J. Kor. Fish. Soc. 38(4), 232-238 한수지, 38(4), 232-238, 2005

거문도 해역 대롱수염새우(*Solenocera melantho*)의 성장과 성 성숙

오택윤·최정화·차형기[1]·김주일[2]·김대현[1]·이주희[3]
국립수산과학원 어업자원부, [1]국립수산과학원 연구기획실
[2]국립수산과학원 남해수산연구소, [3]부경대학교 해양생산관리학과

Growth and Reproduction of Deep-Water Mud Shrimp (*Solenocera melantho*) around Geomun Island, Korea

Taeg Yun OH, Jung Hwa CHOI, Hyung Kee CHA[1], Joo Il KIM[2], Dea Hyun KIM[1] and Ju Hee LEE[3]
Fisheries Resources Department, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea
[1]*Research Planning Department, NFRDI, Busan 619-902, Korea*
[2]*South Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yosu 556-823, Korea*
[3]*Department of Marine Production Management, Pukyong National University, Busan 619-902, Korea*

This paper describes reproduction, population structure, growth and size at sexual maturity of a deep-water mud shrimp (*Solenocera melantho*) in the adjacent waters of Geomun Island, Korea. The shrimp was caught by a beam trawl from November 1998 to December 1999. Spawning period was estimated by gonadosomatic index to be from August to early November with a peak in October to early November. Female shrimps were 12% matured at 16 mm in carapace length, 33% matured at 18 mm and 75% matured at 22 mm. The size at 50% maturity for female was estimated to be 20.65 mm in carapace length. Breeding season was estimated to be from August to early November with a peak in October to early November. The size at 50% inseminated was 19.81 mm CL. The fecundity was 87,500-405,200 and related exponentially to carapace length and total weight. This species survived between 25 and 26 months. The maximum carapace length of females and males were 48 mm and 34 mm respectively. Sex ratio was 51.3%, and the females were preponderant. Growth was estimated by modified von Bertalanffy growth function incorporating seasonal variation in growth in both years females (K=1.019/yr and L_∞=51.731 mm CL) grew faster, reaching a larger size at a given age than males (K=1.848/yr, and L_∞=27.499 mm CL). This is indicated by differences in growth performance indices (φ') between females (3.291) and males (3.145).

Key words: *Solenocera melantho*, Growth, Reproduction, Sex ratio

서 론

대롱수염새우(*Solenocera melantho*)는 우리나라의 남해동부해역 고리에서부터 남해서부해역 목포 앞까지 분포하며, 특히 거문도 및 제주도 근해에서 주로 많이 서식한다. 또한, 본 종은 일본 서남부에서부터 인도네시아까지 서식한다. 지금까지 전세계적으로 대롱수염새우 속(Genus *Solenocera*)에 속하는 새우는 35종이 보고되었으며 우리나라에서는 대롱수염새우 1종만이 서식하는 것으로 알려져 있다(Pérez Farfante and Kensley, 1997). 본 종은 수심 150-400 m 이상의 비교적 깊고, 저질이 뻘인 곳에 주로 서식하며, 새우조망과 외끌이 대형기선저인망의 주요어획대상종이다(Ohtomi et al., 1998; Cha et al., 2001).

대롱수염새우에 대한 성숙과 성장에 관한 연구들은 주로 200 m 보다 깊은 수심에 서식하는 개체군을 중심으로 이루어졌다. Chalayondeja and Tanoue (1971)는 일본 가고시마만내의 200 m 보다 깊은 수심에 서식하는 *Solenocera prominestis* (*Solenocera melantho*와 동일종)의 주 산란시기가 10월과 11월 사이이며, 상업어업에 어획되는 개체의 대부분이 0세와 1세라고 밝혔다. 하지만, 동일해역의 대롱수염새우 개체군에 관해, Ohtomi and Iraedo (1997)는 주포란시기가 여름과 이른 겨울 두 번이고, 수명이 37개월이며, Ohtomi et al. (1998)은 난소의 조직학적인 관찰에 의한 성숙단계를 이용하여 1년생과 2-3년생의 성숙시기가 다른 것으로 보고하였다. 또한, 200 m 보다 깊은 수심에 서식하는 대롱수염새우속의 *Solenocera membranacea*는 주산란시기가 두 번이며, 암컷의 성장이 수컷에 비해 빠른 것으로 밝혀져 있으며 (Demestre and Abello, 1993), Gueguen (1998)은 200 m 보다 깊은 수심에 서식하는 *Solenocera acuminata*의 주 산란시기가 연중 두 번이라고 보고하였다. 이러한 결과들로 볼 때 수심 200 m 보다 깊은 수심

*Corresponding author: tyoh@nfrdl.re.kr

에 서식하는 대롱수염새우속 새우류는 주포란시기를 연중 두 번가지며, 암컷이 수컷에 비해 성장이 빠르다고 할 수 있다. 하지만, 우리나라에 서식하는 대롱수염새우는 100 m 보다 낮은 수심에 서식하며, 주 서식지의 위치 또한 가고시마에 비해 다소 높은 위도에 위치한다(Kim, 1977; Cha et al., 2001).

