J. Kor. Soc. Fish. Tech., 45(4), 251 - 259, 2009
DOI:10.3796/KSFT.2009.45.4.251

FISHERIES TECHNOLOGY
www.fishtech.or.kr

# 한국 서해산 꽃게 유생 및 치해의 생존율 및 성장

마채우 · 손대선 · 박원규*
순천향대학교 해양생명공학과

# Survival rate and growth of larvae and early juveniles in the swimming crab, *Portunus trituberculatus*(Miers) reared in the laboratory

**Chae Woo MA, Dae Sun SON and Wongyu PARK***
*Department of Marine Biotechnology, Soonchunhyang University, Asan-city, Chungcheongnam-do, 336-745 Korea*

Swimming crabs, *Portunus trituberculatus*(Miers) are commercially important off the coasts of Korea, Japan and China. Harvest of swimming crabs has been fluctuated along their distribution ranges. Fluctuations in the interannual harvest of swimming crabs may be correlated with the survival rate during the larval period. The survival rates, intermolt periods, and growth of larval swimming crabs were investigated in the laboratory. Larval swimming crabs are released and undergo development from April to August off the western coast of Korea in the Yellow Sea. Sea surface temperatures off the western coast of Korea during the larval season were used for the laboratory experiments, and ranged from 22 to 26°C. Larvae were individually cultured at four different temperatures, 22°C, 24°C, 26°C, and 28°C. Zoea molted to megalopa at all temperatures and developed to the first crab stage at 24°C, 26°C, and 28°C. Survival rates from zoea I to the first crab stage increased with increasing temperatures. Intermolt period and the growth rate of the mean carapace length were inversely correlated with temperature. Our research helps understand the changes in survival rate and growth of larval swimming crabs resulting from changing oceanic temperatures. Further, our study suggests that the fluctuations in fishery harvest of swimming crabs off the coast of Korea may be related to changes in larval survival affected by changing ocean conditions.

Keywords : Survival rate, Growth, *Portunus trituberculatus*, Swimming crab, Temperature

## 서 론

해양에 서식하는 갑각류들은 탈피를 통하여 성장을 하며, 탈피 주기와 성장은 먹이와 수온 등 여러 가지 환경요인에 의하여 영향을 받게 된

*Corresponding author: pwg09@hotmail.com, Tel: 82-41-530-1283, Fax: 82-41-538-1638

다(Hartnoll, 1982; Sulkin et al., 1998). 해양에서 수괴에 분포하는 먹이의 양과 질은 직접적으로 유생의 성장에 영향을 미친다(Suprayudi et al., 2002). 수온의 변화는 대사 작용에 영향을 주어 게류 유생의 탈피와 성장에 큰 영향을 준다(Suh, 2003; Kim and Hong, 2004). 특히 수온은 갑각류 유생의 성장과 생존율에 지대한 영향을 미쳐 개체군 변동과 밀접한 연관이 있는 것으로 알려져 있다(Sulkin and McKeen, 1989; Suh, 2003; Kim and Hong, 2004). 2년에서 7년 주기로 발생하여 약 8개월에서 15개월 동안 지속되는 El Niño와 남방지동(Philander, 1989; Fiedler, 2002)은 해양의 수온변화를 야기시키는 대표적인 이상 현상이며 해양에서 거대한 수온변화를 야기시켜 해양생물의 개체군변동에 많은 영향을 미친다(Wild, 1980; Moloney et al., 1994). 이러한 유용 게류의 개체군변동은 수산물 어획량과 관련이 있어 인간에게 직접적으로 영향을 미치게 된다.

꽃게는 대만으로부터 중국대륙연안, 일본연안(난류의 영향을 받는 여름에는 일본 북해도까지) 및 우리나라 연안까지 널리 분포하며, 우리나라는 동해 안인진 이남부터 울릉도, 제주도를 포함 동 · 남 · 서해안에 넓게 분포한다. 꽃게는 우리나라와 일본에서 주로 어획되고 있으며, 갑각류의 어획량에서 차지하는 비중이 대단히 높아 잠재적 경제성이 높다(Pyen, 1970; Rho and Park, 1976). 우리나라 꽃게 어획량은 1986 – 1988년에 연간 3만톤 이상 어획되었으나, 지속적으로 감소하여 2003년에는 10,000여 톤으로 크게 감소하였다. 감소 원인으로는 1988년 이후 간척사업과 방조제 건설 등 연안의 서식지 파괴와 연안어장의 수질변화 및 무분별한 남획뿐만 아니라 최근 중국 어선들의 불법 조업 등에 원인이 있는 것으로 알려져 자원량은 계속 감소하는 추세이다(Chun et al., 2001; Jang et al., 2005).

