



대게, *Chionoecetes opilio*의 수온 및 염분변화에 따른 생존내성과 Haemolymph의 삼투질과 이온 농도변화

임영수* · 이종관 · 이복규¹⁾ · 장영진²⁾ · 허준욱²⁾ · 문승현²⁾ · 허성범²⁾

국립수산진흥원 울진수산종묘시험장 · ¹⁾동의대학교 생물학과 · ²⁾부경대학교 양식학과

Temperature and Salinity Tolerance and Haemolymph Osmotic and Ionic Concentration of the Snow Crab, *Chionoecetes opilio*

Young-Soo Lim*, Jong-Kwan Lee, Bok-Kyu Lee¹⁾, Young-Jin Chang²⁾,
Jun-Wook Hur²⁾, Seung-Hyen Moon²⁾ and Sung-Bum Hur²⁾

National Fisheries Research & Development Institute, Uljin 767-860, Korea

¹⁾Department of Biology, Donggeui University, Busan 614-174, Korea

²⁾Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Tolerance limits of the adult crab were determined by exposing them to different temperatures (5~20°C) and salinities(12~32‰). The tolerance limit for high temperature was determined at 14°C and 16°C for male and female snow crab, respectively and that for salinity was 21‰ at 5°C. Osmolality concentration, Na⁺ and K⁺ ions in the haemolymph of especially, the females was positively related to the salinity changes. Increased water temperature resulted in a marked decreased in ionic and osmolality concentrations near the limit of tolerance in male, however, such a clear pattern was not apparent for the females. The concentration of glucose in the haemolymph was positively related to water temperature but negatively to salinity.

Key words: Snow crab, Water temperature and salinity tolerance, Osmolality, Physiological correlate

서론

일반적으로 깊은 수심인 대게의 서식환경은 연중 극히 안정적이며, 그 분포는 5°C 이하의 수온에서 염분의 변화가 거의 없는 지역으로 제한되어 있다(Squires, 1966; Williams, 1984). 우리나라에서 대게의 주 서식지인 동해안 울진, 영덕 근해 수심 200 m 이상 해역도 년 중 수온이 약 3°C 이하의 저수온이고, 염분 33.99~34.18‰로 계절적 변화가 거의 없다(National Fisheries Research and Development Institute, 1995).

또, 이 종의 자원생물학적인 조사에 의하면 어미까지 성장이 8~10년의 장기간을 요하는 것으로 알려져 있어(Ito, 1970; Kobayashi, 1989), 대게를 비롯한 냉수성 십각류(decapoda)들의 실내 사육을 위해서는 장기간 저수온에서 관리해야 하는 문제점 등으로 그 생리, 생태 연구를 시행하는데 어려움이 많이 따른다. 그리고 실제 어획현장에서, 깊은 수심의 저수온에서 선상으로 올릴 때 고온으로 인한 폐사 등으로 저수온 시기 이외에는 활어로서의 어획 가치가 많이 떨어진다.

따라서, 대게의 수온과 염분에 대한 생존내성과 이들의

*Corresponding author : limys@nfrdi.re.kr

생리적인 변화에 대한 연구는 자연에서의 서식생태, 실내 사육관리 및 성장을 위한 적절한 방법개발의 중요한 기초 단계로 볼 수 있다. McLeese (1968)에 의하면, 12~15°C의 수온에서 대게 수컷의 활성이 극히 저하된다고 보고하였으며, Foyle et al. (1989)에 의하면, 7°C 이상의 수온에서 대게는 음성적 에너지 수지(negative energy budget)를 나타냈다고 보고했다.

본 연구는 실내 저수온에서 적응, 사육된 대게 암컷과 수컷에 대해 수온과 염분의 변화에 따른 생존태정과 그 생리적인 변화에 대해서 실험한 것이다.

재료 및 방법

실험에 사용된 대게는 1998년 11월 15일부터 1998년 12월 7일까지 총 3회에 걸쳐, 경상북도 울진군 죽변면 근해 수심 약 200 m 전후 해역에서 저자망으로 채포한 것을 스티로폼 용기에 수용하여 국립수산물진흥원 울진수산물시험장의 실내사육 수조로 수송하였다.

수조는 약 2 m³ 용량의 FRP 원형수조를 사용했으며, 사육수온과 염분은 각각 5±0.5°C, 32.4‰(31.2~33.7‰)로 유지하였다. 실험에 앞서, 대게는 수조에서 10일 동안 적응기간을 거쳤으며, 이 기간과 내성실험 기간동안 먹이는 주지 않았다.

