

한국 거문도 인근해역의 민새우, *Parapenaeopsis tenella*의 개체군 동태

오택윤 · 차형기 · 최정화*[†]

국립수산과학원, *부경대학교

Population Dynamics of Smoothshell Shrimp, *Parapenaeopsis tenella* from the Coastal Area of Geomun-do, Korea

Taeg-Yun OH, Hyung-Kee CHA and Jung-Hwa CHOI*[†]

National Fisheries Research and Development Institute of Korea,

*Pukyong National University

Abstract

Parapenaeopsis tenella occurs widely on the south and west coasts of Korea. Sex ratio showed seasonal variations, with a mean value of 48.6% for the females. The species produces one cohort a year, with the ovaries ripening from July to August. Insemination took place from July to August, as more than half of the females sampled in the study over 14 mm CL were inseminated. Gonadosomatic index (GSI) reached the maximum between July and August. The smallest mature female was 11 mm CL. Size at 50% sexual maturity (CL₅₀), determined from both mature females and inseminated females, was 12.53 mm and 12.28 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 ($K = 1.22 \text{ yr}^{-1}$ and $L_{\infty} = 21.99 \text{ mm CL}$ for females, and $K = 2.00 \text{ yr}^{-1}$ and $L_{\infty} = 15.00 \text{ mm CL}$ for males) growth curves showed that females grew faster and reached a larger size at age than males.

Keywords : *Parapenaeopsis tenella*(민새우), growth(성장), maturation(성숙), fecundity(포란수), Geomun-do(거문도)

서 론

보리새우과(Family Penaeidae)에 속하는 민새우(*Parapenaeopsis tenella*)는 우리나라 서해 영광에서 남해 거제도까지 분포하며, 연안의 사니질에 주로 서식한다(Cha *et al.*, 2001). 우리나라에 서식하는 보리새우과 새우류는 19종으로 보고되어 있

으며, 이들 중 5종(보리새우, 대하, 중하, 꽃새우, 산모양갈딱새우)이 주요 산업종으로 어획되고 있다.(Cha *et al.*, 2001 : Kim *et al.*, 2002 : Kim *et al.*, 2003). 주요 산업종인 보리새우과 새우류의 어획량은 체계적인 생물학적 연구를 기초로 한 자원 관리의 부재와 서식환경의 변화로 인하여 감소하고 있는 추세에 있다. 이로 인해, 주요 산업종을 대체

[†] Corresponding author : shrimpchoi@hanmail.net

할 수 있는 새로운 어종의 개발과 이들 종에 대한 생물학적인 기초 연구의 필요성은 매우 높다 할 수 있다.

한국산 보리새우류에 관한 생태 및 자원학적인 연구로는 서해 중부해역에 서식하는 대하 및 중하에 관한 성 성숙시기와 성장에 관한 연구(Cha *et al.*, 2001 ; Cha *et al.*, 2003)와 남해 중부해역에 서식하는 꽃새우의 성숙과 성장에 관한 연구가 보고되어 있지만(Oh *et al.*, 2003), 민새우에 관한 연구로는 비슷한 크기의 보리새우류 비해 어구선택성이 낮다는 Tokai and Sakaji(1993)의 보고가 있을 뿐 생물학적인 연구는 전무한 상태이다.

따라서, 본 연구에서는 남해 중부에 위치한 거문도 인근해역에 서식하는 민새우의 성장과 성숙을 파악하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에서 사용된 민새우 표본은 1998년 11월 부터 1999년 10월까지, 매월 셋째 주에 거문도 근해에서 Beam의 길이가 8m이고, 끝자루 그물 망목이 16mm인 새우조망으로 채집하였다. 채집된 표본은 선상에서 10% 중성포르말린용액을 이용 고정하였으며, 고정된 표본은 2-3일 후 70% 알코올 용액으로 보존하였다.