꽃게는 서해안의 대부분의 해역에서 어획되어 어민소득 증가에 기여하고 있는 중요한 어패류 자원이다. 간석지가 발달한 서해안은 꽃게의 산란과 번식장소로 꽃게 생활사에 있어서 아주 중요한 수역이다(Sakai, 1939; Kim, 1973; Dai and Yang, 1991; Kim et al., 2000). 꽃게가 대량으로 수확되는 우리나라 서해안에서 포란기는 4 –8월이다(Yeon, 1997).

경기와 인천연안에서 꽃게 유생은 6월부터 10월까지 출현하며(Unpublished data), 유생시기 동안 계절변화나 태풍과 같은 자연적인 요인에 의한 수온변동이 예상된다. 이러한 수온변동은 꽃게 유생의 성장과 생존율에 많은 영향을 미치며 나아가 개체군 변동은 물론 궁극적으로 어획량 변동에도 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상된다. 수온변동이 유용 수산물인 꽃게의 어획량에 많은 영향을 주는 요인임에도 불구하고 수온과 꽃게 유생의 성장과 생존율에 대한 연구는 미미한 실정이다.

본 연구는 꽃게 유생을 실험실내에서 각기 다른 온도구간에서 개별 사육을 통하여 각 수온구간에서 이들 유생의 단계별 생존율, 탈피기간과 탈피증가율을 비교하여 적정 사육수온 및 수온이 성장에 미치는 영향을 조사함을 목적으로 하였다.

## 재료 및 방법

한 마리의 포란한 암컷으로부터 유생을 획득하여 유생 출현시의 해수온과 유사한 실험온도 조건(22°C, 24°C, 26°C, 28°C)의 인큐베이터에서 100 mL 유리 비커에 각각 1마리씩 100마리씩을 개별적으로 수용하여 사육하였다. 수온의 변화를 최소화하기 위해 온도 조절기(DS – 14MLCP)를 사용하여 수온을 조절하였으며, 인큐베이터 안의 광주기는 12:12(light : dark) 상태를 유지하였다. 사육수의 교환은 여과한 해수(30 psu)를 멸균한 후 실험온도 구간의 온도와 유사하게 조절하여 사육온도의 변화를 최소화되도록 하였으며, 사육기간 동안 각 온도별로 megalopa 기간까지 매일 1회씩 전량 환수해주었다. crab기 기간은 매일 2회씩 전량 환수해주었

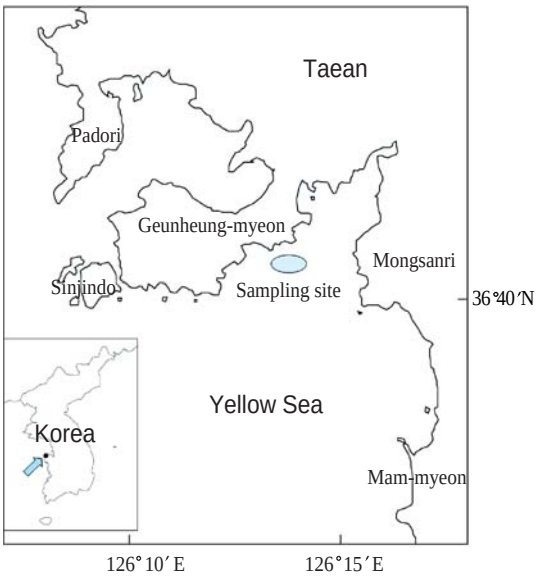


**Fig. 1. Sampling site of the ovigerous female swimming crab, *Portunus trituberculatus*(Miers).**

다. 사육 유생의 산소부족으로 인한 사망을 방지하기 위해 항온실 내의 환풍기를 가동하여 항온실 내의 공기를 순환시킴으로써 매일 각 유생사육비커 속으로 신선한 산소가 녹아들 수 있도록 하였다.

사육해수를 교환할 때에는 각 온도 구간에서 유생의 사망률과 성장정도를 파악하기 위해 탈피각과 사망한 개체를 수거하여 개체수를 확인한 뒤 Cbc Bottle에 5% 중성포르말린으로 고정시켜 넣은 후 냉장실에 보관하였으며, megalopa기 개체부터는 Cbc Bottle에 개별 보관하였다. 생존한 개체는 100ml 유리 비이커에 수용하여 다시 인큐베이터에 넣어 사육하였다. 유생의 탈피는 탈피각의 유무로, 생존여부는 운동성의 유무로 판단하였다. 유생의 먹이로는 알테미아(*Artemia* sp.)의 휴면란을 매일 부화시켜 갓부화한 nauplii를 해수 교환 직후 매일 1회씩 충분하게 공급해 주었다. 그리고 실험동안 탈피와 생존여부를 매일 1회씩 관찰하였다.

