

거제도 연안에 서식하는 마루자주새우, *Crangon hakodatei*의 개체군 역학

최정화⁺ · 김정년* · 김성태** · 차형기***
부경대학교 해양생물학과, *부경대학교 수산과학연구소, **국립수산과학원 남해수산연구소
***국립수산과학원 자원관리과

Population Dynamics of *Crangon hakodatei* from Coastal Area of Geoje Island, Korea

Jung Hwa CHOI⁺, Jung Nyun KIM*, Sung Tae KIM** and Hyung Kee CHA***

Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

*Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

**South Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Yeosu 556-820, Korea

***Fisheries Resources Research and Management Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea

The sand shrimp, *Crangon hakodatei* commonly occurred in the southern coast of Korea. The population structure, growth, mortality, and size at sexual maturity of *C. hakodatei* were examined by the samples collected from the coastal area of Geoje Island, Korea from October 2000 to October 2001. For estimation of parameters of growth and mortality, monthly length-frequency data were analysed by ELEFAN. Parameters of growth were estimated, using the modified von Bertalanffy growth function model. The female grew faster and reached larger size at the same age than the male. There was a breeding season showing a peak in winter (January to February). Total mortality by length-converted catch curve was estimated at 3.10 yr⁻¹, fishing mortality was 0.62 yr⁻¹ and natural mortality was 2.48 yr⁻¹. The size at 50% sexual maturity for the female ranged from CL 11.00 to 11.50 mm.

Key words: *Crangon hakodatei*, Growth, Breeding season, Mortality, Size at sexual maturity

서론

자주새우과 (Family Crangonidae)에 속하는 마루자주새우 (*Crangon hakodatei*)는 우리나라의 서해, 남해 및 동해의 남부해역과 일본 전해역 (태평양 연안 제외)에 분포 (Kim, 1977; Hayashi and Kim, 1999)하는 식용종으로써 연안의 사니질에 주로 서식한다. 마루자주새우가 속한 자주새우속 (Genus *Crangon*)의 새우는 연안의 사니질에 서식하는 두족류 (갑오징류) 및 어류들의 먹이 자원이 될과 동시에, 자신들은 저서어류의 초기 자치어를 섭이하는 포식자의 역할을 함으로써 연안 생태계에서 중요한 자리를 차지하고 있다 (Asahida et al., 1997; Kume et al., 1999; Yang and Tan, 2000).

지금까지 연구 보고된 자주새우속 새우류에 관한 생태학적 연구는 출현종의 형태적 특징이 뚜렷하며 적은 종 수가 출현하는 대서양 연안에 서식하는 종 (Oh et al., 1999 in *Crangon crangon*)을 대상으로 한 것이 대부분을 차지하고 있다. 이에 반해, 동아시아에 서식하는 자주새우속의 새우류에 관한 연구는 자주새우 (*Crangon affinis*) 한 종에 관한 연구들이 대부분으로 생식력에 관한 연구 (Natsukari and Iwasaki, 1987), 성 성숙에 관한 연구 (Lee and An, 1989), 낙동강 하구에 서식하는 개체군의 생태학적인 특징에 관한 연구 (Hong and Oh, 1989)와 대사에 미치는 아사의 영향에 관한 연구 (Chin and Shin, 1992) 등이 있다. 하지만

Hayashi and Kim (1999)의 동아시아 해역 자주새우류의 분류학적 계검토에 의해 자주새우라고 여겨졌던 종내에 복수의 종이 혼재되어 있는 것으로 밝혀짐으로써 기존의 자주새우에 대한 생물학적 연구결과를 새로이 검증할 필요가 있는 것으로 여겨진다.

본 연구에서는 거제도 해역에 서식하는 마루자주새우의 월별 출현 개체의 갑각장 빈도를 이용하여 성장 및 개체군 변화 양상을 VBGF (von Bertalanffy Growth Function)에 의해 추정하고, 이들의 성 성숙 크기와 주산란시기를 파악하고자 한다.

