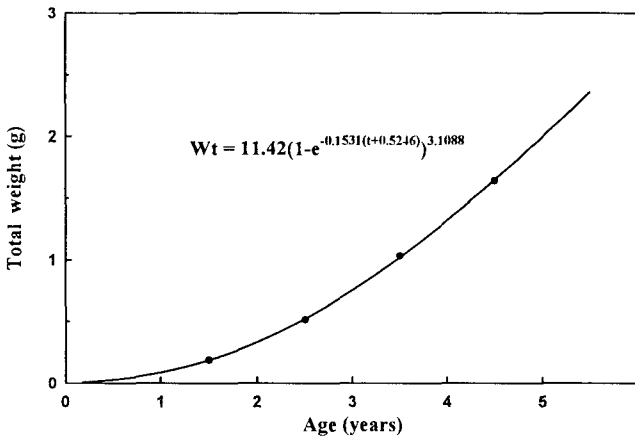


Fig. 12. Von Bertalanffy's growth curve of total weight of *C. (C.) papyracea*.

고찰

古川 (1953)은 琵琶湖産 재첩 (*Corbicula sandai* Reinhardt)의 패각 표면에 보이는 윤문이 연령형질로 유효하다고 했으며, 宇 (1981)는 일본재첩의 성장연구에 이를 적용하였다. 본 패각 표면에서는 패각 표면의 윤문 중 구분이 뚜렷한 윤문이 관찰되었다. 이 윤문은 대부분의 개체에서 확인되었다. 또한, 이 윤문의 형성시기를 알아보기 위한 연변부성장지수의 계절적 변화를 조사한 결과는, 이 차이가 겨울에 저하하는 것을 보였다. 이 기간에 패각의 성장을 고려하면, 이 윤문은 1년에 1번 겨울부터 봄에 걸쳐 형성되는 것으로 생각된다.

Mouthon (2001)에 의하면 남방재첩 *C. fluminea*의 경우 연중 일회의 번식기만 관찰되어 해에 따라 5월이나 6월에 시작하여 9월이나 10월에 마친다고 했다. Kim and Yoo (2000)은 참재첩 *C. leana*의 경우 완숙기와 방출기 개체의 출현비율이 가장 높은 시기는 6월부터 9월까지가 산란기로 조사되었고 주 산란기는 7월부터 8월까지로 판단된다고 하였다. Jo et al. (1998)에 의하면 본

종은 자용동체로 유패가 모체 아가미에서 D상 자패기 (D-shaped larva)까지 보육되다가 모체에서 떨어져 나와 바로 저서생활로 들어가는 담수산 난태생이라고 보고하였다. 따라서 본 종의 경우 비만도의 월변화를 확인한 결과, 유생 방출기인 7월을 기점으로 각 연령별 각장을 산정하여 성장모수를 추정하였다. 또한, 각장조성의 월별변화에서 이 시기에 방출된 치패들이 성장하여 9월에 3 mm 부근에서 출현하기 시작하는 것을 확인할 수 있었다 (Fig. 3).

각장과 중량의 상대성장을 추정한 결과 각장과 전중간의 결정계수가 각장과 육중간의 결정계수보다 높아 전중과의 상관관계를 성장식 추정에 이용하는 것이 타당한 것으로 판단되었으며, 각장과 전중의 상관관계에서 각장 13 mm 이상의 개체에서 상대성장의 변이가 많이 나타난 것으로 보아 환경 영향의 개별적 적응성이 고려되나 24 mm 이상의 개체가 적은 것이 감안된다. 연변부성장지수의 월변화에서 표준편차가 4월에 가장 작았으며 (0.1524), 11월에 가장 큰 값 (0.2563)을 나타내어 겨울을 중심으로 개체변이가 많으며 여름에 개체변이가 적은 것으로 나타났으나 7월 (0.2360)의 예외도 있었다. 각 윤문군별 각장에 대한 윤경의 상관관계에서 2륜문군의 1륜의 산포도는 2륜의 산포도에 비해 컸으나 두 윤의 구분은 분명하여 개체변이로 사료되며 각 윤문군에서 저윤문의 산포도가 고윤문의 산포도보다 크게 나타났는데 이는 저윤문의 형성시의 성장상태가 고윤문의 성장상태에 비해 변화가 크고 성장할수록 점차 차이가 적어짐을 확인할 수 있는데 개체수가 적은 영향도 고려된다. 또한, 각장에 대한 각고와 각폭의 분포양상을 살펴보면 각고에 대한 분포양상이 각폭에 대한 분포양상보다 좁은 것으로 나타났는데 이는 개체의 영양상태에 따라 각장보다 각폭에 대한 영향이 더 큰 때문으로 사료된다.

성장모수 추정 방법에 있어서, Zhang et al. (1998)의 경우 컴퓨터 software인 MS Excel의 Solver를 사용할 때에, 최종 추정값의 평방편차합 (SSQ)이 최소화하여 변화가 없을 때까지 자료분석자가 추정 프로시저를 수 회 반복해야 하고, 성장계수의 초기값으로 최종추정치에 가까운 값을 이용할수록 최종 추정값에 빠른 시간에 수렴하게 되나, SPSS 프로그램의 비선형회귀추정 프로시저를 이용하는 경우, 임의의 초기값 설정이 최종 추정값에 영향을 미치지 않기 때문에 통계모수 추정에 용이한 방법으로 생각된다.