Zoea기, megalopa기, crab기의 길이측정은 쌍안입체현미경(OLYMPUS SZX12)의 이미지 분석시스템(Image-Pro Plus Ver version 4.1)으로 갑각장(Carapace length : CL)을 0.001 mm까지 측정하였고(Fig. 2), 광원은 KL 1500 LCD와 DLS－100HD를 사용하였다.

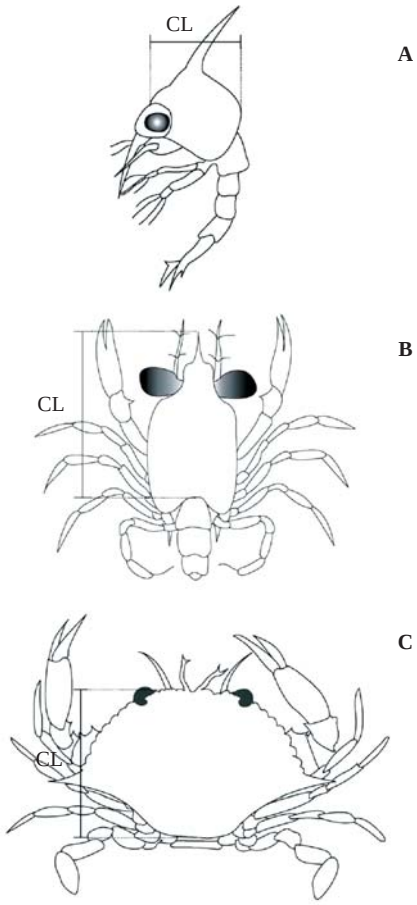


**Fig. 2. Measurements for body parts of *Portunus trituberculatus*(Miers) (A＝Zoea; B ＝Megalopa; C＝Crab; CL ＝Carapace length).**

평균 탈피기간과 유생 크기와의 관계는 갑각장에 대한 탈피기간(Inter-molt period : IP)의 로그변환 값과의 관계를 SPSS(Statistical Package for the Social Science 12.0 KO for Windows) 프로그램을 이용하여 회귀분석으로 분석하였다.

## 결 과

### 생존율(Survival rate)

모든 실험온도 구간에서 megalopa까지 생존

**Table 1. Survival rate (%) of *Portunus trituberculatus* (Miers) at each life stage and temperature**

| Temp. / Stages | 22 | 24 | 26 | 28 |
|---|---|---|---|---|
| ZI | 97 | 95 | 99 | 94 |
| ZII | 60 | 85 | 85 | 62 |
| ZIII | 17 | 55 | 65 | 62 |
| ZIV | 11 | 39 | 58 | 53 |
| ZV | 7 | 13 | 54 | 52 |
| M | 7 | 15 | 46 | 45 |
| C | 0 | 9 | 13 | 38 |

Z : Zoea stage, M : Megalopa stage, C : Crab stage

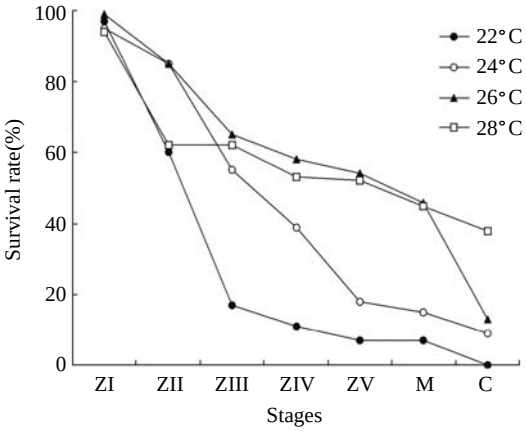


**Fig. 3. Survival rate of each life stage of *Portunus trituberculatus* at the rearing temperatures. Z : Zoea stage, M : Megalopa stage, C : Crab stage.**