내성실험은 수온 5, 10, 12, 14, 16, 18, 20°C(염분 32‰로 유지)와 염분 12, 15, 18, 21, 24, 27, 32‰(수온 5°C로 유지)로 나누어 암수 별도로 각각 10마리씩 수용하여 3반복으로 실시하였다. 수조는 80 (L)×60 (W)×30 (H) cm 크기(수량 약 50 l)의 플라스틱 수조를 사용했다. 수온별 내성 실험은 수온자동제어시스템(model WAPACS, HANA Inc.)에 의해 각 수온별로 유수식으로 관리했으며, 염분에 대한 내성실험은 실내기온 5~7°C에서 매일 오전 1회 같은 염분으로 조절된 해수로 환수하였다.

폐사 개체는 실험시작 12시간까지는 매 1시간, 그 후 3일까지는 매 6시간, 실험종료시까지 매 1일마다 확인하였다. 각 실험 후 생존 개체에서 haemolymph를 채취하여, 각 실험구와 대조구의 생리적 변화를 비교하였다. Haemolymph는 3 ml 주사기를 이용하여 첫째 보각 기절 부분(다리와 가슴이 접촉되는 부분, coxa)의 막 내부에서 주사기로 채취하였다. 채취된 haemolymph는 원심분리(10,000×G, 15분) 하여 혈청을 추출한 다음, 분석시까지 -70°C에서 보관하였다.

총단백질, 글루코스와 전해질(Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺)의 농도는 건식혈액분석기(Ektachem DT-III analyzer, Eastman Kodak Co., USA)를 사용했고, 혈장의 삼투질 농도 측정은 Micro Osmometer (Model 3MO, USA)로 측정하였다.

각 실험에서 얻어진 자료값 사이의 유의차 유무는 SPSS-통계패키지(SPSS Inc., 1997)를 이용하여 ANOVA, t-test 및 Duncan's multiple range test에 의해 판정하였다.

결 과

1. 실내 순화 및 크기

현장에서 대게 채포 후 시험장으로 수송하여 각 실험에 사용하기 전에, 실내 수조에서 10일 동안 5°C에 적응시킨 암수의 크기와 체중은 Table 1과 같다. 사용된 암컷과 수컷간의 갑폭은 각각 85.5±0.57 mm, 85.9±1.11 mm로 유의적인 차이가 없었으나(P>0.05), 체중에서는 각각 188.0±6.48 g, 218.8±10.54 g으로 유의적인 차이를 나타냈다(P<0.05).

2. 수온 및 온도변화에 따른 폐사율

각 수온과 염분별 대게 암수의 50% 폐사시간은 Fig. 1과 2에 나타났다. 암수모두 10°C 이하의 수온에서는 실험기간 동안 50% 이하의 폐사율을 나타냈으나, 그 이상의 수온에서는 50% 폐사에 도달한 시간이, 암컷의 경우는 12°C에서 31일, 14°C에서 24일, 16°C에서 10.7일, 18°C에서는 1.8일, 20°C에서는 불과 7시간으로 10~14°C, 16°C, 18~20°C의 세 구간별로 유의차를 나타내서(P<0.05), 16°C를 기점으로 폐사시간이 급격히 빨라지는 경향을 나타냈다. 그러나, 수컷의 경우는 12°C에서 21.7일, 14°C에서 11.3일, 16°C에서 3.3일, 18°C에서 0.7일로 14°C 전후로 급격한 변화를 보여서(P<0.05), 암컷보다 50% 폐사 변화시점이 2°C정도 낮게 나타났다(Fig. 1). 또, 암수모두 24% 이상에

Table 1. Size of snow crab, *Chionoecetes opilio* acclimated at ambient salinity (31.2~33.7‰) and controlled water temperature (5±0.5°C) during 10 days experimental period

Size	Female	Male	P-value
Carapace width (mm)	85.5±0.57	85.9± 1.11	0.80
Total weight (g)	188.0±6.48	218.8±10.54	0.03

Values are expressed as mean (n=10)±SD.

