

한국 거문도 인근해역의 꽃새우, *Trachysalambria curvirostris*의 성숙과 성장

오택윤[†] · 최정화* · 차형기 · 김주일 · 고정락 · 이주희**

국립수산과학원, * 부경대학교 해양과학공동연구소, ** 부경대학교

Maturation and growth of *Trachysalambria curvirostris* in the coastal water of Geomundo, Korea

Taeg Yun OH[†], Jung Hwa CHOI*, Hyung Kee CHA, Joo Il KIM, Jeong Lag KOH and Ju Hee LEE**

National Fisheries Research and Development Institute Korea, * Inter-University
Institute of Ocean Sciences of Pukyong National University, ** Pukyong National University

Abstract

In Korea, *Trachysalambria curvirostris* occurs widely along the south and west coasts with a range extending from Kanghwado in the northwest down to Sarangdo in the southeast. Sex ratio showed seasonal variations, with a mean value of 48.6% for the females. *T. curvirostris* produces one cohort a year, with the ovaries ripening from July to August. Insemination appeared to take place from June to August, as more than half of the females sampled in the study of over 19 mm carapace length were inseminated. The mean gonado somatic index (GSI) reached a maximum between July and August. The smallest mature female found was a 18 mm carapace length (CL). Size at 50% sexual maturity (CL_{50}), determined from both mature females and inseminated females was 18.89 mm and 19.91 mm CL, respectively. The life span of females appeared to be 14-15 months according to size frequency distributions, while that of the male was 13-14 months. Population growth was estimated by the modified von Bertalanffy growth function incorporating seasonal variation in growth. Based on the growth parameters ($K = 1.40 \text{ yr}^{-1}$ and $L_{\infty} = 29.54 \text{ mm CL}$ for females, and $K = 2.00 \text{ yr}^{-1}$ and $L_{\infty} = 18.95 \text{ mm CL}$ for males) growth curves showed that females grew faster and reached a larger size than males.

Key words : *Trachysalambria curvirostris*(꽃새우), growth(성장), reproduction(재생산), cundity(포란수), Geomundo(거문도)

서 론

보리새우과(Family Penaeidae)에 속하는 꽃새우 (*Trachysalambria curvirostris*)는 우리 나라의 서해, 남해 및 동해 남부 해역에 분포하는 산업종으로 연

안의 사니절에 주로 서식한다(Hayashi, 1992; Cha et al., 2001). 보리새우과 새우는 어류 자원의 감소로 인하여 대체 어자원으로서, 서해와 남해의 대표적인 어획대상 종이며, 특히, 대하, 중하 및 꽃새우는 전체 새우류 어획량의 50% 이상을 차지하고 있다.

[†] Corresponding author : tyoh@nfrdi.re.kr

꽃새우에 관한 연구를 살펴보면, Park(1993)은 꽃새우 유생의 형태적 특징과 단계별 기간을 보고하였고, Kim(1984)은 서해중부해역에 서식하는 꽃새우의 성장과 산란에 관하여 보고하였다. 또한, Cha *et al.*(1997)은 서해중부해역에 서식하는 꽃새우의 성숙과 산란을 조직학적 관찰을 통하여 연구하였고, Cha *et al.*(2003)은 서해 중부해역의 꽃새우 성장과 성숙시기 등의 생물학적인 연구를 하였다. 하지만, 서식환경이 다른 남해에 서식하는 꽃새우에 대한 연구는 이루어져 있지 않다. 본 연구에서는 거문도 인근해역에 서식하는 꽃새우의 성장과 성숙을 통한 개체군 동태를 파악하여 서해에 서식하는 개체군과 비교 고찰하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 꽃새우 표본은 1998년 11월부터 1999년 10월까지, 매일 남해의 거문도 근해에서 날개 그물간격이 8.0 m이고, 끝자루 그물 망목이 16 mm인 새우조망으로 채집하였다. 채집된 표본은 선상에서 10% 증성 포르말린용액을 이용 고정하였으며, 고정된 표본은 2~3일 후 70% 알코올 용액으로 보존하였다.

꽃새우의 개체군 구조와 성장을 파악하기 위하여 채집된 모든 개체를 분석대상으로 하였으며, 암수 구분은 암생식기(Thelycum)와 숫생식기(Petasam)의 유무로 이루어졌다(Hayashi, 1990). 갑각장(Cara-pace length : CL)은 눈구멍의 기저에서 갑각의 정중선 뒷가장자리까지를 해부현미경(Wild M5)하에서 Ocular micrometer를 이용하여 측정하였다. 채집지역의 저층 수온과 염분은 매일 채집현장에서 T-S meter를 이용하여 측정하였다.