민새우의 개체군 구조와 성장을 파악하기 위해 채집된 모든 개체를 분석대상으로 하였다. 암·수 구분은 암컷 생식기(Thelecum)와 수컷 생식기(Petasma)의 유무에 의해 이루어졌다(Hayashi, 1992). 갑각장(Carapace length : CL)은 눈구멍의 기저에서 갑각의 정중선 뒷가장자리까지를 입체현미경(Wild M5)하에서 Ocular micrometer를 이용하여 측정하였다. 채집지역의 저층 수온을 매월 채집현장에서 측정하였다.

민새우의 성장식의 변수를 추정하기 위해 월별 채집된 개체의 최소갑각장과 최대갑각장 사이를 1mm 계급구간으로 나누어 갑각장의 빈도분포 자료를 Bhattacharya(1967)의 계군 분석법에 의해 모드를 분리하였다. 분리된 모드의 평균 갑각장과 암컷의 난 성숙시기를 고려한 산란시기를 7월 1일로 가정한 후 상대연령을 이용하여 변형된 von Bertalanffy 성장곡선의 변수를 Systat 프로그램을 이용하여 비선형 변수 추정법으로 구하였다(Soakl and Rohlf, 1995).

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

L_t 는 t 세의 갑각장, L_{∞} 는 이론적 최대체장(갑각장), K 는 성장 계수, t_0 는 갑각장이 0일 때의 연령으로, $(CK/2\pi)\sin(2\pi(t-t_s))$ 은 계절에 의한 성장률의 변화를 감안한 변동 계수이다. C (Seasonal Oscillation)는 계절에 따른 성장의 변동 계수이며, t_s 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, ψ)를 구하였다.

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

생식소 속도지수(Gonadosomatic Index : GSI)는 생식소 중량/체중 $\times 100$ 으로 구하였고, 암컷에서 난소를 추출하여 생식소 중량을 구하여 사용하였다. 난소의 속도는 육안 관찰에 의하여, 난소의 색깔이 백색일 경우 미숙단계(Immature), 황색일 경우에는 성숙단계(Maturing), 짙은 녹색 혹은 주황색일 경우에는 완숙단계(Mature)로 하는 Gab-Alla 등(1990)의 방법을 사용하였으며, 꼬미는 암컷 생식기(Thelecum)에 정포(Spermatophores)의 부착유무로서 구분하였다. 포란수(Fecundity : Fe)는 완숙단계 개체의 난소를 해부한 후, 침(Needle)을 사용하여 난과 난피를 완전히 분리한 후 입체현미경하에서 계수하여 습중량법으로 계산하였다. 체장조성은 암·수별 갑각장을 1mm 단위의 계급구간을 설정하여 체장빈도 분포를 나타내어 분석하였다. 군 성숙도(P)는 암컷의 갑각장 계급 구간별 성숙단계 이상의 난을 가진 개체 비율과 꼬미가 이루어진 개체 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 로지스틱 방정식을 직선화시킨 후 성숙율 P와 CL의 회귀분석에 의해 이루어졌으며, 성 성숙이 일어나는 체장 즉, 암컷 개체의 50%가 성숙에 이르는 CL_{50} 은 a 와 b 사이의 비율(a/b)로 계산하였다.

결 과

수온과 염분

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

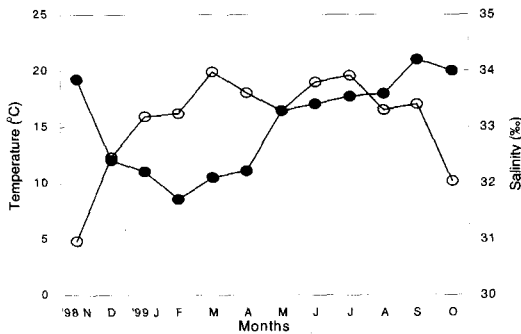


Fig. 1. Monthly variation of bottom seawater temperature (●) and salinity (○) at the sampling areas.

