

전남 하의도 갯벌에 서식하는 칠게, *Macrophthalmus japonicus*의 연령과 성장

권대현* · 최옥인¹ · 고병설 · 송재희 · 조영조 · 박주남²
국립수산과학원 갯벌연구센터, ¹국립수산과학원 환경관리과, ²신안군청

Age and Growth of the Crab *Macrophthalmus japonicus* from Tidal Flat of Haei Island, Jeollanamdo, Korea

Dae Hyeon KWON*, Ok In CHOI¹, Byeong Seol KO, Jae Hee SONG, Young Jo JO and Ju Nam PARK²

Tidal Flat Research Center, NFRDI, Gunsan 573-882, Korea
¹Environment Management Division, NFRDI, Busan 619-902, Korea
²Sinan-gun, Mokpo 530-705, Korea

The ocypodid crab, *Macrophthalmus japonicus*, commonly occurs in tidal flats in areas around Korea. We examined the age and growth of *M. japonicus* collected from the tidal flats of Haei Island in Jeollanamdo, Korea, from January to December 2006. According to variation in the monthly fatness index, the population spawned from June to August. To estimate parameters of growth, frequencies of monthly carapace lengths were analyzed using FiSAT II. The allometry of females differed from that of males. VBGE(von Bertalanffy growth equation) and seasonal VBGE were determined using monthly average carapace lengths for males and females, and an equation for estimating seasonal growth was calculated using regression coefficients.

Key words: Age, Allometry, *Macrophthalmus japonicus*, Seasonal growth, VBGE

서 론

칠게, *Macrophthalmus japonicus* De Haan (1835)는 절지동물문 십각목 달랑게과의 게로서, 동해의 포항 이북을 제외한 전 해역에 분포하며, 주로 내만의 하구 근처의 부드러운 진흙 바닥에 직경 1 cm 정도의 경사진 타원형 구멍을 파고 서식하며 우리나라 갯벌에서 가장 흔하게 볼 수 있다(Hong et al., 2006). 갯벌에 굴을 파고 서식하여 갯벌에 산소유통을 원활히 하며, 유기체설물을 섭취하여 갯벌생태계의 오염을 방지하는 중요한 생물로 알려져 있다. 또한, 낙지가 선호하는 먹이로서 낙지어업의 미끼로 이용되어는데, 이 때문에 최근 전국적으로 PVC 관으로 만든 불법어구로 무분별하게 남획되어 갯벌생태계파괴의 우려가 있기 때문에 관리보호가 필요한 해양생물이다. 칠게에 대한 기존 연구결과를 살펴보면, 분포에 있어서 Choi and Jung (1995)은 전북 새만금 광활지역에서 우점종으로 나타났다고 하며, Hong et al. (1999)은 인천 영종도-용유 갯벌의 사니질에서 주로 분포하였다고 하였으며, Hong and Seo (2001)는 인천 적전갯벌 상부에서 출현하였다고 보고하였다. Rho and Kim (2004)은 고군산군도의 필질성 갯벌에서 우점하였다고 하며, Seo and Hong (2006)은 인천 장봉도 갯벌에서 봄철에 우점하였다고 하였다. 생리조직에 있어서 Noh and Yeun (1987)는 소화기관인 전장과 후장에는 키틴질로, 중장에는 키틴질이 없어 주로 중장에서 액상영양분을 흡수한다고

하였으며, Kim et al. (2006)은 칠게에서 분리한 렉틴으로 암세포 검출연구에 활용하였다. 칠게 개체군 상대성장에 대해서 Kim et al. (1988)이 연구한 바 있지만, 자원평가 및 관리를 위한 연령과 절대성장 특성에 대한 연구는 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 칠게 개체군의 효율적이고 최대지속적인 자원관리를 위한 기초 자료로 활용하기 위하여 자원생태학적 특성치 중 연령과 성장 특성치들을 조사분석하였다.

재료 및 방법

2006년 1월-12월까지 전남 신안군 하의도 인근갯벌(Fig. 1)에서 칠게를 매달 1회씩 채집하여, 실험실에서 Kim (1973)의 분류기준으로 동정한 후, 각 개체의 두흉갑장, 두흉갑폭, 체고를 0.1 mm 단위로, 전중을 0.1 g 단위로 측정하였다.