생식소 속도지수(Gonado somatic index : GSI)는 다음과 같이 생식소 중량/체중×100으로 구하였고, 암컷에서 난소를 추출하여 생식소 중량을 구하여 사용하였다. 난소의 속도는 육안 관찰에 의하여, 난소의 색깔이 백색일 경우 미숙(Immature), 황색일 경우에는 성숙중(Maturing), 짙은 녹색 혹은 주황색일 경우에는 완숙(Mature)으로 하는 Gab-Alla *et al.*(1990)의 방법을 사용하였으며, 암컷 생식기 표면의 교미전 유무로서 교미개체를 구분하였다. 포란수(Fecundity : Fe)는 완숙단계의 개체중 조직검경으로 산란경험이 없다고 판단되는 개체에 대하여 needle을 사용하여 완전히 분리한 후 입체현미경하에서 계수하여 습중량법으로 계산하였다. 체장조성은 암수별 갑각장을 2 mm 단위의 계급구간을 설정

하여 체장빈도 분포를 나타내어 분석하였다. 군성숙도(P)는 각 계급간에서 성 성숙이 증숙(maturing) 이상의 비율과 교미전을 가진 암컷 개체의 비율을 각각 계산하여 아래의 로지스틱 방정식(Campbell, 1985)으로 추정하였다.

$$P = \frac{1}{1 + \exp[a + bCL]}$$

위의 식에서 a 와 b 는 변수이고, CL은 갑각장이다. 위의 방정식에서 변수 추정은 지수함수식을 직선화시킨 후 성숙을 P와 CL의 상관분석에 의해 이루어졌으며, 성 성숙이 일어나는 체장 즉, 암컷 개체의 50%가 성숙에 이르는 CL₅₀은 a 와 b 사이의 비율(a/b)로 계산하였다.

성장곡선의 변수 추정은 갑각장의 빈도분포 자료를 Bhattacharya의 계급 분석법에 의해 계급을 분리하여, 분리된 계급의 평균 갑각장과 연령을 이용하여 변형된 von Bertalanffy 개체군 성장곡선의 변수를 비선형 변수 추정법으로 이루어졌다(Pauly and Gaschutz, 1979). 단 0세의 길이는 Ronquillo and Saisho(1995)의 Zoea 1기 유생의 길이를 기준으로 하였다.

$$L_t = L_\infty [1 - \exp^{-K(t - t_0) - (CK/2\pi)\sin(2\pi(t - t_0))}]$$

L_t 는 t 세의 길이, L_∞ 는 이론적 최대체장(갑각장), K 는 성장 계수, t_0 는 길이가 0일 때의 연령으로, $(CK/2\pi)\sin(2\pi(t - t_0))$ 은 계절에 의한 성장률의 변화를 감안한 변동 계수이다. C (Seasonal oscillation)는 계절에 따른 성장의 변동 계수이며, t_0 는 갑각장이 0일때의 이론적 연령이고, t_5 는 WP (Winter point: 일년 중 성장이 가장 느린 시기를 1년에 대한 비로써 나타낸 값)에 0.5를 더한 값이다. 암·수간의 성장을 비교하기 위해 L_∞ 과 K 값을 이용하여 Pauly and Munro(1984)의 방법에 따라 성장비교지수 (Growth performances index, ϕ')를 구하였다.

$$\phi' = \log_{10} K + 2 \log_{10} L_\infty$$

결 과

1. 수온과 염분

연구 기간 동안 조사해역의 저층 평균 수온은 15.22℃였고, 2월이 8.56℃으로 가장 낮았으며, 9월이 20.98℃로 가장 높았다. 저층 평균 염분은 33.10‰였고, 11월이 30.96‰으로 가장 낮았으며, 5월이 33.98‰로 가장 높았다(Fig. 1).

2. 성비, 성 성숙 및 군 성숙

연구 기간 중 채집된 꽃새우는 2,534마리였으며, 이 중 암컷 1,232마리로 48.62%를 차지하였고, 수컷은 1,302마리로 51.38%를 차지하였다.

암·수 비율의 월별 변화는 4월부터 6월 사이에 암컷의 출현비율이 높았으며, 7월에는 암컷의 비율이 다소 감소하였고, 8월 이후 원만히 상승하였다(Fig. 2).