대롱수염새우가 속한 보리새우과 새우류는 수온 및 염분과 같은 서식지 해양환경에 의해 각 해역에 서식하는 개체군의 성숙시기와 성장이 다른 것으로 알려져 있다(Dall et al., 1990). 하지만, 보리새우류의 서식 수심과 서식 위도의 두 가지 서식환경의 변화에 의한 이들의 생태학적 변화 양상은 아직 밝혀져 있지 않다.

본 연구에서 거문도 부근해역 수심 60 m 부근해역에 서식하는 대롱수염새우의 성장과 재생산에 관련된 생태적 특징을 규명하고자 생식주기, 생식소의 숙도지수, 성숙비율, 교미율, 난경조성, 포란수, 체장조성, 성비 등을 측정하고, 월별 출현개체의 갑각장 빈도를 이용하여 성장 과 개체군 변화 양상을 변형된 VGBF (von Bertalanffy Growth Function)에 의해 추정하였다.

재료 및 방법

대롱수염새우의 표본은 1998년 11월부터 1999년 12월까지, 남해안 중부해역에 위치한 거문도 근해(Fig. 1)에서 월 1회씩 새우조망으로 채집하였다.

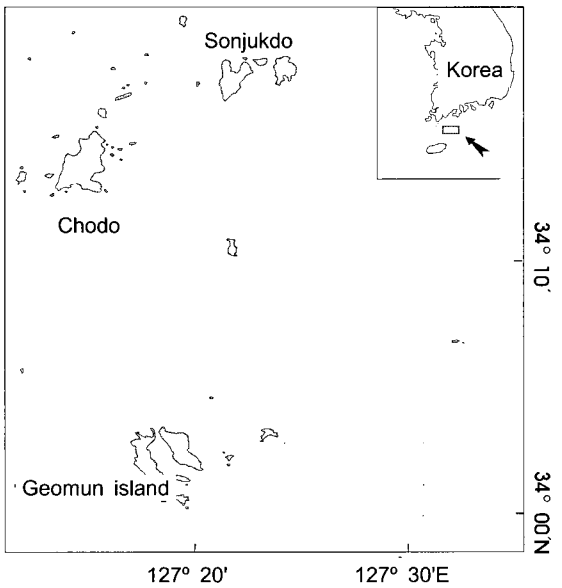

Fig. 1. The locations of study area (gray square) in Geomun island shrimp fishing ground, Korea.

표본은 채집즉시 선상에서 중성 포르말린 10% 용액에 고정하였으며, 2-3일 후에는 70% 알코올에 보존하였다. 교접기와 교미기의 유무로 성을 구별하였으며, 성비는 수컷에 대한 암컷 비로써 나타내었다. 체장조성과 성장 및 상대포란수를 파악하기 위해 갑각장(Carapace Length: CL)을 안병의 기저에서 두흉갑의 등면 뒤쪽의 오목한 부분까지 0.1 mm 수준으로 버니어캘리퍼(Mitutoyo CD-20CP)로 측정하였고, 체중(Body Weight: BW)과 암컷의 생식소 중량을 0.1 g까지 전자저울을 이용하여 측정하였다. 생식소 숙도지수(Gonadosomatic Index: GSI)는 생식소 중량/체중×100으로 구하였다.

난소의 성숙 단계는 색깔이 백색일 경우 미숙(Immature), 우유색일 경우에는 중숙(Maturing), 짙은 노란색일 경우에는 완숙(Mature) 3단계를 육안 관찰에 의해 이루어졌으며, 교미유무는 암컷 생식소의 저정낭내의 정소 유무로 구분하였다(Gab-Alla et al., 1990). 포란수는 완숙단계의 개체 중 조직검경으로 산란 경험이 없다고 판단되는 개체에 대하여 침을 사용하여 완전히 분리한 후 입체현미경하에서 계수하여 환산하였다. 또한, 암컷의 군 성숙도는 각각의 계급간에서 난소의 중숙 및 완숙개체의 비율과 교미한 암컷의 비율로 각각 계산하여 STATISTICA 99를 이용하여 아래의 로지스틱 방정식(King, 1995)으로 추정하였다.

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

위의 식에서 a와 b는 변수이고, CL는 갑각장이다. 위의 방정식에서 변수 추정은 성숙률 P와 CL의 회귀분석에 의해 이루어졌으며, 암컷의 50%가 성숙 한 군 성숙도 체장인 CL_{50}은 a와 b 사이의 비율 $\frac{a}{b}$로 계산하였다.