재료 및 방법

실험에 사용된 표본은 2000년 10월부터 2001년 10월까지 거제도 연안의 수심 60~70 m에서 새우조망을 이용하여 매월 채집하였다. 채집된 새우는 선상에서 증성포르말린 (10%)으로 고정하여 2~3일 후 알코올 보존액에 넣어 보관하였다. 매월 채집된 마루자주새우 중 개체군 구조와 성장을 파악하기 위해 200개체 이상이 채집된 달은 모집단을 대표할 수 있게 무작위로 200 (±10)개체를 선택하였으며, 200개체 이하일 경우 채집된 모든 개체를 분석대상으로 하였다. 암수 구분은 첫 번째 복지의 내지 모양과 두 번째 복지의 숫돌기 (Appendix masculina)의 존재 유무에 의해 이루어졌다 (Hayashi and Kim, 1999). 갑각장 (Carapace length: CL)은 눈구멍의 기저에서 갑각의 정중선 뒷가장자리까지를 입체현미경 (Wild M5)하에서 ocular micrometer를 이용하여 측정하였다. 채집지역의 저층 수온은 매월 채집현장에서 T-S meter (Orion 135)

⁺Corresponding author: shrimphoi@hanmail.net

를 이용하여 측정하였다.

개체군 성장 변수의 추정은 최소값각장과 최대값각장 사이를 1 mm 계급간으로 분할하여 작도된 월별각각장의 빈도분포 자료를 이용하여 변형된 von Bertalanffy 성장곡선에 의해 이루어졌으며 (Pauly and Gaschütz, 1979), 이러한 분석과 성장계수의 추정은 ELEFAN 프로그램 (Gayanilo et al., 1995)에 의해 이루어졌다.

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

L_t 는 t 세의 체장 (각각장), L_∞ 는 이론적 최대체장, K 는 성장 계수, t_0 는 길이가 0일 때의 연령이며, $(CK/2)\sin(2\pi(t-t_0))$ 은 계절에 의한 성장률의 변화를 감안한 변동 계수이다. C (Seasonal oscillation)는 계절에 따른 성장의 변동 계수이며, t_0 는 조에아 1기의 각각장이 0.75 mm (Li, 2000)의 자료를 이용하여 산출하였고, t_0 는 WP (Winter point: 일년중 성장이 가장 느린 시기를 1년에 대한 비로써 나타낸 값)에서 0.5를 뺀 값으로 구하였다. 성장 곡선은 체장 빈도 자료를 ELEFAN 프로그램 (Gayanilo et al., 1995)의 비변수 추정방법 (Non-parametric method)을 이용하여 추정하였다. 암·수간의 성장을 비교하기 위해 L_∞ 과 K 값을 이용하여 Pauly and Munro (1984)의 방법에 따라 성장비교지수 (Growth Performances Index, ϕ')를 구하였다.

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

암·수 합친 자료 (Pooled data)를 이용, 어구에 채집된 모든 체장 그룹들의 곡선에서 오른쪽의 감소하는 부분을 직선회귀로 나타내어 전 사망계수 (Total mortality, Z)를 산출하였다. 회귀직선식은 $\ln(\%N/\Delta t) = a + bt$ 로 나타내어지며, N 은 상대적 연령 (t)에 대한 개체수이며, Δt 는 각 체장단위 성장에 필요한 시간을 나타낸다 (Pauly, 1983; 1984). 자연사망계수 (Natural mortality, M)는 Pauly (1980)가 제시한 아래의 식에 따라 계산하였으며, 수온 (T)은 채집 지역의 채집 기간 평균 수온 (17.5°C)을 대입하였다.

$$\log_{10}M = -0.0066 - 0.279\log_{10}L_\infty + 0.6543\log_{10}K + 0.4634\log_{10}T$$

어획사망계수 (Fishing mortality, F)는 $F = Z - M$ 식으로 계산하였다.

또한, 이들 개체의 성 성숙 판정은 복지부분에 부착되어 있는 난의 존재 유무를 기준으로 하였다 (Kensler, 1967). 군성숙도 (P)는 각각의 계급간 성숙한 암컷의 비율을 계산하여 아래의 로지스틱 방정식 (Campbell, 1985)으로 추정하였다.

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

위의 식에서 a 와 b 는 변수이고 CL 은 각각장이다. 위의 방정식에서 변수 추정은 지수함수식을 직선화시킨 후 성숙율 P 와 CL 의 상관분석에 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

수 온

채집지의 수온은 2~3월이 13.0°C 이하로 낮게 나타났으며, 8월이 26.1°C로 높게 나타났다 (Fig. 1). 채집기간 중 채집지의 평균 수온은 17.5°C였다.