칠게의 비만도 월변화를 통하여 산란시기를 추정하였으며, 월별 비만도(Fatness)는 식 (1)을 이용하였다.

$$\text{Fatness} = \frac{BW}{CL^3} \times 10^3 \dots\dots\dots (1)$$

여기서, BW는 전중(g), CL은 두흉갑장(mm)이다. 암수의 상대성장 차이유무는 갑장-갑폭, 갑장-체고는 변환없이, 갑장-전중은 자연대수를 취하여 선형화시켜서 Zar (1984)의 공분산분석으로 검정비교하였으며, 개체군의 월별 갑장조성을 Bhattacharya (1967)의 방법을 이용하는 프로그램(FiSAT II, ver 1.0.0)으로 각 연령군으로 분리하여 산란기 이후 각 연령군의 연령별 평균갑장을 계산하였다. 칠게 개체군의 성장

*Corresponding author: dhkwon@nfrdi.go.kr

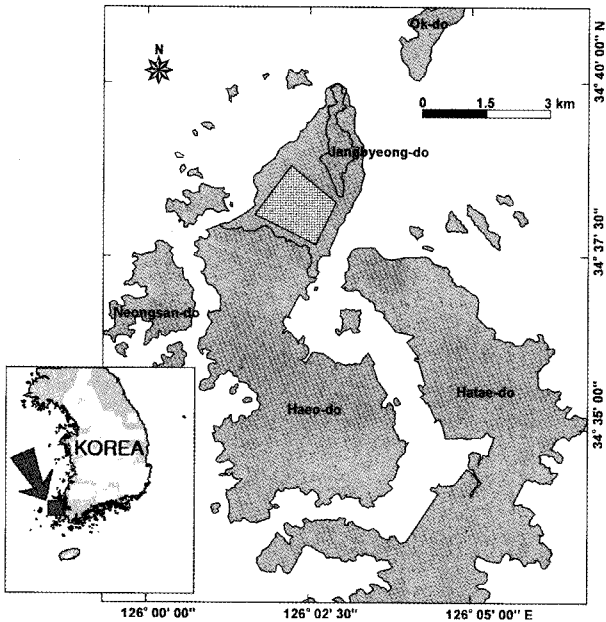


Fig. 1. Location of sampling station for *Macrophthalmus japonicus* population dynamics (■).

식은 식 (2)의 von Bertalanffy 성장식 (VBGE)을 사용하였다.

$$L_t = L_\infty(1 - e^{-K(t-t_0)}) \dots\dots\dots (2)$$

여기서, L_t 는 시간 t 일 때의 두홍갑장, L_∞ 는 이론적 최대두홍갑장, K 는 성장계수, t 는 연령, t_0 는 이론적 두홍갑장이 0일 때의 연령이다. 계절성장식 (seasonalized VBGE)은 식 (3)의 성장식을 사용하였다.

$$L_t = L_\infty(1 - e^{-K(t-t_0^s)}) \dots\dots\dots (3)$$

여기서, L_t 는 시간 t 일 때의 갑장, L_∞ 는 이론적 최대갑장, K 는 성장계수, t 는 연령, t_0 는 이론적 두홍갑장이 0일 때의 연령, C 는 상수, t_s 는 여름 시점으로 $t_s+0.5$ 가 가장 느린 점을 나타낼 수 있게 하는 상수이다. 연령별 평균갑장을 사용한 성장 특성치들의 추정은 통계분석 프로그램인 SPSS (Release 10.1.3, SPSS Inc.)의 비선형회귀 (nonlinear regression)방법으로 추정하였으며, Levenberg - Marquardt 방법을 사용하였으며, 초기값은 $L_\infty=50$, $K=0.1$, $t_0=0.1$, $\alpha=0.1$, $t_s=0.1$ 으로 하였다.

