

## 한국산 남방도화새우, *Pandalus gracilis* 유생의 두 온도 구간에서의 생존율과 성장

최정화 · 마채우\*

부경대학교 해양과학공동연구소, 순천향대학교 생명과학부

### Larval Survival Rate and Growth of *Pandalus gracilis* Using Two Temperature Conditions Reared in the Laboratory

Jung-Hwa Choi and Chae-Woo Ma\*

Korea Inter-University Institute of Ocean Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea  
Biological Sciences, Soonchunhyang University, Chungnam 336-600, Korea

Larvae of *Pandalus gracilis* were reared in the laboratory under controlled conditions (salinity, 32.5~34.5; photo-periods, 12L: 12D). The experiments were designed to examine effects of temperature (10 and 20°C) on larval development, survival, intermolt period and larval growth. The higher survival rate was obtained at 20°C than at 10°C and larvae reached later stages at 20°C. Intermolt period increased significantly with increasing of instar number and was longer at 10°C than at 20°C.

**Keywords:** *Pandalus gracilis*, Survival rate, Intermolt period, Growth

#### 서 론

남방도화새우, *Pandalus gracilis*가 속한 도화새우속(Genus *Pandalus*) 새우는 우리 나라를 비롯한 태평양과 대서양의 한대 해역에 위치한 나라들의 중요한 어획대상종으로 새우자원의 많은 비율을 차지하고 있다. 전세계적으로 19종이 알려져 있으며, 우리 나라에는 5종이 서식하고, 대부분의 종들은 동해의 수심이 깊은 곳에 분포 하지만, 남방도화새우는 서, 남해안의 비교적 얇은 수심에 분포한다(Kim, 1977; Lee, 1994; Cha et al., 2001).

도화새우속 새우는 한대 기원종으로 대부분 한대해역에 서식하며, 부유유생기를 거쳐 저층에 착저하는 생활사를 가지고 있는 반면, 얇은 수심에 서식하는 남방도화새우를 비롯한 몇몇 종은 부유유생기를 가지지 않는 것으로 알려져 있다(Butler, 1980; Hayashi, 1988; Bergström, 2000). 또한, 남방도화새우는 온대와 한대에 걸쳐 수심이 얇은 암반이나 사질에 서식하며, 좁은비늘도화새우, *Pandalus pensior*와 줄무늬도화새우, *Pandalus latirostris*와 같이 조에아 1기부터 잘 발달된 흉지와 복지를 이용하여 바닥에 착저생활을 한다(Hayashi, 1988; Komai, 1999; Bergström, 2000; Choi, unpublished data). 이들은 부유유생기를 가지는 종에 비해 유생의 크기가 상대적으로 크고, 한 마리의 어미로부터

산란되는 유생의 수가 작다(Bergström, 2000).

갑각류의 성장은 탈피후 짧은 기간동안에 일어난다. 결과적으로 갑각류의 성장은 두가지 요인, 즉 탈피주기와 탈피간 성장에 의하여 파악할 수 있다. 이 각각의 요인은 여러가지 환경요인에 의해 서로 다르게 성장에 영향을 미치게 된다(Hartnoll, 1992). 이 연구의 대상종이 속한 도화새우류 유생의 성장은 주로 먹이와 수온 및 염분에 의한 영향을 많이 받는다(Bergström, 2000). 특히 수온 변화에 따른 유생의 성장과 생존율에 관한 연구는 서식지가 광범위하고 회유거리가 긴 종들의 초기 성장과 성장 단계별 서식수온을 추정하는 기초 자료를 제공하게 된다(Allen, 1963; Butler, 1980). 지금까지 보고된 수온에 따른 도화새우속 새우의 유생연구로는 Weinberg(1982)에 의한 북쪽분홍새우, *Pandalus borealis* 유생의 생존율 및 수온과 평균 탈피기간에 관한 연구가 있으며, Kurata(1955)는 *Pandalus kessleri* (= *P. latirostris*)의 유생의 적정서식 수온을 보고하였고, Rasmussen과 Tande(1995)는 수온의 상승과 도화새우유생 성장과의 관계를 보고하였다. 그러나 이러한 연구들은 고위도의 저수온에 서식하는 북쪽분홍새우와 줄무늬도화새우에 관한 것이 대부분이다. 이에 비해, 온대해역 및 한대해역에 걸쳐 서식하는 도화새우속 새우 유생의 온도구간에 따른 성장 및 생존을 실험을 통한 이들의 초기 생활사에 적합한 서식수온에 관한 연구는 이루어져 있지 않다.