꽃새우 암컷의 월별 난의 성숙 변화 양상은 4월까지의 성숙한 난을 가진 개체가 출현하지 않았으나, 5월 이후 성숙한 난을 가진 개체가 출현하기 시작하여 7월에는 채집 암컷의 80% 이상이 성숙한 난을 가졌고, 이후 성숙난의 출현비율이 낮아져 10월에는 모든 개체가 미성숙 단계이었다(Fig. 3).

생식소 속도지수의 평균치 월별 변화는 4월까지의 평균 0.39-1.01 범위로 낮은 값을 보였으며, 6월부터

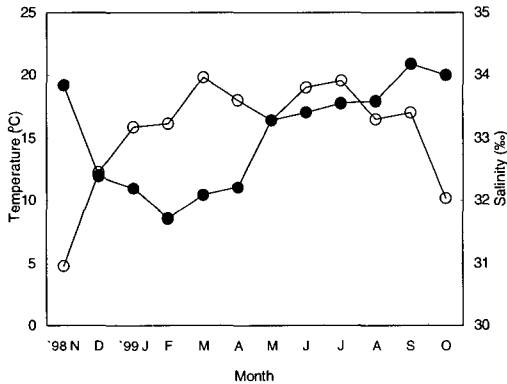


Fig. 1. Monthly variation of bottom seawater temperature (○) and salinity (●) at the sampling site.

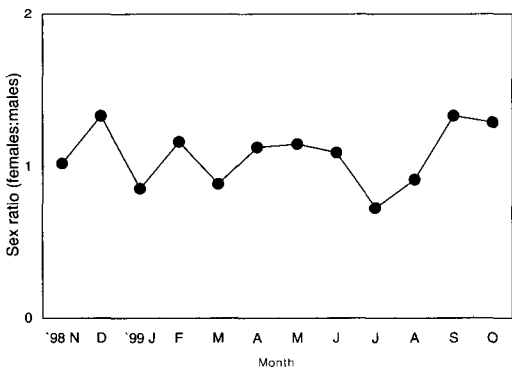


Fig. 2. Monthly variation in the sex ratio of *Trachysalambria curvirostris*.

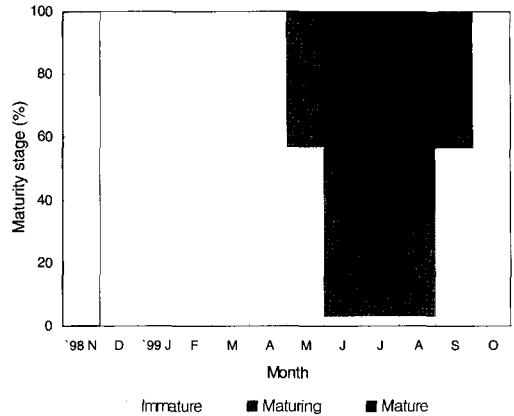


Fig. 3. Percentage of female *Trachysalambria curvirostris* with ovaries at different stage maturity in each month.

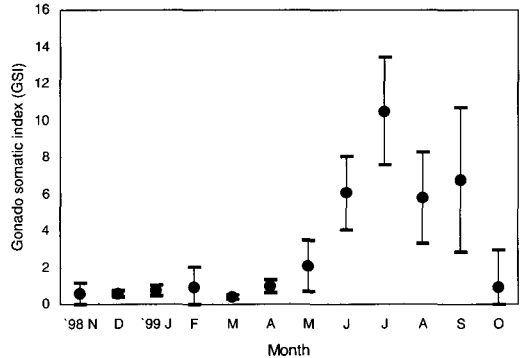


Fig. 4. Changes in the GSI in monthly of female, *Trachysalambria curvirostris* during November 1998–October 1999. Solid circles indicate mean GSI, and vertical bars range standard deviation GSI.

9월까지 평균 5.82-6.08로 높은 값을 보였고, 10월 이후 다시 2.00 이하의 낮은 값을 보였다(Fig. 4).

암컷 교미율의 월별 변화는 2월까지 채집된 모든 개체가 교미에 참여하지 않았으며, 3월 이후부터 교미한 개체가 출현하기 시작하였고, 7월과 8월에는 교미율이 96.60%로 대부분의 개체가 교미한 상태였으며, 9월 이후 다시 감소하여 10월에는 교미율이 0.00%로 모든 개체가 교미하지 않은 상태였다(Fig. 5).