성비, 체장분포, 및 성장

분석기간 동안 암컷의 평균 출현비율이 71.7%로 수컷에 비해 높게 나타났다 (Fig. 2). 특히 주포란시기인 12월과 1월 사이에 암컷의 출현비율이 일시적으로 낮아지는 현상을 보였고, 부화한

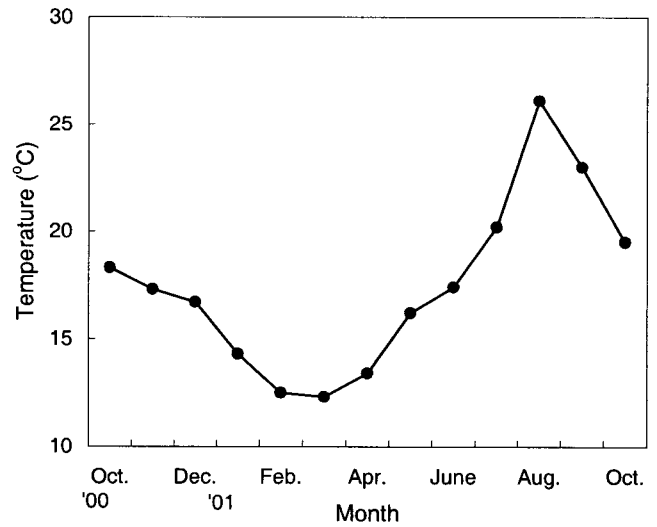


Fig. 1. Monthly variation of bottom seawater temperature at the sampling site.

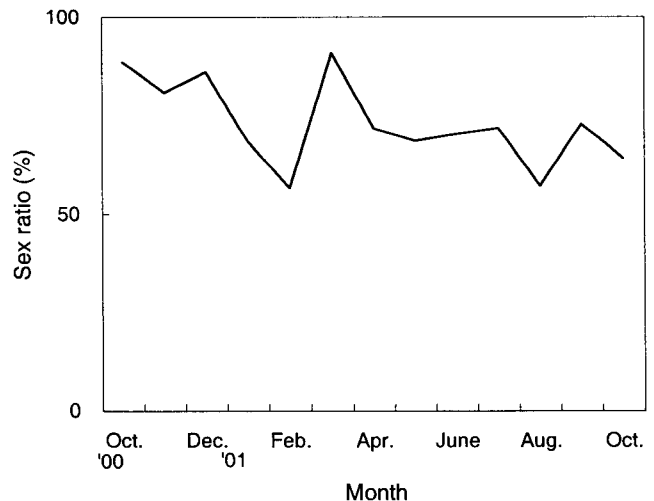


Fig. 2. Monthly variation of sex ratio of *Crangon hakodatei*. The sex ratio was calculated from the specimens caught from Geoje Island, Korea and by the following equation: (number of females/total number of individuals) $\times 100$.

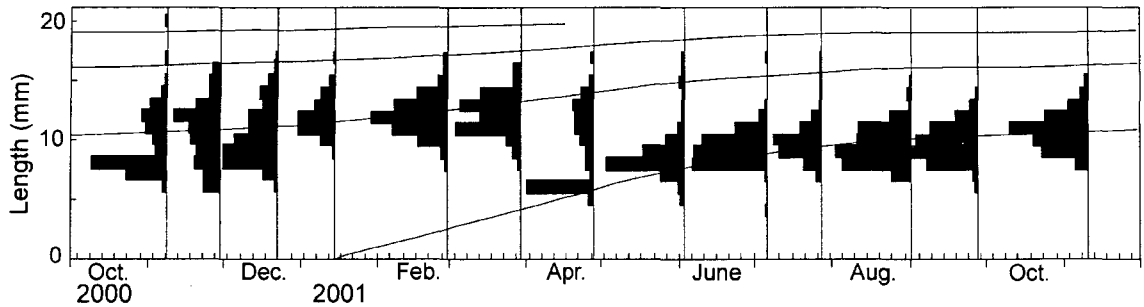


Fig. 3. Length-frequency distribution, expressed as percentage, of pooled data of *Crangon hakodatei* during 13 months in Geoje Island and estimated growth curves for this population.