체장조성은 암·수별 갑각장을 1 mm 단위의 계급구간으로 나누어 빈도 분포를 나타내어 분석하였다. 개체군의 성장 변수 추정은 완숙한 난을 가진 암컷이 많이 출현하는 10월 1일을 산란일로 가정하고, 월별 채집된 최소 갑각장과 최대 갑각장 간의 계급을 Bhattacharya (1967) 방법으로 연급군(Cohort)을 구분 평균체장을 구하여, 상대연령과 평균체장을 이용하여 최소자승법에 의한 비선형 계수 추정방법으로 변형된 von Bertalanffy 성장식의 성장계수(Pauly and Gaschütz, 1979)를 프로그램 SYSTAT 9.0으로 구하였다.

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

L_∞는 이론적 최대체장, K는 성장계수, t_0는 길이가 0일 때의 이론적 연령이며, C (Seasonal oscillation)는 계절에 의한 성장률을 감안한 변동계수이며, WP (Winter point)는 성장이 느려지는 시기를 나타내고, t_s는 WP에서 0.5를 뺀 값으로 구하였다. 암·수간의 성장을 비교하기 위해 L_∞과 K값을 이용하여 Pauly and Munro (1984)의 방법에 따라 성장비교지수(Growth Performances Index, φ')를 구하였다.

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

채집지에서 저층의 수온과 염분을 T-S meter (Hydro-bios, MC 5)로 0.1℃, 0.01 psu 단위까지 매월 측정하였다.

결 과

수온과 염분

조사해역 저층의 월별 평균 수온 범위는 10.6-20.2℃로 2월에 가장 낮았고, 9월에 20.2℃로 가장 높았으며, 저층의 월별 평균 염분 범위는 32.04-34.02 psu로 10월에 가장 낮았고, 7월에 가장 높았다(Fig. 2).

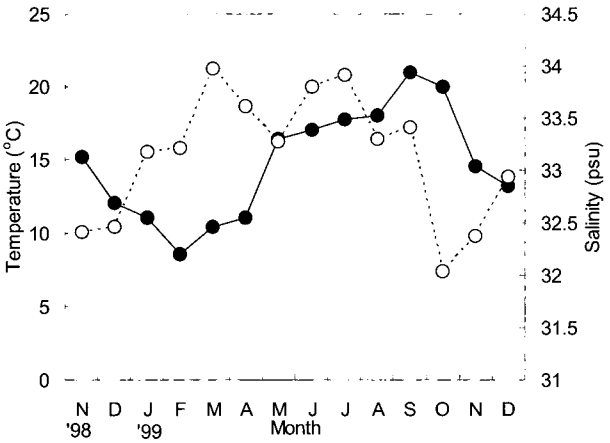

Fig. 2. Monthly variation of bottom seawater temperature (℃) and salinity (psu) at the sampling site.

생식도 숙도지수 및 성 성숙

암컷의 생식소 숙도지수 변화는 1998년 12월부터 익년 5월까지는 평균 2.5 이하의 낮은 값을 보이다가, 8월 이후 5 이상으로 상승하기 시작하여 11월에는 10.45로 가장 높았고, 12월에 2.12로 낮았다(Fig. 3).

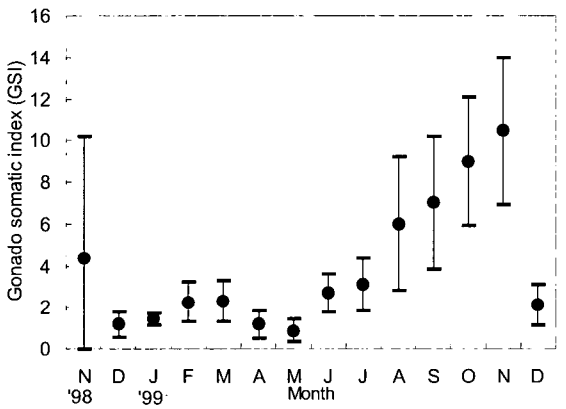

Fig. 3. Monthly gonadosomatic indices of female *Solenocera melantho* within monthly samples from November 1998 to April 2000. The vertical bar indicates standard deviation.

난소 성숙상태는 11월부터 5월까지는 모두 미숙, 6월에 중숙의 개체가 출현하였으며, 8월부터 완숙개체가 출현하기 시작하여 11월까지 완숙개체 출현비율이 증가하고, 12월에는 완숙 개체가 출현하지 않았다(Fig. 4).

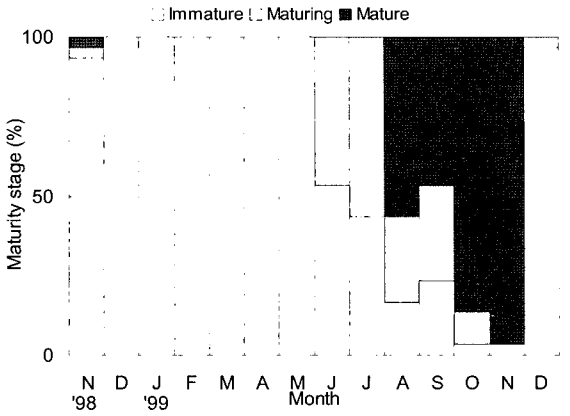

Fig. 4. Percentage of female *Solenocera melantho* with immature, maturing and mature of ovaries within monthly samples from November 1998 to April 2000.