결 과

산란기

비만도의 월별 변화를 살펴보면 (Fig. 2), 암컷의 경우, 평균값이 1월부터 증가하였다가 5월에 최고를 나타내고 이후 급격히 감소하여 7월에 최저값을 보였다. 이후 8월부터 조금 증가하여 10월까지 큰 변동이 없었다. 수컷의 경우, 평균값이 1월부터 시작하여 5월에 최고를 보이고 이후 감소하여 8월에 최저값을 보였다. 9월에 약간 증가하였으며, 12월까지 큰 변동

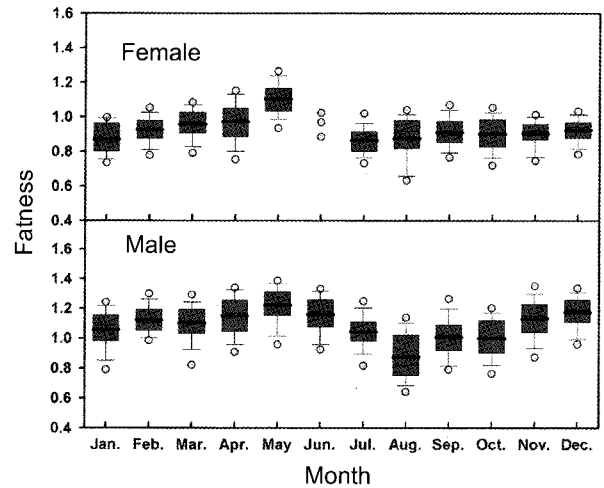


Fig. 2. Monthly variations of fatness of *Macrophthalmus japonicus* from study area. The boundary of the box closest to zero indicates the 25th percentile, a line within the box marks the median, a blue line within the box marks the mean, and the boundary of the box farthest from zero indicates the 75th percentile. Whiskers above and below the box indicate the 95th and 5th percentiles.

이 없었다. 따라서, 비만도가 최고값을 보인 5월부터 8월까지가 산란기로 추정되며, 주산란기로 추정되는 6월을 기점으로 성장식을 추정하였다.

월별 갑장조성

채집된 칠게의 갑장 범위는 9-28 mm였다. 월별 갑장조성을 보면 (Fig. 3), 암컷의 갑장 범위와 최빈 갑장이 수컷에 비해 작았다. 6월에 채집된 암컷수가 수컷수 (123마리)에 비해 훨씬 적었다. 암·수 모두 1월, 6월 및 8월을 제외하면 최빈 갑장의 성장추이를 확인할 수 있었다. 8월, 9월 및 10월에는 최빈수가 두 개로 분리되어 나타났다. 따라서, 월별 갑장조성을 연령으로 환산하여 연령별 평균갑장을 성장식 추정에 사용하였다.

상대성장

갑장에 대한 갑폭의 상대성장 (Fig. 4, Table 1)을 보면, 수컷이 암컷보다 갑폭이 빨리 성장하는 것으로 나타났으며, 기율기 검정에서는 유의한 차이를 보였는데 ($P<0.001$), 절편은 암수간에 0.952의 차이가 있었지만 통계적으로 유의하지는 않아 ($P>0.05$), 갑장 14 mm 이하의 작은 크기에서는 암수간의 갑폭 차이는 없었으나, 갑장이 20 mm 이상으로 증가할수록 수컷의 갑폭이 암컷보다 커지는 것으로 나타났다.

갑장에 대한 체중의 상대성장 (Fig. 5, Table 2)에 있어서, 수컷이 암컷에 비해 체중증가가 다소 빨랐으며, 두 변량에 자연대수를 취하여 선형 환산시킨 자료의 기율기 및 절편 검정에서 매우 유의한 차이를 보였다 ($P<0.001$). 따라서, 갑장이 18 mm 이상으로 증가할수록 수컷의 체중이 암컷보다 커지는 경향이 뚜렷하게 나타났다.