유생이 유생시기를 거쳐 성장하면서 수컷에 비해 암컷의 출현율이 높게 나타났다. 또한, 출현개체 중 가장 적은 갑각장은 3.57 mm였으며, 가장 큰 갑각장은 19.21 mm였다 (Fig. 3). 계급간의 빈도 분포 자료를 이용한 분석 결과에 의하면 1~2월 사이에 새로운 세대가 출현하는, 일년에 한번의 가입이 이루어지는 것으로 나타났다 (Fig. 4).

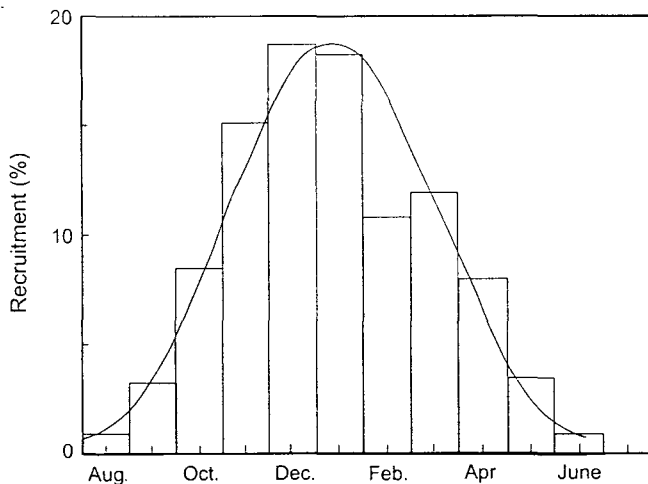


Fig. 4. Recruitment pattern of *Crangon hakodatei* identified by ELEFAN II routine.

변형된 von Bertalanffy 성장식의 성장비교지수 (ϕ')에 의한 암·수간의 성장 속도를 비교해 보면 암컷이 수컷에 비해 빠른 것으로 나타났다. 성장의 계절적 변화율 (C)을 성장곡선에 의해 살펴보면, 암·수 간에 차이가 없는 것으로 나타났으며, 암·수를 합친 데이터에서는 0.7로 나타났다. 또한, 성장이 가장 느린 시기 (WP)는 암컷과 암·수 합친 데이터에서 10월 (0.8)로 나타났으며, 수컷은 9월 (0.7)로 나타났다 (Table 1).

사망률

체장 변환에 의한 어획 곡선 (Length-converted catch curves)으로 산출되어진 전 사망계수는 3.10 yr^{-1} 였으며, Pauly (1980)의 방법에 의한 자연사망계수는 2.48 yr^{-1} 였다 (Fig. 5). 이를 통해 얻어진 어획사망계수는 0.62 yr^{-1} 였으며, 어획율은 0.20인 것으로 나

Table 1. Results of the ELEFAN analysis of length frequency data for the female, the male and the pooled data: L_{∞} : asymptotic length (mm); K: growth coefficient (yr^{-1}); C: amplitude of growth oscillation; WP: winter point; ϕ' : growth performances index; t_0 : the origin of growth curve

Parameter	Female	Male	Pooled data
L_{∞}	22.50	20.50	21.60
K	0.80	0.70	0.75
C	0.60	0.60	0.70
WP	0.80	0.70	0.80
Rn	0.398	0.506	0.315
ϕ'	2.60	2.50	2.50
t_0	-	-	-0.047