성비

채집 기간 중 채집된 민새우는 1,880개체였으며, 이 중 암컷이 1,267개체로 67.4%를 차지하였고, 수컷은 613개체로 32.6%를 차지하였다(Fig. 2). 평균 성비는 암컷이 수컷 보다 높게 나타났다($P < 0.05$).

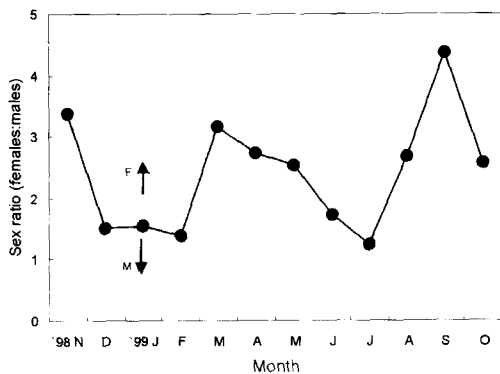


Fig. 2. Monthly variations of sex ratio of *Parapenaeopsis tenella* (females : males).

갑각장 분포 및 성장

채집 기간 동안 암컷 갑각장 분포의 변화에서 하계에 발생하여 9월 이후 어구에 가입하는 새로운 세대(10.10 mm, CL)가 출현하였고, 10월에서 이듬해 4월까지의 성장이 거의 이루어지지 않아 10-11mm 내외의 비슷한 평균 갑각장을 보였다. 하지만, 5월부터 높은 성장률을 보여 9월과 10월에는 채집 기간 중 가장 크게 성장하여 평균 갑각장이 18.21mm와 18.50mm 보이면서 10월부터 쇠퇴하는 것으로 보아 수명은 14-15개월로 추정되었다(Table 1, Fig. 3). 월별 평균 갑각장과 상대연령에 의한 변형된 von Bertalanffy 성장식의 성장지수(ψ)는 암컷이 2.77, 수컷이 2.65으로 암컷이 수컷에 비해 성장이 빠른 것으로 나타났다. 계절별 성장 변화율(ϕ)을 살펴보면, 암·수 각각 1.46과 1.00으로 암컷이 수컷에 비해 성장 변화율이 높은 것으로 나타났으며, 성장이 가장 느린 시기(WP)는 0.52, 0.52로 암·수 모두 1월로 추정되었다(Table 2, Fig. 4).

Table 1. Relative age and mean length of *Parapenaeopsis tenella* cohorts in the southern coast of Korea established using 1st July as the birth-date

Sampling date	Relative age (years)	Mean length (mm)	
		Female	Male
Nov. 1998	0.33	10.60	8.27
Dec.	0.42	11.00	8.61
Jan. 1999	0.50	10.78	8.62
Feb.	0.58	10.20	8.54
Mar.	0.67	10.49	8.00
Apr.	0.75	10.88	9.85
May	0.83	11.29	10.75
Jun.	0.92	12.25	9.43
Jul.	1.00	14.60	10.38
Aug.	1.08	16.78	10.73
Sep.	1.17	18.21	11.15
Oct.	1.25	18.50	10.85
	0.25	10.10	7.94

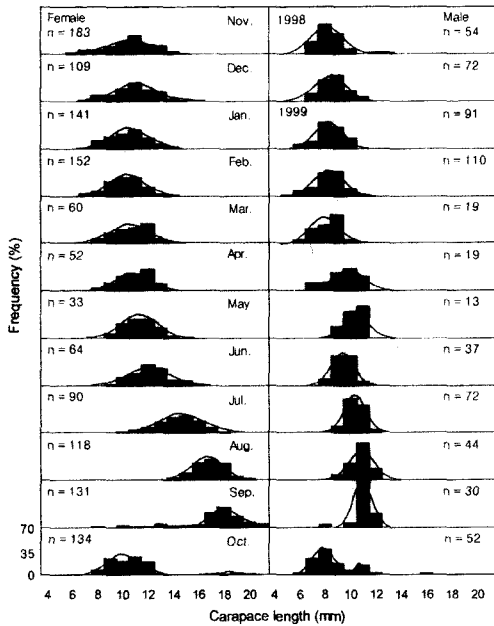


Fig. 3. Size-frequency histograms for *Parapenaeopsis tenella* sampled monthly between November 1998 and October 1999. Males and females were grouped into 1 mm CL size classes.