채집별 난의 성숙과 교미율에 의한 군성숙도는 각각 18.00 mm 이상의 개체에서 성숙한 난을 가진 개체가 출현하기 시작하였고, 23.00 mm 이상의 개체

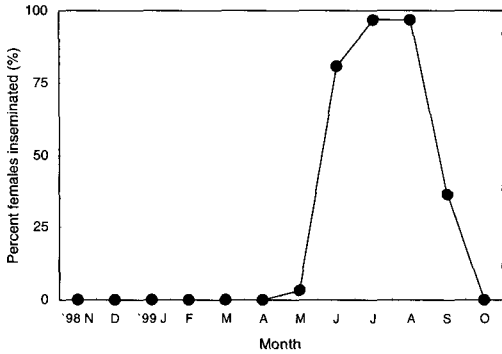


Fig. 5. Monthly variation of percentage frequency of inseminated female *Trachysalambria curvirostris*.

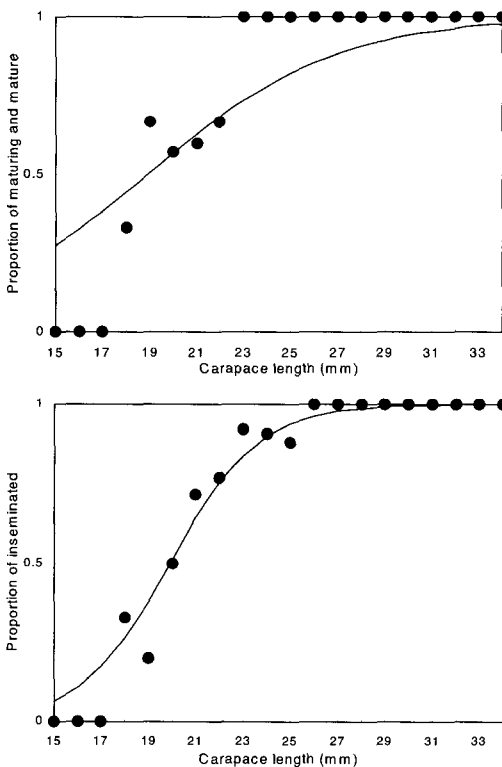


Fig. 6. Logistic functions fitting (A) the cumulative proportion of maturing and mature female *Trachysalambria curvirostris* and (B) the cumulative proportion of females inseminated. CL_{50} , which corresponds to each proportion of 0.5 (50% of female and mature), is indicated.

에서는 모든 개체가 성숙한 난을 가졌거나 산란에 참여하였고, 군 성숙 갑각장은 18.89 mm 였다(Fig. 6의 A).

교미율에 의한 군성숙도의 체급별 변화 양상은 18.00 mm부터 교미한 개체가 출현하기 시작하여 26.00 mm 이상의 모든 개체는 교미를 하였거나 산란에 참여하였으며, 군 성숙 갑각장은 19.91 mm 였다(Fig. 6의 B).

3. 포란수

포란수는 최소 성숙 갑각장 19.10 mm에서 48,000개, 최대 30.40 mm에서 284,600개였다. 갑각장과 포란수는 정 상관관계를 보였으며, 이들간의 관계를 수식으로 나타내면, $Fe = 17,172 \times CL - 256,980$ ($r^2 = 0.91$) 였다(Fig. 7의 A). 체중과 포란수 또한 정 상관관계를 보였으며, 이들간의 관계를 수식으로 나타내면, $Fe = 17,616 \times TW - 24,990$ ($r^2 = 0.89$) 였다(Fig. 7의 B).

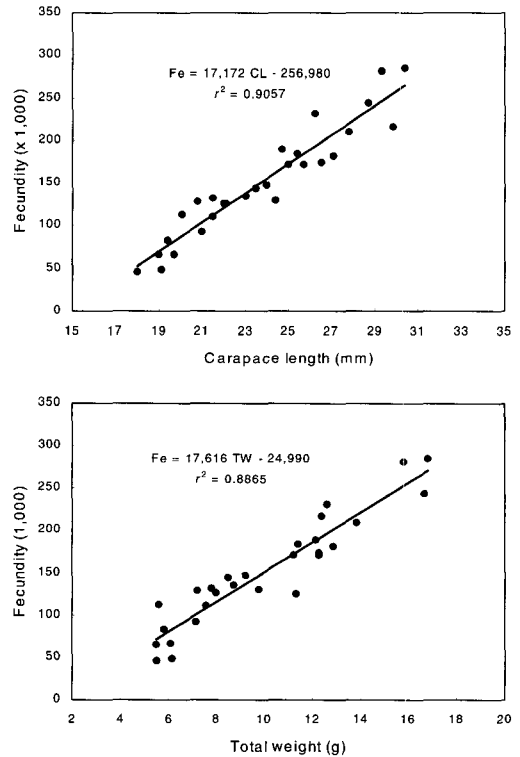


Fig. 7. Relationship between Fecundity and Carapace length (A) and Fecundity and weight (B) of *Trachysalambria curvirostris*.