한편, 교미 개체의 월별 출현율은 1998년 11월부터 익년 4월까지는 교미개체가 출현하지 않았고, 8월부터 11월까지 교미개체가 출현하였으며, 12월에는 나타나지 않았다. 8월부터 11월까지에 출현한 교미개체의 비율은 80% 이상이었으며, 10월과 11월은 96.6%로 가장 높았다(Fig. 5).

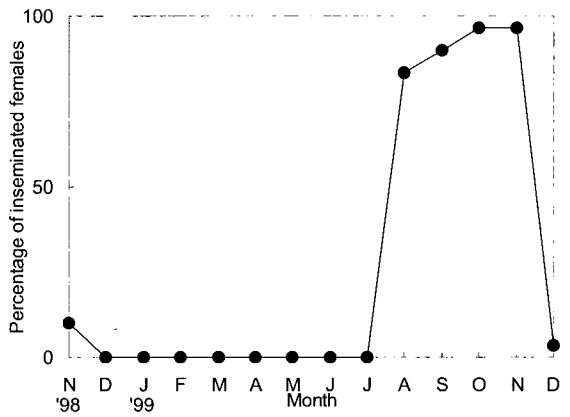

Fig. 5. Monthly variation of percentage frequency of inseminated females *Solenocera melantho* within monthly samples from November 1998 to April 2000.

군성숙도

대롱수염새우 암컷의 체장별 성 성숙도은 갑각장 18 mm 이상의 개체에서 완숙개체가 출현하였으며, 갑각장 23 mm 이상의 개체에서는 80% 이상이 완숙개체였고, 암컷의 생식소 숙도에 의한 CL_{50}은 20.65 mm로 추정되었다(Fig. 6A).

암컷의 체장별 교미율은 갑각장 18 mm 이하 개체에서는 출현하지 않았으며, 갑각장 19 mm 이상에서 교미개체가 출현하기 시작하여 26 mm 이상에서는 출현한 모든 개체가 교미한 것으로 나타났다. 또한, 교미율에 의한 CL_{50}은 19.81 mm로 추정되었다(Fig. 6B).

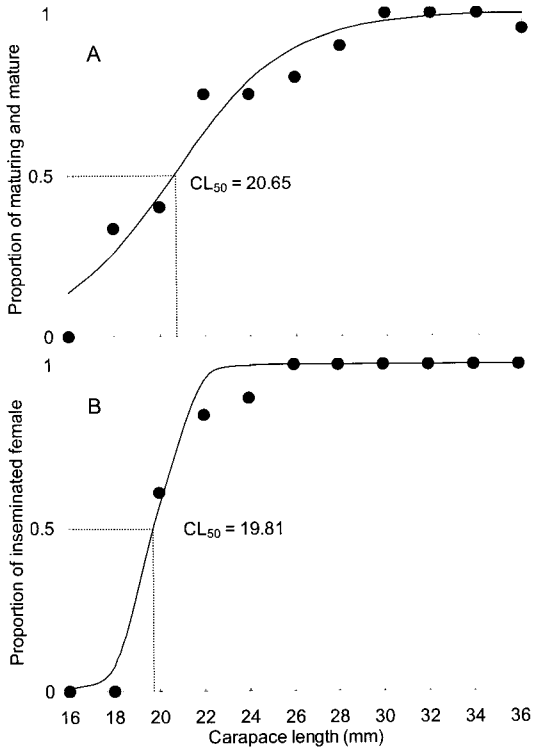

Fig. 6. Logistic functions fitting (A) the cumulative proportion of maturing and mature female *Solenocera melantho* and (B) the cumulative proportion of females inseminated. CL_{50}, which corresponds to each proportion of 0.5 (50% of females are mature), is indicated.