갑장에 대한 체고의 상대성장 (Fig. 6, Table 3)에 있어서,

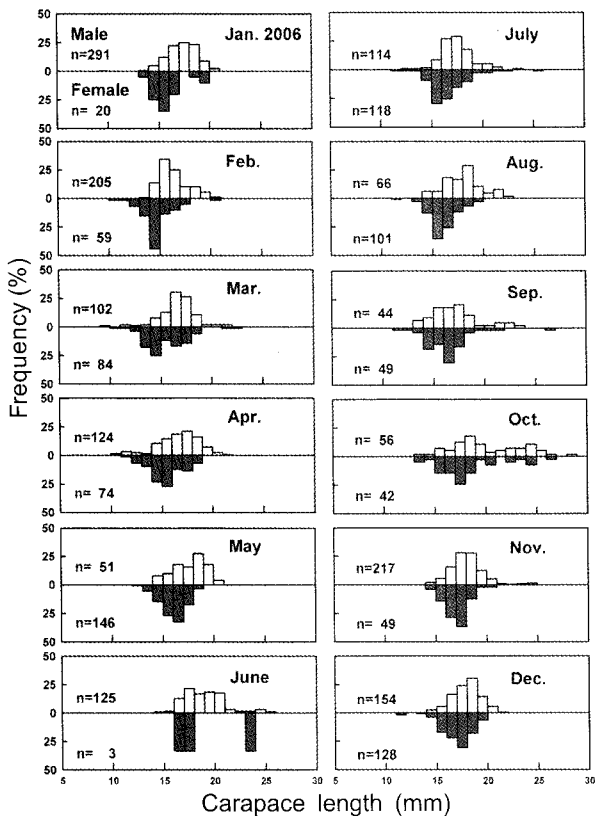


Fig. 3. Monthly variation of length frequency polygons of *Macrophthalmus japonicus* female and male from study area.

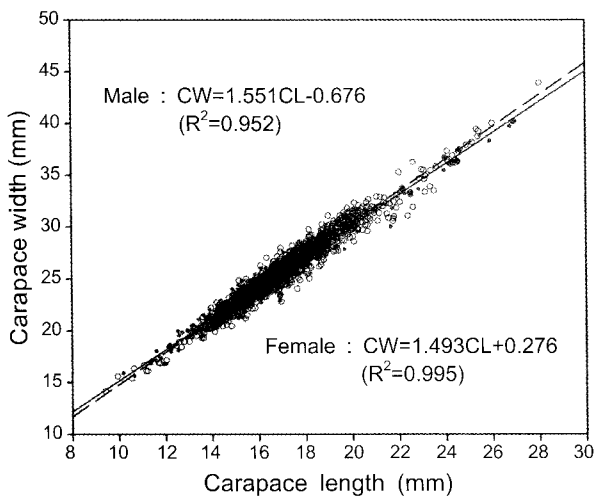


Fig. 4. The relationships between carapace length and carapace width of *Macrophthalmus japonicus* female (●, —) and male (○, --) from study area.

암컷이 수컷에 비해 체고증가가 다소 빨랐으며, 기율기 검정에서 매우 유의한 차이를 ($P < 0.001$), 절편 검정에서 유의한 차이를 보였다 ($P < 0.05$). 따라서 갑장 16 mm 이하에서는 수컷의 체고가 암컷보다 컸으나 20 mm 이상으로 증가하면 암컷의 체고가 수컷보다 커지는 것으로 나타났다.

Table 1. Analysis of covariance for carapace length and carapace width of *Macrophthalmus japonicus* female and male from study area. *, significant < 0.01

Characters	CL-CW
Test of slope	$F_{[1, 1912]} = 12.366^*$
Test of intercept	$F_{[1, 1913]} = 0.059$

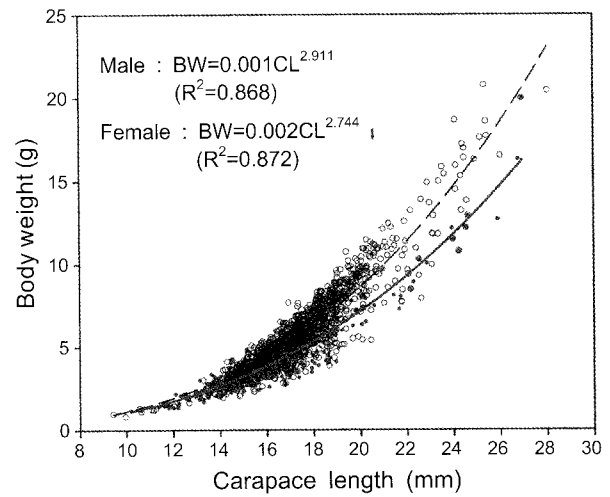


Fig. 5. The relationships between carapace length and body weight of *Macrophthalmus japonicus* female (●, —) and male (○, --) from study area.