대게, *Chionoectes opilio*의 수온 및 염분변화에 따른 생존내성과 Haemolymph의 삼투질과 이온 농도변화

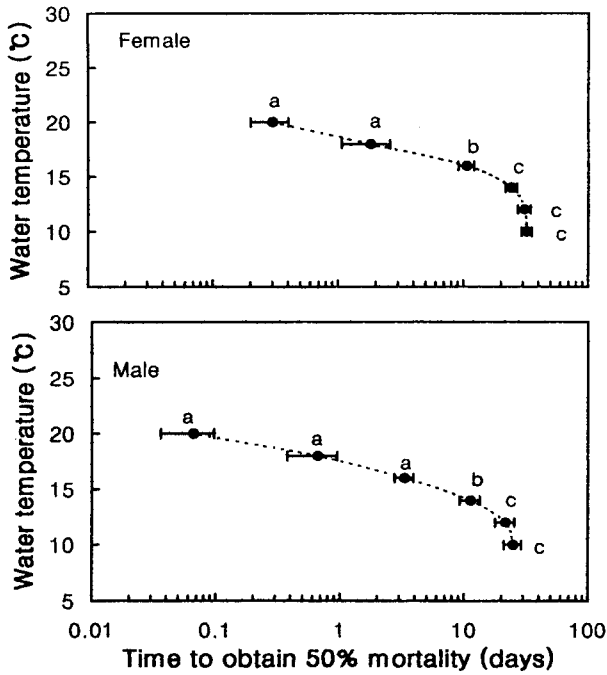


Fig. 1. Time to reach 50% mortality (mean and standard deviation) at different water temperatures at 32.4‰ salinity for the snow crabs, *Chionoectes opilio*. Superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

서는 실험기간 동안 50% 이하의 폐사율을 나타냈다. 각 염분에서 50% 폐사시간은, 암컷의 경우 21‰에서 20.3시간, 12‰에서는 2.2시간으로 나타났으며, 수컷의 경우는 21‰에서 17시간, 12‰에서 3시간으로 나타났다. 염분의 저하에 따라 암수모두 50% 폐사시간도 점차 빨라졌으며 ($P < 0.05$) 암수간에 큰 차이는 없었다 (Fig. 2).

3. Haemolymph의 삼투질 농도, Na⁺, K⁺, 글루코스 및 총단백질 농도변화

수온의 변화에 따른 삼투질과 이온농도는 암수간에 차이를 나타냈다. 암컷의 경우, 수온의 증가에 따라 삼투질 농도가 1,042.0~999.0 mOsm/kg, Na⁺ 농도는 534.5~510.5 mmol/ℓ로 뚜렷한 경향을 나타내지 않았으나, K⁺농도는 14℃까지 수온의 증가에 따라 약간씩 감소하는 경향을 나타냈다. 수컷의 경우는 14℃에서 삼투질농도 641.5 mOsm/kg, Na⁺ 농도 303.5 mmol/ℓ, K⁺농도 6.6 mmol/ℓ로 급격한 감소가 나타났다(Fig. 3).

또, 염분의 변화에 대한 반응에서 암컷의 경우, 21~32‰에서는 염분이 낮아짐에 따라 삼투질농도(32‰에서 1024.0 mOsm/kg, 21‰에서 633.5 mOsm/kg) 및 이온농

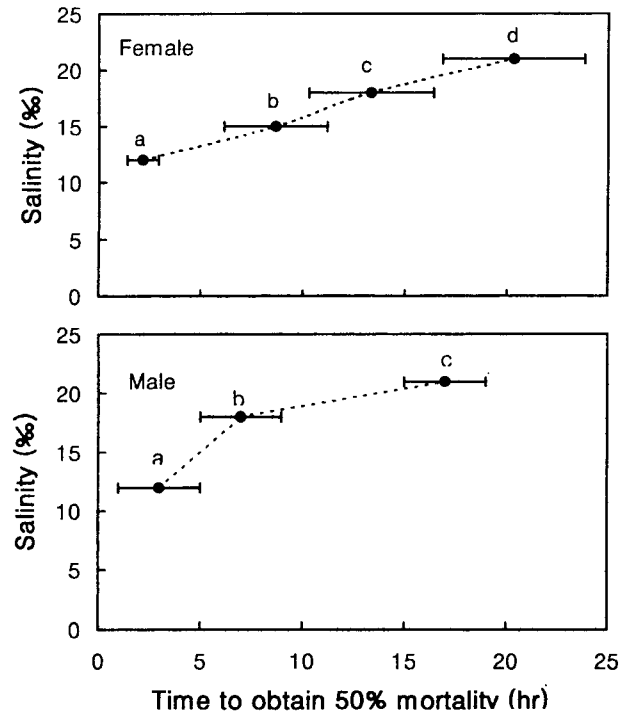


Fig. 2. Time to reach 50% mortality (mean and standard deviation) at different water salinities at 5.4℃ for the snow crabs, *Chionoectes opilio*. Superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