\*Corresponding author: cwooma@sch.ac.kr

이 연구의 목적은 남방도화새우 유생을 실험실내에서 각기 다른 온도구간에서 사육하여, 각 수온구간에서 이들 유생의 생존율, 탈피기간, 성장을 비교하여 적정 사육수온 및 수온이 성장에 미치는 영향을 파악하는데 있다.

**재료 및 방법**

이 실험에 사용된 모하는 1999년 4월(수온 15°C)에 충무 한산도 앞 해역에서 새우조망으로 채집하였다(124°40'E, 34°30'N). 채집된 모하 중 성숙한 난을 가진 개체를 선별하여 2L의 비이커에 수용하였다. 포란한 한 마리의 모하로부터 40~50마리의 유생이 부화하였으며, 유생은 부화 즉시 모하로부터 분리시켰다. 부화한 유생은 각기 다른 온도 조건(10°C, 20°C)하에서 200 ml 크기의 유리병에 부화한 모든 유생을 개별 사육하였다(염분, 32.5~34.5; 광주기, 12L: 12D). 사육 수온의 변화에 의한 사망률을 줄이기 위해 12시간에 1°C씩 변화시켰으며, 온도 변화 후 즉시 발생하는 사망개체는 실험에서 제외시켰다. 수온의 변화 후 각 온도 구간별 살아남은 40개체만 실험에 이용하였다. 사육수는 매일 여과해수로 교환하였으며 먹이는 갯 부화한 *Artemia nauplii*를 해수 교환 직후 충분한 양을 공급하였다.

사육수 교환시 탈피각과 죽은 개체를 수거하였으며, 수거한 탈피각과 죽은 개체는 3%의 중성 포르말린용액으로 고정하였다. 각 유생의 탈피각을 이용하여 갑각장을 측정하였다. 갑각장의 측정은 안와(눈구멍)의 뒷부분에서 갑각의 뒷부분 중간 부위까지를 Ocular micrometer가 부착된 해부현미경(Wild, M-5)을 사용하여 측정하였다.

두 온도 구간에 따른 생존율은  $\chi^2$ -test(Minitab Version 13.0)에 의해 각 구간별 동일 탈피단계까지를 서로 비교하였다. 온도에 따른 각 탈피주기와 탈피에 따른 성장은 7기를 기준으로 하여 Ln로 치환한 값을 공분산분석(ANCOVA)을 실시하여 비교하였다(Zar, 1996).

**결 과**

**생존율(Survival rate)**

두 온도구간의 유생 단계별 생존율은 Fig. 1과 Table 1에 나타내었다. 10°C 온도구간의 유생이 생존했던 10기까지의 자료를 이용하여 두 온도구간의 생존율을 비교해보면, 20°C에서의 생존율이 10°C에 비해 높은 것으로 나타났다( $\chi^2=19.228, df=9, P<0.05$ ). 10°C에서는 4기까지 70%이상의 높은 생존율을 보였으나, 5기부터 많은 개체가 사망하여 40% 이하로 생존율이 감소하였다. 20°C에서는 4기에서 많은 개체가 사망하여 77.5%의 생존율을 보인 후 꾸준히 사망개체가 증가하였다. 동일 유생기간동안의 생존율을 서로 비교해 보면, 3기까지는 두 온도구간 모두에서 80%이상의 생존율을 보였다. 하지만, 이후 4기와 5기를 지나는 동안 두 온도구간 모두 다수의 사망개체가 나타났다.

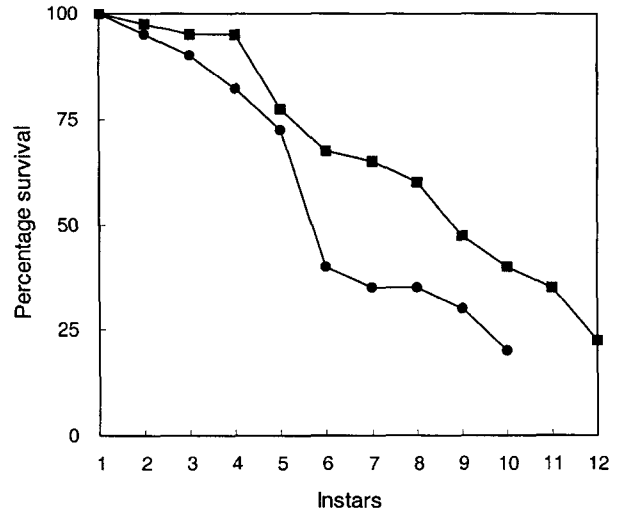


Fig. 1. Survival rate of *Pandalus gracilis* larvae reared at two experimental temperatures (●=10°C, ■=20°C).