한 개체들이 있었으며, 24°C, 26°C, 28°C 구간은 crab까지 생존하였다. 22°C에서는 megalopa 이후의 생존율은 0%였고, 24°C, 26°C, 28°C는 crab까지 각각 9% (24°C), 13% (26°C) 와 38% (28°C)의 생존율이 관찰되었다(Table 1). 전 온도 구간에서의 생존율은 유생이 성장함에 따라 감소하는 경향을 보였으나, 26°C와 28°C에서 생존율이 좀 더 높게 나타났다. 22°C와 24°C에서 zoea Ⅱ 이후의 생존율은 급격히 감소하였으며, zoea Ⅳ에서 각각 11% (22°C), 39% (24°C)의 낮은 생존율을 보였다. 26°C와 28°C에는 zoea Ⅴ까지 50%이상의 생존율을 보였으며, megalopa에서는 각각 46% (26°C), 45% (28°C)의 생존율

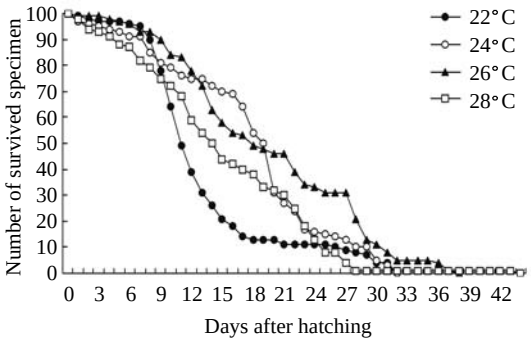


**Fig. 4. Number of the survived specimens of *Portunus trituberculatus*(Miers) at the rearing temperatures.**

을 보였다. 연속된 zoea기의 생존율에서 zoea Ⅰ–zoea Ⅱ 동안의 생존율은 네 온도구간에서 50%이상이었고, 실험온도가 낮을수록 유생발생이 진행됨에 따라 생존율은 감소하는 경향이 관찰되었다(Fig. 3).

실험온도 구간별 생존기간은 22°C와 24°C 두 구간에서 29일간 생존하였고, 26°C에서는 35일간, 28°C에서는 41일간 생존하였다(Fig. 4).

### 탈피주기(Intermolt period)

유생발생이 진행됨에 따라 탈피기간은 22°C에서 평균 3–8일, 24°C에서 평균 4–6일, 26°C에서 평균 3–4일 그리고 28°C에서 평균 2–4일이 소요되었으며, 탈피에 소요되는 평균기간은 낮은 온도일수록 더 길었다(Table 2). 각 온도 구간별 소요일수는 zoea Ⅰ–zoea Ⅱ에서 각각 8.2일(22°C), 5.5일(24°C), 4.6일(26°C) 그리고 3.9일(28°C)이 걸렸다. zoea Ⅱ–zoea Ⅲ로 탈피하면서 zoea Ⅰ 때보다 탈피기간이 전 온도구간에서 감소하였다가 zoea Ⅲ 이후 탈피기간은 26°C를 제외하고 모두 증가하였다. 22°C에서는 megalopa기까지 생존 후 모든 개체가 사망하여 crab기의 탈피기간은 측정할 수 없었고, zoea Ⅲ에서 약간 증가(1.2%) 후 zoea Ⅳ–zoea Ⅴ에서 3.4일, zoea Ⅴ–megalopa에서 6.3일이 소요되었다. 24°C에서는 crab Ⅰ 단계까지 생존하였으며, zoea Ⅳ–zoea Ⅴ에서 4.1일, zoea Ⅴ–megalopa

**Table 2. Duration of each life stage of *Portunus trituberculatus*(Miers) at the rearing temperatures. Mean values with standard deviations are indicated**

| Temp. | 22 | | 24 | | 26 | | 28 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Stages | N | Duration | N | Duration | N | Duration | N | Duration |
| ZI – ZII | 46 | 8.21 ±1.63 | 86 | 5.52 ±1.04 | 94 | 4.55 ±0.99 | 81 | 3.88 ±0.96 |
| ZII – ZIII | 19 | 5.78 ±1.03 | 58 | 4.41 ±1.64 | 88 | 3.20 ±0.98 | 77 | 2.54 ±1.18 |
| ZIII – ZIV | 11 | 6.27 ±1.27 | 42 | 4.28 ±1.11 | 79 | 3.18 ±0.94 | 69 | 2.62 ±0.76 |
| ZIV – ZV | 9 | 3.44 ±0.52 | 29 | 4.13 ±0.91 | 69 | 3.14 ±0.62 | 45 | 2.88 ±0.64 |
| ZV – M | 4 | 6.25 ±0.5 | 16 | 4.87 ±1.45 | 67 | 4.07 ±0.98 | 40 | 2.97 ±0.86 |
| M – CI | | | 4 | 6.75 ±1.25 | 34 | 4.88 ±1.06 | 19 | 4.26 ±0.73 |
| CI – CII | | | | | 21 | 3.95 ±0.49 | 17 | 2.82 ±0.52 |
| CII – CIII | | | | | 14 | 3.71 ±0.82 | 13 | 3.15 ±0.68 |
| CIII – CIV | | | | | 4 | 4.25 ±0.5 | 5 | 3.2 ±0.83 |