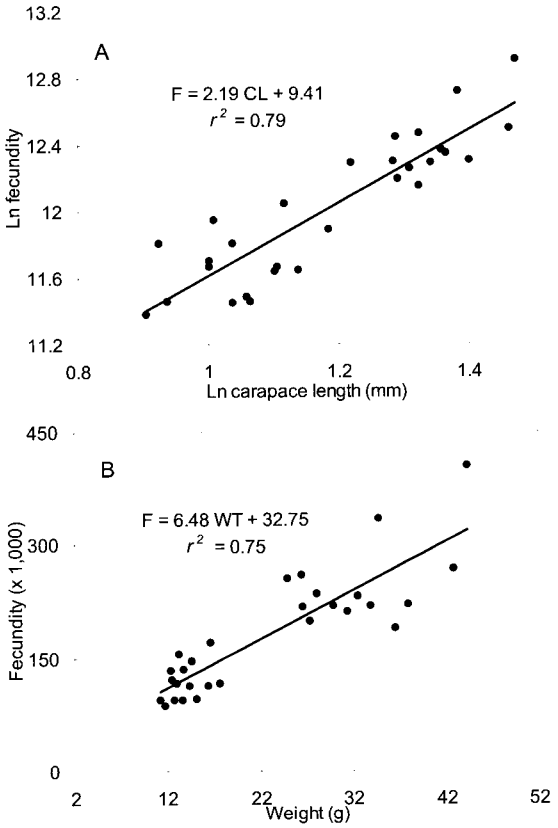

Fig. 7. Relationship between Ln fecundity and Ln carapace length (A) and between fecundity and weight (B) in *Solenocera melantho*.

산란기 난소 내 난경조성과 포란수

대롱수염새우의 포란수는 약 94,400-405,200개로 계측되었다. 포란수(F)와 갑각장(CL)과의 관계는 ln F=2.1970 ln CL+9.4165 (r^2=0.7959)으로 갑각장이 클수록 포란수가 증가하였으며(Fig. 7A), 포란수(F)와 전중(BW)과의 관계는 F=6.4830 BW+32.7590 (r^2=0.7544)으로 체중이 증가할수록 포란수가 증가하였다(Fig. 7B).

성 비

1998년 11월부터 2000년 4월까지의 암컷 1,130마리와 수컷 893마리, 총 2,023마리를 조사한 결과, 암·수 평균 성비는 평균 55.8%로 암컷이 수컷보다 조금 높았으며, 성비의 월 변화를 보면 암컷이 1998년과 1999년의 11월에 73.0과 89.5%로 높았고, 1999년 5월에 42.8%로 가장 낮았다(Fig. 8).

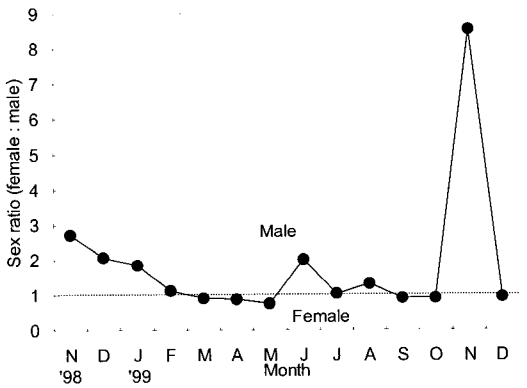

Fig. 8. Monthly variations in sex ratio for *Solenocera melantho*. The dotted line indicates a ratio of 1:1 (female : male).

체장조성과 성장식

갑각장에 의한 체장조성의 월별변화를 암·수별로 보면, 암컷은 2월에서 4월로 진행하면서 소형 개체의 출현이 많아지는 양상을 보였으며, 6월에 소형개체가 하나의 뚜렷한 연급군을 이루어 12월까지 성장하였고, 다음해 1월부터 4월까지는 성장을 멈추고, 6월부터 다시 성장하며, 7월 이후 성숙한 대형군이 산란을 마치면서 소멸한다.

수컷도 암컷과 같이 2월에서 4월로 진행하면서 소형 개체의 출현이 많아지는 양상을 보였으며, 6월에 소형개체가 하나의 연급군를 이루어 8월까지는 2개의 연급군를 나타내었고, 9월부터 합쳐져 한개의 연급군을 이루었다. 10월 이후 성장이 이루어지지 않았으며, 다음해 새로 가입하는 개체군과 합쳐지면서 소멸하는 양상을 보였다(Fig. 9).

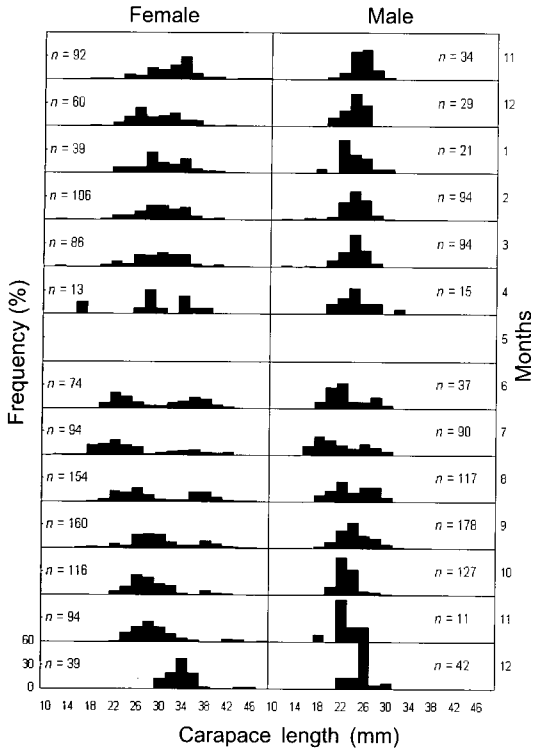

Fig. 9. Size-frequency histograms for *Solenocera melantho* sampled monthly between November 1998 and April 2000. Males and females were grouped into 2 mm CL size classes.