4. 체장분포 및 성장

암컷의 체장분포에서는 9월 이후에 어구 가입하는 새로운 세대 (CL 15.03 mm)가 출현한 후, 10월과 11월에 빠른 성장을 하여 12월에는 채집된 개체의 평균 갑각장은 21.54 mm이었다. 이듬해 1월부터 6월까지의 느린 성장을 보이고, 6월부터 성장이 빨라져서 9월에 가장 크게 성장하여 평균 갑각장이 26.44 mm이었다(Table 1, Fig. 8).

Table 1. Length-at-age of *Trachysalambria curvirostris* in the southern coast of Korea established using the 1st of July as the birth-date

Sampling date	Age (years)	Modal length (mm)	
		Female	Male
Nov.1998	0.42	19.00	14.85
Dec.	0.50	21.54	16.46
Jan. 1999	0.58	21.41	15.00
Feb.	0.67	21.41	16.77
Mar.	0.75	21.43	15.00
Apr.	0.83	21.36	16.30
May	0.92	22.33	17.12
June	1.00	21.60	16.15
July	1.08	23.42	16.73
Aug.	1.17	23.73	16.47
Sep.	0.25	15.06	12.91
Sep.	1.25	26.44	18.81
Oct.	0.33	16.72	14.50

월별 평균 갑각장과 7월 산란기를 기준으로 한(Fig. 1~3) 연령으로 변형된 von Bertalanffy 성장식의 성장계수(K)는 암컷 1.40/년과 수컷 2.00/년이고, 이론적 최대 갑각장(L_∞)은 암컷 29.54 mm, 수컷 18.95 mm로 나타났으며, 성장비교지수 (ϕ')는 암컷이 3.08, 수컷이 2.86으로 암컷이 수컷에 비해 성장이 빠른 것으로 나타났고, 계절별 성장 변화율 (C)은 암·수 각각 1.18과 1.34로 차이가 없는 것으로 나타났으며, 성장이 가장 느린 시기인 동계점(WP)는 0.73, 0.70로 암·수 모두 4월로 추정되었다 (Table 2, Fig. 9).

고 찰

본 연구기간 동안 거문도 해역에 서식하는 꽃새우(거문도 개체군)의 산란시기는 수온이 상승하는 하계에 산란하여 9월에 가입이 이루어지는 것으로 나

Table 2. Growth parameters of females and males of *Trachysalambria curvirostris* estimated by nonlinear regression analysis.

Parameters	Female	Male
L _∞	29.54	18.95
K	1.40	2.00
t _s	0.20	0.22
C	1.18	1.34
WP	0.73	0.70
ts	0.23	0.20
ϕ'	3.08	2.86
r ²	0.98	0.98

L_∞ : asymptotic length (mm); K : growth coefficient (yr⁻¹); C : amplitude of growth oscillation; t_s, the age at the beginning of growth oscillation; WP : winter point; ϕ' : growth performances index; t₀: the age at the length of 0

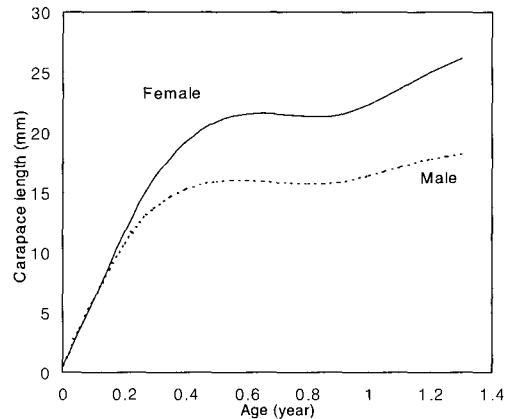


Fig. 9. A seasonalized growth curves for *Trachysalambria curvirostris* females and males based on the modified VBGF parameters (Table 2).