Table 1. Number and percentage of specimens surviving to each instar at the two experimental temperatures

Instar	Temperature			
	10°C		20°C	
	N	%	N	%
1	40	100	40	100
2	38	95	39	97.5
3	36	90	38	95
4	33	82.5	38	95
5	29	72.5	31	77.5
6	16	40	27	67.5
7	14	35	26	65
8	14	35	24	60
9	12	30	19	47.5
10	8	20	16	40
11	-	-	14	35
12	-	-	19	22.5

**탈피주기(Intermolt period)**

탈피주기와 갑각장과의 관계는 갑각장이 길어질수록 탈피주기에 소요되는 기간이 길어지는 것으로 나타났다(Fig. 2). 시간 경과에 따른 각 탈피단계의 소요시간은 온도가 높은 구간에서 짧아지는 것으로 나타났다(ANCOVA:  $F=55.23, df=1, 13, P<0.001$ ) (Fig. 3). 7기까지의 평균 소요시간은 10°C에서 71일, 20°C에서 37일로 20°C가 짧은 것으로 나타났다.

**성장(Growth)**

각 온도 구간별 탈피주기와 탈피간 성장 자료를 이용하여 유생 단계별 갑각장의 성장률을 비교해 보면 후기 유생으로 갈수록 성장률이 낮아지는 것으로 나타났다. 하지만, 온도에 따른 성장률의 차이는 없는 것으로 나타났다(ANCOVA:  $F=0.69, df$

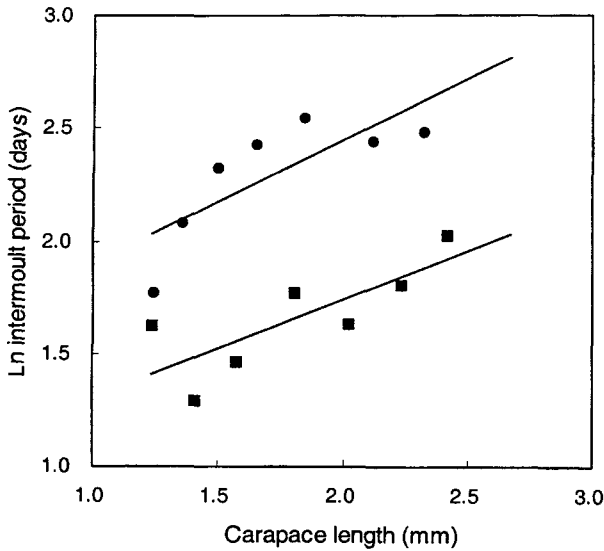


Fig. 2. Ln intermoult period plotted against carapace length of *Pandalus gracilis* larvae reared at two experimental temperatures (●=10°C, ■=20°C).

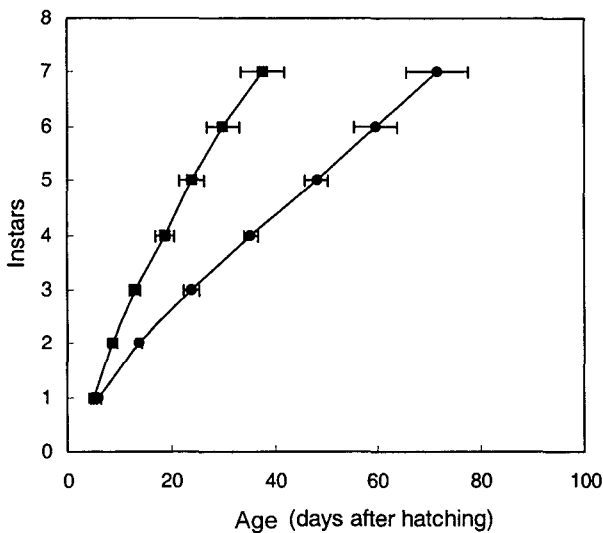


Fig. 3. Mean age for each instar of *Pandalus gracilis* larvae reared at two experimental temperatures. Solid circles and squares indicate mean moulting period, and horizontal bars represent standard deviation of intermoult period (●=10°C, ■=20°C).