월별 채집 표본의 개체군을 분리한 평균체장과 상대연령은 Table 1과 같으며, 이 자료에 의한 암컷 성장식의 성장계수는 L_∞, 51.731, K, 1.019, φ', 3.291이고, 수컷 성장계수는 L_∞, 27.499, K, 1.848, φ', 3.145이다(Table 2). 성장계수에 의한 암·수의 성장곡선은 암컷이 수컷에 비해 같은 기간 동안 성장이 빨랐다(Fig. 10).

Table 1. Average length of *Solenocera melantho* relative age

Sampling time (month.date)	Relative age (year)	Length (mm)	
		Female	Male
6.30	0.667	23.32	22.00
7.24	0.750	22.30	19.10
8.13	0.833	25.00	21.35
9.06	0.917	28.87	23.54
10.01	1.000	27.27	22.70
10.26	1.000	27.90	21.00
11.30	1.083	31.52	25.15
12.20	1.167	31.34	25.72
12.22	1.167	33.98	24.19
1.18	1.250	30.56	24.62
2.27	1.333	29.38	24.37
3.20	1.417	30.00	24.24
4.20	1.500	31.67	23.94
6.30	1.667	35.56	27.00
7.24	1.750	34.03	27.09
8.13	1.833	38.20	27.26
9.06	1.917	38.99	26.98
10.01	2.000	37.00	-
10.26	2.000	41.00	-

Table 2. Result of the ELEFAN analysis of length frequency data of *Solenocera melantho* for the female and the male: L_∞, asymptonic length (mm); K, growth coefficient (per year); C, amplitude of growth oscillation; WP, winter point; φ', growth performances index; t_0, the origin of growth curve

Parameters	Female	Male
L_∞	51.731	27.499
K	1.019	1.848
C	0.343	0.145
WP	0.716	1.000
φ'	3.291	3.145
t_s	0.216	0.500

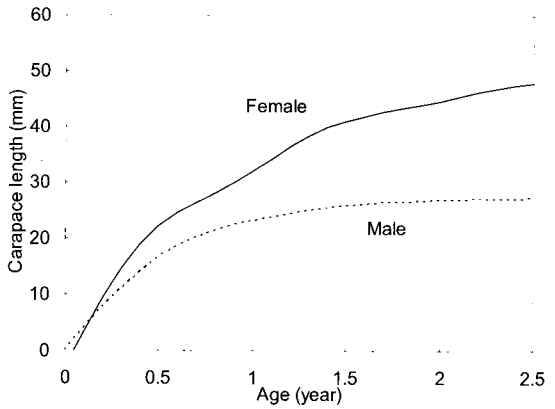

Fig. 10. A seasonalized growth curves for *Solenocera melantho* females and males based on the modified VBGF parameters (Table 2).

고 찰

일본 가고시마 만내에 서식하는 대롱수염새우는 200 m 보다 깊은 수심인 대륙붕과 대륙사면 경사지의 깊고 저질이 니질인 곳에 분포하는 것으로 보고되어 있다(Ohtomi and Irieda, 1997; Ohtomi et al., 1998). 깊은 수심에 서식하는 대롱수염새우는 채집의 어려움으로 인해 적은 개체수로 이들의 생태학적 특징을 추정하였다. 이에 비해 본 연구는 거문도 주변의 수심 60 m 이하에서 서식하는 대롱수염새우의 월별 채집을 통하여 이루어졌으며, 매월 100개체 이상의 표본을 채집하여 대롱수염새우의 월별 성숙과 성장을 파악하였다. 본 연구의 결과에서 나타난 대롱수염새우의 월별 출현 양상으로 볼 때, 거문도 부근해역에 출현한 대롱수염새우는 계절적으로 산란 또는 성장을 위해 회유하는 무리이기보다는 계속적으로 정착하여 서식하는 개체군이라고 할 수 있다.