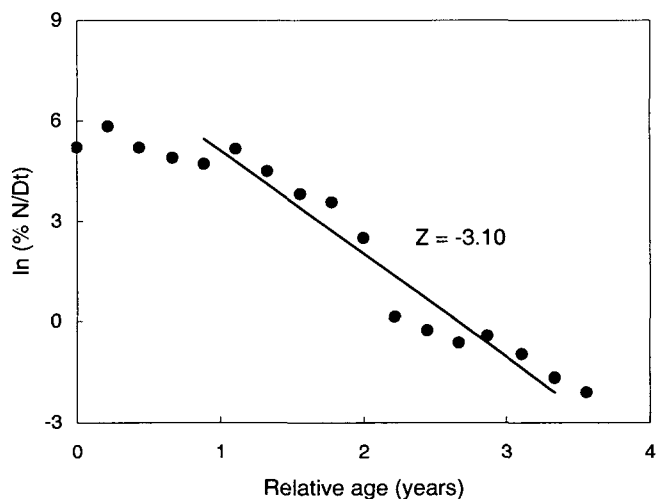


Fig. 5. Length-converted catch curve based on length-composition data for *Crangon hakodatei* from Geoje Island, Korea. Z, N and Dt represented total mortality, number of individual and relative age, respectively.

타났다.

성 성숙

총 1,868개체의 실험대상 암컷 중 26.4%인 493개체가 성숙한 개체인 것으로 나타났다. 포란율의 월 변화는 11월부터 증가하기

시작하여 이듬해 1월에 85.4%로 가장 높은 비율을 보였으며, 그후 점차적으로 감소하여, 5월 이후에는 5개체 안팎의 낮은 출현개체수를 보여, 주 포란시기는 1, 2월인 것으로 나타났다 (Fig. 6). 암컷의 성숙율은 계급구간이 증가함에 따라 증가하였으며, 갑각장 17.00 mm 이상에서는 모든 개체가 성숙한 것으로 나타났다. 또한 균성숙 갑각장 (CL_{50})은 11.21 mm인 것으로 나타났다 (Fig. 7).

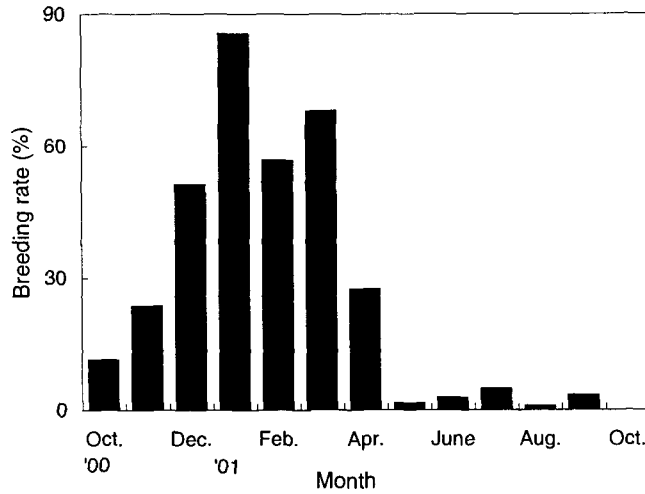


Fig. 6. Monthly variation of breeding rate of *Crangon hakodatei*. The breeding rate was calculated from the specimens caught from Geoje Island, Korea and by the following the equation: (number of brood females/total number of females) × 100.

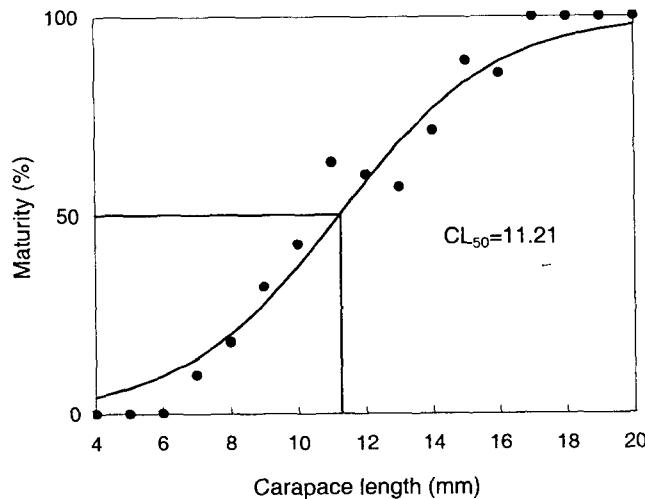


Fig. 7. A logistic function fitting the proportion of mature female to carapace length from the specimens of *Crangon hakodatei* caught from Geoje Island, Korea. CL_{50} is the size at sexual maturity which corresponds to a proportion of 50% females mature.