Table 2. Analysis of covariance for carapace length and body weight of *Macrophthalmus japonicus* female and male from study area. *, significant < 0.01

Characters	CL-BW
Test of slope	$F_{[1, 1912]} = 190.125^*$
Test of intercept	$F_{[1, 1913]} = 175.291^*$

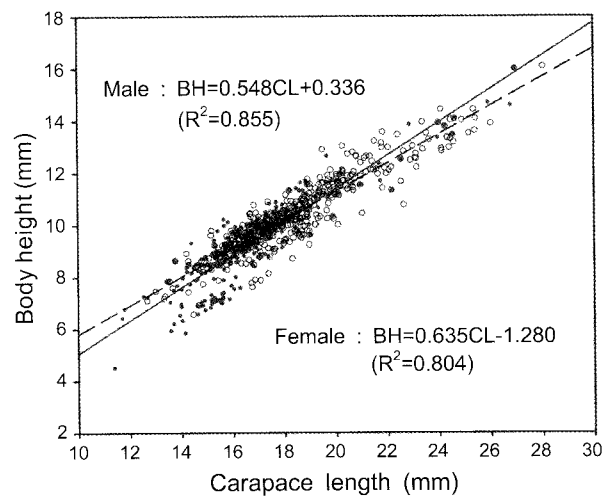


Fig. 6. The relationships between carapace length and body height of *Macrophthalmus japonicus* female (●, —) and male (○, --) from study area.

Table 3. Analysis of covariance for carapace length and body height of *Macrophthalmus japonicus* female and male from study area. *, significant <0.05; **, significant <0.01.

Characters	CL-BH
Test of slope	$F_{[1, 759]}=19.215^{**}$
Test of intercept	$F_{[1, 757]}=6.014^*$

성장식

Bhattacharya (1967)의 방법으로 환산 추정된 연령별 평균갑장 (Fig. 7, Table 4)을 이용하여 VBGE의 성장 특성치들을 계산하였다. 암컷의 성장식에서 이론적 최대두흉갑장인 L_{∞} 는 27.3 mm, 성장계수 K 는 0.380, 이론적 두흉갑장 t_0 은 -1.261세로 추정되었으며 성장식은 다음과 같다 (Fig. 8).

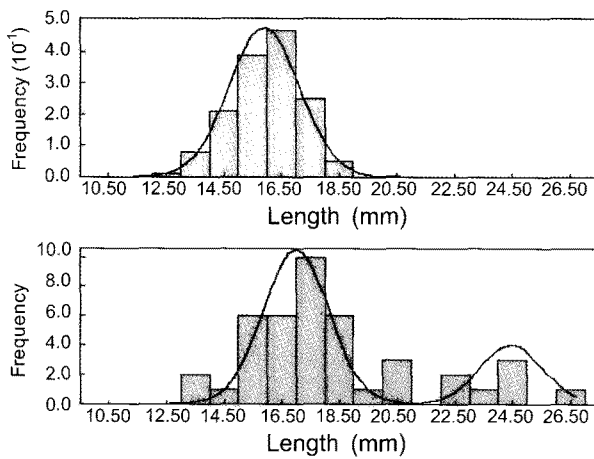


Fig. 7. Length frequency polygons of *Macrophthalmus japonicus* population and its theoretical decomposition by the PC software FiSAT II. (Upper, May 2006; lower, October 2006).

$$\text{Female } L_t = 27.3(1 - e^{-0.380(t+1.261)}) \quad (R^2 = 0.775)$$

수컷의 성장식에서 이론적 최대두흉갑장인 L_{∞} 는 30.1 mm, 성장계수 K 는 0.341, 이론적 두흉갑장 t_0 은 -1.345세로 추정되었으며 성장식은 다음과 같으며 암수 모두 유의한 성장식을 도출하였다.

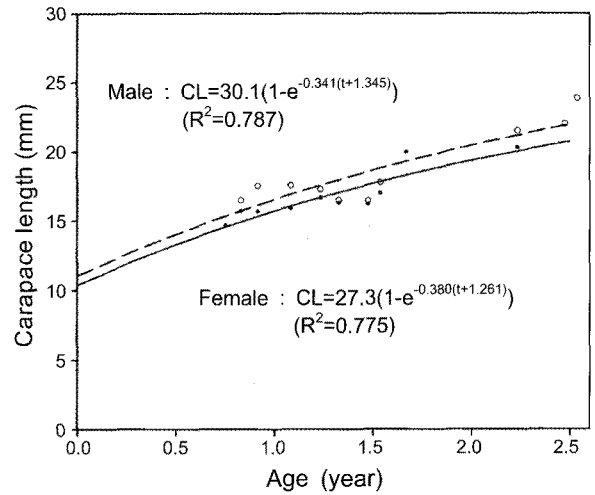


Fig. 8. Von Bertalanffy growth curves of *Macrophthalmus japonicus* female (●, —) and male (○, - -) from study area.