Table 2. Growth parameters of females and males of *Parapenaeopsis tenella* estimated by nonlinear regression analysis. 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

Parameters	Female	Male
L_{∞}	21.99	15.00
K	1.22	2.00
C	1.46	1
WP	0.52	0.52
t_s	0.02	0.02
ϕ'	2.77	2.65
r^2	0.99	0.99

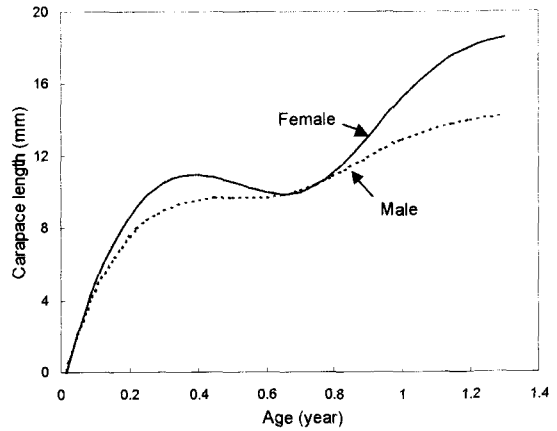


Fig. 4. A seasonalized growth curves for *Parapenaeopsis tenella* females and males based on the modified VBGF parameters (Table 2).

성 성숙 및 성숙 갑각장

월별 민새우 암컷의 성숙 변화 양상은 6월까지의 성숙한 난을 가진 개체가 출현하지 않았으나, 7월에 출현한 모든 개체가 성숙한 난을 가진 개체로 나타났으며, 8월과 9월에는 50% 이상의 출현개체가 성숙한 난을 가진 것으로 나타났고, 10월에는 80% 이상의 출현개체가 성숙한 난을 가진 것으로 나타났다(Fig. 5).

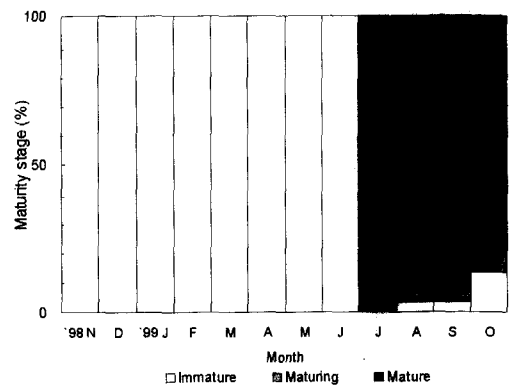


Fig. 5. Percentage of female, *Parapenaeopsis tenella* with immature, maturing of ovaries within monthly samples of November 1998 - October 1999.

난소 성숙도 지수의 평균치 월별 변화는 6월까지 2 이하로 낮은 값을 보였고, 7월에 10 이상으로 가장 높은 값을 보였으며, 이후 감소하여 10월에는 다시 평균치 2 이하의 낮은 값을 보였다(Fig. 6).

암컷의 교미율의 월별 변화는 6월까지 출현한 모든 개체에서 교미전을 발견할 수 없었다. 하지만 7월에서 9월 사이 출현한 개체에서는 90% 이상의 높은 교미율을 나타내었지만, 10월에 출현한 개체에서 20%의 낮은 교미율을 보였다(Fig. 7).

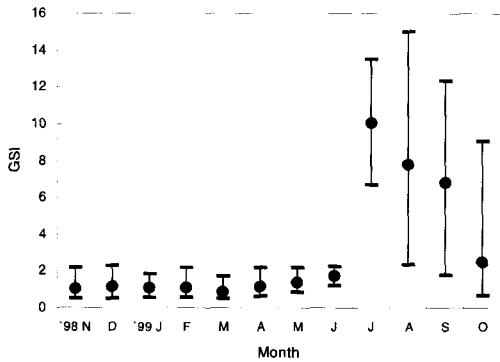


Fig. 6. Changes in the GSI (Gonadosomatic index) in monthly samples of female *Parapenaeopsis tenella* during November 1998–October 1999. Solid circles and vertical bars indicate mean GSI and standard deviation, respectively.