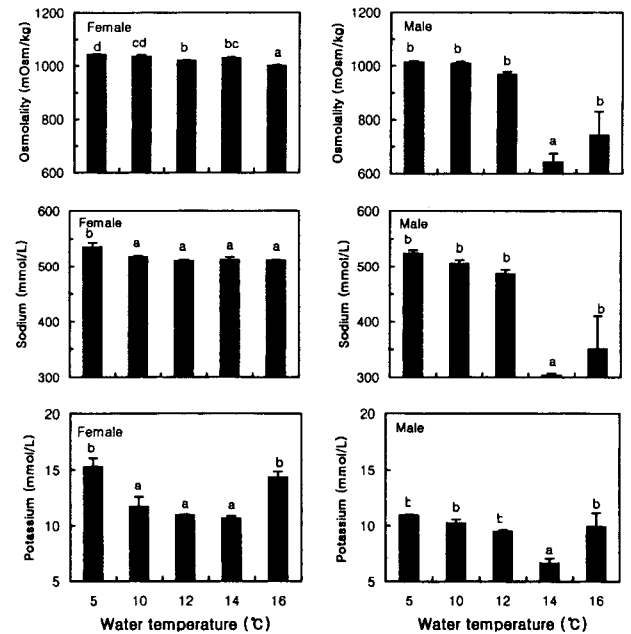


Fig. 3. Changes in total ions and osmotic concentrations of *Chionoectes opilio* after two days of exposure to different water temperature regimes. Bars with superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

도(32‰에서 Na^+ 550.5 mmol/ℓ, K^+ 10.95 mmol/ℓ, 21‰에서 Na^+ 305.0 mmol/ℓ, K^+ 7.45 mmol/ℓ)가 점차 낮아지는 경향을 나타냈으며, 수컷의 경우도 저염분에서 삼투질과 이온농도가 낮아지는 경향을 나타냈으나 다소 불안정한 경향을 보였다(Fig. 4).

전 실험구간에서 Ca^{++} , Mg^{++} 의 농도는 본 실험에 사용한 분석기의 최저 측정 한계치인 0.06 mmol/ℓ, 0.75 mmol/ℓ 이하로 각각 나타나서, 본 연구에서는 그 정확한 양을 측정할 수 없었다.

수온과 염분의 변화에 대한 암수의 글루코스 농도변화는 Fig. 5와 6에 각각 나타내었다. 암컷의 경우 5, 10, 12℃에서는 모두 20 mg/dl 이하로 측정할 수 없었으며, 14℃에서 21.5 mg/dl, 18℃에서 26.0 mg/dl로 증가하였다. 수컷의 경우는 10℃에서는 20 mg/dl 이하로 측정하지 못했으며, 12℃에서 21.0 mg/dl, 18℃에서 29.5 mg/dl까지 증가하였다(Fig. 5).

또, 염분이 낮아짐에 따라 암수 모두 글루코스 농도도 증가하는 경향을 나타냈다. 암컷의 경우 27‰에서 22.0 mg/dl, 15‰에서 37.0 mg/dl까지 증가하였고, 수컷의 경우는 27‰에서 약 21.0 mg/dl, 15‰에서 약 24.0 mg/dl로 증가하여, 암컷에 비해 변화 폭이 적었다(Fig. 6). 수온의 변화에

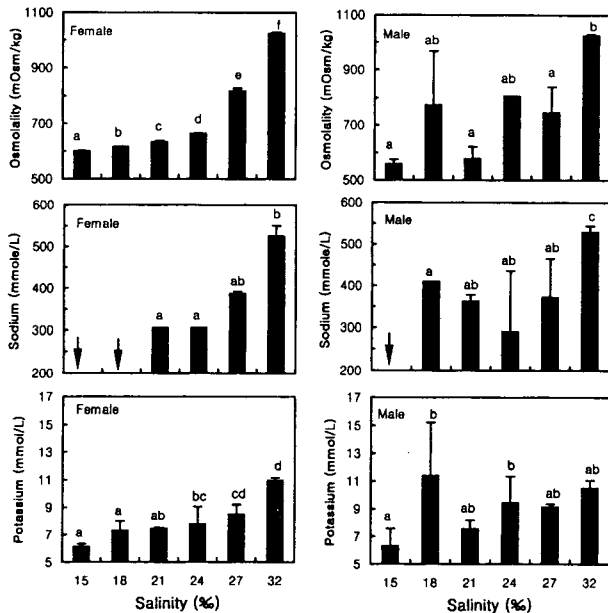


Fig. 4. Changes in total ions and osmotic concentrations of *Chionoectes opilio* after two days of exposure to different water salinity regimes. Bars with superscripts are significantly different ($P<0.05$). Arrows indicate lower than possible measuring sodium concentration (300 mmol/L).