Cataldo (1999)에 의하면 *C. fluminea*의 경우 성장 계수가 0.65 이고, 1세 개체에서 추정된 크기범위는 15.3~22.4 mm, 2세는 23.5~27 mm, 그리고 3세는 27.5~29.3 mm인 것과 비교하면 본종의 경우 이론적 최대각장이 작고, 성장계수가 작으며 각 연령별 각장범위도 작은 것으로 나타났다. 또한 본종의 표본에서 5세 이상의 개체가 출현하지 않은 것으로 보아 수명은 5세인 것으로 추정되는데 *C. fluminea*의 최소수명이 4세 또는 5세 (Mouthon, 2001)인 것은 본 종과 비슷한 경향을 가짐을 알 수 있다. 반면 宇 (1981)의 *C. japonica* 경우 최고 10세의 개체까지 확인되었다. 朝比奈 (1941)는 藻琴湖산 일본재첩에 대해서, 생활 제1년의 겨울까지에 각장 7~11 mm, 제2년에는 20~22 mm로 성장하며, 제3년에는 25 mm 이상에 달하는 것으로 보고했다. 또한, Fuji (1957)는 十三湯산 일본재첩에서는 만1년에 각고 약 9 mm, 2년에 약 15 mm, 3년에 약 21 mm에 달하는 것으로 설명되었다. 이들 결과에 비해서 본 연구결

과 *C. papyracea*는 성장률이 낮고 宇藤 (1981)의 일본재첩에 비해 이론적 극한각장이 작게 추정되었다.

참 고 문 헌

- Britton, J.C. and B. Morton. 1986. Polymorphism in *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculacea) from North America. *Malacological Review*, 19, 1~43.
- Cataldo, D. and D. Boitovskoy. 1999. Population dynamics of *Corbicula fluminea* (Bivalvia) in the Paran River Delta (Argentina). *Hydrobiologia*, 380, 153~163.
- Cho, D.H., O.K. Kwon and S.B. Park. 1983. Electrophoretic and immunological analyses on the freshwater bivalve (*Corbicula*). *Korean J. of Limnology*, 16, 39~41 (in Korean).
- Fuji, A. 1957. Growth and breeding season of the brackish-water bivalve, *Corbicula japonica*, in Zyusan-gata inlet. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 8, 178~184.
- Huh, M.K. 1998. Allozyme variation and population structure of *Corbicula papyracea* from Nam and Sumjin Rivers. *Kor. J. Genetics*, 20, 163~172.
- Huh, M.K., D.H. Moon and H.W. Huh. 1998. Genetic diversity and thermostabilitional variants of *Corbicula japonica* from the two main rivers in Korea. *J. Kor. Environ. Sci. Soc.*, 7, 243~249 (in Korean).
- Jo, M.K., K.S. Byun and M.H. Jang. 1998. Distribution and ecology of genus *Corbicula* in the North Kyung-sang Province I. Distribution and classification of genus *Corbicula* in the north Kyung-sang province. *J. of Aquaculture*, 11, 581~592 (in Korean).
- Joh, Y.G., S.J. Park and C.W. Ahn. 1982. Lipids of fresh-water cockle, *Corbicula elatior*. *Kor. Fish. Soc.*, 15, 94~98 (in Korean).
- Jung, J.Y. 1977. Ecological studies of a brackish water clam, *Corbicula japonica* PRIME, from Nag Dong river. *Nat. Fresh Water Fish Hat. of Fish. Choeng-pyong, Korea*, 2, 130~140 (in Korean).
- Kim, J.H. and M.S. Yoo. 2000. Reproductive cycle of marsh clam, *Corbicula leana* (Prime) in Hyongsan estuary. *J. Kor. Fish. Soc.*, 33, 184~191 (in Korean).
- Kwon, O.K., D.K. Min, J.R. Lee, J.S. Lee, J.G. Je and B.L. Choe. 2001. Korean Mollusks with color illustration. Min's Shell House, 332 pp. (in Korean).
- Kwon, O.K., J.S. Lee and G.M. Park. 1987. The studies on the mollusks in the lake Uiam (7) - A study on the gonadal tissues and demibranchs of *Corbicula fluminea* (Palaeoheterodonta: Corbiculidae). *Kor. J. of Limnology*, 20, 30~38 (in Korean).
- Lee, T.Y., J.S. Park, P. Chin, Y.J. Kang, C.H. Sohn and P.Y. Lee. 1985. Studies on environment and biology of aquatic living resource in Nakdong estuary. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 34, 5~60 (in Korean).
- Morton, B. 1987. Polymorphism in *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculacea) from Hong Kong. *Malacological Review*, 20, 105~127.
- Mouthon, J. 2001. Life cycle and population dynamics of the Asian clam *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae) in the Saone River at Lyon (France). *Hydrobiologia*, 452, 109~119.
- Park, G.M., J.S. Lee, H.B. Song, J.C. Park and O.K. Kwon. 1989. Cytological studies of *Corbicula papyracea* Heude (Bivalvia: Corbiculidae) in the Lake Uiam. *J. of Science and Technology*, 28, 77~82 (in Korean).
- Walford, L.A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull.*, 90, 141~147.
- Zhang, C.I., C.S. Park and M.H. Sohn. 1998. A study on the stock management of the sharp-toothed eel, *Muraenesox cinereus* (Forskål) in Korean waters IV. Population Ecological characteristics and biomass. *J. Kor. Soc. Fish. Res.*, 1, 25~35 (in Korean).
- 古川 優. 1953. セタシジミの生態學的研究-I, 成長に就いて. *日本誌*, 19, 88~90.
- 宇藤 均. 1981. 網走湖産ヤマトシジミ *Corbicula japonica* Prime의 成長. *北水試報*, 23, 65~81.
- 朝比奈英三. 1941. 北海道に於ける蜆の生態學的研究. *日本誌*, 10, 143~15.

2002년 7월 10일 접수

2002년 10월 29일 수리