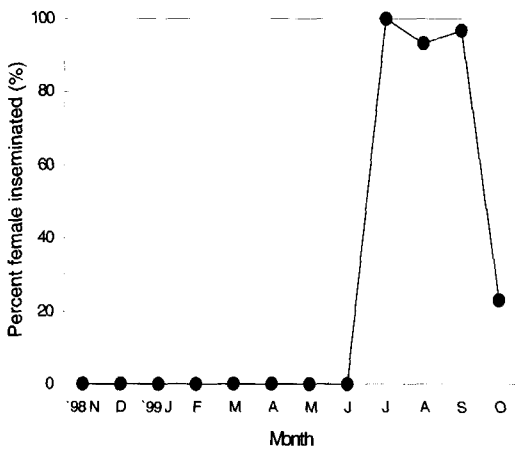


Fig. 7. The percentage of inseminated female in November 1998–October 1999 samples of *Parapenaeopsis tenella* around Geomundo, Korea.

민새우 암컷의 난 성숙은 갑각장 11mm 이상인 개체에서 성숙한 난을 가진 개체가 출현하기 시작하였고, 16mm 이상의 모든 출현개체는 성숙한 난을 가졌거나 산란에 참여한 개체로 나타났고, 성숙 갑각장은 12.53mm였다(Fig. 8A). 교미율에 의한 난 성숙도의 체급별 변화 양상은 11mm부터 교미한 개체가 출현하기 시작하여 16mm 이상의 모든 개체는 교미를 하였거나 산란에 참여한 것으로 나타났고, 성숙 갑각장은 12.28mm로 나타났었다(Fig. 8B).

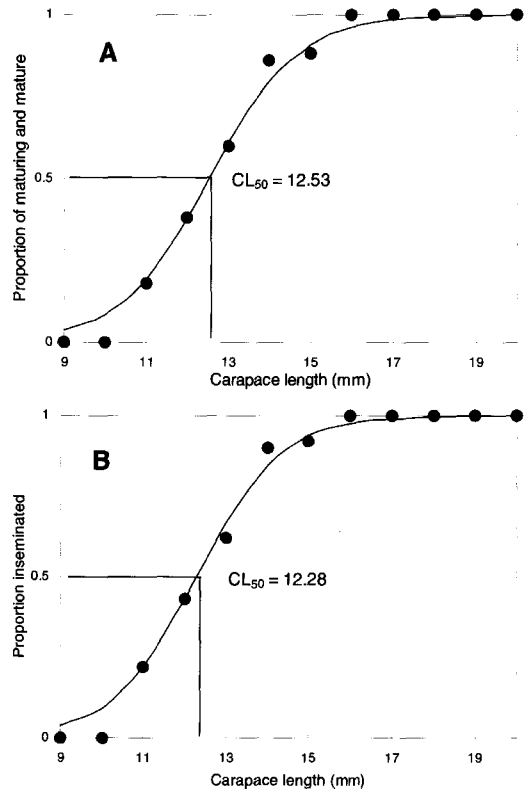


Fig. 8. Logistic functions fitting (A) the cumulative proportion of maturing and mature female *Parapenaeopsis tenella* and (B) the cumulative proportion of females inseminated. CL₅₀, which corresponds to each proportion of 0.5 (50% of females are mature), is indicated.