$$\text{Female } L_t = 30.1(1 - e^{-0.341(t+1.261)}) \quad (R^2 = 0.775)$$

계절성장식에 적용하여 추정된 암컷의 이론적 최대갑장 L_{∞} 는 26.6, 성장계수 K 는 0.579, 이론적 두흉갑장이 0일 때의 연령 t_0 은 -0.481, 상수 C 는 -1.312, $t_s+0.5$ 가 가장 느린 점을 나타낼 수 있게 하는 상수 t_s 는 0.116으로 추정되었으며 성장식은 다음과 같다 (Fig. 9).

$$\text{암컷 } L_t = 26.6(1 - e^{-0.579(t+0.481) - \frac{0.760}{2\pi} \sin(t+0.116)}) \quad (R^2 = 0.940)$$

수컷의 이론적 최대갑장 L_{∞} 는 30.1, 성장계수 K 는 0.534, 이론적 두흉갑장이 0일 때의 연령 t_0 은 -0.420, 상수 C 는 -1.841, $t_s+0.5$ 가 가장 느린 점을 나타낼 수 있게 하는 상수 t_s 는 2.161로 추정되었으며 성장식은 다음과 같다.

$$\text{수컷 } L_t = 30.1(1 - e^{-0.534(t+0.420) - \frac{0.963}{2\pi} \sin(t+2.161)}) \quad (R^2 = 0.940)$$

계절성장식에서는 동절기의 성장이 정체되는 것을 확인하

Table 4. VBGF parameters of *Macrophthalmus japonicus* female and male from study area

Female		Male	
Age (year)	Carapace length (mm)	Age (year)	Carapace length (mm)
	Mean±S.D.		Mean±S.D.
0.75	14.67±1.37	0.83	16.50±1.30
0.83	15.73±1.65	0.92	17.55±1.26
0.92	15.71±1.76	1.08	17.59±1.49
1.08	15.90±1.22	1.23	17.30±1.17
1.23	16.68±1.17	1.33	16.50±1.45
1.33	16.29±1.31	1.47	16.47±1.39
1.47	16.24±1.49	1.54	17.80±1.61
1.54	17.00±1.14	2.23	21.55±0.78
1.67	20.00±1.17	2.47	22.01±1.24
2.23	20.33±0.80	2.54	23.85±2.20

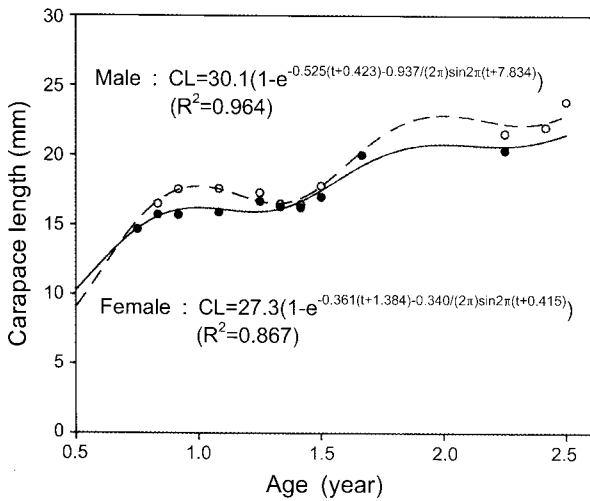


Fig. 9. Seasonal growth curves of *Macrophthalmus japonicus* female (●, —) and male (○, --) from study area.

였으며 암컷은 수컷에 비해 산란기에 성장이 다소 저하된 것을 확인하였다. 초기성장은 VBGE와 차이를 보였다.