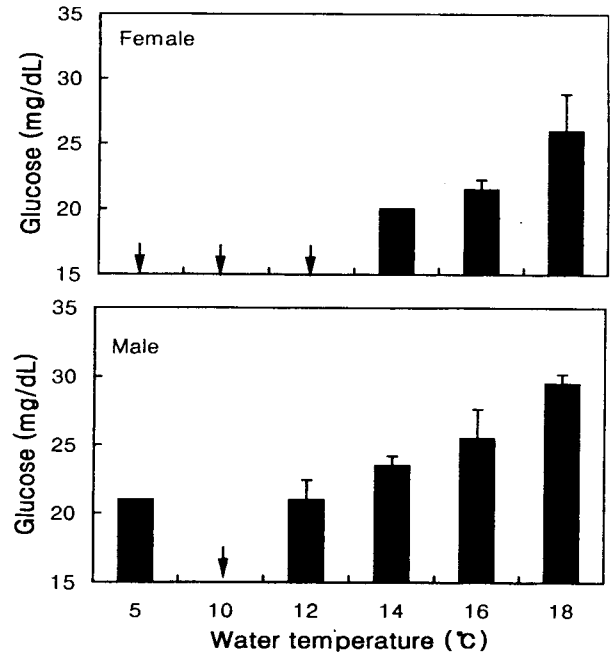


Fig. 5. Changes in glucose concentrations of *Chionoectes opilio* after two days of exposure to different water temperature regimes. Bars without superscripts are not significantly different ($P>0.05$). Arrows indicate lower than possible measuring glucose concentration (20 mg/dl).

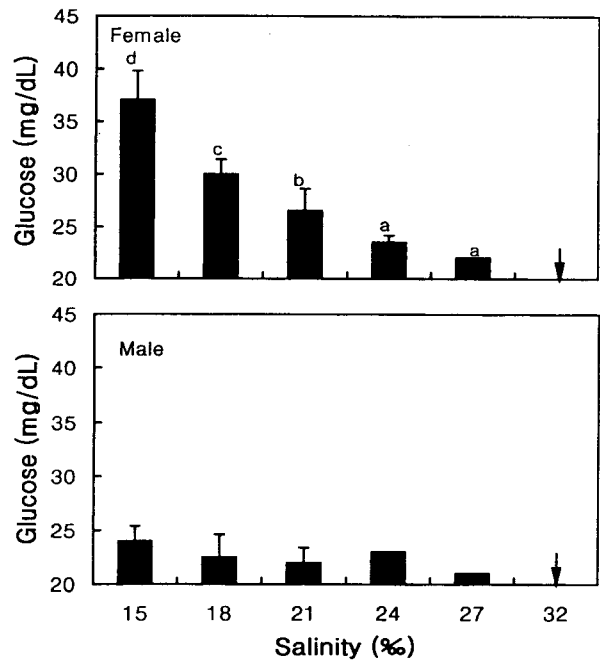


Fig. 6. Changes in glucose concentrations of *Chionoectes opilio* after two days of exposure to different water salinity regimes. Bars with superscripts are significantly different ($P<0.05$). Arrows indicate lower than possible measuring glucose concentration (20 mg/dl).