포란수

포란수는 최소 갑각장 11.8 mm에서 22,000개,

최대 20.2mm에서 115,220개였다. 갑각장과 포란수는 정 상관관계를 보였으며, 이들간의 관계를 수식으로 나타내면, $\text{Ln Fe} = 3.283 \times \text{Ln CL} + 1.771$ ($r^2 = 0.865$)였다(Fig. 9A). 체중과 포란수 또한 정 상관관계를 보였으며, 이들간의 관계를 수식으로 나타내면, $\text{Ln Fe} = 1.753 \times \text{Ln WT} + 9.153$ ($r^2 = 0.849$)였다(Fig. 9B).

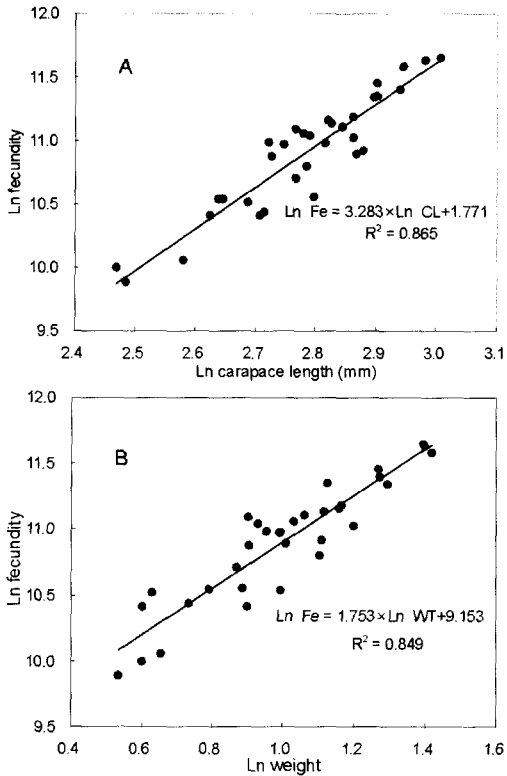


Fig. 9. Relationship between Ln fecundity and Ln carapace length (A) and between Ln fecundity and Ln weight (B) in *Parapenaepsis tenella*.

고찰

체장빈도 조성에 의한 민새우의 월별 성장의 형태는 9월 이후 어구 가입이 이루어져 11월까지 빠른 성장을 보였으며, 수온이 낮아지는 12월부터 이듬해 4월까지의 성장이 이루어지지 않았다. 수온이 상승하는 5월부터 8월까지, 암컷의 경우 빠른 성장

을 보인 후 7-8월에 교미 및 산란에 참여하고 9-10월에 사망하는 것으로, 수컷은 암컷에 비해 낮은 성장을 보였으며, 교미에 참여한 후 8-9월에 사망한 것으로 추측되어진다. 온대해역에 서식하는 보리새우과 새우류의 일반적인 성장형태인 여름 6개월 동안 성장, 성숙 및 산란에 참여하고, 겨울 6개월 동안 느린 성장으로 겨울을 보내는 특징을 보였다(Dall *et al.*, 1990). 본 연구에서 나타난 민새우의 성장 적정 수온은 15°C 이상인 것으로 추측되어진다. Oh 등(2003)은 같은 해역내에 서식하는 꽃새우의 성숙과 성장 연구에서 수온이 15°C이하로 떨어지는 12월과 1월에도 성장이 이루어진다고 보고하였다. 이러한 동일 수역내에 서식하는 보리새우 종간의 성장 형태의 차이는 종 특이성에 의한 결과에 의해 나타나는 결과이며, 이러한 종간의 성장 형태의 차이는 동일 서식처내에서의 먹이 경쟁과 서식처 경쟁을 피할 수 있게 해준다(Cha *et al.*, 2003).

암·수에 따른 성장의 특징을 비교해 보면, 암컷의 성장계수가 1.22로 수컷의 2.00에 비해 낮게 나타났으며, 암컷의 성장지수(ψ)가 2.77로 나타나 수컷의 2.65에 비해 상대적으로 높은 값을 나타내었다. 수컷의 성장계수 값은 Pauly 등(1984)의 연구 결과에서 나타난 보리새우과 새우류의 일반적인 성장계수 값(0.39-1.60)에 비해 다소 높았으며, 이러한 수컷의 높은 값은 계수 분석법과 계수 추정방법의 차이에 의해 나타난 결과인 것으로 추측되어진다. 성장지수(ψ)에서 암컷의 높은 값은 암컷이 성장을 수컷에 비해 빨리 함으로써 군성숙체장에 빨리 이르러서 생식률을 높게 하려는 보리새우과 새우류의 일반적인 생식전략과 유사하였다.