고찰

온대해역에 서식하는 십각 갑각류 개체군의 계절에 따른 변화

양상은 수온이 상승하는 늦은 춘계부터 개체군의 성숙이 진행되어 하계에 주로 산란을 하여 새로운 세대가 출현하는 것으로 보고되어 있다 (Kosaka, 1970; Cha et al., 2001; Choi, 2001). 본 연구 대상종과 같은 속에 속하며, 고위도에 위치한 영국 Port Erin에 서식하는 *Crangon crangon*은 1월부터 포란한 개체가 출현하기 시작하여 5월에 가장 많은 개체가 나타나며, 새로운 세대는 6월 이후에 출현하였다 (Oh et al., 1999). 하지만 본 연구의 대상종인 마루자주새우는 수온이 하강하는 늦은 추계부터 포란한 개체가 출현하기 시작하여 수온이 낮은 1~2월에 포란개체의 출현빈도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 어구 가입 개체의 출현 또한 늦은 춘계 이후에 나타났다. 이러한 결과는 마루자주새우가 일본의 북부 홋카이도 해역에서 많이 서식하는 한대해역 종인 것과 연관이 있는 것 같다 (Hayashi and Kim, 1999). Fretter (1984)는 무척추동물의 산란의 계절성은 그들의 기원해역의 서식환경에 영향을 받는다고 보고하였다. 따라서, 마루자주새우는 저수온에 산란을 하는 특징을 지닌 종으로 온대해역에 서식하게 되면서, 수온이 높은 하계보다는 낮은 동계에 산란하는 것으로 여겨진다. 온대해역에 서식하는 한대해역 기원 종의 동계산란은 일본 Sendai만에 서식하는 자주새우 개체군 연구에서도 나타났는데, 주 산란시기가 늦은 11월부터 이듬해 5월까지인 것으로 보고되었다 (Kosaka, 1970). 또한, 한대해역이 주 서식지인 도화새우 (*Pandalus borealis*)의 경우, 수온이 낮은 해역에 서식하는 개체군이 수온이 높은 해역에 서식하는 개체군에 비해 주 포란시기가 느린 것으로 보고되었다 (Bergström, 2000).

마루자주새우는 *C. crangon*에 비해 성장이 빠른 것으로 나타났으며, 동일 연령을 비교해 볼 때 크기가 큰 것으로 나타났고, 계절에 따른 성장의 변화율 또한 마루자주새우가 *C. crangon*에 비해 높은 것으로 나타났다 (Fig. 8). 마루자주새우의 성장이 가장 느린 시기는 9~10월로 *C. crangon*의 12월에 비해 빠른 것으로 나타났다. 이러한 두 종간의 성장의 차이는 서식지의 수온에 의한 영향으로 *C. crangon*이 서식한 해역의 수온 범위는 6~16°C (see Oh

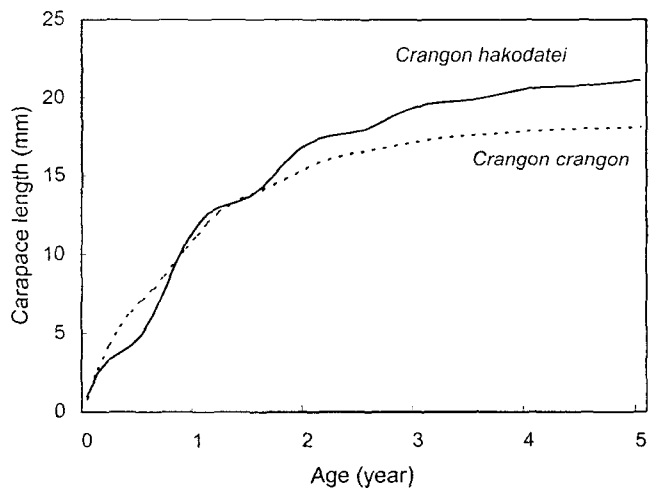


Fig. 8. Average growth curves in two *Crangon*-*C. crangon* (Oh et al., 1999) and *C. hakodatei*.

et al., 1999)인데 반해 마루자주새우의 서식지는 12~26°C로 상대적으로 높았으며 수온의 변화폭 또한 큰 것으로 나타났다. 이러한 서식지 수온과 수온 변화폭은 성장식에서 성장의 변화와 경향을 결정하는 성장계수와 매우 밀접한 관계가 있다 (Taylor, 1958).