대게, *Chionoecetes opilio*의 수온 및 염분변화에 따른 생존내성과 Haemolymph의 삼투질과 이온 농도변화

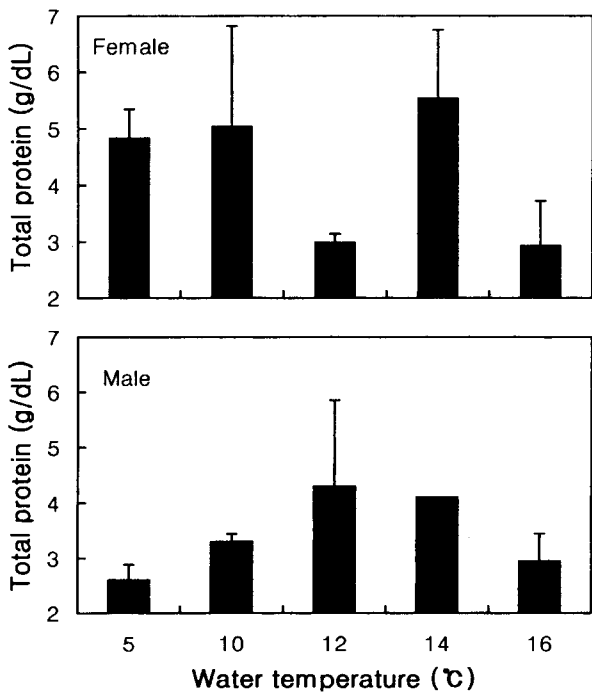


Fig. 7. Changes in total protein concentrations of *Chionoecetes opilio* after two days of exposure to different water temperature regimes. Bars without superscripts are not significantly different ($P>0.05$).

다른 총단백질량은, 암컷의 경우 3.0~5.6mg/dl, 수컷의 경우 2.6~4.3 mg/dl로 나타났으며, 암수 모두 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다(Fig. 7).

고 찰

삼투압 조절이 우수한 동물(Osmoregulator)은 염분변화가 심한 기수(Lynch and Webb, 1973; Holliday, 1985) 및 연안조간대(Power and Bliss, 1983; DeSantos and Salomao, 1985)에 주로 서식하며, 협염성 동물(Non-osmoregulator)은 염분이 거의 변화하지 않는 담수(Greenaway and MacMillen, 1978)와 일부 해산종에서 알려져 있다(Birchard et al., 1982).

대게는 수심 200~500 m 해저에서 주로 서식하기 때문에 수온이나 염분변화가 거의 없는 환경에서 생활한다. 본 연구에서 생존했던 염분 범위내에서 대게는 osmoconformer로서의 경향을 나타냈으나, 낮은 염분에서는 약한 내성을 나타냈다. 같은 *Chionoecetes* 속인 *C. tanneri*는 20‰에서 내성한계를 나타내어 (Mackay and Prosser, 1970), 본 연구에서의 21‰과 비슷한 범위를 보였다.

대게는 연중 1~5°C의 낮은 수온에서 서식하는 종이지만 비교적 넓은 범위의 수온에서 내성을 가지고 있었다. 본 실험 결과 암수 모두 10°C 이하의 수온에서는 실험기간동안 50% 폐사율에 도달하지 않았고, 그 이상 수온증가에 따라 암컷은 16°C, 수컷은 14°C를 기점으로 50% 폐사시간이 급격히 빨라지는 경향을 나타내서, 암수 각각의 내성에 약간의 차이는 있었으나, 수온 14~16°C가 내성한계 수온으로 판단되었다. McLeese (1968)에 의하면, 대게 수컷은 16°C에서 18일 후에 50% 폐사율을 나타냈다고 보고했다. 이것은 본 실험에서의 3.3일(암컷은 10.7일)이나, Daniel et al. (1994)의 4일과는 큰 차이를 보였다.

각 실험조건에서 염분은, Daniel et al. (1994)의 경우가 24.1~31.2‰, McLeese (1968)의 경우는 31.5~32.5‰이었으며, Daniel et al. (1994)은 실내에서 대게의 낮은 적응염분이 높은 수온에 대한 내성을 더 약하게 했을 것이라고 지적했다. 그러나, 본 연구에서 염분은 32.4‰로 McLeese (1968)의 경우와 비슷하였음에도 불구하고 폐사율의 차이가 큰 것으로 볼 때, 대게의 탈피 정도와 thermal history 또, 실내에서의 관리상태 등의 다른 요인도 작용하였을 것으로 판단된다. 한편, 본 실험에서 삼투질 농도와 이온 농도는 암컷이 해수에서 안정적으로 유지하는 경향을 나타냈고, 내성의 범위 내에서 수온의 영향을 크게 받지 않는 것으로 판단된다. 그러나 수컷의 경우, 저염분에서 다소 불안정한 농도변화를 나타내서 삼투질 농도와 이온 농도를 안정적으로 유지하는데 어려움이 있는 것으로 생각된다.