타났다. 생식소 속도 지수변화에 의한 주 산란시기는 7-8월로 나타나 Cha et al.(2003)이 보고한 서해 외연도 근해에 서식하는 꽃새우(외연도 개체군)의 주 산란시기인 7-8월과 비슷하였다. Cha et al.(2003)이 보고한 서해에 서식하는 꽃새우의 주 산란지는 어청도와 외연도 근해로 5월 이후 수온이 15°C 이상 상승하여 10월까지 6개월 동안 유지하며, 주 산란시기인 8월에는 25°C 이상의 고온이었다. 본 연구해역인 거문도 해역에서도 5월 이후 15°C 이상으로 상승하여 11월까지 7개월 동안 유지하였으며,

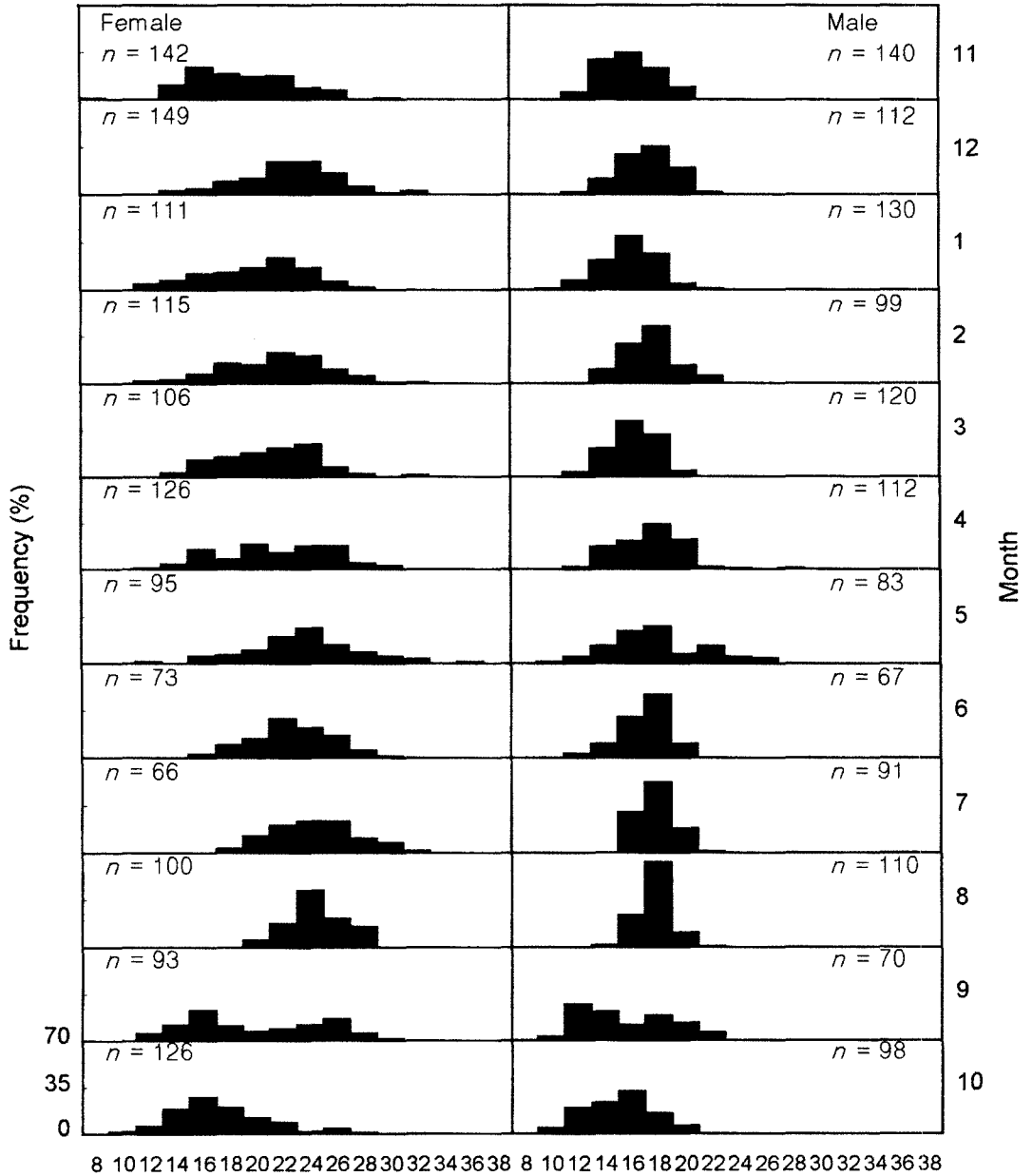


Fig. 8. Size-frequency histograms for *Trachysalambria curvirostris* sampled monthly between November 1998 and October 1999. Males and females were grouped into 2 mm CL size classes.