본 연구의 대상종인 마루자주새우 개체군의 전 사망계수는 3.10 yr⁻¹로 나타났는데, 이것은 어획활동이 이루어지지 않는 영국의 Port Erin 해역의 *C. crangon* 개체군의 전 사망계수 3.60 yr⁻¹ (Oh et al., 1999)보다는 비교적 낮게 나타났지만, 어업이 이루어지는 해역에서의 *C. crangon* 개체군 전 사망계수 2.08 yr⁻¹ (see Oh et al., 1999)보다 높게 나타났다. 또한, 자연사망계수는 2.48 yr⁻¹로 나타나 영국 Port Erin만에 서식하는 *C. crangon* 개체군의 3.60과 3.39 yr⁻¹ (Oh et al., 1999)에 비해 매우 낮은 값을 나타냈지만, Kosaka (1970)에 의해 보고된 일본 Sendai만에 서식하는 자주새우의 수명인 1.37 yr⁻¹ 보다 높게 나타났다. 본 연구의 조사지역인 거제도 인근해역에서는 마루자주새우를 대상으로 한 어업행위는 이루어지지 않고 있지만, 이처럼 낮은 전 사망계수와 자연사망계수를 보이는 것은 거제도 주변해역에서 사용되는 어구들의 높은 혼획률에 의한 것으로 추정된다 (S.T. Kim, 미발표 자료).

본 연구에서 마루자주새우의 성장이 가장 느린 시기는 추계로 나타났는데, 수온이 낮은 동계에 성장이 느려지는 온대해역에 서식하는 십각 갑각류의 일반적인 현상과는 다른 결과를 보였다. 이러한 결과는 마루자주새우의 10월 이후 시작되는 포란시기에 높은 생산력을 가지기 위한 생식전략에 의한 것으로 갑각류는 생식시기에 대사 작용으로 얻어진 에너지를 생식과 관련된 것에 사용하는 것으로 알려져 있다 (Hartnoll, 1982). 또한, 본 연구결과에서 나타난 마루자주새우 암컷의 수컷보다 빠른 성장은 생식력을 높이고, 난을 품을 수 있는 공간을 크게하여 난 생산력 (egg production)을 최대화하는 잇점이 될 수 있다 (Hartnoll, 1982).