고 찰

갯벌에 서식하는 칠게 개체군의 비만도가 5월에 최고를 나타낸 것은 KODC에서 측정된 인근 목포해역에서의 2006년도 기온 및 수온 (Fig. 10)이 10°C 이상으로 올라가는 시기로서 비교적 높은 온도에서 성적 성숙을 포함하여 성장에 최적의 조건의 생태학적 적응에 따른 것으로 생각된다.

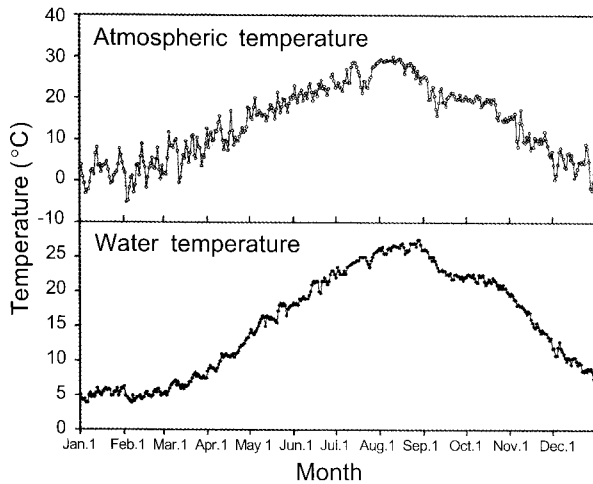


Fig. 10. Daily temperature of water and atmosphere from Mokpo, Jeollanamdo in 2006.

수컷이 7월에 최저값을 보이며 수컷은 8월에 최저값을 보인 것은 기온이 최고에 달하는 8월과 수온이 최고에 달하는 9월에 암컷이 생식공을 통해 수컷의 정자를 받아들여 체내에서 수정된 알들을 외포란하고 부화 방출하는 과정에서의 체중변화가 크지 않은 것을 나타낸다. 반면 수컷은 정자의 방출 이후

급격한 체중 감소가 뒤따르는 생애적 활동이 있을 것으로 판단된다. 이는 갑장성장을 통해 본 수컷의 개체크기가 암컷의 개체크기보다 큰 결과에서 암컷이 외포란하여 은둔해 있는 굴 속의 보금자리에 대한 수컷의 방어행동 등의 행동적 양상이 반영된 면을 설명하는 Henmi (1984, 1989)의 결과와 일치하는 것으로 보이지만 보다 세밀한 분석이 필요하다. 갑장에 대한 갑폭, 체중, 체고의 상대성장에서 모두 암수의 차이가 있는데, 특히 성장함에 따라 수컷이 암컷보다 갑폭과 체중이 커지는 경향을 보이는 것은 수컷의 집게발이 암컷보다 크고, 암컷에 대한 구애행위 또는 침입자에 대한 경계의 표시이기도 한 V자형 집게 운동 (Wada and Sakai, 1989)에 따른 발달양상으로 보이며, 수컷보다 암컷의 체고가 커지는 것은 난자를 보관하는 체내의 용적이 큰 영향 때문인 것으로 생각된다. 환산 추정된 연령별 평균갑장을 이용한 두 성장식에서 암컷의 극한갑장은 수컷보다 작았으며 성장계수 K도 작아 뚜렷하게 느린 성장양상을 보였다.

계절성장에서는 동절기의 성장이 정체되는 것을 확인하였으며 암컷은 수컷에 비해 산란기에 성장이 다소 저하된 것을 확인하였다. 초기성장은 VBGF와 차이를 보여 부화후 처음 맞이하는 겨울의 성장저하를 간접 확인할 수 있었으며, 성장식은 VBGF보다 계절성장식에서의 자료해석 능력이 높았는데 이는 갑장의 겨울의 성장저하가 뚜렷한 결과이다. 하지만, 최대지속적인 칠게 자원의 합리적인 관리를 위한 자원평가를 위해 Beverton & Holt의 모델에 적용하기 위해서는 VBGF의 특성치를 이용하는 것이 기본 모델의 변형으로 인한 자원평가치의 추정오류를 방지하는 데에 보다 필수적인 것으로 생각된다. 본 조사 지역은 육지로부터 20 km 이상 거리가 있는 곳으로 외부 사람들의 접근이 용이하지 않고 하의도 어업인들에 의해 어획되는 양이 미약하여, 어획강도는 적을 것으로 생각되며 다른 자연사망에 의한 감소요인이 주를 이룰 것으로 생각된다. 본 연구에서는 최고 연령개체들이 2.54세로 추정되었는데 이는 Wada and Sakai (1989)이 2년 1개월로 추정할 수명보다 높은 연령의 개체들이 어획된 것이지만, 큰 개체들을 대상으로 한 어획이 활발히 이루어지고 있는 지역에서 채집되어 어획이 이루어지지 않는 지역에서의 개체군 조사 분석결과로 활용될 것으로 판단된다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원 경상과제 갯벌어장의 생물서식 환경연구 (RP-2007-FR-040)의 지원에 의해 운영되었습니다.