=1, 9,  $P=0.427$ ). 또한, 유생의 성장은 20°C 시험구가 10°C보다 동일 사육기간 내에서 빠른 것으로 나타났다(Fig. 4).

## 고 찰

이 연구에서 조사된 남방도화새우 유생은 20°C 구간에 비해 10°C 구간에서 많은 개체가 실험종료시(유생의 부화 후 103일)까지 생존하여 보다 긴 생존기간을 보였다. 하지만, 20°C 구간에서는 실험종료 시 12기까지 탈피한 유생이 출현하여 10°C 온도구간에 비해 많은 유생 단계까지 생존하였다. 생물학적인 관

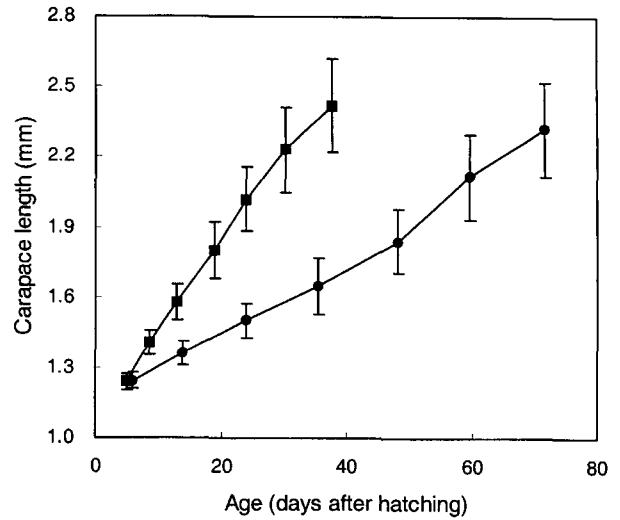


Fig. 4. Carapace length plotted against age for *Pandalus gracilis* larvae reared at two experimental temperatures. Solid circles and squares indicate mean carapace length, and vertical bars represent standard deviation of carapace length (●=10°C, ■=20°C).

점에서 생존율은 일정 시점까지 많은 생존개체를 유지하는 것도 중요하지만, 생식을 위한 일정크기 이상의 성장개체가 생존하는 것이 더욱 중요하다고 할 수 있다(Ma et al., 2001). 따라서, 본 실험에서 사용된 두 온도구간 중 남방도화새우유생의 적정 사육 수온은 10°C 보다는 20°C가 적당하다고 할 수 있다.

이 연구에서 탈피주기는 두 온도구간 모두 후기 유생 단계로 갈수록 길어졌으며, 20°C에 비해 10°C에서 길어지는 것으로 나타났다. 일반적으로 십각류의 유생과 성체는 후기로 갈수록 사육 수온이 낮아질수록 탈피 주기가 길어지는 것으로 보고되어 있다(Kurata, 1955; Wienberg, 1982; Rasmussen and Tande, 1995). 저온에서의 탈피주기 연장현상은 고온에서보다 느린 대사활동으로 인하여 다음 탈피를 위한 에너지 공급에 그만큼 많은 시간을 소모해야하기 때문인 것으로 알려져 있다(Ma et al., 2001). 따라서, 본 연구에서 나타난 결과는 15°C에서 부화한 유생이 수온을 높여 20°C에서 사육한 개체가 10°C에서 사육한 개체보다 먹이요구량이 많음으로써 성장이 빠른 것으로 추측된다.

남방도화새우 유생의 온도구간별 탈피주기는 뚜렷한 차이를 보여 주었지만 성장률은 온도구간별 유의한 차이가 없었다. 갑각류 유생은 높은 수온에 비해 낮은 수온에서 성장률이 낮아지는 것으로 보고되어있는데, Ma et al. (2001)은 *Archaeomysis kokuboi*의 동일한 단계의 유생이 높은 온도에 비해 낮은 온도 조건에서 사육을 하였을 때 긴 탈피주기로 인해 성장률은 낮아진다고 보고하였다. 하지만, 사육환경에 따라 갑각류의 두가지 성장 요인인 탈피주기와 성장률은 서로 다르게 영향을 받는다. 것으로 알려져 있다(Oh and Hartnoll, 2000). 따라서 본 연구에서 나타난 결과는 남방도화새우의 유생에 있어서 사육 수온은 유생의 탈피에 따른 성장과 성장률보다는 탈피주기에 많은 영향을 미치게 된다는 것을 지적해 주고 있다.