N : Number, Z : Zoea stage, M : Megalopa stage, C : Crab stage

에서 4.9일, megalopa-crab에서 6.8일이 소요되었다. 26°C와 28°C두 온도 구간에서는 crab Ⅳ단계까지 생존하였으며, 두 온도간의 탈피기간은 서로 유사한 값을 보였으나, 28°C가 탈피기간이 좀 더 짧은 것으로 나타났다. 실험 온도 구간에서 탈피 소요일수가 가장 긴 구간은 22°C로 8.2 ±3.4일로서 가장 길었으며, 28°C는 4.3 ±2.5일로 가장 짧았다.

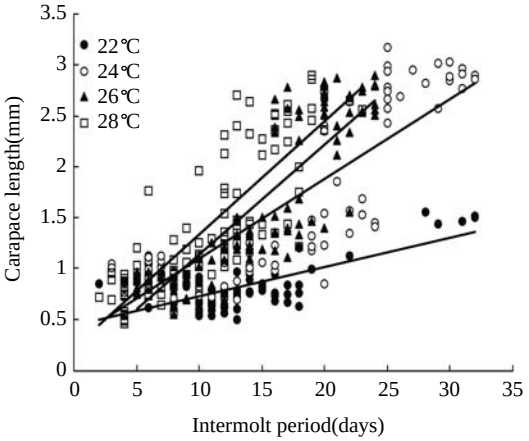


**Fig. 5. Relationship between intermolt period and carapace length of *Portunus trituberculatus*(Miers) at the rearing temperatures.**

평균 탈피기간과 유생의 크기와의 관계는 갑각장(CL)에 대한 탈피기간(IP)의 로그변환 값과의 관계를 통해서 파악되었다(Fig. 5). 실험 온도 구간 모두에서 유의한 양의 회귀관계를 보였다. 각 실험 온도 구간에서 회귀직선식은 다음과 같다.

22°C : ln IP = 0.0287CL + 0.4341 ($R^2$ = 0.46)
24°C : ln IP = 0.0781CL + 0.3175 ($R^2$ = 0.76)
26°C : ln IP = 0.1076CL + 0.0659 ($R^2$ = 0.75)
28°C : ln IP = 0.1109CL + 0.2263 ($R^2$ = 0.71)

평균 탈피기간과 유생 크기와의 관계에서 갑각장에 미치는 영향이 22°C에서 가장 낮았다($P < 0.001$, Table 3).

기별 성장 및 탈피증가율(Growth and molt increment)

Zoea Ⅰ기의 갑각의 평균 길이는 각각 0.85 ±

**Table 3. Regression analysis of *Portunus trituberculatus* (Miers) at the rearing temperatures**

| Analysis \ Temperature | 22°C | 24°C | 26°C | 28°C |
|---|---|---|---|---|
| Regression coefficient | 0.028727132 | 0.078144 | 0.107627 | 0.110928 |
| Standard error | 0.003289181 | 0.004197 | 0.006274 | 0.007174 |
| t-stat | 8.733825179 | 18.61914 | 17.15512 | 15.46319 |
| P-value | $1.23188 \times 10^{-13}$ | $1.70234 \times 10^{-35}$ | $1.48491 \times 10^{-31}$ | $2.87025 \times 10^{-28}$ |

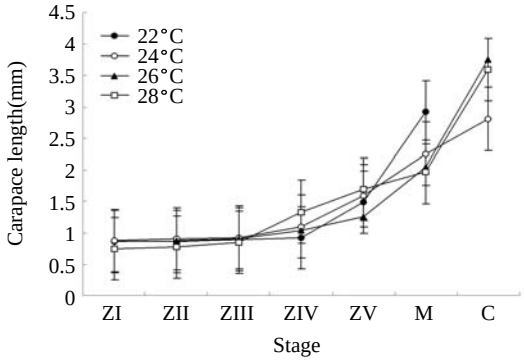


**Fig. 6. Mean carapace length of each life stages of *Portunus trituberculatus*(Miers) at the rearing temperatures. Z : Zoea stage, M : Megalopa stage, C : Crab stage.**