산란기를 한달 지난 9월에 20℃ 이상의 고온을 나타내었다. 생식소의 발달단계의 결과에서 나타난 중숙 단계 난을 가진 암컷의 출현은 두 지역 모두 수온 15℃ 이상인 5월부터 나타났다. 따라서, 꽃새우의 생식소 발달은 수온이 15℃ 이상으로 상승한 시기부터 이루어지며, 20℃ 이상 상승하는 시기에 산란이 이루어지는 것으로 추정할 수 있다.

암컷 생식소의 성숙 단계에 의한 군성숙 갑각장(CL_{50})은 18.89 mm였고, 교미 유·무에 의한 군성숙 갑각장(CL_{50})은 19.91 mm로 나타났다. 서해 외연도 개체군에서의 생식소 성숙과 교미율에 의한 군성숙 갑각장이 각각 15.37 mm, 16.49 mm로 거문도 해역에 서식하는 꽃새우와 차이가 있는 것으로 나타났다(Cha *et al.*, 2003). 두 지역 개체군에서 나타난 꽃새우의 군 성숙 특징은 성 성숙 이후에 교미가 이루어지는 것으로 나타났다. 두 개체군간 군 성숙에 이르는 갑각장(CL_{50})의 차이는 성장이 느린 10℃ 이하 저수온이 거문도 해역에서 연중 1개월인데 비해 외연도 해역에서는 3개월로 상대적으로 길기 때문에 차이가 있는 것으로 사료된다. Pauly (1982)는 보리새우과 새우류의 성장은 서식지 수온의 변화에 의해 영향을 받는다고 보고하였으며, Garcia(1977)는 온도의 변화가 Ivory 연안에 서식하는 *Penaeus notalis*의 산란 및 신생 개체군 가입에 영향을 미치는 것으로 보고하였다.

체장빈도 조성에 의한 성장의 형태는 9월 이후 어구 가입이 이루어져 이듬해 1월까지 성장하였으며, 수온이 가장 낮은 2월 이후 성장이 느려져 6월까지 는 개체군의 성장이 이루어지지 않은 시기로 나타났다. 이후 7월과 8월 사이에 암컷은 빠른 성장을 보인 후 산란에 참여하고 사망하였으며, 수컷은 교미에 참여한 후 사망한 것으로 추측되어 진다. 이에 비해 외연도 개체군은 8월에 어구 가입이 이루어져 같은 해 10월까지 빠른 성장이 보였으며, 11월에서 이듬해 4월까지 성장이 이루어지지 않고 5월부터 빠른 성장 후 암컷은 6월과 7월 사이에 산란에 참여한 후 사망하며, 수컷은 교미에 참여한 후 사망하는 것으로 보고되어 있다(Cha *et al.*, 2003). 따라서, 꽃새우는 지금까지 보고된 보리새우과 새우류의 산란형태인 한번의 산란을 마친 후 자연사망하는 전형적인 단년생의 생활사 형태를 가지고 있는 것으로 나타났다. 또한 체장 빈도 변화에 의해 추정된 거문도 개체군의 수명은 암컷(14-15 개월)과 수컷(13-14 개월)로 나타나 외연도 개체군(암컷, 14-15개월; 수컷, 13-14개월)과 동일하였다(Cha *et al.*, 2003).

본 연구에 나타난 거문도 꽃새우 개체군의 변형된

von Bertalanffy 성장식에 의한 성장계수(K)는 암컷 1.40/년과 수컷 2.00/년이고, 이론적 최대 갑각장(L_{∞})은 암컷 29.54 mm, 수컷 18.95 mm로 나타났고, 서해 외연도 개체군의 성장계수(K) 암수 모두 2.00/년과 이론적 최대 갑각장(L_{∞}) 암컷 24.64 mm, 수컷 19.00 mm로 나타나 두 지역 개체군 사이에는 암컷의 성장계수(K)와 이론적 최대 갑각장(L_{∞})에서 차이를 보였다. 그러나 두 지역 개체군의 성장계수(K)와 이론적 최대 갑각장(L_{∞})을 이용한 성장비교 지수(ϕ')는 암컷, 3.08과 수컷 2.86으로 외연도 개체군의 암컷, 3.08과 수컷, 2.86과 동일한 것으로 나타났다(Cha *et al.*, 2003).