갑각류들은 성장을 위해 주기적으로 탈피를 하게 되는데, 탈피 후 더 커진 새로운 두흉갑으로 인해 물과 각종 fluid 종류의 유입이 증가하여 haemolymph량이 증가한다. 이런 변화로 인해 haemolymph의 조성이 희석되는 결과를 가져올지도 모른다(Dall and Smith, 1978). Dall (1974)에 의하면 대게의 탈피기간 중 haemolymph 단백질량의 감소(20 g/l → 5 g/l)가 관찰되었다고 한다. 그러나 본 연구에서는 총단백질량이 암컷 3.0~5.6 mg/dl, 수컷 2.6~4.3 mg/dl로 낮게 나타나서 탈피와 관련된 암수간의 차이를 추정하기가 힘들었고, 또한 각 실험구별로도 뚜렷한 변화 경향을 볼수 없었다.

갑각류에 있어서 글루코스 농도는 아주 변이가 많고, 발생 단계에 따라 영향을 받을 수 있으며, 초기 post-molt 시기에 글루코스 농도가 6.0 mg/dl로 관찰되었다. 또, post-molt의 낮은 글루코스 농도는 탈피와 관련된 chitin 동화

의 전구체로서 글루코스 역할에 의한 것이며, hard-shell crab은 chitin 동화를 위해 글루코스를 필요로 하지 않을 것으로 추정했다(Daniel et al., 1994). 그러나 본 실험에서, 최종탈피 후 더 이상의 탈피가 없다고 알려진 암컷의 경우에서 수컷과 마찬가지로 20 mg/dl 이하(5~10 °C, 32%)로 나타났다. 이는 암컷의 body fluid가 적어서 낮은 농도를 나타낼 수도 있으나, 본 실험에서는 20 mg/dl 이하를 측정할 수 없었기 때문에 탈피에 관련된 암수간의 정확한 변화를 추정할 수는 없었다. 또 먹이를 먹지 않은 것은 낮은 글루코스 농도를 나타낼 수 있으나, 이는 갑각류에 있어서 보편적인 것은 아니며(Parvathy, 1971), 본 실험에서 암수 모두 실험 전 10일과 실험기간동안 먹이를 주지 않았다.

일반적으로, 스트레스는 글루코스 농도의 증가를 유발하며(Telford, 1968; Lynch and webb, 1973), 높은 수온에서도 여러 종의 게류에서 글루코스의 뚜렷한 증가가 관찰된 바 있다(Dean and Vernberg, 1965). 본 연구에서도 수온의 증가에 따라 글루코스 농도가 암컷은 26 mg/dl, 수컷은 30 mg/dl 까지 증가하였다. 그러나, 염분의 변화에 대해서는 암컷의 글루코스 농도가 15‰, 37 mg/dl 까지 증가한 반면, 수컷은 24 mg/dl로 오히려 암컷보다 더 낮았다. 이와 같은 글루코스 농도 변화는 급성 스트레스와 연관짓는 것은 무리가 있을 것으로 생각되며, chitin 동화에 따른 글루코스의 변화와 탈피와 연관된 plasma volume의 희석효과 등에 대한 연구가 더 요구된다.

결론적으로, 대게는 24‰ 이하의 염분과 14~16°C 이상의 수온에서는 생존하기가 힘들며, 10~12°C를 초과하지 않는 것이 안전할 것으로 생각되며 24‰ 이상에서도 주의 관찰이 필요하다.

요 약

수온(5~20°C)과 염분(12~32‰)의 변화에 따른 대게 암수의 생존내성과, 삼투질, 이온 및 글루코스 농도 변화 등에 대한 생리적 반응을 연구하였다. 14, 16, 18°C에서 50% 폐사시간은 암컷의 경우 각각 24.3일(수컷 11.3일), 10.7일(수컷 3.3일), 1.8일(수컷 0.6일)로 나타나, 수온의 증가에 따라 50% 폐사시간이 빨라지는 경향을 나타냈으며, 암수 각각 16°C와 14°C를 기점으로 폐사시간이 급격히 빨라졌다. 염분의 변화에 대해 암수 모두 24‰ 이상에서는 실험기간동안 50% 이하의 폐사율을 나타냈으며, 21‰에

서 50% 폐사시간이 암컷 20.3시간(수컷 17시간), 12‰에서는 암컷 2.2시간(수컷 3시간)으로 나타났다. 수온에 따른 삼투질 및 이온 농도의 변화에서, 수컷은 14°C에서 급격한 감소경향을 나타냈으나, 암컷은 뚜렷한 변화경향이 없었다. 염분의 변화에 대해, 암컷은 삼투질 및 이온 농도가 순응하는 경향을 나타냈으나, 수컷은 다소 불안정한 경향을 나타냈다. 또, 수온의 증가와 염분의 저하에 따라, 암수 모두 글루코스 농도가 증가하는 경향을 나타냈다.