본 연구기간 동안 나타난 거문도 해역에 서식하는 민새우는 온도가 상승하는 늦은 봄부터 성 성숙이 진행되어 여름(7-8월)에 산란하는 것으로 나타났다. 난소 성숙도 지수의 월별 변화와 교미전에 의한 교미 유무의 결과에서 나타난 주 산란시기는 7-8월인 것으로 추정할 수 있었다. 이러한 결과는 Oh 등(2003)이 보고한 동일해역내에 서식하는 꽃새우의 산란시기와 일치하는 것으로 나타났다. Pauly(1982)는 보리새우과 새우류의 성장은 서식지 수온의 변화에 의해 많은 영향을 받는다고 보고하였으며, Garcia(1977)는 온도의 변화가 Ivory 연안에 서식하는 *Penaeus notalis*의 산란 및 가입에 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 하지만 6월까지의 성숙 중 개체가 출현하지 않은 상태에서 7월

에 출현한 모든 암컷개체가 성숙개체로 나타나, 민새우의 성숙단계시기는 매우 짧은 것으로 추정된다. 또한 11°C 수온을 보인 4월에 비해 5°C 이상 상승한 5월에도 성숙단계의 개체가 출현하지 않았지만, 5월의 16°C보다 1-2°C 높은 수온을 보인 6-7월 사이에 성숙한 개체가 다량 출현한 결과는 민새우의 성숙과 산란 자극 수온이 17°C인 것으로 추측할 수 있다. Choi 등(2003)은 서해 중부 해역에 서식하는 산모양갈갈새우는 25°C이상의 수온에서만 성숙한 개체가 출현한다고 보고하였으며, Cha 등(2003)은 같은 해역에 서식하는 중하는 수온이 20°C이상으로 상승하여야만 온도 자극으로 성숙과 산란이 이루어진다고 보고하였다.

난 성숙에 의한 군성숙도의 판별 결과는 12.53 mm로서 교미율에 의한 판별 결과인 12.28mm에 비해 높게 나타났다. Oh 등(2003)은 같은 해역에 서식하는 꽃새우의 성숙과 교미율에 의한 군성숙도 결과는 교미율에 의한 군성숙도가 난 성숙에 의한 결과에 비해 높은 값을 보인다고 보고하였다. Cha 등(2003)은 서해에 서식하는 중하에서도 교미율에 의한 군 성숙도 값이 난 성숙에 의한 결과치 보다 높은 것으로 보고하였다. 민새우의 결과에서 나타난 난 성숙에 의한 군 성숙도 값이 교미율에 의한 결과치 보다 높은 결과는 종 특이적인 교미와 산란 특성으로 인하여 나타난 것으로 추측할 수 있다.

요 약

우리나라의 서해와 남해 연안에 분포하는 민새우는 서해 북쪽으로는 영광에서 남쪽으로 거제도까지 널리 분포한다. 거문도 인근해역에서 채집된 민새우의 암·수 성비는 암컷이 48.6%로 나타났고, 이 개체군은 7월과 8월에 성숙하고, 년 1회 신생 가입군이 발생되었다. 교미한 개체는 7월과 8월에 출현하기 시작하였고, 각각 13mm 이상의 진 출현 암컷의 50% 이상이 교미한 것으로 나타났고, 성숙도지수는 7-8월에 최고치를 나타내었다. 암컷의 최소 성숙개체는 각각 11mm이고, 성 성숙과 교미율에 의한 군성숙도(CL_{50})는 각각 각각 12.53mm와 12.28mm로 나타났다. 체장 빈도 자료에 의해 추정된 민새우의 수명은 암컷이 14-15개월로 나타났다. 변형된 von Bertalanffy 성장식에 의해 추정된 성장계수(K)는 암·수 각각 1.22/년과 2.00/년이고, 최대 각각장(L_{∞})은 암·수 각각 21.99mm와 15.00mm이었으며, 암컷이 수컷보다 성장이 빠르

고, 큰 것으로 나타났다.