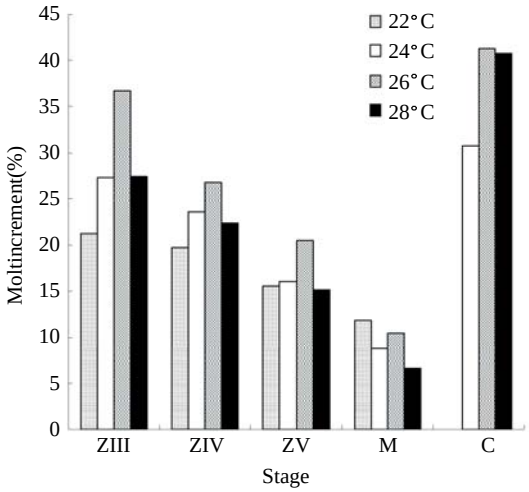


**Fig. 7. Rates of molt increment of *Portunus trituberculatus*(Miers) at the rearing temperatures. Z : Zoea stage, M : Megalopa stage, C : Crab stage.**

0.11 mm (22°C), 0.88±0.14 mm (24°C), 0.86±0.13 mm (26°C) 그리고 0.74±0.15 mm (28°C)이었으며(Table 4), 전 실험온도 구간(22, 24, 26, 28°C)에서 갑각의 길이는 유생발달단계가 진행됨에 따라 지속적으로 증가하였다(Fig. 6).

실험온도구간에서 유생발달단계가 진행됨에 따른 탈피증가율을 살펴본 결과 22°C가 가장 낮게 관찰되었으며, 24°C는 22°C보다 약간 증가(24%)하였고, 24°C와 28°C는 유의하게 나타났으며, 26°C가 가장 높게 관찰되었다(Fig. 7).

## 고 찰

해양무척추동물 유생의 생존율은 다양한 환경요인의 복합작용으로 인하여 결정된다(Kinne, 1977). 또한 생존율은 생존한 기간과 후기 유생까지 얼마나 많은 개체가 생존한 것을 구분하여 고려되어야 한다(Kim and Hong, 2004). 본 연구에서 zoea기별 생존율은 온도간의 차이를 보여주었으나, 50%의 생존율을 기준으로 할 때, zoea기와 megalopa기에서 유의한 차이를 보이지 않았고, crab기에서는 생존율이 유생시기에 비하여 상대적으로 낮았다. 적정 수온범위 내에서는 수온이 높을수록 생존율이 높았으며, 생존기간도 길게 관찰되었다. Hartnoll (1982)은 높은 온도에서 생존율이 더 높은 것은 낮은 온도보다 상대적으로 빠른 성장 속도로 인해 곰팡이나 박테리아의 감염과 같은 유해한 환경에 노출되는 시간

**Table 4. Mean carapace length (mm) at each life stage of Portunus trituberculatus(Miers) at the rearing temperatures. Mean values with standard deviations are indicated**

| Stage \ Temperature | 22°C | 24°C | 26°C | 28°C |
|---|---|---|---|---|
| ZI | 0.85±0.01 | 0.88±0.14 | 0.86±0.13 | 0.74±0.15 |
| ZII | 0.86±0.11 | 0.90±0.12 | 0.88±0.07 | 0.77±0.19 |
| ZIII | 0.89±0.09 | 0.92±0.12 | 0.90±0.20 | 0.84±0.12 |
| ZIV | 0.92±0.16 | 1.10±0.08 | 1.03±0.28 | 1.33±0.55 |
| ZV | 1.48±0.04 | 1.59±0.65 | 1.25±0.10 | 1.69±0.76 |
| M | 2.917 | 2.25±0.69 | 2.05±0.53 | 1.96±0.57 |
| C | | 2.80±0.24 | 3.76±1.32 | 3.59±1.29 |

Z : Zoea stage, M : Megalopa stage, C : Crab stage.

이 짧기 때문이라고 하였다. Suh (2003)의 결과는 zoea Ⅱ까지 35°C를 제외한 20°C, 25°C 그리고 30°C구간에서 77% 이상의 생존율을 보였고, 본 연구의 결과는 22°C와 28°C구간은 60% 이상의 생존율을 보였으며, 24°C와 26°C는 85%의 생존율을 보였다. Suh (2003)의 유생사육 방법은 40 L 수조내에서 2,000마리에 수용하여 실험하였으며, 본 실험에서는 100 mL 비이커에 개별 수용하여 실험하여 Suh (2003)와는 다른 환경이 주어졌지만, 35°C를 제외한 생존율은 유의한 차이를 보이지 않았다. 따라서 자연에서 유생이 출현하는 시기의 수온내의 꽃게 유생의 생존율은 대량사육이거나 개별 사육에 관계없이 온도가 증가할수록 생존율 증가에 영향을 주는 것으로 나타났다.