본 연구에서 나타난 암컷의 생식소 숙도지수는 8월부터 높아지기 시작하여 10월과 11월 사이에 가장 높았으며, 성숙 암컷개체의 월별 출현비율은 9월 이후 급격히 증가하여 10월과 11월에 가장 높았다. 또한, 암컷의 교미개체 출현비율의 월별 변화양상도 9월 이후 상승하여 10월과 11월 사이에 가장 높았다. 이러한 암컷의 생식생물학적인 특징으로 인해 대롱수염새우의 산란시기가 10월과 11월 사이인 것으로 추정할 수

있다. Ohtomi et al. (1998)은 가고시마 만에 서식하는 대롱수염새우 암컷의 생식소 조직학적인 관찰에 의해 6월부터 12월까지 성숙한 난을 가진 암컷이 출현하며, 주 산란시기는 10월과 11월이라고 보고하고 있다. 또한, 열대지역인 Guiana 주변에 서식하는 대롱수염새우속 *Solenocera acuminata*는 5-6월 및 11-2월 년 2회 산란하는 것으로 Gueguen (1998)은 보고하였다. 동일 분류군에 속하는 종들의 생식생물학적인 특성이 비슷하다고 가정한다면, 대롱수염새우속에 속하는 무리들은 산란의 습성이 이들의 서식해양환경에 의해 영향을 많이 받는 것으로 추측되어진다. 이와 같은 현상은 대롱수염새우속과 생태가 비슷한 보리새우무리에서도 동일종이라도 서식하는 해역의 수온에 의해 산란시기가 다르게 나타난다고 보고하고 있다 (Dall et al., 1990).

거문도 근해 서식하는 대롱수염새우 암컷의 생식소 성숙에 의한 군성숙도(CL_{50})은 20.65 mm였으며, 교미율에 의한 군성숙도(CL_{50})은 19.81 mm 이었다. 이는 Ohtomi et al. (1998)이 가고시마 만에 서식하는 개체군의 최소 성숙개체 갑각장 25.30 mm보다 작았다. 이러한 두지역간의 암컷 성 성숙 크기 차이는 성숙단계의 판별방법에 의한 차이로 추측되어진다. 대롱수염새우가 속한 보리새우류의 성숙판별은 두가지로 조직학적인 관찰에 의해 성숙단계를 4단계로 판별하는 방법 (Penn, 1980; Ohtomi et al., 1998)과 난소의 색깔을 육안 관찰에 의해 판별하는 방법(Gab-Alla et al., 1990; Cha et al., 2004a; Cha et al., 2004b)이 있다.

대롱수염새우의 성비는 암컷이 54.7%로 수컷보다 많았으며, 특히 산란기인 10-11월에 암컷이 많이 출현하였다. 이러한 주 산란시기의 암컷 비율의 상승은 서해 중부해역에 서식하는 대하(*Fenneropenaeus chinensis*) (Cha et al., 2001), 중하(*Metapenaeus joyneri*) (Cha et al., 2004b) 및 꽃새우(*Trachysalambria curvirostris*) (Cha et al., 2004a)와 같은 보리새우 무리에서 나타나는 일반적인 현상으로 암컷의 비율을 높임으로써 재생산력을 높이는 생식생태 전략이라고 추측된다. 또한, Baelde (1992)는 호주에 서식하는 대롱수염새우과의 *Haliporoides triarthrus*는 성숙하면서 성 전환한다고 보고하였다. 하지만, 본 연구에서는 대롱수염새우 갑각장의 체급별 암수의 비율변화에서는 *H. triarthrus*의 결과와 유사하였으나, 갑각장이 큰 성숙된 개체의 복지의 형태적 변화와 같은 성전환에 관한 흔적은 관찰되지 않았다(Fig. 11).

대롱수염새우의 포란수는 최소 두흉갑장 24.7 mm에서 94,400개, 최대 43.5 mm에서 405,200개로서 두흉갑장 클수록 포란수도 증가하는 것으로 나타났다.

본 연구에서 나타난 변형된 von Bertalanffy 성장식에 의해 추정된 대롱수염새우 암·수의 이론적 최대체장과 성장계수는 Ohtomi and Irieda (1997)가 추정한 값들보다 모두 높았다. 이것은 거문도 해역 대롱수염새우의 성장비교지수가 가고시마만의 대롱수염새우의 경우보다 비교적 높은 것으로 나타났다. 또한 거문도 해역의 대롱수염새우 월별 체장조성변화

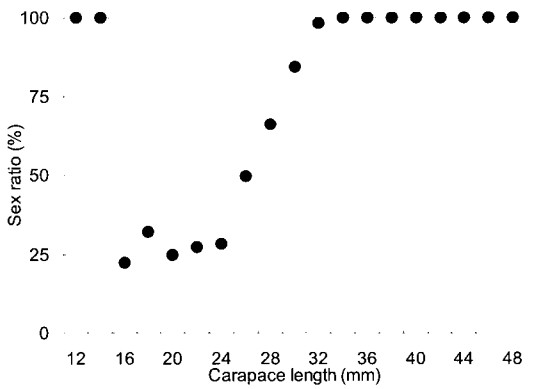

Fig. 11. Changes in sex ratio (female : male) of *Solenocera melantho* as a function of carapace length.