## 요 약

이 연구에서는 경남 통영에서 채집된 남방도화새우, *Pandalus gracilis* 유생의 적정 사육 온도와 수온이 성장에 미치는 영향을 파악하기 위해 10와 20°C(32.5~34.5‰; 12L: 12D) 두 온도 구간을 설정하여 이루어졌다. 유생의 생존율은 20°C가 10°C에 비해 높게 나타났으며, 유생의 탈피주기는 10°C에서 보다 긴 것으로 나타났다.

## 참고문헌

- Allen, J. A., 1963. Observations on the biology of *Pandalus montagui* (Crustacea: Decapoda). J. Mar. Biol. Assoc. U.K., **43**: 665-682.
- Bergström, B. I., 2000. The biology of *Pandalus*. pp. 55-245. (in) *Advances in Marine Biology*, Vol. 38, (ed.) A.J. Southward, P.A. Tyler, C.M. Young and L. Fuimam. Academic Press, London.
- Butler, T. H., 1980. Shrimps of the Pacific Coast of Canada. Canadian Bull. Fish. Aqu. Sci., **202**: 1-280.
- 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. Hwang, Z. G. Kim, K. H. Choi, H. Sohn, M. H. Sohn, D. H. Kim and J. H. Choi, 2001. Shrimps of the Korean Waters. Natl. Fish. Res. Dev. Inst., Pusan, 188 pp. (in Korean).
- Hartnoll, R. G., 1992. Growth. pp. 111-196. (in) *Embryology, Morphology and Genetics*, (ed.) L.G. Abele. Academic Press, New York.
- Hayashi, K., 1988. Specific status of *Pandalus gracilis* (Decapoda, Caridea, Pandalidae). Nippon Suisan Gakkaishi, **54**: 71-75 (in Japanese).
- Kim, H. S., 1977. Illustrated Encyclopedia of Flora and Fauna of Korea, Macrura. Vol. 19, Samhwa Publishing. Co., Seoul, pp. 414 (in Korean).
- Komai, T., 1999. A revision of the genus *Pandalus* (Crustacea: Decapoda: Caridea: Pandalidae). J. Nat. Hist., **33**: 1265-1372.
- Kurata, H., 1955. The post-embryonic development of the prawn *Pandalus kessleri*. Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., **12**: 1-15.
- Lee, K. W., 1994. Ecology of *Pandalus gracilis* Stimpson. MS thesis, Nat'l. Fish. Univ. Pusan, Korea. 43 pp. (in Korean).
- Ma, C. W., S. Y. Hong, C. W. Oh and R. G. Hartnoll, 2001. Post-embryonic growth and survival of *Archaeomysis kokuboi* II, 1964 (Mysidacea) reared in the laboratory. Crustaceana, **74**: 347-362.
- Mikulich, L. V. and B. G. Ivanov, 1983. The far-eastern shrimp *Pandalus pensator* Stimpson (Decapoda, Pandalidae): description of laboratory reared larvae. Crustaceana, **44**: 61-75.
- Oh, C. W. and R. G. Hartnoll, 2000. Effects of food supply on the growth and survival of the common shrimp, *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758) (Decapoda, Caridea). Crustaceana, **73**: 83-99.
- Rasmussen, T. and K. Tande, 1995. Temperature-dependent development, growth and mortality in larvae of the deep-water prawn *Pandalus borealis* reared in the laboratory. Mar. Ecol. Prog. Ser., **118**: 149-157.
- Weinberg, R., 1982. Studies on the influence of temperature, salinity, light and feeding rate on laboratory reared larvae of deep sea shrimp, *Pandalus borealis* Krøyer 1838. Meeresforschung, **29**: 136-153.
- Zar, J. H., 1996. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 662 pp.

원고접수 : 2002년 10월 27일

수정본 수리 : 2003년 12월 23일

책임편집위원 : 명정구