탈피주기는 유생이 성장함에 따라 수온이 낮을수록 유생의 탈피기간이 더 길어졌는데, 십각류의 유생과 성체는 일반적으로 후기로 갈수록, 또한 사육 수온이 낮아질수록 탈피주기가 길어지는 것으로 보고되어 왔다(Kurata, 1955; Wienberg, 1982; Rasmussen and Tande, 1995). 저온에서의 탈피기간 연장현상은 고온에서보다 느린 대사활동으로 인하여 다음 탈피를 위한 에너지 공급에 그만큼 많은 시간을 소모해야하기 때문인 것으로 알려져 있다(Ma et al., 2001). 또한 zoea Ⅰ에서 crab기까지 걸리는 탈피기간의 결과와 유사하게 수온이 증가함에 따라각 온도 구간별로 탈피기간이 짧아진다는 것을 보여주었다. 이러한 결과는 다른 많은 선행연구들의 결과와 일치하였다(Hartnoll, 1982; Suh, 2003; Kim and Hong, 2004).

평균 탈피기간과 유생 크기와의 관계는 갑각장에 대한 탈피기간(IP)의 로그변환 값과의 관계를 통해서 파악하였는데, 실험 온도 구간 모두에서 유의한 양의 회귀관계를 보였으며, 평균 탈피기간과 유생 크기와의 상관관계가 높다고 사료되며($P < 0.001$), 이것은 온도가 낮을수록 탈피주기가 길어지고 크기가 증가한다는 것을 의미한다. 일반적으로 갑각류에서는 탈피 및 유생단계에 따라 그 크기가 증가하는 것으로 알려져 있다(Kurata, 1962; Hartnoll, 1982). 탈피 전 크기에 대한 증가율과 온도 및 유생단계 모두에서 유의한 차이가 없었다. 본 연구에서 파악된 평균 탈피증가율은 22.0±7.0%로, 6종의 게류 유생(Hartnoll and Mohamedeen, 1987)과 주름꽃게 유생(Kim and Hong, 2004)에서 각각 산출된 21.5±5.1%과 21.4±4.8%에 유사한 값을 보였다.

수온에 따른 탈피기간에 소요되는 평균기간은 높은 온도일수록 더 빨리 진행되었다. 이와 같은 결과는 꽃게 산란기(6－8월)시기의 주 산란장의 바다 온도를 지속적으로 모니터하여 유생의 생존과 탈피기간을 새로 가입하는 꽃게 자원의 풍도를 관련짓고, 이와 같은 결과를 어황예측 자료로 활용할 수도 있다고 사료된다.

꽃게의 생존율은 22°C에서 megalopa 이후의 생존율은 0%였고, 그 이외의 온도에서는 각각 crab까지 9% (24°C), 13% (26°C) 그리고 38% (28°C)의 생존율을 나타냈다 이 결과는 유생단계와 치해 단계에서 모두 온도가 높을수록 생존율이 높아짐을 의미한다. 이와 같은 결과를 현재 국립수산과학원 서해수산연구소를 중심으로 이루어지고 있는 연근해 꽃게자원회복 사업에 적용하여 볼 때 현재 실시하고 있는 꽃게 치해 방류사업에서 바다 수온이 28°C 일 때 실시하는 것이 이보다 낮은 온도에서 하는 것보다 치해의 생존을 높이는 결과를 가져 올 수 있음을 암시하고 있다. 이와 같은 결과는 앞으로 치해 방류시 적극적으로 고려하는 것이 우리나라 연안의 꽃게 자원관리 측면에서 매우 효과적이라 판단된다.

## 결 론

꽃게의 zoea기부터 crab기까지 사육수온은 유생의 탈피에 따른 성장과 성장률보다는 탈피주기에 상대적으로 높은 영향을 미친다. 또한 적정 수온범위 내 수온의 증가는 생존율 증가에 영향

을 미치므로 실제 유생이 출현하는 시기에 저수온 현상이 나타난다면 유생의 생존과 성장에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

## 사 사

이 논문은 2005년도 순천향대학교 교수 연구년제에 의하여 연구하였습니다.

## 참고문헌

Chun, J.C., B.K. Kim, and K.C. Jo, 2001. Seed production of the blue crab. Rep. West Sea Fish. Res. Proj. pp. 361 – 364.

Dai, A. and S. Yang, 1991. Crabs of the China Seas. China Ocean Press Bijing, pp. 682.