요 약

본 연구에 사용되어진 마루자주새우 (*Crangon hakodatei*)는 거제도 주변 해역에서 2000년 10월부터 2001년 10월까지 새우조망을 이용하여 매월 채집하였다. 이들 개체군의 구조, 성장, 사망 및 성 성숙에 관한 분석은 갑각장을 이용한 체장빈도 데이터를 이용 ELEFAN 프로그램에 의해 분석하였다. 성장계수의 추정은 변형된 von Bertalanffy 성장식을 이용하였다. 암컷이 수컷보다 성장이 빨라 성숙개체에 빨리 도달하는 것으로 나타났다. 체장변환 어획 곡선에 의해 구해진 전 사망계수는 3.10 yr⁻¹로 나타났고, Pauly 식에 의해 산출된 자연사망계수는 2.48 yr⁻¹로 나타났다. 또한 어획사망계수는 0.62 yr⁻¹인 것으로 나타났다. 암컷의 성 성숙 개체의 크기는 갑각장 11.00~11.50 mm 사이인 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- Asahida, T., Y. Yamashita and T. Kobayashi. 1997. Identification of consumed stone flounder, *Kareius bicoloratus* (Basilevsky), from the stomach contents of sand shrimp, *Crangon affinis* (De Haan) using mitochondrial DNA analysis. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 217, 153~163.
- Bergström, B.I. 2000. The biology of *Pandalus*. In *Advances in Marine Biology*, Vol. 38, A.J. Southward, P.A. Tyler, C.M. Young and L. Fuimam, eds. Academic Press, London, pp. 55~245.
- Campbell, A. 1985. Application of a yield and egg-per-recruit model to the lobster fishery in the Bay of Fundy. *N. Am. J. Fish. Manag.*, 5, 91~104.
- Cha, H.K., C.W. Oh, S.Y. Hong and K.Y. Park. 2001. Reproduction and population dynamics of *Penaeus chinensis* (Decapoda: Penaeidae) on the western coast of Korea, Yellow Sea. *Fish. Res.*, 1262, 1~12.
- Chin, P. and Y.K. Shin. 1992. Effect of starvation on the total metabolism of *Crangon affinis*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 25, 371~382.
- Choi, J.H. 2001. Growth and Reproductive Biology of *Metapenaeopsis dalei* (Decapoda: Penaeidae) in the Korean Waters. Ph.D. Thesis, Pukyong Nat'l Univ., 122pp (in Korean).
- Fretter, V. 1984. Prosobranchs. In *The Mollusca*, Vol. 7, A.S. Tompa and N.H. Verdonk, eds. Academic Press, London, pp. 1~35.
- Gayanilo, F.C.Jr, P. Sparre and D. Pauly. 1995. The FAO-ICLARM stock assessment tools (FiSAT), User's guide. FAO Comp. Info. Ser. (Fisheries). No. 8. Rome, FAO, 126pp.
- Hartnoll, R.G. 1982. Growth. In *The Biology of Crustacea*, Vol. 2: Embryology, morphology and genetics, L.G. Abele, ed. Academic Press, New York, pp. 111~185.
- Hayashi, K. and J.N. Kim. 1999. Revision of the East Asian species of *Crangon* (Decapoda: Caridea: Crangonidae). *Crust. Res.*, 28, 62~103.
- Hong, S.Y. and C.W. Oh. 1989. Ecology of the sand shrimp, *Crangon affinis* in the Nakdong River estuary, Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 22, 351~362.
- Kensler, C.B. 1967. Size at maturity in female of the spiny lobster *Jasus verreauxi* (Crustacea: Decapoda: Palinuridae). *New Zealand J. Mar. Freshw. Res.*, 1, 327~340.
- Kim, H.S. 1977. Illustrated Encyclopedia of Flora and Fauna of Korea, Macura. Vol. 19, Samhwa Pub. Co., Seoul, 414pp (in Korean).
- Kosaka, M. 1970. On the ecology of the sand shrimp, *Crangon affinis* De Haan, as a prey of the demersal fishes in Sendai Bay. *J. Coll. Mar. Sci. Tech., Tokai Univ.*, 4, 59~80.
- Kume, G., A. Yamaguchi and T. Taniuchi. 1999. Feeding habits of the cardinalfish *Apogon lineatus* in Tokyo Bay, Japan. *Fish. Sci.*, 65, 420~423.
- Lee, T.Y. and C.M. An. 1989. Early life history of the marine animals. 3. On the maturity of *Crangon affinis*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 22, 342~350.
- Li, H.Y. 2000. Larval Development of *Crangon hakodatei* Rathbun (Decapoda: Crangonidae) Reared in the Laboratory. M.S. Thesis, Pukyong Nat'l Univ., 43pp (in Korean).
- Natsukari, Y. and M. Iwasaki. 1987. Fecundity of the sand shrimp, *Crangon affinis*. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.*, 61, 1~5.
- Oh, C.W., R.G. Hartnoll, and R.D.M. Nash. 1999. Population dynamics of the common shrimp, *Crangon crangon* (L.), in Port Erin Bay, Isle of Man, Irish Sea. *ICES J. Mar. Sci.*, 56, 718~733.
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. CIEM*, 39, 175~192.

- Pauly, D. 1983. Length-converted catch curves: A powerful tool for fisheries research in the tropics (Part I). *Fishbyte*, 1, 9~13.
- Pauly, D. 1984. Length-converted catch curves: A powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II). *Fishbyte*, 2, 17~19.
- Pauly, D. and G. Gaschütz. 1979. A simple method for fitting oscillating length growth data, with a program for pocket calculators. *ICES C.M.* 1979/G: 24, 26pp.
- Pauly, D. and J.L. Munro. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrate. *Fishbyte*, 2, 21.
- Taylor, C.C. 1958. Cod growth and temperature. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 23, 366~370.
- Yang, J. and X. Tan. 2000. Food analysis of three cephalopod species in the Bohai Sea. *Mar. Sci.*, 24, 53~55 (in Chinese).

2002년 4월 22일 접수

2002년 7월 10일 수리