참 고 문 헌

- Birchard, G., L. Drolet and L. H. Mantel, 1982. Effect of salinity on osmoregulation and respiration in the lady crab, *Ovalipes ocellatus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 71 : 321-324.
- Dall, W., 1974. Indices of nutritional state in the western rock lobster, *Panulirus longipes*. I. Blood and tissue constituents and water content. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 16 : 167-180.
- Dall, W. and D. M. Smith, 1978. Water uptake at ecdysis in the western rock lobster. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 35 : 165-176.
- Daniel, H., M. Jean and D. Jean-Denis, 1994. Temperature and salinity tolerance of the soft-shell and hard-shell male snow crab, *Chionoecetes opilio*. *Aquaculture*, 122 : 249-265.
- Dean, J. M. and F. J. Vernberg, 1965. Effects of temperature acclimation on some aspects of carbohydrate metabolism in decapod crustacea. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Woods Hole*, 129 : 87-94.
- DeSantos, M. de C. F. and L. C. Salomao, 1985. Haemolymph osmotic and ionic concentrations in the gecarcinid crab *Ucides cordatus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 81 : 581-583.
- Foyle, T. P., R. K. O'Dor and R. W. Elner, 1989. Energetically defining the thermal limits of the snow crab. *J. exp. Biol.*, 145 : 371-393.
- Greenaway, P. and R. E. MacMillen, 1978. Salt and water balance in the terrestrial phase of the inland crab *Holthuisana transversa* (Parathelphusoidea: Sundathelphusidae). *Physiol. Zool.*, 51 : 217-229.
- Holliday, C. W., 1985. Salinity-induced changes in gill Na-K-ATPase activity in the mud fiddler crab, *Uca pugmax*. *J. Exp. Zool.*, 233 : 199-208.
- Ito, K., 1970. Ecological studies on the edible crab, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) in the Japan sea. III. Age and growth as estimated on the basis of the seasonal changes in the carapace width frequencies and the carapace hardness. *Bull. Jap. Sea. Reg. Fish.*

대게, *Chionoecetes opilio*의 수온 및 염분변화에 따른 생존내성과 Haemolymph의 삼투질과 이온 농도변화

- Res. Lab., 22 : 81-116 (in Japanese).
- Kobayashi, K., 1989. Temperature influence on growth of the zuwai crab, *Chionoecetes opilio*. Suisanzoshoku, 37 : 35-41 (in Japanese).
- Lynch, M. P. and K. L. Webb, 1973. Variations in serum constituents of the blue crab, *Callinectes sapidus*: glucose. Comp. Biochem. Physiol., 45 : 127-139.
- Mackay, W. C. and C. L. Prosser, 1970. Ionic and osmotic regulation in the king crab and two other North Pacific crustaceans. Comp. Biochem. Physiol., 34 : 273-280.
- McLeese, D. W., 1968. Temperature resistance of the spider crab, *Chionoecetes opilio*. J. Fish. Res. Bd. Can., 25 : 1733-1736.
- National Fisheries Research and Development Institute, 1995. Annual Report of Oceanographic Observations for 1994. Vol. 43. Yemun Publishing Company, Pusan, Korea, pp. 131-150 (in Korean).
- Parvathy, K., 1971. Carbohydrate metabolism of two crustaceans during starvation. Mar. Biol., 8 : 1-5.
- Power, L. W. and D. E. Bliss, 1983. Terrestrial adaptations. pp. 271-333. (in) The Biology of Crustacea, Vol. 8, (eds.) F. J. Vernberg and W. B. Vernberg, Academic Press, New York.
- SPSS Inc., 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Squires, H. J., 1966. Distribution of decapod crustacea in the northwest Atlantic. (in) Serial Atlas of the Marine Environment. (ed.) W. Webster. American Geographical Society, 4 pp.
- Telford, M., 1968. The effects of stress on blood sugar composition of the lobster, *Homarus americanus*. Can. J. Zool., 46 : 819-826.
- Williams, A. B., 1984. Shrimps, lobsters and crabs of the Atlantic coast of the United States, Marine to Florida. Smithsonian Institution Press, Washington D.C., 550 pp.

(접수 : 2001년 8월 6일, 수리 : 2001년 9월 3일)