요약

우리 나라의 서해와 남해 연안을 분포하는 꽃새우는 북쪽으로는 강화도에서 남쪽으로 사당도까지 널리 분포한다. 본 연구에서 대상으로 한 거문도 인근해역 꽃새우의 암수 성비는 암컷이 48.6%로 나타났고, 이 개체군은 7월과 8월에 성숙하고, 년 1회 신생 개체군이 발생되었다. 교미한 개체는 7월과 8월에 출현하기 시작하고, 갑각장 19 mm 이상의 암컷에서는 반 이상이 교미한 것으로 나타났으며, 속도지수는 7-8월에 최고치를 나타내었다. 암컷의 최소 성숙개체는 갑각장 18 mm이고, CL_{50} 성 성숙체장과 교미체장은 각각 갑각장 18.89 mm와 19.19 mm로 나타났다.

체장 빈도 변화에 의해 추정된 거문도 개체군의 수명은 암컷 14-15개월이고, 수컷은 13-14개월 나타났다.

변형된 von Bertalanffy 성장식에 추정된 성장계수(K)는 암수 각각 1.40/년과 2.00/년이고, 최대 갑각장(L_{∞})은 암수 각각 29.54 mm와 18.95 mm이었으며, 암컷이 수컷 보다 성장이 빠르고, 큰 것으로 나타났다.

참고문헌

- Bhattacharya, C. G. (1967) : A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components, *Biometrics*, 23, 115-135.
- Campbell, A. (1985) : Application of a yield and egg-per-recruit model to the lobster fishery in the Bay of Fundy, North America *Journal of Fisheries Management*, 5, 91-104.
- Cha, H. K., Park, Y. C., Yeon, I. J., Kim, S. T. and Hong, S. Y. (1997) : Maturation and

- spawning of *Trachypenaeus curvirostris* Stimpson (Decapoda: Penaeidae) in the southern coast of Korea, Bulletin of National Fisheries Research and Development Institute, 53, 55-64.
- Cha, H. K., Oh, C. W. and Choi, J. H. (2003) : Biology of the cocktail shrimp, *Trachysalambria curvirostris* (Decapoda: Penaeidae) on the Yellow Sea of Korea. Journal Marine Biology Association of UK, in press.
- Cha, H. K., Lee, J. U., Park, C. S., Baik, C. I., Hong, S. Y., Park, J. H., Lee, D. W., Choi, Y. M., Hwang, K. S., Kim, Z. G., Choi, K. H., Sohn, H. S., Sohn, M. H., Kim, D. H. and Choi, J. H. (2001) : Shrimps of the Korean Waters, National Fisheries Research and Development Institute, Pusan, Korea, 188.
- Gab-Alla, A.A., Hartnoll, R.G., Ghobashy, A.F. and Mohammed, S.Z. (1990) : Biology of penaeid prawns in the Suez Canal lakes, Marine Biology, 107, 417-426.
- Garcia, S. (1985) : Reproduction, stock assessment models and population parameters in exploited penaeid shrimp populations, In Proceedings of the Second Australian National Prawn Seminar (eds. P. C. Rothlisberg, B. J. Hill, and D. J. Staples), 139-158. Cleveland : Australia.
- Hayashi, K. (1992) : Dendrobranchiata crustaceans from Japanese waters, Seibutsu Kenkyusha, Tokyo, 1-300
- Kim, Y. H., Lee, S. D. and Kim, B. G. (1984) : Ecological study on the shrimp, *Trachypenaeus curvirostris*, Korea Bulletin of National Fisheries Research Development and Institute, 32, 25-30.
- Park, K. Y.(1993) : Larval development of *Trachypenaeus curvirostris* (Stimpson) (Decapoda : Penaeidae) reared in the laboratory. M. S. Thesis, National Fisheries University of Pusan, 33.
- Pauly, D. (1982) : Studying single species dynamics in a tropical multispecies context. In: Pauly, D., Murphy, G.I. (eds.), Theory and Management of Tropical Fisheries. ICLARM Conference Proceedings, ICLARM Vol. 9, 33-70.
- Pauly, D. and Gaschütz, G. (1979) : A simple method for fitting oscillating length growth data, with a program for pocket calculators, ICES C.M. 1979/G: 24, 26.
- Pauly, D. and Munro, J. L.(1984) : Once more on the comparison of growth in fish and invertebrate. Fishbyte, 2, 21.
- Ronquillo, J. D. and Saisho, T.(1995) : Developmental stages of *Trachypenaeus curvirostris* (Stimpson, 1860) (Decapoda, Penaeidae) reared in the laboratory, Crustaceana, 68, 833-863.

2003년 3월 21일 접수

2003년 4월 24일 수리