참고 문헌

- 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., Choi, J. H. and Oh, C. W. (2003) : Reproductive biology and growth of the shiba shrimp, *Metapenaeus joyneri* (Decapoda : Penaeidae) on the western coast of Korea. *Journal of Crustacean Biology*, (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, 188p. (in Korean).
- Choi, J. H., Kim, J. N. and Hong, S. Y. (2003) : Growth and reproduction of the kishi velvet shrimp, *Metapenaeopsis dalei* (Decapoda, Penaeidae) in the western sea of Korea. *Fishery Bulletin*, (in press).
- Dall, W., Hill, B. J. and Staples, D. J. (1990) : The biology of the Penaeidae. In *Advanced in Marine Biology* vol. 27 (eds. J. H. S. Blaster and A. J. Southward), pp. 1-461. San Diego : Academic Press.
- 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. (1977) : Biologie et dynamique des populations de crevette roses (*P. duorarum*, Perez Farfante, 1967) en C d'Ivoire. Trav. Doc. ORSTROM, 79, 1~271.
- Hayashi K. (1992) : Dendrobranchiata Crustaceans from Japanese Waters. Seibutsu Kenkyusha, Tokyo, 300pp.
- Kim, J. N., Choi, J. H., Kim, S. T., Cha, H. K. and Hong, S. Y. (2002) : Three penaeid species (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) from the southeastern coast of Korea. Journal of Fisheries Science and Technology, 5, 235-244.
- Kim, J. N., Choi, J. H., Kim, D. H., Cha, H. K., Kong, Y. G., Lee, C. H. and Han, C. H. (2003) : Two penaeid shrimps (Crustacea, Decapoda) from Jeju Island, Korea. Journal of Fisheries Science and Technology, 6, 88-96.
- Oh, T. Y., Choi, J. H., Cha, H. K., Kim, J. I., Koh, J. L., and Lee, J. H. (2003) : Maturation and growth of *Trachysalambria curvirostris* in the coastal water of Geomundo, Korea. Bulletin of Korean Society of Fisheries and Technology, 39, 120-127.
- Pauly, D. (1982) : Studying single species dynamics in a tropical multispecies context. In Theory and Management of Tropical Fisheries. ICLARM Conference Proceedings, ICLARM Vol. 9 (eds. D. Pauly and G. I. Murphy), 33-70.
- Pauly, D. and Munro, J. L. (1984) : Once more on the comparison of growth in fish and invertebrate, Fishbyte, 2, 21.
- Pauly, D., Ingles, J. and Neal, R. (1984) : Application to shrimp stocks of objective methods for the estimation of growth, mortality and recruitment-related parameters from length-frequency data (ELEFAN 1 and 2). In Penaeid Shrimps-Their Biology and Management. Fishing News Books (eds. J. A. Gulland, and B. J. Rothschild), 220-234. Oxford : United Kingdom.
- Sokal, R. R. and Rohlf, F. J. (1995) : Biometry. The principles and practice of statistics in biological research, 3rd ed. San Francisco : W.H. Freeman & Company, 887.
- T., and Sakaji, H. (1993) : Mesh selectivity of a shrimp beam trawl for tora velvet shrimp *Metapenaeopsis acclivis*, kishi velvet shrimp *Metapenaeopsis dalei* and smooth shell shrimp *Parapenaeopsis tenella*. Bulletin of Nansei National Fisheries Research Institute, 26, 21-30.

2003년 10월 25일 접수
2003년 12월 31일 수리