Fiedler, P.C., 2002. Environmental change in the eastern tropical Pacific Ocean : review of ENSO and decadal variability. Mar. Ecol. Prog. Ser. 244, 265 – 283.

Hartnoll, R.G., 1982. Growth. In : The Biology of Crustacea, Vol. 2, Embryology, Morphology and Genetics. Bliss, D.E. and L.G. Abele. eds., Academic Press, New York. pp. 111 – 196.

Hartnoll, R.G. and H. Mohamedeen, 1987. Laboratory growth of the lavae of six British crabs. J. Exp. Biol. Ecol., 107, 155 – 170.

Jang, I.K., J.C. Chun, H.C. Suh, and J.Y. Lee, 2005. Aquaculture of the blue crab. Ministry of Maritime and Fisheries. pp. 194.

Kim, C.H., J.C. Chun, B.K. Kim, D.S. Shim, and N.D. Park, 2000. Propagation of the blue crab, *Portunus trituberculatus*(Miers). Rep. West Sea Fish. Res. Proj. 367 – 370.

Kim, H.S., 1973. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea. Anomura · Brachyura. Vol. 14, pp. 694.

Kim, K.B. and S.Y. Hong, 2004. Effects of temperature on larval growth and survival in the winkled swimming crab(*Liocarcinus corrugatus*)(Brachyura : Portunidae) reared in the laboratory. J. Korea Fish. Soc. 37(3), 186 – 191.

Kinne, O., 1977. Cultivation of Animals. In : Marine Ecology, Vol. 3(2), pp. 579 – 1287 .

Kurata, H., 1955. The post-embryonic development of the prawn *Pandalus kessleri*. Bull. Hokk. Reg. Fish. Res. Lab., 12, 1 – 15.

Kurata, H., 1962. Studies on the age and growth of Crustacea. Bull. Hokk. Reg. Fish. Res. Lab., 24, 1 – 115.

Ma, C.W., S.H. 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.

Moloney, C.L., L.W. Botsford, and J.L. Largier, 1994. Development, survival and timing of metamorphosis of planktonic larvae in a variable environment : the Dungeness crab as an example. Mar. Ecol. Prog. Ser. 113, 61 – 79.

Philander, G., 1989. El Niño and La Niña. Amer. Sci. 77, 451 – 459.

Pyen, C.K., 1970. Propagation of the blue crab, *Portunus trituberculatus*(Miers). Bull. Korean Fish. Soc. 3(3). 187 – 198.

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.

Rho, S. and C.K. Park, 1976. Studies on the propagation of blue crab, Portunus trtuberculatus(MIERS). (Ⅰ) Survival rate of larvae by salinity. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 15, 43 – 50.

Sakai, T., 1939. Studies on the Crabs of Japan Ⅳ. Brachygnatha. Brachyrhyncha. Sic. Rep. Tokyo Bunrika Daigaku. Sect. B., 2(1), 365 – 374, pls. 42 – 111.

Suh, H.C., 2003. Reproductive biology and growth of the blue crab, *Portunus trituberculatus*(Miers). Ph.D. thesis, Soonchunhyang University, Korea, pp. 100.

Sulkin, S.D. and G.L. McKeen, 1989. Laboratory study of survival and duration of individual zoeal stages as a function of temperature in the brachyuran crab, *Cancer magister*. Mar. Biol. 103, 31 – 37.

Sulkin, S, A. Blanco, J. Chan, and M. Bryant, 1998. Effects of limiting access to prey on development of

first zoeal stage of the brachyuran crabs, *Cancer magister* and *Hemigrapsus oregonensis*. Mar. Biol. 131, 515 – 521

Suprayudi, M., T. Kakeuchi, K. Hamaaki and J. Hirokawa, 2002. Effect of *Artemia* feeding schedule and density on the survival and development of larval mud crab *Scylla serrata*. Fish. Sci., 68(6), 1295 – 1303.

Weinberg, R., 1982. Studies on the influence of temperature, salinity, light and feeding rate on laboratory reared larvae of deepsea shrimp. *Pandalus borealis*, Krϕyer. Meeresforsch., 29, 136 – 153.

Wild, P.W., 1980. Effects of seawater temperature on spawning, egg development, hatching success, and population fluctuations of the Dungeness crab, *Cancer magister*. CalCOFI Rep. 21, 115 – 120.

Yeon, I.J., 1997. Fishery biology of the Blue crab, *Portunus trituberculatus*(Miers), in the West Sea of Korea and the East China Sea. Ph.D. thesis, Pukyoung National University, Korea, pp. 158.

2009년 10월 23일 접수
2009년 11월 5일 1차 수정
2009년 11월 16일 수리