참 고 문 헌

- Bhattacharya, G.G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23, 115-135.
- Choi, Y.B. and S.H. Jung. 1995. Survey of the waders on the west coast of Korea with special reference

- to waders on Kwanghwal mudflat in Kimje, Chollabuk Do. Kor. J. Ornithol., 2, 57-73.
- Henmi, Y. 1984. The description of wandering behavior and its occurrence varying in different tidal areas in *Macrophthalmus japonicus* (De Haan) (Crustacea: Ocypodidae). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 84, 211-224.
- Henmi, Y. 1989. Life-history pattern in two forms of *Macrophthalmus japonicus* (Crustacea: Brachyura), Mar. Biol., 101, 53-60.
- Hong, J.S., J.W. Yoo and R.H. Jung. 1999. Macrobenthic communities on the tidal flats around Yongjiong and Yongyu Islands, Incheon, Korea. J. Kor. Soc. Oceanogr., 34, 220-230.
- Hong, J.S. and I.S. Seo. 2001. The community ecology of benthic macrofauna on the Cheokjeon tidal flat, Incheon, Korea. 1. Community structure. J. Kor. Soc. Oceanogr., 6, 190-200.
- Hong, S.Y., K.Y. Park, C.W. Park, C.H. Han, H.L. Suh, S.G. Yun, C.B. Song, S.G. Jo, H.S. Lim, Y.S. Kang, D.J. Kim, C.W. Ma, M.H. Son, H.K. Cha, K.B. Kim, S.D. Choi, K.Y. Park, C.W. Oh, D.N. Kim, H.S. Shon, J.N. Kim, J.H. Choi, M.H. Kim and I.Y. Choi. 2006. Marine Invertebrates in Korean Coasts. Academy Publishing Company, Seoul, Korea, 1-479.
- Kim, H.N. W.H. Chung, C.H. Bae, K.W. Hwang and H.H. Kim. 2006. Isolation and carbohydrate binding specificity of a lectin from the hemolymph of coastal crab *Macrophthalmus japonicus*. Yakhak Hoeji, 50, 166-171.
- Kim, H.S. 1973. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea, Vol. 14, Anomura·Brachyura. Samhwa Publication Co., Seoul, Korea, 1-694.
- Kim, H.S., H.S. Kwak and D.H. Kwon. 1988. The summer growth and the ratios of the breadth to the length of the carapace of the crab, *Macrophthalmus (Mareotis) japonicus* De Haan. Kor. J. Syst. Zool., 2, 233-241.
- Noh, Y.T. and K.S. Yeun. 1987. Ultrastructure and histochemistry on the intestinal epithelium of a shore crab (*Macrophthalmus (Mareotis) japonicus* De Haan) (Crustacea, Decapoda) J. Basic Sci., Kon-Kuk Univ., Korea, 12, 71-85.
- Rho, H.S. and W. Kim. 2004. Marine decapods of Gogunsan Island. Kor. J. Environ. Biol., 22, 456-463.
- Seo, I.S. and J.S. Hong. 2006. Species composition and seasonal variation of nektonic assemblages at the Jangbong upper tidal flat, Incheon, Korea. J. Kor. Soc. Oceanogr., 11, 97-107.
- Wada, K. and K. Sakai. 1989. A new species of *Macrophthalmus* closely related to *M. japonicus* (De Haan) (Crustacea: Decapoda: Ocypodidae). Senckenbergiana Marit., 20, 131-146.
- Zar, J.H., 1984. Biostatistical Analysis. 2nd ed., Prentice-Hall International Editions, New Jersey, USA, 1-718.

2007년 10월 5일 접수
2008년 7월 24일 수리