에 의한 성장의 형태는 6월부터 새로운 개체군이 주 개체군으로 형성되어 12월까지 계속 성장하고, 1-4월은 성장을 멈추고 6월부터 다시 성장하면서 산란에 가입하고 산란기인 9-11월 사이에 점차 소멸하는 것으로 볼 때, 대롱수염새우의 수명은 24개월 이상으로 추정된다. 대롱수염새우의 수명은 Chalayondeja and Tanoue (1971)가 추정한 24개월과 비슷하였으며, Ohtomi and Irieda (1997)가 추정한 37개월보다 짧았다. Gueguen (1998)은 같은 대롱수염새우속의 *Solenocera acuminata*의 수명을 24개월 이상으로 추정하였다. 이러한 결과들을 통한 Solenocera속의 새우류의 수명은 24개월 이상인 것으로 추정된다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원(여수시새우조망자원조사, RP-2005-FR-003)의 지원에 의해 수행되었다.

참 고 문 헌

Baelde, P. 1992. Reproductive biology of commercially exploited deep-water royal red prawns (*Haliporoides sibogae*, Solenoceridae) in south-east Australia. Mar. Biol., 113, 447-456.

Bhattacharya, C.G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. Biometrics, 23, 115-135.

Cha, H.K., J.U. Lee, C.S. Park, C.I. Baik, S.Y. Hong, J.H. Park, D.W. Lee, Y.M. Choi, K.S. Hwang, Z.G. Kim, K.H. Choi, H.S. Sohn, M.H. Sohn, D.H. Kim and J.H. Choi. 2001. Shrimps of the Korean Waters. Natl. Fish. Res. Devel. Inst. Pusan, Korea, pp. 188.

Cha, H.K., C.W. Oh, S.Y. Hong and K.Y. Park. 2002. Reproduction and population dynamics of *Penaeus chinensis* (Decapoda: Penaeidae) on the western coast of Korea, Yellow Sea. Fish. Res., 56, 25-36.

Cha, H.K., C.W. Oh and J.H. Choi. 2004a. Biology of

the cocktail shrimp, *Trachysalambria curvirostris* (Decapoda: Penaeidae) in the Yellow Sea of Korea. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 84, 351-357.

Cha, H.K., J.H. Choi and C.W. Oh. 2004b. Reproductive biology and growth of the shiba shrimp, *Metapenaeus joyneri* (Decapoda: Penaeidae), on the western coast of Korea. J. Crust. Biol., 24, 93-100.

Chalayondeja, K. and T. Tanoue. 1971. On the shrimp fishery and biology of *Solenoceca prominestis* Kubo (Decapoda Penaeidae) in Kagoshima Bay. Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ., 20, 99-110.

Dall, W., B.J. Hill, P.C. Rothlisberg and D.J. Starples. 1990. The biology of the Penaeidae. In: Advances in Marine Biology. Vol. 27, Blaster, J.H.S. and A.J. Southward, eds. Academic Press, San Diego., pp. 461.

Demestre, M. and P. Abello. 1993. Growth and distribution of *Solenoceca membranacea* (Russo, 1816) (Decapoda Dendrobranchiata) in the northwestern Mediterranean Sea. Sci. Mar., 57, 161-166

Gab-Alla, A.A., R.G. Hartnoll, A.F. Ghobashy, and S.Z. Mohammed. 1990. Biology of penaeid prawns in the Suez Canal lakes. Mar. Biol., 107, 417-426.

Gueguen, F. 1998. Biology of the deep-water shrimp *Solenocera acuminata* in French Guiana. Life Sci., 321, 385-394.

Kim, H.S. 1977. Illustrated Flora and Fauna of Korea. Samhwa Publ. Co., Seoul, pp. 414.

King, M. 1995. Fisheries Biology, Assessment and Management. Fishing News Books, Oxford, pp. 341.

Ohtomi, J. and S. Irieda. 1997. Growth of the deep-water mud shrimp *Solenocera melantho* De Man, 1907 (Decapoda, Penaeoidae, Solenoceidae) in Kagoshima Bay, southern Japan. Crustaceana, 70, 45-58.

Ohtomi, J., S. Yamamoto and S. Koshio. 1998. Ovarian maturation and spawning of the deep-water mud shrimp *Solenocera melantho* De Man, 1907 (Decapoda, Penaeoidae, Solenoceidae) in Kagoshima Bay, southern Japan. Crustaceana, 71, 672-685.

Pauly, D. and G. Gaschütz. 1979. A simple method for fitting oscillating length growth data, with a program for pocket calculator. ICES, C.M. 1979/G: 24, pp. 26.

Pauly, D. and J.L. Munro. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. Fishbyte, 2, 21.

Penn, J.W. 1980. Spawning and fecundity of the western king prawn, *Penaeus latisulcatus* Kishinouye, in western Australian waters. Austral. J. Mar. Freshwat. Res., 31, 21-35.

Pérez Farfante, I. and B.F. Kenslery. 1997. Penaeoid and Sergestoid shrimps and prawns of the World. Keys and diagnoses for the families and genera. Mém. Mus. Natl. Hist. Nat., 175, 1-233.

2005년 5월 2일 접수
2005년 8월 1일 수리